

ПРАВЦИ У РАЗВОЈУ САВРЕМЕНИХ НУКЛЕАРНИХ ЕНЕРГЕТСКИХ ТЕХНОЛОГИЈА



Проф. др Јасмина Вујић

Department of Nuclear Engineering
University of California, Berkeley, USA



САДРЖАЈ

- Преглед тренутне ситуације у погледу на нуклеарну енергетику.
- Предности и мане нуклеарне енергетике.
- Класификација нуклеарних реактора и основни саставни делови.
- Утицај акцидената на развој нуклеарне енергетике.
- Корази који су довели до тренутног убрзаног развоја НЕ у САД.
- Предности и мане реактора мале снаге (SMR) и микрореактора (MMR).
- Прве критичности нове генерације реактора и изградња прототипова.
- Цена изградње реактора велике снаге у односу на SMR и MMR.
- Препоруке и захтеви IAEA у погледу на развој нуклеарне инфраструктуре.
- Где је ту Србија?



Енергетски проблеми у XXI веку

- Скоро једна трећина становништва још увек нема приступ електричној енергији.
- Неразвијене земље и земље у развоју још увек користе фосилна горива као главни енергетски извор.
- Обновљиви извори нису још испунили обећања о повећаној ефикасности и ниској производној цени електричне енергије.
- Не постоје идеални енергетски извори који истовремено задовољавају све неопходне критеријуме – да су ефикасни, да је цена изградње приступачна уз јефтину производњу електричне енергије, да не загађују околину и штете људском здрављу, и да су ризици од хаварија минимални.
- Темелји једне нације су првенствено у очувању чистог ваздуха и вода, здраве исхране и приступачне цене енергената. Ако постоје ови здрави темелји, онда се на њих надограђује све остало: привреда, здравство, образовање, правна држава, и наравно наука и технолошке иновације.



Потреба за независним одлучивањем

- Свака држава треба да одлучи о комбинацији енергетских извора који одговарају специфичним условима те државе.
- Јасно је да одређени компромиси морају да постоје, везано за оптимизацију производње електричне енергије, али то не треба да иде на штету људског здравља и уништавања околине.
- Земље у развоју морају да избегавају притиске од развијених земаља и великих енергетских компанија.



Базни извори електричне енергије

- Постоје само два базна извора електричне енергије који могу да производе електричну енергију 24 сата на дан и 365 дана на годину. То су нуклеарне електране и термоелектране.
- За разлику од термоелектрана на угаљ, нуклеарне електране не емитују GHG, тешке метале, pepeo и друге штетне материје.
- Доња табела пореди неке основне параметре нуклеарних електрана, електрана на фосилна горива, електрана на ветар и соларних електрана исте снаге од 1000 MWe.

	Нуклеарке	Термоелектране	Електране на природни гас (CC)	Електране на ветар	Соларне електране (PV)
Макс ФИ	90–95%	50–60%	50–60%	34%	25%
Земљиште km ²	1.5	2	1.5	350	50
Запослени	500–1000	150–200	150–200	50	-
Животни век	60-80	40–50	40-50	20-25	20-25

The Economics of Small Modular Reactors, March 2021, [https://www.nei.org/CorporateSite/media/filefolder/advanced/SMR-Start-Economic-Analysis-2021-\(APPROVED-2021-03-22\).pdf](https://www.nei.org/CorporateSite/media/filefolder/advanced/SMR-Start-Economic-Analysis-2021-(APPROVED-2021-03-22).pdf)



Зашто улагати у нуклеарну енергетику?

- Велика *"енергетска густина"*, тј. велика *"енергетска концентрација"* садржана у нуклеарном гориву.
- Далеко мања количина потребног свежег горива, знатно мања количина истрошеног горива, и још мања количина правог отпада.
- Једини базни енергетски извор који не производи CO_2 , не емитује гасове стаклене баште и може ефикасно да замени термоелектране на угаљ.
- Високи степен искоришћења, који омогућава дугорочну стабилност мреже, уз минималан утицај временских промена.
- Могућност прилагођавање флукутирајућим потребама мреже.
- Могућност коришћења за добијање водоника, десалинизацију, топлоте за загревање, погон бродова и подморница,..
- Мали земљишни захтеви.
- Дуг оперативни век (до 80 година).



Шта може да успори улагања у нуклеарну енергетику?

- Успорени развој следеће генерације енергетских реактора, где нова горива и дизајни прво морају да прођу тестирања.
- Закони и регулатива за нове дизајне.
- Потреба обнове нуклерне инфраструктура, цена и дужина трајања изградње.
- Сигурност и безбедност нуклеарних електрана.
- Одлагање истрошеног горива и радиоактивног отпада.
- Дугорочна одрживост горивног циклуса, укључујући прераду истрошеног горива и рециклажу – **затварање горивног циклуса.**
- Углавном негативно јавно мњење.
- Забринутост у вези потенцијалног коришћења нуклеарне технологије у немирнодопске сврхе.
- Недостатак стручних и научних кадрова.



Потрошња нуклеарног горива

- Пример нуклеарне електране од 3000 MWth (~1000 MWe).
- Претпоставимо да нуклеарна електрана ради 320 дана у току 12 месеци:
 - Годишња потрошња обогаћеног уранијумског (4% U-235) горива је од 25 до 30 тона.
 - Дневна потрошња U-235 је око 3,2 kg.
 - Годишња потрошња U-235 је око 1000 kg.
 - 1 g U-235 произведе око 1MWd термичке енергије.
- Годишње се произведе око 30 тона истрошеног горива, од тога је само 1 тона прави "отпад".
- Запремински 30 тона – око 1,5 m³!
- Прави отпад – 0,1 m³ годишње!

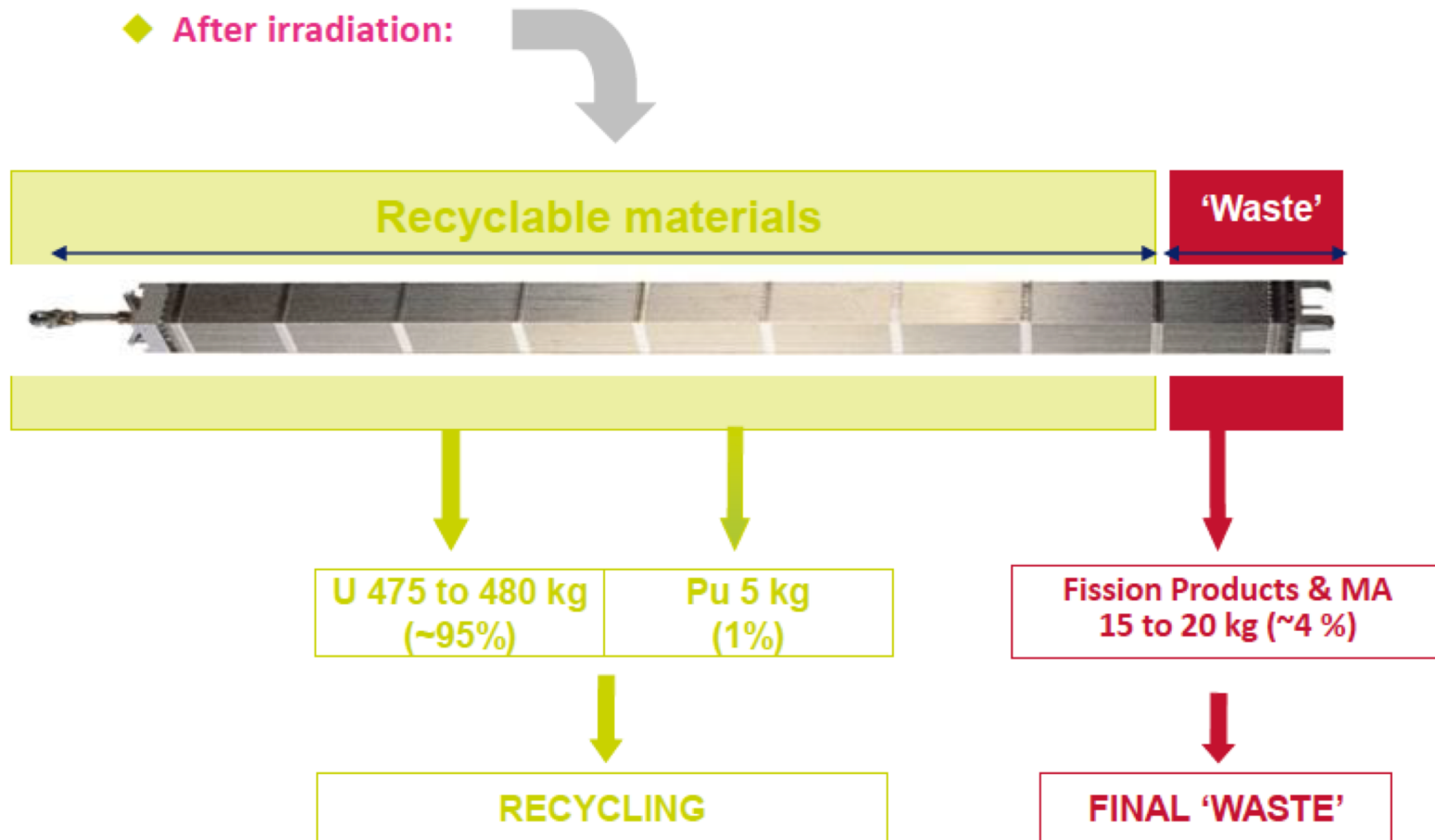


96% Истрошеног нуклеарног горива може да се рециклира! (AREVA)

► Typical composition of a Light Water Reactor Fuel

◆ Before irradiation: ~ 500 kg of Uranium (PWR)

◆ After irradiation:



Висок степен искоришћења

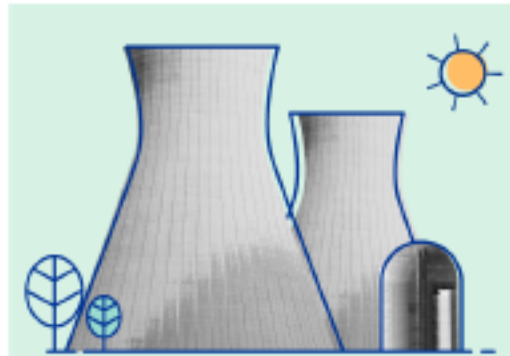
- Нуклеарне електране имају највиши степен искоришћења од свих извора електричне енергије, и то преко 90%.
- На жалост, врло се често меша *"инсталисани капацитет"*, односно могућност да се нешто произведе под идеалним условима, и *"производни капацитет"*, односно, шта дати енергетски извор реално произведе.

https://www.eia.gov/electricity/monthly/current_month/epm.pdf

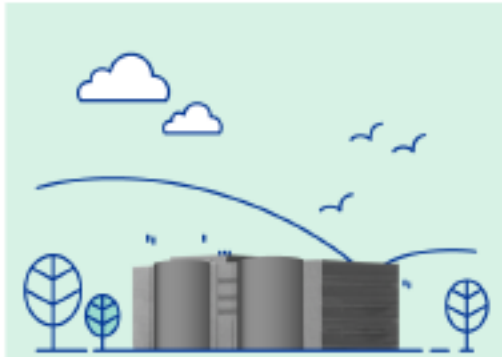
Year	Coal	Natural Gas		Geo thermal	Hydro	Nuclear	Biomass	Solar		Wind	Wood
		Combined Cycle	Gas Turbine					PV	Th		
2016	52.8	55.4	11.0	71.6	38.2	92.3	62.7	25.0	22.1	34.5	58.3
2017	53.1	51.2	9.6	73.2	43.0	92.3	61.8	25.6	21.8	34.6	60.2
2018	53.6	55.0	11.9	76.0	41.9	92.5	61.8	25.1	23.6	34.6	60.6



Класификација реактора (IAEA)*



LARGE, CONVENTIONAL REACTOR
700+ MW(e)



SMALL MODULAR REACTOR
Up to 300 MW(e)



MICROREACTOR
Up to ~10 MW(e)



*<https://www.iaea.org/newscenter/news/what-are-small-modular-reactors-smrs>



Basic Components of a Nuclear Power Reactor

FUEL: Solid fuel (mostly uranium oxide UO_2 , or U metal), or liquid fuel (fluoride or chloride salts) including thorium liquid fuel. HALEU.

MODERATOR: light water, heavy water, graphite.

COOLANT: water, gas (helium, CO_2), liquid metal (lead, sodium), liquid salt (filbe, ${}^7\text{Li}_2\text{BeF}_4$).

REFLECTOR: a light metal such as beryllium, $Z=3$, to reflect neutrons back to the core. Lead is a good reflector of fast neutrons.

CONTROL RODS: neutron-absorbing material such as cadmium, hafnium or boron.

PRESSURE VESSEL: (a robust steel vessel containing the reactor core and moderator/coolant). It also has a thermal shield and a biological shield to reduce radiation exposure levels.

STEAM GENERATOR: Heat exchanger that converts hot water into steam.

CONTAINMENT structure: A thick concrete and steel structure.



Енергетски реактори у свету 2026

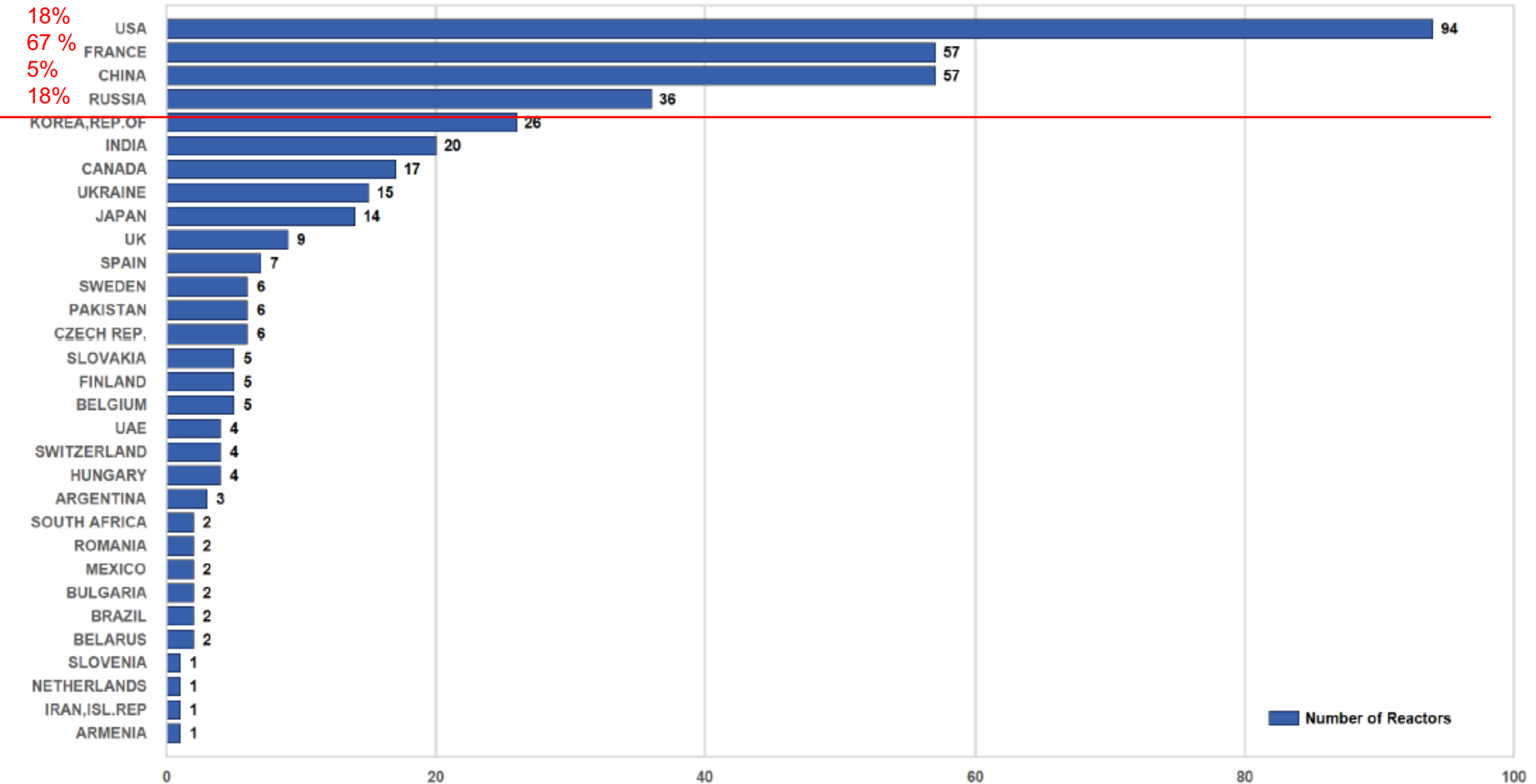
- 417 нуклеарних енергетских реактора у 31 земљи, са капацитетом од 379.6 GW(e). Од тога, 353 су лаководни реактори (308 PWR и 45 BWR)
- 78 реактора је у изградњи у 17 земаља са укупним капацитетом од 81.7 GW(e):
 - Аргентина, Бразил, Канада, Мађарска, Пакистан, Словачка – 1
 - Бангладеш, Иран, Јапан, Велика Британија, Украјина – 2
 - Египат, Јужна Кореја, Турска - 4
 - Русија – 5; Индија – 8; Кина – 37
- 80 реактора у плану:
 - Аргентина, Бразил, Канада, Мађарска, Иран, Пакистан, Словачка – 1; Бангладеш, Јапан, Велика Британија, Иран – 2; Египат, Јужна Кореја, Турска – 4; Русија – 7; Индија – 8; Кина – 37

*Nuclear Power Reactors in the World - 2025 Edition, International Atomic Energy Agency – IAEA, Reference Data Series No.2, June 2022. ; <https://pris.iaea.org/pris/>

<https://www.iaea.org/newscenter/news/amid-global-crises-nuclear-power-provides-energy-security-with-increased-electricity-generation-in-2021>



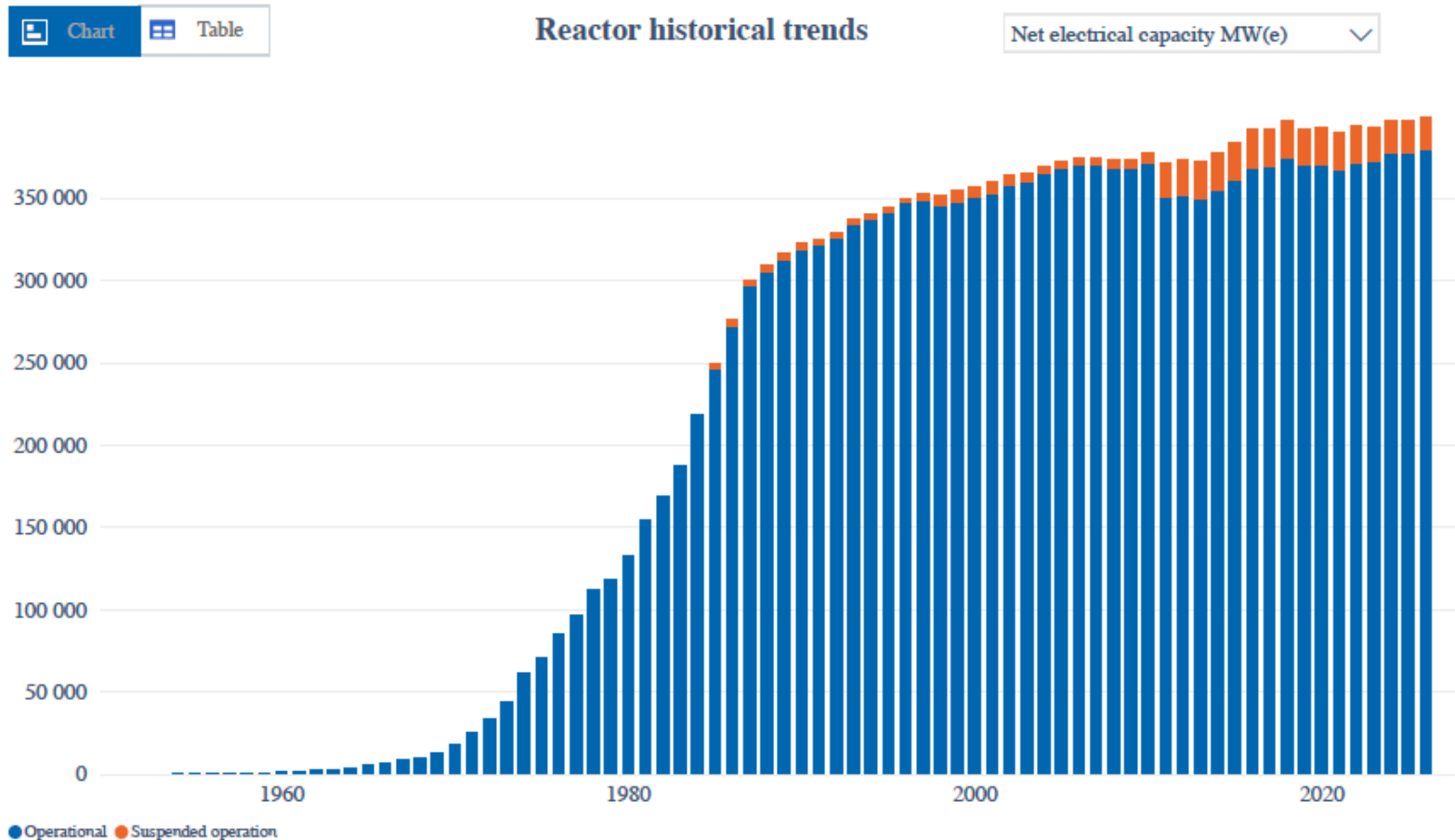
Figure 7. Number of reactors in operation worldwide (as of 31 Dec. 2024)



Nuclear Power Reactors in the World, IAEA-RDS-2/45, 2025



Истријски трендови у изградњи и декомисији нуклеарних реактора



Енергетски реактори велике снаге

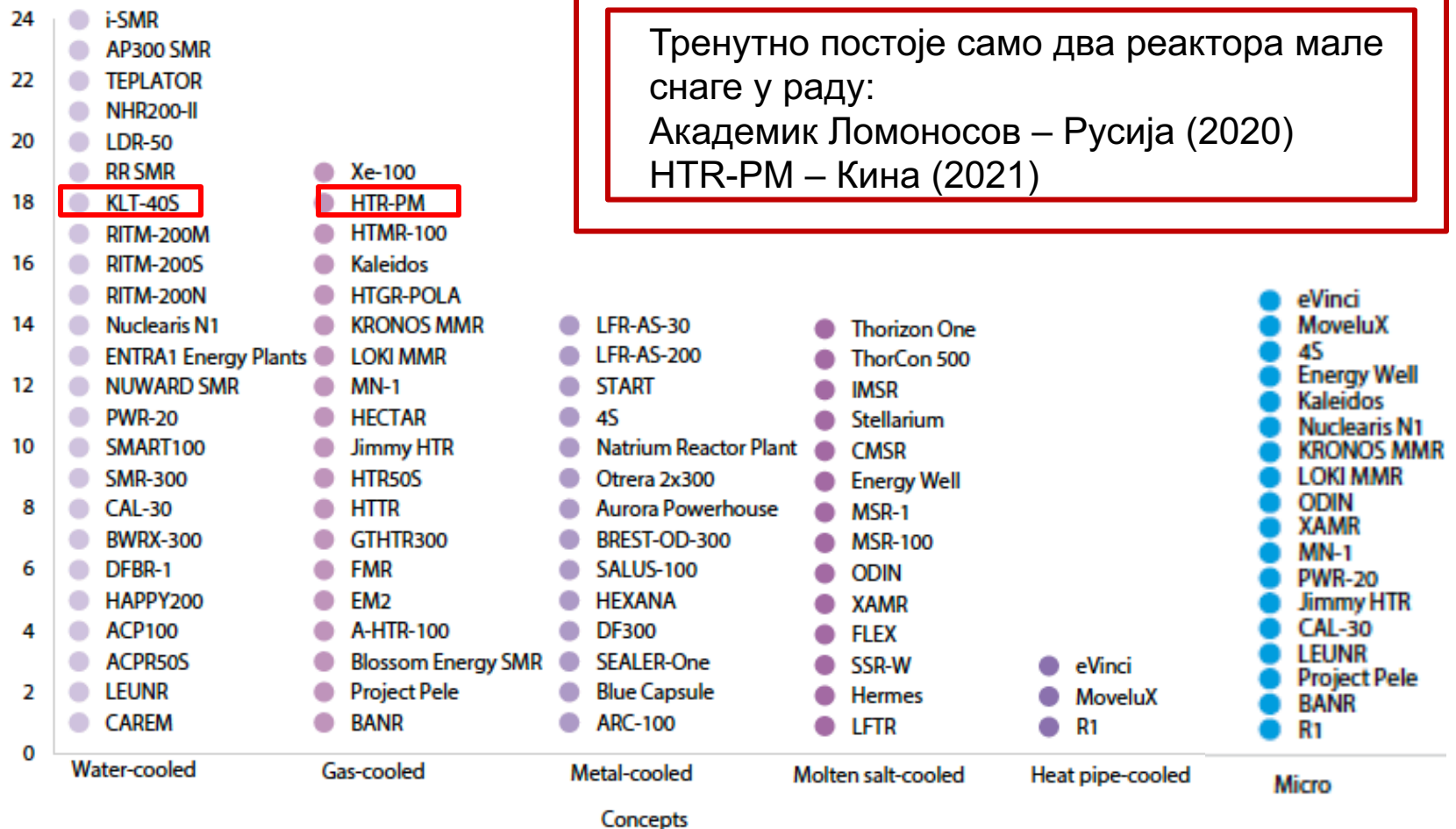
2015 (2019) [2021] 2024 (iaea.org)

Type	Description	In operation	Under construction	Shut down	Planned
PWR	Pressurized Water Reactor (light water cooled and moderated) и ВВЭР (VVER)	282 (300) [303] 308	57(44) [48] 54	38 (57) [63] 70	101(62) [55] 29
BWR	Boiling Water Reactor (light water cooled and moderated)	78 (65) [61] 43	4 (4) [2] 2	31 (50) [52] 53	10 (9) [6] 6
PHWR	Pressurized Heavy Water moderated and cooled Reactor	49 (48) [47] 45	4 (4) [3] 2	9 (9) [10] 12	(2) [4] 4
GCR	Gas Cooled Reactor (graphite moderated)	14 (14) [11] 8		35 (38) [41] 44	
LWGR	Light Water cooled, Graphite moderated Reactor (PBMK)	15 (13) [11] 10	1 (0) [0] 0	9 (11) [13] 14	
HTGR	High Temperature Gas-cooled Reactor (graphite moderated)	[1] 1	1 (1) [0] 0	4 (4) [4] 4	1 (0)
HWGCR	Heavy Water moderated, Gas Cooled Reactor			3 (3) [3] 3	
HWLWR	Heavy Water moderated, boiling Light Water cooled Reactor			2 (2) [2] 2	
SGHWR	Steam Generating Heavy Water Reactor			1 (1) [1] 1	
FBR	Fast Breeder Reactor (sodium cooled)	3 (3) [3] 2	1 (1) [3] 4	8 (8) [8] 8	2 (5) [5] 2
X	Other			2 (2) [2] 2	
TOTAL		441 (443) [437] 417	67(54) [56] 62	143 (186) [199] 213	114(78) [70] 41



Преко 100 идејних решења за SMR и MMR*

Figure 11. SMR concepts



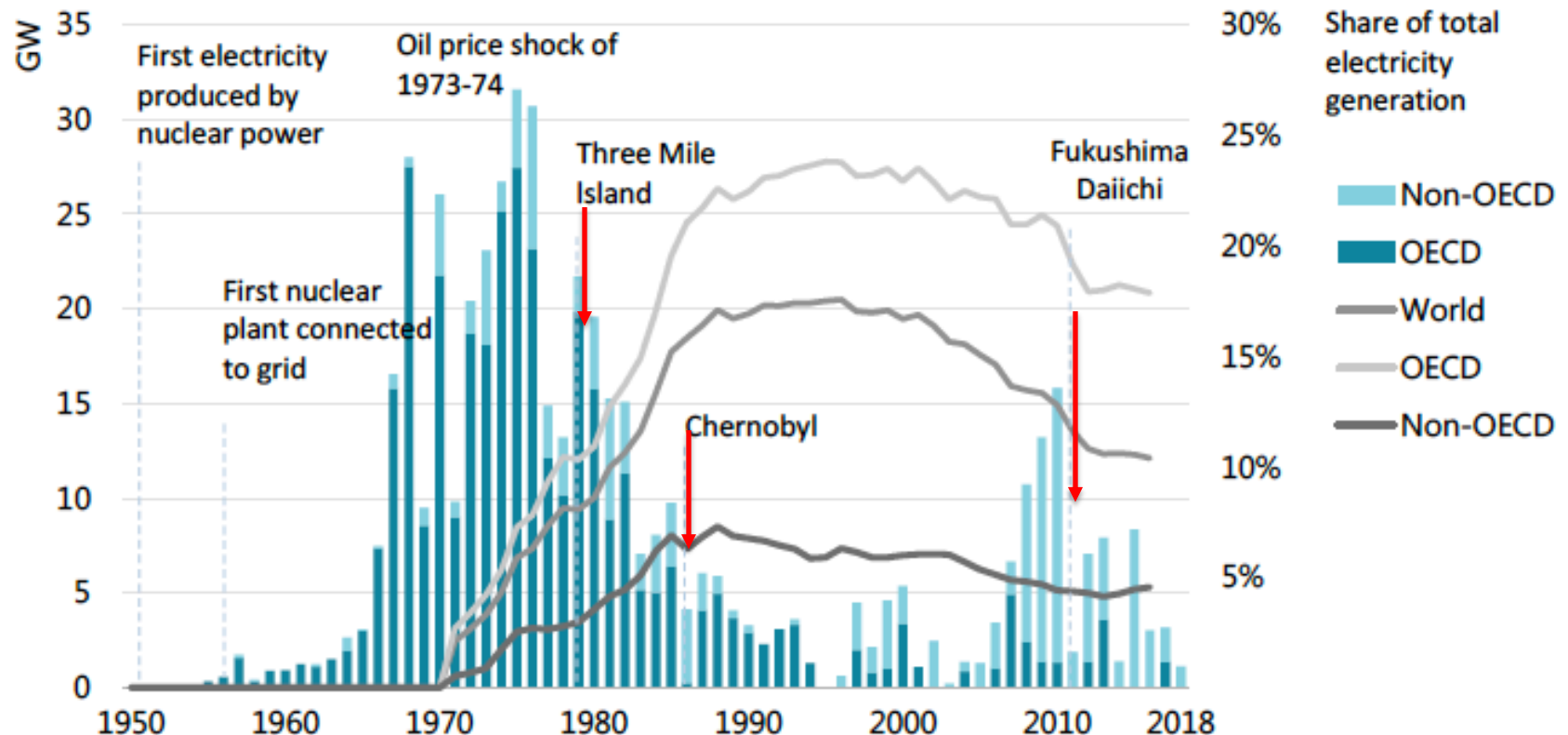
*Small Modular Reactors: Advances in SMR Developments, IAEA 2024



Утицај акцидентата на нуклеарним електранама

Ref: *Nuclear Power in a Clean Energy System*, International Energy Agency, May 2019.

Figure 5. Reactor construction starts and share of nuclear power in total electricity generation



Note: OECD = Organisation for Economic Co-operation and Development.

Sources: IAEA (2019), Power Reactor Information System (PRIS) (database); IEA (2018a), Electricity Information 2018 (database).

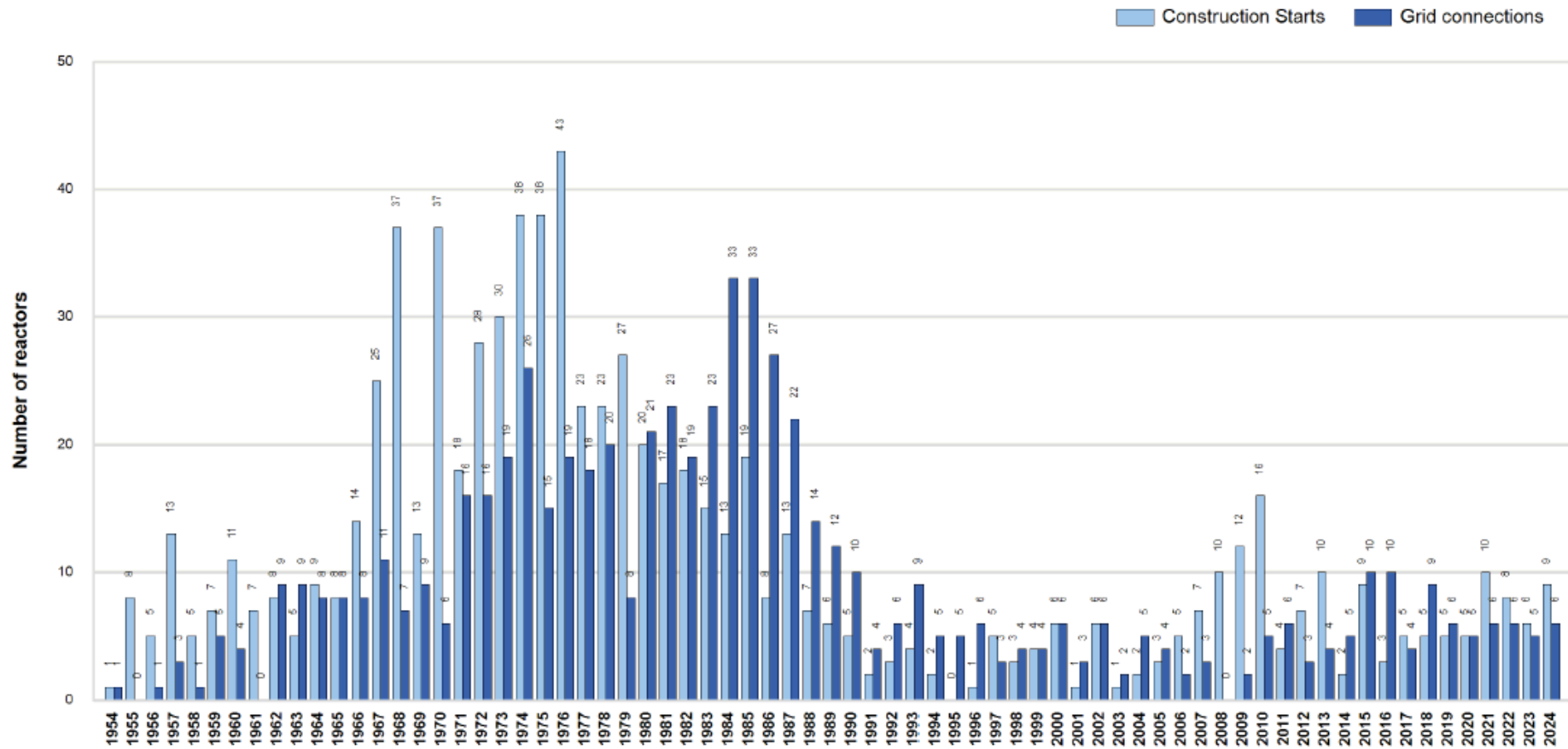


Nuclear Accidents

- Three Mile Island (USA), 28 March 1979 (PWR)
 - » Partial meltdown, release of radioactivity.
 - » Cause: human error.
- Chernobyl (USSR), 26 April 1986 (RBMK)
 - A power surge during a test procedure resulted in a criticality accident, leading to a powerful steam explosion and fire that released a significant fraction of core material into the environment.
 - Cause: reactor design and human error.
- Fukushima Daiichi (Japan), 11 March 2011 (BWR)
 - Major damage to the backup power and containment systems caused by the 2011 Tōhoku earthquake and tsunami resulted in overheating and leaking from some of the Fukushima I nuclear plant's reactors.
 - Cause: natural disasters and human error.



Figure 6. Annual construction starts and connections to the grid (1954 - 2024)



Nuclear Power Reactors in the World, IAEA-RDS-2/45, 2025



Кораџи који су довели до убрзаног развоја НЕ у САД

- 1. Политичка одлука Трампове владе
- 2. Доношење неопходних закона и подзаконских аката од стране америчког Конгреса
- 3. Доношење извршних одлука (Executive Orders) председника САД
- 4. Модернизација регулаторних тела (NRC) и упрошћавање процедуре за добијање лиценци
- 5. Обезбеђивање финансирања од стране државе (DOE)
- 6. Обезбеђивање финансирања од индустрије (ИТ компаније, нуклеарни стартапи)
- 7. Сарадња државних института и лабораторија са универзитетима и индустријом
- 8. Убрзано инвестирање у развој домаће инфраструктуре (развој HALEU горива, развој прераде истрошеног нуклеарног горива и модернизација нуклеарног горивног циклуса)



Нуклеарна енергетика у САД (2016 – 2020)

- У 2019. години су усвојена су два закона са намером да убрзају развој НЕ у САД:
 - NEIMA (Nuclear Energy Innovations and Modernization Act)
 - NEICA (Nuclear Energy Innovations Capabilities Act)
- Америчко нуклеарно регулаторно тело (Nuclear Regulatory Commission – NRC), по новом закону мора да упрости и убрза процедуру издавања лиценци за нове и постојеће реакторе. Већ је дало резултате – одобрена прва лиценца за SMR NuScale и лиценце продужене до 80 година.
- Министарство за енергетику (Department of Energy - DOE) мора да убрзано ради на развоју нових модерних дизајна реактора и да омогући партнерство индустрије, универзитета и државних института. Два реактора IV генерације добили средства за даљи развој и изградњу.
- Министарство за енергетику такође мора да омогући да се резултати истраживачког рада на универзитетима и државним институтима брже преносе индустрији, и омогући приватном сектору изградњу прототипа у државним институтима.
- Министарство за енергетику мора да повећа улагање у образовање нових стручних и научних кадрова на свим нивоима.



Четири извршне одлуке (Мај 2025)

- Председник Трамп је потписао четири извршне одлуке за обнављање нуклеарне индустријске инфраструктуре:
 - Изградња следеће генерације нуклеарних реактора за државна сигурност (Deploying Advanced Nuclear Reactor Technologies for National Security – The White House)
 - Наредба за реформисање Нуклеарне регулаторне комисије (Ordering the Reform of the Nuclear Regulatory Commission – The White House)
 - Реформисање тестирања нуклеарних реактора у институтима којима управља DOE (Reforming Nuclear Reactor Testing at the Department of Energy – The White House)
 - Обнављање нуклеарне индустријске инфраструктуре (Reinvigorating The Nuclear Industrial Base – The White House)
- Трећа извршна одлука је налагала да до 4. јула 2026. најмање 4 SMR/MMR прототипа остваре критичност

<https://www.energy.gov/articles/fact-sheet-golden-era-american-nuclear-energy-has-arrived>



Шта налажу 4 извршне одлуке?

- Базично, ове извршне одлуке заокружују план да се модернизује нуклеарна регулатива, убрза тестирање нових ректорских дизајна, оживи нуклеарна индустрија у САД, и задовоље потребе државне сигурности:
 - Убрзати лиценцирање реакторских дизајна и изградњу прототипова.
 - Додати 300 GW нових нуклеарних реактора до 2050.
 - Убрзати тестирање нових реакторских дизајна.
 - Изградити реакторе за ИТ и војне базе.
 - Развити рециклирање и прераду истрошеног нуклеарног горива.
 - Убрзати развој и производњу домаћег нуклеарног горива.
 - Инвестирати у обуку нуклеарног кадра.
 - Побољшати менаџмент истрошеног нуклеарног горива.
 - Повећати извоз америчких реактора.



Powering the Nuclear Renaissance: Accelerating US Leadership in Advanced Nuclear Reactors (Sep 2, 2026)

- The six bills pushed to the House attempt to address at least some of the standing issues:
- H.R. 3978, **Nuclear REFUEL Act**, 44 yes - 0 no. This would simplify licensing for facilities that recycle spent nuclear fuel without isolating plutonium. Qualifying projects could use the single-step fuel-cycle licensing route instead of separate construction and operating approvals. The potential payoff is a clearer path to reusing nuclear material and developing domestic recycling capacity.
- H.R. 9612, **American Enrichment Deployment Act**, 43-0. Enrichment plants would receive treatment closer to other fuel-cycle facilities, including permission to begin construction before licensing under the same conditions. Developers would build at their own risk, but NRC approval would still be required. The aim is to bring additional domestic enrichment capacity online sooner.
- H.R. 5549, **Efficient Nuclear Licensing Hearings Act**, 44-0. This removes mandatory hearings when nobody with an affected interest requests one and requires informal procedures for covered hearings. It's an opportunity to trim legal costs and delays without making public participation disappear.
- H.R. 9613, **Nuclear Advisory Committee Reform Act**, 41-0. This refocuses the NRC's Advisory Committee on Reactor Safeguards on significant, novel reactor-design safety issues and changes membership and term rules. The idea is to reduce repetitive reviews.
- H.R. 9614, **NRC Staff Pay Alignment Act**, 42-0. The NRC chairman could pay career senior executives up to 110% of the applicable Senior Executive Service pay ceiling. It gives the regulator more room to retain experienced leadership as the industry competes for expertise.
- H.R. 9084, **Department of Energy Nuclear Transparency Act**, 41-0. DOE would have to announce covered nuclear-facility authorizations and safety-rule changes, and publish safety analyses, within 72 hours. It's unclear what the real benefit of this one is besides maybe providing more opportunity for nuclear skeptics to complain about faster regulatory actions. More transparency can be a good thing, but the benefit is less clear in this situation.



Прве одлуке DOE о финансирању (2020)

Финансирање развојног програма реактора следеће генерације у оквиру нуклеарне индустрије и изградњу прототипа и модела.

- (1) *Програм за демонстрацију иновационих реакторских дизајна (Advanced Reactor Demonstration Program), финансирања два типа реактора IV генерације (сваки почетно добија по 80 милиона долара) који требало да буду изграђени у следећих 7 година.*
- (2) *Програм за смањивање ризика у дизајнирању будућих иновационих реактора одваја \$30 милиона за 5 дизајна који могу да буду комерцијализовани у периоду од 12 до 14 година.*
- (3) *Програм за иновационе реакторске идеје (Advanced Reactor Concepts Program, ARC–20) одваја \$20 милиона за још два дизајна који улазе у фазу демонстрирања до 2035.*



(1) Програм за демонстрацију иновационих реакторских дизајна

- DOE је донело одлуку о финасирању следећа два типа реактора IV генерације (сваки почетно добија по 80 милиона долара) који требало да буду **изграђени у следећих 7 година (2020)**:
 - **NATRIUM реактор** – TerraPower (САД, Bill Gates), GE HITACHI, Bechtel, Duke Energy. Ради се о брзом реактору који је хлађен течним натријумом, снаге 345 MWe, који је повезан са системом за акумулирање топлотне енергије заснованом на течним солима. Овај реактор ради на атмосферском притиску, има пасивно хлађење, и метално уранијумско гориво (HALEU) обогаћено од 10 до 18.5% са U-235. Цена изградње прототипа је процењена на око 1 милијарду долара.
<https://natriumpower.com/>
 - **Хе –100 реактор (SMR)** – X-Energy (САД), Hatch (Канада). То је високо–температурни термички реактор снаге 80 MWe (200 MWth), хлађен хелијумом. Преносан. Гориво је у облику графитних лоптастих горивних елемената (Pebble-Bed Reactor), и свака лопта је 4 cm у пречнику. Укупан број лоптастих горивних елемената је око 220 хиљаде. Сваки лоптасти горивни елемент има комплексну унутрашњу структуру, која садржи неколико десетина хиљада TRISO честица (HALEU, обогаћење 15.5%).
<https://x-energy.com/>



TerraPower – Sodium Reactor

<https://natriumpower.com/>, <https://www.terrapower.com/>

- **Natrium**: Latin for Sodium, 345 MWe fast reactor, combined with GW-scale thermal energy storage system based on molten nitrate salt. The storage technology can boost the system's output to 500 MW.
- **Kemmerer Unit 1** is currently under construction in Wyoming and is the first utility-scale advanced reactor project under construction in the Western Hemisphere. NRC awarded a construction permit on March 4, 2026. TerraPower anticipates submitting the operating license application in 2028.

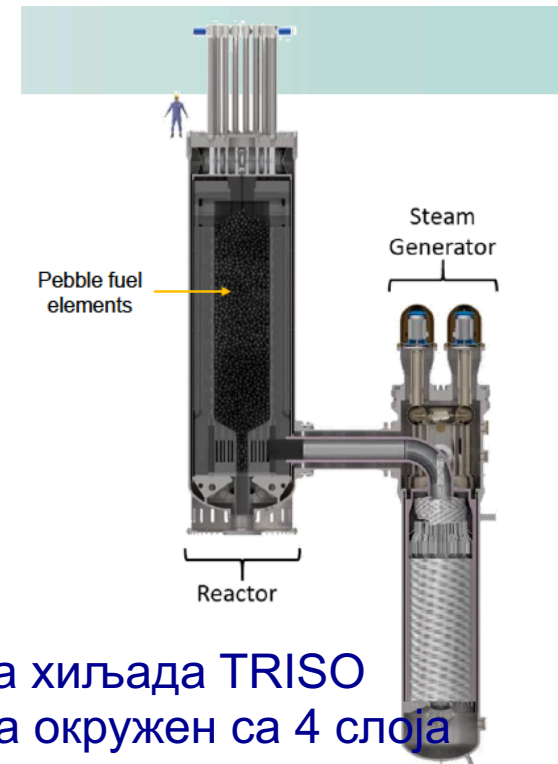
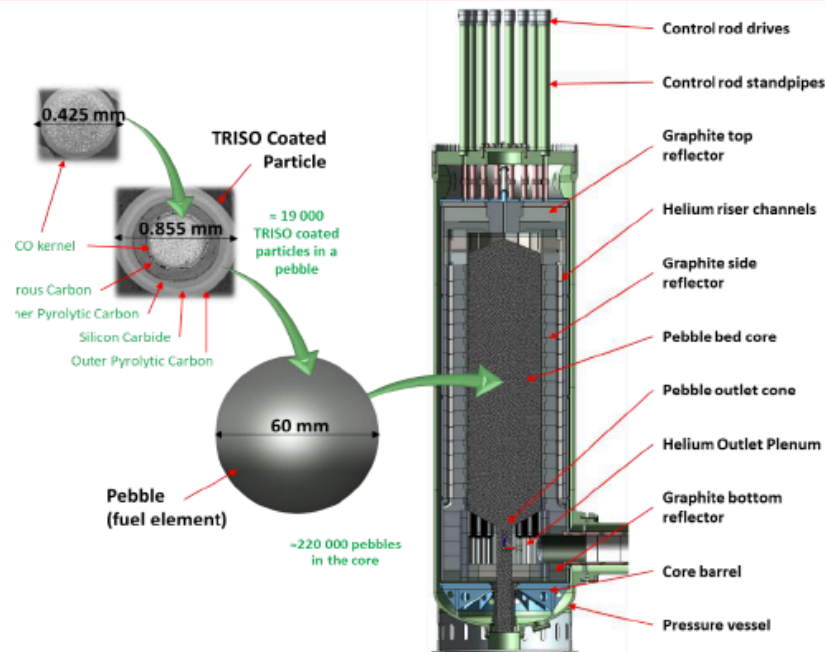
The Natrium reactor uses high-assay, low-enriched uranium (HALEU) metallic fuel (5-20 % enrichment). Operates at atmospheric pressure with passive heat removal, 350 C operating temp.



X-Energy: Xe-100

<https://x-energy.com/>

- Proven High Temperature Pebble Bed Reactor technology, 200 MWth
- Почели су изградњу фабрике за производњу TRISO горива (9/2026)
- Желе да изграде 4 Хе–100 реактора на месту хемијске фабрике у Тексасу.



Лоптасти горивни елемент садржи неколико десетина хиљада TRISO честица. У средини TRISO честице је оксид уранијума окружен са 4 слоја графтно керамичка слоја. Користи HALEU гориво (15.5 % U–235)



(2) Risk Reduction for Future Demonstration awards (10-14 yrs)

- ***Hermes Reduced-Scale Test Reactor*** - Kairos Power, LLC (Alameda, CA) It uses TRISO particle fuel in pebble form combined with a low-pressure fluoride salt coolant. Total award value over seven years: \$629 million (DOE \$303 million)
- ***eVinci™ Microreactor*** – Westinghouse Electric Company, LLC (Cranberry Township, PA). It is a heat pipe-cooled micro-reactor - nuclear demonstration unit by 2024. Total award value over seven years: \$9.3 million (DOE \$7.4 million)
- ***BWXT Advanced Nuclear Reactor (BANR)*** – BWXT Advanced Technologies, LLC (Lynchburg, VA) will develop a transportable microreactor using TRISO fuel particles to achieve higher uranium loading and an improved core design using a silicon carbide (SiC) matrix. Total award value over seven years: \$106.6 million (DOE \$85.3 million) Built reactors for nuclear submarines. 1.5 MW
- ***Holtec SMR-160 Reactor*** – Holtec Government Services, LLC (Camden, NJ) for a light water-cooled SMR-160 (small modular reactor). Total award value over seven years: \$147.5 million (DOE share is \$116 million)
- ***Molten Chloride Reactor Experiment*** – Southern Company Services Inc. (Birmingham, AL) - the Molten Chloride Reactor Experiment (MCRE) – the world's first critical fast-spectrum salt reactor relevant to TerraPower's Molten Chloride Fast Reactor. Total award value over seven years: \$113 million (DOE \$90.4 million)



(3) Advanced Reactor Concepts-20 Program

- The goal of the ARC-20 program is to assist the progression of advanced reactor designs in their earliest phases. DOE has selected three U.S.-based teams to receive ARC-20 funding:
- ***Inherently Safe Advanced SMR for American Nuclear Leadership*** - Advanced Reactor Concepts, LLC (Herndon, VA) will deliver a conceptual design of a seismically isolated advanced sodium-cooled reactor facility that builds upon the initial pre-conceptual design of a 100 MWe reactor facility. Total award value over three and a half years: \$34.4 million (DOE share is \$27.5 million)
- ***Fast Modular Reactor Conceptual Design*** - General Atomics (San Diego, CA) will develop a fast modular reactor conceptual design with verifications of key metrics in fuel, safety, and operational performance. The design will be for a 50-megawatt electric (MWe) fast modular reactor (FMR). Total award value over three years: \$31.1 million (DOE share is \$24.8 million)
- ***Horizontal Compact High Temperature Gas Reactor*** – Massachusetts Institute of Technology (MIT) (Cambridge, MA) will mature the Modular Integrated Gas-Cooled High Temperature Reactor (MIGHTR) concept from a pre-conceptual stage to a conceptual stage to support commercialization. Total award value over three years: \$4.9 million (DOE cost share is \$3.9 million)



U.S. DOE Reactor Pilot Program (2025)

- On May 23, 2025 President Trump issued four executive orders
 - **Executive Order 14301** directs DOE to start a new pilot program to expedite the testing of advanced reactor designs at national laboratories. President Trump's executive orders seek to accelerate deployment of new nuclear reactor technologies and expand American nuclear energy capacity from around 100 GW today to 400 GW by 2050.
 - **The Reactor Pilot Program** establishes a new DOE pathway for advanced reactor demonstration to fast-track commercial licensing. The program aims to leverage DOE's authority to expedite the research and development of advanced nuclear reactor technologies with the larger goal of reaching criticality for at least three advanced nuclear reactor concepts located outside of the national laboratories by July 4, 2026. (250th Anniversary)

<https://www.energy.gov/articles/fact-sheet-golden-era-american-nuclear-energy-has-arrived>

<https://www.energy.gov/ne/articles/9-key-takeaways-president-trumps-executive-orders-nuclear-energy>



Постигнуте прве 4 критичности SMR/MMR прототипова

- On June 4, 2026, **Antares Nuclear's** advanced reactor, Mark-0, successfully reaching criticality through a test demonstration at INL. This achievement was the first time in over 40 years that a new privately developed non-light-water nuclear reactor reached criticality in America. The R1, a 100-kWe to 1-MWe transportable microreactor using TRISO coated-particle fuel, passive sodium heat pipes, and nitrogen Brayton-cycle power conversion
- On June 18, 2026, **Valar Atomics'** advanced test reactor, Ward 250, successfully reached criticality at the Utah San Rafael Energy Lab in Emery County, Utah. HTGR, graphite moderated, TRISO, 100 kW
- On June 30, 2026, **Deployable Energy's** Unity completed a criticality demonstration, also hosted at INL. He-cooled MMR, 4.95% UO₂
- On July 4, 2026, **Aalo Atomics'** test reactor, Aalo-X, completed a zero-power fueled criticality demonstration at INL, 10 MWe modules, sodium-cooled, graphite moderated, UO₂ ceramic, 8% LEU.

<https://www.energy.gov/articles/fact-sheet-golden-era-american-nuclear-energy-has-arrived>



Nuclear Energy Launch Pad May 19, 2026

<https://www.powermag.com/nric-adds-13-projects-to-nuclear-energy-launch-pad-expanding-advanced-reactor-and-fuel-cycle-pipeline/>

- <https://nric.inl.gov/nuclear-energy-launch-pad-at-idaho-national-laboratory/>
- Purpose: To fast-track the testing of advanced nuclear technologies, strengthen domestic nuclear infrastructure, and enable pathway to commercial licensing
 - Use of space, facilities and expertise at Idaho National Laboratory (INL)
 - Applicants bear life cycle cost of project
 - Request for applications released on April 29, 2026
- Initial Participants: Radiant, General Matter, Deployable Energy, NuCube Energy, Idaho State University
- The Department of Energy's (DOE's) National Reactor Innovation Center (NRIC) has selected 13 new projects across 12 companies for its Nuclear Energy Launch Pad initiative (Aug 26, 2026):
 - Antares Nuclear, Atlas Atomics, Deployable Energy, Forge Atomics, Hexium Inc, Lightbridge Corporation, Nusano Inc., Oklo, Raven-Flint Nuclear, Scalet Atomics, Sublime Nuclear, Valar Atomics



U.S. Army choose 5 microreactors (8/2026)

- Aug 26, 2026 The U.S. Army announced that it plans to add nuclear microreactors at five military bases as a reliable source of energy independent of the commercial electric grid.
- The Army was tasked with ensuring that an advanced reactor would start operating at a domestic military installation no later than Sept. 30, 2028. The Janus program is named for the ancient Roman god of transitions.
- Five companies selected by the Army will be awarded up to \$2.2 billion in total over five years to own, construct and operate the microreactors, if they hit set milestones along the way for their performance.
- The selected companies are: Antares Nuclear at Fort Bragg in North Carolina; BWXT at Fort Campbell in Kentucky; General Atomics Electromagnetic Systems at Fort Hood in Texas; Radiant Industries at Fort Benning in Georgia; and Westinghouse Government Services at Fort Drum in New York.



SMR Benefits

- SMRs are deployable in areas difficult to access or without grid infrastructure.
- Modular concept allows for systems and components to be factory-assembled and transported as a unit to a location for installation.
- Long life cycle - reduced need for refueling, reduced amount of spent nuclear fuel.
- Design simplicity - with passive safety systems and inherent safety characteristics.
- Expanded potential siting options since more sites are suitable for SMRs.
- Scalability – multiple SMRs could be installed in one location.
- Load following - power output can be adjusted to electricity demands.
- Could produce electricity, process (industrial) heat, radioisotopes.
- Could be used in marine propulsion (global shipping).
- Smaller nuclear island and plant footprint.
- Lower upfront capital costs per unit and lower economic risks.
- Proliferation resistance.



SMR Drawbacks

- Economics of SMRs needs more analysis in order to show possible advantages over large LWRs.
- The limited power of SMRs causes higher specific costs for construction and operation per unit of electric power as compared to large LWRs.
- Most Gen IV SMRs require higher fuel enrichment (HALEU fuel), between 5% to up to 20% U-235. Currently, HALEU is only produced in Russian Federation at a commercial scale.
- Most Gen IV SMRs are using new fuel (metallic, carbide, nitride, TRISO) that needs to be fully developed and licensed.
- Spent nuclear fuel from small reactors could be located in remote areas which will make its transport more difficult.
- Spent fuel will be spread in many more sites while nowadays it is congregated at a limited number of locations.
- The back-end of the SMR fuel cycle has not been addressed as of yet. Longer life cycles (5-30 yrs), and new fuel types represent great challenges for spent fuel management, including possible reprocessing, and disposal of radioactive waste.
- Public acceptance of new concepts might be challenging.
- Obtaining design certification and license may take longer time than expected.



SMRs and Data Centers

- Data center electricity demand in the United States will surge from 4% to **9-12%** of total consumption by 2030, with global demand growing **160%** to reach 945 TWh annually.
- Estimated downtime costs for these facilities exceed \$10,000 per minute. Data centers are deployed with full emergency-only diesel-fueled backup power supply. Co-located fleets of SMRs are an attractive solution for AI data centers.
- **Amazon Web Services** is committing to deploy **5 GW** of SMR capacity by 2039 through a \$500 million investment in **X-energy** in Washington State and Virginia. Initially, four **Xe-100** reactors producing 320 MW, with expansion potential to 960 MW across twelve modules.
- **Google** is partnering with **Kairos Power** to deploy **500 MW** across 6-7 molten salt-cooled reactors. The first unit will come online by 2030, full deployment by 2035.
- **Microsoft** signed a 20-year agreement with **Constellation Energy** to restart Three Mile Island Unit 1 by 2028, and buy the power from this **837 MW NPP**.
- **Google** and **NextEra** plan to restart the Duane Arnold Energy Center (615 MW) near Cedar Rapids, Iowa, which closed in 2020 after 45 years of operation. Planned restart is in 2029 for additional 25 years of operation.



Additional features of SMRs*

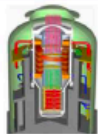
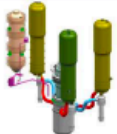
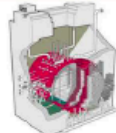
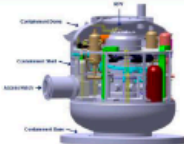
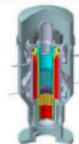
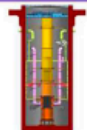
- Thermal efficiency of large LWRs is 33% (PWR) and 32% (BWR)
- Fuel enrichment of large LWRs is 3-5%.
- Refueling cycle of large LWRs is 18-24 months.
- Thermal efficiency of Gen IV SMRs is larger ($> 40\%$) due to higher operating temperatures.
- Fuel enrichment is higher (5% - 19.75%).
- Refueling cycle could be very long, up to 20-30 yrs

Design	Fuel type/assembly array	Fuel enrichment (%)	Thermal efficiency (%)	Core discharge burnup (GWd/ton)	Refuelling cycle (months)
LWR land-based SMR					
NuScale	Uranium oxide (UO ₂) pellet/17x17 array	<5%	30%	> 30	24
SMART	UO ₂ pellet/17x17 array		30%	< 54	30
SMR-160	UO ₂ pellet/square array		30%	45	24
Nuward	UO ₂ /17x17 array		31%	-	24
BWRX-300	UO ₂ /10x10 array		32%	49.5	12-24
UK SMR	UO ₂ /17x17 array		35%	55-60	18-24
Mobile SMRs					
KLT-40S	UO ₂ pellet in silumin matrix	18.6%	23%	45.4	30-36
RITM-200	UO ₂ pellet/ hexagonal array	<20%	29%	-	72-84
Gen IV and MMRs					
Aurora	Recycled HALEU fuel (EBR-II used fuel)	-	38%	-	240
eVinci	HALEU fuel	5 - 19.75%	29%	-	> 36
Sodium	HALEU fuel	-	-	-	-
ARC-100	U-Zr alloy	13.1%	35%	77	20
Energy Multiplier Module (EM ²)	Uranium carbide/hexagonal array	~14.5%	53%	130	360
Westinghouse Lead Fast Reactor	Uranium oxide, before transitioning to uranium nitrides	≤ 19.7%	47%	≥ 100	≥ 24
Integral Molten Salt Reactor (IMSR)	Circulating molten salt fuel (fluoride) with U	<5%	44%		84
Stable Salt Reactor	Static molten salt fuel (chloride) with Pu	Reactor grade Pu	40%	120 - 200	Online refuelling
KP-FHR	TRISO fuel	19.75%	44%		
U-Battery	TRISO fuel	<20%	40%	80	



SMR хлађени водом – развијена технологија

*Advances in Small Modular Reactor Technology Developments, A Supplement to: IAEA Advanced Reactors Information System (ARIS), 2022 Edition, IAEA September 2022 (aris.iaea.org)

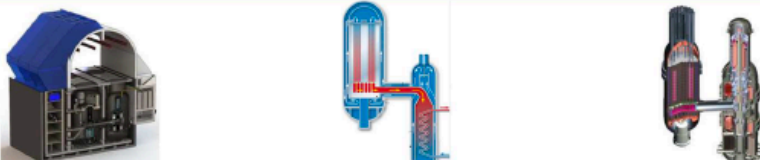
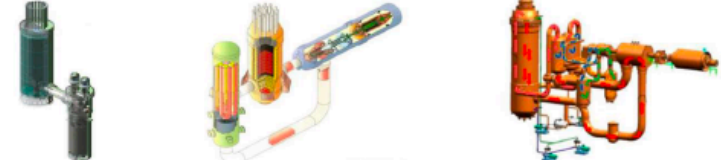
Power range MW(e)	301 - 450			• IMR • Rolls-Royce SMR				
	201 - 300					• Westinghouse SMR • VK-300 • BWRX-300 • CANDU SMR		
	151 - 200						• SMR-160 • NUWARD • i-SMR • mPower • CAP200	
	101 - 150				• SMART • DHR400 • ACP100			
	31 - 100							• KARAT-45 • RITM-200N • HAPPY200 • NHR200-II • VOYGR • KARAT-100
	10 - 30						• STAR • TEPLATOR • RUTA-70 • OPEN20 • CAREM25	

Water-cooled reactors (land-based)



SMR – високо температурни хлађени гасом, потребан развој

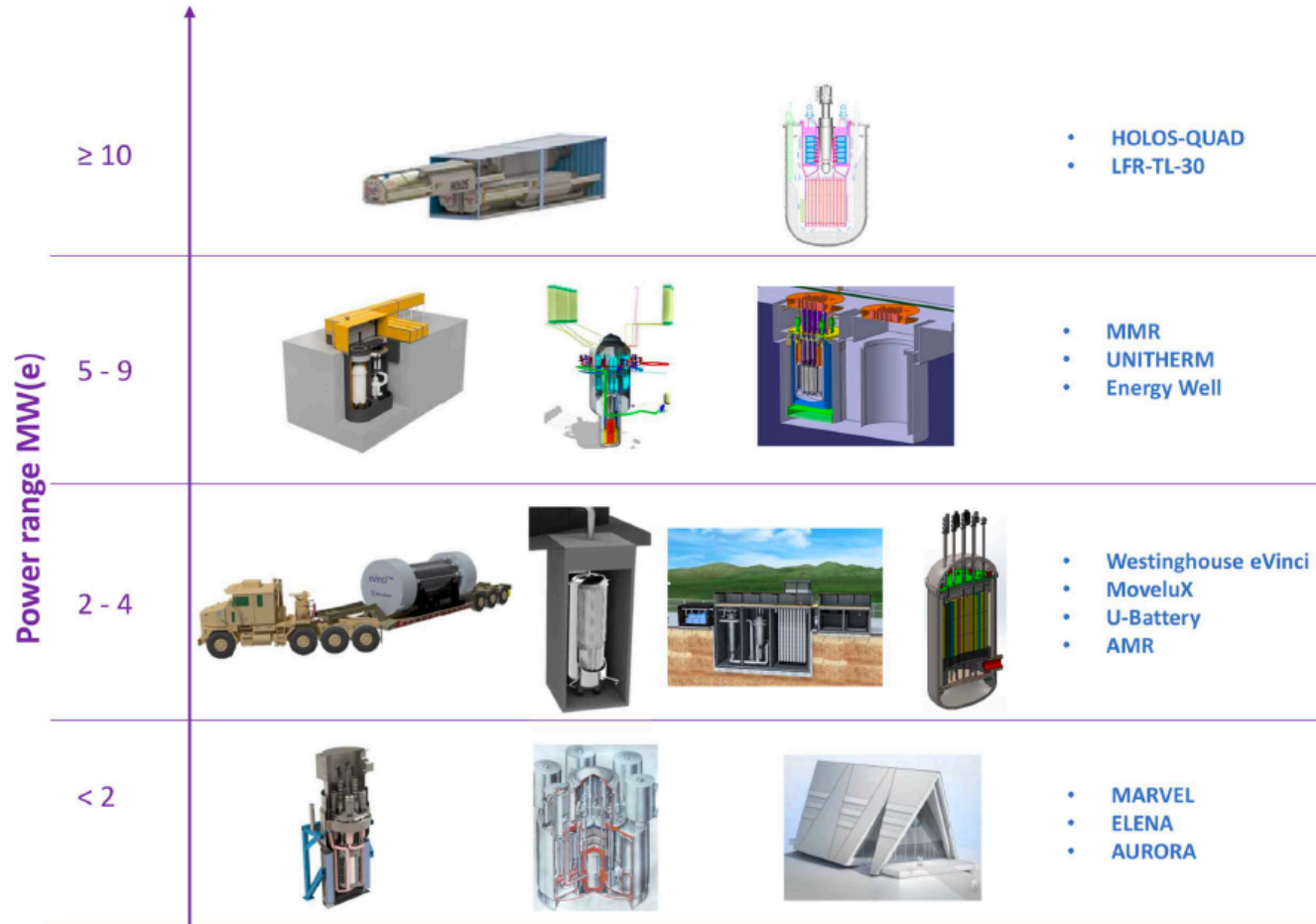
*Advances in Small Modular Reactor Technology Developments, A Supplement to: IAEA Advanced Reactors Information System (ARIS), 2022 Edition, IAEA September 2022 (aris.iaea.org)

251 - 300	 • EM² • SC-HTGR • GT-MHR
201 - 250	 • MHR-T • HTR-PM (2 units)
51 - 200	 • Xe-100 • GTHTR300 • PBMR-400
15 - 50	 • MHR-100 • AHTR-100 • HTMR100 • FMR
< 15	 • STARCORE • JIMMY <u>Test reactors:</u> • HTR-10 • HTTR-30 • PeLUIt/RDE

High temperature gas-cooled reactors



Микрореактори (MMR) – потребан развој НОВИХ ТЕХНОЛОГИЈА



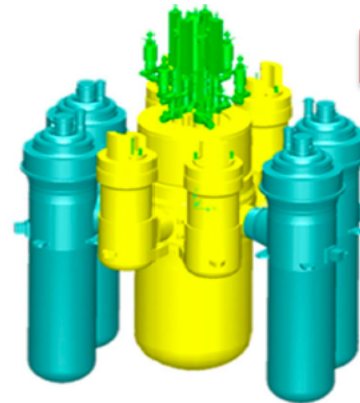
Microreactors

*Advances in Small Modular Reactor Technology Developments, A Supplement to: IAEA Advanced Reactors Information System (ARIS), 2022 Edition, IAEA September 2022 (aris.iaea.org)



KLT-40S (Afrikantov, Russian Federation)*

- Floating NPP Akademik Lomonosov - two KLT-40S naval propulsion reactors, generating up to 70 MWe, or 300 MWth of heat, or co-generation of electricity and heat for a city of 200 000 people.
- It is the world's first floating NPP, located at the Russian port Pevek, Chukotka. It was connected to the grid in December 2019.



MAJOR TECHNICAL PARAMETERS	
Parameter	Value
Technology developer, country of origin	JSC "Afrikantov OKBM", Rosatom, Russian Federation
Reactor type	PWR
Coolant/moderator	Light water / light water
Thermal/electrical capacity, MW(t)/MW(e)	130 / 55
Primary circulation	Forced circulation
NSSS Operating Pressure (primary/secondary), MPa	12.7
Core Inlet/Outlet Coolant Temperature (°C)	280 / 316
Fuel type/assembly array	UO ₂ pellet in silumin matrix
Number of fuel assemblies in the core	121
Fuel enrichment (%)	18.6
Core Discharge Burnup (GWd/tU)	45.4
Refuelling Cycle (months)	30-36
Reactivity control mechanism	Control rod driving mechanism
Approach to safety systems	Active (partially passive)
Design life (years)	40
Plant footprint (m ²)	4320 (Floating NPP)
RPV height/diameter (m)	4.8 / 2.0
RPV weight (metric ton)	N/A
Seismic Design (SSE)	9 point on the MSK scale
Distinguishing features	Floating power unit for cogeneration of heat and electricity; no onsite refuelling; spent fuel take back

*Advances in Small Modular Reactor Technology Developments, A Supplement to: IAEA Advanced Reactors Information System (ARIS), 2022 Edition, IAEA September 2022 (aris.iaea.org)

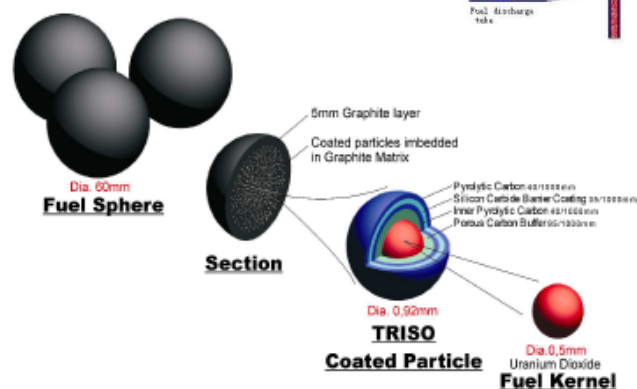
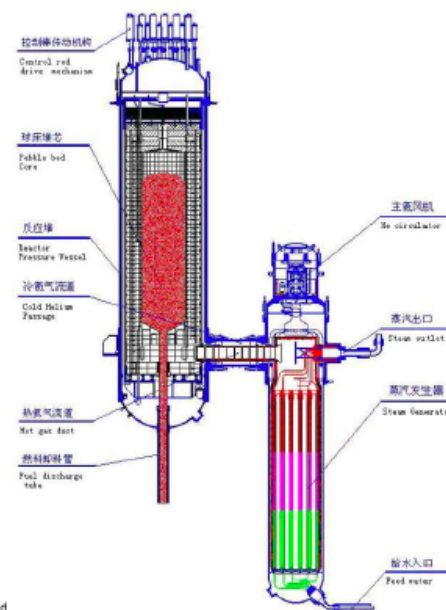


Руска пловећа нуклеарна платформа ”Академик Ломоносов”

- Садржи два KLT-40S реактора, који могу да произведу до 70 MWe електричне снаге или 300 MW топлотне снаге.
- Могу истовремено да производе и струју и топлоту за град од 200 хиљада становника. Почео са радом у децембру 2019 у граду Певек (Аљаска).



HTR-PM (Tsinghua University, China)*



MAJOR TECHNICAL PARAMETERS

Parameter	Value
Technology developer, country of origin	INET, Tsinghua University, China
Reactor type	Modular pebble bed HTGR
Coolant/moderator	Helium/graphite
Thermal/electrical capacity, MW(t)/MW(e)	2 × 250 / 210
Primary circulation	Forced circulation
NSSS Operating Pressure (primary/secondary), MPa	7 / 13.25
Core Inlet/Outlet Coolant Temperature (°C)	250 / 750
Fuel type/assembly array	Spherical elements with coated particle fuel
Number of fuel assemblies in the core	420 000 (in each reactor module)
Fuel enrichment (%)	8.5
Core Discharge Burnup (GWd/ton)	90
Refuelling Cycle (months)	On-line refuelling
Reactivity control mechanism	Control rod insertion
Approach to safety systems	Combined active and passive
Design life (years)	40
Plant footprint (m ²)	256 100
RPV height/diameter (m)	25 / 5.7 (inner)
RPV weight (metric ton)	800
Seismic Design (SSE)	0.2 g
Fuel cycle requirements / Approach	LEU, open cycle, spent fuel intermediate storage at the plant
Distinguishing features	Inherent safety, no need for offsite emergency measures
Design status	In operation

*Advances in Small Modular Reactor Technology Developments, A Supplement to: IAEA Advanced Reactors Information System (ARIS), 2022 Edition, IAEA September 2022 (aris.iaea.org)



Цена изградње реактора велике снаге – САД

- Најновија прикључења на мрежу у САД су два реактора Vogtle 1 и Vogtle 2 типа AP-1000 (Westinghouse, PWR, 4-loop, Gen III+) у држави Џорџија (Georgia) у јулу 2023. године и априлу 2024. године.
- Снага ових реактора је по 1117 MWe (3400 MWth). Мада је уговор о изградњи 2 реактора потписан 2008. године између Georgia Power и компаније Westinghouse, чији је власник јапанска компанија Toshiba (у сарадњи са The Shaw Group), изградња је почела тек 2013. године, али је због низа проблема, укључујући и финансијске (банкротирање компаније Westinghouse, 2017), дошло до кашњења и драстичног повећања цене изградње.
- Почетна процена цене изградње за два реактора велике снаге је износила \$14 милијарди, али је на крају после више од 10 година градње порасла на \$36,8 милијарди.

<https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-t-z/usa-nuclear-power>



Цена изградње реактора велике снаге – Француска

- У Француској је задњи реактор пуштен у погон далеке 1999. године.
- Најновији реактор велике снаге (Flamanville 3, 1650 MWe gross) типа EPR (Areva), чија је изградња почела 2007. године, а почео је са радом тек 21. децембра 2024. године.
- То градилиште сам посетила пре 10 година, као и остале нуклеарне инсталације у Француској, укључујући и подземно складиште за радиоактивни отпад које се гради.
- Почетна цена изградње је требало да буде 4 милијарде евра (€2434/kW, €54/MWh) у 2008. години, али је цена расла због кашњења у изградњи овог реактора, до 13,2 милијарди евра у 2024. години.
- Француска не прихвата истрошено нуклеарно гориво из других земаља. Такође, Француска набавља уранијумско гориво углавном из Канаде и Нигера, с тим да је Нигер задњих година прекинуо сарадњу са Француском.

<https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/france>



Цена изградње реактора велике снаге – Јужна Кореја

- Јужно–корејанска компанија KEPCO је 2009. године потписала уговор са Уједињеним Арапским Емиратима вредан \$32 милијарде за изградњу 4 реактора типа APR1400 (PWR, 1400 MWe) у месту Barakah, 270 km од Абу Дабија.
 - Први реактор је почео са радом у априлу 2021. године (изградња је почела 2012), други у марту 2022. године (изградња је почела 2013), трећи у септембру 2022. године (изградња је почела 2014) и четврти у 2024. години (изградња је почела 2015).
- Према подацима, цена изградње коју је понудио KEPCO је \$3571/kW, што је много мање од цене коју је понудила EDF (\$7931/kW) и Westinghouse (\$5833/kW).

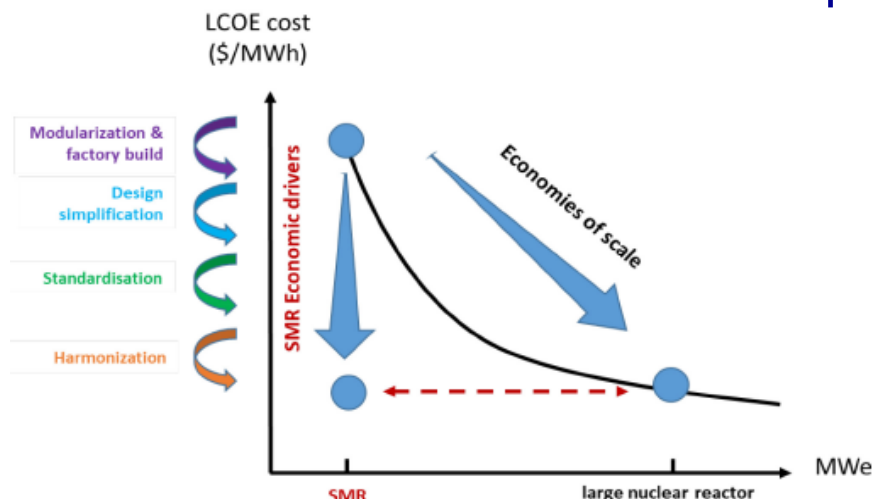
South Korea pushes to export nuclear reactors to Europe, Financial Times, August 28, 2024,
<https://www.ft.com/content/85a7e313-6089-4ba9-8f5b-f45adcbc5074>

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Korea-and-UAE-agree-to-expand-nuclear-cooperation>



SMR Economics*

- Economy of scale tends to disfavor SMR as compared to larger reactors.



- Learning by doing: The average costs of production decline in real terms as a result of production experience as businesses cut waste and find the most productive means of producing output on a bigger scale.
- The economy of scale law could be overcome by modularization and lower capital risk, leading SMRs to competitiveness.
- For example, a 1100MWe nuclear power reactor would cost only about three times as much to build as a 180 MWe version but would generate six times the power; therefore, the capital cost per kilowatt would be twice as great for the smaller reactor

*Small Modular Reactors: Challenges and Opportunities, NEA No. 7560, OECD 2021



Korea weighs \$120 billion investment in 8 nuclear reactors in U.S. as part of tariff deal (September 2026)

- USA initially insisted on 10 1.1-GW AP1000 reactors through 2030 built by U.S. nuclear company Westinghouse, while Korean companies would supply equipment and other components.
- S. Korea, on the other hand, wanted the plants to use Korea's independently developed APR1400 model (1400 MW). Splitting the first batch of reactors between the two countries would spell a peaceful compromise. The remaining four are reportedly up for further negotiation.



<https://www.koreajoongangdaily.com/business/korea-weighs-120-billion-investment-in-8-nuclear-reactors-in-us-as-part-of-tariff-deal/12863947>



Препоруке ИАЕА

- Недавно је и ИАЕА издала технички документ о предусловима и детаљним корацима неопходним на националном нивоу уколико се планира изградња нуклеарне електране. Уколико једна земља жели да се посвети изградњи нуклеарне електране на својој територији, та земља мора:
 - Да препозна да ова одлука доноси дугогодишње обавезе и посвећеност нуклеарном програму,
 - Да припреми целокупну националну инфраструктуру за овај подухват, укључујући и јавну расправу,
 - Да развије све неопходне ресурсе (законске, кадровске, финансијске, надзорне, оперативне) који ће омогућити сигуран и безбедан дугогодишњи рад нуклеарне електране и безбедно одлагање истрошеног горива.
 - Да припреми стручне и научне кадрове.
 - Припремни период траје и до 20 година, док сама изградња траје од 5 до 10 година.
 - Такође се наглашава да *"животни циклус"* у нуклеарном програму не значи посвећеност овом програму у току 20 до 30 година, **већ циклусу од 100 година.**

*Milestones in the development of a national infrastructure for nuclear power, IAEA Nuclear Energy Series No. NG-G-3.1 (Rev. 2), IAEA 2024



IAEA Three Milestones in NP Infrastructure Development*

In the development of the nuclear power infrastructure, three key organizations are involved: the government, the owner/operator of the NPP (State or private) and the regulatory body.

NUCLEAR POWER INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT

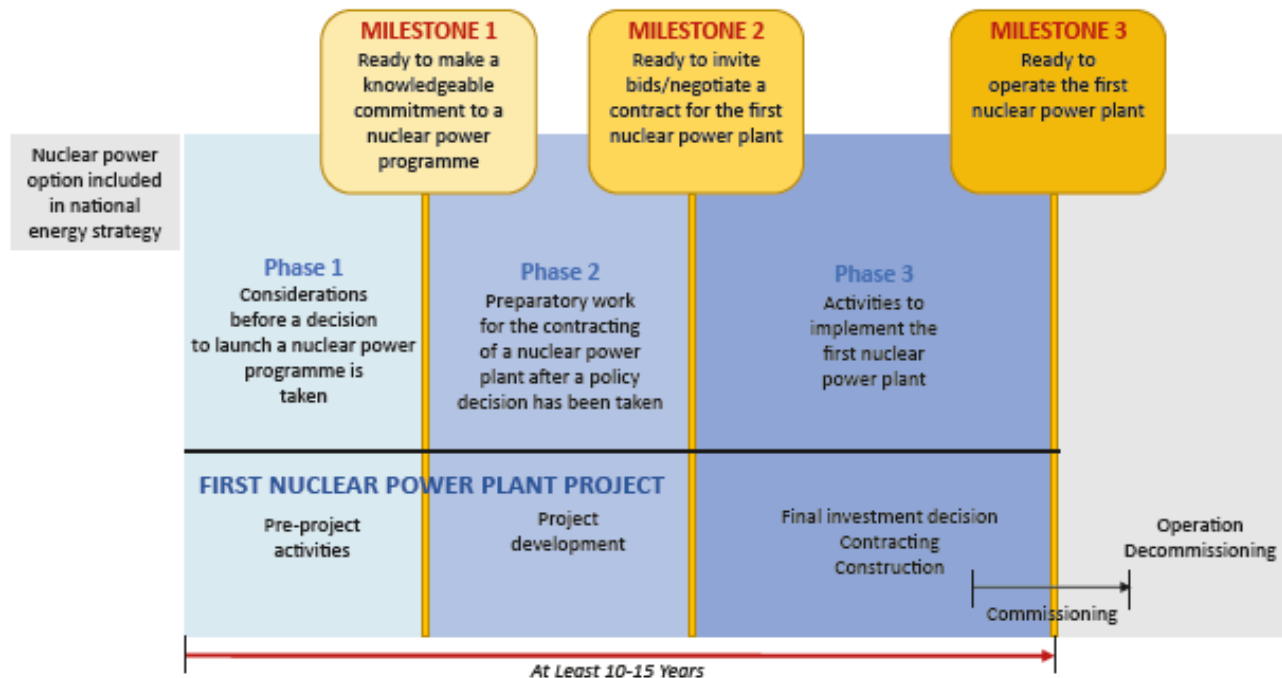


FIG. 1. Development of the infrastructure for a national nuclear power programme.

*Milestones in the development of a national infrastructure for nuclear power, IAEA Nuclear Energy Series No. NG-G-3.1 (Rev. 2), IAEA 2024



IAEA Infrastructure Issues*

TABLE 1. INFRASTRUCTURE ISSUES

The 19 infrastructure issues	
1. National position	11. Stakeholder engagement
2. Nuclear safety	12. Site and supporting facilities
3. Management	13. Environmental protection
4. Funding and financing	14. Emergency preparedness and response
5. Legal framework	15. Nuclear security
6. Safeguards	16. Nuclear fuel cycle
7. Regulatory framework	17. Radioactive waste management
8. Radiation protection	18. Industrial involvement
9. Electrical grid	19. Procurement
10. Human resource development	

- For Gen IV SMRs, new forms of fuel are employed and new forms of spent nuclear fuel are generated. It might require new regulatory/technology framework for its disposal.
- For small countries with undeveloped nuclear infrastructure, it is advisable to rely on proven NP technologies and and shy away from first-of-kind SMRs.

*Milestones in the development of a national infrastructure for nuclear power,
IAEA Nuclear Energy Series No. NG-G-3.1 (Rev. 2), IAEA 2024



Где је ту Србија?

- Србија мора да добро анализира шта се тренутно дешава у свету у погледу на нуклеарну енергетику, који типови комерцијалних реактора се граде и где, које су проверене а које су експерименталне технологије, које земље тренутно имају највише искуства у изградњи комерцијалних реактора, и које земље нуде најбоље "пакете".
- Мада је почео убрзани развој нових реакторских дизајна (SMR, MMR) нарочито у САД, до сада није изграђен ни један комерцијални мали модуларни реактор нити микро–реактор на Западу, те Србија не треба да се залеће на непроверене технологије.
- Одређен број стручњака сматра да је избор EDF–а јасан знак да се Србија определила за западну нуклеарну технологију, док други сматрају (укључујући и аутора овог рада) да има бољих опција.



Ко нуди целокупан "пакет услуга"?

- Русија је веома посвећена изградњи и извозу нуклеарне технологије. Тренутно у Русији ради 36 реактора, 6 је у изградњи и планира се још 7 до 15. Русија има веома велики извозни програм, и тренутно гради 20 реактора у 8 земаља у свету.
- Русија такође има велике резерве уранијума и производи своје гориво, и такође може да га преради и рециклира. Такође производи и све остале компоненте, укључујућу реакторске судове, паро–генераторе, парне турбине, пумпе за примарни хладацац и сл.
- Уводе се нове легуре са никлом и челиком који омогућавају повећање животног века реактора од 80 на 120 година (реактор типа VVER–TOI/V–510, снаге 1255 MWe gross). Русија је такође једина у свету која има два комерцијална брза реактора, BN–600 и BN–800, и гради BN–1200 са циљем затварања горивног циклуса.

<https://world-nuclear.org/Information-Library/Country-Profiles/Countries-O-S/Russia-Nuclear-Power>



Ко нуди целокупан "пакет услуга"?

- Оно што је веома битно јесте да Русија једина у свету нуди целокупни "пакет услуга" при склапању уговора о изградњи нуклеарних реактора, који укључује финансијску помоћ, изградњу нуклеарне електране и гориво, обуку особља на свим нивоима, развој комплетне инфраструктуре, укључујући и регулативну, као и преузимање истрошеног горива у току целог животног века нуклеарне електране и декомисију електране по престанку рада.
- Постоји такође могућност да Русија изгради нуклеарну електрану на територији друге државе и да то потпуно финансира, али да онда Росатом постаје власник те електране, управља електраном и продаје електричну енергију (такав уговор "build–own–operate" је склопљен са Турском).
- Такође, Србија нема руднике уранијума нити перманентно одлагалиште истрошеног радиоактивног горива, и најбоље је решење сарадња са земљама које у оквиру "пакета" изградње нуклеарне електране нуде свеже гориво и преузимање истрошеног горива у току целог животног века једне нуклеарне електране.



Русија и Турска

- Росатом је потписао уговор са Турском да изгради 4 нуклеарна реактора типа VVER–1200/V–502 (сваки по 1200 MWe) на локацији Akkuyu.
- У овом примеру, Росатом финансира пројект од почетка до краја са 100% удела.
- Росатом ће бити власник нуклеарне електране, управљаће електраном, снабдеваће електрану нуклеарним горивом, односиће истрошено нуклеарно гориво, и на крају радног века ће извршити декомисију нуклеарне електране.
- Росатом је припремио и сву неопходну документацију и дозволе, обучен кадар.
- Турска ће куповати произведену електричну енергију од Росатома по уговореним ценама.



Русија и Мађарска

- Као пример друге опције, наводи се електрана "Пакш 2" у Мађарској, **коју Мађарска намерава да прошири са два реактора руске производње.**
- Мађарска тренутно има 4 реактора типа VVER V–213 (PWR), појединачне снаге 479 MWe, који су грађени крајем 70тих и почетком 80тих година. На почетку су електране добиле лиценцу на 30 година, која је продужена на 50 година, а 2023. године је лиценца продужена на 70 година.
- Мађарска тренутно гради ПАКШ II–1 и планира да почне градњу ПАКШ II–2 у току 2026. године. ПАКШ II–1 је реактор руског типа VVER–1200/V–529 (PWR), снаге 1100 MWe. Финансијски договор је направљен са Русијом (Росатом) у коме Русија финансира 80% цене изградње (€10 милијарди), а Мађарска ће отплаћивати кредит 21 годину са почетком у 2026. Камата је 4% за првих 11 година, а после се пење на 4.5%. Предвиђа се да ће изградња трајати 6 година.
- Србија може да инвестира део (10 до 15%) изградња електране, уз добијање сразмерног удела у производњи електричне енергије.



Шта Србија не треба да разматра

- У оквиру 19 инфраструктурних тачака које наводи ИАЕА, налазе се и следеће тачке:
 - Нуклеарни горивни циклус
 - Менаџмент истрошеног нуклеарног горива
- Нуклеарни горивни циклус се састоји од 3 дела: припремна фаза, оперативни део и завршна фаза.
- Србија треба да се фокусира само на средњи део.
- Почетни део нуклеарног циклуса обухвата прераду уранијумске руде, обогаћивање уранијума и израду горивних елемената – Србија неће добити дозволу за овај део.
- Завршни део нуклеарног горивног циклуса обухвата не само складиштење истрошеног нуклеарног горива, већ и прераду, рециклирање и одлагање радиоактивног отпада. Србија неће добити дозволу за прераду а нема где да складишти истрошено гориво.



Закључци

- Србија мора да добро анализира шта се тренутно дешава у свету у погледу на нуклеарну енергетику, који типови комерцијалних реактора се граде и где, које су проверене а које су експерименталне технологије, које земље тренутно имају највише искуства у изградњи комерцијалних реактора, и које земље нуде најбоље "пакете". То свакако нису SMR и MMR реактори.
- Русија нуди комплетан пакет, који укључују "изнајмљивање" нуклеарног горива и преузимање истрошеног горива.
- Србија тренутно нема потребну инфраструктуру (законодавну, надзорну, финансијску, кадровску, оперативну) за изградњу нуклеарних електрана, али мора да их укључи у дугорочно планирање.
- Србији је потребан веома дуг и скуп процес да би се нуклеарна енергетска инфраструктура довела на неопходан ниво (20 – 30 г.)
- Најбољи приступ је да Србија направи договор са једном од суседних земаља које планирају да граде нуклеарне електране у скорој будућности (Мађарска) и инвестира део изградња електране, уз добијање сразмерног удела у производњи електричне енергије.



Слајдови могу да се користе уз сагласност аутора и навођење референце.

