



MAŽŲJŲ MODULINIŲ (BRANDUOLINIŲ) REAKTORIŲ PERSPEKTYVOS

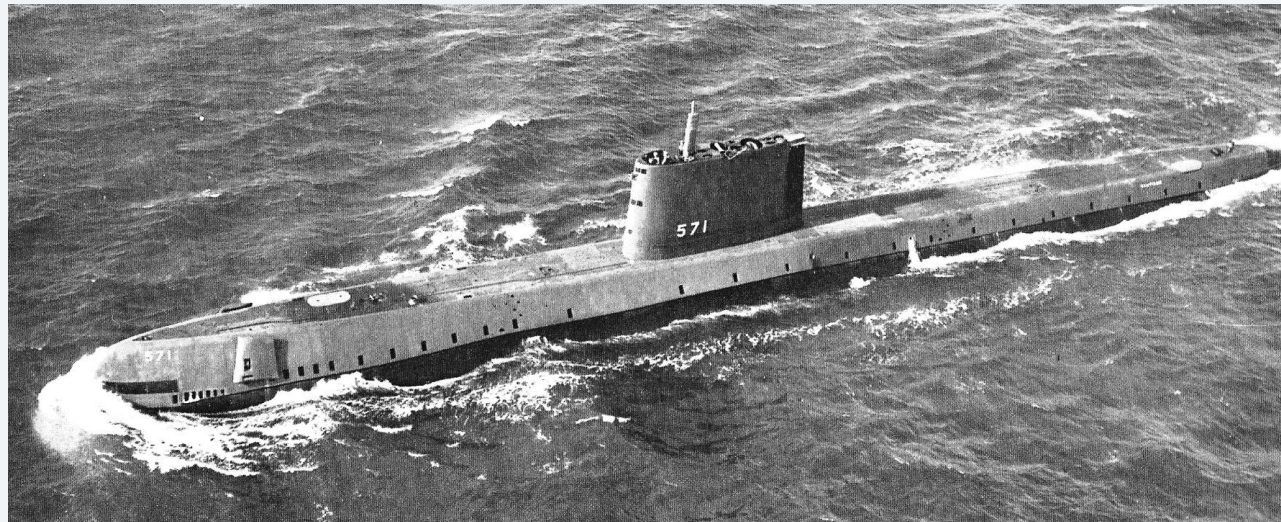
2025-12-23



MAŽIEJI MODULINIAI REAKTORIAI – BRANDUOLINIŲ TECHNOLOGIJŲ ATEITIS

Pagrindinės įžvalgos:

- Mažieji moduliniai (branduoliniai) reaktoriai (MMR) – **patraukli technologinė koncepcija, turinti šaknis JAV branduolinių povandeninių laivų pramonėje**; MMR pirmtakas – S2W reaktorius, sukurtas USS *Nautilus* laivui apie 1953-1955 metais.
- Pasaulio ir regioninės tendencijos rodo, kad kaimyninės **valstybės svarsto branduolinės energetikos alternatyvą** XXI a. 4 dešimtmetyje.
- Naujausia TEA ataskaita (2025 m.) skelbia „**naują branduolinės energetikos erą**“, kurią skatina saugumo ir klimato tikslai. MMR įvardijamas kaip pagrindinis šios eros katalizatorius Vakarų šalyse.
- Analizė rodo, kad **branduolinės energetikos ir atsinaujinančių energijos išteklių derinimas** gali geriausiai užtikrinti valstybės energetinį saugumą.



USS *Nautilus* 1955 metais. Šaltinis: JAV Energijos Departamentas



SMR. Šaltinis: Innovation News Network

MMR: PERSPEKTYVI, TAČIAU DAR NE GALUTINAI IŠTIRTA TECHNOLOGIJA

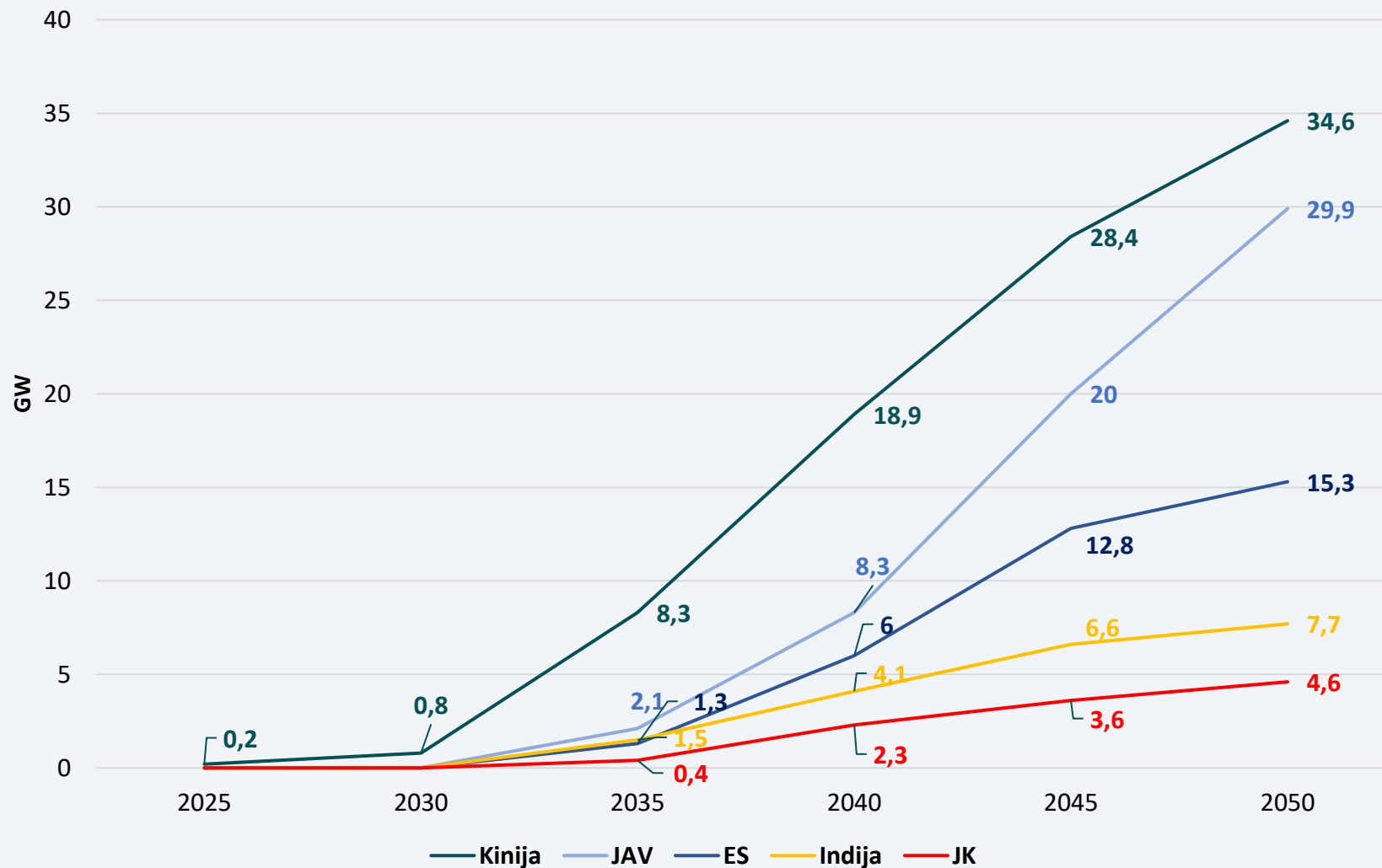


- Modernesnė ir saugesnė alternatyva dideliems branduoliniams reaktoriams.
- Turi pasyviąsias saugos sistemas, kurios gali veikti be aktyvaus operatorių įsikišimo.
- Lengva pritaikyti prie įvairių energijos poreikių (vandeniliui, CŠT).
- Gali būti aušinami skirtingomis medžiagomis (vandeniu, skystais metalais, lydytosiomis druskomis).
- Mažesni pradiniai kaštai nei tradicinės AE.
- Paprastesnis statybos procesas.
- Gali veikti neprijungę prie elektros tinklo.
- Mažiau radioaktyvių atliekų, lyginant su didelėmis branduolinėmis elektrinėmis.
- Atsvara tinklo balansavimui.



- Kol kas dar ne iki galo įrodyta ar MMR projektai bus komerciškai sėkmingi ir ekonomiškai naudingi.
- Nevienodi licencijavimo procesai Europoje.
- Būtinas paprastesnis ir labiau nuspėjamas reguliavimas.
- Vis dar kuriamos tiekimo grandinės.
- Būtinas atviras ir skaidrus dialogas su visuomene, kadangi yra sunkiau gauti palaikymą.

Numatoma MMR įrengtoji galia pasirinktuose regionuose pagal paskelbtus įsipareigojimus, 2025–2050 m.



Šaltinis: Tarptautinė Energetikos Agentūra

MMR YRA EFEKTYVESNĖ ALTERNATYVA IŠKASTINIAM KURUI

- **MMR:**

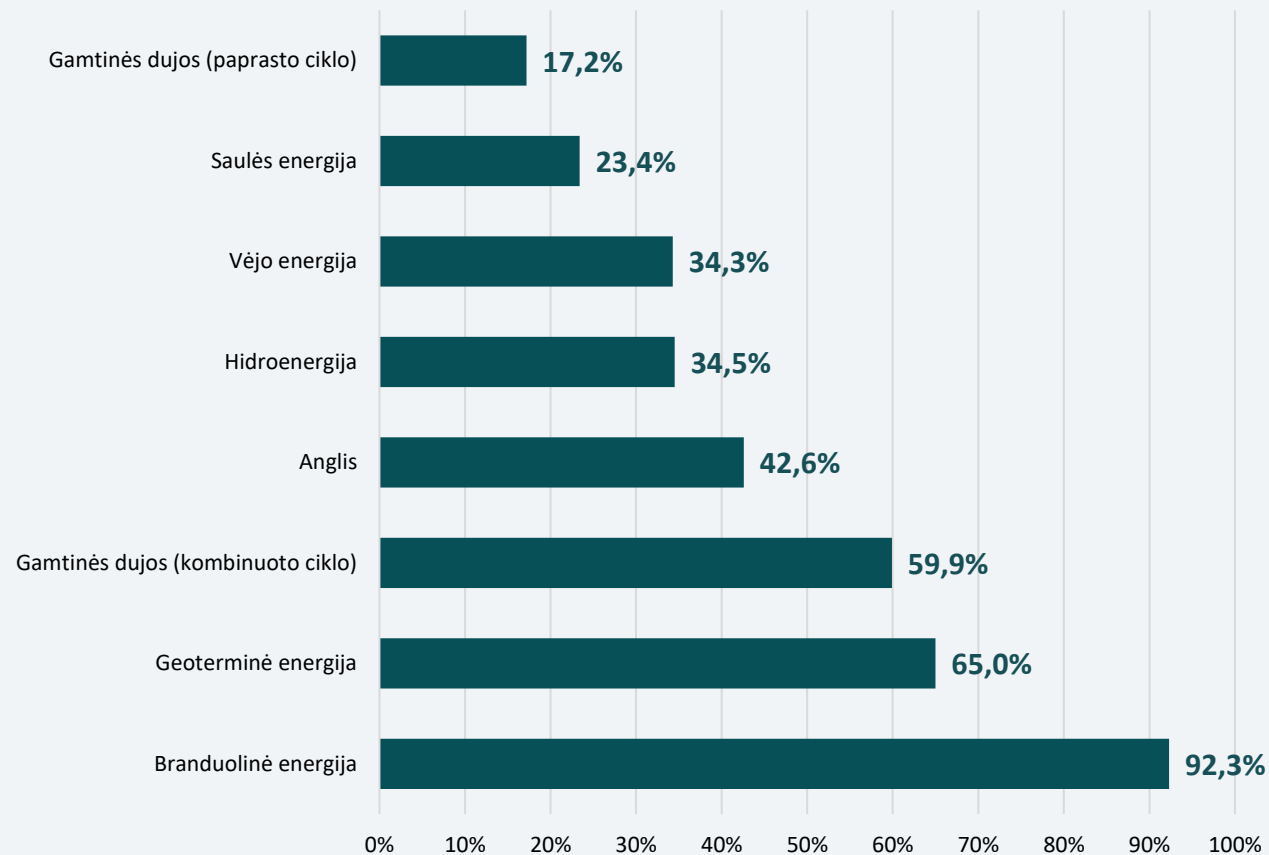
maži (iki 300 MWe)

moduliniai (surenkami gamykliniais moduliais)

reaktoriai (grandininė branduolių dalijimosi reakcija)

- Branduolinių reaktorių privalumas energetinei sistemai yra itin **stabili bazinė generacija**.
- **Panaudos koeficientas** – 1,5–2 kartus didesnis nei anglies ar dujų elektrinėse ir 2,5–3,5 karto didesnis nei saulės ar vėjo elektrinėse.
- **Maža kuro kainos įtaka** elektros savikainai, nes kuro sąnaudos sudaro mažiau nei 5 proc. visos generacijos kaštų.
- Įprastinių energetinių branduolinių reaktorių galia yra nuo 500 iki 1500 MWe.

Panaudos koeficientas (JAV - 2024 m.)



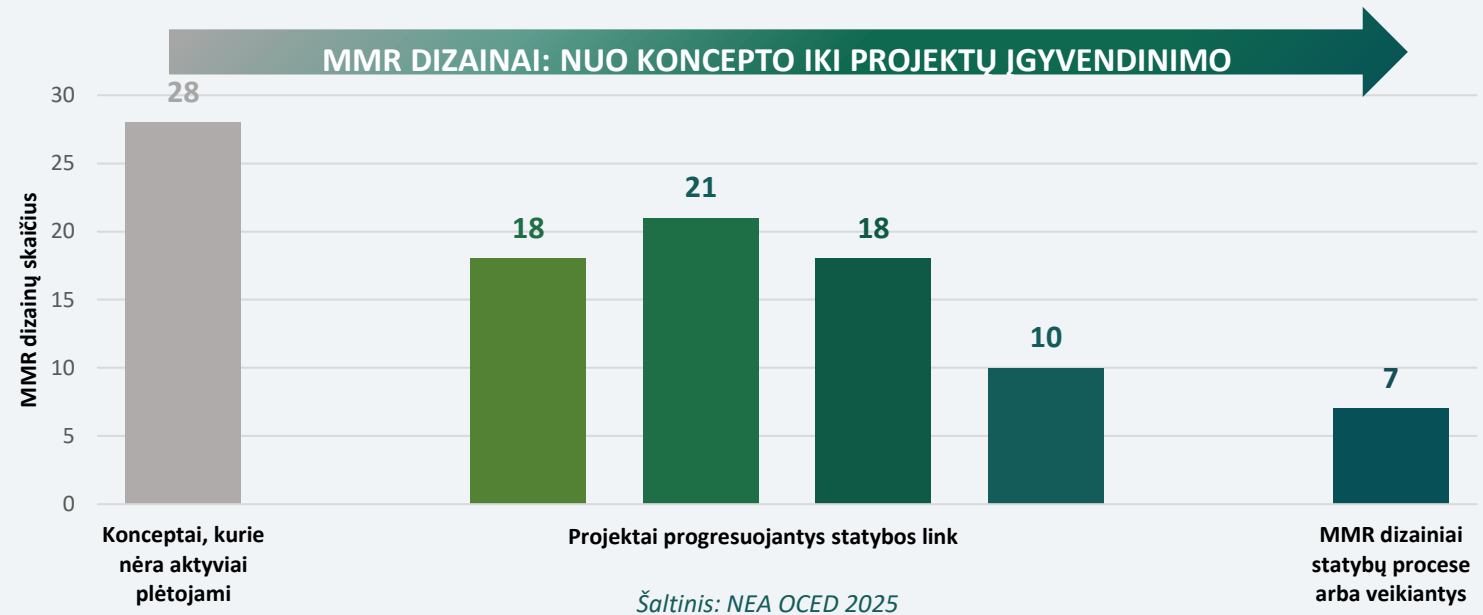
Šaltinis: JAV Energijos Departamentas



Panaudos koeficientas (angl. Capacity Factor) – santykis, kiek elektros energijos iš tikrųjų buvo pagaminta per tam tikrą laikotarpį, ir kiek būtų galima pagaminti, jei elektrinė visą laiką dirbtų maksimaliu pajėgumu.

DAUGĖJA MMR PROJEKTŲ VIŠOSE PLĖTROS STADIJOSE: NUO KONCEPTŲ IKI AKTYVAUS ĮGYVENDINIMO

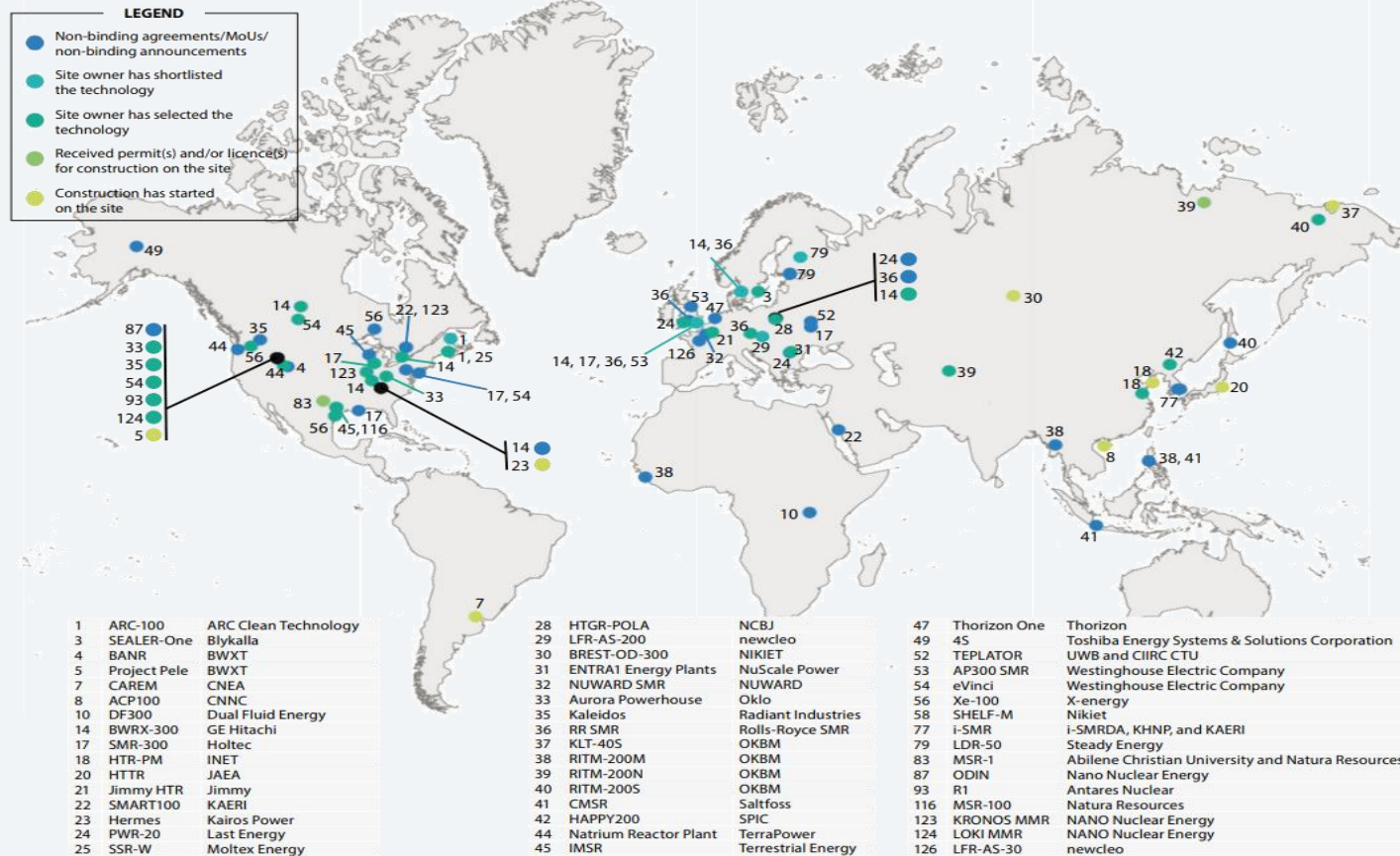
- 2023 m. EBPO pripažino apie **70 MMR** projektų aktyviai plėtojama, tačiau 2025 m. duomenimis, šis skaičius išaugo iki 99. Bendrai, vystomų (99) ir nevystomų (28) MMR technologijų yra 127 tipai.
- Statusas: nuo projekto koncepcijos iki veikiančių dizainų.
- Demonstracinių versijų mažai – **labiau eksperimentiniai** reaktoriai (Japonija, Rusija, Kinija), tačiau statomi ir komerciniai reaktoriai (JAV, Kanada). Iš viso 51 projektas yra nagrinėjamas valstybinių reguliavimo institucijų, siekiant suteikti licencijas.
- **Deklaruojami privalumai**, lyginant su dideliais reaktoriais:
 - Mažesnės pradinės investicijos;
 - Mažesnė galia (tinkamesni dabartinei elektros rinkos struktūrai);
 - Paprastesni ir saugesni (pasyvios ir „vidinės“ saugos charakteristikos);
 - Paprastesnė priežiūra (kuro keitimas vyksta rečiau).



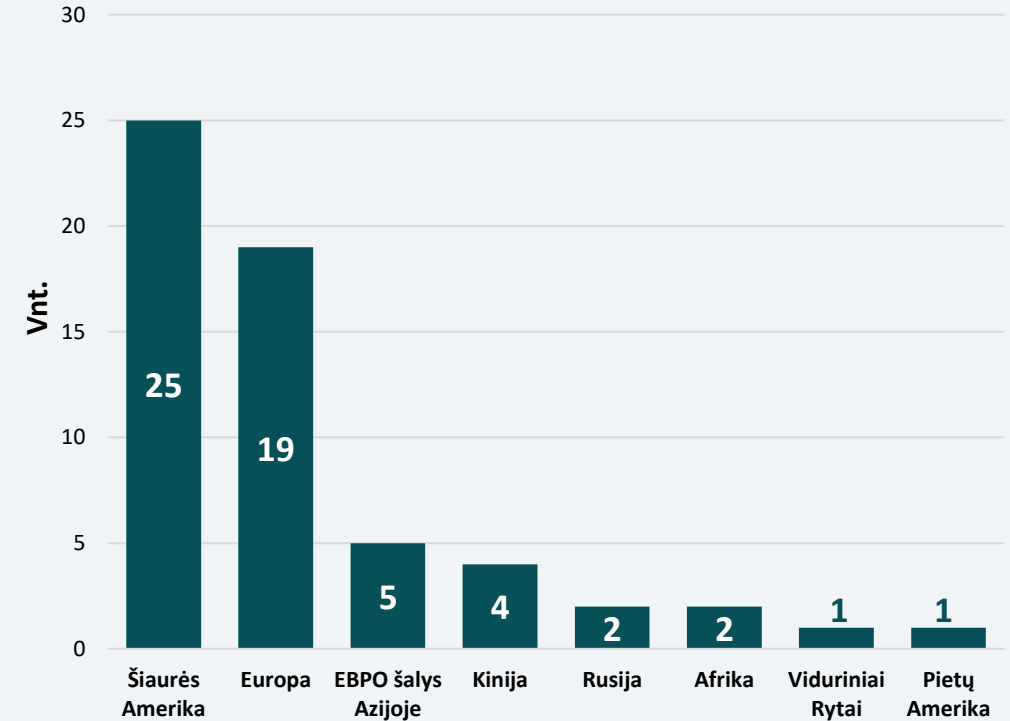
Informaciją reikėtų vertinti kritiškai, nes daugiausiai jos pateikia patys projektų vystytojai, o nepriklausomos ekspertinės informacijos ar kritikos yra nedaug.

MMR DIZAINŲ LYDERĖ PASAULYJE – JAV

Figure 10. Map of SMR sites



MMR plėtotojų būstinių skaičius pagal regioną



Šaltinis: NEA OCED 2025



- JAV pirmuoja brandžių projektų ir sektoriaus inovacijų srityse. Projektai yra remiami tiek JAV Energijos departamento, tiek privataus kapitalo. Tai lemia efektyvią ir pažangią licencijavimo sistemą, daugybę eksportui parengtų projektų bei tvirtas tiekimo grandines.
- Projektus vysto 30+ valstybių. Pagrindiniai vystytojai yra JAV, Kanada, Jungtinė Karalystė, Prancūzija, Kinija, Rusija, Pietų Korėja ir Japonija.
- Daug resursų skiriama kurti įvairioms technologinėms alternatyvoms (dažniausiai pasibaigiančioms projektavimo stadijoje) užuot esamus potencialius projektus vystant iki **technologinės brandos ir fizinės demonstracijos**.
- Kol egzistuos **daug konkuruojančių MMR** projektų, tol labiausiai tikėtina, kad nė vienas iš jų negalės užsitikrinti **pakankamai didelės rinkos dalies** ir atsipirkti.

EUROPOJE DAUGĖJA TOLIAU PAŽENGUSIŲ PROJEKTŲ

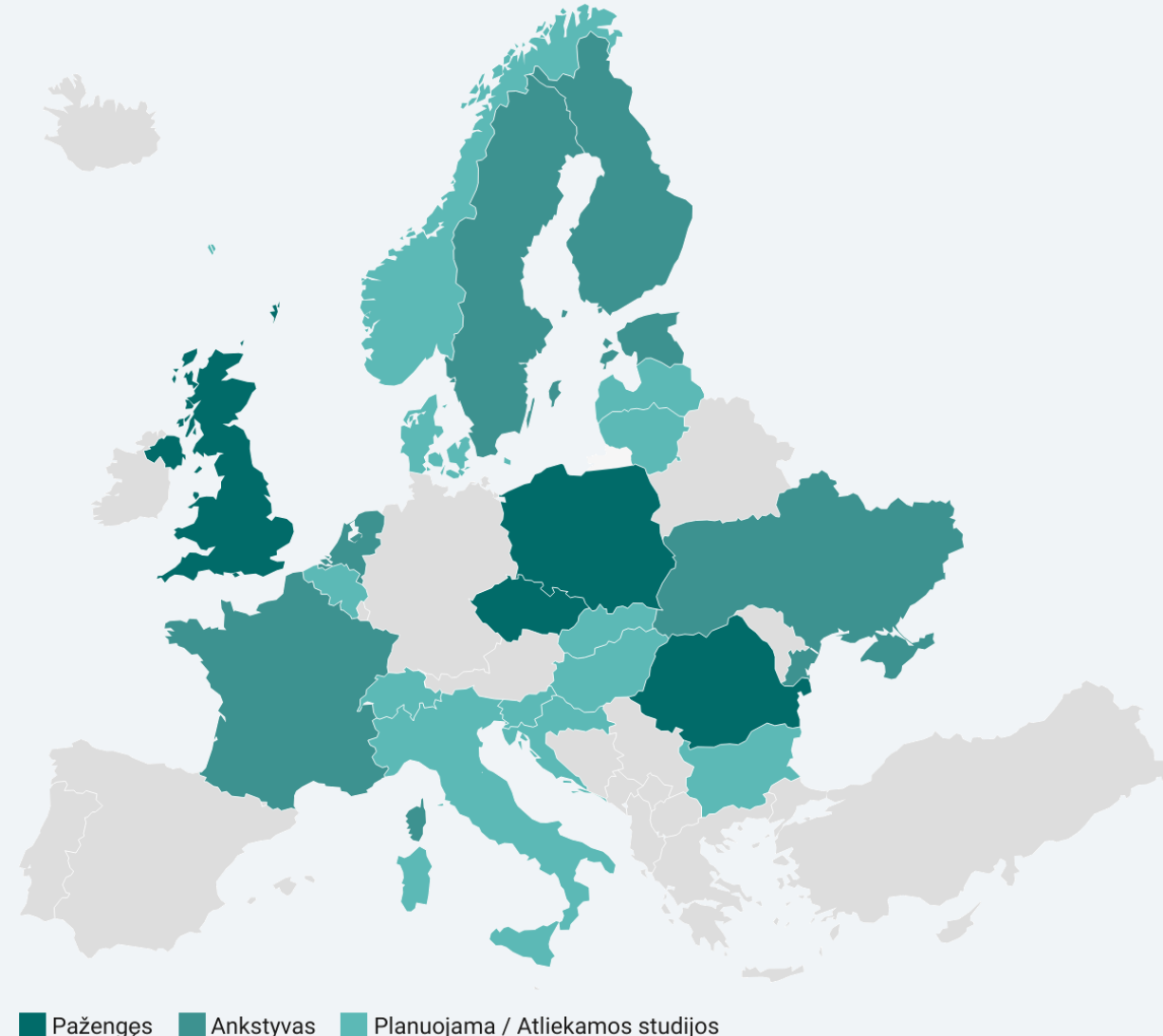
Igyvendinimo etapas*	Šalis	Reaktorius	Konstrukcijos tipas	Dabartinė padėtis	Terminai
Ankstyvas	Estija	GE Vernova BWRX-300	BWR (300 MWe)	Išankstinis planavimas, studijų rengimas bei teisinės bazės kūrimas	Statybos turi būti pradėtos 2031 m., pirmas blokas pradėtų veikti 2035 m.
Ankstyvas	Prancūzija	Nuward	PWR (400 MWe)	Išankstinis licencijavimas, pateiktas saugos parinkčių dokumentas	Koncepcinis projektas – 2026 m., pirmasis komercinis blokas – 2030 m.
Ankstyvas	Švedija	Blykalla SEALER	Aušinamas švinu (55 MWe)	Prototipo pamatų klojimas 2025 m. vasarį. Atlieka technologinės demonstracijos vaidmenį.	Turėtų būti pradėtas naudoti 2029 m., komerciniai blokai – 2030 m.
Ankstyvas	Suomija	Steady Energy LDR-50	LWR (50 MWe)	Planuota bandomosios jėgainės statyba 2025 m.	Pirmasis veikiantis blokas – 2030 m.
Ankstyvas	Ukraina	Energatom Holtec SMR-160	PWR (462 MWe)	2023 m. balandžio mėn. pasirašyta sutartis su „Holtec“ dėl iki 20 SMR-160 blokų statybos. Igyvendinimas priklausys nuo saugumo situacijos.	Pirmasis bandomasis blokas – 2029 m. kovo mėn.
Ankstyvas	Nyderlandai	Rolls-Royce SMR	PWR (470 MWe)	250 MWe duomenų centrams, ankstyvoji plėtra	Tikslas – 2030 m. pradžia
Pažengęs	Jungtinė Karalystė	Rolls-Royce SMR	PWR (470 MWe)	Bendrojo projektavimo vertinimo 3 etapas	Komercinis diegimas – 2030 m.
Pažengęs	Čekija	Rolls-Royce SMR	PWR (470 MWe)	Parinkta vieta, susitarimas dėl parengiamųjų darbų	Parengiamieji darbai 2025 m., statybų tikslas iki 2030 m.
Pažengęs	Lenkija	GE Vernova BWRX-300	BWR (300 MWe)	6 vietos 24 reaktoriams	Pasirinkta pirma vieta Włocławek mieste, eksploatacijos tikslas iki 2030 m.
		NuScale VOYGR-6	PWR (76 MWe)	Priimtas principinis sprendimas	Principiniai sprendimai – 2023 m., statybos data nenustatyta
Pažengęs	Rumunija	NuScale VOYGR-6 Doicesti	PWR (462 MWe)	2023 m. patvirtintas licencijavimo pagrindas, 2024 m. TAEA patvirtino vietą ir pasirašyta statybų sutartis	Eksploatacijos pradžios tikslas – 2029 m.
Veikiantis objektas	rusija	KLT-40S plūduriuojantis („Akademik Lomonosov“)	Plūduriuojantis, PWR (32-52 MWe)	Veikia nuo 2022 m.	Eksplloatuojamas

*Iyginant su kitomis Europos valstybėmis

KETURIOSE EUROPOS VALSTYBĖSE PLĖTOJIMAS ŠIUO METU PAŽENGĘS TOLIAU

MMR įgyvendinimas Europoje

- Europa pereina prie realių statybų, pirmaujančios šalys – JK, Lenkija ir Čekija, Rumunija – siekia prijungti komercinius MMR prie elektros tinklo 2030 m. pradžioje.
- Įkurtas Europos MMR aljansas, pabrėžiant skubų poreikį suderinti susiskaidžiusį teisinį reglamentavimą ir supaprastinti licencijavimo procesus, kad būtų užtikrintas sklandus technologijos diegimas visame žemyne.
- Nepaisant stipraus politinio palaikymo, platus technologijos pritaikymas priklausys nuo gebėjimo įveikti didelius iššūkius: pritraukti privatų finansavimą, sukurti patikimas tiekimo grandines ir paruošti kvalifikuotą darbo jėgą.
- Formuojasi konkurencinga rinka su skirtingais sprendimais – nuo standartinių sausumos suslėgto vandens reaktorių (GEN III+; pvz., „Rolls-Royce“, „BWRX-300“) iki pažangesnių švinu aušinamų sistemų bei reaktorių, skirtų tik šildymui.



MMR EUROPOS SĄJUNGOS LYGIU PLĖTOJAMA NUO 2021 M.



ES TEISINĖJE BAZĖJE BRANDUOLINĖ ENERGIJA IŠLIEKA SVARBI, SIEKiant DEKARBONIZACIJOS TIKSLŲ IR ENERGETINIO SAUGUMO

RePower EU

- Kuriamas kelias energetinei ES nepriklausomybei.
- Pripažįstama, kad esami branduolinės energijos pajėgumai gali būti naudojami ilgiau nei planuota, siekiant sumažinti priklausomybę nuo iškastinio kuro.
- Pabrėžiama būtinybė diversifikuoti branduolinio kuro tiekimą ir stiprinti ES pajėgumus urano kuro gamyboje.
- Branduolinė energija – galimybė gaminti „rožinį“ vandenilį.
- MMR tiesiogiai neminimi.

Net-Zero Industry Act

- MMR įtraukti į bendrąjį „poveikio klimatui neutralizavimo technologijų“ (Net-Zero Technologies) apibrėžimą, tačiau nepatenką į „strateginių“ technologijų sąrašą.
- Komisija vertina, kad dėl „labai ilgo parengiamojo laikotarpio“ branduolinėje pramonėje, MMR nespės reikšmingai prisidėti prie 2030 m. klimato tikslų.
- MMR paramos mechanizmai:
 - reglamentavimo bandomosios aplinkos (angl. *regulatory sandboxes*);
 - leidimų skyrimo proceso supaprastinimas
 - skatinamas kuro tiekimo užtikrinimas.

Pavyzdinė Branduolinė Programa (PINC)

- Branduolinė energija iki 2050 m. reikalaus iki 241 mlrd. EUR investicijų, įskaitant ir investicijas į MMR.
- 2040 m. daugiau nei 90 proc. elektros energijos ES bus gaminama iš dekarbonizuotų šaltinių, pirmiausia – iš atsinaujinančiųjų išteklių, kuriuos papildys branduolinė energija.
- MMR skirti specifinėms rinkoms, kurioms netinka didieji reaktoriai (pvz., pramonės klasteriai, nutolę regionai).
- Iki 2050 m. MMR pajėgumai gali siekti nuo 17 iki 53 GWe.
- Eksploatacija – 2030 m. pradžia.
- Valstybės gali naudoti kainų skirtumo sutartis (CfD) ir skatinti elektros pirkimo sutartis (PPA) su Europos investicijų banko (EIB) pagalba projektams finansuoti.
- MMR bus siekiama integruoti ir į CŠT ir į vandenilio gamybos procesą.
- Skatinama kurti reguliavimo institucijų koalicijas – suderinti licencijavimo reikalavimus.

Europos Pramonės Aljanso dėl MMR strateginių veiksmų planas 2025-2029 m.

- Planuojama, kad MMR Europos Sąjungoje pradės komercinę veiklą nuo 2030 metų.
- Iki 2025 m. pabaigos bus atrinkti pažangiausi projektai („Fast Movers“) prioritetinei paramai gauti.
- Dokumente aiškiai atskiriami dabar diegiami lengvojo vandens reaktoriai ir ateities pažangieji moduliniai reaktoriai.
- Aljansas sieks suderinti skirtingų ES šalių licencijavimo taisykles ir techninius standartus.
- Prioritetiniai veiksmai:
 - Iki 2026 m. birželio numatoma identifikuoti ir paleisti demonstracinius projektus su konkrečiais galutiniais vartotojais.
 - Iki 2027 m. numatoma įkurti „Net-Zero“ akademiją, kuri ruoš trūkstamus specialistus branduolinei pramonei.
 - Bus sukurta speciali platforma, skirta sujungti MMR vystytojus su kvalifikuotais Europos tiekėjais.

LIETUVOS TEISINIUOSE DOKUMENTUOSE NUMATOMAS IV-OSIOS KARTOS MMR PROJEKTŲ PLĖTOJIMAS

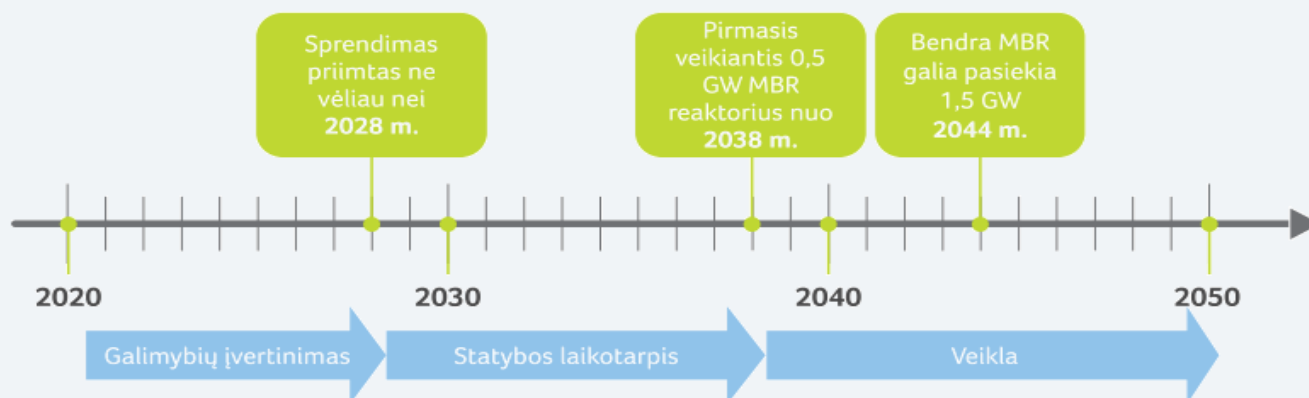
NENS

- Pagal NENS Kelrodžio scenarijų:
 - Po 2030 m., siektina MMR elektros generacijos galia iš pradžių turėtų būti 0,5 GW (pagaminant apie 3,5 TWh per metus) ir nuosekliai išaugti iki 1,5 GW (pagaminant iki (arba) apie 11,2 TWh per metus) apie 2050 metus (15-16 proc. visos per metus pagamintos elektros).
- Siekiant neutralaus klimato, vienas iš 6 pagr. uždavinių – įvertinti IV-osios kartos (GEN IV) MMR potencialą Lietuvoje.
- Nurodomi MMR privalumai: generacijos stabilumas, mažas radioaktyvių atliekų kiekis, galimybė kaupti šilumą, jau turima statybos aikštelė ir administracinis korpusas (Ignalinos AE) bei balansavimo galimybės.

NEKSVP

- Pereinant prie neutralumo klimatui, įvardijami du strateginiai MMR uždaviniai:
 - Branduolinės energetikos plėtros galimybių įvertinimas ir preliminarus verslo modelio branduolinės elektrinės su IV-osios kartos mažos galios modulinio reaktorių (MMR) parengimas. (2024 – 2027 m.)
 - Lietuvos institucijų ir techninio palaikymo organizacijų kompetencijos MMR srityje didinimas ir branduolinei energetikai reikalingų specialistų parengimas. (2024-2030 m.)

6 pav. MBR vystymo laikotarpis



IV-SIOS KARTOS MMR: SAUGIAUSI, MAŽIAUSIAI TARŠŪS, BET NEPATIKRINTI

GEN IV

- Demonstraciniai projektai 2020–2030 metais, komerciniai – nuo 2030 m. ;
- 6 pagr. dizainai: VHTR; GFR; SFR; LFR; MSR; SCWR.
- Galia nuo 20–180 MWe iki 1500 MWe+
- Siekiama konkurencingumo per kuro efektyvumą ir naujas taikymo sritis (šildymas, vandenilis);
- Naudoja greituosius neutronus ir uždaro kuro ciklą, kas leidžia perdirbti atliekas.

2030 m. +

GEN III/III+

- AP1000, EPR iš didelės galios; BWRX-300, ENTRA1 iš MMR;
- Mažos ir labai didelės galios (50–300; 1000–1700 MWe);
- Pasižymi pasyvia sauga (III+). Avarijos atveju reaktorius aušinasi pats, naudodamas gravitaciją ir konvekciją, be elektros tiekimo);
- Skirti veikti 60 metų.

GEN III 1990 m. –
Dabar
GEN III+ 2016 m. –
Dabar

GEN II

- Suslėgto (PWR) ir verdančio vandens (BWR), RBMK, VVER, CANDU;
- Didelės galios 600–1000 MWe.
- Nors statybos buvo brangios, šiuo metu gamybos sąnaudos itin žemos (2ct/kWh)
- Naudoja aktyvia saugą;
- Dėl atviro ciklo, kuria daug atliekų.

1970 m. – Dabar

GEN I

- Pirmieji branduoliniai reaktoriai;
- Pradėti vystyti 1950–1970 metais;
- Labai aukšta ir nekonkurencinga kaina;
- Paskirtis: tik elektros gamybai ir moksliniams tyrimams;
- Šiuo metu dauguma reaktorių jau uždaryti.

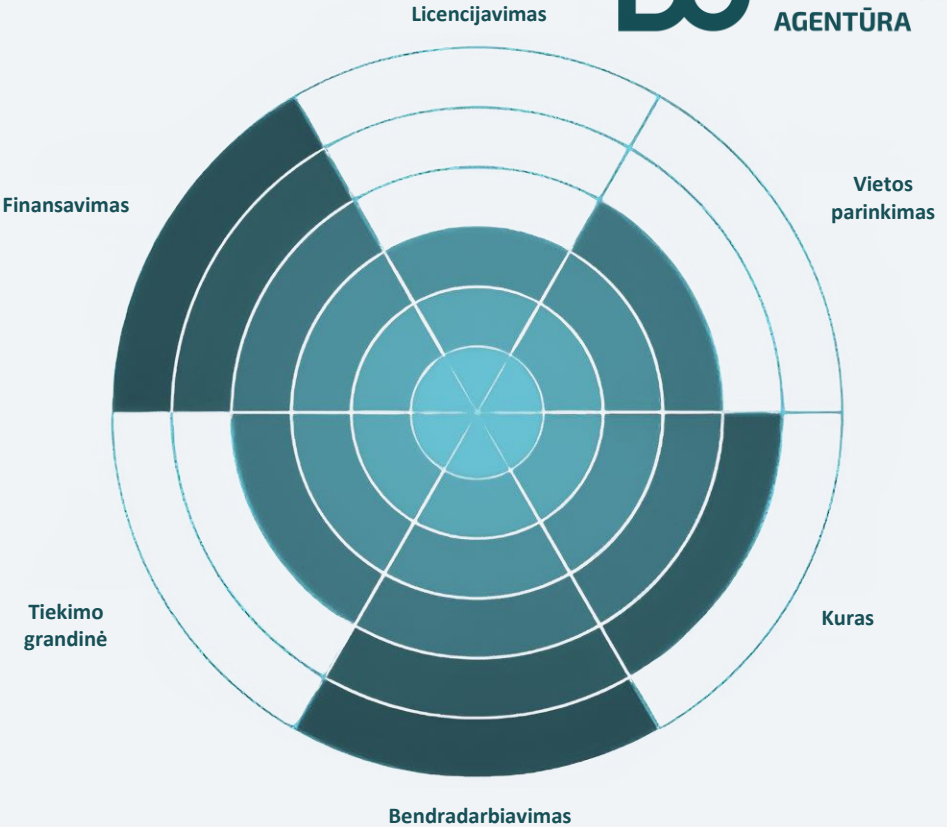
1950 – 1970 m.

Vystymo laikotarpis

GE HITACHI BWRX-300: LABIAUSIAI PAŽENGĘS MMR DIZAINAS



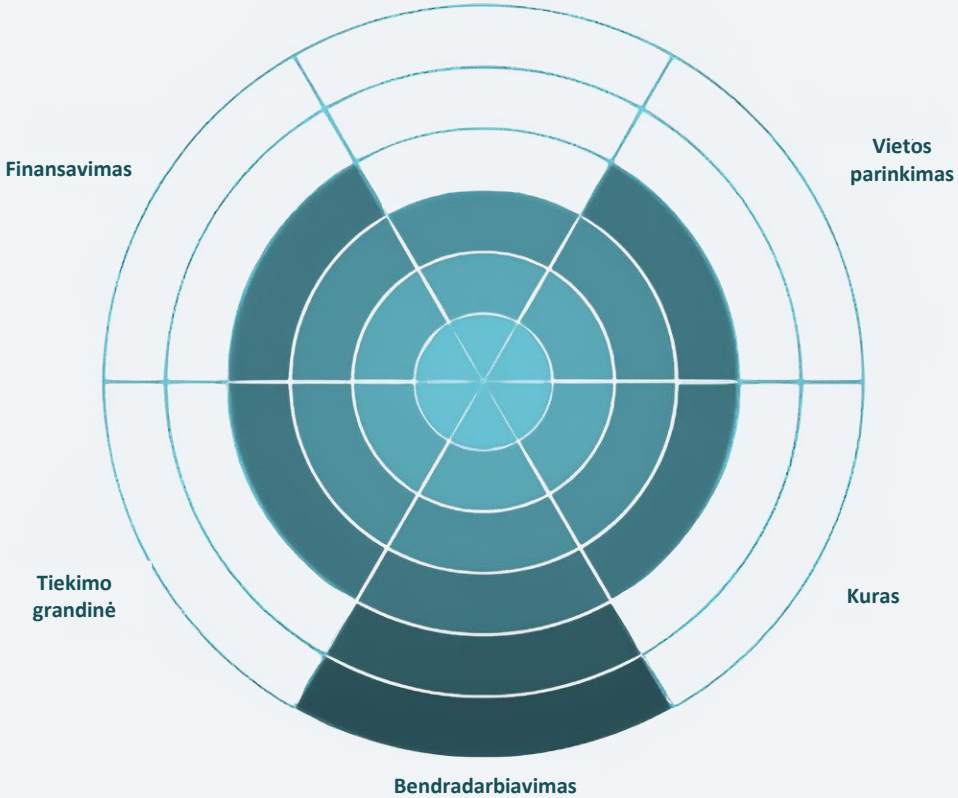
- Baigta rengti statybvietė, pradėti statybų darbai. Tai turėtų būti vienas iš pirmų komercinių MMR reaktorių Vakaruose.**
- 2023 m. sausio mėn. „GE Hitachi Nuclear“ pasirašė sutartį su „Ontario Power Generation“ (OPG) dėl pirmojo BWRX-300 MMR statybos OPG Darlingtono objekte Kanadoje. Jo galia bus 300 MWe. Taip pat planuojama pastatyti dar tris 300 MWe galios blokus.
- Ankstyvieji statybvietės paruošimo darbai baigti, statybos darbai turėtų prasidėti 2025 m., komercinė eksploatacija – 2029 m. pabaigoje.
- GE Hitachi Nuclear taip pat pateko į kitą „Great British Nuclear“ MMR konkurso etapą ir pasirašė susitarimo memorandumus Čekijoje, Estijoje, Lenkijoje ir Švedijoje.



Sausumos (angl. <i>land-based</i>) verdančiojo vandens reaktorius (300 MW _e)	
Šiluminė galia	870 MWth
Šerdies išėjimo temperatūra	288 °C
Spektras (terminis neuroninis/greitas)	Terminis neuroninis
Kuro forma	Urano oksido keramika
Pagrindinė dalioji medžiaga	U-235, sodrinimo lygis: < 5 proc.



- **Pirmas MMR projekto sertifikavimas.**
- Sertifikavimas leidžia **sklandžiau** teikti paraišką statybos ir eksploatavimo licencijai.
- Nesėkmingas projektas Idaho NL, kontraktas nutrauktas 2023 metų pabaigoje, kai prognozuojama kaina pakilo daugiau nei 50 proc. (58 → 89 USD/MWh). Kompanijos akcijų kaina krito, tačiau atsigavo.
- 2025 m. NRC patvirtino „NuScale“ MMR elektrinės projektą.
- Vis dėlto, NuScale susitarė su Tenesio slėnio administracija vystyti 6 GW projektą septynių valstijų aptarnavimo regione. Tai didžiausia MMR programa JAV istorijoje.
- Tęsimas projektas Rumunijoje (komponentai gaminami P. Korėjoje). Tai bus pirmoji MMR AE Europoje su planuojama 462 MWe galia.



Integracinis (angl. <i>integral</i>), daugiamodulinis suslėgto vandens reaktorius (vieno modulio galia 77 MW _e . Yra 4, 6 ir 12 modulių konfigūracijos).	
Šiluminė galia	250 MW _{th}
Šerdies išėjimo temperatūra	321 °C
Spektras (terminis neuroninis/greitas)	Terminis neuroninis
Kuro forma	Urano oksido keramika
Pagrindinė dalioji medžiaga	U-235, sodrinimo lygis: < 5 proc.

ROLLS-ROYCE SMR: PATRAUKLIAUSIAS JK MMR PROJEKTAS



- Jungtinės Karalystės bendrovė „Rolls-Royce SMR“ kuria 470 MWe MMR projektą – tai pirmasis Jungtinės Karalystės reaktoriaus projektas, kurį Branduolinės pramonės asociacija pateikė svarstyti vyriausybei.
- „Rolls-Royce“ pasirašė susitarimo memorandumą Nyderlanduose ir buvo pasirinkta kaip pageidaujamas tiekėjas Švedijoje, Lenkijoje ir Čekijoje, kur pasirašyta ankstyvųjų darbų sutartis, parengiamieji statybos darbai turėtų prasidėti 2025 m. pabaigoje.
- Bendrovė siekia užbaigti pirmąjį bloką Jungtinėje Karalystėje 2030 m. pradžioje.



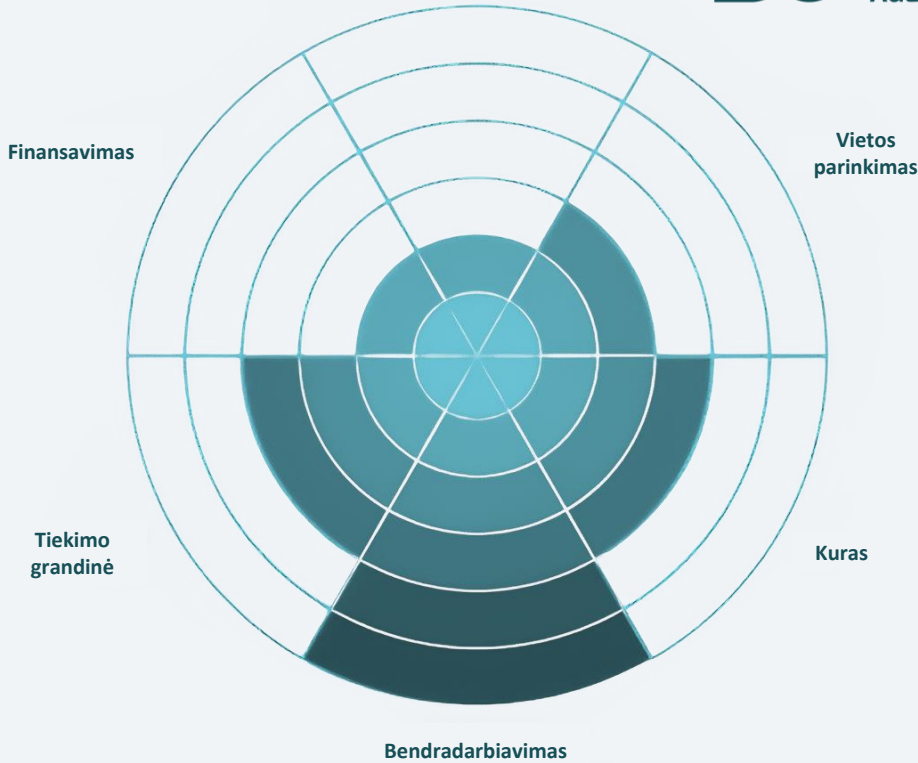
Glaudžiai sujungtas (angl. close-coupled), trijų grandinių suslėgtojo vandens reaktorius, naudojantis mažai sodrintą urano kurą (III+ kartos 470 MW _e)	
Šiluminė galia	1358 MWth
Šerdies išėjimo temperatūra	325 °C
Spektras (terminis neuroninis/greitas)	Terminis neuroninis
Kuro forma	Urano oksido keramika
Pagrindinė dalioji medžiaga	U-235, sodrinimo lygis: < 5 proc.

WESTINGHOUSE AP300: STATOMAS PAGAL PATIKRINTĄ DIZAINĄ

Licencijavimas



- 2024 m. rugsėjo mėn. "Westinghouse Electric Company" MMR projektas buvo atrinktas į „Great British Nuclear“ (GBN) konkurencingo MMR technologijų atrankos proceso finalinį etapą, o pirmasis blokas turėtų būti pastatytas iki 2030 m. pradžios.
- „Westinghouse“ aktyviai veikia keliose kitose šalyse ir yra pasirašiusi susitarimo memorandumus Kanadoje, Čekijoje, Rumunijoje ir Ukrainoje.
- Jame bus naudojama identiška, jau patikrinto didelės galios reaktoriaus Westinghouse AP1000 technologija, įskaitant pagrindinę įrangą, struktūrinius komponentus, pasyviąją saugą, patikrintą kurą.

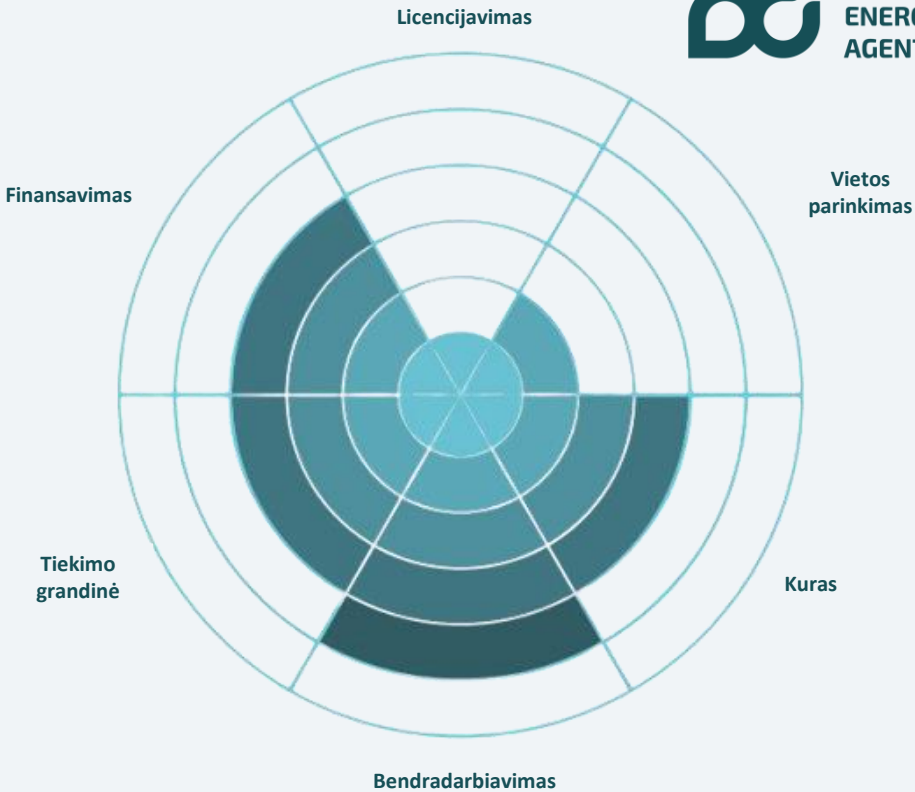


Vienos grandinės suslėgtojo lengvojo vandens reaktorius, pagrįstas patikrinta AP1000 konstrukcija (III+ kartos, 300 MW _e)	
Šiluminė galia	990 MWth
Šerdies išėjimo temperatūra	285 °C
Spektras (terminis neuroninis/greitas)	Terminis neuroninis
Kuro forma	Urano oksido keramika
Pagrindinė dalioji medžiaga	U-235, sodrinimo lygis: < 5 proc.

NUWARD: PRANCŪZIJOS MMR PROJEKTAS



- „NUWARD“, Prancūzijos bendrovė, priklausanti „EDF“ (Prancūzijos elektros energijos tiekimo bendrovė), kuria 200–400 MWe galios daigafunkcj MMR dizainą (ir šildymui, ir elektrai).
- „NUWARD“ ir „EDF“ taip pat pasirašė susitarimo memorandumą dėl MMR statybos su komunalinių paslaugų įmonėmis Suomijoje, Indijoje, Italijoje, Lenkijoje, Slovakijoje ir Slovėnijoje.
- 2024 m. pabaigoje projektas susiduria su sunkumais dėl dizaino kaitos. Taip pat partneris „TechnicAtome“ nusprendė palikti projektą.
- 2025 m. gruodi šešios Europos branduolinės energetikos reguliavimo institucijos baigė antrąjį bendros ankstyvosios Prancūzijos „Nuward“ MMR projekto peržiūros etapą.



Integruotas slėginio vandens aušinimo MMR, gaminantis iki 400 MWe.	
Šiluminė galia	Iki 1000 MWth
Šerdis išėjimo temperatūra	307 °C
Spektras (terminis neuroninis/greitas)	Terminis neuroninis
Kuro forma	Urano oksido keramika
Pagrindinė dalioji medžiaga	U-235, sodrinimo lygis: < 5 proc.

TERRAPOWER NATRIUM: PAŽENGĘS IV KARTOS MMR STATOMAS JAV

Licencijavimas



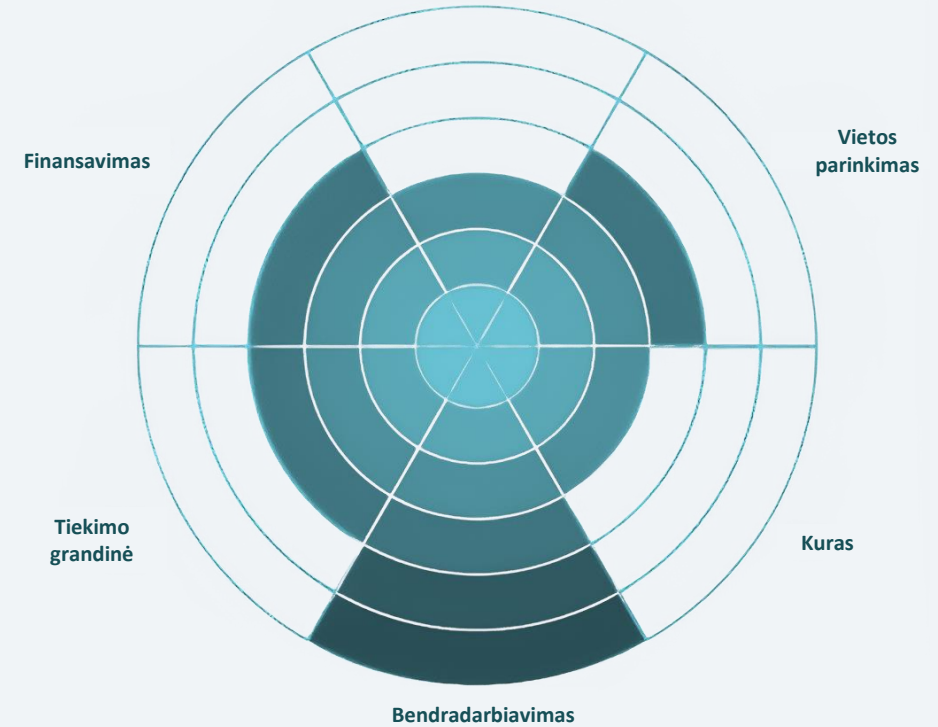
Projekto
konceptijos
pradžia

Išrinkta lokacija

Pateikė
paraišką dėl
projekto
licenzijavimo,
pradėjo statybą

Numatyta
komercinė
eksploatacija

- 2024 m. JAV branduolinės reguliavimo komisija (NRC) priėmė „TerraPower“ prašymą dėl „Natrium“ MMR statybos leidimo Kemmerer mieste, Vajominge, šiuo metu peržiūri techninę, saugos bei aplinkos dokumentaciją.
- Nuo 2020 m. „TerraPower“ bendradarbiauja su „GE Hitachi“, „Bechtel“ ir kitais partneriais, 2024 m. pradėjo statybvietės paruošimą, pateikė užsakymus ilgalaikiams komponentams ir stiprina partnerystes tiek tarptautiniu, tiek vietos lygmeniu, įskaitant bendruomenės įtraukimą bei bendradarbiavimą su „Sabey Data Centers“.



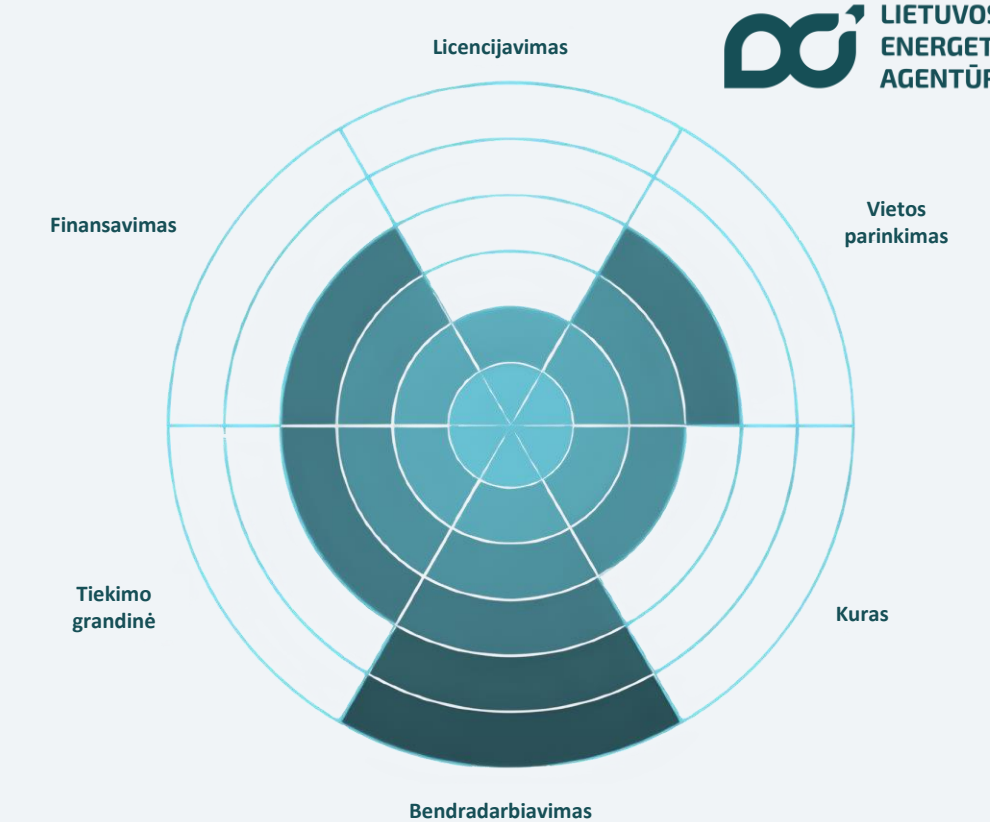
IV kartos natrio greitisis reaktorius, sujungtas su išlydytos druskos energijos kaupimo sistema (345 MWe)

Šiluminė galia	Iki 840 MWth
Šerdies išėjimo temperatūra	500 °C
Spektas (terminis neuroninis/greitisis)	Greitas
Kuro forma	Metlains Urano-Cirkonio lydinys
Pagrindinė dalioji medžiaga	U-235, sodrinimo lygis: 10 proc. < X < 20 proc.

X-ENERGY XE-100: VIENAS IŠ LYDERIŲ JAV

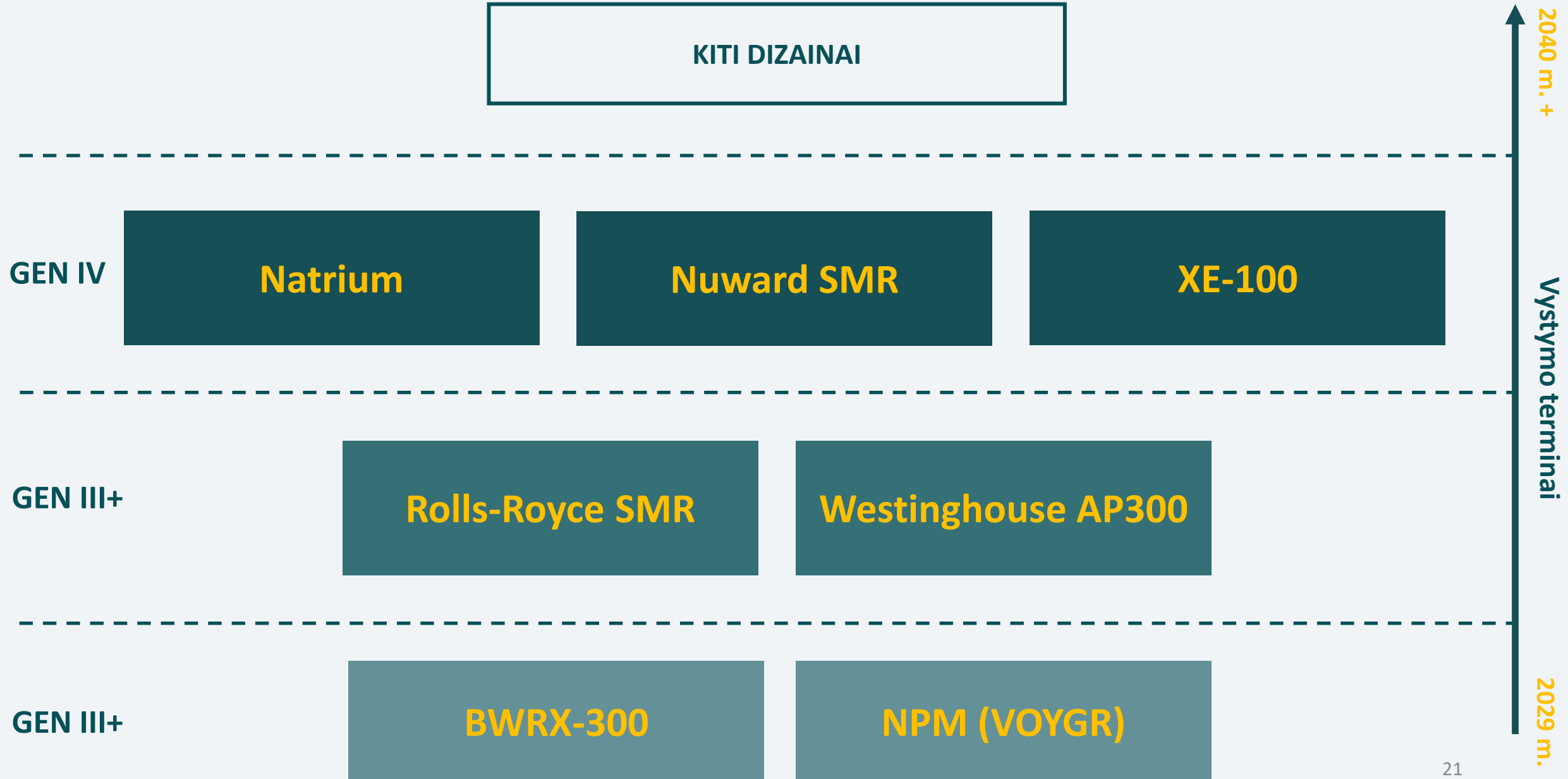


- „X-Energy“ demonstruoja lyderystę pramonės dekarbonizacijoje: „Dow Chemical“ pasirinko XE-100 gamyklai Teksase, „Energy Northwest“ – projektui Vašingtono valstijoje.
- Projektas yra aktyvioje JAV NRC peržiūros stadijoje (peržiūrėta 22 iš 28 ataskaitų) ir sėkmingai išlaikė Kanados CNSC patikrą.
- Tenesyje statoma „TRISO-X“ kuro gamykla, o tiekimo grandinę stiprina partneriai „Doosan“, „Curtiss-Wright“ ir „Cavendish Nuclear“.
- Reaguojant į po dviejų dešimtmečių pirmąkart augantį JAV elektros poreikį (dėl DI, duomenų centrų ir elektromobilių), „X-energy“ 2025 m. užsitikrino 700 mln. finansavimą, kuriam vadovauja „Amazon“.

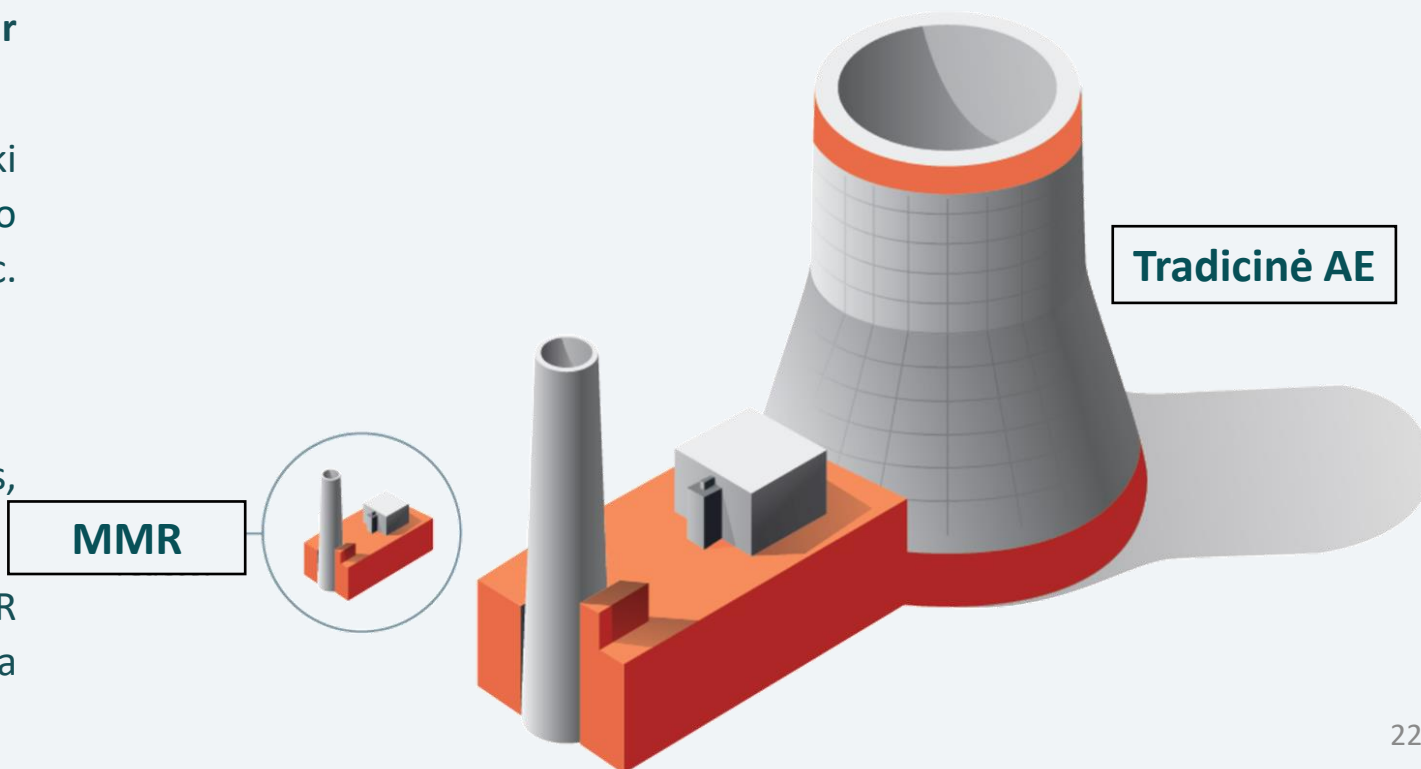


Aukštos temperatūros dujomis aušinamas MMR, gaminantis 80 MWe.	
Šiluminė galia	200 MWth
Šerdies išėjimo temperatūra	750 °C
Spektras (terminis neuroninis/greitas)	Terminis neuroninis
Kuro forma	Urano oksido keramika TRISO-X akmenukai
Pagrindinė dalioji medžiaga	U-235, sodrinimo lygis: >= 10 proc. iki < 20 proc.

IV-OSIOS KARTOS MMR DIZAINAI NUMATOMI ŠIO AMŽIAUS 4-AJAME DEŠIMTMETyje

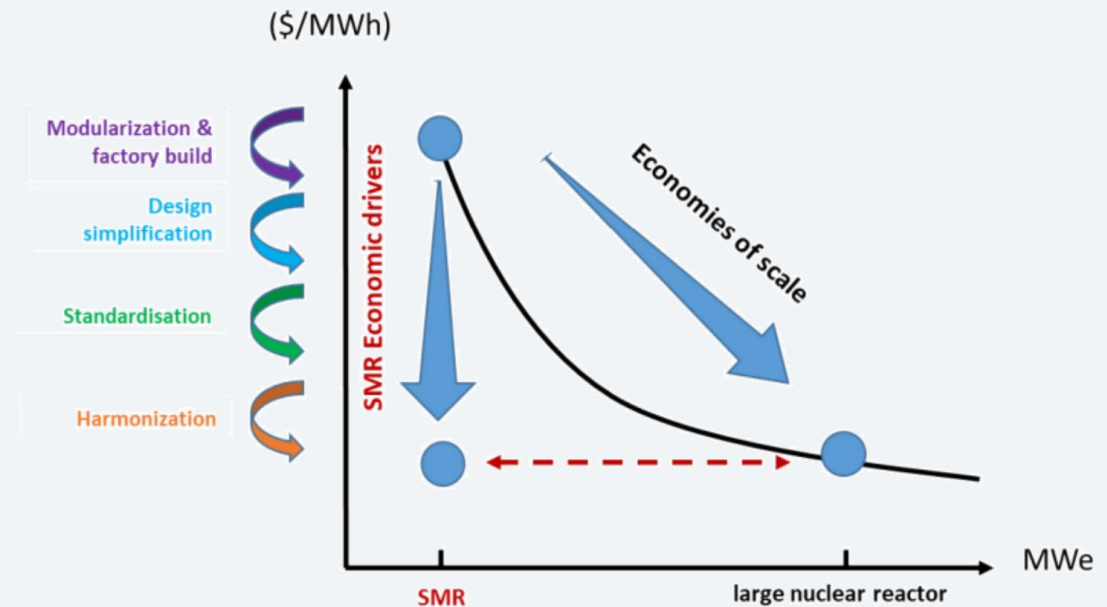


- Branduolinė energija – **griežčiausiai reguliuojamas** energetikos **sektorius**.
- Licencijavimo **trukmė** yra svarbus **faktorius**, prisidedantis prie ilgų projektų įgyvendinimo terminų.
- MMR saugos vertinimai **neturėtų būti smarkiai trumpesni** nei įprastinių reaktorių atveju.
- Dėl ilgametės patirties **evoliuciniai** PWR, BWR, CANDU reaktorių **modeliai** yra licencijuojami **daug greičiau**, lyginant su naujų koncepcijų reaktoriais. Projektai GEH BWRX-300 Kanadoje, Rolls-Royce SMR Jungtinėje Karalystėje ir Westinghouse AP300 JAV sėkmingai ir sparčiai pereina nacionalinių reguliatorių etapus, nes yra paremti dešimtmečių patirtimi.
- **Harmonizavus reikalavimus** ir pripažinus tarptautinį licencijavimą, būtų įmanoma **sumažinti** licencijavimo **kainą ir laiką**.
- **Licencijavimo procesas įsibėgėja**. Nuo 2023 m. pabaigos iki 2025 m. pradžios, MMR projektų, esančių pasirengimo licencijavimui stadijoje, skaičius pasaulyje išaugo 65 proc. (nuo 20 iki 33 projektų).
- **Tarptautinė atominės energijos agentūra** apie MMR:
 - **technologinis neutralumas** yra svarbus faktorius, siekiant sklandesnio MMR diegimo. (IAEA, 2022 m.);
 - Bendrieji saugos standartai iš esmės tinkami MMR saugos vertinimui, tačiau naujų technologijų plėtra reikalauja juos kiek **modifikuoti** (IAEA, 2023 m.).



MMR GALI BŪTI EKONOMIŠKAI SĖKMINGI DĖL MASTO EKONOMIJOS

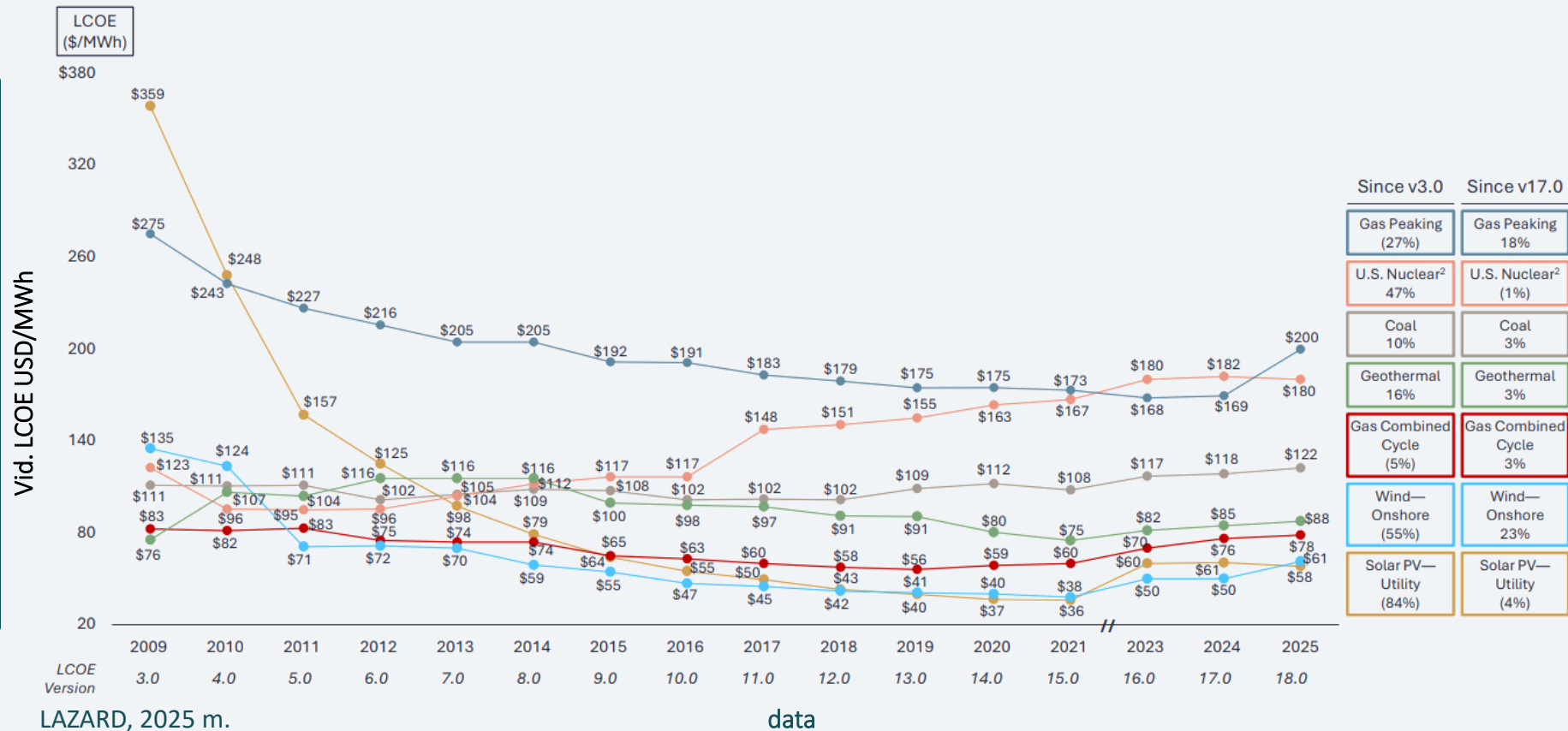
- Pirmieji projektai *First-of-a-Kind* (FOAK) vis dar bus brangūs ir rizikingi. Tikrasis kainos lūžis įvyks pereinant prie *Next-of-a-Kind* (NOAK) projektų.
- Gamintojai teigia, kad reaktorių statybos kaina reikšmingai sumažės dėl:
 - masinės gamybos;
 - modulinės statybos;
 - projekto supaprastinimų;
 - Standartizacijos (po 30–50 vienetų);
 - saugos reikalavimų harmonizacijos.
- Tai **teoriškai atsvers** masto ekonomijos sutaupymus, lyginant su dideliais reaktoriais. 2025 m. duomenimis, į MMR plėtrą įplaukia didelės finansinės paskatos: per **15 mlrd. USD**, iš kurių **5 mlrd. USD yra privatus kapitalas**.



Source: NEA (2020).

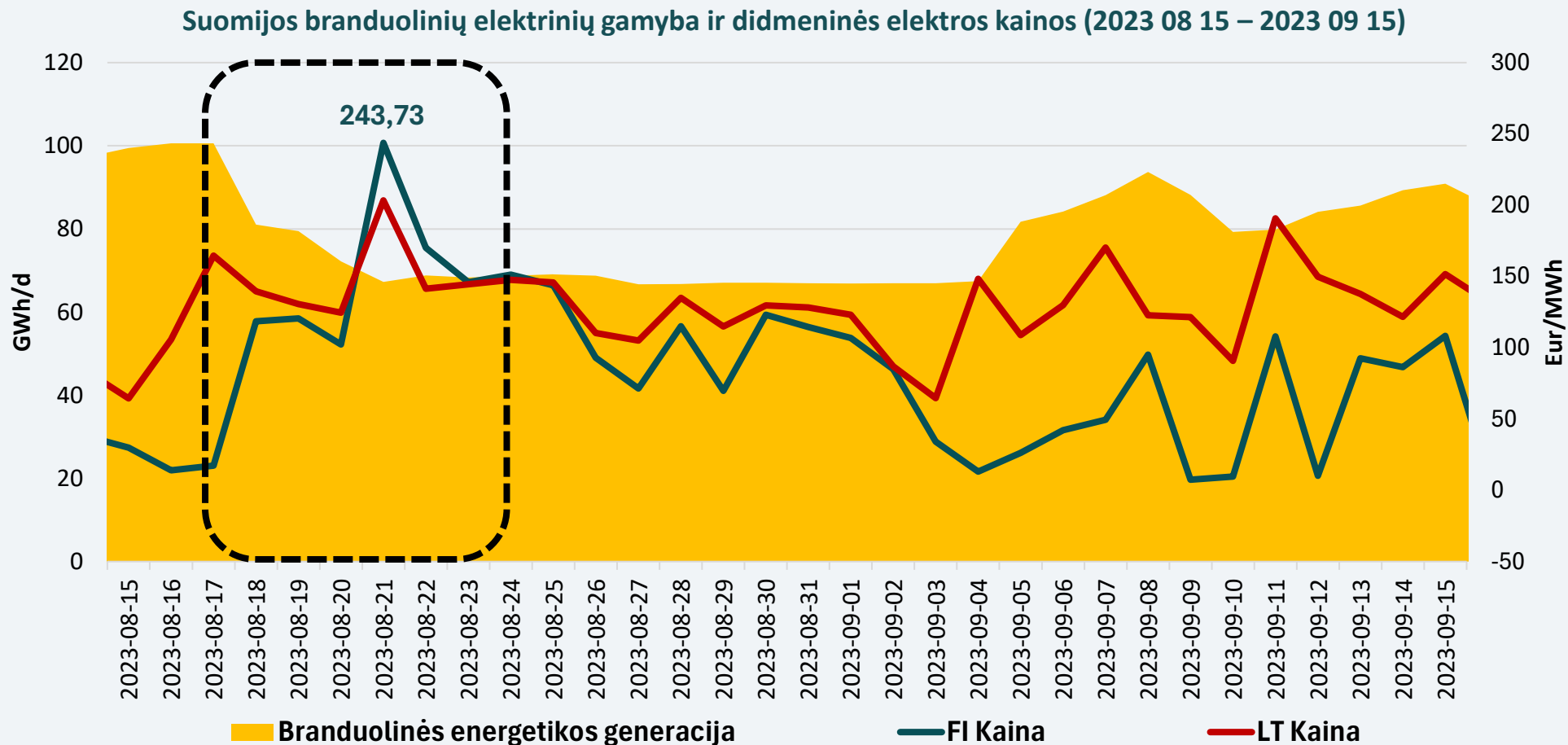
MMR TIKSLAS – STABIILI BAZINĖ ENERGIJA UŽ KONKURENCINGĄ 63–80 USD/MWh KAINĄ

Lazard LCOE analizė rodo, kad istorinės sąnaudos, susijusios su AEI, komunalinių paslaugų sektoriuje, smarkiai sumažėjo, o pastaraisiais metais jos pradėjo stabilizuotis ir net šiek tiek didėti. Po susidomėjimo ir investicijų bangos, branduolinės energijos kainos augimas taip pat stabilizavosi. (2025 m.)



Jei naudojant MMR būtų galima pasiekti apie 66 USD/MWh sąnaudas, jų pagaminta elektra būtų 2–3 kartus pigesnė nei tradicinių reaktorių, bet vis tiek brangesnė už vėjo ir saulės energiją, tačiau galėtų prisidėti prie galios balansavimo.

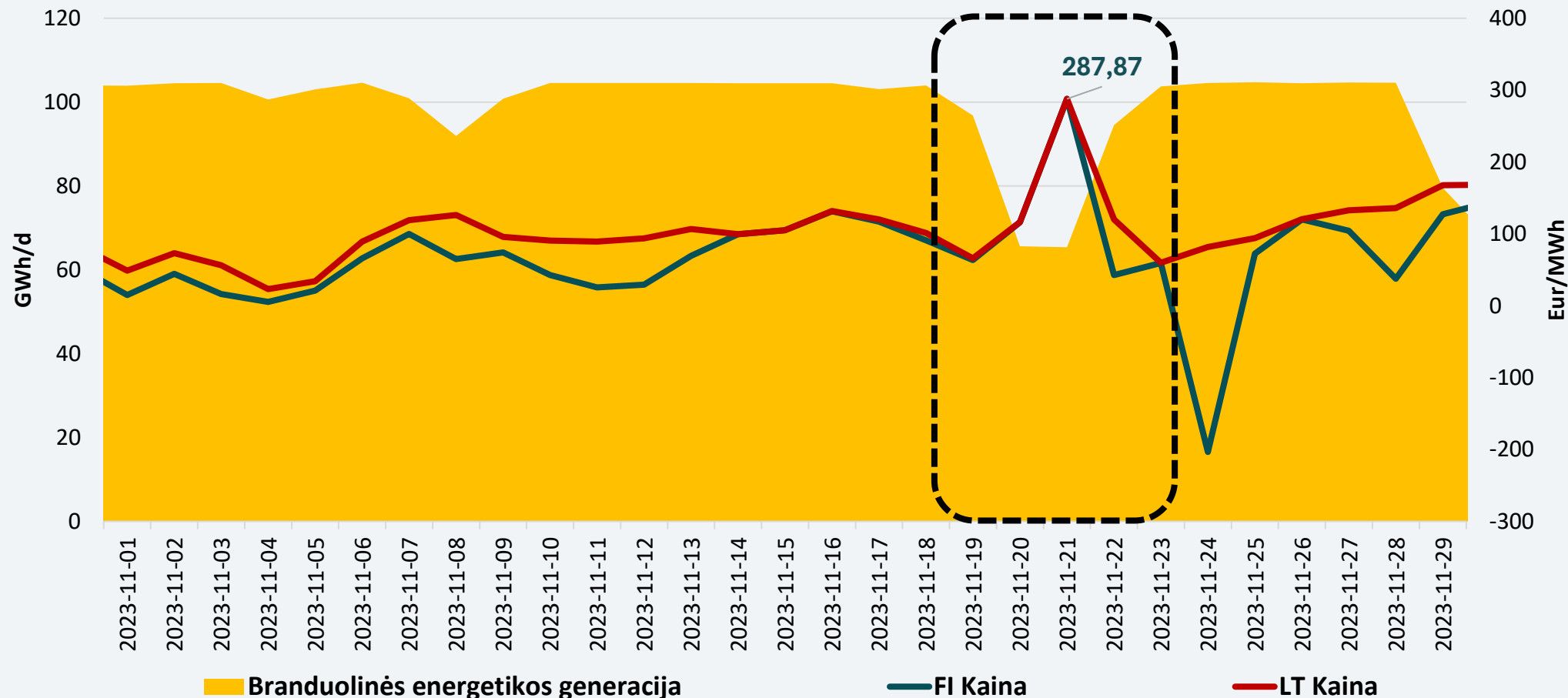
SUOMIJOS OLKILUOTO ATOMINĖS ELEKTRINĖS II-OJO REAKTORIAUS GEDIMAS SUKĖLĖ ELEKTROS KAINŲ ŠUOLĮ



- Elektros kainų šuoliui įtakos turėjo dėl techninių problemų išjungtas Suomijos Olkiluoto atominės elektrinės antrasis reaktorius. Nutrūkęs jo energijos eksportas, tuo pat metu esant mažai vėjo elektrinių gamybai, sukūrė elektros generacijos trūkumą regione.

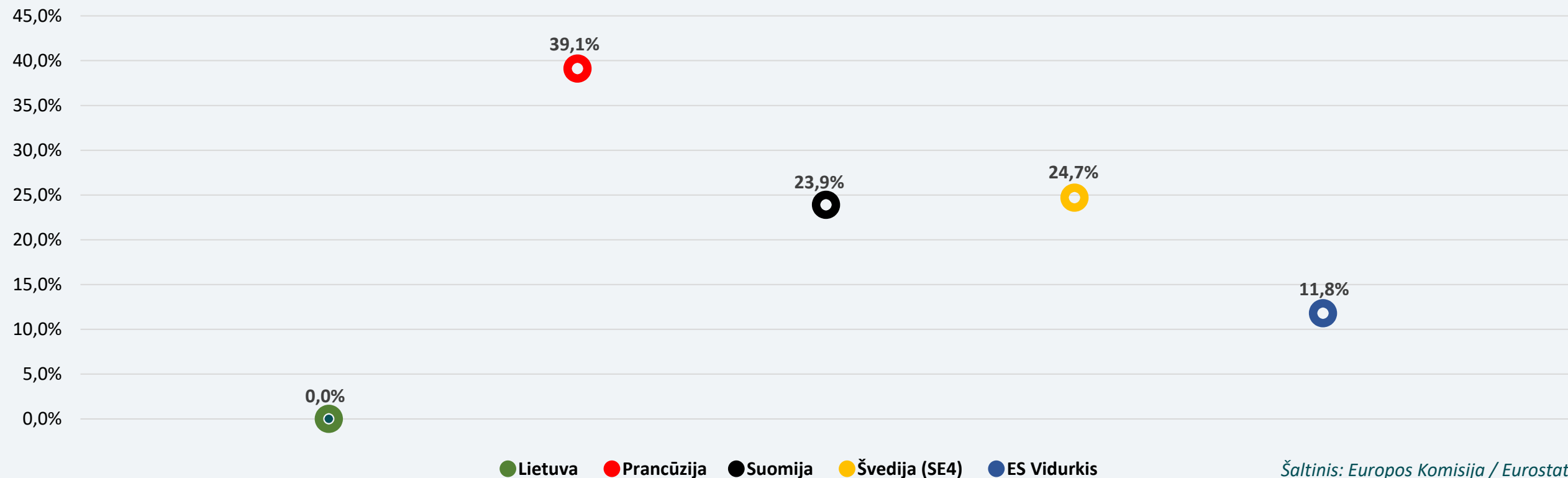
SUOMIJOS OLKILUOTO ATOMINĖS ELEKTRINĖS III-OJO REAKTORIAUS IŠSIJUNGIMAS LĖMĖ AUKŠČIAUSIAS ELEKTROS KAINAS 2023 M.

Suomijos branduolinių elektrinių gamyba ir didmeninės elektros kainos (2023 11 01 – 2023 11 30)



- Branduolinės elektros energijos generacija stabilizuoja elektros tiekimą, o balansavimo pajėgumai leidžia stabilizuoti elektros kainas. Natūralu, kad neplanuoti reaktorių išsijungimai parodo realią elektros generacijos padėtį – nesant AEI ir balansavimo pajėgumams, kyla elektros kainų šuoliai.

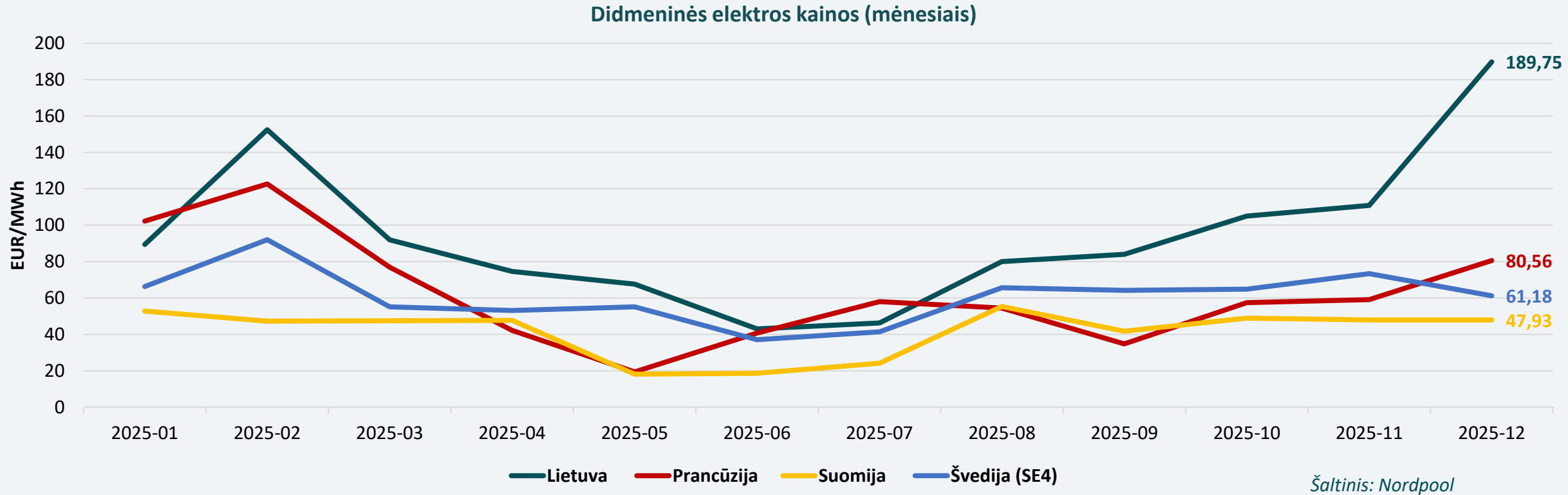
Branduolinės energijos dalis bendrame energijos mix'e, 2023 m. (proc.)



Šaltinis: Europos Komisija / Eurostat

- Neturinti naftos, dujų ir anglies atsargų, **Prancūzija 1970-aisiais priėmė strateginį sprendimą** (Messmer planą) visiškai **pereiti prie branduolinės energetikos**, kad užsitikrintų **energetinę nepriklausomybę**.
- Švedija ir Suomija plėtoja energijai imlias pramonės šakas (popieriaus, celiuliozės, plieno), taip pat dėl šalto klimato joms reikia didelio elektros energijos kiekio vartojimui. Vėjo ir hidroenergijos generacija šiose šalyse yra stipri, bet ribota.
- MMR sukuria progą Lietuvai sugrįžti į branduolinių valstybių ratą ir integruoti pažangiausias technologijas iš karto bei taip išnaudoti turimą profesinę bazę. Procesą greitina turimas reguliatorius ir branduolinės energijos įstatymas.

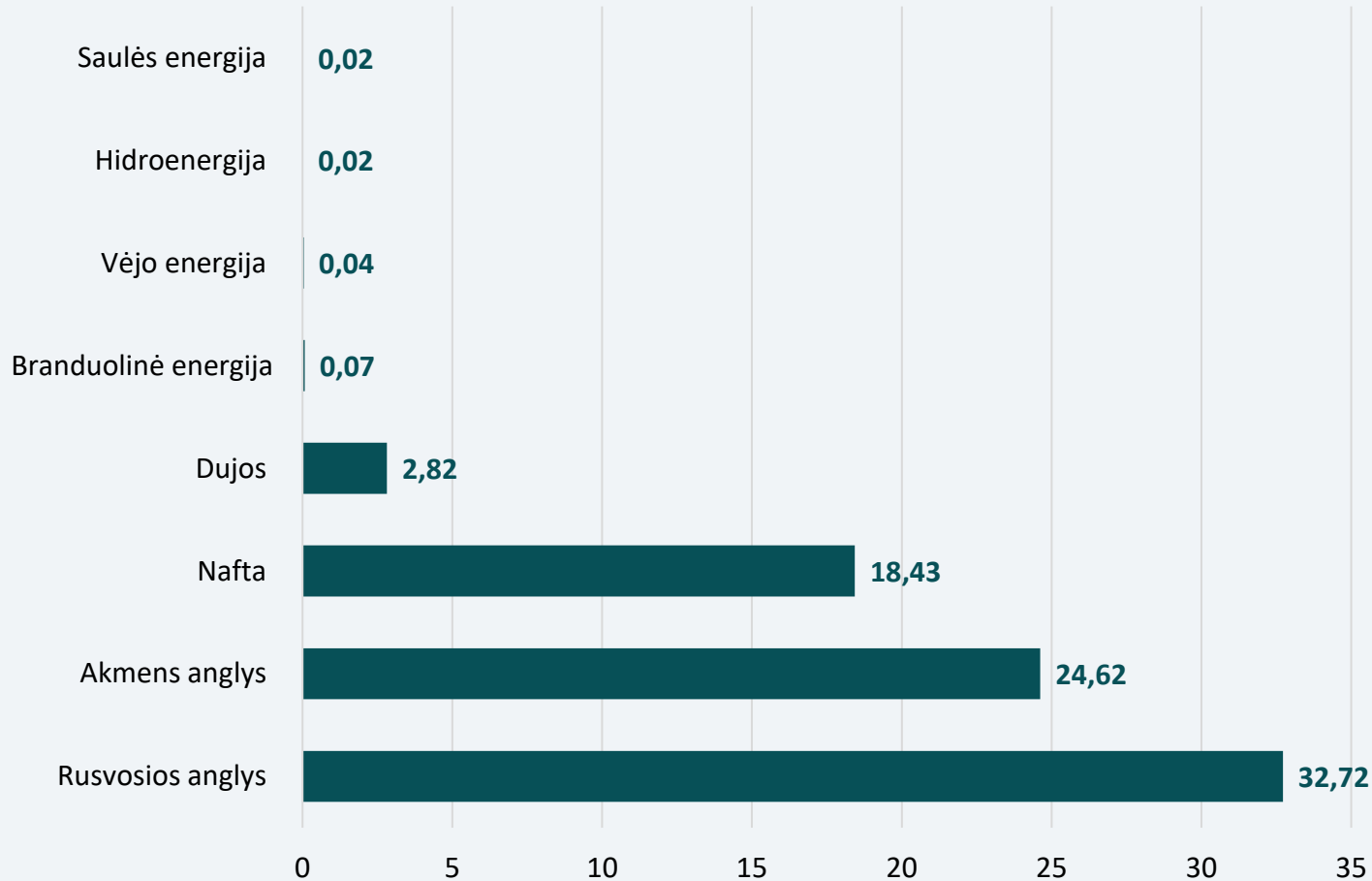
DIDMENINĖS ELEKTROS KAINOS EUROPOJE 2025 METAIS: BRANDUOLINĖSE VALSTYBĖSE – MAŽESNĖS IR STABILESNĖS



- Suomijoje, kuri turi išvystytą branduolinę energetiką (įskaitant naująjį Olkiluoto 3 reaktorių), elektros energijos kainos stabiliausios ir žemiausios ištisus metus.
- Lietuvoje ryškus kainų šuolis žiemos mėnesiais (vasarį – 152 EUR/MWh, gruodį – 189 EUR/MWh), vasarą (birželį–liepą) kainos krenta iki apie 43–46 EUR/MWh. Matoma didelė priklausomybė nuo kintančios atsinaujinančių energijos išteklių generacijos.
- Didelis kainų skirtumas tarp Lietuvos ir branduolinę energiją turinčių šalių rodo, kad vietinė SMR generacija turi didelį ekonominį potencialą.

BRANDUOLINĖ ENERGIJA – VIENA SAUGIAUSIŲ ENERGIJOS RŪŠIŲ

Mirčių skaičius (1 TWh pagaminti), pagal nelaimingus atsitikimus ir oro taršą



Šaltinis: OurWorldinData, 2016.

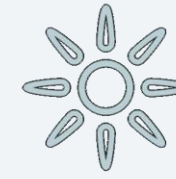
Elektros energijos gamybos CO₂ intensyvumas

820
gCO₂eq/kWh



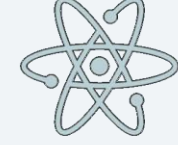
Anglis

48
gCO₂eq/kWh



Saulės

12
gCO₂eq/kWh



Branduolinė

12
gCO₂eq/kWh

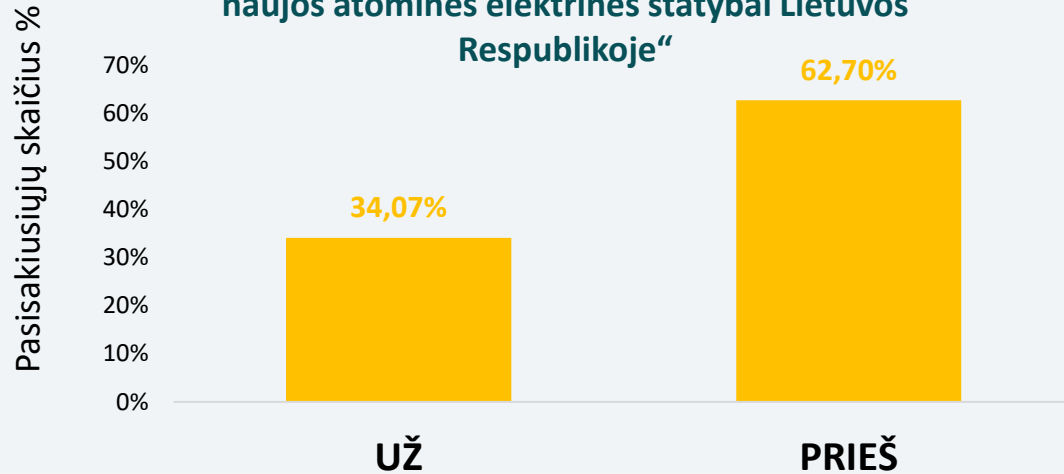


Vėjo

- Branduolinė energija yra saugesnė už anglis ir naftą. Pakeitus iškastinį kurą branduoline energija, drastiškai sumažinamas mirtingumas, kurį sukelia oro tarša ir pramoninės avarijos.
- Pagal mirčių skaičių 1 TWh pagaminti (0,07), branduolinė energetika statistiškai priklauso tai pačiai itin žemos rizikos kategorijai kaip vėjo (0,04), saulės (0,02) ir hidroenergija (0,02).
- Duomenys rodo, kad nepaisant visuomenėje vyraujančių baimių dėl radiacijos, realus pavojus gyvybei yra mažas, nes branduolinės jėgainės veikimo metu neišskiria kietųjų dalelių ar kitų kvėpavimo takus žalojančių teršalų.

NORINT ĮGYTI VISUOMENĖS PALAIKYMĄ, REIKIA TEISINGAI KOMUNIKUOTI

2012 m. konsultacinio referendumo teiginys: „Pritariu naujos atominės elektrinės statybai Lietuvos Respublikoje“



Zarasų - Visagino (Nr.52) rinkimų apygarda

Puslapis atnaujintas 2012-10-18 20:33.

Rinkėjų skaičius: 35384, dalyvavusių referendume skaičius: 16878 (47,70%),
galiojančių biuletenių skaičius: 16405 (97,20%), negaliojančių biuletenių skaičius: 473 (2,80%)

Pastaba. Dalyvavusiųjų rinkimuose rinkėjų skaičius apskaičiuojamas nuo duomenis perdavusių rinkimų apylinkių rinkėjų skaičiaus, o ne nuo rinkimų apygardos rinkėjų skaičiaus.

Referendumo rezultatai apygardoje

Klausimas	Paduotų balsų skaičius									
	apylinkėje		paštu		iš viso		% nuo galiojančių biuletenių		% nuo dalyvavusių skaičiaus	
	Taip	Ne	Taip	Ne	Taip	Ne	Taip	Ne	Taip	Ne
Pritariu naujos atominės elektrinės statybai Lietuvos Respublikoje	9508	4518	1506	873	11014	5391	67,14	32,86	65,26	31,94

- **Saugos suvokimo problema:** visuomenė riziką vertina per galimas **pasekmes (baime)**, o ne per **tikimybę (statistiką)**. Objektyviai saugi technologija gali būti atmetama, jei komunikacija remiasi tik faktais, ignoruojant emocinį elementą.
- **Požiūris nėra statiškas** – jį galima keisti edukuojant visuomenę apie branduolinės energijos privalumus, pateikiant informaciją skaidriai bei išryškinant naudas. Visuomenė daug griežčiau vertina „primestą“ riziką (pvz., valdžios sprendimą statyti AE), nei tą, kurią pasirenka pati. Todėl būtina pereiti nuo „nuspręsti ir paskelbti“ prie „įtraukti ir tartis“ modelio.
- Pasirengimas ir darbas su visuomene turi prasidėti gerokai anksčiau nei statybos, siekiant gauti **„socialinę licenciją“** veikti. Tai vienintelis būdas suvaldyti *Not In My BackYard* (NIMBY, liet. „tik ne mano kieme“) reiškinių ir ugdyti pasitikėjimą.



2025 m. Eurobarometro leidinyje nurodoma, kad 57 proc. Lietuvos respondentų mano, jog branduolinė energetika turės teigiamą poveikį jų gyvenimui per ateinančius 20 metų.

TARP VALSTYBIŲ, SUSIDOMĖJUSIŲ MMR, LIETUVA TURI PRIVALUMŲ

Lietuvos MMR strategija turėtų pasinaudoti esamais pranašumais:

- Lietuva turi patyrusį branduolinės energijos reguliatorių (VATESI) ir reguliavimo sistemą, kurių kūrimui kaimyninės šalys numočiusios apie 5 metus;
- Lietuva turi **tinkamą aikštelę** su energetine infrastruktūra ir **teigiama bendruomenės nuomone** apie branduolinę energetiką;
- Lietuva turi **radioaktyviųjų atliekų tvarkymo patirties** ir infrastruktūrą;
- Lietuva turi **parengiamųjų darbų** naujam projektui patirties;
- Dauguma MMR komerciškai pradės veikti apie 2030 m. ar vėliau, o vien reaktoriaus įrengimui reikalingi nuo 3 iki 10 metų.

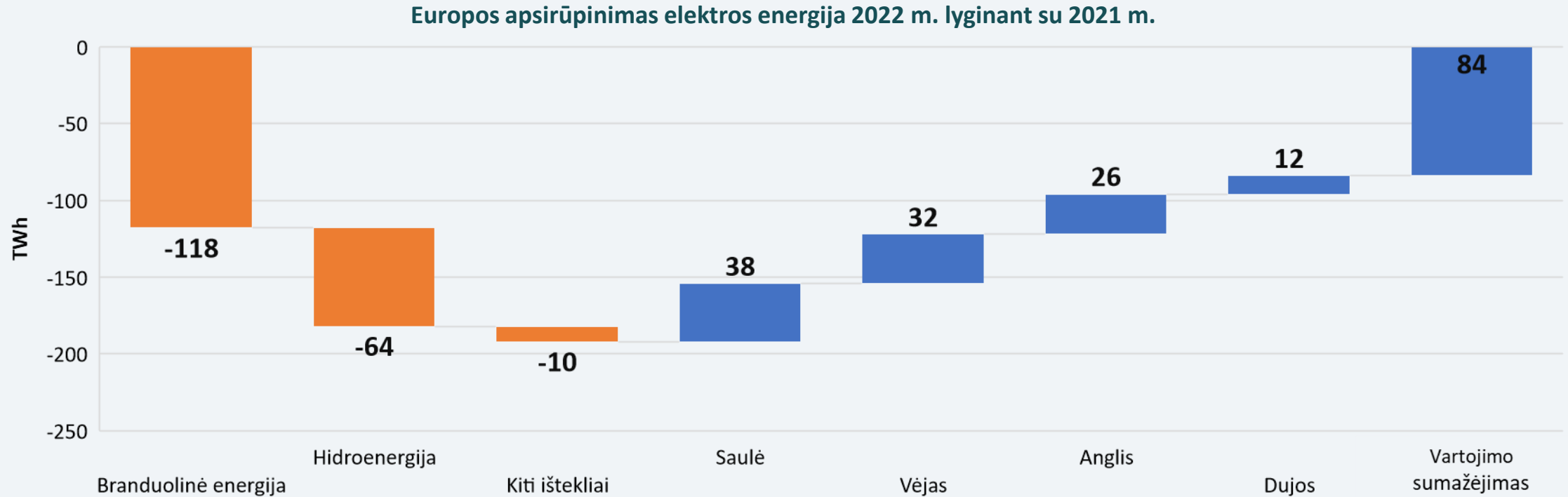
Technologijų pasirinkimo gairės:

- Remiantis naujausiais duomenimis, Lietuva turėtų teikti pirmenybę artimiausiu metu vystomiems projektams: **NuScale VOYGR, GE-Hitachi BWRX-300**.
- Rinktis įrodyta technologinę bazę **t.y. evoliucinius projektus, o ne revoliuciniai konceptus**.
- **Vystyti tarptautinius ryšius su Baltijos valstybėmis, partneriais JAV ir ES valstybėse.**

Pavyzdys - Estijoje vykdomi procesai MMR įrengimui:

1. Įkurta branduolinės energijos darbo grupė (2021 m.)
2. Planavimo proceso inicijavimas (2022 m.)
3. Išleista „Atominių galimybių įgyvendinimo Estijoje“ studija (2023 m.)
4. Paskelbtas teritorijų planavimo procesas ir strateginio poveikio aplinkai vertinimo pradžia (2025 m.)
5. Branduolinės energijos įstatymo projektas parlamente (2026 m. kovą)
6. Vyriausybės nacionalinio teritorijų plano tvirtinimas (2026 m.)
7. Branduolinės energijos regulatoriaus formavimas, sprendimas parlamente (2027 m.)
8. Pardavėjo pasirinkimas / Statybos licencijos paraiška (2029 m.)
9. Galutinis investicinis sprendimas / EPC sutartis (2030 m.)
10. Statybų pradžia (2031 m.)
11. Veikiantis reaktorius (2035 m.)

MAŽESNĖ ATOMINIŲ ELEKTRINIŲ GENERACIJA TURĖJO NEIGIAMOS ĮTAKOS VISAI EUROPAI

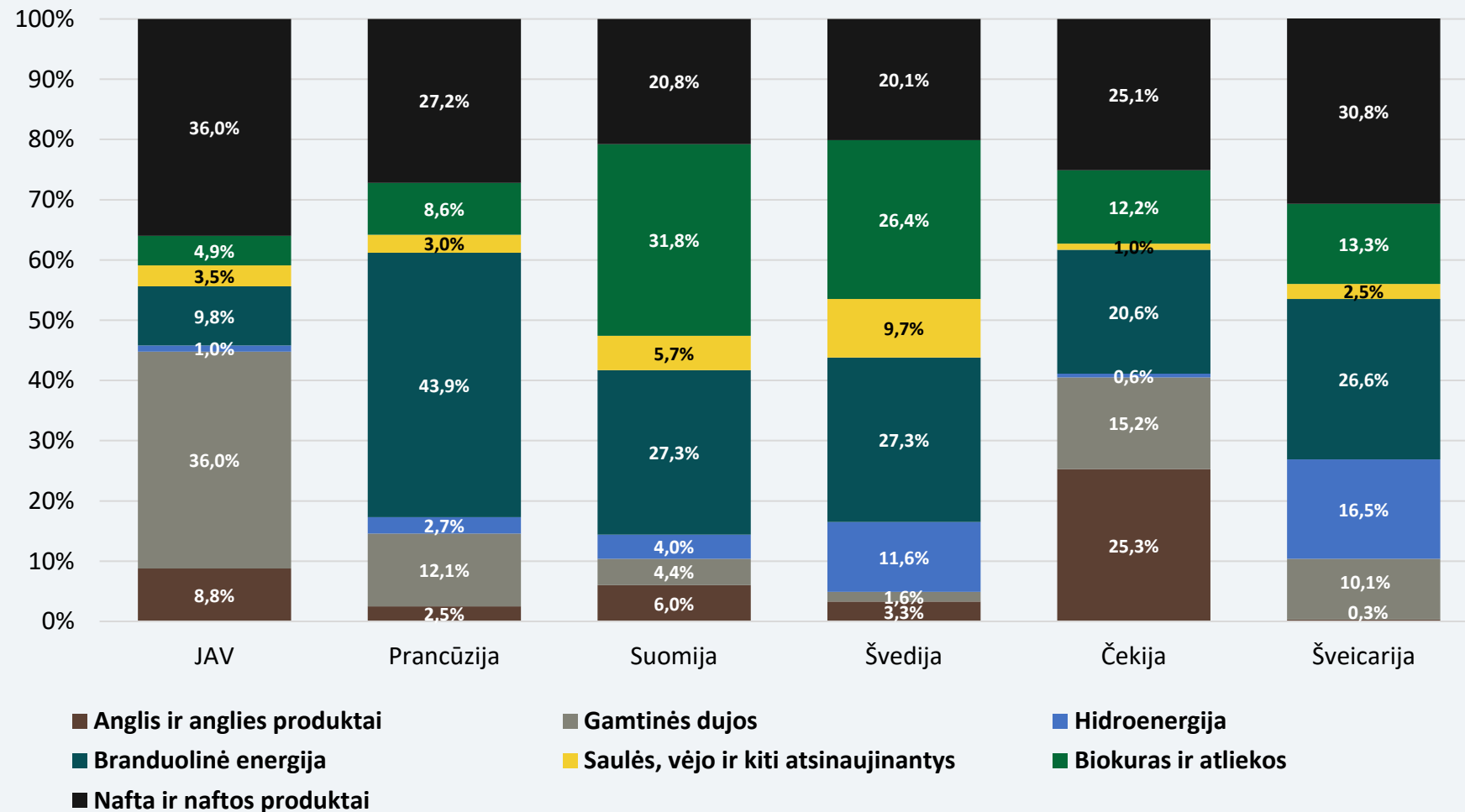


- Atominių elektrinių remontas Prancūzijoje ir mažesnė hidroelektrinių generacija lėmė, kad 2022 m. Prancūzija, keturis dešimtmečius buvusi elektros energijos eksportuotoja, tapo elektros energijos importuotoja.
- 2023 metais, Prancūzijai baigus atominių elektrinių remontų darbus, valstybė vėl tapo elektros energiją eksportuojančia valstybe.

ENERGETIŠKAI SĖKMINGIAUSIOS PASAULIO VALSTYBĖS PASIKLIAUJA BRANDUOLINE ENERGIJA IR AEI

- Šios valstybės turi pačias sėkmingiausias energetikos sistemas dėl subalansuoto įvairių energijos šaltinių derinio, užtikrinančio stabilumą ir saugumą.
- Sėkmingiausios pasaulio ir Europos energetikos sistemos (Švedija, Suomija, Prancūzija) nesirenka tarp branduolinės energijos ir atsinaujinančių išteklių. Šiose valstybėse AE ir AEI veikia simbiozėje: atsinaujinanti energija mažina kainas, o branduolinė energija garantuoja saugumą ir mažina poreikį deginti dujas ar anglį.
- Vis labiau stengiantis įgyvendinti klimato kaitos tikslus bei energetikos sektorių paversti klimatui neutralia sritimi, mažinant iškastinio kuro naudojimą, AEI bei branduolinės energetikos svarba energijos balanse tik augs.

Pirminės energijos dalis (proc.) pagal šaltinį (2024 m.)



MMR PLĖTROS LIETUVOJE SSGG ANALIZĖ

STIPRYBĖS

- Itin aukštas panaudos koeficientas (>90 proc.) ir nepriklausymas nuo oro sąlygų.
- Esama politinė parama ES ir nacionaliniu lygmenimis.
- Turimas patyręs reguliatorius (VATESI), infrastruktūra, specialistai.
- Technologija, užtikrinanti stabilią generaciją ir padėsianti balansuoti tinklą.

SILPNYBĖS

- MMR elektros savikaina vis dar 2–3 kartus didesnė nei vėjo ar saulės energijos.
- Pirmųjų projektų (FOAK) kaštai išlieka aukšti ir rizikingi.
- Vakarų šalyse dar nėra veikiančių komercinių MMR pavyzdžių.
- Europoje dar nėra pilnai išvystytos masinės komponentų tiekimo grandinės.

GALIMYBĖS

- Elektros kainų stabilizavimas ir importo mažinimas (Suomijos pavyzdys).
- „Net-Zero Industry Act“ ir Europos SMR aljanso atveriamos finansavimo galimybės.
- Galimybė naudoti ne tik elektrai, bet ir centralizuoto šilumos tiekimo bei pramonės dekarbonizacijai.
- Kainos mažėjimas pereinant prie serijinės gamybos (NOAK).

GRĖSMĖS

- Istorinė rizika, kad projektai viršys biudžetus ir terminus („NuScale“ pavyzdys JAV).
- Nesuderinti ir lėti licencijavimo procesai skirtingose ES šalyse.
- Rizika pasirinkti technologiją, kuri neįsitvirtins rinkoje (iš maždaug 99 projektų).
- Branduolinio kuro gamybos pajėgumų trūkumas Vakarų šalyse.

AČIŲ UŽ DĖMESĮ!

