

DOI: [10.46793/CIGRE37.C2.18](https://doi.org/10.46793/CIGRE37.C2.18)**C2.18****СИГУРНОСТ СНАБДЕВАЊА ДОМАЋЕ ПОТРОШЊЕ У УСЛОВИМА ДЕЛИМИЧНЕ
ТРАНЗИЦИЈЕ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКОГ СИСТЕМА НА ВАРИЈАБИЛНЕ ОИЕ****NATIONAL SECURITY OF SUPPLY UNDER THE CONDITIONS OF PARTIAL
TRANSITION OF THE POWER PRODUCTION TO VARIABLE RENEWABLE ENERGY
SOURCES****Nenad Šijaković, Nikola Obradović, Nebojša Petrović***

Кратак садржај: Транзиција електроенергетског система представља изузетно комплексан и захтеван процес, који се уколико није на адекватан начин испланиран, може одразити лоше по енергетску безбедност државе, угрожавајући највише националне интересе. У Европи смо данас сведоци и добро испланираних процеса енергетске транзиције, али и веома лоше испланираних процеса, који су услед нереалних очекивања практично неизводљиви, такође и невероватно скупи по целокупну привреду те државе. Имамо прилику да учимо од добрих примера у Европи, али и на грешкама оних неуспешних примера. Само сагледавањем проблематике из угла целокупног електроенергетског система, не занемарујући ни један његов сегмент, можемо доћи до оптималног модела транзиције, који је као такав подесан за наш национални систем и очување националних интереса. У овом раду ћемо се фокусирати на параметру сигурности снабдевања као једном од кључних идентификованих параметара битних за одржавање перформанси електроенергетског система на задовољавајућем нивоу у условима делимичне транзиције на варијабилне ОИЕ.

Кључне речи: енергетска транзиција, сигурност снабдевања, стабилност ЕЕС, сигурност рада преносног система, флексибилност ЕЕС, економска ефикасност ЕЕС, варијабилни ОИЕ

Abstract: The transition of the power system is an extremely complex and demanding process, which, if not adequately planned, can have a negative impact on the country's energy security, endangering the highest national interests. In Europe today we are witnessing both well-planned energy transition processes, but also very poorly planned processes, which are practically unfeasible due to unrealistic expectations, and also incredibly expensive for the entire economy of that country. We have the opportunity to learn from good examples in Europe, but also from the mistakes of those unsuccessful examples. Only by looking at the problem from the point of view of the entire power system, without neglecting any of its segments, can we arrive at an

* Nenad Šijaković, Elektrotehnički fakultet u Beogradu, nenad.sijakovic@ems.rs

Nikola Obradović, EMS, nikola.obradovic@ems.rsNebojša Petrović, NK CIGRE Srbija & AERS, nebojsa.petrovic@ems.rs

optimal model of transition, which as such is suitable for our national system and the preservation of national interests. In this paper, we will focus on the security of supply parameter as one of the key identified parameters important for maintaining the performance of the power system at a satisfactory level in conditions of partial transition to variable RES.

Key words: *energy transition, security of supply, power system stability, power system security, flexibility, economic efficiency, variable RES*

1. УВОД

Електроенергетски систем се мора посматрати као целина, како током његовог дугорочног планирања, тако и приликом краткорочног планирања рада, као и током његове експлоатације, односно управљања системом у реалном времену. Реч је не само о највећем техничком систему на националном нивоу, већ о широј европској интерконекцији у којој наш и сви остали системи из окружења функционишу. Европски повезани електроенергетски систем састоји се од око 12.000 чворишта у виду високонапонских разводних постројења, односно трафостаница од интереса, десетина хиљада производних капацитета и стотина хиљада километара далековада, односно каблова које исте повезују. Читав тако повезани систем интерконекције којој припадамо, Континентална Европа, функционише по веома стриктним техничким правилима и стандардима, које Република Србија помно прати и сходно томе усклађује и своје домаће законско регулаторно окружење. Са друге стране евидентан је притисак од стране европског законодавца, као и других међународних обавеза везаних за процес декарбонизације, као и делимичну транзицију производног портфеља на варијабилне ОИЕ. Резултат свега наведеног јесте да је пред нама веома комплексан задатак у којем је неопходно задржати перформансе електроенергетског система на задовољавајућем нивоу у условима делимичне транзиције на варијабилне ОИЕ. У овом раду фокусираћемо се на једном од кључних параметара рада ЕЕС везаном за сигурности снабдевања користећи резултате адекватности производних ресурса ENTSO-E ERAA 2023 [1] и ERAA 2024 [2].

2. КЉУЧНИ ПАРАМЕТРИ РАДА ЕЕС У УСЛОВИМА ДЕЛИМИЧНЕ ТРАНЗИЦИЈЕ НА ВАРИЈАБИЛНЕ ОИЕ

Параметри рада електроенергетског система на које је посебно потребно обратити пажњу током делимичне транзиције електроенергетског система, односно у условима интеграције високог удела варијабилних ОИЕ у ЕЕС, јесу следећи:

- **сигурност система** (решавање проблема дуготрајних вишкова у производњи варијабилних ОИЕ, неопходна инфраструктура за неометан пласман производње)
 - Дуготрајно складиштење, РХЕ, топлотна складишта или било која друга технологија заснована на дугорочном складиштењу, како би се решили вишкови производње у капацитетима на бази варијабилних ОИЕ, сунца и ветра.
 - Недостајућа инфраструктура за пренос електричне енергије ради несметаног пласмана производње варијабилних обновљивих извора

енергије у тренуцима када производе блиско својој инсталисаној снази (“више од свог фактора капацитета”), односно потреба потрошње, тј. пласирање те прекомерне производње без угрожавања безбедности остатка ЕЕС.

- **сигурност снабдевања** (решавање проблема дуготрајних мањкова у производњи варијабилних ОИЕ, “dunkelflaute” дужи период без ветра и довољно сунца),
 - Одржавање довољног нивоа производног капацитета који се огледа у стабилним термоелектранама на гас, угаљ или нуклеарну енергију за покривање базне потрошње, као и одржавање довољног стабилног капацитета, што се поново огледа у термоелектранама на фосилна горива, у хладној, стратешкој резерви за сврху решавања дуготрајних мањкова у производњи варијабилних обновљивих извора енергије. Решавање проблема сигурности снабдевања.
- **флексибилност система**, неопходна регулациона резерва (секундарна и терцијерна, решавање проблема одступања услед варијабилне природе овог типа извора за производњу електричне енергије),
 - Придружене акумулације које обезбеђују балансну резерву (пумна складишта, акумулаторска складишта, електролизери и други типови извора регулационе резерве) у циљу решавања нежељених одступања узрокованих стохастичком природом варијабилних извора из солара и ветра.
- **стабилност система** (неопходна инерција, напонска (подршка у реактивној снази) и угаона стабилност ЕЕС),
- **економска ефикасност** која се огледа у приступачним ценама за крајњег потрошача (домаће становништво и привреду), постиже се одабиром извора са нижим Levelised Full System Cost of Energy

1.1 У овом раду посебно ћемо се бавити сигурношћу снабдевања, анализирајући резултате анализа адекватности производних ресурса ENTSO-E ERAA 2023 [1] и ERAA 2024 [2].

3. АНАЛИЗА АДЕКВАТНОСТИ ПРОИЗВОДНИХ РЕСУРСА ENTSO-E (ERAA 2023 [1], ERAA 2024 [2])

Према ENTSO-E извештају ERAA 2023 и ERAA 2024 – European Resource Adequacy Assessment [1], [2], односно, Европској процени адекватности електроенергетских ресурса, већина система у Европи улази у наредним годинама, неминовно, у проблем са сигурношћу снабдевања услед сувише брзог напуштања базних производних капацитета, конкретно, термоелектрана, без адекватних заменских капацитета, односно због пребрзе интеграције варијабилних обновљивих извора енергије (ОИЕ) [1], [2].

Сигурност снабдевања у наведеним анализама [1], [2] процењивана је на основу LOLE – Loss Of Load Expectation, односно LOLD – Loss of Load Duration, показатеља који нам дају прогнозиране вредности времена у којем ваш национални електроенергетски систем

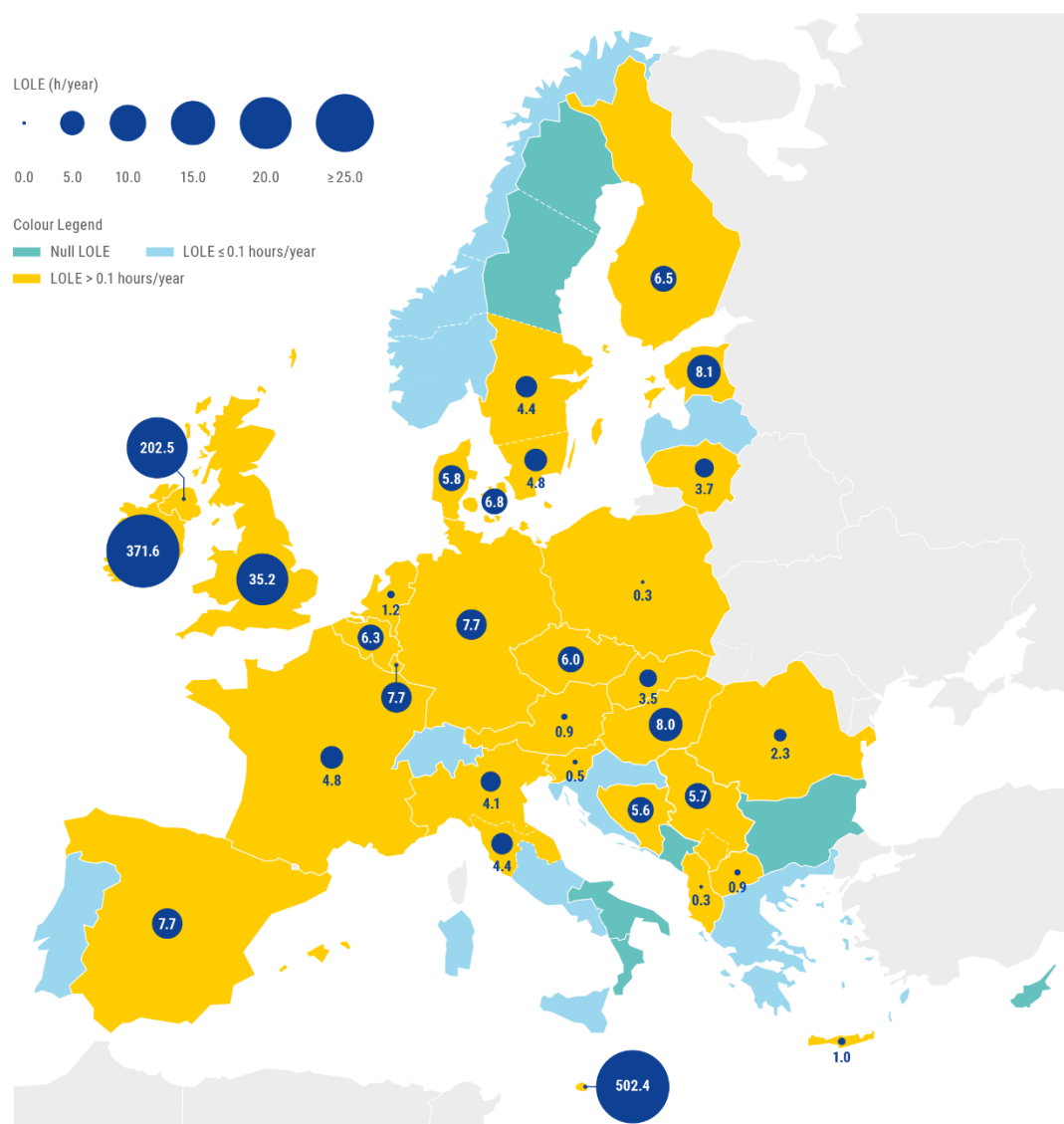
није у могућности да напоји све своје потрошаче електричном енергијом (чак ни увозом електричне енергије, моменти у којима не постоји расположив капацитет у интерконекцији, односно не постоји могућност допремања енергије до нашег система).

Резултати анализа показују да су већ на кратком и средњем року предвиђани проблеми везани за напајање потрошача електричном енергијом у Европи, а већ 2033. [1] односно 2035. године [2] виђени су озбиљни проблеми у функционисању већине европских електроенергетских система – из истих разлога.

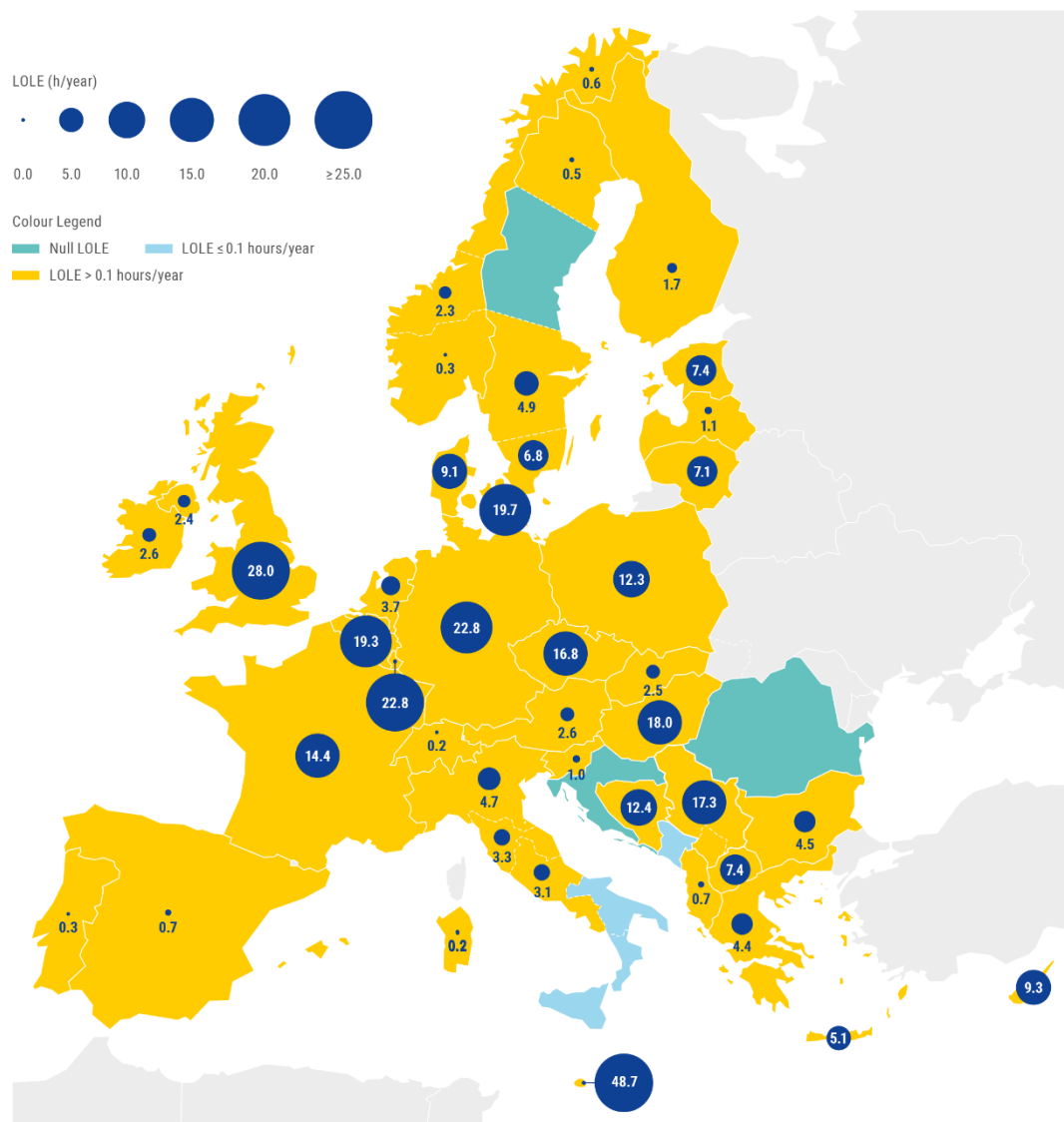
У симулацијама рађеним на подацима достављеним за краткорочне анализе у оквиру ERAA 2023 [1], поменути параметри у свим системима у континенталној Европи показују релативно задовољавајућих мање од 2h, осим у Шпанији, где је вредност 5h. У проблему су европске острвске државе, где је сигурност снабдевања изузетно слаба: Велика Британија, Ирска, Северна Ирска, Малта. Ове острвске државе решавају проблем сигурности снабдевања повезивањем са континенталном Европом подводним кабловима у средњерочним и дугорочним анализама које су следиле.

Проблем сигурности снабдевања се до 2033. јасно сели у континенталну Европу, где због пребрзог потпуног гашења термокапацитета, национални електроенергетски системи нису у стању да их надоместе заменским базним капацитетима, због чега долази до изражених проблема са сигурношћу снабдевања. Тако у 2033. години у Сценарију Б, у оквиру ERAA 2023 [1], у којем се гаси више термокапацитета него у посматраном Сценарију А, у озбиљне проблеме улазе системи Немачке, Белгије, **Србије**, Мађарске, Чешке, Холандије, Пољске, БиХ. Практично је угрожена енергетска безбедност целе Европе.

Наведени извештаји ENTSO-E указују на потенцијално озбиљне проблеме везане за могућност напајања националне потрошње, односно националну енергетску безбедност Републике Србије у наступајућем периоду, уколико би се производни микс Републике Србије мењао онако како је предвиђено у виђеним сценаријима у оквиру ERAA 2023 [1] (Србија је променила приступ у сценаријима рађеним у ERAA 2024 [2], где нису била дозвољена гашења термоблокова у националном систему током симулација) у датим анализама, тј. стављањем ван погона, односно гашењем агрегата у домаћим термоелектранама на угаљ у укупном износу од 600 до 1400 MW инсталисане снаге (ERAA 2023 [1] сценарио А и сценарио Б) уз напомену да је у датим анализама била виђена у погону и ТЕ Колубара Б, која је по тада доступним информацијама била у плану ЕПС АД, што је измењено у анализама ERAA 2024 [2].



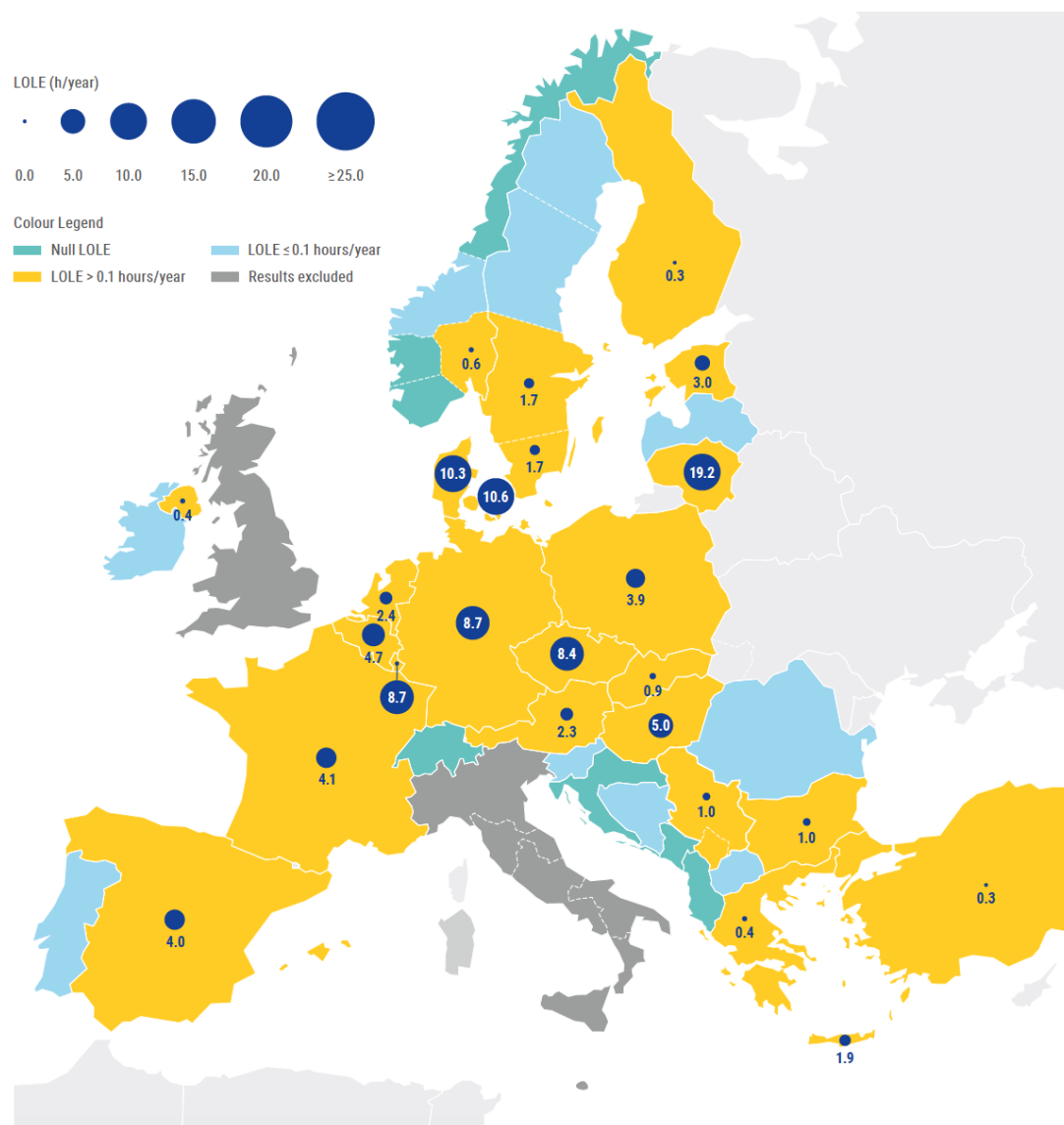
Слика 1: LOLE вредности виђене у 2025. години, сценарион Б, ERAA 2023 [1] – случај са гашењем термоблокова у ЕЕС Србије



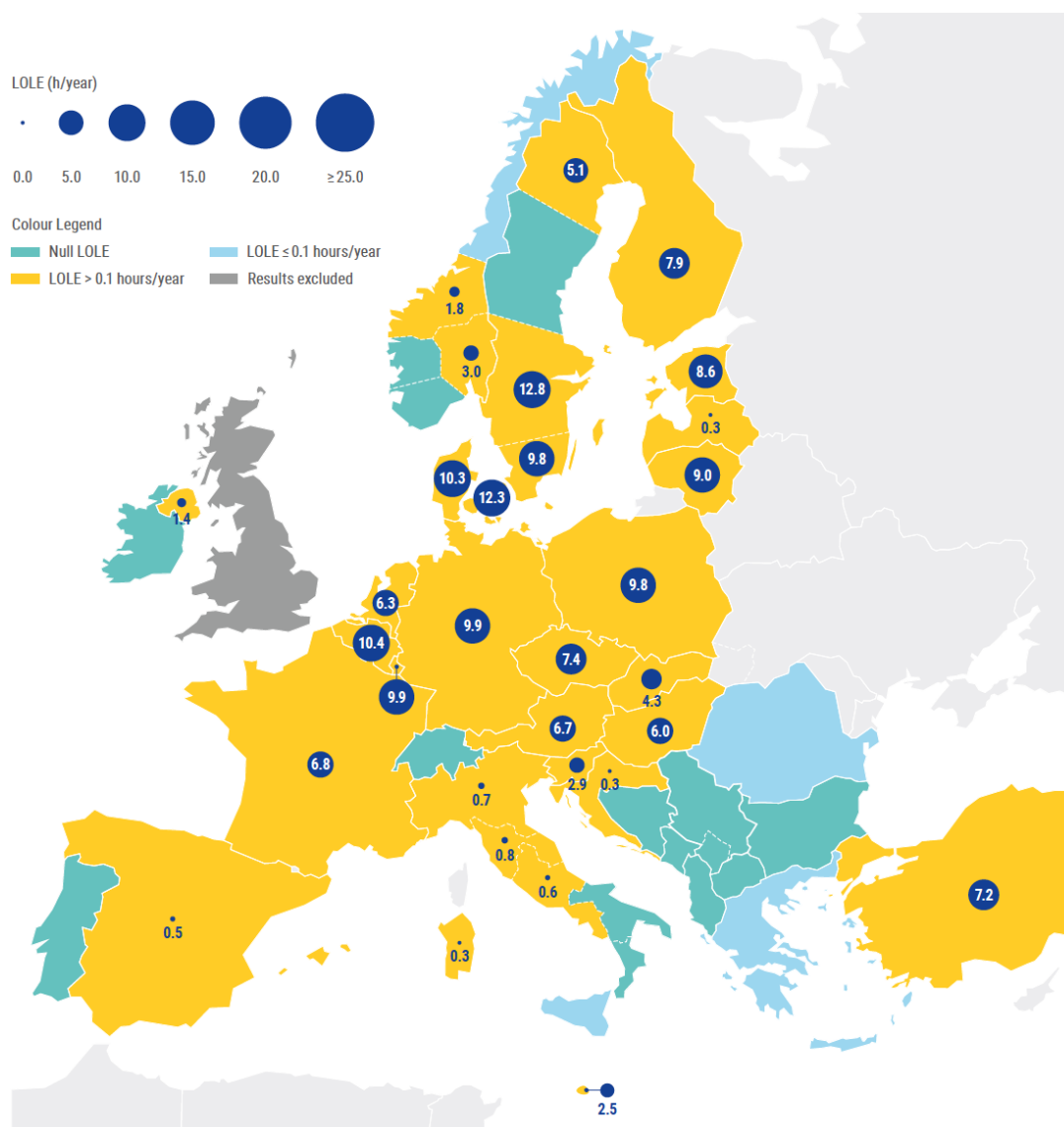
Слика 2: LOLE вредности виђене у 2033. години, сценарио Б, ERAA 2023 [1] – случај са гашењем термоблокова у ЕЕС Србије

У оквиру припреме улазних података за анализу из 2024. године (ERAA 2024 [2]), а на основу националних стратешких докумената, у оквиру EVA анализе није било дозвољено гашење ниједног термоблока у Републици Србији на посматраном временском хоризонту и резултат је био да је Република Србија имала значајно побољшане параметре сигурности снабдевања у односу на анализе из 2023. године [1] где је било дозвољено гашење између 600 и 1400 MW укупне инсталисане снаге термоблокова у домаћим термоелектранама на угаљ.

Приметили бисмо такође да је у оквиру ERAA 2024 [2] дошло и до повећања укупне инсталисане снаге постојећих термоагрегата у региону захваљујући томе што се у неким од система одустало од гашења термоблокова. Односно, уместо првобитно планираних гашења неких од постојећих термоагрегата сагледавана је ревитализација истих.



Слика 3: LOLE вредности виђене у 2026. години, ERAA 2024 [2] – случај без гашења термоблокова у ЕЕС Србије



Слика 4: LOLE вредности виђене у 2035. години, ERAA 2024 [2] – случај без гашења термоблокова у ЕЕС Србије

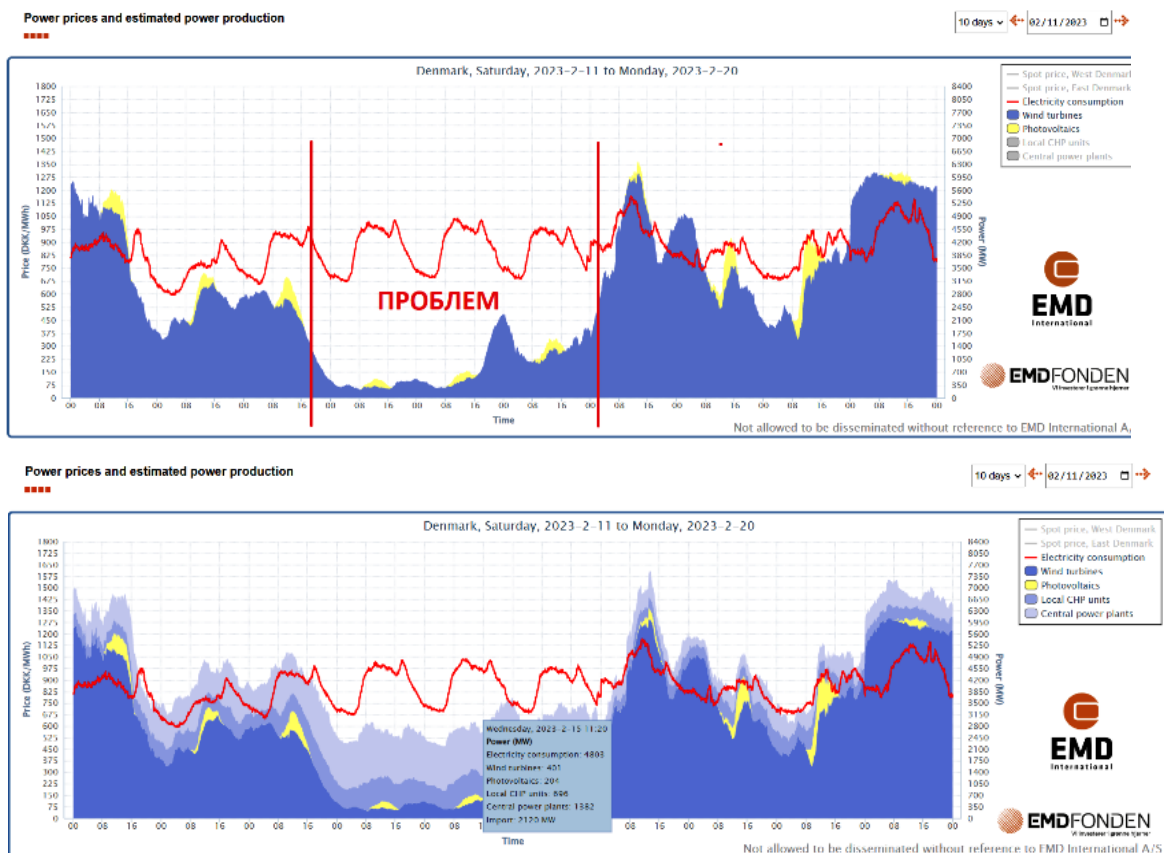
Питања адекватности у једној земљи у великој мери зависе од претпоставки у суседним земљама – и, реципрочно, свако улагање у капацитет у једној земљи може у великој мери утицати на њене суседе. Ово наглашава важност регионалне координације у доношењу одлука.

Растући удео варијабилних производних капацитета захтева примену нових капацитета оспособљених за рад у секундарној и терцијарној регулацији електроенергетског система, од нових производних капацитета до управљиве потрошње, потенцијално електролизера и сличних постројења. Такође, растући удео варијабилних производних капацитета подразумева и задржавање у погону довољног нивоа стабилне производње у конвенционалним електранама неопходним за покривање базне потрошње у националном систему, обезбеђујући сигурност снабдевања домаћем станповништву и привреди.

Краткорочно и средњорочно процена економске одрживости указује на значајне капацитете у ризику од повлачења из употребе услед економско-финансијског притиска огледаног кроз CO₂ таксе, као и општег регулаторног притиска. Истовремено, у тако кратком року нису предвиђена значајна улагања у заменске капацитете што електроенергетски систем јасно угрожава из угла сигурности снабдевања довољним количинама електричне енергије домаћих потрошача не само у појединим земљама, веж шире у европској интерконекцији. Ово друго представља заправо највећи шпрблем пошто у том случају долазимо у ситуацију да ни евентуални увоз недостајуће енергије у таквим режимима не би зашправо били могући ни по највишим ценама, пошто енергије, односно расположиве снаге у читавој интерконекцији не би заправо ни било. Доказ претходно изреченом су два реализована режима рада, један у данском други у немачком систему, који описују радни режим током трајања тзв. “dunkelflaute”, периода са ниском производњом из варијабилних ОИЕ, детаљније описани даље у тексту.

3.1 Посматрани случај - Данска 15. фебруар 2023. године у 11:00h

При конзуму од 4.800 MW, са инсталисаним стабилним термокапацитетима у износу од 4.500 MW, од којих услед потребе за држањем у регулационој резерви само део тог капацитета је доступан за билансно покривање домаће потрошње, Данска је приморана на увоз од чак 2.120 MW у посматраном сату (15.02.2023. године у 11:00h). Данска у тим сатима увози и до 44% свог конзума.



Слика 5: Извор Energinet веб портал [4]

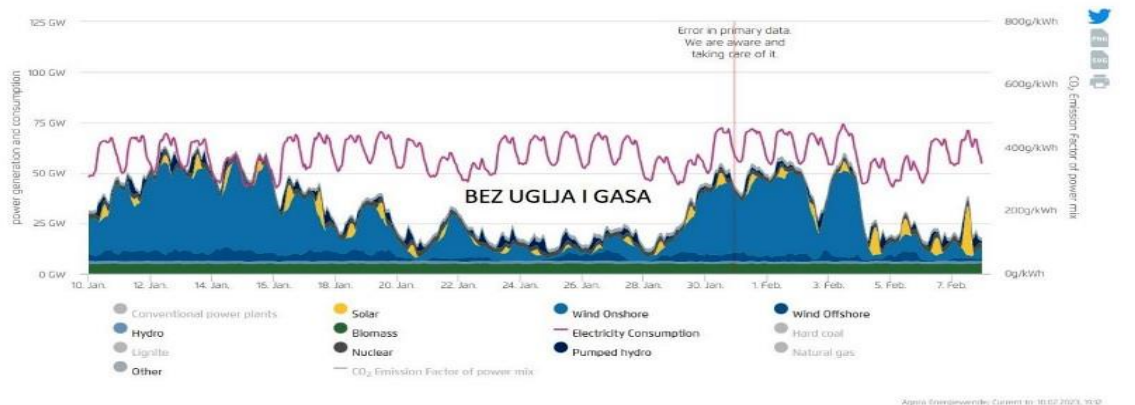
3.2 Посматрани случај - Немачка 22. – 28. јануар 2023. године

Пример Немачка, јануар 2023. године: Укупна производња из ветра и солара у периоду од 22. до 28. јануара, од укупно инсталисаног капацитета од 130 GW, износи свега пар GW. Током 25. јануара производња из ветра и солара пада и испод 1 GW (мање од 1% од укупно инсталисаног капацитета у ветру и солару). Наишао је облачан дан, односно дани без ветра.

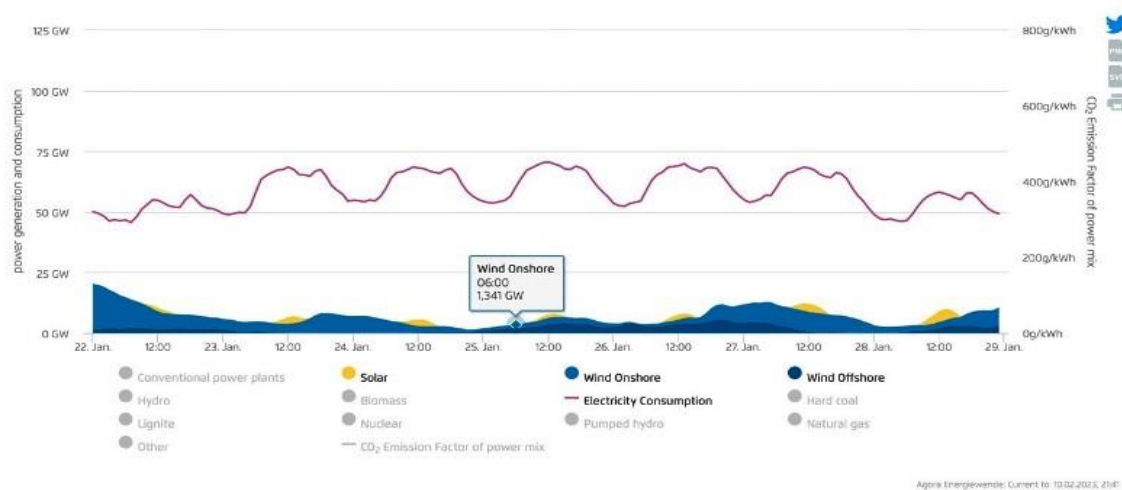
Веома је интересно приметити колики недостатак производње би немачки електроенергетски систем имао нарочито од 18. до 28. јануара без термокапацитета на угаљ и гас, а имајући у виду да инсталисана снага у ветру и солару премашује већ скоро два пута њихов максимални конзум. Практично Немачка би без својих термокапацитета имала велики проблем у билансном покривању потрошње.

Реч је о озбиљном билансном проблему дугог трајања, које не може да покрије никаква резерва предвиђена за сврху балансирања система. Овде лежи најозбиљнији проблем који би се јавио потпуним напуштањем стабилних извора електричне енергије које представљају термокапацитети у било ком електроенергетском систему који претендује ка енергетској независности.

Power Generation and Consumption



Power Generation and Consumption



Слика 6: Извор Agora Energiwende веб портал [3]

4. ЗАКЉУЧАК

Како електроенергетски систем функционише као јединствена целина састављена од производње, преноса и дистрибуције електричне енергије, и само се као такав целокупан систем може на адекватан начин анализирати, неопходно је да свака евентуална промена у националном производном портфељу буде сагледана из угла потреба целокупног електроенергетског система и његовог функционисања у јединственој европској интерконекцији кроз одговарајућу анализу за коју је надлежан оператор преносног система. Наиме, било каква одлука везана за евентуалну промену националног производног микса требало би да узме у обзир и системске анализе спроведене од стране надлежног оператора преносног система, узимајући у обзир неопходне техничко-технолошке системске потребе из угла сигурности снабдевања, односно адекватности националне производње, као и из угла сигурног и стабилног рада националног система у широј интерконекцији, поред техноекономских процена по којима се у својим пословним одлукама руководи производна компаније која поседује дате производне објекте који су предмет измена. Оператор преносног система са својим надлежностима дефинисаним Законом о енергетици врши неопходне обједињене провере испуњености основних техничких критеријума када је реч о адекватности целокупног производног система који узима у обзир обједињени производни микс свих објеката за производњу електричне енергије повезаних на електроенергетски систем Републике Србије. Такође је неопходно обезбедити адекватан регулаторни оквир као и општу климу у држави која ће обезбедити очување у погону довољног нивоа стабилних конвенционалних капацитета неопходних за покривање базне потрошње Републике Србије. Претходно изречено ни на који начин не имплицира потребу за транзицијом електроенергетског система у циљу подизања ефикасности и поузданости, већ баш супротно, представља гарант реализације оптималне транзиције електроенергетског система на чистије и ефикасније технологије, без угрожавања националне енергетске безбедности.

5. ЛИТЕРАТУРА

[1] ERAA 2023 <https://www.entsoe.eu/eraa/2023/>

[2] ERAA 2024 <https://www.entsoe.eu/eraa/2024/>

[3] Agora Energiewende веб портал https://www.agora-energie-wende.de/en/service/recent-electricity-data/chart/power_generation/22.04.2023/25.04.2023/today/

[4] Energinet (<https://en.energinet.dk/>).