

DOI: [10.46793/CIGRE37.C1.02](https://doi.org/10.46793/CIGRE37.C1.02)

C1.02

**УТИЦАЈ ИНТЕГРАЦИЈЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА ЕНЕРГИЈЕ НА НИВО
ТЕХНИЧКИХ ГУБИТАКА У ПРЕНОСНОМ СИСТЕМУ СРБИЈЕ****THE IMPACT OF RENEWABLE ENERGY INTEGRATION ON TECHNICAL LOSS
LEVELS IN SERBIA'S TRANSMISSION SYSTEM****Jelena Čakarević, Sonja Simović, Nebojša Vučinić***

Кратак садржај: Уз високе цене електричне енергије, које су се формирале након енергетске кризе у Европи и Србији, оператор преносног система се суочава са све већим трошковима за надокнаду техничких губитака у преносном систему. Из тог разлога, са аспекта планирања ЕЕС-а неопходно је узети у обзир на који начин ће будући пројекти утицати на ниво техничких губитака у преносном систему. По пословној стратегији ЕМС АД је да улагања у инфраструктуру за пренос електричне енергије треба да буду усмерена у циљу ефикаснијег управљања преносним системом, али и одрживе интеграције обновљивих извора енергије. С тим у вези, овај рад ће показати тренд промене техничких губитака у преносном систему у складу са тренутним захтевима у поступку прикључења на преносни систем. У анализама биће узети у обзир тренутни захтеви за прикључење електрана које користе обновљиве изворе енергије, актуелни План развоја преносног система, као и историјски подаци техничких губитака у преносном систему. Кроз мрежни модел тренутног и перспективног стања ЕЕС-а Србије у програмском пакету Siemens PSS/E показује се утицај интеграције обновљивих извора енергије на ниво техничких губитака у преносном систему.

Кључне речи: *технички губици, обновљиви извори енергије, планирање преносног система*

Abstract: With rising electricity prices due to the growing energy crisis in Europe and Serbia, the transmission system operator is facing increasing costs related to technical losses within the transmission network. Therefore, from a power system planning perspective, it is crucial to assess how upcoming projects will influence technical loss levels in the transmission system. According to EMS AD's business strategy, investments in electricity transmission infrastructure should focus on enhancing the efficiency of transmission system management and supporting the sustainable integration of renewable energy sources. This paper will explore trends in technical losses within the transmission system, considering current requirements for grid connections.

* Jelena Čakarević, JSC EMS, cakarevicjelena1@gmail.com

Sonja Simović, JSC EMS, sonja.simovic@ems.rs

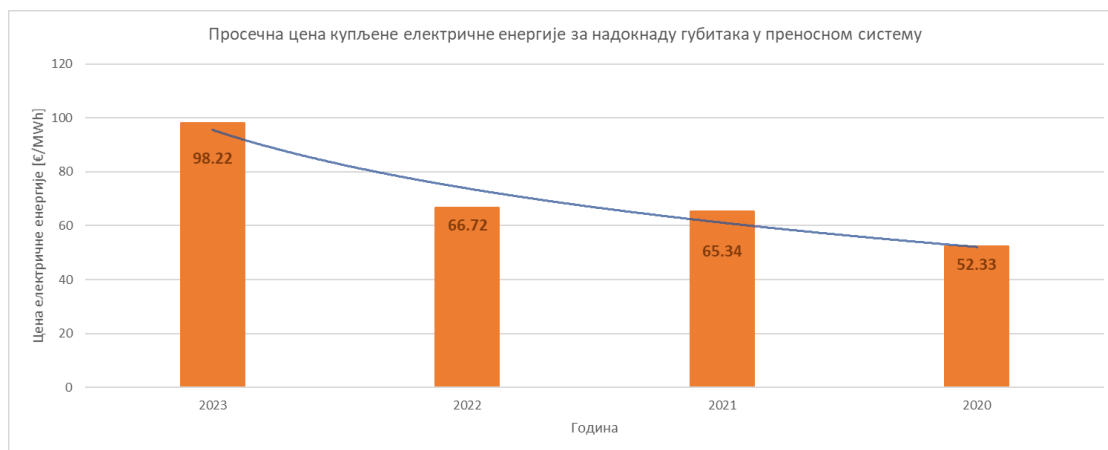
Nebojša Vučinić, Elektromreža Srbije, nebojsa.vucinic@ems.rs

The analysis will take into account the latest regulations for connecting renewable energy power plants, the current Transmission System Development Plan, and historical data on technical losses within the transmission network. Using a network model of Serbia's existing and future power system in the Siemens PSS/E software, the study will examine how integrating renewable energy sources affects technical loss levels in the transmission system.

Key words: *technical losses, transmission system planning, renewable energy sources*

1 УВОД

Оператор преносног система електричне енергије дужан је да, у складу са Законом о енергетици Републике Србије, набави електричну енергију за надокнаду губитака у преносној мрежи и помоћне услуге у свом систему, у складу са транспарентним, недискриминаторним и тржишним принципима. Оператору преносног система оставља се могућност да врши оптимизације набавке електричне енергије за надокнаду губитака тј. може вишкове електричне енергије продати на организованом тржишту електричне енергије, осим када електричну енергију за надокнаду губитака у преносном систему купује по уговору о потпуном снабдевању. [1] Након енергетске кризе у Европи па и у Србији, као последица формирале су се цене електричне енергије знатно изнад цене електричне енергије пре енергетске кризе. Самим тим стварају се и све већи трошкови за надокнаду техничких губитака у преносном систему. На основу Годишњег техничког извештаја ЕМС АД (ГТИ ЕМС АД) [2-5], може се уочити тренд пораста цене електричне енергије у периоду од 2020. до 2023. године. Просечне цене купљене електричне енергије за надокнаду техничких губитака у преносном систему приказане су на Слици 1. Због пораста цена на тржишту електричне енергије и потенцијално угрожене ликвидности, ЕМС АД се у току 2022. и 2023. године обратио надлежним државним институцијама за помоћ и на основу Закључка Владе РС добио препоруку да закључи уговор о потпуном снабдевању са ЕПС АД Београд. На тај начин ЕМС АД набављао је електричну енергију за надокнаду губитака по цени испод тржишне. На овај начин, ублажен је негативан ефекат раста цене електричне енергије на пословање ЕМС АД Београд.



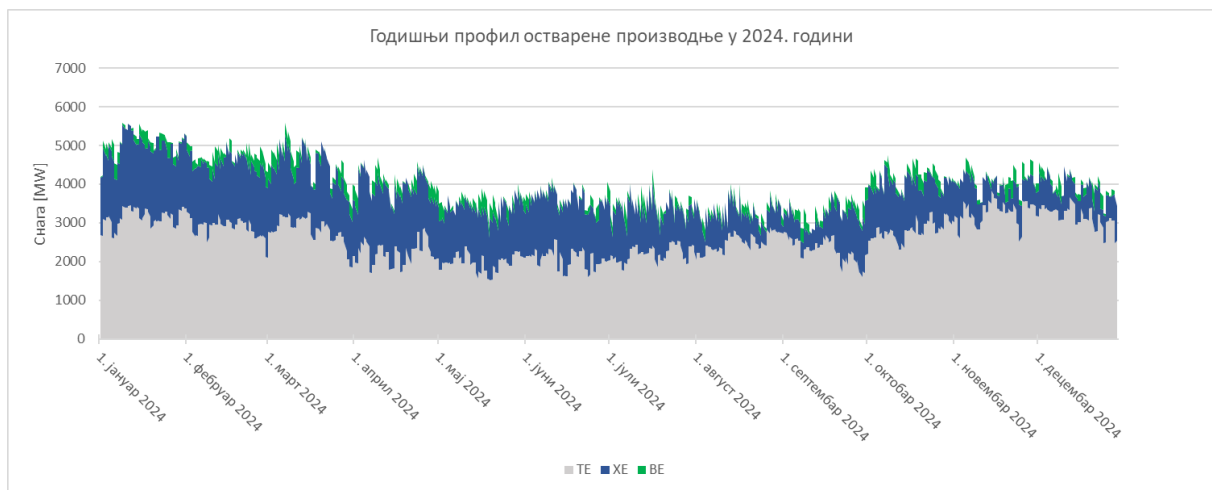
Слика 1: Просечна цена купљене електричне енергије за надокнаду техничких губитака у преносном систему

Према пословној стратегији ЕМС АД, улагања у инфраструктуру за пренос електричне енергије треба да буду усмерена у циљу ефикаснијег управљања преносним системом, те је са аспекта планирања ЕЕС-а неопходно узети у обзир на који начин ће будући пројекти утицати на ниво техничких губитака у преносном систему.

С тим у вези, овај рад ће показати тренд промене техничких губитака у преносном систему узимајући у обзир планирана улагања у инфраструктуру за пренос електричне енергије на основу актуелног Плана развоја преносног система [6], као и тренутних захтева у поступку прикључења на преносни систем до 2030. године.

2 СИМУЛАЦИОНИ МОДЕЛ ТРЕНУТНОГ СТАЊА ЕЕС-А СРБИЈЕ

За потребе спровођења анализа формиран је симулациони модел ЕЕС-а, реализован у програмском пакету Siemens PSS/E. Модел преносне мреже Републике Србије за 2024. годину формиран је на основу доступних података о параметрима елемената преносног система као и доступним мереним подацима са система за даљинско читавање и обраду података са бројила (*SRAAMD*). На основу *SRAAMD* система добијени су подаци о профилу производње и потрошње у 2024. години на сатном нивоу, вредности прекограничних размена, као и вредности техничких губитака у преносном систему. На Слици 2 приказан је годишњи профил остварене производње у 2024. години.



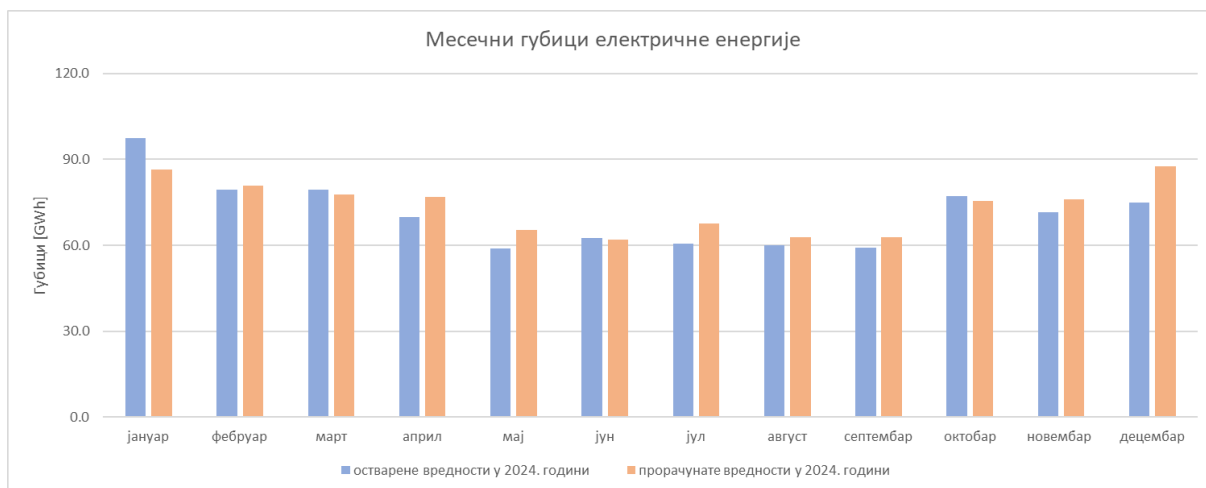
Слика 2: Годишњи профил остварене производње у 2024. години

На основу мерених података у току 2024. године, извршен је прорачун токова снага на сатном нивоу како би се верификовао симулациони модел који ће се користити за потребе анализе перспективног стања ЕЕС-а.

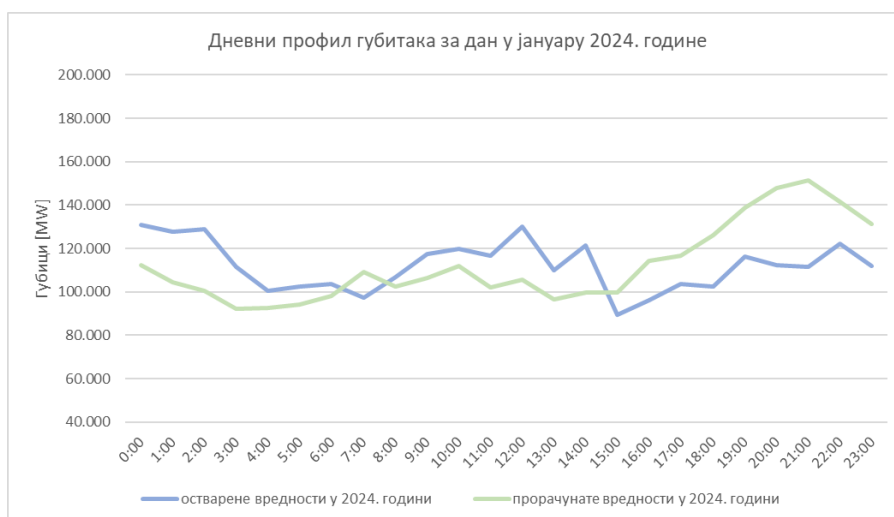
2.1 Валидација симулационог модела за 2024. годину

На основу извршених прорачуна на симулационом моделу, добијене су сатне вредности губитака у преносном систему у 2024. години. На Слици 3 приказана је упоредна анализа остварених вредности губитака и вредности губитака добијених као резултат симулационог модела у преносном систему у 2024. години. Како је остварена вредности годишњих губитака једнака 851 GWh, а вредност губитака добијена на основу симулационог модела једнака 882 GWh, на основу резултата остварена је релативна грешка од 4% на нивоу од годину дана у 2024. години.

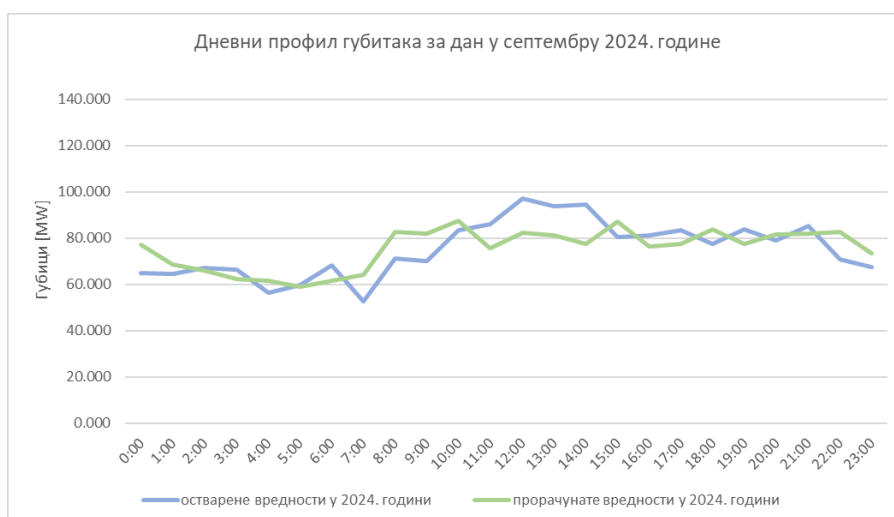
На примеру карактеристичног дана за летњи и зимски режим представљена је упоредна анализа дневног профила остварених техничких губитака и вредности губитака добијених на основу симулационог модела за 2024. годину. На Слици 4 приказан је упоредни приказ дневних профила техничких губитака за дан у јануару 2024. године, док је на Слици 5 приказан упоредни приказ дневних профила техничких губитака за дан у септембру 2024. године.



Слика 3: Упоредна анализа остварених и прорачунатих вредности губитака у 2024. години



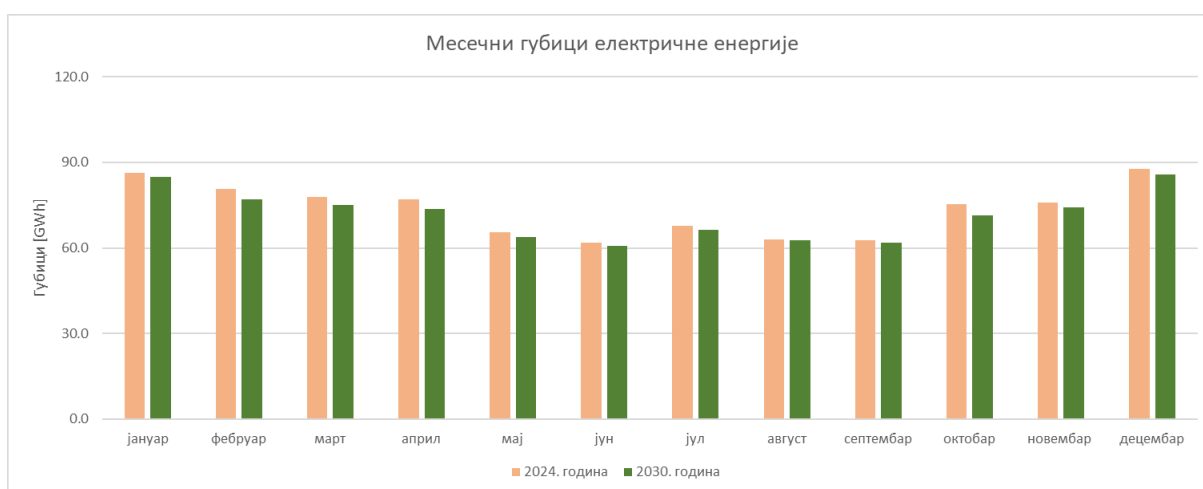
Слика 4: Дневни профил губитака за 31. јануар 2024. године



Слика 5: Дневни профил губитака за дан у септембру 2024. године

3 СИМУЛАЦИОНИ МОДЕЛ ПЕРСПЕКТИВНОГ СТАЊА ЕЕС-А СРБИЈЕ

У складу са актуелним Планом развоја преносног система, мрежни модел перспективног стања формиран је уважавајући постојеће елементе преносног система уз инвестиционе пројекте ЕМС АД за које је исходована грађевинска дозвола или је донет закључак Владе Републике Србије да је пројекат од посебног значаја за Републику Србију. У оквиру оваквих претпоставки, уважен је пројекат повећања преносног капацитета борског региона тј. изградња нове ТС 400/110 kV Бор 6 услед најављених прикључења нових рударских капацитета и пројекат *BeoGrid* тј. изградња нове ТС 400/110 kV Београд 50 са припадајућим расплетом водова на 400 и 110 kV напонском нивоу за пласман енергије из Јужног Баната. Уз пројекте од посебног значаја, уважени су и пројекти прикључења дистрибутивних трансформаторских станица услед пораста потрошње у одређеним регионима. Како би се утврдио утицај планиране инфраструктуре на техничке губитке у преносном систему, у анализи уважен је годишњи профил производње са Сlike 2.



Слика 6: Упоредна анализа вредности губитака у 2024. и 2030. години

На Слици 6 приказана је упоредна анализа вредности губитака у преносном систему у 2030. години у односу на 2024. годину. Добијена годишња вредност губитака у 2030. години износи 857 GWh. На основу остварене годишње вредности губитака кроз симулациони модел у 2024. години, показује се смањење техничких губитака од 3% на годишњем нивоу.

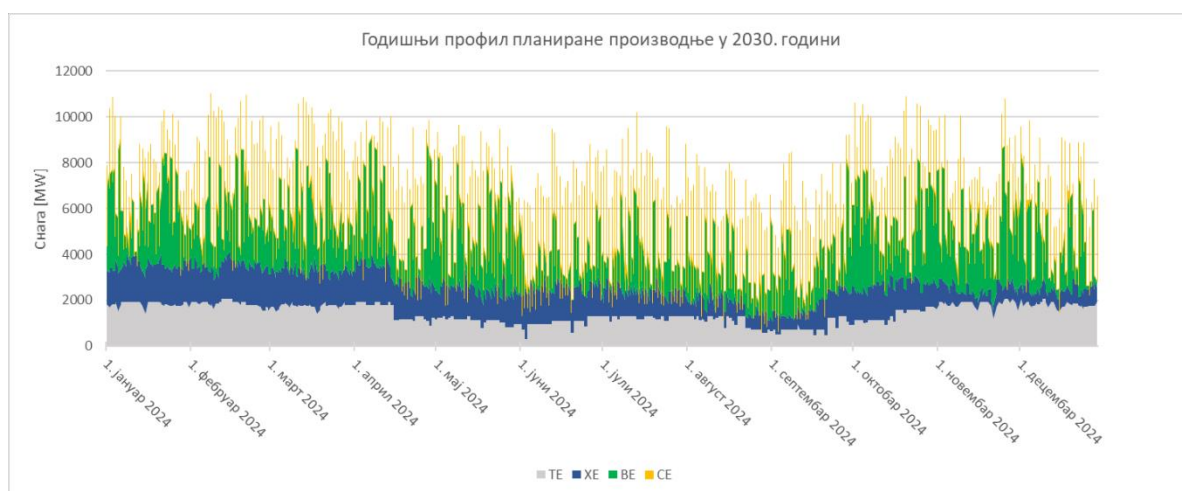
4 СИМУЛАЦИОНИ МОДЕЛ ПЕРСПЕКТИВНОГ СТАЊА ЕЕС-А СРБИЈЕ УЗ УВАЖАВАЊЕ ТРЕНУТНИХ ПРОЈЕКТА У ПОСТУПКУ ПРИКЉУЧЕЊА НА ПРЕНОСНИ СИСТЕМ

У оквиру симулационог модела перспективног стања ЕЕС-а за 2030. годину који укључује пројекте прикључења обновљивих извора енергије узети су у обзир сви тренутни пројекти у поступку прикључења на преносни систем уз уважену инфраструктуру која је неопходна за њихово прикључење. На основу доступних података о одобреним снагама појединачних објеката извршени су тржишни прорачуни који уважавају нове производне капацитете. У Табели 1 приказани су инсталисани капацитети по типу производње коришћени за потребе даљих анализа.

Табела 1: Инсталисани капацитети у 2030. години

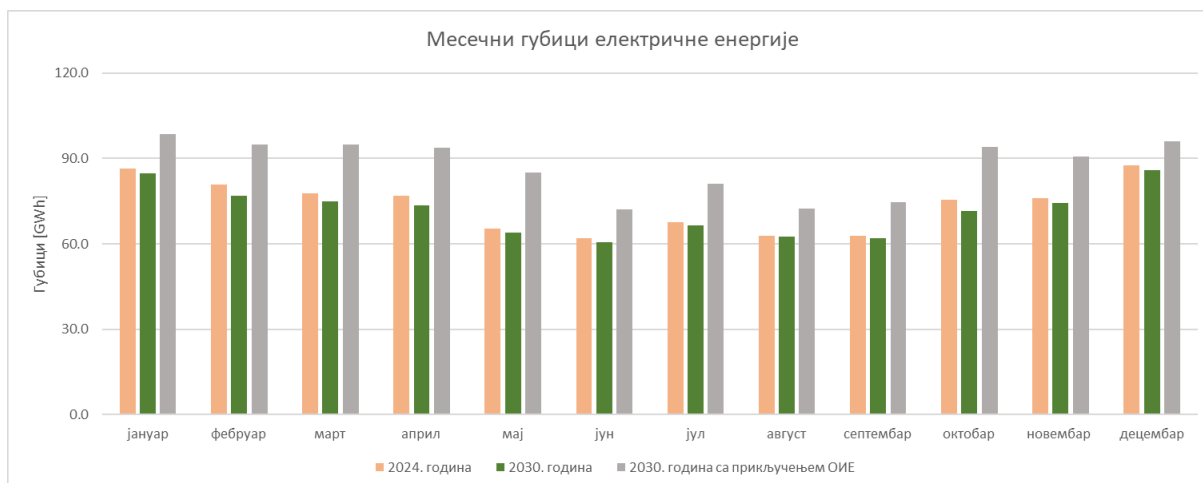
Тип производње	Инсталисани капацитет [MW]
ТЕ и ТЕ-ТО	4921
ХЕ	3040
ВЕ	6668
СЕ	4186

На Слици 7 приказан је годишњи профил производње у 2030. години на основу тржишног прорачуна. Ангажовања проточних хидроелектрана добијена су на основу историјски измерених вредности, ангажовања ветроелектрана и соларних електрана су добијена на основу мерења и достављених података у процесу прикључења, уважавајући различите регионе (инсолација и ветровитост), док је ангажовање конвенционалних електрана добијено из тржишних прорачуна уз уважавање статуса обавезног погона појединих генератора.



Слика 7: Годишњи профил производње у 2030. години

На основу спроведених прорачуна токова снага на сатном нивоу, добијени су резултати планираних вредности месечних губитака на преносном систему у 2030. години када се узму у обзир пројекти прикључења обновљивих извора енергије. На Слици 8 приказана је упоредна анализа нивоа техничких губитака у преносном систему у 2024. години у односу на 2030. годину у којој је уважена само планирана инфраструктура и у односу на 2030. годину у којој су уважени пројекти у поступку прикључења на преносни систем. Добијена вредност годишњих техничких губитака у преносном систему за 2030. годину у којој су уважени пројекти обновљивих извора енергије је 1048 GWh. У односу на вредност техничких губитака добијен кроз симулациони модел за 2024. годину може се уочити повећање од 19% годишње енергије техничких губитака у преносном систему.



Слика 8: Упоредна анализа вредности губитака у 2024. и у 2030. години са и без прикључених обновљивих извора енергије

5 ЗАКЉУЧАК

Како је ЕМС АД у обавези да набави електричну енергију за надокнаду губитака у преносној мрежи и помоћне услуге у свом систему, а суочава се са све већим порастом цена електричне енергије на тржишту од све веће важности је процена техничких губитака у преносном систему у будућности.

Рад је имао за циљ да прикаже утицај тренутних пројеката обновљивих извора енергије у процесу прикључења на преносни систем на ниво техничких губитака у преносном систему. У оквиру анализа, извршен је годишњи прорачун на сатном нивоу за 2030. годину.

У циљу верификације симулационог модела преносне мреже, у оквиру рада приказана је упоредна анализа годишњег прорачуна техничких губитака у 2024. години на сатном нивоу у оквиру симулационог модела и остварених вредности губитака у 2024. години и у оквиру другог поглавља показано је да релативна грешка симулационог модела у оквиру на остварене вредности техничких губитака у 2024. години једнака 4%.

На основу верификованог модела преносне мреже извршен је прорачун анализе техничких губитака у 2030. години уважавајући планирану инфраструктуру на основу актуелног Плана развоја преносног система. У оквиру ове анализе остварено је смањење од 3% електричне енергије на годишњем нивоу.

На крају, у оквиру модела преносне мреже за 2030. годину уважени су и пројекти прикључења обновљивих извора енергије на преносни систем који су тренутно у процесу прикључења. На основу уважених нових тржишних услова, добијен је пораст од скоро 20% електричне енергије техничких губитака на годишњем нивоу. Уколико би се у обзир узела просечна цена електричне енергије губитака у 2023. години као вредност цене електричне енергије и у 2024. и у 2030. години, вредност трошкова надокнаде техничких губитака се повећава за 20 милиона евра.

Након спроведених анализа и уоченог пораста нивоа техничких губитака у преносном систему при горенаведеним тржишним прорачунима, даљи правци истраживања би могли бити уважавање више различитих тржишних прорачуна и утврђивање јаснијег узрока пораста нивоа техничких губитака у преносном систему.

Такође, треба узети у обзир и могућност коју наводе и аутори [1] да се одређени ниво техничких губитака у будућности набавља из обновљивих извора енергије што би потенцијално могло да смањи просечну цену електричне енергије коју оператор преносог система мора платити.

6 ЛИТЕРАТУРА

- [1] Јадранка Јањанин, Јелена Обрадовић, Жељко Јовановић, МОГУЋНОСТ КУПОВИНЕ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ ЗА НАДОКНАДУ ГУБИТАКА У ПРЕНОСНОМ СИСТЕМУ ИЗ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА ЕНЕРГИЈЕ, Флексибилност електроенергетског система / Зборник CIGRE (2023), 10.46793/CIGRE36.1714J, октобар 2021.,(стр 2250-2261)
- [2] Годишњи технички извештај ЕМС АД 2023. година, ТИ-001:2023, <https://ems.rs/wp-content/uploads/2024/05/GTI-EMS-AD-za-2023.pdf>
- [3] Годишњи технички извештај ЕМС АД 2022. година, ТИ-001:2022, <https://ems.rs/wp-content/uploads/2023/05/GTI-o-radu-EMS-AD-u-2022.-godini-Correct.pdf>
- [4] Годишњи технички извештај ЕМС АД 2021. година, ТИ-001:2021, <https://ems.rs/wp-content/uploads/2022/12/EMS-AD-GTI-2021.pdf>
- [5] Годишњи технички извештај ЕМС АД 2020. година, ТИ-001:2020, <https://ems.rs/wp-content/uploads/2022/08/GTI-EMS-AD-2020-Za-objavljivanje.pdf>
- [6] ЕМС АД, План развоја преносног система Републике Србије за период од 2023. до 2032. године, <https://ems.rs/wp-content/uploads/2024/03/Plan-razvoja-pren.-sistema-2023-2032-finalx.pdf>