

Ланци снабдијевања електричних возила

Electric Vehicle Supply Chains

Свјетлана (Ђерић) Стајић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Студијски програм - САОБРАЋАЈ И ТРАНСПОРТ/ЛОГИСТИКА

Кратак садржај - Развој електричних возила представља кључни корак у глобалној транзицији ка одрживом транспорту и смањењу емисије штетних гасова. Међутим, ефикасност и одрживост њихове производње у великој мјери зависе од комплексних и глобално распрострањених ланаца снабдијевања. Ланци снабдијевања електричних возила обухватају широк спектар, од добављача сировина за батерије (литијум, кобалт) преко произвођача компоненти и софтвера, до крајњих произвођача и дистрибутера. Овај рад анализира структуру и главне изазове ланаца снабдијевања електричних возила, са фокусом на одрживост, дигитализацију и иновације у области циркуларне економије. Такође се разматрају стратегије које произвођачи и владе примјењују како би се смањила зависност од критичних материјала и повећала отпорност ланаца снабдијевања на глобалне поремећаје.

Кључне ријечи: Ланци снабдијевања, електрична возила, логистика, батерије, СУС возила, електрична енергија, пуњачи.

Abstract - The development of electric vehicles represents a key step in the global transition toward sustainable transportation and the reduction of harmful gas emissions. However, the efficiency and sustainability of their production largely depend on complex and globally distributed supply chains. The supply chains of electric vehicles encompass, from suppliers of raw materials for batteries (such as lithium and cobalt), to component and software manufacturers, and finally to end producers and distributors. This paper analyzes the structure and main challenges of electric vehicle supply chains, focusing on sustainability, digitalization, and innovations within the field of the circular economy. It also discusses strategies adopted by manufacturers and governments to reduce dependence on critical materials and to enhance the resilience of supply chains to global disruptions.

Keywords: Supply chains, electric vehicles, logistic, batteries, SUS vehicles, electricity, chargers.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Маринко Масларић, ред. проф.

1. УВОД

У циљу смањења загађења животне средине уводе се нова технолошка рјешења у области транспорта, заснована на преласку на одрживу енергију. Возила са моторима са унутрашњим сагоревањем (СУС) се замјењују електричним возилима (ЕВ). Поред еколошког утицаја, економски фактор прави велику разлику коју друштво прихвата. Нестабилност цијена горива на свјетском тржишту подстиче државе на убрзан процес развоја и усвајања електричних возила. Да бисмо остали у складу са нето нултим емисијама до 2050. године, емисије угљен-диоксида (CO₂) из сектора транспорта се морају смањити за више од 3% годишње до 2030. године [1]. Иако имају нулту емисију CO₂ у „издувној цијеви“, електрична возила захтјевају потрошњу електричне енергије за њихову производњу као и за напајање батерија [2]. Произвођачи аутомобила у будућности ће сигурно бити усмјерени на електромобилност.

Ово истраживање има за циљ да идентификује и анализира улогу ланца снабдијевања у процесу електромобилности као и испитивање трендова за будућност. Испитивање тренутног стања електромобилности омогућава успостављање мјерила за пројектовање будућих стања у ланцу снабдијевања електричних возила.

2. ЕЛЕКТРОМОБИЛНОСТ

2.1. Еволуција електромобилности

Почеци историје електричних возила везују се за Сједињене Америчке Државе крајем XIX вијека. У том периоду, електрична возила чинила су око трећину укупног броја возила у употреби. Прве верзије ових аутомобила одликовале су се ниским нивоом буке и одсуством издувних гасова. Тренутак који је обиљежио динамичну промјену у електромобилности био је развој Приуса Тојоте крајем XX вијека. Почетком XXI вијека порасла је забринутост због климатских промјена, што је подстакло развој батеријских технологија, нарочито литијум-јонских, што карактерише модел Тесла Родстер из 2008. године. Континуирани развој електромобилности имаће кључну улогу у развоју одрживог и ефикасног транспорта будућности.

2.2. Типови електричних возила

Основни типови електричних возила су:

BEV (*Battery Electric Vehicle*) - потпуно електрично возило које користи искључиво батерије и нема мотор са унутрашњим сагоревањем.

HEV (*Hybrid Electric Vehicle*) - хибридно возило које комбинује мотор са унутрашњим сагоревањем и електромотор.

PHEV (*Plug-in Hybrid Electric Vehicle*) - хибридно возило које се може пунити путем спољњег извора електричне енергије и има већи домет у електричном режиму.

FCEV (*Fuel Cell Electric Vehicle*) - електрично возило које користи водоничне горивне ћелије за производњу електричне енергије током вожње.

2.3. Тржиште електричних возила

Тржиштем електричних возила доминирају Кина и САД, на чијим тржиштима се продаје шест од десет најпродаванијих произвођача електричних возила. Према подацима Међународне агенције за енергију, упркос овом глобалном лидерству, електрична возила и даље чине мали дио укупног тржишта возила и у САД-у и у Кини. До 2017. године, подаци показују да су електрична возила чинила само 2,2% свих возила у Кини и 1,2% у САД. Кина и САД спадају у посебну групу земаља када је ријеч о продаји и залихама електричних возила. Кина је посљедњих година знатно превазишла САД са продајом нових електричних возила, као и укупним залихама електричних возила, према истраживању ОЕЦД-а из 2016. године [3]. На графику 1. дат је упоредни приказ залиха електричних возила и њихове продаје у периоду 2009-2017. године.

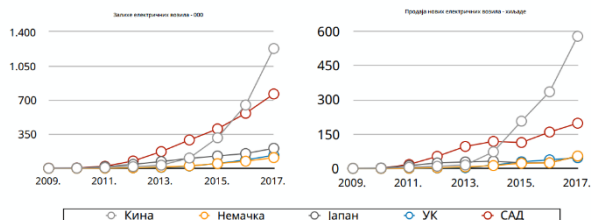


График 1. Залихе и продаја ЕВ [3]

3. ЛАНЦИ СНАБДИЈЕВАЊА ЕЛЕКТРОВОЗИЛА

Ланац снабдијевања електричним возилима је веома различит од ланца снабдијевања возилима са моторима са унутрашњим сагоревањем, међутим, важно је процијенити степен разлике. У основи, долази до промјене у природи коришћених компоненти, од машинског инжењерства до електротехнике и електронике. Примарна компонента на платформи за погон електричних возила је батерија. Тешко је процијенити динамику ланца снабдијевања батерија. Тренутно су батерије комерцијализовани производи чија је економија неизвесна. Главне производне локације се граде у Кини. Постоје и друге значајне компоненте у погонској платформи, као што су системи за

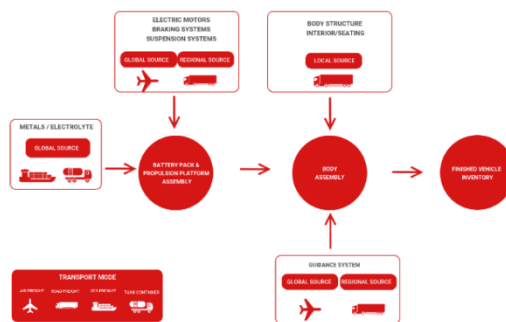
рекуперацију енергије електромотора и системи кочења. Оне су вјероватно важне, али не и пресудне за успјех било ког возила. Дигитални системи навођења представљају паралелан развој у трансформацији возила. Утицај дигиталних система на ланац снабдијевања ЕВ је још у развоју, али је извјесно да ће електроника замјенити скоро све електромеханичке системе, док ће комплексан софтвер бити основа сваког система.

2.3. Међусобно повезивање компоненти

Један кључан аспект ланца снабдијевања ЕВ је другачија природа повезаности компоненти. Док су код возила са мотором на унутрашње сагоревање везе кинестетичке, код електричних возила оне зависе од кретања електрона. То омогућава:

- већу флексибилност у промјени и еволуцији компоненти платформе;
- већи спектар компоненти по платформи и више монтажних операција на тржишту резервних дијелова;
- већу варијабилност протока производа током производног циклуса;
- сложеније операције у улазној логистици.

Насупрот томе, код мотора са унутрашњим сагоревањем промјене су скупе и ријетке, обично на период од 3 до 5 година. Проток информација је кључан за продуктивност у ланцу снабдијевања. Најпознатији систем је „Тојота производни систем“ са канбан методом, док *BMW* и *KOVP* користе сложеније системе, нпр. *KOVP* заснован на *SAP*-у, за оптимизацију коришћења капиталних средстава и потражње. Код ЕВ ланца додаток је производња батерија и батеријски пакет/погонска платформа. На слици 1. приказана је архитектура ланца снабдијевања електричних возила.



Слика 1. Архитектура ланца снабдијевања електричних возила [3]

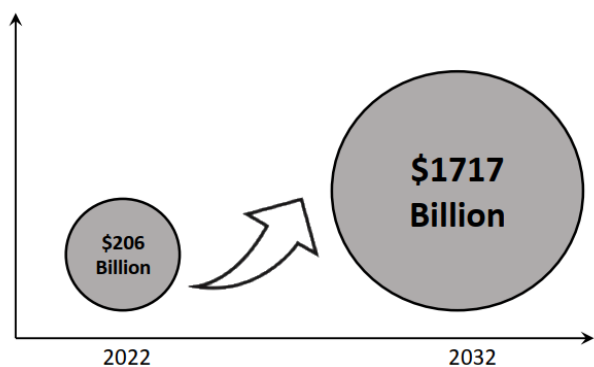
3.2. Логистика батерија и погонских платформи

Многи произвођачи возила већ имају сложене системе управљања, али с појавом електричних возила ситуација би се могла промијенити. Кључни изазов биће економија ланца снабдијевања. Ако производња захтјева високо коришћење капацитета, то ће вјероватно остати непромијењено. Међутим, ако се дијелови попут батерија пребаце на спољне добављаче, може доћи до веће флексибилности у одговору на потражњу купаца. ИТ ресурси који нуде већу транспарентност и контролу могу трансформисати однос између купца и производње,

приближавајући концепт „производње по наруџбини“. Рјешавање тензија између спецификација производа, рокова испоруке и искоришћења капацитета могло би бити олакшано алатима попут динамичког одређивања цијена.

3.3. Екосистем ланца снабдијевања електровозила

Овај систем обухвата процесе од набавке сировина и производње батерија до склапања возила и управљања на крају животног вијека. Овај екосистем подстиче иновације и одрживост у транспорту, одражавајући глобалну тежњу ка еколошки прихватљивим и технолошки напредним рјешењима мобилности. Набавка сировина обухвата рударске операције које издвајају кључне елементе попут литијума и ријетких руда, неопходних за производњу компоненти електричних возила [4]. Обрада и транспорт ових материјала чине прву фазу ланца снабдијевања. Продајне мреже представљају канале кроз које возила стижу до крајњег корисника [5]. Величина тржишта зависи од броја продатих јединица, просјечне цијене, вриједности пратећих услуга и инвестиција у инфраструктуру. Од 2022. године процјењује се да ће глобално тржиште ЕВ-а порастати са 206 милијарди УСД на 1.717 милијарди УСД до 2032. године, уз просјечну годишњу стопу раста од 21,26%, што је приказано на слици 2 [6].



Слика 2. Раст глобалног тржишта електричних возила [6]

Овакв раст указује на снажан помак ка одрживом транспорту и повећану потражњу потрошача. Размјера екосистема одређује се обимом инфраструктуре и оперативних капацитета:

- Капацитет производње: број ЕВ возила који се могу произвести у одређеном периоду, укључујући батерије, електромоторе и друге компоненте.
- Набавка сировина: обухвата географски распон и количину материјала попут литијума, кобалта и никла.
- Инфраструктура за пуњење и одржавање: број пуњача (јавних и приватних) и сервисних центара важан је показатељ спремности екосистема.

3.4. Транзиција ка ланцима снабдијевања електровозила

У анализи преласка са традиционалног екосистема ланца снабдијевања СУС возила на екосистем ланца снабдијевања електричних возила, потребно је

пажљиво испитати кључне елементе повезане са самим екосистемом. Спољни макроекономски фактори обухватају варијабле индустријских и економских политика (нпр. велика подршка државе, регулаторни захтјеви, мандати за контролу климе), као и факторе глобалне тржишне динамике (нпр. обрасци потражње, геополитички савези, стратешки трговински преговори, инвестиције глобалних компанија). Прелазак на ЕВ екосистем ланца снабдијевања захтјева измјене у производним процесима [7]. Традиционални произвођачи аутомобила и добављачи компоненти морају реконфигурисати своје производне линије како би прилагодили склапање електричних возила и њихових кључних дијелова, попут електромотора и батерија. Промјене у ланцима снабдијевања ЕВ возила обухватају и радну снагу, диверзификацију вјештина, потражњу потрошача и нивое задовољства. Како аутомобилска индустрија прихвата електричну мобилност, расте потражња за стручњацима из области технологија везаних за ЕВ. Постојећи добављачи морају унаприједити вјештине радне снаге или запослити стручњаке за технологију батерија, електричне погонске системе, софтверску интеграцију и друге специфичне области повезане с електричним возилима. Разноврсни фактори унутар екосистема ланца снабдијевања електричних возила, како спољни тако и унутрашњи, представљају кључне промјене које настају током преласка са традиционалног ланца заснованог на фосилним горивима на екосистем снабдијевања за ЕВ. Свака од тих промјена доноси изазове и прилике за актере аутомобилске индустрије док се прилагођавају све динамичнијем окружењу електричне мобилности.

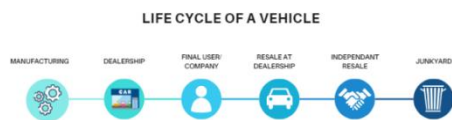
4. РИЗИЦИ У ЛАНЦИМА СНАБДИЈЕВАЊА ЕЛЕКТРОВАЗИЛА

Вријеме пуњења је главни недостатак ЕВ возила - чак и брзо пуњење (80%) траје 30-60 минута, што отежава дужа путовања. Батерије имају ограничен вијек трајања и скупу замјену, а њихово одлагање може штетити околини, што смањује економску привлачност и повећава трошкове дугорочног одржавања. Главни проблем урбаних ЕВ пуњача је ограничена доступност. Недостатак станица ствара непријатности, може изазвати „страх од празне батерије“ и дуге редове, што смањује практичност и привлачност ЕВ возила у градовима, отежава проток саобраћаја и коришћење јавног простора. Постављање довољно ЕВ пуњача у урбаним срединама захтјева велика улагања у инфраструктуру, што је финансијски изазов за општине и приватне добављаче. Високи трошкови инсталације, одржавања и надоградње, уз ограничен простор и зонирање, отежавају проширење мреже пуњача у густим урбаним подручјима [8].

4.1. Нови концепти и одлучујући фактори

У ери трансформације аутомобилске индустрије, животни циклус возила постаје примјер иновација, одрживости и прилагодљивости. Циклус од производње и монтаже до одлагања или препродаје

истрошених возила, приказан на слици 3, полако губи на значају [8].



Слика 3. Линеарни животни циклус возила [8]

Данас животни циклус возила обухвата факторе попут бриге за животну средину, технолошких иновација и тржишних промјена. Производња се помјера ка агилним и одрживим праксама, укључујући рециклиране материјале и напредну роботичку, уз минимизирање отпада и емисија. Власнички модел такође еволуира: дигиталне платформе, дијелене услуге и претплатнички модели нуде флексибилан, приступачан и одржив транспорт на захтјев, умјесто традиционалног приватног власништва.

Аутомобилски брендови прилагођавају стратегије продаје кроз изнајмљивање, лизинг и трговину, истовремено истражујући начине за максимизирање вриједности сваког возила без сталног власничког приступа.

Због промјена у потрошачким преференцијама и тржишној динамици, аутомобилски брендови уводе нове стратегије продаје, укључујући изнајмљивање, лизинг и трговину возилима. Компаније максимизују вриједност сваког возила кроз финансијска партнерства и поновну употребу, нпр. као возила за изнајмљивање, флоте или дијелене услуге. Примјери стратешких улагања укључују *Aramis Group (Stellantis)*, која је 2022. купила портал за продају половних аутомобила за више од 100 милиона УСД, и *Volkswagen* који је купио *Europcar* за преко 2,9 милијарди УСД, јачајући своје тржиште изнајмљивања и конкурентску позицију. Ове инвестиције показују прелазак индустрије ка пружању разноврсних услуга ради задовољства потрошача и повећања прихода [8].

5. ЗАКЉУЧАК

Овај рад приказује прелазак са конвенционалних возила на електрична и промјене у њиховим ланцима снабдијевања. Електрична возила смањују емисију штетних гасова, али се суочавају са изазовима попут ограничене инфраструктуре, животног вијека и одлагања батерија.

Ланци снабдијевања ЕВ возила разликују се од традиционалних, јер укључују електричне компоненте и другачију производњу. Рад даје преглед предности и недостатака произвођача у преласку на ЕВ, могућности за рјешавање проблема инфраструктуре и батерија. Иновацијама у развоју батерија, посебно литијум-јонских, очекује се да ће преобликовати моћ и динамику у аутомобилском сектору.

Будућност ЕВ сектора зависиће од способности произвођача да интегришу ове промјене и одговоре на растуће потребе тржишта.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Makri V. Supply Chain Management Masters Thesis, E-mobility: Current & Future Trends, Athens, 2024.
- [2] Kovačević, T., Ninović, M., Miličić, M., & Pitka, P. Primena električnih vozila - ekološka opravdanost. Put I Saobracaj, 2024.
- [3] Manners-Bell J., Bailey N., Cullen T., Ti Future Mobility: Electric Vehicle Supply Chain Architecture.
- [4] Kosai, S.; Takata, U.; Yamasue, E. Natural Resource Use of a Traction Lithium-Ion Battery Production Based on Land Disturbances through Mining Activities. J. Clean.
- [5] Perera, P., Hewage, K., Sadiq, R. Electric Vehicle Recharging Infrastructure Planning and Management in Urban Communities. J. Clean. Prod. 2020.
- [6] Rapson, D.S., Muehlegger, E. The Economics of Electric Vehicles. Rev. Environ. Econ. Policy, 2023.
- [7] Bhatti, G., Mohan, H., Raja Singh, R. Towards the Future of Smart Electric Vehicles: Digital Twin Technology. Renew. Sustain. Energy Rev. 2021.
- [8] Montes, J. Torralbo., Electrification of Vehicles and the Future of the Automobile Industry in Europe, Metropolia University of Applied Sciences, 2024.

Кратка биографија:



Светлана (Ђерић) Стајић - рођена у Невесињу 2000. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Саобраћај и транспорт - Логистика, са темом: Ланци снабдијевања електричних возила, одбранила је 2025. год.
Контакт: djericsvjetlana@gmail.com