

IZAZOVI UVOĐENJA DIGITALNOG AUTOMATSKOG KVAČILA

CHALLENGES OF INTRODUCING DIGITAL AUTOMATIC COUPLING

Datum prijema rada: 15.8.2024. god.

Datum prihvatanja rada: 25.9.2024. god.

UDK: 656.2+314/316|32/34

REZIME:

Evropa je dostigla stepen integracije kada je uvođenje automatskog kvačila postalo ne samo potreba već i realnost. Međutim, u eri digitalizacije nametnula se potreba za uvođenjem digitalnog automatskog kvačila kao savremenije rešenje. Digitalno automatsko kvačilo (DAK) osim automatskog spajanja i razdvajanja železničkih vozila i kompozicija omogućava smanjenje troškova i vremena manipulacije i povećanje bezbednosti. Takođe, omogućuje dalje uvođenje senzora, elektropneumatskih komponenti i softvera, sa kojim bi se ostvarila dodatna unapređenja teretnog transporta, a pre svega kroz implementaciju telematskih aplikacija i razvijanja koncepta „pametnih vozova“. U ovaj proces nužno moraju da se uključe i zemlje van EU kao što je područje Zapadnog Balkana. U tom cilju, u radu se daje pregled dostignutog stepena razvoja i implementacije ovog projekta, struktura i organizacija projekta, planirana dinamika realizacije, njegova isplativost, kao i izazovi, poput visokih početnih troškova i potrebe za standardizacijom. Analiza troškova i koristi ukazuje na dugoročno pozitivne efekte, što opravdava javnu podršku i saradnju svih relevantnih aktera kako u EU tako i u ne-EU zemljama.

Ključne reči: digitalno automatsko kvačilo, struktura projekta, implementacija, analiza troškova i koristi

SUMMARY:

Europe has reached a stage of integration where the introduction of the automatic clutch has become not only a necessity but a reality. However, in the era of digitization, the need to introduce a digital automatic clutch as a more modern solution was imposed. The digital automatic coupling (DAK), in addition to automatic coupling and separation of railway vehicles and compositions and consequently reducing the cost and time of manipulation and increasing safety, also enables the further introduction of sensors, electro pneumatic components and software. These components will enable additional improvements in freight transport primarily through the implementation of telematics applications and developing the concept of “smart trains”. Countries outside the EU, such as the Western Balkans, must be included in this process. To this aim, the paper gives an overview of the achieved level of development and implementation of this project of DAK, their structure and organization, planned dynamics of implementation, its profitability, as well as challenges, such as high initial costs and the need for standardization. The analysis of costs and benefits indicates long-term positive effects, which justifies the public support and cooperation of all relevant actors both in the EU and in non-EU countries.

Key words: digital automatic coupling, project structure, implementation, cost benefit analysis

* Stevo Zolak, Univerzitet u Istočnom Sarajevu - Saobraćajni fakultet, Doboj, Vojvode Mišića 52, stevo.zolak@yahoo.com

1. UVOD

Rastuća potreba za sve većim transportnim kapacitetima podržana ekološkim prednostima i većom bezbednošću nameće potrebu za inovacijama i za implementaciju novih tehnologija na železnici. U tom kontekstu, a sada i u jedinstvenom evropskom železničkom prostoru, nametnuo se zahtev za uvođenjem automatskog kvačila. Ovo rešenje je već odavno prisutno u velikim železničkim sistemima na drugim prostorima kao što su severnoameričke železnice, kineske železnice ili na železnica-bivšeg SSSR-a. Međutim, pod pritiskom digitalizacije ovi zahtevi su sada evoluirali u zahtev za uvođenjem tehnologije digitalnog automatskog kvačila (DAK). DAK prema konstruktivnim zahtevima za rešenje uvodi potpuno nove standarde u organizaciji i funkcionisanju železničkog teretnog transporta i to u meri koju možemo okarakterisati kao revolucionarno rešenje.

Digitalno automatsko kvačilo je sistem koji integriše najsavremenije tehnologije automatizacije i digitalizacije. Za razliku od tradicionalnih metoda kvačenja kola, koje se oslanjaju na ljudski manuelni rad, DAK omogućava potpuno automatsko spajanje i razdvajanje kola bez ulaska manevarkog osoblja u kolosek. Ovaj sistem obuhvata niz inovativnih rešenja, uključujući senzore, elektro-pneumatske komponente i sofisticiran softver, koji zajedno obezbeđuju efikasno i bezbedno kvačenje. Pored toga, digitalizacija omogućava praćenje stanja kompozicija u realnom vremenu, što unapređuje i samu organizaciju transporta.

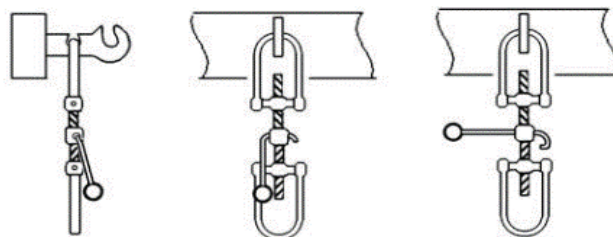
Cilj implementacije DAK-a nije samo smanjenje troškova radne snage i unapređenje operativne efikasnosti, već i povećanje bezbednosti, kako za železničke radnike, tako i za teret koji se prevozi. Uvođenjem automatizacije kvačenja kola smanjuje se rizik od povreda do njegove praktične eliminacije, dok sa druge strane moderna tehnologija omogućava bolji nadzor i upravljanje u složenim logističkim sistemima. Takođe, smanjenje vremena potrebnog za manipulaciju voznim kompozicijama direktno doprinosi većoj konkurentnosti železničkog transporta u odnosu na glavnog konkurenta u kopnenom transportu – drumskom transportu.

Cilj ovog rada je da detaljnije prikaže karakteristike i nivoe DAK tehnologije, kao i njene prednosti i potencijalne izazove u primeni. Poseban akcenat biće stavljen na analizu troškova i koristi (CBA), koja predstavlja opšteprihvaćen alat za procenu isplativosti nekog projekta. Analiza uključuje razmatranje različitih scenarija, uključujući opcije sa i bez DAK-a, kako bi se pružio sveobuhvatan uvid u ekonomsku i društvenu vrednost ove inovacije.

Rad je strukturiran na sledeći način: u prvom delu rada opisane su karakteristike DAK-a; u drugom delu rada je opisana implementacija tehnologije kroz aktivnosti i vremenske rokove; treći deo rada je posvećen nivoima DAK-a sa njegovim funkcijama; poglavlje pet je posvećeno analizi profitabilnosti implementacije. Na kraju rada je dat zaključak sa popisom literature.

2. KARAKTERISTIKE DIGITALNOG AUTOMATSKOG KVAČILA

U evropskom železničkom sektoru kvačilo na zavrtnaj (slika 1) i dalje predstavlja standard za teretna železnička kola. Operacije kvačenja zahtevaju manuelni postupak koji podrazumeva ulazak radnika između kola koja se kvače (slika 2). Ovakav postupak kvačenja zahteva ljudsku radnu snagu i njen fizički napor u bezbednosno nepovoljnom okruženju (sl. 1 i 2).



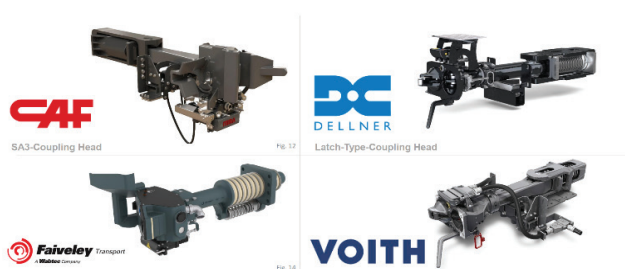
Slika 1. Kvačilo na zavrtnaj [1]

Digitalno automatsko kvačilo (engl. *Digital Automatic Coupling – DAC*), skraćeno DAK (sl. 3), predstavlja inovativnu komponentu procesa automatskog fizičkog i digitalnog zakvačivanja i otkvačivanja železničkih vozila. Fizička komponenta kvačenja obuhvata mehaničku vezu među vozilima i vazdušnim vodovima, dok „digitalno kvačenje“

obuhvata konekcije za prenos podataka i napajanja energijom celom dužinom voza [3].



Slika 2. Manuelno zakvačivanje [2]



Slika 3. Automatsko kvačilo [2]

Dostupnost energije celom dužinom stvorice uslove za primenu savremenih telematskih aplikacija za praćenje celovitosti voza i implementaciju primene viših nivoa ETCS-a.

Implementacija tehnologije DAK-a potrebna je, pre svega, evropskom železničkom transportu robe, odnosno teretnom saobraćaju. Osim toga, njegova implementacija omogućice ceo niz drugih rešenja i inovacija na povećanju efikasnosti železnice kao što su [3][2]:

- ETCS nivo 3, ATO (engl. Automatic Train Operation), i „pokretni blok“ za teretne vozove,
- povećanje kapaciteta celokupnog sistema,
- smanjenje troškova i vremena rada,
- unapređenje bezbednosti i pouzdanosti,
- razvoj „pametnih“ teretnih vozova,
- omogućavanje dužih teretnih vozova, odnosno vozova većih masa budući da ovo kvačilo može da izdrži veće sile,
- automatsku probu kočnica i proračuna kočnih masa,
- povećanje brzina kroz smanjenje longitudinalnih sila,
- automatsku kočnicu od samopokretanja,
- proveru stanja kola (iskliznuća),
- automatski tehnički pregled voza.

Za uspešnu i efikasnu implementaciju DAK-a od presudnog je značaja obezbediti otvorenu, blisku i delotvornu saradnju između železničkih preduzeća, upravljača infrastrukture, vlasnika kola, kao i železničke industrije, subjekata zaduženih za održavanje, relevantnih sektorskih organizacija, železničkih istraživačkih centara te nacionalnih i evropskih političkih institucija [3].

3. IMPLEMENTACIJA DAK-a

Evropski DAK Delivery Programme (EDDP), pod vođstvom inicijative Shift2Rail, predstavlja jedinstvenu evropsku platformu koja omogućava takvu saradnju i zajednički rad na nivou čitave Evrope. Ovaj program predstavlja polaznu osnovu za razvijanje i implementaciju tehnologije DAK-a.

3.1. Evropski DAK Delivery program (EDDP)

Inicijativa EDDP predstavlja ključni okvir za implementaciju digitalnog automatskog kvačila. Program se razvija pod okriljem organizacije Europe's Rail i ima za cilj da obezbedi jedinstvenu i standardizovanu platformu za sve relevantne aktere u železničkom sektoru. Svrha EDDP-a se može predstaviti kroz četiri glavna cilja [2], [4], [5] i [6]:

1. Tehnička usaglašenost i standardizacija. Program za uvođenje DAK-a mora da obezbedi potpunu interoperabilnost među železničkim mrežama različitih zemalja. Takvo usklađivanje treba da olakša prelazak sa tradicionalnog mehaničkog sistema kvačenja na savremeno, digitalno kvačenje.
2. Postepena integracija u postojeće sisteme. Program treba da omogući da se DAK uvede korak po korak u već postojeće okvire upravljanja i održavanja, uz sertifikaciju voznih sredstava i obuku tehničkog osoblja.
3. Unapređenje efikasnosti i bezbednosti. Digitalizacijom kvačenja znatno se skraćuje vreme rada, dok se istovremeno poboljšava nadzor nad kompletnosti kompozicija zahvaljujući povećanom stepenu automatizacije. Korišćenje „pametnih“ tehnologija omogućava viši nivo bezbednosti i pouzdanosti na celoj železničkoj mreži.
4. Koordinacija i saradnja na nivou EU. Ključna karakteristika ovog programa jeste stvaranje

Izazovi uvođenja digitalnog automatskog kvačila

platforme za razmenu znanja, rezultata ispitivanja i inovacija. Učešće svih relevantnih aktera na evropskom nivou garantuje da se DAK tehnologija primeni u različitim uslovima uz poštovanje zajedničkih rokova i ciljeva.

EDDP sadrži osam polaznih i dva dodatna radna paketa za implementaciju tehnologije DAK-a.

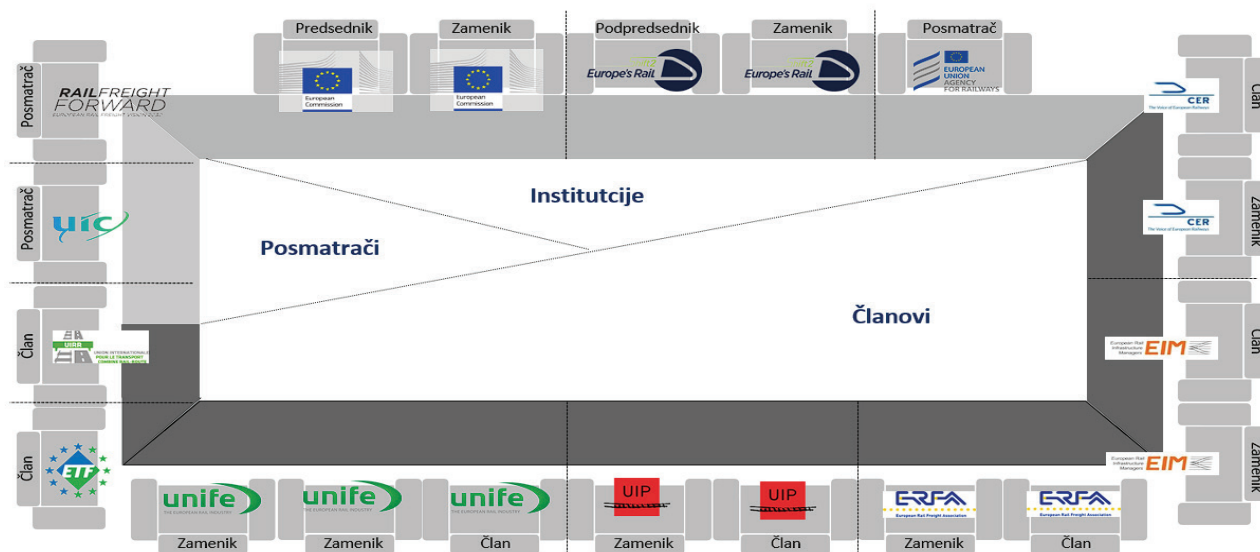
3.2. EDDP radni paket

Prvi radni paket (engl. Work Package 1 – WP1) nosi naziv engl. Technology, Operations and Standardisation (tehnologija, operacije i standardizacija). Glavni cilj ovog radnog paketa bio je da obezbedi tehničko definisanje i standardizaci-

Strukturu EDDP-a čine [2]:

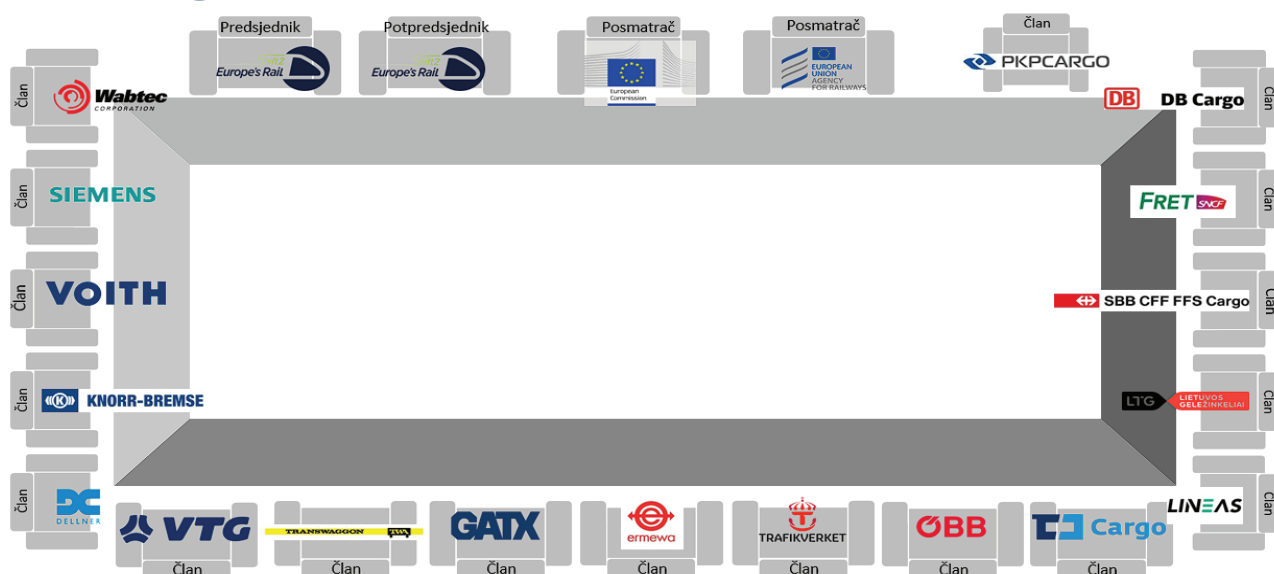
- nadzorni odbor (slika 4),
- programski odbor (slika 5),
- programski menadžer.

EDDP Nadzorni odbor



Slika 4. Nadzorni odbor EDDP-a [4]

EDDP Programski odbor



Slika 5. Programski odbor EDDP-a [4]

ju proizvoda, uz uspostavljanje koordinisanog pristupa za razvoj otvorene specifikacije DAK-a na nivou Evropske unije. Pored toga, definisao je kriterijume ocenjivanja za primenu DAK-a u EU, uključujući mehaničke, pneumatske, električne i informacione aspekte [5]

Rezultati ovog paketa trebalo je da se uključe u novu verziju tehničke specifikacije interoperabilnosti (TSI) u okviru TSI 2022, gde bi DAK bio prepoznat kao interoperabilna komponenta, čime se osigurava visok nivo međusobne povezanosti na evropskom železničkom tržištu. Pored toga, radni paket je obuhvatao i standardizaciju u okviru CENELEC-a, neophodne bezbednosne procene DAK-a za dobijanje odobrenja Evropske agencije za železnice (ERA), kao i ispitivanje uticaja na sisteme upravljanja bezbednošću železničkih preduzeća i upravljača infrastrukture [5].

Konačno, u okviru ovog radnog paketa predviđeno je i ustanovljavanje načina integracije DAK-a u lokomotive i druga vozila (uključujući hibridne verzije), čime bi se obezbedio širi opus praktičnih rešenja za sve tipove vozila [5].

Menadžeri ovog radnog paketa su HWH Transport i Siemens.

Ovaj radni paket u međuvremenu zamenjen je sa nova dva paketa: SB1 i SB2.

SB1 (engl. Sounding Board 1) nosi naziv engl. DAC Operational Procedures (DAK operacionalne procedure). Ova inicijativa obuhvata operativne procedure za potpuno digitalizovanje teretnih vozova koje bi trebalo da se primenjuju na nivou cele Evrope. Po potrebi, razmatraju se i prelazne operativne procedure namenjene periodu postepenog uvođenja DAK-a, kao i njihov uticaj na funkcionalne zahteve neophodne za primenu odgovarajućih tehnologija [5].

SB2 nosi naziv engl. DAC Technology (DAK tehnologija). Ova inicijativa se bavi usaglašavanjem i razvojem neophodnih funkcionalnih zahteva, sistemske arhitekture, rezultata testiranja, tehničkih specifikacija i procesa odobranja, kako bi DAK tehnologija u potpunosti odgovorila ut-

vrđenim standardima. Na taj način obezbeđuje se interoperabilno rešenje koje ispunjava zahteve moderne digitalne automatizacije u železničkom sektoru na nivou čitave Evrope [5].

Drugi radni paket nosi naziv engl. Testing & Demonstration & Pilot Projects (testiranje, demonstriranje i pilot projekti). Ovaj radni paket obuhvata koordinaciju i razvoj svih neophodnih testova i pilot projekata u okviru programa, uključujući i izradu odgovarajućih specifikacija testiranja za svaku fazu projekta. U početnoj fazi planirano je ispitivanje različitih prototipova DAK-a (tip SA3, tip Scharfenberg i tip Schwab), kako bi se pripremio izbor budućeg DAK standarda na nivou EU. U sledećoj fazi radi se na pilot testiranju odabranog prototipa, s ciljem provere usaglašenosti sa propisanim specifikacijama. Pored toga, planirano je i testiranje integracije DAK-a sa lokomotivama, uključujući i hibridne verzije [5].

Ovaj radni paket je tokom vremena prerastao u paket SB2. Nosioći ovog paketa bili su Trafikverket, UIC i Lindholmen Science Park.

Treći radni paket nosi naziv engl. Migration (migracija). Glavni cilj ovog radnog paketa jeste izrada plana za prelazak kompletnog kolskog parka teretnih kola u Evropskoj uniji na digitalno automatsko kvačilo, kao najzahtevnije komponente u celom sistemu uvođenja DAK. Ključni izazov predstavlja definisanje smernica za konverziju oko 450.000–500.000 teretnih kola sa klasičnog kvačila na zavrtnj na DAK. Prilikom kreiranja ovog plana, potrebno je uzeti u obzir niz elemenata, kao što su vremenska dinamika, prelazak između novih i rekonstruisanih kola, kapaciteti isporuke, postupak odobranja i sl. [5].

Migracioni plan mora biti usklađen sa zahtevima interoperabilnosti i konceptom Jedinog evropskog železničkog prostora (SERA). Dodatno, radni paket obuhvata i razvoj neophodnih novih interfejsa za teretni železnički transport sa zemljama van Evropske unije (npr. Švajcarska, Rusija, Ukrajina, Belorusija, Srbija, Turska i dr.) [5].

Nosioći ovog radnog paketa su Deutsche Bahn i Unife.

Četvrti radni paket nosi naziv engl. Rail System Capacity and Green Deal (Kapacitet železničkog sistema i Zeleni dogovor). Glavni cilj ovog radnog paketa jeste da obezbedi kvantitativnu i kvalitativnu procenu uticaja primene digitalnog automatskog kvačila na celokupan teretni železnički transport u Evropskoj uniji. Najveći doprinos ostvarenju ovog cilja ogleda se u značajnom povećanju kapaciteta železničke teretne mreže, neophodnom za ispunjavanje ciljeva Evropskog zelenog dogovora o preusmeravanju tereta na železnicu. Ovakav napredak predstavlja temelj za bezbedno uvođenje i primenu ERTMS-a do najvišeg nivoa, čime se postiže viši stepen bezbednosti i uspostavlja ujednačeniji Jedinstveni železnički prostor (SERA) [5]. Nosioc ovog paketa su Trafikverket i ÖBB.

Peti radni paket nosi naziv engl. Costs, Business Cases and Financing (troškovi, poslovni slučajevi i finansiranje). Cilj ovog radnog paketa jeste da obezbedi sveobuhvatan i stabilan finansijski okvir za uvođenje DAK-a u celokupni teretnu kolski park Evropske unije. Ova aktivnost u velikoj meri zavisi od preciznog definisanja stvarnih troškova proizvoda i eventualnih neophodnih modernizacija postojećih vozila. Takođe je neophodno definisati skup upotreba (engl. use cases) koji će poslužiti kao osnova za globalnu analizu troškova i koristi (engl. cost-benefit), pri čemu se konkurentna prednost DAK-a može kvantifikovati i oceniti u smislu povratka uloženi sredstava. Pored toga, ova aktivnost će obuhvatiti procenu plana migracije, finansijskih potreba projekta i identifikaciju finansijskih modela koji će biti osnova i podrška za uvođenje digitalnog automatskog kvačila u EU [5]. Nosilac ovog paketa je Evropska komisija.

Šesti radni paket nosi naziv engl. Communication and Dissemination (Komunikacija i promocija). Ovaj radni paket ima za cilj da obezbedi adekvatnu promociju projekta u okviru Shift2Rail inicijative. Istovremeno, cilj ovog paketa je da obezbedi da rezultati projekta budu isporučeni u obliku koji će omogućiti trenutnu upotrebu u daljim aktivnostima unutar same inicijative. Takođe, osiguraće da svi važni akteri evropskog železničkog sektora budu obavešteni o postignutim rezultatima [5].

Nosilac ovog paketa je The Community of European Railway and Infrastructure Companies (CER).

Sedmi radni paket nosi naziv engl. Intelligent Freight Train (inteligentni teretni voz). Cilj ovog radnog paketa jeste da služi kao integrator svih mogućih inovacija zasnovanih na digitalnoj osnovi koju DAK obezbeđuje teretnim vozovima. DAK predstavlja ključni pokretač brojnih, preko potrebnih aplikacija u teretnom železničkom transportu, koje će ga učiniti konkurentnijim u odnosu na druge vidove teretnog transporta. Pored toga, DAK treba da pruži podršku prelasku na elektronsko poslovanje u logistici – od automatizovanih tovarnih listova, preko integracije sa TAF TSI i budućim razvojem, pa do „internet logistike“ i sl. Uz to, on otvara put ka ključnim budućim unapređenjima i neophodnoj automatizaciji teretnog železničkog transporta (električna kočnica, automatsko testiranje kočnica, automatski proračun kočnih profila za teretne vozove, potpuno automatizovano ranžiranje, dispečing i utovar i sl.) [5].

Nosioc ovog paketa su SNCF i SBB CFF FFS Cargo.

Osmi radni paket nosi naziv engl. Authorisation strategy – vehicle retrofit (strategija autorizacije – rekonstrukcija vozila). Ovaj radni paket treba da pruži smernice i pripremi neophodnu dokumentaciju za evropski teretni železnički sektor kako bi se postojeća teretna kola i lokomotive opremili DAK-om. Glavni cilj je obezbediti da obim procedura za odobravanje vozila ostane izvodljiv, i za učesnike u sektoru i za nadležna tela. U tom smislu, radni paket će ispitati da li postoje pravne prepreke za manje zahtevne rekonstrukcije kola bez otkvačivanja i na koloseku. Podrazumeva redovnu saradnju sa Agencijom za železnice Evropske unije (ERA). Takođe, neophodno je razraditi uslove u kojima je potrebno, odnosno nije potrebno, pokretati postupak odobravanja vozila za postojeća teretna kola i lokomotive. Ako bude potrebno, ovaj radni paket će pružiti i odgovarajuće ulaze za praktične aranžmane pri odobravanju vozila [5].

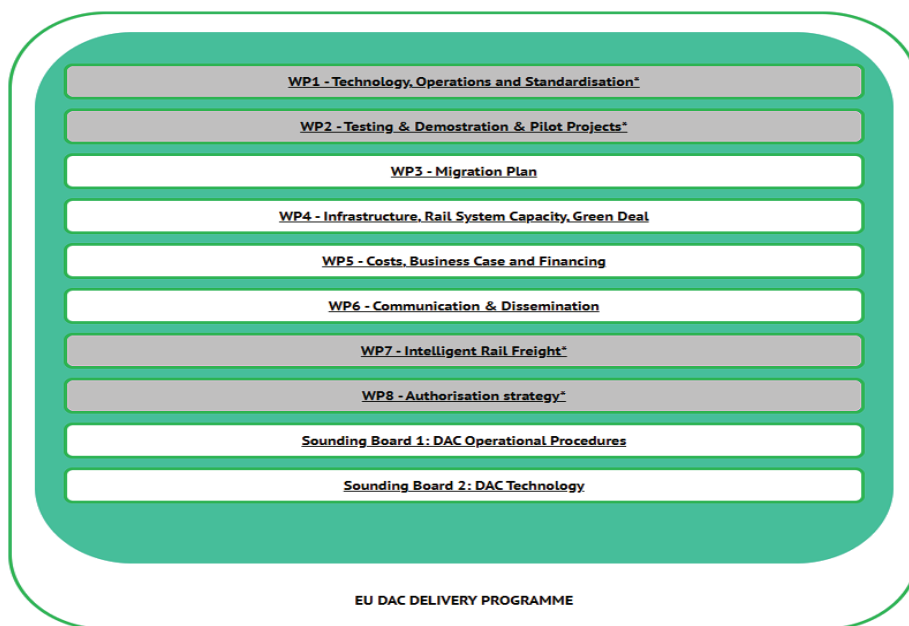
Nosilac ovog radnog paketa je Evropska komisija.

3.3 Ostale aktivnosti na implementaciji

Uspešna implementacija tehnologije DAK-a uslovljena je definisanjem: preduslova za investiranje, aktivnosti implementacije i vremenskih rokova za implementaciju. Radni paketi EDDP-a prikazani su na slici 6.

Preduslovi za investiranje u tehnologiju digitalnog automatskog kvačila ogledaju se u sledećem (slika 7) [7]:

- Razvoju jedinstvenog DAK sistema. Tehnologija DAK-a, operacija sa DAK-om i njegova funkcionalnost moraju biti jasno definisani i harmonizovani u jedinstveni DAK sistem.



Slika 6. Radni paketi EDDP-a [5]



Slika 7. Preduslovi za implementaciju [7]

- Dokazanoj tehnologiji. Tehnologija DAK mora ispunjavati sve osnovne zahteve, naročito u pogledu RAMS-a (engl. Reliability, Availability, Maintainability and Safety).

- Dokazanoj operacionalnoj funkcionalnosti. Operacionalna funkcionalnost i očekivani pozitivni ishodi moraju se obezbediti i dokazati kroz testiranja i demonstraciju tehnologije, naročito u domenu bezbednosti i sigurnosti.
- Dostupnost adekvatnog finansiranja. Programi finansiranja moraju biti dostupni i zagarantovani svim evropskim operatorima vlasnicima kola i lokomotiva, radi ostvarivanja pozitivnog poslovnog ishoda u perspektivi do 10 godina i pri razmatranju individualnih, odnosno regionalnih slučajeva gde unapređenje nije isplativo ili moguće.
- Dokazanoj tehnologiji. Tehnologija DAK mora ispunjavati sve osnovne zahteve, naročito u pogledu RAMS-a (engl. Reliability, Availability, Maintainability and Safety).
- Dokazanoj operacionalnoj funkcionalnosti. Operacionalna funkcionalnost i očekivani pozitivni ishodi moraju se obezbediti i dokazati kroz testiranja i demonstraciju tehnologije, naročito u domenu bezbednosti i sigurnosti.
- Dostupnost adekvatnog finansiranja. Programi

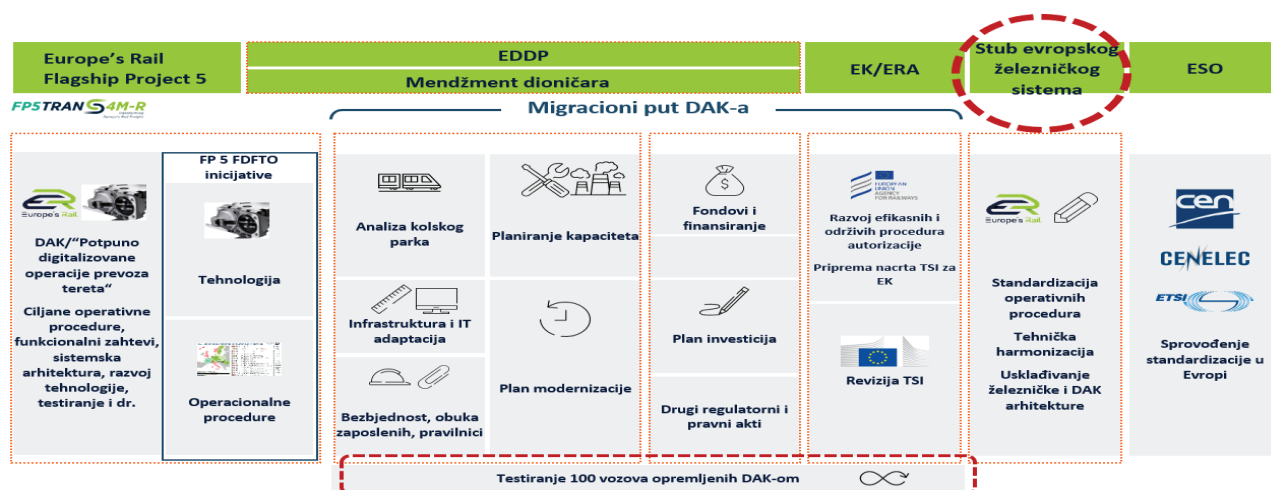
finansiranja moraju biti dostupni i zagarantovani svim evropskim operatorima vlasnicima kola i lokomotiva, radi ostvarivanja pozitivnog poslovnog ishoda u perspektivi do 10 godina i pri razmatranju individualnih, odnosno regionalnih slučajeva gde unapređenje nije isplativo ili moguće.

- Jednostavna autorizacija. Moraju postojati jednostavne, specijalno prilagođene procedure za brzo dobijanje odobrenja (autorizacija) za kola i lokomotive koji će biti opremljeni ovom tehnologijom.
- Migracioni plan. Razvijeni migracioni plan mora i treba garantovati istovremenu implementaciju tehnologije Evropi (prema postignutim sporazumima) na osnovu dostupnih i adekvatnih programa finansiranja, uspostavljenih kapaciteta za proizvodnju, nadogradnju kola i lokomotiva, obuku kadra i IT adaptaciju.

Sve aktivnosti na implementaciji nove tehnologije digitalnog automatskog kvačila mogu da se predstavljaju kroz tri glavne faze kako je to prikazano na slici 8.

U prvoj fazi, razvoj DAK-a predviđen je evropskim Rail Flagship 5 (FP5) projektom. Ovaj projekat okuplja 71 partnera: krajnje korisnike, velike industrije, železnička preduzeća – operatere, mala i srednja preduzeća, akademske zajednice i istraživače, sa ciljem doprinosa u povećanju učešća železničkog transporta u modalnosti od 50 % do 2030. godine.

Opšti cilj FP5 je da učini železnički teretni transport glavnim nosiocem evropskih logističkih lanaca na najnižim emisijama i najvećom otpornošću na poremećaje.



Slika 8. Faze implementacije [7]

Integracija rešenja sa DAK tehnologijom u softverski definisane sisteme i digitalne železničke usluge, uz osiguranje pune interoperabilnosti, dovešće do povećanja kapaciteta, veće propusnosti i kraćeg vremena transporta. Ovo će poboljšati prekograničnu koordinaciju i saradnju između upravljača železničke infrastrukture i omogućiti optimizovano upravljanje železničkom mrežom u celini. Projekat FP5 treba da obezbedi dobro isprojektovana, integrisana, interoperabilna i na nivou EU odobrena rešenja, sa ciljem uspostavljanja jedinstvenog tehnološkog okvira za železnički transport u Evropi. Ovaj okvir podrazumeva strogo upravljane interfejsne za efikasnu integraciju sistema i nesmetano funkcionisanje preko granica,

različitih aktera i vidova prevoza. Definisani ciljevi predstavljaju osnovu, okvir i ambiciju projekta, sa značajnim uticajem na ukupni transportni i logistički sektor.

Drugu fazu čini Plan za migraciju DAK tehnologije. Između ostalog, ovaj plan treba da obuhvati: analize postojećih lokomotivskih i kolskih parkova, analizu postojeće infrastrukture i mogućnosti adaptacije IT infrastrukture, razvoj planova bezbednosti, donošenje pravilnika, obuke zaposlenih, planiranje kapaciteta, planove na modernizaciji potrebnih sredstava, osiguranje finansiranja i dr. Na kraju procesa migracije potrebno je doneti Tehničku specifikaciju interoperabilnosti koja će

regulatorno objediniti sve zahteve navedenih tehnologija. Tokom procesa migracije predviđeno je testiranje DAK tehnologije na 100 vozova.

U završnoj fazi migracije predviđena je sveobuhvatna evropska standardizacija tehnologije. Vremenske aktivnosti za implementaciju tehnologije digitalnog automatskog kvačila predviđene su Generalnim master planom 01 (slika 9). Završetak razvoja tehnologije digitalnog automatskog kvačila planiran je do kraja prvog kvartala 2026. godine. Za razvoj tehnologije u potpunosti su obezbeđena finansijska sredstva.

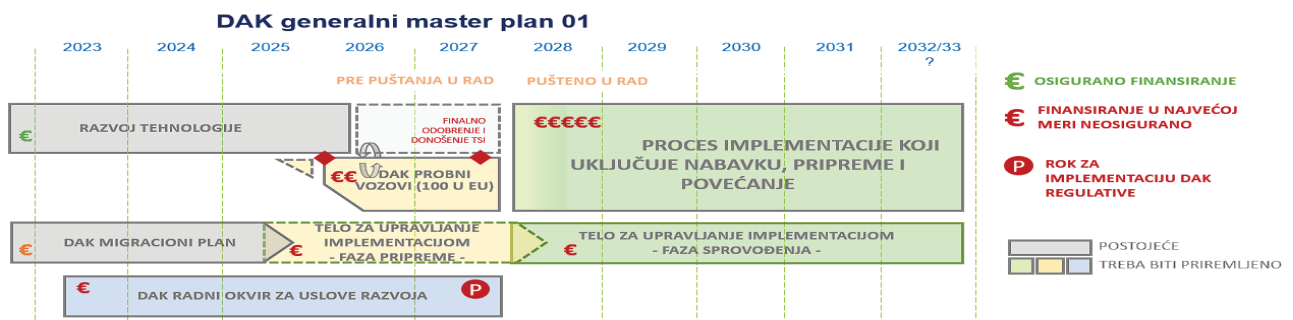
Paralelno sa završetkom razvoja tehnologije, do sredine 2025. godine potrebno je razviti migracioni plan tehnologije digitalnog automatskog kvačila, za šta su delimično obezbeđena finansijska sredstva.

Paralelno sa prethodne dve aktivnosti potrebno je sprovesti uspostavljanje regulatornog okvira za primenu tehnologije DAK. Kraj 2027. godine predstavlja

utvrđeni vremenski rok za završetak ove aktivnosti. Testiranje tehnologije i uspostavljanje tela za implementaciju tehnologije predstavljaju dve aktivnosti koje je potrebno sprovesti nakon razvoja tehnologije, odnosno nakon razvoja migracionog plana. Za sprovođenje ovih aktivnosti planiran je period od dve godine sa završetkom do kraja 2027. godine. Rezultat ovih aktivnosti trebalo bi da bude razvijena Tehnička specifikacija interoperabilnosti (TSI) za tehnologiju digitalnog automatskog kvačila.

Početak konkretne implementacije tehnologije planiran je za 2028. godinu. To uključuje masovnu proizvodnju, nabavku i ugradnju DAK. Zadatak praktične primene tehnologije biće u nadležnosti tela za implementaciju (formiraće se u prethodnoj fazi).

Od navedenih aktivnosti trenutno su u pripremi aktivnosti razvoja tehnologije, aktivnost razvoja migracionog plana i aktivnost uspostavljanja regulatornog okvira, dok su sve ostale aktivnosti u fazi planiranja.



Slika 9. DAK generalni master plan 01 [7]

4. NIVOI DAK-a

Proces implementacije DAK-a se može kategorisati na pet nivoa sprovođenja (slika 10). Implementacija u suštini počinje od 3 nivoa, jer na tom nivou dolazi do povezivanja napojnog kabla. Nekoliko prototipova nivoa 4 već postoji i podvrgnuto je intenzivnim testiranjima. Budući cilj jeste dostizanje nivoa 5 sistema DAK-a, na kojem bi i razdvajanje (otkvačivanje) bilo automatizovano [8].

Zavisno od nivoa kvačenja, omogućene su sledeće funkcije [8]:

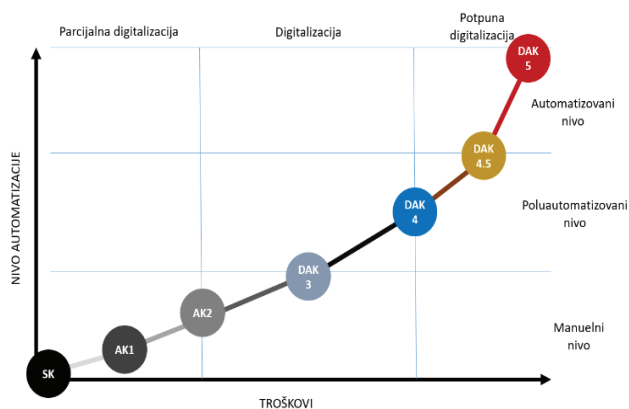
- SK (kvačilo na zavrtanj): standardni nivo bez automatizovanog procesa.
- AK1: predstavlja automatsko kvačilo nivoa 1 koje omogućava automatsko mehaničko

zakvačivanje i manuelno zakvačivanje i otkvačivanje vazдушnih vodova.

- AK2: automatsko kvačilo nivoa 2 koje omogućava automatsko kvačenje vazдушnih vodova i parcijalno automatsko otkvačivanje.
- DAK3: digitalno automatsko kvačilo nivoa 3 sa funkcijama automatskog kvačenja vazдушnih i napojnih vodova, korišćenje elektropneumatskih kočnica i parcijalno automatsko otkvačivanje.
- DAK4: digitalno automatsko kvačilo nivoa 4 sa funkcijama automatskog kvačenja vazдушnih, napojnih i informacionih vodova, elektropneumatske kočnice i parcijalno automatsko otkvačivanje.
- DAK4.5 je međunivo koji pored funkcija DAK4 omogućava i automatsko otkvačivanje, ali ne

podržava mogućnost daljinskog kvačenja.

- DAK5 je digitalno automatsko kvčailo nivoa 5 koje pored funkcija automatskog kvačenja vazdušnih, napojnih i informacionih vodova, ima elektropneumatske kočnice i potpuno automatizovano daljinsko kvačenje.



Slika 10. DAK nivoi [8]

5. ANALIZA TROŠKOVA I KORISTI

Sprovedena analiza troškova i koristi (CBA) izvršena je u skladu sa preporukama Evropske komisije [9].

CBA je analitički alat koji se koristi za procenu investicionih odluka kako bi se utvrdile promene koje proističu iz tih odluka. Cilj CBA je da olakša efikasnost raspodelu resursa, pokazujući korist određenih aktivnosti u poređenju s mogućim alternativama.

Analiza troškova i koristi implementacije DAK-a pokrila je period od 30 godina, počevši od prve godine investicije, tj. 2028. do 2057. godine. U analizi je izvršena konverzija monetarnih vrednosti iz budućnosti u sadašnje vrednosti, kako bi se novčani tokovi mogli uporediti kroz vreme. Analiza je obuhvatila zemlje EU, Švajcarsku, Norvešku i UK. Analiza će biti proširena na zemlje Zapadnog Balkana u kasnijoj fazi [9].

CBA primenjuje diferencijalni pristup, što znači da se projekcije i proračuni pripremaju posebno za osnovni scenario i za scenario investicija. Razlika između rezultata scenarija investicije i osnovnog scenarija pokazuje uticaj projekta i njegovu vrednost. Drugim rečima, ova analiza uključuje scenarije sa investicijom (DAK scenariji) i jedan scenario bez investicije (osnovni scenario) [9].

Određivanje osnovnog scenarija je neophodno za objektivno merenje dodatne vrednosti DAK-a. U osnovnom scenariju su eksplicitno uzeti u obzir evropske investicije i njihov pravni okvir predviđen u strategiji „Održiva i pametna mobilnost“.

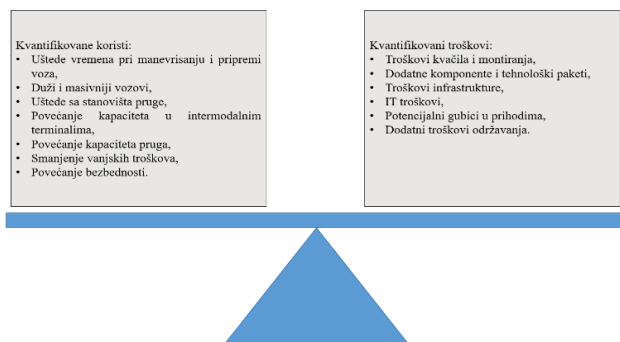
Scenariji za DAK prikazuju kako primena ovog sistema utiče na troškove, koristi i razvoj železničkog transporta. Razvijeno je više scenarija, jer se DAK može implementirati na različitim nivoima, uz različite pakete pratećih komponenti. Viši nivoi DAK-a ili dodavanje dodatnih komponenti omogućavaju naprednije funkcionalnosti.

Na kraju, važno je naglasiti da se CBA treba pažljivo tumačiti, uzimajući u obzir sljedeće ključne aspekte [9]:

- Troškovi životnog ciklusa DAK-a biće prilagođeni u narednoj godini nakon razvoja i testiranja proizvoda.
- Plan implementacije je još uvek u fazi razvoja. Svako buduće ažuriranje CBA treba da uključi izmene u planu implementacije. Trenutno se CBA oslanja na početni predlog EDDP WP3.
- Prognoze transporta su delimično podržane simulacijama zbog nedostatka pouzdanog modela za evropske transportne prognoze. Iz tog razloga su napravljene određene pretpostavke o rastu, koje su potvrđene u okviru EDDP-a.
- Neki parametri su zasnovani na stručnim procenama, jer nije bilo dostupnih alternativnih izvora informacija tokom izrade CBA.
- Potrebna su dodatna mišljenja struke i prakse kako bi se bolje razumela primenjivost slučajeva upotrebe za određene poslovne segmente, kao što je kombinovani transport. Rezultati ovih diskusija verovatno će uticati na plan implementacije i predložena tehnička rešenja, što će se odraziti na ukupne rezultate CBA.

Uprkos ograničenjima, CBA objedinjuje najbolje dostupne podatke u ovom trenutku i pruža pouzdan uvid u obim i smer očekivanih uticaja. Analize osetljivosti potvrđuju pouzdanost početnih rezultata. Pored toga, model i parametri su bili javno dostupni tokom procesa razvoja kako bi se obezbedila maksimalna transparentnost [9]. Prilikom proračuna CBA kvantifikovane su sledeće koristi (slika 11) [9]:

- Uštede vremena pri manevrisanju i pripremi voza,
- Duži, odnosno vozovi veći masa,
- Uštede sa stanovišta infrastrukture,
- Povećanje kapaciteta u intermodalnim terminalima,
- Povećanje kapaciteta pruga,
- Smanjenje tzv. spoljnjih troškova,
- Povećanje bezbednosti.



Slika 11. Koristi i troškovi DAK-a [9]

Kvantifikovani su sledeći troškovi (slika 11) [9]:

- Troškovi kvačila i montiranja,
- Dodatne komponente i tehnološki paketi,
- Troškovi infrastrukture,
- IT troškovi,
- Potencijalni gubici u prihodima,
- Dodatni troškovi održavanja.

Razmatrana su četiri različita scenarija za DAK, odnosno četiri „tehnološka paketa“ [9]:

- Prvi „tehnološki paket“ obuhvata samo DAK4 (automatsko spajanje) i povezani komunikacioni sistem,
- Drugi „tehnološki paket“ odnosi se na DAK5 (automatsko spajanje i razdvajanje),
- Treći „tehnološki paket“ u odnosu na drugi uključuje i uređaj za automatsko testiranje kočnica,
- Četvrti „tehnološki paket“ uključuje sve komponente iz trećeg tehnološkog paketa, uz dodatnu opremu potrebnu za automatski pregled kola i automatsku pritvrdnu kočnicu. Ovaj paket se može smatrati gornjom granicom potencijalnog efekta DAK-a sa funkcionalnostima koje su identifikovane i kvantifikovane.

Ukupno gledano, svi scenariji pokazuju dobre rezultate

gledano iz društvene perspektive prema internoj stopi rentabilnosti (IRR) i odnosu koristi i troškova (B/C) koji se kreću od 11% do 19%, odnosno od 1,9 do 2,8, respektivno, kako je prikazano u tabeli 1. za period od 2028-2031. godine.

Tabela 1. Rezultati CBA

Paket	Varijabla	Rezultat (10 ⁶ evra)
1	Ukupne koristi	29,373
	Ukupni troškovi	14,307
	Odnos	2,1
	IRR	11 %
2	Ukupne koristi	33,967
	Ukupni troškovi	17,433
	Odnos	1,9
	IRR	11 %
3	Ukupne koristi	47,012
	Ukupni troškovi	19,428
	Odnos	2,4
	IRR	15 %
4	Ukupne koristi	66,704
	Ukupni troškovi	23,895
	Odnos	2,8
	IRR	19 %

Najpovoljniji tehnološki paket je četvrti, ali postoji visok nivo neizvesnosti u pogledu mogućnosti smanjenja vremena za pregled vozova u meri koja je predložena u trenutnoj analizi (ušteda od 50% vremena potrebnog za današnji pregled vozova). Pored toga, za značajno smanjenje vremena pregleda vozova mogu biti potrebna dodatna ulaganja, kao što su video kapije, koja još uvek nisu kvantifikovana u trenutnoj analizi troškova i koristi [9].

Stoga, najpouzdanija gornja granica koja se može uzeti u obzir u ovoj iteraciji analize troškova i koristi jeste tehnološki paket 3, koji uključuje automatsko testiranje kočnica. Ovaj paket bi doveo do IRR od 15% i odnosa koristi i troškova (B/C) od 2,4.

Tehnološki paketi 1 i 2 imaju veoma slične rezultate, jer dodatni troškovi povezani sa DAK5 (tehnološki paket 2) u poređenju sa DAK4 (tehnološki paket 1) kompenzuju dodatne koristi koje DAK5 donosi u odnosu na DAK4 (ušteda vremena pri razdvajanju).

Sa troškovne strane, DAK će zahtevati inicijalnu (nediskontovanu) investiciju od 11 do 15 milijardi EUR, u zavisnosti od odabranog tehnološkog paketa, za opremanje oko 410.000 teretnih vagona i 17.000 lokomotiva u Evropi. Većinu ovih troškova snosiće železnička preduzeća i kompanije za iznajmljivanje (lizing) kola [9].

Sa strane koristi, očekuje se da će DAK značajno doprineti povećanju železničkog teretnog transporta. Oko 5% rasta dolazi od uticaja DAK-a na poboljšanje kapaciteta mreže, a od 2 do 7,5% od poboljšanja performansi železničkog teretnog transporta (u zavisnosti od razmatranog tehnološkog paketa). Ukupno, očekuje se da će železnički teretni transport porasti za 7 do 12,5% do 2050. god. u poređenju sa scenarijom bez DAK-a (5% zahvaljujući povećanom kapacitetu, a ostatak usled poboljšane konkurentnosti železnice u odnosu na drumski transport zahvaljujući DAK-u). Ovo će, takođe, dovesti do značajnog smanjenja spoljnih troškova transporta, što predstavlja koristi od 19 do 53 milijarde EUR (nediskontovano) između 2028. i 2057. godine u pogledu smanjenja zagađenja vazduha, saobraćajnih gužvi i emisija gasova sa efektom staklene bašte. Pored toga, očekuje se da će ukupna potrošnja energije transportnog sistema opasti, jer železnica može prevoziti više robe uz istu količinu energije. DAK će takođe podržati razvoj konkurentnije evropske industrije, sa pouzdanijim, bržim i jeftinijim transportnim sistemom. Očekivanja su da će pošiljaoci ostvariti neto korist od 11,1 do 30,5 milijardi EUR (nediskontovano), u zavisnosti od odabranog tehnološkog paketa [9].

Analiza troškova i koristi pokazuje da je DAK projekat veoma koristan iz društvene perspektive u okviru celokupnog vremenskog horizonta projekta. Međutim, železnički operatori obično primenjuju vremenski okvir od najviše 10 godina za donošenje investicionih odluka. U tom periodu analiza pokazuje da odnos koristi i troškova ne prelazi vrednost 1, usled visokih inicijalnih troškova ulaganja i odložene realizacije koristi. Pored toga, polovina koristi predstavlja relativne socio-ekonomske koristi koje proističu iz većeg prelaska transporta sa drumskog na železnicu: ove koristi neće u potpunosti biti ostvarene od strane železničkih oper-

atora, kompanija za iznajmljivanje kola i ROSCO-a. Istovremeno, velike društvene koristi pružaju snažno opravdanje za javnu podršku DAK-u [9].

6. ZAKLJUČAK

Implementacija DAK-a predstavlja značajan korak ka modernizaciji železničkog teretnog transporta. Kroz analizu ovog rada jasno je da DAK tehnologija donosi konkretne prednosti, poput smanjenja troškova radne snage, povećanja kapaciteta železničke mreže i efikasnosti, kao i smanjenja vremena potrebnog za manipulaciju kolima i kompozicijama vozova. Ove karakteristike čine DAK ključnim elementom za postizanje veće konkurentnosti železnice u odnosu na drumski transport.

Kroz analizu troškova i koristi (CBA) utvrđeno je da su koristi od uvođenja DAK-a značajne, naročito u dugoročnom periodu. Pored smanjenja operativnih troškova, DAK doprinosi i smanjenju spoljnih troškova transporta. Dodatno, povećana bezbednost i automatizacija rada smanjuju rizik od povreda radnika i povećavaju ukupnu pouzdanost sistema.

Međutim, rad ukazuje i na izazove u implementaciji. Visoki početni troškovi i potreba za dodatnim investicijama, kao što su video kapije i senzori za automatski pregled, zahtevaju jasno definisane finansijske mehanizme i podršku javnog sektora. Takođe, razlike u tehničkim standardima i potencijalna neslaganja među zainteresovanim stranama mogu usporiti proces implementacije.

Najrealniji scenario u ovoj fazi jeste implementacija tehnološkog paketa 3, koji uključuje automatski test kočnica. Ovaj paket predstavlja veoma dobar balans između investicionih troškova i funkcionalnosti, čime se osigurava stabilna osnova za postepeno unapređenje ka višim nivoima DAK tehnologije. U budućnosti, DAK5 sa dodatnim komponentama mogu da omoguće još veću integraciju i efikasnost, međutim njihova isplativost zavisi od razvoja dodatnih tehnoloških i ekonomskih preduslova.

Na kraju treba da se istakne, ništa manje bitno je da DAK nije samo tehničko unapređenje u železničkom transportu, već predstavlja i strateški

korak ka održivom razvoju železničkog transporta. Njegova implementacija može da doprinese značajnim ekonomskim, ekološkim i socijalnim koristima, a na taj način železnica bi se pozicionirala na predviđeno mesto u strateškim dokumentima EU – kao ključni nosilac evropskog kopnenog transporta u budućnosti.

Mreža evropskih železničkih teretnih koridora bi sa primenom DAK tehnologije dobila važnu podršku za konačno preuzimanje uloge koja im je dodeljena. Uz pravovremenu podršku i dobru koordinaciju svih zainteresovanih strana, ova predstavljena DAK tehnologija ima potencijal da uz daljnu digitalizaciju evropskih železnica transformiše evropski transportni sektor i ispuni ciljeve modernog i efikasnog logističkog sistema.

LITERATURA

- [1] International Good Guys, [Na mreži]. Available: <http://igg.org.uk/rail/4-rstock/04arstock2b.htm>. [Poslednji pristup 8.8. 2024]
- [2] Europe's Rail, „European Freight DAC Delivery Programme: Moving European Rail Freight Forward“, 2022.
- [3] European Rail Research and Innovation Consortium, „DAC Factsheet“.
- [4] Europe's Rail, „Open European DAC Delivery Programme enabled by Europe's Rail“, 2024. [Na mreži]. Available: <https://rail-research.europa.eu/european-dac-delivery-programme/>. [Poslednji pristup 12.8.2024.]
- [5] Shift2Rail, „EDDP Structure“, 2024. [Na mreži]. Available: https://projects.shift2rail.org/s2r_ip5_n.aspx?p=6%20EU-DAC. [Poslednji pristup 12.8.2024.]
- [6] Shift2Rail, „IP5 projects for DAC“, 2024. [Na mreži]. Available: <https://projects.shift2rail.org/IP5PROJECTSFORDAC>. [Poslednji pristup 22.7.2024.]
- [7] Europe's Rail, „DAC programme and Interaction with ERTMS“, Workshop ERA conference, Valenciennes, France, 2024.
- [8] Rail Cargo Group, „Part I: What is Digital Automatic Coupling and what are its levels?“, 2021. [Na mreži]. Available: <https://blog.rail-cargo.com/en/artikel/dak-faq1>. [Poslednji pristup 22.7.2024.]
- [9] Inceo EY, „Digital Automatic Coupling - Cost Benefit Analysis (Initial Report)“, European Commission, Brussels, Belgium, 2023.