

# Analiza obrta vučnog vozila u željezničkom prometu

---

**Bubalović, Hrvoje**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2016**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:198150>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-17**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -  
Institutional Repository](#)



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

**Završni rad**

**Analiza obrta vučnog vozila u željezničkom prometu**  
**Analysis of Locomotives Turnover in Railway Traffic**

Mentor: doc. dr. sc. Borna Abramović

Student: Hrvoje Bubalo, 0152198176

Zagreb, 2016.

## Sažetak

Analiza obrta vučnog vozila u željezničkom prometu

Tijekom svog dugogodišnjeg razvoja željeznica je u svakoj državi imala značajnu ulogu u njezinu razvoju. Stoga se željeznica najčešće nalazi u nadležnosti države. Što je zemlja razvijenija, više se ulaže u razvoj željeznice. Jednu od najvažnijih grana željezničkog prometa čine i željeznička vozila u koja spadaju i vučna vozila. Da bi se što bolje iskoristile mogućnosti željeznice i da bi se održala konkurentnost naspram ostalih oblika prometa, potrebno je što racionalnije koristiti sredstva rada te to pokazati kroz odgovarajuće analitičke radnje, tj. kroz eksploatacijske pokazatelje. Jedan od tih pokazatelja je obrt i on pokazuje koliko se racionalno koristi neko sredstvo.

**Ključne riječi:** obrt, željeznica, vučna vozila, razvoj, eksploatacijski pokazatelji

## Summary

Analysis of Locomotives Turnover in Railway Traffic

Throughout the history of rail transport, railway has played an important role in the development of every country. Railway system is therefore usually under the control of the state. The more developed a country, the more resources it will invest in railway development. One of the most important segments of railway traffic are railway vehicles, including traction vehicles. To fully exploit the possibilities of railway and to preserve competitiveness towards other forms of traffic, it is important to use locomotive work rationally and to demonstrate this through specific analytical operations, i.e. exploitation indicators. One of those indicators is locomotives turnover which shows the degree of rational exploitation of a certain traction vehicle.

**Key words:** turnover, railway, traction vehicles, development, exploitation indicators

## Sadržaj

1. Uvod .....	1
2. Željeznička vozila.....	2
2.1 Parna vuča .....	2
2.2 Dizelska vuča.....	3
2.3 Električna vuča .....	3
3. Osnovne značajke vučnih vozila u Republici Hrvatskoj .....	5
3.1 Osnovne značajke dizelskih vučnih vozila.....	5
3.2 Dizelske lokomotive .....	5
3.2.1 Lokomotiva serije 2062.....	5
3.2.2 Lokomotiva serije 2063 .....	6
3.2.3 Lokomotiva serije 2044.....	7
3.2.4 Lokomotiva serije 2041 .....	8
3.2.5 Lokomotiva serije 2132.....	9
3.3 Osnovne značajke električnih vučnih vozila .....	11
3.4 Električne lokomotive .....	11
3.4.1 Lokomotiva serije 1141 .....	11
3.4.2 Lokomotiva serije 1142.....	14
3.5 Dizel-električni motor vlakovi .....	15
3.5.1 Dizel-motorni vlak serije 7121 .....	16
3.5.2 Dizel-hidraulični vlak serije 7122.....	17
4. Eksploatacijski pokazatelji vučnih vozila .....	18
4.1 Prosječno opterećenje vučnog vozila.....	18
4.2 Prosječna komercijalna i tehnička brzina.....	19
4.3 Prosječno dnevno trčanje .....	21
4.4 Rad vučnog vozila tijekom dana .....	22
4.5 Koeficijent sporednog rada lokomotiva .....	22
4.6 Potreban broj lokomotiva i koeficijent potrebe lokomotiva.....	23
5. Obrt vučnog vozila .....	25
5.1 Puni obrt lokomotive.....	25
5.2 Puni obrt lokomotive sa servisom.....	26
5.3 Eksploatacijski obrt.....	27
6. Izračun obrta garnitura.....	28
7. Zaključak.....	31
Literatura.....	32
Popis slika .....	33
Popis tablica .....	34

## 1. Uvod

Željeznica je složen dinamički sustav. Složenost proizlazi iz hijerarhijskih i linijskih odnosa koji nameću tehnološku koordinaciju. Dinamičnost proizlazi iz tijeka svladavanja prostora i vremena. Postoje brojne metode pomoću kojih se formiraju problemi istraživanja, prikupljaju podaci, analiziraju činjenice i predlažu sredstva. Ti složeni odnosi između pojedinih poslova i zadataka predstavlja zajednički izraz dviju osnovnih komponenti, a to su kvaliteta i kvantiteta. Kvalitetom se izražava kakvoća, vrsnoća, vrednota, a kvantitetom količina, veličina planiranog i izvršenog rada i prijevoza.

Ovaj rad obrađuje kvalitativne pokazatelje eksploatacije vučnih vozila, od kojih je jedan i obrt vučnog vozila. Objasnit će se i pojedini elementi obrta od kojih su tehnička i komercijalna brzina, prosječno dnevno trčanje i rad vučnog vozila tijekom dana i drugi kvalitativni pokazatelji. Obrt je najvažniji pokazatelj vremenskog iskorištenja lokomotiva. Uz obrt, još će se obraditi sama željeznička vozila, dizel vučna vozila, električna vučna vozila i dizel-motorni vlakovi, koji prometuju na prugama u Republici Hrvatskoj.

## 2. Željeznička vozila

Željeznička vozila osnovni su „alat“ za obavljanje rada na željeznici. Osnovna djelatnost željeznice je prijevoz, a tehnologiju prijevoza određuju vozila kojima se taj prijevoz obavlja.

Tijekom povijesnog razvoja, željeznička vučna vozila su se dijelila prema vrsti pogona. Postojale su četiri vrste pogona: parna, dizelska, električna i turbinska. Međutim, ostala su samo dva osnovna oblika pogona: dizelska i električna.

Osim podjele prema vrsti pogona, željeznička vozila možemo podijeliti i na sljedeći način: - vučna vozila

- vučena vozila i
- vozila za vlastite potrebe željeznice

Vozila za vlastite potrebe željeznice služe kao tehnička sredstva pomoću kojih željeznica gradi ili održava prugu, provodi razna mjerenja i prikuplja podatke koja mogu pomoći poboljšanju rada.

### 2.1 Parna vuča

Prva parna lokomotiva bila je izgrađena 1804. godine a izgradio ju je Richard Trevithick. Parne lokomotive pokazale su tijekom eksploatacije da imaju dobre vučne značajke, što znači da lokomotiva razvija velike vučne sile pri maloj brzini, a povećavanjem brzine ona se smanjuje, da imaju jednostavnu konstrukciju, lako se održavaju i imaju mogućnost korištenja raznovrsnog i jeftinijeg goriva, kao što su drvo, dizelsko gorivo, ugljen i dr.

Parne lokomotive imaju i dosta nedostataka zbog kojih danas više nisu u uporabi. Osnovni nedostaci su loša dinamička svojstva zbog velikih neoslonjenih masa, a ako posljedica su veliki pogonski kotači. Parne lokomotive imaju i neravnomjeran okretni moment na pogonskim kotačima zbog specifičnog rada stapnog parnog stroja. Također imaju i slabo iskorištenje koje iznosi svega 6-12%. Pri tome su najveći gubici u stapnom parnom stroju gdje se vodena para još s velikim sadržajem unutarnje energije izbacuje u okolinu. Još

od nekih nedostataka su duga zadržavanja u postajama tijekom punjenja vode i ugljena, nemogućnost postizanja velikih brzina vožnje i zagađenje okoliša.

## 2.2 Dizelska vuča

Patentiranjem (1897. godine, Rudolf Diesel) i usavršavanjem Diesellovog motora stvorile su se osnovne pretpostavke za mogućnost njegove primjene za pogon željezničkih vozila. U Velikoj Britaniji, 1902. godine, izgrađen je prvi motorni vagon s Diesellovim motorom. Njihov uspješan razvoj za pogon željezničkih vozila otežavao je nedostatak prikladnog prijenosnika snage zbog velike snage za tadašnje prilike. Postupnim usavršavanjem, prijenosnika snage i regulacijskih uređaja, dizelski pogon se ustalio na željeznici. Dizelski pogon ima mnogo prednosti u odnosu na parnu vuču, a neki od njih su veća ukupna korisnost koja iznosi od 25 do 32 %, veći polumjer kretanja koji iznosi od 800 do 1000 km, lako puštanje u rad i kratko vrijeme za zagrijavanje na radnu temperaturu (15 – 20 min), manja potrošnja vode koja se koristi za rashlađivanje motora, dvostruko niži troškovi održavanja od parne lokomotive i ugradnja dvostruko veće snage po jedinici mase.

Jedini nedostatak dizelskog pogona je taj što je neophodna primjena prijenosnika snage zbog nepovoljne značajke diesellovog motora, što još povećava masu vozila, kao i složeniju primjenu i cijenu.

## 2.3 Električna vuča

Primjena električne vuče zahtijeva elektrifikaciju pruge, tj. izgradnju stabilnih infrastrukturnih postrojenja da bi se omogućilo nesmetano napajanje električnom energijom. Električna vozila imaju mnoge prednosti u odnosu na ostale oblike vuče, stoga je njihova primjena najveća u svijetu, a to su povoljnija vučna značajka, što znači da imaju veliku vučnu silu pri malim brzinama i da se ona smanjuje povećanjem brzine. Električna vuča također imaju mogućnost preopterećenja u kratkom razdoblju, ravnomjeran okretni moment, što omogućuje bolje iskorištenje vučne sile s obzirom na silu adhezije, mogućnost vuče teških vlakova zbog instalirane velike snage, mogućnost daljinskog upravljanja s više povezanih vučnih vozila sa jednog mjesta i imaju malo zagađenje okoliša, što je jako važno za promet u naseljenim mjestima i općenito za zaštitu čovjekova okoliša.

Jedini navedeni nedostatak za električnu vuču bio je taj, da su potrebna veća početna investicijska sredstva. Tijekom eksploatacije troškovi se pojavljuju kao stalni trošak, a njihov udio će se postepeno smanjivati. Dakle, primjena električne vuče isplati se na prugama gdje je promet vlakova relativno visok.



### 3. Osnovne značajke vučnih vozila u Republici Hrvatskoj

S obzirom da su pruge na Hrvatski željeznicama samo djelomično elektrificirane (35%), koriste se vučna vozila sa električnim i dizelskim pogonom. I dizelska i električna vozila su izvedena kao lokomotive i kao motorni vagoni, odnosno vlakovi.

#### 3.1 Osnovne značajke dizelskih vučnih vozila

Vozila sa dizelskim pogonom izvedena su uglavnom kao lokomotive, motorni vlakovi i motorna kola. Zbog njihovog velikog raspona primjene, ona su izvedena s različitim prijenosnicima snage, uglavnom se radi o vučnim vozilima s hidrauličkim prijenosnicima na vozilima s malom snagom i električnim na vozilima velikih snaga.

#### 3.2 Dizelske lokomotive

Dizelska vučna vozila na Hrvatskim željeznicama služe za vuču vlakova kao i za manevarski rad. Vozne lokomotive imaju univerzalnu primjenu, služe za vuču teretnih i putničkih vlakova, a izvedene su s električnim prijenosnicima snage. Manevarske lokomotive su uglavnom izvede sa hidrodinamičkim prijenosnicima snage.

##### 3.2.1 Lokomotiva serije 2062

Lokomotiva serije 2062 je slična lokomotivi 2061, ali se razlikuju u tome što lokomotiva 2062 kasnije nabavljena i nema generator pare. Većina lokomotiva je napravljena s električnim uređajem za grijanje vlaka ili bez njega. Uređaj za električno grijanje naknadno je ugrađivan na većinu lokomotiva ove serije, a sastoji se od alternatora, uređaja regulacije te spojne opreme i uređaja za upravljanje.

Zbog velike ugrađene snage, lokomotiva je prvenstveno namijenjena za teretnu vuču, ali se koristi i za vuču putničkih vlakova ako je opremljena uređajem za električno grijanje. Proizvođač ove lokomotive je AMD (Electro Motive Division) iz SAD-a.

Ova lokomotiva ima električni prijenosnik snage tipa DC-DC (istosmjerno-istosmjerni). Njezine osnovne značajke su:

- raspored osovina C'o C'o
- dužine preko odbojnika je 16.984 mm
- najveća širina 2.819 mm

- najveća visina 3.827 mm
- Dieslov motor tipa 16-645 E
- najveća snaga 1.660 kW pri 900 °/min
- najveća brzina 124 km/h
- masa lokomotive 103 t
- osovinska masa 17,2 t
- glavni generator tipa D 32 T
- vučni motori tipa D 77 B
- promjer kotača, novi/istrošeni 1016/940 mm

Iz glavnog generatora najveće snage 1416 kW napaja se šest vučnih motora, svaki snage od 250 kW. Generator je izvede za trajni napon od 600 V i trajnu najveću struju od 2600 A.



Slika 1. Lokomotiva serije 2062

Izvor: 98 78 HŽ Mapper

### 3.2.2 Lokomotiva serije 2063

Lokomotiva serije 2063 je izvana vrlo slična lokomotivi serije 2062. Njezinu nabavku HŽ je počeo 1972. godine, s ciljem da se posjeduje lokomotiva veće snage nego lokomotive serije 2061, 2062 za vuču teških vlakova i na težim dionicama. S obzirom na to da ova lokomotiva ima veću instaliranu snagu, prvotno je namijenjena za vuču tereta. Ona se kao i lokomotiva serije 2062 može koristiti i za vuču putničkih vlakova s obzirom na to da u sebi

ima ugrađen uređaj za električno grijanje. Proizvođač je također EMD (Electro Motive Division) iz SAD-a.

Ova lokomotiva, za razliku od prethodne, ima prijenosnik snage tipa AC-DC (izmjenično-istosmjerni). Njezine osnovne značajke su:

- raspored osovina C'o C'o
- dužina preko odbojnika 20.700 mm
- Dieslov motor tipa 16-645 E3
- najveća snaga Dieselovog motora 2.200 kW pri 900 °/min
- glavni alternator tipa AR 10 A5
- vučni motori tipa D 77
- najveća brzina 124 km/h
- masa lokomotive 120 t
- osovinska masa 20 t
- promjer kotača, novi/istrošeni 1016/940 mm



Slika 2. Lokomotiva serije 2063

Izvor: 98 78 HŽ Mapper

### 3.2.3 Lokomotiva serije 2044

Lokomotiva serije 2044 je po vanjskom izgledu jako slična lokomotivi serije 2062, odnosno 2063. Njihova nabavka počela je 1981. godine i one predstavljaju najmlađu seriju dizelsko-električnih lokomotiva na HŽ-u do sada. Namijenjena je za vuču i putničkih i teretnih vlakova. Ima ugrađen uređaj za električno grijanje putničkih vagona. Njezina finalna montaža obavljala se u Tvornici „Đuro Đaković“ iz Slavonskog Broda po licenci EMD (Electro Motive Division) iz SAD-a. Lokomotiva je lakša, s manjom osovinskom masom u

odnosu na prethodne dvije lokomotive pa je pogodna za vuču na prugama s manjom dopuštenom osovinskom masom.

Lokomotiva ima ugrađen AC-DC (izmjenično-istosmjerni) tip električnog prijenosnika. Njezine osnovne značajke su:

- raspored osovina A1A A1A
- dužina preko odbojnika 16.942 mm
- Dieslov motor tipa 12-645 E3
- najveća snaga 1.700 kW pri 900 °/min
- glavni alternator tipa AR 6 D3
- vučni motor tipa D 77
- najveća brzina 124 km/h
- masa lokomotive 88 t
- osovinska masa 14,7 t
- promjer kotača, novi/istrošeni 1016/940 mm



Slika 3. Lokomotiva serije 2044

Izvor: 98 78 HŽ Mapper

### 3.2.4 Lokomotiva serije 2041

Lokomotiva serije 2041 prvenstveno je namijenjena za tešku manevru na velikim ranžirnim kolodvorima, ali i za vuču lakih putničkih vlakova. Ova serija lokomotive ima električni prijenosnik tipa DC-DC (istosmjerno-istosmjerni). Njezina isporuka počela je 1964.



godine, a proizvodila se u tvornici „Đuro Đaković“ po licenci Brissonneau et Lotz. Električna oprema je bila od tvrtke Končar, a Dizelov motor S.A.C.M tip V12ASH, snage 606 kW. Njezine osnovne značajke su:

- raspored osovina B'o B'o
- dužina preko odbojnika 14.680 mm
- najveća visina iznad GRT 4005 mm
- najveća širina lokomotive 2940 mm
- Dizelov motor tipa V12ASH
- najveća snaga motora 606 kW pri 1500 °/min
- glavni generator tipa ICK 682-6
- vučni motor tipa LM 90-2
- najveća brzina 80 km/h
- najmanja trajna brzina 14,5 km/h
- vučna sila pri pokretanju 157 kN
- masa lokomotive 64 t
- osovinska masa 16 t
- promjer kotača, novi/istrošeni 1100/1020 mm



Slika 4. Lokomotiva serije 2041

Izvor: 98 78 HŽ Mapper

### 3.2.5 Lokomotiva serije 2132

Dizelsko-hidraulična troosovinska lokomotiva ove serije namijenjena je manevarskom radu. Ona ima ugrađen dvotaktni Dieselov motor Jembacher tipa JW 400 ili JW 600. Ima

ugrađen hidraulički mjenjač tipa L26/St/U ili L24/St/U s mehaničkim dodatkom za dva stupnja prijenosa i promjenu smjera vožnje. Ove lokomotive se zbog zastarjelosti i nedostataka nekih sklopova postupno moderniziraju i rekonstruiraju. Tako je zamijenjen motor četverotaktnim Dieselskim motorom Jembacher tipa 212-DS A13. Uz zamjenu motora napravljena je i zamjena hidrodinamičkog mjenjača, pa je sada ugrađen mjenjač Voith tipa L3r4U2 koji omogućuje hidrodinamičko kočenje i prebacivanje smjera vožnje bez zaustavljanja lokomotive. Također je urađena i nova električna oprema s kompletnom zaštitom sklopova lokomotive bez nadzora strojovođe.

Neke od osnovnih značajki su:

- raspored osovina C
- dužina preko odbojnika 10.500 mm
- najveća visina iznad GRT 3652 mm
- najveća širina lokomotive 3020 mm
- Dieslov motor tipa JW 600
- najveća snaga motora 441 kW pri 1500 °/min
- hidrodinamički mjenjač tipa L26/St/U
- najveća brzina:
  - za manevarski režim (I. stupanj) 30 km/h
  - za vozni režim (II. stupanj) 60 km/h
- najmanja trajna brzina:
  - za manevarski režim (I. stupanj) 6 km/h
  - za vozni režim (II. stupanj) 12 km/h
- vučna sila pri pokretanju:
  - za manevarski režim (I. stupanj) 128 kN
  - za vozni režim (II. stupanj) 70 kN
- masa lokomotive 44 t
- osovinska masa 14,7 t



Slika 5. Lokomotiva serije 2132

Izvor: <http://www.zeljeznice.net>

### 3.3 Osnovne značajke električnih vučnih vozila

Elektrifikacija pruga na Hrvatski željeznicama izvedena je s dva sustava. Prvi sustav je s jednofaznom izmjeničnom strujom napona 25 kV i frekvencijom od 50 Hz, a drugi sustav je s istosmjernom strujom napona 3 kV. Zato su vučna vozila na Hrvatskim željeznicama izvedena tako da se mogu voziti na jednom od ova dva sustava elektrifikacije.

### 3.4 Električne lokomotive

Hrvatske željeznice koriste dvije osnovne serije električnih lokomotiva za izmjenični sustav napajanja. To su lokomotive serije 1141 i 1142. Na seriji 1141 se postupno izvodi rekonstrukcija na uređaju za upravljanje. Za istosmjerni sustav napajanja koristi se samo jedna serija lokomotiva i to serija 1061 u osnovnoj i rekonstruiranoj izvedbi. Na Hrvatskim željeznicama ove serije lokomotiva više se ne koriste.

#### 3.4.1 Lokomotiva serije 1141

Ova električna lokomotiva serije 1141 je univerzalna četveroosovinska lokomotiva s pojedinačnim pogonom osovina. Proizvedena je u tvornici „Rade Končar“ iz Zagreba po licenci švedske tvrtke ASEA, a proizvodnja je počela 1970. godine. Izvedena je za napajanje izmjeničnom strujom napona 25 kV i frekvencijom 50 Hz. Glavni elektromotorni pogon čine četiri kolektorska istosmjerna vučna elektromotora sa serijskom uzбудom. Motori se napajaju

valovitom istosmjernom strujom dobivenom preko ispravljača sa silicijskim diodama i svaki motor ima svoj zasebni ispravljač.

Brzina ovih lokomotiva regulira se visokonaponskim regulatorom, biračem napona, pomoću kojeg se omogućuje promjena prijenosnog omjera glavnog transformatora u 40 stupnjeva. Posljednja tri stupnja izvode se sa slabljenjem uzbude.

Lokomotive serije 1141 izvedene su nekoliko podserija s odgovarajućim specifičnostima u tehničko-eksploatacijskim značajkama. A to su:

- podserija 1141 000 je osnovna izvedba ovih lokomotiva za najveću brzinu vožnje do 120 km/h. Na kasnijim izvedbama (1411 043) ugrađen je uređaj za podmazivanje grebena kotača
- podserija 1141 100 je također izvedena za najveću brzinu do 120 km/h i ima ugrađen uređaj za podmazivanje grebena kotača. Uz to još ima ugrađenu opremu za električno kočenje i višestruko upravljanje
- podserija 1141 200 izvedena je za nešto veću brzinu, do 140 km/h i ima ugrađenu opremu za višestruko upravljanje i uređaj za podmazivanje grebena kotača.

Tijekom eksploatacije na lokomotivama serije 1141 izvedene su različite modifikacije pa neke od podserija imaju određene razlike. Najveći zahvat je bio u rekonstrukciji upravljanja, a odnosi se na regulaciju napona na vučnim motorima pomoću birača napona koja se zamjenjuje tiristorskom regulacijom i digitalnim upravljanje. Ostale promjene odnose se na pomoćne pogone te poboljšanja u upravljačkim strujnim krugovima i vučnim strujnim krugovima.

Osnovne značajke lokomotive podserije 1141 000 su:

- raspored osovina B'o B'o
- trajna snaga za vuču 3860 kW
- satna snaga za vuču 4080 kW
- najveća brzina vožnje 120 km/h
- najveća vučna sila pri pokretanju:
  - 5-minutni režim 278 kN
  - satni režim 189 kN
  - trajni režim 176 kN
- dužina preko odbojnika 15.470 mm
- najveća visina iznad GRT 4650 mm



- najveća širina lokomotive 3100 mm
- vučni motor tipa ISVK 644-8
- masa lokomotive 78 t
- osovinska masa 19,5 t
- promjer kotača, novi/istrošeni 1250/1170 mm



Slika 6. Lokomotiva serije 1141 031

Izvor: 98 78 HŽ Mapper



Slika 7. Lokomotiva serije 1141 108

Izvor: 98 78 HŽ Mapper



Slika 8. Lokomotiva serije 1141 203

Izvor: 98 78 HŽ Mapper

### 3.4.2 Lokomotiva serije 1142

Električna lokomotiva serije 1142, kao i lokomotiva serije 1141, je univerzalna četveroosovinska lokomotiva s pojedinačnim pogonom osovina. Također ju je proizvela tvornica „Rade Končar“ iz Zagreb, a proizvodnja je započela 1981. godine. Izvedena je za napajanje izmjeničnom strujom napona 25 kV i frekvencije 50 Hz. Glavni elektromotorni pogon ove lokomotive čine četiri kolektorska istosmjerna vučna elektromotora s neovisnom uzбудom. Ti elektromotori se napajaju valovitom istosmjernom strujom dobivenom preko tiristorskih ispravljača. Pogon je podijeljen na dvije jednake dvomotorne jedinice. Svaka od tih jedinica ima po dva vučna elektromotora koji se još napajaju sa zajedničkog sekundarnog namota glavnog transformatora preko po dva u seriji spojena asimetrična tiristirska mosta i pojedinačnih prigušnica za smanjenje valovitosti ispravljene struje.

Napon vučnih motora, odnosno brzina vožnje regulira se promjenom kuta paljenja tiristora u ispravljačima. U režimu automatske vožnje regulator brzine omogućuje automatski prijelaz iz režima vuče u režim električnog kočenja i obrnuto, radi održavanja zadane brzine.

Ova lokomotiva može biti izvedena za različite brzine (120, 140 i 160 km/h) koje ovise o ugrađenim reduktorima između vučnih elektromotora i pogonskih osovina

Osnovne značajke lokomotive za maksimalnu brzinu do 120 km/h su:

- raspored osovina B'o B'o
- trajna snaga za vuču 440 kW
- trajna snaga za električno kočenje 2400 kW
- najveća brzina 120 km/h

- najveća vučna sila pri pokretanju:
  - režim od 30 s, 2300 A 410 kN
  - trajni režim, 1330 A 226 kN
- dužina preko odbojnika 15.860 mm
- najveća visina iznad GRT 4630 mm
- najveća širina lokomotive 3100 mm
- vučni motori tipa IVK 644-8
- masa lokomotive 82 t
- osovinska masa 20,5 t
- promjer kotača, novi/istrošeni 1250/1140 mm



Slika 9. Lokomotiva serije 1142

Izvor: 98 78 HŽ Mapper

### 3.5 Dizel-električni motor vlakovi

Dizel-električni motorni vlakovi su isključivo namijenjeni prijevozu putnika i vrlo su lagana. Na prugama u Republici Hrvatskoj počeli su se pojavljivati 1955. godine pod nazivom šinobusi. Danas na prugama u Republici Hrvatskoj postoje četiri serije ovih vlakova, od kojih je jedna serija izvedena s električnim prijenosnikom snage, dvije s hidrauličkim prijenosnikom snage i jedna serija s mehaničkim prijenosnikom snage.



### 3.5.1 Dizel-motorni vlak serije 7121

Dizel-motorne vlakove ove serije počela je proizvoditi tvornica Đuro Đaković 1980. godine iz Slavenskog Broda u suradnji sa španjolskom tvrtkom Macosa. Vlakovi ove serije napravljeni su na temelju konstrukcije i karakteristika motornih vlakova MAN serije 614 i MAN serije 624 koji su u vlasništvu Njemačkih željeznica d.d. i eksploatacijskih iskustava s njima. Također su bili rađeni na osnovi trodijelnih vlakova serije B712/A716/B714 koji su proizvedeni 1976. godine od strane tvrtke Macosa za potrebe Makedonske željeznice.

Ovaj motorni vlak se sastoji od motornog vagona (M) i prikolice (P) s osovinskim rasporedom B' B' + 2' 2'. Napravljeni su za najveću brzinu od 120 km/h. Imaju dva potpodna dizelska motora s najvećom vučnom snagom od 368 kW. Motor je četverotaktan s izravnim ubrizgavanjem. Prijenosnik snage je hidrodinamički.

Automatsko središnje kvačilo na krajevima i poluautomatsko između vagona omogućuje sastavljanje vlakova i garnitura u nekoliko kombinacija kao što su M – P, M – M, M – P – M – P, M – P – M – P – M – P.

Duljina vlaka je 44200 mm, motorni vagon je 22100 mm, a prikolice je 22100 mm. Širina sanduka vlaka je 2850 mm, a visina od gornje ruba tračnice do krova je 3640 mm. Vlak podserije 000 ima masu od 67 tona i osovinsko opterećenje od 12 t/os. Ima 212 mjesta za putnike od kojih je 144 sjedeća, a 68 mjesta za stajanje.



Slika 10. Dizel-motorni vlak serije 7121

Izvor: 98 78 HŽ Mapper

### 3.5.2 Dizel-hidraulični vlak serije 7122

Dizel-hidraulični vlak serije 7122 proizvele se švedska tvrtka Kalmar i talijanska tvrtka Fiat-Ferroviala 1980. i 1981. godine. Na prugama Republike Hrvatske počeo je voziti 1996. godine. Pogone ga dva dizelska motora tipa Büssin U10 sa 147 kW snage pri 2000 o/min, dva Bosch hidrostatska automatska prijenosnika snage i dva kardanska vratila koja služe za prijenos okretnog momenta na pogonsku osovinu. Raspored osovina mu je (1A)'(A1)'. Oprema za vuču mu je smještena ispod poda između okretnih postolja.

Ukupni osovinski razmak mu je 17770 mm, a dužina preko odbojnika 24400 mm. Širina sanduka mu je 2880 mm. Najveća visina od gornjeg ruba tračnice je 3700 mm.



Slika 11. Dizel-hidraulički vlak serije 7122

Izvor: 98 78 HŽ Mapper

## 4. Eksploatacijski pokazatelji vučnih vozila

Racionalizacija u eksploataciji vučnih vozila vrlo je bitna jer se radi o osnovnoj pokretačkoj snazi željeznice. Efikasno korištenje sredstava nalazi se u njihovom maksimalnom radu, što znači da se vremena čekanja vučnih vozila moraju svesti na minimum. Takvo racionalno korištenje vučnih sredstava postiže se što kraćim zadržavanjima lokomotive u matičnom i obrtnom kolodvoru, što manjoj potrebi lokomotiva za vuču i što većoj kilometraži u službi, te što boljoj organizaciji pojedinog vozila, da vuče što više vlakova na dnevnoj bazi.

Pokazatelji se dijele na kvantitativne i kvalitativne. U kvantitativne pokazatelje spadaju vozni kilometri, koji su opći pokazatelj prijeđenih kilometara vučnog vozila, a dobiju se množenjem količine kilometara s količinom vlakova. U kvantitativne pokazatelje još spadaju i bruto-tonski kilometri (brtkm) koji predstavljaju umnožak bruto tona i količine prijeđenih kilometara. Također u kvantitativne pokazatelje spadaju još i kilometri sporednog hoda, tj. prazne vožnje i sporedni rad lokomotive u svojstvu zaprege ili potiskivalice, vrijeme vožnje predviđeno voznim redom u koje nisu uračunata zadržavanja, lokomotivski dani što je pokazatelj vremena korištenja lokomotive u trajanju od 24 sata i broj izdanih vozila što je ukupni broj izdanih lokomotiva, a dobije se izdavanjem i predajom lokomotiva u promet. U kvalitativne pokazatelje spadaju prosječno opterećenje vučnog vozila, prosječna duljina vučnog sektora, komercijalna i tehnička brzina, obrt vučnog vozila, prosječno dnevno trčanje, rad vučnog vozila tijekom dana, koeficijent sporednog rada i produktivnost vučnog vozila.

### 4.1 Prosječno opterećenje vučnog vozila

Prosječno opterećenje vučnog vozila se označava velikim slovom Q i to je prosječna bruto-masa jednog vlaka koje se odnosi na jednu lokomotivu. Računa se iz odnosa bruto-tonskih i voznih kilometara.

$$Q = \frac{\sum Brtkm}{\sum NL} \quad [t/lok]$$

Pri čemu je:

$\sum Brtkm$ - ukupni ostvareni kilometri koji se sastoje od tovarnih i praznih kilometara vožnje.

$$\sum Brtkm = \sum Brtkm_{tov} + \sum Brtkm_{praz} [t]$$

$\sum NL$ - ukupni lokomotivski kilometri (N broj vozila, L udaljenost koju je lokomotiva prešla). Ovaj se pokazatelj može odnositi i na ukupne lokomotivske, što znači i kilometre sporednog rada lokomotive.

$$Q = \frac{\sum Brtkm}{\sum NL + \sum MS} [t/lok]$$

pri čemu je:

$\sum MS$  – su lokomotivski kilometri u sporednom radu (M broj lokomotiva, S su lokomotivski kilometri u sporednom radu)

Glavni elementi, o kojima ovisi prosječno opterećenje vučnog vozila, su:

- instalirana snaga vučnog vozila
- uzdužni profil pruge
- određeno vozno vrijeme
- raspoloživa količina robe za prijevoz

Prva dva elementa su fiksna, zato što instalirana radna snaga vozila pripada u osnovne performanse lokomotive, a uzdužni profil je uvjetovan topografskim prilikama i građevinskom izvedbom trase.

## 4.2 Prosječna komercijalna i tehnička brzina

Brzina je jedan od važnijih pokazatelja efikasnosti željezničkog prometa. Brzina kojom se neka vrsta robe može prevesti željeznicom najviše će zanimati korisnika usluge koju željeznica pruža. Prema tome, bitno je da željeznica može ponuditi što veću moguću brzinu. Ali, kao i mnogi parametri prije, i na brzinu mogu utjecati mnogi uvjeti i tako onemogućiti davatelju usluge da pruži najveću moguću brzinu.

Postoji nekoliko brzina koji pokazuju vremensku efikasnost. Neke od njih su:

1. Prosječna komercijalna (dionička) brzina – ona izražava prosječnu brzinu prijevoza robe vlakom u kilometrima na sat. Dobiva se iz odnosa količine prijeđenog puta i ukupnog vremena putovanja vlaka.

$$V_k = \frac{L}{\sum t_v + \sum t_z} \left[ \frac{km}{h} \right]$$

pri čemu je:

L – duljina dionice na kojoj vlak prometuje [km]

$\sum t_v$  - vrijeme vožnje na dionici [h]

$\sum t_z$  – ukupno vrijeme zadržavanja vlaka po međukolodvorima na dionici L [h]

Ako nisu poznati  $t_v$  i  $t_z$ , komercijalna brzina može se izračunati i na sljedeći način:

$$V_k = \frac{\sum NL}{\sum NT} \left[ \frac{km}{h} \right]$$

gdje je:

$\sum NL$  – ukupni vozni kilometri [km]

$\sum NT$  – ukupni vozni sati [h]

2. Maksimalna brzina vlaka – to je brzina kojom se vlak može kretati na određenoj dionici pruge. Ovisi o tome u kakvom je stanju pruga, mogućnosti lokomotive, kočenju vlaka, o sastavu vlaka, mjestu i položaju lokomotive u vlaku itd.

3. Tehnička brzina – razlikujemo dvije vrste tehničkih brzina. Čista tehnička i tehnička brzina.

Čista tehnička brzina može se izračunati kada se od vremena vožnje oduzmu dodatna vremena, kao što su ubrzavanja i kočenje vlaka.

$$V_{\check{c}t} = \frac{L}{\sum t_v - \sum t_{dod}} \left[ \frac{km}{h} \right]$$

$\sum t_{dod}$  - dodatna vremena

Tehnička brzina je prosječna brzina kojom se vlak kretao na određenoj dionici i dobije se iz odnosa duljine te dionice i vremena vožnje na toj dionici.

$$V_t = \frac{L}{t_v} \left[ \frac{km}{h} \right]$$



Stavlja li se u odnos komercijalnu brzinu prema tehničkoj, dobit ćemo koeficijent komercijalne brzine  $\beta$ .

$$\beta = \frac{V_k}{V_t}$$

4. Maršrutna brzina – je prosječna brzina vožnje maršrutnog vlaka. Ovi vlakovi prevoze jednoskupnu ili višeskupnu robu s prelaskom preko barem jednog ranžirnog kolodvora bez rasformiranja. Ona se dobije iz odnosa duljine relacije i vremena vožnje, vremena zadržavanja i vremena tranzitiranja vlaka.

$$V_m = \frac{L}{\sum t_v + \sum t_z + \sum t_{trz}} \left[ \frac{km}{h} \right]$$

$\sum t_{trz}$  - ukupno vrijeme zadržavanja vlaka u tehničkim kolodvorima

5. Stvarna brzina – je brzina kojom se vlak stvarno kreće, tj. brzina kojom se vlak može kretati zbog utjecaja čimbenika kao što su masa vlaka i mjerodavni otpori koji se pojavljuju tijekom vožnje, karakteristike lokomotive. Ona može biti manja ili jednaka od maksimalne,  $V_{st} \leq V_{max}$ .

### 4.3 Prosječno dnevno trčanje

Ovaj pokazatelj također spada u vremensko korištenje lokomotive, on pokazuje koliko je lokomotiva pretrčala u jednom danu (S). Trčanje lokomotive predstavlja sinonim koji se koristi u željeznici a odnosi se na kretanje lokomotive. Ako je lokomotiva tijekom dana prešla 400 km, onda se kaže da je pretrčala 400 km. Prema tome, prosječno dnevno trčanje se može izračunati prema ovom izrazu:

$$S = \frac{2 * L * 24}{\Theta} = \frac{48 * L}{\Theta} \left[ \frac{km}{dan} \right]$$

pri čemu je:

$\Theta$  – puni obrt lokomotive [h]

Prema tome, prosječna duljina vučnog sektora se računa pomoću slijedeće formule:

$$L = \frac{S * \Theta}{48} [km]$$

Ako lokomotiva mora obaviti servis ( $\theta_s$ ), onda će to utjecati na smanjenje dnevnog trčanja ( $S_s$ ):

$$S_s = \frac{48 * L}{\theta_s} \left[ \frac{km}{dan} \right]$$

Stoga je prosječno dnevno trčanje veće od prosječnog dnevnog trčanja sa servisom  $S_s < S$ .  
Prosječno dnevno trčanje može se još izračunati pomoću ovog izraza:

$$S = \frac{\sum NL + \sum MS}{\theta} \left[ \frac{km}{dan} \right]$$

gdje je:

$\sum NL$  – ukupni vozni kilometri (N - broj vozila, L – udaljenost)

$\sum MS$  – kilometri sporednog rada (M – broj lokomotiva, S – kilometri u sporednom radu)

#### 4.4 Rad vučnog vozila tijekom dana

Ovaj pokazatelj također spada u skupinu vremenskih pokazatelja, a pokazuje nam koliko je lokomotiva, od ukupnog vremena, provela u vožnji, mjeri se u satima i računa se prema sljedećem izrazu:

$$T_l = \frac{S}{V_k} \left[ \frac{sati}{dan} \right]$$

Ako se radi o dnevnom trčanju sa servisom ( $S_s$ ), odnosno o punom obrtu sa servisom ( $\theta_s$ ), tada je ( $T_{ls}$ ):

$$T_{ls} = \frac{S_s}{V_k} \left[ \frac{sati}{dan} \right]$$

Stoga je  $T_{ls} < T_l$ .

#### 4.5 Koeficijent sporednog rada lokomotiva

Koeficijent sporednog rada lokomotiva je odnos sporednih i voznih kilometara, označava se sa  $\beta_1$  i računa se preko sljedeće formule:

$$\beta_1 = \frac{\sum MS}{\sum NL}$$

Također se može izračunati i preko formule:

$$\beta_2 = \frac{\sum MS}{\sum NL + \sum MS}$$
$$\beta_1 < \beta_2$$

#### 4.6 Potreban broj lokomotiva i koeficijent potrebe lokomotiva

Potreban broj lokomotiva za jedan dan izražava se pomoću koeficijenta potrebe lokomotiva, a on se dobiva iz odnosa obrta i dnevnog broja sati:

$$K = \frac{\theta}{24}$$

Potreban broj lokomotiva za vuču vlakova može se izračunati ako je poznat broj pari vlakova i to pomoću formule:

$$M_v = K \cdot N \text{ [lok]}$$

Budući da se dio lokomotiva nalazi na tekućem popravku ( $M_{op}$ ), radni park se mora povećati:

$$M = M_v + M_{op} \text{ [lok]}$$

Broj lokomotiva za tekući popravak dobiva se pomoću postotka neispravnih lokomotiva, prema izrazu:

$$M_{op} = \frac{M_v \cdot p}{100 - p} \text{ [lok]}$$

Ako se u jednadžbu prije, umjesto  $M_{op}$  uvrsti desna strana jednadžbe, dobije se ukupni radni park lokomotiva (M):

$$M = M_v \cdot \left(1 + \frac{p}{100 - p}\right) \text{ [lok]}$$

Ako se dodaju još neke veličine iz eksploatacije vagona, može se izračunati broj lokomotiva za dnevnu vuču vlakova ( $M_{izd}$ ), pomoću sljedećeg izraza:

$$M_{izd} = \frac{U \cdot l(1 + \beta)}{2 \cdot L \cdot m} \text{ [lok]}$$

gdje je:

U – rad s vagonima

l – prosječna duljina trčanja vagona u tijeku obrta

m – prosječan broja vagona u vlaku

Potreban broj lokomotiva za vuču vlakova ( $M_v$ ) može se izraziti iz relacije:

$$M = M_{izd} \cdot K \text{ [lok]}$$

Ako se umjesto desne strane jednadžbe uvrste ranije poznati izrazi, dobije se također potreban broj lokomotiva za vuču ( $M_v$ ):

$$M_v = \frac{U \cdot l(1+\beta)}{2 \cdot L \cdot m} \cdot \frac{\theta}{24} \text{ [lok]}$$

## 5. Obrt vučnog vozila

Obrt lokomotive je pokazatelj iskorištenja lokomotive u nekom vremenskom periodu i ujedno je najvažniji vremenski pokazatelj. Vučno vozilo (lokomotiva), se u osnovi daje u proizvodni ciklus ili zadatak tako što lokomotivu iz matičnog kolodvora predaje služba vuče u obavljanje nekog zadatka. Nakon izvršenog zadatka (ili više njih), lokomotiva se vraća u matični depo. Osim u matičnom depou, lokomotiva se djelomično oprema i zadržava i u obrtnom depou. Tamo se zadržava do prihvata povratnog vlaka po turnusu ili izvan predviđenog turnusa. Znači, obrt obuhvaća vrijeme od izdavanja lokomotive na graničniku u matičnom depou do novog izdavanja iste lokomotive na istom graničniku.

Obrt vučnog vozila se dijeli na tri oblika:

- 1) Puni obrt lokomotive
- 2) Puni obrt lokomotive sa servisom
- 3) Eksploatacijski obrt lokomotive

### 5.1 Puni obrt lokomotive

Kod punog obrta lokomotive ukupno vrijeme između dvaju izdavanja lokomotive analitički se može raščlaniti na sljedeća vremena:

- priprema vlaka i isprobavanje kočnica ( $t_{mat}$ )
- putovanje lokomotive od graničnika do vlaka ( $t_{mat}$ )
- putovanje po pruzi od kolodvora matičnog depoa do kolodvora obrtnog depoa ( $t_{voz}$ )
- zadržavanje lokomotive na vlaku po dolasku u kolodvor obrtnog depoa ( $t_{ob}$ )
- putovanje od vlaka do graničnika u kolodvoru obrtnog depoa ( $t_{ob}$ )
- servis lokomotive ( $t_{ob}$ )
- predaja i smještaj lokomotive ( $t_{ob}$ )
- pripremu, preuzimanje lokomotive i vožnju do graničnika ( $t_{ob}$ )
- vožnja od graničnika do vlaka ( $t_{ob}$ )
- proba kočenja i priprema vlaka ( $t_{ob}$ )
- putovanje po pruzi od kolodvora obrtnog depoa do kolodvora matičnog depoa ( $t_{voz}$ )

- zadržavanje lokomotive na vlaku po dolasku u kolodvor matičnog depoa ( $t_{ob}$ )
- vožnja od vlaka do graničnika u kolodvoru obrtnog depoa ( $t_{ob}$ )
- servis lokomotive ( $t_{mat}$ )
- čekanje na sljedeću vožnju ( $t_{mat}$ )
- preuzimanje i vožnja lokomotive do graničnika ( $t_{mat}$ )

Kao što se vidi, svako vrijeme pripada jednom od tri člana obrta,  $t$  – vozno,  $t$  – matično,  $t$  – obrtno. Ako se ta tri člana stave u matematički izraz, dobije se formula:

$$T = t_{voz} + t_{mat} + t_{ob} \text{ [sati]}$$

ili kao:

$$\Theta = \frac{2L}{V_k} + t_{mat} + t_{ob} \text{ [sati]}$$

pri čemu je:

$2L$  – dva smjera vučnog sektora (u km)

$t_{mat}$  – zadržavanje lokomotive u matičnom depou ili u kolodvoru matičnog depoa (u satima)

$t_{ob}$  – zadržavanje lokomotive u obrtnom depou ili kolodvoru obrtnog depoa (u satima)

## 5.2 Puni obrt lokomotive sa servisom

Puni obrt sa servisom je vrijeme koje je lokomotiva provela između dvaju izdavanja lokomotiva uvećan za vrijeme koje je lokomotiva provela na servisu.

$$\Theta_s = \frac{2L}{V_k} + t_{mat} + t_{ob} + t_s \text{ [sati]}$$

gdje je:

$t_s$  – prosječno vrijeme koje lokomotiva provela na servisu i koje se odnosi na jedan obrt

To prosječno vrijeme se može izračunati pomoću sljedeće formule:

$$t_s = \frac{T_s}{N} \text{ [sati]}$$

gdje je:

$T_s$  – ukupno vrijeme servisa

$N$  – broje vlakova koje je lokomotiva vukla između servisa

### 5.3 Eksploatacijski obrt

Ovaj obrt obuhvaća vrijeme od jednog izdavanja lokomotive na graničniku matičnog depoa do njezinog drugog izdavanja na tom istom graničniku na istom depou. Time je prva formula svedena na svega dva člana i u tome slučaju nema zadržavanja u kolodvoru matičnog depoa, nego je to zadržavanje poistovjećeno sa zadržavanjem u kolodvoru obrtnog depoa.

S toga formula glasi:

$$\theta_e = \frac{2L}{V_k} + t_{ob} \text{ [sati]}$$

## 6. Izračun obrta garnitura

U nastavku završnog rada biti će izračunati svi obrti sa svim potrebnim elementima. Zadana je dionica između Varaždina i Golubovca u dužini od 34 km, kojom prometuju dvije garniture vlakova. Vlak koji vozi ovom prugom je dizel-motorni vlak serije 7121. Vrijeme koje prva garnitura vlaka provede na servisu je 2 sati. Prva garnitura vlaka se u matičnom depou i kolodvoru matičnog depoa zadržava 15,7 sati, a u obrtnom depou i kolodvoru obrtnog depoa 2,8 sati. Vrijeme trajanja ukupne vožnje prve garniture između matičnog i obrtnog kolodvora traje 5,5 sati. Broj pari vlakova prve garniture iznosi 3 para vlakova. Vrijeme koje druga garnitura vlaka provede na servisu je 2 sata. Druga garnitura vlaka se u matičnom depou i kolodvoru matičnog depoa zadržava 10,2 sata, a u obrtnom depou i kolodvoru obrtnog depoa 1,8 sati. Vrijeme trajanja ukupne vožnje druge garniture između matičnog i obrtnog kolodvora traje 12 sati. Potrebno je izračunati, puni obrt, eksploatacijski obrt i obrt sa servisom za obadvije garniture vlakova.

Podatci:

- prva garnitura:
  - $L = 34$  km
  - $N = 3$  pari vlakova
  - $t_s = 2$  sati
  - $t_{mat} = 15,7$  sati
  - $t_{ob} = 2,8$  sati
  - $t_p = 5,5$  sati
  
- druga garnitura:
  - $L = 34$  km
  - $N = 7$  pari vlakova
  - $t_s = 2$  sati
  - $t_{mat} = 10,2$  sati
  - $t_{ob} = 1,8$  sati
  - $t_p = 12$  sati



Potrebno je izračunati:

- $V_k = ?$
- $\theta = ?$
- $\theta_e = ?$
- $\theta_s = ?$

Najprije je potrebno izračunati komercijalnu brzinu za svaku garnituru.

Prva garnitura:

$$V_k = \frac{L}{\Sigma t_v + \Sigma t_z} = \frac{L \cdot 2N}{\Sigma t_p} = \frac{34 \cdot 6}{5,5} = 37,09 \text{ km/h}$$

Druga garnitura:

$$V_k = \frac{L}{\Sigma t_v + \Sigma t_z} = \frac{L \cdot 2N}{\Sigma t_p} = \frac{34 \cdot 14}{12} = 39,67 \text{ km/h}$$

Poslije izračuna komercijalne i tehničke brzine slijede obrti za svaku garnituru. Prvo ćemo izračunati puni obrt:

Prva garnitura:

$$\begin{aligned} \theta &= t_{voz} + t_{mat} + t_{ob} = \frac{2L}{V_k} + t_{mat} + t_{ob} = \\ &= \frac{2 \cdot 34}{34} + 15,7 + 2,8 = 20,33 \text{ [h]} \end{aligned}$$

Druga garnitura:

$$\begin{aligned} \theta &= t_{voz} + t_{mat} + t_{ob} = \frac{2L}{V_k} + t_{mat} + t_{ob} = \\ &= \frac{2 \cdot 34}{34} + 10,2 + 1,8 = 13,71 \text{ [h]} \end{aligned}$$

Nakon punog obrta slijedi puni obrt sa servisom:

Prva garnitura:

$$\begin{aligned} \theta_s &= \frac{2L}{V_k} + t_{mat} + t_{ob} + t_s = \theta + t_s = \\ &= 20,33 + 2 = 22,33 \text{ [h]} \end{aligned}$$

Druga garnitura:

$$\begin{aligned}\theta_s &= \frac{2L}{V_k} + t_{mat} + t_{ob} + t_s = \theta + t_s = \\ &= 13,71 + 2 = 15,71 \text{ [h]}\end{aligned}$$

Nakon obrta sa servisom računa se eksploatacijski obrt:

Prva garnitura:

$$\theta_e = \frac{2L}{V_k} + t_{ob} = \frac{2*34}{37,09} + 2,8 = 4,63 \text{ [h]}$$

Druga garnitura:

$$\theta_e = \frac{2L}{V_k} + t_{ob} = \frac{2*34}{39,67} + 1,8 = 3,5 \text{ [h]}$$

Tablica 1. Usporedba tehnoloških parametara obrta garnitura

	$V_k$ [km/h]	$\theta$ [sati]	$\theta_e$ [sati]	$\theta_s$ [sati]
I	37,09	30,33	4,63	22,35
II	39,67	13,71	3,5	15,71

## 7. Zaključak

Osnovna djelatnost željeznice je prijevoz, a tehnologiju prijevoza određuju vozila kojima se taj prijevoz obavlja. Prvotno je to bila parna vuča, koja je bila loša zbog loše korisnosti (6 – 12%). Nakon parne došla je dizelska vuča, koja je po mnogim karakteristikama bolja od parne, a jedna je od njih bolja korisnost (25 – 32%). Poslije parne i dizelske vuče uslijedila je električna vuča koja je imala mnogobrojne prednosti u odnosu na ostale oblike prometa, stoga je i najraširenija u svijetu. Jedini su nedostatak velika početna investicijska sredstva.

Proračun obrta koji je objašnjen u ovome radu pokazuje na koji način izračunati koliko je lokomotiva radila tijekom dana, previše ili premalo. U ovom slučaju izračuna obrta i njegovih povezanih segmenata može se zaključiti da je situacija relativno povoljna s obzirom da su nam obadviije garniture vlakova dobro iskorištene. Ako se želi još više poboljšati iskoristivost trebaju se ulagati naponi da se održava vozni park, ulaže u nova vučna sredstva, a ujedno i povećća kvaliteta infrastrukture, tj. pruga po kojima se kreću vučna vozila.

## Literatura

1. Abramović, B., Brnjac, N., Petrović, M.: Inženjersko-tehnološki proračuni u željezničkom prometu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2009.
2. Badanjak, D., Bogović, B., Jenić, V.: Organizacija željezničkog prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006.
3. Švaljek, I., Kožulj, T., Bošnjak, M.: Tehničko-eksploatacijski pokazatelji i značajke vučnih vozila Hrvatskih željeznica, Hrvatske željeznice, Zagreb, 2003.
4. Zavada, J.: Željeznička vozila i vuča vlakova; Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2004.
5. Grafikon 8a, HŽ Infrastruktura, Zagreb, 2015. (pristupljeno 30.08.2016.)

## Popis slika

1. Slika 1. Lokomotiva serije 2062
2. Slika 2. Lokomotiva serije 2063
3. Slika 3. Lokomotiva serije 2044
4. Slika 4. Lokomotiva serije 2041
5. Slika 5. Lokomotiva serije 2132
6. Slika 6. Lokomotiva serije 1141 031
7. Slika 7. Lokomotiva serije 1141 108
8. Slika 8. Lokomotiva serije 1141 203
9. Slika 9. Lokomotiva serije 1142
10. Slika 10. Dizel-motorni vlak serije 7121
11. Slika 11. Dizel-hidraulički vlak serije 7122

## Popis tablica

Tablica 1. Usporedba tehnoloških parametara obrta garnitura

## METAPODACI

**Naslov rada:** Analiza obrta vučnog vozila u željezničkom prometu

**Student:** Hrvoje Bubalović

**Mentor:** doc. dr. sc. Borna Abramović

**Naslov na drugom jeziku (engleski):**

Analysis of Locomotives Turnover in Railway Traffic

**Povjerenstvo za obranu:**

- doc. dr. sc. Mladen Nikšić, predsjednik
- doc. dr. sc. Borna Abramović, mentor
- prof. dr. sc. Tomislav Josip Mlinarić, član
- prof. dr. sc. Zdravko Toš, zamjena

**Ustanova koja je dodijelila akademski stupanj:** Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu

**Zavod:** za željeznički promet

**Vrsta studija:** Preddiplomski

**Studij:** Promet

**Datum obrane završnog rada:** 16.09.2016.

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj

Završni rad

---

isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu

pod naslovom **Analiza obrta vučnog vozila u željezničkom prometu**

---

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student/ica:

U Zagrebu, 5.9.2016

---

(potpis)