

РД

17544



300117937



COBISS

Univerzitet u Beogradu
Građevinski fakultet

Mr Popović J. Zdenka, dipl. građ. inž.

OPTIMIZACIJA RANŽIRNO · OTPREMNOG
DELA GRAVITACIONE RANŽIRNE
STANICE

Doktorska disertacija

Beograd
2000.

PA 17544

10011 70

UNIVERZITET U BEOGRADU
GRAĐEVINSKI FAKULTET

Mr Popović J. Zdenka, dipl. građ. inž.

OPTIMIZACIJA RANŽIRNO-OTPREMNOG DELA
GRAVITACIONE RANŽIRNE STANICE

DOKTORSKA DISERTACIJA

BEOGRAD, juli 2000. godine

СРЕДНИЙ МАКРОРЕГИОН - 581700
95 117937



Komentor:

Prof.dr Savo Janjić,dipl.građ.inž.
Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu

Članovi komisije:

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

Datum odbrane: _____, Beograd

Apstrakt

U disertaciji je prikazan iterativni postupak razvoja generalnog rešenja gravitacione ranžirne stanice zasnovan na koordinaciji projekta stanice u svim fazama projektovanja sa prostornim planiranjem i zaštitom životne sredine.

Osnovni problem koji disertacija razmatra je optimizacija rešenja ranžirno-otpremnog dela gravitacione ranžirne stanice. Istražene su mogućnosti za povećanje kapaciteta postojećih i novih gravitacionih ranžirnih stanica, korišćenjem poboljšanja u oblasti tehnologije rada u stanici, njenim uključivanjem u informacioni sistem, kao i korišćenjem savremenih postupaka kočenja na ranžirnoj rampi.

Prikazan je postupak dinamičke specijalizacije ranžirnih koloseka, koji se može primeniti u stanicama uključenim u informacioni sistem.

Ukazano je na dve osnovne modifikacije rešenja ranžirno-otpremnog dela stanice: rešenje sa zasebnom ranžirnom i otpremnom grupom i rešenje sa objedinjenom ranžirno-otpremnom grupom, ispitane su posledice dodeljivanja realizacije zadataka otpreme ranžirnim kolosecima.

Dat je prikaz rešenja gravitacionih stanica u svetu, sa posebnim osvrtom na rešenje ranžirno-otpremnog dela stanice. Istaknute su prednosti i nedostaci obe modifikacije rešenja ranžirno-otpremnog dela, uz stav da na konačno opredeljenje najviše utiče obim i vrsta ranžirnog zadatka.

U poglavlju 7 prikazana je primena Teorije masovnog opsluživanja za određivanje potrebnog broja ranžirnih i otpremnih koloseka, kao i primena postupka simulacije procesa na odgovarajućim izlaznim grlima ranžirno-otpremnog dela gravitacione ranžirne stanice.

U poglavlju 6 obrađen je poseban problem povezivanja rada gravitacione ranžirne stanice i bliske robne stanice.

U poglavlju 8 data opšta matrica ciljeva i kriterijuma, koji u postupku višekriterijumske optimizacije treba da omoguće odabir funkcionalnog, bezbednog i ekonomičnog generalnog rešenja gravitacione ranžirne stanice, uklopljenog u planirani prostorni razvoj, sa prihvatljivim uticajima na okolnu životnu sredinu.

Pokazatelji navedeni u poglavlju 8 se u najvećoj meri neposredno, ili posredno određuju preko metodologije za razvoj generalnog rešenja gravitacione ranžirne stanice, koja je prikazana u disertaciji.

Ključne reči: Projektovanje gravitacione ranžirne stanice, generalni projekat, optimizacija.

Abstract

Within the Dissertation an iterative procedure for the development of a general solution of gravitation marshalling yard has been presented. This procedure is being based on the co-ordination of a marshalling yard design during all the design phases including spatial planning and environment protection.

The essential problem treated by the Dissertation is the optimisation of the solution of the marshalling-dispatching part of the gravitation marshalling yard. Possibilities for the capacity increase of the existing and new gravitation marshalling yards have been investigated using improvements within the yard's work technology, its connection to an information system as well as using modern braking procedures at a gravitation marshalling yard.

A procedure for a dynamic specialisation of marshalling tracks within a yard has been presented, which can be applied at the yards connected to an information system.

Two essential modifications of the solution to the marshalling-dispatching part of a yard have been pointed out: a solution with a separate marshalling and dispatching groups and a solution with the integrated marshalling-dispatching group. Consequences of different dispatching task assignments to the marshalling tracks have been investigated as well.

Various marshalling yards solutions found around the World have been presented, with a special emphasis on the solutions of the marshalling-dispatching parts. Advantages and drawbacks of both solution modifications of the marshalling-dispatching parts have been stressed, with a conclusion that the final choice is been mostly affected by the size and the type of a marshalling task.

Chapter 7 presents the application of the "Theory of mass service" for defining the required number of marshalling and dispatching tracks, as well as an application of a simulation procedure onto the appropriate exit branches of the marshalling-dispatching part of a gravitation marshalling yard.

Within the Chapter 6 a specific problem of connecting the operation of a gravitation marshalling yard with a close-by freight station has been investigated.

Chapter 8 brings a general matrix of objectives and criteria, which should, within a multicriteria optimisation procedure, enable the choice of a functional, safe and economic general solution of the gravitation marshalling yard, incorporated into the pre-planned spatial development and with an acceptable impact on the environment.

Parameters stated in the Chapter 8 are mostly defined, either directly or indirectly, using the methodology for the marshalling yard general solution development, which has been presented in the Dissertation.

Keywords: *Gravitation marshalling yard design, Feasibility Study, Optimisation*

SADRŽAJ

	Strana
1 Uvod -----	1
2 Polje istraživanja u disertaciji -----	5
3 Istraživanje mogućnosti za povećanje efikasnosti rada gravitacione ranžirne stanice -----	10
3.1 Zavisnost kapaciteta ranžirnog brega od izabranog postupka ranžiranja i upravljanja -----	11
3.2 Povećanje brzine potiskivanja sastava na vrhu brega na osnovu dinamičke specijalizacije ranžirnih koloseka -----	12
3.3 Uslovi za dobar izbor redosleda rastavljanja vozova -----	14
3.4 Dinamička specijalizacija koloseka prijemne i otpremne grupe -----	14
3.5 Uticaj ranžirnotehničke opreme na kapacitet ranžirne rampe -----	15
3.5.1 Postupci kočenja i algoritmi za upravljanje radom grednih kolosečnih kočnica -----	17
3.5.2 Nove koncepcije kočenja i upravljanja -----	23
4 Optimalno korišćenje ranžirnih koloseka -----	26
4.1 Diskusija poboljšanja u odnosu na uobičajeni postupak rastavljanja -----	40
4.2 Proces nakupljanja kola na ranžirnim kolosecima -----	43
5 Realizacija zadataka otpreme novoformiranih sastava -----	49
5.1 Realizacija zadataka otpreme na kolosecima samostalne otpremne grupe -----	51
5.2 Realizacija zadataka otpreme na kolosecima ranžirno-otpreme grupe -----	52
5.2.1 Prednosti i nedostaci realizacije zadataka otpreme u ranžirno-otpremnoj grupi -----	55
5.3 Položaj, dimenzionisanje i opremanje koloseka za otpremu novoformiranih vozova iz ranžirne stanice -----	59
5.3.1 Principi za povezivanje ranžirne i otpremne grupe -----	62
5.3.2 Položaj i veze ranžirno-otpremnog dela gravitacione ranžirne stanice sa priključnim prugama -----	67
6 Povezivanje rada gravitacione ranžirne stanice i bliske robne stanice -----	72
6.1 Robna stanica položena neposredno uz ranžirne koloseke gravitacione ranžirne stanice -----	74
6.1.1 Osnovni uslovi koordinacije rada gravitacione ranžirne stanice i lokalnog robnog rada -----	89

7 Matematičko modeliranje ranžirno-otpremnog dela gravitacione ranžirne stanice	88
7.1 Analitičko modeliranje ranžirno-otpremnog dela gravitacione ranžirne stanice primenom primenom teorije masovnog opsluživanja.....	88
7.1.1 Dimenzionisanje i optimizacija ranžirne grupe primenom teorije masovnog opsluživanja	90
7.1.2 Dimenzionisanje i optimizacija ranžirno-otpremnog grupe primenom teorije masovnog opsluživanja	94
7.2 Simulaciono modeliranje ranžirno-otpremnog dela gravitacione ranžirne stanice primenom primenom teorije masovnog opsluživanja.....	102
8 Ciljevi i kriterijumi za vrednovanje varijanata generalnog rešenja gravitacione ranžirne stanice	110
9 Zaključak	128

PRILOZI

Prilog 1: Angažovanje prostora i kapaciteti, potrošnja energije i emitovanje štetnih materija različitih vidova teretnog saobraćaja

Prilog 2: Analitički model ranžirno-otpremnog dela gravitacione ranžirne stanice zasnovan na primeni teorije masovnog opsluživanja

Prilog 3: Simulacioni model izlaznog grla model ranžirno-otpremnog grupe gravitacione ranžirne stanice

Literatura

1. Uvod

Osnovna odlika i ujedno osnovni nedostatak teretnog saobraćaja na železnici je *neizbežnost ranžiranja*. Kako bi se ovaj nedostatak ublažio, železničke uprave se godinama bore da ranžirni rad na svojim mrežama koncentrišu i u što većoj meri automatizuju.

Osnove današnje koncepcije automatizacije gravitacionih ranžirnih stanica postavljene su još početkom šezdesetih godina. U Nemačkoj je u to vreme kao "probno kibernetičko ostrvo" izgrađena ranžirna stanica Seelze sa potpuno automatizovanim radom na ranžirnom bregu. Nakon toga je sagrađena moderna dvostrana gravitaciona ranžirna stanica Maschen, tada najveća na svetu.

Danas se najmodernije opremljenom gravitacionom ranžirnom stanicom u Evropi smatra stanica München Nord, koja je puštena u rad 1991. godine. Kapacitet ove stanice je 4000 kola/dan. Regulisanje brzina trkača na ranžirnoj rampi ostvareno je pomoću dva reda kolosečnih grednih kočnica, a fina regulacija ciljne brzine trkača ostvarena je na trećoj kočionoj poziciji na ranžirnim kolosecima. Upravljanje skretnicama (ukupno 356 skretnica) je elektronsko.

U Evropi su paralelno razvijani i drugi postupci za regulisanje brzina trkača, kao npr. poznati kvazikontinualni postupak zasnovan na primeni velikog broja pojedinačnih kočnica (Dowty-retarder, TKS-Thyssen-retarder).

U međuvremenu je došlo do daljeg razvoja tehnike, što omogućava formiranje novih rešenja, koja bi se korisno mogla upotrebiti za povećanje kapaciteta već postojećih, odnosno planiranih gravitacionih ranžirnih stanica. Od posebnog značaja su nove mogućnosti elektronske obrade podataka, koje mogu da posluže kao zdrava osnova za razvoj novih tehničkih i tehnoloških rešenja u okviru sistema gravitacione ranžirne stanice. Sve ovo stvara široki prostor za nova istraživanja u oblasti projektovanja novih, odnosno rekonstrukcije postojećih gravitacionih ranžirnih stanica, s obzirom na nove tehničke i tehnološke mogućnosti Železnice.

Međutim, kao jaki argumenti protiv sprovođenja istraživanja i daljeg tehničkog razvoja radi povećanja kapaciteta gravitacionih ranžirnih stanica u literaturi se pominju statistički pokazatelji različitih železničkih uprava, koji ukazuju na realan pad broja kola prerađenih u ranžirnim stanicama tokom poslednjih godina (naši statistički pokazatelji tokom poslednjih godina se s obzirom na ekonomske prilike ne mogu smatrati merodavnom osnovom za bilo kakva dugoročna planiranja). Iako je i u razvijenim zemljama Evrope došlo do pada obima prevoza robe pojedinačnim kolima (videti lit. [46]), istovremeno raste obim prevoza robe pojedinačnim kolima u međunarodnom železničkom saobraćaju. To praktično znači da su i dalje od interesa istraživanja mogućnosti za povećanje efikasnosti prerade kola u gravitacionim ranžirnim stanicama.

Povećanje kapaciteta gravitacionih ranžirnih stanica, uz redukovanje njihovog broja na mreži, vodi u pravcu smanjenja zadržavanja kola u gravitacionim ranžirnim stanicama, te povoljno utiče na obrt kola. Veći kapacitet stanice znači, dakle, uštedu u ukupnom potrebnom broju koloseka, pa čak i manji broj gravitacionih ranžirnih stanica na mreži. Na taj način se postiže toliko željeno ubrzanje železničkog teretnog saobraćaja i smanjenje troškova održavanja železničke mreže.

Takođe, ako se upustimo u veoma jednostavne računice koje ukazuju da se broj stanovnika na Zemlji do 2000. godine popeo na preko 6,2 milijarde, ostaje nam da se zapitamo da li će proporcionalno porastu broja stanovnika na Zemlji rasti i potreba za prevozom u teretnom saobraćaju. Prognoze takođe ukazuju na iscrpljivanje rezervi nafte u periodu između 2030. i 2040. godine, što bi značilo da će se u budućnosti razvijati upravo oni vidovi saobraćaja, koji zahtevaju minimum potrošnje energije. Na prethodno rečeno treba svakako dodati i poznati problem permanentnog porasta zagađenja životne sredine, tako da se u budućnosti može očekivati razvoj onih vidova teretnog saobraćaja, koji emituju najmanja zagađenja. Na taj način smo došli do konturnih uslova u okviru kojih možemo očekivati dalji razvoj teretnog saobraćaja, a to su:

- sistemi velikog kapaciteta,
- minimum potrošnje energije,
- minimum zagađenja životne sredine.

Dakle, sasvim je izvesno da će u budućnosti doći do izražaja neosporne prednosti, koje Železnica ima u odnosu na druge vidove saobraćaja, a to su (u odnosu na isti kapacitet):

- angažovanje manjeg prostora (Prilog 1, tabela 1),
- najmanja potrošnja energije (Prilog 1, tabela 2),
- najmanje zagađenje vazduha (Prilog 1, tabela 3),
- veća bezbednost s obzirom na broj saobraćajnih nezgoda,
- mogućnost primene automatizacije.

Pored rečenog, mogu da se navedu i indirektno prednosti koje železnica ima u odnosu na druge vidove teretnog saobraćaja, a koje se mogu izraziti kroz:

- korisnu masu (masa robe koja se preveze jednim kolima),
- ukupnu masu koja može odjednom da se preveze,
- maksimalnu brzinu (bez zadržavanja).

Osamdesetih godina su se u evropskoj stručnoj literaturi pojavili zvučni naslovi, koji se zajedno mogu podvesti pod jedan: "Eisenbahn, quo vadis?". Ovo pitanje se naročito postavlja u smislu daljeg razvoja teretnog saobraćaja, jer je svima jasno da se železnica nalazi na prekretnici i da ćemo upravo mi biti svedoci njenog rastanka sa nasleđem iz XIX veka, pri čemu je na nama da ovaj rastanak učinimo što bezbolnijim.

Kao ozbiljan argument da ulaganje u istraživanja uticaja novih tehničkih i tehnoloških mogućnosti Železnice na proces projektovanja, građenja i rekonstrukcije

gravitacione ranžirne stanice ima smisla, treba navesti da su u Evropi poslednjih godina ulagana značajna sredstva u rekonstrukciju i građenje novih gravitacionih ranžirnih stanica /lit.71/. Ovo je važno i zbog toga što statistički pokazatelji ilustruju da poslednjih godina dolazi do porasta broja prerađenih kola iz sastava međunarodnih vozova u ranžirnim stanicama, tako da se iskristalisao *stav o svrsishodnosti klasičnog postupka za prevoz tereta u daljinskom, odnosno međunarodnom železničkom saobraćaju* /lit.30, 42, 46/. Prema tome, važan element za funkcionisanje JŽ u sastavu evropske železničke mreže su dobro raspoređene gravitacione ranžirne stanice odgovarajućih kapaciteta.

Inostrana rešenja savremenih gravitacionih ranžirnih stanica najčešće sadrže sve tri glavne kolosečne grupe: prijemnu (Pr), ranžirnu (Ra) i otpremnu (O), dok domaća rešenja daju prednost gravitacionim ranžirnim stanicama sa objedinjenom ranžirno-otpremnom grupom (RaO). Prostom analizom prednosti i nedostatka pomenute dve modifikacije generalnog rešenja gravitacione ranžirne stanice, bez razvoja i primene odgovarajućih analitičkih i simulacionih modela procesa u njenom ranžirno-otpremnom delu, kao i primene višekriterijumske optimizacije, ne može se dati eksplicitan odgovor na naizgled jednostavno pitanje: *“Kada se i zašto primenjuje rešenje sa samostalnom ranžirnom i otpretnom grupom (Pr-Ra-O), a kada rešenje sa objedinjenom ranžirno-otpremnom grupom (Pr-RaO)?”* Obe ponudene modifikacije generalnog rešenja gravitacione ranžirne stanice imaju svoje prednosti i nedostatke u konkretnom okruženju. Zato je od praktičnog interesa definisati ciljeve, čijoj realizaciji treba težiti kroz izgradnju i eksploataciju gravitacione ranžirne stanice, a zatim istaći kriterijume (tehničke, ekonomske, tehnološke, prostorne, ekološke) za višekriterijumsko vrednovanje i izbor optimalnog generalnog rešenja gravitacione ranžirne stanice, čime bi se izbeglo usvajanje neproverenih i samo naizgled prihvatljivih rešenja.

Ovo je stvorilo širok prostor za istraživanja u Disertaciji u smislu razvoja originalne metodologije za naučnu verifikaciju i optimizaciju generalnih varijantnih rešenja ranžirno-otpremnog dela gravitacione ranžirne stanice u odgovarajućem ekonomskom, saobraćajnom, urbanističkom i ekološkom okruženju.

S obzirom na to da generalni projekat gravitacione ranžirne stanice povezuje proces planiranja sa idejnim i glavnim projektom, metodologija za razvoj generalnih varijantnih rešenja, koja se istražuje u disertaciji, mora da obezbedi formiranje stručno dokumentovane osnove za donošenje društvene odluke o građenju/rekonstrukciji gravitacione ranžirne stanice. U tom smislu se u disertaciji istražuju raspoložive matematičke metode, koje se mogu efikasno uključiti u postupak izdvajanja konkurentnih varijantnih generalnih rešenja gravitacione ranžirne stanice. Na ovaj način se sužava prostor intuitivnog donošenja odluka u procesu razvoja generalnih rešenja gravitacione ranžirne stanice, sa ciljem izdvajanja optimalnog generalnog rešenja (ili skupa konkurentnih generalnih rešenja), koje će se dalje razvijati u fazama projektovanja koje slede: idejni i glavni projekat gravitacione ranžirne stanice.

Pošto je u magistarskoj tezi /lit. [63]/ autora ukazano na teorijske teškoće, koje se javljaju kod primene analitičkih modela, u disertaciji je istraživanje dinamičkih svojstava tako složenog sistema masovnog opsluživanja, kao što je gravitaciona ranžirna stanica, izvršeno simulacionim modeliranjem procesa koji se odvijaju na izlaznom grlu

ranžirne, odnosno ranžirno-otpremne grupe. Simulacioni model pomenutih izlaznih grla omogućava analizu generalnog rešenja gravitacione ranžirne stanice sa stanovišta funkcionisanja, bezbednosti, prostornih posledica i troškova građenja, eksploatacije i održavanja. Rezultati analitičkog i simulacionog modeliranja služe kao osnova za višekriterijumsku optimizaciju generalnih varijantnih rešenja gravitacione ranžirne stanice.

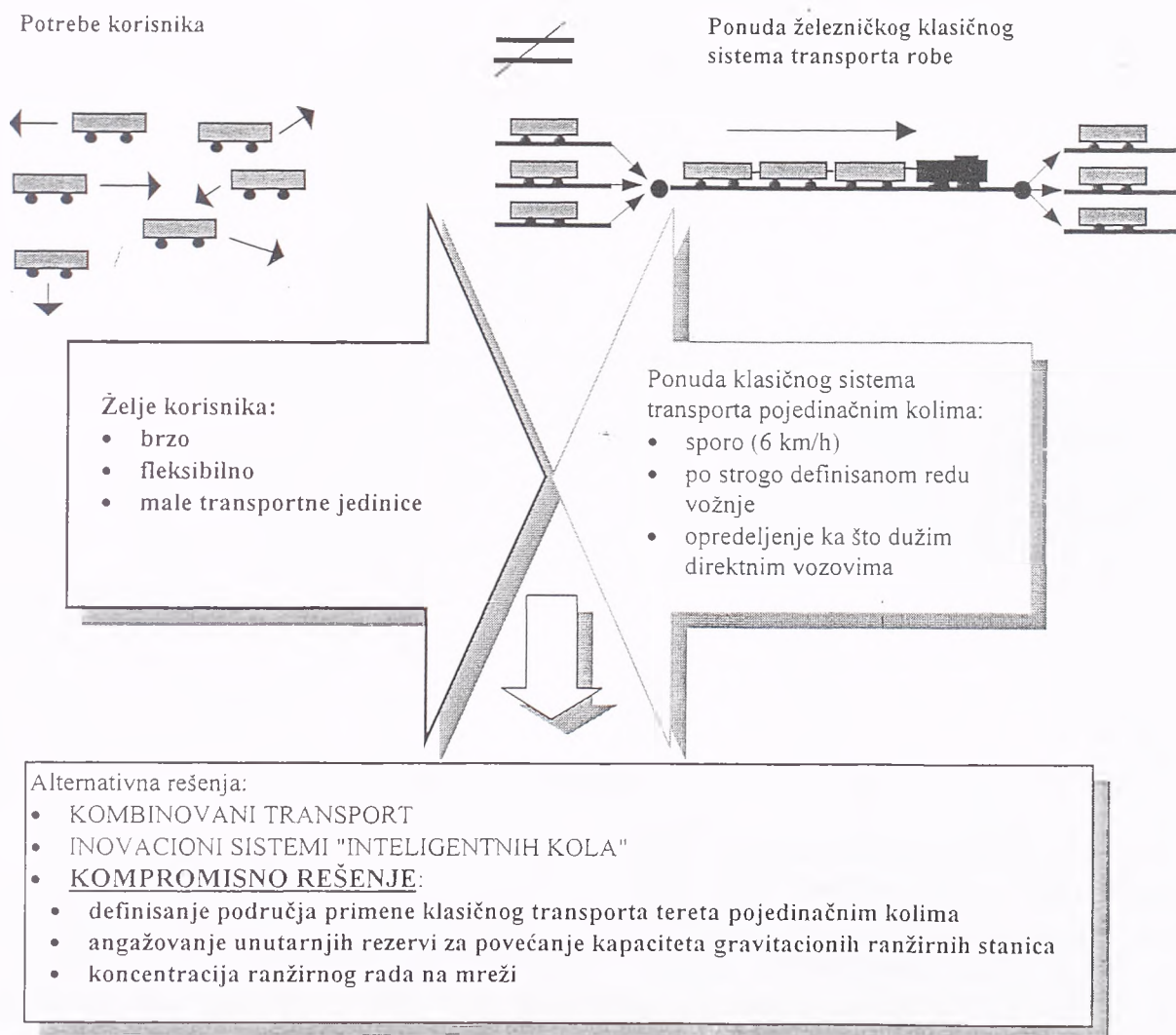
Predmet istraživanja u disertaciji je metodologija razvoja generalnog rešenja gravitacione ranžirne stanice, posebno njenog ranžirno-otpremnog dela, zasnovana na primeni metoda višekriterijumske optimizacije, teorije verovatnoće i matematičke statistike.

Cilj istraživanja u disertaciji je da se ostvari prilog naučnoj verifikaciji određenih modifikacija generalnih rešenja gravitacione ranžirne stanice, da se unaprede metodi za oblikovanje i dimenzionisanje ranžirno-otpremnog dela gravitacione ranžirne stanice, kao i prilog metodologiji vrednovanja varijantnih rešenja gravitacione ranžirne stanice na nivou generalnog projekta.

S obzirom na priličan broj navedenih argumenata, koji opravdavaju dalja istraživanja u oblasti gravitacionih ranžirnih stanica, na kraju Uvoda bih još dodala da je neprestano *traganje za redukovanjem troškova* u proizvoljnom sistemu s vremenom postalo *neodvojivi deo kulture poslovanja*, pa je zato dragocena svaka ušteda u okviru troškova građenja, eksploatacije i održavanja sistema gravitacione ranžirne stanice.

2. Polje istraživanja u disertaciji

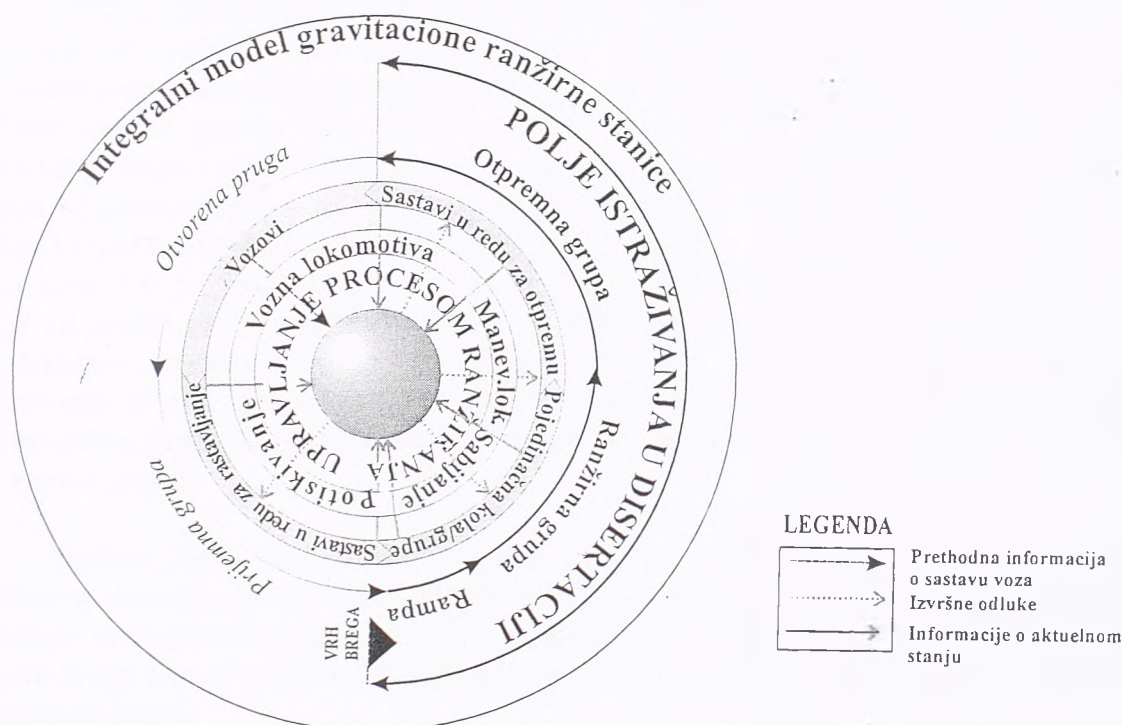
Polazeći od nesumljive inkompatibilnosti između savremenih zahteva za prevozom robe i ponude koju je Železnica u stanju da realizuje (slika 2.1), istraživanja u disertaciji biće usmerena ka oblasti pronalaženja kompromisnih rešenja u ograničenoj sferi primene klasične metode za transport tereta pojedinačnim kolima, odnosno grupama kola, uz angažovanje svih raspoloživih unutarnjih rezervi za povećanje kapaciteta gravitacione ranžirne stanice na osnovu primene novih ili osavremenjenih tehničkih i tehnoloških rešenja, uz apsolutnu koncentraciju ranžirnog rada u okvirima teretnog podsistema železničke mreže.



Slika 2.1 Inkompatibilnost potreba i ponude u oblasti transporta robe Železnicom i mogući pravci rešavanja problema

Sa slike 2.1 se uočava da će se u disertaciji rešenje sukoba između želja korisnika i ponude klasičnog sistema transporta tereta pojedinačnim kolima tražiti u sferi kompromisa. U tom smislu *u disertaciji se ukazuje na objektivno suženu oblast primene klasičnog transporta tereta pojedinačnim kolima, istražuju se unutarnje rezerve gravitacione ranžirne stanice za povećanje kapaciteta prerade sastava i ističe se poznati zahtev za koncentracijom ranžirnog rada na teretnom podsistemu železničke mreže.*

Ovako široko definisanu oblast istraživanja sasvim precizno definiše slika 2.2, koja vizuru interesovanja usmerava ka ranžirno-otpremnom delu gravitacione ranžirne stanice: počevši od vrha ranžirnog brega do poslednje skretnice izlaznog grla otpremne, odnosno ranžirno-otpremnog grupe.



Slika 2.2 Oblast istraživanja u disertaciji

U stručnoj literaturi iz oblasti gravitacionih ranžirnih stanica izuzetno veliki broj naslova se odnosi na prijemnu grupu, ranžirni breg i ranžirnu grupu, dok su **radovi koji tretiraju probleme otpreme izuzetno retki** (videti lit. [80]). Objašnjenje za ovo je u tome što je u prostornom i tehnološkom smislu ranžirni breg najuži presek u gravitacionoj ranžirnoj stanici i od presudnog je značaja za kapacitet gravitacione ranžirne stanice. Na povećanje preradne sposobnosti prostorno najužeg poprečnog preseka u gravitacionoj ranžirnoj stanici povoljno je uticao razvoj i primena ranžirne tehnike, koja je omogućila da se proces ranžiranja sastava odvija kontinualno i uz daljinsko upravljanje (npr. primena uređaja za automatsko sabijanje zaustavljenih trkača na ranžirnim kolosecima, uz postavljanje dva, odnosno tri reda kolosečnih kočnica, omogućava postizanje učinka na bregu 350 kola/sat). Dakle, zahvaljujući neprekidnom

razvoju ranžirne tehnike, automatizacije i tehnologije rada na ranžirnom bregu, ova oblast više nije usko grlo u ranžirnoj stanici.

Često se u stručnoj literaturi može pročitati stav da kapacitet gravitacione ranžirne stanice zavisi od kapaciteta ranžirnog brega. Međutim, ovakav stav ima smisla samo onda kada su kapaciteti koji u tehnološkom smislu prethode i slede u odnosu na ranžirni breg dovoljni da se projektovani kapacitet ranžirnog brega realizuje. Veliki kapacitet ranžirnog brega zahteva da se unapred isključi mogućnost nastajanja uskih grla u stanici na drugim mestima, jer bi u suprotnom došlo do poništenja osnovne ideje projektanta i neopravdanosti investiranja u ranžirnu opremu i proces automatskog upravljanja radom na bregu.

Ovakva razmišljanja (*“svaki lanac je jak koliko najslabija karika u njemu”*) upućuju na zaključak da je preduslov za dobro projektovanu ranžirnu stanicu: *uspostavljanje funkcionalne zavisnosti između kapaciteta ranžirnog brega i svih ostalih delova gravitacione ranžirne stanice*. Dok je zavisnost između kapaciteta ranžirnog brega i prijemne grupe, kao i zavisnost kapaciteta ranžirnog brega i ranžirne grupa očigledna, daleko je teže uspostaviti funkcionalnu zavisnost između kapaciteta brega i otpreme. Ova zavisnost je utoliko neizvesnija ukoliko se u stanici prerađuje veći broj kola, i to iz sasvim jednostavnog razloga: *ne ulaze u otpremnu grupu sva kola koja su prešla preko ranžirne rampe sa jednakim zadržavanjem u ranžirnoj grupi (naknadno sređivanje u sabirnoj grupi, radionice, pretovarni koloseci itd.) i ne otpremaju se sva kola iz otpremne grupe u toku 24 sata*. Iz toga sledi da *ne postoji neposredna funkcionalna zavisnost između kapaciteta ranžirnog brega i kapaciteta otpremne grupe*.

Uprkos tome, stalni razvoj automatizacije radnog procesa u gravitacionoj ranžirnoj stanici nedvosmisleno nameće da se težište istraživanja prebaci na kapacitet i kontrolu onih delova stanice koji nisu kao ranžirni breg pogodni za automatizaciju, a to se pre svega odnosi na izlaz iz ranžirne stanice koji obuhvata oblast formiranja sastava i otpremnu grupu.

Ukoliko se analiziraju situacioni planovi postojećih ranžirnih stanica, vrlo je teško bez prethodnog upoznavanja lokalnih uslova rada u stanici, donositi zaključke o ulozi pojedinih kolosečnih grupa. Naročito se kod manjih ranžirnih stanica kombinuju zadaci koji se ostvaruju u okviru odgovarajućih kolosečnih grupa. Kod takvih stanica je česta pojava da ne raspolažu posebnom otpremnom grupom, te da se otprema vrši direktno iz ranžirne grupe.

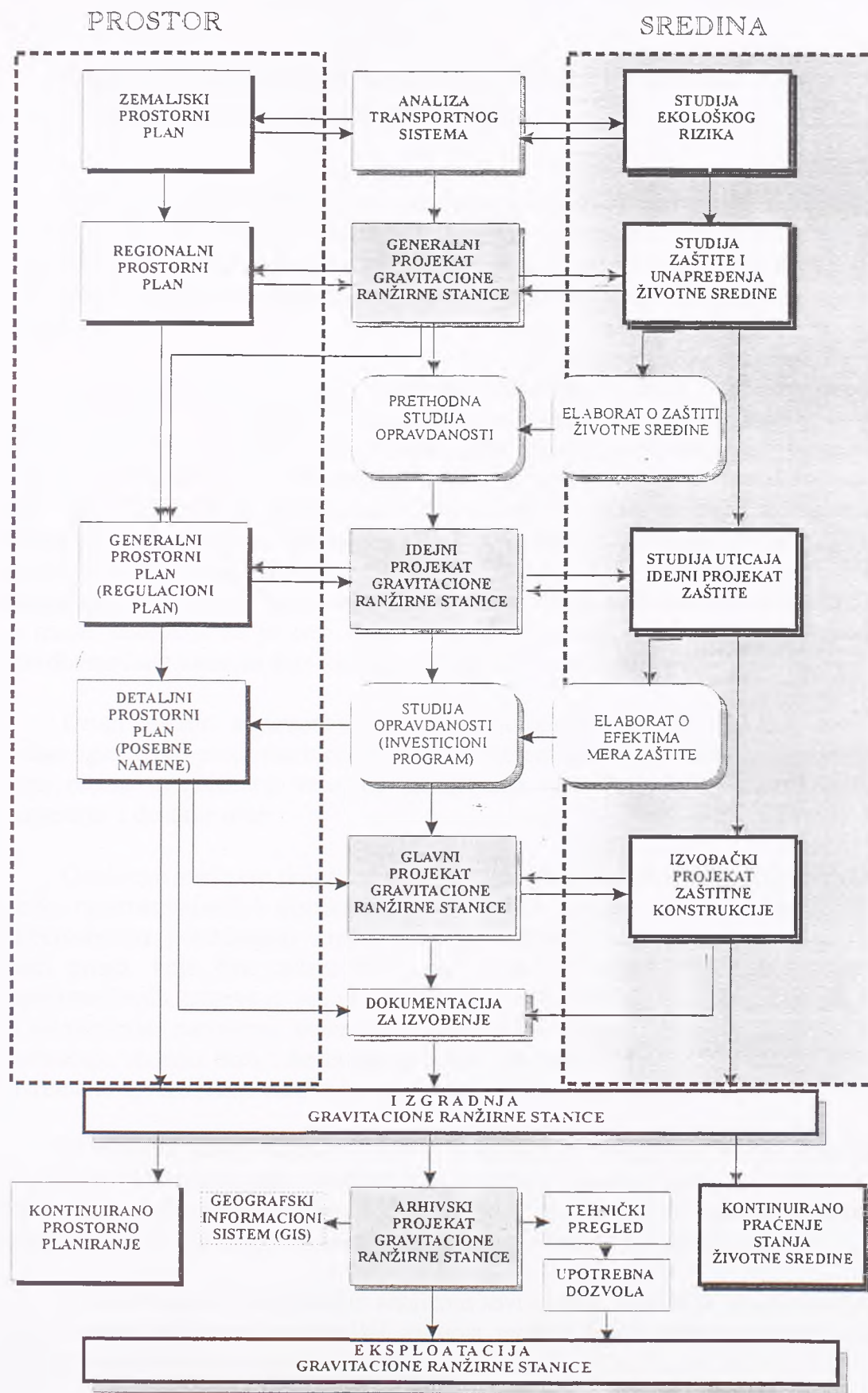
Takođe, postojanje posebne otpremne grupe ne mora da znači da će se svi novoformirani vozovi otpremati iz ove grupe, odnosno da se neki vozovi neće otpremati iz ranžirne grupe. Kod takvih rešenja se otpremna grupa koristi za otpreme u smeru suprotnom smeru ranžiranja, dok se ostale otpreme vrše direktno iz ranžirne grupe.

Isto tako se može primetiti da posebne stanične grupe za naknadno sređivanje sastava, sadrže samo one stanice koje imaju obimne zadatke u vezi sa sortiranjem višegrupnih sastava.



Što je veća gravitaciona ranžirna stanica, utoliko je jasnija podela zadataka između kolosečnih grupa. Pa ipak, *ne može se eksplicitno definisati granica izražena npr. u broju prerađenih kola/h kojom bi se postojeća rešenja gravitacionih ranžirnih stanica razvrstala na rešenja sa objedinjenom ranžirno-otpremnom grupom i rešenja sa samostalnom otpremnom grupom.* U stručnoj literaturi iz 1960. godine ("Die Bedeutung der Ausfahrgruppe für den Betrieb und Bau der Rangierbahnhöfe - /lit.80/) se bez matematičkog dokaza navodi iskustvena granica od 3000 kola/dan kao reper za odabir rešenja bez, odnosno sa posebnom kolosečnom grupom za realizaciju zadataka otpreme. Od 1960. god. do danas drastično su izmenjene tehničke i tehnološke mogućnosti za realizaciju zadataka gravitacione ranžirne stanice, što otvara prostor za nova istraživanja u ovoj oblasti.

Predmet istraživanja ove disertacije je metodologija razvoja rešenja ranžirno-otpremnog dela gravitacione ranžirne stanice na nivou generalnog projekta, zasnovana na istraživanju uslova za primenu novih tehničkih i tehnoloških mogućnosti za povećanje kapaciteta prerade sastava u stanici, na primeni matematičkih postupaka za verifikaciju varijantnih rešenja i metodama višekriterijumske optimizacije. Ovom metodologijom je u konkretnom saobraćajnom, urbanističkom, ekonomskom i ekološkom okruženju moguće izdvojiti optimalno generalno rešenje (ili skup konkurentnih rešenja koja treba dalje razviti do nivoa idejnog, a delimično i glavnog projekta) gravitacione ranžirne stanice iz skupa varijantnih rešenja, proisteklih na bazi dve osnovne modifikacije generalnog rešenja gravitacione ranžirne stanice: rešenja sa objedinjenom ranžirno-otpremnom grupom i rešenja sa samostalnom otpremnom grupom. Prilikom izrade svakog varijantnog generalnog rešenja gravitacione ranžirne stanice koordinira se rad na projektu gravitacione ranžirne stanice sa prostornim planiranjem i zaštitom životne sredine (videti sliku 2.3).



Slika 2.3 KOORDINACIJA PROJEKTA GRAVITACIONE RANŽIRNE STANICE SA PROSTORNIM PLANIRANJEM I ZAŠTITOM ŽIVOTNE SREDINE

3. Istraživanje mogućnosti za povećanje efikasnosti rada gravitacione ranžirne stanice

Sve češća razmišljanja da će se u budućnosti celokupni teretni saobraćaj, ili bar najveći njegov deo, odvijati direktnim vozovima, nisu realna. Ovo se može zaključiti na osnovu proste činjenice da se i u budućnosti očekuje podela rada u ekonomiji (takođe i u okvirima Evropske ekonomske zajednice), što za posledicu ima transport ograničenih partija tereta.

Opređenje ka direktnim teretnim vozovima između što više međusobno udaljenih stanica je rešenje, koje razumljivo treba da se forsira uvek kada je to moguće. Ali opredeljenje ka isključivo direktnim vozovima ima za posledicu koncentraciju kola u najvećim čvorovima na železničkoj mreži i svesno prepuštanje transtorta povećanog dela tereta drumskom saobraćaju. Ovakva rešenja nisu prihvatljiva sa stanovišta Železnice, ali ni sa stanovišta interesa najšire društvene zajednice (zbirno veći troškovi transporta, koji bitno utiču na formiranje cena, veće zagađenje životne sredine, smanjenje bezbednosti i povećanje troškova održavanja u drumskom saobraćaju). Stoga se može zaključiti da je ovo oblast koju treba urediti i odgovarajućim zakonskim odredbama koje treba da štite interese najšire društvene zajednice.

Drugi značajni argument za preispitivanje opredeljenja ka direktnim vozovima je realno ograničena propusna moć pruga, kao i nerentabilno iskorišćenje direktnih vozova zbog realno ograničenog vremena nakupljanja kola kako bi se ispoštovalo vreme transporta i dostave robe.

Ovakvom analizom dolazimo do suprotstavljanja zahteva za čestim opsluživanjem široko rasprostranjenih korisnika usluga Železnice, sa jedne strane, i interesa Železnice za rentabilnim korišćenjem vozova (dužina i težina) u uslovima ograničene propusne moći pruga, koje čine železničku mrežu. Jedino moguće (za sada) rešenje ovih suprotstavljenih zahteva je već poznata ideja o višegrupnim vozovima, koji se, u skladu sa savremenim zahtevima potencijalnih korisnika usluga Železnice u oblasti teretnog saobraćaja, moraju brzo i bezbedno preraditi (rastaviti i sastaviti) u dobro lociranim i savremeno opremljenim ranžirnim stanicama velikog kapaciteta.

Zato je od velike važnosti da se i JŽ uključi u istraživanje realnih mogućnosti za povećanje efikasnosti rada gravitacionih ranžirnih stanica: postojećih (Niš, Beograd, Podgorica) i planiranih (Subotica), sa idejom da na sebe preuzme u domaćem i međunarodnom teretnom saobraćaju ulogu koja joj realno i pripada.

U tom smislu se već grubom analizom savremenih tehničkih mogućnosti, naravno uz prethodno definisanje tehnoloških zahteva, može doći do sledećih mera za povećanje kapaciteta gravitacione ranžirne stanice:

- povećanje brzine potiskivanja sastava na vrhu brega, uvek kada je to moguće (na osnovu dinamičke dodele ranžirnih koloseka po principu najranijeg odvajanja

puteva trkača, savremenog koncepta kočenja i upravljanja radom na rastavljanju (videti poglavlje 4),

- automatizacija rada na ranžirnom bregu uz pomoć odgovarajuće ranžirno-tehničke opreme,
- korišćenje algoritama za upravljanje kočnicama i uređajima za sabijanje po principu “karike u lancu”,
- variranje dozvoljene brzine naletanja trkača,
- poboljšanje saobraćajne strategije u ranžirnim stanicama i na celokupnoj mreži.

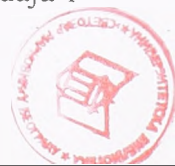
3.1 Zavisnost kapaciteta ranžirnog brega od izabranog postupka ranžiranja i upravljanja

I bez posebnog teorijskog razmatranja, sasvim je jasno da ukoliko svi trkači prolaze kroz skretničku zonu na ranžirnoj rampi vrlo lagano – prema brzini definisanog “granično lošeg trkača” – ili još manjom brzinom (sva kola sa lošijim osobinama trakača kreću se još sporije), onda je zadržavanje kola u oblasti skretnica i njihovih izolovanih odseka duže nego pri brzom prolazu kola. Princip definisanja “granično lošeg trkača” zahteva odgovarajuće ograničenje brzine potiskivanja sastava na vrhu brega, što neminovno ograničava kapacitet gravitacione ranžirne stanice. “Granično loš trkač” se definiše tako da samo mali procenat trkača iz ukupnog sastava svih kola koje tretira dotična Železnička uprava ima lošije trkačke osobine, što je preduslov za očekivani neometani kontinualni automatski proces rastavljanja na ranžirnoj rampi. Posledica ovakvog pristupa je da većina kola savladava skretničku zonu, ali ekstremno sporo što se povratno loše odražava na ostvareni kapacitet ranžirne rampe. U slučaju povećanja procenta kola koja imaju lošije trkačke osobine od “granično lošeg trkača” povećava se broj prekida kontinualnog automatskog procesa ranžiranja (prerano zaustavljanje, odlazak trkača na pogrešan kolosek, bočna sustizanja u oblasti skretnice, isključiva), što se opet negativno (u smislu neželjenih prekida) odražava na realno ostvareni kapacitet ranžirne rampe.

Jasno je da bi se najveći kapacitet dostigao (kada u realnosti ne bi postojala druga ograničenja) kada bi bilo moguće da se sva kola kreću niz rampu bez kočenja i da sa što većom brzinom ulaze na ranžirne koloseke. Realna ograničenja koja isključuju mogućnost ovakvog rada na ranžirnoj rampi su sledeća:

- problem sustizanja trkača sa prethodnikom, odnosno sa sledbenikom na ranžirnoj rampi sve do zaustavljanja trkača na prethodno određenom koloseku u ranžirnoj grupi,
- potrebno vreme za prebacivanje jezička skretnice između posmatranog trkača i njegovog prethodnika, odnosno sledbenika,
- problem sustizanja u oblasti kolosečnih kočnica,
- dozvoljena brzina naletanja trkača na prethodno zaustavljena kola na ranžirnom koloseku.

Napred rečeno sugeriše da novi automatski postupci rastavljanja na ranžirnoj rampi treba da budu takvi da se principijelno svaki trkač (pojedinačna kola ili grupe kola proizvoljne dužine) može redovno, pojedinačno obraditi tako da se može osigurati najveći mogući kapacitet ranžirne rampe pri besprekornom kvalitetu ranžiranja, i to pri što manjim troškovima za investicije, rad i održavanje neophodnih tehničkih uređaja i



opreme. To znači da je svako razmišljanje u vezi povećanja kapaciteta nove ili postojeće gravitacione ranžirne stanice tesno povezano sa izborom koncepta kočenja i upravljanja kočenjem i sabijanjem na ranžirnim kolosecima. Ovo znači da *savremeni algoritmi kočenja moraju biti fleksibilni, tj. moraju da obezbede unos promena zbog promena osobina trkača (izmene u konstrukciji kola), težine tereta, osetljivosti tereta na udar pri zaustavljanju trkača, strategije rada itd.*

3.2 Povećanje brzine potiskivanja sastava na vrhu brega na osnovu dinamičke specijalizacije ranžirnih koloseka

Koloseci ranžirne grupe se praktično oduvek, pa i danas, unapred strogo specijalizuju – rezervišu za odgovarajuće pravce otpreme. Ovakav pristup je uobičajen kod nas i u svetu:

- Ne zahteva visokokvalifikovani personal i informacioni sistem za blagovremeno dobijanje i proveru podataka o sastavima koji u stanicu treba da stignu u periodu Δt , a koji su neophodan preduslov u uslovima dinamičkog upravljanja namenom koloseka u gravitacionoj ranžirnoj stanici,
- Iz razloga bezbednosti ranžirnog personala (posebno papučara),
- Kako bi se isključila odstupanja od normalnog procesa na rampi na osnovu nesporazuma svake vrste,
- Jer su mogućnosti ručnog upravljanja (još uvek ne postoji odgovarajući provereni algoritam za dinamičko određivanje adrese trkača u ranžirnoj grupi) uvek ograničene i kao takve neprihvatljive za ozbiljnu praktičnu primenu.

Loša strana unapred strogo utvrđene specijalizacije ranžirnih koloseka je da se u odnosu na sva kola, koja se u stanici obrade, veliki procenat kola prima na ivičnim kolosecima ranžirne grupe, koji neizbežno imaju dugačke odseke u horizontalnim krivinama malog radijusa. Ovo je utoliko izraženiji problem ukoliko se povećava broj koloseka u ranžirnoj grupi, jer na taj način neminovno raste dužina ranžirne rampe, prelomni ugao i dužina horizontalnih krivina krajnjih ranžirnih koloseka.

Jedina realna mogućnost da se poveća brzina potiskivanja sastava na vrhu brega, uz istovremeno smanjenje odstupanja od redovnog procesa rastavljanja preko ranžirne rampe, je uvođenje sistema za upravljanje sa računarskom podrškom, koji omogućava da se svaki slobodan ranžirni kolosek u datom trenutku može odrediti za prijem kola za određeni pravac otpreme, pod uslovom da se na taj način postiže najranije razdvajanje puteva trkača. Ovo utiče i na ukupno vreme zadržavanja u ranžirnoj stanici, što opet pozitivno utiče na ukupno vreme transporta, kao i na smanjenje vremena obrta kola, posebno kada je sistem za upravljanje procesima u stanici uključen u sistem upravljanja na mreži.

Maksimalna brzina potiskivanja sastava na vrhu brega, a time i maksimalni učinak na bregu, su mogući ukoliko se svaki slobodni ranžirni kolosek u skladu sa situacijom (broj i vrsta kola koja se nalaze ili treba da stignu u ranžirnu stanicu) može dodeliti bilo kom pravcu otpreme, ali *tako da se putanje uzastopnih trkača što pre razdvoje* (na

prvoj, drugoj, trećoj skretničkoj poziciji) i da se, kad god je to moguće koriste ranžirni koloseci sa najmanjim otporima kretanju trkača.

Ovo znači da dosadašnji zahtev za ujednačenim otporom na putanjama trkača ne ne bi više bio merodavan. Inače ovakav zahtev je posledica ranije ograničenih mogućnosti računara (u smislu brzine obrade podataka i kapaciteta memorije) koji su korišćeni za simulaciju procesa rastavljanja i upravljanje kolosečnim kočnicama. Pored ostalog, zbog toga je postojao i zahtev za ujednačenim dužinama ranžirnih koloseka, koji sa današnjeg stanovišta kod potpuno automatizovanih ranžirnih stanica ne bi morao da se ispoštuje (ukoliko bi se zanemario estetski kriterijum, što unapred nema opravdanja).

U tom smislu nije potrebno više bezuslovno težiti ni jednakim dužinama kolosečnih kočnica, što je u nekim rešenjima za posledicu imalo konveksni poprečni presek ranžirne grupe, čime se visina brega kontinuirano smanjuje idući od krajeva prema sredini ranžirne grupe (zahtev za održavanjem odgovarajuće projektovane visine svakog ranžirnog koloseka).

Druga mogućnost, koja je korištena da bi se na ranžirnim kolosecima mogle postaviti sve kočnice jednake dužine (po našoj literaturi ovo je tzv. "treći" red kolosečnih kočnica), je ugrađivanje dodatnih kočnica malog kapaciteta iza tzv. drugog reda kolosečnih kočnica, koje se aktiviraju samo pri upućivanju trkača na srednje ranžirne koloseke, čiji su otpori kretanju trkača bitno niži u odnosu na otpore krajnjih koloseka (pretpostavka je da je ranžirna grupa u poprečnom preseku projektovana u horizontali). Ovakvo rešenje sa ugrađivanjem dodatnih kolosečnih kočnica na ranžirnoj rampi (dakle umetanje dodatnih pravaca) imala je za posledicu produženje ranžirne rampe, što, poznato je, negativno utiče na kapacitet rampe.

Poznato je da kraća ranžirna rampa, na osnovu smanjene verovatnoće sustizanja uzastopnih trkača, daje veći učinak ranžirnog brega, ali dodatno još i manje troškove građenja i održavanja i mogućnost dužih ranžirnih koloseka (u uslovima staničnog platoa ograničene dužine, kako je to po pravilu slučaj). Iz ovih razloga i iz zahteva za kvalitetnim upravljanjem procesima na rampi (minimiziranje razlike potrebne i stvarne brzine) težiti da razdelna zona ranžirnih koloseka bude što je moguće kraća.

Može se zaključiti da se prema ranijim konceptima automatizacije procesa rada na ranžirnoj rampi pravi kvalitet trkača sistematski gušio granično lošim trkačima zbog nemogućnosti upravljačkog sistema, odnosno tehničkih sredstava da se izbere sa kvantitetom kvalitativnih razlika. Kvalitet je usled ograničenih mogućnosti tehničke opreme i uređaja za kočenje, sabijanje i upravljanje pretvaran u svoju suprotnost – slabost.

Interesantno je dalje primetiti da napredak koji se u međuvremenu dogodio nije povezan sa intervencijama iz oblasti građenja, već u prvom redu sa poboljšanjima u oblasti konstrukcije vozila i opreme za pretovar (čime se redukuje priliv kola u klasičan sistem ranžiranja uz pomoć gravitacione ranžirne stanice), kao i merama u oblastima organizacije i upravljanja saobraćajem.

3.3 Uslovi za dobar izbor redosleda rastavljanja vozova

Redosled rastavljanja sastava preko vrha brega se utvrđuje pre njihovog prijema na kolosecima prijemne grupe u zavisnosti od broja, vrste, osobina trkača kao i krajnjih odredišta na koja se kola upućuju, ali tako da :

- što veći broj vozova u što kraćem roku napusti gravitacionu ranžirnu stanicu,
- da su novoformirani vozovi što bolje iskorišćeni (po dužini, odnosno težini),
- da se po mogućnosti minimizira celokupni ranžirni rad na putu od izvorne do ciljane stanice.

Pri izboru redosleda rastavljanja je takođe važno da gubici vremena između dva susedna rastavljanja preko brega budu minimalni, jer oni direktno negativno utiču na kapacitet ranžirnog brega. Pored ovih kriterijuma moraju se razumljivo uzeti u obzir i drugi zahtevi, kao što su kola sa prioritonom, kola čije slobodno spuštanje niz rampu nije dozvoljeno itd.

Ukoliko u prijemnoj grupi ima dovoljno kola za određene pravce otpreme moguće je optimalnim redosledom rastavljanja sastava obezbediti najbrže moguće punjenje specijalno dodeljenih ranžirnih koloseka. Neophodan uslov za određivanje optimalnog redosleda rastavljanja sastava preko ranžirnog brega je postojanje informacionog sistema o prilivu heterogenih sastava sa definisanim pozicijama kola u narednom periodu rada stanice Δt .

3.4 Dinamička specijalizacija koloseka prijemne i otpremne grupe

Nakon uspostavljanja dinamičke specijalizacije ranžirnih koloseka za poznati priliv kola u periodu Δt , potrebno je izvršiti takvu dodelu koloseka prijemne grupe da smetnje pri ulazu vozova u prijemnu grupu i pri naguravanju sastava ka vrhu brega ne postoje, odnosno da budu minimalne. Posebnu pažnju opet treba obratiti na neželjene pauze između uzastopnih naguravanja sastava. U obzir se moraju uzeti odlasci voznih lokomotiva u depo, eventualni ulasci vozova iz smera suprotnog smeru odvijanja osnovnog tehnološkog procesa u stanici, mogućnost paralelnog naguravanja sastava na vrh brega i druge specifičnosti u datim uslovima.

Analogno se vrši dodela koloseka otpreme (ukoliko postoji samostalna otpremna grupa u okviru gravitacione ranžirne stanice, što je ipak neophodan uslov za kontinualno i ekonomično obavljanje tehnološkog procesa, čemu će se u daljem posvetiti dužna pažnja) tako da se minimiziraju smetnje zbog završnog formiranja na krajevima koloseka ranžirne grupe i omogući što jednostavniji pristup vozne lokomotive na čelo sastava.

3.5 Uticaj ranžirnotehničke opreme na kapacitet ranžirne rampe

Jasno je da kapacitet i ekonomičnost rastavljanja sastava uz pomoć gravitacione sile na ranžirnoj rampi, direktno zavisi od izbora ranžirnotehničke opreme. Pri izboru ove opreme treba slediti sledeći princip: postizanje maksimalnog kapaciteta u odnosu na ekonomska ulaganja u građenje, eksploataciju i održavanje, kao i kvalitet, upravljivost i pouzdanost rada. Pri tome treba još jednom podvući činjenicu da se ranžirni rad obavlja u uslovima noćnog rada personala i pri svim vremenskim (atmosferskim) prilikama, tako da se izborom ranžirnotehničke opreme direktno utiče i na humanizaciju ljudskog rada na Železnici, a sa druge strane smanjuju se izdvajanja Železnice za plaćanje personala (plate, noćni rad, invalidnine i dr.).

Principijelno postoje tri mogućnosti za izbor ranžirno tehničke opreme:

1. mali broj pojedinačnih moćnih kolosečnih kočnica velikog kapaciteta, eksterno upravljivih, sa ograničenim lokalnim uticajem na trkače (po našoj literaturi tzv. prvi, drugi i treći red kolosečnih kočnica, odnosno po nemačkoj stručnoj literaturi daleko određeniji naziv: Bergbremsen, Talbremsen, Richtungsgleisbremsen),
2. "srednji" broj jednostavnih mehaničkih kočnica (primer su tzv. spiralne kočnice i "Graßmannschen Gleisbremsette": npr. za 48 koloseka ca. $48 \times 10 = 480$ Grasmanovih malih kočnica, što je "srednji" broj u odnosu na mogućnost navedenu pod tačkom 3.) sa jednim stepenom kočenja i najjednostavnijim upravljanjem (dve mogućnosti upravljanja: "kočiti" i "ne kočiti", što zavisi od vremenskog intervala koji protekne između ulaza u posmatranu kočnicu i kočnicu koja njoj po položaju prethodi),
3. veliki broj malih kočnica sa kvazikontinualnim dejstvom (na kratkim međurastojanjima kočnice utiču/ne utiču na brzinu trkača) bez mogućnosti upravljanja spolja, tzv. autarkni sistemi (npr. Dowty retarderi i Thyssen-Staffelgleisbremse TKS, za opremanje ranžirne rampe u stanici Villach 33.000 Dowty retardera).

U prvu grupu ranžirnotehničke opreme prema gorenavedenoj klasifikaciji spadaju moćne gredne kolosečne kočnice, elektrodinamičke i gumene kolosečne kočnice, koje zahtevaju upravljanje spolja prema odgovarajućem algoritmu.

Ukoliko je potrebno da se ostvari visoka tačnost izlazne brzine i što kraća dužina konstrukcije kočnice, u praksi su se dobro pokazale gredne kolosečne kočnice. Zato se njima u radu posvećuje odgovarajuća pažnja.

Snažan argument za primenu ovih kočnica je što se algoritam za upravljanje kolosečnim kočnicama može promeniti kako bi se prilagodio novim radnim uslovima. Takođe se algoritam za upravljanje kočnicama može uklopiti u jedinstveni sistem za upravljanje svim uređajima za rastavljanje (kočnice – uređaji za sabijanje), uključujući i upravljanje brzinom lokomotive koja potiskuje sastav ka vrhu brega.

Istovremeno kao negativnu stranu ove grupe ranžirnotehničke opreme može se takođe navesti upravljanje spolja, pomoću algoritma za upravljanje, zato što je za kvalitetno kočenje potreban unos velikog broja podataka. Pošto neki ulazni podaci (kao npr. smer i intenzitet vetra) mogu više puta i vrlo drastično da se promene u toku kretanja trkača, a neke je nemoguće izmeriti (npr. ugao naletanja venca na šinu) onda je za funkcionisanje ovakvog sistema upravljanja neophodna podrška moćnog računara koji na osnovu merenja brzina trkača na određenim poprečnim presecima simulira kretanje trkača, stavljajući izmenjene podatke o "stvarnom" ponašanju trkača na raspolaganje sistemu za upravljanje kolosečnim kočnicama.

Sledeća negativna karakteristika sa kojom se proizvođači kolosečnih kočnica neprestano bore je relativno velika buka. Posledica toga je pojava specijalnih "ekoloških" grednih kolosečnih kočnica koje su ugrađene i uspešno testirane u gravitacionoj ranžirnoj stanici Nürnberg (Bauart TW-E), čiji je nivo buke za 20 dB niži u odnosu na srodne – gredne kolosečne kočnice i iznosi po ocenama u skladu sa DB Richtlinie "Akustik 04" 48 dB (dakle niže i od nivoa buke gumenih kolosečnih kočnica). Ovo je bitan napredak u odnosu na korišćenje gumenih kolosečnih kočnica na trećoj kočionoj poziciji, koje su se pokazale dobrim sa stanovišta emisije buke, ali lošim zbog veliki troškova zbog česte zamene potrošnih gumenih greda, tako da se one danas sve ređe koriste u tu svrhu.

U drugu grupu ranžirnotehničke opreme prema gorenavedenoj klasifikaciji spadaju, iako robustne, kolosečne kočnice sa najjednostavnijim mogućnostima upravljanja. Principijelno bi njihovo centralno upravljanje bilo tehnički rešivo, ali to bi bilo skopčano sa velikim ulaganjima. U daljem radu im se neće posveti pažnja.

U treću grupu ranžirnotehničke opreme prema gorenavedenoj klasifikaciji spadaju tzv. Dowty-retarderi i TKS kočnice bez mogućeg upravljanja spolja i teorijski bez kočenja trkača pri pretrčavanju trkača brzinom manjom od kritične brzine za koju je svaki retarder fabrički podešen. Praktično, ipak, ekstremno laka i prazna kola pri prolazu preko retardera imaju značajan gubitak energije, što se smatra negativnim dejstvom ovih kočnica. U neželjeni efekat pri upotrebi ove vrste kolosečnih kočnica je do sada ubrajana i velika buka koja nastaje u slučaju kretanja vozila preko retardera većom brzinom u smeru suprotnom od smera ranžiranja (npr. u slučaju izvlačenja pogrešno upućenih kola). Inače ovaj tip kolosečnih kočnica je po emisiji buke ravan mehaničkim kolosečnim kočnicama (sem u pomenutom slučaju brze vožnje preko retardera). Ovaj izuzetan nedostatak proizvođač je rešio mogućnošću povlačenja retardera ka sredini koloseka i postavljanjem u "neaktivan" položaj koji omogućava nesmetan prolaz šinskog vozila.

Sledeća nepovoljna karakteristika ovog sistema kočenja je održavanje izuzetno velikog broja kolosečnih kočnica (u stanici Villach je ugrađeno 33 000 Dowty-retardera, a u centralnoj stanici u Beču 39 000 retardera ovog tipa).

Generalno najveći nedostatak ranžirnotehničke opreme koja je u gornjoj analizi obuhvaćena grupom dva i tri je neminovnost definisanja "*granično lošeg trkača*" kao merodavnog trakča, što za posledicu ima da se brzina *svih* trkača redukuje na brzinu "*granično lošeg trkača*" i već pomenuto dugo zadržavanje trkača na ranžirnoj rampi

(posebno nepovoljno u skretničkoj zoni, na izolacionim skretničkim odsecima i u oblasti kolosečnih kočnica) i ograničenu brzinu rastavljanja.

Dakle, da bi se povećao kapacitet automatizovanog ranžirnog brega, u skladu sa današnjim tehničkim mogućnostima, potrebno je pri izboru postupka kočenja na ranžirnoj rampi opredeliti se za kočnice, kojima se može dovoljno "fino" upravljati i čije dejstvo može da se prilagodi svim specijalnim situacijama koje mogu u toku rada da se jave u skretničkoj zoni i na ranžirnim kolosecima. Za ovu svrhu su najpogodnije gredne kolosečne kočnice sa fleksibilnim algoritmom za upravljanje. Najveći kapacitet ranžirnog brega se može postići onda kada se sva pojedinačna upravljanja u gravitacionoj ranžirnoj stanici, počevši od regulisanja brzine lokomotive za potiskivanje sastava, preko kolosečnih kočnica, do uređaja za sabijanje integrišu u zajednički lanac upravljanja.

3.5.1 Postupci kočenja i algoritmi za upravljanje radom grednih kolosečnih kočnica

Kod svih postupaka kočenja trkača za maksimalan učinak rastavljanja preko ranžirnog brega od presudnog značaja je dozvoljena-propisana maksimalna brzina kojom trkači naleću na prethodno zaustavljena kola na ranžirnim kolosecima. Sa ciljem da se izbegne oštećenje tereta koji se transportuje pojedinačnim kolima, različite železničke uprave propisuju različite dozvoljene brzine naletanja trkača na prethodno zaustavljena kola. U Evropi se maksimalna brzina naletanja trkača kreće u rasponu 1.5-2.0 m/s. Na JŽ se propisuje maksimalna brzina naletanja ista kao i na DB: 1.25 ± 0.25 m/s, dakle 1.5 m/s. Ovo je oblast u kojoj treba obaviti detaljna istraživanja, jer je Železnica ovu brzinu definisala kao konstantu za sva kola koja se spuštaju niz ranžirnu rampu, iako je ona određena prema teretu osetljivom na udar. Pri svemu tome ostaje otvoreno pitanje da li se i kojoj meri ovakav teret danas prevozi železnicom?

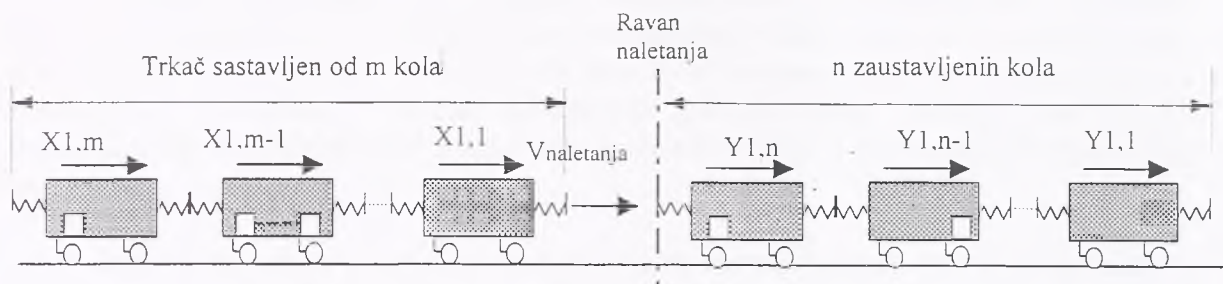
Kod tereta kao što je pesak, šljunak, ugalj i slično, kod kojih je isključena mogućnost oštećenja tereta može da se dopusti "daleko veća" brzina naletanja, za koju su merodavna oštećenja kola, a ne oštećenja tereta. Usvojena vrednost maksimalne brzine naletanja trkača na prethodno zaustavljena kola na ranžirnom koloseku mora da isključi mogućnost oštećenja tereta, a to pored osetljivosti robe na udar i načina njenog pakovanja, zavisi i od broja, mase i rasporeda kola koja stoje na ranžirnom koloseku i kola koja na taj kolosek pristižu, kao i da li su zaustavljena kola sabijena ili između njih postoje neželjene praznine.

Dalje, da li na teretu mogu da nastanu oštećenja zavisi i od toga da li je roba unutar kola dodatno pričvršćena, a ako nije od rastojanja između nepričvršćene robe i rastojanja između robe i zidova kola, kao i od ubrzanja koje deluje na sanduk kola pri naletanju drugog trkača.

Što je veća dozvoljena brzina naletanja trkača na prethodno zaustavljena kola, utoliko je jednostavnije održati u praktičnim uslovima tu brzinu i utoliko je veći kapacitet ranžirnog brega, jer su kraća vremena zauzimanja konfliktnih putanja trkača. Ovo stvara na JŽ prostor za istraživanje dopuštene brzine naletanja trkača na prethodno

zaustavljena kola, ili bar zahteva aktivno praćenje stranih istraživanja iz ove oblasti [lit.30].

Iz ove analize se zaključuje sledeće: za povećanje učinka rastavljanja kola preko ranžirnog brega potrebno je ili ispitati mogućnosti za povećanje dopuštene brzine naletanja trkača, ili još bolje uvesti algoritam za upravljanje kočenjem koji će omogućiti variranje dopuštene brzine naletanja u skladu sa robom koja se prevozi, odnosno u skladu sa konstrukcijom kola.



Slika 3.1 Grubi mehanički model za simulaciju naletanja trkača sastavljenog od "m" kola na grupu od "n" zaustavljenih kola na ranžirnom koloseku

Tokom gotovo četiri decenije iskustava sa automatizacijom rada na ranžirnoj rampi na železnicama u Evropi su razvijena i u praksi isprobana pet postupka kočenja na rampi, koji će ovde biti ukratko opisani i analizirani sa ciljem da se ukaže na njihove nedostatke i na dalje mogućnosti razvoja novih i boljih postupaka upravljanja kočenjem trkača na ranžirnoj rampi kako bi se postiglo "egzaktno" zaustavljanje trkača na odgovarajućem mestu prethodno rezervisanog (odgovarajućim algoritmom za dinamičko dodeljivanje ranžirnog koloseka određenoj grupi trkača) ranžirnog koloseka:

1. regulisanje brzina trkača na cilju pomoću teških kolosečnih kočnica postavljenih na ranžirnoj rampi,
2. regulisanje brzina trkača na cilju pomoću kolosečnih kočnica na ranžirnim kolosecima,
3. izohrono rastavljanje,
4. kočenje na ciljnu brzinu,
5. postupak kočenje sa definisanom brzinom trkača na cilju, koji je udaljen 100 m od trećeg reda kolosečnih kočnica.

Regulisanje brzina trkača na cilju pomoću teških kolosečnih kočnica, položenih na ranžirnoj rampi, je postupak kod koga se rastojanja trkača i brzina trkača na cilju određuje kočenjem na drugoj (jedinoj) kočionoj poziciji. Dodatno regulisanje ciljne brzine trkača na ranžirnim kolosecima je moguće pomoću kočionih papuča. Ovakav postupak kočenja nije moguć pri većim brzinama potiskivanja na bregu jer tada loši i nekočeni trkači mogu da sustignu dobro zakočene dobre trkače. Osim toga teško je održati brzinu naletanja trkača u dozvoljenim tolerancijama, naročito na dugačkim putanjama trkača. Postupak se ne može primeniti za postizanje visokih kapaciteta rada ranžirne rampe (do 200 kola/h), jer učinak direktno zavisi od kvaliteta rada papučara. uz česte prekide rada i mogućnost oštećenja tereta.

Regulisanje brzina trkača na cilju pomoću kolosečnih kočnica postavljenih na ranžirnim kolosecima je postupak koji se najčešće primenjuje u Francuskoj. Ovaj postupak kočenja zahteva veoma dugačku skretničku zonu na ranžirnoj rampi, jer su ispred trećeg reda kolosečnih kočnica (to su kolosečne kočnice na kolosecima ranžirne grupe) neophodne merne deonice u pravcu. I ovaj postupak upravljanja kolosečnim kočnicama ne omogućava velike učinke, jer na dugačkim putanjama trkača dolazi do velikog rasipanja brzine naletanja trkača. Pored toga dolazi i do čestih neželjenih praznina između prerano zaustavljenih trkača, pa se mora intervenisati čestim sabijanjima što izaziva dodatne prekide u radu.

Izohrono rastavljanje je postupak karakterističan za upravljanje na osnovu "granično lošeg trkača" definisanog kao merodavnog trkača, kako je to prethodno već objašnjeno. Princip je da se sva kola koče tako da je ukupno vreme zadržavanja trkača u skretničkoj zoni jednako vremenu zadržavanja granično lošeg trkača. Ovo neizbežno vodi ka dugom zadržavanju trkača na ranžirnoj rampi i do njenog ograničenog kapaciteta.

Kočenje na ciljnu brzinu je koncept koji se sastoji u tome da svi trkači ulaze u poslednji red kolosečnih kočnica, postavljenih na ranžirnim kolosecima, velikom jednakom brzinom, kako bi se u što kraćem vremenu savladalo rastojanje između teških grednih kolosečnih kočnica na ranžirnoj rampi i kolosečnih kočnica ugrađenih na ranžirnim kolosecima i da bi se na svim ranžirnim kolosecima mogle upotrebiti kolosečne kočnice iste dužine (zahtev za jednakim dužinama trećeg reda kolosečnih kočnica danas više nije "conditio sine qua non"). Prednost ovog koncepta je u tome da se mogu dostići veliki kapacitet ranžirnog brega kada se trkači sastoje iz 1-3 kola.

Negativna strana ovog koncepta je da se zbog velike ulazne brzine svi trkači moraju snažno kočiti pomoću poslednjeg reda kolosečnih kočnica, postavljenih na ranžirnim kolosecima, (na DB je ulazna brzina trkača u kolosečne kočnice postavljene na ranžirnim kolosecima $4.0 \pm 0.5 \text{ m/s}$, a izlazna 1.25 m/s) što zahteva veliki kapacitet kolosečnih kočnica i trošenje materijala u grednim kolosečnim kočnicama i veliku vrlo specifičnu buku ("cika"na koju je prema anketama sprovedenim u Nemačkoj stanovništvo u okolini gravitacione ranžirne stanice izuzetno osetljivo). Ovaj problem je najpre rešavan upotrebom gumenih kolosečnih kočnica (ranžirna stanica u München), a u novije vreme specijalnim grednim segmentnim kolosečnim kočnicama (ranžirna stanica Nürnberg).

Sledeći veliki nedostak takvog koncepta je da zbog snažnog kočenja svih kola na poslednjoj kočionoj poziciji, ovaj odsek, kao i odseci neposredno ispred i iza kočnica na ranžirnim kolosecima postaju kritična tzv. "neuralgična" mesta zbog dugačkog zauzeća pri prolazu dugačkih trkača, što bezuslovno vodi do smanjenja brzine potiskivanja sastava na vrhu brega, jer mada dugački trkači velikom brzinom ulaze u treći red kolosečnih kočnica, oni sporo napuštaju uticajnu zonu trećeg reda kolosečnih kočnica. U praksi se čak dešava da prednji deo teških trkača projuri kroz kočnicu trećeg reda i da dođe do neželjenih naletanja na prethodnog trkača, ukoliko se brzina potiskivanja ne smanji.

Pošto postojeći algoritmi za upravljanje kočenjem na rampi ne uzimaju u obzir ovakve specijalne situacije, koje se javljaju pri dužim grupama kola, problem se

praktično rešava smanjenjem brzine potiskivanja i ograničenjem maksimalne dužine trkača (ograničen broj kola koji može da uđe u sastav jednog trkača), zavisno od rastojanja početka konstrukcije kolosečne kočnice (Richtungsgleisbremse) od međika poslednje razdelne skretnice. Duže grupe kola se dele na podgrupe maksimalno dozvoljene dužine (npr. 6 kola u sastavu jednog trkača) i nakon toga se upućuju na isti ranžirni kolosek. Ovo normalno opterećuje, odnosno povećava obim ranžirnog rada za izvršenje istog zadatka u odnosu na uslove kada je dozvoljeno formiranje trkača proizvoljne dužine.

Dakle, težnja je da se omogući formiranje trkača proizvoljne dužine, koji se kreću što većom brzinom bez negativnih posledica za tovar, kola, konstrukciju i uređaje. Za zadovoljenje ovog uslova treba tražiti tehničko rešenje za sve nove gravitacione ranžirne stanice.

Postupak kočenje sa definisanom brzinom trkača na cilju, koji je udaljen 100 m od kolosečnih kočnica ugrađenih na ranžirnim kolosecima, je nalik pomenutom postupku regulisanja brzina trkača na cilju pomoću kolosečnih kočnica ugrađenih na ranžirnim kolosecima (koji je, kao što je rečeno, uobičajen u Francuskoj), ali se razlikuje po tome što ne zahteva merne deonice u pravcu ispred trećeg reda kolosečnih kočnica. Ovo je povoljno jer nije potrebno dodatno rastojanje za mernu deonicu u pravcu između drugog i trećeg reda kolosečnih kočnica, pa je na osnovu toga moguća veća korisna dužina ranžirnih koloseka.

Nedostatak je, logično, upravo to da se u nedostatku prave merne deonice ne može odrediti otpor kotrljanja trkača. Ovo je međutim tehnički rešeno tako da se na osnovu tehničkih podataka o kolima, merenog smera i intenziteta vetra i izmerenog intervala vremena za prolaz trkača između drugog i trećeg reda kolosečnih kočnica sračunavaju trenutne karakteristike trkača ispred i iza trećeg reda kolosečnih kočnica tako da se sa dovoljnom tačnošću može odrediti brzina trkača na cilju koji je udaljen 100 m iza poslednjeg reda kočnica. Od podataka koji zavise od meteoroloških uslova ovaj postupak uzima u obzir samo smer i brzinu vetra i vreme trčanja između drugog i trećeg reda kolosečnih kočnica za implicitno unošenje drugih uticaja, iako je poznato da koeficijent trenja μ između točka i šine, a time i sila trenja izrazito zavise od trenutnih meteoroloških uslova, što je opet od velikog uticaja za određivanje otpora trkača u krivini. Posledica ovoga je svakako veliko rasipanje brzina trkača na cilju, što se tehnički rešava uređajima za povlačenje. Upotreba uređaja za povlačenje opet znači da se i ekstremno dobri trkači već na izlazu iz trećeg reda kolosečnih kočnica moraju zakočiti na dozvoljenu brzinu naletanja, a to dovodi do ograničenja brzine rastavljanja. Pored toga, upotreba uređaja za povlačenje doprinosi značajnom povećanju investicionih troškova (tabela 3.1) i troškova održavanja.

Tabela 3.1

Orientacione cene iz 1997. god. dobijene od Thyssen Umformtechnik za potrebe izrade ove disertacije *)				
Primena:	Proizvođačka oznaka:	Mogućnost spuštanja grede kolosečne kočnice u odnosu na GIŠ	Fiksni visinski položaj grede kolosečne kočnice u odnosu na GIŠ	Orientacione cene po komadu u DM
Uređaji za povlačenje				400.000,00
Teške kolosečne kočnice	TW-4F	•		410.000,00
	TW-4F 110/120		•	390.000,00
	TW-5F	•		500.000,00
	TW-5F 110/120		•	470.000,00
Kolosečne kočnice, koje se ugrađuju na ranžirnim kolosecima	TW-3E/4.5	•		205.000,00
	TW-3E/4.5 110/120		•	190.000,00
	TW-4E	•		235.000,00
	TW-4E 110/120		•	220.000,00
	TW-5E	•		280.000,00
TW-5E 110/120			•	260.000,00
Oprema za snadevanje uljem	Mašinska postrojenje i montažna zgrada za njihov smeštaj			200.000,00
	Hidraulična instalacija (cevovodi i kanali)			1.600,00DM/m

*)u ove cene nisu uključene cene elektronskih uređaja za upravljanje

Tabela 3.2 Investicioni troškovi za opremanje ranžirno-tehničkom opremom za različiti broj koloseka ranžirne grupe izraženi u milionima DM (napomena: računato je sa dve kočnice na drugoj kočionoj poziciji i sa dve kolosečne kočnice na prvoj kočionoj poziciji za broj koloseka ≥ 48)

Broj koloseka ranžirne grupe	Investicioni troškovi za opremanje ranžirnotehničkom opremom na bregu [milion DM]	Investicioni troškovi za opremanje ranžirnotehničkom opremom na bregu uključujući uređaje za sabijanje na ranžirnim kolosecima [milion DM]
24	6.445008	9.600006445
32	8.298344	12.8000083
36	9.225012	14.40000923
42	10.615014	16.80001062
48	13.005016	19.20001301
64	16.711688	25.60001671

Svi analizirani postupci kočenja i upravljanja koji se koriste u Evropi imaju velike nedostatke, jer uprkos velikim troškovima za ranžirnotehničku opremu (videti tabelu 3.2) i upravljanje, ne omogućavaju u praktičnim uslovima rada veliku brzinu rastavljanja v_0 [m/s].

Prosečna cena opremanja jednog ranžirnog koloseka, u rešenjima do 32 koloseka u ranžirnoj grupi, prosečnom cenom gredne kolosečne kočnice na drugoj kočionoj poziciji, prosečnom cenom gredne kolosečne kočnice na trećoj kočionoj poziciji i uređajima za povlačenje zaustavljenih trkača, po podacima iz tabele 3.1 iznosi:

Druga kočiona pozicija:

$$\frac{(410 + 390 + 500 + 470) \cdot 1000}{4 \cdot 8} = 55312.50 \text{ DM / kolosek}$$

Treća kočiona pozicija:

$$\frac{(205 + 190 + 235 + 220 + 280 + 260) \cdot 1000}{6} = 231666.67 \text{ DM / kolosek}$$

Uređaji za povlačenje:

400000.00 DM/kolosek

Ukupno:

$$55312.50 + 231666.67 + 400000 = 686979.17 \text{ DM/kolosek}$$

$\approx 700\,000,00 \text{ DM}$

(po jednom koloseku uz pretpostavku da na snop od osam koloseka dolazi jedna gredna kolosečna kočnica druge kočione pozicije)

Odnosno, ako se ranžirnoj grupi doda snop od osam koloseka zbog realizacije dodatnih zadataka otpreme u okviru jedinstvene ranžirno-otremne grupe, onda za opremu ovog snopa drugim i trećim redom kolosečnih kočnica i uređajima za povlačenje kola treba oko $8 \cdot 700.000 = 5.6$ miliona DM. U ovu cenu nisu uračunate cene uređaja za upravljanje ranžirno-tehničkom opremom.

U slučaju kada se dodavanjem koloseka za realizaciju zadataka otpreme ukupan broj koloseka u ranžirno-otpremonoju grupi poveća na 48 i više (64) u račun treba uneti i cenu grednih kolosečnih kočnica na prvoj kočionoj poziciji (dodatnih ca 1.000.000,00 DM za prvi red kolosečnih kočnica, za dva koloseka preko ranžirnog brega).

Ovo je vrlo gruba analiza porasta investicionih troškova, jer u račun nije uneseno koštanje hidrauličnih instalacija (1600 DM/m) i elektronike za upravljanje radom kolosečnih kočnica (zbog nedostatka podataka od proizvođača opreme za upravljanje), što povećava investicione troškove i troškove održavanja ranžirno-tehničke opreme. Ipak, i na osnovu ovako grube analize vidi se značajan porast troškova opremanja ranžirnih koloseka u slučaju kada se ranžirnim kolosecima dodele i zadaci otpreme novoformiranih sastava, i to uz istovremeno pogoršanje vozno-dinamičkih uslova na ranžirnoj rampi i produžavanja vremena zadržavanja trkača na rampi. Ovo bi trebalo da bude važan argument prilikom donošenja odluke o generalnom rešenju glavnih kolosečnih grupa gravitacione ranžirne stanice: koncept bez ili sa zasebnom otpremonoju grupom.

3.5.2 Nove koncepcije kočenja i upravljanja

Novi koncept kočenja i upravljanja mora da omogući formiranje trkača proizvoljne dužine uz mogućnost da se svaki trkač koči individualno. Da bi se ovakva zamisao tehnički realizovala potrebna je podrška moćnog računara koji velikom brzinom može da simulira kretanje trkača niz ranžirnu rampu i da dostavi podatke sistemu za upravljanje ranžirnotehničkom opremom. Sistem za upravljanje bi morao da u svakom trenutku vremena raspolaže podacima o: momentalnoj poziciji posmatranog trkača i njegovog prethodnika, da raspolaže podacima o svim osobinama posmatranog trkača i njegovog sledbenika, da ima podatke o razdelnim skretnicama u odnosu na prethodnog i narednog trkača, da raspolaže podacima o osetljivosti tovara, pa sa tim u vezi o dozvoljenoj brzini naletanja u svakom pojedinačnom slučaju, da raspolaže podacima o popunjenosti ranžirnih koloseka, da postoji mogućnost ubrzanja, odnosno usporenja rada na bregu u zavisnosti od trenutne situacije itd. Takva simulacija, koja mora da uzme u obzir trenutno rastojanje u odnosu na prethodnog i narednog trkača i moguće razdvajanje puteva trkača, mora da omogući kočenje sa promenljivom brzinom prema varijabilnom cilju, koji svaki trkač treba da dostigne. Svakom trkaču treba da se omogući što veća brzina (u skladu sa ograničenjima realnog okruženja u svakom trenutku vremena) od vrha brega do cilja na odgovarajućem ranžirnom koloseku. Cilj je, dakle, obezbediti što kraće vreme zauzimanja koloseka i na taj način što kraći interval između dva uzastopna prolaza trkača - i konačno, maksimalan učinak rastavljanja na bregu u skladu sa tehničkim mogućnostima, uz dodatni uslov da je što manje oduzimanje energije na kočionim pozicijama i minimalni utrošak energije za povlačenje i sabijanje kola.

Na slici 3.2 je predstavljeno jedno teorijsko rešenje iz stručne literature, koje je još u fazi ispitivanja [lit.30], tzv. Laufzielbremsung mit variablem Laufziel. Koncept kočenja i upravljanja se zasniva na individualnom kočenju trkača prema promenljivoj brzini na cilju, koji se nalazi na promenljivoj, ali velikom rastojanju (dužina uređaja za povlačenje) i sastoji se od sledeće ranžirnotehničke opreme:

1. "Talbremse" (drugi red kolosečnih kočnica po našoj uobičajenoj stručnoj terminologiji),
2. "Richtungsgleisbremse" (treći red kolosečnih kočnica),
3. više kratkih jednostavno upravljivih grednih kolosečnih kočnica tzv. "Endbremsen" sa jednim ili najviše dva stepena kočenja, koje su postavljane na oko 90m iz trećeg reda kolosečnih kočnica,
4. uređaj za povlačenje (Förderanlage) odmah iza Endbremsen, ne velike dužine, ali sa dovoljnom silom povlačenja da se kola zaustavljanja iza uređaja za povlačenje sa neželjenim međuprazninama mogu privući uz ostala kola zaustavljena bez neželjenih međurastojanja.

Odsek između trećeg i poslednjeg reda kolosečnih kočnica (Endbremsen) projektovan je u horizontali (0‰) kako bi dobri trkači izgubili jedan deo brzine pre ulaza u poslednji red kolosečnih kočnica.

Ovaj koncept je isproban sa kratkim grednim kolosečnim kočnicama na poslednjoj kočionoj poziciji. Iako se pretpostavlja da je to moguće, rešenje nije praktično isprobano sa cilindričnim hidrauličnim retarderima (npr. tip Dowty, ili

Staffelgleisbremse TKS). U praksi se još pokazalo da je iza uređaja za povlačenje potrebno izvesti ranžirne koloseke u blagom padu.

Pozitivna strana ovog koncepta je da *u normalnom slučaju pod ciljem trkača podrazumevamo proizvoljnu tačku unutar uređaja za povlačenje*, što daje široku toleranciju ciljne brzine. Ipak, kod ekstremno dobrih trkača cilj mogu da budu poslednja zaustavljena kola na ranžirnom koloseku, kod ostalih dobrih trkača može biti bilo koja tačka ispred zaustavljanih kola na ranžirnom koloseku, ukoliko sledeći trkači dostižu cilj na uređaju za povlačenje, jer je sila uređaja za povlačenje dovoljana da sabije sva kola do položaja za kvačenje.

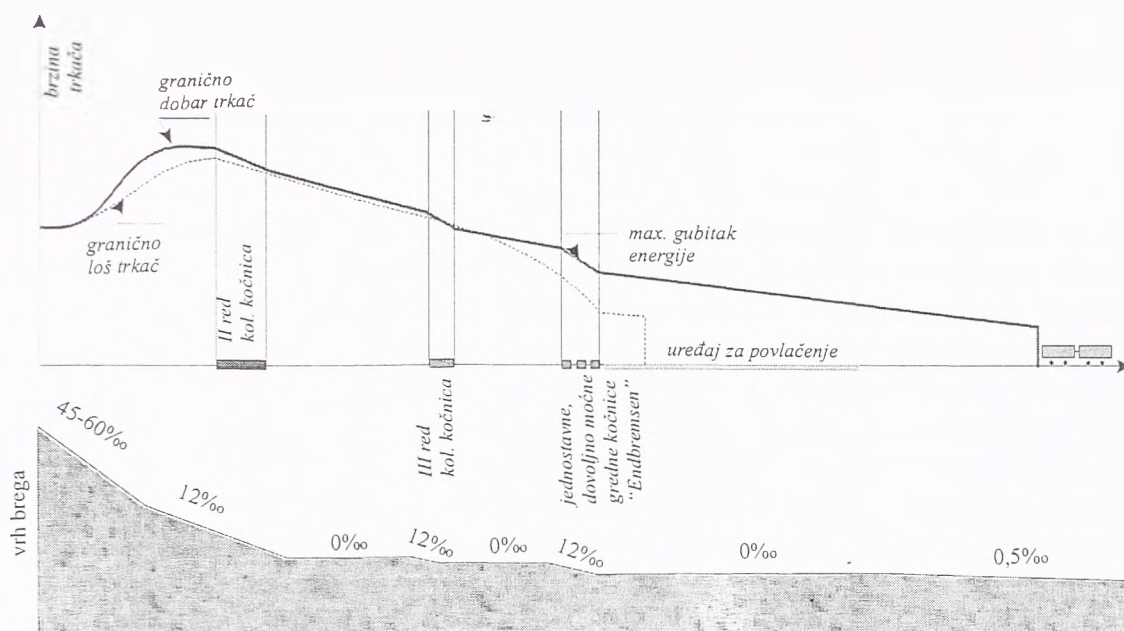
Sledeća pozitivna strana ovog koncepta je da se svakom trkaču najveći deo kinetičke energije oduzima na poslednjem redu kolosečnih kočnica, ukoliko to voznodinamički odnosi trkača dopuštaju. Na drugom redu kolosečnih kočnica bi trebalo oduzeti minimalnu količinu energije potrebnu da se reguliše odstojanje trkača u odnosu na prethodnika i sledbenika, kao i razdvajanje puteva trkača, sa ciljem da se omogući najbrže savladavanje skretničke zone do trećeg reda kolosečnih kočnica. U trećem redu kolosečnih kočnica svaka kola se koče prema potrebi. Dobri trkači bi trebalo da napuste treći red kočnica sa što većom brzinom (npr. 2.5 m/s), kako ih ne bi sustigli loši trkači. Ukupni kočioni rad je podeljen na tri kočione pozicije sa ciljem da se održi dozvoljena brzina naletanja trakača i omogući spuštanje trkača proizvoljne dužine. U rešenjima sa 48 i više ranžirnih koloseka treba predvideti i prvi red kolosečnih kočnica između vrha brega i prve razdelne skretnice na ranžirnoj rampi.

Brzina potiskivanja se stalno varira sa ciljem da se omogući najveća brzina rastavljanja uz uzimanje u obzir svih relevantnih podataka o prethodnom i narednom trkaču, razdvajanju puteva, mogućnostima ubrzanja i usporenja lokomotive koja vrši potiskivanje.

Na osnovu ovakve koncepcije očekuje se manje abanje kočnica, manji troškovi održavanja i manja emisija buke.

Za realizaciju "Laufzielbremsung mit variablem Laufziel" neophodno je da se kao i do sada osnovni otpor trkača odredi ispred drugog reda kolosečnih kočnica i da se unese u voznodinamički proračun. Pošto otpor u krivini zavisi u najvećoj meri od meteoroloških uticaja kod ovog postupka se preporučuje da se stalno meri temperatura u šini, temperatura vazduha i vlažnost vazduha, dok se tehnički podaci o kolima mogu uneti u proračun na osnovu informacionog sistema za prethodno javljanje podataka o sastavima, sa ciljem da se ostavi dovoljno vremena za izvršenje dinamičkog proračuna.

Kao osnova za upravljanje kočenjem se može iskoristiti i stalno upoređivanje stvarnih vremena prolaza trkača kroz pojedine uticajne zone do poslednjeg reda kolosečnih kočnica sa sračunatim vrednostima. Statističkom obradom ovih podataka može se stvoriti osnova za donošenje zaključaka o očekivanom ponašanju kola određene konstrukcije, težine, dužine itd. u zoni iza poslednjeg reda kolosečnih kočnica. Interesantno bi zatim bilo uporediti podatke za različite gravitacione ranžirne stanice i iste vrste trkača.



Slika 3.2 Koncept individualnog kočenja trkača sa promenljivom brzinom naletanja

Kako bi se izbeglo zaustavljanje trkača u zoni između drugog (Talbremse) i trećeg reda kolosečnih kočnica (Richtungsbremse), što se može očekivati u slučaju loših trkača (npr. laka i prazna kola), mora se uz uzimanje u obzir relevantnih parametara (smer i brzina vetra, otpor u krivini u zavisnosti od meteoroloških uslova) povećati brzina potiskivanja. Za loše trkače je najčešće dovoljno kočenje u poslednjem redu kolosečnih kočnica (Endbremsen).

Kada se/ako se ranžirni kolosek napuni sve do kraja uređaja za povlačenje ciljno kočenje se vrši uz pomoć drugog reda kolosečnih kočnica (Talbremse) uz doterivanje brzine na cilju (Richtungsgleisbremsen), sve dok se kolosek sasvim ne popuni.

Predstavljeni postupak ciljnog kočenja sa promenljivim ciljem trkača nije ranije mogao da se realizuje zbog ograničenih mogućnosti računara. Ovaj postupak podseća npr. na raniji postupak regulisanja brzina trkača na cilju pomoću kolosečnih kočnica postavljenih na ranžirnim kolosecima, koji je morao da u sebe uključi prave merne deonice ispred kolosečnih kočnica na ranžirnim kolosecima, jer tadašnji računar koji je podržavao sistem za upravljanje nije mogao da prognozira ponašanje trkača sa dovoljnom tačnošću, naročito u tadašnjim uslovima kada je rasipanje otpora kotrljanja različitih trkača bilo veće nego danas, a brzina rada i memorija računara skromni. To je dakle bio kompromis između željenog i mogućeg, kako to u tehnici i treba da bude, jer je to jedini ispravan način približavanja cilju. Ipak, ne treba zaboraviti da je osnovni preduslov za ovako velika ulaganja u ranžirno-tehničko opremanje ranžirne rampe opremljenost kola automatskim kvačilom.

Izloženi novi koncept kočenja pokazuje da u slučaju "dugačkih" ranžirnih koloseka, koji se javljaju u slučaju kada ranžirna grupa preuzima i zadatke otpreme, može doći do problema zbog preranog zaustavljanja loših trkača. Problem bi se rešavao uređajima za povlačenje i sabijanje sa dovoljnom silom za sabijanje lošeg trkača uz automatsko kvačenje.

4. Optimalno korišćenje ranžirnih koloseka

Polazeći od strukture klasičnog teretnog podsistema sa fleksibilnim sistemom čvorova (videti sliku 4.1), gde se tokovi teretnog saobraćaja usmeravaju od pomoćnih stanica i koloseka (tzv "satelita"), preko odgovarajućih čvornih teretnih stanica, ka polaznoj ranžirnoj stanici, a od nje opet preko jedne ili više ranžirnih stanica ka ciljnoj teretnoj stanici, možemo zaključiti da je važan faktor za povećanje brzine transporta od izvorne do ciljne teretne stanice: minimiziranje neophodnog broja rastavljanja, odnosno sastavljanja. Ovo je osnovna ideja na kojoj se zasniva tzv. kumulativni postupak obrade sastava u ranžirnim stanicama. Preduslovi za primenu ovog postupka su dimanička specijalizacija koloseka glavnih kolosečnih grupa i postojanje zatvorenog, kontrolisanog informacionog sistema koji blagovremeno obezbeđuje pouzdane podatke potrebne za realizaciju ovog postupka.

Dinamičko dodeljivanje (specijalizacija) ranžirnih koloseka pravcima otpreme, odnosno dodeljivanje "dinamičke adrese" trkačima može da se primeni ukoliko je stanica uključena u informacioni sistem, koji pre prispeća sastava u stanicu daje potrebne, pouzdane informacije o sastavima. Uz pomoć odgovarajućeg softvera određuju se koloseci za prijem sastava u prijemnoj grupi, redosled rastavljanja sastava preko ranžirnog brega, optimalni koloseci-adrese ranžirne grupe za odgovarajuće pravce otpreme i koloseci otpremne grupe za završnu obradu novoformiranih sastava. Pri određivanju dinamičke adrese trkača na kolosecima ranžirne grupe moraju se uzeti u obzir posebni granični uslovi, kao što su što najranije razdvajanje puteva trkača, ili optimalno iskorišćenje ranžirnog koloseka, ili pak specijalni granični uslovi, koji se odnose na odgovarajuću prugu, kao što su ograničavajući svetli profil, ograničavajuće osovinsko opterećenje i sl.

U tom smislu je na slici 4.2, uz obuhvatanje pomenutih graničnih uslova, prikazan algoritam koji se sastoji iz pet podcelina - potprograma :

- Moduo 1: Izbor redosleda rastavljanja heterogenih sastava primljenih na kolosecima prijemne grupe u određenom vremenskom intervalu Δt i podela na grupe (definisane sastava trkača i dužina trkača) u okviru sastava, sa ciljem da se minimizira ukupan ranžirni rad u usputnim ranžirnim stanicama,
- Moduo 2: Dodela dinamičkih adresa prethodno definisanim trkačima na kolosecima ranžirne grupe, tj. dinamička specijalizacija ranžirnih koloseka,
- Moduo 3: Upravljanje procesima na ranžirnim kolosecima,
- Moduo 4: Upravljanje procesima u otpremnoj grupi,
- Moduo 5: Upravljanje procesima u prijemnoj grupi.

Moduo 1 određuje broj pojedinačnih grupa u sastavu i redosled rastavljanja tako da se postigne najpovoljniji odnos slobodnih koloseka ranžirne grupe i ranžirnih koloseka koji će biti zauzeti za nakupljanje novih trkača. Na taj način će se omogućiti da u svakom trenutku što veći broj slobodnih ranžirnih koloseka stoji na raspolaganju za dodelu novih adresa za upućivanje trkača. Međutim, pri utvrđivanju redosleda rastavljanja moraju se uzeti u obzir i posebni prioriteti za sastave koji sadrže kola sa prioritetom rastavljanja - ograničenim vremenom zadržavanja u stanici.

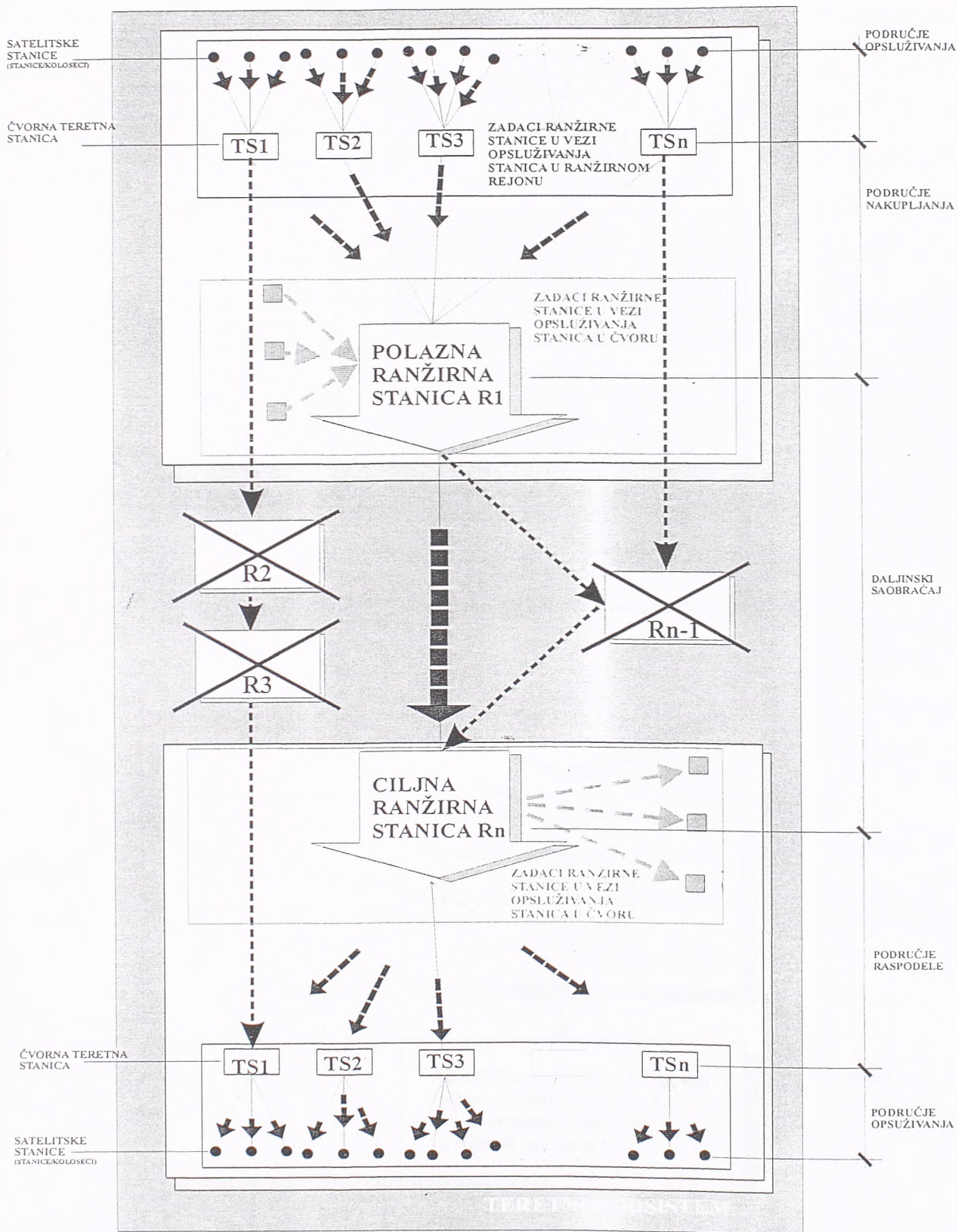
Moduo 2 zajedno sa modulom 1 utvrđuje broj trkača u sastavu spremnom za potiskivanje, tako da su prosečno zadovoljena oba uslova: rano razdvajanje trkača na ranžirnoj rampi (po mogućstvu na prvoj skretničkoj poziciji) i intenzivno korišćenje kvalitativno boljih ranžirnih koloseka (koloseci sa najmanjim otporima kretanju trkača). Dinamička specijalizacija ranžirnih koloseka odgovarajućim pravcima otpreme smanjuje verovatnoću stvaranja uskih grla u ranžirnoj grupi, pošto se slobodan kolosek "odmah" dodeljuje odgovarajućem pravcu otpreme.

Ovo je od posebnog značaja u periodima intenzivnog priliva kola, jer se ranim razdvajanjem putanja trkača ubrzava proces ranžiranja, povećava bezbednost (smanjena opasnost sustizanja i "bočnog naletanja trkača") i na taj eliminišu zastoje u ranžirnom radu.

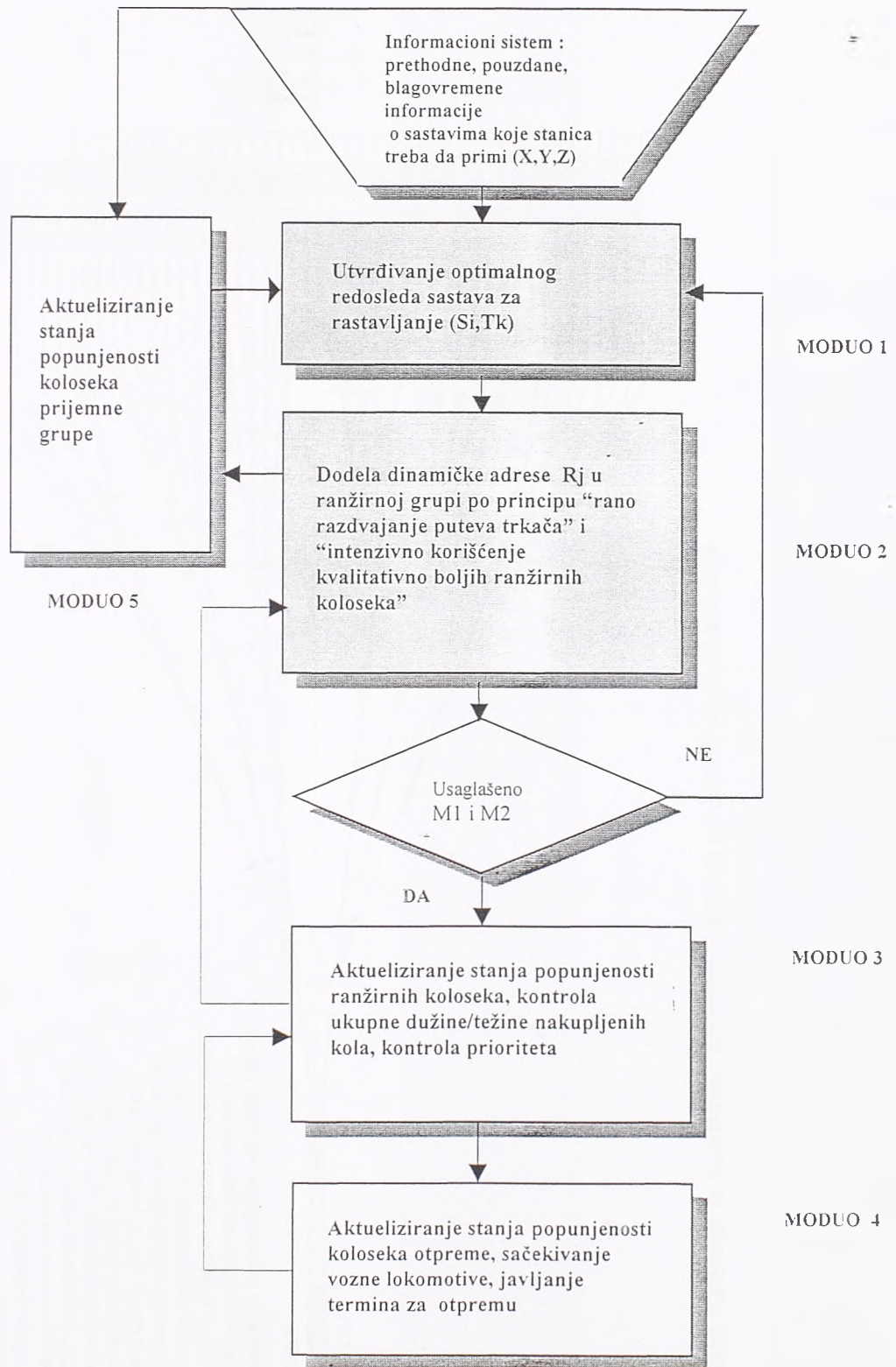
Moduo 3 vrši tekuće aktueliziranje stanja u ranžirnoj grupi koje računar prihvata kao postojeće stanje i ispituje vremenska ograničenja za određena kola ili vozove sa prioritetom. Moduo upravljanja ranžirnom grupom daje informaciju kada su zadovoljeni uslovi za formiranje novog sastava.

Moduo 4 odnosno moduo 5, analogno prethodnom modulu, upravljaju stanjem na prijemnim odnosno otpremnim kolosecima.

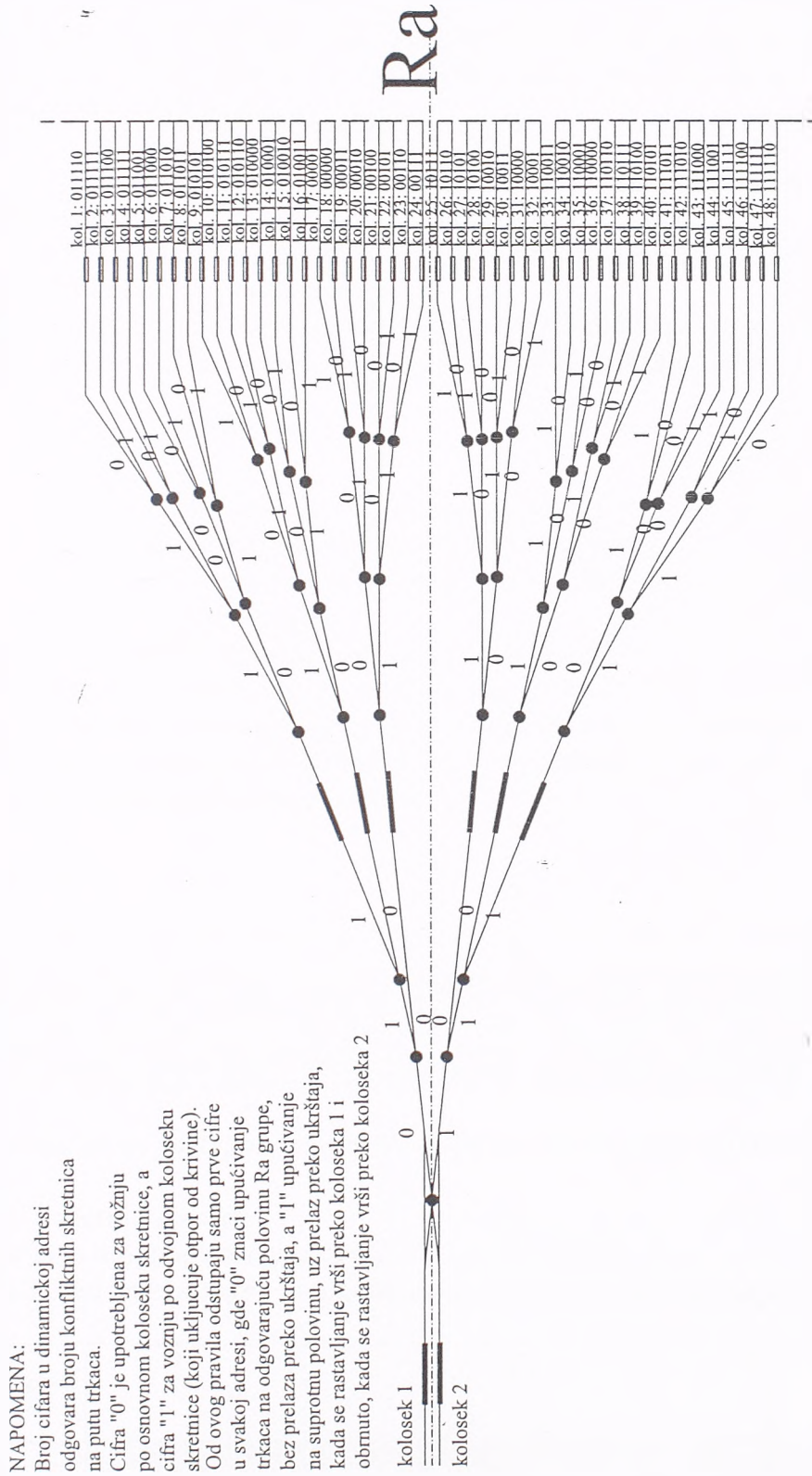
U zavisnosti od broja slobodnih ranžirnih koloseka koji stoje na raspolaganju i prethodno najavljenog dolaska kola program treba da izvrši odabir pojedinih ranžirnih koloseka u skladu sa podstrukturuom ciljne stanice. Ukoliko je ciljna stanica ranžirna stanica grupe kola se formiraju u skladu sa čvornim stanicama koje ranžirna stanica opslužuje. Samo u ekstremnom slučaju jedan ranžirni kolosek služi samo za jedni grupu kola koja je namenjena samo jednoj čvornoj stanici. Pri sakupljanju kola i njihovom sastavljanju u veće grupe zahvata se dakle dublje u strukturne nivoe nego što je to uobičajeno. Završno formiranje sastava se ostvaruje na kolosecima otpreme, pri čemu su grupe kola poređene u odgovarajućem redosledu.



Slika 4.1 Poboljšani koncept klasičnog teretnog podsistema sa fleksibilnim sistemom čvorova



Slika 4.2 Algoritam za sprovođenje kumulativnog postupka na kolosjecima glavnih grupa gravitacione ranžirne stanice



Slika 4.3 Shema za dodeljivanje dinamičke adrese na primeru 48 ranžirnih koloseka

Ovakav postupak je razumljivo efikasan samo onda ukoliko ima dovoljno kola za svaki pravac otpreme tako da je moguće formirati što veće grupe, ali tako da vreme boravka u stanici “ne raste preterano”. Koja je odgovarajuća granica za “preterano bavljenje na kolosecima ranžirne grupe” mora da se odredi od slučaja do slučaja. Generalno treba težiti da se optimizira ukupan ranžirni rad na mreži i da se izbegnu ponovljena ranžiranja.

Neka je S_i i-ti sastav u aktuelnom redosledu sastava pripremljenih za potiskivanje, SR_j – j-ti sastav koji se upućuje u ranžirnu stanicu “R”,

R_a za R/X – ranžirni kolosek r_a ranžirnu stanicu R za kola namenjena čvornoj stanici X
 X_i – “i” kola za čvornu stanicu X

A_i, B_j mesta rastavljanja i sastavljanja kvačila između grupa kola za pravac A i B

$X=A, B, C$ – čvorne stanice koje opslužuje ciljna ranžirna stanica.

Ako pretpostavimo sledeće:

- U okviru posmatranog vremenskog intervala Δt (npr. par sati posmatranja) priliv kola ca ciljnu ranžirnu stanicu R je dovoljno veliki,
- Za kola aktuelnog redosleda rastavljanja sastava stoji na raspolaganju dovoljan broj koloseka ranžirne grupe,
- Ciljna ranžirna stanica opslužuje čvorne stanice A i B,
- Moguće je primiti proizvoljno dugačke grupe kola,
- Za ranžirnu stanicu R još uvek nije određen nijedan ranžirni kolosek.

Kao mera ranžirnog rada definiše se broj popuštanja kvačila (O) i broj pritezanja kvačila (K). Redosled opsluživanja sastava je S_1, S_2 i S_3 .

Primer 1:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
S1	A4	B3	E4	A3	C2	F1	D4	B5	E3	F2	E2	G5	A5	G2	B2	E4	
S2	E4	A3	C3	F2	G2	C3	A3	B5	E2	G2	C3	B6	F2	G3	A4	E2	
S3	G3	B2	C3	E2	A3	G2	B2	F1	G3	F2	H2	A4	H7	B3	C4	A3	H4

Kumulativni postupak, koji uzima u obzir podstrukturu ciljne ranžirne stanice:

- U početnoj stanici:

Ukupan broj popuštanja kvačila : $O=15+15+16=46$

Redosled nakupljanja i broj kvačenja na ranžirnom koloseku za pravac A:

Broj pritezanja Kvačila: 8	1	2	3	4	5	6	7	8	
	A4	A3	A5	A3	A3	A4	A3	A3	A4
	S1			S2			S3		

Ukupan broj pritezanja kvačila $K=8$

Ukupan broj kola za stanicu A: 32

Redosled nakupljanja i broj pritezanja kvačila na ranžirnom koloseku za pravac B:

Broj kvačenja: 7	1	2	3	4	5	6	7	
	B3	B5	B2	B5	B6	B2	B2	B3

Ukupan broj kola za stanicu B: 28

Ukupan broj pritezanja kvačila $K=7$

Broj kvačenja: 1	1	
	A32	B28

- U ciljnoj stanici R:

SR: A32B28

Broj popuštanja kvačila $O=1$

Ukupan broj popuštanja kvačila $O=46+1=47$

Ukupan broj pritezanja kvačila $K=8+7+1=16$

+ jedno izvlačenje radi završnog formiranja sastava

Uobičajeni postupak koji ne uzima u obzir podstrukturu ciljne ranžirne stanice:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
S1	A4B3	E4	A3	C2	F1	D4	B5	E3	F2	E2	G5	A5	G2	B2	E4		
S2	E4	A3	C3	F2	G2	C3	A3B5	E2	G2	C2	B6	F2	G3	A4	E2		
S3	G3	B2	C3	E2	A3	G2	B2	F1	G3	F2	H2	A4	H7	B3	C4	A3	H4

Ukupan broj popuštanja kvačila : $O=14+14+16=44$

Redosled nakupljanja i broj pritezanja kvačila na ranžirnom koloseku za ciljnu stanicu R:

Broj pritezanja kvačila: 14	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
	A4B3	A3	B5	A5	B2	A3	A3B5	B6	A4	B2	A3	B3	A4	B3	A4

Ukupan broj kola za stanicu R: A4B3A3B5A5B2A6B11A4B2A3B3A4B3A4

- U ciljnoj ranžirnoj stanici R:

Broj popuštanja kvačila: 14	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
SR	A4	B3	A3	B5	A5	B2	A6	B11	A4	B2	A3	B2	A4	B3	A3

$$K=14$$

Broj pritezanja kvačila:	1	2	3	4	5	6	7	
A:	A4	A3	A5	A6	A4	A3	A4	A3
B:	B3	B5	B2	B11	B2	B2	B3	

Ukupan broj popuštanja kvačila: $O=44+14=58$

Ukupan broj pritezanja kvačila: $K=14+7+6=27$

Poređenjem potrebnog broja rastavljanja kvačila po uobičajenom postupku rastavljanja heterogenih sastava u gravitacionim ranžirnim stanicama i kumulativnom postupku, koji uzima u obzir podstrukturu ciljne gravitacione ranžirne stanice, ($100 \cdot 58 / 47 = 123$) dobijamo povećanje potrebnog broja rastavljanja kvačila 23% za pokazani jednostavni primer ukoliko sa ne uzima u obzir podstruktura ciljne gravitacione ranžirne stanice. Takođe, primećujemo i porast neophodnog broja kvačenja za čak 69% na prikazanom primeru ($27/16$) ukoliko se ne uzme u obzir podstruktura ciljne ranžirne stanice. Ušteda na potrebnom broju operacija u vezi popuštanja i pritezanja kvačila i poluspojki vazdušnih vodova nije samo ekonomska i saobraćajna kategorija, već je i važan faktor humanizacije ljudskog rada na železnici.

Analizom potrebnog broja ranžirnih koloseka za opsluživanje stanica A i B može se doći do sledećeg zaključka:

- Za kumulativni postupak koji uzima u obzir podstrukturu ciljne ranžirne stanice potrebna su: dva ranžirna koloseka u polaznoj ranžirnoj stanici i dva ranžirna koloseka u ciljnoj ranžirnoj stanici, ukupno: $2+2=4$ ranžirna koloseka;
- Za klasičan postupak: jedan ranžirni kolosek u polaznoj ranžirnoj stanici i dva ranžirna koloseka u ciljnoj ranžirnoj stanici, ukupno $1+2=3$ ranžirna koloseka.

Primer koji sledi pokazuje uticaj redosleda rastavljanja na obim ranžirnog rada i potreban broj koloseka u ranžirnoj grupi uputne i ciljne ranžirne stanice.

Primer 2:

Ciljna stanica R opslužuje 5 čvornih teretnih stanica: A, B, C, D, E

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
S1	A1	E3	A2	B5	A2	E5	A4	H1	A2	E2	A2	E6	C5	F3	C5				
S2	A2	G5	A1	E3	B6	A2	E5	B4	A2	B5	A1	F4	A2	H1	A3				
S3	G2	A2	D3	A1	H3	D4	A2	G4	A1	D5	A2	H3	A1	D3	G3	A2	G2	A1	F1
S4	F1	D4	G3	E6	D4	A2	E4	D5	H2	E5	D2	E6	G3	E5	F4				

Kumulativni postupak koji uzima u obzir podstrukturu ciljne ranžirne stanice:

- U početnoj stanici:

Ukupan broj popuštanja kvačila : $O=14+14+18+14=60$

Redosled rastavljanja: S3, S4, S2, S1

Redosled nakupljanja i broj kvačenja na ranžirnom koloseku za stanicu A:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A2	A1	A2	A2	A1	A2	A3	A1	A2	A2	A4	A2	A2

Potreban jedan ranžirni kolosek za izdvajanje kola za stanicu A; broj pritezanja kvačila $K=21$; Ukupan broj kola izdvojen za stanicu A iznosi 40, što je dovoljno za formiranje voza koji tranzitira usputne stanice do ciljne stanice A.

Redosled nakupljanja i broj kvačenja na ranžirnom koloseku za stanicu A:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
D3	D4	D5	D3	D4	D4	D5	D2	B6	B4	B5	B5	C5	C5

Potreban jedan ranžirni kolosek za izdvajanje kola za stanicu D, B i C; broj pritezanja kvačila $K=13$; Ukupan broj kola izdvojen ranžirnom koloseku iznosi 60, što je dovoljno za formiranje voza D30B20C10 koji se rastavlja u ciljnoj ranžirnoj stanici uz dva otpuštanja kvačila ($O=2$).

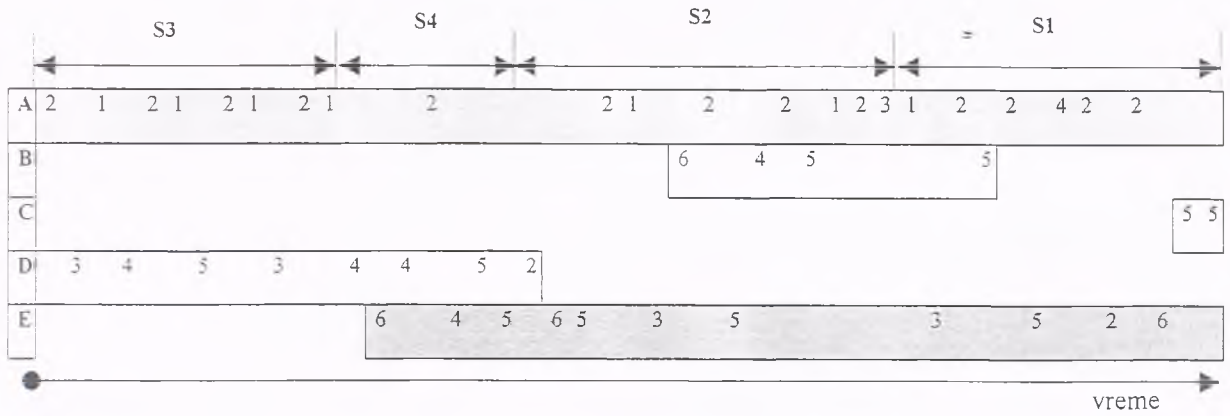
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
E6	E4	E5	E6	E5	E3	E5	E3	E5	E2	E6

Potreban jedan ranžirni kolosek za izdvajanje kola za stanicu E; broj pritezanja kvačila $K=10$; Ukupan broj kola izdvojen ranžirnom koloseku iznosi 50, što je dovoljno za formiranje voza E50 koji tranzitira sve usputne stanice do ciljne stanice E.

Da bi se očigledno predstavio optimalni redosled rastavljanja heterogenih sastava i uočila razlika u odnosu na rastavljanje po redosledu prispeća (S1S2S3S4) korisno je posmatrati sledeću tabelu:

Optimalno korišćenje ranžirnih koloseka

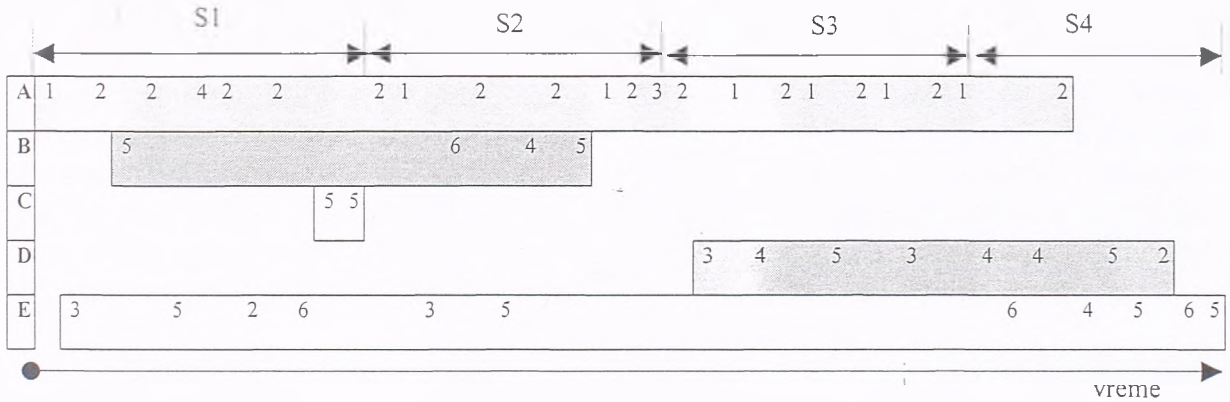
Redosled rastavljanja: S3S4S2S1



S1S2S3S4	S2S1S3S4	S3S1S2S4	S4S1S2S3
S1S2S4S3	S2S1S4S3	S3S1S4S2	S4S1S3S2
S1S3S2S4	S2S3S1S4	S3S2S1S4	S4S2S1S3
S1S3S4S2	S2S3S4S1	S3S2S4S1	S4S2S3S1
S1S4S2S3	S2S4S1S3	S3S4S1S2	S4S3S1S2
S1S4S3S2	S2S4S3S1	S3S4S2S1	S4S3S2S1

- Potrebna tri koloseka ranžirne grupe:
- Kolosek 1 za stanicu A
 - Kolosek 2 za stanice B,C,D
 - Kolosek 3 za stanicu E

Redosled rastavljanja: S1S2S3S4:



Potrebna četiri koloseka ranžirne grupe:

- Kolosek 1 za stanicu A
- Kolosek 2 za stanicu C za privremeno ostavljanje grupe C, koja se prebacuje na kolosek 3 uz grupe B i D
- Kolosek 3 za stanice B i D
- Kolosek 4 za stanicu E

Ovde treba primetiti da je neophodan (ne i dovoljan, jer ograničenja mogu biti dužine, gabariti itd.) uslov da se više grupa nakuplja na istom ranžirnom koloseku : najkasnije pristizanje poslednjih kola prethodne grupe mora biti ranije od najranijeg pristizanja prvih kola naredne grupe.

Optimalni redosled S3S4S2S1 je samo jedna. i to osamnaesta od 24 moguće permutacije bez ponavljanja ($4!=24$), pa se postavlja pitanje kako bi se u opštem slučaju za $n!$ mogućnosti odredila jedna ili skup konkurentnih permutacija koji bi se u konkretnom slučaju proglasio optimalnim. Pre nego što se odgovori na ovo pitanje, pokazaće se uštede (vreme, prostor i humanizacija rada) koje se u konkretnom primeru 2 postižu u odnosu na klasičnu metodu rastavljanja po pravima otpreme bez uzimanja u obzir podstrukture ciljne ranžirne stanice.

Uobičajeni postupak koji ne uzima u obzir podstrukturu ciljne ranžirne stanice:

Redosled rastavljanja takođe S3S4S2S1, uporedivosti radi:

Rastavljanje kvačila i formiranje grupa u početnoj ranžirnoj stanici:

Broj rastavljanja kvačila	1		2		3		4																			
Sastav S1	A1E3A2B5A2E5A4				H1		A2E2A2E6C5		F3		C5															
Broj rastavljanja kvačila	1	2		3			4	5	6																	
Sastav S2	A2		G5		A1E3B6A2E5B4A2B5A1			F4		A2		H1		A3												
Broj rastavljanja kvačila	1	2		3	4	5	6		7	8		9	10	11	12											
Sastav S3	G2		A2D3A1		H3		D4A2		G4		A1D5A2		H3		A1D3		G3		A2		G2		A1		F7	
Broj rastavljanja kvačila	1	2	3		4			5	6		7	8														
Sastav S4	F1		D4		G3		E6D4A2E4D5			H2		E5D2E6		G3		E5		F4								

Potreban broj rastavljanja kvačila $O=4+6+12-8=30$, ako se u obzir ne uzme ograničenje koje daje maksimalan broj kola u trkaču! U protivnom, uz realnu pretpostavku da je maksimalna dužina trkača ograničena na šestoro kola, bile bi još veće prednosti prethodnog postupka (koji uzima u obzir podstrukturu ciljne ranžirne stanice), jer bi u tom slučaju bilo $O=9+10+12+13=44$. Međutim, u daljoj analizi će se izostaviti ovo realno ograničenje, jer će se čak i uz teorijsku pretpostavku neograničenih dužina trkača i ranžirnih koloseka dokazati inferiornost uobičajene metode za rastavljanje.

Sastavljanje vozova u polaznoj ranžirnoj stanici za pravac ciljne ranžirne stanice R:

Broj pritezanja kvačila: 7	1		2		3		4		5	6	7					
Ranžirni kolosek 1	A2D3A1		D4A2		A1D5A2		A1D3		A2		A1		D4		E6D4A2E4D2D5	
Broj pritezanja kvačila: 5	1	2	3		4			5								
Ranžirni kolosek 2	E5D2E6		E5		A2		A1E3B6A2E5B4A2B5A1			A2		A3				
Broj pritezanja kvačila: 2	1			2												
Ranžirni kolosek 3	A1E3A2B5A2E5A2				A2E2A2E6C5			C5								

Ukupan broj pritezanja kvačila $K=7+5+2=14$

U ciljnoj ranžirnoj stanici R:

Broj otpuštanja kvačila: 14	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Ranžirni kolosek 1	A2	D3	A1	D4	A3	D5	A3	D3	A3	D4	E6	D4	A2	E4	D7
Broj otpuštanja kvačila: 11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
Ranžirni kolosek 2	E5	D2	E11	A3	E3	B6	A2	E5	B4	A2	B5	A6			
Broj otpuštanja kvačila: 10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
Ranžirni kolosek 3	A1	E3	A2	B5	A2	E5	A4	E2	A2	E6	C10				

$$O=14+11+10=35$$

Formiranje sastava za čvorne stanice A, B, C, D i E:

Broj pritezanja kvačila: 14	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Ranžirni kolosek 1	A2	A1	A3	A3	A3	A2	A3	A2	A2	A6	A1	A2	A2	A4	A2
Broj pritezanja kvačila: 3	1	2	3												
Ranžirni kolosek 2	B6	B4	B5	B5											
Broj pritezanja kvačila: 0															
Ranžirni kolosek 3	C10														
Broj pritezanja kvačila: 7	1	2	3	4	5	6	7								
Ranžirni kolosek 4	D3	D4	D5	D3	D4	D4	D7	D2							
Broj pritezanja kvačila: 9	1	2	3	4	5	6	7	8	9						
Ranžirni kolosek 5	E6	E4	E5	E11	E3	E5	E3	E5	E2	E6					

$$K=14+3+0+7+9=33$$

Ukupno $O=30+35=65$; relativno povećanje $65/62*100-100=5\%$

Ukupno $K=14+33=47$; relativno povećanje $47/47*100-100=0\%$

Stvarna relativna povećanja su daleko veća. jer se u analizu mora uneti ograničavajuća dužina trkača. Za maksimalnu dužinu trkača npr. 6 kola dobija se $O=44+35=79$ i $K=27+33=60$, što daje relativno povećanje od $79/62*100-100=27.4\%$ za otpuštanje kvačila, odnosno $60/47*100-100=27.7\%$ za pritezanje kvačila. No, čak i pri analizi bez uzimanja u obzir ograničavajuće dužine trkača u gravitacionoj ranžirnoj stanici, očigledno je kod konvencionalnog postupka povećano ukupno angažovanje ranžirnih koloseka ($3+5=8$) i rastavljanje ukupno $3+3=6$ sastava u odnosu na postupak koji uzima u obzir podstrukturu ciljne gravitacione ranžirne stanice ($3+3=6$ ranžirnih koloseka, $3+1=4$ rastavljanja sastava).

Kod ranžirnih stanica sa objedinjenom ranžirno-otpremnom grupom operacije završnog formiranja sastava se obavljaju na ranžirno-otpremnim kolosecima. U ovako otežanim uslovima treba težiti da se prevashodno ostvari primarni cilj prikazane metode koja uzima u obzir podstrukturu ciljne ranžirne stanice, a to je: formiranje što dužih grupa kola. Drugi cilj prikazane metode: utvrđivanje najpovoljnijeg redosleda grupa kola za odgovarajući voz je ili nemoguće, ili moguće u posebnim uslovima: postojanje izvlačnjaka, ili posebne sabirne grupe. Na taj način se problem svodi na sledeće: potrebno je formirati grupe kola za "k" pravaca (čvorne stanice koje opslužuje ciljna ranžirna stanica R) pomoću "m" ranžirnih koloseka, pri čemu je $m \leq k$. Iz toga sledi da pojedini ranžirni koloseci moraju da prihvate grupe kola za veći broj čvornih stanica. Cilj je da se formiraju što duže grupe kola, ali tako da ukupni ranžirni rad u polaznoj ranžirnoj stanici i usputnim do ciljne bude manji u odnosu na uobičajeni postupak.

Ukoliko je moguće "m" koloseka ranžirno-otpremnih grupe, namenjenih stanicama koje opslužuje ciljna ranžirna stanica R, koristiti paralelno, pri čemu je ujedno "m" broj vozova koje u vremenu Δt treba otpremiti u ranžirnu stanicu R, biće osigurano da je vreme koje kola provedu u ranžirno-otpremnoj grupi ograničeno na maksimalno Δt . Ovaj postupak naravno ima smisla za $m \geq 2$. Ako se u periodu Δt preko ranžirnog brega rastavi "n" sastava koji sadrže grupe namenjene stanici R, onda je mogući broj varijanata redosleda njihovog rastavljanja $n!$, pri čemu je u opštem slučaju $n \leq m$. Zato se sa sigurnošću može reći da mogući broj varijantnih rešenja, koja obuhvataju sve moguće redoslede rastavljanja "n" sastava na "m" ranžirnih koloseka za vremenski interval Δt , iznosi $n!(m-1) \leq n!(n-1)$.

Tabela 4.1 Maksimalni broj varijanata rastavljanja "n" sastava na "m" ranžirnih koloseka

Broj prispelih vozova za stanicu R, koji se rastavljaju u periodu Δt	Maksimalni broj varijanata rastavljanja "n" sastava na "m" ranžirnih koloseka	Povećanje u odnosu na prethodni broj varijanata
2	2	
3	12	$3 \cdot 2 / 1 = 6$
4	72	$4 \cdot 3 / 2 = 6$
5	480	$5 \cdot 4 / 3 = 6.6667$
...		
n	$n!(n-1)$	$n(n-1)/(n-2)$

Iz tabele se vidi da se pri svakom povećanju broja n za 1, broj varijantnih rešenja povećava za $n(n-1)/(n-2)$.

Teorijski maksimalni broj varijantnih rešenja se u konkretnim uslovima redukuje realnim ograničenjima kao što su npr.: raspoloživi broj koloseka u ranžirno-otpremnoj grupi, problemi prioriteta, stvarni broj vozova koji se u vremenu Δt može formirati za stanicu R, lokalna ograničenja (nepostojanje samostalne sabirne grupe, rešenje izlaznog grla ranžirne, odnosno ranžirno-otpremnih grupe, izbor postupka za sastavljanje višegrupnih vozova) itd.

Analizom prikazanih primera može se doći do nekih opštih zaključaka, koji isključuju unapred neke od varijanata kao nekonkurentne:

- Viši prioritet za rastavljanje imaju sastavi za čije rastavljanje je potreban manji broj ranžirnih koloseka,
- Ukoliko na raspolaganju stoji veći broj sastava sa istim prioritetom po prethodnom kriterijumu (potreba za istim brojem ranžirnih koloseka), onda viši prioritet ima sastav koji u većoj meri doprinosi povećanju broja kola u grupi koja se upravo tretira,
- Ukoliko priliv kola dopušta formiranje jednogrupnih vozova za jedan ili više pravaca otpreme (ka čvornim stanicama A, B, C ...), onda se tim pravcima dodeljuje potreban broj u okviru "m" ranžirnih koloseka,
- Preostali broj od "m" ranžirnih koloseka služi za nakupljanje preostalih (malih) grupa,
- Ukoliko je nemoguće da se izbegne "prelom" grupe (promena pravca otpreme u okviru jednog ranžirnog koloseka), onda se za aktuelan pravac bira onaj ranžirni kolosek koji nije predviđen za nakupljanje kola za direktni voz i na kome već postoji minimalna dužina kola nakupljenih za neki drugi pravac otpreme,
- Prvobitno predviđeni ranžirni kolosek za nakupljanje kola isključivo za jednu čvornu stanicu, može se samo radi rešavanja uskih grla u okviru raspoloživog kapaciteta nameniti nakupljeni kolâ i za neki drugi pravac otpreme.

Svi sastavi koji u periodu Δt uđu u gravitacionu ranžirnu stanicu mogu se matematički prikazati kao uređene trojke tipa: (X, Y, Z) , gde je:

X- redosled prispeća sastava u prijemnu grupu u intervalu Δt ; $X=1, 2, \dots, n$; za "n" heterogenih sastava koji u vremenu Δt uđu u prijemnu grupu gravitacione ranžirne stanice,

Y- broj potencijalnih grupa, odnosno broj teretnih stanica kojima su namenjena kola iz sastava prispelog voza,

Z- dodatni koeficijent koji utiče na prioritet naguravanja sastava: $Z=1$ sadržaj kola sa bezuslovnim prioritetom rastavljanja, $Z=2$ sadržaj kola iz grupe koja doprinosi značajnom povećanju broja kola iz grupe koja se upravo tretira na ranžirnom koloseku, $Z \geq 3$ u svim ostalim slučajevima.

Kriterijumi za formiranje liste prioriteta rastavljanja heterogenih sastava po kumulativnom postupku:

- uređena trojka $(X, Y, 1)$ ima najviši prioritet rastavljanja,

- druga na listi prioriteta je uređena trojka tipa (X, Y_{\min}, Z) ,
- ukoliko ima više uređenih trojki koje sadrže Y_{\min} , najviši prioritet među njima ima uređena trojka sa Z_{\min} (gde je $Z \neq 1$)
- ostala mesta na rang listi utoliko niža, ukoliko je Y veće.

Nakon sređivanja liste prioriteta naguravanja sastava S_1, S_2, \dots, S_n (videti sliku 4.3) po prethodno opisanim kriterijumima, svakoj grupi iz heterogenog sastava (ili za više grupa u slučaju malog priliva kola za određeni pravac otpreme) se dinamičkom specijalizacijom određuje "dinamička adresa" u vidu određenog koloseka ranžirne grupe, uz korišćenje principa najranijeg razdvajanja putanja trkača i intenzivno korišćenje koloseka sa najmanjim otporima trčanja kola. Na taj način se svaki trkač može predstaviti uređenom trojkom (S_i, T_k, R_j) , u skladu sa oznakama prikazanim na slici 4.3.

Odmah se intuitivno može zaključiti da se mnoge prednosti koje daje izložena metoda rastavljanja uz poštovanje podstrukture ciljne ranžirne stanice, mogu poništiti u uslovima objedinjene ranžirno-otpremne grupe u kojoj je problem realizacije zadataka otpreme sa ranžirno-otpremni koloseka razrešen povećanjem dužine ranžirno-otpremne grupe, što za posledicu ima potrebu za dodatnim ranžiranjem na izlaznoj strani ove grupe i potrebu za dodatnim sabijanjem na čeonj strani grupe, što sve ukupno usporava proces ranžiranja i poništava polaznu ideju smanjenja obima ranžiranja na mreži.

4.1 Diskusija poboljšanja u odnosu na uobičajeni postupak rastavljanja

Poštovanje podstrukture ciljne ranžirne stanice uz slobodni izbor ranžirnog koloseka za nakupljanje trkača za određenu adresu slanja smanjuje obim ranžirnog rada na putu od polazne do ciljne stanice na koju se kola ili grupa kola upućuju.

Ukoliko se uzme da je prosečno vreme zadržavanja u jednoj ranžirnoj stanici do 6 sati, onda formiranje direktnih vozova (tranzitirne usputnih ranžirnih stanica) znači veliki dobitak u vremenu, koji se sa jedne strane može koristiti za savladavanje velikih rastojanja (preko 200 km), naročito u noćnom periodu, a sa druge strane ovaj dobitak u vremenu se može "potrošiti" na produženje vremena nakupljanja i na taj način poboljšalo i iskorišćenje vozova u pogledu dužine ili težine. Razumljivo je da je moguće tranzitiranje ranžirne stanice R i u slučaju kada dve ili više ciljnih čvornih stanica leže na istoj pruzi. U tom slučaju samo treba obratiti pažnju na redosled grupa u okviru sastava voza.

Osim toga prikazani postupak doprinosi značajnoj uštedi u radnim operacijama:

- Prilikom tranzitiranja ranžirne stanice izostaje celokupan rad počevši od operacija u prijemnoj grupi, preko nakupljanja, do završne obrade na kolosecima otpreme,
- Prilikom minimiziranja neophodnog broja popuštanja i pritezanja kvačila minimiziraju se upravo one operacije koje zahtevaju angažovanje velikog broja personala i vremena.

Kao sporedni efekat metode javlja se povećanje bezbednosti tokom rada na osnovu:

- smanjenja ukupnog obim ranžirnog tada na putu od pošiljaoca do primaoca,
- dinamičkog dodeljivanja ranžirnih koloseka ranžirne stanice po principu ranog razdvajanja puteva trkača, po mogućstvu već na prvoj poziciji skretnica.

Preduslov da bi se ovakav postupak primenio je postojanje informacionog sistema, koji daje pouzdane i blagovremene informacije o sastavima, koje stanica u nekom intervalu Δt treba da primi: vreme prispeća, sastav vozova definisan u smislu rasporeda i krajnjih adresa kola u vozu, posebne napomene od interesa za rastavljanje preko brega (prioriteti, zabrana slobodnog spuštanja kola niz breg itd).

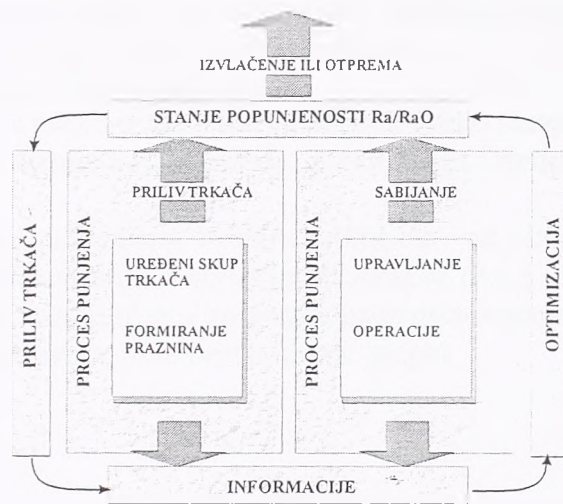
Bitan preduslov za primenu ovog postupka, u građevinskom smislu, je rešavanje ulaznog grla prijemne grupe tako da se sa svih pruga omogući ulaz na sve prijemne koloseke; za projektovanje ranžirne rampe i ranžirne grupe u planu i profilu koriste se uobičajeni principi i elementi, s tim što prednost treba davati rešenjima koja obezbeđuju ranije razdvajanje puteva trkača, što znači da treba težiti rešenjima sa dva koloseka na strmoj rampi (koja su i tako uobičajena za JŽ, a u budućnosti sa daljin razvojem ranžirne tehnike moći će da dođu i druge prednosti ovog rešenja da izražaja); izlazno grlo ranžirne rampe zahteva mogućnost da se sa svih koloseka ranžirne grupe može izaći na bilo koji kolosek otpremne grupe i iz otpremne grupe treba da se omogućiti izlaz na sve pravce. Dakle, radi se o sasvim standardnim principima za projektovanje glavnih kolosečnih grupa gravitacione ranžirne stanice, koji su već ispoštovani u većini postojećih gravitacionaih ranžirnih stanica. Primena kumulativnog postupka za rešavanje ranžirnih zadatka ranžirnih stanica ne zahteva nikakve promene u standardnim principima za projektovanje glavnih kolosečnih grupa stanice, što je još jedna prednost ovog postupka.

Značajna prednost kumulativnog postupka je i njegova apsolutna kompatibilnost sa uobičajenim postupkom ranžiranja, jer se odvijanje rada u ranžirnim stanicama ne menja principijelno, već se samo smanjuje po obimu. Ovaj postupak utiče da se formiraju vozovi koji sadrže velike grupe kola koje su namenjene čvornim stanicama koje opslužuje ciljna ranžirna stanica, kao i direktni vozovi koji tranzitiraju sve usputne stanice do ciljne čvorne stanice. Na taj način se već postojeći kapaciteti mogu koristiti da se poveća sloboda odlučivanja pri dodeljivanje koloseka ranžirne stanice određenim pravicima otpreme. Naravno da se efekat ovog postupka najbolje ispoljava ukoliko se primenjuje na celokupnoj mreži.

Stavovi izneti u vezi primene kumulativnog postupka korišćeni su u Prilogu 3, gde je pomoću simulacionog modela ispitivan rad izlaznog grla Ra/RaO grupe u uslovima osmočasovne intenzivne otpreme iz gravitacione ranžirne stanice.

4.2 Proces nakupljanja kola na ranžirnim kolosecima

Sastavi vozova koji se primaju na kolosecima prijemne grupe gravitacione ranžirne stanice predstavlja prethodno definisan – dakle, uređen skup, čiji su elementi i poredak u skupu unapred (pre prispeća voza u stanicu) poznati na osnovu informacionog sistema (ukoliko informacioni sistem postoji). Nakon ranžirno-tehničke i komercijalne obrade, dakle sa neizbežnom vremenskom zadržskom, heterogeni sastavi se rastavljaju naguravanjem na ranžirni breg i upućivanjem prethodno definisanih trkača na prethodno definisane adrese – ranžirne koloseke ka kojim se trkači upućuju. Stanje na ranžirnim kolosecima : tip i redosled trkača, su zbog toga unapred poznati za svaki ranžirni kolosek. Preduslov za ovakvo stanje na ranžirnim kolosecima je efikasno i neometano upravljanje procesom rastavljanja na osnovu pouzdanih informacija, kao što pokazuje slika 4.5.

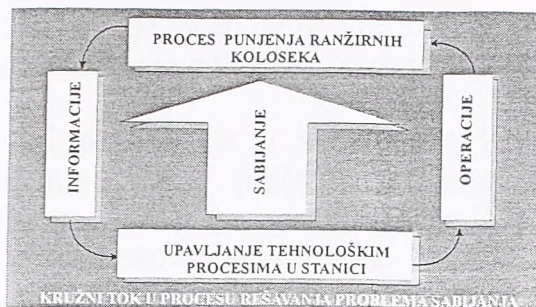


Slika 4.5 Uticajne veličine koje definišu upravljanje procesom punjenja koloseka ranžirne/ranžirno-otpremne grupe

U svim ranžirnim stanicama, koje ne raspolažu uređajima za automatsko čišćenje prostora iza poslednjeg reda kolosečnih kočnica (gredne kolosečne kočnice treće kočione pozicije, ili pomoćne kočnice kao na slici 3.2) i uređajima za sabijanje kola, javlja se problem sabijanja pomoću manevarske lokomotive (lokomotiva koja vrši i potisivanje sastava preko brega, posebna lokomotiva koja služi samo za sabijanje kola na ranžirnim kolosecima sa ciljem da se ubrza proces rastavljanja na rampi, ili manevarska lokomotiva na izlaznom grlu Ra-O, odnosno Ra grupe), kako bi se otklonile neželjene praznine između trkača. U svakom slučaju, sabijanje usporava proces rastavljanja na ranžirnoj rampi, ili dodatno opterećuje izlazno grlo Ra-O, odnosno Ra grupe.

Do koje mere će ovaj problem biti izražen u praksi, pri svim ostalim jednakim uslovima, direktno zavisi od rešenja koloseka preko brega i preko ranžirne rampe, ali i od rešenja izlaznog grla Ra-O/Ra grupe, jer se u tom slučaju sabijanje, u zavisnosti od konkretne situacije, može optimizirati angažovanjem lokomotive sa brega i lokomotive

sa manevarskog izvlačnjaka, uz minimiziranje posledica na proces rastavljanja, završnog formiranja i prevlačenja sastava.

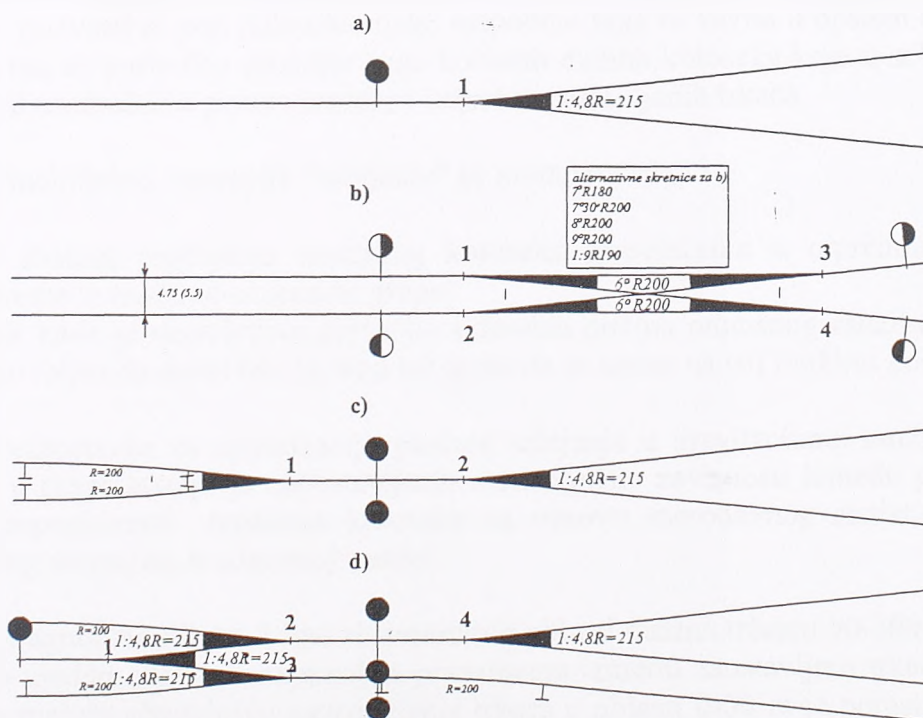


Slika 4.6 Kružni tok u procesu rešavanja problema "sabijanje"

Moguća su sledeća rešenja koloseka preko ranžirnog brega i ranžirne rampe:

- sa jednim kolosekom preko brega i rampe,
- dva koloseka preko brega i rampe,
- dva koloseka preko brega i jedan kolosek preko rampe i
- eventualno rešenje sa tri koloseka preko brega i rampe (videti sliku 4.7).

Kod nas je uobičajeno rešenje prikazano na slici 4.7 pod b), koje omogućava jednovremeno rastavljanje i sabijanje pri radu sa dve (ili više) manevarske lokomotive (naravno uz upućivanje trkača za vreme spuštanja manevarske lokomotive niz rampu na ranžirne koloseke druge polovine ranžirne grupe).



Slika 4.7 Moguća rešenja vođenja koloseka preko strme rampe

U literaturi [23] obrađen je problem optimalne strategije za upotrebu lokomotive za sabijanje kola na ranžirnim kolosecima (stanica Offenburg) u slučaju primene jednog koloseka preko ranžirne rampe (slika 4.7 pod "c"). Na osnovu problema izloženih u disertaciji [23] može se videti da rešenje koje se koristi na JŽ (slika 4.7 pod "b") pruža veću slobodu u donošenju odluka za izvršenje operacije: sabijanje.

Ova prednost dolazi do izražaja u slučajevima kada se primenjuje etapno povećanje kapaciteta ranžirne rampe (lit.[64]), a nema direktnog uticaja na rad gravitacione ranžirne stanice u slučaju njenog gradjenja uz istovremenu ugradnju savremene opreme za automatsko sabijanje kola. Ipak, ostaje indirektna prednost rešenja "b" i "d" (naročito "c"), jer se u slučajevima otkaza opreme za sabijanje sa više fleksibilnosti može intervenirati klasičnim sabijanjem pomoću manevarske lokomotive, koja silazi niz rampu neometajući proces rastavljanja na bregu.

Merenja, koja su u sklopu izrade disertacije [23] sprovedena u stanici Offenburg, poslužiće u ovoj disertaciji kao osnova za donošenje stava o uticaju dužine ranžirnih koloseka na učestalost intervencija za sabijanje kola, kako bi se sproveo postupak njihovog kvačenja. Ovakav stav je neophodan da bi se na osnovu merenih rezultata dokazao uticaj povećanja dužina ranžirnih koloseka, usled preuzimanja zadataka otpreme, na kvalitet ranžiranja u uslovima kada ne postoje uređaji za automatsko sabijanje. Pri tome je jasno da mereni rezultati iz jedne gravitacione ranžirne stanice, ne mogu poslužiti za izvođenje matematičkih zakonitosti, koje bi se direktno aplicirale za opisivanje rada u bilo kojoj drugoj ranžirnoj stanici.

Merenja su pokazala da nastajanje neželjenih praznina između zaustavljenih trakača na ranžirnim kolosecima gravitacione ranžirne stanice ima slučajan karakter i ne može se podvesti ni pod jednu teorijsku raspodelu koja bi važila u opštem slučaju. Ova pojava ima za posledicu projektovanje korisnih dužina koloseka koje u sebe obavezno uključuju neizbežnost pojave praznina između zaustavljenih trakača.

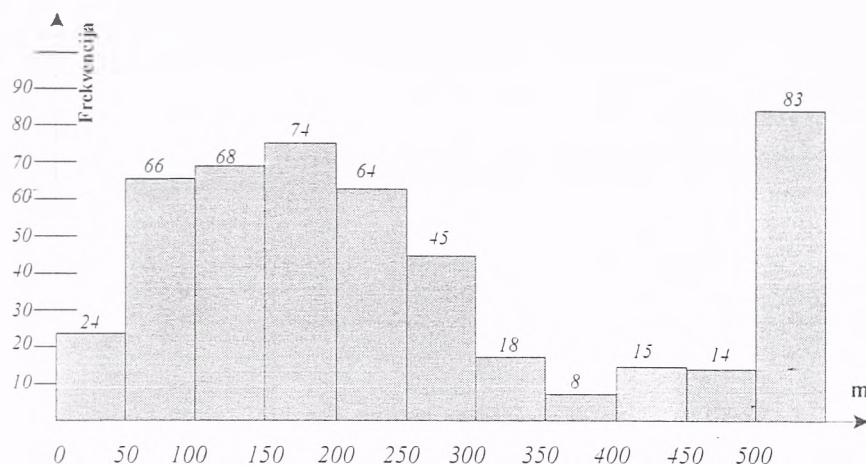
Principijelno, operacija "sabijanje" se mora izvesti:

- pre svakog pražnjenja ranžirnog koloseka (prevlačenja u otpremnu grupu, ili otpreme iz ranžirno-otpreme grupe)
- uvek kada je raspoloživa preostala slobodna dužina odnosnog ranžirnog koloseka nedovoljna da primi trakače, koji tek treba da se upute na isti ranžirni kolosek.

Pretpostavka za optimizaciju procesa sabijanja u gravitacionoj ranžirnoj stanici, koja je u eksploataciji, je uspostavljanje matematičke zavisnosti između priliva kola i stanja popunjenosti ranžirnih koloseka na osnovu merodavnog statističkog uzorka dobijenog merenjem u odnosnoj stanici.

Dijagram sa slike 4.8 ima ekstremum o oblasti dužina trčanja 50-300 m, što znači da je to ujedno oblast sa najmanjim prazninama između zaustavljenih trakača. Uzrok za izrazito malom učestalošću zaustavljanja trakača u oblasti 0-50 m je porast verovatnoće da se odnosni kolosek prepuni trakačima, koji tek treba da pristignu, što za posledicu ima učestano sabijanje. Mali broj zaustavljenih trakača u oblasti 30-500 m govori o velikim prazninama koje se javljaju između njih. Prividno veliki broj trakača zaustavljenih u

području preko 500 m je posledica širokih granica statističke klase (donja granica klase je 500m, a gornja granica je dužina posmatranog ranžirnog koloseka, što u stanici Offenburg iznosi 620-795m).



Slika 4.8 Učestalost dužina koje trkači pređu do zaustavljanja (obim slučajnog uzorka 497 trkača, stanica Offenburg, lit. [23])

Zaključak koji iz ovoga sledi je da ranžirno-tehnički postupak primenjem u stanici Offenburg (regulisanje brzine trkača na cilju pomoću trećeg reda kolosečnih kočnica: 38 grednih kolosečnih kočnica u trećem redu i dve gredne kolosečne kočnice u drugom redu) pokazuje najbolje rezultate za dužine trčanja 100-300m i velika odstupanja od potrebnog mesta zaustavljanja trkača u oblasti velikih dužina trčanja. Ovaj zaključak je interesantan i za JŽ, jer je naredna faza automatizacije ranžirne stanice Beograd upravo postavljanje trećeg reda kolosečnih kočnica, pa se na osnovu merenja u stanici Offenburg može steći uvid u očekivani obim rada na sabijanju kola na ranžirnim kolosecima.

Interesantni su i *podaci o srednjim vrednostima praznina između trkača u zavisnosti od dužina trčanja* (lit.[5], [6], [8], [9], [23]):

- *dužina trčanja 0-200m: 0m,*
- *dužina trčanja 200-300m: 10m,*
- *dužina trčanja >300m: >40 m.*

Ovde treba pojasniti srednju vrednost neželjenih praznina u oblasti dužina trčanja 0-200 m, koja u ovom slučaju ne znači da u toj oblasti nema neželjenih praznina, već je odabran takav postupak merenja praznina gde su registrovane samo praznine > 10 m.

Takođe treba ukazati da *progresivni porast neželjenih praznina u oblasti velikih dužina trčanja, ograničava preciznost kočenja trkača upotrebom trećeg reda kolosečnih kočnica za regulisanje brzine trkača na cilju* (tzv. "Laufzielbremsung aus Richtungsglrisbremse").

Merenja su pokazala da uprkos maloj srednjoj vrednosti neželjene praznine, postoji veliko rasipanje izmerenih rezultata (tabela 4.3).

Tabela 4.3 Empirijska raspodela dužine praznine između zaustavljenih trakača u gravitacionoj ranžirnoj stanici Offenburg (lit. [5]) i njeno slaganje sa odgovarajućim teorijskim verovatnoćama pojavljivanja

<i>dužina praznine (granice statističke klase)</i>	<i>frekvencija</i>	<i>empirijska verovatnoća pojavljivanja</i>	<i>teorijska verovatnoća pojavljivanja (eksponencijal-na raspodela)</i>	<i>teorijska verovatnoća pojavljivanja (nelinearna korelacija)</i>
0-10 m	338	70,564%		
10-30 m	35	7,307%	7,210%	8,153%
30-50m	23	4,802%	4,738%	4,125%
50-70m	13	2,714%	2,678%	2,769%
70-90m	9	1,879%	1,854%	2,087%
90-110m	9	1,879%	1,854%	1,676%
110-130m	8	1,670%	1,648%	1,400%
130-150m	5	1,044%	1,030%	1,204%
150-170m	8	1,670%	1,648%	1,056%
170-190m	2	0,418%	0,412%	0,940%
190-210m	5	1,044%	1,030%	0,848%
210-230m	4	0,835%	0,824%	0,772%
>230m	20	4,175%		
	suma: 479			

Ako odbacimo klase obojene sivom bojom: prvu zato što u nju zbog načina merenja spadaju i slučajevi kada praznina između kola nema, poslednju jer je zanemarljiva s obzirom na širinu klase, može u području 10-230m da se uspostavi "veoma visoko značajna" nelinearna korelacija ($r^2=0,839$):

$$f = 742,5389 * x^{-0,9831}$$

f- frekvencija

x- dužina praznine

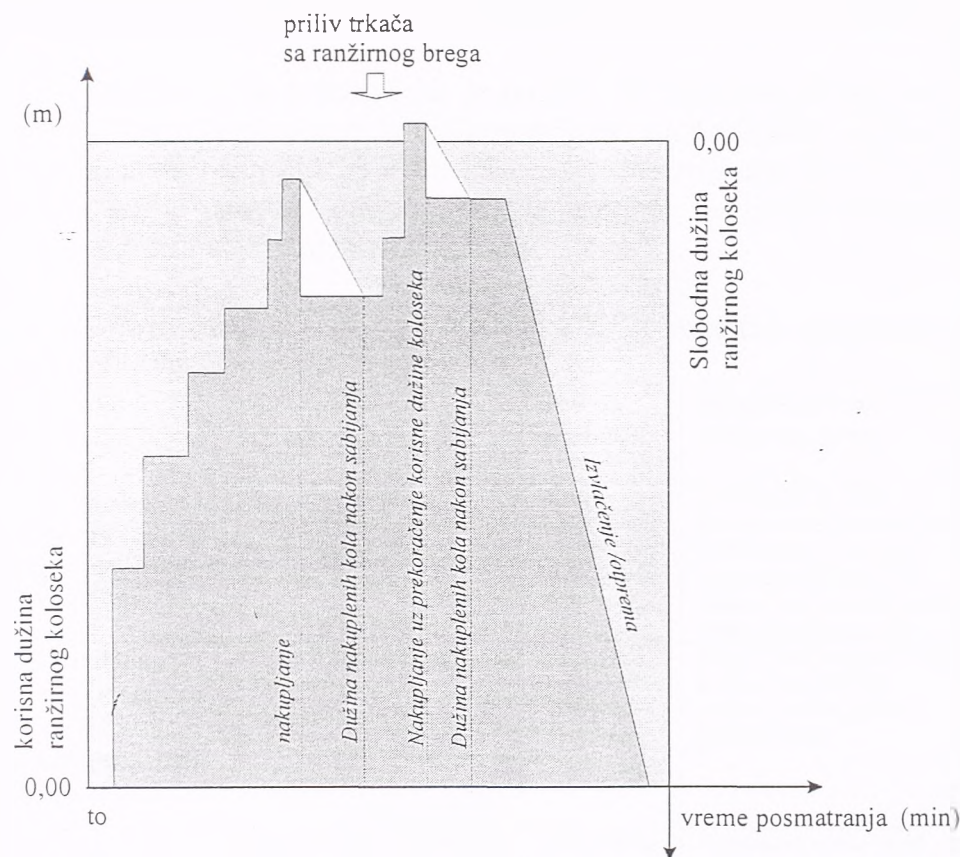
Direktna prenosivost "veoma visoko značajne" nelinearne korelacije ustanovljene između frekvencije i dužine neželjene praznine svakako nije moguća, ali ona ukazuje da se u svakom konkretnom slučaju u stanici sa sličnom opremom kao u stanici Offenburg može primeniti isti metod statističkog snimanja i uspostavljanja teorijske zavisnosti vverovatnoće pojavljivanja neželjene prazninne za poboljšanje tehnologije rada u stanici.

Empirijska raspodela učestalosti pojavljivanja praznina između susednih zaustavljenih trakača (u oblasti od 10 do 230 m) može se (na osnovu χ^2 testa) dovoljno tačno (odstupanja između osmatranih i sračunatih teorijskih verovatnoća pojavljivanja određene dužine praznine nisu signifikantna) predstaviti pomoću negativne eksponencijalne raspodele:

$$f = e^{-\lambda * x}$$

$$\lambda = 1 / E(x)$$

f- učestalost pojavljivanja praznine, čija je dužina "x",
 $E(x)$ – matematičko očekivanje dužina praznina u oblasti $x > 10m$.



Slika 4.9 Postupak određivanja popunjenosti-ranžirnih koloseka uz uzimanje u obzir neželjenih praznina između susednih zaustavljenih trkača

Praktična osmatranja (lit. [23]) su pokazala da se u 30% situacija angažuje lokomotiva za sabijanje tek kada je ranžirni kolosek pun/prepun, u 12% situacija u oblasti slobodnih dužina 30-50 m i vrlo retko u oblasti slobodnih dužina preko 110 m. Ustvari, odluka da se sabijanje izvrši pre nego se kolosek popuni dolazi u obzir samo onda kada se očekuje veliki priliv preostalih trkača, koji se upućuju na odnosni kolosek, a postoji mogućnost da se lokomotiva koja vrši sabijanje u tom trenutku upotrebi za pomenuto sabijanje (Δt do pojave sledećeg trkača na odnosnom ranžirnom koloseku na kome se vrši sabijanje i izvlačenje manerskom lokomotivom sa izlazne strane > od vremena potrebnog za dolazak manevarske lokomotive, sabijanje (5km/h) i izvlačenje (20 km/h).

Merenja i praktična iskustva rada u stanici Offenbug, koja su na osnovu lit. [5], [6], [8], [9] i [23] prikazana u ovom poglavlju, u nedostatku merenja u našim gravitacionim ranžirnim stanicama, predstavljaju osnovu za donošenje stava o progresivnom rastu dužina neželjenih praznina u oblasti velikih dužina trčanja trkača. Na osnovu toga može se dodati još jedan argument listi negativnih posledica produžavanja ranžirnih koloseka radi preuzimanja zadatka otpreme u uslovima izostavljanja samostalne otpremne grupe koloseka.

5. Realizacija zadatka otpreme novoformiranih sastava

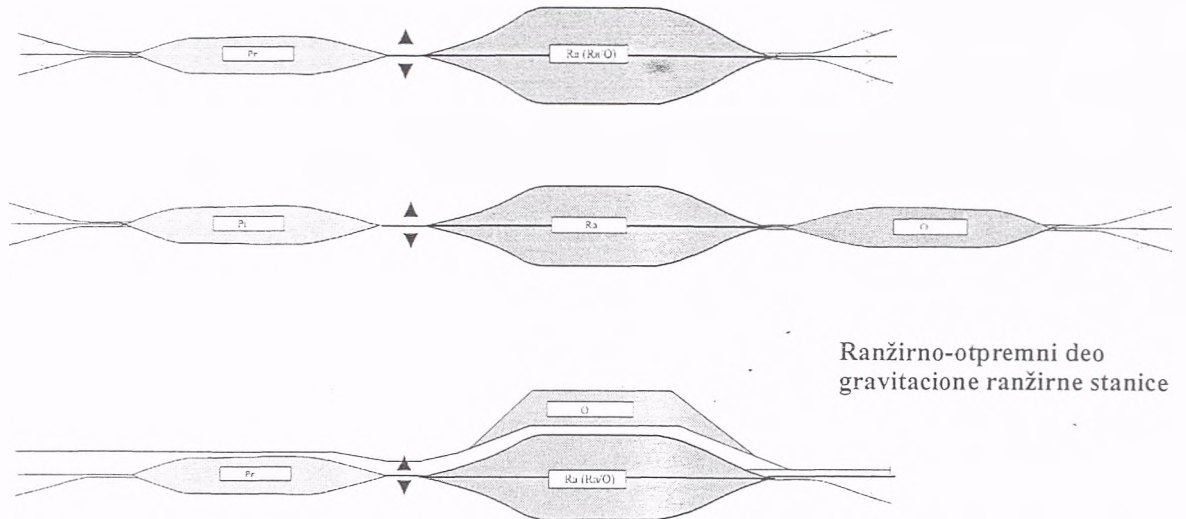
Iskustveno se pokazalo da je potreba za samostalnim kolosecima otpreme, koji imaju ulogu "rezervoara za uravnoteženje saobraćajnih oscilacija", utoliko veća ukoliko je veći kapacitet ranžirne stanice i veći stepen automatizacije rada na ranžirnom bregu, jer je osnovna pretpostavka za uspešnu realizaciju projektovanog kapaciteta *ravnomeran i neprekidan rad* u stanici.

Tabela 5.1: Pregled osnovnih podataka o kolosečnim grupama i kapacitetu većih ranžirnih stanica u svetu

Naziv stanice i železnička uprava	Glavne kolosečne grupe u stanici	Godina građenja	Mogući dnevni učinak na bregu	Napomene
Gravitaciona ranžirna stanica Maschen, DB (Nemačka)	<i>Po jedna prijemna i ranžirna grupa za svaki smer prijema, odnosno otpreme sastava</i>	Detaljna rekonstrukcija u periodu 1970. do 1980. godina	Ukupni učinak 11000 kola/dan (rezervni kapacitet 1400 kola/dan): za smer sever-jug 4500 kola (120 vozova), a za smer jug-sever 6500 kola (150 vozova)	<i>Zbog zahtevanog velikog dnevnog učinka, stanica je rešena kao dvostrana</i>
Gravitaciona ranžirna stanica Zürich-Limmattal, SBB (Švajcarska)	<i>Potpuni komplet uzastopno položenih glavnih kolosečnih grupa: prijemna (16), ranžirna (64) i otpremna (15)</i>	<i>Građena po projektu iz 1966. god.</i>	<i>Ukupni dnevni učinak 6300 kola, od toga 500 kola prelazi dva puta preko glavnog brega</i>	<i>-Veliki obim naknadnog sortiranja sastava po simultanoj metodi: 1500 kola/dan: -Postoji mogućnost direktne otpreme iz Ra grupe</i>
Gravitaciona ranžirna stanica Wien, ÖBB (Austrija)	<i>Potpuni komplet uzastopno položenih glavnih kolosečnih grupa: prijemna (15), ranžirna (48) i otpremna (13)</i>	<i>Rekonstruisana na 1986. god</i>	<i>Maksimalni učinak 6000 kola dan</i>	<i>Stanica sadrži pomoćni breg za naknadno sortiranje sastava i sabirnu grupu paralelno postavljenu uz otpremne koloseke</i>
Gravitaciona ranžirna stanica Koriyama, JNR (Japan)	<i>Kombinovana prijemnootpremna, grupa, posebna grupa za pripremu za rastavljanje, ranžirna grupa (36)</i>	<i>Puštena u saobraćaj 1968. god.</i>	<i>Dnevni učinak 3300 kola</i>	<i>Koncept bitno različit od rešenja primenjivanih u Evropi</i>
Gravitaciona ranžirna stanica Szolnok, MÁV (Mađarska)	<i>Potpuni komplet uzastopno položenih glavnih kolosečnih grupa: prijemna (12), ranžirna (36) i otpremna grupa podeljena po smerovima (5+10)</i>	<i>Završena 1969. god.</i>	<i>Maksimalni učinak 5000 kola dan</i>	<i>Podela otpremne grupe izvršena zbog uzanog raspoloživog prostora</i>
Gravitaciona ranžirna stanica Zabrzeg-Czarsolesie, PKP (Poljska)	<i>Potpuni komplet uzastopno položenih glavnih kolosečnih grupa: prijemna (9), ranžirna (32) i otpremna grupa (11)</i>	<i>Puštena u saobraćaj 1970. god.</i>	<i>3000 kola/dan</i>	
Gravitaciona ranžirna stanica Beograd, JŽ	<i>Uzastopno položena prijemna i ranžirno-otpremna grupa</i>	<i>Puštena u saobraćaj 1974. god.</i>	<i>Max. ostvareni učinak oko 3200 kola</i>	<i>Realizacija zadatka otpreme na kolosecima ranžirno-otpremne grupe</i>

Iskustveno je, takođe poznato da kod gravitacionih ranžirnih stanica "manjeg" kapaciteta treba ispitati mogućnost direktne otpreme sa ranžirnih koloseka (slika 5.1), kao i da se kod gravitacione ranžirne stanice "velikog" kapaciteta može izostaviti

otpremna grupa ukoliko se u stanici prevashodno formiraju jednogrupni sastavi. Kao granica za "manji" i "veći" kapacitet u ovom smislu u literaturi se pominje iskustvena granica 3000 kola/dan /lit. [33], [80]/.



Slika 5.1 Principijelna rešenja položaja otpremne grupe u sistemu gravitacione ranžirne stanice

Svaka gravitaciona ranžirna stanica mora da sadrži koloseke za prijem vozova sa priključnih pruga, ranžirni breg, koloseke za nakupljanje kola i koloseke za sačekivanje otpreme novoformiranih vozova iz stanice. U skladu sa ovako definisanim namenama koloseka, koloseci se međusobno povezuju u sledeće glavne kolosečne grupe gravitacione ranžirne stanice: prijemna grupa (Pr), ranžirna grupa (Ra) ili ranžirno-otpremna grupa (Ra/O) i otpremna grupa (O).

Pored glavnih kolosečnih grupa, veće gravitacione ranžirne stanice sadrže još i posebnu tranzitnu grupu (Tr) i sabirnu grupu (S) za naknadno fino sređivanje višegrupnih vozova.

Ukoliko se analiziraju situacioni planovi postojećih gravitacionih ranžirnih stanica, naročito onih manjih, gde se prepliću i kombinuju tehnološki zadaci, može se uočiti da su česta rešenja u kojima je izostavljena samostalna otpremna grupa, tako da se otprema vrši direktno sa ranžirih koloseka. Takođe, postojanje posebne otpremne grupe ne znači uvek da nema otpreme iz ranžirne grupe. Ipak, grubo se može zaključiti da u okviru kapaciteta 1500 (ovo je donja granica kapaciteta ranžirne rampe, za koju se u našim uslovima grade gravitacione ranžirne stanice) do 6000 kola/dan (ovo je gornja teorijska granica kapaciteta ranžirne rampe dobijena po formuli $N_t = 3600 \cdot T \cdot n / T_c$, uz pretpostavku rada dve lokomotive na bregu i max. ostvarenu brzinu rastavljanja po istraživanja ORE $v_o = 1,4$ m/s) postoje dve osnovne modifikacije generalnog rešenja gravitacione ranžirne stanice: rešenje sa posebnom ranžirnom i posebnom otpremnom grupom i rešenje sa objedinjenom ranžirno otpremnom grupom.

Ako izuzmeno situacije u kojima se zbog ograničenog raspoloživog prostora za razvoj generalnog rešenja gravitacione ranžirne stanice mora primeniti rešenje sa objedinjenom ranžirno-otpremnom grupom, onda se u svakoj konkretnoj situaciji optimalno rešenje mora potražiti uz pomoć višekriterijumske optimizacije ravnopravno tretiranih (sa istim nivoom detaljnosti) varijantnih rešenja sa samostalnom ranžirnom i otpremnom grupom, kao i varijantnih rešenja sa objedinjenom ranžirno-otpremnom grupom.

5.1 Realizacija zadataka otpreme na kolosecima samostalne otpremne grupe

Zadatak otpremne grupe se sastoji u tome da primi sastave koji su formirani u ranžirnoj i sabirnoj grupi (ukoliko ova grupa postoji), kako bi se na njenim kolosecima realizovale finalne operacije, koje u sebe uključuju:

- kontrolni tehnički pregled,
- komercijalni pregled sa prijemom sastava i dokumenata od strane vozopratnog osoblja,
- popis sastava voza,
- pritezanje kvačila u slučaju kada kola nisu opremljena automatskim kvačilom i spajanje poluspojki vazdušnog voda,
- sačekivanje, dolazak i kvačenje vozne lokomotive,
- pumpanje vazduha u kočioni sistem i proba kočenja,
- prenos i predaja dokumenata motorovođi,
- sačekivanje vremena za odlazak voza iz stanice u skladu sa redom vožnje,
- otprema voza iz stanice na neku od priključnih pruga.

Nakon realizacije komercijalno-tehničkih operacija, na kolosecima otpreme se u uslovima usporene otpreme zadržavaju vozovi spremni za izlazak iz stanice, ne izazivajući pri tome poremećaje u radu gravitacione ranžirne stanice (uz pretpostavku dovoljnog kapaciteta otpremne grupe). Dakle, otpremna grupa ima ulogu "*rezervoara*" koji služi za izravnjanje nesklada između tehnološkog procesa unutar sistema gravitacione ranžirne stanice i stanja u okruženju, koje čine pravci otpreme i teretni podsistem saobraćajne mreže, čiji su oni sastavni deo.

Osnovna pretpostavka za uspešnu realizaciju finalnih operacija, koje definišu zadržavanje sastava na kolosecima otpreme, je njihova *koncentracija u vremenu i prostoru*. Faktori koji, pri ostalim jednakim uslovima, utiču na trajanje finalnih operacija su:

- broj kola u sastavu,
- vremenski uslovi (dan, noć, leto, zima),
- broj i obučenost angažovanog personala i
- tehnička oprema za izvođenje ovih operacija.

Jedan od faktora koji bitno može da uspori finalne operacije je broj angažovanog personala, koji se najčešće određuje prema prosečnim uslovima rada (zbog velikih troškova za plaćanje personala) u stanici, tako da u vršnim časovima može da dođe do povećanog zadržavanja sastava u otpremnoj grupi. Zato *u opštem slučaju treba težiti*

prostornoj koncentraciji postrojenja za otpremu kako bi se izbeglo dupliranje personala i tehničke opreme za izvođenje finalnih operacija.

Na ovom mestu se nameće pitanje: *Koje su to potrebne rezerve otpremne grupe koje će omogućiti da se poremećaji u okruženju amortizuju bez posledica za radni tok u stanicima ?*

Da bi se dao odgovor na ovo pitanje moraju se najpre analizirati uzroci poremećaja u otpremi. Prva grupa ograničenja su građevinska ograničenja, koja obuhvataju: jednokolosečne priključne pruge, strme uspone, krivine malog radijusa, velike dužine saobraćajnih odseka, velika rastojanja između službenih mesta za ukrštanje i preticanje vozova, ukrštanja u nivou i druga fiksna ograničenja sa ograničenim vremenskim i prostornim delovanjem. Druga grupa ograničenja su saobraćajne nezgode i drugi uzroci slučajnog karaktera, koji se ne mogu unapred planirati u smislu trenutka pojavljivanja i dužine trajanja.

Pri planiranju broja rezervnih koloseka u otpremnoj grupi, mora se uzeti u obzir broj izlaznih pruga iz ranžirne stanice i njihove tehničke karakteristike (uspon, radijus, broj i dužina preticajnih koloseka i njihova udaljenost, opremljenost SS i TT uređajima). Verovatnoća jednovremenih smetnji na svim izlaznim prugama opada sa porastom broja izlaznih pravaca, tako da je pretpostavka o usporenjima na svim prugama isuviše nepovoljna i ne može se uzeti kao osnova za određivanje broja rezervnih koloseka otpremne grupe. Pri zahtevu za rezervnim kolosecima u otpremnoj grupi, mora se uvek imati na umu da svaki dodatni otpremni kolosek u najpovoljnijem slučaju košta ca. 300.000,00 DM + 2*20.000,00 DM, koliko iznose troškovi gornjeg stroja uključujući prosečnu cenu dve skretnice. Takođe, dodavanje svakog otpremnog koloseka zahteva produženje otpremne grupe za 2*45,193 m, odnosno ca. 90,5 m.

5.2 Realizacija zadataka otpreme na kolosecima ranžirno-otpremne grupe

Postojanje samostalne grupe otpremnih koloseka podrazumeva i posebne materijalne troškove, neophodan prostor (raspoloživi stanični plato dovoljne dužine) i dodatni utrošak vremena radi prebacivanja sastava iz ranžirne u otpremnu grupu, pa se u skladu sa tim može postaviti pitanje: *da li je postojanje samostalne grupe otpremnih koloseka neophodno, odnosno da li se već postojećoj ranžirnoj grupi koloseka dodatno mogu poveriti zadaci otpreme novoformiranih vozova na izlazne pravce?*

U rešenjima kod kojih (iz razloga koji će se definisati u disertaciji) otpremna grupa izostaje, zadaci otpreme se poveravaju kolosecima ranžirne grupe.

Ukoliko se ukupno vreme bavljenja vozova u ranžirnoj stanici rasčlani na vreme bavljenja u pojedinačnim kolosečnim grupama i vreme "ranžiranja", odnosno vreme potrebno za prevođenje sastava iz jedne grupe u drugu, onda bi se moglo zaključiti da će se eliminisanjem samostalne otpremne grupe i dodeljivanjem zadataka otpreme ranžirnoj grupi smanjiti ukupno vreme bavljenja u stanici, povećati obrt kola i smanjiti troškovi na osnovu manjeg angažovanja vozničkih sredstava i energije. Ovakvo

razmatranje je imalo za posledicu da je u Evropi i Americi šezdesetih godina negirana neophodnost postojanja samostalne otpremne grupe u okviru sistema gravitacione ranžirne stanice. U ranžirnim stanicama u Americi i Nemačkoj iz tog vremena je najčešće izostavljena ova grupa. U Engleskoj je posebna otpremna grupa predviđana u stanicama sa posebnom sabirnom grupom, što je povezano sa rasterećenjem izlaznog grla ranžirno-otpremne grupe. Iz ovoga se vidi da *već prvi stavovi o potrebi za postojanjem samostalne otpremne grupe, do kojih se došlo na osnovu iskustva, kriju u sebi suštinsku povezanost između potrebe za samostalnom otpremnom grupom i obima i kvaliteta prerade kola u stanici.*

Ukoliko se izostavi posebna otpremna grupa, novoformirani sastavi mogu da se otpreme sa ranžirnog koloseka na kome je izvršeno nakupljanje kola za taj voz. Ranžirni koloseci na kojima se kola nakupljaju za određeni pravac otpreme, određeni voz ili određeno stanično postrojenje, dobijaju sada dodatne zadatke koji se odnose na obavljanje finalnih operacija na novoformiranim sastavima radi otpreme vozova iz stanice.

Broj kola na ranžirnom koloseku se menja tokom vremena. Potrebno vreme nakupljanja kola za formiranje jednog sastava zavisi od priliva kola na posmatrani kolosek. Ukoliko je priliv ravnomeran i jak, vreme nakupljanja je kraće, a ukoliko je priliv ravnomeran i slab, vreme nakupljanja je veliko. Međutim, u praksi *nikada ne postoji ravnomeran priliv kola na ranžirni kolosek*, ovde se zapravo radi uvek o *apsolutno neravnomernom prilivu kola, jer raspodela kola sa vrha brega ka određenom ranžirnom koloseku i stepen popunjenosti ranžirnog koloseka ne podležu nijednom matematičkom zakonu.* Oni se ne mogu proračunati unapred i odstupaju iz časa u čas, iz dana u dan, iz nedelje u nedelju, iz meseca u mesec, menjaju se u zavisnosti od godišnjeg doba, menjaju se u zavisnosti od ekonomskih i političkih prilika. Iako praktično postoji beskonačno mnogo mogućnosti, problem se može pojednostaviti uz razmatranje dva granična slučaja: najpre jak priliv, a onda postepeno slabiji i najpre slab priliv, pa onda postepeno sve jači. Pored ove neravnomernosti, u obzir treba uzeti da, zbog različitih osobina trkača, a u skladu sa nagibom ranžirnih koloseka, dolazi do formiranja neželjenih praznina između zaustavljenih trkača na ranžirnim kolosecima. Ovaj problem se rešava ili angažovanjem manevarske lokomotive za sabijanje, ili postavljanjem opreme za čišćenje i sabijanje u zoni iza trećeg reda kolosečnih kočnica.

Vreme nakupljanja kola i rastojanja između zaustavljenih trkača na ranžirnim kolosecima su merodavni za određivanje potrebne dužine ranžirnih koloseka, pod uslovom da u stanici postoji posebna grupa koloseka za otpremu novoformiranih vozova iz stanice. Ukoliko se otprema vrši direktno sa ranžirnih koloseka, onda pri određivanju potrebne dužine koloseka treba uzeti u obzir i vreme potrebno za obavljanje finalnih operacija. Za vreme dok se na novoformiranom sastavu realizuju finalne operacije, pristižu novi trkači na isti ranžirni kolosek. *Ukupna dužina trkača koji pristignu na posmatrani kolosek, uključujući neželjena rastojanja između trkača, predstavljaju potrebnu meru produženja ranžirnih koloseka.* Ukoliko je produženje ranžirnog koloseka isuviše veliko, onda se problem rešava dodavanjem još jednog ili više ranžirnog koloseka. Ako se problem rešava produžavanjem ranžirnih koloseka, onda oni moraju da budu dovoljno dugački da sa sigurnošću mogu da prihvate sva kola

koja su upućena na odnosni ranžirni kolosek za vreme dok se na novoformiranom sastavu na istom koloseku odvijaju finalne operacije.

Ovde treba istaći da, zbog principa rešavanja ulaznog i izlaznog grla ranžirno-otpremne grupe, produženje samo jednog koloseka iz sastavu ove grupe uslovljava odgovarajuće geometrijsko produženje svih ostalih koloseka grupe. Kolosek, koji se produžava, postavlja se u centralnu poziciju u situacionom planu, kako bi mu se planski dodelili najbolji voznodinamički uslovi, kao jako opterećenom koloseku.

Međutim, *broj kola koja se nakupljaju na određenom ranžirnom koloseku nije konstanta*, tako da ukoliko se očekivani broj kola prekorači, kola moraju da se u međuvremenu nakupljaju na nekom drugom slobodnom koloseku ranžirne grupe. a zatim da se manevarskom vožnjom spoje sa ostatkom grupe. Na taj način se poništava polazna prednost ovog rešenja, koja se odnosila na eliminisanje prebacivanja sastava.

Sa stanovišta tehnologije rada u ranžirnoj stanici bolja je opcija povećanje broja ranžirnih koloseka u odnosu na produženje ranžirnih koloseka. Međutim, ovakvo rešenje ima za posledicu povećanje broja skretnica na ranžirnoj rampi, produženje ranžirne rampe, viši ranžirni breg, ukupno pogoršanje voznodinamičkih uslova, veće troškove građenja i opremanja ranžirnom opremom. Kada razmatramo opciju, koja se odnosi na povećanje broja koloseka u ranžirnoj grupi zbog realizacije finalnih operacija na ovim kolosecima, treba imati u vidu da je poželjno između svaka 4 koloseka sa kojih se vrši otprema ostaviti rastojanje od ≥ 6 m između osovina susednih koloseka (postavljanje stubova za osvetljenje, odlaganje materijala i pribora, denivelisani pristup personala kolosecima), što se takođe negativno odražava na dužinu ranžirne rampe i dovodi do pogoršanja voznodinamičkih uslova za trkače.

Neposredni izlaz iz stanice sa koloseka ranžirne grupe je moguć samo za vozove čiji sastavi ne zahtevaju naknadno sređivanje, bilo na krajevima posebno određenih koloseka ranžirne grupe, bilo u sabirnoj grupi. Radi se, dakle, o jednogrupnim vozovima koji predstavljaju najjednostavniju i najstariju formu u teretnom saobraćaju. Međutim, višegrupni vozovi omogućavaju kraće zadržavanje u stanici, odnosno češće otpreme iz stanice, ali i veće opterećenje izlaznog grla ranžirne grupe radi sređivanja sastava višegrupnog voza i veći utrošak energije i angažovanje manevarskih lokomotiva sa odgovarajućim personalom. Na koji će se način organizovati formiranje vozova, odnosno *da li će se opredeljenje usmeriti ka jednogrupnim, ili višegrupnim vozovima zavisi od priliva kola i od konkurentskih odnosa sa drugim vidovima teretnog saobraćaja* (videti poglavlje 3 i 4).

Ranije je u stručnoj literaturi posebno tretiran problem izlaska vozova iz ranžirne grupe u smeru koji je suprotan od smera ranžiranja. tako da je čak Studiumgesellschaft für Rangiertechnik 1936. godine bezuslovno dozvolio izlaze iz ranžirne grupe u smeru suprotnom od smera ranžiranja u jednostranim ranžirnim stanicama velikog kapaciteta i čak dao ugledni plan - Musterentwurf izlaznih grla za takve slučajeve /lit [80]/. U nemačkim propisima za projektovanje ranžirnih stanica iz 1966. godine, takođe su razmatrana rešenja sa otpremom iz ranžirne grupe u smeru suprotnom od smera ranžiranja (Richtlinien für das Entwerfen von Rangierbahnhöfen , DV 840).

Ovakva rešenja jednostavno danas jednostavno *ne treba primenjivati*, jer su negativne strane njihove primene tolike da se ona ne mogu upotrebiti u savremenim gravitacionim ranžirnim stanicama: *automatizovana gravitaciona ranžirna stanica gubi smisao ako se proces rastavljanja ne odvija kontinualno*, odnosno ako se prekida radi izlaska voza iz ranžirne grupe u smeru koji je suprotan smeru ranžiranja. Pored toga, ovakav izlaz vozova iz ranžirne grupe bi podrazumevao i upotrebu odgovarajućih skretnica (npr. PL 6^oR200 i komfornijih) i njihov položaj u situacionom planu koji bi omogućio potrebne voznodinamičke uslove za izlazak vozova iz stanice, što bi za posledicu imalo dodatno neželjeno produženje ranžirne rampe i povećanje visine ranžirnog brega. Pored toga, morale bi se obezbediti i veze ranžirnih koloseka, sa kojih se vrši otprema u smeru suprotnom od smera ranžiranja, sa depoom radi dostave voznih lokomotiva. Onog trenutka kada se na ranžirno-otpremnom koloseku nakupi dovoljan broj kola za formiranje novog sastava, taj kolosek je zatvoren za svako dalje nakupljanje kola za isti pravac otpreme, sve dok novoformirani voz u potpunosti ne oslobodi taj kolosek. Ako se za vreme dok novoformirani voz čeka na otpremu, pojave ma i jedna kola za isti pravac otpreme, mora se odrediti poseban kolosek za njihovo nakupljanje. Dakle, ovo rešenje treba odbaciti (kako za novoprojektovane, tako i za rekonstruisane gravitacione ranžirne stanice) kao loše istorijsko nasleđe inostranih železnica.

Dakle, *da li ranžirnim kolosecima neke gravitacione ranžirne stanice mogu da se dodele i zadaci otpreme vozova, ili mora da se projektuje posebna otpremna grupa, zavisi od obima i vrste zadataka u ranžirnoj grupi*. Ovaj stav se ne odnosi na slučaj kada prostorna ograničenja diktiraju usvajanje rešenja Pr-RaO.

5.2.1 Prednosti i nedostaci realizacije zadataka otpreme u ranžirno-otpremnoj grupi

Kod ranžirnih stanica “velikog kapaciteta” je u opštem slučaju potrebno projektovati posebnu otpremnu grupu, ukoliko se u njoj ne formiraju samo jednogrupni vozovi.

Kod ranžirnih stanica “manjeg kapaciteta” treba ravnopravno ispitati obe alternative. Javlja se, dakle, praktičan problem da se egzaktno definiše granica između ranžirnih stanica “manjeg kapaciteta” i “velikog kapaciteta”.

Prema lit. [80] i na osnovu iskustava do 1961. godine ova granica se odnosi na kapacitete koji su manji ili jednaki *3000 kola na dan*, a to je u stručnoj literaturi *jedini eksplicitni stav* koji se odnosi na ovaj problem. Ovaj stav je kasnije preuziman i citiran u stručnoj literaturi /lit. [33] iz 1982. godine/, pa bi zato bilo korisno proveriti matematičkim modelom da li se i na današnjem nivou razvoja ranžirne tehnike i tehnologije rada u ranžirnim stanicama ova granica može prihvatiti kao merodavna (videti Prilog 3).

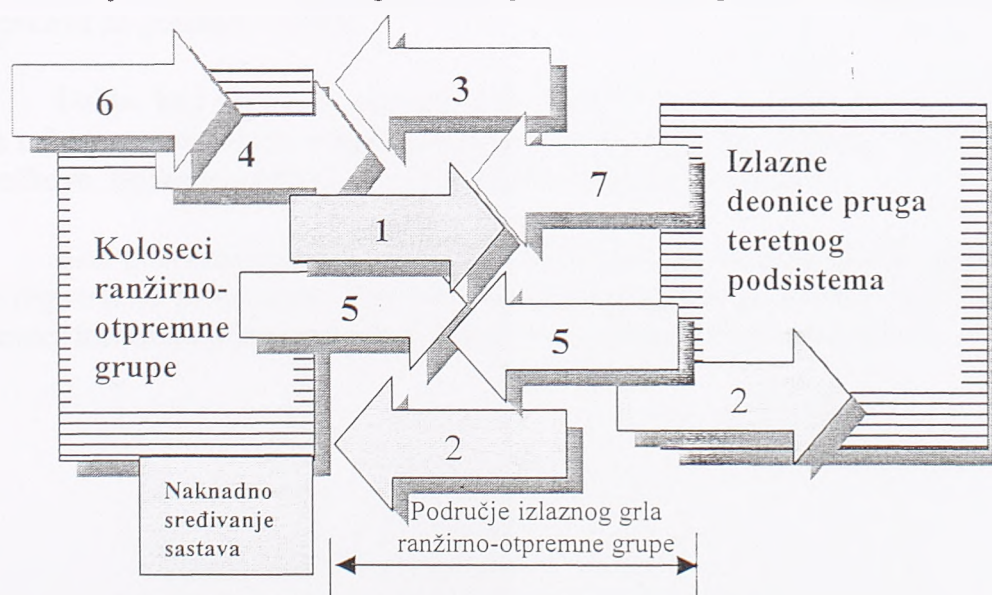
U okviru ovog ispitivanja je potrebno za rešenje sa objedinjenom ranžirno-otpremnom grupom odrediti:

1. potrebno povećanje kolosečnih kapaciteta ranžirne grupe (ispitati varijante sa produženjem, kao i varijante sa povećanjem broja ranžirno-otpremnih koloseka) radi realizacije zadataka otpreme na kolosecima ove grupe (Prilog 2, prilog 3),

2. potrebno produženje ranžirne rampe i eventualno pogoršanje voznodinamičkih uslova,
3. prostorne posledice u odnosu na konkretnu lokaciju stanice,
4. obim potrebnih investicionih troškova i troškova održavanja, koji su posledica dodele zadataka otpreme ranžirnoj grupi (Poglavlje 3. tabele 3.1 i 3.2).

Prednosti:	Nedostaci:
<ul style="list-style-type: none"> • ušteda posebne otpremne grupe (eksproprijacija, zemljani radovi, odvodnjavanje, gornji stroj), • skraćivanje puteva koje kola prelaze unutar stanice, • ukidanje operacije prevlačenja sastava iz Ra u O grupu, te kraće zadržavanje kola u stanici, • smanjenje ukupnog broja skretnica u stanici, postavnica i dužina kablova, • smanjenje potrebnog broja stubova za osvetljenje radnog prostora, • manja dužina potrebnog staničnog platoa (uz neznatno proširenje). 	<ul style="list-style-type: none"> • povećanje broja/dužine ranžirnih koloseka, • produženje ranžirne rampe, • povećanje visine ranžirnog brega, • smanjenje kapaciteta ranžirnog brega, • veći izdaci za ranžirno-tehničku opremu, upravljanje i održavanje, • duže zadržavanje na ranžirnim kolosecima, • proširanje fronta rada osoblja na završnom formiranju, • opterećenje izlaznog grla iz ranžirno-otpreme grupe, • opasnost po personal koji radi na završnom formiranju vozova • ...

Slika 5.2. Suprotstavljeni argumenti “za” i “protiv” upotrebe ranžirnih koloseka za ostvarivanje zadataka završnog formiranja i zadataka otpreme



Slika 5.3 Saobraćajne aktivnosti na izlaznom grlu ranžirno-otpreme grupe

Saobraćajne aktivnosti na slici 5.3:

1. otprema novoformiranih vozova iz ranžirno-otpremne grupe na sve izlazne deonice pruga teretnog podsistema,
2. završno formiranje sastava na krajevima ranžirno-otpremnih koloseka, ili u posebnoj sabirnoj grupi,
3. dostava voznih lokomotiva iz depoa na čelo novoformiranih sastava,
4. dostava nakupljenih kola na krajevima ranžirnih koloseka do odgovarajućih staničnih postrojenja (kolska radionica, robna postrojenja i sl.),
5. neizbežne dodatne ranžirne vožnje kada iz sastava nakon finalnog tehničkog pregleda treba izdvojiti kola,
6. izlaz iz tranzitne grupe na izlazne deonice pruga teretnog podsistema.
7. sabiranje i povlačenje manevarskom lokomotivom.

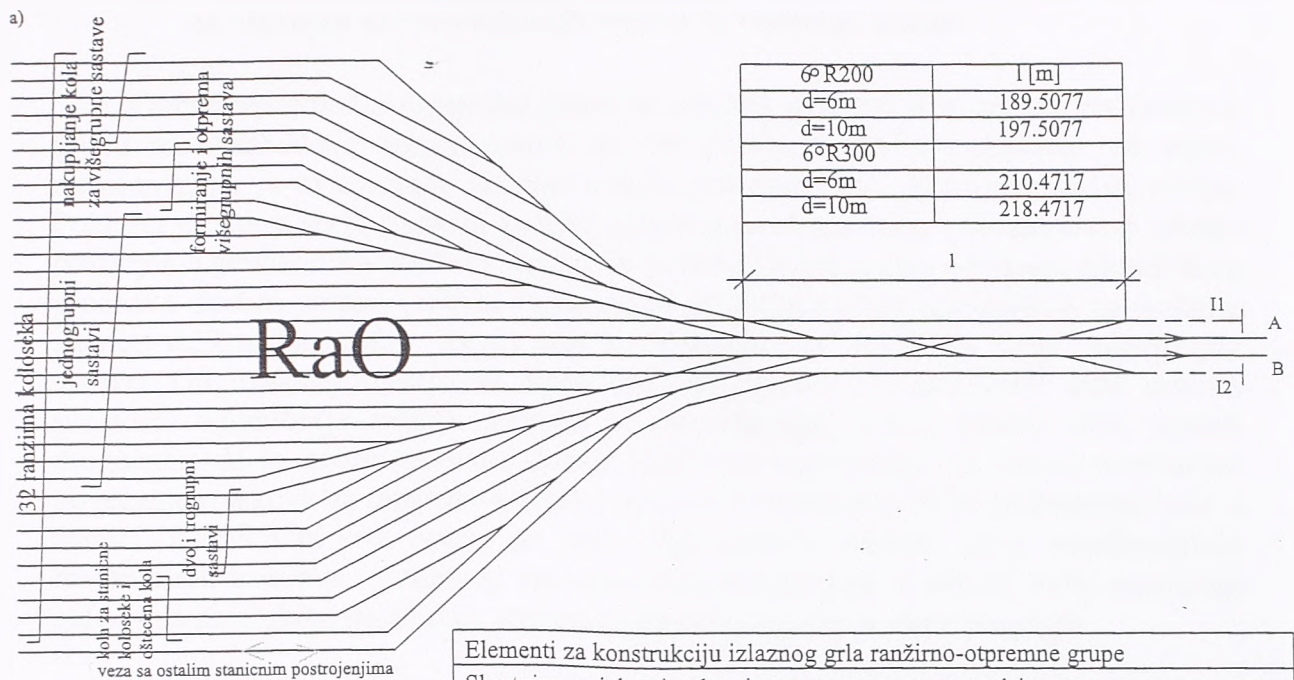
Na slici 5.4 shematski su prikazana dva izlazna grla ranžirno-otpremne grupe i to:

- a) sa formiranjem višegrupnih vozova na krajevima ranžirno-otpremnih koloseka klasičnom, ili simultanom metodom (preko brega, ili izvlačnjaka za završno formiranje višegrupnih sastava),
- b) sa formiranjem višegrupnih sastava pomoću posebne sabirne grupe, sastavljene od 10 slepih koloseka.

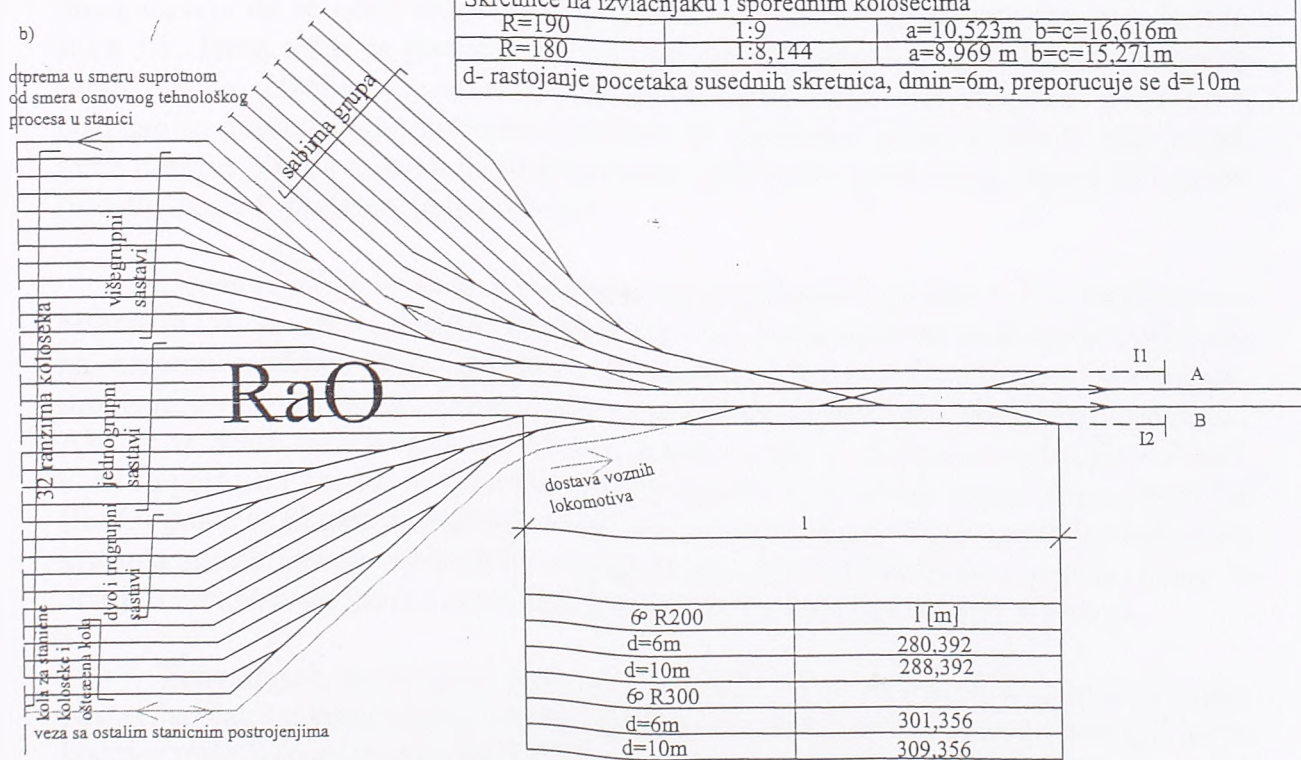
Rezultate koji se dobiju iz analize saobraćajnih aktivnosti na izlaznom grlu ranžirno-otpremne grupe treba uporediti sa odgovarajućim rezultatima koji se odnose na rešenje sa zasebnom otpremnom grupom. *Konačna odluka o izboru optimalne varijante u konkretnom slučaju se, ukoliko ne postoji varijanta sa izrazitim preimućstvima/nedostacima, usvaja na osnovu višekriterijumske optimizacije u fazi generalnog, ili idejnog projekta gravitacione ranžirne stanice*, jer je problem izrazito heterogen (i multidisciplinarnan) i ne može se rešavati samo sa stanovišta materijalnih troškova za građenje stanice.

Dakle, kod gravitacionih ranžirnih stanica "manjeg kapaciteta" se može dogoditi da rešenje sa zasebnom otpremnom prouzrokuje dodatne investicione i eksploatacione troškove, troškove održavanja i duže zadržavanje kola u stanici.

Kod gravitacionih ranžirnih stanica većeg kapaciteta se, takođe, može dogoditi da je nepotrebno projektovati zasebnu otpremnu grupu, i to naročito u slučaju kada se u stanici formiraju pretežno jednogrupni i dvo, odnosno trogrupni vozovi.



Elementi za konstrukciju izlaznog grla razžirno-otpremne grupe			
Skretnice na izlaznim deonicama pruga teretnog podsistema			
⊘ R200	1:9,515	a=10,482m	b=c=16,872m
⊘ R300	1:9,515	a=15,723m	b=c=17,508m
Skretnice na izvlačnjaku i sporednim kolosecima			
R=190	1:9	a=10,523m	b=c=16,616m
R=180	1:8,144	a=8,969 m	b=c=15,271m
d- rastojanje pocetaka susednih skretnica, dmin=6m, preporucuje se d=10m			



Slika 5.4 Shematski prikaz izlaznog grla razžirno-otpremne grupe

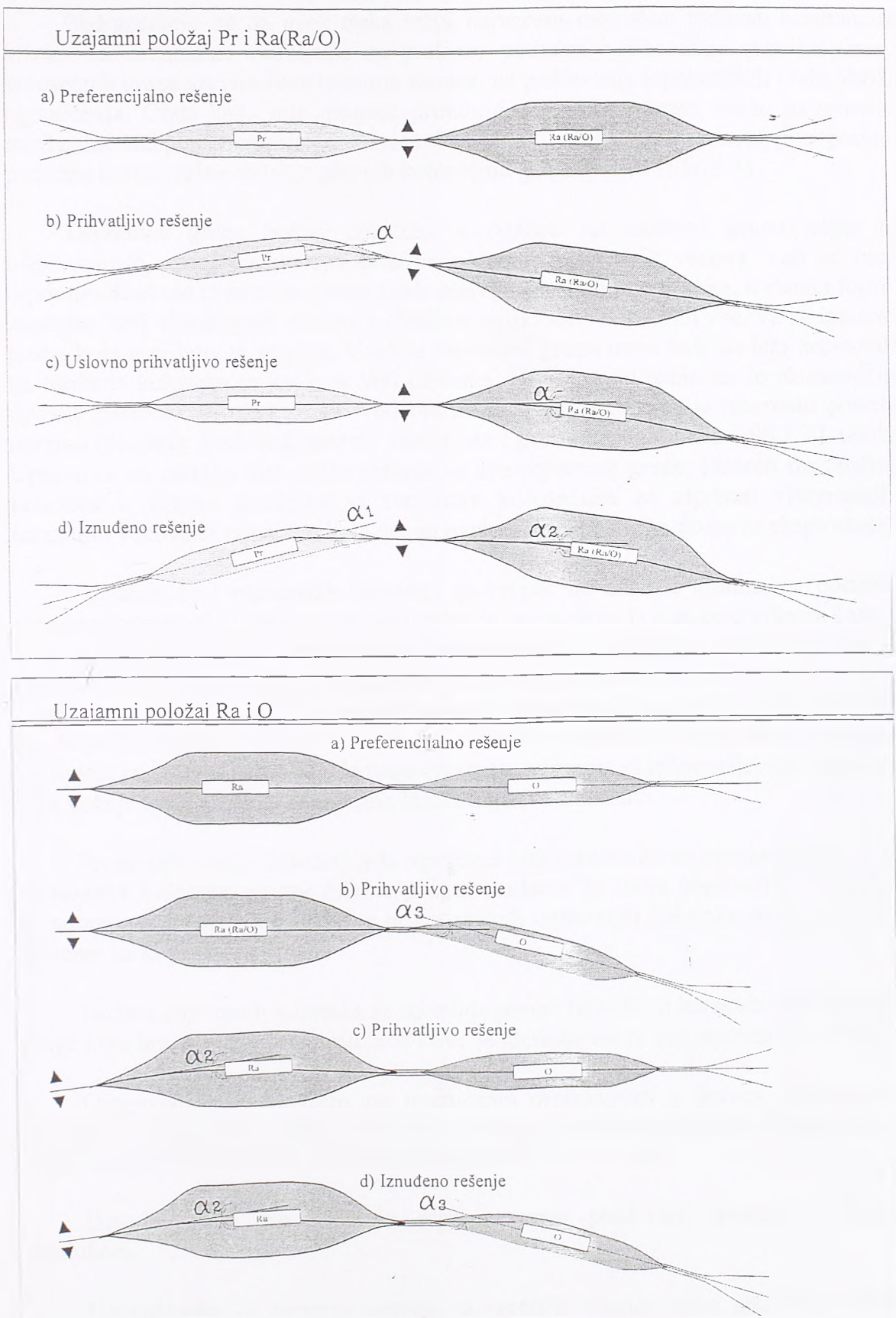
5.3 Položaj, dimenzionisanje i opremanje koloseka za otpremu novoformiranih vozova iz ranžirne stanice

Optimalan položaj otpremne grupe je uzastopna pozicija u odnosu na ranžirnu grupu uz obezbeđenje izlaza vozova na sve pravce u smeru i suprotno od smera ranžiranja, jer je to u skladu sa tehnološkim procesom koji se u ovoj stanici odvija. Polazeći od stava da je osnovni zadatak projektanta situacionog i nivelacionog rešenja postrojenja gravitacione ranžirne stanice da obezbedi kontinualno odvijanje tehnološkog procesa u stanici, ovakav položaj otpremne grupe treba usvojiti kao najbolji za ranžirne stanice velikog kapaciteta, izuzev ako se iz stanice ne otpremaju samo jednogrupni vozovi. Od ovakvog rešenja se može odstupiti jedino u slučajevima kada izrazita prostorna ograničenja ovakvu poziciju ne dozvoljavaju. U tom slučaju treba ispitati mogućnost da se zadaci otpreme dodele ranžirnim kolosecima uz svesno eventualno povećanje troškova za ranžirno-tehničku opremu i eventualno duže zadržavanje kola u stanici. Ukoliko ni ova opcija ne daje odgovarajuće rešenje, zbog neprihvatljivih materijalnih troškova i dodatnog vremena zadržavanja kola u stanici, treba razmatrati rešenja sa paralelnim položajem otpremne grupe u odnosu na ranžirnu grupu.

Kako je u praksi obično teško naći odgovarajući slobodan plato dovoljne dužine za razvoj ovakvog rešenja, pribegava se različitim kompromisnim rešenjima, koja omogućavaju da se održi redni položaj glavnih kolosečnih grupa kao što to pokazuje slika 5.5. Treba težiti da podužna osovina kolosečnih grupa (uvek kada je to moguće) ostane prava. Ukoliko to usled topografskih ograničenja nije moguće, treba prvo pokušati sa postavljanjem koloseka prijemne, ili otpremne grupe u krivini, iako se pri tome otežava obrada sastava usled pogoršane vidljivosti i povećanog otpora od krivine (videti sliku 5.5: preferencijalna rešenja).

Geometrijski je izvodljivo i rešenje koje je prikazano na slici 5.7 c, međutim ovo rešenje je loše jer stvara dodatne otpore od krivina, što je izuzetan nedostatak s obzirom na namenu ranžirne grupe (problem da se egzaktno odredi zaustavni put trkača, problemi u vezi dodatnog sabijanja kola na ranžirnim kolosecima, manuelno kvačenje) . Ako se iz nekih razloga primeni ovakvo rešenje (npr. u slučaju rekonstrukcije čvora, kada se postojeći kolosečni kapaciteti koriste kao Pr ili O grupa, a podužna osovina Ra (Ra/O) grupe ne uklapa u raspoloživi slobodni prostor), onda se mora na delu slobodnog kretanja trkača ispitati mogućnost projektovanja podužne osovine u pravcu, čime se dobija simetrična skretnička zona, merne deonice i uređaji za sabijanje u pravcu.

Zahvaljujući savremenoj konstrukciji grednih kolosečnih kočnica koje se mogu postavljati čak i u horizontalnoj krivini (minimalnog radijusa 180 m za gredne kolosečne kočnice treće kolosečne pozicije TW-E) odmah iza međika, pružaju se nove mogućnosti za zadovoljavanje potrebne korisne dužine ranžirnih (ranžirno-otpremni) koloseka u uslovima ograničene raspoložive dužine stanicnog platoa, kao i u slučaju rekonstrukcije gravitacione ranžirne stanice (uvođenje treće kočione pozicije). Ovo rešenje, iz poznatih razloga, treba primeniti samo onda kada ne postoje uslovi za primenu rešenja sa kolosečnim kočnicama u pravcu na ranžirnim kolosecima.



Slika 5.5 Promena pravca podužne osovine glavnih grupa gravitacione ranžirne stanice (minimalni radijus zaobljenja preloma horizontalne osovine glavnih kolosečnih grupa $R_{min}=300m$)

Podrazumeva se da uvek treba težiti najvećem mogućem radijusu horizontalne krivine za eventualno zaobljenje na prelomu podužne horizontalne osovine glavnih kolosečnih grupa gravitacione ranžirne stanice, uz poštovanje topografskih i tehnoloških ograničenja. Onda kada nije moguće primeniti drugačije rešenje, može se primeniti minimalni radijus horizontalne krivine $R_{min}=300$ m na mestu zaobljenja preloma podužne horizontalne osovine glavnih kolosečnih grupa (videti sliku 5.5).

Otpremna grupa bočno položena u odnosu na ranžirnu grupu može biti odgovarajuće rešenje u slučaju kada se pored jednogrupnih vozova, koji se mogu otpremiti direktno iz ranžirne grupe posle obavljanja finalnih operacija, u stanici formira značajan broj višegrupnih vozova i obrađuje veliki broj tranzitnih vozova sa izmenom grupa kola u njihovom sastavu. Ovakva otpremna grupa treba tada da leži neposredno uz ranžirne koloseka se kojih se vrši otprema, jer se na taj način može ekonomičnije uposliti personal zadužen za sprovođenje finalnih operacija i bolje iskoristiti potrebna oprema (punjenje kočionog sistema vazduhom i proba kočenja), kao i SS i TT uređaji. Upravo iz tih razloga nisu dobra rešenja sa dve otpremne grupe, jednom iza ranžirnih koloseka i jednom paralelno sa ranžirnim kolosecima za otpremu višegrupnih i tranzitnih vozova sa izmenom kola, jer su ovakva rešenja suviše skupa za eksploataciju.

Potreban broj otpremnih koloseka se izvodi na osnovu minimalno potrebnog vremena zauzetosti i broja vozova koji treba da se otpreme iz stanice u vršnom času, pri čemu se uzimaju u obzir i rezerve koje treba da zadovolje stvarne saobraćajne potrebe. Ukoliko bi bilo moguće da se ravnomerno rasporedi izlazak vozova iz stanice u toku 24 sata, bio bi potreban najmanji mogući kapacitet otpremne grupe, pri čemu bi merodavan bio najveći interval između vozova na izlaznim pravicima. Ipak, iako ravnomerna raspodela izlazaka vozova ne odgovara stvarnim uslovima eksploatacije, pri sastavljanju reda vožnje treba težiti da se izbegnu kratkotrajni vršni časovi.

Pri projektovanju izlaznog grla otpremne grupe *mora da se obezbedi izlaz sa svih otpremnih koloseka na sve izlazne pruge*. Dodatno se mora obezbediti i mogućnost jednovremenog otpremanja na sve pruge sa svih otpremnih koloseka, koji su po planu otpreme za to predviđeni.

Dužina otpremnih koloseka se određuje prema tehničkim karakteristikama izlazne pruge koja ima najveću propusnu moć i ovo je merodavno za sve otpremne koloseke.

Otpremne koloseke treba po mogućstvu projektovati u pravcu (uvek kada to dozvoljava raspoloživa dužina staničnog platoa na odabranoj lokaciji) i horizontali ili u blagom usponu (do 2,5%) ka izlaznim prugama.

Između svaka dva koloseka otpreme treba predvideti uređaje za punjenje vazduhom.

Uz koloseke za otpremu vozova iz ranžirne stanice treba predvideti posebne koloseke za sačekivanje rada voznih lokomotiva i izdvajanje kola sa prvenstvom, i to na oba kraja otpremne grupe ukoliko se otprema vrši i u smeru suprotnom od tehnološkog procesa ranžiranja u stanici.

S obzirom na rad u noćnim uslovima, treba obezbediti dobro osvetljenje otpremnih koloseka. Zato treba težiti da se na svaka 4 otpremna koloseka ostavi rastojanje od 6 m za smeštanje stubova za osvetljenje.

Personal koji je angažovan na realizaciji finalnih operacija ne može neprekidno da boravi na otvorenom, pa je za njegov smeštaj i rad potrebno predvideti posebnu zgradu. Ista zgrada treba da služi i za smeštaj pratećeg lokomotivskog osoblja i za osoblje sa održavanja. Ovakvu zgradu treba brižljivo planirati ne samo u smislu broja i veličina prostorija, već i u smislu njenog položaja u odnosu na koloseke otpreme, jer dužina puta koju personal treba da pređe od službenih prostorija do voza, koji se priprema za otpremu, utiče na potrebno vreme za pripremu voza za otpremu i na potreban broj personala za sprovođenje finalnih operacija.

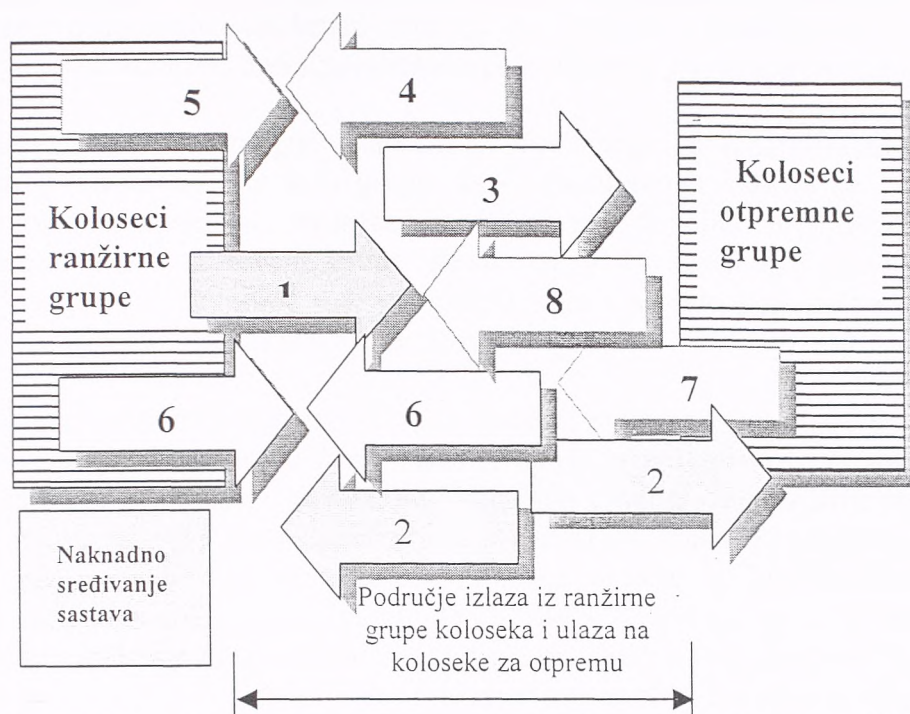
Kada se otprema vrši isključivo u smeru ranžiranja, onda se ovakva zgrada smešta u blizini izlaznog grla otpremne grupe. Iz građevinskih i ekonomskih razloga treba uvek ispitati mogućnost da se prostori različite namene objedine pod zajedničkim krovom, sa zajedničkim instalacijama i pristupnim putevima.

5.3.1 Principi za povezivanje ranžirne i otpremne grupe

Oblikovanje područja između koloseka ranžirne i otpremne grupe nije samo geometrijski, već prvenstveno tehnološki, saobraćajni i voznodinamički problem. Na ovom uzanom prostoru se odvija izuzetno živa saobraćajna aktivnost u vezi sa realizacijom osnovnog tehnološkog procesa rastavljanja i sastavljanja vozova:

1. prebacivanje novoformiranih sastava ili grupa u otpremnu grupu,
2. završno formiranje sastava na krajevima ranžirnih koloseka, ili u posebnoj sabirnoj grupi i prebacivanje novoformiranog sastava u otpremnu grupu,
3. dostava voznih lokomotiva za slučaj otpreme sa koloseka otpremne grupe, u smeru suprotnom od smera osnovnog tehnološkog procesa u gravitacionoj ranžirnoj stanici,
4. otprema iz otpremne grupe u smeru suprotnom od tehnološkog procesa,
5. dostava nakupljenih kola na krajnjim ranžirnim kolosecima do odgovarajućih staničnih postrojenja (kolska radionica, robna postrojenja i sl.),
6. eventualno čak i otprema novoformiranih jednogrupnih vozova direktno iz ranžirne grupe, uz prethodnu dostavu vozne lokomotive iz depoa,
7. neizbežne dodatne ranžirne vožnje kada iz sastava nakon finalnog tehničkog pregleda treba izdvojiti kola,
8. sabijanje i povlačenje nakupljenih kola pomoću manevarske lokomotive.

Na ovom tesnom području se mogu uočiti međusobno suprotstavljene vožnje, kao što to pokazuje slika 5.6, u skladu sa gornjom numeracijom saobraćajnih aktivnosti.



Slika 5.6. Saobraćajne aktivnosti u uzanom području između Ra i O grupe koloseka

Da bi se što uspešnije realizovali navedeni saobraćajni, odnosno tehnološki zahtevi, na izlaznom kraju se koloseci ranžirne grupe geometrijski povezuju u snopove koloseka iste ili slične namene, čime se postiže ciljno kanalisanje saobraćajnih tokova u opterećenom uzanoj zoni između Ra i O grupe, sa ciljem da se minimizira broj presecanja putanja pri radu manevarskih lokomotiva, eventualnih dostava vozni lokomotiva, direktnih izlaza iz Ra grupe, odnosno izlaza iz O grupe u smeru suprotnom od osnovnog tehnološkog procesa u stanici (kada to nije rešeno preko izlazne petlje).

Formiranje snopova na izlaznom grlu ranžirne grupe nije ni u kakvoj vezi sa formiranjem snopova na ulaznom grlu ove grupe (skretnička zona ranžirne rampe). Ovde, dakle, ne važi prevashodni zahtev za razvojem kratkih matičnjaka, već se u opštem slučaju za razvoj matičnjaka primenjuje ugao od 6° ($1:9.51436$) i radijus odvojnog skretničkog koloseka $R=200$ m, što omogućava izlazne vožnje po odvojnog koloseku maksimalnom brzinom $v=40$ km/h. Snopasto povezivanje "n" koloseka prema tehnološkim zahtevima, ima za posledicu da pojedini koloseci u okviru iste grupe koloseka imaju bitno različitu dužinu ($4,75/\sin 6^\circ=45.442$ m, odnosno $6/\sin 6^\circ=57.4$ m).

Analiziranjem rešenja izlaznog grla ranžirne grupe, koja su prikazana u starijoj stručnoj literaturi, uočava se tendencija da se koloseci na izlazu snopasto povezuju sa stanovišta njihove namene, ali i sa ujednačavanjem dužina svih ranžirnih koloseka. Ovo je imalo opravdanja u uslovima skromnih mogućnosti upravljanja radom opreme na ranžirnom bregu, jer je davalo ranžirne koloseke ujednačene korisne dužine. Pored toga, dobijana se "lepa" rešenja, ali je posledica bila skraćivanje korisne dužine pojedinih ranžirnih koloseka.

U današnjim uslovima razvoja tehnike nema opravdanja (naročito ne estetskih) za ujednačavanjem dužine ranžirnih koloseka, naročito ne u uslovima dinamičke

specijalizacije koloseka. To znači da se pri povezivanju koloseka ranžirne grupe na izlaznom grlu primenjuju standardni principi za formiranje matičnjaka. Pri tome su rastojanja koloseka unapred definisana rešavanjem ulaznog grla ranžirne grupe.

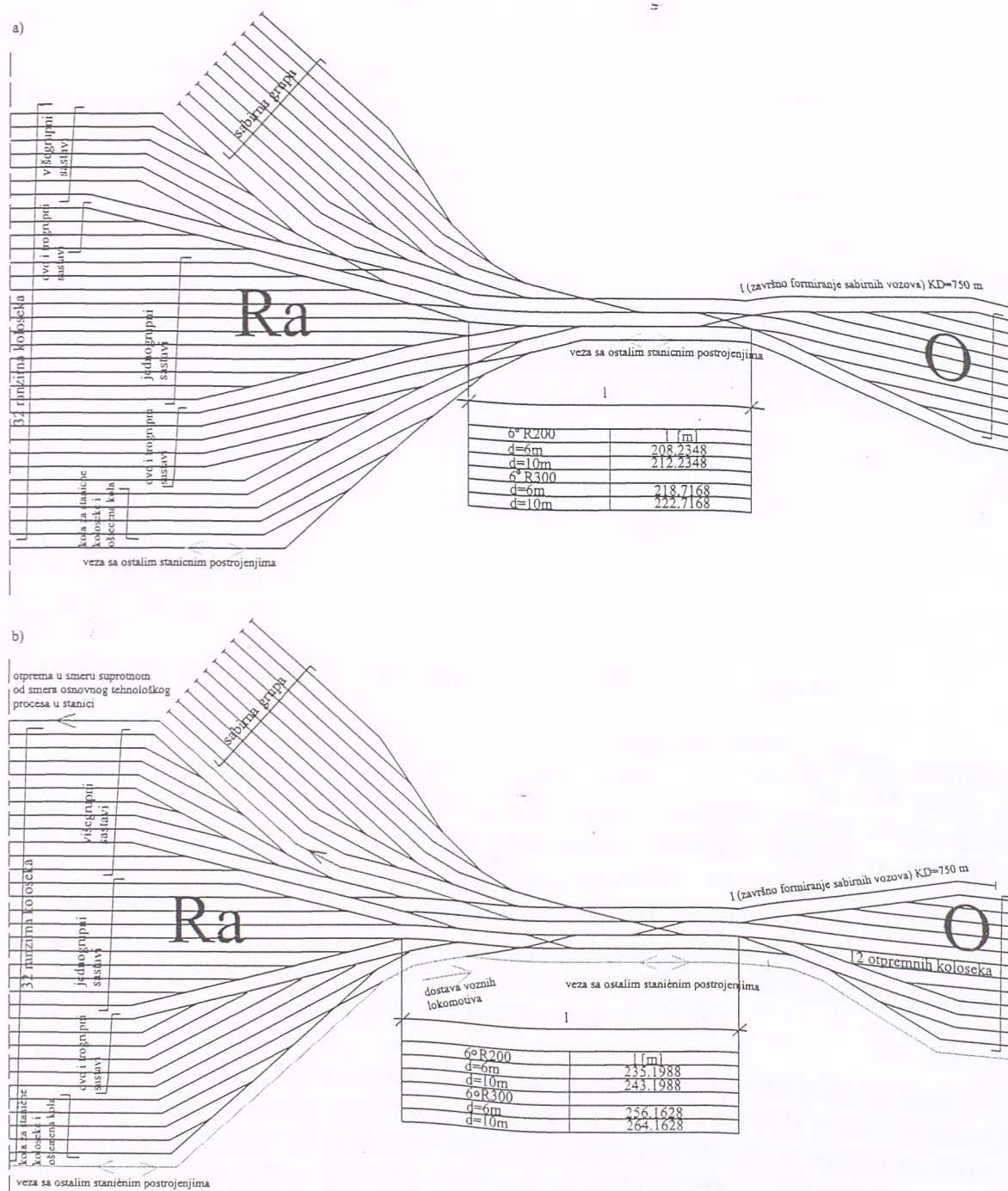
Sa ciljem da se omogući paralelno prevlačenje novoformiranih sastava i nakupljenih grupa kola iz Ra u O grupu, kao i paralelno izvođenje što većeg broja ostalih tehnoloških operacija, predviđaju se obavezno dovoljan broj paralelnih veza između pomenute dve kolosečne grupe. Realno se mora zadovoljiti princip da se sa svakog koloseka ranžirne grupe može prebaciti sastav na bilo koji kolosek otpremne grupe, bez obzira na tip specijalizacije ranžirnih koloseka.

Od broja i rasporeda kolosečnih veza između ranžirne i otpremne grupe takođe zavisi kapacitet gravitacione ranžirne stanice, jer se u praksi može dogoditi da bez obzira na kapacitet ranžirnog brega, ukupni kapacitet gravitacione ranžirne stanice bude realno ograničen (manji) zbog zagušenja u prostoru na izlazu iz ranžirne i ulazu u otpremnu grupu (svojevremeni problem ranžirne stanice u Ljubljanskom čvoru). Kolosečne veze na ovom prostoru moraju da obezbede izvlačenje svih "n" kola, koji se prerade preko ranžirnog brega u toku dana, organizovanih u nove sastave ili grupe koji se iz Ra grupe prevlače O grupu ili na izvlačnjak za završno formiranje, uz neprestano ometanje ovog procesa radom manevarskih lokomotiva (završno formiranje sastava na krajevima ranžirnih koloseka, povratak manevarskih lokomotiva) i eventualnim dostavama voznih lokomotiva i otpremama novoformiranih sastava (ukoliko to nije drugačije rešeno).

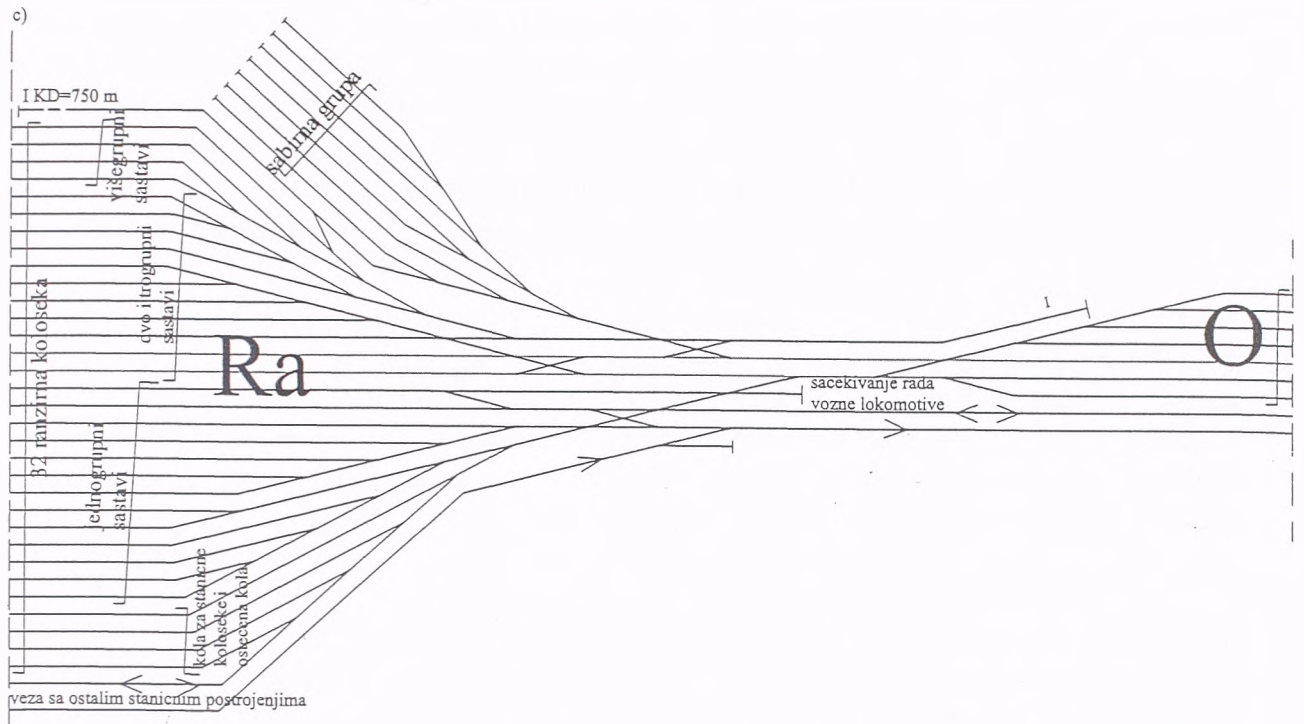
Ranžirni koloseci sa kojih se vrši otprema se po potrebi elektrificiraju, a obavezno povezuju sa kolosecima za dostavu voznih lokomotiva iz depoa i kolosecima za sačekivanje rada voznih lokomotiva.

Snopasto povezivanje koloseka na izlaznoj strani ranžirne grupe vrši se po nameni u smislu zadataka nakupljanja kola. Snopovi se formiraju tako što se povezuju ranžirni koloseci iste ili slične namene:

- koloseci za nakupljanje kola za jednogrupne sastave bez naknadnog sređivanja,
- koloseci za nakupljanje kola za višegrupne sastave (dve do tri grupe u okviru istog sastava); ove grupe se nakupljaju na zasebnim ranžirnim kolosecima i sastavljaju se u ranžirnoj grupi uz pomoć manevarske lokomotive pre prevlačenja u otpremnu grupu i uz korišćenje koloseka otpremne grupe kao izvlačnjaka, ili nakon prevlačenja pojedinačnih grupa na kolosecima otpremne grupe,
- koloseci za nakupljanje kola za višegrupne-sabirne vozove; poredak pojedinačnih grupa za različite destinacije se sređuje naknadno uz pomoć manevarske lokomotive na krajevima ranžirnih koloseka povezanih sa izvlačnjakom za završno formiranje, ili u slučaju velikog obima rada za naknadno sređivanje sastava, na kolosecima posebne sabirne grupe,
- koloseci za nakupljanje kola namenjenih staničnim postrojenjima,
- koloseci namenjeni za nakupljanje neispravnih kola i posebnih vrsta kola.



Slika 5.7. Topološka shema izlaznog grla Ra i ulaznog grla O grupe: a) bez b) sa mogućnošću izlaza iz O grupe u smeru suprotnom od smeru ranžiranja



Slika 5.8: Mogućnost direktnog izlaza jednogrupnih sastava iz Ra grupe

Raspored pojedinačnih snopova koloseka u okviru ranžirne grupe zavisi od planiranog tehnološkog postupka, posebno na području između Ra i O grupe, od položaja i rasporeda ostalih postrojenja gravitacione ranžirne stanice (depo, kolska radionica, robna postrojenja u okviru gravitacione ranžirne stanice) u odnosu na ranžirno-otpremní deo stanice, kao i od rešenja izlaznih veza na priključne pravce, pa prema tome i od položaja prema prugama teretnog podsistema. I ovde treba istaći da veliki uticaj na organizaciju snopova koloseka (i kolosečnih veza) na izlaznom delu ranžirne grupe ima postojanje zasebne grupe koloseka za otpremu, ili alternativno rešenje sa dodelom zadatka otpreme ranžirnoj grupi koloseka.

Ipak, moguće je izneti i neke opšte principe, kao što su rubna pozicija snopova za nakupljanje kola za ostala stanična postrojenja i oštećenih kola ili tovara (eventualno obostrano u zavisnosti od položaja ostalih staničnih postrojenja u odnosu na ranžirne koloseke), takođe rubna pozicija snopova za nakupljanje višegrupnih sastava sa obavezim naknadnim sređivanjem grupa (uz jednostavnu vezu sa izvlačnjakom za završno formiranje), rubna pozicija snopa za eventualnu direktnu otpremu (uz obezbeđenu vezu sa depoom radi dostave vozniha lokomotiva), centralna pozicija snopova za nakupljanje kola bez naknadnog sređivanja.

Na slikama 5.7 i 5.8 su prikazani primeri podele namene koloseka ranžirne grupe po zadacima nakupljanja kola sa odgovarajućim topološkim razvojem koloseka na izlaznoj strani ranžirne grupe. Na oba primera je ispoštovan primaran zahtev da je sa svakog ranžirnog koloseka odgovarajućim kolosečnim vezama dostupan proizvoljan

kolosek otpremne grupe. Slika 5.8 sadrži topološku šemu sa mogućnošću direktnog izlaza jednogrupnih vozova iz ranžirne grupe. Zasebna otpremna grupa preuzima na sebe zadatke završnog formiranja sabirnih vozova i vozova sa malim brojem grupa (dve do tri grupe) u svom sastavu. Ovakva podela zadataka završnog formiranja i otpreme novoformiranih vozova iz stanice negativno utiče na potreban broj personala i opreme za završno formiranje sastava. Zato u opštem slučaju treba težiti prostornoj koncentraciji realizacije zadataka otpreme.

5.3.2. Položaj i veze ranžirno-otpremno- gravitacione ranžirne stanice sa priključnim prugama

Na osnovu definicije ranžirnog zadatka, neohodno je ostvariti odgovarajuće veze planirane/postojeće gravitacione ranžirne stanice sa prugama teretnog podsistema železničkog čvora i železničke mreže. Kvalitet veza zavisi u prvom redu od izbora položaja gravitacione ranžirne stanice u situacionom i nivelacionom planu, od broja i saobraćajne hijerarhije priključnih pruga, očekivanog kapaciteta gravitacione ranžirne stanice, raspoloživog prostora, geoloških, geografskih, urbanističkih, ekoloških i drugih ograničenja.

Ponekad nije racionalno ostvariti najveći mogući kvalitet veza sa priključnim prugama, a ponekad nije moguće zbog realnih ograničenja ostvariti potreban kvalitet veza. Principijelno, u oba slučaja treba pronaći optimalno rešenje. Ma koliko zadatak izgledao komplikovano (slika 5.9), ipak je moguće izdvojiti osnovna rešenja, koja izolovano tretiraju odnos i veze glavnih grupa gravitacione ranžirne stanice se glavnom prugom teretnog podsistema, da bi se na osnovu tih rešenja i uz definisanje principa za povezivanje sa ostalim priključnim prugama izradila konkurentna varijantna rešenja.

Osnovno rešenje tipa "A" (slika 5.10 a)

Dobre strane rešenja:

- minimum građevinske intervencije,
- sve veze i glavna pruga nalaze se sa iste strane stanice, odnosno moguć je jednostavan pristup staničnim grupama sa "gornje" strane,

Loše strane rešenja:

- ometanje saobraćaja na glavnoj pruzi na smeru BA pri svim ulazima i izlazima,
- veliki broj (4) mesta povezivanja sa glavnom prugom na smeru BA,
- međusobno uslovljeni ulaz iz BA i izlaz na BA, ulaz iz BA i izlaz na AB.

Napomena:

- Potrebno je obezbediti dovoljne dužine veza da se primi najduži voz, koji stoji pred signalom, uključujući put pretrčavanja.
- Rešenje favorizuje saobraćaj na glavnoj pruzi u smeru AB.

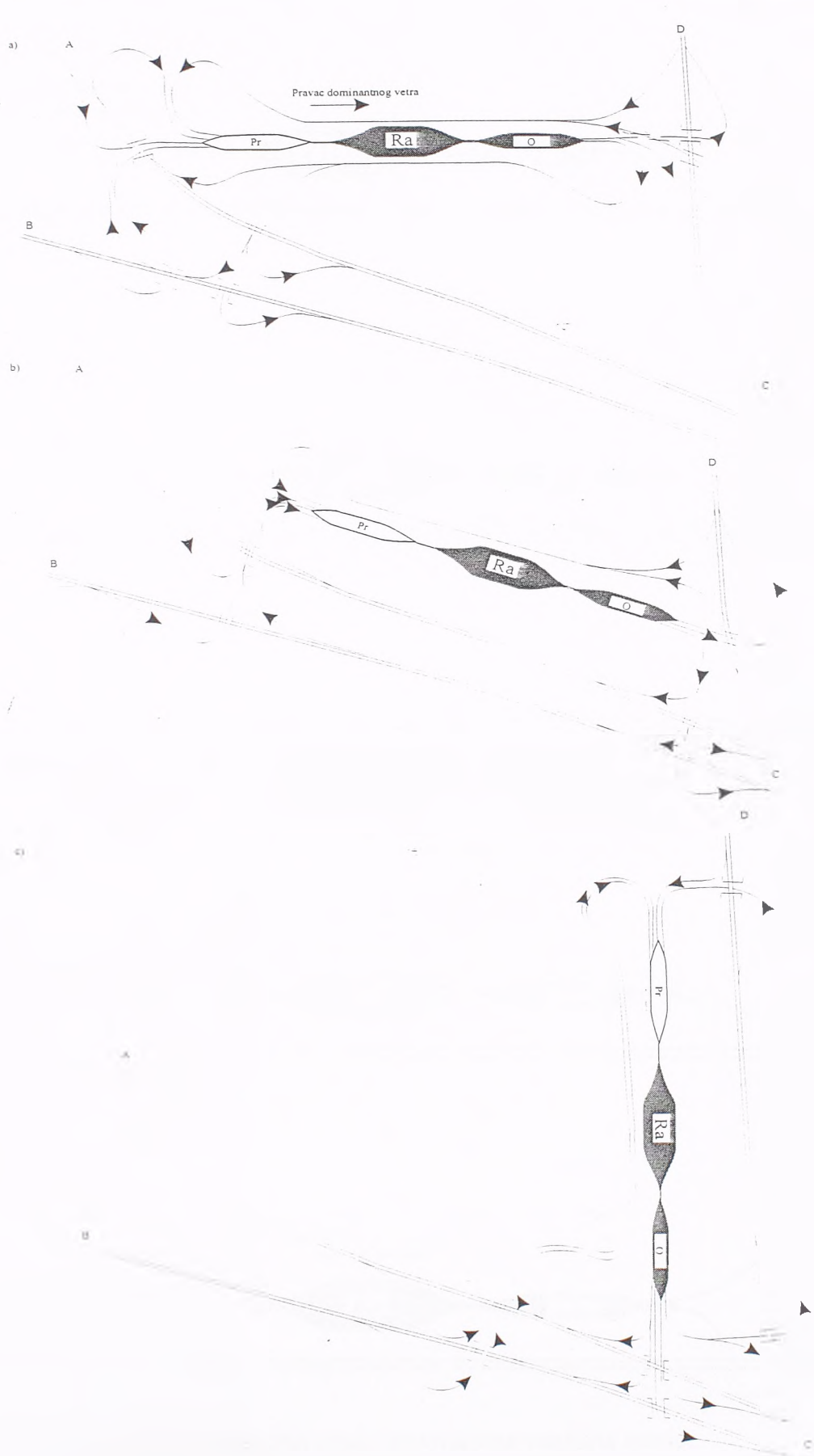
Osnovno rešenje tipa "B" (slika 5.10 b)

Dobre strane rešenja:

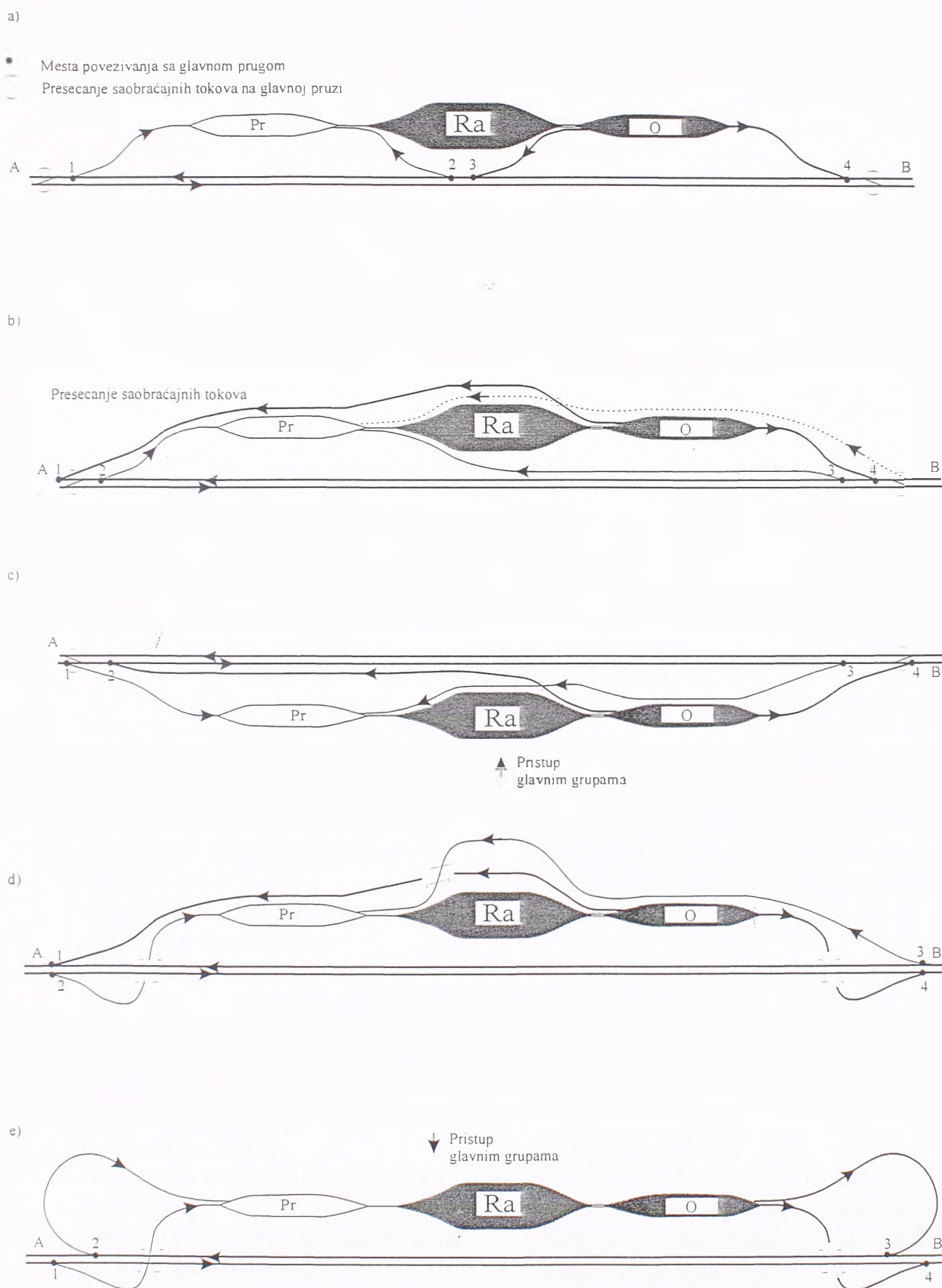
- prostorna koncentracija mesta povezivanja sa glavnom prugom,
- mali troškovi građenja,

Loše strane rešenja:

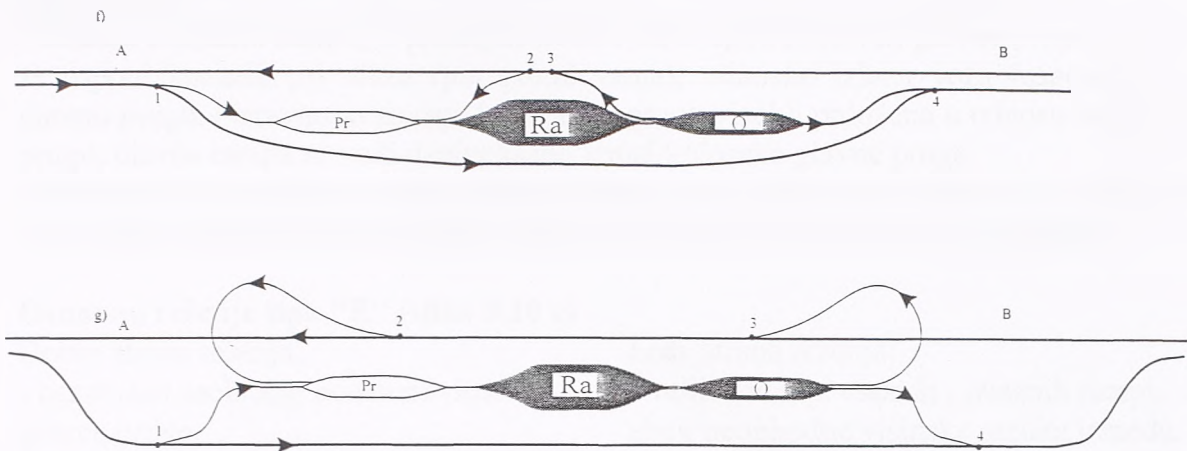
- ometanje saobraćaja na glavnoj pruzi na smeru BA pri svim ulazima i izlazima,
- međusobno uslovljeni ulaz iz BA i izlaz na AB,
- otežan prilaz drumskih vozila glavnim staničnim grupama, zbog ostrvskog položaja stanice u odnosu na veze sa glavnim prugama.



Slika 5.9 Zavisnost veza sa priključnim prugama od položaja gravitacione ranžirne stanice u odnosu na pruge teretnog podsistema



Slika 5.10 Veze glavnih kolosečnih grupa gravitacione ranžirne stanice sa bočno položenom glavnom dvokolosečnom prugom teretnog podsistema



Slika 5.11 Veze glavnih kolosečnih grupa gravitacione ranžirne stanice koja je položena između koloseka glavne dvokolosečne pruge teretnog podsistema

Napomene:

- Potrebno je obezbediti dovoljnu dužinu ulazne veze za smer AB da se primi najduži voz, koji stoji pred signalom, uključujući i put pretrčavanja.
- Rešenje favorizuje saobraćaj na glavnoj pruzi u smeru AB.
- Konflikt ulaza iz BA i izlaza na AB, može se izbeći crtkastom varijantom, koja u sebe uključuje konflikt ulaza iz BA i izlaza na BA.

Osnovno rešenje tipa "C" (slika 5.10 c)

Dobre strane rešenja:

- prostorna koncentracija mesta povezivanja sa glavnom prugom,
- mali troškovi građenja,
- jednostavan pristup drumskih vozila glavnim grupama stanice

Napomene:

- Potrebno je obezbediti dovoljnu dužinu ulazne veze za smer AB da se primi najduži voz, koji stoji pred signalom, uključujući i put pretrčavanja.
- Rešenje favorizuje saobraćaj na glavnoj pruzi u smeru AB.

Loše strane rešenja:

- ometanje saobraćaja na glavnoj pruzi na smeru AB pri svim ulazima i izlazima,
- međusobno uslovljeni ulaz iz BA i izlaz na BA

Osnovno rešenje tipa "D" (slika 5.10 d)

Dobre strane rešenja:

- nezavisan saobraćaj po smerovima glavne pruge,
- jednostavan pristup drumskih vozila glavnim grupama stanice

Loše strane rešenja:

- uslovljeni ulaz i izlaz na BA,
- velike dužine ulaznih i izlaznih rampi. zbog neophodne visinske razlike između gornjih ivica šina ($5,45 + 1\text{m} \approx 7,0\text{ m}$) i uspona koji ne sme biti veći od maksimalnog uspona na pruzi
- dodatni troškovi zbog izgradnje dva nadvožnjaka,

Napomene:

- Ulaznu i izlaznu rampu, u principu, treba voditi ispod koloseka glavne pruge, kako bi se usponi koristili pri ulazu (put pretrčavanja), odnosno izlazu voza (usporenje) na glavnu prugu. Naravno, u slučaju kada je Pr-grupa visoko položena u odnosu na glavnu prugu, ulazna rampa se vodi denivelisano iznad koloseka glavne pruge.
- Neznatno je favorizovan smer AB na glavnoj pruzi, što se može prevazići crtkasnom varijantom uz izgradnju jednog nadvožnjaka, kod koje su oba smera ravnopravna.

Osnovno rešenje tipa "E" (slika 5.10 e)

Dobre strane rešenja:

- nezavisan saobraćaj po smerovima glavne pruge,
- neometani ulazi i izlazi iz stanice
- jednostavan pristup drumskih vozila glavnim grupama stanice

Loše strane rešenja:

- velike dužine ulaznih i izlaznih rampi, zbog neophodne visinske razlike između gornjih ivica šina ($5,45+1\text{m} \approx 7,0\text{ m}$) i uspona koji ne sme biti veći od maksimalnog uspona na pruzi,
- velike površine zarobljene ulaznom i izlaznom petljom (za $R_{\min}=300\text{ m}$ potrebno $\approx 283\ 000\ \text{m}^2$,
- dodatni troškovi zbog izgradnje dva nadvožnjaka.

Napomene:

- Ovo je idealno rešenje, koje omogućava veliki kapacitet ranžirne stanice.
- Često je problem naći dovoljno veliku slobodnu površinu za realizaciju ovog rešenja (samo za ulaznu, odnosno izlaznu petlju radijusa 300 m potrebno je ca. $283000\ \text{m}^2$).

Sva prethodna rešenja se odnose na bočno položenu gravitacionu ranžirnu stanicu prema glavnoj pruzi teretnog podsistema.

Druga grupa rešenja (slika 5.11 f, g) bi se odnosila na rešenja u kojima su stanična postrojenja, kao ostrvo, smeštena između koloseka glavne pruge. Ovakvo rešenje može biti naizgled vrlo atraktivno, zbog minimalnih građevinskih zahvata (tip "F") . Ipak, iako ovakvo rešenje daje najmanja presecanja u nivou dvokolosečne pruge, ovakav položaj gravitacione ranžirne stanice otežava povezivanje stanice sa ostalim priključnim prugama, industrijskim kolosecima i depoom, kao i pristup drumskih vozila do pojedinih objekata i depoa (obavezno denivelisano povezivanje sa pristupnim drumskim saobraćajnicama). Kao izvestan nedostatak bi se mogao navesti i to što je stajalište za lokalne putnike podeljeno na dva dela. Međutim, ovaj nedostatak ne bi trebalo da bude od bitnijeg uticaja, jer je pravilno locirana ranžirna stanica dalje od naselja, tako da stajalište koriste uglavnom zaposleni u stanici.

Ovom analizom namerno nisu obuhvaćena rešenja koja se odnose na dvostrane ranžirne stanice (položaj glavnih kolosečnih grupa za oba smera rastavljanja paralelno kolosecima glavne pruge, između koloseka glavne pruge i rešenje sa kolosecima glavne pruge između kompleta glavnih kolosečnih grupa za različite smerove rastavljanja), jer se vremenom u praksi jasno iskristalisao stav da su ovakve stanice nerentabilne (veliki investicioni troškovi, kao i troškovi eksploatacije i održavanja, uz izražen problem povratnog bruta).

6. Povezivanje rada gravitacione ranžirne stanice i bliske robne stanice

Kao sastavni deo železničkog čvora robne stanice su deo teretnog železničkog podsistema i u tesnoj tehnološkoj povezanosti sa bliskom ranžirnom stanicom, koja formira poseban voz sastavljen od tovarenih i praznih kola za svaku robnu stanicu čvora. Taj voz se uvodi u saobraćaj na pruzi koja povezuje ranžirnu i odnosnu robnu stanicu. Sastavljanje vozova za robne stanice čvora spada u deo ranžirnog zadatka za čvor odnosne gravitacione ranžirne stanice.

U ranžirnoj grupi odgovarajuće robne stanice čvora vrši se ranžiranje prispelih kola prema utovarnim, odnosno istovarnim mestima ili industrijskim kolosecima. Iz ranžirne grupe kola se upućuju na manipulacione koloseke. Po okončanju robnih operacija, robna stanica bez ikakvog sređivanja upućuje sva kola ranžirnoj stanici.

Obično su unapred fiksirane trase vozova za dopremu i otpremu kola između ranžirne i odnosne robne stanice. One zavise od priliva kola sa priključnih pruga u ranžirnu stanicu, koja su namenjena odnosnoj robnoj stanici. Takođe zavise od perioda rada robne stanice sa strankama, kao i od propusne moći pruge koja povezuje ranžirnu i robnu stanicu.

Opisana principijelna šema tehnološke zavisnosti ranžirne i robne stanice se ponekad modifikuje u zavisnosti od lokalnih uslova i organizacije saobraćaja na području čvora i priključnim prugama. To zapravo znači da i praktična iskustva pokazuju da organizaciju dopreme i otpreme kola treba odgovarajuće prilagoditi stvarnoj situaciji (red vožnje na prugama, propusna moć pruga, radno vreme robnih stanica, zahtevi korisnika usluga železnice). Pri tome ne treba izgubiti iz vida da svako usitnjavanje ranžirnog rada dovodi do produžavanja vremena nakupljanja kola u ranžirnoj stanici, odnosno do produžetka vremena obrta kola, pa samim tim i povećanja ukupnih troškova.

U opštem slučaju ranžirna stanica se povezuje sa robnom stanicom posebnom (najčešće jednokolosečnom) prugom, ili se robna stanica nalazi na nekoj od postojećih/planiranih priključnih pruga. U skladu sa tim, robne stanice se projektuju kao čeone, prolazne i kombinovane. U svakom slučaju za železnicu je od interesa da robna stanica bude što bliže ranžirnoj stanici, specijalno, da bude u neposrednoj blizini gravitacione ranžirne stanice.

Međutim, ono što je interes železnice ne mora uvek (i najčešće se ne podudara) da se podudara sa interesima grada i njegove privrede. U svakom konkretnom slučaju treba pronaći lokaciju robne stanice tako da ona odgovara gradu i privredi, a da je rešenje prihvatljivo za železnicu na osnovu analize troškova i dobiti. Samo uz takav pristup železnica može da pronađe svoje mesto u konkurenciji sa drugim vidovima teretnog saobraćaja, boreći se za svaki novi manipulacioni i industrijski kolosek. U

Povezivanje rada gravitacione ranžirne stanice i bliske robne stanice

današnjim uslovima, u velikim saobraćajnim čvorovima položaj nove robne stanice najčešće je kompromis interesa privrede, grada i železnice.

U svakom slučaju, lokacija nove robne stanice se određuje u skladu sa sledećim uslovima:

- namena površina, kao osnovni kriterijum koji je definisan generalnim urbanističkim planom grada,
- istorija razvoja saobraćajnog i železničkog čvora, grada i njegove privrede,
- poštovanje usvojenog koncepta razvoja saobraćajnog i železničkog čvora (razdvajanje putničkog i teretnog podsistema na području čvoja, položaj ranžirne stanice, koncentracija rada sa denčanim pošiljkama i to što bliže ranžirnoj stanici, dobra povezanost pomoću drumskih saobraćajnica sa privredno-industrijskim zonama grada),
- topografska i geološka ograničenja,
- zahtevi privrede (industrija, potrebe stanovništva),
- zahtev za objedinjavanjem pretovarnih stanica za dva ili tri vida transporta uvek kada je to moguće,
- sagledavanje ekoloških posledica (zaštita površinskih i podzemnih voda, zaštita okolnog stanovništva od buke).

Ne treba izgubiti iz vida da se u velikim saobraćajnim čvorovima, u kojima se uopšte grade gravitacione ranžirne stanice, i koji su uvek vezani za razvijenu privredu i veliku potrošnju (potreba i za tzv. konzumnim robnim stanicama), po pravilu gradi više od jedne robne stanice. Potreba za projektovanjem većeg broja robnih stanica u čvoru nije posledica nemogućnosti jedne robne stanice da svojim kapacitetom savlada traženi obrt robe. Naprotiv, ova potreba je proistekla iz zahteva za boljim iskorišćenjem kolosečnih kapaciteta i efikasnije dostave robe do korisnika usluga železnice. Rešenje problema broja robnih stanica u čvoru ostvaruje se na osnovu tehničko-ekonomske analize.

U svakom slučaju za železnicu je uvek od interesa da ispita mogućnost projektovanja postrojenja za robni rad neposredno uz ranžirne koloseke gravitacione ranžirne stanice, ili na bliskoj udaljenosti od nje (što smanjuje dužinu trčanja kola). U oba slučaja postižu se velike uštede za železnicu, racionalnije iskorišćenje površina skupog gradskog zemljišta (treba računati da je za smeštanje robne stanice potreban plato dužine 1500 m i širine 60-80 m, odnosno dužine oko 1000 m i širine oko 150 m u zavisnosti od rasporeda osnovnih kolosečnih grupa robne stanice), bolje iskorišćenje pristupnih drumskih saobraćajnica i parking prostora, povoljnije ekološke posledice, jer se na jednom prostoru grupišu slični izvori buke i izvori zagađenja okoline, tako da se efikasnije mogu sprovesti mere za zaštitu okoline. Takođe se kao jedna od prednosti projektovanja robne stanice neposredno uz ili u blizini gravitacione ranžirne stanice može navesti da se, zahvaljujući noćnom radu ranžirne stanice, može organizovati predaja robnih pošiljaka korisnicima usluga železnice na početku radnog vremena, što predstavlja značajnu pogodnost za privredu.

U Uputstvu za projektovanje ranžirnih stanica na nemačkim železnicama (Richtlinien für das Entwerfen von Rangierbahnhöfen) iz 1966. godine eksplicitno se kaže da radi izbegavanja nepotrebnih vožnji između pretovarnih kapaciteta i ranžirnih

Povezivanje rada gravitacione ranžirne stanice i bliske robne stanice

stanica (lit.[11], str. 60, § 28) treba težiti da se postrojenja za robni rad postave neposredno uz gravitacionu ranžirnu stanicu. Konkretna odluka o prisajedinjenju pretovarnih kolosečnih kapaciteta ranžirnoj stanici donosi se na osnovu saobraćajnih, tehnoloških, ekonomskih, urbanističkih i ekoloških argumenata.

Slični stavovi se ponavljaju u Uputstvu za planiranje rada ranžirnih stanica na Nemačkim železnicama (Betriebliche Planung von Rangierbahnhöfen) iz 1983.godine, gde se navodi da ukoliko se postrojenja za lokalni robni rad postavljaju uz gravitacionu ranžirnu stanicu, onda se ona moraju dobro povezati sa njenim glavnim kolosečnim grupama, posebno sa ranžirnom grupom. Takođe je racionalno povezati postrojenja za pretovar denčane robe sa postrojenjima za rad sa denčanom robom za dotični čvor.

Pri razmatranju ovog problema može se početi od osnovnog principa objedinjavanja tehnoloških operacija, što za posledicu ima isključenje njihovog ponavljanja. Ovaj princip je moguće primeniti uvek kada rešenja, koja iz njega slede, nisu u koliziji sa zahtevima privrede i grada.

Uz to treba naglasiti da se današnji stav o korišćenju gradskog zemljišta bitno izmenio u odnosu na ranije stavove. Sa današnje tačke gledišta prostor je i ekološka kategorija. Ujedno njegova cena objektivno raste u velikim saobraćajnim čvorovima.

Sve ovo čini odluku o smeštanju robnih postrojenja multidisciplinarnom i izuzetno odgovornom. Loša rešenja ne samo da ne ispunjavaju zadatak u smislu opsluživanja grada i privrede robom, već postaju balast za železnicu, koja plaća troškove eksploatacije (personal, mehanizacija) i troškove održavanja bez ostvarenja dobiti. Pri tome treba sagledati da je najefikasnija ekološka mera pravilna lokacija ranžirnih i robnih postrojenja u odnosu na okolne urbane i privredne sadržaje.

6.1 Robna stanica položena neposredno uz ranžirne koloseke gravitacione ranžirne stanice

Robna stanica položena neposredno uz ranžirne koloseke gravitacione ranžirne stanice delimično, ili u potpunosti isključuje dupliranje kolosečnih kapaciteta za prijem i ranžiranje kola namenjenih robnim postojenjima, kao i dupliranje opreme za pretovar, merenje mase i gabarita kola, smanjuje broj potrebnog personala.

Na osnovu lokalnih parametara i saobraćajnih potreba mora se ispitati i doneti odluka da li je potrebno i moguće robna postrojenja projektovati uz ranžirne koloseke gravitacione ranžirne stanice. Pri tome je presudan argument u donošenju odluke da se robna postrojenja polože uz ranžirnu/ranžirno-otpremnu grupu gravitacione ranžirne stanice idealna mogućnost da se zajednička mehanizacija koristi za Huckepack i pretovarne stanične koloseke.

U cilju efikasnije obrade i otpreme denčane robe namenjene lokalnim korisnicima (čvoru) daje se prednost povezivanju postrojenja za rad sa denčanom robom i kolosečnih postrojenja za pretovar robe. Dakle, železnica u svakom konkretnom slučaju treba da ispita da li postoji realna mogućnost da se kolosečni kapaciteti za manipulisanje

Povezivanje rada gravitacione ranžirne stanice i bliske robne stanice

denčane robe projektuju u sastavu gravitacione ranžirne stanice, neposredno uz postrojenja za pretovar robe, koje ranžirna stanica sadrži radi prerade robe izdvojene tokom komercijalnog pregleda na kolosecima prijemne, odnosno otpremne grupe. Ovakvo rešenje je dobro jer je svaka gravitaciona ranžirna stanica dobro povezana sa mrežom drumskih saobraćajnica odnosno čvora.

Nakon toga ostaje da se ispita, u skladu sa ranžirnim zadatkom gravitacione ranžirne stanice (i ostalim relevantnim faktorima kao što su raspoloživi prostor i lokacija gravitacione ranžirne stanice, rešenje njenih glavnih grupa i drugo) i vrstom i obimom lokalnog robnog rada, do koje mere je moguće angažovati kolosečne i druge kapacitete gravitacione ranžirne stanice (prijemna, ranžirna, otpremna, sabirna, tranzitna grupa, grupa za pretovar robe koja nije zadovoljila kriterijume komercijalnog pregleda, kolosek za kolsku vagu i gabarit) za obavljanje tehnoloških operacija koje su vezane za lokalni robni rad. Svaka ušteta u smislu objedinjavanja istorodnih tehnoloških operacija delimičnim ili potpunim korišćenjem kolosečnih kapaciteta gravitacione ranžirne stanice, njenog personala i mobilnih kapaciteta, pod uslovom da ne ometa osnovni tehnološki proces na rasformiranju i formiranju sastava, doprinosi smanjenu investicionih i eksploatacionih troškova, kao i troškova održavanja.

I bez upuštanja u dublje analize, intuitivno se može zaključiti da kod gravitacionih ranžirnih stanica, čiji se ranžirni zadatak većinom odnosi na sastavljanje jednogrupnih vozova, postoje veće mogućnosti za korišćenje stabilnih i mobilnih staničnih kapaciteta za realizaciju zadataka vezanih za lokalni robni rad. Mogućnost angažovanja kapaciteta gravitacione ranžirne stanice za lokalni robni rad je utoliko manja, ukoliko je ranžirni zadatak stanice komplikovaniji. To znači da pri istom obimu ranžirnog zadatka izraženom u [kola/dan] postoji manja mogućnost angažovanja staničnih kapaciteta za lokalni robni rad u stanici, koja najvećim delom formira višegrupne sastave. Ovo je u tesnoj vezi sa stavovima o opterećenosti izlaznog grla ranžirne/ranžirno-otpreme grupe, kao što je objašnjeno u poglavlju 5 ove disertacije.

Ipak, na osnovu "kumulativnog postupka" za optimizaciju iskorišćenja ranžirnih kapaciteta na mreži, koji je izložen u poglavlju 4 ove disertacije, zasnovanog na organizovanim (namernim, izabranim) vršnim periodima intenzivnog priliva kola u gravitacionu ranžirnu stanicu (u skladu sa zahtevima privrede i težnjom železnice da njena ponuda bude konkurentna ostalim vidovima teretnog saobraćaja), jasno je da se u međuperiodima sa malim prilikom kola u stanicu. kapaciteti gravitacione ranžirne stanice mogu koristiti i za druge namene, odnosno za delimično ili putpuno opsluživanje robnih kapaciteta u sastavu odnosno gravitacione ranžirne stanice. Na taj način prividni nedostatak kumulativnog postupka, koji se ogleda u izrazito neravnomernom korišćenju kapaciteta gravitacione ranžirne stanice, otvara nove mogućnosti za korišćenjem njenih postojećih kapaciteta.

Rešenje robne stanice neposredno uz Ra/RaO grupu gravitacione ranžirne stanice je apsolutno nezavisno od propusne moći spojne pruge, koja u rešenjima sa udaljenom robnom stanicom zna da bude ograničavajući faktor, tako da je ponekad potrebno od ranžirne do prolazne robne stanice projektovati dvokolosečnu prugu, a na izlazu iz robne stanice jednokolosečnu prugu. Nezavisnost rada robnih postrojenja u sastavu ranžirne stanice od propusne moći spojne pruge i isključivanje potrebe za usklađivanjem

Povezivanje rada gravitacione ranžirne stanice i bliske robne stanice

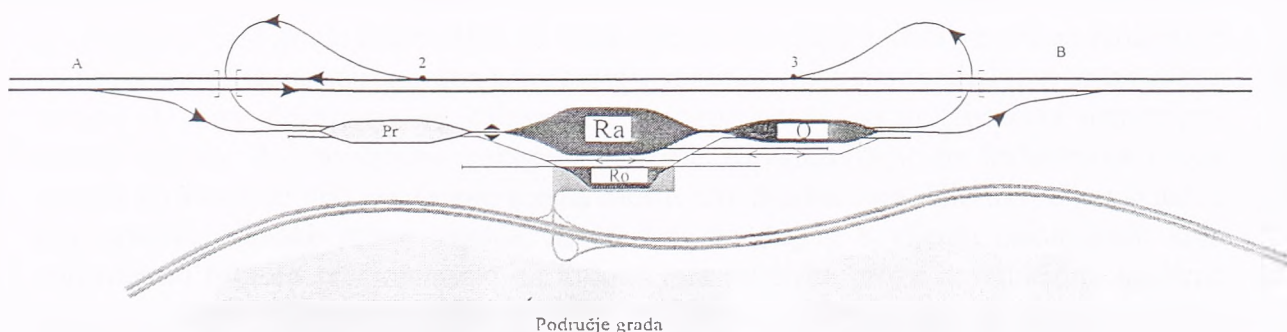
rada robne stanice sa redom vožnje na pruži koja povezuje robnu i ranžirnu stanicu, daje veću fleksibilnost u radu robne stanice sa klijentima koje ona opslužuje, čime se povećava kvalitet železničke ponude u oblasti teretnog saobraćaja i konkurentnost železnice u odnosu na druge vidove saobraćaja.

Pored navedenih prednosti ovog rešenja, treba navesti da ovakvo rešenje ipak pretpostavlja dovoljnu raspoloživu širinu staničnog platoa predviđenog za građenje/rekonstrukciju gravitacione ranžirne stanice, što ponekad može da bude nepremostivo ograničenje. S obzirom na to da je za klasičnu robnu stanicu potrebna površina 90.000 m² do 150.000m², ovde ipak treba računati sa manjom potrebnom površinom, jer će se neki od srodnih tehnološki operacija poveriti delimično, ili u potpunosti postojećim kapacitetima gravitacione ranžirne stanice. Ipak, treba računati sa potrebnom dužinom određenog broja koloseka za prijem i otpremu ca.750 do 850 m.

U razmatranje treba uključiti i nova tehnička rešenja sa vertikalnim lagerovanjem izmenjivih sanduka za robu i korišćenje mehanizacije za brz pretovar (npr. tzv. "Rendezvous – tehnika"), što značajno može da smanji potrebne površine za robne operacije, kvalitetno skladištenje robe i kontrolu robnog ulaza i izlaza.

Velika površina, koja je potrebna za oblikovanje manipulativne grupe i neophodnost povezanosti sa drumskim saobraćajnicama diktiraju rubni bočni položaj koloseka za robni rad (slika 6.1), sa strane prema gradu, uz dobru povezanost sa drumskim saobraćajnicama.

Objedinjavanjem kolosečnih kapaciteta ranžirne i robne stanice, ili pak postavljanjem robne stanice u neposrednoj blizini gravitacione ranžirne stanice uspešno se koriste zajedničke pristupne drumske saobraćajnice za prilaz drumskih vozila obema stanicama, čime se pored manjih troškova građenja i održavanja drumskih saobraćajnica postiže bolja organizacija drumskog teretnog saobraćaja na području grada i smanjuje broj denivelisanih priključaka na glavne gradske drumske saobraćajnice. Moguće je, takođe, objedinjavanje parking prostora, više objekata različite namene pod zajedničkim krovom i objedinjavanje instalacija. Sve ovo doprinosi racionalnijem korišćenju prostora.



Slika 6.1 Postrojenja robne stanice uz Ra grupu gravitacione ranžirne stanice

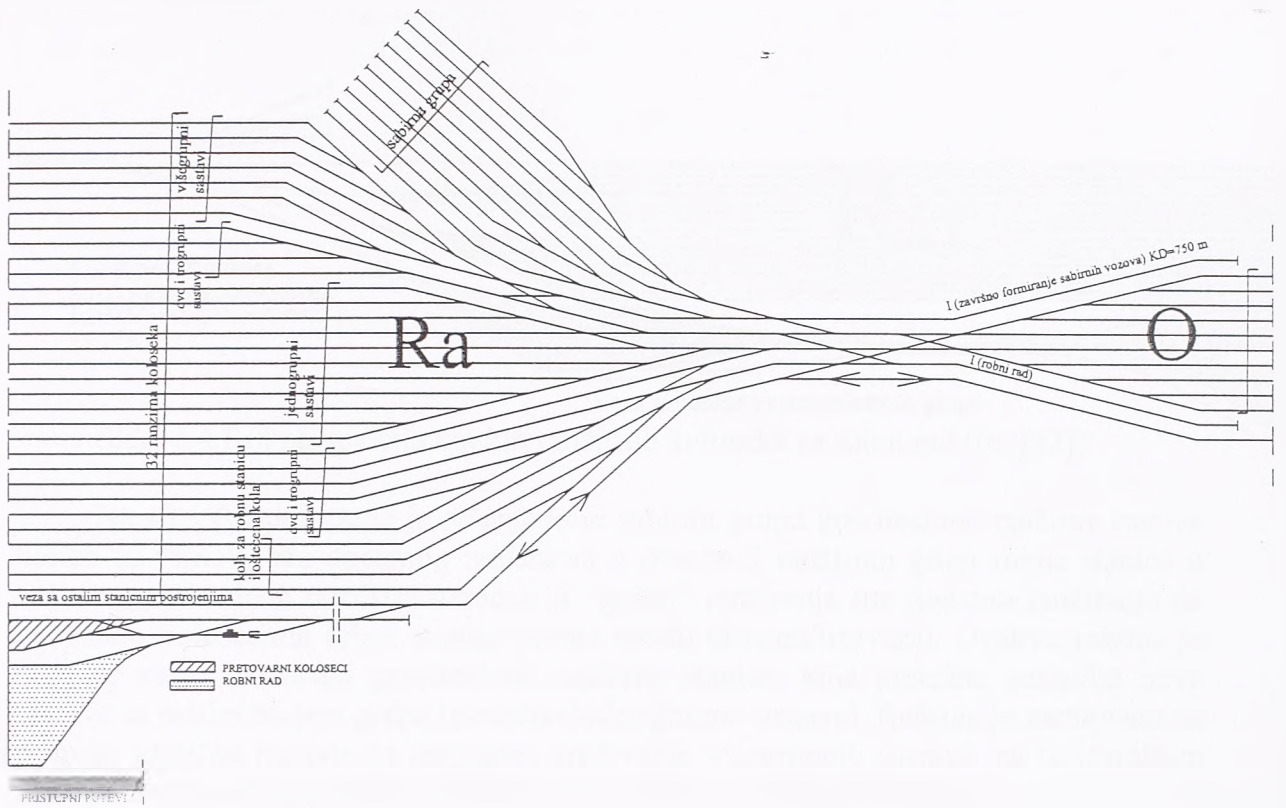
Povezivanje rada gravitacione ranžirne stanice i bliske robne stanice

Principijelno, u postrojenja za lokalni robni rad kola mogu da se dostave sa ranžirnih koloseka (najčešće), iz prijemne ili tranzitne grupe. Kola koja se otpremaju iz postrojenja za lokalni robni rad mogu da se dostave u prijemnu grupu (ipak, treba izbegavati rešenja koja dozvoljavaju da ista kola dva puta prelaze preko ranžirnog brega, jer se na taj način smanjuje stvarni kapacitet ranžirnog brega), ili se neposredno dostavljaju na ranžirne koloseke u skladu sa njihovom specijalizacijom.

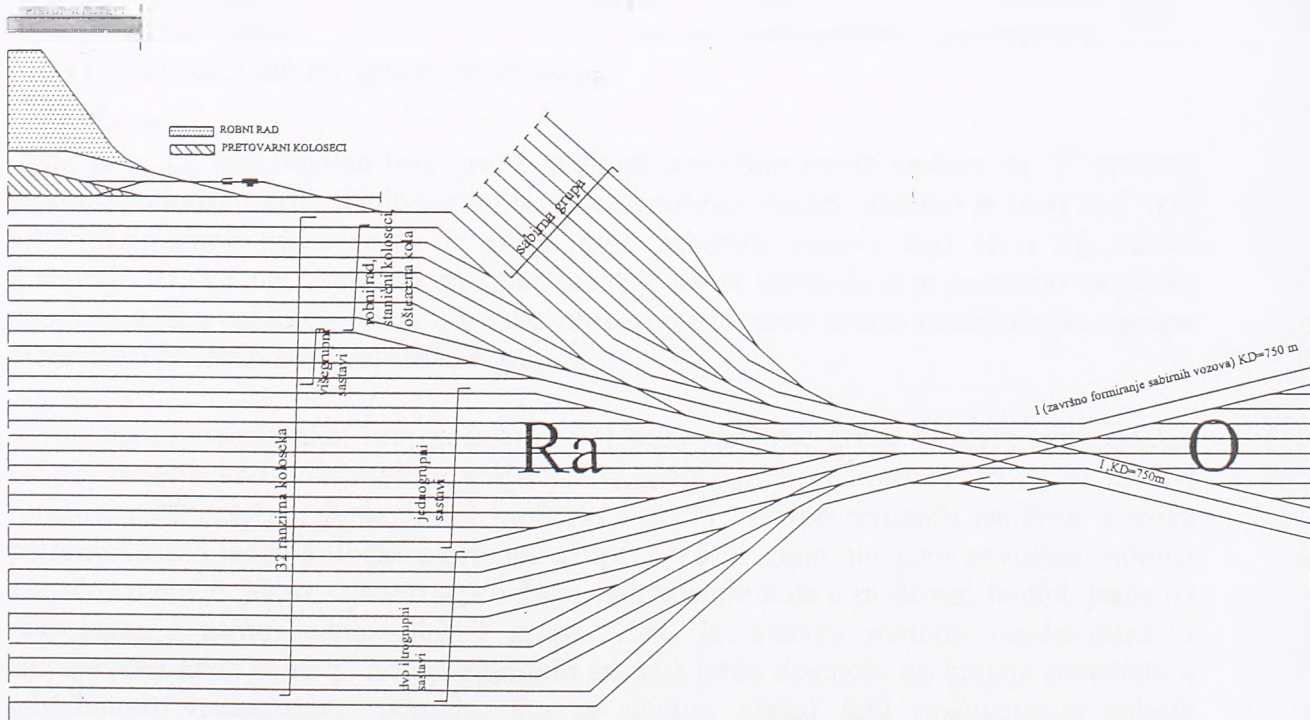
Ranžirni koloseci koji su namenjeni nakupljanju kola za lokalni robni rad se projektuju tako da se omogući pravovremena dostava kola na koloseke namenjene robnom radu, bez ometanja, odnosno uz minimalno ometanje, operacija na sastavljanju vozova. S obzirom na lokaciju postrojenja za robni rad na onoj strani ranžirne stanice, koja je bliža gradu (privredi/potrošačima koje opslužuje), ranžirni koloseci za nakupljanje kola za robni rad su rubni ranžirni koloseci na strani orjentisanoj ka gradu, jer je na taj način minimizirano presecanje kolosečnih puteva za realizaciju saobraćajnih aktivnosti u uzanom području između ranžirne i otpremne grupe, odnosno na izlaznom grlu ranžirno-otpreme grupe. Ovde treba razlikovati slučaj kada se:

- ranžirni/ranžirno-otpreme koloseci koriste samo za nakupljanje kola za robni rad, a robna stanica ima svoju ranžirnu grupu za ranžiranje kola prema pojedinim utovarnim, ili utovarnim kolosecima (tzv. manipulacioni koloseci), videti sliku 6.2,
- ranžirni/ranžirno-otpreme koloseci koriste za nakupljanje kola za lokalni robni rad, a njihovi krajevi, ili sabirna grupa za ranžiranje prema manipulativnim kolosecima, videti sliku 6.3,
- posebni kratki (ca. 200 – 300 m) ranžirni/ranžirno-otpreme koloseci, postavljeni centralno ili rubno u okviru ranžirne grupe gravitacione ranžirne stanice, unapred specijalizovani prema mestu utovara/istovara robne stanice, koriste samo za nakupljanje kola za robni rad, (videti sliku 6.4 i lit. [82]).

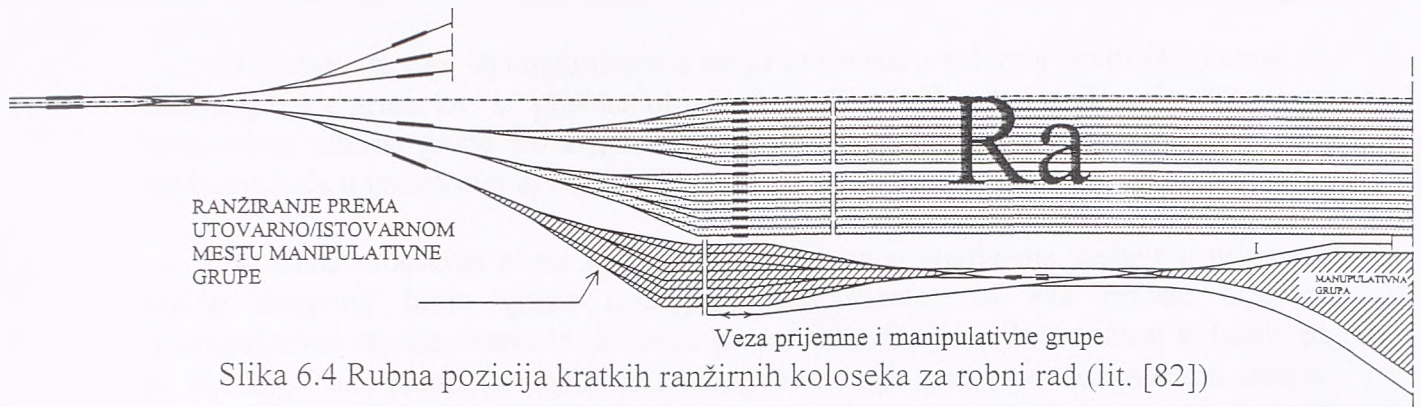
Rešenje sa slike 6.2 se primenjuje i kada su kapaciteti robne stanice postavljeni neposredno uz ranžirnu grupu gravitacione ranžirne stanice (paralelno sa ovom grupom) i kada se robna stanica nalazi u neposrednoj blizini gravitacione ranžirne stanice. Ovakvo rešenje može da se primeni kada je robni rad suviše veliki da bi se ranžiranje prema manipulativnom mestu obavilo na izlaznom grlu ranžirne (odnosno ranžirno-otpreme grupe), ili kada je ranžirni zadatak gravitacione ranžirne stanice zbog velikog obima rada sa višegrupnim sastavima suviše složen, tako da je kapacitet izlaznog grla Ra odnosno RaO grupe nedovoljan da se na njemu obavljaju zadaci vezani za ranžiranje manevarskom lokomotivom prema mestu utovara/istovara u manipulativnoj grupi robne stanice. U tom slučaju se na kolosecima ranžirne grupe nakupljaju kola namenjena robnoj stanici. Po završenom nakupljanju, kola se dostavljaju do izvlačnjaka robne stanice na kome se vrši ranžiranje prema mestu utovara/istovara. Ukoliko nije usklađen rad ranžirne i bliske robne stanice, može doći do dugog bavljenja nakupljenih kola namenjenih robnim postrojenjima na kolosecima ranžirne grupe gravitacione ranžirne stanice. S obzirom na to da je neisplativo korišćenje ranžirnih koloseka za sačekivanje robnog rada, potrebno je projektovati dovoljan broj prijemnih koloseka robne stanice, koji u ovom slučaju imaju ulogu "rezervoara" za amortizovanje nesklada u radu ranžirne i robne stanice. U svakom slučaju mora se obezbediti da u slučaju bilo kakvih poremećaja u uzajamnom radu ove dve stanice, postoji mogućnost pražnjenja ranžirnih koloseka gravitacione ranžirne stanice.



Slika 6.2



Slika 6.3



Slika 6.4 Rubna pozicija kratkih ranžirnih koloseka za robni rad (lit. [82])

Na slici 6.3 prikazano je rešenje koje sabirnu grupu gravitacione ranžirne stanice koristi za “fino” (bez dodatnog ranžiranja u posebnoj ranžirnoj grupi robne stanice u sastavu gravitacione ranžirne stanice) ili “grubo” ranžiranje (uz dodatno ranžiranje na ranžirnim kolosecima robne stanice prema mestu utovara/istovara). Ovakvo rešenje je moguće samo u slučaju gravitacione ranžirne stanice, koja pretežno sastavlja nove sastave sa malim brojem grupa (pretežno jednogrupne sastave). Rešenje je zasnovano na primeni klasične metode za naknadno sređivanje višegrupnih sastava, pa je u opštem slučaju potrebno N_r ranžirnih koloseka za nakupljanje kola, pri čemu je:

$$N_r \leq j$$

, gde je “j” – broj pravaca za koje se formiraju sabirni vozovi (pod uslovom da se stanična grupa istovremeno koristi i za sastavljanje sabirnih vozova) i broj rejona na koje je u konkretnom slučaju podeljena manipulativna grupa robne stanice (što zavisi od rešenja robne stanice u konkretnom slučaju i ne može se podvesti pod opšte pravilo), kao i N_s koloseka sabirne grupe, pri čemu je:

$$N_s \geq n_{g,max}$$

, gde je $n_{g,max}$ maksimalan broj grupa iz skupa novoformiranih sastava za “j” pravaca otpreme, odnosno broj manipulativnih mesta u robnoj stanici, ukoliko je ovaj broj veći od maksimalnog broja grupa iz skupa svih sabirnih vozova koji se u toj stanici formiraju. U svakom konkretnom slučaju ostaje da se ispita da li je potrebno za svaku posebnu grupu sabirnog voza, odnosno utovarno/istovarno mesto manipulativne grupe rezervisati poseban kolosek sabirne grupe.

Dakle, maksimalan broj potrebnih koloseka ranžirne grupe $N_{r,max}=j$ i minimalan broj potrebnih koloseka sabirne grupe je $N_{s,min}=n_{g,max}$. S obzirom na to da se sastavi formiraju sukcesivno, onda je za otpremu svih “j” novoformiranih sabirnih vozova potreban samo jedan kolosek otpremne grupe. Ovo je samo naizgled povoljna osobina klasične metode, jer to zapravo znači dugo zadržavanje kola u ranžirnoj stanici, jer je na raspolaganju samo jedna sabirna grupa. Zato je ovakva metoda neadekvatna u slučajevima kada svih “j” novoformiranih sastava treba dostaviti na krajnje odredište u određenom vremenskom periodu, što je upravo slučaj kod opsluživanja robnih postrojenja, koja obradu kola moraju da usklade i sa radnim vremenom korisnika usluga železnice. Takođe, jedan kolosek za otpremu u slučaju robnih postrojenja odgovara

Povezivanje rada gravitacione ranžirne stanice i bliske robne stanice

, gde je $ln_{g,i}$ ukupna dužina kola svih grupa za i -ti pravac otpreme. a $(n/100)*KD_{Ra}$ $n\%$ korisne dužine odnosno ranžirnog koloseka na kome se nakupljaju kola za svih "k" pravaca otpreme. uz pretpostavku da je neiskorišćenost korisne dužine koloseka zbog prevremenog zaustavljanja trkača $(100-n)\%$.

U slučaju da nije ispunjen uslov o broju koloseka u sabirnoj grupi (N_s manje od ukupnog broja grupa za "k" pravaca otpreme), onda se naknadno sređivanje sastava na kolosecima sabirne grupe mora ponoviti u više ciklusa. što produžava ukupno vreme bavljenja kola u gravitacionoj ranžirnoj stanici.

Ne treba zaboraviti ni na specifičnosti naknadnog sređivanja sastava u uslovima malog ukupnog broja grupa (manipulativnih mesta) za sve pravce otpreme (manipulativne rejone), kada se za svaku grupu rezerviše po jedan ranžirni kolosek, pa je: $N_r = \sum n_{g,i}$. Tada praktično nema naknadnog sređivanja sastava na kolosecima sabirne grupe. već se sa ranžirnog koloseka može direktno dostaviti grupa kola na odgovarajući kolosek manipulativne kolosečne grupe.

U nemačkoj i ruskoj literaturi (lit. [33], [66] i [82]) navode se rešenja sa dodatnim ranžirnim bregom opremljenim skromnom opremom za kočjenje sa ciljem da se ubrza proces dodatnog ranžiranja. Stav autora je da umesto ovakvih rešenja treba ispitati mogućnost korišćenja simultane metode za ubrzanje procesa naknadnog sortiranja sastava.

Poznato je da se u slučajevima kada se zahteva istovremeno formiranje većeg broja višegrupnih sastava već odavno uspešno primenjuje simultana metoda (po navodima iz lit. [40] ova metoda je primenjena prvi put 1917. god. u stanici Noisy-le-Sec, koja je imala zadatak da formira vozove za snabdevanje francuske armije na frontu prema Nemačkoj).

Minimalan broj potrebnih ranžirnih koloseka za nakupljanje kola višegrupnih sastava po simultanoj metodi odgovara maksimalnom broju grupa za isti pravac otpreme i iznosi: $\min N_r = n_{g,max}$, dok je potreban broj koloseka za sastavljanje višegrupnih sastava jednak broju sastava koji se istovremeno formiraju $N_s = j$. Ovakav stav o potrebnom broju koloseka za nakupljanje kola i sastavljanje višegrupnih sastava po simultanoj metodi sledi samo ukoliko se izričito zahteva nakupljanje svake grupe na posebnom koloseku. Ovo je najnepovoljniji slučaj sa stanovišta potrebnoj broja koloseka, tako da se u praksi koriste razne modifikacije osnovne zamisli simultane metode sa ciljem da se optimizira potreban broj koloseka i vreme sastavljanja višegrupnih sastava. U tabeli 6.1 je napravljeno poređenje potrebnih kolosečnih kapaciteta za šest varijanata sastavljanja po klasičnoj i po simultanoj metodi. Vidi se da se isti zadatak sastavljanja pet višegrupnih sastava može rešiti na više načina: sa i bez korišćenja posebne sabirne grupe, u zavisnosti da li se koristi klasična, ili simultana metoda. Analizom prikazanog primera jasno se uočava da su za izvršenje istog zadatka potrebni različiti kolosečni kapaciteti u zavisnosti od metode rešavanja zadatka, i to:

- po varijanti 1: 5 ranžirnih koloseka za nakupljanje, 8 sabirnih koloseka i 1 kolosek za otpremu.

Povezivanje rada gravitacione ranžirne stanice i bliske robne stanice

broju koloseka za nakupljanje kola i sastavljanje višegrupnih sastava po simultanoj metodi sledi samo ukoliko se izričito zahteva nakupljanje svake grupe na posebnom koloseku. Ovo je najnepovoljniji slučaj sa stanovišta potrebnoj broja koloseka, tako da se u praksi koriste razne modifikacije osnovne zamisli simultane metode sa ciljem da se optimizira potreban broj koloseka i vreme sastavljanja višegrupnih sastava. U tabeli 6.1 je napravljeno poređenje potrebnih kolosečnih kapaciteta za šest varijanata sastavljanja po klasičnoj i po simultanoj metodi. Vidi se da se isti zadatak sastavljanja pet višegrupnih sastava može rešiti na više načina: sa i bez korišćenja posebne sabirne grupe, u zavisnosti da li se koristi klasična, ili simultana metoda. Analizom prikazanog primera jasno se uočava da su za izvršenje istog zadatka potrebni različiti kolosečni kapaciteti u zavisnosti od metode rešavanja zadatka, i to:

- po varijanti 1: 5 ranžirnih koloseka za nakupljanje, 8 sabirnih koloseka i 1 kolosek za otpremu,
- po varijanti 2: 4 ranžirna koloseka za nakupljanje, 8 sabirnih koloseka i 2 koloseka za otpremu,
- po varijanti 3: 28 ranžirnih koloseka za nakupljanje i 1 kolosek za otpremu,
- po varijanti 4: 9 ranžirnih koloseka za nakupljanje i sastavljanje i 5 otpremnih koloseka,
- po varijanti 5: 5 ranžirnih koloseka za nakupljanje i sastavljanje i 5 otpremnih koloseka.
- po varijanti 6: 7 ranžirnih koloseka za nakupljanje i sastavljanje i 5 otpremnih koloseka.

Poznato je da obim rada gravitacione stanice izrazito varira tokom, dana, meseca, godišnjeg doba itd. Dakle, sa teorijske tačke gledanja isplativo je rešenje zadatka sastavljanja višegrupnih sastava prilagoditi (trenutno) raspoloživom broju koloseka ranžirne grupe i broju koloseka u sabirnoj grupi (ukoliko sabirna grupa postoji), kao i zahtevima privrede. Ovo svakako zahteva visoku obučenost manevarskog osoblja, naročito u slučaju primene simultane metode.

Za primenu simultane metode nije potrebna sabirna grupa, tako da ova metoda omogućava realno manji broj skretnica i uštedu cele sabirne grupe. Naravno, da rešenje izlaznog grla Ra, odnosno Ra-O grupe mora da bude takvo se da rad na sastavljanju višegrupnih sastava preko izvlačnjaka mora odvijati bezbedno i bez ometanja normalnog pražnjenja ranžirnih koloseka (bez ometanja prebacivanja sastava u otpremnu grupu, odnosno otpreme novoformiranih vozova sa ranžirno-otpremnih koloseka).

Smanjenjem ukupnog broja manevarskih vožnji pri formiranju višegrupnih sastava primenom simultane metode, u odnosu na klasičnu metodu, moguće je formiranje višegrupnih vozova za kraće ukupno vreme, što je često zahtev privrede. Smanjenjem broja manevarskih vožnji opada verovatnoća oštećenja kola i robe, smanjuje se vreme angažovanja manevarskih lokomotiva i skraćuje vreme zadržavanja kola u gravitacionoj ranžirnoj stanici.

Povezivanje rada gravitacione ranžirne stanice i bliske robne stanice

Tabela 6.1 Potreban broj koloseka za različita varijantna rešenja sastavljanja višegrupnih sastava

Varijanta 1 : Klasična metoda				
Broj pravaca $j=5$	Broj grupa po pravcima	Potreban broj koloseka ranžirne grupe za nakupljanje kola po pravcima otpreme $Nr=5$:	Potreban broj koloseka sabirne grupe za izdvajanje grupa po pravcima:	Potreban broj koloseka otpremne grupe $No=1$ (jer se sastavi formiraju sukcesivno)
	$n1=5$	Ra1: 11+12+13+14+15	$Ns=5$	
	$n2=4$	Ra2: 21+22+23+24	$Ns=4$	
	$n3=8$	Ra3: 31+32+33+34+35+36+37+38	$Ns=8$	
	$n4=4$	Ra4: 41+42+43+44	$Ns=4$	
	$n5=7$	Ra5: 51+52+53+54+55+56+57	$Ns=7$	
<i>Napomena: ukoliko sabirna grupa ima manje od 8 koloseka ($Ns < 8$), višegrupni voz za pravac 3 će se sastavljati nakupljanjem više grupa (8-Ns grupa) na istom koloseku, uz veći rad manevarske lokomotive i duže zadržavanje kola u ranžirnoj i sabirnoj grupi.</i>				
Varijanta 2: Modifikovana klasična metoda sa istovremenim formiranjem sastava za pravac $j=2$ i $j=4$				
Broj pravaca $j=5$	Broj grupa po pravcima	Potreban broj koloseka ranžirne grupe za nakupljanje kola po pravcima otpreme $Nr=4$:	Potreban broj koloseka sabirne grupe za izdvajanje grupa po pravcima:	Potreban broj koloseka otpremne grupe $No=2$ (jer se sastavi za pravce 2 i 4 formiraju istovremeno)
	$n1=5$	Ra1: 11+12+13+14+15	$Ns=5$	
	$n2=4$	Ra2: 21+22+23+24+41+42+43+44	$Ns=5$	
	$n3=8$	Ra3: 31+32+33+34+35+36+37+38	$Ns=8$	
	$n4=4$	Ra4: 51+52+53+54+55+56+57	$Ns=8$	
	$n5=7$		$Ns=7$	
<i>Napomena: 1. Dužina ranžirnog koloseka Ra2 mora dabude tolika da uzimajući u obzir praznine usled neželjenog preranog zaustavljanja trkača, može da primi sve trkače namenjene pravcu otpreme $j=2$ i $j=4$. 2. Raspoloživi broj koloseka u sabirnoj grupi treba da bude $Ns \geq \max((n2-n4), \max n_j)$, u protivnom na jednom koloseku sabirne grupe treba nakupljati kola za više grupa, što za posledicu ima dodatni rad manevarske lokomotive i duže zadržavanje kola u stanici.</i>				
Varijanta 3: Modifikovana klasična metoda sa izdvajanjem svake grupe za svaki pravac otpreme na posebnom ranžirnom koloseku, bez naknadnog sređivanja u sabirnoj grupi				
Broj pravaca $j=5$	Broj grupa po pravcima	Potreban broj koloseka ranžirne grupe za nakupljanje kola po pravcima otpreme $Nr=28$:	Potreban broj koloseka sabirne grupe za izdvajanje grupa po pravcima:	Potreban broj koloseka otpremne grupe $No=1$ (ako na završnom sastavljanju radi jedna lokomotiva)
	$n1=5$	Ra1: 11; Ra2:12; Ra3: 13; Ra4:14; Ra5:15;	$Ns=0$	
	$n2=4$	Ra6:21; Ra7:22; Ra8:23; Ra9:24		
	$n3=8$	Ra10:31; Ra11:32; Ra12:33; Ra13:34;		
	$n4=4$	Ra14:35; Ra15:36; Ra16:37; Ra17:38;		
	$n5=7$	Ra18:41; Ra19:42; Ra20:43; Ra21:44;		
	$\Sigma n_j=28$	Ra22:51; Ra23:52; Ra24:53; Ra25:54; Ra26:55; Ra27:56; Ra28:57		
Varijanta 4: Izvorna simultana metoda				
Broj pravaca $j=5$	Broj grupa po pravcima	Potreban broj koloseka ranžirne grupe za nakupljanje kola po grupama za sve pravce otpreme $Nr=8$:		
	$n1=5$	Ra1: 11+21+31+41+51		
	$n2=4$	Ra2: 12+22+32+42+52		
	$n3=8$	Ra3: 13+23+33+43+53		
	$n4=4$	Ra4: 14+24+34+44+54		
	$n5=7$	Ra5: 15+35+55		
	$\Sigma n_j=28$	Ra6: 36+56 Ra7: 37+57 Ra8: 38		
		Potreban broj koloseka ranžirne grupe za sastavljanje višegrupnih sastava $Nr^+=1$ Ra8: 38/37/36/35/34/33/32/31 Ra9: 57/56/55/54/53/52 Ra7: 15/14/13/12/11 Ra6: 24/23/22/21 Ra5: 44/43/42/41		
		ukupno potrebno ranžirnih koloseka 8+1		

Povezivanje rada gravitacione ranžirne stanice i bliske robne stanice

Varijanta 5: Simultana metoda (sastavljanje preko izvlačnjaka za završno formiranje)

Potreban broj koloseka ranžirne grupe za nakupljanje kola po grupama za sve pravce otpreme $Nr=4$:

Ra1: 11+21+31+41+51+13+23+33+43+53+15+35+55+37+57 (oznaka "+" znači izmešana kola po grupama i pravcima)

Ra2: 12+22+32+42+52+36+56

Ra3: 14+24+34+44+54

Ra4: 38

izvlačenje sastava sa Ra1 na izvlačnjak:

(Ra1: prazan)

Ra1: 57

Ra2: 12+22+32+42+52+36+56/15+35+55+11+21+31+41+51

Ra3: 14+24+34+44+54/13+23+33+43+53 (oznaka "/" znači da su kola u okviru iste grupe izmešana samo po pravcima)

Ra4: 38/37

izvlačenje sastava sa Ra2 na izvlačnjak:

Ra1: 57/56

(Ra2: prazan)

Ra2: 15+35+55+11+21+31+41+51

Ra3: 14+24+34+44+54/13+23+33+43+53/12+22+32+42+52

Ra4: 38/37/36

izvlačenje sastava sa Ra2 na izvlačnjak:

Ra1: 57/56/55

(Ra2: prazan)

Ra2: 15

Ra3: 14+24+34+44+54/13+23+33+43+53/12+22+32+42+52/11+21+31+41+51

Ra4: 38/37/36/35

izvlačenje sastava sa Ra3 na izvlačnjak:

Ra1: 57/56/55/54/53/52/51

Ra2: 15/14/13/12/11

(Ra3: prazan)

Ra3: 24/23/22/21

Ra4: 38/37/36/35/34/33/32/31

Ra5: 44/43/42/41

Potreban broj koloseka otpremne grupe

$No=5$

(sastavi se formiraju jednovremeno)

Varijanta 6: Simultana metoda (nakupljanje i sastavljanje preko ranžirnog brega)

Potreban broj koloseka ranžirne grupe za nakupljanje kola po grupama za sve pravce otpreme $Nr=3$:

Ra1: 11+21+31+41+51+13+23+33+43+53+15+35+55+37+57+38 (oznaka "+" znači izmešana kola po grupama i pravcima)

Ra2: 12+22+32+42+52+36+56

Ra3: 14+24+34+44+54

izvlačenje sastava sa Ra1 na ranžirni breg:

(Ra1: prazan)

Ra1: 11

Ra2: 13+23+33+43+53+37+57 +38/12+22+32+42+52+36+56

Ra3: 15+35+55/ 14+24+34+44+54

Ra4: 21

Ra5: 31

Ra6: 41

Ra7: 51

izvlačenje sastava sa Ra2 na ranžirni breg:

Ra1: 12/11

(Ra2: prazan)

Ra2: 13+23+33+43+53+37+57+38

Ra3: 36+56/15+35+55/ 14+24+34+44+54

Ra4: 22/ 21

Ra5: 32/31

Ra6: 42/41

Ra7: 52/51

izvlačenje sastava sa Ra2 na ranžirni breg:

Povezivanje rada gravitacione ranžirne stanice i bliske robne stanice

Ra1: 13/12/11
(Ra2: prazan)
Ra2: 38
Ra3: 37+57 /36+56/15+35+55/ 14+24+34+44+54
Ra4: 23/22/ 21
Ra5: 33/32/31
Ra6: 43/42/41
Ra7: 53/52/51

izvlačenje sastava sa Ra3 na ranžirni breg:

Ra1: 15/14 /13/12/11
Ra2: 38
Ra3: prazan
Ra4: 24/23/22/ 21
Ra5: 37/36/35/34/33/32/31
Ra6: 44/43/42/41
Ra7: 57/56/55/54/53/52/51

izvlačenje sastava sa Ra2 na ranžirni breg:

Ra1: 15/14 /13/12/11
Ra2: prazan
Ra3: prazan
Ra4: 24/23/22/ 21
Ra5: 37/37/36/35/34/33/32/31
Ra6: 44/43/42/41
Ra7: 57/56/55/54/53/52/51

Potreban broj koloseka otpremne grupe

No=5

(sastavi se formiraju jednovremeno)

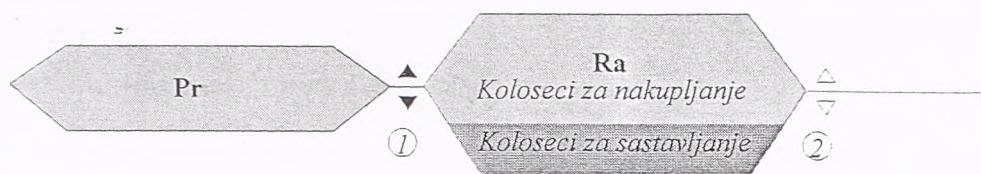
Uslovno rečeno, kao nedostatak primene simultane metode, mogao bi se označiti zahtev za većim brojem otpremnih koloseka. Međutim, u slučaju kada se simultana metoda koristi za opsluživanje robnih postrojenja u sastavu, ili neposrednoj blizini gravitacione ranžirne stanice, onda je ovo izrazita prednost, jer to omogućava gotovo istovremenu dostavu “j” višegrupnih sastava na utovarno/istovarna mesta robne stanice . U opštem slučaju moguće je gotovo jednovremeno opslužiti sledeći broj utovarno/istovarnih mesta:

$$\sum_{i=1}^j i \cdot n_{g,i}$$

j – ukupan broj manipulativnih rejonu u manipulativnoj grupi

$n_{g,i}$ – broj manipulativnih mesta u i-tom manipulativnom rejonu manipulativne grupe. pri čemu se pod manipulativnim rejonom u ovom slučaju podrazumeva snop koloseka specifične namene (utovar i ustovar rasutog tereta. istovar uglja, manipulacija teških tereta itd.)

Na slici 6.5 prikazana su osnovna kolosečna postrojenja neophodna za realizaciju simultane metode.



Slika 6.5 Tri mogućnosti sastavljanja višegrupnih sastava pomoću simultane metode: uz korišćenje ranžirnog brega (1), ili pomoću izvlačnjaka za završno formiranje (sa ili bez pomoćne ranžirne rampe)

Jednovremeno formiranje “j” višegrupnih vozova moglo bi da stvori probleme zbog uklapanja u red vožnje na izlaznim prugama. Ovo, međutim, prestaje da stvara probleme u slučaju kada su robna postrojenja ka kojima se upućuju višegrupni sastavi u sklopu gravitacione ranžirne stanice, ili u njenoj neposrednoj blizini.

Presudni činilac za donošenje odluke o načinu sastavljanja višegrupnih vozova su potrebe privrede. Ako su zahtevi privrede takvi da se višegrupni vozovi mogu otpremati iz stanice ravnomerno u toku 24 sata, onda primena simultane metode gubi smisao, jer njene prednosti ne mogu da dođu do izražaja. Pri tome ne treba zaboraviti da su daleko veće posledice greške u procesu sastavljanja vozova simultanom metodom, jer u tom slučaju ne može da se formira ni jedan kompletan višegrupni voz dok se poremećaj u radu ne otkloni.

Kao nedostatak simultane metode može se smatrati i potreba za većim brojem personala koji radi na operacijama tehničkog i komercijalnog pregleda.

Dakle, ostaje da se u svakom konkretnom slučaju na osnovu formirane liste ciljeva i kriterijuma donese odluka o načinu formiranja višegrupnih sastava.

6.1.1 Osnovni uslovi koordinacije rada gravitacione ranžirne stanice i lokalnog robnog rada

Koordinacija rada gravitacione ranžirne stanice i lokalnog robnog rada zahteva minimalno moguće stajanje kola za lokalni robni rad u ranžirnoj stanici. U protivnom, došlo bi do generisanja novih troškova za posmatranu ranžirnu stanicu (stabilna i mobilna postrojenja i personal stanice sa dodatnim troškovima eksploatacije i održavanja) i do nemogućnosti ranžirne stanice da kvalitetno (tačno i na vreme) dostavi robu na odredište. Da bi ovo bilo moguće potrebno je usaglasiti tehnologiju rada u ranžirnoj stanici sa ritmom realizacije robnih operacija na manipulativnim kolosecima, odnosno usaglasiti njihov uzajamni rad sa grafikonom saobraćaja na spojnoj pruzi (ukoliko se radi o bliskoj robnoj stanici), zatim sa radom priključnih industrijskih koloseka, radnim vremenom industrijskih preduzeća, pristaništa, pretovarnih baza i sa drugim vidovima transporta koji učestvuju u procesu otpreme/dostave robe do krajnjeg odredišta.

Povezivanje rada gravitacione ranžirne stanice i bliske robne stanice

Da ne bi došlo do zastoja u radu gravitacione, donosno bliske robne stanice ili robne stanice u sastavu gravitacione ranžirne stanice, potrebno je da se ostvare sledeći preduslovi:

$$T_{robno} \geq I_{robno}$$
$$T_{robno} \leq \frac{1440}{b}$$

T_{robno} - ukupno vreme potrebno za obavljanje svih robnih operacija (istovar, premeštanje, utovar, ponovno merenje itd) na odnosnom manipulativnom koloseku u [min],

I_{robno} - prosečan interval između dve uzastopne dostave kola sa ranžirnog koloseka na kolosek manipulativne grupe u [min],

b – broj dostava kola na odnosni (kritični) kolosek manipulativne grupe u toku dana (1440 minuta).

Da se kola nakupljena na ranžirnim kolosecima, namenjena lokalnom robnom radu, ne bi dugo zadržavala u ranžirnoj grupi, povećavajući na taj način potreban broj ranžirnih koloseka i troškove za opremanje ranžirnog brega, kao i eksploatacione troškove i troškove održavanja, potrebno je da potrebno vreme nakupljanja sastava optimalne dužine za lokalni robni rad bude veće ili jednako prosečnom intervalu između dve uzastopne dostave kola sa ranžirnog koloseka na kolosek manipulativne grupe:

$$I_{robno} \leq t_{nakupljanje}^{robno}$$

Ukoliko ovo iz nekih razloga nije moguće ostvariti, treba ispitati varijantu koja će smanjiti I_{robno} (povećanjem broja ili učinka mehanizovane opreme za robne operacije), ili varijantu sa pomoćnim kolosecima za sačekivanje robnih operacija, kako bi se omogućilo pražnjenje skupih ranžirnih koloseka. Koja će se varijanta upotrebiti zavisi od odnosa troškova i dobiti po varijantama.

U slučajevima kada se roba pretovaruje direktno iz železničkih kola u drumsku teretna vozila i obrnuto, potrebno je osigurati robni rad na pretovaru bez zastoja, na osnovu uslova:

$$I_{drumskavozila} \leq T_{pretovar}^{drum-zeleznica}$$

$I_{drumska vozila}$ – Interval između dva uzastopna pojavljivanja drumskih teretnih vozila na pretovarnom mestu

$T_{pretovar}^{drum-zeleznica}$ – Vreme potrebno za pretovar sa drumskog vozila u železnička kola i obrnuto.

Pored navedenog, opremu za mehanizovan utovar/istovar treba birati tako da se zadovolji uslov:

$$n \cdot P_{mehanizacije} \geq \frac{k \cdot P_{kola}}{T_{robno}}$$

Povezivanje rada gravitacione ranžirne stanice i bliske robne stanice

n- broj mehanizovanih sredstava/opreme za obavljanje robnih operacija.

$P_{\text{mehanizacije}}$ – časovni učinak sredstava/opreme za mehanizovano obavljanje robnih operacija u [t/h]

k – broj tovarenih kola

P_{kola} – stvarno opterećenje kola u [t]

Prosečni interval prispeća sastava ili grupa kola za utovar treba da bude jednak ili veći od perioda nakupljanja potrebne količine robe u skladištu (tako da količina robe odgovara broju kola u sastavu/grupi):

$$I_{\text{srednje}}^{\text{uto var}} \geq T_{\text{robe}}^{\text{nakupljanja}}$$

U slučaju kada se roba ne skladišti, već se neprekidno doprema direktno iz procesa proizvodnje, onda se mora osigurati da vreme utovara u određenu grupu kola ne bude duže od perioda nakupljanja određene količine robe koja odgovara broju kola u toj grupi:

$$T_{\text{srednje}}^{\text{uto var}} \leq T_{\text{produkcije}}^{\text{nakupljanja}}$$

Srednji interval između trenutaka prispeća i otpreme grupe kola u/iz robnih postrojenja ne sme da bude manji od ukupnog vremena za obradu odnosne grupe kola u toj stanici.

7. Matematičko modeliranje ranžirno-otpremnog dela gravitacione ranžirne stanice

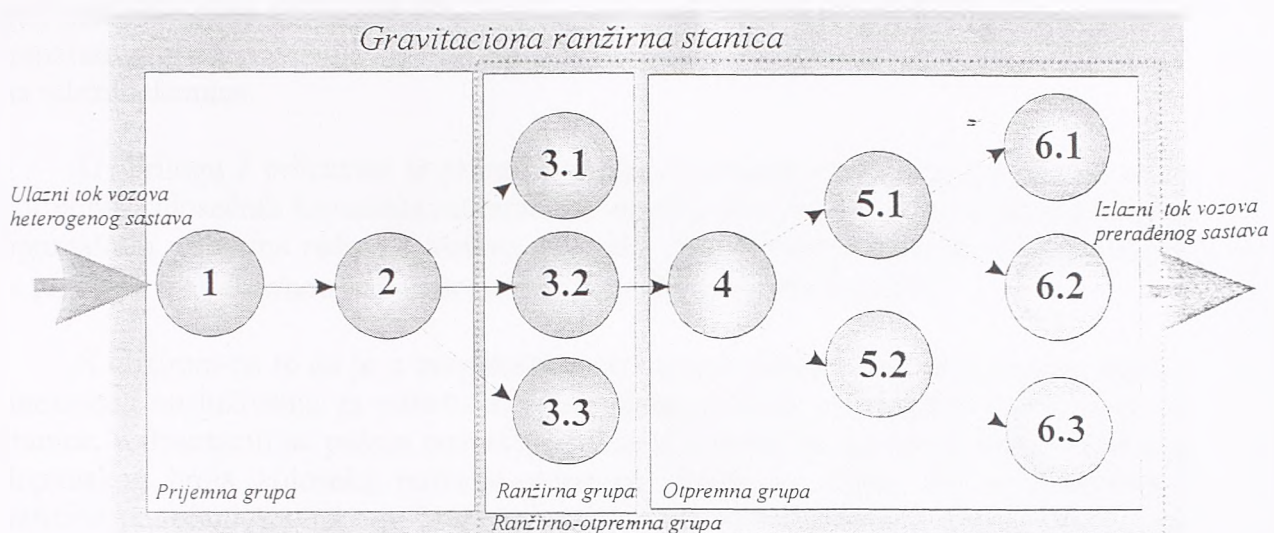
Ako ranžirno-otpremní deo gravitacione ranžirne stanice sagledamo kao sistem u kome se zahtevi za opsluživanjem novoformiranih sastava u procesu završnog formiranja i otpreme javljaju u slučajnim intervalima vremena, sa slučajnim vremenom trajanja operacija opsluživanja, onda postoje osnovne pretpostavke za primenu Teorije masovnog opsluživanja za optimizaciju kapaciteta ovog sistema, kao osnove za analitičko modeliranje procesa u ranžirno-otpremnom delu gravitacione ranžirne stanice.

Analitičkim modelom se ne mogu obuhvatiti složeni dinamički procesi, koji se odvijaju na odgovarajućim izlaznim grlima ranžirno-otpremnog dela gravitacione ranžirne stanice. Zato se za ocenu funkcionisanja, bezbednosti i prostornih posledica varijantnih rešenja izlaznih grla ranžirno-otpremnog dela, već u fazi generalnog projekta, koristi simulaciono modeliranje.

7.1 Analitičko modeliranje ranžirno-otpremnog dela gravitacione ranžirne stanice primenom teorije masovnog opsluživanja

Rad svake gravitacione ranžirne stanice može, kao što je poznato, da se opiše odgovarajućom mrežom sistema masovnog opsluživanja, gde je izlazni tok iz sistema koji tehnološki prethodi ujedno ulazni tok u sistem masovnog opsluživanja koji tehnološki sledi. Ovo daje tesnu međuzavisnost pojedinih podsistema masovnog opsluživanja unutar gravitacione ranžirne stanice kao višefaznog sistema masovnog opsluživanja. Mreže prikazane na slici 7.1 nisu univerzalno primenljive, već direktno zavise od broja i rasporeda kolosečnih grupa i kvaliteta kolosečnih veza. Dakle, osnovni preduslov za uspešnu primenu teorije masovnog opsluživanja je pravilan odabir mreže višefaznog sistema masovnog opsluživanja, koja po broju, vrsti i karakteru podsistema u najboljoj meri odgovara postavljenom problemu.

Pri opisivanju rada gravitacione ranžirne stanice pomoću teorije masovnog opsluživanja nije moguće ranžirnu, odnosno ranžirno-otpremnú grupu sa svojim ulaznim i izlaznim tokom predstaviti kao zaseban sistem masovnog opsluživanja. **Ovaj problem nastaje na osnovu činjenice da se na ulazu u Ra, odnosno u Ra-O grupu ulazna i izlazna jedinica “voz” iz ostalih sistema masovnog opsluživanja razgrađuje i transformiše u sasvim novu ulaznu jedinicu “kola”.**



Slika 7.1 Mreža višefaznog sistema masovnog opsluživanja za gravitacionu ranžirnu stanicu: sa samostalnom otpremnom grupom, odnosno sa objedinjenom ranžirno-otpremnom grupom

Načelno bi se rad gravitacione ranžirne stanice, koja sadrži sve tri glavne kolosečne grupe ($Pr \rightarrow Ra \rightarrow O$), mogao opisati mrežom sledećih sistema masovnog opsluživanja (prema oznakama na slici 7.1):

Prijemna grupa:

- Sistem 1: Ulazne deonice – prijemna grupa,
- Sistem 2: Prijemna grupa – ranžirni breg.

Ranžirna grupa:

- Sistem 3: Ranžirna grupa - izvlačnjaci za završno formiranje

Otpremna grupa:

- Sistem 4: Izvlačnjaci formiranja – otpremna grupa.
- Sistem 5: Opsluživanje voznim lokomotivama,
- Sistem 6: Otpremna grupa – izlazne deonice.

U slučaju gravitacione ranžirne stanice sa objedinjenom ranžirno-otpremnom grupom (kao što pokazuje slika 7.1), ranžirno-otpremnna grupa se modeluje sledećom mrežom sistema masovnog opsluživanja, prema oznakama sa slike 7.1 :

- Sistem 3: Ranžirno-otpremnna grupa - izvlačnjaci za završno formiranje
- Sistem 4: Završne operacije u ranžirno otpremnom parku,
- Sistem 5: Opsluživanje voznim lokomotivama sastava na RaO,
- Sistem 6: Ranžirno-otpremnna grupa – izlazne deonice,

pod uslovom da se iz razmatranja izostavi sadejstvo između ranžirno-otpremnog grupe i tranzitne grupe u završnim operacijama, opsluživanju voznim lokomotivama i otpremi na izlazne deonice.

U Prilogu 2 prikazana je primena teorije masovnog opsluživanja za određivanje potrebnih kolosečnih kapaciteta ranžirno-otpremnog dela gravitacione ranžirne stanice u optimalnim uslovima rada, na osnovu postupka minimiziranja funkcije cilja. Postupak je prikazan interaktivnom tabelom uz korišćenje Microsoft® Excel 97.

S obzirom na to da je u magistarskoj tezi autora detaljno opisana primena teorije masovnog opsluživanja za određivanje kapaciteta glavnih grupa gravitacione ranžirne stanice, u disertaciji se pažnja posvećuje primeni ove teorije za određivanje potrebnog dopunskog broja koloseka ranžirno-otpremnog grupe, sa ciljem da se matematički definiše povećanje potrebnog broja koloseka u ranžirno-otpremnoj grupi u odnosu na ranžirnu grupu za realizaciju istog obima rada na bregu i na završnom formiranju.

Razlika u potrebnom broju ranžirno-otpremnih i ranžirnih koloseka u uslovima jednakog obima i vrste ranžirnog zadatka je mera povećanja troškova koje treba izdvojiti za opremanje ranžirnog brega ranžirno-tehničkom opremom i opremom za upravljanje automatskim procesom rastavljanja i sabijanja (videti tabelu 3.1 i poglavlje 3.5.1).

U poglavlju 5 su već analizirane geometrijske posledice u situacionom i nivelacionom planu usled povećanja broja koloseka u ranžirno-otpremnoj grupi u odnosu na ranžirnu grupu (za isti obim i vrstu ranžirnog zadatka), kao mera pogoršanja voznodinamičkih uslova, povećanja troškova građenja i održavanja geometrije ranžirne rampe.

7.1.1 Dimenzionisanje i optimizacija ranžirne grupe primenom teorije masovnog opsluživanja

Pre nego što se primeni teorija masovnog opsluživanja, kao metoda za dimenzionisanje kolosečnih kapaciteta ranžirne grupe, potrebno je odrediti broj koloseka sa stanovišta obavljanja tehnološkog zadatka stanice.

Pri projektovanju novih gravitacionih ranžirnih stanica treba težiti rešenjima, koja podrazumevaju postojanje posebnog ranžirnog koloseka za nakupljanje svake grupe kola, tj. rešenjima koja ne zahtevaju naknadno ranžiranje. Za svako upućivanje gde se nakupljaju i formiraju jednogrupni vozovi, kao i sabirni vozovi neophodno je obezbediti po jedan ranžirni kolosek. Takođe se po jedan ranžirni kolosek izdvaja za svaku grupu kod upućivanja gde se formiraju višegrupni vozovi. Poželjno je, takođe, obezbediti koloseke za nakupljanje loko kola, praznih kola, kola za opravku itd.

Ipak, kao minimalna mera dnevnog nakupljanja za izdvajanje posebnog ranžirnog koloseka uzima se 60 do 80 kola/dan /lit. [33]/, odnosno 80-100 kola/dan (prema podacima ORE iz 1978.god). Za manji dnevni priliv kola nije isplativo građenje posebnog ranžirnog koloseka. Nakupljanje kola za pravac otpreme sa dnevnim prilivom manjim od 60 (80) kola/dan vrši se tada na nekom drugom slobodnom ranžirnom

koloseku zajedno sa nakupljanjima za druge pravce otpreme. Ovo podrazumeva naknadno ranžiranje u procesu završnog formiranja sastava.

Takođe, može se desiti da je za neki pravac otpreme sa velikim dnevnim prilivom kola potrebno predvideti (izgraditi) dva ranžirna koloseka. U literaturi [lit. [33]] se navodi donja granica za rezervisanjem dva ranžirna koloseka za isti pravac otpreme 6 novoformiranih sastava koji se otpremaju iz gravitacione ranžirne stanice, odnosno 4 novoformirana sastava na dan u slučaju ranžirno-otpremne grupe.

Moguća su, dakle, i takva rešenja gravitacione ranžirne stanice kod kojih je broj koloseka u ranžirnoj grupi veći od ukupnog broja voznihi upućivanja, ali istovremeno manji od ukupnog broja posebnih grupa, koje se izdvajaju preko ranžirnog brega. U takvim rešenjima se mora tražiti optimalna varijanta za formiranje višegrupnih sastava (videti poglavlje 4), dok se za svaki jednogrupni i sabirni voz mora ipak predvideti poseban ranžirni kolosek. U tom slučaju optimalno rešenje tehnološkog zadatka traži se među varijantama raspodele rada na završnom formiranju preko izvlačnjaka za završno formiranje (ili u nekim rešenjima preko pomoćne ranžirne rampe u prostoru između ranžirne i otpremne grupe), kao i u formiranju posebnih manevarskih rejona u okviru ranžirne grupe.

U svakom slučaju, nakon određivanja potrebnog broja koloseka ranžirne grupe sa stanovišta obavljanja tehnološkog zadatka, potrebno je za nivo generalnog projekta u skladu sa teorijom masovnog opsluživanja odrediti dopunski broj ranžirnih koloseka, koji treba da obezbedi neprekidno rasformiranje sastava u uslovima kada se u ranžirnoj grupi istovremeno nalazi nekoliko sastava koji čekaju na početak operacija završnog formiranja, kao i nesmetano izvođenje završnog formiranja i prebacivanje sastava iz ranžirne u otpremnu grupu.

Dopunski kolosečni kapacitet ranžirne grupe se može obezbediti produžavanjem korisnih dužina ranžirnih koloseka ili dopunskim brojem koloseka koji se koriste za nakupljanje kola onih upućivanja kod kojih je osnovni kolosek zauzet nakupljenim sastavom, koji čeka formiranje, kao i samim formiranjem.

Sa stanovišta teorije masovnog opsluživanja Ra grupa se analizira na nivou podsistema "ranžirna grupa – izvlačnjaci za završno formiranje". Broj kanala opsluživanja u ovom podsystemu odgovara broju nezavisnih manevarskih rejona, odnosno broju manevarskih lokomotiva koje rade na izvlačnjacima za završno formiranje i na krajevima ranžirnih koloseka.

$$K_{dopunsko}^{Ra} = N_f \frac{(T_{zj}^{sr} + \gamma \cdot t_{prv})}{1440} + M_{ml}^{iz} \left[M(n_c^{zj}) + f \cdot \sqrt{D(n_c^{zj})} \right]$$

$K_{dopunsko}^{Ra}$ - dopunski broj koloseka u ranžirnoj grupi koji određuje dužinu reda, tj. broj sastava koji čekaju na početak završnog formiranja, kao i prosečan broj sastava koji se nalazi u postupku završnog formiranja uz uzimanje u obzir dela ranžirnih koloseka koji su zauzeti sastavom i toku prevlačenja voza iz ranžirne u otpremnu grupu.

T_{zf}^{sr} – srednje vreme zadržavanja sastava u procesu završnog formiranja. Završno formiranje sabirnih vozova se obično obavlja na izvlačnjaku za završno formiranje, dok se završno formiranje sastava sa manjim brojem grupa (dve do tri grupe) realizuje na krajevima ranžirnih koloseka uz zauzimanje koloseka otpremne grupe (videti poglavlje 5.3.2). Vreme trajanja završnog formiranja T_{zf} je različito kod pojedinih sastava i može da iznosi od nekoliko minuta (3-5-10 min) kod direktnih vozova, pa do 60 i više minuta (čak do 120 min po podacima iz stanice Beograd ranžirna iz analize podataka iz januara 1986. god., kao meseca maksimalnog rada).

$$T_{zf}^{sr} = \frac{\sum_i T_{zf_i}^{sr} \cdot N_{f_i}}{\sum_i N_{f_i}}$$

T_{zf}^{sr} - ukupno srednje vreme zadržavanja sastava u procesu formiranja.

T_{zfi}^{sr} - odgovarajuća prosečna vremena za završno formiranje jednogrupnih, višegrupnih i sabirnih vozova na posmatranom izvlačnjaku za završno formiranje,

N_{fi} - broj jednogrupnih, višegrupnih i sabirnih vozova koji se formiraju na posmatranom izvlačnjaku za završno formiranje,

t_{prv} - vreme potrebno za prevlačenje novoformiranog sastava iz ranžirne u otpremnu grupu.

γ - koeficijent kojim se definiše deo vremena zauzetosti ranžirnog koloseka pri prevlačenju sastava iz ranžirne u otpremnu grupu,

f – koeficijent koji pokazuje koliko se srednjih kvadratnih odstupanja uzima u proračunu. Iz teorije verovatnoće je poznato da izbor $f=3$ daje pouzdanost rada u posmatranom podsistemu koja teži jedinici, odnosno obezbeđuje neprekidan rad. Ipak, istraživanja eksploatacione pouzdanosti su pokazala da se za $f=1+1.5$ obezbeđuje visoka pouzdanost rada 92÷97% . Veća pouzdanost rada nije ekonomski prihvatljiva, pa se u praktičnim proračunima uzima $f=1.5$,

M_{ml}^{iz} - broj manevarskih lokomotiva koje rade na završnom formiranju,

$M(n_c^{zf})$ - srednji broj sastava u ranžirnoj grupi, koji čekaju na završno formiranje:

$$M(n_c^{zf}) = \lambda \cdot t_c^{zf} = \frac{\left(\frac{N_f}{24}\right)^2 \frac{1}{M_{ml}^{iz}} \left(t_{zf} - \frac{T_{zf}^b}{N_f}\right) (v_n^2 + v_{zf}^2)}{2 \left[1 - \frac{N_f \left(t_{zf} - \frac{T_{zf}^b}{N_f}\right)}{24 \cdot M_{ml}^{iz}} \right]} \left(t_{zf} - \frac{T_{zf}^b}{N_f}\right)$$

Funkcija cilja iz koje se određuje optimalan broj manevarskih lokomotiva u uslovima definisanih stabilnih kapaciteta gravitacione ranžirne stanice treba da obuhvati sledeće troškove:

➤ Troškove kola u procesu čekanja na završno formiranje:

$$E_c^{zf} = 365 \cdot N_f \cdot m \cdot c_{kc} \cdot t_c^{zf}$$

m – prosečan broj kola u sastavu

c_{kc} – cena kolskog časa

➤ Troškove kola u procesu završnog formiranja sastava:

$$E_{zf} = 365 \cdot N_f \cdot t_{zf} \cdot (m \cdot c_{kc} + g \cdot C_g)$$

g – utrošak goriva [l]

C_g – cena za 1l goriva

➤ Godišnji troškovi manevarskih lokomotiva sračunati kao zbir godišnjih troškova amortizacije, osiguranja, tekućeg i investicionog održavanja:

$$E_{ml} = M_{ml}^{iz} (E_{ml}^a + E_{ml}^o + E_{ml}^{io} + E_{ml}^{io})$$

➤ Godišnji troškovi manevarskog osoblja (mašinovođa i manevarski odred):

$$E_{mo} = 12 \cdot 4.5 \cdot M_{ml}^{iz} (E_{ml}^m + E_{ml}^{mo})$$

Optimalni broj manevarskih lokomotiva, koji radi na završnom formiranju se određuje iz minimalne vrednosti funkcije (jednokriterijumska optimizacija sa stanovišta troškova, uključujući zadržavanje u sistemu izraženo kroz troškove) :

$$E_{ukupno} = E_c^{zf} + E_{zf} + E_{ml} + E_{mo}$$

, koje su sračunate za različiti broj manevarskih lokomotiva na završnom formiranju sastava (videti Prilog 2).

Vreme čekanja na završno formiranje na izvlačnjaku “i” se može odrediti na osnovu formula Sotnjikova uz pretpostavku stacionarnog rada u sistemu ($\psi_{mli} < 1$) :

$$t_{ci}^{zf} = \frac{\psi_{mli} (v_n^2 + v_{zf}^2)}{2 \cdot (1 - \psi_{mli})} \cdot t_{zfi}$$

ψ_{mli} - stepen iskorišćenja svake manevarske lokomotive na završnom formiranju:

$$\psi_{mli} = \lambda_i \cdot t_{zi} = \frac{N_f \cdot t_{zf}}{1440 \cdot M_{ml}}$$

v_n, v_{zf} – koeficijent varijacije između momenata završetka nakupljanja sastava, odnosno koeficijent varijacije trajanja završnog formiranja

Vreme trajanja završnog formiranja se uzimajući u obzir tehnološko vreme prekida u radu T_{pr} , može odrediti na sledeći način:

$$t_{zj} = T_{zj} \cdot \left(1 + \frac{T_{pr}}{1440 - T_{pr}} \right)$$

7.1.2 Dimenzionisanje i optimizacija ranžirno-otpremne grupe primenom teorije masovnog opsluživanja

Optimiziranjem uslova rada u sistemu 3: ranžirno-otpremna grupa – izvlačnjaci za završno formiranje, s obzirom na potreban broj manevarskih lokomotiva koje rade na završnom formiranju i manevarskih rejona rada, imajući u vidu zadržavanje kola u sistemu 3, određuje se potreban dopunski broj koloseka u ranžirno-otpremnoj grupi uz uslov da troškovi rada i zadržavanja kola u sistemu 3 budu minimalni:

$$K_{dopunsko.sistem3}^{Ra/O} = \frac{N_j \cdot T_{zj}^{sr}}{1440} + M_{ml} \left[M(n_c^{zj}) + 1.5 \cdot \sqrt{D(n_c^{zj})} \right] -$$

Funkcija cilja se neznatno razlikuje od funkcije cilja za optimizaciju rada u sistemu 3 u slučaju kada gravitaciona ranžirna stanica sadrži sve tri glavne kolosečne grupe, i to zato što matematičko očekivanje vremena opsluživanja u ovom sistemu $M(t_{op})$ ne uključuje u sebe vreme prevlačenja novoformiranog sastava i vreme potrebno za povratak lokomotive zbog prirode tehnološkog procesa, tako da je:

$$E_3 = 365 \cdot N_j \cdot m \cdot c_{kč} \cdot (t_c^{zj} + T_{zj}) + M_{ml} \cdot (E_{ml}^u + E_{ml}^o + E_{ml}^{io} + E_{ml}^{io}) \\ + 365 \cdot N_j \cdot t_{zj} \cdot g \cdot C_g + 12 \cdot 4.5 \cdot M_{ml} \cdot (E_{ml}^{ni} + E_{ml}^{mo})$$

Promenom broja manevarskih lokomotiva može se doći do optimalnih uslova rada u sistemu 3 ($E_3 = \min$) za $N_f = \text{const}$, ili se variranjem N_f mogu odrediti optimalni uslovi rada u funkciji promene broja sastava na završnom formiranju.

Nakon završetka procesa nakupljanja i završnog formiranja sastava, vrše se tzv. završne operacije za otpremu voza iz stanice (sistem 4), zatim dostava vozne lokomotive (sistem 5) i na kraju proba kočnica i otprema na jednu od izlaznih deonica (sistem 6).

U skladu sa slikom 7.1, sistem 4 uključuje u sebe završne operacije pod kojima se u ovom smislu podrazumeva: utvrđivanje tačnog sastava voza, komercijalni i tehnički pregled. Ulazni tok u sistem 4 čini skup momenata završetka procesa nakupljanja (jednogrupalni sastavi), završnog formiranja (višegrupalni sastavi) i obrade tranzitnih vozova (pojenje, ledarenje) u tranzitnoj grupi koloseka (ukoliko isto osoblje radi na završnom formiranju svih navedenih vrsta sastava, što je ponekad nemoguće usled udaljenog položaja ranžirno-otpremne i tranzitne grupe, na šta je već u disertaciji ukazano). Intenzitet ulaznog toka u sistem završnih operacija čine formirani sastavi u ranžirno-otpremnoj grupi (N_f) i tranzitni vozovi (N_{tr}):

$$\lambda = \frac{N_f + N_{ir}}{1440}$$

Red u sistemu masovnog opsluživanja čine sastavi u ranžirno-otpremnoj i tranzitnoj grupi koji čekaju na završne operacije. Kanal opsluživanja onda čine partije osoblja koje obavljaju popis sastava, komercijalni i tehnički pregled (bez probe kočnica ukoliko se ona izvodi tek nakon pristizanja vozne lokomotive na čelo sastava), u okviru završnih operacija. Skup momenata završetaka pomenutih završnih operacija čini izlazni tok iz sistema.

Sistem 4 je u suštini višekanalni (broj kanala u sistemu odgovara broju partija izvršilaca završnih operacija), ali se i on može uvođenjem aktivnosti na kritičnom putu (paralelno izvođenje aktivnosti u sistemu) analizirati kao jednokanalni. Ako se pretpostavi slično kao i u prijemnoj grupi, da je kritična aktivnost ujedno i limitirajuća, onda je najduže vreme obrade na jednom od navedenih paralelnih kanala opsluživanja ograničavajuće za ceo sistem:

$$t_{po}^{kritično} = \max(t_{po}^{tehnčki\ pregled}, t_{po}^{komercijalni\ pregled})$$

u zavisnosti koja od aktivnosti je limitirajuća.

Srednje vreme trajanja komercijalnog pregleda sa utvrđivanjem sastava voza i oformljenjem voznih dokumenata može da se odredi iz poznatog izraza:

$$t_{po}^{kp} = \frac{\tau_{kp} \cdot m + t_{fd}}{x}$$

Takođe, srednje vreme trajanja tehničkog pregleda može da se takođe odredi iz poznatog izraza:

$$t_{po}^{ip} = \frac{\tau_{ip} \cdot m}{y}$$

τ_{kp} , τ_{ip} – srednje vreme pregleda jednih kola iz sastava u komercijalnom odnosno tehničkom smislu,

t_{fd} – dopunsko vreme potrebno za izdvajanje dokumenata

x, y - broj partija koje rade na komercijalnom, odnosno tehničkom pregledu kola

m - prosečan broj kola u sastavu jednog voza

Minimalni potrebni broj partija x i y se određuje iz uslova stacionarnosti rada ($\psi_{op} < 1$) u sistemu tako da je:

$$x \geq \frac{(N_f + N_{ir}) \cdot (m \cdot \tau_{kp} + t_{fd})}{1440} \left(1 + \frac{T_{pr}^{po}}{1440 - T_{pr}^{po}} \right)$$

$$y \geq \frac{(N_f + N_{ir}) \cdot m \cdot \tau_{ip}}{1440} \left(1 + \frac{T_{pr}^{po}}{1440 - T_{pr}^{po}} \right)$$

Optimizacija se zasniva na principu da se variranjem broja partija (x,y) odredi minimum ciljne funkcije, koja obuhvata troškove rada u sistemu i zadržavanje kola u sistemu, izraženo kroz cenu kolskog časa. Naravno, za svaki uređeni par (x,y) određuje se $t_{po}^{kritično} = \max(t_{po}^{kp}, t_{po}^{tp})$.

Srednje vreme čekanja sastava na obradu, odnosno na pripremu za otpremu iznosi:

$$t_{\xi}^{po} = \frac{\frac{(N_f + N_{tr})}{1440} \cdot t_{po}^{kr} \left(1 - \frac{T_{pr}^{po}}{1440 - T_{pr}^{po}} \right) (v_{uo}^2 + v_{po}^2)}{2 \left[1 - \frac{\gamma \cdot (N_f + N_{tr})}{1440} \cdot t_{po}^{kr} \left(1 + \frac{T_{pr}^{po}}{1440 - T_{pr}^{po}} \right) \right]}$$

v_{uo} – koeficijent varijacije spremnosti sastava za završne operacije u Ra-O grupi

v_{po} – koeficijent varijacije vremena trajanja završnih aktivnosti na kritičnom putu

γ - deo sastava od ukupnog broja koji ima proiritet u pripremi za rasformiranje, jer su za njih obezbeđene vozne lokomotive ($\gamma=1$ za jednaki prioritet svih sastava).

Srednji broj i disperzija sastava koji u ranžirno-otpremnoj grupi čekaju na završnu obradu:

$$M(n_{\xi}^{po}) = \lambda \cdot t_{\xi}^{po} = \frac{N_f + N_{tr}}{1440} \cdot t_{\xi}^{po}$$

$$D(n_{\xi}^{po}) = [M(n_{\xi}^{po})]^2 + M(n_{\xi}^{po})$$

Ulazni tok u sistem 5.1 je skup momenata završetka obrade sastava na kolosecima ranžirno-otpreme grupe, koji se otpremaju na deonice A i B, odnosno za sistem 5.2 skup momenata završetka sastava na kolosecima ranžirno otpremne grupe koji se otpremaju na deonicu D. U Prilogu 2 je načinjena pretpostavka da se za deonice A i B koristi jedna vrsta vozni lokomotiva, a za deonicu otpreme D druga vrsta vozni lokomotiva. Red u sistemu 5.1 i 5.2 formiraju sastavi koji čekaju na dostavu odgovarajuće vrste vozne lokomotive za odnosni prvac otpreme. Kanale opsluživaja u ovom sistemu čine vozne lokomotive i lokomotivsko osoblje. Izlazni tok iz sistema čini skup momenata spremnosti sastava za otpremu.

Intenzitet ulaznog toka čine sastavi formirani u ranžirno-otpremnoj grupi, kao i tranzitni vozovi kod kojih se vrši izmena vozne lokomotive:

$$\lambda_{A+B} = \frac{N_{f,A+B} + N_{tr,A+B}}{1440}$$

$$\lambda_D = \frac{N_{f,D} + N_{tr,D}}{1440}$$

Koeficijent varijacije ulaznog toka (odnosno koeficijent varijacije izlaznog toka iz sistema 4) može u konkretnim uslovima da se odredi statističkim snimanjima ili se

može odrediti njegova približna vrednost na osnovu poznatih obrazaca iz teorije masovnog opsluživanja:

$$v_{zb..A+B} = \sqrt[3]{\frac{\lambda_A v_{zb,A}^2 + \lambda_B v_{zb,B}^2}{\lambda_A v_{zb,A} + \lambda_B v_{zb,B}}}$$

$v_{zb,A}$, $v_{zb,B}$, $v_{zb,D}$ – koeficijenti varijacije intervala između momenata završetka obrade sastava posebno za deonicu otpreme A, B i deonicu otpreme D.

$$v_{zb..A} = v_{uo,A} - \frac{1}{S} (v_{uo,A} - v_{po}) (\psi_{po}^{kr})^{2v_{uo,A}}$$

$$v_{zb..B} = v_{uo,B} - \frac{1}{S} (v_{uo,B} - v_{po}) (\psi_{po}^{kr})^{2v_{uo,B}}$$

$$v_{zb..D} = v_{uo,D} - \frac{1}{S} (v_{uo,D} - v_{po}) (\psi_{po}^{kr})^{2v_{uo,D}}$$

S – broj partija osoblja koje rade na kritičnim aktivnostima.

Srednje vreme čekanja pripremljenih sastava na vozne lokomotive:

$$t_c^l = \frac{\psi_l^2 (v_{zb}^2 + v_l^2)}{2 \cdot \lambda (1 - \psi_l)}$$

Srednji broj pripremljenih sastava u ranžirno-otpremnoj grupi koji čekaju na lokomotive, određuje se iz približnog obrasca za jednokanalni sistem opsluživanja:

$$M(n_c^l) = \frac{\psi_l \cdot (1 + v_l^2) + v_{zb}^2 - 1}{2 \left(\frac{1}{\psi_l} - 1 \right)} + \varepsilon$$

Vrednosti za ε :	0	0.06	0.1
Ako je v_{ul} :	1	0.7	0.6

$$\varepsilon = 0.5\psi \text{ za } v_{ul}=0 \text{ i } v_{op}=0$$

U eksploatacionim proračunima veličina ε se zanemaruje za iskorišćenost sistema $\psi > 0.5$ i $v_{ul} \geq 0.6$

Disperzija ovog broja vozova se može odrediti na osnovu prethodno sračunatog matematičkog očekivanja:

$$D(n_c^l) = [M(n_c^l)]^2 + M(n_c^l)$$

Poslednji u nizu, u tehnološkom i topološkom smislu, u okviru mreže masovnog opsluživanja je sistem 6, odnosno u Prilogu 2 tri paralelna jednokanalna sistema masovnog opsluživanja 6.1, 6.2 i 6.3.

Pošto se lokomotive dostave na odgovarajući sastav i izvrši njihovo zakvačivanje, proba kočnica i postavljanje završnog signala, voz se otprema na odgovarajuću deonicu otpreme (pretpostavka je da se vozovi otpremaju na tri izlazne deonice, koje su direktno povezane odgovarajućim kolosečnim vezama sa svim kolosecima ranžirno-otpremnog grupe, pa su na slici 7.1 prikazani sistemi 6.1, 6.2 i 6.3).

Ulazni tok klijenata u sisteme 6.1 do 6.3 čini skup momenata spremnosti vozova za otpremu (zakvačena lokomotiva i izvršena proba kočnica) sa koloseka ranžirno-otpremnog grupe, tj. on je za svaku deonicu pruge jednak izlaznom toku iz sistema "opsluživanje voznim lokomotivama". Intenzitet ulaznog toka vozova koji se otpremaju na deonice A, B i D iznosi:

$$\lambda_A = \frac{(N_f + N_{ir})_A}{1440}$$

$$\lambda_B = \frac{(N_f + N_{ir})_B}{1440}$$

$$\lambda_D = \frac{(N_f + N_{ir})_D}{1440}$$

Red formiraju vozovi koji čekaju na otpremu, a kanal opsluživanja svaka izlazna deonica.

Kanal opsluživanja čine izlazne deonice pruge (po pretpostavci u primeru koji se razmatra u Prilogu 2 to su :A, B i C). U posebnim slučajevima kanal opsluživanja može da bude i celokupno izlazno grlo iz ranžirno-otpremnog grupe i to u slučajevima kada se vozovi iz stanice otpremaju pojedinačno, bez obzira na broj izlaznih deonica. Primer za ovakav slučaj je stanica Beograd Ranžirna. Naravno, takav način pojedinačne otpreme vozova iz ranžirno-otpremnog grupe nepovoljno utiče na zadržavanje kola u stanici.

Izlazni tok iz sistema čini skup momenata otpreme vozova iz ranžirno-otpremnog grupe.

Sistemi 6.1 do 6.3 su jednokanalni, bez ili sa prioriteto koji se zadaje u zavisnosti od reda vožnje ili propusne moći izlaznih deonica (merodavnog intervala sleđenja vozova).

Koeficijent varijacije intervala između momenata pojavljivanja vozova spremnih za otpremu kod izvedenih stanica se određuje snimanjem i uobičajenom statističkom obradom podataka za svaku deonicu posebno. Ipak, približna vrednost ovog koeficijenta može da se odredi po formulama teorije masovnog opsluživanja:

$$V_{SO,A} = v_{z,b,A} - (v_{z,b,A} - v_l) \cdot \psi_l^{2v_{z,b,A}}$$

$$V_{SO,B} = v_{z,b,B} - (v_{z,b,B} - v_l) \cdot \psi_l^{2v_{z,b,B}}$$

$$V_{SO,C} = v_{z,b,C} - (v_{z,b,C} - v_l) \cdot \psi_l^{2v_{z,b,C}}$$

Kao vreme opsluživanja u jednokanalnim sistemima 6.1 do 6.3 uzima se srednji interval između momenata otpravljanja dva uzastopna voza na odnosnu deonicu otpravljanja:

$$I_{sr} = \frac{1440}{N_t}$$

N_t – teorijska propusna moć odnosne deonice pruge za teretni saobraćaj.

U slučaju kada je kanal opsluživanja izlazno grlo ranžirno-otpreme grupe, onda je N_t teorijska propusna moć izlaznog grla gravitacione ranžirne stanice.

Koeficijent varijacije intervala otpravljanja novoformiranih i tranzitnih vozova, u slučaju izgrađene stanice u eksploataciji, određuje se snimanjem za svaku deonicu posebno. Vrednost ovog koeficijenta izrazito varira u zavisnosti od broja koloseka posmatrane deonice pruge, sistema osiguranja SS uređajima, kao i broja putničkih vozova. Ovo stvara probleme u slučaju primene analičkog modela zasnovanog na teoriji masovnog opsluživanja za novoprojektovane stanice. U takvim slučajevima se koeficijent varijacije intervala otpravljanja novoformiranih i tranzitnih vozova može pretpostaviti na osnovu snimanja u gravitacionim ranžirnim stanicama sa istim brojem izlaznih deonica pruga i sa istim sistemom osiguranja i sa sličnim brojem putničkih vozova na prugama. U svakom slučaju, za novoprojektovane stanice je potrebno simulacionim modeliranjem procesa na odgovarajućim izlaznim grlima, uz uzimanje u obzir geometrije izlaznog grla (tipovi skretnica i merodavna rastojanja na izlaznim grlima, uz poštovanje planiranog istema osiguranja skretnica i intervala sleđenja vozova po pojedinim izlaznim prugama), dokazati propusnu moć grla za planirani obim otpreme u vršnom periodu otpreme iz stanice.

Iskorišćenost svake deonice pruge na koju se vozovi otpremaju iznosi:

$$\psi_{d,A} = \frac{(N_f + N_{tr})_A}{N_{t,A}}; \psi_{d,B} = \frac{(N_f + N_{tr})_B}{N_{t,B}}; \psi_{d,D} = \frac{(N_f + N_{tr})_D}{N_{t,D}}$$

Srednje vreme čekanja sastava na otpravljanje na i-tu deonicu pruge ($i=A, B$ i D)

$$t_{\check{c}_i}^o = \frac{12\psi_{d_i}(v_{so_i}^2 + v_{ot_i}^2)}{T_{t_i}(1 - \psi_{d_i})}$$

Prosečno vreme čekanja voza na otpravljanje na sve deonice:

$$t_{\check{c}}^o = \frac{\sum_i (N_f + N_{tr})_i \cdot t_{\check{c}_i}^o}{\sum_i (N_f + N_{tr})_i}$$

Srednji broj sastava koji čekaju na otpravljanje na i-tu deonicu:

$$M(n_{\xi}^o)_i = \frac{\psi_{d_i} (1 + v_{ot_i}^2) + v_{so_i}^2 - 1}{2 \cdot \left(\frac{1}{\psi_{d_i}} - 1 \right)} + \varepsilon$$

Disperzija broja vozova koji čekaju otpremu na i-tu deonicu se određuje po jednoj od formula:

$$D(n_{\xi}^o)_i = [M(n_{\xi}^o)_i + \Delta]^2 = [M(n_{\xi}^o)_i]^2 + M(n_{\xi}^o)_i$$

Svi napred izloženi obrasci iz oblasti teorije masovnog opsluživanja imaju za cilj da se odredi dopunski broj koloseka ranžirno otpremne grupe:

$$K_{dopunsko, sistemi 4, 5 i 6}^{Ra/O} = \frac{t_{zk}^{Ra/O}}{1440} \sum_i (N_f + N_w)_i + M(n_{\xi}^{po}) + \sum_j M(n_{\xi}^l)_j + \sum_i M(n_{\xi}^o)_i + 1,5 \cdot \sqrt{D(n_{\xi}^{po}) + \sum_j D(n_{\xi}^l)_j + \sum_i D(n_{\xi}^o)_i}$$

$t_{zk}^{Ra/O}$ – zauzetost koloseka ranžirno-otpremnog grupe obavljanjem radnih operacija pripreme sastava na otpremu, formiranjem puta vožnje i vreme potrebno za oslobađanje ranžirno-otpremnog koloseka u toku otpreme voza na neku od izlaznih deonica pruga:

$$t_{zk}^{Ra/O} = i_{po}^{kritični} + i_{probakoćroja} + i_{formiranjeputa} + i_{izlazaRa/Okoloseka}$$

Ukupan broj dopunskih koloseka koji treba dodati potrebnom broju koloseka ranžirno-otpremnog grupe, određenom na osnovu tehnoloških zahteva, iznosi:

$$R_{dopunsko}^{Ra/O} = R_{dopunsko, sistem 3}^{Ra/O} + R_{dopunsko, sistem 4, 5 i 6}^{Ra/O}$$

Ovo samo matematički potvrđuje ono što je u tački 5.2 opisano na osnovu intuitivnog rasuđivanja i poznavanja tehnologije rada u gravitacionoj ranžirnoj stanici. Takođe na osnovu orjentacionih cena ranžirne opreme koje su izložene u poglavlju 3.5.2 (tabela 1) jasno je da broj dopunskih ranžirno-otpremnih koloseka treba da bude što manji da bi ovakvo rešenje bilo prihvatljivo. Troškovi građenja, opremanja i održavanja ovih koloseka i odgovarajuće opreme, kao i troškovi eksploatacije opreme, troškovi zadržavanja kola u sistemu i troškovi personala, pri svim ostalim jednakim uslovima (o kojima će se govoriti u poglavlju 8 u sklopu višekriterijumske optimizacije varijantnih rešenja gravitacione ranžirne stanice) treba da budu manji od zbira navedenih troškova koji se pojavljuju u rešenjima sa zasebnom samostalnom otpremnom grupom.

Međutim, pre nego što se sprovede postupak višekriterijumske optimizacije na nivou predloženih mogućih varijantnih generalnih rešenja gravitacione ranžirne stanice, mora se unutar svakog varijantnog rešenja sprovesti postupak optimizacije rada u sistemu gravitacione ranžirne stanice za predloženu šemu kolosečnih grupa i kolosečnih veza, kao i veza sa prugama teretnog podsistema železničke mreže. Na ovaj način se obezbeđuje ravnopravnost ulaznih podataka za višekriterijumsku optimizaciju mogućih varijantnih rešenja u datim uslovima.

U skladu sa tim, pre nego se odredi potreban dopunski broj koloseka ranžirno-otpremne grupe sa stanovišta sistema masovnog opsluživanja 4, 5 i 6, mora se odrediti funkcija cilja, koja se sastoji u minimiziranju ukupnih gorišnjih troškova rada u ovim sistemima.

Prikazane formule teorije masovnog opsluživanja, koje su primenjene u Prilogu 2, su izvedene pod pretpostavkom "dovoljnih" kapaciteta ulaznih i izlaznih grla. S obzirom na veliku opterećenost izlaznog grla (videti poglavlje 5 disertacije) ranžirno-otpremne grupe, pri planiranju novih gravitacionih ranžirnih stanica, a naročito u uslovima rekonstrukcije, postoji opasnost da se na nivou generalnog projekta ne sagleda potreban program kolosečnih veza izlaznih (ulaznih) grla (videti sliku 5.6), tj. ne obezbedi potrebna dužina za realizaciju neophodnog programa veza. Ozbiljnost ove premedbe je došla do izražaja pri izradi generalnog rešenja gravitacione ranžirne stanice u Subotici, gde je zbog blizine državne granice sa Mađarskom već u fazi generalnog projekta bilo potrebno definisati dužinu izlaznog grla ranžirno-otpremne grupe, odnosno očekivani program veza sa izvlačnjakom za završno formiranje, depoom i pravcima otpreme (kao i dužine ostalih ulaznih grla i korisne dužine koloseka odgovarajućih kolosečnih grupa). Međutim, čak i u slučajevima kada ne postoje prostorna ograničenja za razvoj rešenja gravitacione ranžirne stanice, odnosno kada su u fazi idejnog projekta moguća neznatna pomeranja rešenja na odabranoj lokaciji, stav o potrebnom programu veza je neophodan za definisanje projektnog zadatka za fazu idejnog projekta. Pored toga, postoje i primeri kada stanica raspolaže dovoljnim kolosečnim kapacitetima, a nastaju poremećaji u pražnjenju kolosečnih grupa uz pojavu fenomena "uspora", usled nedovoljnih kapaciteta kolosečnih veza odgovarajućeg izlaznog grla, kao što se dogodilo u gravitacionoj ranžirnoj stanici u Ljubljani (nedovoljan kapacitet grla između Ra i O grupe).

Dakle, teorijom masovnog opsluživanja se može u uslovima optimalne tehnologije rada odrediti potreban broj koloseka odgovarajućih grupa gravitacione ranžirne stanice i potreban broj izvlačnjaka za završno formiranje, ali se ne može odrediti optimalan program kolosečnih veza ulaznih i izlaznih grla.

7.2 Simulaciono modeliranje ranžirno-otpremnog dela gravitacione ranžirne stanice

Za modeliranje složenih procesa na odgovarajućim izlaznim grlima ranžirno-otpremne grupe u disertaciji razvijen je simulacioni model, koji je prikazan u Prilogu 3. Ovakav pristup je izabran zbog toga što simulacioni model, za razliku od analitičkog, omogućava modeliranje složenih dinamičkih procesa, koji se odvijaju na izlaznim grlima, koji zavise od velikog broja slučajnih faktora složene prirode i čiji je međusobni odnos nelinearnog karaktera.

Modelom su obuhvaćeni procesi od trenutka završetka nakupljanja kola na koloseku odnosno ranžirne ili ranžirno-otpremne grupe, pa sve do trenutka oslobađanja poslednje skretnice (uzimajući u obzir odabrani sistem osiguranja skretnica na odnosnom izlaznom grlu, tj. merodavnu dužinu izolovanog odseka) odgovarajućeg kolosečnog puta, koji obezbeđuje izlaz na odgovarajuću izlaznu prugu.

Osnova za modeliranje su varijantna rešenja izlaznog grla ranžirne, otpremne ili ranžirno-otpremne grupe. Za razvoj varijantnih rešenja izlaznih grla u disertaciji je korišćen AutoCad R14. Na ovaj način su omogućeni grafički izlazi u bilo kojoj razmeri, tako da se ova varijantna rešenja, nakon testiranja primenom simulacionog modela, mogu generisati u odgovarajućim razmerama generalnog (1:5000, ukoliko takve podloge postoje, odnosno 1:10000), odnosno idejnog (1:1000) i izvođačkog projekta (1:1000 i 1:500 za plan polaganja skretnica izlaznih grla).

Na osnovnu varijantnog rešenja odgovarajućeg izlaznog grla ranžirno-otpremnog dela gravitacione ranžirne stanice dobijuju se ulazni podaci za sprovođenje simulacionog eksperimenta: tipovi skretnica i merodavna rastojanja između skretnica. Na osnovu toga u postupku simulacije sračunavaju se vremena zauzetosti pojedinih skretnica:

$$t_{zi} = \frac{L_i + l_{\text{voza ili lokomotive}}}{V_i},$$

gde je:

t_{zi} – vreme zauzetosti odnosno i-te skretnice

L_i – dužina i-te skretnice uvećana za odgovarajuću dužinu izolovanog odseka,

$l_{\text{voza ili lokomotive}}$ – dužina voza (slučajni broj kola u sastavu, čija dužina odgovara određenom zakonu raspodele, ili se simulira na osnovu procentualne zastupljenosti u posmatranom skupu kola uz pomoć metode Monte Karlo, + dužina vozne lokomotive), ili dužina manevarske lokomotive (npr. operacija "dolazak manevarske lokomotive" u odgovarajuću grupu Ra/RaO koloseka radi sabijanja ili završnog formiranja višegrupnih sastava), odnosno dužina vozne lokomotive (operacija "dostava vozne lokomotive" na odgovarajući kolosek RaO ili O grupe),

V_i – brzina kojom voz, odnosno manevarska lokomotiva, ili vozna lokomotiva (u zavisnosti od operacije koja se simulira) prelazi preko i-te skretnice.

Na osnovu vremena zauzetosti t_{zi} , za svaku i-tu skretnicu izlaznog grla tabelarno je prikazan momenat ulaska u skretnicu t_{ui} i momenat oslobađanja skretnice t_{oi} . Momenat ulaska u i-tu skretnicu sračunavan je na osnovu momenta ulaska u skretnicu

“i-1” i odgovarajućeg rastojanja između početka izolovanog odseka skretnice “i-1” i skretnice “i”.

U modelu je vođeno računa da se pri određivanju vremena zauzetosti prve skretnice na odgovarajućem kolosečnom putu za simulaciju odgovarajuće operacije uzme u obzir i vreme potrebno za postavljanje kolosečnog puta (prebacivanje skretničkih jezičaka u odgovarajući položaj) i vreme potrebno za uočavanje signala.

Na taj način se u opštem slučaju dobija da je zauzetost n-tog elementa na kolosečnom putu:

$$T_{zn} = t_{pk.us} + \sum_{i=1}^{n-1} t_{zi} + t_{zn}$$

, gde je:

$t_{pk.us}$ – vreme potrebno za postavljanje kolosečnog puta i uočavanje signala,

t_{zi} – vreme zauzetosti i-te skretnice,

t_{zn} – vreme zauzetosti posmatrane (n-te) skretnice.

U slučaju kada se simuliraju dinamički procesi na odgovarajućim izlaznim grlima konkretne gravitacione ranžirne stanice (npr. slučaj rekonstrukcije, ili prognoza efekata uvođenja nove tehnologije rada u stanici, uvođenje informacionog sistema itd.) brzina kojom se voz kreće preko i-te skretnice određuje se na osnovu snimanja stvarnih eksploatacionih brzina, ili na osnovu vučnog pasoša primenjenih lokomotiva.

Kretanje vozova i lokomotiva, kako u realnom sistemu, tako i u simulacionom modelu podleže određenim zakonitostima. Zato se nakon definisanja svih saobraćajnih operacija na izlaznom grlu, na kome se sprovodi simulacioni opit, i njihovog unosa u interaktivnu tabelu prikazanu u Prilogu 3 (sastavljenu u Microsoft Excel®) unosi oznaka “*” u polje u preseku reda, koji odgovara odnosnoj operaciji, i kolona, koja odgovaraju skretnicama na kolosečnom putu na kome se odnosna operacija sprovodi (videti tabelu 7.1 i Prilog 3). Na taj način su definisane sve mogućnosti paralelnog (jednovremenog) odvijanja operacija i konfliktnih operacija, čije se realizacije međusobno isključuju.

Tabela 7.1 Ulazni podaci koji definišu vrste operacija i kolosečni put za realizaciju svake operacije na izlaznom grlu na kome se sprovodi simulacioni opit

Redni broj operacije	Opis operacije	Skretn. br.1	Skretn. br.2	Skretn. br. n
1	Izlaz jednogrupnih sastava na izlaznu deonicu pruge A			*			
2	Dostava vozne lokomotive za jednogrupne sastave, koji se otpremaju na izlazu deonicu pruge A		*		*		
...							
...		*					
k							

Na osnovu ulazni podataka, koji su složeni po principu prikazanom u tabeli 7.1, program automatski za svaku operaciju generiše tabele koje sadrže konfliktno operacije

sa posmatranom operacijom (operacije čija se jednovremena realizacija međusobno isključuje) i beskonflikne operacije sa posmatranom operacijom (operacije koje mogu da se realizuju jednovremeno sa stanovišta zauzeća skretnica na odgovarajućim kolosečnim putevima). Tabele konfliktnih operacija (Prilog 3) imaju formu prikazanu tabelom 7.2.

Tabela 7.2 Forma generisanih tabela, koje definišu mogućnost jednovremene realizacije operacija sa stanovišta zauzetosti skretnica na odgovarajućim kolosečnim putevima

Konfliktne oepacije sa operacijom "j"	Zauzetost skretnice broj "i" operacijom "j" u slučaju konflikta								
	Skretn. br. 1	Skretn. br. 2	...	Skretn. br. "i"	Skretn. br. "n"
Nema konflikta sa operacijom br. 1									
2			2		2		2	2	
3	3	3		3			3	3	3
...									
operacija "k"						k	k		

U simulacionom modelu se vodi računa o tome da između pojedinih operacija postoji tehnološka uslovljenost. Tako npr., operacija br. 1 i br. 2 iz tabele 7.1 su tehnološki uslovljene, odnosno za realizaciju operacije br.1 neohodan je završetak svih tehnoloških aktivnosti, koje se odnose na operaciju 2 :

- postavljanje kolosečnog puta za dostavu vozne lokomotive,
- dostava vozne lokomotive,
- kvačenje vozne lokomotive,
- proba kočnica i sve operacije, koje se sprovode nakon dostave vozne lokomotive,
- postavljanje kolosečnog puta za izlaz jednogrupnog sastava na izlaznu deonicu pruge A i vreme potrebno za uočavanje signala.

Trenutak završetka svih tehnoloških operacija vezanih za operaciju br. 2, uključujući postavljanje kolosečnog puta za realizaciju operacije br. 1 i vreme potrebno za uočavanje signala, označava "trenutak pojave zahteva za realizacijom operacije br. 1". Trenutak stvarne realizacije operacije br. 1 zavisi od toga da li je slobodan kolosečni put za njenu realizaciju. Ukoliko kolosečni put nije slobodan, trenutak realizacije operacije br. 1 se pomera do trenutka oslobađanja kolosečnog puta, uključujući formiranje puta vožnje i uočavanje signala. Razlika između trenutka pojave zahteva za realizacijom neke operacije i trenutka njene stvarne realizacije, označava vreme čekanja na realizaciju odnosno operacije:

$$T_{ci} = t_{si} - t_{pi}$$

. gde je:

t_{si} – trenutak stvarne realizacije i-te operacije u toku simulacionog opita,

t_{pi} – trenutak pojave zahteva za realizacijom i-te operacije u toku simulacionog opita.

Osnovni generator, koji definiše pojavu zahteva za realizacijom svih operacija u prikazanom simulacionom modelu je generator momenata završetka nakupljanja kola na kolosecima Ra/RaO grupe gravitacione ranžirne stanice. Tehnički je moguće generisati

proizvoljnu raspodelu intervala između momenata završetaka nakupljanja kola za svaki Ra, odnosno RaO kolosek. U slučaju modeliranja rada postojeće gravitacione ranžirne stanice, raspodela intervala momenata završetaka nakupljanja kola bi se određivala snimanjem statističkog uzorka i utvrđivanjem teorijske raspodele, koja odgovara snimljenom statističkom uzorku. Generalno se, ipak, može reći da raspodela intervala između momenata završetaka nakupljanja kola najčešće odgovara eksponencijalnoj ili Erlangovoj raspodeli k-tog reda (npr. snimanjem i statističkom obradom podatak u stanici Trubarevo – Makedonija sa RaO grupom utvrđena je Erlangova raspodela drugog reda).

Ukoliko neprekidna slučajna promenljiva $X=I$ ima eksponencijalni zakon raspodele definisan gustinom:

$f(x) = \lambda e^{-\lambda x}, x > 0, \lambda > 0$
, onda je funkcija raspodele intervala I :

$$F(x) = \int_0^x f(x) dx = \lambda \int_0^x e^{-\lambda x} dx = 1 - e^{-\lambda x}$$

Za standardnu slučajnu promenljivu bira se neprekidna slučajna promenljiva γ_i na intervalu $[0,1]$, tako da se može napisati sledeći izraz:

$$1 - e^{-\lambda x} = \gamma_i$$

$$e^{-\lambda x} = 1 - \gamma_i$$

$$x_i = -\frac{1}{\lambda} \ln(1 - \gamma_i)$$

S obzirom na to da je $i(1-\gamma_i)$ takođe slučajan broj na intervalu $[0,1]$, onda se za generisanje intervala između momenata završetaka nakupljanja kola na ranžirnim kolosecima u Prilogu 3 koristio izraz:

$$I_i = -\frac{\ln \gamma_i}{\lambda}$$

, gde je λ intenzitet ulaznog toka:

$$\lambda = \frac{1}{I_{sr}} = \frac{1}{M(I)}$$

Za generisanje standardne promenljive γ_i korišćena je funkcija `RAND()`, kao ugrađena funkcija radnog lista Microsoft Excel®.

Za Erlangovu raspodelu intervala I između momenata završetaka nakupljanja kola na ranžirnim kolosecima, čija je gustina:

$$f(x) = \frac{(\lambda k)^k x^{k-1}}{(k-1)!} e^{-\lambda k x}$$

, gde je λ srednji intenzitet toka Erlanga, generisanje slučajne promenljive I_i ostvareno je na osnovu izraza:

$$I_i = \sum_{l=1}^k \left(-\frac{\ln(\text{RAND}())}{k\lambda} \right)$$

U prilogu 3 korišćena Erlangova raspodela drugog reda, dakle:

$$I_i = -\frac{\ln(\text{RAND}())}{2\lambda} - \frac{\ln(\text{RAND}())}{2\lambda}$$

Određivanje koloseka na kome je izvršeno nakupljanje kola može se tehnički izvesti na različite načine. Jednostavnosti radi, u Prilogu 3 je korišćena funkcija dopunskog modula Analysis ToolPak Microsoft Excel® oblika RANDBETWEEN(bottom,top), koja generiše celobrojnu slučajnu promenljivu iz zadatog intervala. Ovim nije narušena opštost rasuđivanja, jer se u slučaju konkretnog izlaznog grla, kada se raspolaže podacima o procentualnom učešću svakog ranžirnog koloseka u procesu nakupljanja kola tokom perioda za koji se sprovodi simulacija, ili se ovo učešće može realno prognozirati, izbor koloseka na kome je u trenutku t završeno nakupljanje kola može uspešno simulirati postupkom Monte Karlo za zadate ili očekivane verovatnoće pojavljivanja koloseka. Vrednost bottom je najmanji broj, koji se odnosi na numeraciju ranžirnog koloseka odgovarajuće specijalizacije. Vrednost top je najveći broj, koji se odnosi na numeraciju ranžirnog koloseka odgovarajuće specijalizacije. Npr. u Prilogu 3, za grupi koloseka 1: bottom=1, top=5.

Broj grupa u okviru višegrupnih sastava u Prilogu 3 tretiran je kao slučajni broj RANDBETWEEN(4,9), jer se dvogrupni i trogrupni sastavi nakupljaju na posebnim kolosecima Ra/RaO grupe (grupe koloseka označene brojem 2 i 5 u podlozi za simulaciju u Prilogu 3 predstavljaju ranžirne koloseke za nakupljanje dvogrupnih i trogrupnih vozova za pravo otpreme A, odnosno B. pa otuda je vrednost bottom=4; s obzirom na to da je broj slepih koloseka sabirne grupe 10, pretpostavljena je vrednost top=9, čime je ostavljena mogućnost nakupljanja kola za grupu, koja je duža od maksimalne dužine slepih koloseka na dva koloseka sabirne grupe). Ovim opet nije narušena opštost rasuđivanja, jer se u konkretnom slučaju može broj grupa definisati na neki drugi način. Redosled kola u okviru nakupljenih kola višegrupnog sastava je takođe slučajna promenljiva, tako da npr. oznaka redosleda iz Priloga 3:

27	41	13	22	43	14	21	12	41	11	36
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

ima sledeće značenje: sedmoro kola druge grupe, jedna kola četvrte grupe, troja kola prve grupe i tako redom.

Nakon završnog formiranja na sabirnim kolosecima pomoću izvlačnjaka za završno formiranje I1 pomoću manevarske lokomotive višegrupni sastav ima sledeći raspored kola:

lokomotiva	45	36	210	110
------------	----	----	-----	-----

Dakle, petoro kola za međustanicu 4, šestoro kola za međustanicu 3 i po desetoro kola za međustanice 1 i 2. Ovaj višegrupni sastav sadrži ukupno 31 kola za četiri

lokomotiva prilazi s kraja sabirnog voza, a nove heterogne grupe kola u međustanicama dodaju na čelo sastava.

Dužina kola u okviru posebne grupe je takođe slučajna pronemljiva, koja se u svakom konkretnom slučaju, na osnovu procentualnog učešća kola određene dužine, može modelovati postupkom Monte Karlo, ili na neki drugi način.

S obzirom na složenost postupka formiranja višegrupnih sastava na slepim kolosecima sabirne grupe, simulacija završnog formiranja je izdvojena u poseban potprogram "Simulacija završnog formiranja višegrupnih sastava na kolosecima sabirne grupe", kojim se sračunava ukupno vreme potrebno za završno formiranje višegrupnog sastava, računato od trenutka izvlačenja višegrupnog heterogenog sastava iz grupe koloseka za nakupljanje višegrupnih sastava za sve pravce otpreme (grupa koloseka 1 u Prilogu 3) iza početka prve skretnice na izvlačnjaku za završno formiranje višegrupnih sastava II, pa do trenutka izvlačenja novoformiranog višegrupnog sastava na izvlačnjak II.

Izdvajanje formiranja višegrupnih sastava u sabirnoj grupi u poseban potprogram "Simulacija završnog formiranja višegrupnih sastava na kolosecima sabirne grupe", omogućava opšte korišćenje ovog potprograma, kao sastavnog dela glavnog programa za simulaciju procesa na prizvoljnom izlaznom grlu Ra/RaO grupe gravitacione ranžirne stanice. Zato je ovaj potprogram napravljen za 10 slepih koloseka, tako da u slučaju manjeg broja slepih koloseka sabirne grupe, potprogram i dalje funkcioniše, uz unos odgovarajućih geometrijskih podataka, koji definišu rastojanja pri prelazu sa jednog na drugi kolosek (videti tabelu ulaznih geometrijskih podataka za potprogram "Simulacija završnog formiranja višegrupnih sastava na kolosecima sabirne grupe", Prilog 3).

Formiranje višegrupnih sastava u potprogramu "Simulacija završnog formiranja višegrupnih sastava na kolosecima sabirne grupe" je ostvareno vožnjom pomoću manevarske lokomotive (bez odbacivanja grupa). Na taj način se dobijaju maksimalna vremena zadržavanja u sabirnoj grupi, što je na strani sigurnosti. Maksimalna brzina manevrisanja lokomotive, pri naguravanju grupa na sabirne koloseke je $5\text{km/h}=1,39\text{m/s}$ (manje od maksimalne brzine naletanja kola na prethodno izdvojene grupe: $1,39\text{m/s}<1,5\text{m/s}$). Maksimalna brzina izvlačenja na izvlačnjak II u procesu završnog formiranja u Prilogu 3 iznosi 10km/h . Obe ove brzine su ulazni podaci za potprogram, tako da ih je moguće definisati i na drugi način.

Principi za generisanje slučajne promenljive, koja definiše dužinu kola, kao i slučajne promenljive, koja definiše broj kola u sastavu jednogrupnih, dvogrupnih i trogrupnih vozova, odgovaraju principima koji su prethodno formulisani za potprogram "Simulacija završnog formiranja višegrupnih sastava na kolosecima sabirne grupe". I u ovom slučaju stoji na raspolaganju tehnička mogućnost generisanja navedenih slučajnih promenljivih na neki drugi način.

S obzirom na to da su broj i dužina kola definisani kao slučajne promenljive za sve tipove sastava (jednogrupni, dvogrupni, trogrupni i višegrupni sastavi), za sračunavanje vremena trajanja komercijalnog pregleda sa utvrđivanjem sastava voza i oformljenjem voznih dokumenata korišćen je izraz:

$$t_{po,i}^{kp} = \frac{\tau_{kp} \cdot m_i + t_{fd}}{x}$$

, gde je:

τ_{kp} – vreme komercijalnog pregleda jednih kola (ulazni podatak),

m_i – broj kola u i-tom sastavu (slučajna promenljiva),

t_{fd} – dopunsko vreme potrebno za izdvajanje dokumenata (ulazni podatak),

x – broj partija koje rade na komercijalnom pregledu (ulazni podatak).

Vreme trajanja tehničkog pregleda utvrđeno je na sledeći način:

$$t_{po,j}^{tp} = \frac{\tau_{tp} \cdot m_j}{y}$$

τ_{tp} – vreme tehničkog pregleda jednih kola (ulazni podatak),

y – broj partija koje rade na tehničkom pregledu (ulazni podatak).

Pri određivanju trenutka otpreme novoformiranog sastava (sa, ili bez dodatnog završnog formiranja) potrebno je utvrditi vreme potrebno za dolazak i povratak manevarske lokomotive, trajanje operacija završnog formiranja (u slučaju dvogrupnih i trogrupnih sastava trajanje završnog formiranja se određuje na osnovu osnovnog programa za simulaciju, dok se za određivanje vremena završnog formiranja višegrupnih sastava na kolosecima sabirne grupe koristi potprogram “Simulacija završnog formiranja višegrupnih sastava na kolosecima sabirne grupe”), vreme trajanja komercijalnog i tehničkog pregleda novoformiranog sastava (merodavno je $\max(\tau_{kp}, \tau_{tp})$), vreme potrebno za dostavu vozne lokomotive i vreme trajanja probe kočnica nakon dolaska vozne lokomotive (ovo je ulazni podatak). Ovome treba dodati vreme potrebno za postavljanje kolosečnog puta, oučavanje signala i pokretanje voza. Vremena čekanja u svim operacijama, koje tehnološki prethode otpremi novoformiranog sastava se sumiraju i utiču na mogući trenutak otpreme novoformiranog sastava. Stvarni trenutak otpreme novormiranog sastava u simulacionom opitu se određuje na osnovu zauzetosti kolosečnog puta, koji je merodavan za otpremu sa određenog koloseka RaO/O grupe na određenu deonicu izlazne pruge. Ukoliko je odnosni kolosečni put slobodan, onda je mogući trenutak otpreme ujedno i stvarni trenutak otpreme. Ukoliko kolosečni put nije slobodan, stvarni trenutak otpreme se određuje tako što se trenutku oslobađanja kolosečnog puta doda merodavni intervala sleđenja vozova.

Za sve stvarne trenutke otpreme simulacioni model ispituje da li je:

$$t_{so} < T_s,$$

gde je:

t_{so} - stvarni trenutak otpreme novoformiranog sastava sa otpremnih koloseka ranžirno-otpremnog dela gravitacione ranžirne stanice u toku izvođenja simulacionog opita,

T_s – ukupno trajanje simulacionog opita (1440 minuta. ili 8 sati vršnog perioda otpreme iz gravitacione ranžirne stanice, kao što je izabrano u Prilogu 3).

Ukoliko je $t_{so} \geq T_s$, završava se simulacioni opit procesa na odgovarajućem izlaznom grlu ranžirno-otpremnog dela gravitacione ranžirne stanice.

Izlaz iz simulacionog modela je tabela, koja daje tip operacije, trenutak pojave zahteva za odnosnom operacijom i trenutak njene stvarne realizacije, zauzetost svih skretnica na merodavnom kolosečnom putu (za svaku skretnicu tabela daje moment ulaza i moment napuštanja skretnice, odnosno vreme zauzetosti kao razliku momenta napuštanja i momenta ulaska voza (vozne/manevarske lokomotive) u posmatranu skretnicu) i vreme čekanja na izvršenje svake operacije.

Kao izlaz iz modela mogu se dobiti dijagram vremena čekanja na izvršenje operacija tokom simulacionog opita i dijagram procentualne zauzetosti svih skretnica na izlaznom grlu tokom simuliranog perioda rada izlaznog grla.

Dijagram vremena čekanja na izvršenje operacija tokom simulacionog opita na očigledan način daje predstavu o funkcionisanju analiziranog izlaznog grla. Srednje vreme čekanja na izvršenje operacija se može koristiti kao kriterijum za vrednovanje funkcionisanja varijantnog rešenja izlaznog grla.

Dijagram procentualne zauzetosti svih skretnica na izlaznom grlu tokom simuliranog perioda rada izlaznog grla je osnova za ocenu kvaliteta (pouzdanosti rada) ponuđenog programa veza u analiziranom varijantnom rešenju izlaznog grla. U slučaju velike procentualne zauzetosti nekih skretnica izlaznog grla (zauzetost >70% za analizirani period rada gravitacione ranžirne stanice), projektant u sledećem koraku generalnog rešavanja izlaznog grla razrađuje takva rešenja izlaznog grla, koja će uvođenjem paralelnih veza omogućiti rasterećenje skretnica, koje su u prethodnom rešenju pokazivale veliki procenat zauzetosti u toku simuliranog perioda rada. Maksimalna procentualna zauzetost skretnice predstavlja merilo pouzdanosti rešenja posmatranog izlaznog grla.

Tehnički je moguće, jednostavnom intervencijom u Microsoft Excel®, dobiti i druge dijagrame i podatke po želji projektanta, npr. : investicioni, eksploatacioni i troškovi održavanja izlaznog grla.

Prikazani simulacioni model procesa na izlaznom grlu Ra/RaO/O grupe predstavlja pogodan matematički alat, koji projektantu u fazi generalnog projekta omogućava analizu funkcionisanja grla. Variranjem programa veza (tipovi skretnica, merodavna rastojanja između skretnica, tip osiguranja skretnica, mogućnost paralelnog izvođenja parova operacija, variranje broja izlaza iz ranžirne u otpremnu grupu), uz unošenje popravki rešenja grla na osnovu prethodnih simulacija njegovog rada, dobijaju se različita varijantna rešenja izlaznih grla ranžirno-otpremnog dela gravitacione ranžirne stanice.

8. Ciljevi i kriterijumi za vrednovanje varijanata generalnog rešenja gravitacione ranžirne stanice

Projektovanje gravitacione ranžirne stanice na nivou generalnog projekta (videti sliku 2.3) predstavlja iterativno traganje za svim mogućim varijantnim rešenjima, koja u sebe obavezno uključuju različite modifikacije rešenja ranžirno-otpremnog dela gravitacione ranžirne stanice, njihovo višekriterijumsko vrednovanje na osnovu prethodno definisanih ciljeva i usvajanje optimalnog generalnog rešenja, ili pak skupa konkurentnih generalnih rešenja. Izdvojena generalna rešenja gravitacione ranžirne stanice se razrađuju u narednoj fazi projektovanja (idejni projekat), u kojoj se donosi konačna odluka o optimalnom rešenju gravitacione ranžirne stanice.

Obe osnovne modifikacije generalnog rešenja ranžirno-otpremnog dela gravitacione ranžirne stanice treba tretirati ravnopravno na svim lokacijama, gde je na osnovu prostornih ograničenja moguć razvoj oba rešenja. Naravno, na lokacijama gde nije moguće primeniti rešenje sa samostalnom otpremnom grupom, zbog ograničene/nedovoljne dužine raspoloživog staničnog platoa, radi se varijantno generalno rešenje sa objedinjenom ranžirno-otpremnom grupom, ili rešenje sa paralelnim položajem otpremne grupe u odnosu na ranžirnu, ili ranžirno-otpremnu grupu, kao što pokazuje slika 5.1.

Obavezno je da se u razmatranje uključe sve moguće varijante generalnog rešenja, tj. i sve modifikacije ranžirno-otpremnog dela u okviru iste lokacije gravitacione ranžirne stanice. Bio bi pogrešan pristup po kome bi se na nivou svake potencijalne lokacije sprovodila višekriterijumska optimizacija sa ciljem da se izdvoji jedno optimalno rešenje na odnosnoj lokaciji. Takvim pristupom bismo izgubili i one varijante koje bi možda bile konkurentne za razradu na nivou idejnog projekta.

Dakle, sa jednakim nivoom detaljnosti na svakoj potencijalnoj lokaciji gravitacione ranžirne stanice potrebno je razraditi sve varijante rešenja gravitacione ranžirne stanice na nivou generalnog plana, koje u sebe uključuju podvarijante sa različitim mogućim rešenjima ranžirno-otpremnog dela (uvek kada su podvarijante, s obzirom na dužinu i širinu potencijalnog staničnog platoa, moguće).

Iako se projektovanje gravitacione ranžirne stanice, može podvesti pod hijerarhijski iterativni postupak, koji je prikazan na slici 2.3, ovaj postupak je u odnosu na projektovanje većine drugih građevinskih objekata specifičan po tome što se već u fazi generalnog projekta moraju koristiti krupne razmere, karakteristične za naredne faze projektovanja. Tako npr., iako je uobičajena razmera prikazivanja generalnog situacionog rešenja gravitacione ranžirne stanice 1:5000 (1:10000) i uzdužnih profila 1:5000/1000 ili 1:10 000/1000, što je dovoljno krupno da se prikaže povezivanje kolosečnih grupa gravitacione ranžirne stanice sa priključnim prugama teretnog podsistema, da se definiše potrebna površina za razvoj rešenja, uoče veštački objekti i drugi parametri na osnovu kojih se definišu pokazatelji koji definišu koštanje gradjenja varijantnog rešenja, istovremeno se koristi razmera 1:1000 za proveru mogućnosti

povezivanja pruga sa grupama gravitacione ranžirne stanice, odnosno za rešavanje svih ulaznih i izlaznih grla kolosečnih grupa.

Korišćenje krupnih razmera na nivou generalnog projekta omogućava da se već u ovoj fazi odredi da li ponuđeno varijantno rešenje može da odgovori zahtevima koji su proistekli na osnovu studije perspektivnog razvoja saobraćaja:

- ispunjenje zadataka stanice za mrežu,
- ispunjenje zadataka stanice za čvor (videti poglavlje 6 disertacije).

Ukoliko ponuđeno varijantno rešenje ne može da odgovori na oba ova zadatka, treba ga apriori odbaciti iz skupa rešenja koji bi se dalje upoređivao u postupku višekriterijumske optimizacije. To znači da je prethodno potrebno definisati metodologiju na osnovu koje bi se utvrđivali potrebni stanični stabilni i mobilni kapaciteti za realizaciju zadataka stanice za čvor i za mrežu. U tom smislu je u poglavlju 7 ove disertacije prikazana metodologija za određivanje potrebnih kapaciteta ranžirno-otpremnog dela gravitacione ranžirne stanice, na osnovu Teorije masovnog opluživanja (videti Prilog 2: program RAO - određivanje potrebnog broja koloseka u samostalnoj ranžirnoj i samostalnoj otpremnoj grupi i određivanje potrebnog broja koloseka u ranžirno-otpremnog grupi). Za konkurentna varijantna rešenja, koja je moguće izraditi na potencijalnoj lokaciji, treba zatim na osnovu primene metode simulacije ispitati mogućnost funkcionisanja ranžirno-otpremnog dela stanice u različitim režimima rada i formulirati zadatak za idejni projekat. Ovo je potrebno zbog toga da bi se u postupak dimenzionisanja kolosečnih kapaciteta uneo uticaj rešenja odgovarajućih ulaznih, odnosno izlaznih grla, što ne obuhvata Teorija masovnog opsluživanja. Na ovaj način bi se rešio problem, koji je posebno istaknut u poglavlju 2 disertacije, a koji se odnosi na pojavu da pojedine gravitacione ranžirne stanice bez obzira na dovoljan kapacitet ranžirnog brega i dovoljan broj koloseka po grupama stanice, tokom eksploatacije pokazuju poremećaje u radu usled neodgovarajućeg kapaciteta kolosečnih veza na izlaznim grlima, koje usporavaju proces praznjenja i generišu pojavu "uspora". S obzirom na to da je svaka naknadna intervencija u smislu rekonstrukcije postojećih kolosečnih veza skopčana sa ometanjem rada stanice, sa opasnostima za radnike koji rekonstrukciju izvode, a ujedno izrazito ograničenih efekata, jer je uvek skopčana sa ograničenjima geometrije prethodnog neadekvatnog rešenja kolosečnih veza, od izuzetne važnosti je već u fazi generalnog projekta primeniti takvu metodologiju za određivanje potrebnih staničnih kapaciteta, koja će omogućiti rezervisanje potrebnog prostora za razvoj rešenja gravitacione ranžirne stanice, na osnovu uvida u potreban broj koloseka u glavnim kolosečnim grupama, ali i na osnovu uvida u potreban kapacitet kolosečnih veza na ulaznim/izlaznim grlima.

S obzirom na tako definisanu metodologiju razvoja generalnog rešenja gravitacione ranžirne stanice, koja daje realan uvid u potreban prostor, objekte i opremu, moguće je sada definisati "*realan opšti cilj*" kome treba težiti tokom izrade generalnog projekta gravitacione ranžirne stanice:

Funkcionalno, bezbedno, ekonomično rešenje gravitacione ranžirne stanice (i ranžirno-otpremnog dela posmatranog isključivo u njenom sastavu) uklopljeno u planirani prostorni razvoj, sa prihvatljivim uticijima na okolnu životnu sredinu i sa

pozitivnim uticajima na razvoj privrede (neposredno u čvoru i posredno preko unapređenja saobraćaja na mreži).

Na osnovu ovako formulisanog opšteg cilja slede posebni ciljevi (rasčlanjeni u nosiocima ciljeva), kao niži hijerarhijski nivo, kao što pokazuje tabela 8.1.

Tabela 8.1 Opšta matrica ciljeva i kriterijuma

Nosioci ciljeva	Posebni ciljevi, koji slede iz opšteg cilja	Kriterijumi za dostizanje cilja
INVESTITOR	Cilj 1: minimum INVESTICIONIH TROŠKOVA	K11: Troškovi građenja deonica priključnih pruga i stanice; K12: Oprema, zgrade, instalacije i postrojenja; K13: SS i TT postrojenja; K14: Elektrifikacija deonica priključnih pruga i stanice; K15: Razno: oprema, alati, nameštaj, studije, projekti, izvođenje i nadzor građenja.
	Cilj 2: minimum TROŠKOVA ODRŽAVANJA	K21: Troškovi održavanja stabilnih postrojenja u stanici i na priključnim deonicama pruga; K22: Troškovi održavanja mobilnih sredstava u stanici.
	Cilj 3: minimum TROŠKOVA UPRAVLJANJA	K31: Troškovi usled zadržavanja kola u sistemu; K32: Troškovi energije; K33: Troškovi radnog osoblja.
KORISNICI	Cilj 4: maksimum FUNKCIONALAN, BEZBEDAN, POUZDAN SISTEM	K41: Ukupna preradna sposobnost ranžirne stanice; K42: Bezbednost i uslovi rada u stanici; K43: Pouzdanost sistema.
DRUŠTVENA ZAJEDNICA	Cilj 5: maksimalan RAZVOJ PRIVREDE I DRUŠTVENIH ODNOSA	K51: Sposobnost razmatrane varijante da prati rastuće; zahteve za kapacitetima tokom vremena; K52: Saradnja sa bliskim robnim stanicama; K53: Broj novih radnih mesta.
	Cilj 6: minimum POSLEDICA NA PROSTORNI RAZVOJ	K61: Uklapanje u železničku mrežu; K62: Uklapanje u železnički čvor; K63: Očuvanje prostornih celina i posledice razdvajanja; K64: Zauzimanje površina; K65: Očuvanje kulturno-istorijskog i prirodnog nasleđa.
	Cilj 7: minimum POSLEDICA ZA ŽIVOTNU SREDINU	K71: Emisija buke; K72: Vibracije; K73: Zagađivanje vode; K74: Zagađivanje i degradacija tla; K75: Uticaji na floru i faunu; K76: Klima-mikroklima; K77: Uklapanje u pejzaž; K78: Resursi za izgradnju priključnih deonica pruge i stanice.

Za svako alteranativno rešenje sistema gravitacione ranžirne stanice određuju se vrednosti svih kriterijumskih funkcija. Sa predložene liste kriterijuma se u konkretnom slučaju vrši odabir kriterijuma u skladu sa stavom da se iz razmatranja mogu izostaviti oni kriterijumi koji u svim razmatranim varijantnim rešenjima imaju približno iste vrednosti kriterijumskih funkcija.

S obzirom na to da je u magistarskoj tezi autora (lit. [63]), već dat predlog liste kriterijuma za izbor optimalnog rešenja gravitacione ranžirne stanice pomoću višekriterijumskog kompromisnog rangiranja varijantnih rešenja, u disertaciji je učinjen pomak u smislu da se primenom savremenih tehničkih i tehnoloških mogućnosti za povećanje kapaciteta gravitacione ranžirne stanice (videti poglavlja 3 i 4), kao i primenom Teorije masovnog opsluživanja za preliminarno dimenzionisanje kapaciteta ranžirno-otpremnog dela stanice, odnosno metoda simulacije za proveru funkcionisanja stanice sa tako određenim kapacitetima, bliže definišu (neposredno, ili posredno) pokazatelji pojedinih kriterijuma (poglavlje 7, Prilozi 2 i 3).

8.1 Cilj 1: Minimum investicionih troškova

Cilj 1: minimum investicionih troškova određuju kriterijumi K_{11} do K_{15} , koje treba proširiti odgovarajućom listom pokazatelja:

Pokazatelji kriterijuma K_{11} :

- 11.1: Troškovi eksproprijacije zemljišta, otkup i odštete [din.];
- 11.2: Pripremni radovi [din.],
- 11.3: Donji stroj priključnih deonica pruga, stanice, donji stroj pristupnih drumskih saobraćajnica i zemljani radovi za temelje propusta, mostova itd. [din.];
- 11.4: Gornji stroj stanice i priključnih deonica pruga [din.];
- 11.5: Inženjerske konstrukcije (propusti, drenaže, obložni i potporni zidovi) [din.],
- 11.6: Zaštitne konstrukcije (sanacija buke i vibracija, zaštita podzemnih voda i otvorenih tokova) [din.],
- 11.7: Mostovi i nadvožnjaci na mestima denivelisanih ukrštanja pruga, pruga i pristupnih drumskih saobraćajnica [din.],
- 11.8: Rekonstrukcija putne mreže i infrastrukture [din.],
- 11.9: Regulacija vodenih tokova [din.].

Pokazatelji, koji definišu kriterijum K_{11} (K_{11} : troškovi građenja priključnih deonica puge i stanice) mogu se odrediti na osnovu metodologije za razvoj generalnog rešenja gravitacione ranžirne stanice, prikazane u disertaciji, jer ona omogućava određivanje potrebne površine za građenje ranžirno-otpremnog dela, potreban broj koloseka i skretnica i definiše povezivanje glavnih staničnih grupa sa deonicama pruga teretnog podsistema, koje se uvode u stanicu i na koje se vrši otprema novoformiranih sastava. Na osnovu tih podataka mogu se izvesti svi pokazatelji potrebni za definisanje ovog kriterijuma za dostizanje cilja 1:

$$f_{K_{11}} = \sum_{i=1}^9 P_{K_{11,i}} = \sum_{i=1}^9 \omega_i \cdot c_{K_{11,i}} \cdot a_{K_{11,i}}$$

$$\sum_{i=1}^9 \omega_i = 1$$

$a_{K_{11,i}}$ – obim radova i -te pozicije,
 $c_{K_{11,i}}$ – jedinična cena i -te pozicije.

Poseban problem u ovom slučaju predstavlja određivanje težinskih koeficijenata ω_i po pozicijama, jer je na donosiocu odluka da definiše značaj pokazatelja u okviru kriterijuma.

Pokazatelji za definisanje kriterijuma K_{12} za dostizanje cilja 1 mogu takođe, posredno da se izvedu na osnovu metodologije za razvoj rešenja gravitacione ranžirne stanice, jer ona daje uvid u neophodan broj i vrstu ranžirno-tehničke opreme, potreban broj lokomotiva koje rade na bregu i na sastavljanju u optimalnom režimu rada.

Pokazatelji kriterijuma K12:

- 12.1: Troškovi nabavke opreme za kočenje na predviđenom broju kočionih pozicija [din.] (videti poglavlje 3, tabele 3.1 i 3.2);
- 12.2: Nabavka opreme za povlačenje i sabijanje kola (ukoliko se planira) [din.] (videti poglavlje 3, tabele 3.1 i 3.2);
- 12.3: Nabavka lokomotiva koje rade na potiskivanju sastava [din.];
- 12.4: Nabavka lokomotiva koje rade na završnom sastavljanju [din.] (Prilog 2);
- 12.5: Druga potrebna oprema za upravljanje automatskim rastavljanjem na bregu i instalacije;
- 12.6: Upravna zgrada, zgrada za smeštanje osoblja, magacini radionice, pretovarna mehanizacija (poglavlja 5 i 6)

$$f_{K12} = \sum_{i=1}^6 P_{K12,i} = \sum_{i=1}^6 \omega_i \cdot c_{K12,i} \cdot b_{K12,i}$$
$$\sum_{i=1}^6 \omega_i = 1$$

- $b_{K12,i}$ – potreban broj lokomotiva ili opreme,
 $c_{K12,i}$ – jedinična cena i-te za nabavku određenog resursa

Pokazatelji kriterijuma K13:

- 13.1: Nabavka i ugradnja savremenih (elektronskih) signalno-sigurnosnih uređaja [din.];
- 13.2: Nabavka i ugradnja opreme za telekomunikaciju (kablovska postrojenja, sistemi službenih veza, radio veza, sistemi komunikacije sa personalom) [din.],

$$f_{K13} = \sum_{i=1}^2 P_{K13,i} = \sum_{i=1}^2 \omega_i \cdot c_{K13,i} \cdot d_{K13,i}$$
$$\sum_{i=1}^2 \omega_i = 1$$

- $d_{K13,i}$ – potreban broj vrsta opreme,
 $c_{K13,i}$ – cena nabavke i ugradnje određene opreme

Pokazatelji kriterijuma K14:

- 14.1: Stabilna postrojenja za električnu vuču na deonicama priključnih pruga sa električnom vučom, na odgovarajućim prijemnim kolosecima i krajeva otpremnih koloseka sa kojih se vrši otprema na elektrificirane pruge (po mogućstvu svih

- otpremnih koloseka) [din.] (videti poglavlje 5);
 14.2: Pogonska elektroenergetska postrojenja [din.],
 14.3 Osvetljenje kolosečnih grupa i objekata [din.] (videti poglavlje 5),
 14.4 Objekti za održavanje elektroenergetskih postrojenja [din.].

$$f_{K14} = \sum_{i=1}^4 P_{K14,i} = \sum_{i=1}^4 \omega_i \cdot c_{K14,i} \cdot e_{K14,i}$$

$$\sum_{i=1}^4 \omega_i = 1$$

$e_{K14,i}$ – potreban broj vrsta elektroenergetske opreme.
 $c_{K14,i}$ – cena nabavke i ugradnje određene opreme

Pokazatelji kriterijuma K15:

- 15.1: Nabavka i ugradnja posebne opreme, koja nije obuhvaćena prethodnim pokazateljima [din.];
 15.2: Nabavka posebnih mašina i alata [din.],
 15.3: Troškovi izrade prethodnih studija i projekata.
 15.4: Troškovi izvođenja radova i nadzor građenja.

$$f_{K15} = \sum_{i=1}^4 P_{K15,i} = \sum_{i=1}^4 \omega_i \cdot c_{K15,i} \cdot g_{K15,i}$$

$$\sum_{i=1}^4 \omega_i = 1$$

$g_{K15,i}$ – potreban broj vrsta opreme, mašina, alata, ili obim radova
 $c_{K15,i}$ – cena nabavke i ugradnje određene opreme, ili jedinična cena radova

8.2 Cilj 2: Minimum troškova održavanja

Minimiziranje troškova održavanja na osnovu kriterijuma K21 i K22 takođe omogućava prikazana metodologija razvoja generalnog rešenja, koja već u fazi generalnog projekta daje uvid u broj skretnica u stanici i neophodnu ranžirno-tehničku opremu, kao najvećih stavki u tekućem i investicionom održavanju gornjeg stroja, i potrebna mobilna postrojenja u stanici.

Pokazatelji kriterijuma K21:

- 21.1: Tekuće i investiciono održavanje gornjeg stroja u stanici i priključnim prugama [din.] (videti poglavlje 7 i Prilog 3);
 21.2: Tekuće održavanje donjeg stroja [din.],
 21.3: Tekuće i investiciono održavanje objekata u stanici i na priključnim prugama [din.],
 21.4: Tekuće održavanje pristupnih saobraćajnica [din.].

$$f_{K21} = \sum_{i=1}^4 P_{K21,i} = \sum_{i=1}^4 \omega_i \cdot c_{K21,i} \cdot h_{K21,i}$$

$$\sum_{i=1}^4 \omega_i = 1$$

$h_{K21,i}$ – potreban obim i vrsta radova na tekućem i investicionom održavanju
 $c_{K21,i}$ – cena radova na održavanju na i-toj poziciji

Pokazatelji kriterijuma K22:

22.1: Tekuće održavanje mobilnih postrojenja u stanici [din.] (poglavlje 7, Prilog 2);
 22.2: Investiciono održavanje mobilnih postrojenja u stanici [din.]
 (poglavlje 7, Prilog 2).

$$f_{K22} = \sum_{i=1}^2 P'_{K22,i} = \sum_{i=1}^2 \omega_i \cdot c_{K22,i} \cdot h_{K21,i}$$

$$\sum_{i=1}^2 \omega_i = 1$$

$h_{K22,i}$ – potreban obim i vrsta radova na tekućem i investicionom održavanju
 $c_{K22,i}$ – cena radova na održavanju na i-toj poziciji

8.3 Cilj 3: Minimum troškova upravljanja

Pokazatelji kriterijuma K31:

- 31.1: Zadržavanje kola u prijemnoj grupi radi obavljanja tehnološkog postupka [din.];
- 31.2: Vreme čekanja u prijemnoj grupi usled međuoperacijskih zadržavanja [din.];
- 31.3: Vreme rastavljanja sastava na bregu (videti poglavlja 3 i 4);
- 31.4: Vreme nakupljanja na kolosecima ranžirne grupe;
- 31.5: Čekanje na završno formiranje (Prilog 2, Prilog 3);
- 31.6: Završno formiranje višegrupnih sastava (Prilog 2, Prilog 3);
- 31.7: Prevlačenje sastava u otpremnu grupu, ako ova grupa postoji (Poglavlja 5 i 7, Prilozi 2 i 3);
- 31.8: Čekanje na tehnološke operacije u otpremnoj ili ranžirnootpremnj grupi (Poglavlje 7, Prilozi 2 i 3);
- 31.9: Tehnološke operacije u otpremnoj ili ranžirnootpremnj grupi (Poglavlja 5 i 7, Prilozi 2 i 3);
- 31.10: Čekanje na voznu lokomotivu (Poglavlja 5 i 7, Prilozi 2 i 3);
- 31.11: Proba kočenja (Poglavlja 5 i 7, Prilozi 2 i 3);
- 31.12: Čekanje na otpremu (Poglavlja 5 i 7, Prilozi 2 i 3);
- 31.13: Otprema (Poglavlja 5 i 7, Prilozi 2 i 3).

$$f_{K31} = \sum_{i=1}^{13} P_{K31,i} = \sum_{i=1}^{13} \omega_i \cdot c_{K31,i} \cdot k_{K31,i}$$

$$\sum_{i=1}^{13} \omega_i = 1$$

$k_{K31,i}$ – vreme koje kola provedu na tehnološkim operacijama i međuoperacijskim čekanjima
 $c_{K31,i}$ – cena kolskog časa

Pokazatelji kriterijuma K32:

32.1: Troškovi goriva (Poglavlje 7, Prilozi 2 i 3);

32.2: Troškovi maziva (Poglavlje 7, Prilozi 2 i 3).

$$f_{K32} = \sum_{i=1}^2 P_{K32,i} = \sum_{i=1}^2 \omega_i \cdot c_{K32,i} \cdot l_{K32,i}$$

$$\sum_{i=1}^2 \omega_i = 1$$

 $l_{K32,i}$ – količina goriva i maziva $c_{K32,i}$ – jedinična cena goriva i maziva**Pokazatelji kriterijuma K33:**

33.1: Troškovi rada osoblja u upravi stanice;

33.2: Troškovi rada osoblja na komercijalnom pregledu (Poglavlja 5 i 7, Prilozi 2 i 3);

33.3: Troškovi rada osoblja na tehničkom pregledu (Poglavlja 5 i 7, Prilozi 2 i 3),

33.4: Troškovi rada manevarskog osoblja (Poglavlja 5 i 7, Prilozi 2 i 3),

33.5: Troškovi rada drugih kategorija zaposlenih.

$$f_{K33} = \sum_{i=1}^5 P_{K33,i} = \sum_{i=1}^5 \omega_i \cdot c_{K33,i} \cdot o_{K33,i}$$

$$\sum_{i=1}^5 \omega_i = 1$$

 $o_{K33,i}$ – broj personala na određenim poslovima $c_{K33,i}$ – zarade personala po određenim poslovima.**8.4 Cilj 4: Maksimum Funkcionalan, bezbedan, pouzdan sistem**

Cilj 4: Maksimum Funkcionalan, bezbedan, pouzdan sistem određuju kriterijumi K_{41} do K_{43} .

Pokazatelji kriterijuma K41:

41.1: Ukupan broj kola prerađenih preko ranžirnog brega [kola/dan]

(videti poglavlje 3);

41.2: Ukupan broj posebnih grupa kola izdvojenih na izvlačnjacima za završno formiranje sastava (ukupan broj grupa dvogrupnih, trogrupnih i višegrupnih novoformiranih sastava) [grupa/dan] (videti poglavlje 5 i Priloge 2 i 3);

41.3: Broj opsluženih tranzitnih vozova [vozova/dan] (videti Priloge 2 i 3);

41.4: Obim lokalnog robnog rada [kola/dan] (videti poglavlje 6)

Kako su pokazatelji P41.1 do P41.4 različitih dimenzija, onda se pomoću Metode ocena vrednosti vrši njihova transformacija, tako da se kao jednodimenzioni mogu sumirati. Vrednosti pokazatelja se zato iskazuju u vidu parcijalne koristi dodeljivanjem ocene od 1 do 10. Na taj način se kriterijum K41. nakon transformacije pokazatelja P41.1 do P41.4, iskazuje preko odgovarajuće kriterijumske funkcije:

$$f_{K41} = \sum_{i=1}^4 P_{K41,i} = \sum_{i=1}^4 \omega_i \cdot P_{k41,i}$$

$$\sum_{i=1}^4 \omega_i = 1$$

$P_{K41,i}$ – vrednosti pokazatelja $P_{41.1}$ do $P_{41.4}$ iskazane preko parcijalne koristi (ocena od 1 do 10),

ω_i – težinski koeficijent koji iskazuje značaj svakog pokazatelja u okviru kriterijuma.

Pokazatelji kriterijuma K42:

- 42.1 Statistički podaci o udesima sa materijalnim štetama (ukoliko takvi podaci postoje) [din/god];
- 42.2 Broj opasnih radnih mesta u gravitacionoj ranžirnoj stanici (rad papučara, manevrista i druga opasna radna mesta) [broj opasnih radnih mesta] (videti poglavlje 3 i 4);
- 42.3 Broj parova konfliktnih operacija na ulaznim, odnosno izlaznim grlima gravitacione ranžirne stanice [broj parova konfliktnih operacija] (videti Prilog 3)

Kako su pokazatelji $P_{42.1}$ do $P_{42.3}$ različitih dimenzija, onda se pomoću Metode ocena vrednosti vrši njihova transformacija, tako da se kao jednodimenzioni mogu sumirati. Vrednosti pokazatelja se zato iskazuju u vidu parcijalne koristi dodeljivanjem ocene od 1 do 10. Na taj način se kriterijum K42, nakon transformacije pokazatelja $P_{41.1}$ do $P_{41.4}$, iskazuje preko odgovarajuće kriterijumske funkcije:

$$f_{K42} = \sum_{i=1}^3 P'_{K42,i} = \sum_{i=1}^3 \omega_i \cdot P_{k42,i}$$

$$\sum_{i=1}^3 \omega_i = 1$$

$P_{K42,i}$ – vrednosti pokazatelja $P_{42.1}$ do $P_{42.3}$ iskazane preko parcijalne koristi (ocena od 1 do 10),

ω_i – težinski koeficijent koji iskazuje značaj svakog pokazatelja u okviru kriterijuma.

Pokazatelji kriterijuma K43

- 43.1 Srednje vreme čekanja na izvlačenje sastava iz Ra u O [min] (videti poglavlje 7 i Prilog 3);
- 43.2 Srednje vreme čekanja na izlaz novoformiranih sastava iz RaO, odnosno O [min] (videti poglavlje 7 i Prilog 3);
- 43.3 Maksimalna zauzetost skretnica na izlazu iz Ra u O [min];
- 43.4 Maksimalna zauzetost skretnica na izlazu iz RaO, odnosno O [min];

Iako su pokazatelji $P_{43.1}$ do $P_{43.4}$ istih dimenzija, zbog različitog fizičkog značenja pokazatelja pomoću Metode ocena vrednosti vrši se njihova transformacija, tako da se mogu sumirati. Vrednosti pokazatelja se zato iskazuju u vidu parcijalne koristi dodeljivanjem ocene od 1 do 10. Na taj način se kriterijum K43, nakon

transformacije pokazatelja P43.1 do P43.4, iskazuje preko odgovarajuće kriterijumske funkcije:

$$f_{K43} = \sum_{i=1}^4 P'_{K43,i} = \sum_{i=1}^4 \omega_i \cdot P_{k43,i}$$

$$\sum_{i=1}^4 \omega_i = 1$$

$P_{K43,i}$ – vrednosti pokazatelja P43.1 do P43.4 iskazane preko parcijalne koristi (ocena od 1 do 10),

ω_i – težinski koeficijent koji iskazuje značaj svakog pokazatelja u okviru kriterijuma.

8.5 Cilj 5: Maksimalan Razvoj privrede i društvenih odnosa

CILJ 5: Maksimalan razvoj privrede i društvenih odnosa određuje se na osnovu kriterijuma K51 do K53 (videti tabelu 8.1), u kojoj je ciljna funkcija označena sa max., tj. očekuje se maksimalno povoljan uticaj na razvoj privrede i društvene odnose. Kriterijumi K51 do K53 se proširuju sledećim listama pokazatelja:

Pokazatelji kriterijuma K51:

- 51.1 Prilagodljivost geometrije ulaznog grla Ra, odnosno RaO grupe za etapnu ugradnju ranžirno-tehničke opreme [ocena] (videti poglavlja 3, 4 i 5 i lit. [63]);
- 51.2 Mogućnost etapnog proširenja kolosečnih kapaciteta tokom eksploatacije [ocena] (videti poglavlje 7);
- 51.3 Ukupno vreme etapnog građenja [god.].

Kako su navedeni pokazatelji različitih dimenzija, pomoću Metode ocene vrednosti vrši se transformacija pokazatelja P51.3, kako bi njihovo sumiranje bilo moguće. Kriterijum K51 se definiše na osnovu kriterijumske funkcije, tako što se sumiraju navedeni pokazatelji, nakon transformacije pokazatelja P51.3, uz množenje odgovarajućim težinskim koeficijentima:

$$f_{K51} = \sum_{i=1}^3 P'_{K51,i} = \sum_{i=1}^3 \omega_i \cdot P_{k51,i}$$

$$\sum_{i=1}^3 \omega_i = 1$$

$P_{K51,i}$ – vrednosti pokazatelja P51.1 do P51.3 iskazane preko parcijalne koristi (ocena od 1 do 10),

ω_i – težinski koeficijent koji iskazuje značaj svakog pokazatelja u okviru kriterijuma.

Pokazatelji kriterijuma K52:

- 52.1 Troškovi građenja deonice pruga koje povezuju gravitacionu ranžirnu stanicu i robne stanice čvora [din] (videti poglavlje 6);
- 52.2 Troškovi građenja novih robnih stanica u čvoru [din] (videti poglavlje 6);
- 52.3 Troškovi opremanja, eksploatacije i održavanja opreme za pretovar [din] (videti poglavlje 6);
- 52.4 Obim dodatnog ranžirnog rada u robnim stanicama čvora [din];
- 52.5 Troškovi građenja magacina za čuvanje robe [din];
- 52.6 Troškovi građenja i održavanja pristupnih puteva i parkinga [din].

Kriterijum K52 se definiše na osnovu kriterijumske funkcije:

$$f_{K52} = \sum_{i=1}^6 P_{K52,i} = \sum_{i=1}^6 \omega_i \cdot c_{k52,i} \cdot a_{K52,i}$$

$$\sum_{i=1}^6 \omega_i = 1$$

$a_{K52,i}$ - obim i-te pozicije,

$c_{K52,i}$ - jedinična cena i-te pozicije,

ω_i – težinski koeficijent, koji ukazuje na značaj svakog pokazatelja.

Pokazatelji kriterijuma K53:

- 53.1 Broj novih radnih mesta za niskokvalifikovanu radnu snagu,
- 53.2 Broj novih radnih mesta za kvalifikovanu radnu snagu,
- 53.3 Broj novih radnih mesta za visokokvalifikovanu radnu snagu,
- 53.4 Broj novih radnih mesta za visokostručnu radnu snagu.

Kriterijum K53 se definiše na osnovu kriterijumske funkcije:

$$f_{K53} = \sum_{i=1}^4 P_{K53,i} = \sum_{i=1}^4 \omega_i \cdot b_{k53,i}$$

$$\sum_{i=1}^4 \omega_i = 1$$

$b_{K53,i}$ - broj novih radnih mesta po pokazateljima P53.1 do P53.4,

ω_i – težinski koeficijent, koji ukazuje na značaj svakog pokazatelja.

8.6 Cilj 6: Minimum Posledica na prostorni razvoj

CILJ 6: Maksimalan razvoj privrede i društvenih odnosa određuje se na osnovu kriterijuma K61 do K65. Ciljna funkcija je označena sa min., tj. očekuje se da građenje/rekonstrukcija gravitacione ranžirne stanice izazove minimum promena. odnosno posledica za postojeće i planirano uređenje prostora na odabranoj lokaciji.

Pokazatelji kriterijuma K61:

- 61.1 Povezivanje prijemne grupe gravitacione ranžirne stanice sa prugama teretnog podsistema [ocena] (videti poglavlje 5);
- 61.2 Povezivanje tranzitne grupe sa ulaznim/izlaznim deonicama priključnih pruga [ocena];
- 61.3 Povezivanje RaO/O grupe sa deonicama izlaznih pruga [ocena] (videti poglavlje 5);
- 61.4 Uklapanje u međunarodne tokove prevoza robe [ocena].

Na osnovu sintezne karte ograničenja (dinamika urbanističkog razvoja i razvoja mreže saobraćajnica i infrastrukture) određuje se uklapanje gravitacione ranžirne stanice u buduće prostorno i saobraćajno uređenje prostora na kome se gravitaciona ranžirna stanica povezuje sa železničkom mrežom.

S obzirom na tip pokazatelja P61.1 do P61.4, odnosno na nemogućnost kvantifikacije pokazatelja, za izražavanje pokazatelja se koristi dodeljivanje ocena kvaliteta varijantnih rešenja po navedenim pokazateljima.

Kriterijumska funkcija za izražavanje kriterijuma K61 ima sledeći oblik:

$$f_{K61} = \sum_{i=1}^4 P_{K61,i} = \sum_{i=1}^4 \omega_i \cdot P_{k61,i}$$

$$\sum_{i=1}^4 \omega_i = 1$$

$P_{K61,i}$ – vrednosti pokazatelja P61.1 do P61.4 iskazane preko parcijalne koristi (ocena od 1 do 10),

ω_i – težinski koeficijent koji iskazuje značaj svakog pokazatelja u okviru kriterijuma.

Pokazatelji kriterijuma K62:

- 62.1 Kvalitet razdvajanja teretnog i putničkog podsistema na području železničkog čvora [ocena];
- 62.2 Povezivanje gravitacione ranžirne stanice sa depoom [ocena];
- 62.3 Povezivanje gravitacione ranžirne stanice sa teretnim stanicama na području čvora [ocena];
- 62.4 Povezivanje gravitacione ranžirne stanice sa drumskim saobraćajnicama čvora [ocena].

Slično kao i prethodni kriterijum (K61), kriterijum K62 se određuje na osnovu kvalitativne ocene varijantnog rešenja gravitacione ranžirne stanice na osnovu pokazatelja P62.1 do P62.3:

$$f_{K62} = \sum_{i=1}^4 P_{K62,i} = \sum_{i=1}^4 \omega_i \cdot P_{k62,i}$$

$$\sum_{i=1}^4 \omega_i = 1$$

$P_{K62,i}$ – vrednosti pokazatelja $P_{62,1}$ do $P_{62,4}$ iskazane preko parcijalne koristi (ocena od 1 do 10),

ω_i – težinski koeficijent koji iskazuje značaj svakog pokazatelja u okviru kriterijuma.

Pokazatelji kriterijuma K63:

- 63.1 Odnos deonica priključnih pruga prema područjima za stanovanje [dužina presecanja ovog područja];
- 63.2 Odnos deonica priključnih pruga prema područjima privrednih aktivnosti [dužina presecanja ovog područja];
- 63.3 Odnos deonica priključnih pruga prema područjima za odmor i rekreaciju [dužina presecanja ovog područja];
- 63.4 Odnos deonica priključnih pruga i gravitacione ranžirne stanice prema drugoj infrastrukturi [dužina presecanja druge infrastrukture];

Na osnovu karte namene površina sa mrežom saobraćajnica i infrastrukturuom. određuje se odnos gravitacione ranžirne stanice na posmatranoj lokaciji i područja za stanovanje, područja za privredne aktivnosti, područja za odmor i rekreaciju i druge infrastrukture. Dužine presecanja deonica priključnih pruga i gravitacione ranžirne stanice sa pomenutim područjima i infrastrukturuom određuje se na osnovu:

$$P_{K63,i} = \sum_{j=1}^n d_{K63,i,j}$$

$$(i = 1...4)$$

$P_{K63,i}$ – vrednost pokazatelja, koji definiše odnos varijantnog rešenja gravitacione ranžirne stanice prema području za stanovanja ($i=1$), području radnih aktivnosti ($i=2$), području za odmor i rekreaciju ($i=3$) i prema drugoj infrastrukturi ($i=4$),

$d_{K63,i,j}$ – dužina j -te deonice pruge ($j=1...n$) koja prolazi kroz i -to područje.

$$f_{K63} = \sum_{i=1}^4 P'_{K63,i} = \sum_{i=1}^4 \omega_i \cdot P_{K63,i}$$

$$\sum_{i=1}^4 \omega_i = 1$$

$P'_{K63,i}$ – ponderisani kilometri,

ω_i – težinski koeficijent koji iskazuje značaj svakog pokazatelja u okviru kriterijuma.

Pokazatelji kriterijuma K64:

- 64.1 Površina poljoprivrednog zemljišta sa jednogodišnjim kulturama (pružni pojas deonica priključnih pruga i gravitacione ranžirne stanice) [ha];
- 64.2 Površina poljoprivrednog zemljišta sa višegodišnjim kulturama (pružni pojas deonica priključnih pruga i gravitacione ranžirne stanice) [ha];
- 64.3 Površina građevinskog zemljišta (pružni pojas deonica priključnih pruga i gravitacione ranžirne stanice) [ha];

$$f_{K64} = \sum_{i=1}^3 P_{K64,i} = \sum_{i=1}^3 \omega_i \cdot P_{K64,i}$$

$$\sum_{i=1}^3 \omega_i = 1$$

$P'_{K64,i}$ – ponderisani hektari,

ω_i – težinski koeficijent koji iskazuje značaj svakog pokazatelja u okviru kriterijuma.

Pokazatelji kriterijuma K65:

65.1 Očuvanje spomenika kulture, koji su pod zaštitom [udaljenost],

65.2 Očuvanje prirodnog dobra (nacionalni park, park prirode, predeo izuzetnih oblika, rezervat prirode, privredna retkost), koje je pod zaštitom [angažovani prostor. ili udaljenost].

$$P_{K65.1} = \sum_{j=1}^n S_{K65.1,j}$$

$$P_{K65.2} = \sum_{j=1}^n S_{K65.2,j} + \sum_{j=1}^n p_{K65.2,j}$$

$P_{K65.1}$ – pokazatelj koji definiše očuvanje spomenika kulture koji su pod zaštitom,

$S_{K65.1,j}$ – ponderisana vrednost udaljenosti j-tog kompleksa spomenika kulture od sistema gravitacione ranžirne stanice iskazana ocenom,

$P_{K65.2}$ – pokazatelj koji definiše očuvanje prirodnih dobara koji su pod zaštitom,

$S_{K65.2,j}$ – ponderisana vrednost udaljenosti j-tog kompleksa prirodnog dobra od sistema gravitacione ranžirne stanice iskazana ocenom,

$p_{K65.2,j}$ – ponderisana površina j-tog kompleksa prirodnog dobra koju zauzima sistem gravitacione ranžirne stanice sa priključnim deonicama pruga.

Kriterijum K65 se određuje preko kriterijumske funkcije:

$$f_{K65} = \sum_{i=1}^2 P'_{K65,i} = \omega_1 P_{K65.1} + \omega_2 P_{K65.2}$$

$P'_{K65.1}$ – ponderisane vrednosti pokazatelja

ω_1, ω_2 – težinski koeficijenti koji iskazuju značaj svakog pokazatelja u okviru kriterijuma K65 ($\omega_1 + \omega_2 = 1$).

8.7 Cilj 7: Minimum Posledica za životnu sredinu

CILJ 7: Minimum posledica na životnu sredinu određuje se na osnovu kriterijuma K71 do K78. U tabeli 8.1 ciljna funkcija je označena sa min., tj. očekuje se da će izgradnja gravitacione ranžirne stanice imati minimum štetnih uticaja na uspostavljeno stanje životne sredine u njenoj okolini.

Osnova i podaci za određivanje pokazatelja navedenih kriterijuma dobijaju se iz Studije zaštite i unapređenja životne sredine i sintezne karte ograničenja, koje su sastavni deo dokumentacije generalnog projekta.

Ako štetan uticaj gravitacione ranžirne stanice na životnu sredinu prelazi zakonskom uredbom propisanu vrednost, preduzimaju se mere zaštite. Mere zaštite se određuju u okviru Elaborata o zaštiti sredine i kao takve unose u optimizaciju kroz kriterijum K11.

Pokazatelji kriterijuma K71:

71.1 Nivo buke u toku dana u naseljenim mestima [površina, ili broj osoba];

71.2 Nivo buke u toku noći u naseljenim mestima [površina, ili broj osoba];

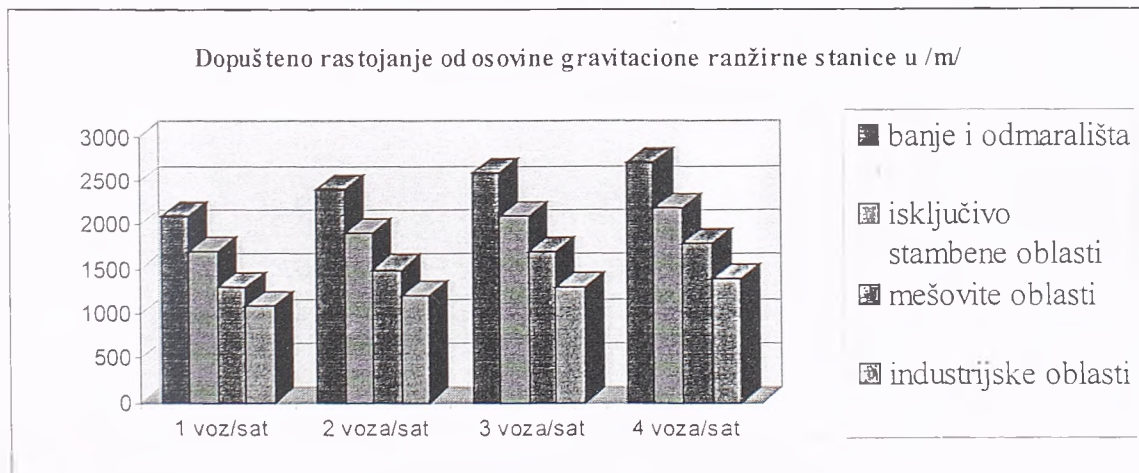
$$P_{K71.1} = \sum_{j=1}^n q_{K71.1,j}$$

$$P_{K71.2} = \sum_{j=1}^n q_{K71.2,j}$$

$P_{K71.1}$ – pokazatelj stepena ugroženosti od buke u toku dana u naseljenim područjima,
 $q_{K71.1,j}$ - površina ili broj osoba na j-tom području uz gravitacionu ranžirnu stanicu gde je buka u toku dana veća od dozvoljene,

$P_{K71.2}$ – pokazatelj stepena ugroženosti od buke u toku noći u naseljenim područjima,
 $q_{K71.2,j}$ - površina ili broj osoba na j-tom području uz gravitacionu ranžirnu stanicu gde je buka u toku noći veća od dozvoljene.

Određivanje površina može da se obavi, u slučaju novoprojektovanih gravitacionih ranžirnih stanica, i na osnovu dijagrama sa slike 8.1.



Slika 8.1 Dopušteno rastojanje površina određene namene od osovine gravitacione ranžirne stanice (lit. [33])

Vrednost kriterijuma K71 – Uticaj buke, dobija se na osnovu kriterijumske funkcije:

$$f_{K71} = \sum_{i=1}^2 P'_{K71,i} = \sum_{i=1}^2 \omega_i P_{K71,i}$$

$$\sum_{i=1}^2 \omega_i = 1$$

$P'_{K71,i}$ – ponderisani m^2 ili broj osoba,

ω_i – težinski koeficijenti koji iskazuju značaj svakog pokazatelja u okviru kriterijuma.

Pokazatelji kriterijuma K72:

72.1 Nivo vibracija u toku dana u naseljenim mestima;

72.2 Nivo vibracija u toku noći u naseljenim mestima;

72.3 Objekti sa osetljivom opremom izloženi dnevnim/noćnim vibracijama.

$$P_{K72.1} = \sum_{j=1}^n q_{K72.1,j}$$

$$P_{K72.2} = \sum_{j=1}^n q_{K72.2,j}$$

$$P_{K72.3} = \sum_{j=1}^n a_{K72.3,j}$$

$P_{K72.1}$ – pokazatelj stepena ugroženosti od vibracija u toku dana u naseljenim područjima u okolini gravitacione ranžirne stanice,

$q_{K72.1,j}$ - površina ili broj osoba na j-tom području uz gravitacionu ranžirnu stanicu gde su vibracije u toku dana veća od dozvoljenih,

$P_{K72.2}$ – pokazatelj stepena ugroženosti od vibracija u toku noći u naseljenim područjima u okolini gravitacione ranžirne stanice,

$q_{K72.2,j}$ - površina ili broj osoba na j-tom području uz gravitacionu ranžirnu stanicu gde su vibracije u toku noći veća od dozvoljenih,

$P_{K72.3}$ – pokazatelj stepena ugroženosti objekata sa osetljivom opremom na vibracije

$a_{K72.3,j}$ - j-ti objekat sa osetljivom opremom pod merodavnim nivoom.

Kako su pokazatelji kriterijuma K72 različitih dimenzija, preko Metode ocena vrednosti vrši se njihova transformacija da bi se izvršilo njihovo sumiranje. Vrednosti pokazatelja se iskazuju preko parcijalne koristi u vidu ocena od 1 do 10.

$$f_{K72} = \sum_{i=1}^3 P'_{K72,i} = \sum_{i=1}^3 \omega_i P_{K72,i}$$

$$\sum_{i=1}^3 \omega_i = 1$$

$P_{K72,i}$ – vrednosti pokazatelja iskazane preko parcijalne koristi,

ω_i – težinski koeficijenti koji iskazuju značaj svakog pokazatelja u okviru kriterijuma.

Pokazatelji kriterijuma K73:

73.1 Postojeće i planirane zone za vodosnabdevanje (podzemne vode i izvorišta) izložene zagađivačima od sistema gravitacione ranžirne stanice [površina zone izložena zagađivačima];

- 73.2 Površinske vode (tekuće ili stajaće) izložene zagađivačima od sistema gravitacione ranžirne stanice [površina zone izložena zagađivačima];
 73.3 Izmene u režimu podzemnih voda [površina izmene];
 73.4 Izmene u režimu površinskih voda [površina izmene].

$$f_{K73} = \sum_{i=1}^4 P_{K73,i} = \sum_{i=1}^4 \omega_i P_{K73,i}$$

$$\sum_{i=1}^4 \omega_i = 1$$

$P_{K73,i}$ – ponderisane vrednosti pokazatelja [m^2],

ω_i – težinski koeficijenti koji iskazuju značaj svakog pokazatelja u okviru kriterijuma.

Pokazatelji kriterijuma K74:

- 74.1 Zagađenje tla (tečni, čvrsti zagađivači) od sistema gravitacione ranžirne stanice sa priključnim deonicama pruga teretnog podsistema [površina tla koja se zagađuje, ili količina zagađivača];
 74.2 Degradacija tla erozijom i kliženjem usled građenja/rekonstrukcije gravitacione ranžirne stanice [površina degradiranog tla];
 74.3 Tlo zahvaćeno promenom permabiliteta [površina sa promenjenim permabilitetom].

$$f_{K74} = \sum_{i=1}^3 P_{K74,i} = \sum_{i=1}^3 \omega_i P_{K74,i}$$

$$\sum_{i=1}^3 \omega_i = 1$$

$P_{K74,i}$ – ponderisane vrednosti pokazatelja [m^2 , ili ocena],

ω_i – težinski koeficijenti koji iskazuju značaj svakog pokazatelja u okviru kriterijuma.

Pokazatelji kriterijuma K75:

- 75.1 Zastupljenost karakteristične flore u zoni uz sistem gravitacione ranžirne stanice [površina pod karakterističnom florom];
 75.2 Zaštićene biljne vrste ugrožene sistemom gravitacione ranžirne stanice [površina pod zaštićenim biljnim vrstama koje su ugrožene];
 75.3 Zaštićene životinjske vrste ugrožene sistemom gravitacione ranžirne stanice [površina pod zaštićenim životinjskim vrstama koje su ugrožene];
 75.4 Biodiverzitet [broj biljnih i životinjskih vrsta čija se brojnost smanjuje].

Pošto se pokazatelji razlikuju po dimenziji, vrši se njihova transformacija Metodnom ocena vrednosti, tako što se vrednosti izražavaju preko parcijalne koristi.

$$f_{K75} = \sum_{i=1}^4 P_{K75,i} = \sum_{i=1}^4 \omega_i \cdot P_{K75,i}$$

$$\sum_{i=1}^4 \omega_i = 1$$

$P'_{K75,i}$ – ponderisane vrednosti pokazatelja,

ω_i – težinski koeficijenti koji iskazuju značaj svakog pokazatelja u okviru kriterijuma.

Pokazatelji kriterijuma K76:

76.1 Promene klimatskih karakteristika [površina sa izmenjenim klimatskim karakteristikama];

76.2 Promene mikro-klimatskih karakteristika [površina sa izmenjenim mikro-klimatskim karakteristikama];

$$f_{K76} = \sum_{i=1}^2 P'_{K76,i} = \sum_{i=1}^2 \omega_i \cdot P_{K76,i}$$

$$\sum_{i=1}^2 \omega_i = 1$$

$P'_{K76,i}$ – ponderisane vrednosti pokazatelja,

ω_i – težinski koeficijenti koji iskazuju značaj svakog pokazatelja u okviru kriterijuma.

Pokazatelji kriterijuma K77:

77.1 Izmene u morfologiji terena [m^2];

77.2 Izmene u vegetaciji [m^2];

77.3 Izmene u površinskim vodama [m^2].

$$f_{K77} = \sum_{i=1}^3 P'_{K77,i} = \sum_{i=1}^3 \omega_i \cdot P_{K77,i}$$

$$\sum_{i=1}^3 \omega_i = 1$$

$P'_{K77,i}$ – ponderisane vrednosti pokazatelja,

ω_i – težinski koeficijenti koji iskazuju značaj svakog pokazatelja u okviru kriterijuma.

Pokazatelji kriterijuma K78:

78.1 Potrošnja prirodnih resursa po vrstama.

$$P_{K78,1} = \sum_{j=1}^n \omega_j a_j$$

$$f_{K78} = P_{K78,1}$$

$P_{K78,1}$ - pokazatelj koji definiše ukupnu količinu prirodnih resursa, koja će se potrošiti za građenje gravitacione ranžirne stanice ,

a_j – potrošnja j-tog prirodnog resursa,

ω_j – težinski koeficijent koji ukazuje na značaj j-tog prirodnog resursa.

9. Zaključak

U disertaciji je prikazan iterativni postupak razvoja generalnog rešenja gravitacione ranžirne stanice zasnovan na koordinaciji projekta stanice u svim fazama projektovanja sa prostornim planiranjem i zaštitom životne sredine (videti sl. 2.3).

Osnovni problem koji disertacija razmatra je optimizacija rešenja ranžirno-otpremnog dela gravitacione ranžirne stanice. U tom smislu su u poglavlju 3 istražene mogućnosti za povećanje kapaciteta postojećih i novih gravitacionih ranžirnih stanica, uz minimalna ulaganja, korišćenjem poboljšanja u oblasti tehnologije rada u stanici, njenim obaveznim uključivanjem u informacioni sistem za blagovremeno dobijanje i proveru podataka o sastavima, kao i korišćenjem savremenih postupaka kočenja na ranžirnoj rampi. *Cilj ovog poglavlja je da se utvrde implikacije novih tehničkih i tehnoloških mogućnosti, čija se primena može očekivati u bliskoj budućnosti, na postupak oblikovanja ranžirno-otpremnog dela gravitacione ranžirne stanice na nivou generalnog projekta.* U disertaciji je prikazan koncept individualnog kočenja trkača sa promenljivom brzinom naletanja (lit. [30], videti sliku 3.2) i ukazano da razvoj opreme za regulisanje brzina trkača i upravljanje automatskim procesom rastavljanja na bregu doprinosi povećanju kapaciteta ranžirne rampe, *bez bitnih izmena u uobičajenom postupku, koji se primenjuje za oblikovanje glavnih grupa gravitacione ranžirne stanice.* Sa druge strane ovakav razvoj opreme za upravljanje procesom rastavljanja i regulisanje brzina trkača, omogućiće *jednostavnije rekonstrukcije postojećih gravitacionih ranžirnih stanica.*

U poglavlju 4 je prikazan postupak promenljive specijalizacije ranžirnih koloseka tokom vremena, koji uzima u obzir najranije razdvajanje puteva trkača na ranžirnoj rampi, stepen iskorišćenja koloseka ranžirne grupe i vozno-dinamičke karakteristike puteva trkača. Ovakva specijalizacija ranžirnih koloseka može da se primeni samo u stanicama uključenim u informacioni sistem. U disertaciji je prikazan algoritam za primenu ovog postupka na kolosecima glavnih grupa gravitacione ranžirne stanice. Na brojnom primeru upoređen je uobičajeni postupak pri rastavljanju, koji ne uzima u obzir podstrukturu ciljne ranžirne stanice, i postupak sa poštovanjem podstrukture. Dokazano je da poštovanje podstrukture ciljne ranžirne stanice, uz dinamički odabir ranžirnih koloseka za nakupljanje trkača, smanjuje obim ranžirnog rada, kao i ukupno vreme putovanja kola, na putu od polazne do ciljne stanice. *Primena promenljive specijalizacije ranžirnih koloseka tokom vremena, nema nikakve implikacije na uobičajeni postupak oblikovanja ranžirno-otpremnog dela gravitacione ranžirne stanice.*

S obzirom na to da je u radu ukazano na dve osnovne modifikacije rešenja ranžirno-otpremnog dela stanice: rešenje sa zasebnom ranžirnom i otpremnom grupom i rešenje sa objedinjenom ranžirno-otpremnom grupom, ispitane su posledice dodeljivanja realizacije zadataka otpreme ranžirnim kolosecima. Ukoliko se usled

realizacije zadataka otpreme na kolosecima ranžirne grupe, povećá potreban broj koloseka ranžirne grupe, bez promene potrebne korisne dužine ove grupe, sračunato je povećanje investicionih troškova s obzirom na potrebnu ranžirno-tehničku opremu (videti tabele 3.1 i 3.2, kao i primer tretiran u Prilogu 2). Ukoliko usled realizacije zadataka otpreme na kolosecima ranžirne grupe, dođe do produženja korisne dužine ranžirnih koloseka, onda je, na osnovu merenja sprovedenih u stanici Offenburg (poglavlje 4, videti tabelu 4.3), ukazano na problem progresivnog rasta neželjenih praznina između trkača pri velikim dužinama trčanja kola, čak i u uslovima postojanja trećeg reda kolosečnih kočnica.

U poglavlju 5 je dat prikaz rešenja gravitacionih ranžirnih stanica u svetu. sa posebnim osvrtom na rešenje ranžirno-otpremnog dela stanice. U ovom poglavlju su istaknute prednosti i nedostaci obe modifikacije rešenja ranžirno-otpremnog dela, uz stav da *na konačno opredeljenje najviše utiče obim i vrsta ranžirnog zadatka* (ukoliko nema prostornih ograničenja, koja nameću rešenje bez zasebne otpremne grupe). Ovakav stav je poslužio kao osnova za istraživanje matematičkih metoda, koje se mogu uključiti u razvoj posebnog matematičkog postupka za vrednovanje generalnih rešenja gravitacione ranžirne stanice.

U skladu sa tim, u poglavlju 7 prikazana je primena Teorije masovnog opsluživanja za preliminarno određivanje potrebnog broja ranžirnih i otpremnih koloseka, kao i primena postupka simulacije procesa na odgovarajućim izlaznim grlima ranžirno-otpremnog dela gravitacione ranžirne stanice. U disertaciji je Teorija masovnog opsluživanja primenjena za razvoj posebnog programa, kojim se u uslovima optimalne tehnologije rada (minimalni troškovi eksploatacije i održavanja, koji uključuju potreban broj personala i mobilna stanična postrojenja, kao i troškove zadržavanja kola u sistemu gravitacione ranžirne stanice) definiše potreban broj koloseka ranžirno otpremnog dela. Variranjem rešenja sa i bez posebne otpremne grupe, ovim programom se sračunavaju troškovi za gornji stroj ranžirno otpremnog dela, koji u sebe uključuju ranžirno-tehničku opremu, kao posebnu stavku koja izrazito opterećuje troškove građenja i održavanja gravitacione ranžirne stanice.

U disertaciji je posebno ukazano na nemogućnost analitičkih modela uopšte, pa tako i prikazanog modela zasnovanog na Teoriji masovnog opluživanja (Prilog 2), da u sebe ozbiljnije uključe složene procese na izlaznim grlima ranžirno-otpremnog dela gravitacione ranžirne stanice. Zato je u poglavlju 7 razvijen i simulacioni model, koji na osnovu geometrije (tipovi skretnica i merodavna rastojanja skretnica i koloseka) izlaznog grla i operacija koje sa na njemu odvijaju daje podatke o zauzetosti skretnica i čekanja na izvršenje operacija. Ovakav dinamički model služi kao osnova za ispitivanje funkcionisanja grla za zadati obim i kvalitet ranžirnog zadatka (Prilog 3).

U poglavlju 6 je obrađen poseban problem povezivanja rada gravitacione ranžirne stanice i bliske robne stanice. Ukazano je na mogućnost korišćenja simultane metode za ubrzavanje procesa sastavljanja višegrupnih vozova, koji se otpremaju na mrežu i višegrupnih sastava koji se upućuju do bliskih robnih postrojenja uz korišćenje ranžirnih koloseka i manevarskih lokomotiva odnosno ranžirne stanice. *Povezivanje rada gravitacione ranžirne stanice i bliske robne stanice utiče na kvalitet realizacije ranžirnog zadatka i dodatno opterećuje izlazno grlo ranžirne, odnosno ranžirno*

otpremne grupe, tako da se u svakom konkretnom slučaju na osnovu dinamičkog modela procesa na izlaznom grlu, mora dokazati funkcionisanje grla sa odabranom geometrijom i obimom kolosečnih veza, za odabranu tehnologiju završnog formiranja višegrupnih sastava.

Analitički i simulacioni modeli prikazani u poglavlju 7, kao i principi i posledice povezivanja rada gravitacione ranžirne stanice i bliske robne stanice istaknuti u poglavlju 6, predstavljaju osnovu za verifikaciju stava (poglavlje 5) da na izbor rešenja gravitacione ranžirne stanice sa samostalnom ranžirnom i samostalnom otpremnom grupom, odnosno rešenja sa objedinjenom ranžirno-otpremnom grupom (u uslovima dovoljnog prostora za razvoj obe modifikacije generalnog rešenja gravitacione ranžirne stanice) utiče obim i kvalitet ranžirnog zadatka. Polazeći od iskustvene granice obima prerade kola na ranžirnoj rampi od 3000 kola/dan, koja se navodi u literaturi (lit.[33], [80]) kao granica između rešenja sa, odnosno bez samostalne otpremne grupe, može se izneti sledeći stav: *Generalno rešenje gravitacione ranžirne stanice koja dnevno na ranžirnom bregu prerađuju više od 3000 kola, može biti sa ili bez zasebne otpremne grupe, u zavisnosti od obima rada na završnom formiranju sastava.* U svakom konkretnom slučaju treba najpre ispitati prostorne mogućnosti za razvoj obe modifikacije generalnog rešenja gravitacione ranžirne stanice na potencijalnoj lokaciji. Primenom simulacionog modela odgovarajućih izlaznih grla ranžirno-otpremnog dela treba zatim dokazati funkcionisanje izlaznih grla za predviđeni kvalitet realizacije ranžirnog zadatka: broj, sastav i postupak formiranja dvogrupnih, trogrupnih i višegrupnih novoformiranih vozova, kao i sastava koji se upućuju ka bliskoj robnoj stanici. U skup konkurentnih generalnih rešenja gravitacione ranžirne stanice, koji se rangiraju u postupku višekriterijumske optimizacije, ulaze samo ona rešenja za koja se primenom simulacionog modela dokaže funkcionisanje izlaznih grla u vršnim periodima rada gravitacione ranžirne stanice.

S obzirom na to da generalni projekat gravitacione ranžirne stanice predstavlja sponu između procesa planiranja i čisto projektantskih faza koje slede (idejni i glavni projekat gravitacione ranžirne stanice), cilj je da se u ovoj fazi obezbedi stručno dokumentovana osnova za donošenje društvene odluke o građenju/rekonstrukciji gravitacione ranžirne stanice. Zato je u poglavlju 8 data opšta matrica ciljeva i kriterijuma (koji su zatim rasčlanjeni na pokazatelje), koji u postupku višekriterijumske optimizacije treba da omoguće odabir funkcionalnog, bezbednog i ekonomičnog generalnog rešenja gravitacione ranžirne stanice (ili skup konkurentnih varijantnih rešenja, koja će se razraditi u fazi idejnog projekta), uklopljenog u planirani prostorni razvoj i sa prihvatljivim uticajima na okolnu životnu sredinu.

Pokazatelji navedeni u poglavlju 8 se u najvećoj meri neposredno, ili posredno određuju upravo preko metodologije za razvoj generalnog rešenja gravitacione ranžirne stanice, koja je prikazana u disertaciji.

Važno je istaći da se sve modifikacije rešenja ranžirno-otpremnog dela gravitacione ranžirne stanice razmatraju potpuno ravnopravno i da se višekriterijumska optimizacija vrši za sva konkurentna varijantna rešenja gravitacione ranžirne stanice, a ne zasebno za rešenje ranžirno-otpremnog dela na potencijalnoj lokaciji. Iako je naslov disertacije "Optimizacija ranžirno-otpremnog dela gravitacione ranžirne stanice",

Zaključak

kvalitet rešenja ranžirno-otpremnog dela gravitacione ranžirne stanice sagledava se u sastavu celokupnog sistema gravitacione ranžirne stanice, uz sagledavanje posledica za celokupnu železničku mrežu, saobraćajni/železnički čvor, planirani prostorni razvoj okruženja i posledice na životnu sredinu.

Disertacijom se naglašava da ne postoje tipska generalna rešenja gravitacione ranžirne stanice i njenog ranžirno-otpremnog dela, koja bi se primenjivala u tipskim situacijama, već se nudi metodologija za iterativni razvoj generalnog rešenja i matematički postupak za ispitivanje funkcionisanja ranžirno-otpremnog dela za izvršenje određenog obima i kvaliteta ranžirnog zadatka.



PRILOG 1

**ANGAŽOVANJE PROSTORA I KAPACITETI,
POTROŠNJA ENERGIJE I EMITOVANJE ŠTETNIH MATERIJA
RAZLIČITIH VIDOVA TERETNOG SAOBRAĆAJA**

Tabela 1. Angažovanje prostora i kapaciteti različitih vidova teretnog saobraćaja (izvor lit.[46])

<i>SAOBRAĆAJNA INFRASTRUKTURA</i>	<i>DVOKOLOSEČNA PRUGA</i>	<i>AUTOPUT SA 3X2 SAOBRAĆAJNE TRAKE</i>	<i>PLOVNI KANAL ZA BRODOVE OD f350 t</i>
<i>PROSEČNA ANGAŽOVANA ŠIRINA ZEMLJIŠTA</i>	25 m	75 - 80 m	20 - 120 m
<i>KAPACITET U TONAMA NA SAT</i>	80 000 t (40 VOZOVA OD 2000 t)	76 000 t (2000 KAMIONA OD 38 t)	8 100 t (6 TERETNIH BRODOVA OD 1350t)

Tabela 2: Potrošnja energije za različite vidove teretnog saobraćaja (izvor lit.[46])

POTROŠNJA ENERGIJE ZA RAZLIČITE VIDOVE TERETNOG SAOBRAĆAJA [MJ/tkm]	
ŽELEZNIČKI SAOBRAĆAJ (DALJINSKI VOZOVI)	0,59 (0,50)
DRUMSKI SAOBRAĆAJ	1,46
VODNI SAOBRAĆAJ	0,6

Tabela 3: Štetne materije kojima teretni saobraćaj zagađuje vazduh [gr/tkm] (izvor lit.[46])

ŠTETNE MATERIJE KOJIMA RAZLIČITI VIDOVNI TERETNOG SAOBRAĆAJA ZAGAĐUJU VAZDUH [gr/tkm]			
ŠTETNE MATERIJE : (DEJSTVO)	ŽELEZNIČKI SAOBRAĆAJ	DRUMSKI SAOBRAĆAJ	VODNI SAOBRAĆAJ
<i>Azotni dioksidi NO_x (oboljenja disajnih puteva)</i>	0,4	1,96	0,58
<i>Lebdeće čestice (karcinom)</i>	0,08	0,04	0,04
<i>Ugljen monoksid CO (gušenje)</i>	0,06	2,2	0,2
<i>CxHy (karcinom)</i>	0,02	0,97	0,08
<i>Olovo Pb (trovanje)</i>	0	0,014	0

PRILOG 2

**ANALITIČKI MODEL RANŽIRNO-OTPREMNOG DELA
GRAVITACIONE RANŽIRNE STANICE ZASNOVAN NA PRIMENI
TEORIJE MASOVNOG OPSLUŽIVANJA**

ODREĐIVANJE OPTIMALNOG BROJA KOLOSEKA RANŽIRNE GRUPE NA OSNOVU TEORIJE MASOVNOG OPSLUŽIVANJA

Ulazni podaci:

- Broj vozova koji se formira u stanici u toku 1440 min: 37
 Prosečan broj kola u jednom sastavu: 40
 Broj posebnih grupa koje stanica formira po ranžirnom zadatku (uključujući sabirne vozove, lokalni robni rad i opravku kola : 18
 Prosečno vreme trajanja završnog formiranja: 21 [min]
 Prosečno vreme prevlačenja sastava iz ranžirne u otpremnu grupu: 10 [min]
 Prosečno vreme povratka lokomotive iz otpremne u ranžirnu grupu: 7 [min]
 Ukupno vreme zauzetosti ranžirnog brega završnim formiranjem u toku 1440 min.: 360 [min]
 Koeficijent varijacije između momenata završetka nakupljanja sastava: 0.75
 Koeficijent varijacije trajanja završnog formiranja: 0.4
 Maksimalan broj manevarskih rejonā: 3

	1	2	3	
Broj lokomotiva na završnom formiranju	180	240	3	[lokomotiva]
Vreme tehnoloških prekida u radu:				[min]

- Koeficijent zauzetosti Ra koloseka pri prevlačenju sastava iz Ra u O grupu: 0.6
 Cena jednog kolskog časa : 20 [dinara]
 Godišnji toškovi amortizacije za jednu lokomotivu: 100000 [dinara]
 Godišnji toškovi osiguranja za jednu lokomotivu: 36700 [dinara]
 Godišnji toškovi tekućeg održavanja za jednu lokomotivu: 700000 [dinara]
 Troškovi investicionog održavanja lokomotive: 800000 [dinara]
 Potrošnja goriva za sat rada lokomotive: 20 [litarā]
 Cena goriva: 15 [dinara/litar]
 Mesečni toškovi rada jednog mašinovođe: 20000 [dinara]
 Mesečni toškovi rada manevarskog osoblja: 44000 [dinara]

PRORAČUN POTREBNOG BROJA KOLOSEKA:

	1	2	3	[lokom.]
Broj lokomotiva na završnom formiranju:	43.428571	45.6	38	[min]
Srednje vreme opsluživanja na završnom formiranju:	0.865873	0.46083333	0.2421296	
Prosečni stepen iskorišćenja man. lokomotive:	78.588839	11.0755004	3.2628028	[min]
Srednje vreme čekanja na završno formiranje:	2.0192966	0.28457883	0.0838359	
Srednji broj sastava koji čeka na završno formiranje:	6.0968552	0.36556394	0.0908644	
Disperzija srednjeg broja sastava koji čekaju završno formiranje:				
Ukupno srednje zadržavanje sastava u sistemu formiranja:	109.58884	42.0755004	34.262803	[min]
čekanje+proces formiranja+prevlačenje iz Ra u O	6.4	3.1	2.3	
Dopunski broj koloseka ranžirne grupe	7	4	3	[koloseka]
Usvojen dopunski broj koloseka ranžirne grupe				
Ukupan broj potrebnih koloseka Ra grupe	25	22	21	[koloseka]

PRORAČUN FUNKCIJE CILJA

Troškovi zadržavanja kola	21.971268	10.2053684	7.4300554	[miliona dinara]
Troškovi manevarskih lokomotiva:	2.5367	5.0734	7.6101	[miliona dinara]
Troškovi pogonske energije:	2.56595	2.56595	2.56595	[miliona dinara]
Troškovi manevarskog osoblja	3.456	6.912	10.368	[miliona dinara]
Funkcija cilja:	30.529918	24.7567184	27.974105	[miliona dinara]
Minimum funkcije cilja:	24.756718			[miliona dinara]
Optimalan broj manevarskih lokomotiva:	2			

ODREĐIVANJE OPTIMALNOG BROJA KOLOSEKA OTPREMNE GRUPE NA OSNOVU TEORIJE MASOVNOG OPSLUŽIVANJA

Ulazni podaci:

Broj vozova koji se formira u stanici u toku 1440 min: 37

Prosečan broj kola u jednom sastavu koji se formira u stanici: 40

Broj tranzitnih vozova koji se otpremaju iz otpremne grupe: 30

Prosečan broj kola u tranzitnom sastavu koji se otprema iz otpremne grupe: 20

Broj deonica otpreme vozova iz stanice: 3

Deonica otpreme:	1	2	3	
Broj vozova koji se otprema na "i"-tu deonicu	35	20	12	
Koeficijent varijacije intervala između momenata dostave sastava u otpremni park po izlaznim deonicama:	0.85	0.75	0.7	
Prosečno zadržavanje u stanici uzimajući u obzir čekanje lokomotive na sastav koji se otprema na "i"-tu deonicu	192	192	240	[min]
Prosečno zadržavanje u stanici bez čekanja lokomotive na sastav koji se otprema na "i"-tu deonicu	120	120	132	[min]
Koeficijent varijacije intervala između momenata spremnosti za dostavu na novoformirane sastave:	0.55	0.55	0.5	
Maksimalna propusna moć deonica	142	60	32	[vozova]
Broj putničkih vozova po deonicama	26	11	6	[vozova]
Broj brzih teretnih vozova po deonicama	2	1	1	[vozova]
Broj sabirnih vozova po deonicama	2	2	2	[vozova]
Koeficijent skidanja za putničke vozove	1.4	1.3	1.1	
Koeficijent skidanja za brze teretne vozove	1.3	1.2	1.1	
Koeficijent skidanja za sabirne vozove	1.2	1.1	1.1	
Koeficijent varijacije intervala između mogućih momenta otpremljenja vozova po deonicama	0.7	0.55	0.5	
Vreme za probu kočnica posle dostave vozne lokomotive	18	18	18	[min]
Cena zadržavanja lokomotive za "i"-tu deonicu	17500	17500	19000	[din/dan]

Komercijalni pregled:

Broj partija osoblja na utvrđivanju sastava i komercijalnom pregledu: 3

Broj izvršilaca u jednoj partiji koja radi na pregledu sastava i komercijalnom pregledu: 2

Vreme potrebno za komercijalni pregled jednih kola i utvrđivanje njihovog identiteta: 0.75 [min]

Izdvajanje dokumenata kola i formiranje voznih dokumenata: 15 [min]

Koef. varijacije trajanja komercijalnog pregleda: 0.32

Tehnički pregled:

Broj partija osoblja na tehničkom pregledu:	3
Broj izvršilaca u jednoj partiji koja radi na tehničkom pregledu sastava:	3
Vreme potrebno za tehnički pregled jednih kola:	1 [min]
Koef. varijacije trajanja tehničkog pregleda:	0.35

Prekid u radu osoblja koje radi na pripremi sastava za otpremu:

120 [min/dan]

Vreme potrebno za formiranje put vožnje iz Ra u O grupu:

1 [min]

Vreme ulaza voza u O grupu:

3 [min]

Cena jednog kolskog časa :

20 [dinara]

Mesečni troškovi jedne partije koja obavlja komercijalni pregled:

28000 [dinara]

Mesečni troškovi jedne partije koja obavlja tehnički pregled:

36000 [dinara]

PRORAČUN POTREBNOG BROJA KOLOSEKA:

Intenzitet ulaznog toka u otpremni park po izlaznim deonicama [1/min]

$$\lambda_1 = 0.0243056$$

$$\lambda_3 = 0.0083333$$

$$\lambda_{uo} = 0.9034046$$

Minimalan broj partija osoblja koje radi na pripremi za otpremu izuslova $\psi_{ot < 1}$:

komercijalni pregled: Xmin: 1.9431818 usvojeno:

2 partije

(tehnički pregled: Ymin: 1.5757576

2 partije

Proračun vrednosti funkcije cilja za različite varijante organizacije obrade sastava za otpremu

Varijanta	X	Y	Srednje vreme trajanja komercijalnog pregleda [min]	Srednje vreme trajanja tehničkog pregleda [min]	Kritična i limitirajuća aktivnost [min]	Stepen iskorišćenosti partije na kritičnim aktivnostima	Koeficijent varijacije vremena pripreme za otpremu	Srednje vreme čekanja sastava na obradu pri pripremi za otpremu [min]	Srednji broj sastava koji čekaju na obradu pri pripremi za otpremu	Disperzija broja sastava koji čekaju na obradu pri pripremi za otpremu	S-broj partija osoba na kritičnoj aktivnosti	Koeficijent varijacije intervala između momenata završetka obrade sastava koji se otpremaju na deonicu 1:
1	2	19.141791	15.52238806	19.141791	19.141791	0.9715909	0.32	300.6607	13.989074	209.68327	2	0.5976707
2	2	19.141791	10.34825871	19.141791	19.141791	0.9715909	0.32	300.6607	13.989074	209.68327	2	0.5976707
3	2	19.141791	7.76119403	19.141791	19.141791	0.9715909	0.32	300.6607	13.989074	209.68327	2	0.5976707
4	2	19.141791	6.208955224	19.141791	19.141791	0.9715909	0.32	300.6607	13.989074	209.68327	2	0.5976707
5	3	12.761194	15.52238806	15.522388	15.522388	0.7878788	0.35	27.058444	1.2589693	2.8439729	2	0.6833056
6	3	12.761194	10.34825871	12.761194	12.761194	0.6477273	0.32	10.776369	0.5014005	0.752803	3	0.7655652
7	3	12.761194	7.76119403	12.761194	12.761194	0.6477273	0.32	10.776369	0.5014005	0.752803	3	0.7655652
8	3	12.761194	6.208955224	12.761194	12.761194	0.6477273	0.32	10.776369	0.5014005	0.752803	3	0.7655652
9	4	9.5708955	15.52238806	15.522388	15.522388	0.7878788	0.35	27.058444	1.2589693	2.8439729	2	0.6833056
10	4	9.5708955	10.34825871	10.348259	10.348259	0.5252525	0.35	5.373308	0.2500081	0.3125121	3	0.7942205
11	4	9.5708955	7.76119403	9.5708955	9.5708955	0.4857955	0.32	4.1527721	0.1932193	0.2305529	4	0.8111683
12	4	9.5708955	6.208955224	9.5708955	9.5708955	0.4857955	0.32	4.1527721	0.1932193	0.2305529	4	0.8111683
13	5	7.6567164	15.52238806	15.522388	15.522388	0.7878788	0.35	27.058444	1.2589693	2.8439729	2	0.6833056
14	5	7.6567164	10.34825871	10.348259	10.348259	0.5252525	0.35	5.373308	0.2500081	0.3125121	3	0.7942205
15	5	7.6567164	7.76119403	7.761194	7.761194	0.3939394	0.35	2.3676138	0.1101598	0.122295	4	0.8243469
16	5	7.6567164	6.208955224	7.6567164	7.6567164	0.3886364	0.32	2.2353955	0.104008	0.1148256	5	0.8287416

Iskorišćenost voznih lokomotiva za deonicu 1 i 2 (elektrolokomotive) pri zadržavanju u stanici $\psi_{el} = \psi_l$: 0.625

Iskorišćenost voznih lokomotiva za deonicu 3 (dizel lokomotive) pri zadržavanju u stanici ψ_{dz} : 0.55

Stepen iskorišćenosti izlazne deonice 1 ψ_{a-b} : 0.347912525

Stepen iskorišćenosti izlazne deonice 2 ψ_{a-d} : 0.472813239

Stepen iskorišćenosti izlazne deonice 3 ψ_{a-c} : 0.542986425

Koeficijent varijacije intervala između momenata završetka obrade sastava koji se otpremaju na deonicu 2	Koeficijent varijacije intervala između momenata završetka obrade sastava koji se otpremaju na deonicu 3	Koeficijent varijacije intervala između momenata završetka obrade sastava koji se otpremaju na deonice 1 i 2 (elektrolokomotive)	Srednje vreme čekanja sastava koji se otpremaju na deonicu 1 i 2, na voznu lokomotivu [min]	Srednje vreme čekanja sastava, koji se otpremaju na deonicu 3, na voznu lokomotivu [min]	Ukupno srednje vreme čekanja sastava, koji se otpremaju na bilo koju deonicu, na voznu lokomotivu [min]	Srednji broj sastava koji čekaju na elektrolokomotive	Srednji broj sastava koji čekaju na lokomotive	Disperzija broja sastava koji čekaju na elektrolokomotive	Disperzija broja sastava koji čekaju na dizel lokomotive	Koeficijent varijacije intervala između momenata pojava livanja vozova spremnih za otpremu na deonicu 1	Koeficijent varijacije intervala između momenata pojava livanja vozova spremnih za otpremu na deonicu 2	Koeficijent varijacije intervala između momenata pojava livanja vozova spremnih za otpremu na deonicu 3	Srednje vreme čekanja voza na opravljanje na deonicu [min]
0.5440965	0.5175136	0.6944921	10.702081	20.885421	12.525963	0.3469848	0.0726958	0.4673832	0.0779805	0.5704901	0.5476364	0.5080807	3.1138726
0.5440965	0.5175136	0.6944921	10.702081	20.885421	12.525963	0.3469848	0.0726958	0.4673832	0.0779805	0.5704901	0.5476364	0.5080807	3.1138726
0.5440965	0.5175136	0.6944921	10.702081	20.885421	12.525963	0.3469848	0.0726958	0.4673832	0.0779805	0.5704901	0.5476364	0.5080807	3.1138726
0.5440965	0.5175136	0.6944921	10.702081	20.885421	12.525963	0.3469848	0.0726958	0.4673832	0.0779805	0.5704901	0.5476364	0.5080807	3.1138726
0.6101318	0.5746624	0.7562383	11.923586	23.402889	13.979581	0.4216324	0.1108392	0.5994062	0.1231246	0.6131769	0.5762455	0.5371051	3.3068124
0.6752802	0.6310378	0.8137145	13.154063	26.144415	15.480694	0.4968282	0.1523775	0.7436664	0.1755964	0.6606003	0.6088744	0.5694188	3.5374788
0.6752802	0.6310378	0.8137145	13.154063	26.144415	15.480694	0.4968282	0.1523775	0.7436664	0.1755964	0.6606003	0.6088744	0.5694188	3.5374788
0.6752802	0.6310378	0.8137145	13.154063	26.144415	15.480694	0.4968282	0.1523775	0.7436664	0.1755964	0.6606003	0.6088744	0.5694188	3.5374788
0.6101318	0.5746624	0.7562383	11.923586	23.402889	13.979581	0.4216324	0.1108392	0.5994062	0.1231246	0.6131769	0.5762455	0.5371051	3.3068124
0.6992436	0.6526345	0.8335745	13.60018	27.262582	16.047177	0.5240908	0.1693194	0.798762	0.1979885	0.6784629	0.6218978	0.5826896	3.6288155
0.7136011	0.6651253	0.8452546	13.867573	27.942563	16.388467	0.5404316	0.1796222	0.8324978	0.2118863	0.6893341	0.6299511	0.5907695	3.6855959
0.7136011	0.6651253	0.8452546	13.867573	27.942563	16.388467	0.5404316	0.1796222	0.8324978	0.2118863	0.6893341	0.6299511	0.5907695	3.6855959
0.6101318	0.5746624	0.7562383	11.923586	23.402889	13.979581	0.4216324	0.1108392	0.5994062	0.1231246	0.6131769	0.5762455	0.5371051	3.3068124
0.6992436	0.6526345	0.8335745	13.60018	27.262582	16.388467	0.5404316	0.1796222	0.8324978	0.2118863	0.6893341	0.6299511	0.5907695	3.6855959
0.7252746	0.676253	0.8544042	14.079635	28.528496	16.66749	0.5533909	0.1884999	0.8596323	0.2240322	0.6979406	0.6366339	0.5977338	3.7311877
0.729164	0.6797617	0.8574437	14.150586	28.720396	16.760105	0.5577268	0.1914075	0.868786	0.2280444	0.7008399	0.6388871	0.6000147	3.7466739

Srednje vreme čekanja voza na opravljane na deonicu 2 [min]	Srednje vreme čekanja voza na opravljane na deonicu 3 [min]	Srednje vreme čekanja voza na opravljane na deonicu 1	Srednje broj vozova koji čekaju na opravljane na deonicu 2	Srednje broj vozova koji čekaju na opravljane na deonicu 3	Disperzija srednjeg broja vozova koji čekaju na opravljane na deonicu 1	Disperzija srednjeg broja vozova koji čekaju na opravljane na deonicu 2	Disperzija srednjeg broja vozova koji čekaju na opravljane na deonicu 3	Srednje vreme čekanja opravljanja za sve vozove u opretnom parku	Srednje vreme zadržavanja za sve vozove u opretnom parku	Vreme zauzetsi koloseka opretnne grupe ulazom voza radnim aktivnostima pre i posle dolaska lokomotive i izlazom voza [min]	Potreban broj koloseka u opretnoj grupi	Troskovi zadržavanja kola [miliona dinara]	Troskovi personala [miliona dinara]
9.1961548	19.669288	0.583438	0.0622174	0.0625024	0.0617478	0.0660884	0.066409	7.8946283	358.22308	44.141791	39	90.65432141	6.912
9.1961548	19.669288	0.583438	0.0622174	0.0625024	0.0617478	0.0660884	0.066409	7.8946283	358.22308	44.141791	39	90.65432141	8.856
9.1961548	19.669288	0.583438	0.0622174	0.0625024	0.0617478	0.0660884	0.066409	7.8946283	358.22308	44.141791	39	90.65432141	10.8
9.1961548	19.669288	0.583438	0.0622174	0.0625024	0.0617478	0.0660884	0.066409	7.8946283	358.22308	44.141791	39	90.65432141	12.744
9.6869973	20.843527	0.718228	0.0766359	0.0805237	0.0769813	0.082509	0.0870078	8.3522494	82.912662	40.522388	7	20.982243109	8.424
10.27731	22.227562	0.879374	0.0939764	0.1017648	0.0956703	0.1028079	0.1121209	8.8968463	65.915103	37.761194	6	16.68091541	10.368
10.27731	22.227562	0.879374	0.0939764	0.1017648	0.0956703	0.1028079	0.1121209	8.8968463	65.915103	37.761194	6	16.68091541	12.312
10.27731	22.227562	0.879374	0.0939764	0.1017648	0.0956703	0.1028079	0.1121209	8.8968463	65.915103	37.761194	6	16.68091541	14.256
9.6869973	20.843527	0.718228	0.0766359	0.0805237	0.0769813	0.082509	0.0870078	8.3522494	82.912662	40.522388	7	20.982243109	9.936
10.522002	22.819383	0.943182	0.1011642	0.1108476	0.1032142	0.1113984	0.1231348	9.1235997	58.892343	35.348259	5	14.90368904	11.88
10.675904	23.186392	0.98285	0.105685	0.1164802	0.1079449	0.1168544	0.1300478	9.2649348	57.377069	34.570896	5	14.52022369	13.824
10.675904	23.186392	0.98285	0.105685	0.1164802	0.1079449	0.1168544	0.1300478	9.2649348	57.377069	34.570896	5	14.52022369	15.768
9.6869973	20.843527	0.718228	0.0766359	0.0805237	0.0769813	0.082509	0.0870078	8.3522494	82.912662	40.522388	7	20.982243109	11.448
10.522002	22.819383	0.943182	0.1011642	0.1108476	0.1032142	0.1113984	0.1231348	9.1235997	58.892343	35.348259	5	14.90368904	13.392
10.805118	23.506783	0.1014701	0.1094807	0.1213973	0.1117663	0.1214667	0.1361346	9.3847063	54.181005	32.761194	5	13.71140624	15.336
10.848991	23.612529	0.102552	0.1107695	0.1230202	0.1130689	0.1230394	0.1381542	9.4248321	54.077049	32.656716	5	13.68509845	17.28

<i>Traskovi lokomotiva [miliona dinara]</i>	<i>Funkcija cilja [miliona dinara]</i>	<i>Optimalna varijanta</i>
23.807125	121.37345	
23.807125	123.31745	
23.807125	125.26145	
23.807125	127.20545	
23.807125	53.213556	
23.807125	50.85604	
23.807125	52.80004	
23.807125	54.74404	
23.807125	54.725556	
23.807125	50.590814	10
23.807125	52.151349	
23.807125	54.095349	
23.807125	56.237556	
23.807125	52.102814	
23.807125	52.854531	
23.807125	54.772223	
Minimum funkcije cilja:		
50.59081 [miliona dinara]		

PRORAČUN POTREBNOG BROJA KOLOSEKA RANŽIRNO-OTPREMNE GRUPE:

Broj lokomotiva na završnom formiranju:	1	2	3	[lokom.]
Srednje vreme opsluživanja na završnom formiranju	24	25.2	21	[min]
Prosečni stepen iskorišćenja man. lokomotive:	0.3666667	0.19875	0.09652778	
Srednje vreme čekanja na završno formiranje:	2.9845519	1.3862605	0.43499042	[min]
Srednji broj sastava koji čeka na završno formiranje	0.0766864	0.0356192	0.01117684	
Disperzija srednjeg broja sastava koji čekaju završ	0.0825672	0.0368879	0.01130176	
Ukupno srednje zadržavanje sastava u sistemu formiranja: čekanje+proces formiranja	23.984552	22.386261	21.4349904	[min]
Dopunski broj koloseka ranž.-otpremne grupe	6.04729	6.2	6.1	
Usvojen dopunski broj koloseka RaO grupe	7	7	7	[koloseka]
Ukupan broj potrebnih koloseka RaO grupe	25	25	25	[koloseka]

1.0 0.0

PRORAČUN FUNKCIJE CILJA

Troškovi zadržavanja kola	4.8590183	4.7872993	3.85972727	[miliona dinara]
Troškovi manevarskih lokomotiva:	2.5367	5.0734	7.6101	[miliona dinara]
Troškovi pogonske energije:	1.418025	1.418025	1.418025	[miliona dinara]
Troškovi manevarskog osoblja	3.456	6.912	10.368	[miliona dinara]
Funkcija cilja:	12.269743	18.190724	23.2558523	[miliona dinara]
Minimum funkcije cilja:	12.269743			[miliona dinara]
Optimalan broj manevarskih lokomotiva:	1			

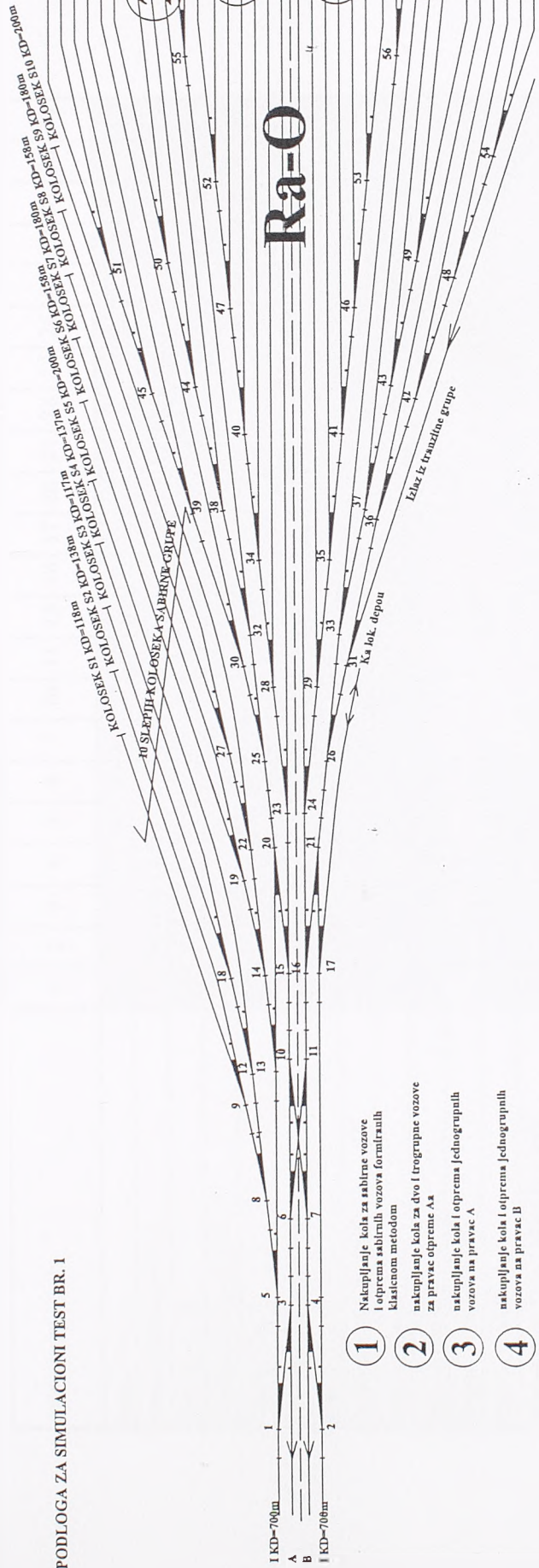
POVEĆANJE BROJA RANŽIRNIH KOLOSEKA U REŠENJU SA RaO U ODNOSU NA REŠENJE SA Ra GRUPOM:

25	-	22	=	3	ranžirna koloseka
Usvojeno rešenje RaO grupe sadrži: 32 ranžirna koloseka					
Usvojeno rešenje Ra grupe sadrži: 24 ranžirna koloseka					
Troškovi za ranžirno-tehničku opremu RaO grupe: 4*442500+32*231667 9183344 DM					
Troškovi za ranžirno-tehničku opremu Ra grupe: 4*442500+24*231667 7330008 DM					

PRILOG 3

SIMULACIONI MODEL IZLAZNOG GRLA
RANŽIRNO-OTPREMNE GRUPE
GRAVITACIONE RANŽIRNE STANICE

PODLOGA ZA SIMULACIONI TEST BR. 1



KOLOSEK 1
 KOLOSEK 2
 KOLOSEK 3
 KOLOSEK 4
 KOLOSEK 5
 KOLOSEK 6
 KOLOSEK 7
 KOLOSEK 8
 KOLOSEK 9
 KOLOSEK 10
 KOLOSEK 11
 KOLOSEK 12
 KOLOSEK 13
 KOLOSEK 14
 KOLOSEK 15
 KOLOSEK 16
 KOLOSEK 17
 KOLOSEK 18
 KOLOSEK 19
 KOLOSEK 20
 KOLOSEK 21
 KOLOSEK 22
 KOLOSEK 23
 KOLOSEK 24
 KOLOSEK 25
 KOLOSEK 26
 KOLOSEK 27
 KOLOSEK 28
 KOLOSEK 29
 KOLOSEK 30
 KOLOSEK 31
 KOLOSEK 32
 KOLOSEK 33
 KOLOSEK 34
 KOLOSEK 35
 KOLOSEK 36

- 1 Nakupljanje kola za sibirne vozove i otprema sibirnih vozova formiranih klasičnom metodom
- 2 nakupljanje kola za dvo i trogrupne vozove za pravac otpreme Aa
- 3 nakupljanje kola i otprema jednogrupnih vozova na pravac A
- 4 nakupljanje kola i otprema jednogrupnih vozova na pravac B
- 5 nakupljanje kola i otprema dvo i trogrupnih vozova na pravac B
- 6 Izdvižanje neispravnih kola i kola za stanična postrojenja

ZAUZETOST SKRETNICA UZLAZNOG GRLA RaO GRUPE

Napomena: uneti "*" u preseku reda koji definiše operaciju i kolona koje definišu skretnice na kolosečnom putu

ZAUZETOST SKRETNICE BROJ

PRVA OPERACIJE	1	2	3	4	5	6	7	10	11	15	16	17	20	21	23	24	25	26	30	31	32	33	
Izlaz iz 3 na A			*			*		*	*	*					*								
Dostava lokomotive u 3		*		*			*	*		*	*	*			*								
Izlaz iz 4 na B				*			*		*		*	*				*							
Dostava lokomotive u 4		*		*			*		*	*	*	*				*						*	*
Izlaz iz 2 na A						*		*		*		*	*				*	*				*	*
Dostava lokomotive u 2		*		*			*	*		*	*	*					*	*				*	*
Izlaz iz 5 na B							*		*		*	*					*	*				*	*
Dostava lokomotive u 5												*	*				*	*				*	*
Izlaz iz 1 na A						*		*		*			*				*	*					
Izlaz iz 1 na B				*			*	*	*	*			*				*	*					
Dostava lokomotive u 1		*		*			*	*		*		*	*				*	*					
Izlaz iz 1 na 11	*												*				*	*					
Povratak sa 11 u 1/izlaz iz 1 na 11	*				*								*				*	*					
Dolazak manevarke sa 11 u 2	*				*								*				*	*				*	*
Manevrisanje lokomotive na ulasku u 2																	*	*				*	*
Dolazak manevarke sa 12 u 5		*										*					*	*				*	*
Manevrisanje lokomotive na ulasku u 5																	*	*				*	*
Izlaz iz 6 ka staničnim postrojenjima												*					*	*			*	*	*
Dolazak manevarke sa 12 u 6		*										*					*	*			*	*	*
Dolazak manevarke sa 12 u 2		*		*				*		*			*				*	*			*	*	*

		ZAUZETOST SKRETNIČE BROJ OPERACIJOM BROJ:																					
		1	2	3	4	5	6	7	10	11	15	16	17	20	21	23	24	25	26	30	31	32	33
konfliktne operacije sa operacijom 1:																							
2									2		2					2							
nema konf.sa 3																							
nema konf.sa 4																							
5		5			5		5		5		5												
6									6		6												
nema konf.sa 7																							
nema konf.sa 8																							
9		9			9		9		9		9												
10									10		10												
11									11		11												
nema konf.sa 12																							
nema konf.sa 13																							
nema konf.sa 14																							
nema konf.sa 15																							
nema konf.sa 16																							
nema konf.sa 17																							
nema konf.sa 18																							
nema konf.sa 19																							
20									20		20												

		ZAUZETOST SKRETNIČE BROJ OPERACIJOM BROJ:																					
		1	2	3	4	5	6	7	10	11	15	16	17	20	21	23	24	25	26	30	31	32	33
konfliktne operacije sa operacijom 2:																							
1									1		1					1							
3					3		3																
4		4			4		4						4										
5									5		5												
6		6			6		6		6		6												
7									7														
8																							
9																							
10					10		10		10		10												
11		11			11		11		11		11												
nema konf.sa 12																							
nema konf.sa 13																							
nema konf.sa 14																							
nema konf.sa 15																							
16		16																					
nema konf.sa 17																							
18																							
nema konf.sa 19		19																					
20		20			20		20		20		20												

ZAUZETOST SKRETNIČE BROJ OPERACIJOM BROJ

	1	2	3	4	5	6	7	10	11	15	16	17	20	21	23	24	25	26	30	31	32	33	
konfliktne operacije sa operacijom 5:																							
1			1				1		1	1													
2								2	2														
nema konf.sa 3																							
nema konf.sa 4																		6				6	
6			6			6	6	6	6	6		6	6				6					6	
7								7	7	7		7	7				7					7	
nema konf.sa 8																							
nema konf.sa 9																							
10			10			10	10	10	10	10		10	10				10						
11								11	11	11		11	11				11						
12								12	12	12		12	12				12						
13																	13						
14																	14						
15																	15						15
16																	16						16
nema konf.sa 17																							
nema konf.sa 18																							
nema konf.sa 19																							
nema konf.sa 20																							

ZAUZETOST SKRETNIČE BROJ OPERACIJOM BROJ

	1	2	3	4	5	6	7	10	11	15	16	17	20	21	23	24	25	26	30	31	32	33	
konfliktne operacije sa operacijom 6:																							
1								1	1	1													
2		2		2			2	2	2	2		2											
3				3			3																
4			4	4			4					4											
5								5	5	5		5	5				5					5	
7								7	7	7		7	7				7					7	
8												8											
9													9										
10								10	10	10		10	10				10						
11								11	11	11		11	11				11						
12			12	12			12	12	12	12		12	12				12						
13																	13						
14																	14						
15																	15						15
16																	16						16
17													17										
nema konf.sa 18																							
19													19										
20			20										20										

ZAUZETOST SKRETNIČE BROJ OPERACIJOM BROJ

	1	2	3	4	5	6	7	10	11	15	16	17	20	21	23	24	25	26	30	31	32	33
konfliktne operacije sa operacijom 9:																						
1		1				1		1		1												
2								2		2												
nema konf.sa 3																						
nema konf.sa 4																						
5		5			5			5		5			5				5					
6								6		6			6				6					
nema konf.sa 7																						
nema konf.sa 8																						
10								10		10			10				10					
11								11		11			11				11					
12													12				12					
13													13				13					
14													14				14					
15													15				15					
nema konf.sa 16																						
nema konf.sa 17																						
nema konf.sa 18																						
nema konf.sa 19																						
20								20		20			20				20					

ZAUZETOST SKRETNIČE BROJ OPERACIJOM BROJ

	1	2	3	4	5	6	7	10	11	15	16	17	20	21	23	24	25	26	30	31	32	33
konfliktne operacije sa operacijom 10:																						
1								1		1												
2				2			2	2		2												
3				3			3	3		3												
4				4			4	4		4												
5								5		5			5				5					
6								6		6			6				6					
7								7		7												
nema konf.sa 8																						
9								9		9			9				9					
11								11		11			11				11					
12													12				12					
13													13				13					
14													14				14					
15													15				15					
nema konf.sa 16																						
nema konf.sa 17																						
nema konf.sa 18																						
nema konf.sa 19																						
20				20				20		20			20				20					

		ZAUZETOST SKRETNIČE BROJ OPERACIJOM BROJ																					
		1	2	3	4	5	6	7	10	11	15	16	17	20	21	23	24	25	26	30	31	32	33
konfliktne operacije sa operacijom 11:									1														
1									1														
2		2			2			2	2				2										
3					3			3															
4		4			4			4					4										
5									5					5				5					
6		6			6			6	6				6	6				6					
7					7			7															
8													8										
9									9					9				9					
10					10			10	10					10				10					
12														12				12					
13														13				13					
14														14				14					
15																		15					
16		16												16									
nema konf.sa 17																							
18														18									
19		19												19									
20		20			20			20	20					20				20					

		ZAUZETOST SKRETNIČE BROJ OPERACIJOM BROJ																					
		1	2	3	4	5	6	7	10	11	15	16	17	20	21	23	24	25	26	30	31	32	33
konfliktne operacije sa operacijom 12:																							
nema konf.sa 1																							
nema konf.sa 2																							
nema konf.sa 3																							
nema konf.sa 4																							
5														5				5					
6														6				6					
nema konf.sa 7																							
nema konf.sa 8																							
9														9				9					
10														10				10					
11														11				11					
13		13												13				13					
14		14												14				14					
15																		15					
nema konf.sa 16																							
nema konf.sa 17																							
nema konf.sa 18																							
nema konf.sa 19																							
20														20				20					

		ZAUZETOST SKRETNIČE BROJ OPERACIJOM BROJ																					
		1	2	3	4	5	6	7	10	11	15	16	17	20	21	23	24	25	26	30	31	32	33
konfliktne operacije sa operacijom 13:																							
	nema konf.sa 1																						
	nema konf.sa 2																						
	nema konf.sa 3																						
	nema konf.sa 4													5									
	5												6										
	6																						
	nema konf.sa 7																						
	nema konf.sa 8																						
	9												9							9			
	10												10							10			
	11												11							11			
	12												12							12			
	14												14							14			
	15																			15			
	nema konf.sa 16																						
	nema konf.sa 17																						
	nema konf.sa 18																						
	nema konf.sa 19																						
	20													20						20			

		ZAUZETOST SKRETNIČE BROJ OPERACIJOM BROJ																					
		1	2	3	4	5	6	7	10	11	15	16	17	20	21	23	24	25	26	30	31	32	33
konfliktne operacije sa operacijom 14:																							
	nema konf.sa 1																						
	nema konf.sa 2																						
	nema konf.sa 3																						
	nema konf.sa 4																						
	5													5						5			5
	6													6						6			6
	nema konf.sa 7																						
	nema konf.sa 8																						
	9																						
	10													9						9			
	11													10						10			
	12													11						11			
	13													12						12			
	15													13						13			
	nema konf.sa 16																						
	nema konf.sa 17																						
	nema konf.sa 18																						
	nema konf.sa 19																						
	20																						
														20						20			20

Tabela ulaznih geometrijskih podataka za potprogram "Simulacija završnog formiranja višegrupnih sastava na kolosecima sabirne grupe"

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	66.666	182.314	182.314	146.962	286.81	286.81	332.75	332.75	297.399
2	66.66	0	182.3	182.3	146.962	286.81	286.81	332.75	332.75	297.399
3	182.314	182.3	0	66.66	102.018	332.75	332.75	378.69	378.69	343.34
4	182.314	182.314	66.66	0	102.018	332.75	332.75	378.69	378.69	343.34
5	146.962	146.962	102.018	102.018	0	297.4	297.4	343.34	343.34	307.99
6	286.811	286.811	332.75	332.75	297.4	0	66.66	182.31	182.31	146.96
7	286.811	286.811	332.75	332.75	297.4	66.66	0	182.31	182.31	146.96
8	332.751	332.751	378.7	378.7	343.34	182.31	182.31	0	66.666	102.02
9	332.751	332.751	378.7	378.7	343.34	182.31	182.31	66.666	0	102.02
10	297.399	297.399	343.34	343.34	307.99	146.96	146.96	102.02	102.02	0

RASTOJANJA U [m] PRI PRELAZU SA JEDNOG KOLOSEKA SABIRNE GRUPE
NA DRUGI KOLOSEK SABIRNE GRUPE

SIMULACIJA RASTAVLJANJA VIŠEGRUPNIH SASTAVA U SABIRNOJ GRUPI I NJIHOVOG FORMIRANJA NA IZVLAČNJAKU II

potrebno

vreme [min]:
 ukupan broj kola
 redni br. simulacije

broj grupa:

Slučajni sastav voza:

12	61	23	31	71	44	56	34	81	13	82	51	8	75 00006	34	1
62	41	21	12	55	32	42	13	24	55	25	52	6	50.405346	29	2
42	11	15	45	22	41	26	45	35	41	14	46	4	47.256126	43	3
86	63	12	81	35	68	42	92	53	26	77	82	9	89.788524	47	4
0	0	0	0	45	16	66	21	61	36	58	21	6	48.501972	34	5
92	82	95	75	22	33	56	61	15	45	92	32	9	73.852056	40	6
0	0	0	0	0	0	55	19	26	54	39	48	5	27.79887	41	7
0	0	0	0	22	33	56	61	15	45	77	32	7	52.13016	31	8
0	0	0	0	0	16	42	21	46	36	58	21	5	30.20613	31	9
0	0	52	11	25	66	55	19	26	54	39	48	6	49.920168	55	10
0	0	0	23	16	26	33	16	45	11	39	48	4	37.976142	47	11
0	12	55	33	16	26	33	16	45	11	39	48	5	45.229674	54	12
0	92	55	33	84	26	61	16	45	71	39	48	9	79.431438	50	13
0	0	0	0	22	15	33	24	14	46	39	48	4	31.668714	39	14
0	0	11	31	22	15	33	22	14	46	39	48	4	37.023882	41	15
57	11	15	45	22	41	26	45	35	41	14	46	5	47.487678	48	16
61	54	22	13	51	44	23	11	33	55	26	32	6	50.767668	35	17
0	12	36	26	44	16	53	43	12	58	16	62	6	51.106566	48	18
0	0	0	48	16	37	12	29	11	31	42	51	5	33.927066	37	19
0	74	85	23	34	71	36	42	13	52	61	81	8	64.789092	32	20
0	16	33	52	77	16	29	54	12	43	66	71	7	56.651514	49	21
0	0	26	52	32	21	11	41	36	55	12	23	5	33.50835	29	22
0	12	43	16	26	11	46	21	31	22	11	42	4	38.987166	31	23
0	0	0	42	26	12	46	15	21	31	11	34	4	34.927662	28	24
0	26	54	12	43	51	11	31	41	36	51	46	5	37.056258	32	25
0	0	0	0	36	43	51	29	58	15	61	26	6	42.532716	39	26
0	0	0	0	0	0	12	38	49	18	22	16	4	25.967322	35	27
0	15	42	65	43	33	21	14	58	41	11	24	6	49.075818	37	28
81	52	74	85	74	67	52	13	47	21	31	11	8	68.447304	38	29
0	0	0	0	0	0	32	15	57	36	48	26	5	28.510842	34	30
0	0	54	28	14	21	42	36	11	51	12	52	5	34.600674	31	31
0	26	16	61	34	11	31	52	46	12	53	62	6	50.997936	34	32
0	0	0	0	0	51	36	52	46	17	41	29	5	30.819834	32	33
26	11	51	28	11	41	36	46	16	22	31	52	5	40.14177	41	34
0	27	41	13	22	43	14	21	12	41	11	36	4	39.681306	31	35

Naziv operacije br. 5:

Izlaz iz 2 na A

Pretpostavka o slučajnoj raspodeli intervala završetka završnog formiranja u 2

Red br.	Trajanje komercijalnog pregleda sa pregledom dokumenata [min]	Trajanje tehničkog pregleda [min]	Zahtev za operacijom 5 [min]	Interval pojave zahteva za operacijom 5 [min]	Trenutak pojave zahteva i [min]	Pojava zahteva na koloseku br.	Definisanje specijalizacije kola za nakupljanje pojedinih grupa:	Kolosek br.	Tip voza	Broj kola u I grupi:	Broj kola u II grupi:	Broj kola u III grupi	Ukupna dužina dvo/trogrupnog voza [m]	Rastojanje od medika skretnice br. 36 do medika skretnice br. 3 [m]
1	15.25	13.67	92.000	92.000	92.000	9	I grupa dvog. voza	6	Dvog.	17	24	5	417	317.694
2	17.00	16.00	177.000	269.000	269.000	9	II grupa dvog. voza	7	Trog.	11	32	5	487	
3	13.50	11.33	165.000	434.000	434.000	9	I grupa trog. voza	8	Dvog.	5	29		347	
							II grupa trog. voza	10						
							III grupa trog. voza	11						

Naziv operacije br. 7:

Izlaz iz 5 na B

Red br.	Trajanje komercijalnog pregleda sa pregledom dokumenata [min]	Trajanje tehničkog pregleda [min]	Zahtev za operacijom 5 [min]	Interval pojave zahteva za operacijom 5 [min]	Trenutak pojave zahteva i [min]	Pojava zahteva na koloseku br.	Definisanje specijalizacije kola za nakupljanje pojedinih grupa:	Kolosek br.	Tip voza	Broj kola u I grupi:	Broj kola u II grupi:	Broj kola u III grupi	Ukupna dužina dvo/trogrupnog voza [m]	Rastojanje od medika skretnice br. 37 do medika skretnice br. 4 [m]
1	12.75	10.33	160.000	160.000	160.000	28	I grupa dvog. voza	31	Dvog.	14	17		310	
2	12.50	10.00	152.000	312.000	312.000	28	II grupa dvog. voza	30	Trog.	5	22	3	300	
3	14.75	13.00	90.000	402.000	402.000	28	I grupa trog. voza	29	Trog.	7	18	14	397	
							III grupa trog. voza	27						
							II grupa trog. voza	26						317.694

Naziv operacije br. 6:

Dostava lokomotive u 2

Naziv operacije br. 14:

Dolazak manevarke sa 11 u 2

Red br.	Zahtev za operacijom 6: Kolosek na koji se dostavlja vozna lokomotiva	Pretpostavka o slučajnoj raspodeli intervala završetka završnog formiranja u 2					Pretpostavka o slučajnoj raspodeli intervala završetka završnog formiranja u 2				
		Vreme potrebno za dostavu vozne lokomotive [min]	Ukupna dužina dvo/trogrpnog voza [m]	Interval pojave zahteva za operacijom br. 6 [min]	Trenutak pojave zahteva t [min]	Tip voza koje se formira:	Vreme potrebno za dolazak manevarke sa 11 do početka skretnice br.48, odnosno br.42	Interval pojave zahteva za operacijom br. 14 [min]	Trenutak pojave zahteva t [min]	Rastojanje od početka skretnice br. 1 do početka skretm. br. [m]	
1	9	4.652011976	417	52.811	52.81094611	Dvog.	3.51	36.420	36.420	42	373.93
2	9	4.652011976	487	136.061	188.8718922	Trog.	3.24	111.763	148.183	48	419.33
3	9	4.652011976	347	127.561	316.4328383	Dvog.	3.51	112.429	260.611	36	328.53

Naziv operacije br. 8:

Dostava lokomotive u 5

Naziv operacije br. 20:

Dolazak manevarke sa 12 u 2

1	28	4.652011976	310	124.598	124.597988	Dvog.	3.51	36.420	36.420	42	373.93
2	28	4.652011976	300	116.848	241.443976	Trog.	3.24	111.763	148.183	48	419.33
3	28	4.652011976	397	52.598	294.0439641	Dvog.	3.51	112.429	260.611	36	328.53

Naziv operacije br. 16:

Dolazak manevarke sa 12 u 5

Naziv operacije br. 15: Manevrisanje lokomotive na ulasku u 2

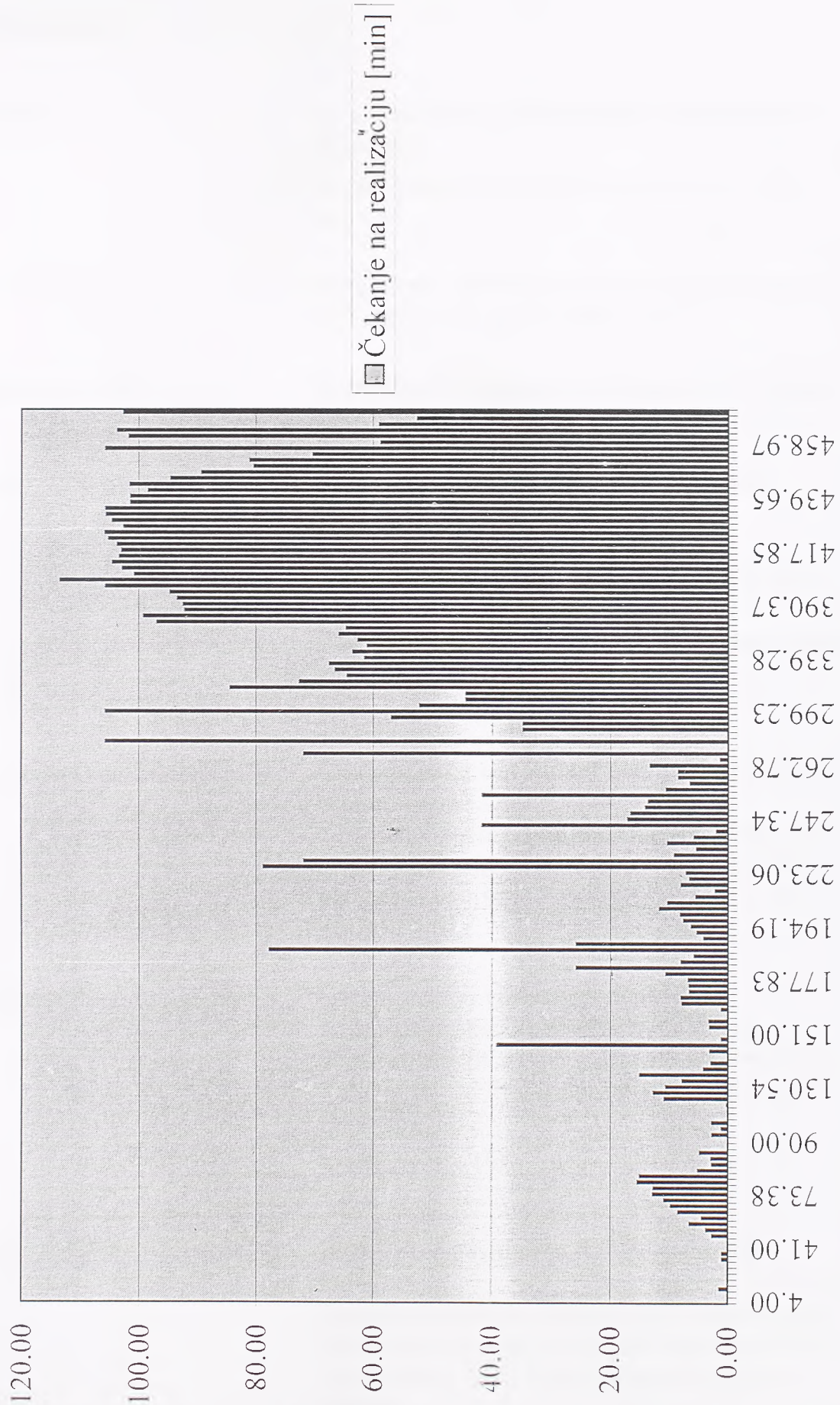
Pretpostavka o slučajnoj raspodeli intervala završetka nakupljanja višegrupnog sastava za pravac opreme A

Red. br.	Interval pojave zahteva za operacijom 15 [min]	Trenutak pojave zahteva 1 [min]	Tip sastava	Dužina I grupe [m]	Dužina II grupe [m]	Dužina III grupe [m]	Vreme potrebno za manevarski rad lokomotive [min]	Vreme potrebno za povatak lokomotive na izvlačnjak (11 ili 12) [min]	Referentna rastojanja za formiranje dvogrupoog voza [m]	
									M36-M48	M36-M36
1	39.931	39.93057486	Dvog.	170	247	0	11.88037125	3.039095808	PS42-M42	33.333
2	115.002	154.9325581	Trog.	110	327	50	20.05896288	3.039095808	M42-PS36	124.333
3	115.940	270.8723282	Dvog.	50	297	0	10.62117597	3.039095808	PS36-M36	33.333
									M36-M48	90.884
									M36-PS1	328.529

Naziv operacije br. 17: Manevrisanje lokomotive na ulasku u 5

Red. br.	Interval pojave zahteva za operacijom 15 [min]	Trenutak pojave zahteva 1 [min]	Tip sastava	Dužina I grupe [m]	Dužina II grupe [m]	Dužina III grupe [m]	Vreme potrebno za manevarski rad lokomotive [min]	Vreme potrebno za povatak lokomotive na izvlačnjak (11 ili 12) [min]	Referentna rastojanja za formiranje trogrupoog voza [m]	
									M36-M48	M36-PS2
1	113.642	113.642	Dvog.	140	170	0	9.955601324	3.039095808	PS42-M42	33.333
2	98.433	212.075	Trog.	50	220	30	17.41519631	3.039095808	M42-PS36	78.775
3	32.678	244.733	Trog.	70	187	140	18.92003833	3.039095808	PS36-M36	33.333
									M36-PS32	78.775
									PS32-M52	241.538
									M52-PS52	33.333
									M36-PS2	328.529

Čekanje na realizaciju [min]



Spisak literature

- 1 Amans, F. **La nouvelle Gare Marchandises de Perpignan-Roussillon.**
Revue Generale des Chemins de Fer, N° 1,1987.,
s.31 - 35
- 2 Avramović, Z. **Računarsko upravljanje ranžirnim stanicama.**
monografija. Beograd, 1989.. s. 147
- 3 Baumgartner,J.P. **Produktivität: Zusammensetzung und Messung.**
Schienen der Welt, Folge 20 (1989), Heft 3, S. 5-10
- 4 Beisler.L., Ketter.J. und Molle.P. **Rationalisierung bei der Zugbildung und
Nachbereichsbedienung im
Schienengüterverkehr.**
ETR, Folge 44 (1995), Heft 4- April, S 225 - 231
- 5 Bernstein, G. und Gerstner.W. **Gleisfüllung und Beidrücken im Rangierbahnhof
Offenburg.**
RT+GT, Folge 47. 1987/88, S.21-24
- 6 Bernstein, G. und Gerstner.W. **Untersuchung von Zulauf und Füllstand im
Richtungsgleis.**
Forschungsarbeit des Instituts für Straßenbau und
Eisenbahnwesen der Universität Karlsruhe (TH),
TH Karlsruhe. 1986. nicht veröffentlicht, S. 59 +
Anlagen S.70
- 7 Bernstein, G. und Oser, U. **Simulation des rechnergesteuerten
Ablaufbetriebs auf Rangierbahnhöfen.**
Abschlußbericht. Forschungsarbeit des Instituts für
Straßenbau und Eisenbahnwesen der Universität
Karlsruhe (TH).
TH Karlsruhe. 1986. nicht veröffentlicht
- 8 Bernstein, G. und Gerstner,W. **Beidrückdisposition in Rangierbahnhof
Offenburg.**
Forschungsarbeit des Instituts für Straßenbau und
Eisenbahnwesen der Universität Karlsruhe (TH).
Th Karlsruhe. 1987. nicht veröffentlicht, S.61 +
Anlagen

- 9 Bernstein, G. und Gerstner, W. **Untersuchung der Füllstandänderungen in der Richtungsgleisen des Rangierbahnhofs Offenburg.**
Forschungsarbeit des Instituts für Straßenbau und Eisenbahnwesen der Universität Karlsruhe (TH), Th Karlsruhe, 1987, nicht veröffentlicht. S.29 + Anlagen
- 10 Bruckmann, H.G. **Automatisierter Umschlag im Kombinierten Verkehr.**
Eisenbahningenieur, Folge 47 (1996), Heft 2, S. 26-30
- 11 Carolus, G. **Verringerung des Rangieraufwands durch die wahlfreie Benutzung von Richtungsgleisen in Rangierbahnhöfen.**
ETR, Folge 36 (1987), Heft 9 - September, S.569-574
- 12 Čičak, M., Jokić, M. **Matematičke metode u železničkom saobraćaju i transportu.**
Saobraćajni fakultet. Beograd, 1987., s. 401
- 13 Deutsche Bundesbahn **Wissenschaftlicher Ausschuß für Bau- und Betriebstechnik.**
26. Sitzung, Sitzungsniederschrift, am 1. und 2. April 1987 in Maria Laach
- 14 Deutsche Bundesbahn **Betriebliche Planung von Rangierbahnhöfen.**
Zentrale Transportleitung- 305.3052 Bpr-, 1983., S. 141
- 15 Deutsche Bundesbahn **Richtlinien für das Entwurf von Rangierbahnhöfen - DV 840, Eingebesserter Entwurf, 1966. S. 108**
- 16 Deutsche Bundesbahn **Richtlinien für eisenbahnbetriebliche Untersuchungen - Rangierbahnhöfe - DS 405/7. 1985., S. 50**
- 17 Deutsche Bundesbahn AG **Bericht über Schallemissionsmessungen an mit besonderan Lärminderungsmaßnahmen ausgerüsteten eiseitigen balkenbremsen (Bauart TW-E) im Rbf Nürnberg.**
DB-ZTQ 14 Jä. 01.03.1995
- 18 Decker, W. **Planung, Realisierung und Inbetriebnahme des bahnhofs Bremerhaven - Speckenbüttel**
Die Bundesbahn. 1985, Heft 9, S. 767-770

- 19 Ebeling, W.J. **Der funkgesteuerbare Selbstverschubwagen.**
Transport- und Umschlagtechnik, Folge 53 (1993),
S. 11-14
- 20 Euler, L. **Der Rangierbahnhof Maschen - Erfahrungen mit
dem Prozeßrechnersystem nach Inbetriebnahme
der 2. Teilstufe des Nord/Süd - Systems.**
Signal und Draht, Folge 70 (1978), Heft 5, S. 111-
120
- 21 Felsing, A. und Hoffmann, E. **Die Automatische Zugkupplung,
Stand der Entwicklung und Versuchprogramm.**
ETR, Folge 44 (1995), Heft 4 - April, S. 247-250
- 22 Frederich, F. und Lege, B. **SST und SOG, Neuerungen für den Schienen -
Güterverkehr.**
ETR, Folge 45 (1996), Heft 10 - Oktober, S. 611-
616
- 23 Gerstner, W. **Einsatzstrategien für Beidrücklokomotiven.**
Dissertation, Karlsruhe, 1991, S. 145
- 24 Göpner, M. **Simulation des freien Ablaufs in Rangieranlagen
unter Verwendung eines Massenbandmodells
RT+GT, Heft 47 (1987/88), S.25-29**
- 25 Götzl, O. **Bauausführung durch die Baugruppe Nürnberg
Rbf.**
RT+GT, Folge 47 (1988/89), S.49-56
- 26 Grolms, R. und Jung, M. **Der Intelligente Güterwagen - Komponenten für
eine Realisierung.**
Transport- und Umschlagtechnik, Folge 54 (1994),
S. 27-31
- 27 Haupt, F. **Kostengünstiges Rangieren mit GERA am
Beispiel von Standardbahnhöfen**
Eisenbahningenieur, Folge 47 (1996), Heft 2, S. 20-
25
- 28 Heinisch, R. **Güterverkehr der Zukunft - Neue Technologien
im Schienengüterverkehr.**
Leitartikel, ETR, Folge 44 (1995), Heft 4 - April,
S.223-224
- 29 Heinritz, M. und Meuters, G. **Thyssen - Rangiertechnik -
Entwicklungstendenzen und Stand der Technik.**

- 30 Herbst, W. **Sollte und kann die Leistungsfähigkeit der Hochleistungsrangierbahnhöfe noch gesteigert werden?**
Schienen der Welt, November 1989, S. 3-14
- 31 Hereth, K. U. **Chancen und Grenzen der gleichmäßigen Auslastung eines Rangierbahnhofs, Konsequenzen und Nutzen für die Planung.**
RT+GR, Folge 50 (1990), S. 29 - 34
- 32 Herrmann, E. und Schmidt, M. **Funkferngesteuerter Abdrückbetrieb.**
RT+GT, Folge 47 (1988/89), S. 41-48
- 33 Hiller, W. **Rangierbahnhöfe.**
Transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin 1983, S. 171
- 34 Hoffmann, E. **Die automatische Zugkupplung.**
Eisenbahningenieur, Folge 46 (1995), Heft 9, S. 634-640
- 35 Hörder, A. und Krömer, R. **Technische Realisierung der Laufzielbremsung aus der Richtungsgleisbremse.**
ETR, Folge 28 (1979), Heft 12, S.887-890
- 36 Hörder, A. und Mickler, G. **Laufzielzonenbremsung aus der gebogenen Richtungsgleisbremse im Rangierbahnhof Kornwestheim.**
RT+GT, Folge 47 (1987/88), S.11-19
- 37 Jahnke, B. **Innovative Systeme für den Schienengüterverkehr.**
ETR, Folge 44 (1995), Heft 4 - April, S. 233 - 240
- 38 Jahnke, B. **Die automatisierte Güterbahn.**
Eisenbahningenieur. Folge 47 (1996), Heft 2, S. 10-15
- 39 Janjić, S. **Železničke ranžirne stanice (Savremene koncepcije ranžirne tehnike).**
Beograd, 1970.. s. 123
- 40 Janjić, S. **Železničke stanice II.**
Beograd, 1983.. s. 105

- 41 Kandler, J. **Wie wird sich der europäische Fernverkehr bis zum Jahr 2010 entwickeln?**
Seminar für Verkehrswirtschaft und Öffentl. Wirtschaft der Universität München, Verkehrstechnik Express, Heft 2 (1993), S.16-20
- 42 Kracke, R. **Ist Rangieren auch in Zukunft sinnvoll?**
ETR, Folge 35 (1986), Heft 9 - September, S. 555 - 556
- 43 Lorenzen, C. **Rangierbahnhof Nürnberg - ersters Vorhaben der Rahmenplanung Rangierbahnhöfe - fertiggestellt.**
Leitartikel, RT+GT, Folge 47 (1998), S.5-6
- 44 Lorenzen, C. , Fiedler, A. und Zacharias, R. **Bautechnische Planung, Steuerung und finanztechnische Abwicklung beim Umbau gefällerrangierbahnhof Nürnberg.**
RT+GT, Folge 47 (1988/89), S.17-24
- 45 Marr, C. **Weiterentwicklungen in der Rangiertechnik.**
RT+GT, Folge 32 (1972), S.11-19
- 46 Martens, A. **Welche Zukunft für den wagenladungsverkehr?**
Der Plan STAR 21 der SNCB, aus dem Französischen übersetzt, Schienen der Welt, Heft 8 - August/September (1991), S. 7 - 17
- 47 Meyer, H.J. **Die Automatisierung von Ablaufanlagen nach dem Verfahren der Laufzielbremsung.**
ETR, Folge 28 (1979), Heft 12, S. 883-886
- 48 Meyer, H.J. **Automatisierung von Rangierbahnhöfen.**
Eisenbahningenieur, Folge 31 (1980), Heft 3, S. 84-97
- 49 Meyer, H.J. **Die rangiertechnische Konzeption für die Modernisierung der Rangierbahnhöfe der Deutschen Bundesbahn.**
ETR, Folge 35 (1986), Heft 9 - September, S. 561-566
- 50 Meyer, H.J. und Orthmann, K. **Rangiertechnische Versuchsanlage im Rangierbahnhof Kornwestheim - Verfahrenstechnik und technische Einrichtungen.**
RT+GT, Heft 47 (1987/88), S. 3-9

- 51 Mickler, G. **Die Steuerung der modifizierten Laufzielbremsung aus der Richtungsgleisbremse im Rangierbahnhof Nürnberg.**
RT+GT, Folge 47 (1988/89), S. 19-21
- 52 Mickler, G. **Der vollautomatisierte Rangierbahnhof.**
Eisenbahningenieur, Folge 47 (1996), Heft 2, S. 16-18
- 53 Opricović, S. **Višekriterijumska optimizacija.**
Monografija. Beograd. 1986.
- 54 Opricović, S. **Optimizacija sistema.**
Građevinski fakultet. Beograd. 1992.
- 55 ORE D 74/RP 4/D **Leistungsfähigkeit verschiedener Arten automatischer Ablaufanlagen.**
Bericht Nr 4, Utrecht. 1969.
- 56 ORE D 74/RP 5/D **Kosten der verschiedenen Systeme.**
Bericht Nr 5, Utrecht, 1971.
- 57 ORE D 74/RP 6/D **Einfluss des künftigen Güterwagenparks mit automatischer Kupplung auf die Leistungsfähigkeit von automatischen Ablaufanlagen.**
Bericht Nr 6, Utrecht, 1973.
- 58 Orthmann, K. und Peter, J. **Rangiertechnische Verfahren und rangiertechnische Einrichtungen im Rangierbahnhof Nürnberg.**
RT+GT, Folge 47 (1988/89), S. 25-32
- 59 Orthmann, K. **Innovative Rangiertechnik bei der Deutschen Bundesbahn.**
Eisenbahningenieur, Folge 43 (1992), Hft 8, S. 472 - 480
- 60 Oser, U. **Stochastisches Modell zur Analyse und Simulation des Rechnergesteuerten Ablaufbetriebs.**
Dissertation an der Universität Karlsruhe. 1980. s 174 + Anlagen
- 61 Peter, J. **Modifizierte Laufzielbremsung in Retarderstrecken im Rangierbahnhof Nürnberg.**
RT+GT, Folge 50 (1990), S. 23-28

- 62 Pohl, H. **Künftige Höchstgeschwindigkeit der Güterzüge - Ergebnis der Studien auf nationalen und internationaler Ebene.**
Schienen der Welt, Folge 20 (1989), Heft 2, S. 107-115
- 63 Popović, Z. **Optimizacija rešenja glavnih kolosečnih grupa gravitacione ranžirne stanice.**
magistarska teza. Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd. 1994.
- 64 Popović, Z. **Etapna automatizacija procesa rastavljanja i njen uticaj na tehničko rešenje, kapacitet, cenu građenja i održavanja ranžirne rampe gravitacione ranžirne stanice.**
časopis Železnice, br. 3-4, 1996., str. 177-183
- 65 Popović, Z. **Inovacioni sistemi u železničkom teretnom saobraćaju.**
časopis Železnice, br 11, 1998.
- 66 Potthoff, G. **Verkehrsströmungslehre, Band 2, Betriebstechnik des Rangierens.**
VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin, 1977, S.-189
- 67 Richey, A. und Drewes, K. **Angebotsverbesserung und Produktivitätssteigerung durch Zulaufsteigerung der Güterverkehrsströme und Mehrfachnutzung von Richtungsgleisen in Rangierbahnhöfen.**
Die Bundesbahn, Folge 61 (1985), Heft 9, S. 757-763
- 68 Roth, B. **Skizzen zur Geschichte des Nürnberger Rangierbahnhofes.**
RT+GT, Folge 47 (1988/89), S.7-14
- 69 Scheerer, M. und Roth, W. **Die Infrastruktur für den Güterverkehr der Deutschen Bundesbahn.**
ETR, Folge 35 (1986), Heft 4 - April, S. 197-207
- 70 Schreck, K. **Das Knotenpunktemodell 1975 für die Güterverkehrsbedienug der Deutschen Bundesbahn.**
Die Bundesbahn, Folge 49(1973), Heft 7, S. 443-450
- 71 Spieß, P. **Rahmenplanung der Rangierbahnhöfe.**

- 72 Streble, J. **Halbzeit beim Bau des Rangierbahnhofs München Nord.**
RT+GT, Folge 49 (1989), S.19-22
- 73 Thyssen **Planungshinweise für die Zentrale Ölhydraulikversorgungsanlage für Berg-, Tal- und Richtungsgleisbremsen.**
Betranll/Plan-Hyd/18.11.1996
- 74 Thyssen **Planungshinweise für die TW-F Bremse**
Betranll/Plan-TWF/28.04.1997
- 75 Thyssen **Planungshinweise für die TW-E/... Balkengleisbremse in einschieniger Anordnung mit fester Angriffshöhe zwischen 80 - 120 mm über S.O.**
Betranll/Plan-TWE/30.10.1996
- 76 Thyssen **Planungshinweise für die TW-E Bremse (absenkbare Ausführung einer einschienig angeordneten Balkengleisbremse)**
Betranll/Plan-TWEA/30.10.1996
- 77 Thyssen **Planungshinweise für die TW - E/120/4,5 Bremse (in einschieniger Anordnung mit fester Angrffshöhe von 120 mm über S.O. und verlängertem Aggregatabstand von 4,5 m)**
Betranll/Plan-TWE1/30.10.1996
- 78 Thyssen **Planungshinweise für die TW-E/4,5 Bremse (absenkbare Ausführung einer einschienig angeordneten Balkengleisbremse mit verlägertem Aggregatabstand von 4,5 m)**
Betranll/Plan-TWE4/30.10.1996
- 79 Uckermann, M. und Kirchner, J. **Verhinderung von Unfällen beim Rangieren von Schienenfahrzeugen.**
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung. Dortmund, 1978, S. 278
- 80 Unbehagen, M. **Die bedeutung der Ausfahrgruppe für den Betrieb und Bau der Rangierbahnhöfe.**
ETR Rangiertechnik, Sonderausgabe 12, Heft 20 (1960), S. 11-16

- 81 Van de Broeck, P. und
Verschaeve, J. **Die Automatisierung des Rangierbahnhofs
Antwerpen - Nord.**
Transport- und Umschlagtechnik. Folge 53 (1993),
S. 23 - 28
- 82 Vetuhov, E.A. **Взаимное расположение устройств на
станциях.**
Транспорт, Москва, 1978., стр. 175
- 83 Voges, W. **SVPLAN - Instrumentarium zur strategischen
Untersuchung des Eizelwagenverkehrs.**
Transport und Umschlagtechnik. Folge 52 (1992). S.
39 - 44
- 84 Vögele, W. **Förderanlage 73 im Ost - West - System des
Rangierbahnhofs Mannheim.**
Signal und Draht. Folge 69 (1977), Heft 4. S. 76 - 81
- 85 Williams, D.G. **Produktivitätsmessung und -verbesserung bei der
Eisenbahn.**
Schienen der Welt. Folge 20 (1989), Heft 3. S.17-24
- 86 Zeilhofer, M., Mickler, G.,
Zander, R., Reiter, P.,
Kirchdorfer, T. und
Leckenwalter, F. **Die Proceßsteuerung im Rangierbahnhof
Nürnberg.**
RT+GT, Folge 47 (1988/89), S. 33-39
- 87 Zeilhofer, M.,Mickler,G. **Modulare Prozeßsteuerungssysteme für
Rangierbahnhöfe.**
ETR, Folge 35 (1986), Heft 9 - September. S.569-
576
- 88 Zindler, W. **Das perfekte Neubau- und
Modernisierungspaket.**
Verkehrstechnik Expres, Heft 1 (1996), S. 26-27

