

GRADBENI VESTNIK

7-8

železniško
gospodarstvo
ljubljana



koncept razvoja
ljubljskega vozlišča

LEGENDA:

— obstoječe

— rekonstruirano in novo

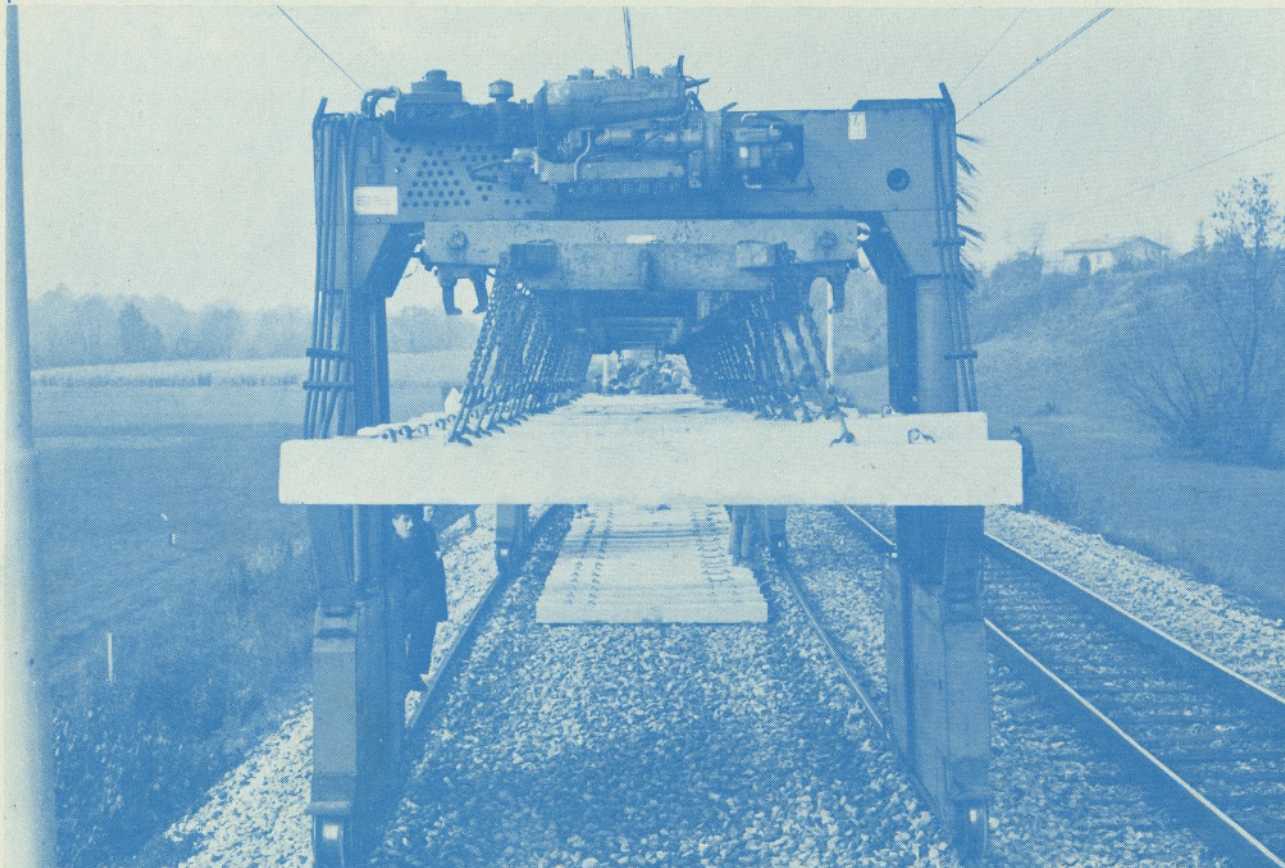


Gradbeno podjetje Ljubljana

LJUBLJANA, OB ZELENJI JAMI 2

izvaja v sklopu svojih temeljnih organizacij združenega dela naslednje pomembnejše dejavnosti:

- gradnja novih prog
- investicijsko vzdrževanje prog
- gradnja industrijskih tirov
- gradnja in adaptacija ter sanacija objektov spodnjega in zgornjega ustroja prog
- opravlja vsa dela s področja nizkih gradenj
- opravljanje transportnih storitev
- prodaja gradbenega materiala
- prodaja betona in betonskih izdelkov
- proizvodnja in prodaja betonskih in asfaltnih frakcij
- izdelava investicijsko-tehnične dokumentacije





GRADBENI VESTNIK

GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE
ŠT. 7-8 • LETNIK 36 • 1987 • YU ISSN 0017-2774

VSEBINA-CONTENTS

Clanki, študije, razprave Articles, studies, proceedings

Jurij Pirš ŽELEZNICA V OKVIRU PROMETNE INFRASTRUKTURE . . .	134
Alojz Boh MODERNIZACIJA MAGISTRALNE ŽELEZNIŠKE INFRASTRUKTURE MODERNIZATION OF ARTERIAL RAILWAY LINE INFRASTRUCTURE . . .	135
Franc Brdnik SOŠKI KORIDOR Z REVITALIZACIJO GORIŠKE PROGE . . .	142
THE SOČA CORRIDOR AND REVITALIZATION OF THE GORICA LINE	
Alojz Boh KONCEPT RAZVOJA ŽELEZNIŠKEGA VOZLIŠČA V LJUBLJANI .	146
A CONCEPT OF THE LJUBLJANA RAILWAY JUNCTION DEVELOPMENT	
Marko Mušič NOVA POTNIŠKA POSTAJA V LJUBLJANI	152
A NEW PASSENGER STATION IN LJUBLJANA	
Bogdan Zgonc NADVIŠANJE V HORIZONTALNEM KROŽNEM LOKU	160
SUPERELEVATION OF RAILWAY TRACKS	
Milorad Đuričić ZGORNJI USTROJ PROGE IN UPORABA BETONSKEGA PRAGA .	167
LINE SUPERSTRUCTURE AND USE OF CONCRETE TIES	
Janez Nered INOVACIJSKI DOSEŽKI PRI GRADNJI ŽELEZNIŠKIH PODVOZOV	171
INNOVATION ACHIEVEMENTS IN RAILWAY UNDERBRIDGE CONSTRUCTIONS	
Miran Saje, Goran Turk RAČUN TEMPERATUR V STRJUJOČEM SE BETONU	177
THERMAL ANALYSIS OF HARDENING CONCRETE	
Boštjan Hočevar POLIMERNI BETONI	183

**Poročila Fakultete za arhitekturo,
gradbeništvo in geodezijo**
Proceedings of the Department
of Civil Engineering
University E. Kardelj, Ljubljana

**Informacije Zavoda za raziskavo
materiala in konstrukcij**
Proceedings of the Institute
for material and structures
research Ljubljana

Glavni in odgovorni urednik: SERGEJ BUBNOV

Tehnični urednik: DANE TUDJINA

Lektor: ALENKA RAIČ

**Uredniški odbor: FRANC ČAČOVIČ, VLADIMIR ČADEŽ, JOŽE ERŽEN,
IVAN JECELJ, ANDREJ KOMEL, DR. MIRAN SAJE
STANE PAVLIN, JOŽE ŠČAVNIČAR, BRANKA ZATLER-ZUPANČIČ**

Revijo izdaja Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, Ljubljana, Erjavčeva 15, telefon 221 587. Tek. račun pri SDK Ljubljana 50101-678-47602. Tiska tiskarna Tone Tomšič v Ljubljani. Revija izhaja mesečno. Letna naročnina skupaj s članarino znaša 2000 din, za upokojeince in študente 1000 din, za podjetja, zavode in ustanove 20.000 din, za inozemstvo 50.00 US dolarjev. Revija izhaja ob finančni podpori Raziskovalne skupnosti Slovenije, Splošnega združenja gradbeništva in IGM Slovenije, Zveze vodnih skupnosti Slovenije, Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana in Fakultete za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo.

Železnica v okviru prometne infrastrukture

UDK 625:656

JURIJ PIRŠ

Promet je dejavnost posebnega družbenega pomena, ki s svojimi storitvami povezuje vse gospodarske proizvodne organizacije in druge subjekte ter z zadovoljevanjem njihovih potreb po prevozu blaga in ljudi omogoča normalni proces družbene reprodukcije. Je eden od najpomembnejših splošnih pogojev družbene proizvodnje in tako eden od temeljnih dejavnikov razvoja vsakega narodnega gospodarstva. Kjer je razvit, je razvito tudi gospodarstvo in narobe. Zaostajanje in neusklanjnost v njegovem razvoju imata vedno daljnosežne posledice, saj se z zmanjševanjem kakovosti, učinkovitosti in racionalnosti prevozov poslabšuje splošna rentabilnost poslovanja in promet postaja zavora gospodarskega in družbenega napredka.

Železnica kot prva sodobna veja prometa, ki je omogočila skokovit razvoj gospodarstva, ima vrsto naravnih prednosti, predvsem pred cestnim prevozom. Le-te se kažejo med drugim v manjši porabi energije na enoto opravljenega dela (na en potniški kilometer porabi električna vleka triinpolkrat manj energije kot avtobus, v blagovnem prometu pa celo trinajstkrat manj), v manjšem poseganju v prostor (za enake količine prevoza je v cestnem prometu potrebno okoli desetkrat več prostora, kot ga potrebuje železnica), v manjšem onesnaževanju okolja, večji sposobnosti za množične prevoze in prevoze na večje razdalje. Po rezultatih raziskave mednarodne železniške zveze (UIC) je železnica tudi najvarnejši suhozemni prevoznik; je dvakrat varnejša od avtobusov in 20- do 30-krat od osebnih avtomobilov.

Vendar se nam v Jugoslaviji prednosti železnice doslej ni posrečilo izkoristiti. V njen razvoj smo v preteklih letih vlagali veliko premalo sredstev v primerjavi z vlaganji v druge prometne panoge. V zadnjih desetih letih naložbe niso dosegale niti ravni enostavne reprodukcije in so zmogljivosti železnice vedno bolj zastarevale.

Zaostajanje v razvoju je eden od vzrokov, da železnica ni dovolj usposobljena za zadovoljevanje vedno zahtevnejših potreb uporabnikov po sodobnih in kakovostnih storitvah tako pri prevozu blaga kot v potniškem prometu. Še bolj usodno je bilo zaostajanje v razvoju za železnico zato, ker je bil z njenim zaostajanjem dodatno stimuliran razvoj javnih cestnih prevoznikov, prevozov za lastne potrebe ter zasebnih prevoznikov.

Cestni prevozniki zlahka konkurirajo železnici, ker niso obremenjeni z vsemi stroški, ki jih gledano

s širšega družbenega vidika povzročajo, predvsem ne s stroški infrastrukture in delež železnice na prometnem trgu se je bistveno znižal. Podatki o primerjavi z javnim cestnim prometom kažejo, da se je delež ŽG Ljubljana pri prevozu blaga, merjen v netotonskih kilometrih, znižal od 79 % v letu 1965 na 51 % v letu 1986. Pri prevozu potnikov pa se je delež znižal od 48 % v letu 1965 na 22 % v letu 1986.

Drugi temeljni vzrok za sedanji neustrezn položaj železnice, za neustrezno delovanje sistema celotnega jugoslovanskega železniškega gospodarstva in za neustrezno kakovost železniških prevoznih storitev je protislovje med njenim statusom gospodarske organizacije in dejstvom, da se ob tem še prevečkrat obravnava kot javna služba — predvsem in v celoti pa na cenovnem področju. Cene železniških prevoznih storitev namreč vseskozi določajo državni organi in njihova rast zelo zaostaja za splošno rastjo cen. V obdobju 1975—1985 so cene železniških prevoznih storitev zaostajale za splošno rastjo cen povprečno po okoli 8 % vsako leto, v zadnjih dveh letih pa še precej več. To je železnico pripeljalo na najnižjo stopnico v primarni delitvi v naši družbi in v izjemno kritičen gospodarski položaj, ko niso zagotovljeni niti pogoji za normalno tekoče poslovanje.

Ob takem stanju pa moramo ugotoviti, da je sedanji gospodarski in družbeni razvoj železnice v popolnem nasprotju z opredelitvami vseh družbenih planskih in vrste še drugih dokumentov, med katerimi sta najbolj znana Družbeni dogovor o prometni politiki Jugoslavije in Dolgoročni program gospodarske stabilizacije za področje prometa, kar pomeni, da širša družbena skupnost svojih nalog v zvezi s poslovanjem in razvojem železnice ni uresničila.

Za uresničevanje usmeritev, ki so bile sprejete v navedenih dokumentih, so bili zadolženi tudi železničarji. Le-ti so za izboljšanje delovanja sistema Jugoslovanskih železnic sprejeli vrsto programov, pri čemer pa sta bila tako pri sprejemanju programov kot pri njihovem uresničevanju prisotna dva pristopa.

Po prvem, za katerega se vseskozi zavzema tudi Železniško gospodarstvo Ljubljana, naj bi se delovanje sistema JŽ izboljšalo z uskladitvijo delovanja in notranjih odnosov na železnici s temeljnimi značilnostmi delovanja gospodarstva, predvsem z delovanjem tržno-ekonomskih zakonitosti in s povezovanjem z uporabniki železniških prevoznih storitev. Ta usmeritev je doslej prevladala nad koncepti, po katerih naj bi delovanje in notranje

Avtor:

Jurij Pirš, dipl. gradb. inž., Železniško gospodarstvo Ljubljana

odnose na železnici uredili s centralizacijo, unifikacijo in administrativnimi ukrepi.

V skupnosti JŽ je bila sprejeta vrsta konkretnih projektov, s katerimi naj bi uresničevali gospodarsko-poslovno usmeritev železnice. Uspešno se uvaja sodobni informacijski sistem za upravljanje prometa, sprejet je bil program razvoja blagovnega tranzita do leta 1990, na osnovi projekta »vozni red« pa naj bi se v praksi uveljavilo dogovarjanje z uporabniki o vseh elementih prevozne storitve vključno s ceno in pa vzpostavili taki ekonomski odnosi med ŽTO na mreži JŽ, ki bodo stimulirali večjo kakovost dela in penalizirali odstopanja od dogovorjenih rešitev.

Edino z uveljavljanjem ekonomskih zakonitosti v vse odnose v železniškem gospodarstvu je mogoče doseči učinkovito in potrebam uporabnikov prilagojeno železnico. Širša družbena skupnost pa mora ob tem uresničiti ukrepe prometne politike za izenačitev pogojev gospodarjenja železnice in cestnih prevoznikov, zagotoviti pogoje, da bodo cene železniških prevoznih storitev rasle hitreje od splošne rasti cen, zagotoviti del sredstev za financiranje investicij in pa tudi z ukrepi tekoče ekonomske politike spodbujati uveljavljanje nove gospodarske poslovne usmeritve železnice, ki je tista

usmeritev, s katero pospešeno rešujejo probleme delovanja železnice vse razvite železniške uprave in države v svetu.

S tem bi bili ustvarjeni pogoji za uresničitev razvojnih programov ŽG Ljubljana. Po določilih dolgoročnega plana SR Slovenije bo treba do leta 2000 zgraditi drugi tir na mednarodni magistralni smeri Ljubljana—Jesenice, pripraviti dokumentacijo in pričeti s pripravljalnimi deli za hitro progo na tem odseku, zgraditi progo Murska Sobota—Martinje ter pričeti z izgradnjo hitre proge Ljubljana—Dobova, vključno z obvožno progo v vozlišču Ljubljana s priključki; posodobiti vozlišča Ljubljana, Jesenice, Sežana, Divača, Maribor, Celje in Novo mesto; posodobiti potniško postajo Ljubljana; posodobiti ranžirni postaji Zalog, Tezno in najbolj obremenjene progovne odseke; elektrificirati okoli 275 km prog, povečati dopustne obremenitve prog, posodobiti signalnovarnostne in telekomunikacijske naprave ter vlečne in prevozne zmogljivosti ter uvesti v jugoslovanski in mednarodni sistem povezano računalniško vodenje transportnega procesa. Po določilih srednjeročnih planskih dokumentov ima pri tem **prioriteto modernizacija odseka magistrale od Jesenic in Sežane do Dobove.**

Modernizacija magistralne železniške infrastrukture

UDK 625.1:65.011.5

ALOJZ BOH

MODERNIZACIJA MAGISTRALNE ŽELEZNIŠKE INFRASTRUKTURE

MODERNIZATION OF ARTERIAL RAILWAY LINE INFRASTRUCTURE

Povzetek

Mednarodna železniška magistrala, ki poteka prek Slovenije, omogoča najkrajšo povezavo držav zahodne Evrope z vzhodno Evropo in bližnjim vzhodom kakor tudi srednje Evrope z jadranskimi lukami. Obseg prometa že sedaj presega zmogljivosti magistrale Jesenice/Sežana—Ljubljana—Zagreb. Na enotirni progi Jesenice—Ljubljana vozi ob konicah 90 vlakov/dan, na progi Ljubljana—Zidani most pa 210 vlakov/dan ob konicah. Pri takem obsegu prometa je izkoriščenost proge že preseгла mejo gospodarnega.

Brez takojšnjih vlaganj je povsem nerealno pričakovati realizacijo načrtovanega prometa na magistralni progi. Povečanje zmogljivosti bo zagotovljeno predvsem s postopno gradnjo drugega tira od Jesenic proti Ljubljani, modernizacijo ljubljanskega vozlišča z novo potniško postajo ter modernizacijo proge Ljubljana—Trebne—Sevnica za razbremenitev magistralne proge.

Summary

The international arterial railway line crossing Slovenia, is the shortest connection of the West European countries with the East Europe and the Near East, as well as of the Middle Europe with the Adriatic ports. The volume of traffic has already exceeded the capacity of the arterial line Jesenice/Sežana—Ljubljana—Zagreb. On the single line Jesenice—Ljubljana 90 trains per day are run in peak periods, while on the line Ljubljana—Zidani most there are even 210 trains per day in peak periods. Such traffic volume means already an excess of the limit of economics.

It is absurd to expect any realization of the planned traffic on the arterial line without any immediate investments in its infrastructure. The capacity will be increased above all by a gradual construction of the second track along the line Jesenice—Ljubljana, a reconstruction and modernization of the Ljubljana railway junction, by the construction of a new passenger station in Ljubljana and by a modernization of the line Ljubljana—Trebne—Sevnica which should relieve the arterial line.

Avtor:

Mag. Alojz Boh, dipl. ek., Železniško gospodarstvo Ljubljana, Moše Pijadejeva 39

Celotni projekt za povečanje kapacitete do leta 1990 na železniški magistrali po cenah 1985 znaša 35.640 mio din. Realizacija projekta bo financirana iz kreditov Mednarodne banke za obnovo in razvoj ter Evropske investicijske banke z udeležbo domačih poslovnih bank in lastnih sredstev.

The entire project concerning the capacity increase of the railway arterial line up to the year 1990 amounts to 35.640 million dinars when taking into consideration the prices of the year 1985.

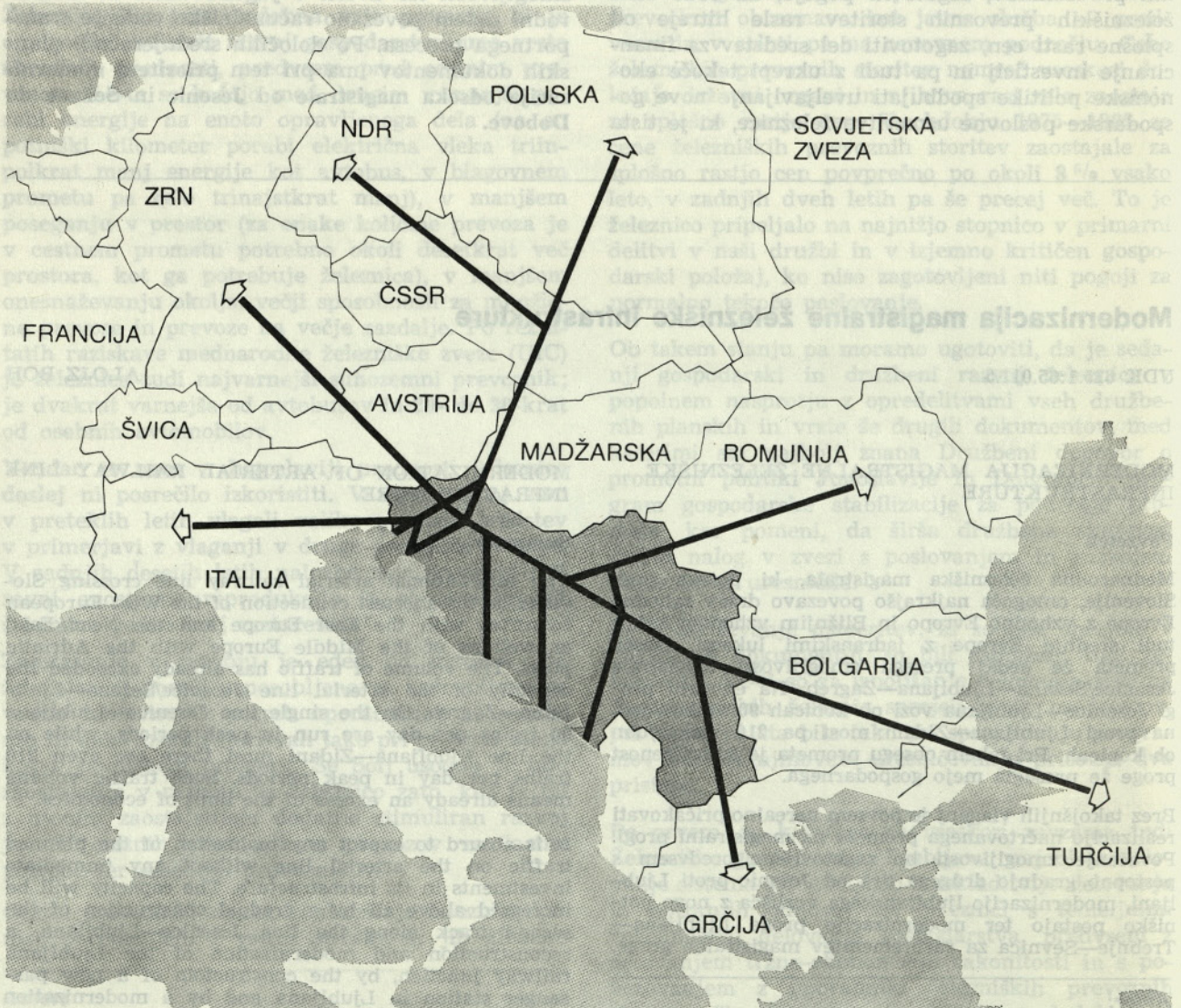
The project will be financed by the International bank credits for reconstruction and development, the European Investment Bank, some national banks and by the own Yugoslave Railways resources.

Razvojni koncept železnice v SR Sloveniji je vgrajen v srednjeročni načrt razvoja 1985—1990 in dolgoročni načrt do leta 2000. Koncept temelji na nadaljnji modernizaciji obstoječih prog ter vzporednem planiranju novih prog za visoke hitrosti, ki bi bile namenjene prevozu tranzitnih tovornih vlakov in potniškemu mednarodnemu in notranjemu hitremu prometu.

krajšo povezavo držav zahodne in vzhodne Evrope z Bližnjim vzhodom, kakor tudi srednje Evrope z jadranskimi lukami.

Poseben poudarek je dan moderni železniški magistrali, ki poteka prek Jugoslavije in omogoča naj-

Razvoj magistrale je vitalnega pomena za nadaljnji gospodarski razvoj celotne Jugoslavije ter uspešno mednarodno menjavo blaga in razvoja turizma vseh držav, ki jih ta proga povezuje. Prednost magistrale moramo izkoristiti pravočasno in v največji možni meri, saj se bodo sicer transportni tokovi blaga in potnikov preusmerili na proge,



Slika 1. Geografski položaj jugoslovske magistrale

ki bodo omogočale večji in hitrejši prevoz. Blago, ki bi ga lahko prevažala železnica, bo še naprej potovalo po cestah in tako obremenjevalo cestni prevoz.

Na podlagi tržne analize ugotavljamo, da je povpraševanje po železniških prevozih mnogo večje od dejanskih zmogljivosti magistrale, da že sedaj obstaja povpraševanje po dodatnih mednarodnih, zlasti tranzitnih prevozih.

V potniškem prometu je prav tako povpraševanje večje od zmogljivosti magistrale, kar onemogoča prevzem mednarodnih potniških vlakov, ki so nam jih že ponudili za prevoz. Na evropskem transportnem trgu so prisotni tudi močni blagovni tokovi med državami Evropske gospodarske skupnosti in ostalimi vzhodnimi državami oziroma deželami Bližnjega vzhoda.

Tako ima na primer Grčija letno 7,9 milijona ton celotne blagovne menjave, od katere prepelje po železnici le 3,2 odstotka. Enako razmerje prevozov ima tudi Turčija in nekatere ostale države.

Pri ugotavljanju blagovnih tokov je pomembno tudi del severnojadranskih luk, predvsem skokovit razvoj Luke Koper. Z zgraditvijo 60.000-tonskega silosa za razsute tovore v septembru 1987 je Luka Koper postala glavni nosilec luškega tranzita za vzhodne evropske države. Ovira za hitrejši razvoj in pridobitev blagovnih tokov na železnico obstajajo tudi drugod, vendar jih še vedno največ obstaja na jugoslovanskem delu magistrale.

SEDANJE ZMOGLJIVOSTI

Del celotne magistralne smeri Jesenice—Gevgelija, ki poteka prek območja Železniškega gospodarstva Ljubljana, predstavlja enotirna proga Jesenice—Ljubljana (64 km) in dvotirna proga Ljubljana—Zidani most—Dobova (112 km). Obe progi sta bili zgrajeni že v prejšnjem stoletju. Danes sta to elektrificirani progi z dopustno osno obremenitvijo 22,5 tone, opremljeni s sodobnimi signalnovarnostnimi napravami, na progi Jesenice—Ljubljana pa je vpeljana daljinsko vodenje prometa.

Po progi Jesenice—Ljubljana—Dobova poteka pomembno transportno delo. Tako se po enotirni progi Jesenice—Ljubljana že sedaj prevažata letno 3,1 milijona ton blaga iz mednarodne menjave in okrog 2 milijona ton za potrebe lokalnega gospodarstva. V potniškem prometu pa se prepelje 2 milijona potnikov, pri čemer odpade 57 odstotkov na mednarodni promet.

Na odseku Ljubljana—Zidani most se letno prepelje 7 milijonov potnikov, v blagovnem prometu

pa 14 milijonov ton blaga, pri tem je mednarodni promet udeležen s polovico vsega tovora.

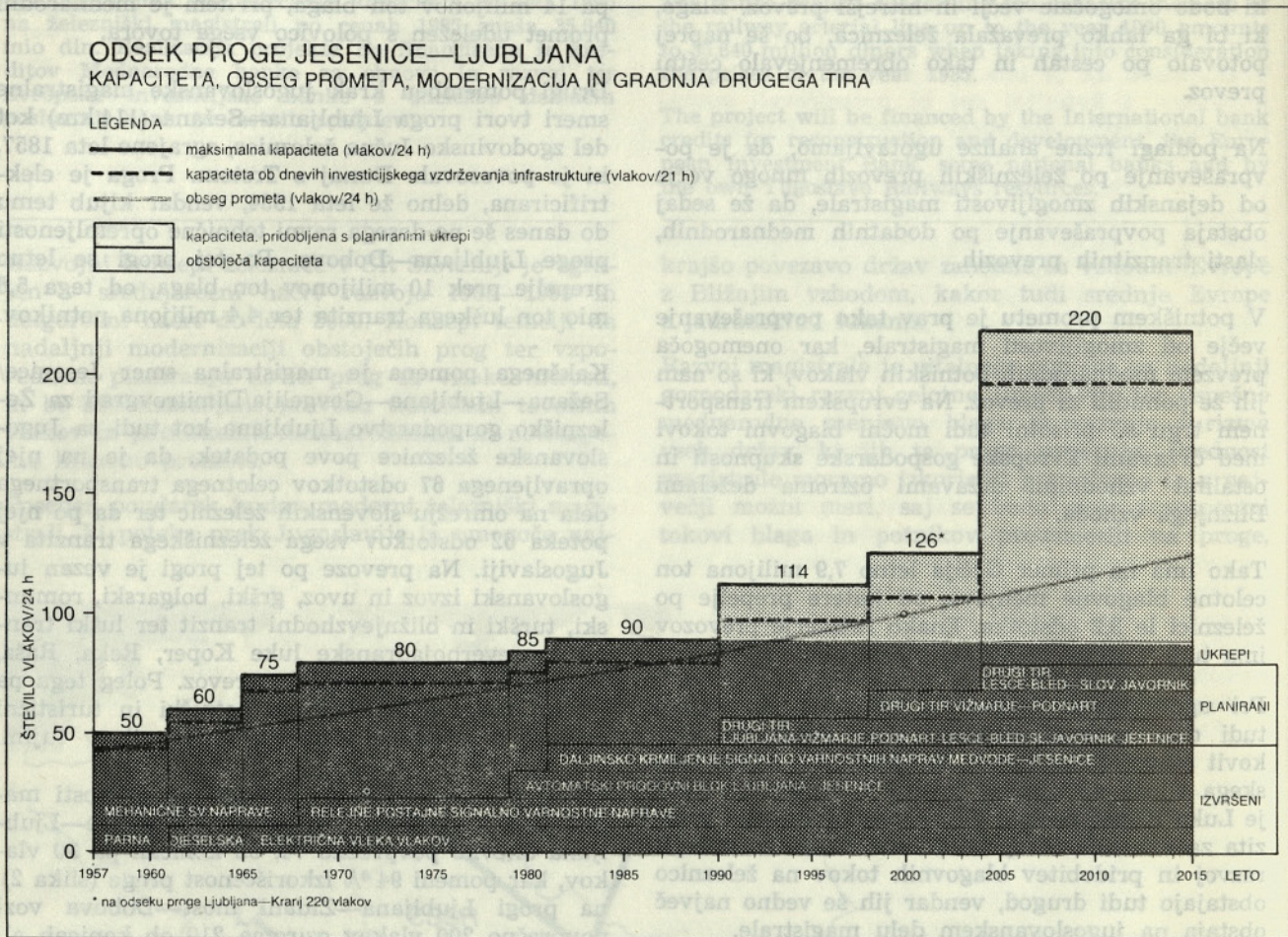
Drugi pomemben krak jugoslovanske magistralne smeri tvori proga Ljubljana—Sežana (114 km) kot del zgodovinske Južne železnice, zgrajene leta 1857, ki je povezovala Dunaj s Trstom. Proga je elektrificirana, delno že leta 1934, vendar kljub temu do danes še ne dosega ravni tehnične opremljenosti proge Ljubljana—Dobova. Po tej progi se letno prepelje prek 10 milijonov ton blaga, od tega 5,6 mio ton luškega tranzita ter 4,4 milijona potnikov.

Kakšnega pomena je magistralna smer Jesenice/Sežana—Ljubljana—Gevgelija/Dimitrovgrad za Železniško gospodarstvo Ljubljana kot tudi za Jugoslovanske železnice pove podatek, da je na njej opravljenega 67 odstotkov celotnega transportnega dela na omrežju slovenskih železnic ter da po njej poteka 62 odstotkov vsega železniškega tranzita v Jugoslaviji. Na prevoze po tej progi je vezan jugoslovanski izvoz in uvoz, grški, bolgarski, romunski, turški in bližnjevzhodni tranzit ter luški tranzit za severnojadranske luke Koper, Reka, Raša, Pula in oprtni (Huckepack) prevoz. Poleg tega pa po tej progi poteka močan potniški in turistični promet ter prevoz delavcev, zaposlenih v tujini.

Obseg prometa že sedaj presega zmogljivosti magistralne proge. Tako vozi na progi Jesenice—Ljubljana dnevno povprečno 74, ob konicah pa 90 vlakov, kar pomeni 94 % izkoriščenost proge (slika 2), na progi Ljubljana—Zidani most—Dobova vozi povprečno 200 vlakov oziroma 210 ob konicah ali 98 % izkoriščenost. V smeri Sežana—Ljubljana prepelje poprečno dnevno 118 vlakov, v koničnih dneh pa 131 vlakov s 85 % izkoriščenostjo glede na sedanjo tehnično opremljenost proge.

Pri tako visokem obsegu prometa izkoriščenost proge že presega meje gospodarnega ravnanja. Po normativih UIC (Mednarodne železniške zveze) je optimalna stopnja tehnološke izkoriščenosti progovnega odseka največ 85 %. Ko je ta meja dosežena, je nujno potrebno pričeti z modernizacijo (primer proge Ljubljana—Sežana) ali povečanjem kapacitet (primer proge Ljubljana—Jesenice). Optimalna izkoriščenost progovnih odsekov pa zahteva istočasno modernizacijo železniških vozlišč in postaj, kjer meja racionalne izkoriščenosti tirnih kapacitet ne sme presežati 80 %.

Na podlagi ugotovljenih prometnih tokov bo odsek magistralne proge od Zidanega mostu—Ljubljane do Jesenic okoli leta 1990 popolnoma izkoriščen. To pomeni, da pri presežanju meje izkoriščenosti proge ali postaj prehaja do nerednosti (zamude) v prometu, do zmanjševanja kakovosti transportnih storitev ter onemogoča ali otežuje vzdrževalno delo. Vsako nadaljnje povečanje obsega dela pa bi raven transportnih storitev še bistveno poslabšalo in ogrozilo prometno varnost.



Slika 2. Obseg prometa in ukrepi za povečanje kapacitet na odseku proge Jesenice—Ljubljana

POVEČANJE KAPACITET

Že v tem srednjeročnem obdobju pričakujemo nadaljnje povečanje blagovne menjave zahodnih držav z državami, ki opravljajo tranzit prek Jugoslavije. Načrtovano je tudi povečanje zmogljivosti severnojadranskih luk ter zmogljivosti našega gospodarstva. Istočasno bo na povečan obseg dela vplivala tudi gradnja drugega tira na avstrijski turski progi, ki bo bistveno povečala pretok prek novo zgrajene ranžirne postaje v Beljaku v smeri proti Jugoslaviji.

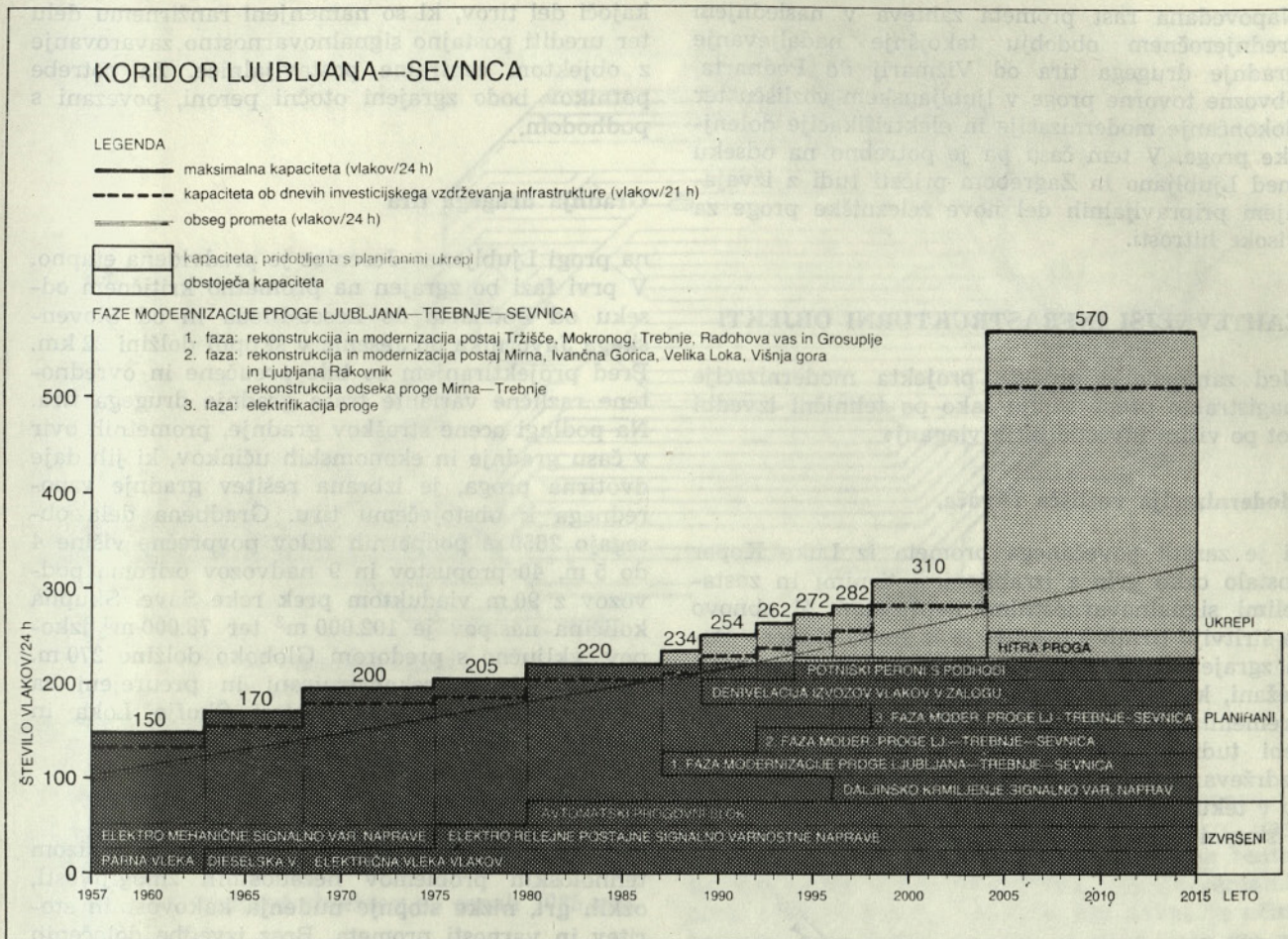
Kljub predvidenim gibanjem v mednarodnem kot tudi notranjem prometu je stopnja rasti na magistralni progi načrtovana dokaj kritično. Dvo- do triodstotno letno povečanje obsega dela na progi Jesenice—Ljubljana pomeni dodatnih 1,5 milijona ton tovora do leta 1995 in dodatnih 5 milijonov ton na progi Ljubljana—Zidani most—Dobova.

Nesporna je ugotovitev, da na magistralni progi pri sedanjem obsegu dela primanjkuje ustreznih infrastrukturnih zmogljivosti, kar zmanjšuje učinkovito izvajanje železniškega prometa. Brez takojšnjih vlaganj pa je povsem nerealno pričakovati reali-

zacijo načrtovane stopnje letne rasti prometa na magistralni progi (slika 3).

Preobremenjenost magistralne proge je nujno zahtevala preučevanje njenega nadaljnjega razvoja v okviru realnega tehničnega in ekonomskega vrednotenja. Sklepi analize so bili zelo prepričljivi. Na obstoječi progi brez izredne porabe investicijskih sredstev ne moremo sprejeti ukrepov, ki bi omogočili povečanje kapacitet in bistveno večjih hitrosti. Ustrezna tehnična rešitev je v tem, da načrtujemo povsem novo progo, in to s takimi parametri, ki ustrezajo zahtevam sodobne železnice, posebno zato, ker se del magistrale prekriva z magistralno smerjo, ki je opredeljena tudi v evropskem planu železniške infrastrukture.

Vendar moramo zaradi neugodnega gospodarskega položaja in pomanjkanja finančnih sredstev radikalno rešitev z novo progo, ki bi bistveno izboljšala kakovost železniškega prometa v sedanji fazi premostiti z ukrepi, ki omogočajo postopno povečanje kapacitete magistralne proge. Tako je osvojena rešitev z usposabljanjem dolenjske proge kot tretjega tira za razbremenitev magistralne proge in gradnjo drugega vzporednega tira na odseku



Slika 3. Obseg prometa in ukrepi povečanja kapacitet na odseku Ljubljana—Dobova

Podnart—Lesce kot najbolj kritičnega odseka na progi Ljubljana—Jesenice. Progo Ljubljana—Sežana je potrebno modernizirati v smislu preureditve tirnih naprav na postajah ter sodobnejše opremljenosti signalnovarnostnih in telekomunikacijskih naprav. S temi ukrepi bomo rešili prometni položaj v prehodnem obdobju, vendar le-ti ne omogočajo bistvenega povečanja obsega in kakovosti železniškega prometa, zato pa bodo izvršena z relativno majhnimi investicijskimi vlaganji.

Tako uresničujemo temeljne principe strategije razvoja železniške infrastrukture, kar pomeni, da z najmanjšo dodatno modernizacijo izkoristimo največ iz obstoječe proge. Sicer pa lahko bistveno večjo kakovost in potovalno hitrost v železniškem prometu uresničimo samo z gradnjo nove sodobne proge.

Projekt povečanja kapacitet magistralne smeri Jesenice/Sežana—Ljubljana—Dobova, ki bo realiziran v tem srednjeročnem obdobju, zagotavlja tehnološko usklajeno izvajanje prometa in je ekonomsko najbolj upravičen. Projekt zajema investicijske objekte, ki jih je potrebno zaradi razre-

ševanja prometne zasičenosti realizirati do leta 1990.

Povečanje zmogljivosti bo zagotovljeno z:

- gradnjo drugega tira na odseku od Jesenic do Slovenskega Javornika in na odseku Lesce—Bled do Podnarta,
- rekonstrukcijo postaj Kranj in Škofja Loka,
- gradnjo tirnih naprav in modernizacijo ljubljanskega vozlišča ter novo potniško postajo,
- remontom prog,
- denivelacijo izvozne proge iz ranžirne postaje Zalog,
- gradnjo potnih podhodov na postajah progovnega odseka med Ljubljano in Zidanim mostom,
- modernizacijo postaj na progi Ljubljana—Trebnje—Sevnica za razbremenitev magistralne proge,
- modernizacijo proge Ljubljana—Sežana z rekonstrukcijo postaj Verd, Logatec, Rakek, Postojna ter vozlišč Divača in Sežana.

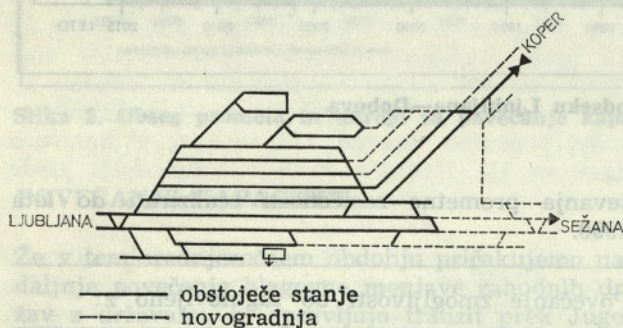
Napovedana rast prometa zahteva v naslednjem srednjeročnem obdobju takojšnje nadaljevanje gradnje drugega tira od Vižmarje do Podnarta, obvozne tovarne proge v ljubljanskem vozlišču ter dokončanje modernizacije in elektrifikacije dolenske proge. V tem času pa je potrebno na odseku med Ljubljano in Zagrebom pričeti tudi z izvajanjem pripravljanih del nove železniške proge za visoke hitrosti.

ZAHTEVNEJŠI INFRASTRUKTURNI OBJEKTI

Med zahtevnejše objekte projekta modernizacije magistralne proge sodijo tako po tehnični izvedbi kot po višini investicijskih vlaganj:

Modernizacija vozlišča Divača,

ki je zaradi povečanega prometa iz Luke Koper postalo ozko grlo z izrabljenimi tirnimi in zastarelimi signalnovarnostnimi napravami. Z obnovo in širitvijo tirnih kapacitet je iz smeri Koper—Pula zgrajena nova direktna povezava za smer proti Sežani, ki bo v funkciji »triangla« prometno razbremenila samo postajo. Ob tem delu bodo zgrajeni tudi objekti — med njimi nova hala za vzdrževanje diesel lokomotiv in motorikov. Dela so v teku in bodo predvidoma končana v letu 1988 v skupni vrednosti 2200 mio din.



Slika 4. Shema tirne ureditve vozlišča Divača

Modernizacija postaje Sežana

je povezana z značilnostmi, ki jih ima kot obmejna postaja z obsežnimi tehnološkimi operacijami prometa ter izvozno-uvoznimi pregledi carine, fitopatologov in veterine, krmljenjem živine in popravili nepravilnih vagonskih nakladov. Za dnevno obdelavo in povprečno predajo 42 tovornih vlakov ob rednem mednarodnem potniškem prometu obstoječe tirne kapacitete ne zadoščajo tekočim prometnim potrebam. V končni fazi je gradnja manipulativnih tirov v skupni dolžini 4200 m, s pokrito carinsko klančino velikosti 640 m², pokritim krmilnim hodnikom površine 1045 m² ter klančino za popravilo vagonskih nakladov 620 m² z vagonsko tirno tehtnico. Za celovito ureditev te postaje je potrebno do leta 1990 zgraditi še manj-

kajoči del tirov, ki so namenjeni ranžirnemu delu ter urediti postajno signalnovarnostno zavarovanje z objektom centralne postavljalnice. Za potrebe potnikov bodo zgrajeni otočni peroni, povezani s podhodom.

Gradnja drugega tira

na progi Ljubljana—Jesenice je predvidena etapno. V prvi fazi bo zgrajen na prometno kritičnem odseku od Podnarta do Lesce-Bleda in od Slovenskega Javornika do Jesenic v skupni dolžini 22 km. Pred projektiranjem so bile preučene in ovrednotene različne variante trase gradnje drugega tira. Na podlagi ocene stroškov gradnje, prometnih ovir v času gradnje in ekonomskih učinkov, ki jih daje dvotirna proga, je izbrana rešitev gradnje vzporednega k obstoječemu tiru. Gradbena dela obsegajo 2650 m podpornih zidov povprečne višine 4 do 5 m, 40 propustov in 9 nadvozov oziroma podvozov z 90 m viaduktom prek reke Save. Skupna količina nasipov je 102.000 m³ ter 73.000 m³ izkopov, vključno s predorom Globoko dolžine 270 m. Istočasno bosta rekonstruirani in preurejeni za bodoči dvotirni promet postaji Škofja Loka in Kranj.

Vozlišče Ljubljana

ki je v obstoječem stanju obremenjeno z nizom tehnoloških problemov nezadostnih zmogljivosti, ozkih grl, nizke stopnje nudenja kakovostnih storitev in varnosti prometa. Brez izvedbe določenih investicijskih posegov obstoječe vozlišče ni sposobno kakovostno in z večjo stopnjo varnosti upravljati današnjega prometa, še manj pa pričakovane, niti ni sposobno izvajati vseh potrebnih funkcij, posebno na potniški postaji. Za ta namen so predvideni nujni investicijski posegi gradnje:

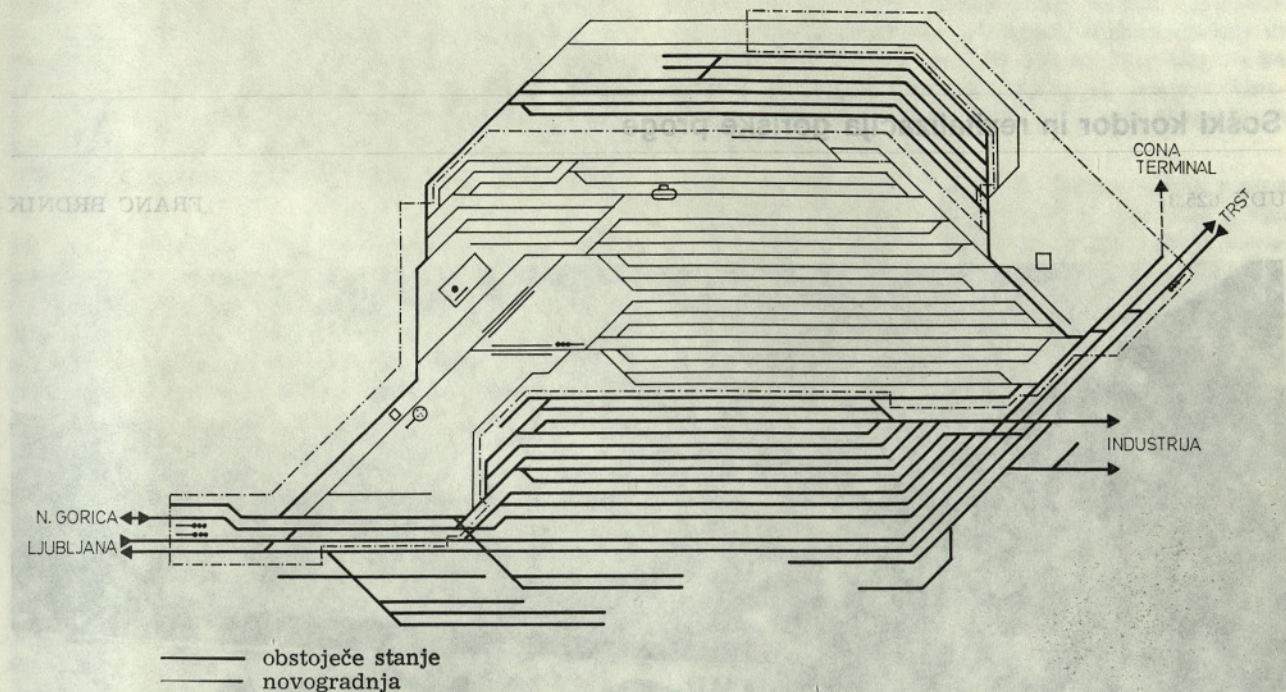
— nove potniške postaje, ki bo v prometnem središču mesta integrirala vse vrste javnega potniškega prometa ter zagotovila evropsko raven ponudbe pri odpravi potnikov,

— novih tirnih povezav na postaji in drugega tira proti postaji Vižmarje, s katerim bo omogočena večja pretočnost prometa v vozlišču,

— novega deniveliranega izvoza iz ranžirne postaje Zalog, izvedenega z viaduktom dolžine 250 m, ki bo omogočal istosmerni priključek na glavno progo in bistveno povečal prevozno zmogljivost ter varnost na tem progovnem odseku.

IZVEDBA PROGRAMA

Program za povečanje kapacitet na železniški magistralni progi Sežana/Jesenice—Ljubljana—Dobova je po obsegu del, zagotavljanju finančnih sredstev in izvajanju del ob tekočem prometu, stro-



Slika 5. Shema tirne ureditve postaje Sežana

kovno in organizacijsko odgovorno delo. Zahteva organizirano izvajanje pripravljanih kakor tudi gradbenih in montažnih del.

Investicijska vrednost objektov po cenah 1985 znaša za:

— povečanje tirnih kapacitet	
na odseku Jesenice—Ljubljana	12.340 mio din
na odseku Sežana—Ljubljana	7.620 mio din
na odseku Ljubljana—Dobova	4.340 mio din
— obnovo (remont) proge	8.690 mio din
— potniška postaja Ljubljana	2.650 mio din
— skupaj	35.640 mio din

Za realizacijo programa je predvideno financiranje iz kreditov Mednarodne banke za obnovo in razvoj, ki bo v višini 50 mio \$ operativen v letu 1988, ter Evropske investicijske banke z udeležbo domačih poslovnih bank in lastnih združenih sredstev.

V okviru družbenoekonomske analize upravičenosti projekta so bili ugotovljeni ekonomski učinki, ki jih zagotavljajo povečane zmogljivosti magistralne proge. Analiza rentabilnosti investicije, izdelana

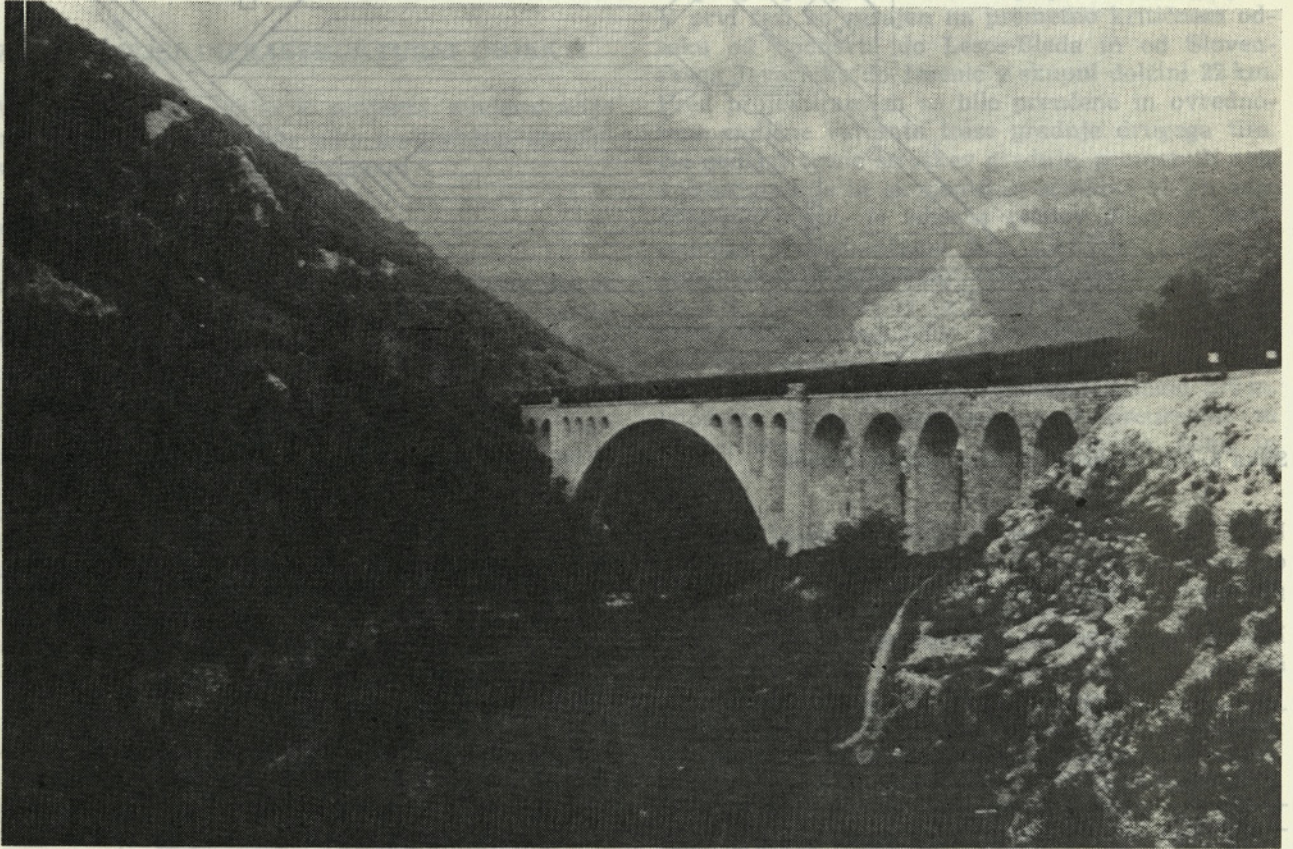
po metodologiji Mednarodne banke za obnovo in razvoj in usklajena z Ljubljansko banko, daje ugodne rezultate. Interna stopnja finančne rentabilnosti znaša 15 %, ekonomska stopnja rentabilnosti z vidika družbe pa 18 %, kar dokazuje učinkovitost, predvidene naložbe še zlasti, ker gre za kapitalno intenzivno naložbo.

Organiziranost izvedbe programa temelji na principu projektnega vodenja, ki zagotavlja interdisciplinarno delo. Vrsta del, kot so priprava tehnološko tehničnih idejnih in izvedbenih rešitev objektov, urejanja in vključevanja objektov v prostor v sodelovanju z družbenopolitičnimi skupnostmi, usklajevanje izvajalcev z operativnimi zahtevami železniškega prometa, zagotavljanje finančnih sredstev in podobno, so naloge, ki jih mora projektni tim strokovnjakov vseh področij Železniškega gospodarstva Ljubljana izvajati angažirano s ciljem in namenom celovitega reševanja in operativno učinkovitega izvajanja projekta. Navedene naloge in hiter razvoj tehnike na železnici so hkrati izziv mladim inženirjem, ki želijo sodelovati pri nadaljnjem razvoju železnice.

Soški koridor in revitalizacija goriške proge

UDK 625.3

FRANC BRDNIK



Slika 1. Most prek Soče v Solkanu

SOŠKI KORIDOR IN REVITALIZACIJA GORIŠKE PROGE

Povzetek

Soški koridor pomeni storitev, ki jo na evropskem prometnem trgu ponujata Luka Koper in Železniško gospodarstvo Ljubljana ter predstavlja eno najmodernejših prevoznih oblik, ki ustreza zahtevam sodobne proizvodnje in mednarodne trgovine. Predstavlja najkrajšo povezavo Jadrana z Avstrijo oziroma srednjo Evropo. Za ta namen je proga od Kopra prek Divače, Sežane, Nove Gorice do Jesenic usposobljena za prevoz dodatnih 5 mio ton tovora. Za intenzivno izkoriščenost prostorskih prednosti Luka Koper prilagaja svoje zmogljivosti prevozom razsutih tovorov.

Avtor:

Franc Brdnik, dipl. gradb. inž., Železniško gospodarstvo Ljubljana, Moše Pijadejeva 39

THE SOCA CORRIDOR AND REVITALIZATION OF THE GORICA LINE

Summary

The Soca corridor is a railway service offered on the European market by The Port of Koper and The Railway Enterprise Ljubljana. It is one of the most modern transportation modes meeting the demands of modern production and international commerce. It is the shortest connection of the Adriatic Sea with Austria and the Middle Europe. For this purpose the line from Koper via Divaca, Nova Gorica to Jesenice has been improved to such an extent that additional 5 million tons of freight can be transported along it. To utilize its localities most intensively the Port of Koper adjusts its capacity to bulk goods transportation.

Ugoden geografski položaj severnojadranskih luk in velike potrebe po surovinah razvijajočega se gospodarstva srednje Evrope so že v šestdesetih letih prejšnjega stoletja pripeljale do razmišljanja o najugodnejši železniški prometni povezavi srednje Evrope z Jadranskim morjem, to je o gradnji železniške proge iz Avstrije prek Jesenic do Gorice in Trsta.

Po otvoritvi proge Dunaj—Trst leta 1857, ki je avstroogrsko monarhijo povezala s pristaniščem ob Jadranu, so že začeli razmišljati o načrtih za drugo železniško zvezo s Trstom. Pomembna naj bi bila za gospodarski razvoj severnih predelov monarhije in za poživitev tržaškega pristanišča, ki je po otvoritvi Sueškega prekopa 1869. leta nazadovalo.

Ker se je vlada zavedala pomembnosti krajše povezave z morjem, je že leta 1866 v koncesijski listini za del Rudolfove železnice od Ljubljane do Jesenic in Trbiža obvezala koncesionarje, da se na zahtevo državne uprave zgradi še krajša zveza od Beljaka do Trsta. Tako je bila konec šestdesetih let devetnajstega stoletja že načrtovana železnica od Beljaka prek Trbiža in Predelskega sedla vzdolž soške doline do Gorice in Trsta. Gradnja pa je leta 1873 preprečila finančna kriza. Kljub temu se drugi železniški povezavi z morjem, neodvisno od Južne železnice, niso odpovedali. Nastajali so novi načrti. Odločali so se med predelsko smerjo, novonačrtovano loško smerjo Divača—Škofja Loka, Trbiž—Ljubelj—Celovec in kasnejšo karavanško-bohinjsko smerjo Beljak—Jesenice—Bohinjska dolina—Podbrdo—Gorica—Trst.

Po več kot tridesetih letih so se na prelomu stoletja končno odločili za karavanško-bohinjsko traso kot gospodarsko in strateško najugodnejšo. Po dolgih razpravah je avstrijski državni zbor 6. junija 1901 sprejel zakon o gradnji novih alpskih železnic, med njimi tudi o gradnji karavanško-bohinjske proge.

Sredi poletja 1900 so začeli s pripravami za gradnjo karavanškega in bohinjskega predora. Pripravljalna dela na trasi so se začela poleti 1901, medtem ko so se dela začela šele maja 1902.

Gradnja proge je bila za takratno tehniko izredno zahtevna zaradi mnogih predorov, mostov, galerij in podpornih zidov, ki so jih morali zgraditi. Geološka sestava terena ni bila dovolj raziskana, tako da je prišlo do več nepredvidenih zastojev pri gradnji in celo do popravkov trase. Vse to in tudi porast življenjskih stroškov je privedlo do precejšnjega prekoračenja predračunske vsote.

Na 42,6 km dolgi progi od Celovca do Jesenic so zgradili dva predora v skupni dolžini 8 km, 11 mostov, daljših od 15 m, v skupni dolžini 975 m. Na 89 km dolgi progi od Jesenic do Gorice pa so zgradili 27 predorov v skupni dolžini 15,8 km in 38 mostov, daljših od 15 m, v skupni dolžini 2990 m.

Proga Gorica—Trst je bila dolga 44 km, zgrajenih pa je bilo 16 predorov v skupni dolžini 6,6 km in 12 mostov v skupni dolžini 634 m. Najvišja točka proge je 576 m nadmorske višine na postaji Vintgar, največji vzpon pa je 25,8 ‰ pri bukovskem predoru.

Poskusna vožnja od Jesenic do Gorice je bila marca 1906. S slovesno otvoritvijo so 19. junija 1906 progo izročili prometu. Del proge od Jesenic skozi karavanški predor so odprli 30. septembra 1906.

Proga je v kraje, skozi katere je stekla, prinesla veliko novega. Počasi se je začela razvijati industrija, obrt in tudi turizem, predvsem pa je proga postala pomembna zaradi močnega tranzitnega prometa.

Ta je povsem zamrl v času prve svetovne vojne, ko so jo uporabljali le za vojaške namene. Po koncu vojne je prišlo do velikih sprememb. Razpadla je avstroogrsko monarhija in nastale so nove države. Proga nekaj časa ni obratovala, razdeljena je bila namreč med tri države. Novonastali Jugoslaviji je pripadal le manjši del proge, saj je bila meja z Avstrijo v karavanškem predoru, meja z Italijo pa v bohinjskem predoru.

Spremembe je spet prinesla druga svetovna vojna, med katero je bila proga močno poškodovana. Porušeni so bili mnogo mostov in postaj, pa tudi severni portal bohinjskega predora. Po osvoboditvi so bile primorske proge v Julijski krajini do stare meje med Jugoslavijo in Italijo razdeljene med cono A pod zavezniško vojaško upravo in cono B pod vojaško upravo jugoslovanske armade. Tako je bila proga zopet razdeljena med različne gospodarje. Coni B je pripadal del proge od Podbrda do meje med Avčami in Mostom na Soči, od tod naprej pa je bila proga pod zavezniško vojaško upravo. Tako je bilo do 15. septembra 1947, ko je bilo Slovensko primorje priključeno Jugoslaviji, in s tem tudi 56 km proge od Podbrda prek Korice do Repentabra, kjer je bila nova državna meja. Ker je bila proga še vedno močno poškodovana, so jo z udarniškim delom obnovili in je konec leta 1947 tod že stekel promet. Meja je progo odrezala od morja, zato so mladinske delovne brigade leta 1948 zgradile odsek proge Kreplje—Sežana, s čimer je dobila povezavo z jugoslovanskimi pristanišči v severnem Jadranu.

Proga je tudi za današnje razmere podvig. Še posebej most prek Soče v Solkanu je po svoji estetski vrednosti in za tiste čase največjim lokom predstavljal vrh gradbene mojstrovine (slika 1).

Pravi pomen pa je proga kot najkrajša povezava Jadrana z Avstrijo oziroma srednjo Evropo pridobila po izgradnji in elektrifikaciji proge Prešnica—Koper. Ta povezava je namreč omogočila začetek železniških prevozov v smeri Koper—Divača—Sežana—Nova Gorica—Jesenice.

Preobremenjenost »glavnih prog« proti Avstriji ter povečano zanimanje uporabnikov prevozov iz Av-

strije in srednje Evrope, ki so želeli surovine in proizvode po čimkrajši poti in čimceneje prepeljati do svojih proizvodnih obratov, je spodbudilo prometno oživitev proge Divača—Sežana—Nova Gorica—Jesenice.

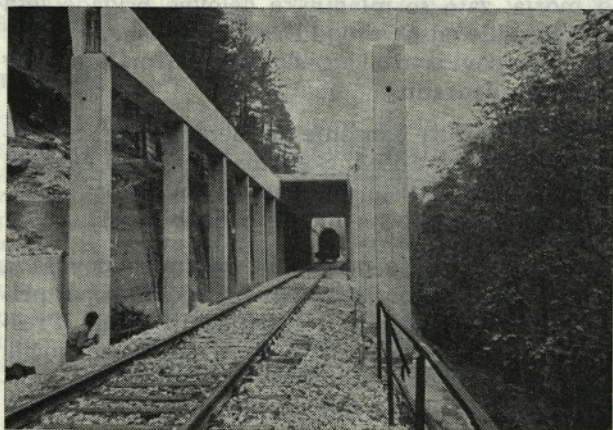
Danes torej, 80 let po zgraditvi, je proga ponovno vključena v redni mednarodni promet. V juliju 1985. leta sta Železniško gospodarstvo Ljubljana in Luka Koper pozikusno ponudila prometnemu trgu storitev, ki sta jo imenovala Soški koridor.

Soški koridor predstavlja celovito transportno storitev, saj združuje sodobne luške storitve na vseh terminalih v Luki Koper, prevoz po progi Koper—Divača—Sežana—Nova Gorica—Jesenice v zvezi na avstrijsko in evropsko železniško omrežje, predstavlja pa tudi najbližjo železniško pot iz srednje Evrope do Jadranskega morja. Njeno uveljavljanje je od obeh organizacij zahtevalo veliko naporov in sredstev.

Železniško gospodarstvo Ljubljana je v obdobju od 1980 do 1985 na podlagi predhodne analize realnih možnosti za pridobitev dodatnih 5 mio ton tovora za Avstrijo in Bavarsko ter usposobljenosti železnice za prevoz (predvsem razsutega tovora) na tem območju z ustreznimi naložbami omogočilo postopno realizacijo prevozov dodatnega tovora, in sicer:

- povečalo tirne zmogljivosti na postaji Koper,
- zgradilo in elektrificiralo obvozni tir v Divači,
- varnostne in telekomunikacijske naprave na postaji Jesenice,
- zgradilo galerijo za zavarovanje proge pred snežnimi plazovi,
- nabavilo 150 specialnih tovornih Fad vagonov ter 20 diesel električnih lokomotiv, ki so bile izdelane v tovarni Đuro Đaković po licenci General Motors (slika 2).

Dosedanje naložbe v novooblikovani transportni koridor, predvsem na odseku proge Sežana—Jese-



Slika 2. Gradnja galerije za zavarovanje proge pred snežnimi plazovi

nice, so omogočile prevoz prek 2 mio ton dodatnega tovora ali 6 parov dodatnih tovornih vlakov. Ti vlaki so vključeni v mednarodni vozni red.

Končni cilj naložbe je usposobitev proge za 8 mio ton prevozne moči, predvsem za prevoz razsutega tovora.

Istočasno z naložbami v modernizacijo je potekala tudi obnova tirov, mostov in predorov na progi Jesenice—Sežana. Ker je bila ta proga zgrajena le za 16-tonski osni pritisk, današnji pogoji transporta po železnici pa zahtevajo najmanj 20-tonski osni pritisk, je bilo pri obnovi proge najbolj racionalno tudi ojačiti vse njene elemente. Tako je bil v celoti zamenjan zgornji ustroj proge (tirnice, pragi in gramozna greda). Pri tem so bile zamenjane obstoječe tirnice teže 35 kg/m' s tirnicami 45 kg/m' in 49 kg/m'. Prek 50 km tira je bilo zvarjeno v neprekinjeni trak.

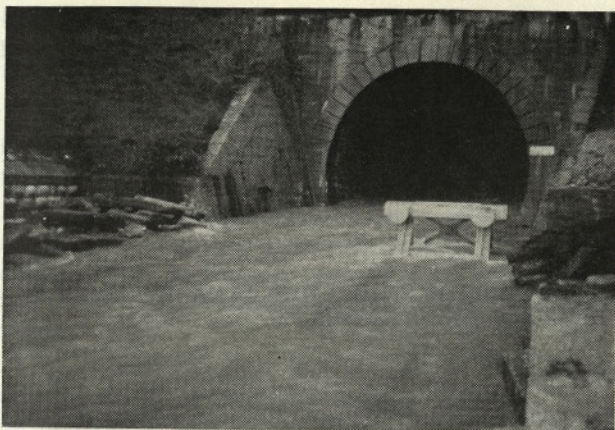
Zaradi gospodarnosti so bile v veliki meri uporabljene že rabljene tirnice, zgrajene ob obnovi magistralne proge, ki pri pogojih obratovanja na progi Jesenice—Sežana v celoti rabijo svojemu namenu.

Na progi je 45 jeklenih mostov, ki so bili projektirani le za 16-tonski osni pritisk in zaradi starosti potrebni temeljite obnove. Na vseh so bili izvršeni obremenilni preizkusi in izdelane statične presoje glede na možnosti povečanja njihove nosilnosti. Rezultati teh raziskav so pokazali, da se lahko vsi jekleni mostovi ob obnovi z ustreznimi ojačitvami posameznih elementov usposobijo za prevzem višjih osnih pritiskov. Pri obnovi mostov je bilo uporabljeno prek 10 ton jekla. Izvedena je bila tudi sanacija predorov. Pri sanaciji mostov in predorov je bil dosežen tudi večji prosti profil proge, ki omogoča sodobni prevoz tovornjakov na vagonih (oprtni promet). Enaka dela so bila izvršena tudi na manjšem številu kamnitih objektov.

Nerešena je le še sanacija bohinjskega predora. Predor s svojo geografsko in hipsometrijsko lokacijo preseka vododelnice dveh izlivnih področij. Njegov relativno velik profil (premer prek 7 m), kamnita obloga brez vezivnih sredstev, gradnja na višini, nižji od izvirov potokov, predstavlja klasičen premer drenaže (slika 3).

Problematika odvodnjavanja predora je prisotna že od izgradnje v letu 1906. Pri gradnji predora je na bohinjski strani prihajalo do vdora vode. Do velikega vdora pa je prišlo v km 2,6 m. Na tem mestu je še danes najintenzivnejši dotok, in to predvsem neposredno po močnih padavinah. Ob gradnji je bilo ob predoru zgrajeno večje zajetje in manjši prečni predor, ki je bil speljan v poseben jarek po predoru do Bohinjske Bistrice. Ta jarek in normalni jarek v sredini predora sta lahko odvajala vso vodo tudi ob močnih nalivih.

Proces karstifikacije z dodatnimi strukturno-tektonskimi pomiki in intenzivno delovanje vode je



Slika 3. Bohinjski predor v času močnega deževja

v zadnjih letih povečalo dotok vode v tunnel celo v tolikšnih količinah, da prihaja do zaustavitve prometa. Najvišja voda je segala celo 5 cm nad višino tirnice.

Zadnja leta se intenzivno iščejo tehnične rešitve za odpravo tega problema. Na podlagi hidroloških meritev in študij je bilo izdelanih več idejnih rešitev. Najbolj detajlno so bile obdelane variante: stranski tunnel do izliva v predor, odvod vode v ceveh pod pritiskom in več variant odvodnega kanala v samem predoru. Kot najbolj gospodarna se kaže varianta odvodnega kanala v predoru, ki je trenutno v strokovni presoji.

Pričakujemo, da bo dokončno strokovno stališče podano v kratkem, tako da se bo takoj lahko začela izdelava glavnega projekta, ustrezna sanacijska dela pa že v začetku prihodnjega leta.

V istem obdobju je pomembno razširila svoje zmogljivosti tudi Luka Koper, ki je začela intenzivneje izkoriščati svoje prostorske prednosti.

Sedanje zmogljivosti Luke Koper, vezanih na soški koridor:

— terminal za splošne tovore z zmogljivostjo 700.000 ton letno in specializacijo za lahko pokvarljivo blago, kavo, bombaž, kavčuk itd.,

— terminal za kontejnerski in Ro-Ro (roll on-roll off) promet z letno zmogljivostjo 135.000 TE in 50.000 vozil,

— terminal za les z letno zmogljivostjo 1.000.000 m³ in sodobnimi linijami za pripravo rezanega lesa,

— terminal za premog in rudnine z letno zmogljivostjo 1.500.000 ton, pri čemer je možno sprejemati ladje z ugrezom do 16 m,

— terminal za fosfate z letno zmogljivostjo 500.000 ton in možnostjo enkratnega skladiščenja 30.000 ton,

— terminal za tekoče tovore (kemikalije, lateks, jedilno olje, vino, nafto in derivati) ima 150.000 m³ rezervoarskega prostora,

— terminal (silos) za žitarice in krmila ima letno zmogljivost 700.000 ton. Enkratna skladiščna zmogljivost silosa je 60.000 ton. Terminal lahko sprejme ladje z ugrezom do 13,5 m.

Po izgradnji II. faze terminala bo Luka Koper povečala globino bazena, skladiščne in pretovorne zmogljivosti. Kapaciteta terminala za premog in rudnine bo do 1990. leta 4.500.000 ton.

Do leta 1990 Železniško gospodarstvo Ljubljana načrtuje še naslednje naložbe:

— povečanje tirnih zmogljivosti in naprav na postaji Koper (postajni tiri, vzdrževalni in čistilni tiri ter prometno-operativna zgradba),

— dokončanje modernizacije postaje Divača in Sežana,

— povečanje vlečne moči na progi Divača—Koper z gradnjo nove elektronapajalne postaje v Črnotičih,

— prenovo postaje Grahovo in Volčja Draga ter posodobitev signalnovarnostnih in telekomunikacijskih naprav,

— sanacija odvodnjavanja bohinjskega predora in — montažo 10 km alarmnih naprav za varovanje vlakov ob strmih skalnatih pobočjih.

Poleg tega je optimalni obtok in nadzorovanje vagonov in vlakov zagotovljeno z najsodobnejšim informacijskim sistemom spremljanja prometa na območju Železniškega gospodarstva Ljubljana. Tako so tudi uporabnikom vedno na voljo takojšnje informacije o gibanju njihovih pošilk.

Soški koridor je storitev, ki jo na evropskem prometnem trgu ponujata Luka Koper in Železniško gospodarstvo Ljubljana in predstavlja eno najsodobnejših prevoznih oblik, ki ustreza zahtevam sodobne proizvodnje in mednarodne trgovine.

Veliki naporji obeh organizacij so že v obdobju poskusnega obratovanja soškega koridorja dali spodbudne rezultate, saj je bilo že v prvem letu prepeljeno več kot 1,5 mio ton tovora. Tak uspeh je dosežen predvsem zaradi ustreznih zmogljivosti Luke Koper, velike usklajenosti v delu med Luko Koper in Železniškim gospodarstvom Ljubljana ter avstrijskimi železnicami.

Koncept razvoja

ŽELEZNIŠKEGA VOZLIŠČA V LJUBLJANI

UDK 656.21

ALOJZ BOH

KONCEPT RAZVOJA ŽELEZNIŠKEGA VOZLIŠČA V LJUBLJANI

Povzetek

Urejenost železniškega vozlišča v Ljubljani vpliva na pravilno funkcioniranje celotnega železniškega prometa v Sloveniji, na mrežo jugoslovanskih železnic in v širšem evropskem prostoru. Tehnično-tehnološki cilj njegove ureditve je v ločitvi tovornega prometa od potniškega z gradnjo obvozne proge ter funkcionalno ustrežnejše nove potniške postaje, ki bo poleg železniškega prometa integrirala vse ostale zvrsti prevozov.

Koncept vozlišča je usklajen in prilagojen razvojnim potrebam mesta; predvsem omogoča bistveno povečanje zmogljivosti za organizacijo primestnega prometa.

Ljubljansko železniško vozlišče ima v okviru železniške mreže tako pomembno vlogo, da je od nje odvisno dolgoročno pravilno funkcioniranje celotnega železniškega prometa v SR Sloveniji, na mreži JŽ in v širšem evropskem prostoru. Načrtovani koncept vozlišča ima zato dolgoročni značaj, ker se za dolgo časovno obdobje opredeljujejo osnovne smernice razvoja vozlišča in železniške mreže na področju SR Slovenije.

Obstoječe vozlišče, v stanju v kakršnem je, ni sposobno sprejeti prometa, ki se v bodoče pričakuje, niti ni sposobno celo pri sedanjem obsegu prometa opravljati vseh potrebnih funkcij, ki se pričakujejo od njega. Obremenjeno je z nizom problemov: nezadostnimi zmogljivostmi, ozkimi grli, križanji prog v nivoju, dotrajanimi napravami, nizko stopnjo varnosti prometa in mnogimi drugimi težavami, ki se porajajo iz dneva v dan.

Poleg že omenjenih problemov je potrebno funkcijo ljubljanskega železniškega vozlišča prilagoditi obveznostim, ki izhajajo iz nove urbanistične rešitve centra Ljubljane in zasnovi (UIC) izgradnje hitrih prog TAUERN, BALKAN, JADRAN in njihovem vključevanju v vozlišče.

Gre torej za koncept vozlišča, ki je istočasno integralni del dolgoročnega programa Ljubljana 2000,

Avtor:

Mag. Alojz Boh, dipl. ek., *Železniško gospodarstvo Ljubljana, Moše Pijadejeva 39*

A CONCEPT OF THE LJUBLJANA RAILWAY JUNCTION DEVELOPMENT

Summary

The quality of service in the Ljubljana railway junction influences the functioning of the entire railway traffic in Slovenia, on the Yugoslave railway network and even the European network. The aim of its technical and technological improvement is to separate freight traffic from the passenger traffic by means of a construction of a deviation line and a new passenger station at which railway traffic would be combined with other transportation modes.

The concept of the junction construction is adjusted to the development demands of the town. It envisages an essential improvement of the vicinity traffic organization.

v katerem prva etapa zajema izgradnjo vozlišča z novo potniško postajo, skladno s srednjeročnim planom za obdobje 1986—1990 mesta Ljubljane.

CILJI IN USMERITVE

V študiji zasnove vozlišča so opredeljeni naslednji najpomembnejši dolgoročni cilji, ki jih je potrebno izvršiti z njegovo rekonstrukcijo.

Postopoma ustvariti dovolj velike zmogljivosti vozlišča, da bi se železniški promet nemoteno razvijal ter povečeval prepustnost prometnih tokov, ki gravitirajo prek tega področja, tako v Sloveniji kot v ostalem delu države in v mednarodnem merilu.

Ločiti tovorni promet od potniškega ter s tem razbremeniti s tovornim prometom preobremenjene zmogljivosti potniške postaje in ustvariti dva posebna sistema:

a) potniški sistem, ki bo imel centralno potniško postajo Ljubljana v ožjem centru mesta za vse vrste potniškega prometa in posebno tehnično potniško postajo zunaj centra mesta za nego, vzdrževanje in pripravo potniških garnitur in voz, motornih vlakov in lokomotiv in

b) tovorni sistem prog, ki bo združeval vse priključne proge s ciljem, da se tovorni promet preusmeri mimo centra mesta in da se poveže z obstoječo moderno ranžirno postajo v Zalogu, s tem da se omogoči tranzitni tovorni promet z vsake proge na vse ostale.

S konceptom rešitve vozlišča je potrebno ustvariti pogoje za visoko stopnjo varnosti prometa. Pri tem je nujno:

— predvideti denivelacijo glavnih prog, da bi se izognili križanju železniškega prometa v istem nivoju,

— nadaljevati denivelacijo prog z ene strani in mestnih prometnih poti in priključnih poti z druge strani, da bi se izognili nivojskim križanjem med železniškim in cestnim oziroma mestnim prometom,

— upoštevati prevozno pot v postajah in zadostne dolžine, da bi se izboljšala stopnja varnosti,

— predvideti tudi druge ukrepe, vključno z moderno signalno-varnostno opremo, da bi se dobili kar najugodnejši učinki.

Posvetiti posebno pozornost racionalnim tehnološkim rešitvam postaj in prog. S tem v zvezi je potrebno:

— ustvariti pogoje za istočasne in neodvisne uvoze in izvoze vlakov z vseh prog v postajo,

— s tirnimi povezavami omogočiti direktne uvoze in izvoze vlakov z vseh prog na vse glavne postajne tire,

— zagotoviti organizacijo dela glavnih postaj po smereh tako, da je polovica postaje namenjena za eno smer, druga polovica za drugo smer, in to brez prečkanja vozniških poti pod normalnimi pogoji dela,

— v potniški postaji Ljubljana dati možnost, da se srednji del postajnih tirov izkoristi za linijski domači in mednarodni promet, obrobni južni in severni del tirov (prvi in šesti peron) pa za lokalni primestni potniški promet,

— omogočiti banalizacijo¹ prometa na progah,

— zagotoviti racionalen tehnološki postopek oskrbe in nege garnitur, spalnikov in jedilnikov, poštnih voz, motornih vlakov in lokomotiv v tehnični potniški postaji,

— zagotoviti racionalno manipulacijo voz za prevoz avtomobilov in drugo,

— pri vsem tem pa težiti k temu, da bi bile dolžine vozniških poti potniških in tovornih vlakov in praznih garnitur čim krajše, da bi bili skupni stroški eksploatacije v danih pogojih čim nižji.

Podan je koncept rešitve, ki se lahko etapno dograjuje in s stališča investiranja ekonomsko upraviči. Pri tem predstavlja vsaka etapa zaokroženo tehnično-tehnološko celoto, ki se lahko racionalno izkoristi, da se v vsaki etapi rešujejo določeni akutni problemi vozlišča s tem, da se čim manj sredstev investira v začasne rešitve, ki se v naslednji etapi ne bi mogle uporabiti.

¹ Banalizacija proge pomeni, da je omogočen zavarovan izmenični promet v obeh smereh.

Z izgradnjo sistema hitrih prog so podani pogoji, da se razbremenijo obstoječe proge in se modernizirajo in prilagodijo potrebam lokalnega primestnega prometa. S tem ciljem je v konceptu rešitve potrebno predvideti postopno izgradnjo drugega tira na vseh priključnih enotirnih progah, njihovo logično prilagoditev potrebam lokalnega prometa in racionalno medsebojno povezovanje, vključujoč v ta sistem pomembnejša naselja širšega mestnega področja.

Kar najbolj izkoristiti obstoječe površine terena, ki pripadajo železnici, kakor tudi prej predvidene rezervate koridorjev in samo izjemoma zavzemati mestne površine, ko ni drugih možnosti za ustvaritev zamišljenega koncepta. Pri tem je potrebno upoštevati obstoječe in načrtovane objekte in namembnost površin, da bi se ohranili vitalni interesi mesta.

Posebno pozornost je potrebno posvetiti pogojem varovanja narave in človekovega okolja. Ob upoštevanju železniškega sistema kot sestavnega dela urbanizma mesta je treba brez posegov v izbrani koncept preučiti različne tehnične rešitve za posamezne objekte ali vodenje tras. Tako se bo železnica kar najbolje vključila v mestno okolje, zmanjšali pa se bodo tudi škodljivi vplivi na mestni organizem.

Izhajajoč iz navedenih načel, upoštevanja obstoječega stanja v vozlišču, načrtovanja hitrih prog, potrebe nadaljnega razvoja mesta in njegovega gospodarstva in pričakovanega intenziviranja celotnega železniškega prometa v bodočnosti, je sestavljen osnovni koncept razvoja železniškega vozlišča, ki v celoti upošteva vsa postavljena načela.

POTNIŠKI IN TOVORNI SISTEM

Ločitev tovornega prometa od potniškega oziroma vzpostavitev dveh ločenih, vendar medsebojno usklajenih sistemov, potniškega in tovornega, pomeni temelj celotne zasnove ljubljanskega vozlišča.

Potniški sistem sestoji iz osrednje potniške postaje v ožjem centru Ljubljane na sedanjem platoju, dovolj velikih zmogljivosti za vse vrste potniškega prometa, vključno z avtobusno postajo, obstoječih priključnih prog, ki bi bile razbremenjene tovornega prometa in predora skozi Rožnik, kar vse je v skladu z urbanistično rešitvijo prometnega središča mesta. Za intenziviranje primestnega potniškega prometa se predvideva tudi izgradnja večjega števila postajališč na priključnih progah: Kajuhova, Kodeljevo, Šiška, Bratovževa ploščad, Devova, Tivoli (Erjavčeva), Vič (Gregorinova) in dr.

Predvidena je tudi nova tehnična postaja v Mostah, zunaj centra mesta, v sklopu ostalih želez-

niških dejavnosti, ki bo namenjena za nego, vzdrževanje in pripravo potniških voz, garnitur, motornih voz in lokomotiv. Tehnična potniška postaja je tako izločena iz središča mesta, kar je predvsem s stališča zaščite človekovega okolja ter prostorske ureditve zelo ugodno.

Tovorni sistem je sestavljen iz dvotirne tovarne obvoznice, ki povezuje vse glavne priključne proge, ranžirno postajo v Zalogu, ki je že zgrajena, veznih prog med ranžirno postajo in obvozno progo in minala v Mostah in številnih industrijskih tirov na nazaj, lokotovorne postaje in kontejnerskega tercelotnem območju vozlišča.

V predhodni fazi, to je do realizacije tovarne obvoznice severno od mesta, bi tovorni promet še naprej potekal skozi potniško postajo Ljubljana in skozi obstoječe vozlišče. Zato je potrebno modernizirati obstoječe kapacitete in povečati njihovo prepustno moč. V tem smislu je že v prvi etapi razvoja zmogljivosti predvidena izgradnja še dveh novih tirov med potniško postajo Ljubljana in postajo Zalog. Skupaj z obstoječo dvotirno progo bodo novi tiri v prehodni fazi rabili za prevoz potniških in tovornih vlakov in praznih garnitur med Ljubljano in Mostami. V končni rešitvi bodo ti tiri dobili novo funkcijo, postali bodo tiri hitre proge med Jesenicami, Ljubljano in Zagrebom.

V tovornem prometu so tudi industrijske postaje Ježica, Šentjakob in Beričevo za strego industrijskih tirov.

OBVOZNA PROGA

Nova obvoznica se od obstoječe proge Ljubljana—Sežana odcepi pri nadvozu Dolgi most. Trasa poteka v nadaljevanju za Rožnikom. En krak se odcepi v smeri glavne potniške postaje, drugi proti Vižmarjem in nato po stari trasi demontirane »nemške« proge, prek Črnuč, Beričevega do Laz. Obvoznica je optimalno prilagojena prostorski ureditvi. Pri projektiranju so upoštevane tehnične rešitve, ki praktično izločajo hrup v območju že zazidalnih površin (tunelska gradnja) in s tem minimizirajo onesnaževanje okolja.

Obvoznica za tovorni promet ustvarja tehnološko zvezo z ranžirno postajo Zalog tako, da imajo prek obvoznice vsi tovorni vlaki direkten uvoz v sprejemno skupino ranžirne postaje. Iz ranžirne postaje pa predelani vlaki prav tako izstopajo na obvoznicu. Tako je v okviru vozlišča omogočeno neodvisno potekanje tovarnega prometa brez križanja voznih poti v potniškem prometu in brez prevozov tovornih vlakov skozi potniško postajo.

Potniški promet po obvozni progi poteka le od cepišča obstoječe proge na Viču, ki se po deniveliranem tunelu pod Rožnikom in pod Tivolijem uvaja na glavno potniško postajo.

Hitra proga, ki ima zunaj vozlišča tehnične elemente za hitrosti do 250 km/h, ima v vozlišču ločene tire z elementi, prilagojenimi potniškemu sistemu. Trasa hitre proge, ki predstavlja segment evropske magistrale za povezavo srednje Evrope z Bližnjim vzhodom, se iz smeri sever vključi v vozlišče pri Mednem in se v tunelski povezavi priključi na traso potniške proge za Rožnikom. V smeri proti vzhodu poteka hitra proga do Zaloga vzporedno z obstoječo progo, od tod dalje pa po novi trasi, ki zaradi variantne obdelave (po dolini Save ali ob Temenici preko Dolenjske) še ni določena.

VARNOST PROMETA

Da bi se zagotovila visoka stopnja varnosti prometa, je v konceptu predvidena denivelacija glavnih prog. S tem bi se izognili prekinitvam vlakovnega prometa v istem nivoju, denivelaciji glavni prog in mestnim prometnicam. Izognili bi se kolizijam oziroma naletom med železniškim in cestnim oziroma mestnim prometom. V postajah je predvidena zadostna dolžina prevoznih poti in moderna signalnovarnostna oprema.

V zvezi s tem sta predvideni v sprejeti rešitvi dve »deteljici«: pri Vižmarjih na severni strani in Podgradu na vzhodni strani vozlišča, prek katerih so hitre proge povezane s potniškim in tovornim sistemom. Poleg tega obstajajo še druge denivelacije proge: pri Vižmarjih, za Rožnikom, v tunelu pod Rožnikom v Črnučah, v Mostah, kakor tudi več denivelacij proge in ulic na različnih mestih v vozlišču.

Posebno pozornost posveča koncept tehnološkim rešitvam posebej. Omogočeni so istočasni in neodvisni uvozi oziroma izvozi vlakov s teh prog. Postaje se izkoristijo praviloma po smereh, tako da ena polovica le-te rabi za eno smer, druga pa za drugo. To velja predvsem za postajo Ljubljana. Takšna rešitev omogoča večjo zmogljivost postaje, z vidika varnosti prometa je najzanesljivejša. Koncept obdeluje tudi številne druge tehnološke zahteve.

Skozi vozlišče se obdrži levi promet v potniškem in tovornem sistemu. Na hitrih progah zunaj vozlišča in na obstoječih enotirnih progah, ki bodo v prihodnosti spremenjene v dvotirne, je predviden desni promet. Izjema sta progi Ljubljana—Kamnik in Ljubljana—Grosuplje, kjer je predviden levi promet. Vzrok tej izjemi je rešitev zahodnega uvoznega grla postaje Ljubljana in rešitev za primestni lokalni promet s tovarne obvoznice v postaji Črnuče.

Sistem prog in tirnih povezav omogoča vse stopnje avtomatizacije računalniško podprtega vodenja prometa.

ETAPNA GRADNJA

Koncept omogoča postopno realizacijo in je razdeljen na 4 glavne etape razvoja: rekonstrukcija obstoječih zmogljivosti na odseku od Titove ceste do mosta prek Ljubljanice v Zalogu, izgradnja drugega tira na obstoječih enotirnih progah, izgradnja tovarne obvoznice z vsemi povezavami na obstoječe proge in izgradnja tirov za hitro progo z njihovimi povezavami.

V okviru prve etape je možnih več faz izgradnje. Vsaka od teh lahko predstavlja zaokroženo celoto in samostojno funkcionira. Logično zaporedje gradnje objektov prve etape:

1. Poleg obstoječe dvotirne proge med Zalogom in Ljubljano je potrebno usposobiti obstoječi lokomotivski in industrijski tir in ju povezati skozi postajo Ljubljana tako, da se vzpostavi štiritirna zveza. Dva srednja tira bosta namenjena za potniški promet, zunanja tira pa za tovarni promet.
2. Istočasno je treba zgraditi drugi tir na odseku Ljubljana—Vižmarje.
3. Zgraditi vzporedno progo med sprejemno skupino ranžirne postaje do Toplarne in Vodmatskim lokom, južno od Centralnih delavnic v Mostah.
4. Delno zgraditi tehnično postajo za vzdrževanje lokomotiv s potrebno kapaciteto in delavnice za vzdrževanje potniških vagonov v Mostah.
5. Razširiti tirne kapacitete v postaji Brezovica, Laze in Rakovnik.

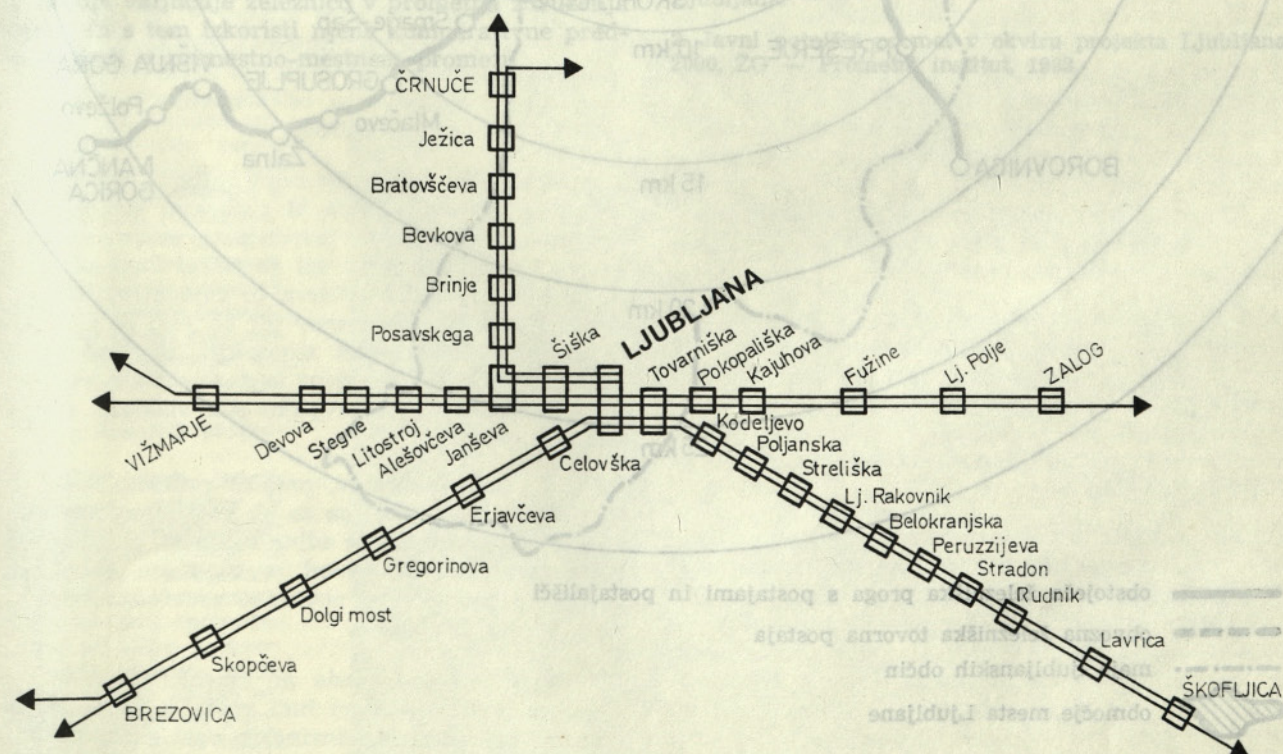
6. Zgraditi zunajnivojsko zvezo ranžirne postaje Zalog s progo proti Zidanemu mostu.

Postopna gradnja zagotavlja racionalno izrabo zgrajenih objektov glede na vložen kapital v pravočasno selekcioniranje odprave »ozkih grl«, s čimer bodo zagotovljene potrebne zmogljivosti za urejen in varen železniški promet. Realizacija prve etape je načrtovana v tem srednjeročnem obdobju. Financirana bo ob lastni udeležbi s kreditom MBOR (Mednarodne banke za obnovo in razvoj) ter udeležbo domačih poslovnih bank.

MESTNI PROMET

Za strateško reševanje problemov mestnega potniškega prometa v Ljubljani bi bilo potrebno upoštevati tudi železnico kot potencialnega nosilca prometno-mestnega potniškega prometa. Koncept vozlišča daje možnost, da se obstoječe proge razbremenijo tovarnega in potniškega prometa in da se postopoma prilagodijo primestnemu prometu.

Železnica, takšna kot je danes, po svojih zmogljivostih, kakovosti prevoza, predvsem pa organiziranosti prevozov ne more prevzeti vloge nosilca primestno-mestnega prevoza potnikov. Enourni taktni vozni red primestnih vlakov, ki ga imamo na progi Ljubljana—Kamnik in Ljubljana—Zidani most, ni dovolj atraktiven in ga je potrebno zmanjšati na 20 oziroma 10 minut. Da bi se zagotovila taka gostota vlakov, je predvidena v razvojnih usmeritvah gradnja dvotirne proge Ljub-



Slika 1. Možne linije vlakov in postajališč primestno mestnega prometa v Ljubljani



Slika 2. Gravitacijsko območje za železniški prevoz potnikov

ljana—Kamnik, Ljubljana—Kranj in Ljubljana—Grosuplje z gradnjo obvozne proge za tovarne vlake ter rekonstrukcijo in gradnjo nove potniške postaje Ljubljana. Na mestnem območju obstoječih prog bi tako vozili samo potniški vlaki oziroma samo primestno-mestni potniški vlaki.

Izhajajoč iz dejstva, da je primestno-mestno potniški promet širšega družebnega pomena kakega mesta in da je v tem prometu vključenih več zvrsti prevoza in da je ta promet iz poslovnega vidika nerentabilen, se v mestih razvitih držav organizirajo prometna združenja, v katera so vključeni vsi prevozniki, predstavniki družbenopolitičnih skupnosti ter uporabnikov. Osnovni cilji združenja so v optimalizaciji razvoja vseh zvrsti prometa, standardizaciji kakovosti storitve, minimalizaciji stroškov in pospeševanju prodaje storitev. Pomembno je poudariti, da se v teh primerih uporabljajo conske tarife, da je vozovnica enotna za vse prevoznike in s tem tudi cena prevoza.

Za ta namen je tudi v Ljubljani izvedena raziskava za vključitev železnice v koncept sodobnega primestno-mestnega potniškega prometa. Pri tem je ugotovljeno, da bi lahko železnica na območju mesta Ljubljana pokrivala prek 20 % potreb po prevozih. Poprečna razdalja postajališč bi bila okrog 1000 m, v centru okrog 500 m, s hitrostjo potovanja 31 km/h. Tako bi npr. vožnja od Rudnika do potniške postaje Ljubljana trajala le 15 minut.

Zato je v Ljubljani v prihodnje možno pričakovati optimalno organiziran primestno-mestni potniški promet le, če se bodo na tem prostoru usklajeno razvijale vse zvrsti prevozov. Vedno več mest v Evropi vključuje železnico v prometna združenja mesta in s tem izkoristi njene komparativne prednosti tudi v primestno-mestnem prometu.

SKLEP

Razvojni koncept predstavlja tehnično kompleksno in tehnološko funkcionalno rešitev ljubljanskega železniškega vozlišča, zasnovanega z modernim pristopom uporabe znanosti in sodobne tehnike. Nosilca vsebinske zasnove vozlišča, ki je nastala v zadnjih 25-letih v sodelovanju strokovnjakov iz različnih področij in organizacij širom po Jugoslaviji, sta dipl. inž. gradb. Jurij Medved in prof. dr. Savo Janjić.

V študijskem delu oblikovanja tehnično-tehnološke zasnove vozlišča so bile analizirane in kvantificirane različne alternativne možnosti. Med drugim je bila izvršena ponovna presoja morebitne poglobitve železniške postaje, opustitev trase oziroma prehoda železniške proge pod Rožnikom in pod Tivolijem. Vendar rezultati argumentirano potrjujejo optimalnost sprejetega koncepta razvoja vozlišča, ki zagotavlja, glede na položaj postaje in obstoječih prog, kakovostno rešitev z vidika visoke stopnje varnosti pri upravljanju prometa ter ne povečuje stroškov eksploatacije. Pri detajlni obdelavi izvedbenega projekta so možna podrobna usklajevanja in prilaganja, s tem da ni bistveno okrnjen noben od ključnih tehnično-tehnoloških elementov koncepta.

Literatura:

1. Študijsko gradivo razvojnega koncepta ljubljanskega železniškega vozlišča, Železniško gospodarstvo, Ljubljana.
2. Javni potniški promet v okviru projekta Ljubljana 2000, ŽG — Prometni institut, 1983.

Nova potniška postaja v Ljubljani

UDK 656.21:725.31

MARKO MUŠIČ

NOVA POTNIŠKA POSTAJA V LJUBLJANI

A NEW PASSENGER STATION IN LJUBLJANA

Povzetek

Summary

Z načrtovanjem in gradnjo nove potniške postaje v Ljubljani naj bi bila začrtana bodoča prometna politika samega mesta, ki hkrati predstavlja pomembno prometno središče številnih mednarodnih linij. Sama postaja kot potniški terminal na stiku tradicionalnega mestnega jedra in novega severnega središča zagotavlja odlično dostopnost, logično vraščenost v mestno tkivo in združitev vseh javnih prometnih sistemov v eni točki.

The planning and later also the construction of a new passenger station in Ljubljana defines the traffic policy of the town itself being an important intersection of numerous international traffic routes. The station as a passenger terminal adjacent to the old as well as to the new town centre assures an excellent access and integration of all public transportation systems at one point.

Etapnost gradnje postajnega območja pa je temeljni pogoj postopne realizacije, ki ga narekujejo investicijski razlogi in tehnični problemi, predvsem nemoteno odvijanje prometa med gradnjo. Projekt je zato razdeljen v več smiselno zasnovanih enot, ki omogočajo samostojno gradnjo in eksploatacijo in se logično vključujejo v končno celovitost zasnove.

The basic condition for the realization of this plan is a gradual construction resulting from investment demands and technical problems, and above all from the demand that traffic should not be disturbed during the course of the construction. Therefore the project is divided into more units which can be constructed and utilized separately and independently of other structures, altogether forming a logically conceived complex.

I.

macije o prevozih, blagajne in spremni programi ter neposredni dostopi na železniške, avtobusne in letališke perone.

Značilna pozicija ljubljanske postaje med že izoblikovanim in nastajajočim južnim in severnim središčem daje kot splet dobrih in slabih odločitev v preteklosti še vedno možnost za ustrezno reševanje prometnih problemov na mestni ravni.

Razen najožjih funkcionalnih programov je večina razširjenih dejavnosti, ki spremljajo potrebe postaje in mestnega središča, neposredno vključena v urbano tkivo obeh podaljšanih ulic. Tako sprejema mesto obe središčni postaji v srž dogajanja ter namesto nastajanja obrobne subkulture, kakršno bi pomenila dislokacija postaj, s štiriindvajseturno vitalnostjo oblikuje eno od osnovnih in izrazitih območij mestnega središča.

Najprej je treba poudariti ključno in izredno lego, ki jo ima ljubljanska postaja natanko v središču mesta. Če so namreč železniški tiri z odločitvijo o podvozih v polpreteklem obdobju pomenili usodno oviro organskemu razvoju mestnega središča, danes, ko to fizično oviro lahko premagamo, pomenijo posebno vrednost in dosedanje neugodnost lahko spremenimo mestu v prid. Potniška postaja na stiku tradicionalnega mestnega jedra in novega severnega središča namreč zagotavlja odlično dostopnost in logično vraščenost v mestno tkivo.

Namesto velike stavbe bo nova ljubljanska postaja bolj izrez mestnega tkiva, ki z ulicami, trgi in enakomerno razporeditvijo javnih programov povezuje ločeni južni in severni del središča. Obe osrednji podaljšani ulici, Miklošičeva in Pijadejeva, se dotikata postajnih programov ter po vsej dolžini ponujata intenziven splet trgovskih, storitvenih in gostinskih lokalov, servisov in razvedrilnih programov v večnivojskem prepletu pod stekleno streho pokritih galerij.

Nosilci zasnove prometnega središča so zato Miklošičeva, Pijadejeva in Cigaletova ulica ter nov postajni park ob Titovi, ki prek tirov in postajališč avtobusne postaje povezujejo južni in severni center Ljubljane ter premagujejo ločitve in ovire, kakršne je v mestno tkivo zarezala odločitev o podvozih in nivojski železnici.

Intenzivnost programov, preplet prometnih tokov in stalna atraktivnost pa so ob vsakodnevnem številu potnikov morda še edina možnost, da resnično premagamo usodno vrzel v mestnem tkivu in izpeljemo prepričljivo povezavo severnega in južnega centra Ljubljane.

Združitev vseh javnih prometnih sistemov, železnice, avtobusnega in letalskega prometa v eni točki v okviru skupne potniške postaje in neposredna navezanost na mesto in njegove prometne sisteme pomeni za uporabnika najkrajše poti in največjo možnost izbire načina potovanja oziroma kombinacije raznih prevoznih sistemov, ob tem pa tudi bistveno reduciranje potrebnih površin. V osrednji skupni postajni dvorani so tako združene infor-

Ob vsem tem pa seveda ne smemo pozabiti, da potniška postaja pomeni tudi vrata v mesto, ki se tako od nekdanjih zgodovinskih vrat v obzidju na obodo mesta pomaknejo v samo središče. Ta točka



Slika 1. Izjemna lega ljubljanske potniške postaje v središču mesta zagotavlja odlično dostopnost in vraščenosť v mestno tkivo. Nadaljevanje Pijadejeve, Miklošičeve in Cigaretove prek območja tirnih naprav v severno središče povezuje danes ločene dele mesta ter predstavlja osnovno javno komunikacijsko strukturo dostopov do postajnih programov.

Združitev vseh javnih prometnih sistemov v eni točki v okviru skupne potniške postaje in neposredno navezanost na središče zagotavljajo najkrajše poti, optimalne možnosti izbire in kombinacije sistemov, predvsem pa tudi znatno redukcijo potrebnih površin (večkratna in boljša izraba prostora)

daje zato osrednji postaji poseben simboličen pomen, saj za vse, ki v naše mesto prihajajo, pomeni prvo srečanje z nami in našo kulturo.

II.

Prometna zasnova izhaja iz projektних rešitev za oba osnovna nosilca javnega prometa, torej železnico in avtobusno postajo, na katera se navezujejo ostali sistemi.

a) **Železniška postaja** obsega po projektu rekonstrukcije tirnih naprav 6 peronov, od katerih sta 1. in 6. (skrajni južni in severni) namenjena primestnemu prometu. Današnji peroni 2, 3, in 4 so po osnovni in izhodiščni odločitvi **definitivni** tako, da ureditev treh novih peronov in seveda vseh spremnih tehničnih elementov izhaja iz njihove lege in niveletnih značilnosti.

Vsi peroni so navezani na glavni dvignjeni nivo pešcev (nahod prek tirov in osrednja postajna dvorana) z dvosmernimi pokritimi tekočimi pločniki (ki so v primeru zastoja uporabni kot klančine) in pomožnimi stopnišči. Oba primestna perona pa sta ob teh osnovnih navezavah na osrčje potniške postaje neposredno povezana tudi s pločniki obeh mejnih ulic (Vilharjeva, Masarykova) in javni podhod za pešce in kolesarje v osi podaljšane Resljeve ulice. Sedanji dostop na perone je podaljšan prek celotnega območja tirnih naprav in bo v končni fazi predstavljal interno pomožno povezavo med peroni.

Na vse štiri medkrajevne perone (ŽP 2, 3, 4, 5) so na obeh straneh (vzhod, zahod) urejeni dostopi za električne vozičke, ki s podzemnimi koridorji povezujejo vse funkcionalne programe in objekte postajnega območja v organizacijsko in prometno-tehnološko celoto.

b) **Nova avtobusna postaja** je urejena na severni strani tirnih naprav do nove Vilharjeve. Prometno je navezana na križišče v podaljšku nove Robbove ulice.

Ploščad avtobusne postaje obsega 5 peronov, ki so načeloma ločeni za prihode in odhode, kot to zahteva izbrana prometna tehnologija. Peti peron je namenjen dolгим tranzitnim linijam in je tako edini, kjer sta prihod in odhod združena. Postajališča avtobusov so ob peronih urejena za gibanje brez vzratnih voženj in brez odvisnosti od sosednjih postajališč.

Vsi peroni so z enosmernimi tekočimi stopnicami (smer vožnje stopnic je odvisna od tega, ali je peron prihod ali odhod), dvigalom in varnostnim stopniščem navezani na glavni nivo pešca (nahod, osrednja postajna dvorana, dvorana blagajn avtobusne postaje itd.), prav tako pa tudi na oba nivoja javne parkirne garaže v kletnih etažah pod ploščadjo (neposredna dostopnost!).

Ploščad nove avtobusne postaje obsega 52 postajališč (za primerjavo: na današnji postaji je 30 postajališč), ki so zaradi optimalne izrabe in maksimalnega skrajšanja voženj dopolnjena s **čakalno ploščadjo** (kjer čakajo avtobusi, ki imajo med prihodom in odhodom več kot 10 minut — da torej po nepotrebem ne zasedajo peronov) urejeno na zahodni strani glavne ploščadi (30 čakalnih boksov, od tega 10 boksov urejenih z dostopom za potnike — bis vožnje, turistične linije itd.).

c) **Postaja letaliških avtobusov** (air terminal) je urejena v vstopnem delu avtobusne postaje na mestu direktne navezave na nahod in osrednjo postajno dvorano (najkrajša zveza z mestom in železniško postajo). Terminal obsega štiri postajališča, iz katerih se avtobusi neposredno vračajo na Vilharjevo cesto, da ne bi dodatno ovirali prometa znotraj avtobusne ploščadi.

d) **Mestni potniški promet.** Postajališča so opredeljena ob vseh treh javnih vstopih v območje potniške postaje Ljubljana, torej vzdolž rekonstruirane Masarykove ulice (Trg OF), nove Vilharjeve ceste ter ob Titovi. Postajališča mestnega potniškega prometa so dimenzionirana tudi za postanke tistih primestnih avtobusov, ki bodo po preureditvi sistema primestnega prometa v stiku z območjem postaje.

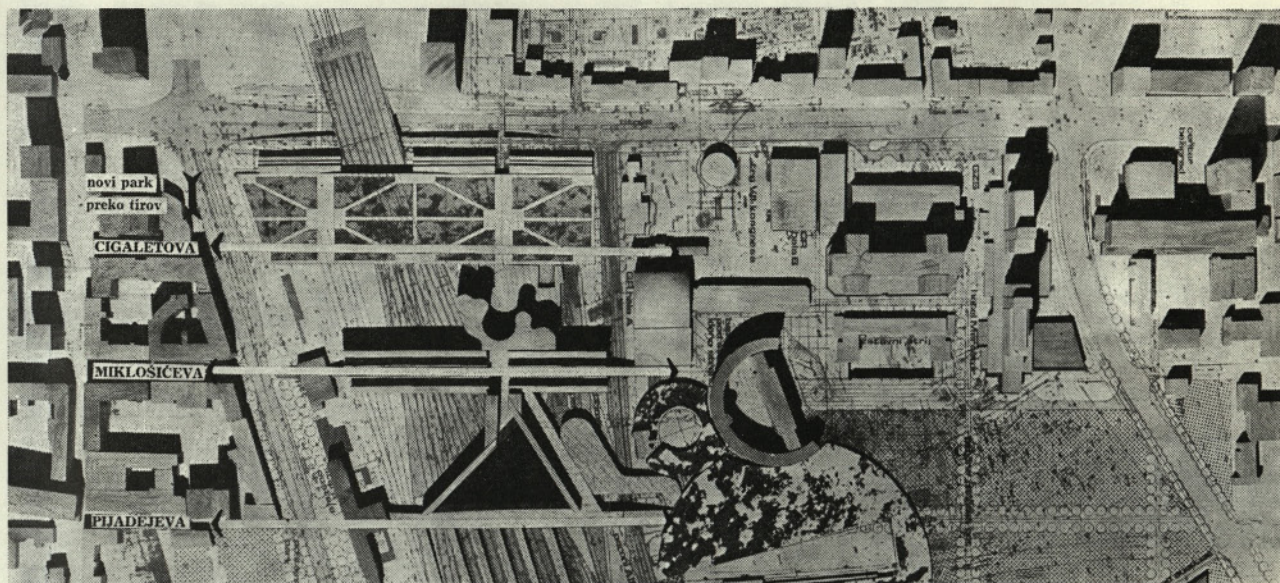
e) **Taksi postajališča** so vključena v neposredno bližino vseh treh postajališč mestnega potniškega prometa (Trg OF, Vilharjeva, Titova).

Posebej pa je za dostop do osrednje postajne dvorane (tudi nahoda prek tirov in dvorane blagajn avtobusne postaje) projektirana na isti niveletni taksi ploščad s priključkom na novo Vilharjevo cesto. Ploščad s postajališčem za taksi vozila je neposredno navezana na glavne prostore potnikov v območju nove postaje, posredno pa tudi z bazo vozil taksi Integral v javni podzemni parkirni garaži.

f) **Osebna vozila.** Ureditve za osebna vozila na območju potniške postaje Ljubljana izhajajo ne le iz osnovnih potreb same postaje, temveč istočasno razrešujejo tudi potrebe kontaktnih območij (Gospodarsko razstavišče, Slovenijales, Delo, severni del tradicionalnega središča itd.).

Osrednji objekt je javna parkirna garaža pod ploščadjo avtobusne postaje (1000 parkirnih mest), ki omogoča v naslednjih fazah izgradnje razširitev pod parkom ob Titovi in dodatni priključek na Masarykovo (Trg OF).

Uvoz v parkirišče osebnih vozil pod avtobusno ploščadjo je iz nove Vilharjeve ceste, dostopi pešcev pa so, kot je že omenjeno, urejeni na pločnik Vilharjeve ceste, perone avtobusne postaje, kakor tudi v vse osrednje postajne prostore nove potniške postaje (strategija namestitve vertikalnih jeder).



Slika 2. Shema širših mestnih povezav v postajnem območju

Za potnike je ob dovozu in kratkem postajanju, ki je pred staro železniško postajo, urejen tudi dovoz osebnih vozil neposredno do osrednje postajne dvorane, torej direkten dostop potnikov (starejši, hendikepirani, otroci, prtljaga, itd.) do ključnih prostorov nove ljubljanske potniške postaje.

g) **Kolesarski dostopi** do potniške postaje spremljajo glavne poti pešcev. Kolesarnice so zato projektirane na južni strani ob vzhodju nadhoda — podaljšane Miklošičeve, na zahodni strani pod parkom ob Titovi in na severu v vzhodju nadhoda — podaljšane Pijadejeve ulice.

h) **Pešcem** je v območju potniške postaje Ljubljane tako zaradi samega značaja osrednje postaje kot še posebej specifične ljubljanske vraščenosti postaje v mestno središče namenjena osrednja pozornost.

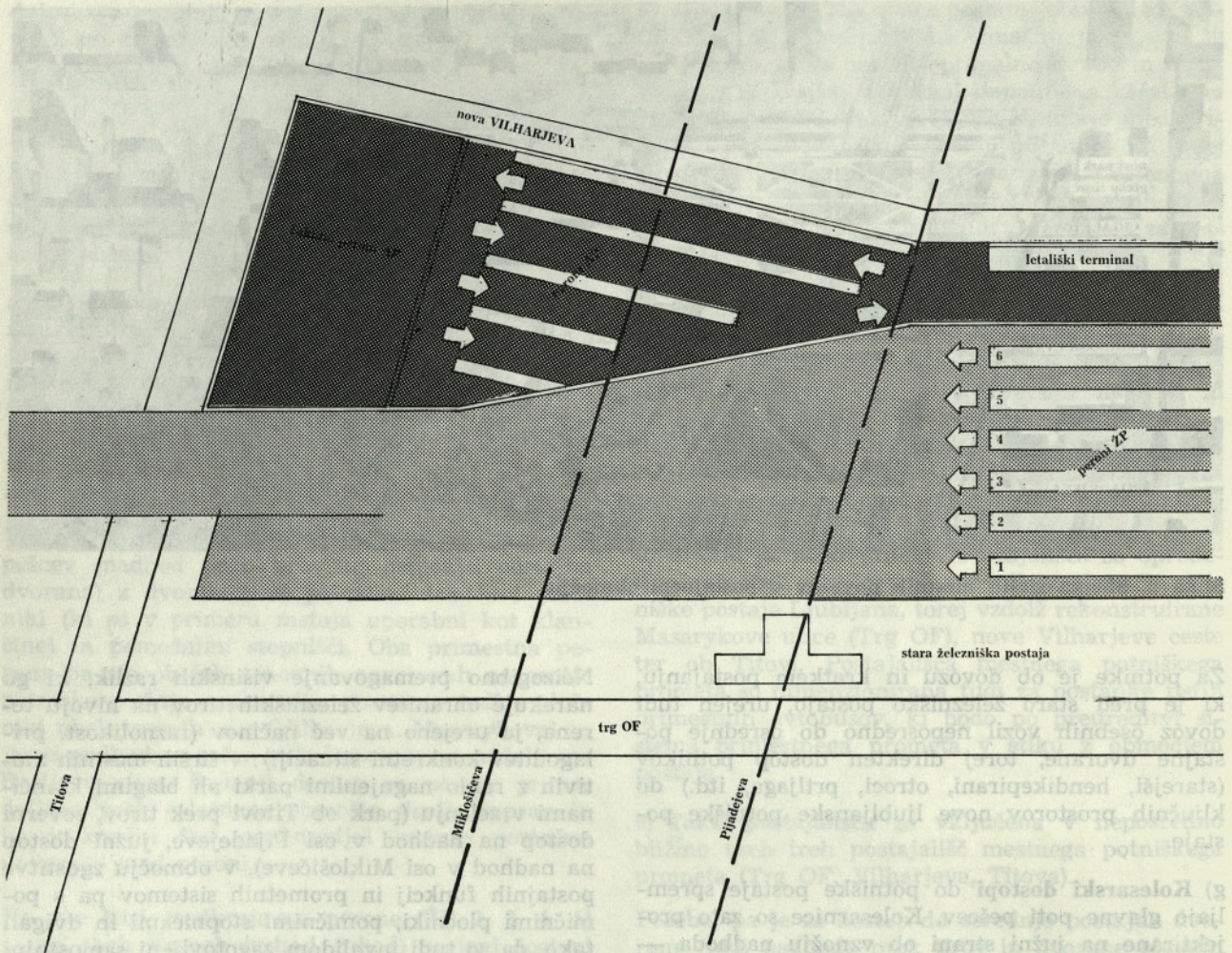
Vsi prehodi skozi postajno območje, vhodi v posamezne sklope, in dostopi do prometnih ureditev zato izhajajo iz osnovne mestne ulične mreže, ki se prek postajnega območja nadaljuje v severni center. Tako so nosilke prehoda pešcev skozi postajno območje podaljšane Pijadejeva, Miklošičeva in Cigaletova ulica, ki se v nadaljevanju prek tirnih naprav in avtobusne postaje navezujejo na poti severnega središča in južnega Bežigrada. Ob glavnih vstopih v funkcionalne sklope potniške postaje Ljubljana, ki spremljajo za Ljubljano značilne povezave v smeri sever-jug, pa je posebej pomemben tudi zahodni vhod v območje postaje, ki poudarja in izrablja prednost ohranitve in približanja postaje k Titovi cesti (za razliko od nekaterih starejših predlogov, po katerih naj bi se gradnja postaje odmaknila proti vzhodu, na primer v območje Župančičeve jame itd.).

Neizogibno premagovanje višinskih razlik, ki ga narekuje ohranitev železniških tirov na nivoju terena, je urejeno na več načinov (raznolikost, prilagoditev konkretni situaciji): v širših mestnih motivih z rahlo nagnjenimi parki ali blagimi klančnimi v zelenju (park ob Titovi prek tirov, severni dostop na nadhod v osi Pijadejeve, južni dostop na nadhod v osi Miklošičeve), v območju zgoščitve postajnih funkcij in prometnih sistemov pa s pomičnimi pločniki, pomičnimi stopnicami in dvigali tako, da so tudi invalidom zagotovljeni samostojni dostopi do vseh javnih programov in prostorov ljubljanske potniške postaje.

III.

Funkcionalni in spremljajoči postajni programi ter poslovne dejavnosti, ki se nanje navezujejo, so urejeni v stavbnih členih, kot jih opredeljuje prostorska organizacija območja. Namesto velike stavbe bo tako ljubljanska postaja izrez mestnega tkiva, ki z ulicami, trgi in enakomerno razporeditvijo programov prek celotnega območja zagotavlja atraktivnost, celodnevni utrip življenja in predvsem mestnost. Istočasno pa takšna strukturirana zasnova številnih samostojnih delov celote omogoča etapnost gradnje ter čas realizacije laže prilagaja konkretnim potrebam in možnostim (kar je preverilo in uporabilo že dosedanje izvedbeno projektiranje začetnih faz).

a) **Osrednja postajna dvorana** je ključni objekt v prostorski in funkcionalni zasnovi. S steklom pokrit trikotni trg po obliki določata obe najkrajši diagonalni povezavi zahodnega vhoda (Titova cesta) s staro postajo zohroma južnim in severnim iztekom nadhoda v osi Pijadejeve ulice. V obrobju



Slika 3. Prostorska organizacija železniške in avtobusne ploščadi (nivo terena)

tega so urejene blagajne vseh prevoznih sistemov ter spremni programi, namenjeni potnikom. Podpore dvorane so v nevtralnih conah med tiri, jeklena strešna konstrukcija je prostorsko paličje sistema Mero (Železarna Sisak).

b) **Nadhod Pijadejeva** je steklena galerija z betonskimi podporami v osi peronov in jekleno strešno konstrukcijo. Na vzhodni strani so zunajnivojski dostopi na železniške perone, ob zahodnem robu pa je urejen ozek niz lokalov, ki zagotavlja vsaj minimalno mestnost tudi v začetni fazi izgradnje, ko še ne bo osrednje postajne dvorane.

c) **Nadhod Miklošičeve** je v vsej dolžini večnivojska trgovska galerija, ki v južnem delu z večjimi razponi premaguje kretniško območje tirnih naprav, v severnem delu pa preide v regularno konstruktivno mrežo, kot jo omogoča razpored avtobusnih peronov.

d) **Severni trakt** ob tirnih napravah predstavlja vzdolžno povezavo postajnega območja in je v

spodnjih etažah namenjen spremljajočim programom postaje. V gornjih etažah tega trakta so vzporadni programi ŽG Ljubljana.

mešno srednje namenjena srednja gozornost.

an aliav enajst as svitbu. aliav nahod (i

Vi pralni ek postajo omogoč v do

ganjeve sklopov do pomratnih usidjev

zato lahajo iz vavajh

center. Tako

stajno om

sih vato

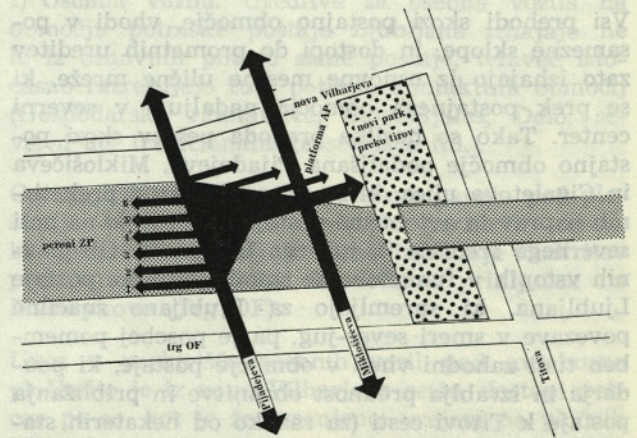
l. Ijubljana

des. železnika in železnice in pripadajo

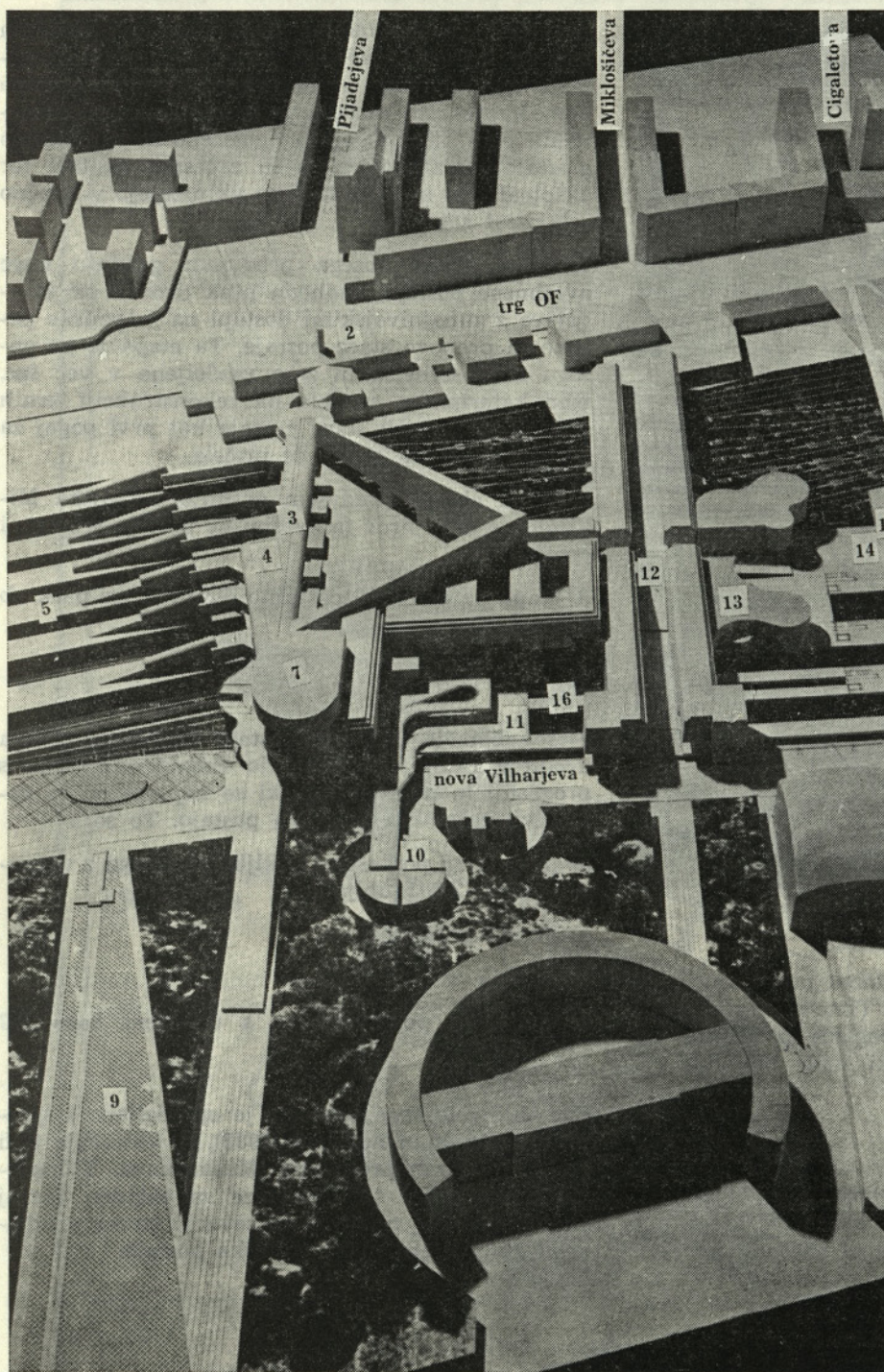
po kateži in železnice in pripadajo

po kateži in železnice in pripadajo

po kateži in železnice in pripadajo



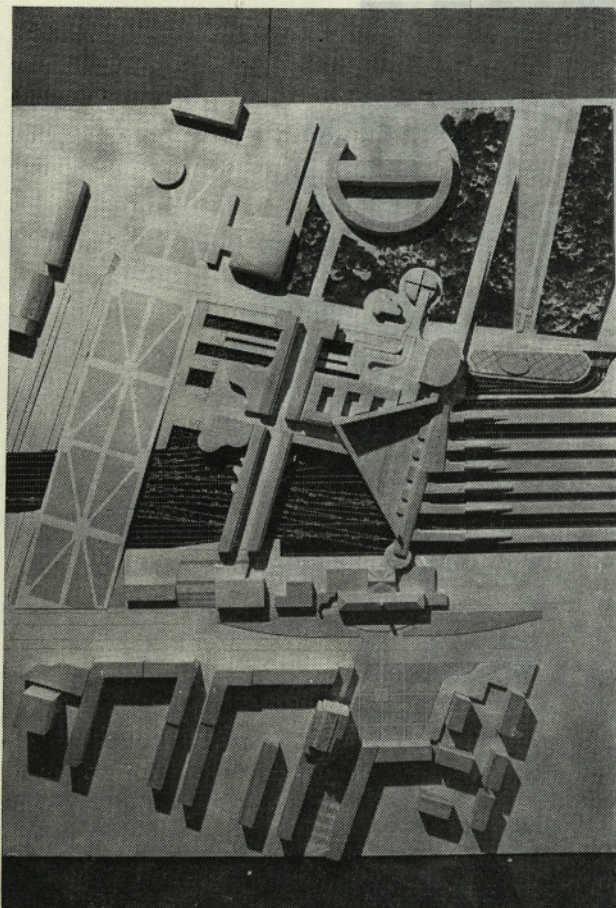
Slika 4. Osnovna struktura poti pešcev in dostopi na perone (glavni postajni nivo nad tirnimi napravami)



Slika 5. Pogled iz Bežigrada proti jugu. V ospredju Akademski kolegij in Navje (oboje arhitekt Plečnik) ter hala A Gospodarskega razstavišča. Podaljšek Pijadejeve prek tirov se pričinja v preurejeni stari postaji in zaključuje v območju novega severnega parka. Nanj so navezani zunajnivojski dostopi na železniške perone (1 do 6) in pročelje osrednje postajne dvorane. Miklošičeva prek tirov je urejena kot s steklom pokrita trgovska galerija, ki sklenjeno premaguje prometno območje med Trgom OF in novo Vilharjevo cesto z iztekom v območju Gospodarskega razstavišča

- 1 — postajni park
- 2 — stara železniška postaja
- 3 — nadhod preko tirov v osi Pijadejeve
- 4 — dostopi na perone ŽP
- 5 — peroni ŽP
- 6 — osrednja postajna dvorana
- 7 — severna železniška postaja
- 8 — podaljšek nadhoda v severni park
- 9 — Navje

- 10 — dostop za osebna vozila na nivo -1, -2 ter 1 in 2 (polž)
- 11 — platforma za taxi in za osebna vozila
- 12 — nadhod v osi Miklošičeva
- 13 — gostinski stolpi
- 14 — postajni trg
- 15 — park preko tirov
- 16 — letališki terminal
- 17 — platforma avtobusov



Slika 6. Pogled z juga proti severu

e) **Gostinski objekti** ob zahodnem postajnem trgu opredeljujejo zahodni portal (Titova cesta) in z izpostavljenostjo lego odpirajo poglede iz lokalov na secesijsko Ljubljano, Šišenski hrib in pozidavo severnega središča.

IV.

Etapna gradnja postajnega območja je izhodiščni in poglobilni pogoj postopne realizacije, ki ga narokujejo tako investicijski razlogi kot tudi tehnični

problemi rekonstrukcije tirnih naprav, obodnih cest in infrastrukture, še posebej pa nujnost nemotenega odvijanja prometa med gradnjo. Celotno območje je zato razdeljeno v več smiselno zasnovanih enot, ki omogočajo nemoteno in samostojno gradnjo (brez provizorija in začasnih rešitev) ter eksploatacijo in ki se logično vključujejo v končno celovitost zasnove.

1. nujna etapa obsega predvsem gradnjo nove avtobusne postaje, nadhoda prek tirov v osi Pija-dejeve z zunajnivojskimi dostopi na železniške perone in prenovo stare postaje. Ta etapa je po obsegu najboljšežnejša in zato razdeljena v več faz, med katerimi so se dela na rekonstrukciji tirnih naprav in prenovi stare postaje kot prvi pogoj za nadaljevanje realizacije že pričela.

2. etapa obsega predvsem gradnjo podaljška Miklošičeve prek tirov in avtobusne postaje v severni center,

3. etapa pa osrednjo postajno dvorano ter park ob Titovi.

V.

Širše območje potniške postaje Ljubljana obsega ureditev celotnega otoka do Šmartinske ceste s programi in dejavnostmi, ki se neposredno in ne-ločljivo vežejo na osrednjo postajo. To so:

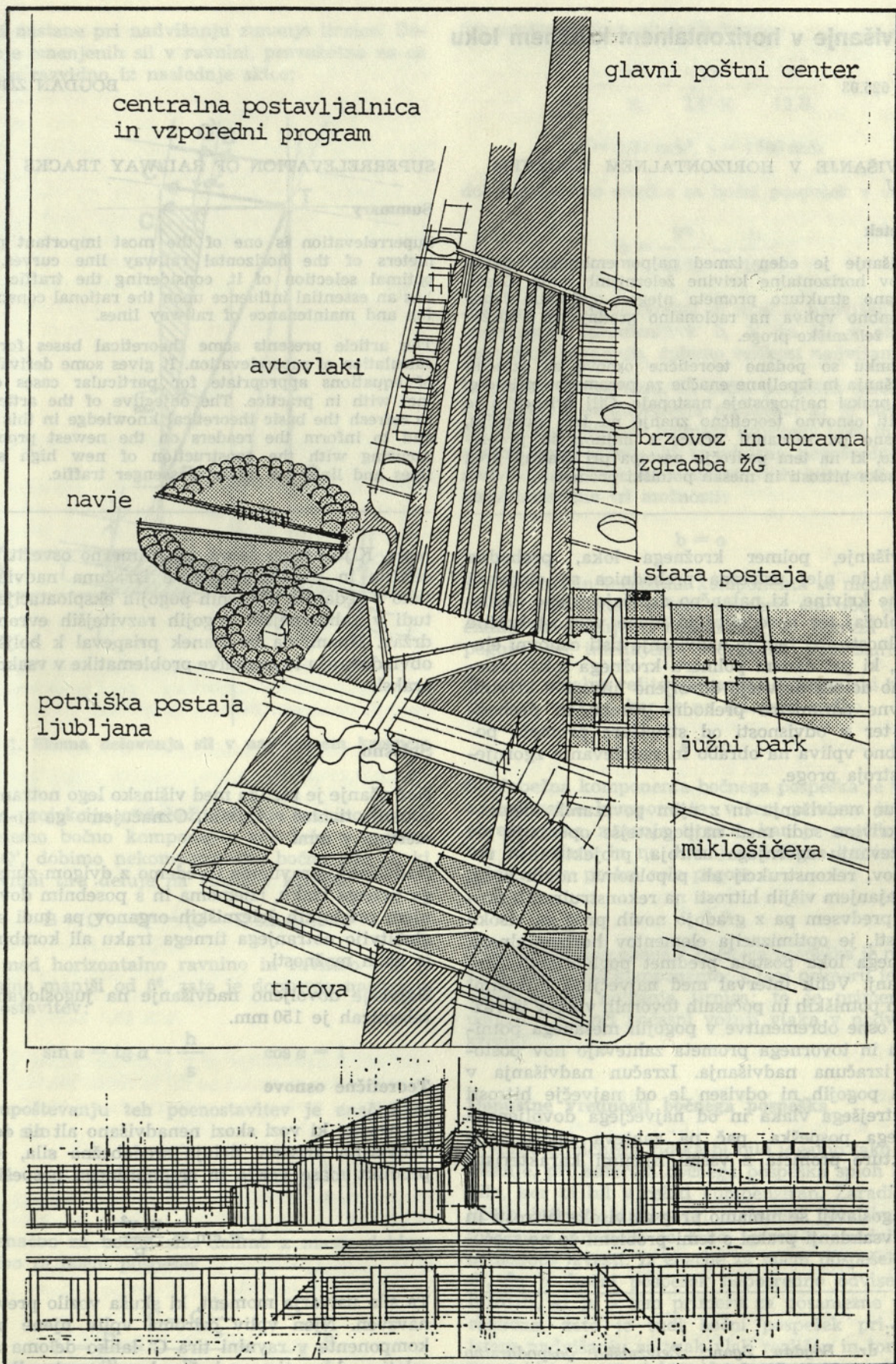
a) postaja za pospešene pošiljke (brzovoz) z upravno stavbo ŽG Ljubljana,

b) glavni poštni center,

c) postaja za avtovlake in

d) centralna postavljalnica s tehnično bazo ŽG Ljubljana.

Urejanje celotnega območja je opredeljeno s sprejetim zazidalnim načrtom (1985), ki vključuje tudi rešitve obodnih prometnic (Masarykova, Vilharjeva, Šmartinska) ter smernice za skladen razvoj stičnih območij na južni in severni strani zazidalnega otoka ljubljanske potniške postaje.



Slika 7. Risba ureditve celotnega območja PPLj

Nadvišanje v horizontalnem krožnem loku

UDK 625.03

BOGDAN ZGONC

NADVIŠANJE V HORIZONTALNEM KROŽNEM LOKU

Povzetek

Nadvišanje je eden izmed najpomembnejših parametrov horizontalne krivine železniških prog. Glede na dano strukturo prometa njegov optimalni izbor pomembno vpliva na racionalno gradnjo in vzdrževanje železniške proge.

V članku so podane teoretične osnove za izračun nadvišanja in izpeljane enačbe za posamezne primere, ki v praksi najpogosteje nastopajo. Cilj prispevka je osvežiti osnovno teoretično znanje na tem področju, istočasno pa seznaniti bralce z najnovejšo problematiko, ki na tem področju nastopa pri gradnji prog za visoke hitrosti in mešan potniški promet.

Nadvišanje, polmer krožnega loka, prehodna rampa in njej ustrezna prehodnica so elementi krožne krivine, ki natančno določajo njeno obliko in položaj ter opredeljujejo njene vozno-tehnične značilnosti. Pri tem je nadvišanje tisti osnovni element, ki pri danem polmeru krožnega loka neposredno določa največjo dovoljeno hitrost v krivini, osnovne parametre prehodne rampe in prehodnice ter v odvisnosti od strukture prometa pomembno vpliva na obrabo in vzdrževanje zgornjega ustroja proge.

Izračun nadvišanja in z njim povezanih elementov krivine sodi med najpogostejše operacije pri vzdrževanju zgornjega ustroja, projektiranju remontov, rekonstrukcij ali popolnoma novih prog. Z uvajanjem višjih hitrosti na rekonstruiranih progah, predvsem pa z gradnjo novih prog za visoke hitrosti, je optimizacija elementov horizontalnega krožnega loka postala predmet poglobljenih preučevanj. Velik interval med največjimi hitrostmi hitrih potniških in počasnih tovornih vlakov in različne osne obremenitve v pogojih mešanega potniškega in tovornega prometa zahtevajo nov postopek izračuna nadvišanja. Izračun nadvišanja v takih pogojih ni odvisen le od največje hitrosti najhitrejšega vlaka in od največjega dovoljenega bočnega pospeška, pač pa zahteva upoštevanje strukture prometa z vsemi njenimi karakteristikami.

V Jugoslaviji še nimamo prog za visoke hitrosti in se v vsakdanji praksi s temi problemi še ne sreču-

SUPERRELEVATION OF RAILWAY TRACKS

Summary

Superrelevation is one of the most important parameters of the horizontal railway line curves. An optimal selection of it, considering the traffic mix, has an essential influence upon the rational construction and maintenance of railway lines.

The article presents some theoretical bases for the calculation of superelevation. It gives some derivations of equations appropriate for particular cases often met with in practice. The objective of the article is to refresh the basic theoretical knowledge in this area and to inform the readers on the newest problems occurring with the construction of new high speed lines and lines for mixed passenger traffic.

jemo. Kljub temu se mi zdi primerno osvežiti teoretične in praktične osnove izračuna nadvišanja tako v sedanjih klasičnih pogojih eksploatacije kot tudi v zahtevnejših pogojih razvitejših evropskih držav. Upam, da bo članek prispeval k boljšemu obvladovanju te zanimive problematike v vsakdanji praksi.

Splošno

Nadvišanje je razlika med višinsko lego notranje in zunanje tirnice v krivini. Označujemo ga s »h« in merimo v mm.

Nadvišanje praviloma izvedemo z dvigom zunanje tirnega traku, izjemoma in s posebnim dovoljenjem pristojnih železniških organov pa tudi s poglobitvijo notranjega tirnega traku ali kombinacijo obeh možnosti.

Največje dovoljeno nadvišanje na jugoslovanskih železnicah je 150 mm.

Teoretične osnove

Na vozilo, ki vozi skozi nenadvišano ali ne dovolj nadvišano krivino, deluje sredobežna sila, ki je produkt mase vozila in sredobežnega pospeška.

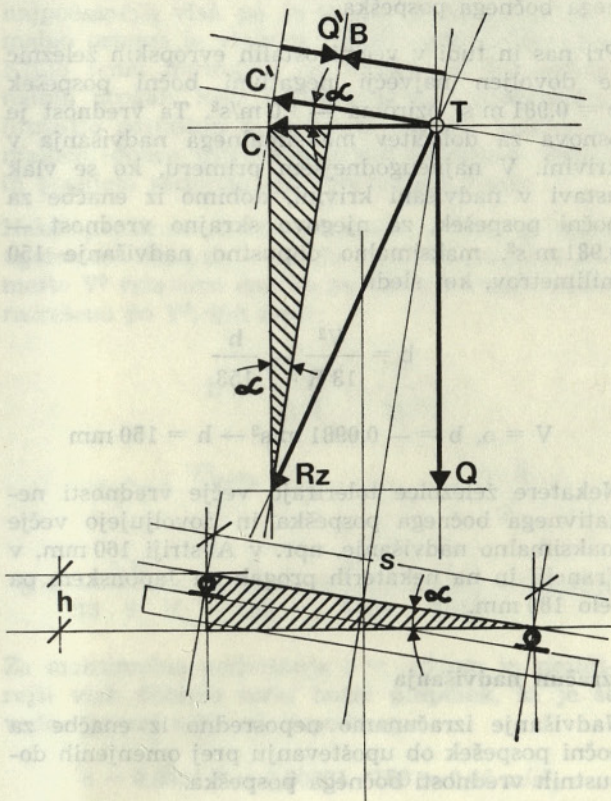
$$C = cm = \frac{m v^2}{R}$$

Ta sila ustvarja moment, ki skuša vozilo prevrniti navzven. Njen vpliv oziroma vpliv njene bočne komponente v ravnini tira C' lahko deloma ali v celoti nadomestimo z bočno komponento sile teže

Avtor:

Prof. dr. Bogdan Zgonc, Železniško gospodarstvo Ljubljana, Moše Pijadejeva 39, Ljubljana

Q', ki nastane pri nadvišanju zunanje tirnice. Delovanje omenjenih sil v ravnini, pravokotno na os tira, je razvidno iz naslednje skice:



Slika 1. Shema delovanja sil v nadvišanem krožnem loku

Če od projekcije sredobežne sile na ravnino tira C' odštejemo bočno komponento sile teže v ravnini tira Q', dobimo nekompenzirano bočno silo B, ki v ravnini tira deluje na vozilo v krivini.

$$B = C' - Q' = (C - Q \sin \alpha) \cos \alpha$$

Kot med horizontalno ravnino in ravnino tira je običajno manjši od 6°, zato je dopustna naslednja poenostavitev:

$$\sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{s} \quad \cos \alpha = 1$$

Ob upoštevanju teh poenostavitev je enačba za bočno silo:

$$B = (C - Q \operatorname{tg} \alpha) \cdot 1 = C - Q \frac{h}{s}$$

Če enačbo za bočno silo delimo z maso, dobimo enačbo za bočni pospešek

$$b = \frac{B}{m} = \frac{C - Q \frac{h}{s}}{m} = c - g \frac{h}{s}$$

Ob upoštevanju naslednjih izrazov

$$c = \frac{v^2}{R} = \frac{V^2}{3,6^2 R} = \frac{V^2}{13 R}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2, \quad s = 1500 \text{ mm}$$

dobimo končno enačbo za bočni pospešek v obliki

$$b = \frac{V^2}{13 R} - \frac{h}{153}$$

Zgornja enačba je osnova za izračun nadvišanja. Z variranjem spremenljivk b, V in R, v okviru dopustnih vrednosti, dobimo velikost nadvišanja h.

Iz enačbe je razvidno, da bočni pospešek sestoji iz komponente sredobežnega pospeška, ki je odvisen od kvadrata hitrosti polmera krožnega loka in težnostne komponente, ki je odvisna neposredno od nadvišanja. Glede na velikost obeh komponent so karakteristične tri možnosti:

$$b = 0$$

Sredobežna in težnostna komponenta se medsebojno kompenzirata: v tem primeru sta obe tirnici enako obremenjeni, nadvišanje, ki ustreza temu pogoju, pa imenujemo teoretično nadvišanje.

Ta sicer idealna rešitev je možna le pri enaki hitrosti vseh vlakov, kar je na železnici redko.

$$b > 0$$

Sredobežna komponenta bočnega pospeška je večja od težnostne komponente; v tem primeru je bolj obremenjena zunanja tirnica, kar je značilno za vse nadvišane in ne dovolj nadvišane krivine; ta primer je v praksi zelo pogost.

$$b < 0$$

Sredobežna komponenta bočnega pospeška je manjša od težnostne komponente; v tem primeru je bolj obremenjena notranja tirnica; to je primer pri ustavitvi ali pri počasni vožnji vlaka v nadvišani krivini.

Dopustne vrednosti bočnega pospeška

Z voznotehničnega vidika bi bilo idealno tako nadvišanje, pri katerem bočnega pospeška sploh ne bi bilo, ker bi bil v celoti kompenziran. Zaradi različnih hitrosti vlakov pri mešanem potniškem in tovornem prometu je tako teoretično nadvišanje nemogoče izvesti. Iz enačbe za bočni pospešek sledi, da je bočni pospešek neposredno odvisen od hitrosti, ki je v tem primeru za posamezne vlake različna, zato je tudi bočni pospešek pri sicer istem nadvišanju za vsak vlak različen in torej ne more biti za vse vlake nič.

Nadvišanje je v takih primerih potrebno prilagoditi neki srednji hitrosti vlakov. Posledica tega je, da je tako izbrano nadvišanje za hitre vlake premajhno, za počasnejše vlake pa preveliko. V prvem primeru imamo pozitiven, v drugem primeru pa negativen nekompensirani bočni pospešek.

Nekompensirani pozitivni bočni pospešek oziroma ustrezni primanjkljaj nadvišanja Δh_p neposredno vpliva na udobnost vožnje v krivini, zato se njegova dopustna vrednost uporablja kot kriterij udobnosti vožnje. Z večjim primanjkljajem nadvišanja se večja tudi obremenitev zunanje tirnega traku in s tem obraba zunanje tirnice, kar povečuje stroške vzdrževanja proge.

Nekompensirani negativni bočni pospešek oziroma temu ustrezen višek nadvišanja Δh_v praviloma nastopa pri majhnih hitrostih oziroma pri ustavitvi vlaka, zato je za udobnost vožnje manj pomemben. V tem primeru je bolj obremenjena notranja tirnica. Ker gre tu predvsem za počasnejše tovarne vlake z večjimi osnimi obremenitvami, to odločilno vpliva na večje stroške vzdrževanja proge.

Razlika med teoretičnim in dejansko izvedenim nadvišanjem je razlika nadvišanja Δh . Ta nastopa bodisi kot primanjkljaj bodisi kot višek nadvišanja. Bočni pospešek in razlika nadvišanja sta povezana z enačbo $b = h/153$, zato je vseeno, katera od obeh parametrov obravnavamo pri določanju dopustnih vrednosti.

Za ugotovitev še sprejemljive vrednosti primanjkljaja nadvišanja oziroma temu ustrezne dopustne vrednosti pozitivnega bočnega pospeška je bilo narejenih več poskusov v različnih železniških upravah. Dokazano je, da so bočni pospeški do $1,4 \text{ m/s}^2$ tako z vidika udobnosti kot varnosti vožnje še sprejemljivi. Kljub temu se na železnici predpisujejo ca. 40 % nižje dopustne vrednosti bočnih pospeškov, saj so zaradi vzmetenja vozil dejanski pospeški višji od teoretično izračunanih, ki temeljijo na predpostavki absolutne togosti vozila v prečni smeri.

Večina evropskih železnic predpisuje naslednje dopustne vrednosti bočnih pospeškov oziroma primanjkljaja nadvišanja:

$b = 0,65 \text{ m/s}^2$	$\Delta h_p = 100 \text{ mm}$
$b_{\text{maks}} = 0,75 \text{ m/s}^2$	$\Delta h_p = 115 \text{ mm}$
$b_{\text{izj}} = 0,85 \text{ m/s}^2$	$\Delta h_p = 130 \text{ mm}$

Vrednost bočnega pospeška $0,65 \text{ m/s}^2$ zagotavlja normalno udobnost vožnje v krivini. Najvišji in izjemni pozitivni bočni pospešek $0,75 \text{ m/s}^2$ in $0,85 \text{ m/s}^2$ pride v poštev predvsem pri rekonstrukcijah prog v težjih terenskih razmerah. Običajno z njima razrešujemo problem prekratkih ramp, nadvišanja v kretniških nizih ali nezadostnega svetlega profila objektov.

Največji dopustni negativni bočni pospešek je zaradi manjših dinamičnih vplivov pri nižjih hitrostih oziroma pri mirovanju vlaka v krivini lahko višji od že navedenih dopustnih vrednosti pozitivnega bočnega pospeška.

Pri nas in tudi v večini ostalih evropskih železnic je dovoljen največji negativni bočni pospešek $b = 0,981 \text{ m/s}^2$ oziroma $-1,0 \text{ m/s}^2$. Ta vrednost je osnova za določitev maksimalnega nadvišanja v krivini. V najneugodnejšem primeru, ko se vlak ustavi v nadvišani krivini, dobimo iz enačbe za bočni pospešek, za njegovo skrajno vrednost $-0,981 \text{ m/s}^2$, maksimalno dopustno nadvišanje 150 milimetrov, kot sledi:

$$b = \frac{V^2}{13 R} - \frac{h}{153}$$

$$V = 0, b = -0,981 \text{ m/s}^2 \rightarrow h = 150 \text{ mm}$$

Nekatere železnice tolerirajo večje vrednosti negativnega bočnega pospeška in dovoljujejo večje maksimalno nadvišanje, npr. v Avstriji 160 mm, v Franciji in na nekaterih progah na Japonskem pa celo 180 mm.

Izračun nadvišanja

Nadvišanje izračunamo neposredno iz enačbe za bočni pospešek ob upoštevanju prej omenjenih dopustnih vrednosti bočnega pospeška.

— Teoretično nadvišanje

Nadvišanje, pri katerem je bočni pospešek nič, imenujemo teoretično nadvišanje h_t :

$$b = \frac{V_{\text{maks}}^2}{13 R} - \frac{h}{153}$$

$$b = 0 \rightarrow \frac{V_{\text{maks}}^2}{13 R} = \frac{h}{153}$$

$$h_t = 11,8 \frac{V_{\text{maks}}^2}{R}$$

Teoretično nadvišanje je v voznotehničnem pogledu optimalno, v praksi pa žal le redko možno. Uporabiti ga je možno le v primeru, da vsi vlaki vozijo z enako hitrostjo.

— Normalno nadvišanje

Pri mešanem potniškem in tovarnem prometu, kjer so hitrosti vlakov praviloma različne, običajno uporabimo tako imenovano normalno nadvišanje h_n , ki je za 1/3 manjše od teoretičnega nadvišanja za vlak z maksimalno hitrostjo.

$$h_n = \frac{2}{3} h_t \quad h_n = 8 \frac{V_{\text{maks}}^2}{R}$$

Normalno nadvišanje je za proge z mešanim prometom v bistvu priporočljivo nadvišanje za projektiranje do hitrosti 120 km/h. Logično je, da je tako nadvišanje za najhitrejši vlak premajhno, za najpočasnejši vlak pa še vedno preveliko in optimalno ustreza le vlakom z neko srednjo hitrostjo. Kljub temu normalno nadvišanje na konvencionalnih progah, kjer je interval med maksimalno hitrostjo potniških in tovornih vlakov razmeroma majhen, dobro ustreza pogojem udobnosti vožnje in pogojem racionalnega vzdrževanja proge.

Nekompenzirani bočni pospešek v tem primeru ugotovimo tako, da v enačbo za bočni pospešek namesto V^2 vstavimo enačbo za normalno nadvišanje, razrešeno po V^2 , kot sledi:

$$b = \frac{V^2_{maks}}{13 R} - \frac{h}{153}$$

$$h_n = 8 \frac{V^2_{maks}}{R} \rightarrow V^2_{maks} = \frac{h \cdot R}{8}$$

$$b = \frac{h R}{13 \cdot 8 \cdot R} - \frac{h}{153} = h \left(\frac{1}{104} - \frac{1}{153} \right) = 0,0031 h$$

Za maksimalno nadvišanje $b = 150$ mm in najhitrejši vlak dobimo torej bočni pospešek, ki je še vedno precej nižji od dopustnega.

$$b = 0,0031 h = 0,00031 \cdot 150 = 0,45 \text{ m/s}^2$$

Vidimo, da pri normalnem nadvišanju še ni izkoriščena skrajna dopustna meja nekompenziranega bočnega pospeška, zato teh enačb ne smemo uporabljati za ugotavljanje maksimalne možne hitrosti vlakov.

— Minimalno in izjemno nadvišanje

Normalno nadvišanje pa je pri rekonstrukciji prog v težjih terenskih pogojih često prezahteven pogoj. V takih primerih projektiramo minimalno nadvišanje z upoštevanjem največjega dopustnega bočnega pospeška $0,65 \text{ m/s}^2$.

Tako kot v prejšnjih primerih, tudi tu izhajamo iz enačbe za bočni pospešek

$$b = \frac{V^2_{maks}}{R} - \frac{h}{153}$$

$$h = \frac{11,8 V^2_{maks}}{R} - 153 b = \frac{11,8 V^2_{maks}}{R} \Delta h_p$$

Za $b = 0,65 \text{ m/s}^2$ oziroma za $\Delta h_p = 100$ mm sledi končna enačba za minimalno nadvišanje

$$h_{min} = \frac{11,8 V^2_{maks}}{R} - 100$$

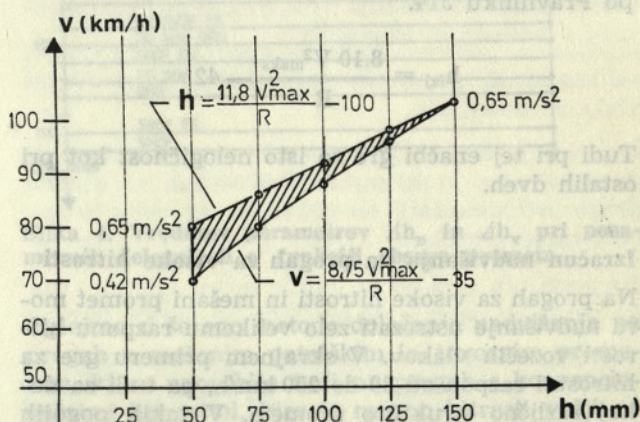
Obstoječi in predvideni novi pravilnik o vzdrževanju zgornjega ustroja na JŽ (Pravilnik 314) predpisujeta nadvišanje na obstoječih progah v obliki enačbe

$$h = \frac{8,75 V^2_{maks}}{R} - 35$$

Ta je pri $h = 150$ mm identična s prvo enačbo h_{min} in daje enak bočni pospešek $0,65 \text{ m/s}^2$.

$$h_{min} = \frac{11,8 V^2_{maks}}{R} - 100 = h = \frac{8,75 V^2_{maks}}{R} - 35$$

Pri nadvišanjih, ki niso maksimalni, je bočni pospešek po tej enačbi manjši od $0,65 \text{ m/s}^2$, pri prvi pa ohrani konstantno vrednost $0,65 \text{ m/s}^2$. Očitno je pravilnejša prva enačba, kar bi bilo smiselno upoštevati pri naslednji spremembi pravilnika. Pri nižjih vrednostih nadvišanja je razlika v hitrosti med eno in drugo enačbo celo do 20 %, kot je razvidno iz naslednje skice



Slika 2. Funkcija $V = V(h)$ za $R = 500$ m

Pri zelo ostrih krivinah $R < 300$ m, kjer so pogoji vožnje že zaradi same krivine slabši, je smiselno zmanjšati sicer dovoljeni bočni pospešek $0,65 \text{ m/s}^2$ oziroma njemu ustrezen primanjkljaj nadvišanja $\Delta h_p = 100$ mm.

V takih primerih se uporablja enačba

$$h_{min} = \frac{11,8 V^2_{maks}}{R} - \left(\frac{R}{4} + 25 \right)$$

ki pri $R = 300$ m daje enake rezultate kot osnovna enačba, pri $R < 300$ m pa dopušča sorazmerno manjše bočne pospeške.

Nekatere železniške uprave dopuščajo bočni pospešek $0,75 \text{ m/s}^2$. V tem primeru je minimalno nadvišanje podano z enačbo

$$h_{\min} = \frac{11,8 V_{\max}^2}{R} - 115$$

Temu identična je enačba v Pravilniku 314

$$h_{\min} = \frac{8,40 V_{\max}^2}{R} - 39$$

vendar zopet le za maksimalno nadvišanje 150 mm, za vsa ostala nadvišanja pa daje bočne pospeške manjše od 0,75 m/s².

Pri tirih, ki so namenjeni ranžiranju vlakov ali pa v izjemno težkih pogojih na progi (v tem primeru le s posebnim dovoljenjem), se lahko uporabi izjemno dopustna vrednost bočnega pospeška 0,85 m/s². V tem primeru govorimo o izjemnem nadvišanju po enačbi

$$h_{\text{izj}} = \frac{11,8 V_{\max}^2}{R} - 130$$

Za maksimalno nadvišanje ji je identična enačba po Pravilniku 314.

$$h_{\text{izj}} = \frac{8,10 V_{\max}^2}{R} - 42$$

Tudi pri tej enačbi gre za isto nelogičnost kot pri ostalih dveh.

Izračun nadvišanja na progah za visoke hitrosti

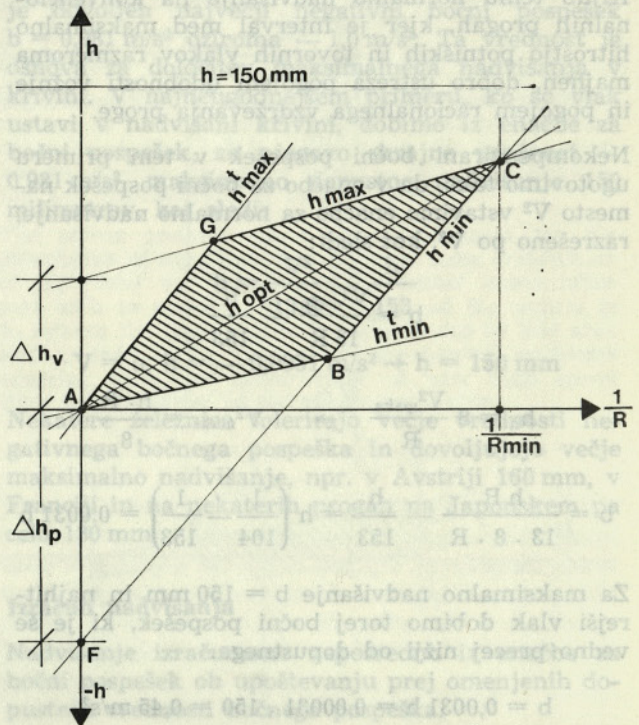
Na progah za visoke hitrosti in mešani promet mora nadvišanje ustrezati zelo velikemu razponu hitrosti vozečih vlakov. V skrajnem primeru gre za hitrostni razpon od 80 do 250 km/h, pa tudi za dokaj različno strukturo prometa. V takih pogojih doslej podane metode same po sebi ne zagotavljajo niti približno enakih obremenitev notranjega in zunanjega tirnega traku, kar je pogoj za ekonomičnost vzdrževanja proge.

Oglejmo si postopek za določitev nadvišanja, ki bo ustrezal tako kriteriju varnosti in udobnosti kot kriteriju ekonomičnosti obratovanja. Prvemu kriteriju je zadoščeno z upoštevanjem največjega dovoljenega nekompenziranega bočnega pospeška oziroma dovoljenega primanjkljaja nadvišanja za najhitrejši vlak (premica minimalnih nadvišanj).

Drugi kriterij pa v odvisnosti od konkretne strukture prometa in prometne obremenitve zadostimo z upoštevanjem dopustnega viška nadvišanja za najpočasnejši vlak (premica maksimalnih nadvišanj).

Iskana nadvišanje je torej neke v mejah med minimalnim nadvišanjem za najhitrejši vlak in maksimalnim nadvišanjem za najpočasnejši vlak, hkrati pa ne sme biti večje od teoretičnega nadvišanja za najhitrejši vlak in ne manjše od teoretičnega nadvišanja za najpočasnejši vlak. V nobenem primeru nadvišanje ne sme biti večje od 150 mm.

Ploskev tako določenih možnih nadvišanj je šrafirana površina v grafu na naslednji skici, iskana linija optimalnih nadvišanj pa je na premici A—C.



Slika 3. Ploskev optimalnih nadvišanj pri mešanem prometu

Šrafirano ploskev omejujejo naslednje premice:

premica teoretičnih nadvišanj za najhitrejši vlak

$$h_{t\max} = \frac{11,8 V_{\max}^2}{R}$$

premica teoretičnih nadvišanj za najpočasnejši vlak

$$h_{t\min} = \frac{11,8 V_{\max}^2}{R}$$

premica minimalnih nadvišanj za najhitrejši vlak

$$h_{\min} = \frac{11,8 V_{\min}^2}{R} - \Delta h_p$$

premica maksimalnih nadvišanj za najpočasnejši vlak

$$h_{\max} = \frac{11,8 V_{\max}^2}{R} + \Delta h_v$$

Enačbe premic poznamo iz predhodnih obravnavanj. Pri izračunih nadvišanja za hitrosti do 120 km/h smo upoštevali predvsem spodnjo dopustno

mejo nadvišanj — minimalno nadvišanje in normalno nadvišanje kot neke vrste srednje nadvišanje za dano strukturo prometa. Novo pri izračunu nadvišanja na progah za visoke hitrosti je upoštevanje maksimalnega nadvišanja oziroma določitev dopustnega viška nadvišanja Δh_v , ki omejuje obremenitev notranjega tirnega traku v krivini. Njegova dopustna vrednost je odvisna od prometne obremenitve tovornih vlakov na določeni progi in predstavlja kriterij gospodarnosti obratovanja.

Pravilna vrednost viška nadvišanja na določeni progi je ključ do rešitve problema optimalnega nadvišanja in z njim povezanega minimalnega polmera krožnega loka. Optimalno nadvišanje zagotavlja enako obremenitev obeh tirnih trakov in s tem optimalne pogoje obratovanja.

Premico optimalnih nadvišanj v funkciji polmera krožnega loka dobimo s pomočjo sečišča premic minimalnih in maksimalnih nadvišanj po predhodni skici.

Ordinata sečišča je iskano optimalno nadvišanje pri minimalnem polmeru krožnega loka.

Sečišče dobimo tako, da izenačimo enačbi premic h_{min} in h_{maks} , kot sledi:

$$h_{min} = h_{maks} = \frac{11,8 V_{maks}^2}{R} - \Delta h_p = \frac{11,8 V_{min}^2}{R} + \Delta h_v$$

$$R_{min} = 11,8 \frac{V_{maks}^2 - V_{min}^2}{\Delta h_p + \Delta h_v}$$

$$h_o = h_{min} = h_{maks} = \frac{11,8 V_{maks}^2}{R_{min}} - \Delta h_p$$

Po zgornji enačbi dobimo optimalno nadvišanje za minimalni polmer krožnega loka. Pri $R > R_{min}$ so dopustna vsa nadvišanja med h_{maks} in h_{min} , optimalno pa je nadvišanje na premici AC, ki ga izračunamo s pomočjo tangensa naklona premice AC.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{R_{min}} = h_o R_{min}$$

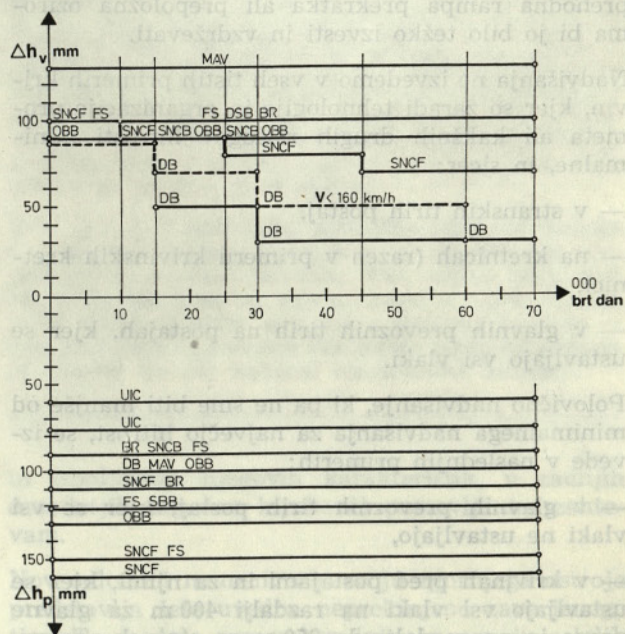
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{R} = h R$$

$$h_o R_{min} = h R$$

$$h = \frac{h_o R_{min}}{R}$$

Če poznamo vrednosti parametrov Δh_p in Δh_v , je izračun optimalnega nadvišanja dokaj enostaven.

Medtem ko je dopustni primanjkljaj nadvišanja relativno konstantna vrednost in varira pri posameznih železnicah od zahtev po udobnosti vožnje in v odvisnosti od konstrukcije voznih sredstev, dopustni višek nadvišanja kot funkcija strukture prometa, doslej še ne dovolj natančno dognana vrednost. Posamezne železnice uporabljajo dokaj različne vrednosti parametrov Δh_p in Δh_v , kot je razvidno iz naslednjega prikaza:



Slika 4. Vrednost parametrov Δh_p in Δh_v pri posameznih železnicah v funkciji obsega prometa

Oglejmo si še eno metodo določanja nadvišanja na progah z mešanim potniškim in tovornim prometom, ki se uporablja tudi na progah s konvencionalnimi hitrostmi, kjer je razpon hitrosti večji od običajnega.

Pri tej metodi dobimo teoretično nadvišanje za neko srednjo, s strukturo prometa predvideno hitrost vlakov po naslednji enačbi

$$h = \frac{11,8}{R} \frac{\sum n_i m_i V_i^2}{\sum n_i m_i} = \frac{11,8 V_p^2}{R}$$

$$V_p^2 = \frac{\sum n_i m_i V_i^2}{\sum n_i m_i} \quad i = 1 \text{ do } n$$

- n_i — število i -te vrste vlakov
- m_i — masa i -te vrste vlakov
- v_i — hitrosti i -te vrste vlakov

Metoda daje v primerjavi z normalnim nadvišanjem, ki se uporabljamo pri progah s konvencionalnimi hitrostmi natančnejše in boljše rezultate, za proge z visokimi hitrostmi pa ni priporočljiva, ker ne upošteva vseh relevantnih parametrov, predvsem ne dinamičnih vplivov, ki so pri visokih hitrostih zelo pomembni.

Izvedba nadvišanja

Izračunano nadvišanje v praktični izvedbi zaokrožujemo navzgor na 5 mm. Največje možno nadvišanje je 150 mm, najmanjše nadvišanje, ki ga še izvedemo, pa je iz praktičnih razlogov 20 mm s tem, da se nadvišanje med 10 in 20 mm zaokroži na 20 mm, nadvišanje do 10 mm pa na 0 mm. Za nadvišanje, ki bi bilo manjše od 20 mm, bi bila prehodna rampa prekratka ali prepoložna oziroma bi jo bilo težko izvesti in vzdrževati.

Nadvišanja ne izvedemo v vseh tistih primerih krivin, kjer so zaradi tehnologije in organizacije prometa ali kakšnih drugih razlogov hitrosti minimalne, in sicer:

— v stranskih tirih postaj,

— na kretnicah (razen v primeru krivinskih kretnic),

— v glavnih prevoznih tirih na postajah, kjer se ustavljajo vsi vlaki.

Polovično nadvišanje, ki pa ne sme biti manjše od minimalnega nadvišanja za največjo hitrost, se izvede v naslednjih primerih:

— v glavnih prevoznih tirih postaj, kjer se vsi vlaki ne ustavljajo,

— v krivinah pred postajami in za njimi, kjer se ustavljajo vsi vlaki na razdalji 400 m za glavne proge in na razdalji do 250 m za stranske proge, od uvozne kretnice.

Na postajnih tirih po peronu je zaradi lažjega vstopa potnikov nadvišanje omejeno na največ 60 mm.

Dopustne tolerance izvedenega nadvišanja so navedene v pravilniku o vzdrževanju zgornjega ustroja (Pravilnik 314).

POMEN ZNAKOV

- C — sredobežna sila
- C' — projekcija sredobežne sile na ravnino tira
- Q — sila teže
- Q' — projekcija sile teže na ravnino tira
- B — bočna sila v ravnini tira
- c — sredobežni pospešek m/s^2
- b — bočni pospešek m/s^2
- h — nadvišanje mm
- Δh — razlika nadvišanja mm
- Δh_p — primanjkljaj nadvišanja mm
- Δh_v — višek nadvišanja mm
- s — razdalja med tirnicama mm
- R — rezultanta sil
- R — polmer krožnega loka m
- s — težnostni pospešek m/s^2
- m — masa kg
- v — hitrost m/s
- V — hitrost km/h

Literatura

- M. Weigend: Die zulässige Geschwindigkeit im Gleisbosen — Elsners Taschenbuch.
- M. Weigend: Trassierung von Schnellfahrstrecken — Elsners Taschenbuch.
- J. Megyeri: Die Auswahl des Überhöhungswerts bei Strecken mit semischtem Verkehr — DET 25 (1977) 2.
- ZJŽ: Pravilnik o vzdrževanju zgornjega ustroja — Beograd 1970.
- ZJŽ: Pravilnik o zgornjem ustroju prog — Beograd 1986.
- C. L. Heeler: British railway track (fifth edition) — London 1979.
- Z. Jirsak: Projektovanie, stavba a rekonstrukcia železničných tratí — Bratislava 1974.
- G. Schramm: Der Gleisbogen Berlin 1943.

Zgornji ustroj prog in uporaba betonskega praga

UDK 625.142:691.3

MILORAD ĐURIČIĆ

ZGORNJI USTROJ PROGE IN UPORABA
BETONSKEGA PRAGA

LINE SUPERSTRUCTURE AND USE
OF CONCRETE TIES

Povzetek

Uvajanje betonskih pragov se je na Jugoslovanskih železnicah pričelo sicer že v 60. letih, vendar se takratni tip betonskega praga zaradi vrste pomanjkljivosti ni uveljavil. Posledica tega neuspeha je še sedaj prisotno nezaupanje do uvajanja betonskih pragov na železnici, čeprav poskusni odseki z novejšim tipom betonskega praga JŽ 70 dajejo dokaj dobre rezultate. To in pa vedno večji dobavni stroški lesenih pragov upravičujejo nadaljnjo širitev uvajanja betonskih pragov in ustrezne elastične pritrditve. V prispevku je celovito obravnavana navedena problematika. Med drugim je nakazana tudi potreba po usposobitvi enega ali dveh proizvajalcev betonskih pragov, kar utegne zanimati predvsem domačo gradbeno operativo.

Summary

Concrete ties have been introduced on Yugoslave railways already in the sixties. However, they were not adopted because of a series of deficiencies. A doubt about the quality of this kind of ties has remained up to now, although some experimental track sections with a newer type of the tie JŽ 70 have proved to be of a good quality.

This fact and increasing purchase costs of wooden ties justify a further installation of concrete ties with appropriate resilient fastening. The article deals with the problems from an overall point of view. Among other things it points out also a demand for one or two producers of concrete ties which could be perhaps of interest for our national construction industry.

Temeljne značilnosti sodobnega zgornjega ustroja

Sistem zgornjega ustroja železniške proge, ki sestoji iz železniških tirnic omejene dolžine, pritrdjenih na prečno ležeče lesene prage, ki ležijo v gredi iz gramoza ali tolčenca, se ujema z začetki gradnje železniških prog. Dejstvo, da njegova konstrukcija celo stoletje ni doživela bistvenih sprememb, priča, da je bila njena zasnova že v samem začetku dobra, oziroma, da so se kvalitativne zahteve prometnih storitev le počasi spreminjale.

Nagel razvoj zračnega in cestnega prometa v pojavnem obdobju pa je privedel železnico v položaj, ko se je morala spoprijeti z vedno ostrejšo konkurenco na prometnem tržišču. Posledica tega so bile tudi nove zahteve pri konstrukciji zgornjega ustroja železniških prog.

V razvitih železniških upravah so se ob sodelovanju visokih znanstvenih institucij začele obsežne raziskave in praktični poskusi. Pojavili so se poskusni odseki na nešteto vrstah tira, z gramozno gredo* in brez nje, z različnimi konstrukcijami in eksploatacijskimi karakteristikami.

Vse dosedanje raziskave so potrdile, da bo klasična zasnova zgornjega ustroja z gramozno gredo še dolgo ostala prevladujoča tehniška izvedba železniškega tira, saj je ta, zahvaljujoč hitremu razvoju

* Nekonvencionalni prometni sistemi (enotirne železnice, vozila na zračni ali magnetni blazini in podobno) nso predmet obravnave.

Avtor:
Mgr. Milorad Đuričić, Železniško gospodarstvo — Prometni inštitut, Ljubljana, Moše Pijadejeva 39

in izboljšanju njegovih karakteristik, v zadnjih desetletjih uspešno kljuboval postavljenim zahtevam.

Nov odločilni moment v razvoju zgornjega ustroja predstavlja šele uvedba neprekinjeno zavarjenega tira. To je dalo pomemben impulz razvoju ostalih elementov zgornjega ustroja. Z odpravo klasičnih stikov je bila zagotovljena homogenost tira, ustvarjeni pa bili tudi pogoji za nesluteno povečanje hitrosti, ki že sedaj dosegajo tudi do 300 km/h.

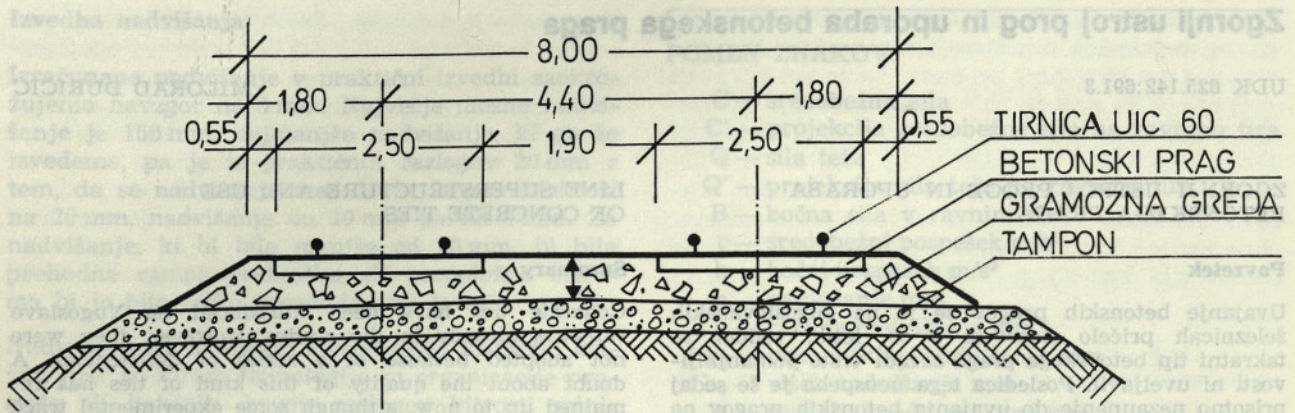
Z odpravo stikov je bila podana možnost za povečanje hitrosti in osnih obremenitev, ne da bi se pri tem povečali škodljivi dinamični vplivi v tiru. Celoten nadaljnji razvoj zgornjega ustroja predstavlja po uvedbi neprekinjeno zavarjenega tira logično zaporedje prilagajanja zgornjega ustroja zahtevam prometa in dinamiki eksploatacije.

Izhajajoč iz aktualnih zahtev železniškega prometa, ki se ob pogoju absolutne varnosti vožnje nanašajo na:

- zagotovitev zmogljivosti za prevoz masovnih potniških in blagovnih tokov,
- radikalno skrajšanje časa potovanja,
- visoko udobje,
- visoko stopnjo točnosti, zanesljivosti in frekvente vlakov,
- sprejemljivo ceno storitve

se soočamo tudi z zahtevami, ki se neposredno nanašajo na konstrukcijo sodobnega zgornjega ustroja (slika 1), in sicer:

- sposobnost zanesljivega prevzema vseh statičnih in dinamičnih vplivov, ki jih povzročajo velike skupne obremenitve, velike osne obremenitve, ve-



Slika 1. Karakterističen prečni presek skozi sodobni zgornji ustroj dvotirne proge

like hitrosti in temperaturni vplivi (vertikalne, bočne in vzdolžne sile, pojačane z dinamičnimi vplivi in visokofrekvenčnimi oscilacijami vozil) in njihov prenos na planum proge,

— geometrijske in voznodinamične značilnosti, ki omogočajo zahtevano mirnost vožnje in udobnost potnikov tudi pri največjih hitrostih (ustrezni parametri smeri in nivelete, obdelanost vozne površine tirnice, stabilnost tira in sposobnost dušenja visokofrekvenčnih oscilacij),

— sprejemljivi stroški gradnje in vzdrževanja proge (s temi gre razumeti uporabo kvalitetnih materialov z dobrimi mehanskimi lastnostmi, ki so v dovolj velikih količinah na tržišču, sodobno tehnologijo gradnje in vzdrževanja ter učinkovite metode kontrole stanja).

V iskanju konstrukcije zgornjega ustroja, ki bi ustrezal vsem postavljenim zahtevam, je v preteklih treh desetletjih prišlo do pomembnega napredka v vseh elementih. Poleg že omenjenega revolucionarnega prehoda na neprekinjeno zavarjeni tir je prišlo tudi do povečanja mase in izboljšanja mehaničnih karakteristik tirnic. Razvoj tehnologije proizvodnje betonskih pragov je omogočil uspešno nadomeščanje dragega in deficitarnega lesa in prispeval k povečanju mase zgornjega ustroja kot celote ter s tem tudi k povečanju njegove trajnosti. Sodobne vrste dvojnih elastičnih pritrditev (PANDROL, NABLA, HM, SKL) zagotavljajo trajno silo pritrditve tirnice na prag in učinkovito dušijo visokofrekvenčne oscilacije vozil, ki se gibljejo z velikimi hitrostmi. Greda iz tolčenca, ustrezne petrografske in granulacijske sestave, oblike ter dimenzij, uspešno prenaša vse mehanske vplive s tirne rešetke na planum proge, neposredno ali prek ustreznega tamponskega sloja.

Ugotovimo lahko torej, da sodobni zgornji ustroj za visoko zahtevne proge (glede hitrosti in obremenitev) sestoji iz neprekinjeno zavarjenih tirnic večje mase (UIC 60) z izboljšanimi mehanskimi lastnostmi, ki so elastično pritrjene na prage iz armiranega ali prednapetega betona, z razmakom, ki še omogoča mehanizirano vzdrževanje. Pragi

ležijo v gredi iz tolčenca (po možnosti iz eruptivnih kamenin), na peščenem tamponskem sloju, ki je položen na konsolidiran zemeljski trup.

Polaganje in vzdrževanje takega tira je popolnoma mehanizirano. Kontrola poteka s pomočjo elektronskih naprav, ultrazvoka in laserske tehnike, prav tako merjenje in preizkušanje kakovosti zgornjega ustroja, medtem ko se ravna vozna površina tirnic zagotovi z mehaniziranim brušenjem in reprofili-
ranjem.

Ekonomika eksploatacije zahteva bistveno zmanjšanje vseh stroškov gradnje in vzdrževanja vozne poti. Istočasno postavljene zahteve za izboljšanje tehničnih karakteristik proge so sicer s tem v nasprotju, vendar so izboljšane mehanske karakteristike tira, predvsem za uvedene nove metode kontrole, planiranja in vzdrževanja proge, ki omogočajo, da se vzdrževalna dela opravljajo pravočasno in v pravem obsegu, kljub temu pripomogle k skupnemu znižanju stroškov. Izkazalo se je, da je dobra proga istočasno tudi najcenejša proga. Žal na JŽ to pravilo potrjujemo v negativnem smislu, saj imamo razen posameznih izjem slabe in drage proge. Za vzdrževanje takih prog porabimo več delovnih ur, angažiramo več mehanizacije in več materiala kot razvite železniške uprave. Naloga gradbene službe na JŽ je, da to stanje čimprej spremeni na bolje.

Uporaba betonskih pragov

Betonski pragi se v svetu iz leta v leto vgrajujejo v večjih količinah.

Do zamenjave lesenih pragov z betonskimi je prišlo najprej v deželah, ki nimajo dovolj lesa, kasneje pa tudi v ostalih industrijsko razvitejših deželah.

Motivi zamenjave lesenih pragov z betonskimi so znani in jih ni potrebno posebej razlagati.

Vgrajevanje betonskih pragov v začetku ni dalo zadovoljivih rezultatov. To je povzročilo uvajanje velikega števila različnih vrst betonskih pragov in njihove pogoste modifikacije. Šele po dolgem

obdobju raziskav, katerih posledica so bile izboljšane lastnosti betonskega praga, lahko danes ugotovimo, da na svetu obstaja nekaj vrst armiranobetonskih in prednapetih pragov, ki skoraj v celoti zadovoljujejo zahteve sodobnih železniških prog. V uporabi so dvodelni in enodelni pragi, s tem da so slednji veliko bolj razširjeni.

Med dvodelnimi je najbolj znan in najbolj razširjen francoski prag Vagneux (RS), ki sestoji iz dveh armiranobetonskih blokov, povezanih s kovinskim drogom (kos stare tirnice). Uspešnih vrst enodelnih pragov je več. Najpogosteje so izdelani iz prednapetega betona. Med njimi so najbolj znani nemški B 70 W, angleški Dowmac, japonski 3 Ta, vzhodnonemški BS 65, madžarski TU in LX, italijanski FS, čehoslovaški SB 6, avstrijski BE 19, poljski INBX-7 in švedski prag.

Dolžina navedenih enodelnih pragov se giblje od 2,4 do 2,6 m, z izjemo italijanskega, ki meri 2,30 m. Njihova masa je od 230 do 300 kg, razen italijanskega praga, katerega masa znaša 200 kg.

Potrebno je poudariti, da so vse nove proge za visoke hitrosti zgrajene z betonskimi pragi, razen centralne poljske magistrale, v kateri so vgrajeni pragi iz trdega lesa.

Na vseh teh progah so vgrajene različne vrste elastične pritrditve z gredo eruptivnega porekla. Betonski pragi morajo ustrezati vsem pogojem in karakteristikam prometa z visokimi hitrostmi tako po stabilnosti kot po geometrijski pravilnosti.

Dosedanje izkušnje JŽ v uporabi betonskih pragov niso zadovoljive. V obdobju od leta 1957 do leta 1972 je bilo na JŽ vgrajeno okrog 1.600.000 betonskih pragov vrste IM-2. Žal je bila izbrana slaba vrsta praga, zato jih je bilo potrebno postopoma izgraditi. Prag je bil izdelan iz prednapetega betona, dolžine 2,30 m, mase 200 kg. V sredini je bil oslavljen in ni prenesel upogibnih obremenitev, naležna površina pa je bila le 4.504 cm² in je imel lesene čepe za uvijanje tirfonov.

Slabe lastnosti tega praga so bile:

- neustrezna vez tirnice in praga,
- oteženo vzdrževanje tira zaradi potrebnega odstranjevanja glede izpod sredine proge,
- majhna naležna površina,
- zelo slaba odpornost proti udarcem, kar je pri iztirjenjih povzročilo težke poškodbe proge,
- krajša življenjska doba zaradi trohnenja lesenih čepov, brez možnosti njihove zamenjave,
- slaba izolacija,
- neustrezen tehnološki proces proizvodnje.

Poleg tega so bili pragi s takimi pomanjkljivostmi vgrajeni v proge s tolčencem iz apnenca na neustreznem tamponskem sloju in često na nestabilnem glinastem terenu.

Navedene slabosti so se pokazale zelo hitro. Poseben problem je bil drobljenje tolčenca na spoju

med pragom in gredo, katerega posledice so bili zmanjšan bočni odpor proge, nastanek gramoznih korit in deformacije zemeljskega telesa.

Težave, ki so se na JŽ pojavile pri vzdrževanju prog z vgrajenimi betonskimi pragi IM-2 so povzročile ustavitev njihove proizvodnje in istočasno močan odpor proti njihovi nadaljnji uporabi.

Po neuspešnem prodoru praga IM-2 so Jugoslovanske železnice projektirale in začele proizvajati nov tip betonskega praga — JŽ 70.

Poleg zahtev za odpravo vseh že navedenih pomanjkljivosti praga IM-2 so za novi prag postavljeni tudi določeni mehanični pogoji, ob katerih bi bil prag sposoben za hitrosti 200 km/h in osne obremenitve 250 KN. Pogoj je bil tudi možna uporaba elastične pritrditve in taka konstrukcija, ki bi omogočala proizvodnjo praga v času od 0,6 do 0,8 delovne ure.

Betonski prag JŽ-70 je pri laboratorijskih preizkusih in preizkusih v tiru izpolnil vse zahtevane pogoje.

Oblika in dimenzija praga JŽ-70 so prikazane na priloženi skici.

Prvi poskusni odseki s pragi JŽ-70 so:

- ŽG Ljubljana (odsek proge Pivka—Divača) z vgrajenimi 4000 pragi leta 1972,
- ŽTO Sarajevo (odsek Kakanj—Dobrinja) z vgrajenimi 5000 pragi leta 1972,
- ŽTO Priština, kjer je od leta 1975 vgrajeno prek 85.000 pragov.

Dosedanje opazovanje tira na poskusnih odsekih dokazuje, da so lastnosti praga JŽ-70 v primerjavi s pragom IM-2 veliko boljše. Ugotovimo lahko, da so pomanjkljivosti, ki so se pokazale pri pragu IM-2, v celoti odstranjene.

Ob dejstvu, da se na podlagi dosedanjih izkušenj na JŽ še ne morejo dati odgovori na vsa vprašanja v zvezi z obnašanjem betonskih pragov v tiru, se moramo še vedno naslanjati na izkušnje tujih železnic, posebno železnic v razvitih železniških upravah, pri katerih so dileme o tehničnih in ekonomskih lastnostih betonskih pragov že davno rešene. V teh železniških upravah je betonski prag že postal osnovni tip praga in v večini primerov že izločil lesene prage iz nadaljnje uporabe. Številne vrste betonskih pragov, ki se uspešno masovno vgrajujejo, dokazujejo, da je tehnologija proizvodnje že tako napredovala, da so razrešeni vsi problemi glede potrebne kakovosti njihove izdelave.

Določene zaključke o obnašanju betonskih pragov in njihovem vplivu na stabilnost tira, posebej še na stabilnost planuma, lahko dobimo iz raznih poskusov, ki so bili izvedeni v ORE.*

* Office de Recherches et d'Essais de l'Union Internationale des Chemins de fer.

Na podlagi poročila NO 28 iz septembra 1983, ki se nanaša na obnašanje sistema »tir—podlaga« in na dimenzioniranje gramozne grede in tamponskega sloja za različne vrste pragov in različne vrste tal, lahko sklepamo, da imajo betonski pragi dolžine 2,6 m glede na standardne lesene prage dolžine 2,6 m prednost, saj zahtevajo manjšo debelino grede iz tampona, in to za vse vrste tal. Celo betonski pragi dolžine 2,50 m dajejo ugodnejše rezultate v primerjavi z lesenimi, razen za najslabšo vrsto tal; medtem ko so rezultati pri pragih dolžine 2,40 m le nekoliko slabši od lesenih.

Drugi zaključek, ki sledi iz istih preizkusov, je, da se prednost betonskih pragov glede vpliva na podlago bolj kaže pri kakovostnejših vrstah tal.

Na podlagi vseh dosedanjih spoznanj o uporabi betonskih pragov v svetu in pri nas, o njihovem obnašanju v tiru, posojilih in možnostih proizvodnje, ekonomskih karakteristikah proizvodnje in vgrajevanju, lahko ugotovimo naslednje:

— v razvitih železniških upravah je uporaba betonskih pragov postala že pravilo, v nekaterih državah pa je betonski prag v celoti izpodrinil lesenega, razen pri kretnicah,

— v več državah se betonski pragi proizvajajo in uspešno vgrajujejo tudi v kretnice,

— glede tehničnih lastnosti in obnašanja pragov v tiru praktično ni več nerešenih vprašanj, ki bi omejevala uporabo betonskih pragov,

— pri betonskem pragu se praviloma vgrajuje le elastična pritrditve,

— tehnologija proizvodnje betonskih pragov je v celoti dognana in omogoča množično in racionalno proizvodnjo pri povprečno usposobljeni delovni sili,

— izkušnje na JŽ pri uporabi betonskega praga IM-2 so bile zelo neugodne, kar je ustvarilo do

tega določen odpor in precej upočasnilo tempo njihovega vgrajevanja na JŽ,

— izkušnje z uporabo betonskega praga JŽ-70, čeprav nezadostne, so mnogo ugodnejše in dokazujejo, da se ta prag lahko uspešno uveljavi na progah (slika 2),

— obnašanje betonskega praga JŽ-70 se bo gotovo še izboljšalo z uporabo ustrezne vrste elastične pritrditve, pravilnim dimenzioniranjem gramozne grede in tamponskega sloja ter saniranjem eventualnih nestabilnih delov planuma,

— ugotovljeno pospešeno drobljenje gramozne grede iz mehkejših kamenin, ki se množično uporabljajo za proizvodnjo tolčenca na JŽ, ne predstavlja resnejše ovire pri uporabi betonskih pragov, saj se ta problem lahko uspešno reši z dodatnim sejanjem gramozne grede med dvema remonta proge,

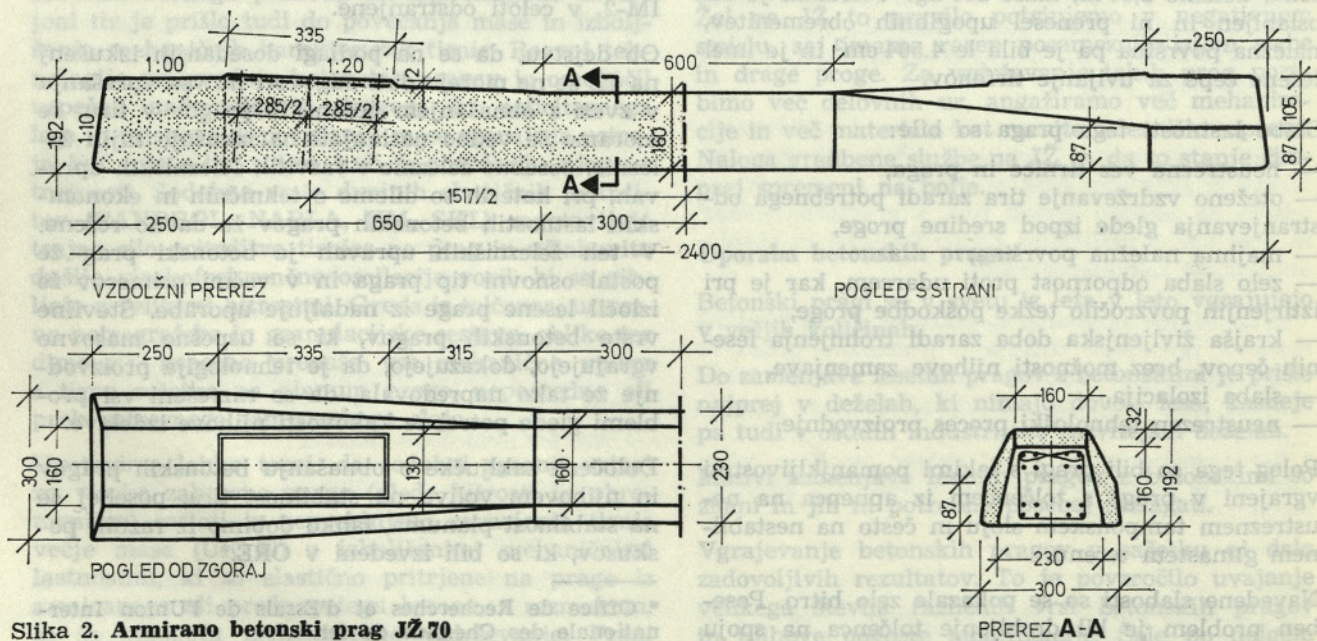
— cena vgrajenega betonskega praga z ustrezno elastično pritrditvijo je za 30 do 50 % nižja od cene lesenega praga,

— življenjska doba betonskih pragov je znatno daljša kot lesenih, kar omogoča podaljšanje ciklov remontov, posebno pri srednje in manj obremenjenih progah; to predstavlja nadaljnjo pomembno ekonomsko prednost betonskih pragov,

— surovine za proizvodnjo betonskih pragov so praktično povsod, in to v neomejenih količinah, medtem ko je les že sedaj deficitarna surovina. To bo vplivalo na nadaljnje večanje razlike v ceni med lesenimi in betonskimi pragi, že sedaj pa se soočamo s problemom zagotovitve zadostnih količin lesenih pragov, ne glede na ceno,

— večina mehanizacije za vzdrževanje prog se lahko uporablja bodisi pri lesenih bodisi pri betonskih pragih z minimalnimi modifikacijami,

— problem proizvodnje ustrezne elastične pritrditve v naši državi v tem trenutku še ni rešen; je pa vsekakor rešljiv.



Slika 2. Armirano betonski prag JŽ 70

Glede na navedene dokazane karakteristike betonskega praga ni opravičila za oklevanje JŽ pri njegovi množičnejši uporabi.

Poleg priporočila, da se v čimkrajšem času lotimo pospešenega vgrajevanja betonskih pragov JŽ-70, je smiselno tudi priporočilo, da se istočasno začne z raziskavami in uvajanjem še ene vrste betonskega praga, ki bi imel večjo naležno površino ter večjo maso v primerjavi s pragom JŽ-70 in ki naj bi bil še bolj prilagojen program s posebnimi zahte-

vami glede obremenitev in hitrosti.

V povezavi z množičnejšo uporabo betonskih pragov na JŽ in potrebnih minimalnih zmogljivostih za organizacijo racionalne proizvodnje ter upoštevanju transportnih stroškov lahko sklenemo, da bi za potrebe JŽ zadostovala dva oziroma največ trije proizvajalci. Tega vprašanja železnica ne bi smela prepustiti proizvajalcem samim, saj bo posledice neracionalne proizvodnje nosila predvsem železnica sama in ne proizvajalci.

Inovacijski dosežki pri gradnji železniških podvozov

UDK 625.16

JANEZ NERED

INOVACIJSKI DOSEŽKI PRI GRADNJI ŽELEZNIŠKIH PODVOZOV

INNOVATION ACHIEVEMENTS IN RAILWAY UNDERBRIDGE CONSTRUCTIONS

Povzetek

Summary

Pri gradnji podvozov in podhodov pod obstoječimi železniškimi progami je eden najpomembnejših vidikov pri izbiri metode čim manjše motnje železniškega prometa. Ena od metod, ki se je pokazala kot uspešna, je potiskanje celih konstrukcij ali njihovih delov pod tere od strani. Z razmeroma skromno opremo je možno potisniti tudi razmeroma težke konstrukcije. Opisana sta dva primera uporabe te metode, in sicer podvoz na Meljski cesti v Mariboru (dokončan leta 1985) in podhod na Proletarski cesti v Ljubljani (zgrajen v letu 1987). Teža konstrukcij v prvem primeru je bila 8000 in 14.500 kN, v drugem pa 7100 kN.

At erecting of underbridges and underpasses under existing railway lines, one of the most important aspects is the choice of erecting method, so that smallest possible interference of running railway traffic is achieved. One of such successful methods is sliding of bridge construction into position under the tracks sidewise. By using of relatively modest equipment also sliding of heavy constructions is made possible. Two erecting cases are described. In the first case (an underbridge in Maribor, finished in 1985) two superstructures, whose weights reached 8000 and 14.500 kN, were slid into position. In the second case the whole constructions of an underpass in Ljubljana (weight 7100 kN) was being erected by the same method and accomplished in 1987.

1. UVOD

V Gradbenem vestniku št. 7-8/1980 je izšel članek, ki je orisal problematiko in načine gradnje železniških mostov na obstoječih progah pod tekočim železniškim prometom. Opisane so bile tehnološke možnosti s poudarkom na čim manjših motnjah železniškega prometa med gradnjo objekta. Motnje se izražajo v zaporah prometa ali (in) zmanjšani hitrosti vlakov na območju gradbišča in so toliko bolj boleče, kolikor dlje trajajo. Ker je danes eden izmed imperativov za uspešno delovanje železniškega sistema spoštovanje voznega reda, je ta časovni dejavnik gradnje eden od odločilnih vidikov, tako pri izbiri konstrukcije kot pri tehnološkem postopku njene realizacije.

S pospešeno gradnjo cestne in železniške infrastrukture so danes na železnici najbolj aktualni objekti, ki vzpostavljajo križanja komunikacij v različnih nivojih. V tem sestavku se omejujem na tiste, kjer je železniška proga zgoraj, to so podvozi in podhodi. Pri njihovi gradnji se je posebej uveljavil način s potiskanjem delov ali cele konstrukcije pod tere od strani, ki je bil opisan že v zgoraj omenjenem članku. Ob naraščajočih dimenzijah objektov, grajenih po tem načinu in s tem vedno večjih težah, so bili seveda nujni določeni inovacijski posegi, posebno glede tehnološke opreme.

Kar zadeva trajno dilemo v mostogradnji, ali graditi montažne konstrukcije (v pomenu konstrukcijske zasnove) ali lite na mestu samem, je za primer obravnavanih objektov treba presoditi nekaj specifičnih vidikov.

Avtor:

Janez Nered, dipl. inž., Železniško gospodarstvo — Projektivno podjetje Ljubljana, Moše Pijadejeva 39/IV, Ljubljana

Montaža konstrukcije z vrha in njeno monolitiziranje pri praktično neprekinjenem železniškem prometu na elektrificiranih progah ni mogoča.

Lahko se montira in poveže zunaj tirnega območja, ob strani, nato pa potisne pod tere (montaža v širšem pomenu). Ker pa gre v konstrukcijskem smislu za manj zahtevne objekte, se je v večini primerov izkazalo, da je enostavneje zgraditi konstrukcijo na mestu samem in jo kot tako potisniti v definitivno lego. Časovni dejavnik, ki je poleg industrijskega načina izdelave prednost montažnih konstrukcij, tu ni odločilen, ker gradnja poteka zunaj tirnega območja in se pri tem železniški promet odvija nemoteno. Poleg klasično armiranega in prednapetega betona v zadnjem času pri tovrstnih objektih pridobivajo veljavo tudi prekladne konstrukcije iz vbetoniranih IP nosilcev (valjanih ali varjenih), ki spadajo že med polmontažne sisteme, pri katerih se potreba po opaznem odru zmanjša na minimum.

V nadaljevanju tega sestavka sta nekoliko podrobneje opisana dva tipična primera gradnje s potiskanjem od strani. Pri prvem primeru (meljski podvoz v Mariboru) je bila potisnjena samo prekladna konstrukcija, pri drugem (podhod za pešce in kolesarje na Proletarski cesti v Ljubljani) pa celoten objekt.

2. PODVOZ NA MELJSKI CESTI V MARIBORU

Potreba po novem podvozu pod železniško progo na postajnem območju postaje Maribor se je pojavila ob načrtovanju nove hitre ceste skozi Maribor na področju Melja. Stara, ozka dvopasovna Meljska cesta naj bi dobila funkcijo priključka hitre ceste v center Maribora. Seveda pa jo je bilo treba za ta namen spremeniti v štiripasovnico z obojestranskimi hodniki za pešce in enostransko kolesarsko stezo. Železniške tere naj bi prečkala na približno istem mestu kot stara dvopasovnica.

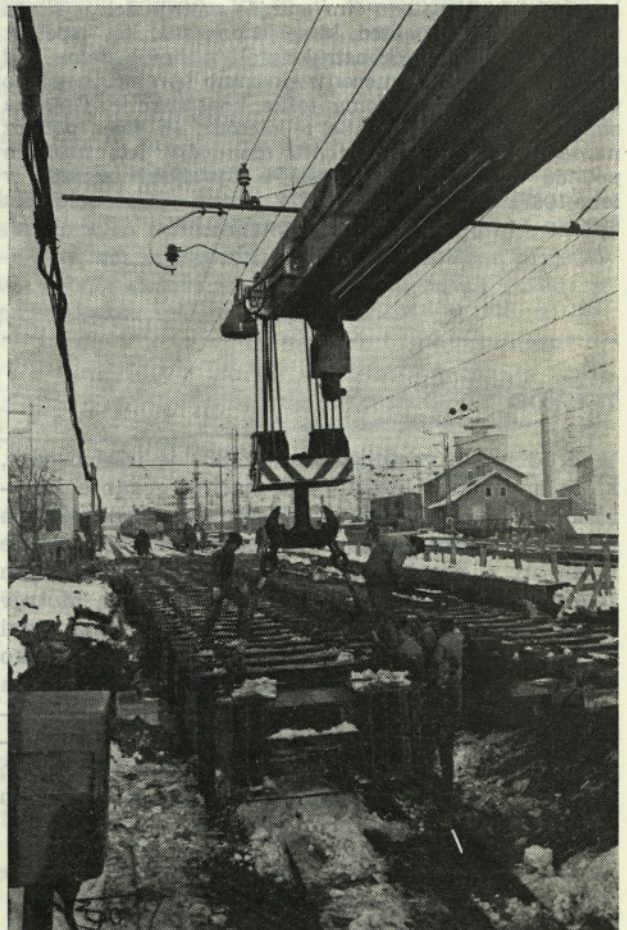


Slika 1. Pogled na stari podvoz Meljske ceste v Mariboru z meljske strani

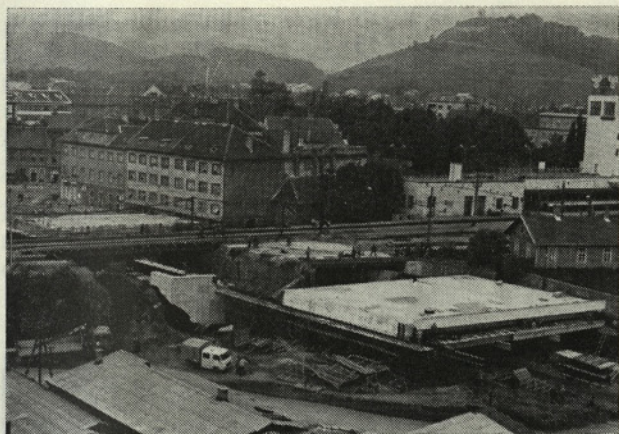
Obstoječi objekt podvoza (slika 1), ki je že na stari Meljski cesti zaradi majhne svetle višine in vmesne podpore predstavljal ozko grlo, je moral pasti. (Zgrajen je bil v začetku tega stoletja kot nadomestek za še starejši, manjši kamniti obokani objekt, ki so ga postavili ob gradnji južne železnice Dunaj—Trst, 1846. leta. Krajni oporniki so bili kamniti, vmesno podporo je sestavljala vrsta litoželeznih stebrov, prekladna konstrukcija pa je bila izdelana po sistemu vbetoniranih IN nosilcev. Dosegel je kar častitljivo starost 80 let, brez »generalne«).

Projektanta so na začetku projektiranja zatele naslednje razmere oziroma zahteve:

- novi objekt se je skoraj na polovici svoje tlorisne površine prekrival s staro konstrukcijo;
- novi objekt mora nositi 5 tirov s kretniškimi zvezami. Vsi tiri morajo biti ves čas gradnje prevozni, s pardnevnimi zaporami posameznih grup tirov po dogovoru s postajno prometno službo;
- prek nadvoza mora ob strani potekati potniški peron širine 3,00 m, pod njim pa kinete za nove SV-TK naprave;



Slika 2. Montaža provizornih konstrukcij za premostitev gradbene jame pri gradnji južnega opornika



Slika 3. Pogled na gradbišče z obema zabetoniranimi ploščama; desna plošča je pripravljena za potiskanje. V sredini je videti stari objekt podvoza

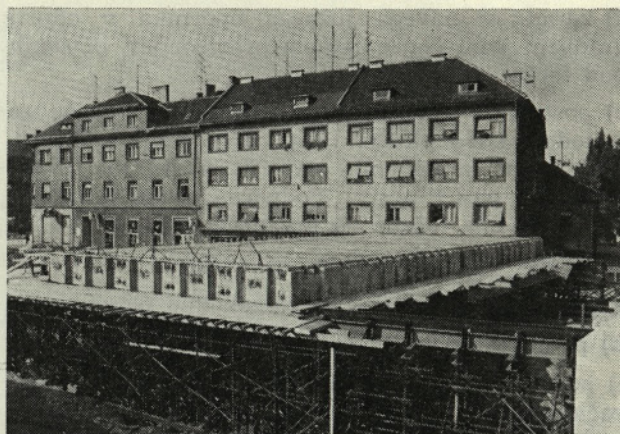
d) na zahodni (mestni) strani mora biti nad novim cestiščem zgrajena nosilna konstrukcija bodočega nadhoda, da pri njegovi končni dograditvi ne bi bil moten cestni promet;

e) prekladna konstrukcija podvoza mora imeti minimalno konstrukcijsko višino glede na čim ugodnejšo niveleto ceste v podvozu;

f) konstrukcija mora imeti eno svetlo odprtino, brez vmesnih podpor, v izmeri: $5,00 + 0,20 + 2 \times 7,00 + 0,20 + 2,55 = 21,95$ m, poševnost konstrukcije $\vartheta = 77,6^\circ$, zahtevana svetla višina 4,70 m;

g) zaradi močnega pretoka pešcev iz industrijske cone Melja proti železniški in avtobusni postaji ter centru mesta mora biti za ves čas gradnje omogočen peš prehod prek ožjega območja gradbišča.

Glede na podane zahteve (zlasti odločilni sta bili tisti, ki sta navedeni pod točkama b) in e), je bila izbrana konstrukcija, ki sicer v konstrukcijskem smislu ne pomeni kaj posebnega, tj. monolitna plošča na masivnih opornikih. Zaradi pogoja pod točko b) je bila plošča z vzdolžno dilatacijo (MAURER, tip D 75 SB) razdeljena v dva dela: v ožji, zahodni, za dva tira in v širši, vzhodni del za tri tire. Oba dela sta se dokončno zgradila na definitivni višini zunaj tirnega območja, eden na zahodni strani, drugi na vzhodni strani in nato potisnila pod tire. Plošči sta debeli 125 cm ($d/l = 1/19$), iz betona M 40, razbremenjeni z valji $\varnothing 75$ cm iz stropora, polno prednapeti po sistemu BBRV. V ožji plošči je 57 paraboličnih kablov $42 \varnothing 7$ (Je 150/170) v vzdolžni smeri in 54 ravnih kablov (centrično napenjanje) $7 \varnothing 7$ v prečni smeri. V širši plošči je analogno število kablov 84 in 64. Zunanja dolžina plošč je 26,70 m, širina ožje je $11,90 + 3,00$ m AB konzole, širina širše pa 18,30 m. Teža ožje plošče, vključno z izolacijo in zaščitnim betonom, odločilna za potiskanje, je bila 8000 kN, analogna teža širše pa 14.500 kN. Potisna pot je bila za ožjo ploščo dolga 22,62 m, za širšo pa 29,74 m.



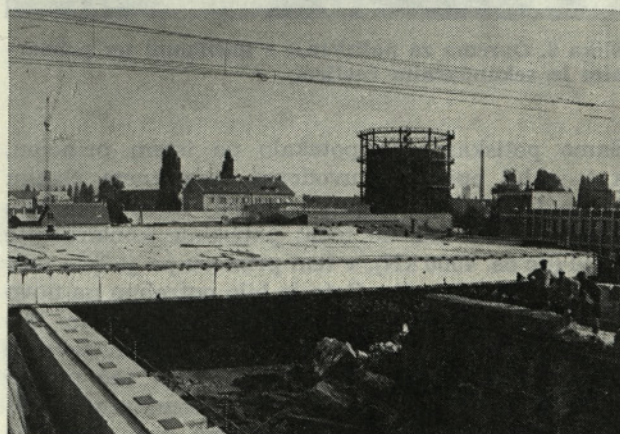
Slika 4. Pogled na zabetonirano in prednapeto zahodno ploščo; teška je 8000 kN

V grobem je bil potek del pri gradnji objekta naslednji:

a) zgraditev novega severnega opornika v severni odprtini obstoječega podvoza, kar je potekalo neodvisno od železniškega prometa, vendar z ustreznim razpiranjem in podbetoniranjem obstoječih podpor zaradi nižje kote temeljenja novega objekta;

b) preureditev tirnih naprav na območju novega podvoza z začasno prestavitvijo kretnic zunaj tega območja, kot priprava za vložitev provizornih nosilnih konstrukcij, ki jih ni mogoče vlagati pod kretnice. S tem v zvezi je bilo potrebno tudi začasno preurediti SV-TK naprave;

c) vložitev 5 provizornih konstrukcij pod vseh 5 tirov, s čimer je bilo omogočeno odprtje gradbene jame za gradnjo novega južnega opornika. Provizorna konstrukcija za en tir je bila sestavljena iz šestih jeklenih nosilcev IP 1000, ustrezno prečno povezanih. Dolžina dveh provizorijev je bila 29 m, treh pa 25 m. Na severni strani so se naslanjali na južni opornik obstoječega objekta, na južni pa na posebne betonske bloke v železniškem trupu;



Slika 5. Vzhodna plošča v fazi potiskanja; teška je 14.500 kN

d) zgraditev novega južnega opornika v odprti gradbeni jami pod varstvom provizorijev, opisanih pod točko c);

e) postavitve opažnega odra in potisnih prog za vzhodno, širšo ploščo. Podporni sistem so sestavljali jarmi iz jeklenih cevi TC 25 sistema Sisak, prekladni pa I P nosilci. Podporna jarma za potisni progi sta bila ločena od opažnega odra;

f) izdelava vzhodne plošče na opažnem odru;

g) ponovitev del pod t. e) za zahodno ploščo;

h) ponovitev del pod t. f) za zahodno ploščo;

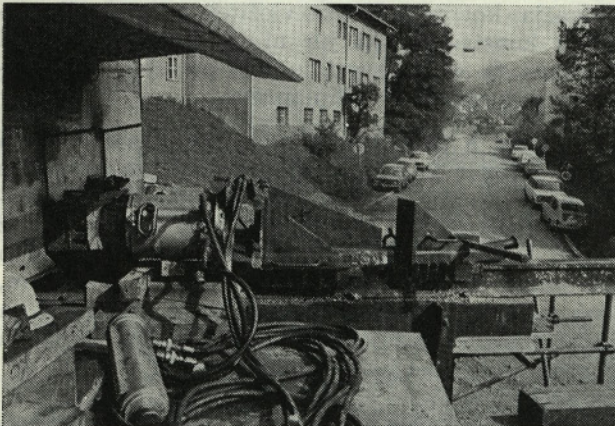
i) potiskanje vzhodne plošče v končno lego pri začasni odstranitvi treh tirov in istočasnem postopnem rušenju stare konstrukcije ter po končanem potiskanju in zasipu za oporniki ponovna vzpostavitev prometa na treh tirih;

j) ponovitev postopka pod t. i) za zahodno ploščo za dva tira;

k) vgraditev vzdolžne dilatacije;

l) postavljanje montažnih kinet za SV-TK naprave in perone, montaža ograje in finaliziranje objekta ter vzpostavitev prvotnega stanja tirnih naprav.

Opisane so le glavne faze; v resnici je bilo še veliko podfaz in mnogo usklajevanja, dogovarjanja in tudi potrebnega razumevanja med izvajalci in železniškimi službami (predvsem prometno).

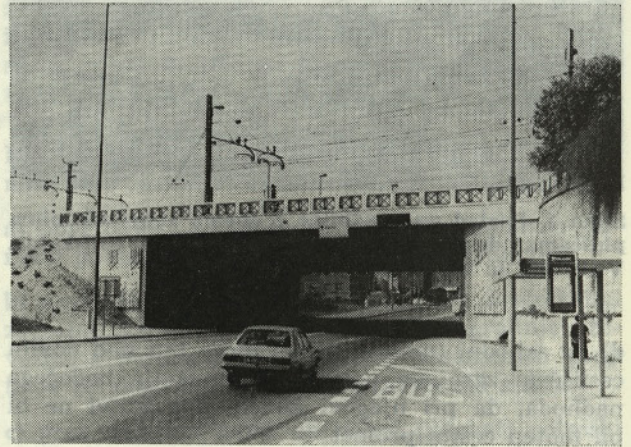


Slika 6. Oprema za potiskanje s tlačilkami ter primarnim in sekundarnim čevljem

Samo potiskanje je potekalo po istem principu, kot je bil opisan v uvodoma navedenem članku in ga tu ne bi ponovno opisoval. Razlika je bila v tem, da so bile do tedaj potiskane konstrukcije lažje (do ca. 4500 kN), v tem primeru pa je bila teža več kot trikrat večja. Zato je bilo potrebno na novo konstruirati močnejši potisni čevljev z daljšimi klini, ki so imeli blažji nagib. Ročno razklinjevanje zaradi močnejšega zaklinjenja ni bilo več možno in je bilo treba dodati še manjši, sekundarni čevljev za ta namen (slika 6). Za potisno progo so bile uporabljene močnejše tirnice S 60. Za zmanjšanje trenja je bila nabavljena posebna MOLYKOTE

pasta, vendar je kljub temu maksimalna potrebna potisna sila dosegla 25 % teže plošče (začetek potiskanja), v povprečju pa se je gibala okrog 8 %. Čisto potiskanje širše plošče je trajalo ca. 12 ur, ožje pa ca. 8 ur.

Dela na objektu so se pričela v zimi 1983/84, objekt pa je bil dokončan v letu 1985.



Slika 7. Pogled na dokončan objekt z meljske strani

3. PODHOD NA PROLETARSKI CESTI V LJUBLJANI

Podhod za pešce in kolesarje bo namenjen raznivojski povezavi dveh gosto naseljenih stanovanjskih območij, tj. Zelene jame na severni in Vodmata na južni strani železniške proge Ljubljana—Dobova. Poteka pod petimi železniškimi tiri (kasneje je predvidena razširitev še za tri tire), tako da znaša njegova dolžina (v smeri hoje) 32,40 m. Tire prečka pod kotom 67° . Konstrukcije podhodov so praviloma zaprti AB okviri, ki se zgradijo tako, da se gradbena jama odpre, potem ko se v železniški trup vložijo provizorne konstrukcije, po katerih teče železniški promet. Od tod dalje je več možnosti:

a) okvir se zgradi na mestu samem pod provizoriji;

b) okvir se sestavi iz montažnih kosov, izdelanih v betonarni, tako da se kos za kosom (običajne širine 1 do 2 m) potisne pod tire od strani in nato poveže s kablji za prednapenjanje v monolitno celoto;

c) okvir se zgradi na mestu samem, v enem kosu, vendar zunaj tirnega območja in se nato v celoti potisne pod tire. Provizorije se pri tem vložijo, šele ko je okvir že zabetoniran, finaliziran in pripravljen za potiskanje. V gradbeni jami pod provizoriji je potrebno pripraviti samo potisno progo.

Glede na razpoložljivi prostor, bližino betonarne in železokrivnice ter enostavno opaženje je bila v našem primeru uporabljena tretja možnost. Pri svetli razpetini podhoda 5,40 m, svetli višini okvira 3,40 m in debelini prečk in sten 0,40 m je celotna teža za

potiskanje znašala 7100 kN. Okvir je bil zabetoniran na betonskem platuju na južni strani proge, potisni progi iz tirnic sta potekali v zunanjih spodnjih vogalih okvira. Za potiskanje je bila uporabljena ista hidravlična oprema kot v Mariboru, trajalo pa je ca. 4 ure.

Prednosti uporabljene metode v primeri s »klasičnim« načinom gradnje, navedenim pod t. a) so bile očitne:



Slika 8. Okvir podhoda na Proletarski cesti v Ljubljani. Okvir je že potisnjen pod tir; v ospredju plato, na katerem je bil zabetoniran

— medtem ko bi pri »klasičnem« načinu vozili vlaki prek provizorijev z zmanjšano hitrostjo najmanj 3 mesece in prav toliko časa povzročali motnje v voznem redu, so v danem primeru vozili samo 14 dni. V enakem razmerju se je zmanjšala tudi najemnina za uporabo provizorijev;

— dosežena je bila boljša kakovost betona, ki je bil vgrajevan neovirano, v primeri z betoniranjem z vlaki nad glavo in stisnjeno višino gradbene jame pri »klasičnem« načinu.

Gradbena dela na objektu so se pričela spomladi 1987, z dograditvijo dostopnih poti, stopnišč in komunalnih naprav pa bo začel rabiti svojemu namenu jeseni istega leta.

SKLEP

Opisana metoda se je doslej pokazala zelo uspešna. Z razmeroma skromno opremo in dodatnimi ukrepi za zmanjšanje trenja (eventualna uporaba teflona) je možno potisniti konstrukcije, težke več 10.000 kN.

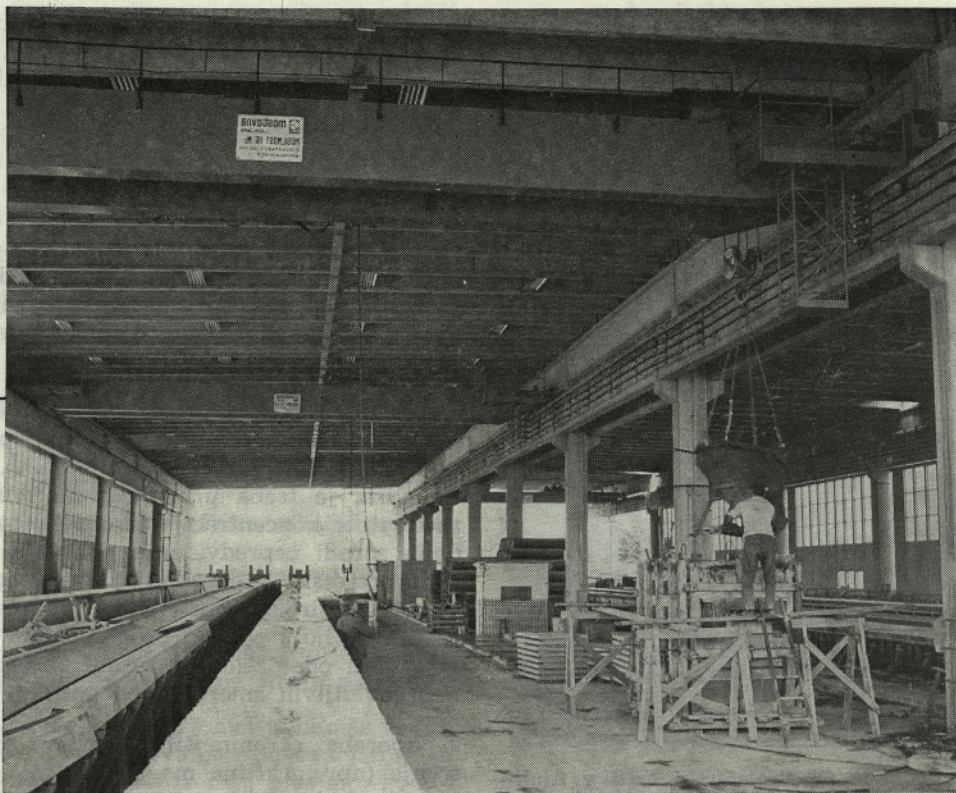
Seveda pa zahteva visoko stopnjo natančnosti pri izdelavi. Tolerance pri postavitvi potisnih prog glede nivelete in smeri so minimalne. Če je proga na odru, je treba pri njegovem dimenzioniranju računati s koncentracijami obtežb na posameznih delih zaradi nepredvidenih neravnin na spodnjem robu potiskane konstrukcije. Glede tega so posebno občutljive široke konstrukcije, ki imajo dolgo dotikalno linijo s potisno progo. Tudi v prečni smeri mora biti oder zelo tog zaradi občasnih sunkov v nepredvidljivih smereh med potiskanjem.

Z uporabo skromnejših sredstev za zmanjšanje trenja (npr. grafitna mast) moramo pri dimenzioniranju hidravlične opreme računati s potrebno potisno silo do 30 % teže objekta.

Naj na koncu omenim še to, da je metoda uporabna tudi za gradnjo podvozov in podhodov pod obstoječimi cestami, ker je skrajšanje zapor prometa občutno. To pa je pri današnji razvitosti cestnega prometa lahko odločilno.

Literatura

1. Janez Nered: Problematika in način gradnje železniških mostov na obstoječih progah pod tekočim prometom. Gradbeni vestnik 1980, št. 7-8.



ŽG – MOSTOVNA

LJUBLJANA

JE POLEG VARJENJA TIRNIC IN OSTALIH DEL, KI JIH OPRAVLJA ZA
 POTREBE ŽELEZNICE, OSVOJILA TUDI PROIZVODNI PROGRAM TRANS-
 PORTNIH NAPRAV ZA NADGLAVNI TRANSPORT IN SICER PROJEKTIRA
 IN IZDELUJE:

- enonosilčna električna mostna dvigala tip **EEMD**
- dvonosilčna električna mostna dvigala tip **DEMD**
- električna mostna dvigala z upravljanjem iz kabine tip **EMDK**
- viseča električna mostna dvigala tip **VEMD**
- električna portalna dvigala tip **EPD**
- kontejnerska dvigala
- regalna dvigala
- enonosilčna ročna dvigala tip **ERD**
- električna konzolna dvigala tip **ESKD**
- ročna konzolna dvigala tip **RSKD**
- specialna konzolna dvigala za marine
- sestavljiva portalna dvigala tip **SPD**
- enotirna — monore dvigala tip **MD**
- zavore na vrtničasfe tokove tip **WB**



UNIVERZA EDVARDA KARDELJA V LJUBLJANI

FAKULTETA ZA ARHITEKTURO, GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

61001 Ljubljana, Jamova 2, p. p. 579

POROČILA

3

GV XXXVI — 7-8

Račun temperatur v strjujočem se betonu

UDK 666.97.035.5:620.181:536.711

RAČUN TEMPERATUR V STRJUJOČEM SE BETONU

Povzetek

Članek prikazuje postopek za račun temperatur v strjujočem se betonu v odvisnosti od temperature okolja, sproščanja hidratacijske toplote in oblike betonskega elementa. Račun temelji na laboratorijsko določeni krivulji adiabatskega sproščanja toplote pri strjevanju cementne malte in principu zrelostne funkcije. Za reševanje enačb prevajanja toplote je uporabljena metoda končnih elementov.

UVOD

Znano je, da se v strjujočem se betonu sproščajo znatne količine toplote, kar v splošnem povzroča neenakomeren razpored temperatur. Pretirani temperaturni gradienti lahko povzročijo razpoke v betonu. Zato moramo pred betoniranjem temperaturne razlike računsko oceniti. V članku prikazujemo računski postopek, s katerim lahko precej natančno ocenimo časovni razvoj temperatur in njihovo razporeditev po betonskem elementu poljubne oblike v odvisnosti od sestave betona, od vremenskih in drugih razmer v okolju, od vrste opaženja in toplotne izolacije ter dodatnih virov in ponorov toplote. Postopek temelji na diferencialni enačbi prevajanja toplote skozi trdna telesa, ki jo rešujemo numerično z metodo končnih elementov.

OSNOVNE ENAČBE

Strjujoči se beton obravnavamo kot trdno telo.

Avtorja:

Izr. prof. dr. Miran Saje, dipl. gradb. inž., stažist Goran Turk, dipl. gradb. inž., Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, VTOZD GG, Katedra za mehaniko, Ljubljana, Jamova 2

MIRAN SAJE, GORAN TURK

THERMAL ANALYSIS OF HARDENING CONCRETE

Summary

Thermal transient analysis of hardening concrete block subjected to heat-of-hydration release and surface heat transfer is presented. The analysis is based on measured adiabatic temperature rise of hardening cement paste specimen at reference placing temperature and on the concept of maturity function. A finite element method is employed for numerical solution of equations of nonlinear transient heat transfer.

Poglavitna oblika prenosa toplote v trdnih telesih je prevajanje toplote (kondukcija). Za poljuben del telesa s prostornino V in s površino S ima diferencialna enačba prevajanja toplote v Kartezijevih koordinatah x_i ($i = 1, 2, 3$) obliko [1]

$$\nabla \cdot (k_{ij} T_{,i})_{,j} + \dot{q}_v - \rho c \dot{T} = 0, \quad \dots (1)$$

v kateri pomeni: k_{ij} — komponente simetričnega tenzorja toplotne prevodnosti; $T(x_i, t)$ — iskano temperaturo; \dot{q}_v — prostorninski pritok toplote (na primer zaradi hidratacije cementa); ρ — gostota snovi; c — specifično toplotno snovi; in t — čas. $\nabla_{,j}$ označuje parcialni odvod po x_j , pika nad znakom pa odvod po času t . Uporabljen je dogovor o seštevanju. Tenzor toplotne prevodnosti (k_{ij}) je v splošnem anizotropen. k_{ij} , \dot{q}_v , ρ in c so lahko funkcije temperature (T) in časa (t).

Pripadajoči mejni pogoji so določeni z obliko izmenjave toplote med telesom in okolico. Telo izmenjuje toploto z okolico prek svoje površine S . Na delu S_Q te površine naj bo predpisan površinski pretok q_s . Ta je sestavljen iz prispevkov sončnega sevanja ter drugih površinskih toplotnih virov (q_0), konvekcije v zraku ali tekočini v okolici (q_C) in

sevanja (radiacije) telesa in okolice (\dot{q}_R)

$$\dot{q}_S = \dot{q}_0 + \dot{q}_C + \dot{q}_R \quad \dots (2)$$

Račun prispevka sončnega sevanja je podrobno opisan v [2]. Prispevek konvekcije računamo po enačbi [1]

$$\dot{q}_C = h (T - T_A), \quad \dots (3)$$

kjer T_A označuje časovno spremenljivo temperaturo okolja (ambienta), T temperaturo površine telesa, h pa je prestopni koeficient. V splošnem je prestopni koeficient odvisen od nagnjenosti mejne površine, od hitrosti in vrste tekočine ali plina v okolici, od vrste obtoka, od temperature itd. Običajno pa je spreminjanje prestopnega koeficienta dovolj majhno, da smemo privzeti konstantno vrednost. Z enačbo (3) lahko približno opišemo tudi prenos toplote skozi tanek sloj slabega toplotnega prevodnika z zanemarljivo toplotno kapaciteto; takšen sloj je na primer lesen opaž na betonskem elementu. V tem primeru računamo prestopni koeficient opaža po enačbi [1]

$$h = k'/d, \quad \dots (4)$$

v kateri je k' toplotna prevodnost opaža, d pa njegova debelina. Prispevek sevanja računamo podobno kot pretok zaradi konvekcije

$$\dot{q}_R = h_R (T - T_R), \quad \dots (5)$$

kjer je

$$h_R(T) = \sigma e (T^2 + T_R^2) (T + T_R). \quad \dots (6)$$

T_R je temperatura sevajočih teles v okolici, σ in e pa sta Stefan-Boltzmannova konstanta in emisivnost sevajoče površine. Sevanje ima pri obravnavi razporeda temperature med strjevanjem betona majhen vpliv, zato ga tu ne upoštevamo ($\dot{q}_R = 0$).

Na delu površine S_Q mora biti izpolnjen mejni pogoj [1]

$$S_Q: \quad k_{ij} T_{,j} n_i = -\dot{q}_0 - h (T - T_A). \quad \dots (7)$$

V tej enačbi označuje n_i komponente vektorja zunanje normale na ploskev S_Q .

Na preostalem delu S_T površine S naj bo predpisan potek temperature (T_S)

$$S_T: \quad T - T_S = 0. \quad \dots (8)$$

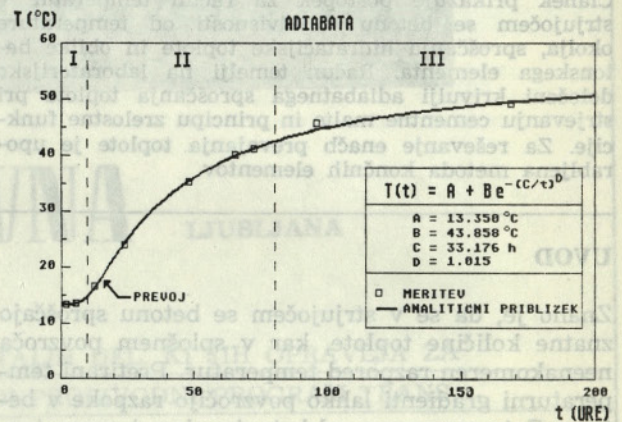
V začetku obravnave ($t = 0$) je temperatura telesa znana; sledi

$$V: \quad T(x_i, 0) = T_0(x_i). \quad \dots (9)$$

Povzemimo! Osnovna neznanka pri računu prevajanja toplote po trdnem telesu je temperatura $T(x_i, t)$. Njeno časovno in prostorsko spreminjanje vodijo parcialna diferencialna enačba (1), mejna pogoja (7) in (8) ter začetni pogoj (9). Naloga je v splošnem nelinearna, saj so termični parametri (k_{ij} , c , ρ in h) in specifični toplotni pretoki (\dot{q}_0 in \dot{q}_V) v splošnem odvisni od iskane temperature. Pri računu temperaturne porazdelitve v betonskih elementih smemo večinoma predpostaviti, da so termični parametri konstantni. Ob taki predpostavki je izvor nelinearnosti naloge le člen \dot{q}_V .

MATEMATIČNI MODEL ZA SPROŠČANJE TOPLOTE MED STRJEVANJEM BETONA

Matematični model, ki ga uporabljamo v tem delu, temelji na adiabatnem preizkusu sproščanja toplote pri strjevanju cementne malte. Preizkus je podrobno opisan v naših standardih [3]. Z njim določimo diagram sproščanja toplote na enoto prostornine (\dot{q}_A) v adiabatnih pogojih



Slika 1

$$\dot{q}_A = \dot{q}_A(t, T_0) \quad \dots (10)$$

za obravnavano cementno malto in za izbrano začetno temperaturo (T_0) malte. Pripadajočo hitrost sproščanja toplote na enoto prostornine (\dot{q}_A) dobimo z odvajanjem enačbe (10) po času

$$\dot{q}_A = \dot{q}_A(t, T_0). \quad \dots (11)$$

V realnih razmerah se beton v glavnem ne strjuje v adiabatnih pogojih. Zato hitrosti sproščanja toplote na enoto prostornine, to je prostorninskega pritočka toplote (\dot{q}_V), v splošnem ne moremo računati po enačbi (11). V [4] je predlagana korekcija primerjalne vrednosti (11) z zrelostno funkcijo (f)

$$\dot{q}_V = \dot{q}_A f(T, T_0, q_V, t), \quad \dots (12)$$

s katero zajamemo predhodne in trenutne termične pogoje. Predpostavljeno je, da tako popravljena

hitrost sproščanja toplote ustreza realni hitrosti sproščanja toplote. Če je v nekem stanju zrelostna funkcija manjša od 1, je hitrost sproščanja toplote počasnejša od hitrosti v adiabatskih razmerah pri začetni temperaturi (T_0) in količini že sproščene specifične toplote (q_V), če pa je večja od 1, jo prehiteva. Znanih je več zrelostnih funkcij [4]. V tem delu uporabljamo zrelostno funkcijo, ki sta jo predlagala Freiesleben Hansen in Pedersen [5] in je uporabljena tudi v [6]

$$f(T, T_0) = \exp \left[\frac{E_A}{R} \left(\frac{1}{T + 273} - \frac{1}{T_0 + 273} \right) \right] \dots (13)$$

ki temelji na Arrheniusovem zakonu. V tej enačbi je $R = 8314 \text{ J/mol} \cdot ^\circ\text{C}$ plinska konstanta, E_A pa od temperature odvisna aktivacijska energija cementa, ki jo moramo določiti s preizkusi. Za večino Portlandskih cementov jo običajno smemo računati po približnih enačbah [5]

$$E_A(T) = \begin{cases} 33500 + 1470(20 - T), & \text{za } T < 20^\circ\text{C} \\ 33500, & \text{za } T \geq 20^\circ\text{C} \end{cases} \quad (\text{J/mol}) \dots (14)$$

ali pa celo vzeti, da je konstantna. V literaturi navajajo za Portlandske cemente vrednosti med približno 30000 do 45000 J/mol. Za določanje točnejših izrazov so potrebni izotermni preizkusi strjevanja [7]. Izkušnje kažejo, da je pri računu temperatur aktivacijska energija razmeroma malo vpliven parameter.

Meritve sproščanja toplote pri adiabatskem preizkusu pokažejo, da ima krivulja q_A iz enačbe (10) tri značilna časovna območja (slika 1). V prvem in tretjem območju se toplota sprošča razmeroma počasi, v drugem območju pa je sproščanje burno. Zato ima krivulja v drugem območju prevoj. Takšno krivuljo učinkovito analitično aproksimiramo z nastavkom [8]

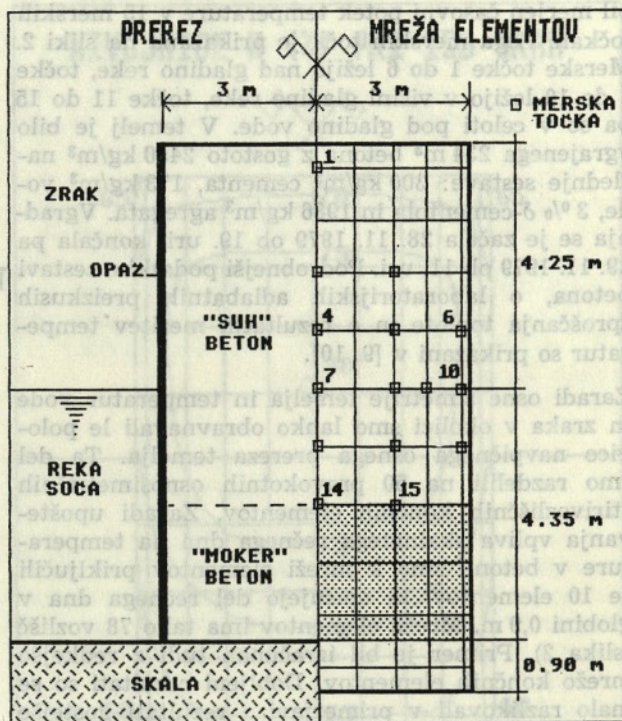
$$q_A(t) = A + B \exp(-C/t^D) \dots (15)$$

Konstantne koeficiente A , B , C in D določimo za preizkušano cementno malto oziroma beton z metodo najmanjših kvadratov. Sproščena toplota doseže največjo vrednost šele po neskončnem času in znaša po enačbi (15)

$$q_{\text{maks}} = A + B \dots (16)$$

OPIS METODE REŠEVANJA ENAČBE PREVAJANJA TOPLOTE

Za reševanje diferencialne enačbe prevajanja toplote (1) in njenih mejnih in začetnih pogojev (7), (8) in (9) smo uporabili metodo končnih elementov. Podrobnosti o tej metodi so opisane v številnih knjigah, zato navajamo le nekaj podrobnosti. Po



Slika 2 : Valjasti betonski temelj HE Solkan

tej metodi telo razrežemo na končne elemente, ki so med seboj povezani z vozlišči. Neznano spreminjanje temperature po telesu nato opišemo z vozliščnimi temperaturami. S tem prevedemo nalogo na reševanje sistema navadnih, običajno kvazi linearnih diferencialnih enačb prvega reda za vozliščne temperature v odvisnosti od časa. Ta sistem rešimo z dvotočkovno direktno integracijo tipa »korak za korakom«. Kadar termični parametri ali specifični toplotni pretoki niso odvisni od iskane temperature, oziroma kadar ne upoštevamo sevnanja, je dobljeni sistem enačb linearen; v nasprotnem primeru je v vsakem časovnem koraku potrebno iteracijsko reševanje.

Na teh osnovah je bil izdelan računalniški program za račun temperatur v poljubno oblikovanih eno-, dvo- ali tridimenzionalnih betonskih elementih. Primer je prikazan v naslednjem razdelku.

PRIMER: MASIVNI TEMELJ HE SOLKAN

V okviru gradnje HE Solkan je Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij iz Ljubljane opravil meritve spreminjanja temperatur v strjujočem se betonskem valjastem temelju — vodnjaku premera 6 m in višine 8,6 m. Temelj je postavljen na skalnato rečno dno. Del temelja (spodnjih 4,35 m) je v vodi (reka Soča), del pa na zraku (slika 2). Na zgornji površini temelja je bil beton nezakrit. Pred začetkom vgrajevanja betona je bilo v lesen opaž nameščenih 15 termoelementov, s katerimi je

bil merjen časovni potek temperature v 15 merskih točkah. Lega merskih točk je prikazana na sliki 2. Merske točke 1 do 6 ležijo nad gladino reke, točke 7 do 10 ležijo v višini gladine reke, točke 11 do 15 pa so v celoti pod gladino vode. V temelj je bilo vgrajenega 234 m³ betona z gostoto 2450 kg/m³ naslednje sestave: 300 kg/m³ cementa, 173 kg/m³ vode, 3 % δ -cementola in 1986 kg/m³ agregata. Vgradnja se je začela 28. 11. 1979 ob 19. uri, končala pa 29. 11. 1979 ob 11. uri. Podrobnejši podatki o sestavi betona, o laboratorijskih adiabatskih preizkusih sproščanja toplote in o rezultatih meritev temperatur so prikazani v [9, 10].

Zaradi osne simetrije temelja in temperatur vode in zraka v okolici smo lahko obravnavali le polovico navpičnega osnega prereza temelja. Ta del smo razdelili na 50 pravokotnih osnosimetričnih štirivozliščnih končnih elementov. Zaradi upoštevanja vpliva skalnatega rečnega dna na temperature v betonu smo k mreži elementov priključili še 10 elementov, ki opisujejo del rečnega dna v globini 0,9 m. Mreža elementov ima tako 78 vozlišč (slika 2). Primer je bil izračunan tudi z redkejšo mrežo končnih elementov. Dobljeni rezultati so se malo razlikovali v primerjavi z rezultati gostejše mreže.

V robnih vozliščih v skali smo predpostavili konstantno temperaturo (7 °C); v ostalih robnih vozliščih, ki so v stiku z vodo oziroma zrakom, je temperatura vozlišč določena s predpisano konvekcijo. Slika 3a prikazuje spreminjanje povprečnih dnevni temperatur zraka in vode v reki Soči pri Solkanu v obdobju prvih 500 ur po betoniranju. Povprečne dnevne temperature zraka se v tem obdobju spreminjajo od 1 do 9 °C, temperature vode pa od 7 do 9 °C. Prispevki sončnega sevanja niso bili upoštevani.

Začetne temperature betona takoj po končanem betoniranju se gibljejo med 9 in 11 °C na simetrijski osi temelja in med 9 in 13 °C na robu. Začetna temperatura betona, ki leži pod gladino vode, je 9 °C.

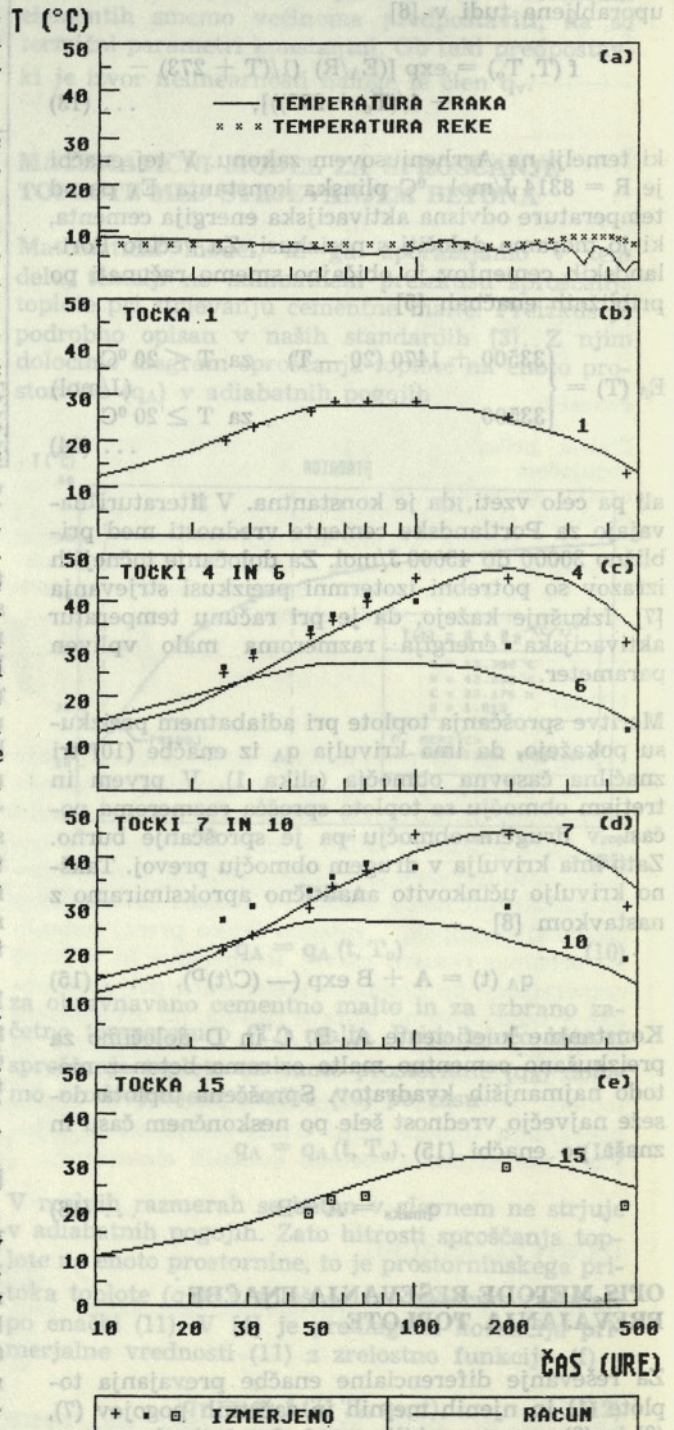
Pri časovni integraciji je bila uporabljena implicitna metoda. Primer je bil izračunan z različnimi časovnimi koraki (0,5 ure, 1 uro in 5 ur), vendar pa so se rezultati za vozliščne temperature zelo malo razlikovali med seboj. Največje razlike v izračunanih temperaturah so bile v prvih urah (pri 10 urah manj kot 4 ‰), nato pa so se hitro manjšale in so znašale ob zaključku računa (500 ur) okrog 1 promile. Zaradi konstantnih parametrov snovi in zaradi razmeroma blage odvisnosti hitrosti sproščanja toplote od temperature iteracije v posameznih časovnih korakih niso bile potrebne.

Termične lastnosti betona in podložne skale niso bile izmerjene, zato smo jih ocenili s pomočjo podatkov v literaturi [1]. Za beton in skalo smo predpostavili, da sta termično izotropna. Izbrali smo naslednje vrednosti:

Beton: $k = 9300 \text{ J/m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$
 $c = 930 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$
 $\rho = 2440 \text{ kg/m}^3$

Skala: $k = 10000 \text{ J/m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$
 $c = 800 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$
 $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$

Prestopni koeficient na zgornji površini temelja, kjer se beton stika z zrakom, je bil ocenjen na osnovi podatkov iz literature na vrednost 50000 J/

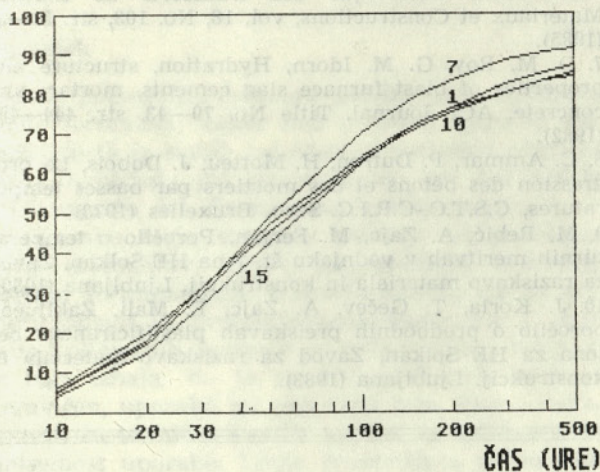


Slika 3

$h \cdot m^2 \cdot ^\circ C$. Opaž temelja je bil v računu upoštevan z nadomestnim prestopnim koeficientom v smislu enačbe (4). Nadomestni prestopni koeficient opaža nad vodno gladino je $15000 J/h \cdot m^2 \cdot ^\circ C$, v vodi pa je zaradi vlažnosti lesa večji ($75000 J/h \cdot m^2 \cdot ^\circ C$).

Slika 1 prikazuje spreminjanje temperature betona pri adiabatem preizkusu [3] z začetno temperaturo cementne malte $T_0 = 13 ^\circ C$. Prikazani so izmerki, potek analitičnega približka po enačbi (15) in vrednosti koeficientov A, B, C in D. Aktivacijska energija cementa je bila ocenjena na osnovi priporočil literature ($E_A = 33500 J/mol$).

H (%) STOPNJA HIDRATACIJE TOČK 1,7,10 IN 15

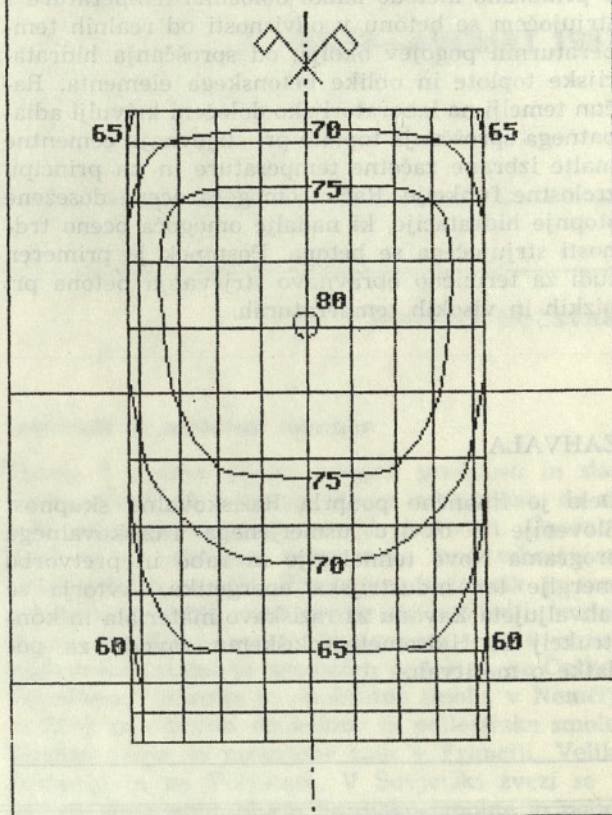


Slika 4

Rezultati meritev in računa razvoja temperatur so za značilne merske točke (1, 4, 6, 7, 10 in 15) prikazani na slikah 3b—e. V merskih točkah 4 in 7 poteka strjevanje betona do okrog 200 ur (približno 8 dni) praktično enako kakor v adiabatih razmerah, nato se začne ohlajevanje. Ujemanje med rezultati meritev in računa je popolnoma zadovoljivo. V merskih točkah 1, 6 in 10, ki so blizu zunanjih robov, se prične ohlajevanje precej prej (po približno 70 urah oziroma pri 3 dneh). V teh točkah so pri časih 100 do 300 ur razmeroma velika odstopanja med izmerjenimi in izračunanimi temperaturami. Razlike so lahko posledica več faktorjev, kot so nehomogenost betona, netočna lega in premajhno število merskih mest, vpliv vode in sonca itd., ki med preizkusom niso bili kontrolirani. Ob koncu meritev po 500 urah se izračunane vrednosti v vseh merskih točkah dobro skladajo z izmerjenimi.

V merskih točkah 14 in 15 je račun pokazal, da je spreminjanje temperature praktično enako kot v adiabatih razmerah z največjo doseženo temperaturo okrog $45 ^\circ C$, meritev pa je prikazala le $30 ^\circ C$. Tako veliko odstopanje lahko razložimo z vdorom vode skozi opaž na spodnjem delu temelja, kar je znatno povečalo specifično toploto betona (c) in

NIVOJNICE H (%) PRI 150 URAH



Slika 5

delno zmanjšalo njegovo toplotno prevodnost (k). Zato smo račune ponovili, s tem da smo za »preplavljeni« del temelja (na sliki 2 je ta del poternjen) vzeli novi vrednosti za k in c, ocenjeni na osnovi predpostavke, da se je količina vode v betonu bistveno povečala ($k = 8500 J/m \cdot h \cdot ^\circ C$, $c = 1860 J/kg \cdot ^\circ C$). Račun je pokazal, da se časovno spreminjanje temperature v merskih točkah 1, 4, 6, 7 in 10 pri tem ne spremeni. Razlike pa so občutne v merski točki 15, kjer se na novo izračunano spreminjanje temperature praktično ujema z izmerjenim.

Na sliki 4 je prikazano spreminjanje dosežene stopnje hidratacije (q_v/q_{maks}) s časom za značilne točke 1, 7, 10 in 15. Hidratacija poteka najhitreje v točki 7 v sredini temelja, vendar pa so razlike glede na točki 1 in 10 na robu ter glede na točko 15 majhne. Pri času 500 ur je v teh točkah temelja stopnja hidratacije enaka povprečno 86%. Na sliki 5 so prikazane nivojnice stopnje hidratacije pri času 150 ur. Narisane so na celotnem navpičnem prerezu temelja. Iz slike vidimo, da se giblje dosežena stopnja hidratacije od 60% na spodnjem robu temelja pa do 80% v merski točki 4. Na večjem delu temelja je dosežena vsaj 70% stopnja hidratacije. Na osnovi teh podatkov je mogoče dokaj zanesljivo oceniti trenutno trdnost betona [4].

SKLEP

S prikazano metodo lahko določimo temperature v strjujočem se betonu v odvisnosti od realnih temperaturnih pogojev okolja, od sproščanja hidrationske toplote in oblike betonskega elementa. Račun temelji na laboratorijsko določeni krivulji adiabatsnega sproščanja toplote pri strjevanju cementne malte izbrane začetne temperature in na principu zrelostne funkcije. Račun omogoča oceno dosežene stopnje hidratacije, ki nadalje omogoča oceno trdnosti strjujočega se betona. Postopek je primeren tudi za termično obravnavo strjevanja betona pri nizkih in visokih temperaturah.

ZAHVALA

Delo je finančno podprla Raziskovalna skupnost Slovenije v okviru usmerjenega raziskovalnega programa Nove tehnologije za rabo in pretvorbo energije ter industrijska energetika. Avtorja se zahvaljujeta Zavodu za raziskavo materiala in konstrukcij in Hidrometeorološkemu zavodu za podatke o meritvah.

Literatura

1. M. N. Özişik, Heat transfer, a basic approach, McGraw-Hill Book Co., Singapore (1985).
2. W. H. Dilger, A. Ghali, M. Chan, M. S. Cheung, M. A. Maes, Temperature stresses in composite box girder bridges, Proc. ASCE, J. Struct. Engineering, vol. 109, No. 6, str. 1460—1478 (1983).
3. JUS B.C8.027, Cementi, određivanje toplote hidratacije cementa metodom termos boce, 6 strani (1975).
4. S. G. Bergstroem, Properties of set concrete at early ages: state-of-the-art-report, Commission 42-CEA, Matériaux et Constructions, vol. 14, No. 84, str. 399—450 (1981).
5. P. Freiesleben Hansen, E. J. Pedersen, Maleinstrument til kontrol af betons haerdning, Nordisk Betong, št. 1, str. 21—25 (1977).
6. J.-Ch. Razafindrakoto, P. Morlier, Étuvage des bétons: étude numérique des transferts de chaleur, Matériaux et Constructions, vol. 18, No. 103, str. 31—39 (1985).
7. D. M. Roy, G. M. Idorn, Hydration, structure and properties of blast furnace slag cements, mortars and concrete, ACI Journal, Title No. 79—43, str. 444—457 (1982).
8. C. Ammar, P. Dutron, H. Motteu, J. Dubois, La progression des bétons et des mortiers par basses températures, C.S.T.C.-C.R.I.C.-Seco, Bruxelles (1973).
9. M. Rebić, A. Zajc, M. Ferjan, Poročilo o temperaturnih meritvah v vodnjaku št. 7 na HE Solkan, Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij, Ljubljana (1980).
10. J. Korla, T. Gečev, A. Zajc, E. Mali, Zaključno poročilo o predhodnih preiskavah plastificiranega betona za HE Solkan, Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij, Ljubljana (1983).

Polimerni betoni

UDK 691.3:678.6/7

BOŠTJAN HOČEVAR

Povzetek

Razvoj polimernih betonov poteka tako v okviru novih formulacij kakor tudi področij uporabe. Zaradi dobrih in slabih lastnosti je potrebna pravilna izbira materiala pri projektiranju ter natančnost pri izvajanju del. Razmeroma kratka doba razvoja in uporabe terja dodatne izkušnje in preiskave takih materialov, hkrati pa spodbuja k novim, boljšim formulacijam. Izkušnje kažejo, da so primeri sanacij in prefabriciranih elementov z uporabo polimernih betonov v praksi dokaj uspešni. Iz tega izhaja, da je razvoj polimernih betonov upravičen, uporaba pa primerna tam, kjer so ekonomski in tehnični kazalci ugodni za aplikacijo in smiselnost uporabe. Letna proizvodnja polimernih betonov na Japonskem je prek 50.000 ton, v ZDA prek 100.000 ton, v Sovjetski zvezi prek 50.000 ton (1981); te številke kažejo na razvoj, pomen in možnosti uporabe polimernih betonov v prihodnosti.

Razvoj proizvodov s področja polimernih betonov, formuliranih na ZRMK, rezultate preiskav ter aplikacije le-teh bomo podali v nadaljevanjih.

1.0. POLIMERNI BETONI

Polimerni betoni so proizvodi iz polimerizacijskih in polikondenzacijskih veziv, kot so npr. epoksidne, poliestrske, akrilne in furanske smole; ta veziva so visoko polnjena z anorganskimi polnili, npr. anorganskimi solmi, azbestom, kremenčevo moko in peskom. Polnila so lahko fina — praškasta, lahko pa tudi do nekaj milimetrov veliki agregati.

Vsakdo, ki se srečuje s tovrstnimi materiali, naleti na naslednje paradokse:

- za rutinsko in splošno uporabo so ti materiali zelo dragi, kljub temu pa se večja ponudba na trgu;
- uporaba je še razmeroma majhna glede na siceršnje možnosti;
- kljub številnim preiskavam je še cela vrsta vprašanj, na katera ni odgovorov.

Avtor:
Boštjan Hočevar, dipl. inž. kem., višji raziskovalni sodelavec

Lastnosti in možnosti uporabe

Tabela 1 podaja splošni pregled prednosti in slabosti polimernih betonov. Iz nje je razvidno, da se le-ti dopolnjujejo glede svojih lastnosti. Uporabljeni tip je običajno kompromis med tehničnimi lastnostmi in stroški. Pomemben dejavnik je razpoložljivost komponent, predvsem vezivnih materialov. Na Kitajskem in Japonskem se kot vezivo v glavnem uporablja nenasičen poliester, na Češko-slovaškem furanske in epoksidne smole, v Nemčiji in ZDA pa akrilne, epoksidne in poliestrske smole. Zadnje dvoje so razširjene tudi v Franciji, Veliki Britaniji in na Poljskem. V Sovjetski zvezi se v večjem delu uporabljajo furansko-fenolne in poliestrske smole, manj pa epoksidne.

Tabela 1. **Klasifikacija uporabe polimernih betonov**

Splošne lastnosti

Prednosti:

1. Dobra korozijska obstojnost
2. Kratek čas strjevanja do končne trdnosti
3. Dobra oprijemljivost na različne materiale
4. Velika gostota
5. Odpornost proti obrabi
6. Velike mehanske trdnosti
7. Možnost obarvanja, razen furansko-fenolnih smol

Slabosti:

1. Veliko lezenje
2. Majhni moduli elastičnosti
3. Omejena temperaturna obstojnost (predvsem polimernih smol)
4. Precejšnji toplotni raztezki
5. Relativno veliki skrčki pri strjevanju
6. Slaba odpornost proti staranju
7. Visoka cena
8. Specialne zahteve pri predelavi

Uporabo polimernih betonov lahko strnemo v štiri osnovne grupacije (glej tabelo 2).

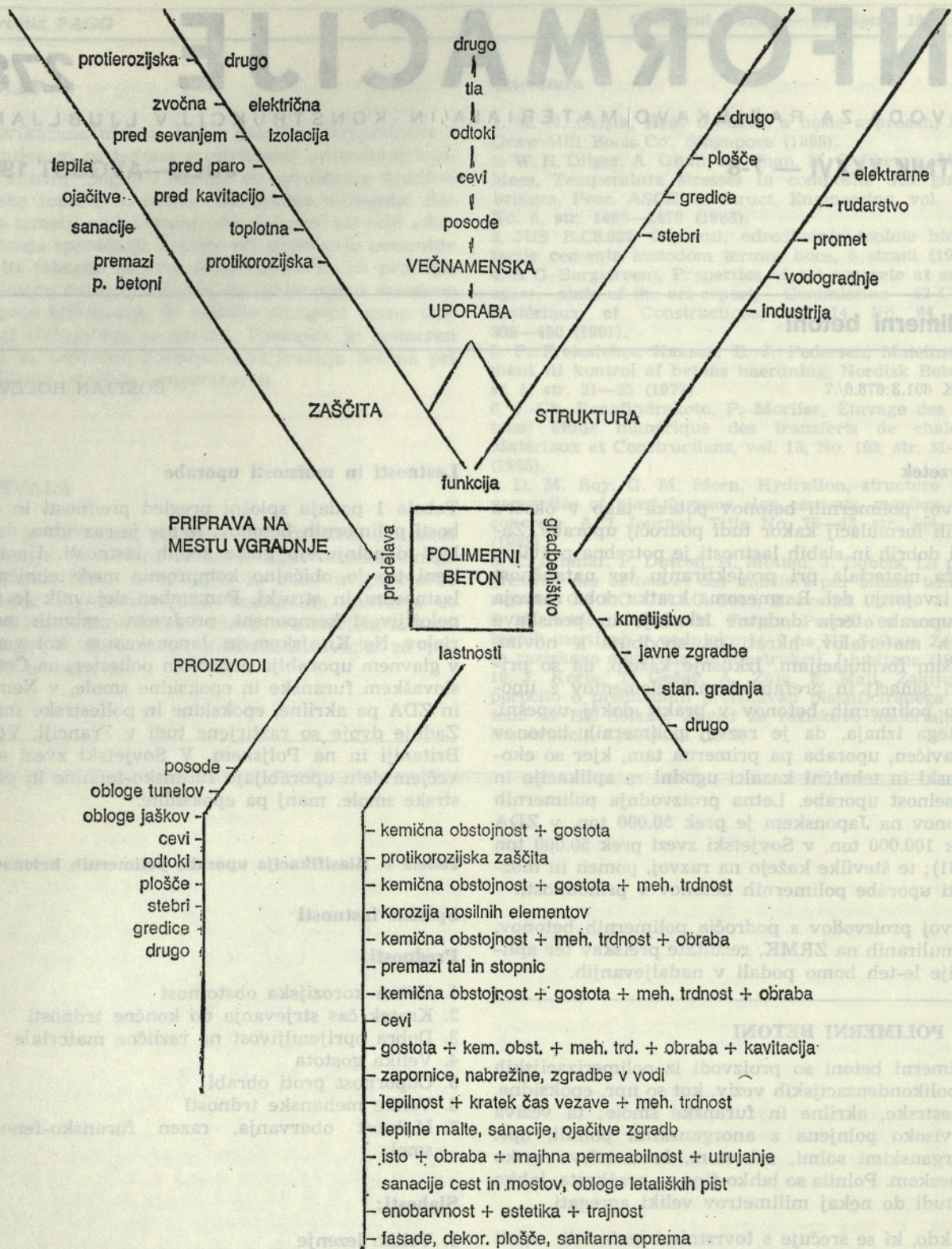


Tabela 2

Iz tabele je razvidno, da je uporaba polimernih betonov sicer mnogostranska, vendar za specialne namene.

2. PRIMERI UPORABNOSTI POLIMERNIH BETONOV

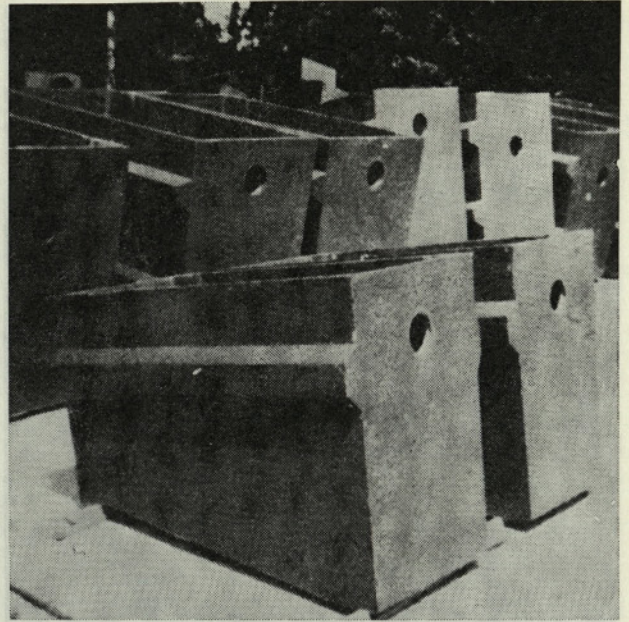
2.1. PROTIKOROZIJSKA ZAŠČITA

Zaradi dobre kemične obstojnosti in velike mehanske trdnosti imajo polimerni betoni prednost pred običajnimi gradbenimi materiali. Elementi,

izdelani v celoti iz polimernih betonov, so namreč bolj odporni proti koroziji v agresivnih medijih kakor pa elementi iz cementnega betona, premarani z zaščitnimi sloji. Rezultati pa večkrat niso zadovoljivi, zlasti tam, kjer so poleg kemične agresivnosti navzoči še vplivi temperature, toplotnih šokov, udarcev, plazilnih tokov itd. Zato sta pri uporabi polimernih betonov še zlasti pomembna pravilno projektiranje in strokovna izbira materialov za predvidene obremenitve.

2.2. INDUSTRIJSKA GRADNJA

Polimerni betoni se pripravljajo na gradbišču samem (tlaki) ali pa se uporabljajo kot prefabrikati. Uporaba za industrijske tlake je pravzaprav med najstarejšimi aplikacijami. Prve epoksidne tlake so izdelali v Zahodni Nemčiji in ZDA, furanske pa v Sovjetski zvezi pred približno 25 leti. Nato so začeli uporabljati nenasičen poliester (pred približno 20 leti) in poliuretan ter akrilat (pred približno 10—15 leti). Šele po daljšem obdobju uporabe so se pokazale tipične napake, kot so: razpoke, mehurji, razslojevanje, raze, gube itd. Te poškodbe izhajajo predvsem iz fizikalnih in mehanskih vplivov ter so v glavnem posledica nepravilnega projektiranja in izvajanja teh del (čezmerni dodatki topil, vlažni agregat ali podloga, predebel sloj, premajhna trdnost cementnega ali polimernega betona oziroma oprijemljivost med njima, krčenje zaradi temperaturnih sprememb in podobno).



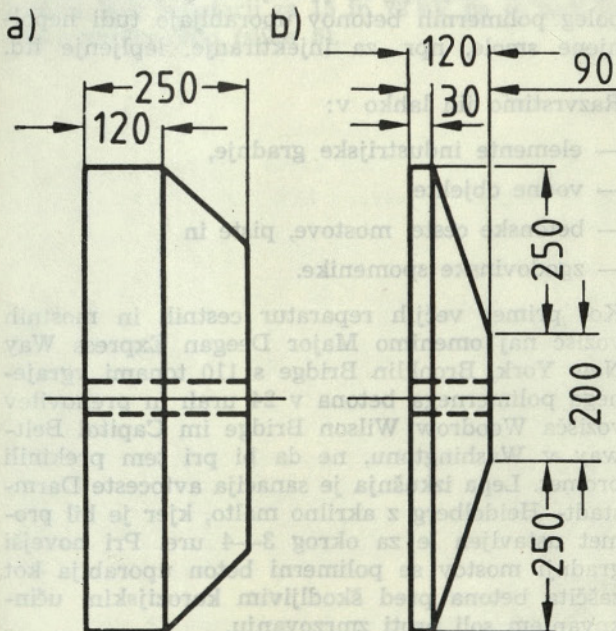
Slika 2. Lovilniki maščob iz poliestrskega betona

v obliki temeljnih in opornih konstrukcij, škatlastih nosilcev (slika 2), nosilnih plošč in ležišč, ploščic za tlak itd. Zaradi velike trdnosti so ti elementi lahko tanjši in lažji kot ustrezni betonski elementi (slika 1). Polimerni betoni se precej uporabljajo v proizvodnji cevi iz nenasičenega poliestra v Zahodni Nemčiji in furanskih smol v Sovjetski zvezi. Premeri cevi so zaradi gladkih površin in manjšega upora tekočin manjši od grobih betonskih. Cevi iz nenasičenega poliestra so približno za 80 odstotkov lažje od cementno-betonskih in približno za 20—30 odstotkov od keramičnih. Zanimive so preiskave cevi za transport trdnih snovi (Bolgarija). Po rezultatih so cevi iz polimernih betonov zdržale pet let, jeklene cevi pa le 12 mesecev.

2.3. VODOGRADNJA, VODOVODNA IN SANITARNA TEHNIKA

Pri pogojih, kot so v melioracijski in sanitarni tehniki, je trajnost polimernih betonov večja kot trajnost cementnega betona. Poleg gostote, kemične obstojnosti, velikih trdnosti in dobre oprijemljivosti na cementni beton je odločilna tudi dobra kavitacijsko-erozijska obstojnost polimernih betonov.

V vodogradnji se pogosto uporabljajo epoksidni ter akrilni betoni, in to ne samo za sanacije obstoječih zgradb, ampak tudi za nove elemente le-teh. Zaščita pretočnih polj, zapornic in odtočnih kanalov, tesnjenje proti vodi pod pritiskom, sidranje in fugiranje so v glavnem področja aplikacij polimernih betonov na gradbiščih.



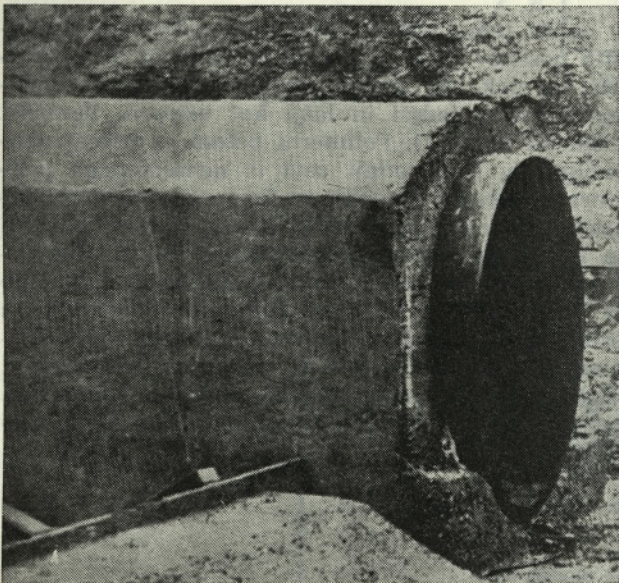
Slika 1

- a) Betonski element
- b) Polimerni betonski element

Pri prefabrikatih, katerih konstrukcije in priprave kontrolirajo strokovnjaki, do takih napak skoraj ne pride. Elementi iz polimernih betonov so lahko



Slika 3. Jašek čistilne naprave



Slika 4. Kanal iz furanskega betona

Znane so sanacije jezov Pomona, zapornic slapov Uper St. Anthony, prekopov Modera, jezov Shadow Mountain v ZDA, jezov v Moldaviji (saniranje z epoksidno malto in betoni). Na stotine kubičnih metrov polimernih betonov na bazi furanskih in furansko-epoksidnih smol je bilo vgrajeno v centralni Aziji in polarnih območjih Sovjetske zveze. Polimerni beton iz nenasičenega poliestra je bil vgrajen v zaježitvah voda (Aomori — Japonska). Vsako leto se pri takih objektih obrusi okrog 1,5 do 4 mm polimernega betona, odvisno pač od pogojev (npr. hitrosti vode in vrste betona).

Na podobne tehnične probleme naletimo pri melioracijskih sistemih.

Znani primeri serijskih elementov so odtočni kanal-žlebi, škatlasti jaški čistilne naprave (slika 3). Omeniti velja odtočni, 15 km dolgi kanal na bazi furanskega betona v Pragi (slika 4), prav tako pa tudi kanal iz poliestrskih betonskih enot v Aberdeenu (Velika Britanija).

Razmeroma nova je uporaba polimernih betonov za gradnje v morju, npr. petrokemične ploščadi za črpanje nafte s konstrukcijskimi elementi iz furanskega betona.

2.4. LEPLJENJE KONSTRUKCIJSKIH ELEMENTOV, REPARATURA IN REKONSTRUKCIJSKA DELA

Dobra oprijemljivost epoksidnih malt in betonov na cementni beton, steklo in jeklo je osnova za vezavo konstrukcijskih elementov. Znana je uporaba epoksidne malte pri naslednjih objektih: strehi iz škatlastih nosilcev operne hiše v Sidneyu, skladišču sladkorja v Durbanu, mostu Port-Ament, ojačitvi mostu v Tokiu, mostu prek Rio Neteroi v Braziliji in avtocesti v Chillonu (Švica). Dober primer lepljenja jekla s cementnim betonom ob dinamični obremenitvi je sidranje železniških prog, in sicer viadukta v Oleronu, podzemne železnice v Hamburgu, Milanu in Pragi. Kupola katedrale v Liverpoolu je primer lepljenja jekla s steklom z epoksidno malto.

Sanacije konstrukcij so ene izmed najuspešnejših in najstarejših področij uporabe polimernih betonov. Take sanacije so precej kompleksne, ker se poleg polimernih betonov uporabljajo tudi nepolnjene smole, npr. za injektiranje, lepljenje itd.

Razvrstimo jih lahko v:

- elemente industrijske gradnje,
- vodne objekte,
- betonske ceste, mostove, piste in
- zgodovinske spomenike.

Kot primer večjih reparatur cestnih in mostnih vozišč naj omenimo Major Deegan Express Way New York, Brooklyn Bridge s 110 tonami vgrajenega polimernega betona v 24 urah in prenovitev vozišča Woodrow Wilson Bridge im Capitol Beltway v Washingtonu, ne da bi pri tem prekinili promet. Lepa izkušnja je sanacija avtoceste Darmstadt—Heidelberg z akrilno malto, kjer je bil promet ustavljen le za okrog 3—4 ure. Pri novejši gradnji mostov se polimerni beton uporablja kot zaščita betona pred škodljivim korozijskim učinkovanjem soli proti zmrzovanju.

2.5. DRUGA UPORABA V GRADBENIŠTVU; ELEKTRARNE, RUDARSTVO, STANOVANJSKA GRADNJA

Poleg v hidroelektrarnah, ki so omenjene v točki 2.3., se polimerni beton uporablja tudi v termoelektrarnah, in sicer za dovodne in odvodne cevi,

parne ločilnike, hladilne stolpe, električne izolacije; v jedrskih elektrarnah pa se uporablja kot zaščita pred sevanjem, za skladiščenje odpadkov itd. V rudarstvu naj omenimo zaščitne obloge — elemente za jaške iz furanskega betona. Zelo zanimive so dolgoletne dobre izkušnje NTT Nippona iz Japonske glede jaška za telefonijo iz poliestrskega betona.

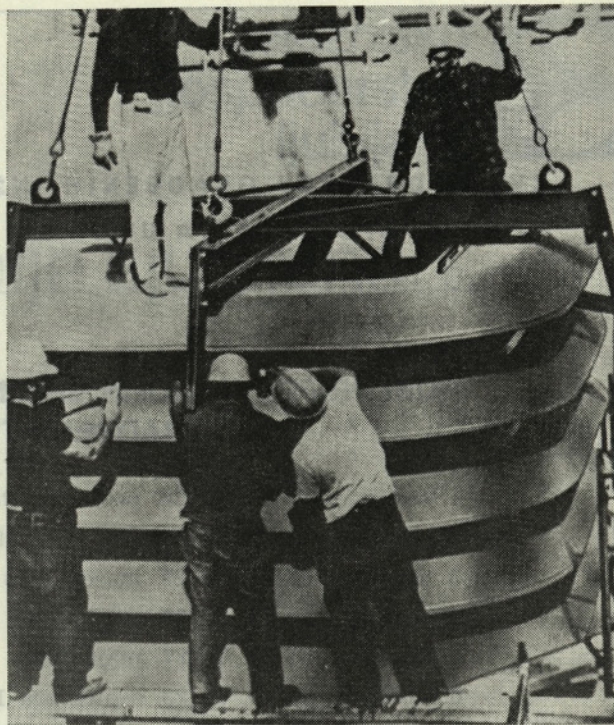
V primerjavi z betonskimi elementi so elementi iz polimernih betonov, katerih stene so lahko tanjše, lažji tudi za eno tretjino.

V kmetijstvu se za hleve veliko uporabljajo stene iz lahkega poliestrskega betona, za hlevska korita pa iz akrilnega betona. V visoki gradnji pa se pojavlja polimerni beton predvsem v obliki fasadnih plošč, samonosilnih stopnišč, talnih oblog ter sanitarne opreme.

2.6. NEGRADBENE APLIKACIJE

Polimerni beton je dobro nadomestilo za trde kamnine. Primeren je za izdelavo raznih ohišij in stojal za stroje, ker 6 do 8-krat bolj duši zvok, in je odporen proti mazalnim oljem.

V elektroniki se uporablja armirani polimerni beton za električne postaje v železniškem omrežju (Sovjetska zveza, 1967), v ZDA kot prototip za 12 kV transformatorje iz poliestrskega in akrilnega betona. Kot izolatorji za 15 in 72 kV pa se tudi že redno proizvajajo (slika 5).



Slika 5. Izolatorji

Izdelava takih in podobnih delov iz polimernega betona zahteva manjšo porabo energije kot pri drugem materialu, običajnem za te funkcije. Zato je tudi razvoj polimernih betonov smiseln.

Iz preizkusne tehnike naj omenimo razvoj vpenjalnih klem iz epoksidnega betona, ojačenega z vlakni.



ZVEZA DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE
LJUBLJANA, ERJAVČEVA ULICA 15

ROKI PRIPRAVLJALNIH SEMINARJEV ZA STROKOVNE IZPITE V GRADBENIŠTVU ZA LETO 1988

1. seminar: od 18. do 22. januarja 1988
2. seminar: od 22. do 26. februarja 1988
3. seminar: od 21. do 25. marca 1988
4. seminar: od 18. do 22. aprila 1988
5. seminar: od 23. do 27. maja 1988
6. seminar: od 19. do 23. septembra 1988
7. seminar: od 17. do 21. oktobra 1988
8. seminar: od 21. do 25. novembra 1988
9. seminar: od 19. do 23. decembra 1988

ROKI PRIPRAVLJALNIH SEMINARJEV ZA STROKOVNE IZPITE EKONOMSKE STROKE ZA LETO 1988

1. seminar: od 16. do 18. maja 1988
2. seminar: od 12. do 14. decembra 1988

Prijave, z natančnimi podatki udeležencev (ime-priimek, strokovnost, naslov) in izjavo o plačniku stroškov seminarja v obliki dopisa, prejema **Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, Ljubljana, Erjavčeva 15** do 10. dne v mesecu tekočega seminarja.

IZPITNI ROKI STROKOVNIH IZPITOV ZA GRADBENIKE, ARHITEKTE IN GEODETE V LETU 1988

PISNI

19. december 1987
16. januar 1988
13. februar 1988
12. marec 1988
16. april 1988
14. maj 1988
24. september 1988
22. oktober 1988
19. november 1988

USTNI

11.—15. januar 1988
1.—5. februar 1988
1.—5. marec 1988
4.—8. april 1988
9.—13. maj 1988
6.—10. junij 1988
10.—14. oktober 1988
14.—18. november 1988
12.—16. december 1988

IZPITNI ROKI STROKOVNIH IZPITOV ZA EKONOMISTE

15.—19. februar 1988
18.—21. april 1988
20.—24. junij 1988
24.—28. oktober 1988

Prijave (izpolnjene obrazce s prilogami) je treba poslati 20 dni pred pričetkom pisnega dela izpita na **ZVEZNI CENTER ZA IZOBRAŽEVANJE GRADBENIH INŠTRUKTORJEV, Ljubljana, Kardeljeva ploščad 27.**

Izpit za ekonomiste se razpiše, če je vsaj 10 prijavljenih!



Projektivno podjetje Ljubljana, p. o.

LJUBLJANA
MOŠA PIJADEJEVA 39

Izdeluje:

investicijsko-tehnično dokumentacijo
za vse vrste gradbenih objektov
in del s področja:

- visokih gradenj
- nizkih gradenj
- elektrogradenj
- strojnih gradenj
- vodnih gradenj
- inženirskih gradbenih konstrukcij
- notranje opreme
- urbanizma in komunalnih gradenj



