

IX 5,3

**IGU**

INŠTITUT ZA GEOGRAFIJO UNIVERZE  
V LJUBLJANI

REGIONALNI PROBLEMI PROMETA  
V SLOVENIJI

Marjan Žagar

LJUBLJANA, Aškerčeva cesta 12

Ljubljana 1978



INŠTITUT ZA GEOGRAFIJO UNIVERZE V LJUBLJANI

REGIONALNI PROBLEMI PROMETA V  
SLOVENIJI

Financer: Raziskovalna skupnost Slovenije

Nosilec naloge:

Dr. Marjan Žagar,  
izredni univ. prof.

Direktor:

Dr. Vladimir Klemenčič,  
redni univ. profesor

Ljubljana 1978

# K A Z A L O

|   | str. |
|---|------|
| UVOD  | 1    |
| I. PROMETNO OMREŽJE                           | 3    |
| II. OSNOVNE ZNAČILNOSTI PROMETNEGA OMREŽJA    |      |
| A/ Topologija                                 | 7    |
| B/ Deli topološkega grafikona                 | 8    |
| C/ Topološki grafikon /omrežje/               | 9    |
| D/ Dvojna matrica                             | 11   |
| E/ Osnovna pravila topološkega grafikona      | 13   |
| III. POVEZANOST PROMETNEGA OMREŽJA            | 16   |
| A/ Merila za povezanost                       | 16   |
| B/ Uporaba meril za povezanost                | 20   |
| IV. DOSEGLJIVOST V OMREŽJU                    | 24   |
| A/ Topološka merila dosegljivosti             | 25   |
| B/ Značilnosti topoloških meril dosegljivosti | 31   |
| C/ Analiza dosegljivosti /primer/             | 37   |
| V. CESTNO PROMETNO OMREŽJE                    | 43   |
| A/ Gostota prometnega omrežja                 | 44   |
| VI. DOSEGLJIVOST PO RAZDALJAH IN ČASU         | 65   |
| A/ Dosegljivost in medsebojne oddaljenosti    | 65   |
| B/ Dosegljivost glede na čas                  | 68   |
| VII. URAVNANOST PROMETNIH OMREŽIJ             | 71   |
| VIII. POMEN AVTOCEST                          | 80   |
| A/ Odsek avtoceste brez križišča ali odcepov  | 81   |
| B/ Avtocesta z odcepom                        | 84   |
| C/ Konkreten primer                           | 87   |
| LITERATURA                                    | 89   |
| SEZNAM KARTOGRAFSKEGA GRADIVA                 | 91   |

Družbena geografija se ukvarja s človekom in njegovim življenjskim okoljem. Zanima jo, kje in kako živi prebivalstvo, govori tudi o razporeditvi raznih gospodarskih aktivnosti, kako je razmeščena industrija, kje in kakšni so pogoji za razvoj raznih oblik rastlinske in živalske proizvodnje, kje in kakšno je rudno bogastvo, kolikšen je izkop in kako so razporejeni energetski viri, ipd.

Iz razporeditve prebivalstva, surovin, razne proizvodnje dobrin in energetike pa je razvidno, da so potrebni veliki premiki v prometu in transportu, ki omogoča potrebno izmenjavo dobrin. Prebivalstvo se trajno, obdobjno, ali dnevno premika med krajem, kjer stanuje in kraji, kjer dela, se šola, nabavlja in počiva. Različne proizvode moramo prepeljati od proizvajalca do porabnika, zato so potrebne razne oblike prometa in prometnih poti. Prebivalstvo in njegovi proizvodi potujejo iz kraja v kraj po cestah, železnici, zraku in vodnih poteh; za prenos električne energije in vesti so kabli, za nafto, plin, vodo in druge tekočine pa cevovodi.

Manoge prometne oblike dajejo značilno podobo pokrajini in jo s svojim razvojem tudi neprestano spreminjajo. Slovenija, na primer, je na gosto preprežena s cestami, potmi in progami, ki jemljejo čisto najugodnejše kmetijske površine; ceste, ulice in parkirni prostori zavzemajo zelo visok odstotek mestnega zemljišča, električni daljnovodi so vidni prek gozdnih usekov in nenaseljenih močvirij, letališča se selijo iz mest zaradi hrupa in pomanjkanja prostora, pristanišča in njih naprave ustvarjajo posebno podobo. Pa ne le promet sam po sebi, njegove oblike in še zlasti posledice so predvsem pomembne za nadaljnji razvoj prebivalstva, gospodarstva in podobo prostora. Vsaka oblika in razvojna stopnja prometa vzpodbuja svojsko organizacijo in izrabo prostora: zgostitev prebivalstva, širjenje aglomeracij, oblike proizvodnje, določanje lokacij za razne dejavnosti, značilna pa je tudi vsakokratna prometna oprema ob prometnih poteh, ki služi boljšemu odvi-

janju prometa in hkrati ustvarja tipično podobo okolja.

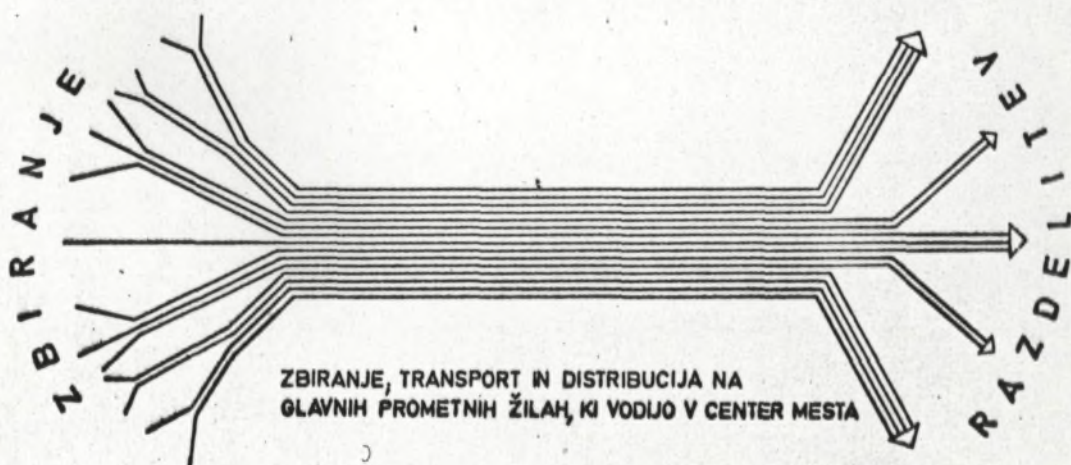
Vse to pa je predmet geografskega proučevanja. S prometom kot pojavom v celoti, z njegovimi oblikami, s prometnimi sredstvi, z raznimi pogoji in posledicami se ukvarjajo najrazličnejše vede: tehnika, ekonomija, sociologija, statistika itd. Geografa zanimajo le geografski pogoji: prostorno dogajanje ob vsakokratnem razvoju prometa in njegove oblike odvijanja prometa po posameznih smereh v prostoru in času in pa najrazličnejši vplivi, ki učinkujejo na razvoj prostora. Promet je kakor proizvodnja natančno merljiv pojav. Danes vse bolj tudi v geografiji uporabljamo kvantitativne metode, ki so še zlasti primerne in učinkovite pri geografiji prometa.

Med najbolj zanimivimi in konkretnimi področji študija geografije prometa je prometno omrežje, ki izpolnjuje prostor in se mu prilagaja ter ustvarja različne medsebojne povezave. Razumljivo je tedaj, da začnemo poskuse prilagajanja nekaterih osnovnih kvantitativnih metod na primerih analiziranja prometnega omrežja.

## I. PROMETNO OMREŽJE

Za delo in pot prometa je značilno, da se na eni strani zbira, na drugi pa razdeljuje ali razpršuje. Dober primer je dnevno potovanje delovne sile od doma do delovnega mesta. Zjutraj zapušča delovna sila domove, razpršene po široki okolici, potuje po poteh do ceste in od tu po vedno širših cestah, po železnici ali z avtobusi proti središčem mest, nato pa se zopet razpršuje po cestah in ulicah, vsak do svojega delovnega mesta, delavnice, tovarne, gradbišča ali pisarne. Glavne prometne žile služijo kot velik zbiralnik, obenem pa tudi kot razdelilec prometa.

Prometno omrežje sestavlja veliko prometnih žil, ki se med seboj križajo, povezujejo in prepletajo. V določenem času določene prometne smeri zbirajo prebivalstvo ali blago iz svoje okolice, ga zgoščajo na vedno bolj prometnih smereh, odkoder ga druga polovica omrežja spet razporeja in razpršuje po okolnjem področju /glej shemo na sliki 1/.

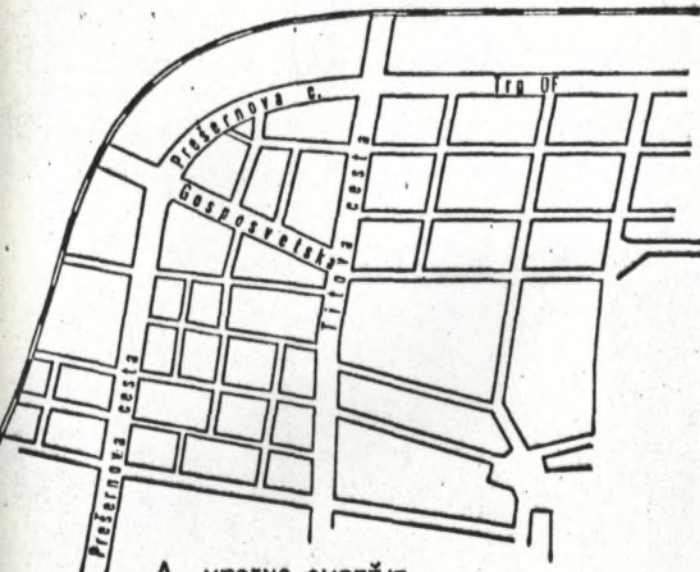


Slika 1

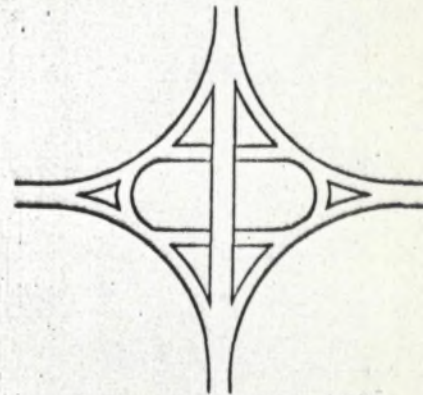
Od časa do časa posamezni deli omrežja zamenjajo svojo funkcijo in promet steče v obratno smer. Zbiralec postane distributor.

Prometno omrežje nastopa v najrazličnejših oblikah /slika 2/.

Med prometnimi omrežji in njihovih deli so tudi večje ali manjše razlike. Nekatera pota, kakor ceste ali plovni kanali, so samo enosmerna, druga pa omogočajo razne vrste prometa v obe smeri. V naslednjih poglavjih bomo obravnavali razne vrste in lastnosti prometnega omrežja ob uporabi sodobne geografske tehnike.

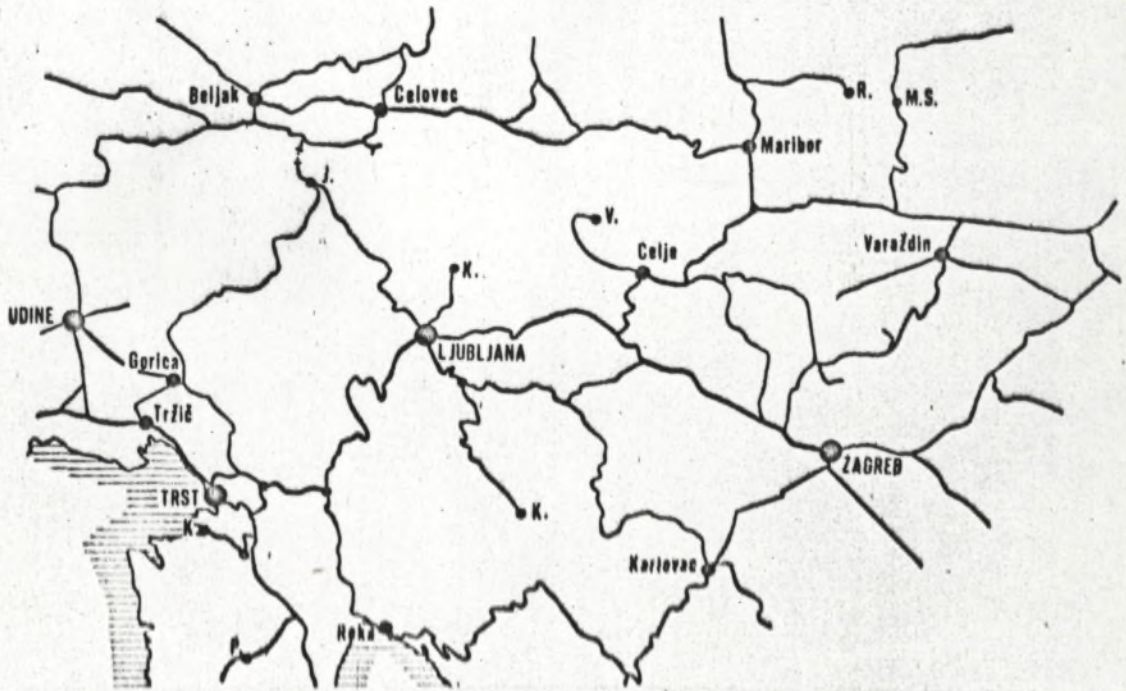


A MESTNO OMREŽJE



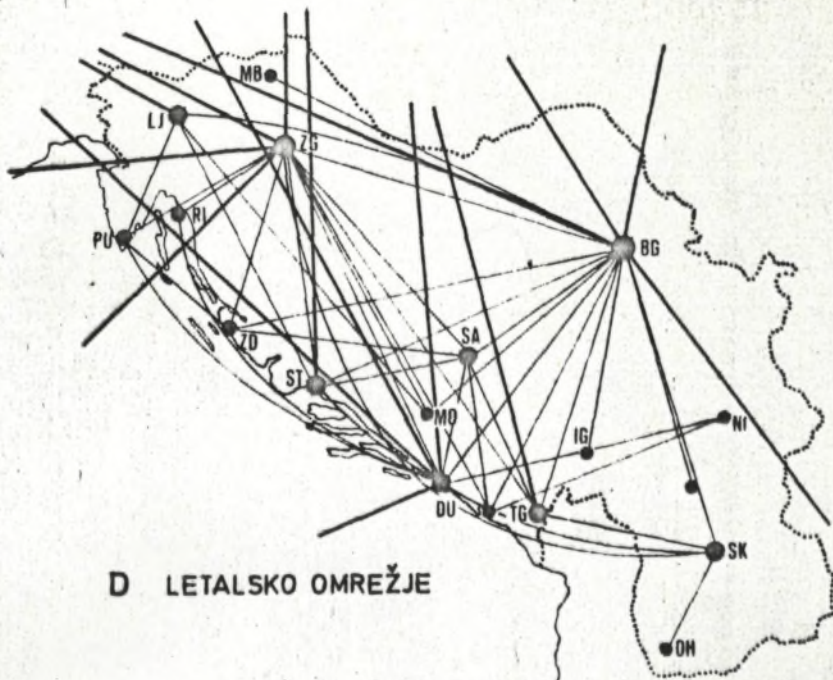
B HITRA CESTA - KRIŽIŠČE

C ŽELEZNIŠKO OMREŽJE



Slika 2

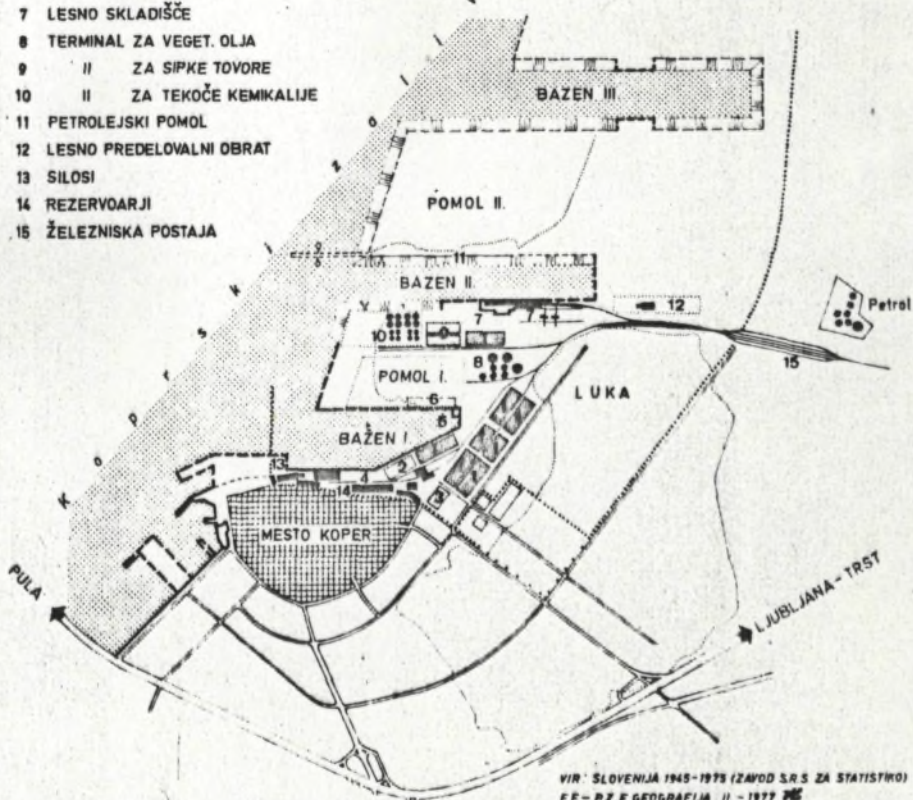




D LETALSKO OMREŽJE

- 1 ZAPRTA SKLADIŠČA
- 2 KONDICIONIRANO SKLADIŠČE
- 3 NADSTREŠNICA
- 4 TEŽKI TOVORI
- 5 TRAJEKTHNA OBALA
- 6 KONTEJNERSKA OBALA
- 7 LESNO SKLADIŠČE
- 8 TERMINAL ZA VEGET. OLJA
- 9 II ZA SIPKE TOVORE
- 10 II ZA TEKOČE KEMIKALIJE
- 11 PETROLEJSKI POMOL
- 12 LESNO PREDELOVALNI OBRAT
- 13 SILOSI
- 14 REZERVOARJI
- 15 ŽELEZNISKA POSTAJA

E LUKA KOPER



VIR: SLOVENIJA 1945-1975 (ZAVOD S.R.S. ZA STATISTIKO)  
 FF - P.Z.E GEOGRAFIJA II - 1977 75

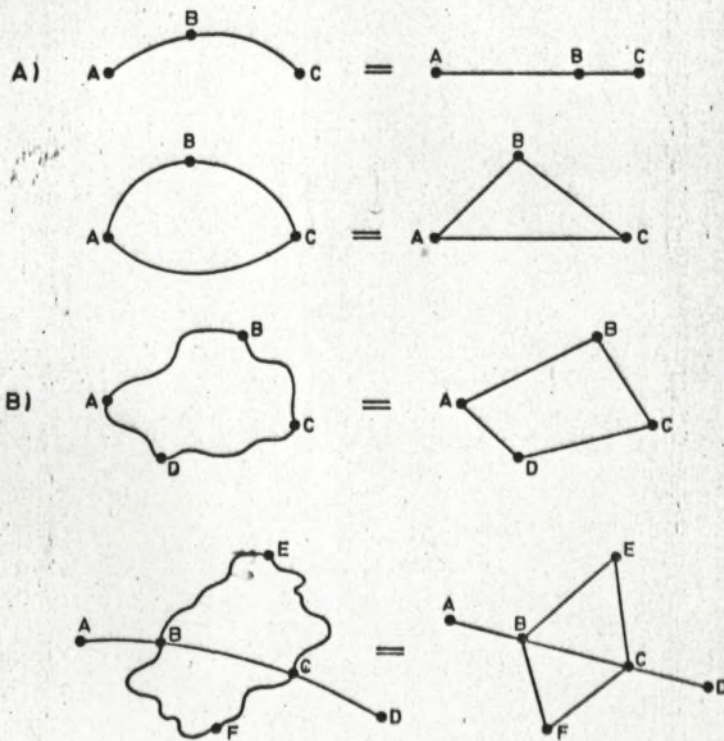
Slika 2a: Razna prometna omrežja

## II. OSNOVNE ZNAČILNOSTI PROMETNEGA OMREŽJA

### A/ Topologija

Pri študiju lastnosti prometnega omrežja je često mnogo lažje, če ga poenostavimo do najpreprostejše oblike. To opravimo tako, da ga spremenimo v topološki grafikon.

Topologija je del geografije, ki se ukvarja z mestom in razmerjem med točkami, linijami in prostorom, vendar se ne ozira na razdalje med točkami in obliko linij kakor tudi ne na izmero prostora.



Slika 3: Topološka ekvivalenca

Na sliki 3 A izgledata npr. oba diagrama popolnoma različna. Pri prvem, desnem, je linija ABC ravna, pri levem je upognjena. Pri enem je točka B bližje točki A, pri drugem pa je bližje točki C. V to-

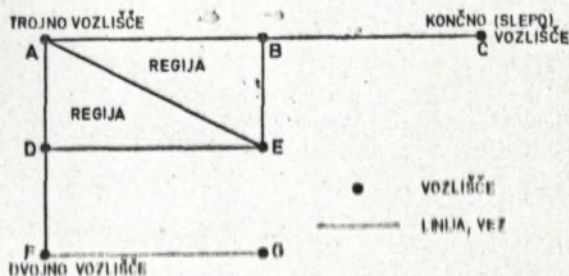
pologiji pa lahko smatramo oba diagrama za enaka. V obeh slučajih namreč veže linija točke A, B in C zaporedno.

Podobno je tudi pri ostalih posameznih parih na sliki 3B, vedno je levi diagram topološko enak desnemu. Pri vsakem paru so označene točke v enakih medsebojnih odnosih in v enakih odnosih so tudi posamezne linije med njimi.

#### B/ Deli topološkega grafikona

Topološki grafikon /omrežje/ sestavlja skupina točk, ki so po navadi med seboj povezane, njihove povezave ali linije pa zapirajo prostor. Točki v grafikonu pravimo vozlišče ali križišče /angl. vertex/, povezavam med njimi pa vezi ali linije /angl. edge, link/. Prostor, ki ga zapirajo linije, je regija.

I/ Vozlišča so po navadi stičišča dveh ali več linij. Po številu stičnih linij imenujemo tudi: dvojno, trojno, četverno, petero križišče. Vozlišče imenujemo tudi točko v grafikonu, kjer se konča ena sama linija. Takemu vozlišču pravimo končno ali slepo vozlišče. Tipi vozlišč so prikazani na sliki 4.



Slika 4: Deli topološkega grafikona

II/ Povezave ali linije vežejo vozlišča. Te so lahko ravne ali kri-  
ve, vendar jih v grafikonu ali na skici najčešče poenostavimo z ravno

črto. Dve točki lahko veže le ena linija. Povezava ali linija, ki vodi v slepo vozlišče, je končna ali slepa vez.

III/ Poti ali smeri so nizi med seboj povezanih linij, ki druga za drugo vežejo več vozlišč, npr. na sliki 4 smer C, B, E, D, F, G je pot.

IV/ Krožnica ali zaključena pot /smer/ je pot, ki začenja in konča na istem mestu, t.j. na istem vozlišču. Začenja lahko v kateremkoli vozlišču, vendar ne sme presekat lastne krožnice, pa tudi skozi eno vozlišče ne sme voditi dvakrat. Na sliki 4 je A B E D krožnica. Tista, ki znotraj sebe ne dopušča še manjše krožnice, je osnovna krožnica. Slika 4: A D E B A dopušča znotraj dve osnovni krožnici, A E D in A E B.

V/ Regije /rajoni, območja/ so zaključene enote, ki so obdane z osnovnimi /fundamentalnimi/ krožnicami /glej sl. 4/.

### C/ Topološki grafikon /omrežje/

Topološki grafikon so različni. Med seboj se odražajo na različne načine; odvisno je od tega, kako linije povezujejo vozlišča /sl. 5/.

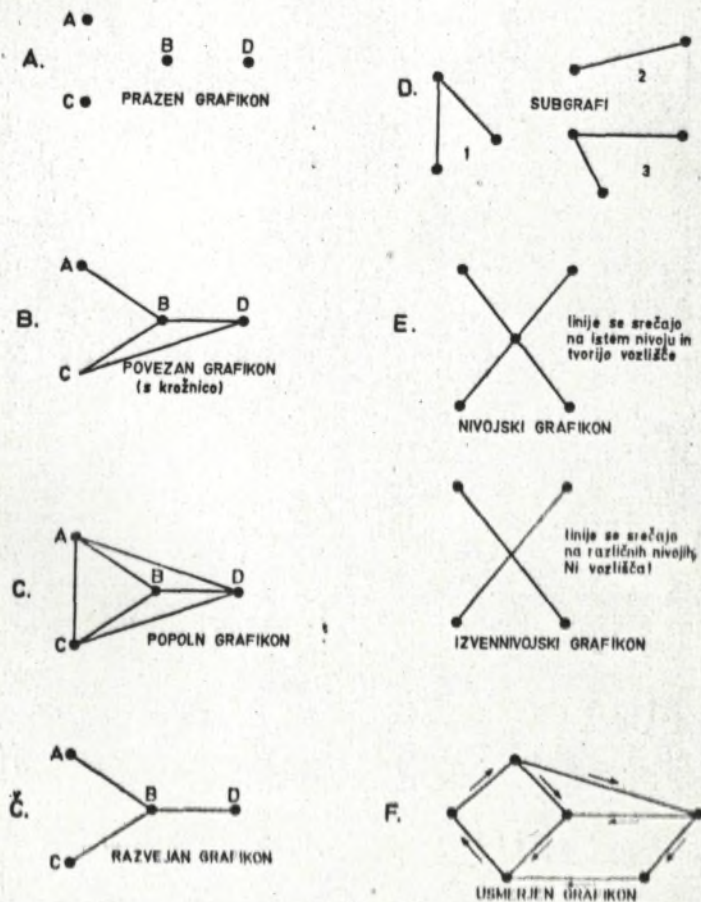
Prazen grafikon /ali nepovezan grafikon/ ima le vozlišča, nima pa linij za medsebojno povezavo. V povezanem grafikonu so vsa vozlišča med seboj povezana z direktnimi ali indirektnimi linijami ali vezmi. Na sliki 5 B je predstavljen primer povezanega grafikona: vsa vozlišča so povezana, toda če potujemo od A do C, moramo prek B. Vozlišče A nima direktne poti do vozlišča C. Grafikon, v katerem so vsa vozlišča povezana med seboj z direktnimi vezmi, je popoln grafikon. Tak popoln grafikon je prikazan na sliki 5 C.

Če grafikon nima krožnice, mu pravimo, da je razvejan, npr. na sliki 5 Č. Med dvema vozliščema je možna le ena pot. Posamezne linije

vodijo kakor veje na vse strani do slepih vozlišč /slika 5 D/.

Na nekem prostoru so možne tudi skupine grafikonov, ki med seboj niso povezani, čeprav tvorijo enotno prometno omrežje /primer na sliki 5 D/. Vsakemu ločenemu grafikonu v omrežju pravimo subgraf. Na sliki 5 E npr. sestavljajo omrežje trije subgrafi.

V doslej obravnavanih omrežjih so se linije /vezi/ križale le v vozliščih. Takim omrežjem pravimo nivojska omrežja, grafikonom pa nivojski grafikon. Na cestnih omrežjih je največ teh; vse ceste /linije/ so v istem nivoju. Tam, kjer se stikajo ali križajo, je križišče-vozlišče. Pri letalskem omrežju pa je drugače. Dve zračni liniji se



Slika 5: Tipi topoloških grafikonov

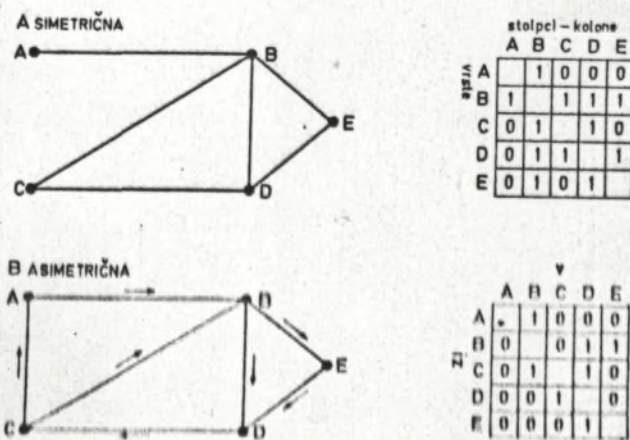
križata, ne da bi se srečali, ker sta na različnih višinah /na različnih

nivojih/. Takemu omrežju pravimo izvennivojsko. Dve liniji se lahko srečata, ne da bi tvorili vozlišče. Tudi pri cestnem ali železniškem prometu je često podobno. Mostovi, podvozi in nadvozi omogočajo križanje brez vozlišč /slika 5 E, nivojsko in izvennivojsko križišče/.

Mnoge ceste in železniške proge dopuščajo promet v enaki meri v obe smeri, nekatere pa dopuščajo promet le v eno smer, to so enosmerne. Grafikonu z enosmernicami pravimo usmerjen grafikon /slika 5F/. Najčešče so enosmerna omrežja v središčih mest.

#### D/ Dvojna matrica

Značilnosti topološkega grafikona oziroma omrežja je možno predstaviti tudi s posebno tabelo ali matrico. Enostavno omrežje in odgovarjajoča matrica je predstavljena na sliki 6 A.



Slika 6: Dvojna matrica

V matrici so vodoravne linije vrste, vertikalne linije na kvadratu pa stolpci ali kolone. Vsaka vrsta in vsak stolpec je poimenovan oziroma označen z enim vozliščem v omrežju. Na matrici slike 6 A so vrste in stolpci označeni z A, B, C, D, E, ki predstavljajo vozlišča v omrežju.

Obliki matrice, kakor jo kaže slika 6 A, pravimo dvojna matrica /binarna matrica/. Z njo označujemo le podrobnosti ali lastnosti na grafikonu, npr. če je /1 točka/, ali ni /0 točk/. V njej ne govorimo o veličini ali količini te lastnosti.

Matrica na sliki 6 A je izdelana takole. Na grafikonu je razvidno, da vozlišče A povezuje linija z vozliščem B. Zato je v vrsti A stolpec B označen s točko 1. Če je A povezan z linijo do B, je tudi B povezan z A, zato je v vrsti B v stolpcu A tudi ena točka. Vidi se tudi, da vozlišče A ni povezano z direktno linijo do C, D ali E. Zato so v vrsti A kolone C, D in E označene z 0 točk. Ker vozlišče A ne more biti z linijami povezano s samim seboj, je v koloni A v vrsti A prazno. Na ta način je matrica izpolnjena za vse pare vozlišč. Povsod označuje ena točka direktno linijo /vez/ med dvema vozliščema, nič točk pa pomeni, da tam ni direktne vezi, čeprav je lahko indirektna vez prek drugega vozlišča.

Prikazana preprosta matrica omogoča informacijo o vsakem vozlišču, npr. v stolpcu B naštejemo štirikrat po eno točko, kar pomeni, da je B vozlišče štirih linij in je povezano z vsemi ostalimi vozlišči. Podobno kaže vrsta B, da je to štirikratno vozlišče. Vozlišče A ima samo eno točko v stolpcu ali v vrsti. Zato veže A le ena linija z ostalimi vozlišči. A je slepo vozlišče.

Matrica na sliki 6 A je simetrična, če jo presečemo z diagonalo po praznih okencih od AA do EE, dobimo dve zrcalni sliki npr.  $AB=BA$ ,  $AE=EA$  itd. Možno je tudi drugače. Matrica 6 B je asimetrična. Izdelana je iz usmerjenega grafikona. V vsakem okencu pokaže pot le, če obstoja direktna pot od vsakega vozlišča, označenega v vrsti, do vozlišča, označenega v koloni. Npr. od vozlišča A do B je direktna pot, zato je 1 točka v vrsti A pod kolono B. Ker ni direktne poti od B do A /pot je namreč enosmerna/, ni zato v vrsti B pod kolono A nič točk.

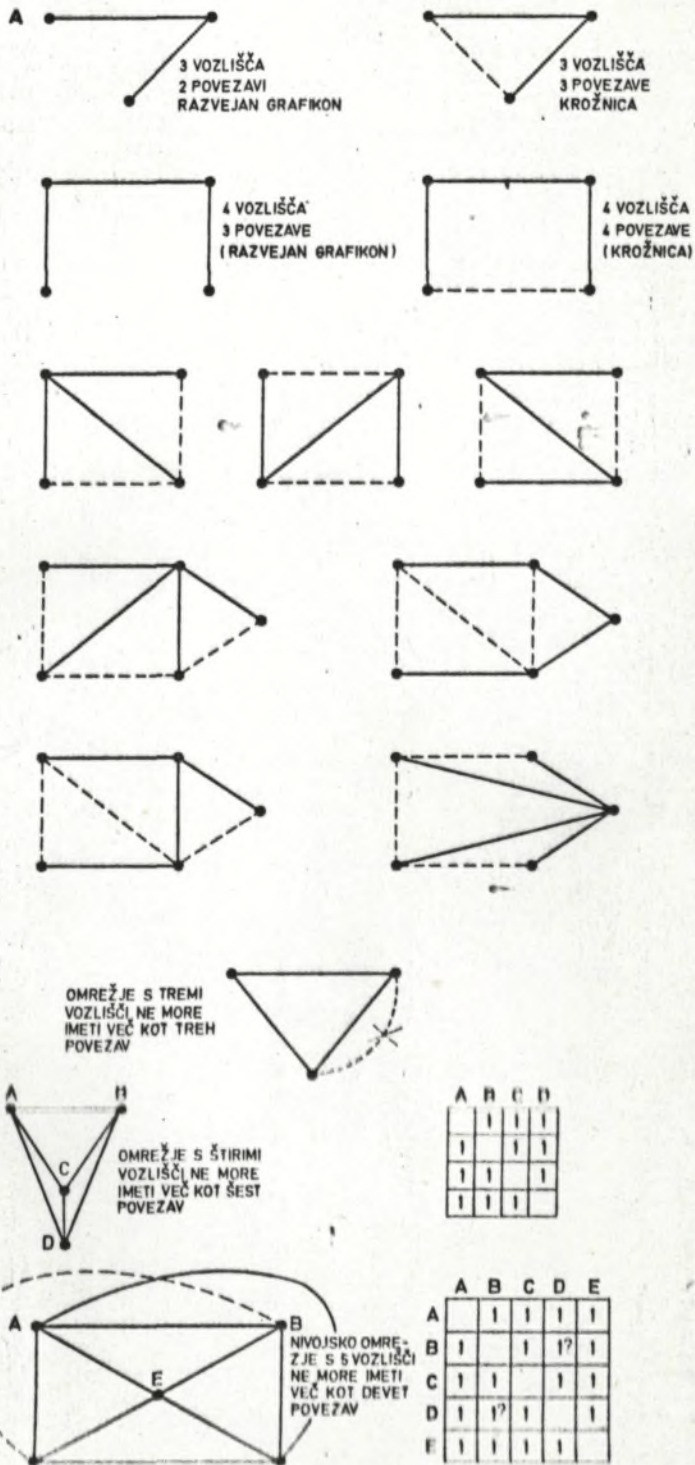
## E/ Osnovna pravila topološkega grafikona

Za lažje sistematično analiziranje omrežja je koristno utrditi osnovna pravila topološkega grafikona.

1. Minimalno število povezav, ki so potrebne, da vežejo vsa vozlišča v omrežju, je za eno manj od števila vozlišč. Npr. za tri vozlišča sta potrebni dve vezi, za štiri vozlišča tri vezi itd. Povezan grafikon /slika 5 Č/, ki ima le minimalno število povezav, je v bistvu razvejan grafikon brez krožnice, ki bi zaključevala regijo. Če bi takemu grafikonu dodajali nadaljnje povezave, bi nastajala krožnica ali več krožnic z regijami. Na sliki 7 A je razvidno, kako neprekinjene črte predstavljajo minimalno število povezav, da bi bil grafikon povezan. S tem je nastal razvejan grafikon, vsaka dodatna povezava pa ustvarja krožnico /na sliki črtkane povezave/.

2. Če nadalje izpolnjujemo omrežje tako, da mu dodajamo nove povezave med vozlišči, dosežemo stanje, ko je nemogoče nadalje priključevati povezave, ne da bi podvojili eno od že obstoječih linij /pogoj, da sme le ena linija vezati dvoje vozlišč/. Omrežje s tremi vozlišči npr. ne more imeti več od treh povezav /na sliki 7 B je na omrežju s tremi vozlišči neumestna četrta, črtkana povezava/. Podobno je iz slike tudi razvidno, da omrežje s štirimi vozlišči ne more imeti več od šestih povezav. To kaže tudi grafikonu priključena matrica. Poseben problem nakazuje poslednji grafikon na sliki 7 B. Kaže, kako lahko povežemo vsako vozlišče z vsakim drugim. Tako je tudi prikazano na priloženi matrici. Vendar se v praksi pokaže, da je to nemogoče. Na grafikonu je vrisana direktna povezava med vozlišči A, B in C /glej zaokroženo vez med A in C/ in tudi z vsemi ostalimi možnimi, toda nemogoče je direktno povezati B in D, ne da bi križali kako drugo že obstoječo vez /glej črtkano vez/ in s tem ustvarili novo vozlišče. Če bi se ukvarjali z izvennivojskim omrežjem /slika 5 E/, bi lahko dodali potrebno povezavo /B-D/. Ker je grafikon nivojski, seče dodatna, črtkana vez /B-D/





Slika 7: Maksimalno število povezav v omrežju

že obstoječo drugo vez /A-C/ in ustvarja križišče. Zato na nivojskem grafikonu s petimi vozlišči ni možnih več kot devet povezav.

V praksi se srečujemo s prometnimi omrežji, ki imajo več kot pet vozlišč. Pri izračunu maksimalnih možnosti števila povezav se bomo posluževali preproste formule, ki smo jo izluščili iz empiričnih raziskav na primerih, ki jih kažeta sliki 7 A in 7 B. Če odštejemo dve vozlišči od števila vozlišč in vse pomnožimo s tri, dobimo maksimalno število možnih povezav v nivojskem omrežju. Na kratko, izračunali bomo po formuli:

maksimalno število povezav =  $3/v-2/$ , kjer je "v" število vozlišč.

Če to preizkusimo na primerih na sliki 7B, dobimo naslednjo sliko:

| število vozlišč: | formula: |   | maksimalno število povezav: |
|------------------|----------|---|-----------------------------|
| 3                | $3/3-2/$ | = | 3                           |
| 4                | $3/4-2/$ | = | 6                           |
| 5                | $3/5-2/$ | = | 9                           |

### III. POVEZANOST PROMETNEGA OMREŽJA

Povezanost omrežja oz. grafikona je mera, ki nam pove, do katere stopnje so povezana vozlišča z medsebojnimi vezmi. Čim več je vezi, tem boljše so zveze med vozlišči in tem boljša je tudi povezanost omrežja. Na sliki 8 A so štiri omrežja, vsako s po štirimi vozlišči. Razvidno je, kako postajajo vozlišča boljše povezana, če jim dodajamo nove vezi. Učinkovito prometno omrežje ima visoko stopnjo povezanosti.

Za analizo in spoznavanje raznih prometnih omrežij je potrebno najti merila za povezanost, da bi lahko primerjali učinkovitost enega ali drugega in iskali vzroke in posledice razlik.

#### A/ Merila za povezanost

##### Beta indeks

Slika 8 A jasno ponazarja, da je tem višja stopnja povezanosti, čim več vezi ima omrežje v odnosu do določenega števila vozlišč. Beta indeks je najpreprostejše merilo za povezanost. Izračunamo ga tako, da delimo število vezi /1/ v prometnem omrežju s številom vozlišč /v/.

Pišemo takole:

$$\text{Beta indeks} = \frac{1}{v}$$

Beta indeks ima naslednje značilnosti:

1. Razvejanost in ostala preprosta omrežja imajo vrednosti manjše od 1.
2. Povezano omrežje z vsaj eno krožnico ima vrednosti 1.
3. Bolj povezana omrežja z več krožnicami imajo vrednosti višje od 1.

Beta indeksi so izračunani za vsako od štirih omrežij na sliki 8 A. Beta indeks je predvsem uporaben za vrednotenje preprostih omrežij brez krožnic, manj koristen pa je za popolnejša omrežja.

## Ciklomatsko število

Drug način za merjenje povezanosti je ciklomatsko število. Grajeno je na dejstvu, da ustvarja vsaka nadaljnja vez krožnico, če ima povezan grafikon, toliko vezi, da ustvarja vsaj krožnico /t.j. eno vez manj kot je število vozlišč/. Zato je v povezanem omrežju število krožnic enako številu vezi /linij 1/, če mu odštejemo število vezi, potrebnih za enostaven, povezan, oziroma razvejan grafikon /t.j. za eno manj od števila vozlišč;  $v-1$ /. Ciklomatsko število tedaj lahko pišemo:

$$\begin{aligned} \text{Ciklomatsko število} &= 1 - (v-1) \quad \text{za povezano omrežje} \\ \text{ali} &= 1 - v + 1 \end{aligned}$$

To velja seveda le za grafikon povezanega omrežja. Če pa imamo opraviti z dvema ali več subgrafi /slika 5 D/, pa najdemo ciklomatsko število tako, da odštejemo število vozlišč od števila vezi in prištejemo število subgrafov.

Ciklomatsko število ima naslednje značilnosti:

1. Razvejana in ostala preprosta omrežja imajo vrednost 0, zato ta indeks ni posebno primeren za primerjavo omrežij s skromnimi povezavami. Npr. omrežji na sliki 8 B imata različni stopnji povezanosti, medtem ko sta ciklomatski števili pri obeh enaki, t.j. 0.
2. V boljše povezanih omrežjih pokaže ciklomatsko število, koliko osnovnih krožnic ima omrežje.

Težava je v tem, ker imajo omrežja z različno stopnjo povezanosti enako ciklomatsko število.

Na sliki 8 C imata obe omrežji enako ciklomatsko število /2/, dejansko pa sta močno različni po obliki in povezanosti.

## Alfa indeks

Alfa indeks je še najboljše merilo za stopnjo povezanosti popolnejšega omrežja. Z njim odpravimo omenjene pomanjkljivosti ciklomatskega

**A NARAŠČAJOČA POVEZANOST Z DODAJANJEM NOVIH POVEZAV PROMETNEMU OMREŽJU**

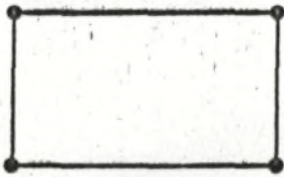


$$\beta \text{ INDEKS} = \frac{2}{4} = 0,5$$



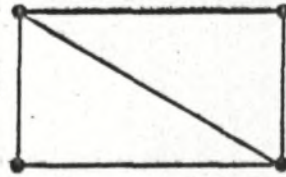
$$\beta \text{ INDEKS} = \frac{3}{4} = 0,75$$

(RAZVEJANOST)



$$\beta \text{ INDEKS} = \frac{4}{4} = 1,0$$

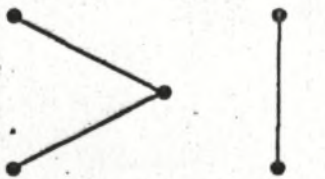
(KROŽNICA)



$$\beta \text{ INDEKS} = \frac{5}{4} = 1,25$$

(VEČ KOT ENA KROŽNICA)

**B DVE RAZLIČNI OMREŽJI, VSAKO S CIKLOMATSKIM ŠTEVILOM 0**

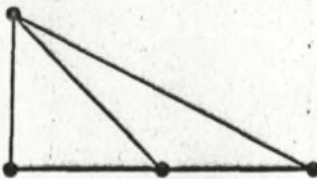


$$\text{CIKLOMATSKO ŠT.} = 3 - 5 + 2 = 0$$

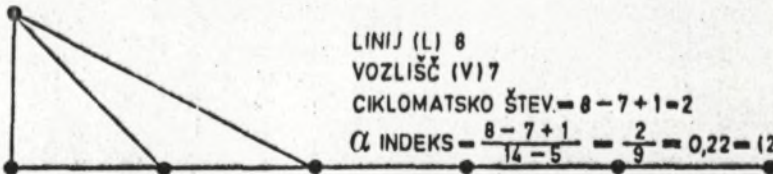


$$\text{CIKLOMATSKO ŠT.} = 4 - 5 + 1 = 0$$

**C DVE RAZLIČNI OMREŽJI, VSAKO S CIKLOMATSKIM ŠTEVILOM 2  
PRIMERJAVA  $\alpha$  INDEKSOV**



LINIJ-VEZI (L) 5  
VOZLIŠČ (V) 4  
CIKLOMATSKO ŠTEV. = 5 - 4 + 1 = 2  
 $\alpha$  INDEKS =  $\frac{5-4+1}{8-5} = \frac{2}{3} = 0,67 = (67\%)$



LINIJ (L) 8  
VOZLIŠČ (V) 7  
CIKLOMATSKO ŠTEV. = 8 - 7 + 1 = 2  
 $\alpha$  INDEKS =  $\frac{8-7+1}{14-5} = \frac{2}{9} = 0,22 = (22\%)$

Slika 8: | MERILA ZA POVEZANOST

števila, ko bolj upoštevamo število vozlišč v omrežju. Alfa indeks je v bistvu ciklomatsko število, izraženo kot ulomek maksimalnega ciklomatskega števila določenega omrežja. Drugače povedano, število osnovnih krožnic v omrežju je izraženo kot ulomek maksimalno možnega števila krožnic.

Dobimo ga tako, da delimo ciklomatsko število / številu vezi odštejemo število vozlišč in prištejemo število subgrafov / z maksimalno možno vrednostjo ciklomatskega števila / dvakratni vrednosti vozlišč odštejemo  $5/^{*}$ .

Alfa indeks je tedaj:  $\frac{l-v+1}{2v-5}$  /v povezanem omrežju/

ali  $\frac{\text{ciklomatsko število}}{2v-5}$

Indeks lahko delimo s sto, da dobimo odstotke. S tem dobimo število osnovnih krožnic, izraženo z odstotkom maksimalne možnosti.

Na sliki 8 C je za lažje pojmovanje in primerjavo izračunan alfa indeks za obe omrežji.

Alfa indeks ima naslednje lastnosti:

1. Pokaže nam vrednosti od 0 do 1 /to je od 0 do 100 %/. Čim višji je indeks, tem večja je povezanost omrežja.
2. Razvejana in druga enostavna omrežja pokažejo vrednost 0.
3. Vrednost 1 /100%/ ima omrežje z vsemi možnimi povezavami med vozlišči, z maksimalnim številom vezi in osnovnih krožnic, zato predstavlja najvišjo stopnjo povezanosti.

\* V povezanem grafikonu dobimo ciklomatsko število s pomočjo formule  $l-v+1$ . Maksimalna vrednost za  $l = 3/v-2/$  - glej poglavje 2E! Tako dobimo maksimalno vrednost ciklomatskega števila v določenem omrežju s pomočjo formule:

$$\begin{aligned} \text{Ciklomatsko število} &= l-v+1 \\ \text{namesto } l \text{ vstavimo } & 3/v-2/ \\ \text{maksimalna vrednost je tedaj} &= 3/v-2/ -v+1 \\ &= 3v-6-v+1 \\ &= 2v-5 \end{aligned}$$

$$\text{Beta indeks} = \frac{1}{v}$$

$$\begin{aligned} \text{Ciklomatsko število} &= 1-v+1 \quad / \text{za povezan grafikon}/, \\ &\text{ali} = 1-v+ \quad \text{število subgrafov /če jih je več}/. \end{aligned}$$

$$\text{Alfa indeks} = \frac{\text{ciklomatsko število}}{2v-5}$$

#### B/ Uporaba meril za povezanost

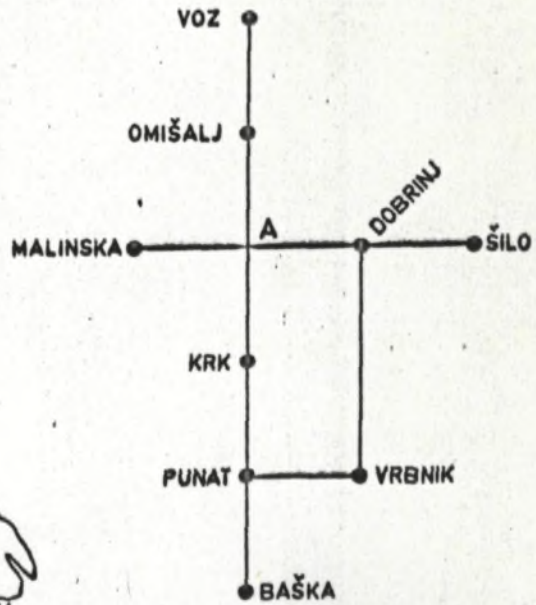
Za ilustracijo uporabnosti navedenih meril bomo preizkusili stopnjo povezanosti na preprostem cestnem omrežju, na cestah za motorna vozila na otoku Krku. Cestno omrežje Krka, kakor ga kaže slika 9, ima deset vozlišč. Pogled na podrobnejšo geografsko karto nam pove, da ima otok Krk dolgo obalno linijo, da je obala razčlenjena, ima mnogo plitvih in globljih zalivov, polotokov in rtov in da je njegova površina močno razgibana, visoka in nizka, težje in lažje prehodna. Priroda je v veliki meri vplivala na nastanek takega cestnega omrežja kot je, delno zaradi površinske izoblikovanosti, delno zaradi oblike obal, kjer so kraji med seboj najčešče lažje dosegljivi po vodni poti. Cestno omrežje Krka lahko analiziramo na različne načine.

#### Topološki grafikon in dvojna matrica

Da bi bilo cestno omrežje bolj očitno in da bi izstopile osnovne značilnosti, smo ga izrisali tako, da smo dobili topološki grafikon. Na osnovi grafikona smo izdelali tudi dvojno matrico, kjer smo upoštevali le dejstvo, če med dvema vozliščema obstoja ali ne obstoja direktna vez. Res gre v našem primeru za zelo skromno omrežje in dvojno matrico, kar lahko s pridom upoštevamo predvsem v večjih in popolnejših prometnih omrežjih.



PROMETNO OMREŽJE KRKA



TOPOLOŠKI GRAFIKON

|                   | VOZ | OMIŠALJ | A | MALINSKA | DOBRINJ | ŠILO | KRK | PUNAT | VRBNIK | BAŠKA |
|-------------------|-----|---------|---|----------|---------|------|-----|-------|--------|-------|
| VOZ               |     | 1       | 0 | 0        | 0       | 0    | 0   | 0     | 0      | 0     |
| OMIŠALJ           | 1   |         | 1 | 0        | 0       | 0    | 0   | 0     | 0      | 0     |
| A                 | 0   | 1       |   | 1        | 1       | 0    | 1   | 0     | 0      | 0     |
| MALINSKA          | 0   | 0       | 1 |          | 0       | 0    | 0   | 0     | 0      | 0     |
| DOBRINJ           | 0   | 0       | 1 | 0        |         | 1    | 0   | 0     | 1      | 0     |
| ŠILO              | 0   | 0       | 0 | 0        | 1       |      | 0   | 0     | 0      | 0     |
| KRK               | 0   | 0       | 1 | 0        | 0       | 0    |     | 1     | 0      | 0     |
| PUNAT             | 0   | 0       | 0 | 0        | 0       | 0    | 1   |       | 1      | 1     |
| VRBNIK            | 0   | 0       | 0 | 0        | 1       | 0    | 0   | 1     |        | 0     |
| BAŠKA             | 0   | 0       | 0 | 0        | 0       | 0    | 0   | 1     | 0      |       |
| ŠT. TOČK V KOLONI | 1   | 2       | 4 | 1        | 3       | 1    | 2   | 3     | 2      | 1     |

DVOJNA MATRICA

Slika 9: Cestno omrežje na Krku



Grafikon kaže, da gre na primeru Krka predvsem za vzdolžno cesto od Baške do letališča in trajekta pri Vozu. Na to cesto se navezujejo skromni odcepi. Omrežje ima le eno četverno, dve trojni in eno dvojno vozlišče.

Vezi in vozlišča na Krku

1. Cestno omrežje Krka ima:

$$\text{število linij /vezi/} = 10$$

$$\text{število vozlišč} = 10$$

2. Beta indeks  $\frac{1}{v} = \frac{10}{10} = 1$

Prometno omrežje Krka ima tudi eno krožnico /od Punata prek Vrbnika, Dobrinja, Vozlišča A, do Punata/.

3. Maksimalno možno število vezi v omrežju izračunamo s formulo:  
 $3/v-2/$ .

Ker je v omrežju le 10 vezi, lahko to izrazimo v številkah

$$\frac{1}{v} / = \frac{10}{24} \times 100 = 42 \% \text{ od maksimalnega možnega števila vezi. S}$$

tem pa seveda še ni rečeno, da je omrežje neučinkovito, če npr. obstoja povezava med Vozom in vozliščem A prek Omišalja. Jasno je pa vendarle, da bi bilo cestno omrežje bolj izpopolnjeno, če bi bile npr. neposredne vezi med Šilom in Vozom ali pa med Vrbnikom in Šilom. Vendar pa je vprašanje, koliko bi jo dopuščale reliefne razmere in pa, če te povezave že ne opravlja plovba.

Krožnica

1. Ciklomatsko število =  $1-v+1$   
=  $10-10+1 = 1$

Kaže nam, da obstaja ena krožnica

2. Alfa indeks =  $\frac{1-v+1}{2v-5} = \frac{10-10+1}{20-5} = \frac{1}{15}$

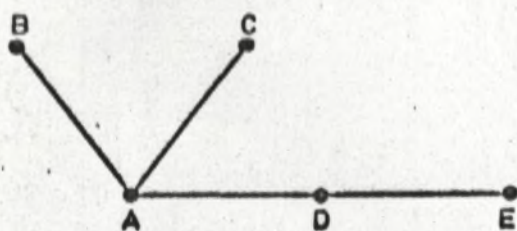
Če to izrazimo v odstotkih, je 6,6 %.

Omrežje ima tedaj 6,6 % možnih krožnic. Z 10 vozlišči bi namreč lahko bilo 15 krožnic, če bi izkoristili vse možnosti povezav /2v-5/, omrežje na Krku pa ima le eno. Zato bi lahko dodajali še 14 novih vezi, da bi izkoristili vse možnosti zapolnjenja omrežja. Vsaka dodana vez pa bi ustvarila novo krožnico, dokler jih ne bi dosegli 15.

#### IV. DOSEGLJIVOST V OMREŽJU

Na primeru prometnega omrežja na otoku Krku smo spoznali nizko stanje povezanosti med vozlišči v cestnem prometu. Omrežja v gosto naseljenih industrijskih območjih imajo najčesejšče mnogo višjo stopnjo povezanosti vozlišč.

Z vezmi dobro povezanemu oz. opremljenemu vozlišču pravimo, da je dostopno ali dosegljivo. Npr. na sliki 10A je vozlišče A najdostopnejše na grafikonu, iz njega je možno najhitreje doseči ostala vozlišča in tudi iz vseh ostalih je najbolj dosegljivo vozlišče A. Če bi npr. iskali lokacijo za tržno hišo, da bi oskrbovala ostala vozlišča, bi izbrali vozlišče A kot najprimernejšo lokacijo. Iz grafikona je tudi razvidno, da je vozlišče E najmanj dosegljivo. Če ga hočemo doseči, npr. iz vozlišča B ali C, moramo potovati prek A in D. Zato je vozlišče E manj primerno za lokacijo oskrbovalne hiše.



GRAFIKON

|    |   | DO |   |   |   |   |        |
|----|---|----|---|---|---|---|--------|
|    |   | A  | B | C | D | E | SKUPAJ |
| OD | A |    | 1 | 1 | 1 | 2 | 5      |
|    | B | 1  |   | 2 | 2 | 3 | 8      |
|    | C | 1  | 2 |   | 2 | 3 | 8      |
|    | D | 1  | 2 | 2 |   | 1 | 6      |
|    | E | 2  | 3 | 3 | 1 |   | 9      |

MATRICA  
(KAŽE ŠTEVILO VEZI, KI LOČIJO VOZLIŠČA)

Slika 10: Dosegljivost

Da bi lažje dokazali večjo dosegljivost ene lokacije od druge /npr. A od B na sliki 10/, se poslužujemo matrice. V njej vnašamo podatke, prek koliko vezi je potrebno potovati iz enega vozlišča, da bi dosegli

drugo oz. vsa ostala vozlišča. Podobno vnesemo v matrico dostopnost iz vseh vozlišč, navedenih v grafikonu /glej sl. 10/. Če pogledamo vrsto A na sliki 10, vidimo, da loči samo po ena vez vozlišče A od vozlišč B, C ali D in dve vezi od E. To pomeni, da dosežemo vsa vozlišča iz vozlišča A, če prepotujemo pot prek petih vezi. To nam kaže tudi število v vrsti A pod zadnjo kolono - skupaj. Podobno izračunamo dosegljivost vseh ostalih vozlišč /B,C,D,E/ in dobimo podatke v zadnji koloni na desno pod - skupaj. Razvidno je, da je vozlišče E najmanj dostopno, saj je njegova dosegljivost do vseh ostalih 9.

Zaradi lažjega razumevanja je priložen grafikon zelo poenostavljen in so medsebojne dosegljivosti vidne že na pogled tudi brez matrice. Gre za razvejan grafikon, kjer je možno potovati iz enega vozlišča v drugo vedno samo po eni poti, brez izbire druge variante. V popolnejšem prometnem omrežju pa so možne izbire potovanja po raznih poteh in se je na pogled težko odločiti za izbiro poti in za določitev relativne dosegljivosti. Nekoliko popolnejše omrežje je prikazano na sliki 11 A, zato moramo ob njem razmisliti, kako razreševati problematiko.

#### A/ Topološka merila dosegljivosti

##### a/ Matrica najkrajše poti

Najprej moramo sestaviti matrico najkrajše poti /glej sl. 11 B/. To opravimo tako, da vstavimo v okenca matrice število vezi po najkrajši poti med vsemi možnimi pari vozlišč. Prva vrsta matrice kaže število potrebnih vezi, da bi dosegli po najkrajši poti iz vozlišča A vsako drugo vozlišče, najprej B, nato C, D itd. in na kraju pod kolono skupaj, skupno število vezi na vseh najkrajših poteh do vseh vozlišč. Matrica je simetrična, saj je najkrajša pot od A do B hkrati tudi ista od B do A itd.

Matrica najkrajše poti nam služi za osnovo pri izpeljavi raznih meril za dosegljivost.

b/ Vezno število

Vezno število kateregakoli vozlišča je število vezi, potrebnih, da od njega /topološko/ dosežemo najoddaljenejše vozlišče. Npr. na sliki 11 B je od vozlišča A najbolj oddaljeno vozlišče G, ki ga dosežemo po najkrajši poti prek štirih vezi /prek C, E in F/.

S pomočjo matrice na sliki 11 B lahko izdelamo listo veznih števil za vsako vozlišče. Listo moramo izdelati in skrbno preveriti s pomočjo matrice /sl. 11 B/ in grafikona /sl. 11 A/.

Lista veznih števil za vozlišča na sliki 11 A

| Vozlišče | Vezno število |
|----------|---------------|
| A        | 4             |
| B        | 4             |
| C        | 3             |
| D        | 3             |
| E        | 2             |
| F        | 3             |
| G        | 4             |

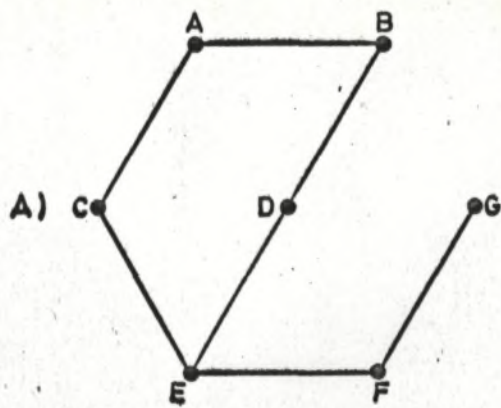
Lista nam kaže, da je E najdosegljivejše vozlišče. Iz njega lahko dosežemo vsako drugo vozlišče, če prepotujemo največ dve vezi. Razvidno je tudi, da so vozlišča A, B in G najmanj dosegljiva.

Često je tudi koristno, da uredimo vezno število v histogram /sl. 11 C/. Najprej je potrebno izdelati listo, kolikokrat se pojavi vsako vezno število /njegova frekvenca/.

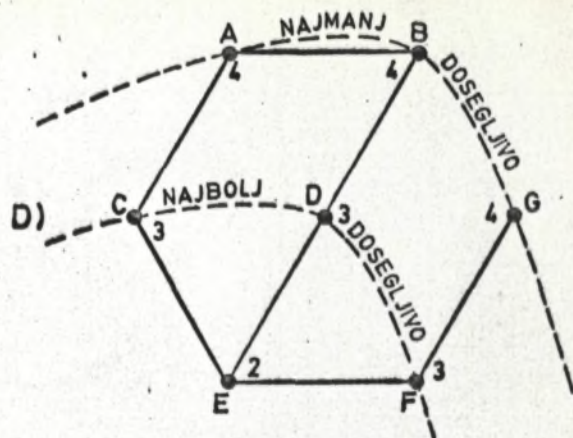
Primer frekvenca veznega števila  
za vozlišča na sliki 11 A:

| Vezno število | Frekvenca |
|---------------|-----------|
| 1 krat        | 0         |
| 2 krat        | 1         |
| 3 krat        | 3         |
| 4 krat        | 3         |
| 5 krat        | 0         |

Na histogramu so označena vezna števila na vodoravni osi, višina kolon pa kaže frekvenco vsakega veznega števila /sl. 11 C/. Histogram



GRAFIKON

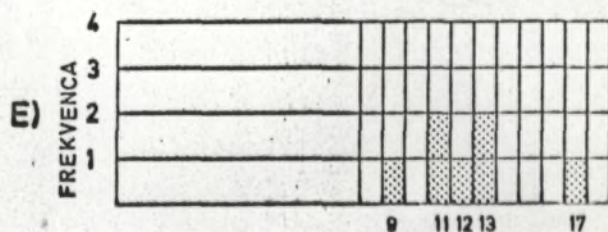


KARTA IZOPLET  
(VEZNA ŠTEVILA)

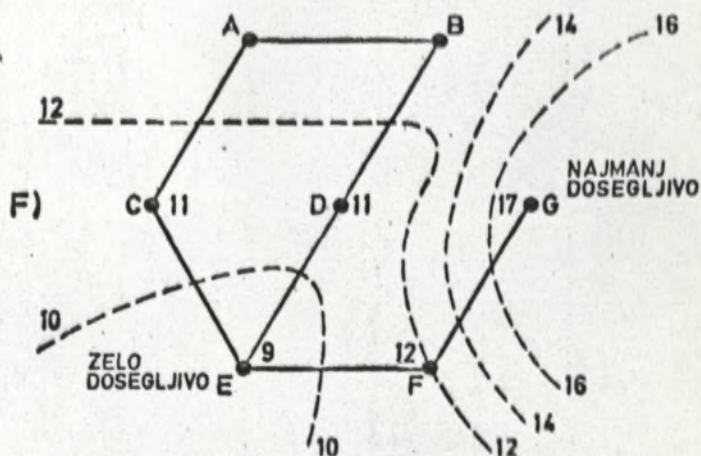
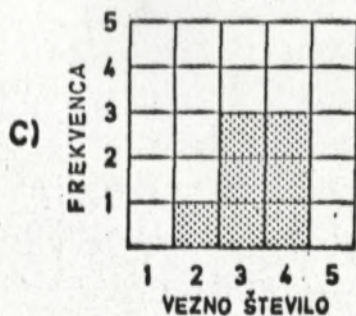
B)  $\infty$

|   | DO |   |   |   |   |   |   |        |
|---|----|---|---|---|---|---|---|--------|
|   | A  | B | C | D | E | F | G | SKUPAJ |
| A |    | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | → 13   |
| B | 1  |   | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | → 13   |
| C | 1  | 2 |   | 2 | 1 | 2 | 3 | → 11   |
| D | 2  | 1 | 2 |   | 1 | 2 | 3 | → 11   |
| E | 2  | 2 | 1 | 1 |   | 1 | 2 | → 9    |
| F | 3  | 3 | 2 | 2 | 1 |   | 1 | → 12   |
| G | 4  | 4 | 3 | 3 | 2 | 1 |   | → 17   |

MATRICA NAJKRAJŠE POTI



HISTOGRAM S SHIMBELOVIM INDEKSI



KARTA IZOPLET (SHIMBELOVI INDEKSI)

Slika 11: Dosegljivost /vezno število in shimbelovi indeksi/

daje dovolj jasno predstavo o različni dostopnosti vozlišč v omrežju.

Da bi ugotovili splošno dostopnost prometnega omrežja, se včasih poslužujemo preprostega merila, t.i. poprečnega veznega števila. To je poprečje veznih števil vseh vozlišč v omrežju. Dobimo ga tako, da seštejemo vsa vezna števila in to delimo s številom vozlišč. Nizko poprečno vezno število opozarja na visoko stopnjo dosegljivosti.

Npr. poprečno vezno število za omrežje na sliki 11 A:

Vsota veznih števil

$$4+4+3+3+2+3+4 = 23$$

Skupno število vozlišč = 7

$$\text{Poprečno vezno število} = \frac{23}{7} = 3,3$$

Približen, splošen vtis o dosegljivosti v omrežju lahko podamo tudi z metodo, prikazano na sliki 11 D. Ob vsakem vozlišču vrišemo njegovo vezno število, nakar izrišemo izoplete<sup>+</sup> /črtkano/. Prva izopleta veže vozlišča z vrednostjo 3 /vozlišča C, D in F/, druga pa vozlišča z vrednostjo 4 /vozlišča A, B in G/.

c/ Shimblov indeks

Dosegljivost v omrežju je tudi možno meriti s pomočjo shimbelovega indeksa, ki ga razvijemo iz matric najkrajše poti /sl. 12 B/. To merilo kaže število vezi, ki so potrebne, da povežemo vsako vozlišče z vsemi ostalimi v omrežju po najkrajši poti. Vrednosti shimbelovega indeksa za vsako vozlišče navedemo v poslednji koloni na desni pod glavo: skupno-shimbelov indeks.

Frekvenco različnih shimbelovih indeksov lahko prikažemo tudi v obliki histograma tako, kot smo predočili vezno število /slika 12 E/. Če primerjamo oba histograma 12 C in 12 E, opazimo, da variira shimbelov indeks vozlišč znatno bolj od veznega števila. Iz tega sklepamo,

---

<sup>+</sup> Izoplete so linije, ki vežejo enake številčne vrednosti.

da je verjetno shimbelov indeks primernejše merilo za dosegljivost, kot vezno število in je zato sposobnejši, da jasneje zaznava manjše medsebojne razlike. Shimbelov indeks celo zaznava razlike med dvema vozlišči, ki imata enako vezno število /glej npr. naslednjo tabelo/.

Lista veznih števil in shimbelovih  
indeksov za vozlišča v omrežju na  
sliki 12 A

| Vozlišče | vezno število | shimbelov indeks |
|----------|---------------|------------------|
| A        | 4             | 13               |
| B        | 4             | 13               |
| C        | 3             | 11               |
| D        | 3             | 11               |
| E        | 2             | 9                |
| F        | 3             | 12               |
| G        | 4             | 17               |

V tabeli kaže npr. za vozlišče F shimbelov indeks manjšo povezanost /dosegljivost/ kot za vozlišči C ali D, toda vsa tri vozlišča imajo enako vezno število. Razvidno je, da je vozlišče G najmanj dosegljivo, čeprav ima tako vezno število kot A ali B.

Poprečni shimbelov indeks izvajamo na podoben način kot poprečno vezno število: seštejemo shimbelove indekse vseh vozlišč in sumo delimo s številom vseh vozlišč.

Npr.: suma shimbelovih indeksov iz priložene tabele

$$13+13+11+11+9+12+17 = 86$$

$$\text{število vozlišč} = 7$$

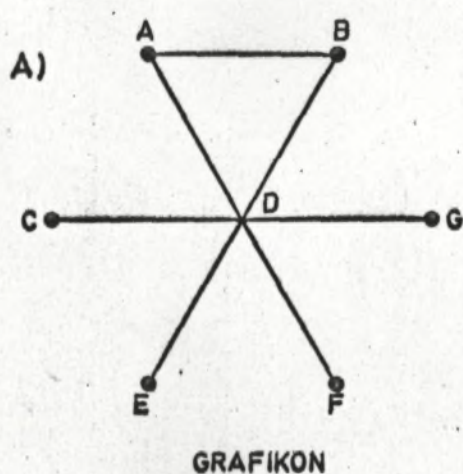
$$\text{Poprečni shimbelov indeks} = \frac{86}{7} = 12,3$$

S pomočjo shimbelovega indeksa lahko izdelamo tudi karto izoplet poti dosegljivosti, podobno kot smo to opravili s pomočjo veznega števila /glej 12 F in primerjaj z 12 D !/.



d/ Dosegljivost v omrežju na splošno

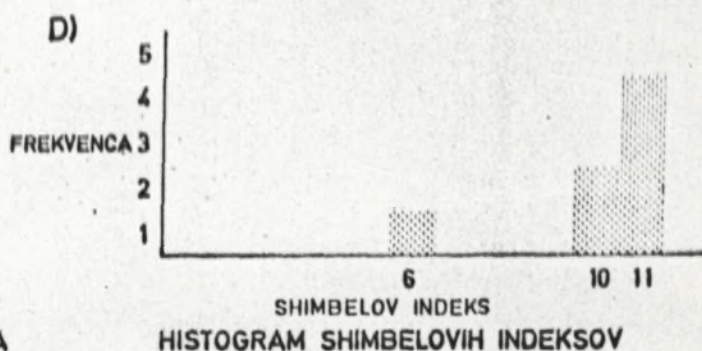
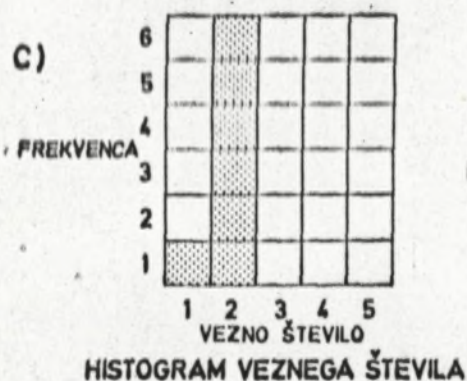
Dosedanja spoznanja o topoloških merilih dosegljivosti so nam pokazala, da je možno meriti s pomočjo veznega števila dosegljivost posameznega vozlišča do najbolj oddaljenega vozlišča in da je s pomočjo shimbelovega indeksa možno meriti tudi dosegljivost posameznega vozlišča do vseh ostalih vozlišč v omrežju. Nadalje nas zanima še dosegljivost vseh vozlišč v omrežju do vseh drugih, ali kratko, dosegljivost celotnega omrežja. Gre namreč za odnos med popolno dosegljivostjo in povezanostjo. Razvidno je, da izkazuje omrežje z mnogimi vezmi med vozlišči tudi visoko stopnjo dosegljivosti vozlišč.



B)

|     | V |   |   |   |   |   |   |           |                                 |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|-----------|---------------------------------|
|     | A | B | C | D | E | F | G | VEZNO ŠT. | SKUPAJ V VRSTI SHIMBELOV INDEKS |
| A   |   | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2         | 10                              |
| B   | 1 |   | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2         | 10                              |
| C   | 2 | 2 |   | 1 | 2 | 2 | 2 | 2         | 11                              |
| ODD | 1 | 1 | 1 |   | 1 | 1 | 1 | 1         | 6                               |
| E   | 2 | 2 | 2 | 1 |   | 2 | 2 | 2         | 11                              |
| F   | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 |   | 2 | 2         | 11                              |
| G   | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 |   | 2         | 11                              |

MATRICA NAJKRAJŠE POTI



Slika 12: Dosegljivost /vezno število in shimbelovi indeksi/

Indeks disperznosti meri dosegljivost med vsemi vozlišči v prometnem omrežju. Izvedemo ga iz matrice najkrajše poti. Ta matrika nam je pokazala število vezi najkrajše poti med vsakim parom vozlišč; popolna dosegljivost omrežja pa je vsota vseh vrednosti v matrici. Shimblov indeks smo dobili tako, da smo sešteli v matrici vsako vrsto najkrajše poti, če pa seštejemo vse shimbelove indekse, nam vsota da indeks disperznosti.

Tedaj je indeks disperznosti za omrežje na sliki 11 A:

$$13+13+11+11+9+12+17 = 86$$

e/ Topološka merila dosegljivosti - povzetek

1/ Vezno število je najvišja vrednost v vrsti matrice najkrajše poti.

2/ Poprečno vezno število je poprečje vseh veznih števil vozlišč v omrežju.

3/ Shimblov indeks je vsota vrednosti v vrsti matrice najkrajše poti.

4/ Poprečni shimblov indeks je poprečje shimbelovih indeksov vseh vozlišč v omrežju.

5/ Indeks disperznosti je vsota vseh vrednosti matrice najkrajše poti, t.j. vsota shimbelovih indeksov.

#### B/ Značilnosti topoloških meril dosegljivosti

a/ Odnos do povezanosti

Čeprav obeta prometno omrežje z visoko stopnjo povezav tudi višjo dosegljivost, pa vendarle to ni zakonito. Merila za povezanost, kakor smo jih spoznali v tretjem poglavju, so sestavljena na osnovi števila vozlišč in vezi v prometnem omrežju. Vendar se ta merila ne ozirajo na posamezne poti, ki jih ustvarjajo vezi, niti ne na medsebojne odnose. Ob določenem številu vozlišč in vezi imamo lahko v enem omrežju večjo

dosegljivost kot v drugem. Da bi bilo to bolj razumljivo, si oglejmo in primerjajmo diagrama na slikah 11 A in 12 A. Oba diagrama imata enako število vozlišč /7/ in tudi vezi /7/ ter po eno krožnico. Obe omrežji imata enak beta indeks /1/, enako ciklomatsko število /1/ in enak alfa indeks /11,1%. Potemtakem imata obe omrežji na osnovi uporabljenih meril enako stopnjo povezanosti. Vendar pa nam naslednje primerjave na tabeli kažejo, da pota v obeh omrežjih omogočajo popolnoma različne stopnje dostopnosti.

Primerjava dosegljivosti na sl. 11 A in 12 A:

| Vezno število           | <u>Vozlišče</u> | <u>Sl. 11 A</u> | <u>Sl. 12 A</u> |
|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                         | A               | 4               | 2               |
|                         | B               | 4               | 2               |
|                         | C               | 3               | 2               |
|                         | D               | 3               | 1               |
|                         | E               | 2               | 2               |
|                         | F               | 3               | 2               |
|                         | G               | 4               | 2               |
| Poprečno vezno število: |                 | 3,3             | 1,9             |

| Shimbelov indeks           | <u>Vozlišče</u> | <u>Sl. 11 A</u> | <u>Sl. 12 A</u> |
|----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                            | A               | 13              | 10              |
|                            | B               | 13              | 10              |
|                            | C               | 11              | 11              |
|                            | D               | 11              | 6               |
|                            | E               | 9               | 11              |
|                            | F               | 12              | 11              |
|                            | G               | 17              | 11              |
| Poprečni shimbelov indeks: |                 | 12,3            | 10              |
| Indeks disperznosti:       |                 | 86              | 70              |

Vsa prikazana merila kažejo za prometno omrežje na sliki 12 A višjo stopnjo dosegljivosti kot za omrežje na sliki 11 A, čeprav imata obe omrežji enako stopnjo povezanosti /t.j. enako število vezi/. Omrežje na sliki 12 A ima celo še vedno višjo dosegljivost, če mu zmanjšamo povezanost tako, da mu odvzamemo vez AB.

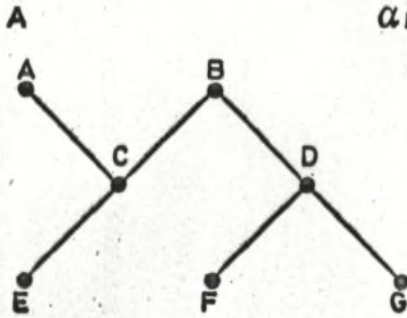
Iz vsega navedenega lahko zaključimo, da teoretična uspešnost nekega omrežja ni odvisna le od stopnje povezanosti /npr. od števila vezi/, temveč od razporeditve vezi med vozlišči prometnega omrežja. Ene vezi so bolj pomembne, druge pa manj.

b/ Vpliv dodatnih vezi na učinkovitejšo dosegljivost

Da bi spoznali različno učinkovitost prometnega omrežja, mu dodajamo nove vezi. Opazimo, da pri tem narašča povezanost in najčešče tudi dosegljivost. Vendar pa z dodajanjem posameznih vezi narašča dosegljivost le nekaterih vozlišč.

Na sliki 13 A je prikazano enostavno razvejano prometno omrežje in ob njem je izdelana matrica najkrajše poti. Na sliki 13 B vidimo, kakšen je učinek, če smo prvotnemu prometnemu omrežju iz grafikona 13 A dodali vez CD. Ugotavljamo predvsem pomemben učinek v tem, da je nastala krožnica /CDBC/ in da se je dvignila povezanost /alfa indeks je 11,1%/. S tem, da smo ustvarili novo smer od C do D, smo razbremenili pot prek B in omogočili najkrajšo vez od A, C in E do D, F in G in s tem smo tudi zmanjšali razdalje na teh relacijah. Priložena matrica najkrajše poti pokaže, da se je za vsa navedena vozlišča znižalo vezno število za 1 in da so se njih shimbelovi indeksi znižali za 3. Le vozlišče B ne pokaže sprememb v dosegljivosti in je postalo manj dosegljivo kot vozlišči C in D.

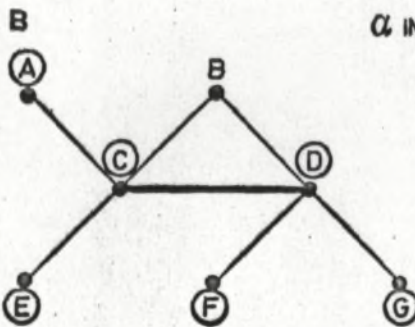
Nadalje dodajamo novo vez CF /sl. 13 C/. Z novo vezjo je narasel alfa indeks na 22,2%, nastala je nova krožnica /CFDC/ in povečala se je dosegljivost od vozlišča F do A, povečala pa se je tudi dosegljivost vozlišč C in E. Matrica kaže, da se je v vozlišču F z novo vezjo znižalo vezno število za 1 in shimbelov indeks za 3. Shimbelovi indeksi za vozlišča A, C in E so se znižali za 1, toda vezno število je ostalo nespremenjeno, saj nova vez ne omogoča krajše poti do vozlišča G. Dosegljivost vozlišč B, D in G ostaja nespremenjena.



$\alpha$  INDEKS = 0%

|   | A | B | C | D | E | F | G | VEZNO STEV. | SHIMB. INDEKS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|-------------|---------------|
| A |   | 2 | 1 | 3 | 2 | 4 | 4 | 4           | 16            |
| B | 2 |   | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2           | 10            |
| C | 1 | 1 |   | 2 | 1 | 3 | 3 | 3           | 11            |
| D | 3 | 1 | 2 |   | 3 | 1 | 1 | 3           | 11            |
| E | 2 | 2 | 1 | 3 |   | 4 | 4 | 4           | 16            |
| F | 4 | 2 | 3 | 1 | 4 |   | 2 | 4           | 16            |
| G | 4 | 2 | 3 | 1 | 4 | 2 |   | 4           | 16            |

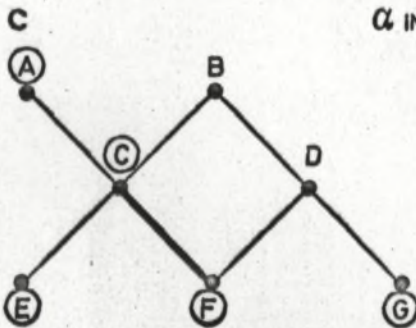
INDEKS DISPERZNOSTI = 96



$\alpha$  INDEKS = 11,1%

|   | A   | B | C   | D   | E   | F   | G   |     |      |
|---|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| A |     | 2 | 1   | (2) | 2   | (3) | (3) | (3) | (13) |
| B | 2   |   | 1   | 1   | 2   | 2   | 2   | 2   | 10   |
| C | 1   | 1 |     | (1) | 1   | (2) | (2) | (2) | (8)  |
| D | (2) | 1 | (1) |     | (2) | 1   | 1   | (2) | (8)  |
| E | 2   | 2 | 1   | (2) |     | (3) | (3) | (3) | (13) |
| F | (3) | 2 | (2) | 1   | (3) |     | 2   | (3) | (13) |
| G | (3) | 2 | (2) | 1   | (3) | 2   |     | (3) | (13) |

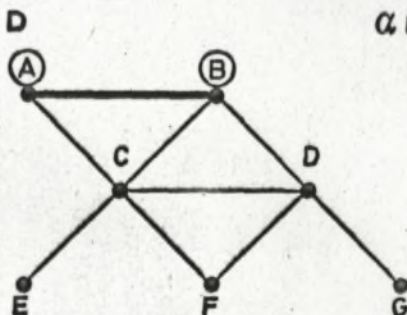
INDEKS DISPERZNOSTI = 78



$\alpha$  INDEKS = 22,2%

|   | A   | B | C   | D | E   | F   | G |     |      |
|---|-----|---|-----|---|-----|-----|---|-----|------|
| A |     | 2 | 1   | 2 | 2   | (2) | 3 | 3   | (12) |
| B | 2   |   | 1   | 1 | 2   | 2   | 2 | 2   | 10   |
| C | 1   | 1 |     | 1 | 1   | (1) | 2 | 2   | (7)  |
| D | 2   | 1 | 1   |   | 2   | 1   | 1 | 2   | 8    |
| E | 2   | 2 | 1   | 2 |     | (2) | 3 | 3   | (12) |
| F | (2) | 2 | (1) | 1 | (2) |     | 2 | (2) | (10) |
| G | 3   | 2 | 2   | 1 | 3   | 2   |   | 3   | 13   |

INDEKS DISPERZNOSTI = 72



$\alpha$  INDEKS = 33,3%

|   | A   | B   | C | D | E | F | G |   |      |
|---|-----|-----|---|---|---|---|---|---|------|
| A |     | (1) | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | (11) |
| B | (1) |     | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | (9)  |
| C | 1   | 1   |   | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 7    |
| D | 2   | 1   | 1 |   | 2 | 1 | 1 | 2 | 8    |
| E | 2   | 2   | 1 | 2 |   | 2 | 3 | 3 | 12   |
| F | 2   | 2   | 1 | 1 | 2 |   | 2 | 2 | 10   |
| G | 3   | 2   | 2 | 1 | 3 | 2 |   | 3 | 13   |

INDEKS DISPERZNOSTI = 70

Slika 13 : KAKO VPLIVA NA DOSEGLJIVOST DODAJANJE VEZI

Končno dodamo omrežju še vez AB. Opazimo, da se je povečala povezanost omrežja, saj znaša alfa indeks 33,3 %, medtem ko ima nova vez zelo malo vpliva na dosegljivost. Korist imata le vozlišči A in B.

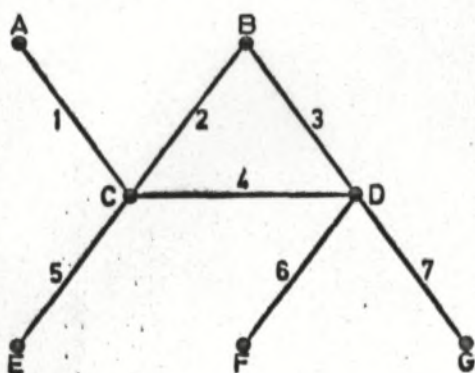
Na prikazanih primerih smo videli, kako je naraščal alfa indeks od 0 do 33,3 %, ko smo dodajali nove vezi, hkrati pa je upadal indeks disperznosti, ki kaže splošno stanje dosegljivosti od 96 na 70. Upadanje nam je povedalo, da je dosegljivost narasla. Izboljšanje dosegljivosti pa se ni pokazalo enakomerno pri vseh vozliščih. Vozlišče F je pridobilo največ; njegov shimbelov indeks se je zmanjšal od 16 /sl. 13 A/ na 10 /sl. 13 D/. Vozlišče B je pridobilo najmanj; shimbelov indeks se je zmanjšal le od 10 na 9.

#### c/ Relativna vloga vezi v odnosu do najkrajše poti

Nekatere vezi še prav posebno vplivajo na izboljšanje dosegljivosti v prometnem omrežju. Gre za vezi, ob katerih je nanizano večje število najkrajših poti. Če odstranimo takšno vez, se pokažejo znatne posledice v dosegljivosti pri večjih vozliščih.

Oglejmo si npr. na sliki 14 že znan grafikon prometnega omrežja, ki smo mu označili vezi s številkami. Hkrati si pripravimo matrico, ki nam pokaže vse možne pare vozlišč in nam služi za kontrolno tabelo, da bomo upoštevali zares vse pare najkrajše poti. Ko smo pregledali vez v enem paru in določili najkrajšo pot, označimo to s črto v odgovarjajočem okencu. Tako obdelamo vse pare, dokler ni matrica zapolnjena. Npr. najprej obdelamo povezavo med A in B in zapolnimo okence v vrsti A, koloni B. Na grafikonu ugotovimo, da teče povezava med A in B po vezeh 1 in 2. V pripravljeni razpredelnici, kjer ima vsaka vez svojo vrsto, označimo v vrstah 1 in 2 vsaki po eno črto ali točko, kar pove, da je bila vez 1 enkrat uporabljena, prav tako tudi vez 2. To opravimo za vse vezi, dokler nismo zapolnili matrice. Ko smo obdelali celotno omrež-

A GRAFIKON



B PREVERJANJE

|   | A | B | C | D | E | F |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| B |   | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| C |   |   | 1 | 1 | 1 | 1 |
| D |   |   |   | 1 | 1 | 1 |
| E |   |   |   |   | 1 | 1 |
| F |   |   |   |   |   | 1 |

C UPORABA VEZI PO NAJKRAJŠI POTI

| VOZLIŠČE | ŠTEVILO NAJKRAJŠE POTI | SKUPAJ |
|----------|------------------------|--------|
| 1        |                        | 8      |
| 2        |                        | 3      |
| 3        |                        | 3      |
| 4        |                        | 9      |
| 5        |                        | 5      |
| 6        |                        | 6      |
| 7        |                        | 6      |

Slika 14 : Relativen pomen vezi v odnosu do najkrajše poti

je, preštejemo v vsaki vrsti število črt ali točk in vsoto zapišemo na koncu vrste. Tako smo dobili podatek, kolikokrat je bila vsaka vez uporabljena, ko smo potovali iz vseh vozlišč v vsa vozlišča po najkrajši poti. Na grafikonu /sl. 14/ je najbolj obremenjena vez 4 /9 krat/, zato ker vodijo vse najkrajše poti iz A, C in E do vozlišč D, F in G po vezi 4. Tako lahko zaključimo, da ima vez 4, ki veže vozlišči C in D, največji vpliv na splošno dosegljivost celotnega omrežja.

### C/ Analiza dosegljivosti /primer/

#### a/ Dosegljivost vozlišč v omrežju

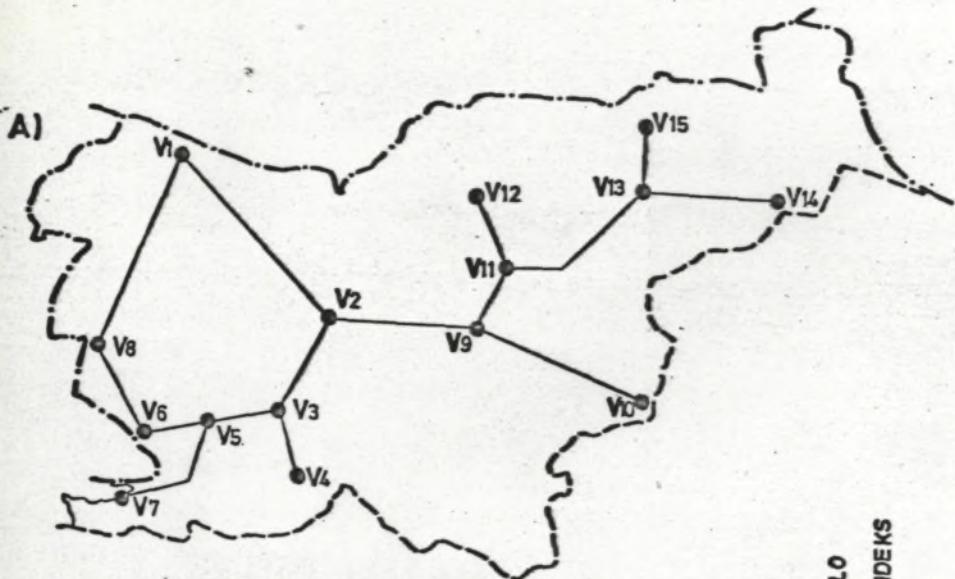
Preostane nam, da nakazano metodo za merjenje dosegljivosti praktično preizkusimo na znanem konkretnem primeru, npr. na osnovnem železniškem omrežju Slovenije. Za orientacijsko osnovo nam služi najprej grafikon železniškega omrežja /sl. 15 A/ in nato iz njega izvedena poenostavljena topološka grafikona, kakor ju vidimo na sliki 15 C. S pomočjo grafikona z označenimi vozlišči /15 A/ smo izdelali matrico najkrajše poti, ki nam že da merljiv vpogled v dosegljivost posameznih vozlišč v omrežju. Kaže nam za vsako vozlišče, koliko vezi je potrebno uporabiti, da bi dosegli vsako drugo, oziroma vsa ostala vozlišča. Na osnovi grafikonov 15 C smo za vsa vozlišča še izračunali vezna števila in shimbelove indekse in z njimi označili vozlišča. Ker gre pri veznem številu za notranjo medsebojno dosegljivost slovenskega železniškega omrežja, ni nepričakovano, da kaže npr. za Ormož in Maribor ter Sežano in Koper, ki so na krajnih točkah omrežja, najslabšo dosegljivost /7/, najboljšo pa za Ljubljano /4/, odkoder je zelo ugodna dosegljivost do vseh ostalih vozlišč. Še več informacij daje shimbelov indeks /15 C/. Na osnovi njega ugotavljamo, da kaže npr. Sežana večjo dosegljivost od Kopra, Zidani most večjo od Dbove in Divača večjo od Pragerskega, čeprav vezno število izenačuje posamezne navedene pare. Zanimiva je primerjava Velenja in Sežane. Vezno število ju izenačuje, medtem ko da shimbelov indeks vendarle Sežani prednost.

Dosegljivost celotnega prikazanega slovenskega železniškega omrežja lahko ugotovimo s pomočjo DISPERZIJSKEGA indeksa, ki je vsota vseh shimbelovih indeksov, kar znaša 720. POPREČNI SHIMBELOV INDEKS pa je

$$\frac{\text{disperzijski indeks}}{\text{število vozlišč}} = \frac{720}{15} = 48$$

Na osnovi poprečnega shimbelovega indeksa zaključujemo, da so Ljubljana, Zidani most, Celje, Pivka, Jesenice, Divača in Nova Gorica nadpo-





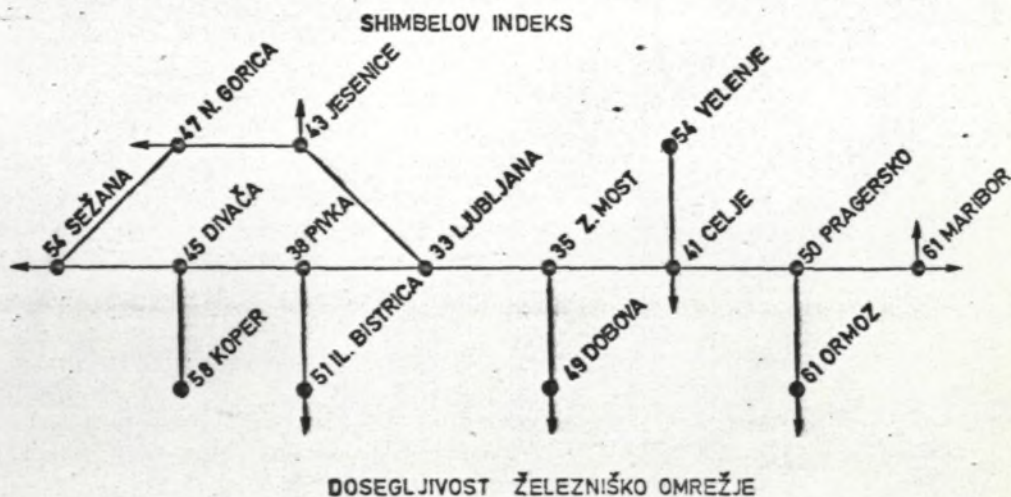
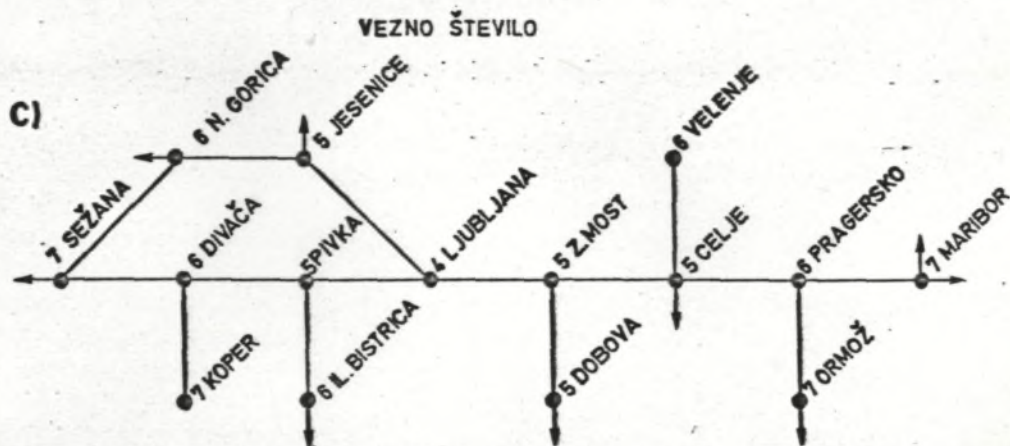
GRAFIKON (ŽELEZNIŠKO OMREŽJE)

B)

|             | V1  | V2 | V3 | V4 | V5 | V6 | V7 | V8 | V9 | V10 | V11 | V12 | V13 | V14 | V15 |
|-------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| JESENICE    | V1  | 1  | 2  | 3  | 3  | 2  | 4  | 1  | 2  | 3   | 3   | 4   | 4   | 5   | 5   |
| LJUBLJANA   | V2  | 1  | 1  | 2  | 2  | 3  | 3  | 2  | 1  | 2   | 2   | 3   | 3   | 4   | 4   |
| PIVKA       | V3  | 2  | 1  | 1  | 1  | 2  | 2  | 3  | 2  | 3   | 3   | 4   | 4   | 5   | 5   |
| L. BISTRICA | V4  | 3  | 2  | 1  | 2  | 3  | 3  | 4  | 3  | 4   | 4   | 5   | 5   | 6   | 6   |
| DIVAČA      | V5  | 3  | 2  | 1  | 2  | 1  | 1  | 2  | 3  | 4   | 4   | 5   | 5   | 6   | 6   |
| SEŽANA      | V6  | 2  | 3  | 2  | 3  | 1  | 2  | 1  | 4  | 5   | 5   | 6   | 6   | 7   | 7   |
| KOPER       | V7  | 4  | 3  | 2  | 3  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5   | 5   | 6   | 6   | 7   | 7   |
| N. GORICA   | V8  | 1  | 2  | 3  | 4  | 2  | 1  | 3  | 3  | 4   | 4   | 5   | 5   | 6   | 6   |
| Z. MOST     | V9  | 2  | 1  | 2  | 3  | 3  | 4  | 4  | 3  | 1   | 1   | 2   | 2   | 3   | 3   |
| DOBOVA      | V10 | 3  | 2  | 3  | 4  | 4  | 5  | 5  | 4  | 1   | 2   | 3   | 3   | 4   | 4   |
| CELJE       | V11 | 3  | 2  | 3  | 4  | 4  | 5  | 5  | 4  | 1   | 2   | 1   | 1   | 2   | 2   |
| VELENJE     | V12 | 4  | 3  | 4  | 5  | 5  | 6  | 6  | 5  | 2   | 3   | 1   | 2   | 3   | 3   |
| PRAGERSKO   | V13 | 4  | 3  | 4  | 5  | 5  | 6  | 6  | 5  | 2   | 3   | 1   | 2   | 1   | 1   |
| ORMOŽ       | V14 | 5  | 4  | 5  | 6  | 6  | 7  | 7  | 6  | 3   | 4   | 2   | 3   | 1   | 2   |
| MARIBOR     | V15 | 5  | 4  | 5  | 6  | 6  | 7  | 7  | 6  | 3   | 4   | 2   | 3   | 1   | 2   |

VEZNO ŠTEVILO  
SHIMBELOV INDEKS

MATRICA NAJKRAJŠE POCI

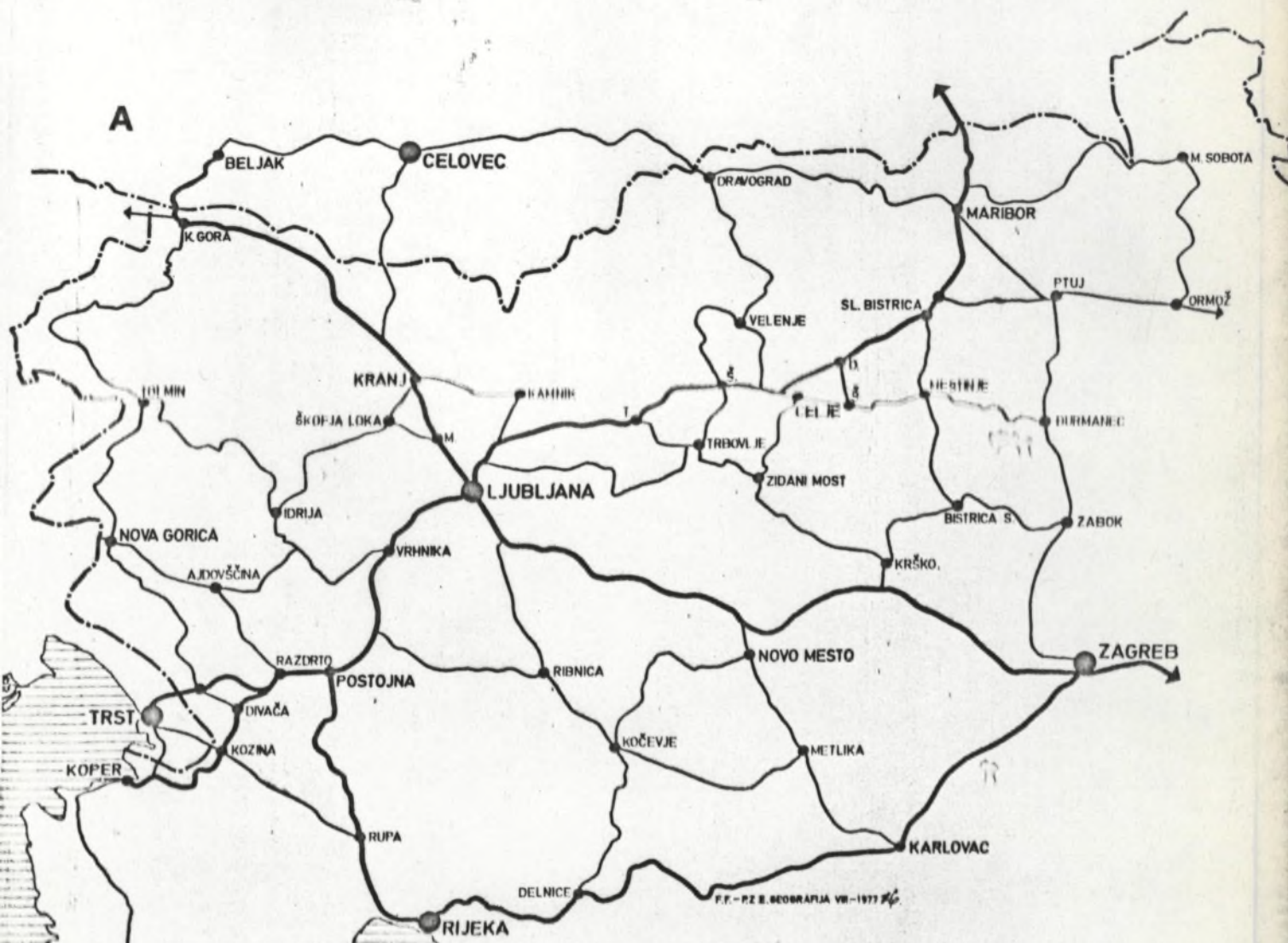


Slika 15: DOSEGLJIVOST SLOVENSKEGA ŽELEZNIŠKEGA OMREŽJA

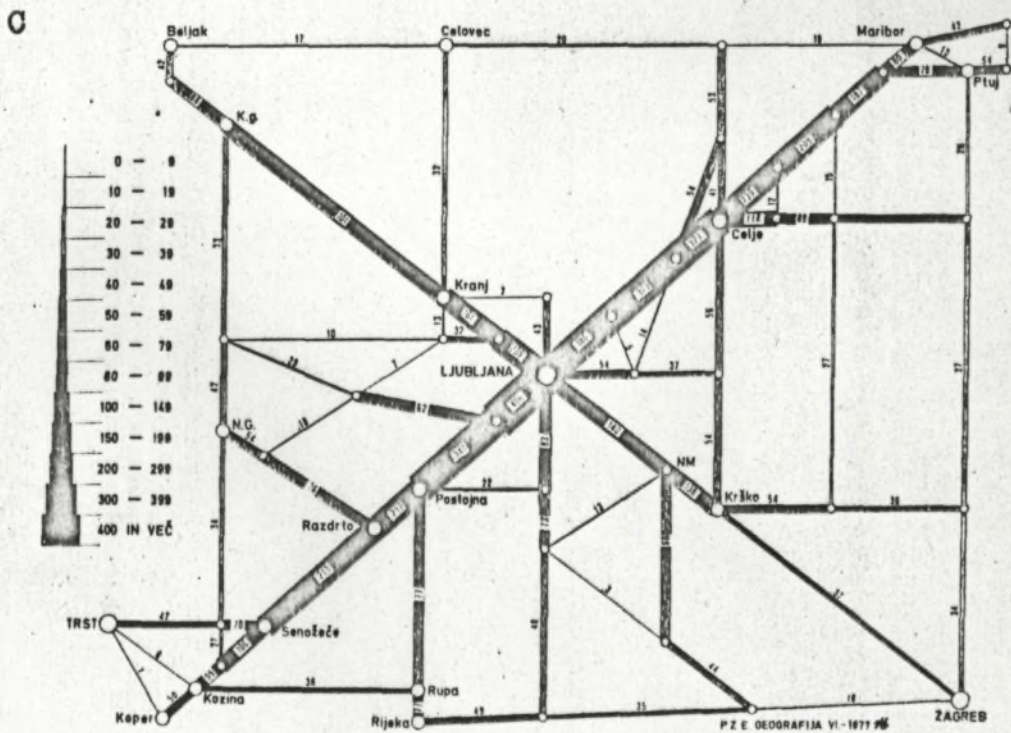
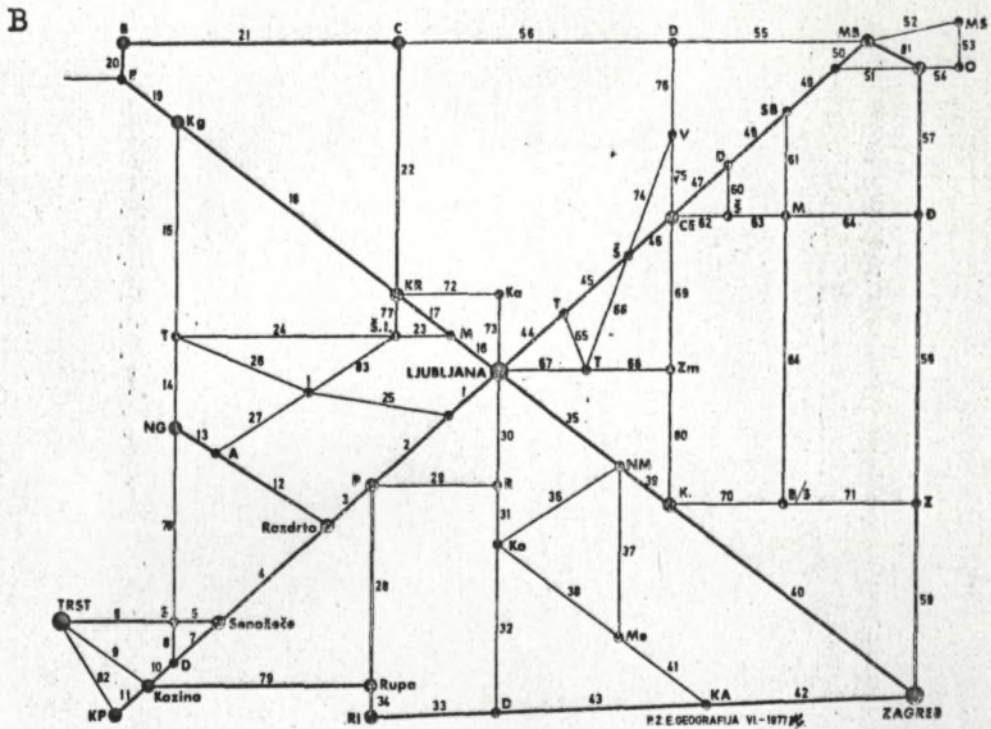
prečno dosegljivi.

b/ Relativna vloga vezi v odnosu do najkrajše poti

Da bi spoznali različno vrednost posameznih vezi v omrežju, smo izbrali osnovno cestno omrežje Slovenije. Ker nas zanimajo najkrajše povezave med vozlišči, smo upoštevali glavne ceste in pa te, ki v nekem območju pomenijo najkrajšo ali najbolj smoterno povezavo med upoštevanimi vozlišči. Priložena je karta upoštevanega prometnega omrežja Slovenije /sl. 16 A/. Cestno omrežje smo oblikovali v topološki grafikon, kjer smo s številkami označili vse posamezne cestne povezave od 1 do 84 /sl. 16 B/. Upoštevali smo tudi nekatere vezi izven republiškega okvira.



Slika 16A: Cestno omrežje Slovenije

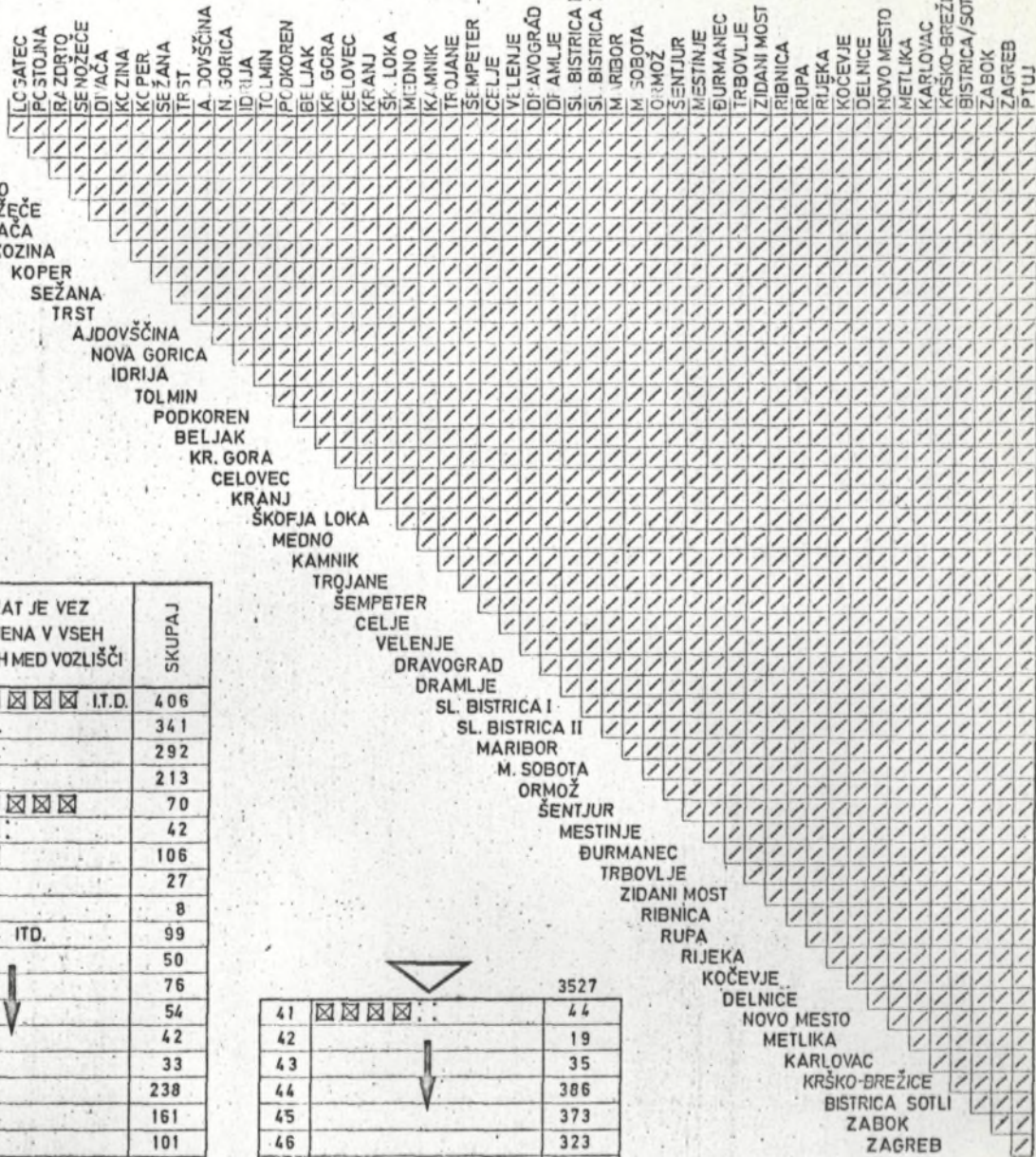


Slika 16 BC: Dva grafikona cestnega omrežja Slovenije.

/B- številke označujejo posamezne cestne odseke; C- številke kažejo, kolikokrat je bila posamezna vez uporabljena pri medsebojni povezavi vseh vozlišč.

D

LJUBLJANA  
LOGATEC  
POSTOJNA  
RAZDRTO  
SENOŽEČE  
DIVAČA  
KOZINA  
KOPER  
SEŽANA  
TRST



E

| ME ALI<br>ST. ZVEZE | KOLIKOKRAT JE VEZ<br>UPORABLJENA V VSEH<br>POVEZAVAH MED VOZLIŠČI | SKUPAJ |
|---------------------|---|--------|
| 1                   | ☒☒☒☒☒☒☒ I.T.D.  | 406    |
| 2                   | ☒☒ ITD.   | 341    |
| 3                   | ☒☒ ITD.   | 292    |
| 4                   | ☒☒☒ ITD.  | 213    |
| 5                   | ☒☒☒☒☒☒☒☒  | 70     |
| 6                   | ☒☒☒☒☒   | 42     |
| 7                   | ☒☒☒☒☒   | 106    |
| 8                   | ☒☒☒☐  | 27     |
| 9                   | ☐   | 8      |
| 10                  | ☒☒☒☒☒ ITD.  | 99     |
| 11                  |   | 50     |
| 12                  | ↓   | 76     |
| 13                  |   | 54     |
| 14                  |   | 42     |
| 15                  |   | 33     |
| 16                  |   | 238    |
| 17                  |   | 161    |
| 18                  |   | 101    |
| 19                  |   | 90     |
| 20                  |   | 44     |
| 21                  |   | 17     |
| 22                  |   | 32     |
| 23                  |   | 46     |
| 24                  |   | 10     |
| 25                  |   | 62     |
| 26                  |   | 29     |
| 27                  |   | 18     |
| 28                  |   | 77     |
| 29                  |   | 22     |
| 30                  |   | 83     |
| 31                  |   | 73     |
| 32                  |   | 40     |
| 33                  |   | 49     |
| 34                  |   | 77     |
| 35                  |   | 140    |
| 36                  |   | 13     |
| 37                  |   | 68     |
| 38                  |   | 3      |
| 39                  |   | 138    |
| 40                  | ☒☒☒☐  | 37     |
|                     | ▽   | 3527   |

|    |         |      |
|----|---------|------|
| 41 | ☒☒☒☒☒☒☒ | 44   |
| 42 |         | 19   |
| 43 |         | 35   |
| 44 |         | 386  |
| 45 |         | 373  |
| 46 |         | 323  |
| 47 |         | 239  |
| 48 |         | 209  |
| 49 |         | 187  |
| 50 |         | 80   |
| 51 |         | 70   |
| 52 |         | 42   |
| 53 |         | 90   |
| 54 |         | 54   |
| 55 |         | 19   |
| 56 |         | 20   |
| 57 |         | 26   |
| 58 |         | 37   |
| 59 |         | 34   |
| 60 |         | 12   |
| 61 |         | 15   |
| 62 |         | 118  |
| 63 |         | 89   |
| 64 |         | 53   |
| 65 |         | 5    |
| 66 |         | 14   |
| 67 |         | 54   |
| 68 | ☒☒☒☐    | 37   |
|    | ▽       | 6211 |

|    |         |      |
|----|---------|------|
| 69 | ☒☒☒☒☒☒☐ | 56   |
| 70 |         | 54   |
| 71 |         | 36   |
| 72 | ↓       | 7    |
| 73 |         | 43   |
| 74 |         | 54   |
| 75 |         | 41   |
| 76 |         | 53   |
| 77 |         | 13   |
| 78 |         | 34   |
| 79 |         | 36   |
| 80 |         | 55   |
| 81 |         | 13   |
| 82 |         | 1    |
| 83 |         | 7    |
| 84 | ☒☒☐     | 27   |
|    | SKUPAJ  | 6741 |

Slika 16 D,E: Analiza najkrajše poti. D - Kontrolna matrica; E - koliko-krat je vez uporabljena v medsebojnih notranjih povezavah.

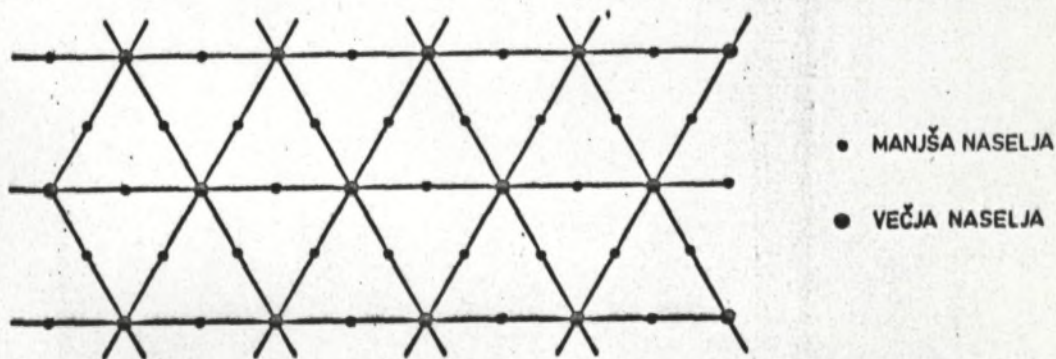
Slovensko cestno omrežje smo analizirali po metodi najkrajše poti, kakor smo jo obravnavali na sliki 14 in pripadajočem tekstu. S posebno tabelo, kakor na sl. 14 C, smo preverili, če smo zares upoštevali vseh 1250 najkrajših povezav, ki vodijo od vsakega upoštevanega vozlišča do vseh ostalih. Slika 16 C je rezultat te analize. Debeline posameznih vezi in vmesne številke povedo, kolikokrat je bila posamezna vez uporabljena, če smo med seboj povezali vsa označena vozlišča po najkrajši poti. Slika ne kaže konkretne obremenitve, ampak pomen posameznih vezi v notranjem /medsebojnem/ cestnem prometu, če nas zanima idealna medsebojna dosegljivost. Posamezne debeline vezi in številke bi bilo zanimivo primerjati s podatki in karto konkretne obremenitve in s karto kakovosti in širine vezi. Že bežen pogled namreč kaže, da se večji del glavnih vezi Slovenije, npr. na t.i. "cestnem križu", ujema tudi s karto obremenitve, po drugi strani pa je slika 16 C zanimiva tudi zato, ker opozarja na nekatere vezi, ki so sicer v izgradnji zapostavljene, zaradi slabe kakovosti cestišč trpi tudi njih obremenitev, so pa v pogledu dosegljivosti po najkrajši poti zelo pomembne in bi lahko znatno izboljšale stanje ob primerni dogradnji oz. izboljšavi.

## V. CESTNO PROMETNO OMREŽJE

Omrežje cest se spreminja od območja do območja. Če si ogledujemo npr. prometno karto Slovenije, ugotavljamo, da sestavlja njeno cestno omrežje veliko število posameznih vezi, navidez nerazumljivo zavitih, zgoščenih ali razredčenih. Često se vezi tako razredčijo in je vozlišč tako malo, da komaj upravičeno uporabljamo izraz omrežje; drugje zopet potekajo vezi le v neko določeno smer in ni prečnic, posebno kjer povezujejo dve močnejši urbanizirani območji prek manj poseljenega in težje prehodnega sveta, npr. Ljubljansko in Celovško kotlino prek Karavank; so pa po drugi plati zopet območja s tako gostimi in zapletenimi vezmi, da se v njih komaj znajdemo in jim opravičimo smisel.

Veliko vlogo pri oblikovanju omrežja ima relief. Najprej vpliva na GOSTOTO. V višjem in morfološko razgibanem svetu je dolžina vseh cest v primerjavi s površino kratka, ali pa cest skorajda ni zaradi pretežavnih reliefnih razmer, redke naselitve in skromne gospodarske osnove. Naslednja značilnost cestnega omrežja pa je USMERJENOST. Na primeru Slovenije lahko v vsakem njenem delu ugotavljamo dominantne smeri. Tako dominantnost pospešujejo predvsem gorski sistemi oz. smeri dolin in slemen s prelazi. Lep primer so Karavanke s cestnimi smermi sever - jug, pa tudi Škofjeloško-cerkljansko hribovje s smermi vzhod - zahod, Julijske Alpe, Pohorje in tudi slovenski dinarski svet. Kjer so pri izoblikovanju dominantnih smeri sodelovali tudi širši medregionalni-tranzitni interesi in so se posamezne vezi morale prebiti prek težjih prirodnih ovir, jim tudi sodobna civilizacija ni dodobra kos, npr. sneg, zameti, podori, veter, voda, lahko tudi za daljši čas v letu zaprejo cestne prehode. Drugače je v nižjem ruralnem svetu, ki nima izrazitih morfoloških pregrad. Naselja so razporejena pravilneje, skorajda v določenem geometrijskem redu in jih povezujejo direktne vezi, oziroma omrežje v pravem smislu besede /sl. 17/. Poti se združujejo v več-

jih naselijh, vasi pa so oskrbovane s cestami, ki vodijo proti večjim središčem.



Slika 17: Razporeditev poti in naselij v nizki ruralni pokrajini /posplošeno!/.

Za geografijo prometa sta oba pojava, gostota omrežja in smeri posameznih vezi, zelo pomembna dejavnika.

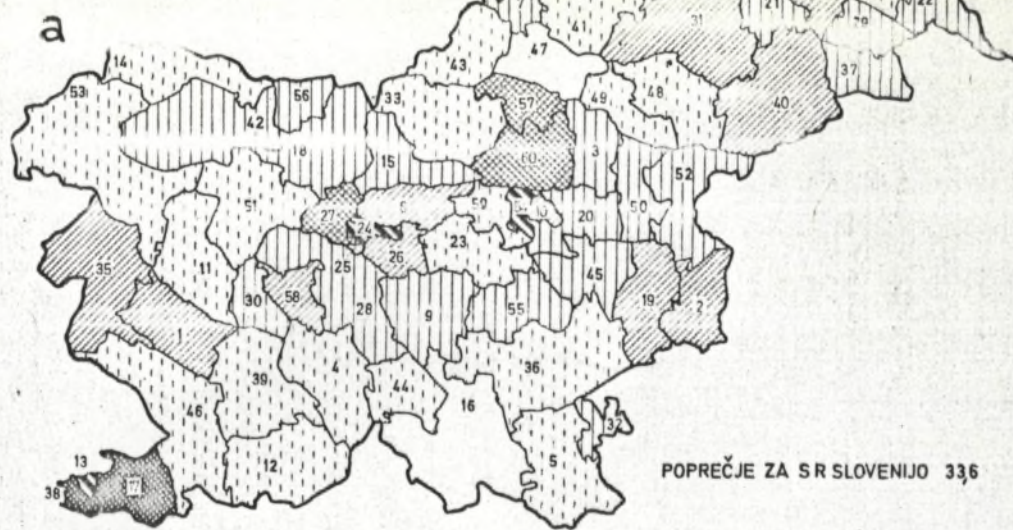
#### A/ Gostota prometnega omrežja

Gostoto prometnega omrežja v načelu izrazimo z odnosom med dolžino vseh vezi /cest ali železnic ali oboje hkrati, pa tudi letalskih vezi, vodnih poti in podobno/ in nekim, drugim primernim dejavnikom, npr. površino, številom prebivalstva, številom prometnih sredstev itd. Najčešče nas zanima gostota prometnih vezi glede na površino. Izrazimo jo z odnosom med dolžino upoštevanih vezi v km in površino regije v km<sup>2</sup>.

Tedaj: gostoto prometnega omrežja izrazimo z:  $a = \frac{D \cdot 100}{P}$ , /če je D dolžina upoštevanih komunikacij - vezi in P površina v km<sup>2</sup>/.

Često nam je potrebno izraziti gostoto prometnega omrežja še z odnosom do števila prebivalstva, saj gre za velike razlike med regijami v





DO 20    20,1-30    30,1-40



40,1-50    50,1-60    60,1-80    80,1 IN VEČ



FF-PZE GEOGRAFIJA X - 1977

- 3 CELJE
- 4 CERKNICA
- 5 ČRNOMELJ
- 6 DOMŽALE
- 7 DRAVOGRAD
- 8 GORNJA RADGONA
- 9 GROSUPLJE
- 10 HRASNIK
- 11 IDRJA
- 12 ILIRSKA BISTRICA
- 13 IZOLA
- 14 JESENICE
- 15 KAMNIK
- 16 KOČEVJE
- 17 KOPER
- 18 KRANJ
- 19 KRŠKO
- 20 LAŠKO
- 21 LENART
- 22 LENDAVA
- 23 LITIJA
- 24 LJUBLJANA-BEŽIGRAD
- 25 II -CENTER
- 26 II -MOSTE-POLJE
- 27 II -ŠIŠKA
- 28 II -VIČ-RUDNIK
- 29 LJUTOMER
- 30 LOGATEC
- 31 MARIBOR
- 32 METLIKA
- 33 MOZIRJE
- 34 MURSKA SOBOTA
- 35 NOVA GORICA
- 36 NOVO MESTO
- 37 ORMOŽ
- 38 PIRAN
- 39 POSTOJNA
- 40 PTUJ
- 41 RADLJE OB DRAVI
- 42 RADOVLJICA
- 43 RAVNE NA KOROŠKEM
- 44 RIBNICA
- 45 SEVNICA
- 46 SEŽANA
- 47 SLOENJ GRADEC
- 48 SLOVENSKA BISTRICA
- 49 SLOVENSKE KONJICE
- 50 ŠENTJUR PRI CELJU
- 51 ŠKOFJA LOKA
- 52 ŠMARJE PRI JELŠAH
- 53 TOLMIN
- 54 TRBOVLJE
- 55 TRENJE
- 56 TRŽIČ
- 57 VELENJE
- 58 VRHNIKA
- 59 ZAGORJE OB SAVI
- 60 ŽALEC

Slika 18: Gostota prometnega omrežja Slovenije po občinah glede na dolžino magistralnih, regionalnih in lokalnih cest s protiprašno prevleko; a- dolžina cest v odnosu do površine; a<sub>1</sub> - dolžina cest v odnosu do števila prebivalstva; A - dolžina cest v odnosu do površine in prebivalstva.

razporeditvi prebivalstva in njihovimi prometnimi možnostmi. Prometnost nekega ozemlja je lahko dober pokazatelj njegove gospodarske razvitosti. Slaba prometna povezanost je velika ovira za hitrejši napredek pokrajine ali regije. Zato lahko gostoto omrežja izrazimo tudi takole:  $a_1 = \frac{D \cdot 10000}{L}$  /če je D dolžina upoštevanih komunikacij in L število prebivalstva/.

Iz obojega, t. j. gostote komunikacij glede na površino in gostote te glede na število prebivalstva, lahko izračunamo tudi nekak splošen pokazatelj gostote prometnega omrežja, ki nam pri primerjavi in oceni regij oziroma administrativnih enot pokaže medsebojne odnose in prometno razvitost. Zato lahko združimo oba gornja pokazatelja gostote,

$$a \text{ in } a_1 : \quad A = \sqrt{a \cdot a_1}$$

$$A = \sqrt{\frac{D \cdot 100}{P} \cdot \frac{D \cdot 10000}{L}}$$

$$A = \frac{D \cdot 1000}{\sqrt{P \cdot L}}$$

Slika 18 kaže vse tri primere gostote prometnega omrežja na karti Slovenije po občinah tako, da smo upoštevali površino  $100 \text{ km}^2$  in prebivalstvo 10.000, t. j. kolika je v neki občini dolžina cest na  $100 \text{ km}^2$  in dolžina cest na 10.000 prebivalcev. Pri "a" slabša prometne razmere večanje arealá, pri "a<sub>1</sub>" pa višanje števila prebivalstva. Pokaže se, da je pokazatelj "A" lahko za nas močno zanimiv in uporaben za splošno orientacijo razmer. Seveda, ne glede na kakovost cest, opozarja na večjo ali manjšo razvitost prometnega omrežja oziroma potrebo po prometni razvitosti. Še bolj pa je pokazatelj "A" koristen skupno z "a" in "a<sub>1</sub>". Ko nam pokaže "A" npr. slabo ali zelo dobro stanje prometne gostote po občinah, lahko s pomočjo kart s prikazanim "a" in "a<sub>1</sub>" ugotovljamo, kje so vzroki gostote, ali gre npr. za res redko prometno omrežje glede na površino /prim. Slovenjgradec,  $A = 24,7$ ,  $a = 19,5$ /, ali pa gre za veliko število prebivalstva, ki obremenjuje določeno dolžino cest

/prim. Ljubljana-Bežigrad,  $A = 18,9$ ,  $a = 6$ /, ali pa gre za splošno slabe razmere /prim. Novo mesto,  $A = 29,9$ ,  $a = 24,9$ ,  $a_1 = 36$ /, oziroma za splošno dobre razmere /prim. Ajdovščina,  $A = 57,2$ ,  $a = 44,9$ ,  $a_1 = 73$ , Krško,  $A = 50,3$ ,  $a = 44,3$ ,  $a_1 = 57$ , Koper, Logatec itd. glej sl. 18/.

Do zdaj opisani pokazatelji prometne gostote so vezani na nek areal, administrativno enoto, za katero je določena: površina, število prebivalstva in dolžina cest. Nas pa često zanimajo meje med različnimi gostotami prometnega omrežja, ne glede na vnaprej določene meje. Večkrat kazi realno sliko tudi kaka aglomeracija, ker prinaša veliko prometno zgoščenost na manjšem območju prek vse omejene administrativne površine /prim. Ljubljana-Vič-Rudnik/. Naš namen je, da nam šele rezultati analize prometne gostote pokažejo razlike v prostoru, ki bi nam omogočile potegniti mejo - izoplete. Zato iščemo nove pomožne metode. Namesto merjenja in ocenjevanja dolžine vezi, zavojev, površine in podobno, se odločimo za poenostavljeno metodo tako, da izrazimo prometno gostoto s številom križišč na neki omejeni ali neomejeni površinski enoti. Dobljena slika nam lahko zadovoljivo omogoča primerjave med območji in celo omejitv.

Metodo smo preizkusili na primeru cestnega omrežja Slovenije:

a/ Za osnovo smo izbrali nekoliko korigirano prometno omrežje vseh asfaltiranih cest iz prometne karte Slovenije /Avtokarta Jugoslavije, AMZ Slovenije, 1976/, kakor ga kaže sl. 19 A.

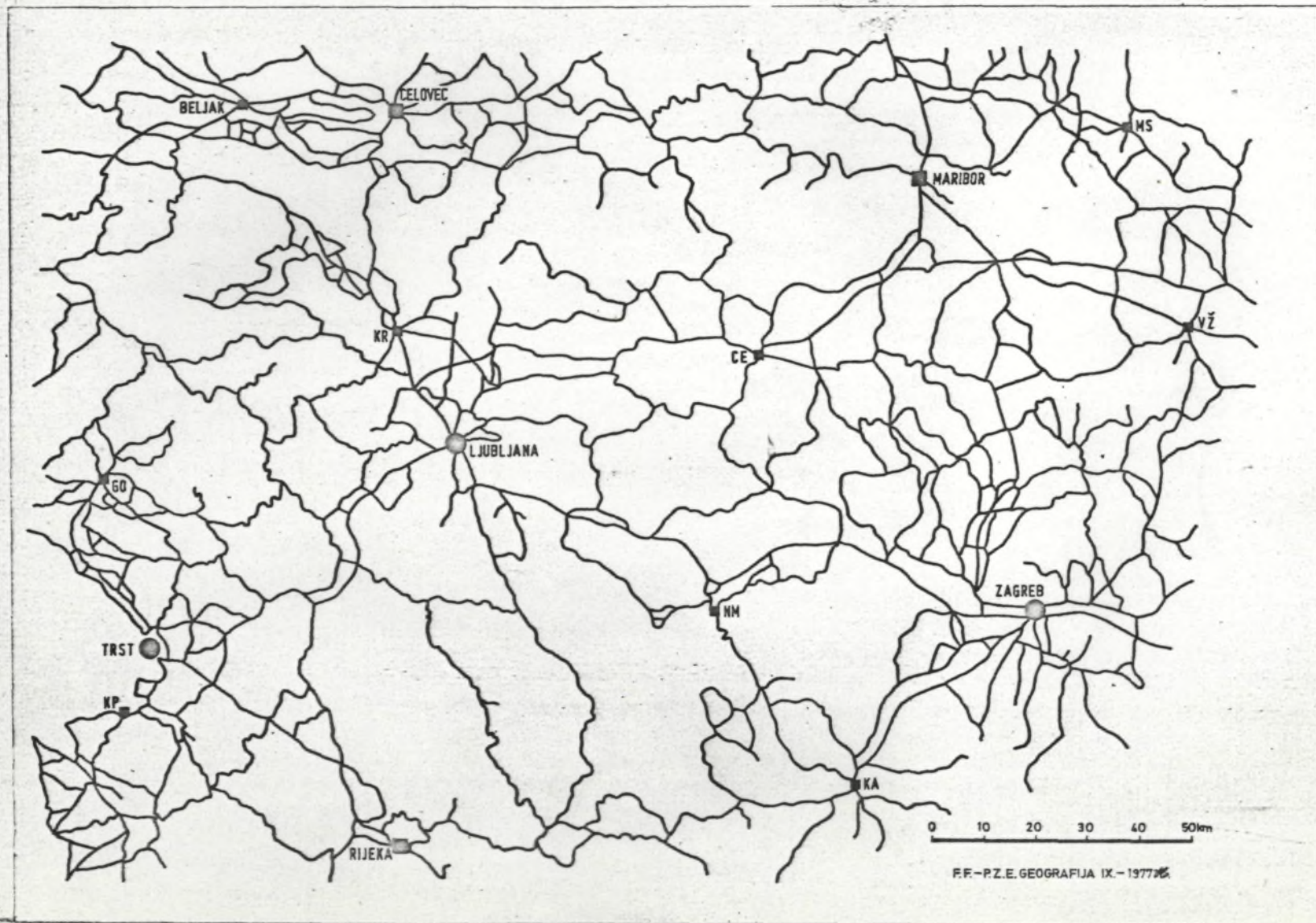
b/ Iz karte /sl. 19 A/ smo nanegli v istem merilu lokacije vseh cestnih križišč in jih označili s točkami. Slika 19 B kaže vsa cestna križišča iz omrežja na sliki 19 A.

c/ Sliki 19 B smo opremili z enakomernim sistemom krogov tako, da se na pol prekrivajo. Krog pokriva  $500 \text{ km}^2$  površine, radij vsakega kroga je 12,6 km.

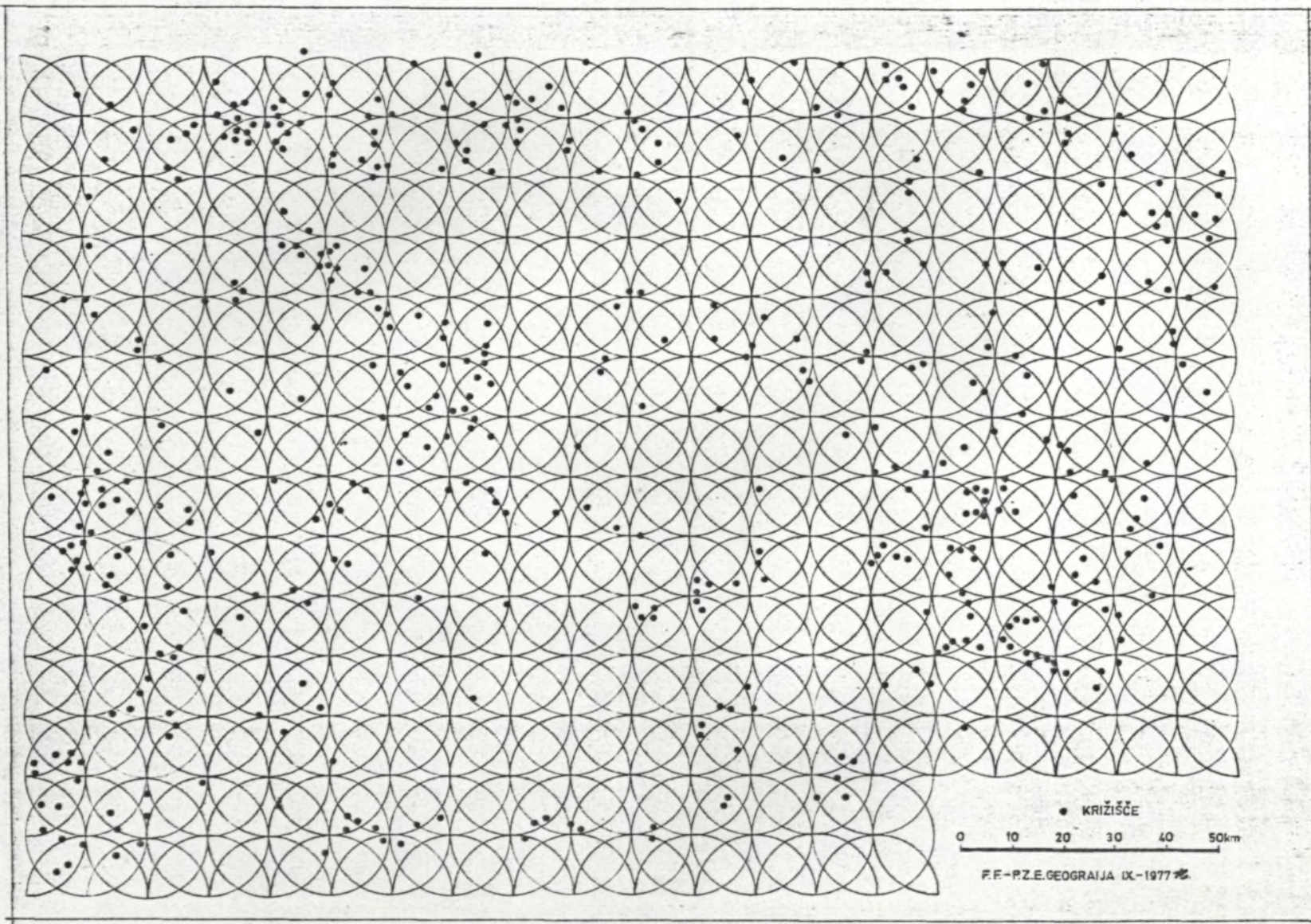
d/ Iz slike 19 B smo prešteli število vozlišč v polnem krogu in v njegovo središče vpisali seštevek križišč v vsakem krogu. Kjer so na robih le polkrogi, smo seštevek pomnožili z dva. Razumljivo je, da smo po nakazani metodi vsako vozlišče šteli nekajkrat, ker se krogi večkrat prekrivajo. Število v središču kroga nam tedaj pove število križišč asfaltiranih vezi na  $500 \text{ km}^2$  v določenem predelu, ki ga pokriva površina enega kroga.

e/ Na ta način smo dobili pravilen kvadratni sistem, ki ga sestavljajo središča vseh krogov. Izrisali smo ga na posebni karti in vsakemu središču dodali tudi pripadajočo vrednost, ki nam pove, da je v njegovi okolici, na površini  $500 \text{ km}^2$ , določeno število vozlišč. To pa pomeni, da je tam določena gostota prometnega omrežja asfaltiranih vezi. S pomočjo teh števil smo izrisali na sliki 19 C izoplete, ki nam omejujejo območja podobne gostote vozlišč, s tem pa tudi prometna omrežja. Izoplete omejujejo prometno gostoto 0-4, 5-9, 10-14, 15-19 in več kot 20 vozlišč.

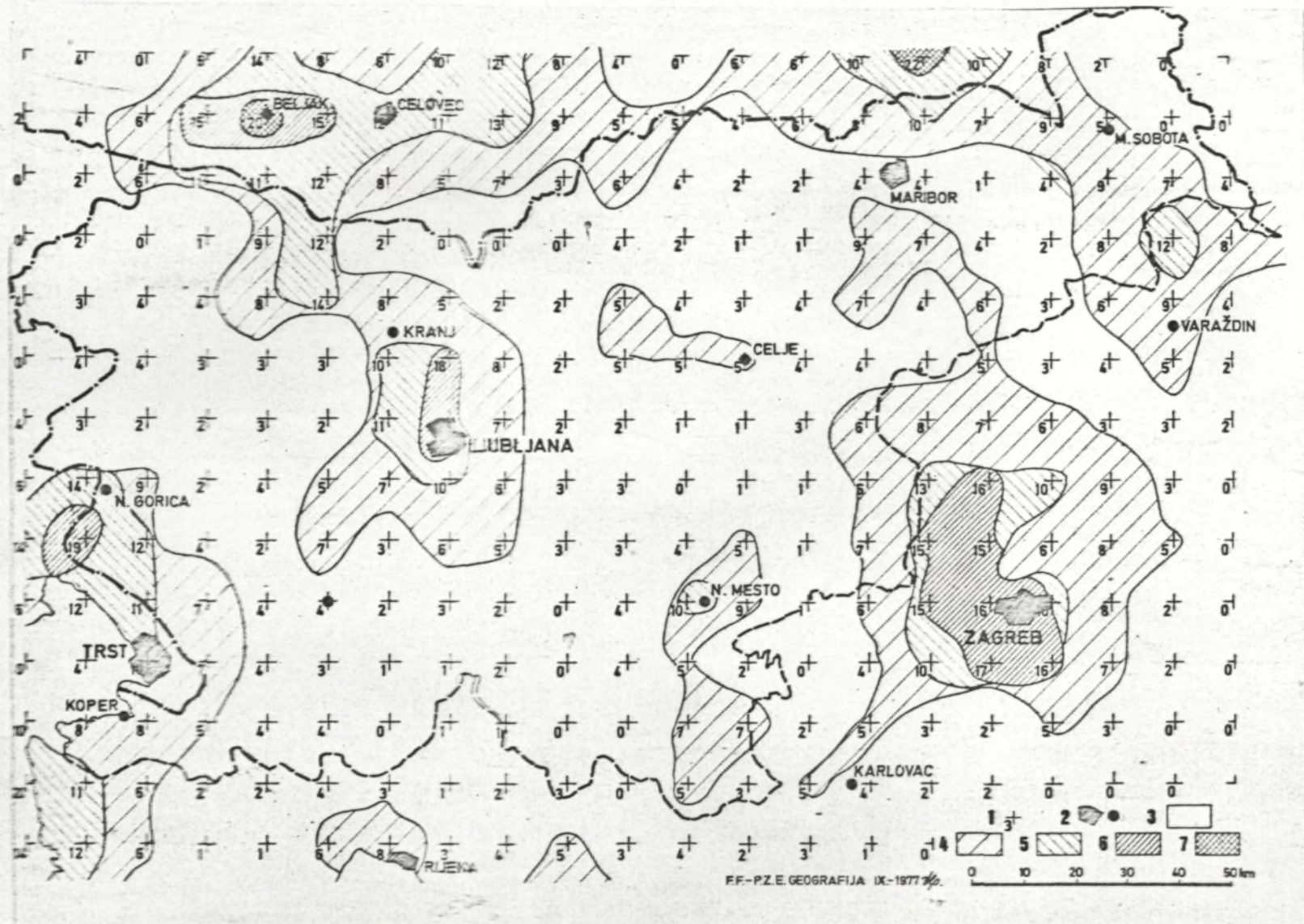
Čeprav nastala karta izoplet sicer ni kartografsko opremljena, lahko iz nje takoj začutimo fizično podobo Slovenije in njene bližnje okolice. Po eni strani nastopajo praznine na zahodnem delu v alpsko-dinarski smeri z redkimi prečnimi vezmi, podobno je tudi na Karavankah in Pohorju; lepo je vidna praznina v osrednjeslovenskem prostoru. Po drugi strani pa začutimo tudi zgostitve, npr. na štajersko-primorski smeri z vmesnimi prekinitvami v karavanško-konjiški pregraji severovzhodno od Cella, pri Trojanah in v slovenskem dinarskem sistemu jugovzhodno od Ljubljanske kotline, v savskem prometnem območju in tudi relativno zgoščenem subpanonskem svetu. Je pa tudi več primerov območij, ob katerih bi se morali zamisliti, zakaj so tako prometno prazni. Če bi to karto dopolnili s podatki o prometni kakovosti, bi problematika še bolj izstopila. Z veliko prometno gostoto nastopajo goriško območje, predvsem zaradi vpliva italijanskega prometnega omrežja in pa mednarodno pomembno beljaško prometno območje ter južno gravitacijsko območje Gradca. /sl.19/.



Slika 19A: Cestno omrežje v Sloveniji. Upoštevane so ceste, ki so označene v cestni karti Jugoslavije z rdečo barvo, t.j. kot asfaltirane.



Sl. 19 B: Cestna vozlišča v Sloveniji in sistem krogov, ki pokrivajo  $500 \text{ km}^2$ .  
Vozlišča so označena na osnovi karte na sliki 19 A.



Slika 19 C: Gostota cestno-prometnega omrežja Slovenije. 1- točke označujuju število vozlišč v krogu 500 km<sup>2</sup>; 2- večja mestna središča z močnim notranjim prometnim omrežjem; 3- območje z 0 do 4 vozlišči na 500 km<sup>2</sup>; 4- območje s 5 do 9 vozlišči; 5- območje z 10 do 14 vozlišči; 6- območje s 15 do 19 vozlišči; 7- 20 in več vozlišč.

Kjer ni večjih fizično-geografskih preprek in kjer so znatnejše gospodarsko-prometne potrebe, se razvija kompleksno cestno-prometno omrežje. Geografa zanimajo različni tipi cest glede na oskrbo prebivalstva, kakovost, prevodnost in smer cest ter razne druge značilnosti in funkcije prostorne razporeditve. Čeprav je npr. cestno omrežje regionalno ali celo kontinentalno povezano tako kot železniško, je potrebno poudariti, da je železniško omrežje po svetu ali konkretnije v Evropi po kategorizaciji, funkcijah in značilnostih izgradnje mnogo enotnejše od cestnega. To morda zato, ker je bilo železniško omrežje grajeno hkrati, ker je bilo še do nedavna mnogo dolgopoteznejše in ker se je sodobno cestno omrežje v preteklosti počasneje razvijalo. V začetku je bilo penetracijsko, dograjevano od železnice, parcialno in zelo neenakomerno v makroregionalnem smislu. Ne smemo pozabiti še dejstva, da se je sodobno cestno omrežje za motoriziran promet najprej naslonilo na stare predželezniške "furmanske", bele ceste; večina teh sega nazaj celo do rimskih časov. V začetku so te ceste le dopolnjevale železniške vezi tako, da so od železniških postajališč povezovalle notranjost. Z razvojem cestne motorizacije se je dopolnjevalo tudi cestno omrežje. Ceste so se vse bolj osamosvajale od železnice, nastajale so dolgopotezne, često železniškim progam paralelne in tudi konkurenčne. Zato govorimo še danes o dveh vlogah ali principih cest. Ene so krajšepotezne, lokalne, penetracijske in povezovalne. Te potekajo iz kraja v kraj, iz središča v središče. Nastajale in razvijale so se iz starega cestnega omrežja. Pravimo, da je to CESTNI PRINCIP omrežja. Druge so dolgopoteznejše, novejšje, prirejene za hiter promet, izogibajo se naselij, kjer imajo le odcepe do središč, od pokrajine so izolirane, saj so križišča najčešče izvennivojska, priključki so redki, kakor postaje pri železnici, zato pravimo tem cestam, da imajo ŽELEZNIŠKI PRINCIP.

Glede na funkcijo, izgradnjo, pomen in upravljanje cest so v razvoju vladali različni kriteriji, kategorizacije in poimenovanje. Takoj po



osvoboditvi so bile kategorizirane vse pomembnejše ceste v ceste I, II in III reda. Po pomenu smo jih razdelili v zvezne, republiške in ostale lokalne, upravljanje pomembnejših vezi pa je prehajalo in se menjavalo od zveznih in republiških organov oblasti, pa do okrožij in okrajev. Leta 1971 je bil sprejet nov zakon o javnih cestah. Skrb in upravljanje je prevzela Republiška skupnost za ceste. Glede na pomen je zakon prekategoriiral vezi v magistralne, regionalne, lokalne in nekategori- zirane.

Na koncu 1974. leta smo imeli v SR Sloveniji naslednje cestno omrežje:

|            | skupaj | M     | R     | L     | AC    |
|------------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Dolžina    | 13.970 | 852   | 3.938 | 9.140 | 40    |
| od tega:   |        |       |       |       |       |
| sodobnih   | 4.800  | 833   | 2.323 | 1.604 | 40    |
| gramoznih  | 8.786  | 19    | 1.615 | 7.152 | -     |
| zemeljskih | 384    | -     | -     | 384   | -     |
| od tega %: | 100,0  | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| sodobnih   | 34,4   | 97,8  | 59,0  | 17,6  | 100,0 |
| gramoznih  | 62,9   | 2,2   | 41,0  | 78,2  | -     |
| zemeljskih | 2,7    | -     | -     | 4,2   | -     |

/M = magistralna, R = regionalna, L = lokalna, AC = avtocesta/.

Izračunani so bili tudi standardi republiškega cestnega omrežja na osnovi inventarizacije vseh odsekov po naslednjih kriterijih:

prometna vrednost:  $Q_{pv}$

gradbena vrednost:  $Q_{gv}$

nerazvita območja:  $Q_{np}$

ravnost prometne površine:  $Q_r$

Kategorizacija cestnega omrežja je v glavnem opravljena glede na

pomen, medtem ko uporabljajo glede na standarde izgradnje, opremljenost in včasih tudi samo glede na želje, še razne druge nazive: hitre ceste, avtostrade, avtoceste, polovične avtoceste, tovarne ceste, mednarodne, glavne, tranzitne ceste itd.

Avtoceste /AC/ se bistveno razlikujejo od vseh drugih. Pri njih se najbolj izraža železniški princip. Imajo najmanj štiri pasove, obe smeri sta ločeni, na strminah so posebni počasni pasovi, občasno so posebni odstavní pasovi, ustavljanje in parkiranje ni dovoljeno, za to so posebni prostori za počitek. Strmine /ne prek 4 %/ in ovinki /minimalna dolžina 250 m/ so urejeni tako, da omogočajo visoko poprečno brzino. Vsa križišča so izven nivoja, priključki in odcepi so redki /po pravilu ne pod 10 km/, urejeni so v obliki deteljic tako, da ne ovirajo prometa na cesti. Za lokalni promet so urejeni posebni nadvozi in podvozi. Po pravilu je avtocesta le redkokje speljana skozi mesto, če pa je že, je ločena od mestnega prometa.

Stanje slovenskih cest je slabo, posebno če računamo velike prometne potrebe slovenskega ozemlja, razvit domači in tuji turizem in visoke tranzitne težnje. Problematiko rešujemo z različnimi kombinacijami delnih rekonstrukcij, z raznimi hitrimi cestami in parcialno z izgradnjo avtocest. Že pred leti je bila dograjena hitra cesta ali polovična avtocesta Ljubljana - Zagreb, pa tudi nekaj kilometrov hitre ceste s standardi polovične avtoceste na Gorenjskem /od Naklega do Podvina in Podljubelja, v dogradnji je popolna avtocesta Ljubljana - Razdrto, izgrajen je tudi eden trak avtoceste Škofja vas - Hoče.

Vmesne stopnje med navadnimi cestami, prirejenimi za motoriziran promet in sodobnimi avtocestami so t.i. tripasovnice. Te so do 9 m široke in s prekinjenimi in neprekinjenimi vzdolžnimi črtami urejene tako, da sta nekaj kilometrov v eno smer dva vozna traka, počasnejši in za prehitvanje, nato pa tako v drugo smer. Podobno je začasno urejen promet na avtocesti Arja vas - Hoče.

Često je pri nas v rabi izraz hitre ceste. Oznaka je splošna in jo uporabljamo za najrazličnejše kriterije, da bi opredelili ceste glede na kakovost, pomembnost, želje in tudi, da bi poudarili neko prometno smer. Predvsem smo poimenovali s hitrimi cestami slovenski cestni križ, to sta smeri Šentilj - Ljubljana - Postojna s pahljačo proti Rijeki, Kopru, Trstu in Novi Gorici in pa Jesenice - Ljubljana - Zagreb. Na primeru cestnega križa se vidi, da pomeni izraz hitre ceste funkcijo, saj gre predvsem za mednarodne tranzitne cestne povezave, ki so prirodno in zgodovinsko utemeljene in vežejo glavna proizvodna in populacijska območja.

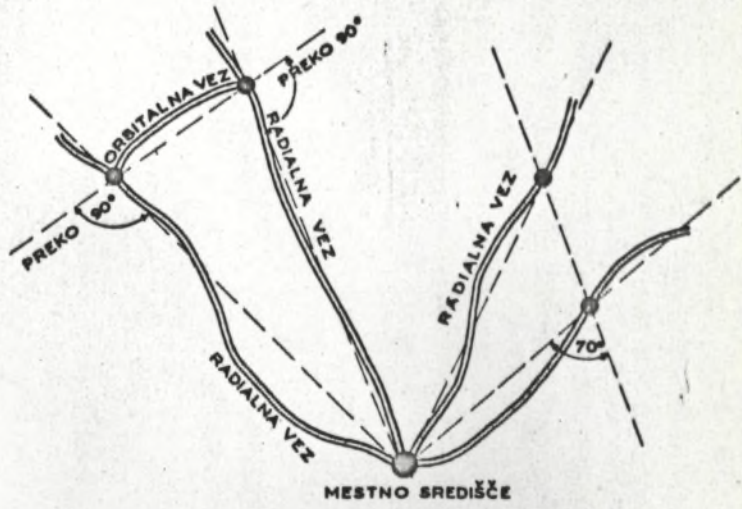
V modernih cestnih omrežjih, posebno tam, kjer so velika mestna središča, obstojajo še posebne tovorne ceste. V mnogočem so podobne avtocestam, se pa od njih bistveno razlikujejo. Tovorne ceste so često široke, z ločenimi dvosmernimi pasovi, direktne in dolgopotezne, izogibajo se manjšim naseljem, vežejo pa večja središča in vodijo skozi središča, ki jo napajajo. Na splošno avtoceste povezujejo konurbana območja in imajo odcepne pasove v mesta, tovorne ceste pa vežejo mesta in imajo odcepne, obvozne pasove. Na sliki 20 je primer cest raznih kategorij v slovenskem cestnem omrežju.



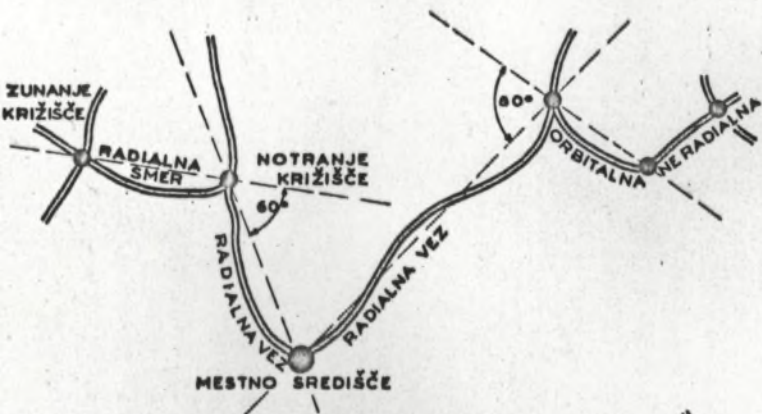
Slika 20: Primer kategorizacije cestnega omrežja



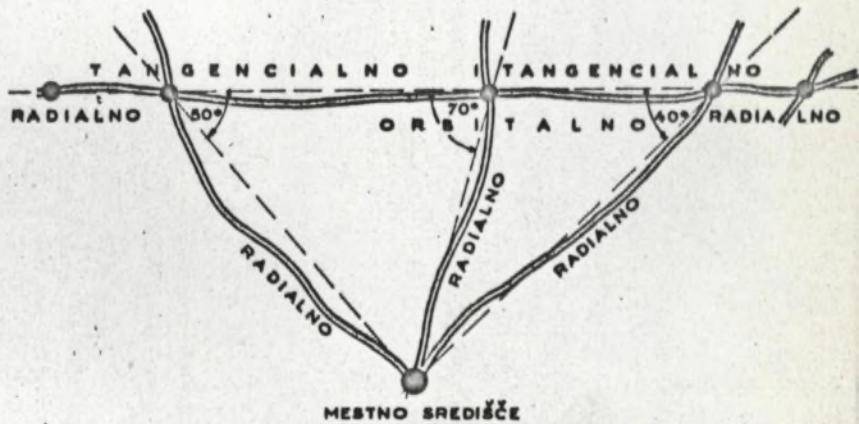
A TIPIČNO MESTNO PROMETNO OMREŽJE



C OPREDELITEV RADIALNE CESTE



B OPREDELITEV RADIALNE VEZI



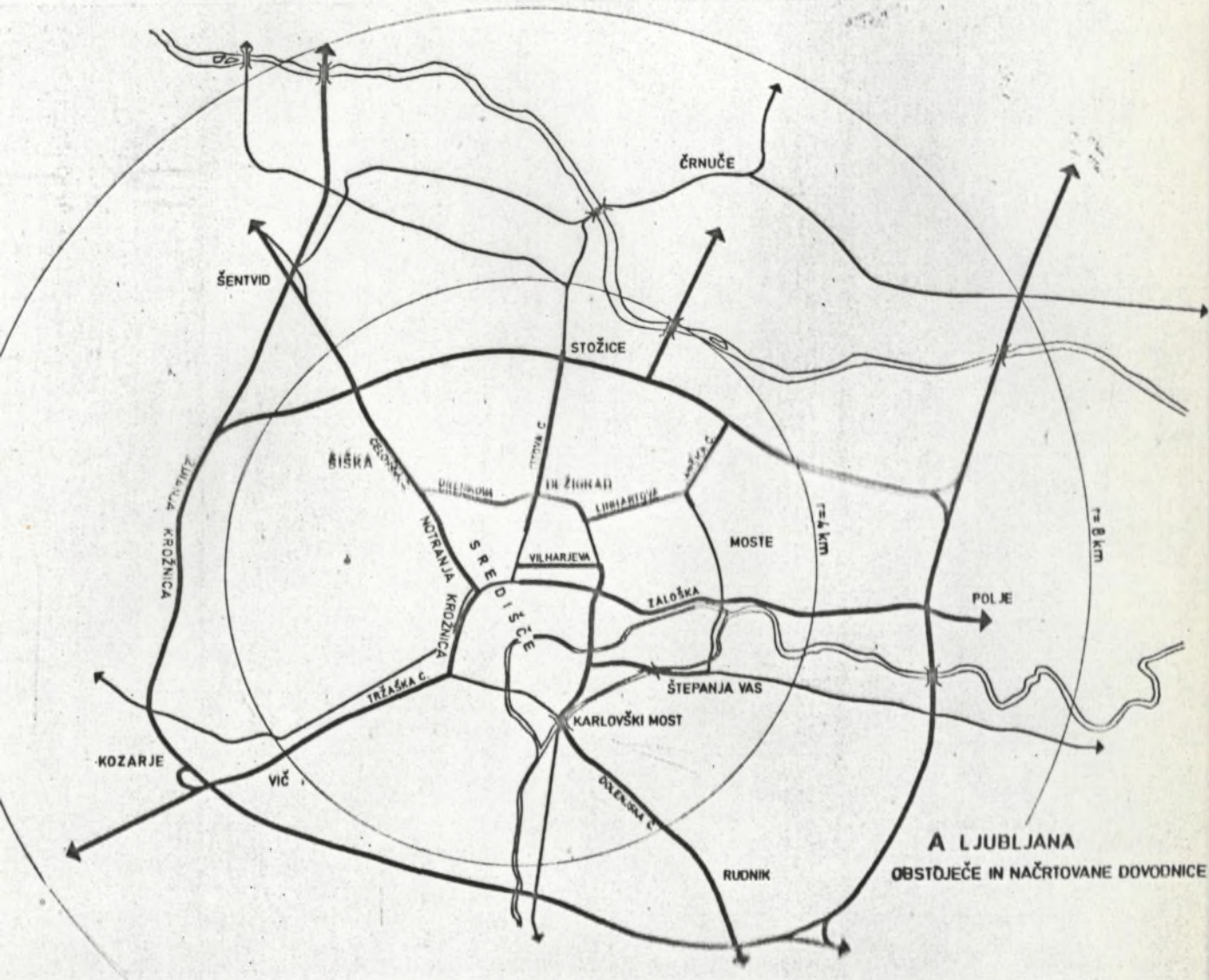
D RADIALNE, ORBITALNE IN TANGENCIALNE CESTE

Slika 21: Urbani cestni sistemi

### Radialni sistemi cest

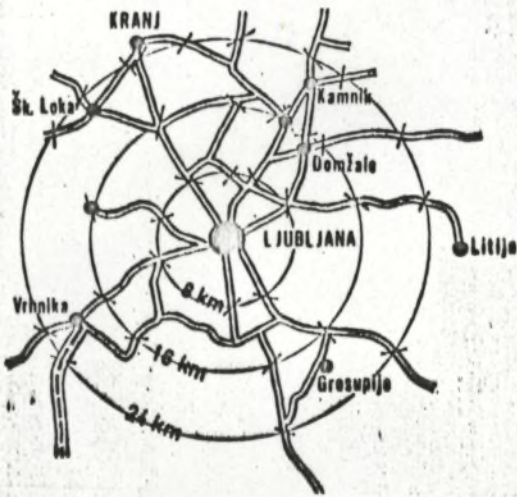
Temeljna značilnost cest je težnja, da ustvarjajo radialni sistem, ki je usmerjen proti mestnim aglomeracijam. Najmočnejši prometni tokovi potekajo namreč med mestom in okolico in z oddaljenostjo slabijo. Radialni sistemi omrežja omogočajo te težnje. Glede na velikost, obseg in vlogo mest, pa se vplivna območja razlikujejo. Različno upadanje vpliva mesta z oddaljenostjo razberemo tudi iz primerov raznih slovenskih mest na sliki 22.

Na sliki 21 A je nazoren primer radialnega cestnega sistema, usmer-

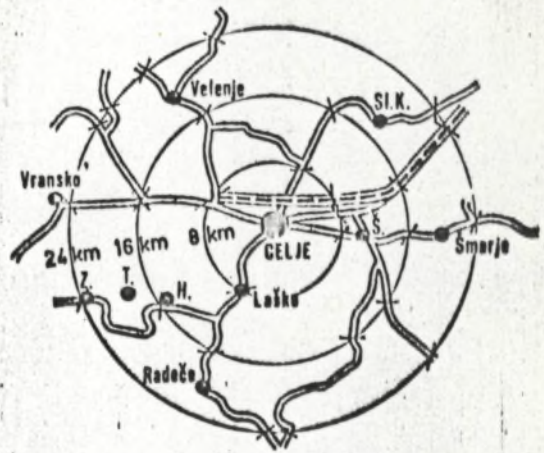


Slika 22 A: Ljubljana, obstoječe in načrtovane dovodnice

**B LJUBLJANA**



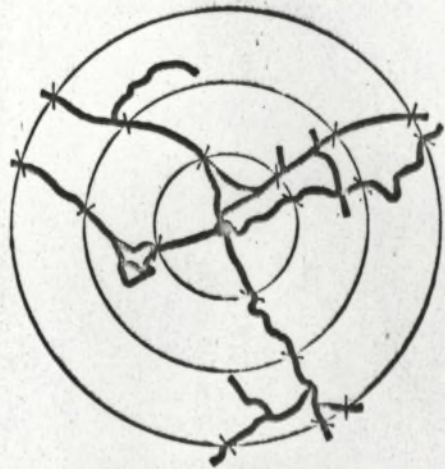
**C CELJE**



**D MARIBOR**



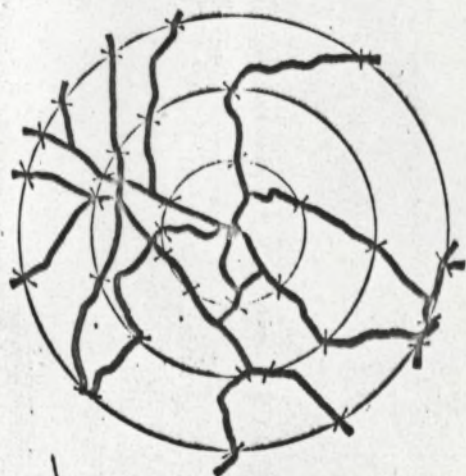
**E NOVO MESTO**



**F KRANJ**



**G MURSKA SOBOTA**



SREDIŠČE ● 8 km 16 km 24 km

P.R. P.Z.E. GEOGRAFIJA DL-1977 1/2

Slika 22: Primeri cestnih sistemov, usmerjenih proti mestom

jenega proti mestu. V mesto je usmerjenih šest radialnih cest. Medtem ko je v bližini mesta prostor na gosto preprežen s cestami, pada gostota z oddaljenostjo od mesta, četudi se z oddaljenostjo ceste delijo in v okolici ustvarjajo nove, manjše radialne sisteme. Značilnost radialnega sistema je, da narašča število cest z oddaljenostjo od mesta. Zunanji krog na sliki 21 A ima npr. dvakrat večji obseg od notranjega, vendar ga le ne seče dvakrat več radialnih cest. Promet, ki se iz okolice bliža mestu po mnogih radialnih cestah, se prek križišč vedno bolj združuje in število radialnih cest z vsakim križiščem pada do samega središča, četudi narašča prometna gostota prostora.

Da bi lajšali promet v bližini mest in da bi preprečili splošno gnečo v bližini središča, gradijo krožne ceste okoli središč. Tem cestam pravimo krožnice /obvoznice, ring roads, kolco, Ring/ ali orbitalne ceste. Te omogočajo prečne povezave med radialnimi sistemi. V večjih mestih sta najčešče notranja in zunanja krožnica, ali pa jih je celo več. Notranja krožnica zajema mestno središče, naslednja pa predmestja.

Je pa še tretji tip cest v bližini mesta, to so pomembnejše vezi, ki so usmerjene proti nekemu drugemu večjemu mestu. Tak primer je ob cesti Ljubljana - Zagreb, pri Novem mestu. Ta cesta ne poteka tod zaradi Novega mesta, ampak je Novo mesto ob smeri Ljubljana - Zagreb, oz. Beograd. Taki primeri so še pri Celju, Postojni, Brežicah itd. Te ceste ne obkrožajo mesta, temveč tečejo tangencialno na krožnico, zato jim pravimo tangencialne ceste.

Glede na odnos do mesta ločimo tedaj tri osnovne tipe cest: 1. radialne ceste, 2. krožnice ali obvoznice, 3. tangencialne ceste.

### Radialne ceste

Primer radialnih cest je na sliki 21 B. Smatramo, da je cesta čim bolj direktna vez med dvema sosednjima križišči. Če je smer ceste od zunanjega do notranjega križišča pod manjšim kotom od  $60^\circ$  do ravne smeri od mestnega središča do notranjega križišča, je cesta radialna /21 B/. So

tudi primeri cest, ki so glede na gornjo definicijo radialne, vendar niso direktne vezi do mestnega središča. Tak primer je na sliki 21 B, kjer taka radialno usmerjena vez vodi le do orbitalne ceste. Zato je za radialne ceste tudi nadaljnji pogoj, da mora notranje križišče ležati na radialni cesti.

### Orbitalne ceste /krožnice/

Da iz orbitalne ceste dosežemo mesto, moramo zaviti preko  $60^{\circ}$ . Če je orbitalna cesta del oboda krožnice s središčem v mestnem središču, je vedno potreben zavoj preko  $90^{\circ}$  /slika 21 C/. Vendar, če je zavoj preko  $60^{\circ}$ , opredelimo cesto kot orbitalno.

### Tangencialne ceste

Razne dele tangencialne ceste lahko opredelimo kot radialne ali orbitalne v odnosu do določenega mesta. Če je potreben zavoj iz tangencialne ceste v direktno smer proti mestnemu središču manjši od  $60^{\circ}$ , je cesta radialna v odnosu do tega mesta. Če pa je potrebno opravi zavoj prek  $60^{\circ}$ , je cesta orbitalna /21 D/.

Na sliki 22 so razni cestni sistemi na primerih nekaterih slovenskih mest. Prikazani primeri ponazarjajo nekatere splošne pojave. Mesto ima samo po sebi privlačno funkcijo, zato so v razvoju jasne radialne tendence. Z rastjo mesta raste tudi njegova centripetalna moč, zato se širi radij privlačnosti. Prevladujejo radialne ceste. Tangencialne vezi so kazalec, da je mesto še šibko, da se njegova moč še ni dovolj razširila in še ne vpliva na vez, ki vodi mimo v drugo, pomembnejše središče. Radialne vezi so značilne na prikazanih primerih srednjih mest. Kjer niso dovolj izrazite, je znak, da privlačnost ni bila dovolj močna. Npr. jugovzhodno od Kranja je princip porušen v oddaljenosti med drugim in tretjim krogom, saj je na 24 km oddaljenosti že ljubljansko omrežje; pri Novem mestu je jugoslovanska magistrala tipična tangencialna cesta; Murska Sobota je svoje centralne funkcije razvila šele pred kratkim,



zato vidimo v bližini tangencialne ceste še iz časov, ko še ni imela privlačnosti.

Toliko o razvoju cest prej. Sodobni razvoj prometa in mest pa sta ustvarila popolnoma drugačne razmere. Mestna središča se zadržujejo s prometom, proizvodnja se umika v obrobne dele, mestno ozemlje se močno širi. Da bi se izognili veliki koncentraciji prometa v središčih, gradijo mestne obvoznice in orbitalne /krožne/ ceste. Take krož-

| Štev.mest.<br>preb. | Cilj prometa , ki se bliža mestu: |               |            |
|---------------------|-----------------------------------|---------------|------------|
|                     | mestno središče                   | okolica mesta | mimo mesta |
| do 5000             | 25%                               | 25%           | 50%        |
| 5000- 20000         | 33%                               | 33%           | 33%        |
| 20000-100000        | 30%                               | 50%           | 20%        |
| 100000-500000       | 25%                               | 65%           | 10%        |
| prek 500.000        | 15%                               | 80%           | 5%         |

#### Cilj prometa v bližini mest

nice so značilne za vsa večja mesta z urejenimi prometnimi razmerami. Velika mesta imajo celo po več krožnic, ki razporejajo promet po raznih delih, ne da bi preobremenile jedro. Na sliki 22 A je obstoječe in načrtovano cestno omrežje Ljubljane s središčem, notranjo krožnico, zunanjo krožnico in deli tangencialne obvozne ceste /Nemška cesta Črnuče - Vižmarje/.

Končno nam je potrebno še na primerih nekaterih slovenskih mest določiti radialne sisteme cestnega omrežja /sl. 22 B,C,D,E,F,G/. V ta namen smo skice cestnega omrežja opremili s krogi oddaljenosti od mestnega središča. Upoštevali smo naslednje oddaljenosti:

|        |        |
|--------|--------|
| radij: | obseg: |
| 8 km   | 50 km  |
| 16 km  | 100 km |
| 24 km  | 150 km |

Zdaj lahko ugotavljamo število radialnih vezi, ki tečejo iz mesta in sečejo kroge oddaljenosti. Pričakujemo, da število radialnih vezi v vsakem naslednjem krogu narašča navzven.

|                  |                           |      |      |      |
|------------------|---------------------------|------|------|------|
| Ljubljana        | Oddalj. od mestnega sred. | 8    | 16   | 24   |
|                  | Število radialnih vezi    | 8    | 12   | 14   |
|                  | Razmerje razvejavanja     | 1,5  | 1,16 |      |
|                  | Gostota na 10 km obsega   | 1,6  | 1,2  | 0,93 |
| Celje            | Oddalj. od mestnega sred. | 8    | 16   | 24   |
|                  | Število radialnih vezi    | 6    | 10   | 12   |
|                  | Razmerje razvejavanja     | 1,66 | 1,2  |      |
|                  | Gostota na 10 km obsega   | 1,2  | 1,0  | 0,8  |
| Maribor          | Oddalj. od mestnega sred. | 8    | 16   | 24   |
|                  | Število radialnih vezi    | 8    | 8    | 13   |
|                  | Razmerje razvejavanja     | 0,0  | 1,62 |      |
|                  | Gostota na 10 km obsega   | 1,6  | 0,8  | 0,8  |
| Novo mesto       | Oddalj. od mestnega sred. | 8    | 16   | 24   |
|                  | Število radialnih vezi    | 5    | 5    | 7    |
|                  | Razmerje razvejavanja     | 0,0  | 1,4  |      |
|                  | Gostota na 10 km obsega   | 1    | 0,5  | 0,46 |
| Kranj            | Oddalj. od mestnega sred. | 8    | 16   | 24   |
|                  | Število radialnih vezi    | 8    | 11   | 12   |
|                  | Razmerje razvejavanja     | 1,37 | 1,09 |      |
|                  | Gostota na 10 km obsega   | 1,6  | 1,1  | 0,8  |
| Murska<br>Sobota | Oddalj. od mestnega sred. | 8    | 16   | 24   |
|                  | Število radialnih vezi    | 8    | 11   | 13   |
|                  | Razmerje razvejavanja     | 1,37 | 1,18 |      |
|                  | Gostota na 10 km obsega   | 1,6  | 1,1  | 0,86 |

Primeri radialnih sistemov slovenskih mest

S pomočjo števila radialnih vezi na določenih razdaljah lahko izračunamo "razmerje razvejavanja" /branching ratio/, če s številom radialnih vezi, ki sečejo krog na neki določeni razdalji, delimo število radialnih vezi, ki sečejo krog na naslednji določeni razdalji /prim. 8 in 16 ali 16 in 24 km/. To razmerje razvejavanja velja za določen izračunan kolobar. Izračunamo pa lahko tudi gostoto radialnih vezi na različnih oddaljenostih od mestnega središča. Prikažemo jo s številom radialnih vezi na 10 km obsega.

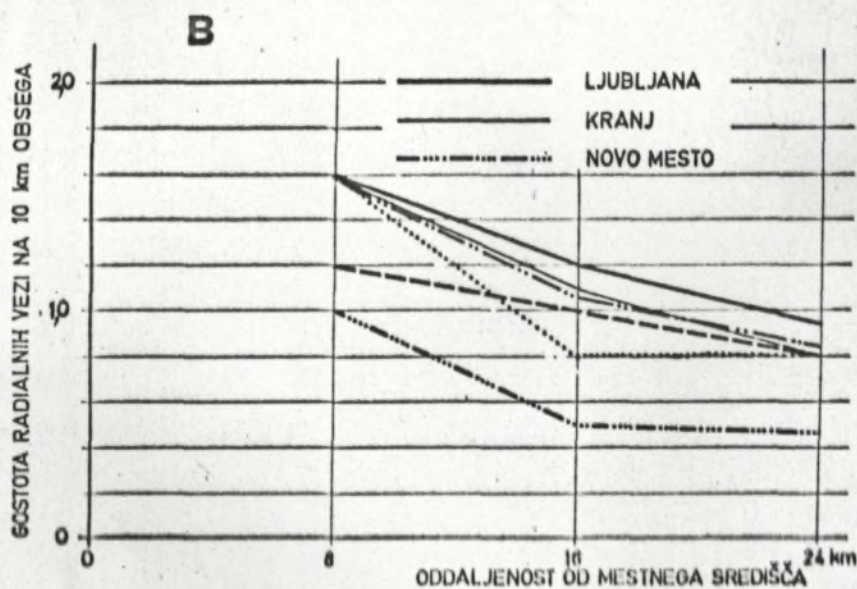
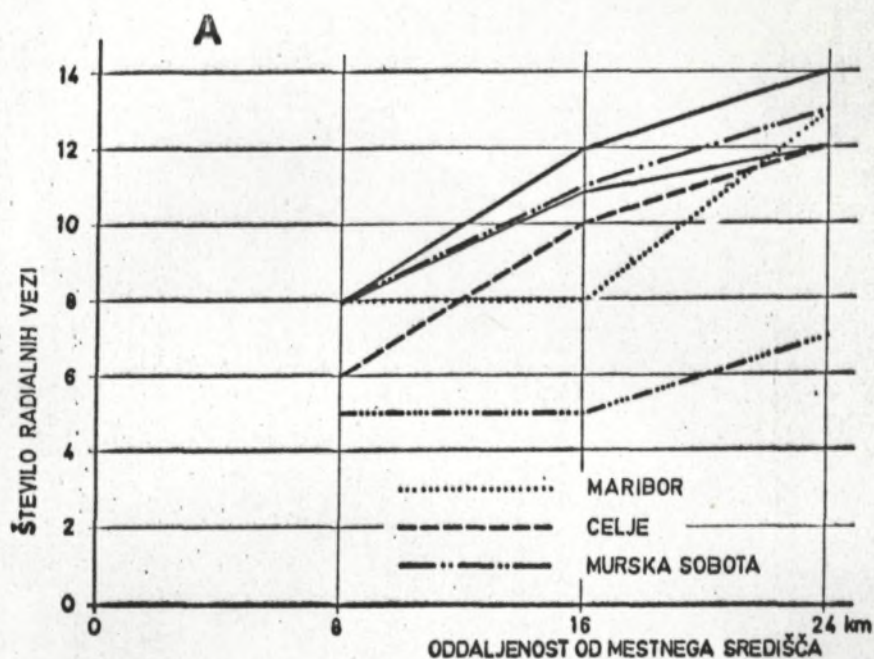
V priloženi tabeli so rezultati take analize na primerih obmestnih omrežij Ljubljane, Celja, Maribora, Kranja, Novega mesta in Murske Sobote, kakor jih kaže jugoslovanska prometna karta /sl. 22 B,C,D, E,F,G/.

Iz tabele in grafikona /sl. 23 A in B/ razberemo precejšnje razlike med radialnimi sistemi obravnavanih mest. Grafikona, ki sta izdelana na osnovi skic radialnih sistemov iz slike 22, kažeta, kako se z oddaljenostjo od središča v načelu povečuje število radialnih vezi in pa, kako z oddaljenostjo pada gostota radialnih vezi na 1 km obsega.

1. Pri analizi in medsebojni primerjavi moramo upoštevati, da je med obravnavanimi mesti velika razlika v številu prebivalstva, pa tudi v funkcijah, razvoju in stopnji centralnosti.

2. Močno podobne, pričakovane sisteme imajo, Ljubljana, Celje, Murska Sobota in Kranj. Število radialnih vezi narašča od znotraj na - vzven, gostota teh vezi navzven tudi več ali manj enakomerno pada, razmerje razvejavanja se rahlo, komaj opazno znižuje. V drobnem so seveda med temi mesti tudi razlike, npr. število radialnih vezi pri Kranju stagnira med 16 in 24 km, pri Celju pa gostota vezi le počasi pada. Podrobnejše analize po primerno izbranih krogih oddaljenosti bi pokazale še marsikatero posebnosti, ki jim je potrebno iskati vzroke.

3. Od zgoraj obravnavanih sistemov se bistveno razlikujeta Maribor in Novo mesto. Pri obeh gre za nepričakovane poteze. Število radialnih



Slika 23: Grafikoni ponazarjajo razlike med mestnimi radialnimi sistemi

vezi navzven spočetka sploh ne narašča, nakar v naslednjem kolobarju med 16 in 24 km skokovito poraste. To kaže tudi razmerje razvejavanja, ki je najprej pri obeh 0,0, nato pa naraste na 1,62 pri Mariboru in na 1,4 pri Novem mestu. Gre za diametralno nasprotje od drugih mest. Gostota radialnih vezi v začetku izrazito pade, pozneje pa sploh stagnira. Obravnavani pokazatelji so lahko opozorilo, da gre za posebno notranjo strukturo ali posebno morfologijo mesta, lahko so tudi kažipot, v kateri smeri moramo iskati vzroke.

## VI. DOSEGLJIVOST PO RAZDALJAH IN ČASU

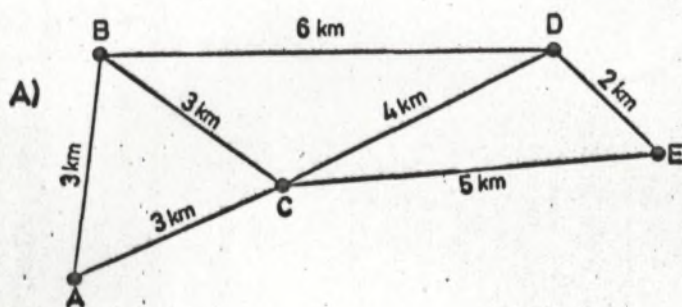
V četrtem poglavju smo obravnavali topološko dosegljivost. To dosegljivost smo merili s številom vezi pri posameznih vozliščih ali s številom vezi najkrajše povezave med vozlišči. Nikjer nismo upoštevali razdalje med vozlišči ali potrošenega časa, potrebnega za potovanje od vozlišča do vozlišča. V vsakdanjem življenju pa je manj zanimanja za topološko dosegljivost, čeprav je metoda potrebna za osvetlitev omrežja in vrednosti njenih poti. Najčešče se sprašujemo po razdaljah iz kraja v kraj in koliko časa porabimo za ta potovanja. To poglavje je namenjeno raziskavam dosegljivosti središč s pomočjo izmerjenih dejanskih razdalj in časa potovanja.

### A/ Dosegljivost in medsebojne oddaljenosti

Za izhodišče smo izbrali izmišljen primer in izdelali topološki grafikon /sl. 24 A/. Vezem smo tudi določili razdalje. Naloga je, ugotoviti razdalje od kateregakoli vozlišča do vseh ostalih in po takem postopku, ugotoviti razdalje za vsa vozlišča. Vozlišče, ki kaže najmanjši seštevek razdalj do vseh ostalih, smatramo za najbolj dosegljivo.

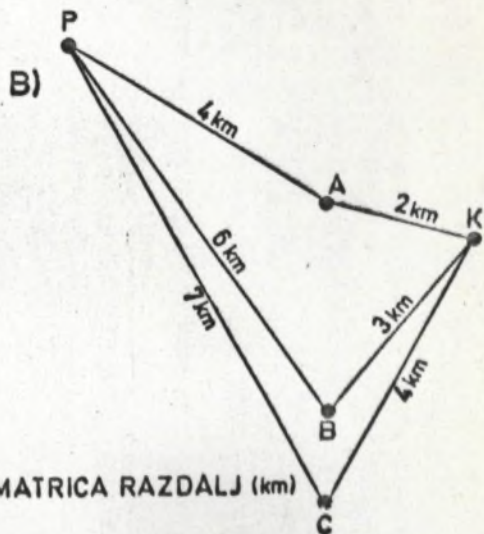
Te medsebojne odnose najlažje ugotovimo s pomočjo dvojne matrice razdalj, kakor smo jo že uporabili pri raziskovanju najkrajše poti. Okenca na sliki 24 A smo zapolnili z dejanskimi razdaljami med pari vozlišč. Na osnovi te matrice je enostavno ugotoviti dosegljivost vsakega vozlišča. Matrica nam pokaže, da je glede na dejanske razdalje najbolj dosegljivo vozlišče C. Med vozlišči C in A je 3 km, med C in B je 3 km, med C in D je 4 km in med C in E je 5 km, kar pove, da je skupna razdalja iz vozlišča C do vseh ostalih vozlišč 15 km. Vsa druga vozlišča so dosegljiva z daljšimi razdaljami. Najslabšo dosegljivost kaže vozlišče E, t.j. 23 km.

Nekoliko spremenjeno obliko matrice uporabimo, če iščemo razdaljo od nekih določenih izbranih vozlišč do vseh ostalih v omrežju. Primer take metode je na sliki 24 B. Razvidno je, da moramo iz vozlišča P potovati



MATRICA RAZDALJ (km)

|   | A | B | C | D | E | SKUPAJ |
|---|---|---|---|---|---|--------|
| A |   | 3 | 3 | 7 | 8 | 21     |
| B | 3 |   | 3 | 6 | 8 | 20     |
| C | 3 | 3 |   | 4 | 5 | 15     |
| D | 7 | 6 | 4 |   | 2 | 19     |
| E | 8 | 8 | 5 | 2 |   | 23     |



MATRICA RAZDALJ (km)

|   | A | B | C | SKUPAJ |
|---|---|---|---|--------|
| P | 4 | 6 | 7 | 17     |
| K | 2 | 3 | 4 | 9      |

Slika 24: Matrice razdalj

17 km, če hočemo doseči vozlišča A, B in C in da z 9 km potovanja iz vozlišča K dosežemo vozlišča A, B in C.

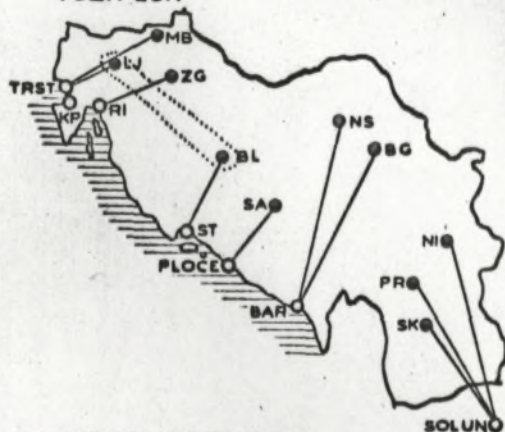
Matrico razdalj smo preizkusili tudi na konkretnem primeru medsebojnih razdalj med desetimi jugoslovanskimi mesti z nad 150.000 prebivalci in petimi domačimi ter dvema tujimi, bližnjimi lukami. Gre za dosegljivost večjih jugoslovanskih mest do bližnjih morskih luk. Na matrico na sliki 25 A smo nanegli v km cestne razdalje od mest do pristanišč. Matrica nam pokaže marsikaj.

1. Za vsako mesto lahko vidimo v njegovi vrsti, katera je njegova najbližja luka /npr. za Ljubljano in Maribor je Trst, za Zagreb je Rijeka itd., glej sl. 25 B/. Vendar je to le skromen podatek, ki ga nikakor ne smemo posploševati z ugotovitvami, da so nekemu pristanišču najbližja mesta že v njegovem gravitacijskem območju. Da opredelimo gravitacijsko

A MATRICA RAZDALJ (CESTNE RAZDALJE v km)

|            | BAR  | PLOČE | SPLIT | RIJEKA | KOPER | TRST | SOLUN | SKUPAJ   |              |                  |
|------------|------|-------|-------|--------|-------|------|-------|----------|--------------|------------------|
|            |      |       |       |        |       |      |       | VSE LUKE | JUGOSL. LUKE | 3 NAJBLIŽJE LUKE |
| LJUBLJANA  | 827  | 635   | 508   | 122    | 114   | 104  | 1211  | 3521     | 2206         | 390              |
| MARIBOR    | 893  | 701   | 637   | 255    | 247   | 237  | 1199  | 4169     | 2733         | 739              |
| ZAGREB     | 771  | 579   | 452   | 173    | 248   | 238  | 1077  | 3538     | 2223         | 659              |
| BANJA LUKA | 588  | 396   | 269   | 356    | 431   | 421  | 1008  | 3469     | 2040         | 1021             |
| SARAJEVO   | 508  | 189   | 316   | 541    | 643   | 633  | 783   | 3613     | 2197         | 1013             |
| BEOGRAD    | 497  | 523   | 650   | 557    | 632   | 622  | 693   | 4074     | 2759         | 1577             |
| NOVI SAD   | 572  | 584   | 711   | 618    | 693   | 683  | 768   | 4629     | 3178         | 1774             |
| NIŠ        | 635  | 661   | 788   | 794    | 869   | 859  | 450   | 5056     | 3747         | 1719             |
| PRIŠTINA   | 346  | 538   | 665   | 916    | 991   | 981  | 336   | 4773     | 3456         | 1220             |
| SKOPJE     | 434  | 626   | 753   | 996    | 1071  | 1061 | 248   | 5189     | 3880         | 1308             |
| SKUPAJ     | 6071 | 5432  | 5749  | 5328   | 5938  | 5839 | 7773  |          |              |                  |

B NAJBLIŽJA LUKE IN DOSEGLJIVOST VSEH LUK



C DOSEGLJIVOST JUGOSL. LUK.



D DOSEGLJIVOST TREH NAJBLIŽJIH LUK



Slika 25:

PRIMER UPORABE MATRICE DOSEGLJIVOSTI

- LUKE
- MESTA Z VEČ KOT 150.000
- NAJBOLJ DOSEGLJIVE LUKE

zaledje nekemu pristanišču, so potrebne še razne druge ugotovitve.

2. Iz matrice nadalje ugotavljamo, katero mesto ima najvišjo stopnjo dosegljivosti, v odnosu do vseh luk. To nam za vsako mesto pove seštevek na kraju vrste. Tu pokažeta najvišjo dosegljivost Banja Luka /3469 km/ in Ljubljana /3521 km, da dosežemo vse luke; sl. 25 B/.

3. Ker sta luki Trst in Solun izven jugoslovanskega ozemlja, smo v posebnem okencu upoštevali oddaljenost iz vsakega mesta samo do jugoslovanskih luk. Slika se je takoj nekoliko spremenila. Banja Luka je še ostala na prvem mestu /2040 km, da doseže vse jugoslovanske luke/, sledi ji pa Sarajevo /2197 km/.

4. Vse luke vsem mestom res niso potrebne. Glede na vedno večje usmerjanje luk, pa tudi ena sama ni dovolj. Zato smo dodali še poslednjo kolono, kjer nam za vsako mesto pove seštevek oddaljenosti do treh, temu mestu najbližjih luk. Tu pa se je pokazalo, da imata najprimernejšo dosegljivost Ljubljana /390 km do Trsta, Kopra in Rijeke/ ter Zagreb /659 km do Rijeke, Trsta in Kopra/.

5. Zadnji podatek vsake kolone nam pove za vsako luko, kakšna je njena dosegljivost do vseh obravnavanih mest. Pokaže, da je najbolj dosegljiva Rijeka /5328 km/, sledijo ji Ploče, Split, Trst, Koper, Bar in Solun.

#### B/ Dosegljivost glede na čas

Dobre primere za časovno dosegljivost dobimo pri študiju voznega reda. Železniška dosegljivost med naselji je bolj odvisna od brzine in frekvence vlakov kot pa od razdalje.

Preprost primer kaže slika 26. Gre za železniško progo od Maribora do Celja in za analizo dosegljivosti iz Maribora do vseh večjih postaj na tej progi /sl. 26 A/.

Analiziramo lahko na različne načine. Dosegljivost glede na razdaljo



**A PROMETNO OMREŽJE**



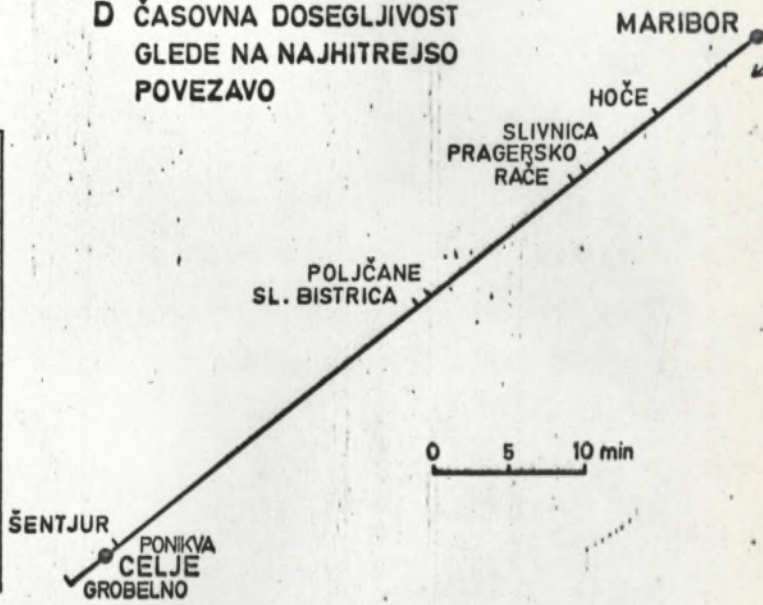
**C DOSEGLJIVOST GLEDE NA RAZDALJO**



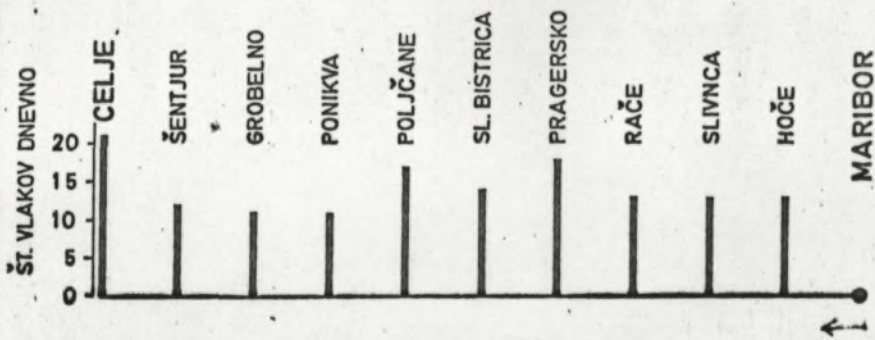
**B DOSEGLJIVOST MARIBORA**

|              | RAZ-DALJA (km) | NAJ-HITREJŠI VLAK | ŠTEVILO VLAKOV DNEVNO |
|--------------|----------------|-------------------|-----------------------|
| HOČE         | 8              | 8                 | 13                    |
| SLIVNICA     | 11             | 12                | 13                    |
| RAČE         | 13             | 15                | 13                    |
| PRAGERSKO    | 20             | 14                | 18                    |
| SL. BISTRICA | 28             | 28                | 14                    |
| POLJČANE     | 36             | 27                | 17                    |
| PONIKVA      | 55             | 53                | 11                    |
| GROBELNO     | 59             | 57                | 11                    |
| SENTJUR      | 64             | 53                | 12                    |
| CELJE        | 76             | 54                | 21                    |

**D ČASOVNA DOSEGLJIVOST GLEDE NA NAJHITREJSO POVEZAVO**



**E DOSEGLJIVOST NA OSNOVI DNEVNEGA ŠTEVILA VLAKOV**



Slika 26: PRIMERI DOSEGLJIVOSTI

je jasna, imamo jo v vsakem voznem redu. Najbližje so Hoče /8 km/, sledi Slivnica /11 km/ itd. /sl. 26 B in C/.

Podoba pa se spremeni, če poskušamo dosegljivost meriti z najhitrejšim vlakom.

Slika 26 D je nenavadna zvrst diagrama. Prikazan je v obliki skale časov, ki jih porabimo, če želimo doseči z najhitrejšim vlakom posamezne postaje. Opazimo, da je npr. Pragersko bolj dosegljivo od Rač, Poljčane bolj od Slovenske Bistrice, da sta Ponikva in Šentjur enako dosegljiva in da je Celje hitreje dosegljivo od Grobelnega. Vlaki sicer vozijo skozi navedene, manj dosegljive postaje, vendar se ne ustavljajo. Odtod tudi pojav, da so bolj oddaljene postaje lahko hitreje dosegljive.

Podučna je tudi podoba dosegljivosti glede na frekvence vlakov /slika 26 E/. Pokaže nam, da je npr. Celje, Mariboru najbolj oddaljena postaja, najbolj dosegljivo, sledi Pragersko, ki mu dosegljivost večajo še vlaki iz Maribora proti Ormožu, nato sledijo Poljčane itd.

Matrice po času potovanja. Iz prejšnjih poglavij že poznamo matrice, s katerimi lahko prikažemo potovalne razdalje med pari mest ali med eno in drugo skupino mest. Mesto razdalje lahko vstavimo v matrico časa potovanja iz avtobusnih ali železniških voznih redov. Npr. zanima nas časovna dosegljivost Kranjske gore, Bohinja, turističnega središča Golte do Maribora, Zagreba in Rijeke, ali pa, kolika je časovna dosegljivost Ribniškega Pohorja in Kanina do nekaterih slovenskih ali italijanskih mestnih središč.

## VII. URAVNANOST PROMETNIH OMREŽIJ

V prejšnjih poglavjih smo spoznali, da je dosegljivost posameznih vozlišč različna. Ena so lahko bolj dosegljiva od drugih. Od bolj dosegljivih vozlišč je relativno krajša razdalja do ostalih v omrežju. Na sliki 24 A kaže vozlišče C najvišjo stopnjo dosegljivosti v omrežju. Od vseh petih vozlišč je C najbližje ostalim štirim. Pa ne le to, križišče C je tudi povezano z vsemi ostalimi z najugodnejšimi direktnimi povezavami /t.j. po najkrajši možni poti/. Popolnoma ravne prometne vezi pa so v dejanskem prometu redke. Celo najbolj ravne se tu in tam odklonijo od, recimo, premice. Tak primer imamo na sliki 24 A, kjer mora najkrajša pot od vozlišča A do E zaviti prek vozlišča C. Direktne poti od A do E namreč ni. Idealno ravno pot med dvema vozliščema imenujemo "željeno smer", saj k taki kratki poti teži vsak promet.

Kako je neka vez ravna oz., koliko se odklanja od idealno ravne, nam pokaže indeks vijuganja /detour index/.

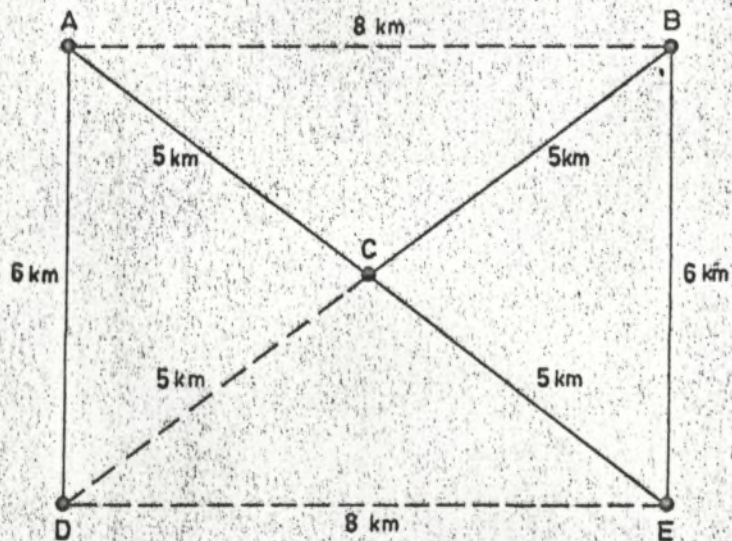
$$\text{indeks vijuganja} = \frac{\text{dejanska razdalja}}{\text{željena razdalja}} \cdot 100$$

Indeks vijuganja je tedaj kazalec, ki nam pove, koliko odstotkov je neka dejanska prometna smer daljša od idealne /t.j. ravne črte ali zračne razdalje/. Ker je dejanska pot vedno daljša od idealne, je indeks vijuganja vedno večji od 100. Če je npr. razdalja med dvema križišči 15 km, idealna ali željena razdalja pa 10 km, je indeks vijuganja:

$$= \frac{15}{10} \cdot 100 = 150$$

To pomeni, da je dejanska pot 50% daljša od željene. Čim nižji je indeks vijuganja, tem bolj ravna je smer.

Preprosta ilustracija, kako izračunamo indeks vijuganja, je na sliki 27. Prikazani so trije indeksi vijuganja. Najprej je indeks vijuganja poti, ki meri, kako ravna je pot med dvema vozlišči. Sledi vozliščni indeks vijuganja, ki meri, kako ravne so poti od nekega vozlišča do vseh ostalih.



MATRICA 1:

ČESTNA RAZDALJA V km

|   | A  | B  | C  | D  | E  | SKUPAJ |
|---|----|----|----|----|----|--------|
| A |    | 10 | 5  | 6  | 10 | 31     |
| B | 10 |    | 5  | 16 | 6  | 37     |
| C | 5  | 5  |    | 11 | 5  | 26     |
| D | 6  | 16 | 11 |    | 16 | 49     |
| E | 10 | 6  | 5  | 16 |    | 37     |

MATRICA 2:

ŽELJENA RAZDALJA (km)

|   | A  | B  | C | D  | E  | SKUPAJ |
|---|----|----|---|----|----|--------|
| A | 8  | 8  | 5 | 6  | 10 | 29     |
| B | 8  |    | 5 | 10 | 6  | 29     |
| C | 5  | 5  |   | 5  | 5  | 20     |
| D | 6  | 10 | 5 |    | 8  | 29     |
| E | 10 | 6  | 5 | 8  |    | 29     |

MATRICA 3:

INDEKS VIJUGANJA POTI

|   | A   | B   | C   | D   | E   |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| A |     | 125 | 100 | 100 | 100 |
| B | 125 |     | 100 | 160 | 100 |
| C | 100 | 100 |     | 220 | 100 |
| D | 100 | 160 | 220 |     | 200 |
| E | 100 | 100 | 100 | 200 |     |

VOZLIŠČNI INDEKS VIJUGANJA

- A 106,9
- B 127
- C 130
- D 169
- E 127,6

Slika 27: IZRAČUN INDEKSA VIJUGANJA POTI

Končno je še indeks vijuganja omrežja, ki meri, kako ravne so poti od vseh vozlišč do vseh vozlišč v omrežju.

Zato se poslužimo dveh matric. Prva kaže razdalje med vsakim parom vozlišč /Matrica I/, druga pa željene razdalje med vsemi pari vozlišč /Matrica II/.

Indeks vijuganja poti. Tretja matrica /Matrica III na sliki 27/ kaže indeks vijuganja poti. V vsakem kvadratu matrice je izračunan po gornjem obrazcu indeks vijuganja za po eno povezavo med dvema vozlišči. To je opravljeno za vse pare vozlišč.

Vozliščni indeks vijuganja. Vrednosti vsake vrste v maticah I in II so seštete, seštevek je označen na kraju vrste v koloni "skupaj". Skupna vrednost ene vrste v matrici I in skupna vrednost ene vrste v matrici II sta uporabljeni nadalje kot podatka, da po gornjem obrazcu izračunamo vozliščni indeks vijuganja za vse vrste vozlišč. Npr. skupna razdalja poti od A do vseh ostalih vozlišč je 31 km /po matrici I/, željena razdalja od A do vseh ostalih vozlišč pa je 29 km /po matrici II/. Zato je vozliščni indeks vijuganja za vozlišče

$$A = \frac{31}{29} \cdot 100 = 106,9$$

To metodo uporabimo za izračun vseh vozlišč.

Omrežni indeks vijuganja. Dobimo ga s pomočjo seštevka kolon "skupaj" obeh matric. Skupno število vseh razdalj in skupno število željenih razdalj uporabimo za gornji obrazec in dobimo omrežni indeks vijuganja:

$$= \frac{180}{136} \cdot 100 = 132,35$$

Dejavniki, ki vplivajo na stopnjo vijuganja.

Vplivata predvsem dva dejavnika:

1. Redko naseljeno ozemlje z nizko stopnjo gospodarskega razvoja kaže najčešče visok indeks vijuganja. To pa zato, ker so ceste slabo

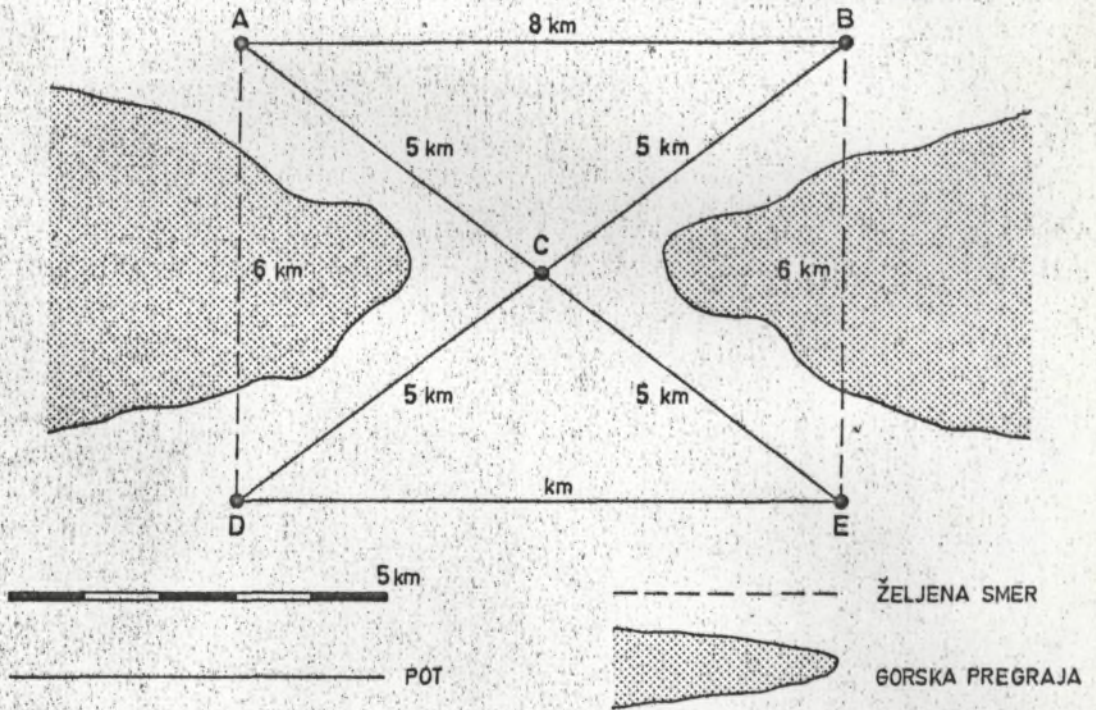
povezane in malo je direktnih poti iz kraja v kraj. Kjer je gostota prebivalstva večja in je cestno omrežje boljše povezano, je indeks vijuganja nižji.

2. Prirodne ovire silijo poti, da močnejše vijugajo. Npr. povezave med Soško in Savsko dolino ali med Savinjsko in Mežiško dolino vodijo prek velikih ovinkov. Seveda vse to velja za medsebojno primerjavo v okviru ene kategorije cest. Značilen primer, kako vpliva prirodna pregraja na dolžino poti, so naselja, ki se jih je oprijel naziv "vrata" /npr. vrata na Balkan, alpska vrata, peloponeška vrata itd./ . V ozkem, nizkem svetu med dvema gorovji, pod prelazi, na zemeljskih ali morskih ožinah, se prometne smeri z obeh strani združijo, da bi prečkale neko pregrajo, nakar se na drugi strani zopet razpršijo. Tak primer je na sliki 28, kjer sta naselji A in B na eni strani pregraje, D in E pa na drugi strani. Naselje C je v vratih ali na nižjem prelazu, ki vodi skozi pregrajo. Lokacijska prednost naselja C je jasna. Ne gre le zato, da so poti do ostalih naselij kratke, temveč, da prirodne pregraje ne ovirajo direktnih poti do ostalih naselij. Zato je indeks vijuganja naselja C 100, saj so vezi iz C do ostalih lokacij kolikor je mogoče direktne. Matrica kaže, da prirodna pregraja preprečuje direktne povezave med A in D ter med B in E. Zato je tudi indeks vijuganja teh vozlišč višji.

Podoben primer je tudi na sliki 29, kjer je vozlišče C sicer v središču željene razdalje do ostalih štirih vozlišč, dejansko, zaradi vodne prepreke, pa je po dosegljivosti šele na tretjem mestu /razdalja do ostalih vozlišč je 32 km; slika 29, matrica 1/. Med vozlišči C in A je željena razdalja 3 km /matrica 2/, zato je indeks vijuganja 433 /matrica 3/.

#### Primer

Metodo smo preizkusili na primeru cestnih povezav med Ljubljansko kotlino in Jugovzhodno Koroško /Mežiško dolino/. Dejstvo je, da je Me-



**MATRICA 1:**

CESTNA RAZDALJA (km)

|   | A  | B  | C | D  | E  | SKUPAJ |
|---|----|----|---|----|----|--------|
| A |    | 8  | 5 | 10 | 10 | 33     |
| B | 8  |    | 5 | 10 | 10 | 33     |
| C | 5  | 5  |   | 5  | 5  | 20     |
| D | 10 | 10 | 5 |    | 8  | 33     |
| E | 10 | 10 | 5 | 8  |    | 33     |

**MATRICA 2:**

ŽELJENA RAZDALJA (km)

|   | A  | B  | C | D  | E  | SKUPAJ |
|---|----|----|---|----|----|--------|
| A |    | 8  | 5 | 6  | 10 | 29     |
| B | 8  |    | 5 | 10 | 6  | 29     |
| C | 5  | 5  |   | 5  | 5  | 20     |
| D | 6  | 10 | 5 |    | 8  | 29     |
| E | 10 | 6  | 5 | 8  |    | 29     |

**MATRICA 3:**

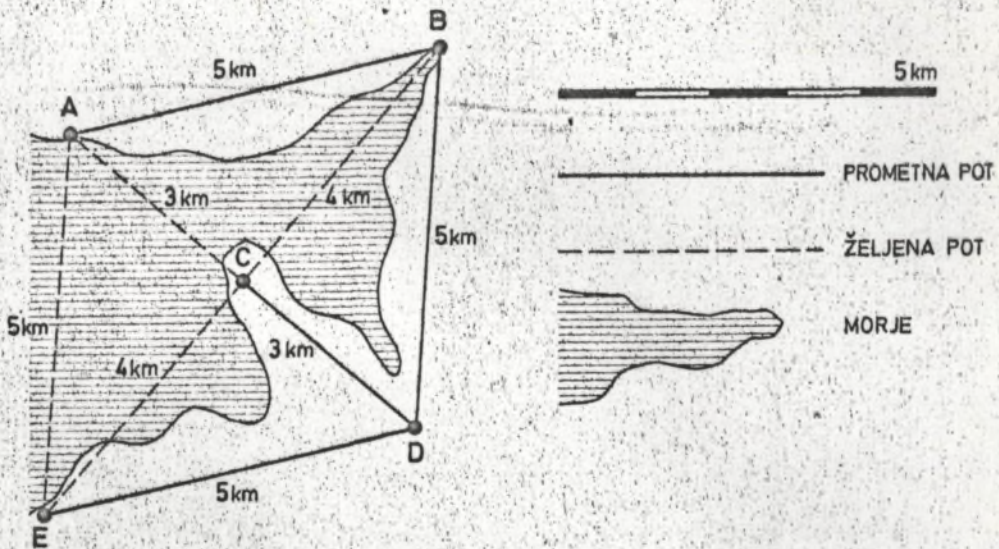
INDEKS VIJUGANJA POTI

|   | A   | B   | C   | D   | E   |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| A |     | 100 | 100 | 167 | 100 |
| B | 100 |     | 100 | 100 | 167 |
| C | 100 | 100 |     | 100 | 100 |
| D | 167 | 100 | 100 |     | 100 |
| E | 100 | 167 | 100 | 100 |     |

VOZLIŠČNI INDEKS VIJUGANJA

|   |       |
|---|-------|
| A | 113,8 |
| B | 113,8 |
| C | 100   |
| D | 113,8 |
| E | 113,8 |

Slika 28: VPLIV RELIEFA NA STOPNJO VIJUGANJA POTI



**MATRICA 1**  
CESTNE RAZDALJE (km)

|   | A  | B  | C  | D  | E  | SKUPAJ |
|---|----|----|----|----|----|--------|
| A |    | 5  | 13 | 10 | 15 | 43     |
| B | 5  |    | 8  | 5  | 10 | 28     |
| C | 13 | 8  |    | 3  | 8  | 32     |
| D | 10 | 5  | 3  |    | 5  | 23     |
| E | 15 | 10 | 8  | 5  |    | 38     |

**MATRICA 2**  
ŽELJENA RAZDALJA (km)

|   | A | B | C | D | E | SKUPAJ |
|---|---|---|---|---|---|--------|
| A |   | 5 | 3 | 6 | 5 | 19     |
| B | 5 |   | 4 | 5 | 8 | 22     |
| C | 3 | 4 |   | 3 | 4 | 14     |
| D | 6 | 5 | 3 |   | 5 | 19     |
| E | 3 | 8 | 4 | 5 |   | 20     |

**MATRICA 3**  
INDEKS VIJUGANJA POTI

|   | A   | B   | C   | D   | E   | SKUPAJ |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|--------|
| A |     | 100 | 433 | 167 | 300 |        |
| B | 100 |     | 200 | 100 | 125 |        |
| C | 433 | 200 |     | 100 | 200 |        |
| D | 167 | 100 | 100 |     | 100 |        |
| E | 300 | 125 | 200 | 100 |     |        |

VOZLIŠČNI INDEKS VIJUGANJA

|   |     |
|---|-----|
| A | 226 |
| B | 127 |
| C | 229 |
| D | 121 |
| E | 173 |

Slika 29: VPLIV PRIRODNE PREGRAJE NA DOLŽINO POTI IN INDEKS VIJUGANJA



žiška dolina relativno slabo povezana z Ljubljansko kotlino, saj so vmes izrazite prirodne prepreke, Kamniške Alpe, Karavanški hrbti in Posavsko hribovje, ki se jim ceste daleč na okoli izogibajo. Za osnovo izračuna smo vzeli dejansko cestno povezavo od Trzina, prek Arje vasi, Velenja, Slovenjgradca in Raven do Črne na Koroškem /slika 30/. Izdelali smo dvojno matrico medsebojnih cestnih razdalj /matrica 1/ in v koloni "skupaj" dobili tudi za vsako vozlišče skupno oddaljenost do vseh ostalih. Na matrico 2 na sliki 30 smo nanесли željeno razdaljo med vozlišči in v koloni "skupaj" spet dobili skupno oddaljenost iz vsakega v vsa ostala vozlišča. S pomočjo podatkov matric 1 in 2 smo po opisani formuli izračunali indekse vijuganja za vse medsebojne vezi in s podatki izpolnili matrico 3. Pokazalo se je, koliko vsaka vez odstopa od idealne. S pomočjo zadnje kolone "skupaj" pri obeh matricah, smo tudi izračunali za vsako vozlišče posebej vozliščni indeks vijuganja. Ta indeks pa je pokazal za krajna vozlišča, t. j. v Ljubljanski kotlini in na Koroškem, zelo slabo sliko, saj je od železnih 100 pokazal za Ravne kar 212, za Trzin 214, za Črno pa celo 255. S pomočjo vsote obeh kolon "skupaj" na prvih dveh matricah smo tudi dobili omrežni indeks vijuganja 200. Nadalje smo si zamislili možnosti novih povezav proti Koroški regiji, ki so sicer namišljene, vendar toliko realne, da so že razmišljali o možnostih izgradnje. Npr. cestna povezava proti Lučam, od Kamnika skozi Kamniško Bistrico, Črno in Podvolovljek, bi znatno skrajšala dostop do Gornje Savinjske in Logarske doline. O njej se je razpravljalo tudi v zvezi s turistično obalpsko krožno cesto. Iz Solčave pa že vodi slabša cesta do Črne na Koroškem, vendar ne moremo govoriti o sodobni prometni zvezi. Poslužimo se primera, da bi uredili s pomočjo tunela ali kakorkoli drugače dostop iz Kamnika do Luč in posodobili vez od Solčave do Črne /pikčasta povezava na sliki 30/, s čemer bi se pot znatno skrajšala. Podobno je tudi z vezjo od Šoštanja, prek Šentvida do Črne. Cesta obstaja, vendar je le slaba gorska, komaj turistična vez. Ureditev teh povezav pa bi znatno



MATRICA 1  
CESTNE RAZDALJE v km

|             | TRZIN | ARJA VAS | VELENJE | MEŽA | RAVNE NA K. | ČRNA | SKUPAJ |
|-------------|-------|----------|---------|------|-------------|------|--------|
| TRZIN       |       | 56       | 74      | 112  | 121         | 140  | 503    |
| ARJA VAS    | 56    |          | 18      | 56   | 65          | 84   | 279    |
| VELENJE     | 74    | 18       |         | 38   | 47          | 66   | 243    |
| MEŽA        | 112   | 56       | 38      |      | 9           | 28   | 243    |
| RAVNE NA K. | 121   | 65       | 47      | 9    |             | 19   | 261    |
| ČRNA        | 140   | 84       | 66      | 28   | 19          |      | 337    |

MATRICA 2  
ŽELJENA RAZDALJA

|             | TRZIN | ARJA VAS | VELENJE | MEŽA | RAVNE NA K. | ČRNA | SKUPAJ |
|-------------|-------|----------|---------|------|-------------|------|--------|
| TRZIN       |       | 49       | 49      | 50   | 43          | 43   | 234    |
| ARJA VAS    | 49    |          | 14      | 37   | 37          | 34   | 171    |
| VELENJE     | 49    | 14       |         | 24   | 23          | 23   | 133    |
| MEŽA        | 50    | 37       | 24      |      | 7           | 19   | 137    |
| RAVNE NA K. | 43    | 37       | 23      | 7    |             | 13   | 123    |
| ČRNA        | 43    | 34       | 23      | 19   | 13          |      | 132    |

MATRICA 3  
INDEKS VIJUGANJA POTI

|             | TRZIN | ARJA VAS | VELENJE | MEŽA | RAVNE NA K. | ČRNA | VOZIŠČNI INDEKS VIJUGANJA |
|-------------|-------|----------|---------|------|-------------|------|---------------------------|
| TRZIN       |       | 114      | 151     | 224  | 281         | 324  | 214                       |
| ARJA VAS    | 114   |          | 128     | 151  | 175         | 247  | 163                       |
| VELENJE     | 151   | 128      |         | 158  | 204         | 287  | 182                       |
| MEŽA        | 224   | 151      | 158     |      | 128         | 147  | 177                       |
| RAVNE NA K. | 281   | 175      | 204     | 128  |             | 146  | 212                       |
| ČRNA        | 324   | 247      | 287     | 147  | 146         |      | 255                       |

MATRICA 4  
CESTNA RAZDALJA, ČE BI UREDILI PROMET PREKO ZAPREK

|             | TRZIN | ARJA VAS | VELENJE | MEŽA | RAVNE NA K. | ČRNA | SKUPAJ |
|-------------|-------|----------|---------|------|-------------|------|--------|
| TRZIN       |       | 56       | 74      | 77   | 68          | 49   | 324    |
| ARJA VAS    | 56    |          | 18      | 56   | 65          | 48   | 243    |
| VELENJE     | 74    | 18       |         | 38   | 47          | 30   | 207    |
| MEŽA        | 77    | 56       | 38      |      | 9           | 28   | 208    |
| RAVNE NA K. | 68    | 65       | 47      | 9    |             | 19   | 208    |
| ČRNA        | 49    | 48       | 30      | 28   | 19          |      | 174    |

MATRICA 5  
INDEKS VIJUGANJA POTI, ČE BI UREDILI PROMET PREKO ZAPREK

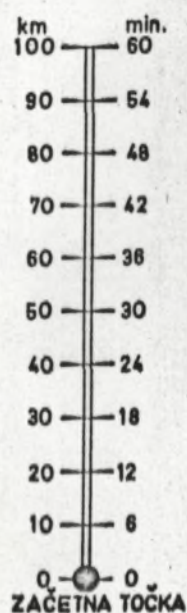
|             | TRZIN | ARJA VAS | VELENJE | MEŽA | RAVNE NA K. | ČRNA | VOZIŠČNI INDEKS VIJUGANJA |
|-------------|-------|----------|---------|------|-------------|------|---------------------------|
| TRZIN       |       | 114      | 151     | 154  | 158         | 114  | 138                       |
| ARJA VAS    | 114   |          | 128     | 151  | 175         | 141  | 142                       |
| VELENJE     | 151   | 128      |         | 158  | 204         | 130  | 156                       |
| MEŽA        | 154   | 151      | 158     |      | 128         | 147  | 152                       |
| RAVNE NA K. | 158   | 175      | 204     | 128  |             | 146  | 169                       |
| ČRNA        | 114   | 141      | 130     | 147  | 146         |      | 132                       |

spremenila prometne razmere med Ljubljansko kotlino in Koroško. Matrica 4 kaže cestne razdalje za obravnavana vozlišča z možnostjo najkrajših poti. Že zadnja kolona, ki pove skupne razdalje od enega vozlišča do vseh ostalih, kaže znaten prihranek kilometrov. Matrico 4 smo vzeli za osnovo prometnega omrežja in s pomočjo nje in matrice 2, ki pove željene razdalje, izračunali indeks vijuganja po novi varianti na matrici 5. Medtem ko se za nekatere povezave in vozlišča indeks ni spremenil, saj so uporabljene najkrajše vezi po starih smereh /prim. Trzin in Arja vas/, se je drugim povezavam znatno spremenil /prim. Trzin - Črna ali Velenje - Črna itd./. Vozliščni indeksi vijuganja so se kar za vsa vozlišča znatno izboljšali. Nastale so take medsebojne razlike, da je npr. Črna na Koroškem kazala po do zdaj rabljenih poteh najslabše stanje, medtem ko bi po navedenih spremembah bila na prvem mestu. Celoten omrežni indeks se izboljša od 200 po starem, na 147 po novem.

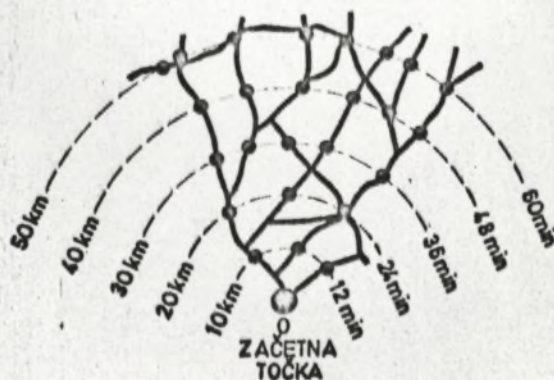
## VIII. POMEN AVTOCEST

Posebno poglavje v sodobnem cestnem prometu so avtoceste, predvsem zato, ker močno vplivajo na povečano dosegljivost. Njihova odlika je v izgradnji, ki omogoča večje hitrosti in hkrati varnost vožnje: blagi vzponi, zmerni zavoji, smeri vožnje so ločene, vsaka smer ima zraven potovalnega pasu še poseben pas za prehitevanje, na vzpetinah so posebni počasni pasovi, občasno so odstavni pasovi, za ustavljanje in parkiranje so posebna mesta, ceste so prepovedane za pešce, kolesarje in vlečna vozila, vsa križišča so izvennivojska, odcepi so redki. Z uporabo avtoceste najčešče prištedimo na času tudi, čeprav pot ni popolnoma v smeri našega cilja. Zaradi tega je pomembno, da poznamo učinke in prednosti avtoceste ter njen vpliv na časovno dosegljivost krajev.

V naših kalkulacijah moramo nekoliko posploševati. Kot predpostavko bomo upoštevali, da dosežejo prometna sredstva na avtocesti dvakrat večjo poprečno ali potovalno hitrost kot na navadnih cestnih omrežjih. Predpostavljamo tedaj, da lahko računamo na avtocestah s poprečno poto-



### A AVTOCESTA



B/ ostalo cestno omrežje /Domneva, da prometna sredstva dosežejo posamezne, s točkami označene lokacije v na lokih označenih časih/.

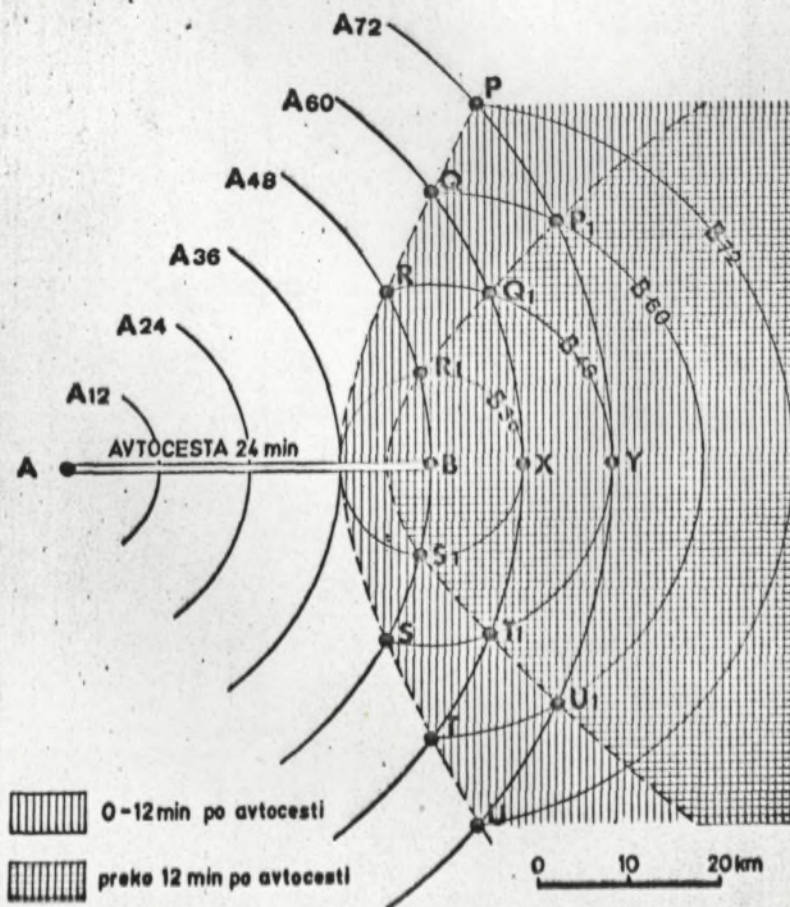
Slika 31: Predpostavke za časovno dosegljivost pri študiju avtocest

valno hitrostjo 100 km na uro in 50 km na uro v ravni črti od začetka do cilja na navadnih cestah. Zadnja predpostavka o ravnih črtah je seveda posploševanje, saj je malo cest ravnih. Zato pa smo prilagodili poprečno hitrost vožnje na 50 km na uro in s tem predvidevali, da porabijo vozila za prevoz 50 km poti v zračni črti, ob upoštevanju vseh razmer na cesti, poprečno eno uro. To predpostavko tudi kaže priložena slika 31.

Z dvema enostavnima geometričnima metodama bomo preizkusili vpliv avtoceste na časovno dosegljivost.

#### A/ Odsek avtoceste brez križišča ali odcepov

Na sliki 32 je prikazan enostaven primer, kako vpliva avtocesta na dosegljivost. 40 km avtoceste teče med točkama A in B.



Slika 32: Vpliv avtoceste na dosegljivost

Preštudirati nam je njen vpliv na dosegljivost točke A. Na celotnem primeru nas ne zanima razdalja, temveč le čas potovanja. Krožni loki s središčem v točki "A" kažejo, kako daleč lahko vozila prepotujejo v določenih minutah, če se poslužimo prej omenjene predpostavke /50 km/ura v zračni črti/. Prvi lok /A 12/ lahko dosežemo v 12<sup>-tih</sup> minutah, ker je 10 km oddaljen od "A". Drugi lok /A 24/ dosežemo v 24 minutah; oddaljen je 20 km od "A". Naslednji loki so v intervalih po 12 minut vožnje in pomenijo naraščajočo oddaljenost od "A" po navadnih cestah v naznačenih minutah. Loki si sledijo v razdaljah po 10 km. Podoben niz krožnih lokov je tudi zarisan s središčem v točki B. Loki so prav tako oddaljeni drug od drugega po 12 km potovanja po navadnem cestnem omrežju, vendar je računano tako, da prične potovanje v točki "A" in teče do "B" po avtocesti, za to je porabljenih začetnih 24 minut<sup>\*</sup>, nato se nadaljuje po navadnem cestnem omrežju do prvega kroga /24 min. avtoceste + 12 minut navadne ceste = 36 minut/, ki je označen z "B" 36 minut, nadalje do drugega /B 48/ itd. Vozilo, ki vstopa pri "A" na avtocesto, mora potovati do "B", četudi je cilj potovanja nekaj prej, vendar med "A" in "B" na avtocesti ni prej odcepa.

Točke P,Q,R,S,T in U na sliki 32 so na sečiščih krogov s središčem v "A" in krogov s središčem v "B". Npr. v točki "P" se sečeta kroga "A 72" /t.j. 72 minut potovanja iz "A" po navadni cesti/ in "B 72" /t.j. 72 minut potovanja od "A" ob uporabi avtoceste do "B"/. "P" je tedaj časovna prelomna točka dosegljivosti, ker jo dosežemo istočasno, če uporabimo avtocesto ali ne. Tako je tudi časovna prelomnica "Q" /sečišče A 60 in B 60/. Tudi ostale točke, R, S, T in U so istočasno dosegljive, če potujemo po eni ali drugi poti. Ko smo povežali vse časovne prelomnice /P-Q-R-S-T-U/, smo dobili časovno prelomno linijo. Potovanje iz "A" do katerekoli točke na časovni prelomnici je časovno enako, če se poslužimo avtoceste ali ne.

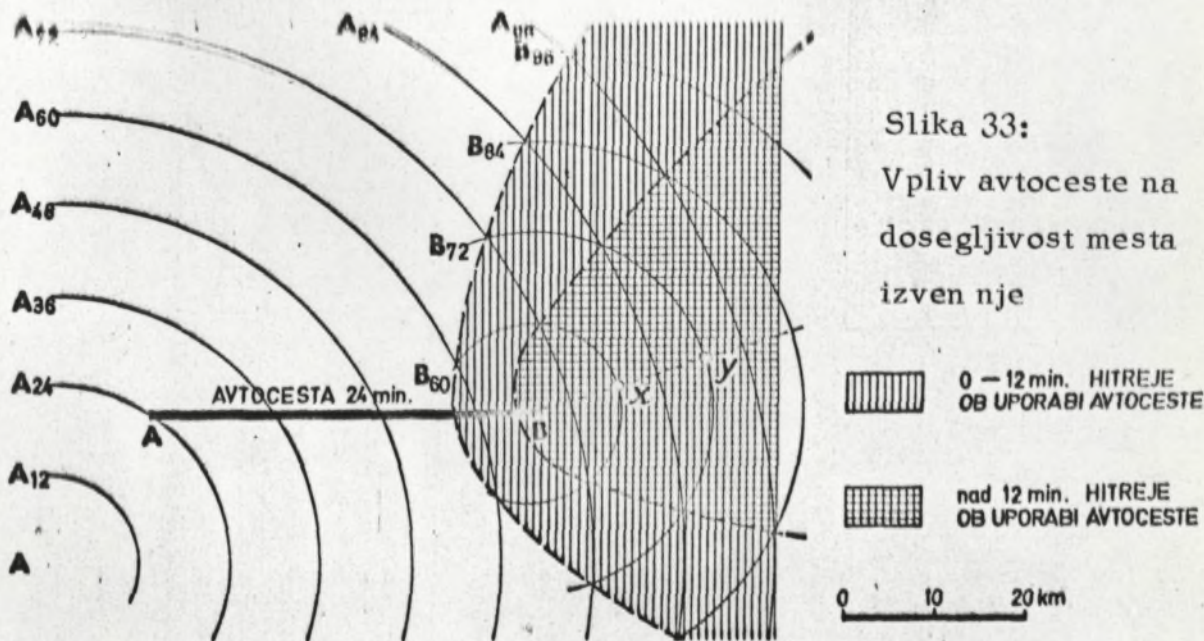
---

\* /40 km razdalje, poprečna brzina 100 km, čas potovanja 24 minut/

Točke P,Q,R,S,T in U so tudi v sečiščih krogov s središčem v "B". Vendar to niso nikake časovne prelomnice. V vsaki od teh točk je čas potovanja po navadnih cestah iz točke "A" 12 minut daljši kot ob uporabi avtoceste med "A" in "B". Npr. za potovanje od "A" do "P" po navadni cesti potrebujemo 72 minut /A' 72/, toda, če se poslužimo avtoceste, potrebujemo samo 60 minut /B 60/. Tako na poti "A - P" prištedimo z uporabo avtoceste 12 minut. Podobno prištedimo 12 minut tudi pri potovanjih od A do Q,R,S,T in U. Na vsej liniji, ki povezuje te točke, je potovanje 12 minut krajše ob uporabi avtoceste.

Točki "X" in "Y", v podaljšku smeri avtoceste, kažeta 24 minut prihranka na času potovanja iz "A". "X" je na dotiku A 60 in B 36, "Y" pa na dotiku A 72 in B 48. Linija "X - Y" kaže največji možen prihranek časa v opisanem primeru ob uporabi avtoceste. S pomočjo slike 32 je enostavno oceniti, koliko časa prihranimo za vsako točko, če se poslužimo avtoceste.

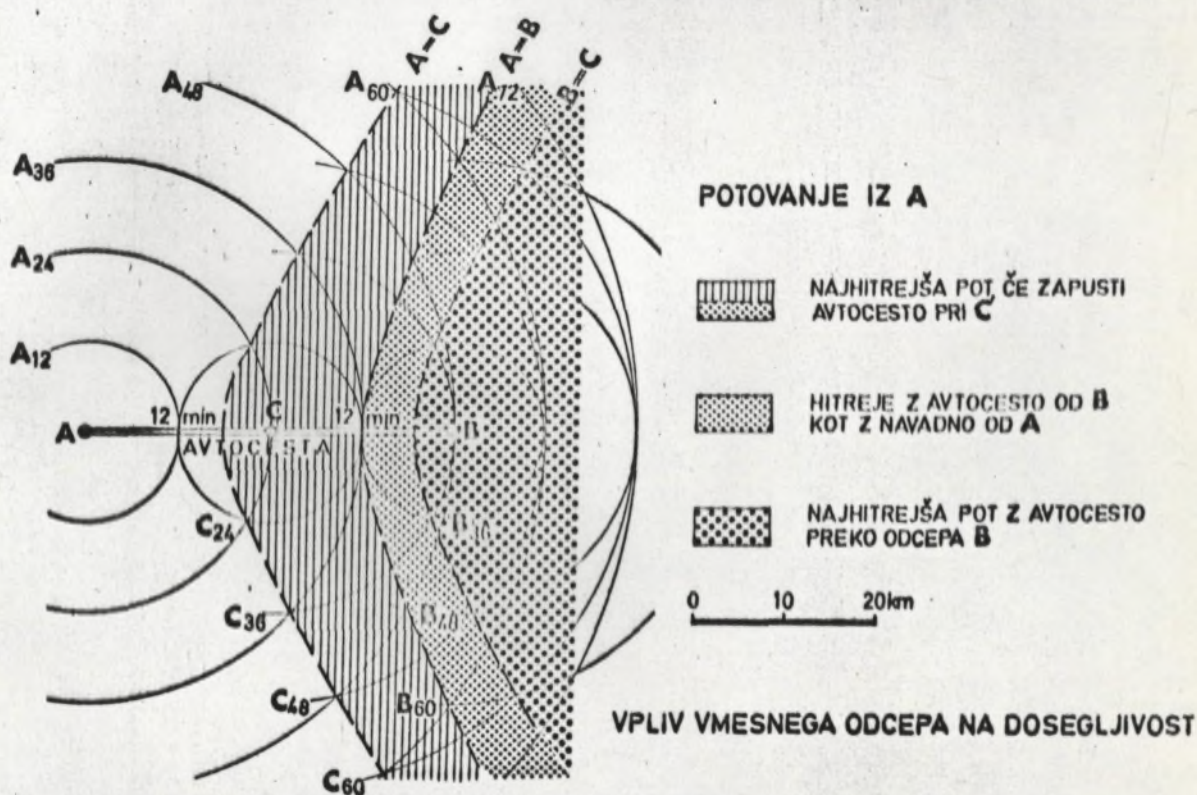
Nekoliko spremenjen primer je prikazan na sliki 33. Tu "A", izhodiščna točka potovanja, ni locirana ob avtocesti in ni v ravni smeri z njo. Če se vozilo posluži avtoceste, mora pri vsakem potovanju od "A"



najprej potovati 24 minut po navadni cesti, da doseže avtocesto. Oblika območja, kjer prihranimo čas, če potujemo iz "A", je nekoliko spremenjena v primerjavi z območjem na sliki 32. Območje, kjer prihranimo na času, je nekoliko zmanjšano na tisti strani avtoceste, ki je bližja "A", povečano pa je na nasprotni strani /na sliki zgoraj/. Linija, na kateri se prihrani čas /BXY/, ni več direktni podaljšek avtoceste, temveč direktni podaljšek smeri "AB".

### B/ Avtocesta z odcepom

Vsa zadeva postane znatno bolj zamotana, če na avtocesto vključimo vmesne odcepe. Npr. na sliki 34 je vozilu, ki potuje iz "A" možno zapustiti avtocesto in nadaljevati pot po navadnem omrežju pri odcepu "C", ali pa šele pri "B". Zato imamo na kartogramu tri nize krogov, t.j. s središčem v A, B in C. Časi potovanja iz "A", ob uporabi samo navadnih cest, so označeni s krogi s predznakom "A", ker jim je središče v



Slika 34: Vpliv vmesnega odcepa na dosegljivost

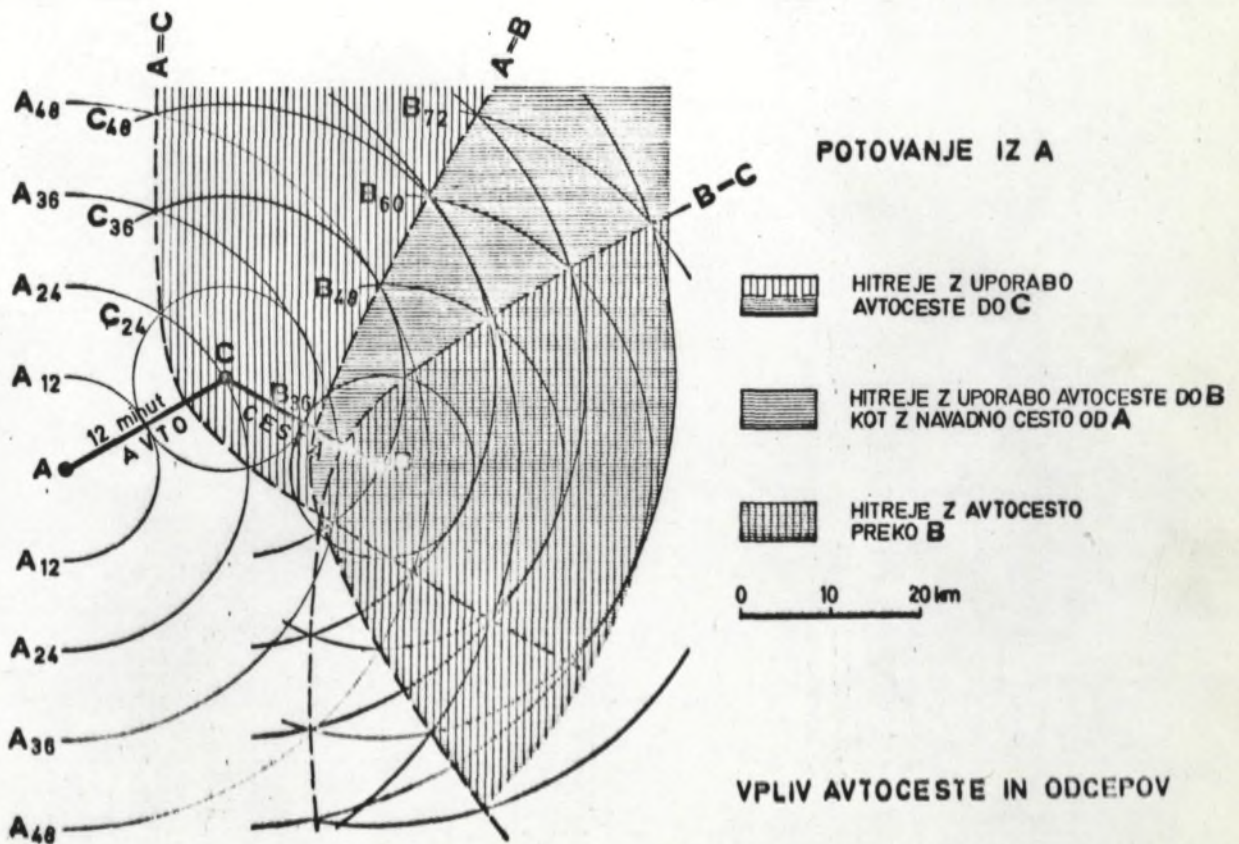


"A". Za vozila, ki potujejo po vsej dolžini po avtocesti /za 40 km porabijo 24 minut/, so potovalni časi označeni s krogi s predznakom "B". To pomeni, da je potrebno skupno 36 minut, da dosežemo točko, ki je 10 km oddaljena od "B" /24 minut z avtocesto od "A" do "B" in 12 minut po navadni cesti od "B" naprej/. Podobno je, če vozilo iz "A" zapusti avtocesto pri "C" in nadaljuje potovanje po navadnem omrežju. Celokupen potovalni čas je označen s krogi, ki jim je središče v "C" in imajo predznak "C". Skratka, če hočemo doseči neko točko, ki je 10 km oddaljena od "C", porabimo 24 minut /12 minut za 20 km po avtocesti in še 12 minut po navadni cesti od "C" dalje/.

Na priloženih študijah lahko pretehtavamo zanimivo gibanje mejnih prelomnih linij dosegljivosti. Mejna črta /mejna prelomnica z oznako  $B=C$ / poteka prek sečišč krogov v "B" in "C" in je meja enake dosegljivosti, če avtocesto zapustimo v odcepu "B" ali "C". Naslednja mejna prelomnica je označena z " $A=C$ ". To je prelomnica enake dosegljivosti za potovanja po navadni cesti od "A" po eni strani ali pa ob uporabi avtoceste ter odcepa "C". Celotni prostor med obema prelomnicama enake dosegljivosti / $B = C$  in  $A = C$ / najhitreje dosežemo iz točke "A", če se poslužimo avtoceste do odcepa "C". Vsako točko do prelomnice  $B = C$  iz "A" najhitreje dosežemo, če se poslužimo celotne dolžine avtoceste in jo zapustimo pri "B". Tretja pomembna prelomnica je označena z  $A = B$ . Omejuje območje, ki ga dosežemo hitreje po avtocesti prek odcepa "B", kakor če bi potovali na vsej poti od "A" po navadnih cestah. Toda vsako točko na prelomnici dosežemo prej, če se poslužimo odcepa "C". Razlaga izgleda močno zamotana. Najenostavneje je, če pazljivo pregledamo vse tri prelomne linije in vsa tri območja na slikah 34 in 32. Razvidno je, da je odcep "B" izgubil del območja, kamor je najhitrejša pot od "A", na račun odcepa "C".

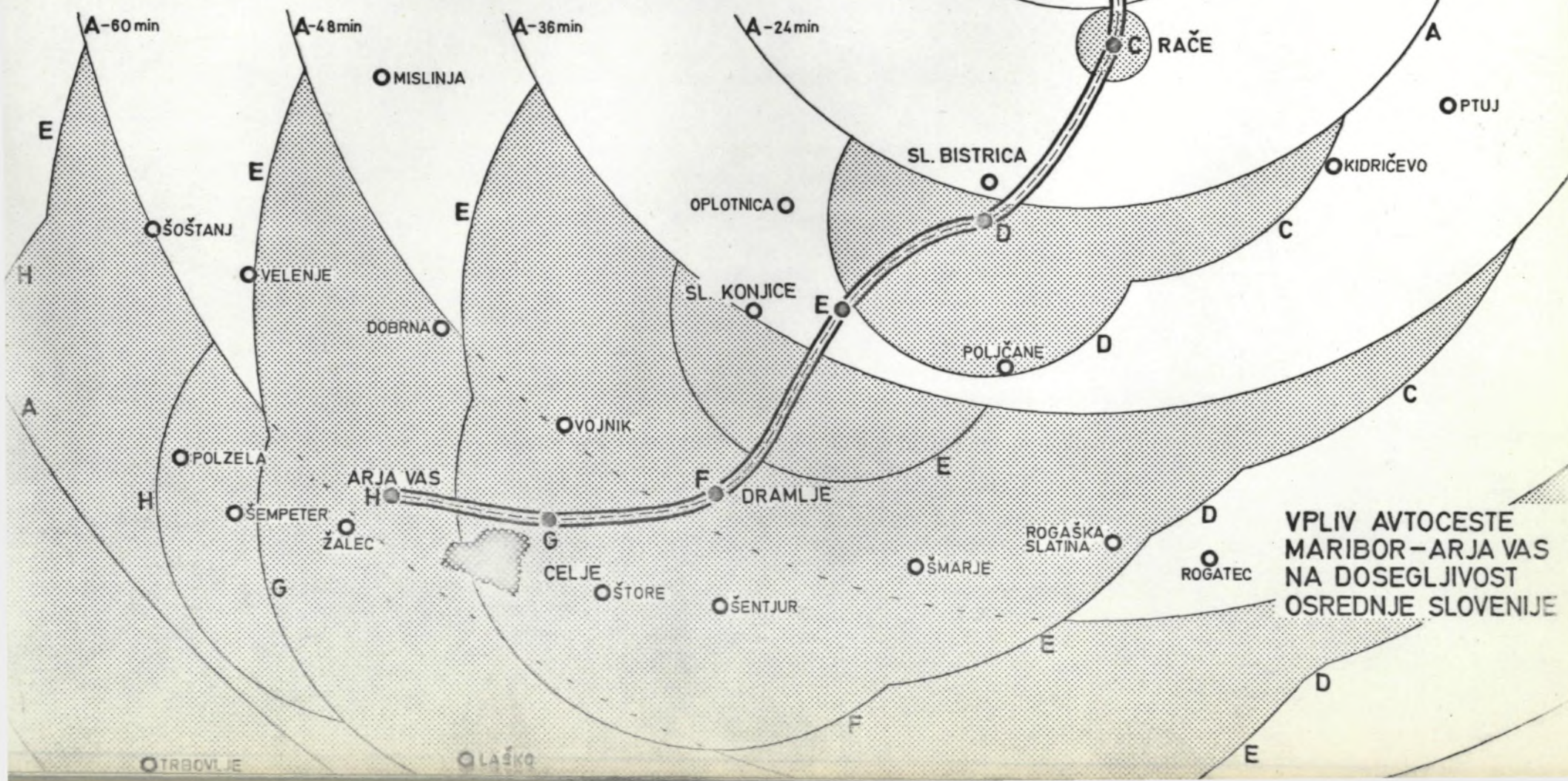
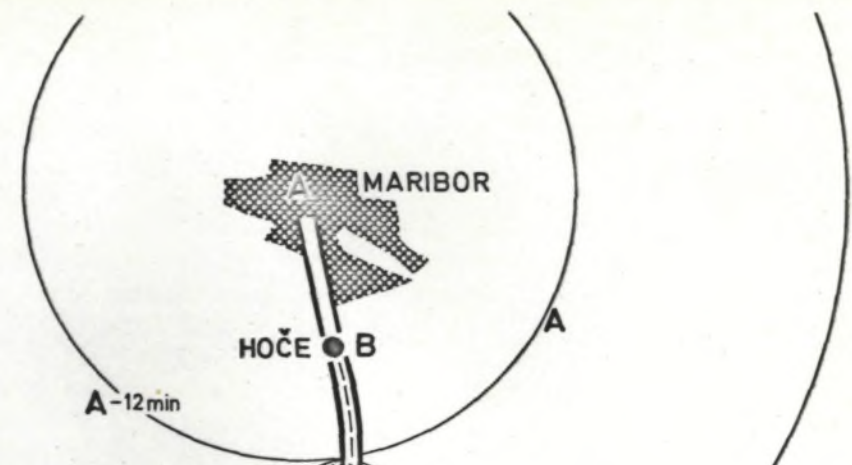
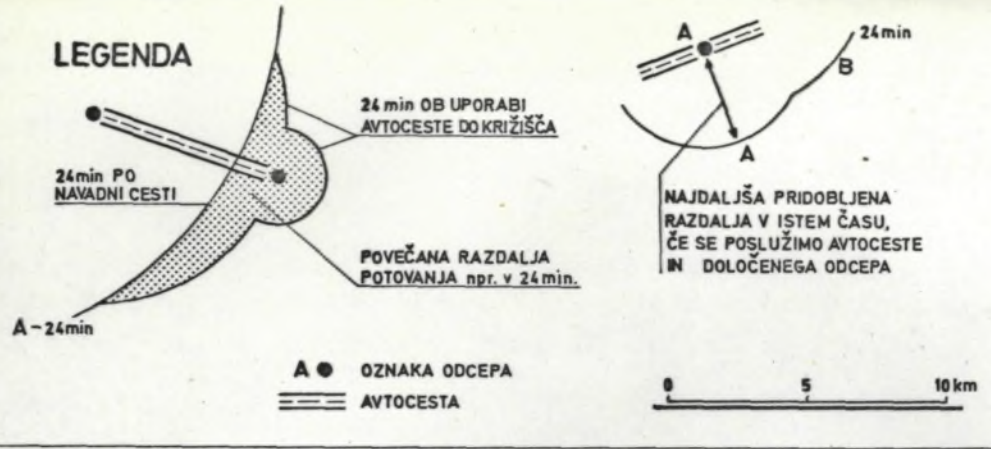
Presenetljive spremembe dosegljivosti pa nastanejo tam, kjer ima avtocesta znatnejši ovinek. Na sliki 35 je avtocesta upognjena pri odcepu

"C". Učinke spoznamo, če primerjamo sliki 34 in 35. Največje spremembe so v deformaciji prej simetričnega območja najhitrejše dosegljivosti od "A", če avtocesto zapustimo pri "C". Na sliki 35 se vplivno območje močno razširi severno od avtoceste, medtem ko je južna stran okrnjena v približno trikotni obliki. Lokacija odcepov avtoceste in vplivna območja na obeh straneh so pomembni dejavniki njene vrednosti.



Slika 35:

# LEGENDA



## C KONKRETEN PRIMER

Prej navedene metode smo preizkusili na domačem slovenskem primeru, na novi polovični avtocesti Maribor - Arja vas. Zanimal nas je njen vpliv na dosegljivost pokrajine od Maribora v osrednjo Slovenijo, ki jo avtocesta prečka in tudi napaja. Kakor je razvidno iz slike 36, smo začeli raziskavo potovanja v Mariboru /točka A/ in jo nadaljevali preko vseh odsekov. Od točke A naprej smo primerjali čase potovanja po navadnem cestnem omrežju s časi potovanja, če smo se posluževali avtoceste in njenih različnih odcepov do Arje vasi. Potrebno je pripomniti, da gre predvsem za teoretičen primer, da je njegova vrednost odvisna med drugim od natančnosti naše domneve. Odločili smo se namreč za predpostavko, da je možno doseči razdaljo 50 km zračne črte po navadnem cestnem omrežju v eni uri in da je poprečna hitrost na proučevani polovični avtocesti 90 km na uro.

Iz točke A smo vrisali zaporedne kroge, ki povedo, koliko časa potrebujemo, da jih dosežemo po navadnih cestah npr. A - 12 min. A - 24 min. itd. Te kroge prekinjajo v bližini avtoceste drugi krogi s središčem v posameznih odcepih. Ti krogi povedo, kako dalje pridemo istočasno, če se poslužujemo avtoceste ali raznih njenih odcepov. Vsaka krožnica je označena z znakom odcepa, od koder jo najhitreje dosežemo. Osenčeno področje pove koliko dalje dopotujemo v istem času od krogov A, če potujemo po avtocesti in katerega odcepa se moramo poslužiti. Osenčeno področje pomeni dejansko prihranjen čas ali povečano dosegljivost s pomočjo avtoceste. Slika 36 kaže, da je prikazano področje širše ob avtocesti in se manjša z oddaljenostjo od nje.

Vprašanje je, kaj nam daje slika 36? Upoštevati moramo, da smo primerjali konkretno po avtocesti, kjer so nam vsi parametri znani z več ali manj abstraktno oceno. Ocena 50 km dosežene razdalje v zračni črti po navadnih poteh pa je lahko vprašljiva. Lahko je nekoliko previsoka ali prenizka, odvisno je od gostote prometnega omrežja, od kakovosti cest, pred-

vsem pa od morfološke izoblikovanosti področja. Pa vendar je analiza zelo poučna in informativna. Najprej nam v pasu v bližini avtoceste precej točno pove, koliko daljšo pot nam je omogočila avtocesta, oziroma koliko časa smo prihranili, v širšem pasu pa pokaže vplivna območja posameznih odcepov, če tam so ali če bi tam bile primerne ceste in pa katere ceste bi morali usposobiti, da bi lahko realizirali te prirodne nagibe. Na primer slika kaže, da je Rogaška Slatina v vplivni coni odcepa E, Vojnik F, Laško G, Hrastnik in Trbovlje H itd. Na primeru Dobrne, Velenja in Šoštanja, ki so v vplivni coni E, ker avtocesta zavije preveč na jug pa slika pokaže možno prirodno privlačnost, če bi bila usposobljena cesta preko Konjic in Vitanja do Šoštanja in Velenja. Vsekakor je potrebno upoštevati lokalne razmere, ki lahko tu in tam nekoliko skazijo dejanske razmere. Nekateri navadne ceste so zelo dobre ali prazne, druge pa slabše in vodijo skozi poseljeno in s prometom zatrpamo področje. Zanimiva je enostranskost odcepov C, D ali F. Na teh odcepih se avtocesta odmakne proti zahodu, zato je od tod močan vpliv proti vzhodu, medtem ko je na zahod močno okrnjen. Odcep E pa kaže močne tendence proti zahodu, pa tam žal ni dovolj zadovoljivih cest.

Prikazana metoda je enostavna, zato pač omogoča splošen pogled na problematiko. Vendar navedena metoda le nakazuje možnosti, ki bi nam bile v pomoč pri nadaljnjem raziskovanju vrednosti in vplivov posameznih linij kompleksnega predvidenega omrežja avtocest.

Literatura:

- Dr. Jovan Dinić, Saobraćajna geografija, Naučna knjiga, Beograd 1976
- K. Briggs BA, Introducing Transportation Networks, University of London, Press Ltd, London 1975.
- Kansky, K.J., Structure of Transportation Networks, University of Chicago, Research Paper 84, 1936.
- Haggett, F. and Chorley, R., Network Analysis in Geography, Arnold, 1969.
- Taaffe E.J., Gauthier H.L., J.R., Geography of Transportation, Prentice-Hall of economic Geography Series, Englewood Cliffs.
- Hamond R., Mc Cullagh P., Quantitative Techniques in Geography, Clarendon Press, Oxford, 1974.
- Horton F., Geographic Studies of Urban Transportation and Network Analysis, Northwestern University, "Studies in Geography", 16, 1968.
- Harary F., Norman R. and Cartwright D., Structural Models: An Introduction to the Theory of Directed Graphs, New York; John Wiley, 1966.
- Ore O., Graphs and their Uses, New York, Random House, 1963.
- Nystien J. and Dacey M., A Graph Theory Interpretation of Nodal Regions, Papers of the Regional Science Association 7, 1961.
- Warakomska K., Analiza raskaznikov gestosci drog na przykladzie wojewodstwa lubelskiego, Anales universitatis Mariae Curie Skladowska, Lublin, sec.B., Vol. XXLV, 6, 1969.
- Statistični podatki po občinah SR Slovenije, 1976, XVIII zv., Zavod SRS za statistiko, Ljubljana 1976

Republiška skupnost za ceste, Strokovna služba Ljubljana, Magistralne in regionalne ceste po občinah /31.12.1976/ in lokalne ceste po vrsti cestišča /1975/.

Statistični letopis SR Slovenije 1976, Zavod SRS za statistiko XV, Ljubljana 1976.

Zgodovina cest na Slovenskem, Republiška skupnost za ceste, Ljubljana 1972

Momčilo Ivanović, Testiranje varijanata saobraćajnih mreža: IX kongres jugoslovenskog društva za puteve, 1975, Beograd.

Kurt Liebbrand, Verkehr und Städtebau, Birkhäuser Verlag, Basel 1964

Marjan Žagar, Prometna križišča in smeri v Sloveniji, G.V. XLVII, Ljubljana 1975.

Osnovno prometno omrežje Jugoslavije, G.V. XLIX, Ljubljana 1977.

Matematičeskije metodi v geografije, /grupa avtorjev/, izd. Kazanske univerze, Kazan 1976.

Branko Mlinar, Javni medkrajevni linijski avtobusni promet v Sloveniji 1974/75 /magistrska naloga/, Oddelek za geografijo FF, Ljubljana 1977 /v rokopisu/.

Antonič Božena, Kvantitativna obravnava cestnega prometnega omrežja v SR Sloveniji /dipl. naloga v rokopisu/, Oddelek za geografijo FF, Ljubljana 1977.

## SEZNAM KARTOGRAFSKEGA GRADIVA

1. Zbiranje, transport in distribucija na glavnih prometnih žilah, ki vodijo v center mesta.
2. Oblike prometnega omrežja
3. Topološka ekvivalenca
4. Deli topološkega grafikona
5. Tipi topoloških grafikonov
6. Dvojna matrica
7. Maksimalno število povezav v omrežju
8. Merila za povezanost
9. Cestno omrežje na Krku
10. Dosegljivost
11. Dosegljivost /vezno število in shimbelovi indeksi/
12. Dosegljivost /vezno število in shimbelovi indeksi/
13. Kako vpliva na dosegljivost dodajanje vezi
14. Relativen pomen vezi v odnosu do najkrajše poti
15. Dosegljivost slovenskega železniškega omrežja
- 16A. Cestno omrežje Slovenije
- 16BC. Dva grafikona cestnega omrežja Slovenije
- 16DE. Analiza najkrajše poti. D - Kontrolna matrica; E - kolikokrat je vez uporabljena v medsebojnih notranjih povezavah
17. Razporeditev poti in naselij v nizki ruralni pokrajini /posplošeno!/  
18. Gostota prometnega omrežja Slovenije po občinah glede na dolžino magistralnih, regionalnih in lokalnih cest s protiprašno prevleko; a - dolžina cest v odnosu do površine;  $a_1$  - dolžina cest v odnosu do števila prebivalstva; A - dolžina cest v odnosu do površine in prebivalstva.
- 19A. Cestno omrežje v Sloveniji. Upoštevane so ceste, ki so označene v cestni karti Jugoslavije z rdečo barvo, t.j. kot asfaltirane.



- 19B. Cestna vozlišča v Sloveniji in sistem krogov, ki pokrivajo  $500 \text{ km}^2$ . Vozlišča so označena na osnovi karte na sliki 19A.
- 19C. Gostota cestno-prometnega omrežja Slovenije. 1 - točke označujejo število vozlišč v krogu  $500 \text{ km}^2$ ; 2 - večja mestna središča z močnim notranjim prometnim omrežjem; 3 - območje z 0 do 4 vozlišči na  $500 \text{ km}^2$ ; 4 - območje s 5 - 9 vozlišči; 5 - območje z 10 do 14 vozlišči; 6 - območje s 15 - 19 vozlišči; 7 - 20 in več vozlišč.
20. Primer kategorizacije cestnega omrežja
21. Urbani cestni sistemi
- 22A. Ljubljana, obstoječe in načrtovane dovodnice
22. Primeri cestnih sistemov, usmerjenih proti mestom
23. Grafikoni ponazarjajo razlike med mestnimi radialnimi sistemi
24. Matrice razdalj
25. Primer uporabe matrice dosegljivosti
26. Primeri dosegljivosti
27. Izračun indeksa vijuganja poti
28. Vpliv reliefa na stopnjo vijuganja poti
29. Vpliv prirodne pregraje na dolžino poti in indeks vijuganja
30. Stopnja premočrtnosti cestnih povezav med Ljubljansko kotlino in JV Koroško
31. Predpostavke za časovno dosegljivost pri študiju avtocest
32. Vpliv avtoceste na dosegljivost
33. Vpliv avtoceste na dosegljivost mesta izven nje
34. Vpliv vmesnega odcepa na dosegljivost
35. Vpliv avtoceste in odcepov
36. Vpliv avtoceste Maribor - Arja vas na dosegljivost osrednje Slovenije