

UDK 528.411  
528.486:[62.002.5+725.4]  
Originalan znanstveni rad

## OSOVINSKE KOORDINATNE MREŽE VELIKIH INDUSTRIJSKIH OBJEKATA

*Dejan KOVAČEVIĆ — Beograd\**

### 1. UVOD

Geometriju velikih industrijskih objekata karakteriše međusobna paralelnost i upravnost pojedinih, odnosno njihovih karakterističnih osovina. Takva geometrija je iz praktičnih razloga uslovila da se tačke osnovnih geodetskih mreža postavljaju na pravcima paralelnim odnosno upravnim osovinama objekata formirajući pri tome Osovinsku Koordinatnu Mrežu (OKM).

OKM (ravan  $x, y, z$ ) se realizuje u fazi izrade glavnog projekta kao geodetska osnova za:

- snimanje situacionih planova krupne razmere (1 : 200, 1 : 500),
- obeležavanje objekata u toku izgradnje,
- montažu opreme,
- kontrolu obeležavanja od strane nadzornog inženjera itd.

U cilju izvršenja navedenih radova neophodno je obezbediti odgovarajuću tačnost tačaka OKM. Zbog različitih instrumenata, metoda merenja, obrade podataka i izravnjanja odvojeno će se razmatrati OKM (ravan  $x, y$ ) i OKM (ravan  $z$ ).

### 2. OKM (RAVAN $x, y$ )

#### 2.1. Projekat OKM (ravan $x, y$ )

Idejnim projektom na karti sitnije razmere (1 : 10.000 ili 1 : 5000) je određena lokacija velikog industrijskog objekta. Pravac glavnih osovina može biti definisan na dva načina:

- koordinatama u državnom koordinatnom sistemu,
- određenim uglom (obično paralelnost) sa već izvedenim objektima u zoni projekta (pristupni put, železnička pruga i slično).

Na ovaj način je definisan lokalni koordinatni sistem čije su  $x'$  odnosno  $y'$  osovine paralelne sa pravcem glavnih osovina objekta. Njegova realizacija se

\* Dr. Dejan Kovačević dipl. inž. »Energoprojekt«, Beograd, Zeleni Venac 18.

ostvaruje preko OKM koja se projektuje na osnovu idejnog projekta industrijskog objekta.

Projekat OKM zavisi od geometrijskog sklopa objekta, veličine kompleksa, topografije terena itd. Pri tome tačke OKM formiraju pravilne geometrijske figure oblika kvadrata ili pravougaonika (zato se ovakva mreža često naziva kvadratna ili pravougaona mreža) sa međusobnim rastojanjem do 100 m.

Terenska realizacija ovako velikih OKM (na površini kompleksa od 100 ha preko 100 tačaka OKM) bila bi opterećena nagomilavanjem grešaka obeležavanja što bi se negativno odrazilo na tačnost OKM. U cilju eliminisanja uticaja, od tačaka OKM projektuje se Mikro Trigonometrijska Mreža (MTM) koja pokriva ceo kompleks objekata a koja će poslužiti kao osnova za obeležavanje OKM.

Projekat MTM sadrži:

- izbor tačaka sa planom merenja odnosno geometrijski sklop mreže,
- izbor instrumenata, metoda merenja i izravnjanja,
- apriori ocenu tačnosti po matematičkom modelu koji će biti korišćen pri realizaciji MTM.

U cilju sagledavanja navedenih uticaja na tačnost MTM pri njenom projektovanju izvršena je apriori ocena tačnosti MTM u 7 varijanti (sl. 1 do 7).

### 2.1.1. Apriori ocena tačnosti MTM

Apriori ocena tačnosti je izvršena po programima grupnog posrednog izravnjanja po metodi najmanjih kvadrata na kompjuteru UNIVAC 1106. Pri tome su za date elemente uzeti tačka I i direkcioni ugao  $\nu$  I—IV. Uzeti primer mreže pokriva površinu od 100 ha, a osnovni pravci u mreži su pravci paralelni sa osama koordinatnog sistema ( $x'$   $y'$ ). U različitim varijantama njima su dodati dijagonalni pravci.

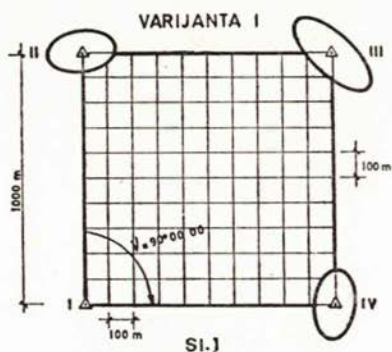
Usvojeno je da je:

- Srednja greška merenog pravca  $m_0 = \pm 1$  sec.
- Srednja greška merene dužine  $m_d = \pm 5$  mm.

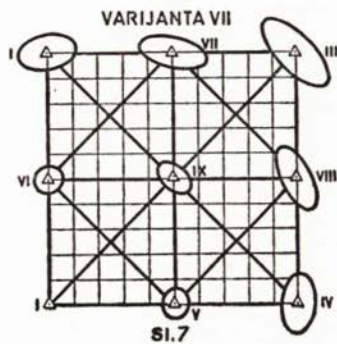
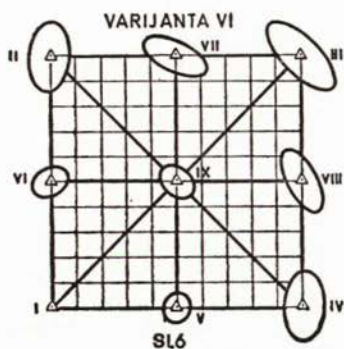
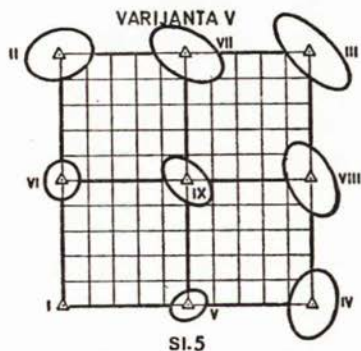
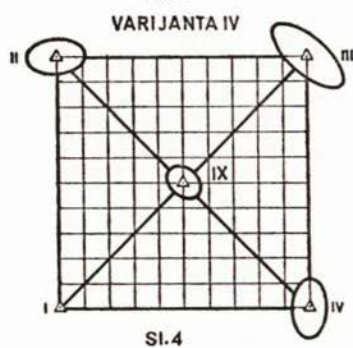
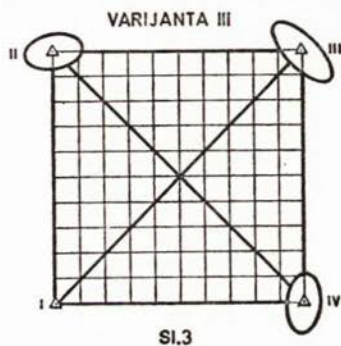
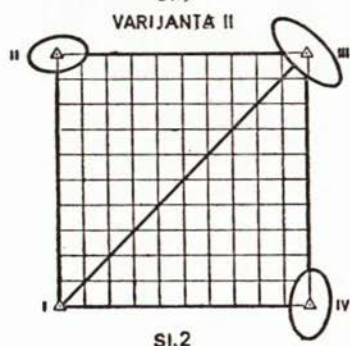
Elipse grešaka pojedinih tačaka u svim varijantama prikazane su na sl. 1 do sl. 7. Radi lakšeg upoređenja na sl. 8 dat je uporedni prikaz velike i male poluosovine elipse grešaka za najudaljenije tačke II i III dok je na sl. 9 dat uporedni prikaz srednje greške dužine i direkcionog ugla sračunatih preko srednjih grešaka funkcije najudaljenije strane II—III.

Dobijeni rezultati pokazuju da se:

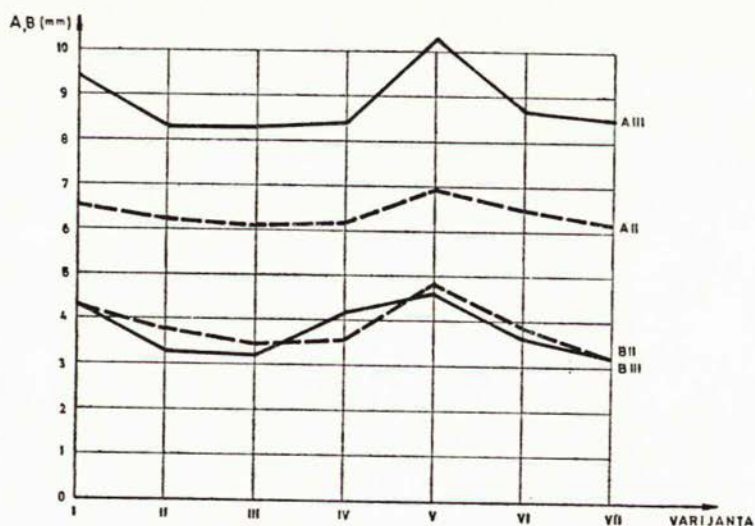
- velika poluosovina elipse grešaka za svih sedam varijanti za najudaljeniju tačku III kreće se u granicama od svega 2 mm (od 8.3. do 10.3 mm), dok se mala poluosovina elipse grešaka kreće u granicama od 1.4 mm (od 3.2 do 4.6 mm).
- Srednja greška dužine najudaljenije strane II — III za svih sedam varijanti kreće se u granicama 1.8 mm (od 3.2 do 5.0 mm), dok je srednja greška direkcionog ugla u granicama 0.4 sec (od 1.4 do 1.7 sec).



- LEGENDA :
- $\triangle$  tačka M.T.M.
  - mereni provci ( $m_p \pm 1 \text{ sec}$ )
  - l dužine ( $m_d \pm 5 \text{ mm}$ )
  - RAZMERA 1: 20.000
  - ellipse grešaka  $R = 1:1$



UPOREDNI PRIKAZ VELIKE (A) I MALE (B)  
POLUOSOVINE ELIPSE GREŠAKA ZA TAČKE II I III

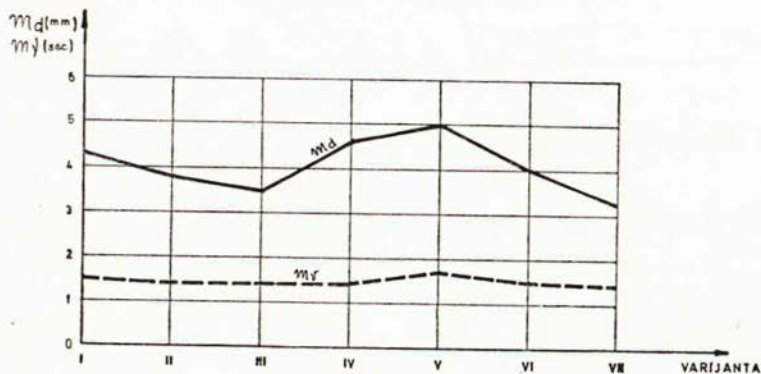


Sl. 8

Na osnovu dobijenih rezultata mogu se doneti sledeći zaključci:

- Povećanjem broja tačaka kao i povećanjem broja merenja (odnos broja merenja varijante I prema varijanti VII je 1 : 5) ne postižu se nikakva značajna povećanja tačnosti tačaka MTM, kao ni srednjih grešaka dužina i direkcionih uglova između njih.

UPOREDNI PRIKAZ SREDNJE GREŠKE DUŽINA  
I DIREKCIONOG UGLA ZA STRANU II-III



Sl. 9

- Najoptimalniji oblik mreže i sa gledišta broja merenja i dobijene tačnosti je varijanta II čiji je geometrijski sklop dva prosta trougla. U varijanti II prvim dodatnim merenjem u odnosu na varijantu I postiže se najveće povećanje tačnosti. Svakim daljim povećanjem broja merenja ne postiže se adekvatno povećanje tačnosti.

Svakako da na ovakav zaključak ima veliki utjecaj apriori usvojena srednja greška merenog pravca od 1 sec, koju mogu ostvariti svi jednossekundni teodoliti i srednja greška merene dužine od 5 mm koja je standardna za sve nove elektronske daljinomere. Na dužinama strana MTM od 1 km, ove dve greške raznorodnih merenih veličina imaju usaglašenu tačnost.

## 2.2 Realizacija OKM ( $x'y'$ )

Redosled radova na realizaciji OKM ( $x'y'$ ):

- Obeležavanje osnovnog pravca OKM koji će se uzeti kao fiksna sa stabilizacijom njegovih krajnjih tačaka,
- Predhodno obeležavanje projektovanih tačaka OKM odnosno tačaka MTM. Tačke se stabilizuju drvenim koljem, a po izvršenoj kontroli predhodnog obeležavanja (zatvaranjem geometrijskih figura) one se stabilizuju betonskim belegama.
- Opažanje MTM sa terenskim testovima kvaliteta izvršenih merenja.
- Izravnjanje i ocena tačnosti MTM.
- Definitivno obeležavanje tačaka MTM, nanošenjem malog pomaka dobijenog kao razlika izravnatih i projektovanih koordinata.
- Definitivno obeležavanje tačaka OKM metodom presecanja ili uterivanja u pravac sa odmeravanjem dužine. Sva obeležavanja se kontrolišu na tačkama MTM.

Pri ovim radovima koriste se sekundni teodoliti za merenje uglova i elektronski daljinomeri za merenje dužina. Uglovi u MTM mere se u 4 girusa sa prisilnim centrisanjem instrumenata i signala, a za obeležavanje tačaka OKM uglovi se mere u 1 girusu. Tačke MTM i OKM stabilizuju se betonskim belegama  $30 \times 30 \times 80$  cm na čiji je vrh ugrađena ankerisana čelična ploča  $10 \times 10 \times 0,5$  cm na kojoj kirnerisana tačka materijalizuje centar tačke OKM.

## 2.3. Veza OKM za državni koordinatni sistem

Veza OKM za državni koordinatni sistem se vrši određivanjem tačaka državnih mreža od tačke MTM. Svakako da presudnu ulogu ima raspored i očuvanost tačaka državnih mreža u zoni projekta. Najpovoljniji slučaj bi bio kada bi se najmanje 3 tačke državne trigonometrijske mreže pravilno raspoređene oko OKM odredile od tačaka MTM u lokalnom koordinatnom sistemu. Najjednostavnije određivanje je polarnom metodom gde se sa tačke MTM meri ugao i radijus vektor do tačke državne trigonometrijske mreže. Uklapanje lokalnog u državni koordinatni sistem vrši se poznatim postupkom Helmertove transformacije.

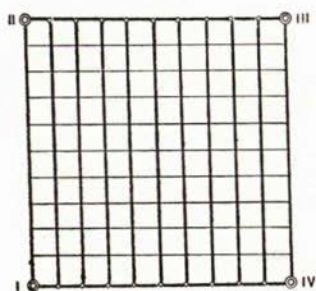
### 3. OKM (ravan z)

#### 3.1. Projekat OKM (ravan z)

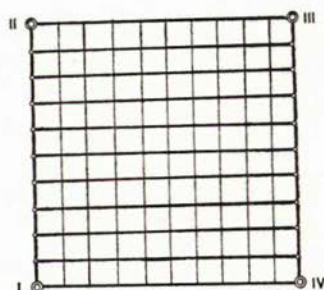
Tačke OKM (ravan x, y) su ujedno i reperi odnosno tačke OKM (ravan z) pa je na ovaj način rešen i raspored repera Mreže Preciznog Nivelmana (MPN).

Osim toga projekat MPN treba da reši:

- Geometrijski sklop MPN odnosno plan nivelanja. S obzirom na neophodnost određivanja kote svakog repera, nivelmanski vlakovi se poklapaju sa pravcima OKM (sl. 10 i sl. 11) Obodni zatvoreni poligon daje mogućnost zatvaranja više manjih poligona između susednih redova OKM.
- Izbor instrumenata, metoda merenja i izravnjanja.
- Apriori ocenu tačnosti po matematičkom modelu koji će biti korišćen pri realizaciji MPN.



Sl. 10



Sl. 11

U cilju sagledavanja uticaja na tačnost MPN pri njenom projektovanju izvršena je apriori ocena tačnosti.

#### 3.1.1. Apriori ocena tačnosti MPN

Apriori ocena tačnosti je izvršena po programima grupnog posrednog izravnjanja po metodi najmanjih kvadrata na kompjuteru UNIVAC 1106.

Uzet je primer MPN dat na sl. 10 u kome je raspored repera preuzet iz primera OKM (x, y). Za dati reper uzeta je tačka I, a usvojena je srednja greška merene visinske razlike jedne stanice u jednom smeru  $m_0 = \pm 0.18$  mm.

Dobijena srednja greška najudaljenijeg repera (III) od 0.6 mm potvrđuje da u geometrijskom sklopu MPN nije potrebno ništa dodavati, odnosno da je minimalni plan merenja i zadovoljavajući.

#### 3.2. Realizacija OKM (z) odnosno MPN

Redosled radova na realizaciji MPN je:

- a) Stabilizacija repera MPN ugrađivanjem posebne reper-bolcne vrši se pri betoniranju tačaka OKM (x, y).

b) Terenska merenja sa testovima kvaliteta merenja predviđenim projektom.

c) Izravnanje i ocena tačnosti MPN.

Pri terenskim radovima koriste se niveliri i pribor za precizni nivelman, a pri radu poznata metoda preciznog nivelmana.

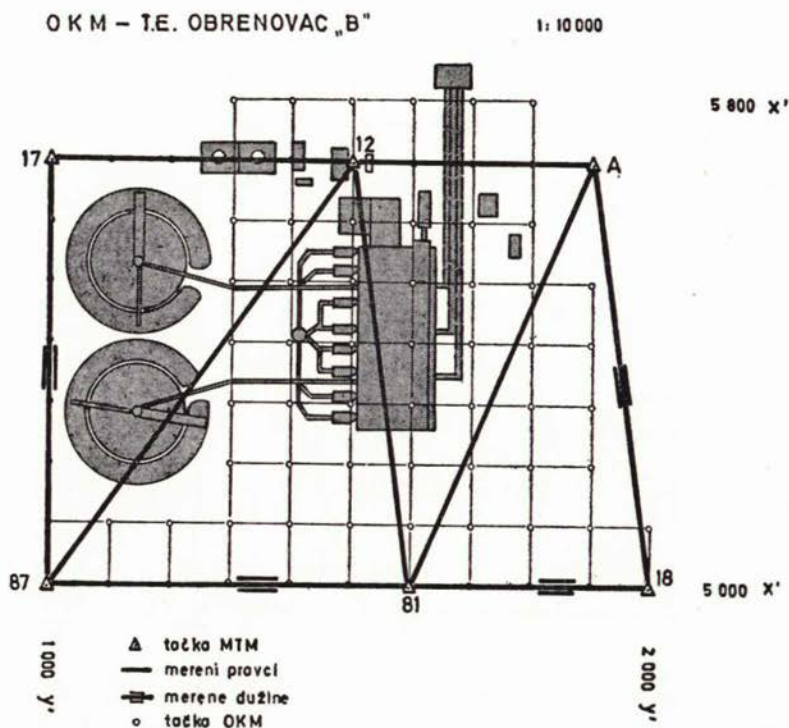
### 3.3. Veza MPN za državnu nivelmansku mrežu

Veza se ostvaruje uključivanjem repera državnih nivelmanskih mreža u MPN. Pri tome je neophodno izvršiti testiranje stabilnosti repera državnog nivelmana po testovima koji odgovaraju tačnosti državnog nivelmana.

Ukoliko je tačnost državnih nivelmanskih mreža niža od tačnosti MPN tada se u MPN uključuje samo jedan testovima ispitani stabilni državni reper.

## 4. PRIMERI

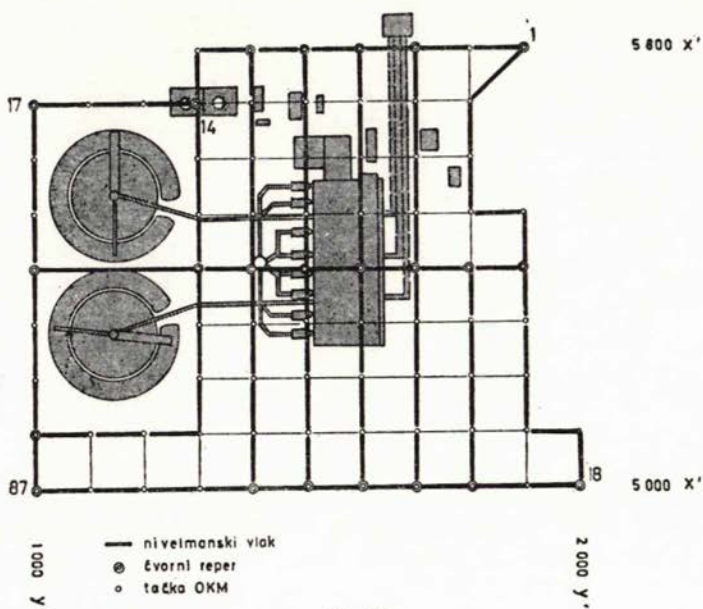
Na opisani način Energoprojekt je u poslednjih nekoliko godina realizovao više OKM (x, y, z) na velikim industrijskim objektima kao što su: T. E. Kosovo B, T. E. Kolubara, T. E. Pljevlja, T. E. Obrenovac »B« (sl. 12, sl. 13), Topionica Feronikl — Priština (sl. 14, sl. 15) itd.



Sl. 12

MPN - T.E. OBRENOVAC „B“

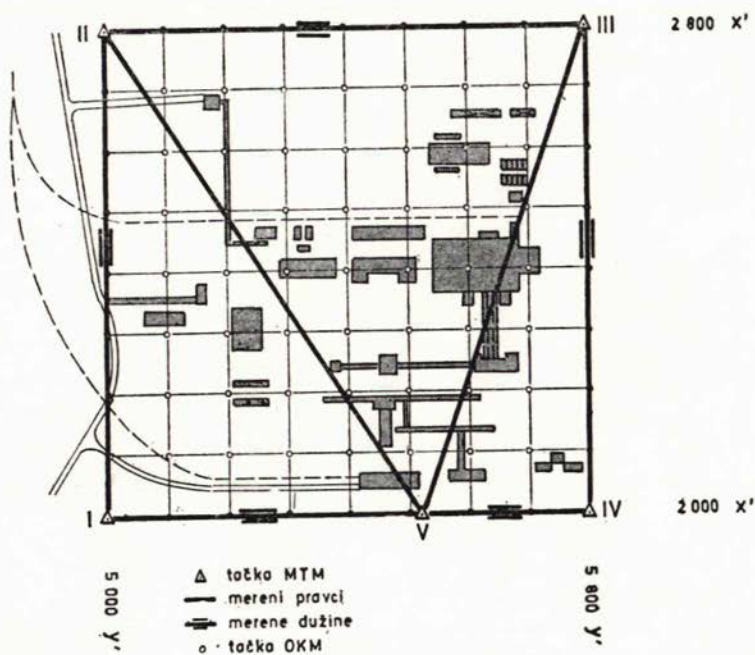
1:10 000



Sl. 13

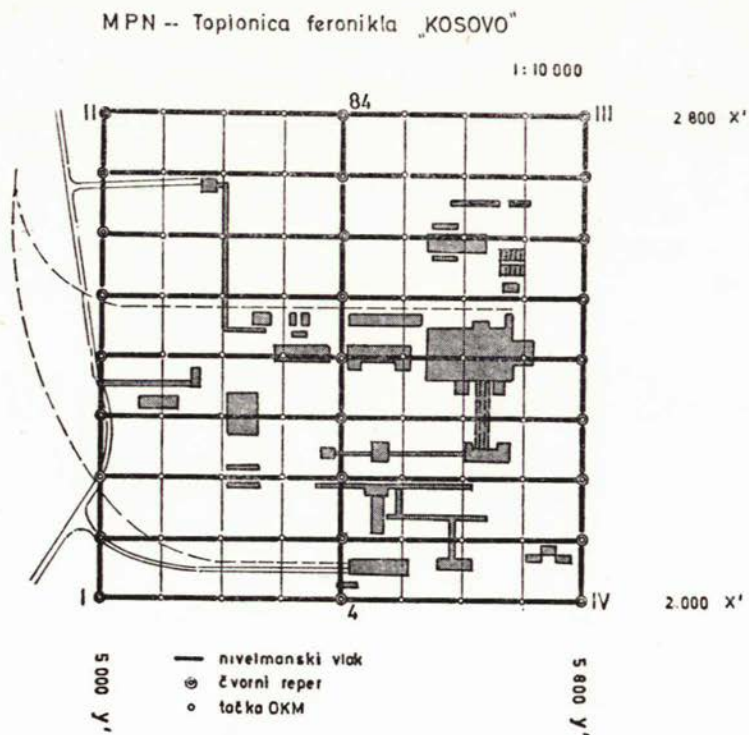
OKM - Topionica feronikla KOSOVO\*

1:10 000



Sl. 14





MPN - T.E. OBRENOVAC „B“

1: 10 000

Sl. 15

## 5. ZAKLJUČAK

Opisane metode realizacije OKM u potpunosti su se potvrdile u praksi kao pouzdana osnova izvršenja svih vrsta geodetskih radova na velikim industrijskim objektima.

## REZIME

Opisan je način realizacije Osovinskih koordinatnih mreža (x, y, z) kod velikih industrijskih objekata, čiji geometrijski sklop karakteriše međusobna paralelnost odnosno upravnost karakterističnih osovina objekata.

### SUMMARY

It is described the way of execution of axis coordinate networks for big industrial structures. Geometric construction of that networks is paralell or perpenducilar with main axes of structures.

Primljeno: 1980-12-29