TRANSFORMACIJA KOORDINATA IZMEĐU SUSJEDNIH KOORDINATNIH SISTEMA KOD GAUSS-KRÜGEROVE PROJEKCIJE

Prof. ing. BRANKO BORČIĆ — Zagreb

Najširu primjenu u geodetskoj praksi ima neposredni način transformacije iz jednog sistema u drugi — susjedni uvođenjem pomoćnih tačaka.

Rješenje ovoga problema može se naći u stručnoj literaturi prikazano od više istaknutih naučenjaka, počevši od prof. dr L. Krügera u njegovom djelu Konforme Abbildung des Erdellipsoids in der Ebene, 1912. godine, pa do današnjih stručnih pisaca, među kojima se vidno ističe, pri rješenju i obradi ovog problema, bugarski naučnik prof. dr Hristov Vladimir. Rješenje prof. dr Hristova odlikuje se originalnim i kratkim izvodima, i idući ovim putem, teško je predvidjeti i reći, da bi se tu moglo još nešto poboljšati ili dodati. Stoga se i ovaj prikaz ovdje oslanja na radove prof. dr Hristova, koji su najvećim dijelom objavljeni u njemačkom časopisu Zeitschrift für Vermessungswesen.

Pretpostavit ćemo da se radi o transformaciji koordinata iz koordinatnog sistema, čija x-os predstavlja projekciju meridijana dužine L. Taj sistem nazovimo zapadni. Sistem, u koji ćemo transformirati datu tačku, susjedni je ovome sistemu, čija je dužina $L' = L + 3^0$. Prema tome, ovaj će sistem biti na istoku od sistema, čiji je meridijan dužine L, pa ćemo ga zvati istočni. Sve oznake u ovome sistemu imat će oznaku crticu (').

Neka koordinate tačke T, o čijoj se transformaciji radi, budu

x i y u zapadnom koordinatnom sistemu, i

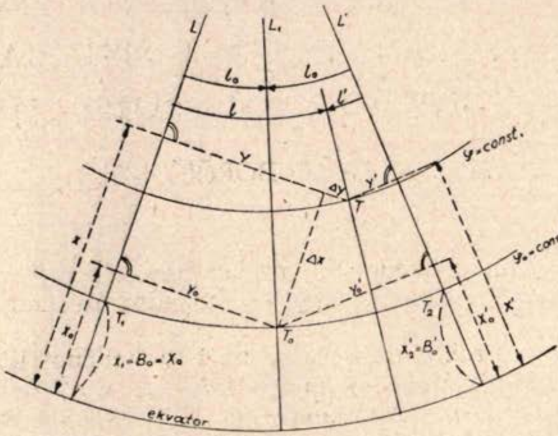
x' i y' u istočnom koordinatnom sistemu, njih je potrebno odrediti transformacijom.

Da bismo došli do formula potrebnih za transformaciju, uvodimo pomoćnu tačku T_0, koja se nalazi na graničnom meridijanu između koordinatnih sistema, a na paraleli sa širinom φ_0 u neposrednoj blizini tačke T. Ta paralela siječe glavne meridijane u tačkama T_1 i T_2, a granični meridijan u tački T_0. Granični meridijan ima dužinu L_0, koja je određena kao aritmetička sredina dužina L i L', odnosno izrazom

$$L_0 = \frac{L + L'}{2},$$

dakle nalazi se na sredini između glavnih meridijana (sl. 1).

Ove tri tačke T_1, T_2 i T_0 služe nam za izvođenje formula za transformaciju, a tačka T_0 je ujedno tzv. pomoćna tačka, čije koordinate moramo imati u oba koordinatna sistema. Ova nam tačka — upravo — ostvaruje vezu između susjednih koordinatnih sistema. Nije teško zaključiti da razlike između koordinata ove pomoćne tačke i koordinata one tačke koja



Sl. 1.

se transformira, u jednom i u drugom sistemu moraju biti u nekom stalnom odnosu, a ta nam činjenica omogućuje da dođemo do rješenja i formula koje se mogu naći u više udžbenika.*)

Te formule u konačnom obliku glase:

$$x' = x_0' + h_{11}\Delta x - h_{12}\Delta y + h_{21}\Delta x^2 - 2h_{22}\Delta x\Delta y - h_{21}\Delta y^2 + h_{31}\Delta x^3 - \\ - 3h_{32}\Delta x^2\Delta y - 3h_{31}\Delta x\Delta y^2 + h_{32}\Delta y^3 ;$$

$$y' = \mp y_0' + h_{12}\Delta x + h_{11}\Delta y + h_{22}\Delta x^2 + 2h_{21}\Delta x\Delta y - h_{22}\Delta y^2 + h_{32}\Delta x^3 - \\ - 3h_{32}\Delta x\Delta y^2 + 3h_{31}\Delta x^2\Delta y - h_{31}\Delta y^3.$$

Pojedine oznake u ovim formulama imaju ova značenja:

y_0, x_0 — koordinate pomoćne tačke u koordinatnom sistemu iz koga se vrši transformacija koordinata;

y'_0, x'_0 — koordinate pomoćne tačke u onom koordinatnom sistemu u koji se vrši transformacija koordinata;

$\Delta x = x - x_0$, $\Delta y = y - y_0$ — koordinatne razlike prema poznatim oznakama;

h_{11}, h_{12}, h_{21}, h_{22}, h_{31}, h_{32} — oznake za koeficijente transformacije, koji su dati tabelarno za argument x.

Na početku je rečeno, da se ovome zadatku poklanja velika pažnja u geodetskoj praksi. Traže se nova rješenja, preuređuju se konačne formule na pogodnije oblike za računanje, kombiniraju se računanja s logoritamskim tablicama s računanjima pomoću računske mašine, a sve s krajnjim ciljem da se skrati postupak računanja.

---

* B. Borčić: Gauss-Krügerova projekcija, str. 123.

Promatrajući sva ta nastojanja zadnjih 30 godina jedno bi se gotovo sigurno moglo reći: Teško je vjerovati da će se teoretsko rješenje naći povoljnije od ovoga, čiji su krajnji rezultat naprijed napisane formule. Ali, da se ove formule — možda — mogu dovesti još na kraći oblik, pogodniji za računanje, i da će se u tome pravcu i u budućnosti kretati sva pojednostavljenja, više je nego sigurno. Tih raznih oblika formula pisanih na razne načine, pogodnih i manje pogodnih za računanje, ima danas vrlo mnogo.

U našem prikazu ograničit ćemo se samo na one, koji se primjenjuju u našoj stručnoj praksi, ili koje preporučujemo za primjenu, jer su pogodnije od dosadašnjih načina računanja.

Tako naprijed citirane formule možemo napisati u ovome obliku:

$$x'_0 = x_0 + h_{11}\Delta x - h_{12}\Delta y + h_{21}(\Delta x^2 - \Delta y^2) - 2h_{22}\Delta x\Delta y + h_{31}(\Delta x^3 - \\ - 3\Delta x\Delta y^2) - h_{32}(\Delta y^3 - 3\Delta x^2\Delta y);$$

$$y'_0 = \mp y + h_{12}\Delta x + h_{11}\Delta y + h_{22}(\Delta x^2 - \Delta y^2) + 2h_{21}\Delta x\Delta y + h_{32}(\Delta x^3 - \\ - 3\Delta x\Delta y^2) - h_{31}(\Delta y^3 - 3\Delta x^2\Delta y).$$

Kao što vidimo formule pisane na ovaj način omogućuju nam da jedanput formirane iznose kod obje koordinate

$$\Delta x, \quad \Delta y, \quad \Delta x^2 - \Delta y^2, \quad \Delta x\Delta y, \quad \Delta x^3 - 3\Delta x\Delta y^2, \text{ i } \Delta y^3 - 3\Delta x^2\Delta y$$

množimo s koeficijentima h_{11}, h_{12} ..... i jednostavnim postupkom dolazimo do traženih koordinata. Ovaj način računanja ne primjenjuje se kod nas. Dakle, on dolazi u one načine koji se preporučuju, jer je mnogo pogodniji od onih koji se kod nas danas primjenjuju. U svemu ima 36 računskih operacija, koje se izvode računskom mašinom. (Vidi prilog br. 7).

U Geodetskoj upravi NR Hrvatske, geodet Adamik Emil priredio je tablice za koeficijente h_{11}, h_{12} ..... za svakih 30' po širini φ, samo je tim koeficijentima dao ove oznake:

$$m_1 = 1 - h_{11}; \quad m_2 = h_{21}; \quad m_3 = h_{31};$$
$$n_1 = h_{12}; \quad n_2 = h_{22}; \quad n_3 = h_{32}.$$

Ovaj način računanja s ovako pripremljenim koeficijentima pogodniji je od onih načina koji se kod nas predviđaju našim Pravilnikom za državni premjer.

Primjer za računanje i tablice za ovaj slučaj date su u prilogu br. 8, i to onako kako ih je pripremio geodet Adamik, s malim korekcijama u tablicama i objašnjenjima, koje nikako ne mijenjaju način računanja i ne utiču na rezultate računanja. (Razlikuje se samo koeficijent n_3, i to za iznose koji ne utiču na tačnost računanja).

Da bismo ove formule doveli na oblik pogodan za računanje logaritamskim tablicama uvode se ove oznake:

$$k_1 \sin\omega_1 = h_{12}; \qquad k_3 \sin\omega_3 = h_{32};$$
$$k_1 \cos\omega_1 = h_{11}; \qquad k_3 \cos\omega_3 = h_{31}.$$
$$k_2 \sin\omega_2 = h_{22};$$
$$k_2 \cos\omega_2 = h_{21};$$

i nove veličine, koje su određene ovim izrazima:

$$\Delta y = g \sin t; \qquad g^2 = \Delta x^2 + \Delta y^2;$$

$$\Delta x = g \cos t; \qquad tgt = \frac{\Delta y}{\Delta x}.$$

Uvođenjem ovih novih oznaka u osnovne formule za transformaciju koordinata, dobijemo:

$$x' = x'_0 + k_1 g \cos(t + \omega_1) + k_2 g^2 \cos(2t + \omega_2) + k_3 g^3 \cos(3t + \omega_3)$$

$$y' = y'_0 + k_1 g \sin(t + \omega_1) + k_1 g^2 \sin(2t + \omega_2) + k_3 g^3 \sin(3t + \omega_3).$$

Vrlo često se ove nove oznake uvode samo kod članova viših potencija, pa onda dobijemo ove formule:

$$x' = x'_0 + \Delta x - (1 - h_{11}) \Delta x - h_{12} \Delta y + k_2 g^2 \cos(2t + \omega_2) +$$
$$+ k_3 g^3 \cos(3t + \omega_3)$$

$$y' = \mp y'_0 + \Delta y - (1 - h_{11}) \Delta y + h_{12} \Delta x + k_2 g^2 \sin(2t + \omega_2) +$$
$$+ k_3 g^3 \sin(3t + \omega_3)$$

Ove formule vrijede ako se radi o transformaciji koordinata iz zapadnog koordinatnog sistema u istočni, jer tada l_0 ima pozitivan predznak. Međutim, ako se radi o transformaciji koordinata iz istočnog sistema u zapadni, tada je l_0 negativno, pa koeficijenti u kojima dolaze neparne potencije od l_0, mijenjaju predznake. U tome slučaju mijenjaju predznake koeficijenti h_{12}, h_{22} i h_{32}, a u vezi s njima, mijenjaju predznake i kutevi ω_2 i ω_3. Prema tome, za transformaciju koordinata iz istočnog sistema u zapadni vrijede formule:

$$x' = x'_0 + \Delta x - (1 - h_{11}) \Delta x + h_{12} \Delta y + k_2 g^2 \cos(2t - \omega_2) +$$
$$+ k_3 g^3 \cos(3t - \omega_3)$$

$$y' = \mp y'_0 + \Delta y - (1 - h_{11}) \Delta y - h_{12} \Delta x + k_2 g^2 \sin(2t - \omega_2) +$$
$$+ k_3 g^3 \sin(3t - \omega_3)$$

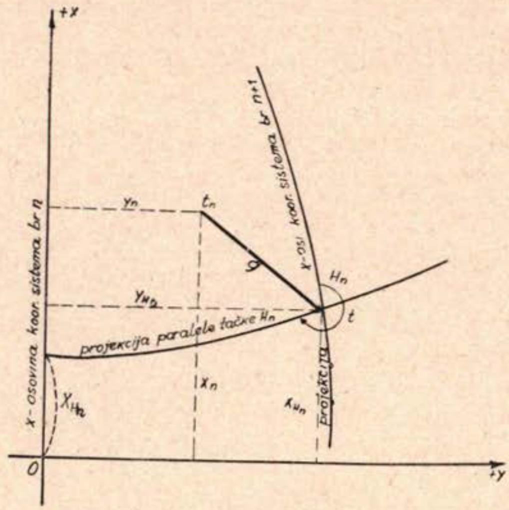
Uza sve to, što su ove formule dovedene na vrlo povoljan oblik za računanje, ipak je računanje opterećeno velikim brojem računskih operacija. (Vidi prilog 9).

U našem Pravilniku za državni premjer ove formule date su u nešto drukčijem obliku. Naime, po našem Pravilniku računanje se vrši po formulama, koje su izvedene pretpostavljajući da se pomoćna tačka nalazi na glavnom meridijanu onog koordinatnog sistema u koji želimo transformirati koordinate neke tačke. Prema tome, koordinate pomoćne tačke u novom kordinatnom sistemu, bit će:

$$y'_0 = 0;$$

$$x'_0 = X_{T0} = X_H,$$

gdje je $X_{T0} = X_H$ apscisa pomoćne tačke T_0 u novom koordinatnom sistemu, odnosno to je dužina luka meridijana od ekvatora do širine φ_0 pomoćne tačke T_0 (sl. 2).



Sl. 2.

Prema tome, formule koje primjenjujemo u našem Pravilniku za državni glase:

$$x' = X_H + \Delta x - (1 - h_{11})\,\Delta x \mp h_{12}\,\Delta y + k_2 g^2 \cos(2t \pm \omega_2) +$$
$$+ k_3 g^3 \cos(3t \pm \omega_3)$$

$$y' = \Delta y - (1 - h_{11})\,\Delta y \pm h_{12}\,\Delta x + k_2 g^2 \sin(2t \pm \omega_2) + k_3 g^3 \cos(3t \pm \omega_3)$$

Gornji predznaci vrijede ako se računanje vrši iz zapadnog sistema u istočni, a donji u protivnom slučaju. Računanje vrši u trig. obrascu br. 32 (Vidi prilog br. 9). Kao što se vidi iz svih ovih formula i priloga, transformacija koordinata iz jednog sistema u drugi — susjedni kod Gauss-Krügerove projekcije zahtijeva veliki broj računskih operacija. U trigonometrijskom obrascu br. 32 imamo 85 računskih operacija. To je jedan od glavnih razloga, što mi do danas nemamo u graničnom pojasu između susjednih koordinatnih sistema izračunate koordinate tačaka viših redova triangulacije u oba koordinatna sistema, kako je predviđeno i potrebno. Stoga se još uvijek traže načini da se to računanje svede na što manji broj računskih operacija. Veliki napredak u tome pogledu postignut je uvođenjem postupka koji nam omogućuje dobivanje pomoćnih tačaka na proizvoljnim širinama, odnosno za proizvoljne apscise x.

Činjenica, da broj pomoćnih tačaka, odnosno gustina intervala u kome su poredane pomoćne tačke i koeficijenti h_{11}, h_{12} ... smanjuju brojeve po iznosu, s kojima vršimo računanje, dovela je na pomisao da se pomoćne tačke i koeficijenti h_{11}, h_{12} — poredaju tabelarno tako gusto, da ih interpolacijom možemo dobiti za svaku širinu φ, odnosno za svaku apscisu x, pa prema tome i za zadani x, koji transformiramo.

Ako smo postigli da nam zadani x, koji transformiramo, može biti apscisa pomoćne tačke, i da za taj x možemo interpolacijom iz tablica dobiti koeficijente h_{11}, h_{12}... i ordinatu y'_0 pomoćne tačke u novom koordinatnom sistemu, onda smo zapravo postigli to, da nam je $x = x_0$, odnosno da je u prednjim formulama $\Delta x = 0$, i tada one dobivaju ovaj oblik:

$$x' = x \mp h_{12}\,\Delta y - h_{21}\Delta y^2 \pm h_{32}\,\Delta y^3;$$

$$y' = \mp y'_0 + h_{11}\,\Delta y \mp h_{22}\,\Delta y^2 - h_{31}\,\Delta y^3.$$

Nije teško na prvi pogled zaključiti da je računanje po ovim formulama neuporedivo jednostavnije, nego kod svih dosadašnjih načina.

Da bi se moglo računati po ovim formulama nužno je prirediti takve tablice koje bi omogućile dobivanje takvih koeficijenata h_{11}, h_{12}... i ordinate y'_0, da bi nam bila osigurana tačnost, koja se dobiva i drugim načinima transformacije. U tu svrhu priređene su tablice od pisca ovih redaka, a štampala ih je Savezna geodetska uprava, Beograd 1958. godine. (Vidi str. 154—155).*

Koordinate pomoćnih tačaka i koeficijenti h_{11}, h_{12}.... dati su za svakih 30″ geografske širine, što odgovara otprilike oko 930 m po apscisi x, što potpuno osigurava traženu tačnost.

Tačka	Y		Razlika u mm.	X		Razlika u mm.
	Stari način	Novi način		Stari način	Novi način	
Kloštar Ivan.	655, 310	655, 310	± 0	858, 864	858, 866	-2
Kl. Ivanić	619, 401	619, 402	− 1	757, 253	757, 254	-1
Sv. Martin	773, 522	773. 522	± 0	490, 088	490, 087	+ 1
Haganj	966, 500	966, 499	+ 1	863, 530	863, 530	±0
Sv. Križ	888, 001	888. 004	− 3	285, 606	285, 609	-3
Gor. Humka	799, 592	799, 590	+ 2	453, 433	453, 436	-3
134	919, 353	919, 351	+ 2	946, 527	946, 529	-2
1	301, 690	301. 691	− 1	061, 005	061, 005	±0
2	116, 779	116. 777	+ 2	243, 729	243, 729	±0
3	309, 192	309, 194	− 2	697, 367	697, 368	-1
4	124, 301	124, 300	− 1	879, 489	879, 488	+ 1
5	947, 963	947, 960	+ 3	502, 183	502, 183	±0

Od svih veličina dobivenih interpolacijom — u pogledu tačnosti — najosjetljivija je ordinata y'_0, jer je njena promjena za svakih 30″ geografske širine, nešto oko 18 m, a proteže se upravo na pravac promjene

* Kao prilog br. 10, došle bi strane 28 i 29 tih tablica!!

argumenta. Iz priloženog tabelarnog pregleda u kojem su date ordinate y'_0, dobivene računski i interpolacijom iz spomenutih »Tablica na str. 148«, vidi se da je srednja greška u ordinati y'_0 ispod 1 mm.

Računanje koeficijenata h_{11}, h_{12}.... i koordinata pomoćnih tačaka prilično je zamašan posao, a poseban je posao priređivanje tih iznosa na što jednostavniji oblik za praktično računanje. Da bi to pokazali napisat ćemo iznose za pojedine koeficijente dobivene direktnim računanjem.

$$
\begin{aligned}
h_{11} &= 0{,}999\ 30\ 45666 && = 1 - a_1;\\
1\text{-}h_{11} &= 69{,}543.10^5 && = a_1;\\
h_{12} &= 3728{,}78840.10^5 && = b_1;\\
h_{21} &= 1{,}6145004\ .\ 10^{10} && = a_2;\\
h_{22} &= 28{,}80\ 880\ .\ 10^{10} && = b_2;\\
h_{31} &= 0{,}00308412\ .\ 10^{15} && = a_3;\\
h_{32} &= 0{,}154824\ .\ 10^{15} && = b_3.
\end{aligned}
$$

Ovo su iznosi, koji odgovaraju prvom redu tablica, za $x_0 = 5031835{,}340$, na stranama 28 i 29. (Vidi prilog br. 10). Zbog što jednostavnijeg pisanja ovih koeficijenata u formulama uzeli smo za njih oznake a_1, b_1....

Ako pogledamo iznos za koeficijent h_{11}, vidimo da je on vrlo blizu jedinici, ali da bi računanje s brojem, koji je sastavljen od ovakvih cifara, bilo vrlo otežano. Stoga je iznos tog koeficijenta odbijen od jedinice i označen sa »a_1«, a tada formule za računanje glase:

$$y' = \mp y'_0 + (y - y_0) - a_1 (y - y_0) \mp a_2 (y - y_0)^2 - a_3 (y - y_0)^3$$

$$x' = x \mp b_1 (y - y_0) + b_2 (y - y_0)^2 \mp b_3 (y - y_0)^3$$

Istovremeno, da bismo se riješili poteškoća oko određivanja broja decimalnih mjesta kod računanja, pomnožili smo koeficijente a_1 i b_1 sa 10^5, s tim da smo razliku $(y\text{-}y_0)$ odmah podijelili s 10^5, pa će se dobiti iznos koji odgovara formulama. Iz istih razloga pomnoženi su koeficijenti a_2 i b_2 sa 10^{10}, a koeficijenti a_3 i b_3 sa 10^{15}, a razlika $(y - y_0)^2$ podijeljena sa 10^{10}, a razlika $(y - y_0)^3$ sa 10^{15}. Pored navedenog razloga, olakšanje određivanja broja decimalnih mjesta u rezultatima računanja, ovaj postupak ima još i tu prednost, što su tako smanjene razlike $(y - y_0)^2$ i $(y - y_0)^3$ male i vrlo male veličine, pa je računanje s njima vrlo jednostavno.

U toku već prvih računanja, vidjelo se je, da su iznosi članova trećeg reda $a_3\ (y - y_0)^3$ i $b_3\ (y - y_0)^3$ vrlo maleni i da se oni mogu dati tabelarno (ili grafički) po argumentu $(y - y_0)$, iz kojih bi se neposredno uzimali. Mi smo se odlučili za primjenu pomoćnih tablica, koje su date na svakoj strani uz ostale elemente transformacije. Pored ovih pomoćnih tablica, iz kojih možemo uzeti izračunate članove trećeg reda, dati su tabelarno i koeficijenti a_3 i b_3, ako bi se slučajno ukazala potreba da se članovi trećeg reda računaju za područja šira, nego što su data u pomoćnim tablicama. Koristimo ovu priliku da skrenemo pažnju korisnicima ovih tablica da je u tablicama kod koeficijenta $a_3 \cdot 10^{15}$ izostavljena jedna nula iza decimalne tačke. Za praktičnu primjenu ovo nije od osobitog značaja, jer su vrlo rijetki slučajevi da će o ovome biti potrebno voditi računa.

Sveukupan iznos ovog trećeg člana rijetko će kad imati iznos veći od 2 mm, a u većini slučajeva o njemu uopće nije potrebno voditi računa. Uvođenjem ovih pomoćnih tablica, računanje je svedeno na izračunavanje svega prvih dvaju članova, što ubrzava računanje za preko 30% od dosadašnjih načina računanja.

Posebno olakšanje za upotrebu tablica predstavlja način, na koji su poredane po argumentu x, pa su njihove tablične razlike direktno zavisne od razlika Δx. Stoga su sve tablične razlike, kod svih koeficijenata i ordinate y'_0 pomoćne tačke, podijeljene s odgovarajućom tabličnom razlikom Δx. Ovakve pripremljene (podijeljene) tablične razlike skraćuju postupak interpolacije kod svih veličina za 50%, pogotovo ako računanje vršimo računskom mašinom.

Za ovaj način računanja predložen je formular od stručnjaka Savezne geodetske uprave u Beogradu (triangulator Kosara Stanković), koji nam se čini, da je vrlo pogodan. (Vidi prilog br. 11). Broj računskih operacija je 27, od kojih se neke mogu izbjeći.

Na kraju, moramo naglasiti, da ovaj posljednji način transformacije koordinata iz jednog koordinatnog sistema u drugi — susjedni kod Gauss-Krügerove projekcije, iako je daleko najpovoljniji od svih dosadašnjih, nije našao širu primjenu kod naših stručnih ustanova. Primjenjuju ga studenti u svojim programima, i poneki od svršenih studenata, koji su zaposleni van geodetske službe, tako da su veliki trud oko sastavljanja ovih »Tablica« i formulara, kao i sredstva Savezne geodetske uprave oko izdavanja ovih tablica — zasada slabo korišteni. Nadajmo se, da će to odsad krenuti onako, kako bi to trebalo biti.

Na kraju mi je dužnost da kažem, da su spomenute tablice izrađene uz pomoć druga Popović Vladimira, službenika Ureda za triangulaciju i nivelman, Geodetske uprave NR Hrvatske u Zagrebu.

Transformacija Gauss-Krügerovih koordinata

$$\bar{y}_{n\pm1} = \mp\bar{y}_0 + a_1\Delta y + b_1\Delta x + a_2(\Delta\bar{x}^2 - \Delta\bar{y}^2) + 2b_2\Delta\bar{x}\Delta\bar{y} + b_3(\Delta\bar{x}^3 - \Delta\bar{x}\Delta\bar{y}^2) - a_3(\Delta\bar{y}^3 - 3\Delta\bar{x}^2\Delta\bar{y})$$

$$\bar{x}_{n\pm1} = \bar{x}_0' + a_1\Delta\bar{x} - b_1\Delta\bar{y} + b_2(\Delta\bar{x}^2 - \Delta\bar{y}^2) - 2a_2\Delta\bar{x}\Delta\bar{y} + a_3(\Delta\bar{x}^3 - 3\Delta\bar{x}\Delta\bar{y}^2) + b_3(\Delta\bar{y}^3 - 3\Delta\bar{x}^2\Delta\bar{v})$$

Broj i naziv tačke :			Kloštar Ivanić		
Iz sistema br. „n" u br. „n+1"			Iz sistema br. 5 u sistem br 6		
	$\bar{y}$	+ 110 832, 253	©	$\bar{x}$	5 067 536, 203
1	$\bar{y}_0$	− 116 737. 407	2	$\bar{x}_0$	5 067 026. 489
11	$\Delta\bar{y} = \bar{y} - \bar{y}_0$	− 5 905, 154	18	$\Delta\bar{x} = \bar{x} - \bar{x}_0$	+ 509. 714
12	$\Delta\bar{y}^2$	+ 34 870 843, 7637	19	$\Delta\bar{x}^2$	+ 259 808. 3618
13	$\Delta\bar{y}\ \Delta\bar{x}$	− 3 009 939. 6660	20	$\Delta\bar{y}\ \Delta\bar{x}$	− 3 009 939. 6660
14	$\Delta\bar{x}^2 - \Delta\bar{y}^2$	− 34 611 035, 4019	21	$\Delta\bar{x}^2 - \Delta\bar{y}^2$	− 34 611 035, 4019
15	$\Delta\bar{y}^3$	− 205 912 332, 049	22	$\Delta\bar{x}^3$	+ 132 424 341
16	$-3\Delta\bar{x}^2\ \Delta y$	+ 4 602 498 720	23	$-3\Delta\bar{y}^2\ \Delta x$	− 53 317 520 017
17	$\Delta\bar{y}^3 - 3\Delta\bar{x}^2\Delta y$	− 201 309 833 329	24	$\Delta\bar{x}^3 - 3\Delta\bar{y}^2\Delta x$	− 53 185 095 676
		5	$a_1 \cdot 10^6$	70 301	
		6	$b_1\ 10^6$	3749. 0280	
		7	$b_2 \cdot 10^{10}$	1. 6141	
		8	$a_2\ 10^{10}$	28. 6447	
		9	$a_3\ 10^{15}$	0 03301	
		10	$b_3\ 10^{15}$	0. 1586	
3	$\bar{y}_0'$	− 116 737. 407	4	$\bar{x}_0'$	5 067 026. 489
25	$\Delta\bar{y}$	− 5 905. 154	26	$\Delta\bar{x}$	+ 509. 714
27	$+b_1\ \Delta\bar{x}$	+ 19. 109	30	$+a_1 .\ \Delta\bar{x}$	− 0, 358
29	$+a_1\ \Delta\bar{y}$	+ 4, 151	28	$-b_1\ \Delta y$	+ 221. 386
31	$+a_2(\Delta\bar{x}^2 - \Delta\bar{y}^2)$	− 0, 099	34	$+b_2(\Delta\bar{x}^2 - \Delta\bar{y}^2)$	+ 0. 006
33	$+2b_2\ \Delta\bar{x}\ \Delta\bar{y}$	− 0, 001	32	$-2a_2\ \Delta\bar{x}\ \Delta\bar{y}$	+ 0. 017
35	$+b_3(\Delta\bar{x}^3 - 3\Delta\bar{x}\Delta\bar{y}^2)$	0	37	$+a_3(\Delta\bar{x}^3 - 3\Delta\bar{x}\ \Delta\bar{y}^2)$	0
38	$+a_3(\Delta\bar{y}^3 - 3\Delta\bar{x}^2\Delta\bar{y})$	0	36	$+b_3(\Delta\bar{y}^3 - 3\Delta\bar{x}^2\ \Delta\bar{y})$	0
39	$\bar{y}_{n\pm1}$	− 122 619. 401	40	$\bar{x}_{n\pm1}$	5 067 757. 254

Transformacija Gauss-Krügerovih koordinata u susjedni sistem pomoću koeficijenata m i n (za računski stroj)

$$\bar{y}' = -\bar{y}_0 + \Delta\bar{y} + m_1\Delta\bar{y} + n_1\Delta\bar{x} - n_2\Delta\bar{y}^2 + n_2\Delta\bar{x}^2 + 2m_2\Delta\bar{y}\Delta\bar{x} - m_3\Delta\bar{y}^3 + n_3\Delta\bar{x}^3 - 3n_3\Delta\bar{y}^2\Delta x + 3m_3\Delta\bar{x}^2\Delta\bar{y}$$

$$\bar{x}' = \underbrace{\bar{x}_0 + \Delta\bar{x}}_{\mathrm{I}} - \underbrace{n_1\Delta\bar{y} + m_1\Delta\bar{x}}_{\mathrm{II}} - \underbrace{m_2\Delta\bar{y}^2 + m_2\Delta\bar{x}^2 - 2n_2\Delta\bar{y}\Delta\bar{x}}_{\mathrm{III}} + \underbrace{n_3\Delta\bar{y}^3 + m_3\Delta\bar{x}^3 - 3m_3\Delta\bar{y}^2\Delta x - 3n_3\Delta\bar{x}^2\Delta\bar{y}}_{\mathrm{IV}}$$

Tablica predznaka za m i n

Iz n u n+1

m_1	+	n_1	−
n_1	+	m_1	−
n_2	−	m_2	+
n_2	+	m_2	−
$2m_2$	−	$2n_2$	−
m_3	−	n_3	−
n_3	−	m_3	+
$3n_3$	+	$3m_3$	−
$3m_3$	+	$3n_3$	+

Iz n u n−1

m_1	−	n_1	+
n_1	−	m_1	−
n_2	+	m_2	+
n_2	−	m_2	−
$2m_2$	−	$2n_2$	+
m_3	−	n_3	+
n_3	+	m_3	+
$3n_3$	−	$3m_3$	−
$3m_3$	+	$3n_3$	−

Tablica za dvostruki stroj

+				−			
+	+	−	−	+	+	−	−
+	−	−	+	+	−	−	+
←	→	←	→	←	→	←	→
○	●	●	○	●	○	○	●

Tek br 1 — Koord uzete 33 169 II/6

252 Križ — Iz 6 u 5 sistem

	±			±			±	
$\bar{y}$	−	114 878,370	$\bar{x}$	5	059 210,510			
$\bar{y}_0$	−	117 222,684	$\bar{x}_0$	5	041 095,993	$\Delta\bar{y} = \bar{y} - \bar{y}_0$		
$\Delta\bar{y}$	+	2 344,314	$\Delta\bar{x}$	+	18 114,517	$\Delta y = \Delta\bar{y} : 10^5$		
m_1	−	697,42	n_1	+	37 341 25	Δy	+	0,023 443 14
n_1	−	37 341,25	m_1	−	697,42	Δx	+	0,181 145 17
n_2	+	28 765 69	m_2	+	1 614 40	Δy^2	+	0,000 550
n_2	−	28 765 69	m_2	−	1 614 40	Δx^2	+	0,032 814
$2m_2$	−	3 228 80	$2n_2$	+	57 531 38	$\Delta y\Delta x$	+	0,004 247
m_3	−	3 14	n_3	+	153 03	Δy^3	+	0,000 000
n_3	+	153 03	m_3	+	3 14	Δx^3	+	0,005 900
$3n_3$	−	459 09	$3m_3$	−	9 42	$\Delta y^2\Delta x$	+	0,000 100
$3m_3$	+	9 42	$3n_3$	−	459 09	$\Delta x^2\Delta y$	+	0,000 800
$-\bar{y}_0+\Delta\bar{y}$	+	119 566,998	$\bar{x}+\Delta\bar{x}$	5	059 210,510	I član po y		
$[\ ]_y$		×9 321,005	$[\ ]_x$	+	75,098	$[\mathrm{II}+\mathrm{III}+\mathrm{IV}]_y = [\ ]_y$		
$\bar{y}'$	+	118 888,003	$\bar{x}'$	5	059 285,608			

Izračunao:

Tek br 1a — Koord uzete 32a1 II/6

252 Križ — Iz 5 u 6 sistem

	±			±			±	
$\bar{y}$	+	118 888,003	$\bar{x}$	5	059 285,608			
$\bar{y}_0$	+	117 222,684	$\bar{x}_0$	5	041 095,993	$\Delta\bar{x} = \bar{x} - \bar{x}_0$		
$\Delta\bar{y}$	+	1 665,319	$\Delta\bar{x}$	+	18 189,615	$\Delta x = \Delta\bar{x} : 10^5$		
m_1	−	697 42	n_1	−	37 341 25	Δy	+	0,016 653 19
n_1	+	37 341 25	m_1	−	697 42	Δx	+	0,181 896 16
n_2	−	28 765 69	m_2	+	1 614 40	Δy^2	+	0,000 277
n_2	+	28 765 69	m_2	−	1 614 40	Δx^2	+	0,033 086
$2m_2$	−	3 228 80	$2n_2$	−	57 531 38	$\Delta y\Delta x$	+	0,003 029
m_3	−	3 14	n_3	−	153 03	Δy^3	+	0,000 000
n_3	−	153 03	m_3	+	3 14	Δx^3	+	0,006 000
$3n_3$	+	459 09	$3m_3$	−	9 42	$\Delta y^2\Delta x$	+	0,000 100
$3m_3$	+	9 42	$3n_3$	+	459 09	$\Delta x^2\Delta y$	+	0,000 600
$-\bar{y}_0+\Delta\bar{y}$	−	115 557,365	$\bar{x}_0+\Delta\bar{x}$	5	059 285,608	= I član po x		
$[\ ]_y$	+	678,995	$[\ ]_x$		×24,902	$[\mathrm{II}+\mathrm{III}+\mathrm{IV}]_x = [\ ]_x$		
$\bar{y}'$	−	114 878,370	$\bar{x}'$	5	059 210,510			

Izračunao:

Tek br 2 — Koord uzeta 5^6 I red

278 Velež — Iz 6 u 5 sistem

	±			±			±	
$\bar{y}$	+	1 819,779	$\bar{x}$	4	798 582,440			
$\bar{y}_0$	−	122 297,694	$\bar{x}_0$	4	763 331,225			
$\Delta\bar{y}$	+	124 117,473	$\Delta\bar{x}$	+	35 251,215			
m_1	−	637 67	n_1	+	35 706 17	Δy	+	1,241 174 73
n_1	−	35 706 17	m_1	−	637 67	Δx	+	0,352 512 15
n_2	+	30 032 78	m_2	+	1 611 42	Δy^2	+	1,540 515
n_2	−	30 032 78	m_2	−	1 611 42	Δx^2	+	0,124 265
$2m_2$	−	3 222 84	$2n_2$	+	60 065 56	$\Delta y\Delta x$	+	0,437 529
m_3	−	1 43	n_3	+	146 41	Δy^3	+	1,912 000
n_3	+	146 41	m_3	+	1 43	Δx^3	+	0,043 800
$3n_3$	−	439 23	$3m_3$	−	4 29	$\Delta y^2\Delta x$	+	0,543 100
$3m_3$	+	4 29	$3n_3$	−	439 23	$\Delta x^2\Delta y$	+	0,154 200
$-\bar{y}_0+\Delta\bar{y}$	+	246 415,167	$\bar{x}_0+\Delta\bar{x}$	4	798 582,440			
$[\ ]_y$		×8 703 058	$[\ ]_x$	+	4 438,053			
$\bar{y}'$	+	245 118,225	$\bar{x}'$	4	803 020,493			

Izračunao:

Tek br 3 — Koord uzete 5^6 I red

278 Velež — Iz 6 u 7 sistem

	±			±			±	
$\bar{y}$	+	1 819,779	$\bar{x}$	4	798 582,440			
$\bar{y}_0$	+	121 301,118	$\bar{x}_0$	4	818 875,114			
$\Delta\bar{y}$	−	119 481,339	$\Delta\bar{x}$	−	20 292,674			
m_1	−	649,61	n_1	−	36 038 74	Δy	−	1,194 813 39
n_1	+	36 038 74	m_1	−	649 61	Δx	−	0,202 926 74
n_2	−	29 783,76	m_2	+	1 613 00	Δy^2	+	1,427 578
n_2	+	29 783 76	m_2	−	1 613 00	Δx^2	+	0,041 179
$2m_2$	−	3 226 00	$2n_2$	−	59 567 52	$\Delta y\Delta x$	+	0,242 450
m_3	−	1 77	n_3	−	147 75	Δy^3	−	1,705 700
n_3	−	147 75	m_3	+	1 77	Δx^3	−	0,008 400
$3n_3$	+	443 25	$3m_3$	−	5 31	$\Delta y^2\Delta x$	−	0,289 700
$3m_3$	+	5 31	$3n_3$	+	443 25	$\Delta x^2\Delta y$	−	0,049 200
$-\bar{y}+\Delta\bar{y}$	−	240 782,457	$\bar{x}_0+\Delta\bar{x}$	4	798 582,440			
$[\ ]_y$		×9 304,095	$[\ ]_x$	+	4 307,165			
$\bar{y}'$	−	241 478,362	$\bar{x}'$	4	802 889,605			

Izračunao:

Tablice za transformaciju

Gauss-Krügerovih koordinata u susjedni koordinatni sistem

a) za računanje strojem:

$$\dot{Y} = -\dot{Y}_0 + \Delta\bar{y} + m_1\Delta\bar{y} + n_1\Delta\bar{x} - n_2\Delta\bar{y}^2 + n_2\Delta\bar{x}^2 + 2m_2\Delta\bar{y}\Delta\bar{x} - m_3\Delta\bar{y}^3 + n_3\Delta\bar{x}^3 - 3n_3\Delta\bar{y}^2\Delta\bar{x} + 3m_3\Delta\bar{x}^2\Delta\bar{y}$$
$$\dot{X} = \dot{X}_0 + \Delta\bar{x} - n_1\Delta\bar{y} + m_1\Delta\bar{x} - m_2\Delta\bar{y}^2 + m_2\Delta\bar{x}^2 - 2n_2\Delta\bar{y}\Delta\bar{x} + n_3\Delta\bar{y}^3 + n_3\Delta\bar{x}^3 - 3m_3\Delta\bar{y}^2\Delta\bar{x} - 3n_3\Delta\bar{x}^2\Delta\bar{y}$$

φ	$\bar{x}_0$	$\bar{y}_0$	m_1	n_1	m_2	n_2	m_3	n_3
47° 0'	5 207 809,275	± 114 069,260	− 733 27	± 38 288 33	− 1610 29	± 27 979 71	+ 4165	∓ 1588
46 30	5 152 233,647	115 129,255	721 33	37 975 53	1612 15	28 243 80	3824	1576
46 0	5 096 662,552	116 180,423	709 38	37 659 84	1613 52	28 505 80	3483	1563
45 30	5 041 095,993	± 117 222,684	− 697 42	± 37 341 26	− 1614 40	± 28 765 69	+ 3141	∓ 1550
45 00	4 985 533,970	118 255,962	685 46	37 019 83	1614 79	29 023 49	2799	1538
44 30	4 929 976,483	119 280,177	673,52	36 695 59	1614 68	29 279 06	2437	1525
44 00	4 874 423,533	± 120 295,254	− 661 56	± 36 368 55	− 1614 09	± 29 532 50	+ 2116	∓ 1512
43 30	4 818 875,114	121 301,118	649 61	36 038 73	1613 00	29 783 76	1774	1498
43 00	4 763 331,225	122 297,693	637 67	35 706 17	1611 42	30 032 78	1433	1485
42 30	4 707 791,859	± 123 284,905	− 625 75	± 35 370 88	− 1609 35	± 30 279 57	+ 1092	∓ 1472
42 00	4 652 257,007	124 262,680	613 84	35 032 90	1606 79	30 524 13	751	1458
41 30	4 596 726,665	125 230,947	601 96	34 692 24	1603 73	30 766 41	411	1444
41 00	4 541 200,821	± 126 189,630	− 590 10	± 34 348 93	− 1600 19	± 31 006 39	+ 72	∓ 1430
40 30	4 485 679,463	127 138,661	578 27	34 003 01	1596 16	31 244 05	− 266	1407
40 00	4 430 162,582	128 077,969	566 46	33 654 49	1591 64	31 479 38	− 604	1403

b) računanje logaritmima

$$\bar{Y}' = -\bar{y}_0 + \Delta\bar{y} + m_1\Delta\bar{y} + n_1\Delta\bar{x} + K_2 r^2 \sin(2\vartheta + \omega_2) + K_3 r^3 \sin(3\vartheta + \omega_3)$$
$$\bar{X}' = \bar{x}_0 + \Delta\bar{x} + m_1\Delta\bar{x} - n_1\Delta\bar{y} + K_2 r^2 \cos(2\vartheta + \omega_2) + K_3 r^3 \cos(3\vartheta + \omega_3)$$

φ	$\bar{x}_0$	$\bar{y}_0$	log m_1	log n_1	log K_2	ω_2	lg K_3	ω_3
47° 00	5 207 809,275	± 114 069,260	−6 865 2639·2	± 8 583 0664·2	−10 1 44756·2	± 93°17'37"9	−20 4 195·6	∓ 88°28'7
46 30	5152 233,647	115 129,255	858 1339·9	5795038·4	45163·0	93 16 00 8	192·0	88 35·5
46 00	5 096 662,552	116 180,423	850 8789·4	575 8784·7	45562·8	93 14 22 8	188·5	88 42·4
45 30	5 041 095,993	± 117 222,684	− 6 843 4944·0	± 8 572 1889·6	1 45955·8	± 93°12'43"9	4 184·8	∓ 88°49'4
45 00	4 985 533,970	118 255,962	835 9821·2	568 4344·2	46341·1	93 11 04·5	181·1	88 56·6
44 30	4 929 976,483	119 280,177	828 3505·0	564 6138·8	46 721·7	93 09 23·6	177·3	89 04·5
44 0	4 874 423,533	± 120 295,254	− 6 820 5692·4	± 8 560 7259·9	1 47094·9	± 93°07'42"1	4 173·5	∓ 89°11'0
43 30	4 818 875,114	121 301,118	812 6527,0	556 7694·8	47 461·6	93 05 59·8	169·5	89 18 7
43 0	4 763 331,225	122 297,693	804 5959 9	552 7432·7	478 22·0	93 04 16 6	165·6	89 26 4
42 30	4 707 791,859	± 123 284,905	− 6.796 4008·6	± 8 548 6458·7	1 48 176·3	± 93°02'32"6	4 161·5	∓ 89°34'1
42 0	4 652 257,007	124 262,680	788 0551·9	544 4760·9	48 524·5	93 00 47·7	157·4	89 42,0
41 30	4 596 726,665	125 230,947	779 5676·3	540 2323·4	48 866·8	92 59 02·0	153·2	89 50.5
41 0	4 541 200,821	± 126 189,630	− 6 770 9256·1	± 8.535 9132·1	1.49202·9	± 92°57'15"6	4 148·9	∓ 89°58'3
40 30	4 485 679,463	127 138,661	762 1306·6	531 5173·7	49 533·4	92 55 28,3	144·6	90 06.6
40 0	4 430 162,582	128 077,969	753 1692·5	527 0429·2	49 858·1	92 53 40,2	140·1	90 15·2

Gornji predznaci važe za transformaciju iz sistema br. n u br. n+1, a donji iz sistema br. n+1 u n

U gornjim formulama su:

$\bar{y}\ \bar{x}$ date koordinate ; $\Delta\bar{y} = \bar{y} - \bar{y}_0$, $\Delta\bar{y} : 10^5 = \Delta y$, $\dfrac{\Delta\bar{y}}{\Delta\bar{x}} = \dfrac{r \sin\vartheta}{r\cos\vartheta} = tg\,\vartheta$;

$\bar{y}'\ \bar{x}'$ tražene —"— ; $\Delta\bar{x} = \bar{x} - \bar{x}_0$; $\Delta\bar{x} : 10^5 = \Delta x$; $\dfrac{\Delta\bar{y}}{\sin\vartheta} = \dfrac{\Delta\bar{x}}{\cos\vartheta} = r$

$\bar{y}_0\ \bar{x}_0$ pomoćne —"— ,

Veličine $\bar{y}_0, \bar{x}_0, m, n, K$ i ω uzimaju se gotove iz tablica po argumentu $\bar{x}$, a r i ϑ se računaju za svaku tačku

$\overline{x}_0$	$\overline{y}_0$	$\Delta \overline{y} : \Delta \overline{x}_0$	$a_1 \cdot 10^5$	$\Delta a_1 : \Delta \overline{x}_0$	$a_2 \cdot 10^{10}$	$\Delta a_2 : \Delta \overline{x}_0$
		—		+		—
50 31835.340	117395.523	0.018652	69.543	0.022	28.8088	0.0464
32761.399	378.250	654	563		8045	
33687.460	360.975	657	583		8002	
34613.522	343.697	660	603		7959	
35539.585	326.417	662	623		7916	
36465.650	309.135	664	643		7873	0.0475
37391.716	291.851	668	663		7829	0.0464
38317.783	274.563	670	683		7786	
39243.852	257.273	674	703		7743	
40169.921	239.980	0.018677	723	0.022	7700	0.0464
50 41095.993	117222.684	680	69.743	0.022	28.7657	0.0464
42022.065	205.388	684	763	0.021	7614	
42948.138	188.089	687	782	0.022	7571	0.0475
43874.213	170.786	690	802		7527	0.0464
44800.289	153.480	693	822		7484	
45726.366	136.172	694	842		7441	
46652.445	118.861	698	862		7398	
47578.524	101.549	699	882		7355	
48504.605	084.233	701	902		7312	0.0475
49430.687	066.916	0.018707	922		7268	0.0464
50 50356.770	117049.597	708	69.942		28.7225	
51282.855	032.273	711	962		7182	
52208.941	014.948	713	982		7139	
53135.028	116997.620	714	70.002		7096	0.0475
54061.118	980.290	717	022	0.021	7052	0.0464
54987.207	962.959	722	042	0.022	7009	
55913.297	945.625	725	061		6966	
56839.390	928.287	726	081		6923	0.0475
57765.484	910.946	730	101		6879	0.0464
58691.579	893.604	0.018734	121		6836	
50 59617.675	116876.258	735	70.141		28.6793	
60543.772	858.909	737	161		6750	0.0475
61469.870	841.559	739	181		6706	0.0464
62395.971	824.207	743	201		6663	
63322.072	806.853	745	221		6620	
64248.175	789.495	748	241		6577	0.0475
65174.278	772.135	750	261		6533	0.0464
66100.383	754.772	750	281		6490	
67026.489	737.407	754	301		6447	0.0475
67952.597	720.042	0.018758	321	0.021	6403	0.0464
50 68878.706	116702.674	762	70.340	0.022	28.6360	
69804.815	685.302	766	360		6317	0.0475
70730.927	667.926	768	380		6273	0.0464
71657.039	650.547	769	400		6230	
72583.153	633.166	770	420		6187	0.0475
73509.267	615.784	774	440		6143	0.0464
74435.384	598.401	777	460		6100	
75361.501	581.014	780	480		6057	0.0475
76287.620	563.624	784	500		6013	0.0464
77213.740	546.232	0.018786	520	0.022	5970	0.0464
50 78139.861	116528.836		70.540		28.5927	

$\bar{x}_0$	$b_1 \cdot 10^5$	$\Delta b_1 : \Delta \bar{x}_0$	$b_2 \cdot 10^{10}$
50 31835.340	3728.7884	+ 5.76	1.6145
32761.399	9.3225		45
33687.460	9.8565		45
34613.522	3730.3904		45
35539.585	0.9242		45
36465.650	1.4580		45
37391.716	1.9918		44
38317.783	2.5254		44
39243.852	3.0589		44
40169.921	3.5923		44
50 41095.993	3734.1257	5.76	1.6144
42022.065	4.6590	5.76	44
42948.138	5.1923		44
43874.213	5.7254		44
44800.289	6.2584		44
45726.366	6.7914	5.76	43
46652.445	7.3243	5.75	43
47578.524	7.8571		43
48504.605	8.3899		43
49430.687	8.9225		43
50 50356.770	3739.4551		1.6143
51282.855	9.9876		43
52208.941	3740.5200		43
53135.028	1.0524		43
54061.118	1.5846		42
54987.207	2.1163		42
55913.297	2.6490	5.75	42
56839.390	3.1810	5.74	42
57765.484	3.7129		42
58691.579	4.2448		42
50 59617.675	3744.7766		1.6142
60543.772	5.3083		41
61469.870	5.8399		41
62395.971	6.3715		41
63322.072	6.9030		41
64248.175	7.4344		41
65174.278	7.9657		41
66100.383	8.4969	5.74	41
67026.489	9.0280	5.73	41
67952.597	9.5591		40
50 68878.706	3750.0901		1.6140
69804.815	0.6211		40
70730.927	1.1519		40
71657.039	1.6826		40
72583.153	2.2133		40
73509.267	2.7439		39
74435.384	3.2744		39
75361.501	3.8049		39
76287.620	4.3352		39
77213.740	4.8655	5.73	39
50 78139.861	3755.3957	5.72	1.6139

$\bar{y}-\bar{y}_0$ u km	$b_3(\bar{y}-\bar{y}_0)^3$ u mm
10	0
15	1
20	1
25	2
28	3
30	4
1	5
2	5
3	6
4	6
5	7
6	8
7	8
8	9
9	9
40	10
1	11
2	12
3	12
4	13
5	14
6	15
7	16
8	17
9	18
50	20
1	21
2	22
3	23
4	25
5	26
6	28
7	29
8	31
9	32
60	34

$a_3(\bar{y}-\bar{y}_0)^3$ u mm

$\bar{y}-\bar{y}_0$ u km	$\bar{x}$ u km od 5041 do 5069
30	0
35	1
40	2
45	3
50	4
55	5
60	7
65	9
70	11
75	14
80	17
85	20
90	23

$a_3(\bar{y}-\bar{y}_0)^3$ u mm

$\bar{y}-\bar{y}_0$ u km	$\bar{x}$ u km od 5069 do 5097
30	0
35	1
40	2
45	3
50	4
55	6
60	7
65	9
70	12
75	14
80	17
85	21
90	25

Pomoćna tačka H *10*

Mreža *I* reda

Tačka, čije se koordinate transformiraju: *Kloštar Ivanić*

Transformacija se vrši iz koordinatnog sistema br. *5* u koordinatni sistem br. *6*

Formule: $\Delta\bar{y} = \bar{y}_n - \bar{y}_H$; $\Delta\bar{x} = \bar{x}_n - \bar{x}_H$; $\mathrm{tg}\, t = \frac{\Delta\bar{y}}{\Delta\bar{x}}$; $\mathrm{tg}(45^\circ + t) = \frac{\Delta\bar{x} + \Delta\bar{y}}{\Delta\bar{x} - \Delta\bar{y}}$; $g = \frac{\Delta\bar{y}}{\sin t} = \frac{\Delta\bar{x}}{\cos t}$

$$\bar{y}_{n\pm1} = \Delta\bar{y} - (1 - h_{1.1})\,\Delta\bar{y} \pm h_{1.2}\Delta\bar{x} + \varkappa_2 g^2 \sin(2t + \omega_2) + \varkappa_3 g^3 \sin(3t + \omega_3) + \varkappa_4 g^4 \sin(4t + \omega_4) + \varkappa_5 g^5 \sin(5t + \omega_5)$$

$$\bar{x}_{n\pm1} = \Delta\bar{x} - (1 - h_{1.1})\,\Delta\bar{x} \mp h_{1.2}\Delta\bar{y} + \varkappa_2 g^2 \cos(2t + \omega_2) + \varkappa_3 g^3 \cos(3t + \omega_3) + \varkappa_4 g^4 \cos(4t + \omega_4) + \varkappa_5 g^5 \cos(5t + \omega_5) + \bar{x}_H$$

$\bar{y}_n$ =	+	110	832	253	
$\bar{y}_H$ =	−	233	750	739	1
$\Delta\bar{y}$ =	−	122	918	486	3
$\Delta\bar{x} + \Delta\bar{y}$ =	−	118	284	752	5
$\Delta\bar{y}$ ...	5	089	6172	3 n	7
$\Delta\bar{x}$ ...	3	665	9310	0	8
tg t =	1	423	6862	3 n	11
t =	272	09	32,010"		13
$\Delta\bar{y}$ ...	5	089	6172	3 n	15
sin t ...	9	999	6916	4 n	17
g ...	5	089	9255	9	19
$(1-h_{1.1})$ ...	7	137	5651	9	57
$\Delta\bar{y}$ ...	5	089	6172	3 n	61
$(1-h_{1.1})\Delta\bar{y}$ ...	2	227	1824	2 n	65
$h_{1.2}$ ...	8	573	2810	0	59
$\Delta\bar{x}$ ...	3	665	9310	0	63
$h_{1.2}\Delta\bar{x}$ ...	2	239	2120	0	67
$\Delta\bar{y}$ =	−	122	918	486	69
$-(1-h_{1.1})\Delta\bar{y}$ =	+		168	726	71
$h_{1.2}\Delta\bar{x}$ =	+		173	465	73
$\varkappa_2 g^2 \sin(2t+\omega_2)$ =	−		43	149	75
$\varkappa_3 g^3 \sin(3t+\omega_3)$ =	+		0	044	77
$\varkappa_4 g^4 \sin(4t+\omega_4)$ =	−		0	001	79
$\varkappa_5 g^5 \sin(5t+\omega_5)$ =					81
$\bar{y}_{n+1}$	−	122	619	401	84

$\bar{x}_n$ =	5	067	536	203	
$\bar{x}_H$ =	5	062	902	470	2
$\Delta\bar{x}$ =	+	4	633	733	4
$\Delta\bar{x} - \Delta\bar{y}$ =	+	127	552	218	6
$\Delta\bar{x} + \Delta\bar{y}$ ...	5	072	9287	3 n	9
$\Delta\bar{x} - \Delta\bar{y}$ ...	5	105	6880	4	10
tg(45° + t) ...	9	967	2406	9 n	12
45° + t =	317	09	32,017"		14
$\Delta\bar{x}$ ...	3	665	9310	0	16
cos t ...	8	576	0054	6	18
g ...	5	089	9255	4	20
$(1-h_{1.1})$ ...	7	137	5651	9	58
$\Delta\bar{x}$ ...	3	665	9310	0	62
$(1-h_{1.1})\Delta\bar{x}$ ...	0	803	4961	9	66
$h_{1.2}$ ...	8	573	2810	0	60
$\Delta\bar{y}$ ...	5	089	6172	3 n	64
$h_{1.2}\Delta\bar{y}$ ...	3	662	8982	3 n	68
$\Delta\bar{x}$ =	+	4	633	733	70
$-(1-h_{1.1})\Delta\bar{x}$ =	−		6	360	72
$h_{1.2}\Delta\bar{y}$ =	+	4	601	487	74
$\varkappa_2 g^2 \cos(2t+\omega_2)$ =	+		4	878	76
$\varkappa_3 g^3 \cos(3t+\omega_3)$ =	+		0	285	78
$\varkappa_4 g^4 \cos(4t+\omega_4)$ =	+		0	001	80
$\varkappa_5 g^5 \cos(5t+\omega_5)$ =					82
$\bar{x}_H$ =	5	058	523	229	83
$\bar{x}_{n+1}$	5	067	757	253	85

2t =		184	19	04,02"	21
ω_2 =		92	07	57,86"	25
2t + ω_2 =		276°	27'	01,88"	33
3t =		96	28	36	22
ω_3 =		272	14	10	26
3t + ω_3 =		8°	42'	46"	34
4t =		8	38		23
ω_4 =	−	74	52		27
4t + ω_4 =		293°	46'		35
5t =		180°,5			24
ω_5 =	−	87°,3			28
5t + ω_5 =		93°,2			36
$\varkappa_2$ ...	1	457	8845		29
g^2 ...	10	179	8512		37
sin(2t + ω_2) ...	9	997	2419 n		41
cos(2t + ω_2) ...	9	050	5544		42
$\varkappa_2 g^2 \sin(2t+\omega_2)$ ...	1	634	9776 n		49
$\varkappa_2 g^2 \cos(2t+\omega_2)$ ...	0	688	2901		50
$\varkappa_3$ ...	4	190	55 −	20	30
g^3 ...	15	269	76		38
sin(3t + ω_3) ...	9	180	36		43
cos(3t + ω_3) ...	9	994	96		44
$\varkappa_3 g^3 \sin(3t+\omega_3)$ ...	8	640	67		51
$\varkappa_3 g^3 \cos(3t+\omega_3)$ ...	9	455	27		52
$\varkappa_4$ ...	6	764	5 −	30	31
g^4 ...	20	359	6		39
sin(4t + ω_4) ...	9	961	5	n	45
cos(4t + ω_4) ...	9	605	3		46
$\varkappa_4 g^4 \sin(4t+\omega_4)$ ...	6	729	4	n	53
$\varkappa_4 g^4 \cos(4t+\omega_4)$ ...	7	085	6		54
$\varkappa_5$ ...	9	281	− 40		32
g^5 ...	25	450			40
sin(5t + ω_5) ...	9	999			47
cos(5t + ω_5) ...	8	747			48
$\varkappa_5 g^5 \sin(5t+\omega_5)$ ...	4	730			55
$\varkappa_5 g^5 \cos(5t+\omega_5)$ ...	3	478			56

Transformacija Gauss-Krügerovih koordinata u susjedni koordinatni sistem

$$\bar{y}_{n+1} = \mp \bar{y}_0 + (\bar{y} - \bar{y}_0) - a_1(\bar{y} - \bar{y}_0) \mp a_2(\bar{y} - \bar{y}_0)^2 - a_3(\bar{y} - \bar{y}_0)^3$$

$$\bar{x}_{n+1} = \bar{x} \mp b_1(\bar{y} - \bar{y}_0) + b_2(\bar{y} - \bar{y}_0)^2 \mp b_3(\bar{y} - \bar{y}_0)^3$$

Gornji predznaci vrijede kod transformacije iz sistema br. „n" u sistem br. „n+1"

Br. i naziv tačke		Kloštar Ivanić	Kloštar Ivanić	Haganj	Haganj
Iz sistema „n" u „n±1"		iz 5 u 6	iz 5 u 6	iz 5 u 6	iz 5 u 6
0	$\bar{x}$	5 067 536,203	5 067 757,254	5 087 104,140	5 086 863,530
1	$\bar{x}_0$	5 067 026,489	5 067 952,597	5 087 401,144	5 086 475,010
3	$\Delta\bar{x} = \bar{x} - \bar{x}_0$	+ 509,714	− 195,343	− 297,004	+ 388,520
0	$\bar{y}$	+ 110 832,253	− 122 619,402	+ 122 758,826	− 109 966,500
6	$\pm\bar{y}_0$	− 116 727,850	+ 116 723,705	− 116 360,341	+ 116 364,867
7	$\Delta\bar{y} = \bar{y} - \bar{y}_0$	− 5 895,597	− 5 895,697	+ 6 398,485	+ 6 398,367
20	$-a_1(\bar{y} - \bar{y}_0)$	+ 4,145	+ 4,146	− 4,526	− 4,525
21	$\mp a_2(\bar{y} - \bar{y}_0)^2$	− 0,100	+ 0,100	− 0,117	+ 0,117
22	$-a_3(\bar{y} - \bar{y}_0)^3$	+ 0	± 0	± 0	± 0
23	$\bar{y}_{n\pm1}$	− 122 619,402	+ 110 832,254	− 109 966,499	+ 122 758,826
	$y_{n\pm1}$	6 377 392,860	5 610 821,171	6 390 044,498	5 622 746,550
0	$\bar{x}$	5 067 536,203	5 067 757,254	5 087 104,140	5 086 863,530
24	$\mp b_1(\bar{y} - \bar{y}_0)$	+ 221,045	− 221,056	− 240,617	+ 240,603
25	$+b_2(\bar{y} - \bar{y}_0)^2$	+ 0,006	+ 0,006	+ 0,007	+ 0,007
26	$\mp b_3(\bar{y} - \bar{y}_0)^3$	+ 0	± 0	± 0	± 0
27	$\bar{x}_{n\pm1}$	5 067 757,254	5 067 536,204	5 086 863,530	5 087 104,140
	$x_{n\pm1}$	5 067 250,478	5 067 029,450	5 086 354,844	5 086 595,430
2	$\bar{v}_0$	− 116 737,407	+ 116 720,042		
4	$\Delta\bar{x}(\Delta\bar{y} : \Delta\bar{x}_0)$	+ 9,557	+ 3,663		
5	$\bar{y}_0$	− 116 727,850	+ 116 723,705	− 116 360,341	+ 116 364,867
8	$(\bar{y} - \bar{y}_0) \cdot 10^{-5}$	− 0,058 956	− 0,058 957	+ 0,063 985	+ 0,063 984
9	$(\bar{y} - \bar{y}_0)^2 10^{-10}$	+ 0,003 476	+ 0,003 476	+ 0,004 094	+ 0,004 094
10	$a_{0-1} \cdot 10^5$	70,301	70,321		
11	$\Delta\bar{x}(\Delta a_1 : \Delta\bar{x}_0)$	+ 11	− 4		
12	$a_1 \cdot 10^5$	70,312	70,317	70,732	70,728
13	$a_{0-2} 10^{10}$	28,6447	28,6403		
14	$\Delta\bar{x}(\Delta a_2 : \Delta\bar{x}_0)$	− 24	+ 9		
15	$a_2 \cdot 10^{10}$	28,6423	28,6412	28,5507	28,5518
16	$b_{0-1} \cdot 10^5$	3749,0280	3749,5591		
17	$\Delta\bar{x}(\Delta b_1 : \Delta\bar{x}_0)$	+ 0,2921	− 0,1119		
18	$b_1 \cdot 10^5$	3749,3201	3749,4472	3760,5235	3760,3862
19	$b_2 10^{10}$	1,6141	1,6140	1,6137	1,6137