

UNIVERZITET U BEOGRADU
PRIRODNO MATEMATICKI FAKULTET

NADEZDA PEJOVIC

PRILOG IZUCAVANJU KRETANJA
ZEMLJINIH POLOVA

MAGISTARSKI RAD

BEOGRAD, 1984.G.

=====
+++++

OVAJ RAD JE POSVEĆEN MOM JEDINOM,

PRERANO UMRLOM BRATU

DRAGOLJUBU - DRAGI

M A T O R C E V I C U

+++++
=====

IZRAZAVAM SVOJU ISKRENU ZAHVALNOST RUKOVODIOCU, PROFESORU DR D. DJUROVICU, KOJI JE SVE VREME PRATIO I USMERAVAO OVAJ RAD NE MALIM BROJEM KORISNIH SUGESTIJA, PROFESORIMA DR B. SEVARLICU I DR J. SIMOVLJEVICU NA KORISNIM SAVETIMA I KRITICKOM CITANJU RUKOPISA, ASISTENTU MR S. SEGANU NA POMOCI PRI IZRADI PROGRAMA I STAMPANJU OVOG RADA, DIREKTORU MEDJUNARODNE SLUZBE SIRINE DR S. YUMIJU NA USTUPLJENOM POSMATRACKOM MATERIJALU KAD I OSOBLJU RACUNSKOG CENTRA MATEMATICKOG INSTITUTA SR SRBIJE NA KORISCENJU RACUNARA IBM360 NA KOJEM SU IZVEDENI SVI RACUNI.

AUTOR

S A D R Z A J

1. UVOD	.....	4
2. KORISCENI PODACI	.....	8
3. MATEMATICKE METODE KORISCENE U RADU	.....	11
3.1 IZRAVNANJE POSMATRANJA METODOM W-R-V	.....	11
3.2 FURIJEOVE INTEGRALNE TRANSFOR- MACIJE	.....	13
3.3 VISESTRUKE TRANSFORMACIJE OR - DINATA	.....	15
3.4 METODE DRLOVA I MELKIORA	.....	17
4. ANALIZA KOORDINATA POLA	.....	19
4.1 SEKULARNI CLAN	.....	19
4.2 GLAVNI HARMONIJSKI CLANOVI	.....	25
4.2.1 VARIJACIJE GODISNJEG I POLUGODISNJEG CLANA	.....	33
4.2.2 VARIJACIJE CENDLEROVOG CLANA	.....	39
4.3 POREDZENJE POLAZNIH I GENERI- SNIH PODATAKA	.....	51
4.4 KRATKOPERIODICNI CLANOVI	.....	55
4.5 OSTALI PERIODICNI CLANOVI	.....	58
5. KIMURIN Z - CLAN	.....	63
6. ZAKLJUCCI	.....	69
7. LITERATURA	.....	71
8. PRILOZI	.....	73

1. UVOD

SKORO DO PRED KRAJ PROSLOGA VEKA MISLILO SE DA ZEMLJINA OSA ROTACIJE NE MENJA SVOJ POLOZAJ U ZEMLJINOM TELU. SMATRALO SE DA JE ZEMLJA PODESILA SVOJ OBLIK PREMA SVOJOJ ROTACIJI TAKO DA SE NJENA GEOMETRIJSKA OSA, TJ, NJENA POLARNA GLAVNA OSA INERCIJE, PO KLAPA SA NJENOM OSOM ROTACIJE. NA PROMENU POLOZAJA ZEMLJINE OSE ROTACIJE U NJENOM TELU PRVI JE TEORIJSKI UKAZAO JOS U 18. VEKU LEONARD OJLER (EULER, 1736, 1790). PRETPOSTAVLJAJUCI ZEMLJU KAO APSOLUTNO CVRSTU, ON JE NASAO DA NJENA OSA ROTACIJE OCRTA U ZEMLJINOM TELU KONUS POLHODIJE ZA VREMENSKI INTERVAL OD 305 DANA, OD NOSNO, OKO GLAVNE OSE INERCIJE KRECE SE ZEMLJA TAKO DA, RELATIVNO PREMA ZEMLJINOJ POUVSINI, POL ROTACIJE OPISUJE SVOJU USKU KRUZNU PUTANJU OKO GEOMETRIJSKOG POLA ZEMLJE, TO KRETANJE ZEMLJE ZOVE SE NJENA SLOBODNA NUTACIJA. PREDVIDJENU OJLEROM DESETMESECNU SLOBODNU NUTACIJU ZEMLJINE OSE ROTACIJE POKUSAO JE PRVI EKSPERIMENTALNO DA DOKAZE PULKOVSKI ASTRONOM PETERS (1845). VARIJACIJE LATITUDA KOJE JE OTKRIO OBJASNIO JE SEZONSKIM GREškAMA POSMATRANJA. ISTRAZIVANJA PETERSA NASTAVILI SU I DRUGI POZNATI ASTRONOMI. KELVIN JE 1876 GODINE OBJAVIO OTKRICE SLOBODNE NUTACIJE U JEDNOJ NJUKOMBOVOJ ANALIZI LATITUDA VASINGTONA U PERIODU 1862-1865 GODINA. KADA SU POSMATRANJA BERLINSKOG ASTRONOMA KISTNERA (KUSTNER, 1888), ZA PERIOD 1884-1885, NESUMNJIVO DOKAZALA REALNOST PROMENA GEOGRAFSKIH SIRINA, ODLUCENO JE DA SE TE PROMENE SISTEMATSKI ISPITAJU. ZATO SU U 1891 I 1892 GODINI URSENA ISTOVREMENA POSMATRANJA PROMENA GEOGRAFSKIH SIRINA U BERLINU I HONOLULU (PRIKLIZNO SU NA SUPROTNIM MERIDIJANIMA). TA SU POSMATRANJA DOKAZALA DA SE ZEMLJINA OSA ROTACIJE ZAISTA POMERA U ZEMLJINOM TELU.

JEDAN OD NAJVEĆIH DOGAĐAJA U ISTORIJI ISTRAŽIVANJA KRETANJA POLOVA PREDSTAVLJA CHANDLER-OVO OTKRICE 1892. GODINE (CHANDLER, 1892). ON JE ANALIZIRAJUĆI VELIKI BROJ POSMATRANJA OTKRIO DA VARIJACIJE LATITUDA IMAJU DVE PERIODICNE KOMPONENTE: JEDNU, KOJA JE DOBILA IME PO SAMOM CENDLERU, SA PERIODOM OD 427 DANA I AMPLITU - DOM $0^{\circ},12$ I DRUGU SA GODISNjom PERIODOM I AMPLITUDOM U INTERVALU OD $0^{\circ},04$ DO $0^{\circ},20$. RAZLIKU IZMEDJU OJLEROVE I CENDLEROVE PERIODE KAO I GODISNju KOMPONENTU PRVI JE POKUSAO DA OBJASNI NJUKOMB (NEW KOMB, 1892), PRI DOBIJANJU OJLEROVE PERIODE PRETPOSTAVILO SE DA JE ZEMLJA APSOLUTNO ČVRSTA, ŠTO NIJE SLUČAJ, UZME LI SE U OBZIR ZEMLJINA ELASTICNOST, NASTUPA PODUDARNOST IZMEDJU TEORIJE I PRAKSE. PO NJUKOMBOVOM MISLJENJU, CENDLEROVA PERIODA JE "PRODUZENA" OJLEROVA, ŠTO SE PAK GODISNjEG CLANA TICE, NJUKOMB JE SMATRAO DA SU NJEGOVI UZROCI METEOROLOŠKI FAKTORI.

U CILJU ŠTO BOLJEG PRACENJA POLARNOG KRETANJA DOŠLO JE 1899. GODINE DO ORGANIZOVANJA MEĐJUNARODNE SLUŽBE ŠIRINE ILS (INTERNATIONAL LATITUDE SERVICE) SA ŠTOVIH ŠEST STANICA (MIZUSAVA, CARLOFORTE, GAITHERSBURG, UKIAH, CINCINATI, TSCHARDJUI) NA PARALELU GEOGRAFSKE ŠIRINE $\varphi = +39^{\circ} 08'$, OVA MEĐJUNARODNA SLUŽBA JE OD ORGANIZOVANJA PA DO DANAS SAKUPILA POSMATRACKI MATERIJAL OD IZUZETNE NAUČNE VREDNOSTI. NA HARMONIJSKOJ ANALIZI OVOG MATERIJALA RADILI SU MNOGI POZNATI ISTRAŽIVACI I SVI SU ONI POTVRDILI POSTOJANJE DVE PERIODICNE KOMPONENTE: KRUGNU KOMPONENTU SLOBODNE NUTACIJE, KOJU JE OTKRIO JOS CENDLER I GODISNju ELIPTIČNU KOMPONENTU PRINUDNE NUTACIJE. UZROK EKSCITACIJE I PRIGUSENJE SLOBODNE NUTACIJE ZEMLJINE OŠE ROTACIJE JOS NIJE ODREĐJEN (LAMBECK, 1980). PROMENLJIVOST NJENE AMPLITUDE I FAZE KONTRAVERZNA JE ŠKORO CILAV VEK. NE MALI BROJ AUTORA, UKLJUČUJUĆI I CENDLERA SAMOG, UVODILI SU HIPOTEZE VIŠESTRUKOSTI ILI VARIJABILNOSTI PERIODA (CHANDLER, KIMURA, ME-

LCHIOR, SEKIGUCHI, GAPOSCHKIN, CARTER). POSTOJI I DRUGA GRUPA AUTORA (NEWCOMB, DOE, OKUBO) KOJA U SVOJIM RADOVIMA ZASTUPA GLEDISTE DA SLOBODNA NUTACIJA IMA JEDINSTVENU PERIODU. GODISNJA KOMPONENTA PRINUDNE NUTACIJE OBJASNJENA JE PRERASPODELOM MASA NA ZEMLJINOJ POUVRSINI, UGLAVNOM VAZDUSNI I VODENI TOKOVI SEZONSKOG KARAKTERA. PRIMENOM SPEKTRALNE ANALIZE NALAZI SE JOS CITAV NIZ PERIODICNIH KOMPONENTATA CIJE SE OBJASNJENJE TRAZI U GEOFIZICKOJ GRAĐI ZEMLJE. RESENJE MNOGIH PROBLEMA ZAHTEVA KOMPLEKSNA ISTRAZIVANJA U VISE NAUCNIH DISCIPLINA: ASTRONOMIJE, GEOFIZIKE, MEHANIKE, GEOLOGIJE, GEODEZIJE I DRUGIH, ZBOG OVAKVE SVOJE SLOZENOSTI OVAJ PROBLEM JOS UVEK NIJE RESEN U KONACNOM OBLIKU, KOJI BI OMOGUCIO DA SE POLOZAJ ZEMLJINOG TRENUTNOG ROTACIONOG POLA MOZE RACUNSKI ODREDITI U SVIM PROSLIM I BUDUCIH VREMENIMA. PROBLEM USLOZNJAVA I POSTOJANJE NEPOLARNIH PROMENA GEOGRAFSKE SIRINE OBUHVACENIH POZNATIM KIMURINIM Z-CLANOM (KIMURA, 1902). ZATO SE ZA PUTANJE ZEMLJINIH POLOVA IZVEDENIH IZ POSMATRACKIH PODATAKA, IZ KOJIH SU ELIMINISANE KOMPONENTE SLOBODNE I PRINUDNE NUTACIJE, DOBIJAJU VRLO ZAMRSENE KRIVE,

RADI UBRZAVANJA PROCESA ODREDJIVANJA KOORDINATA TRENUTNOG POLA ORGANIZOVANA JE BRZA SLUZBA SIRINE IPMS (INTERNATIONAL POLAR MOTION SERVICE) SA MNOGO VECIM BROJEM STANICA. ZAJEDNO SA STANICAMA ILS, STANICE IPMS PORED KLASICNIH METODA POSMATRANJA VRSE I POSMATRANJA NOVIM TEHNIKAMA I METODAMA. ZNACAJAN KORAK U ISTRAZIVANJU KRETANJA POLOVA PREDSTAVLJA PRIMENA METODA ODREDJIVANJA NJIHOVIH KOORDINATA IZ POSMATRANJA VESTACKIH SATELITA. TEHNIKA I TEORIJA POSMATRANJA SATELITA DALE SU DVA METODA: JEDAN, POMOCU DOPLER-UREDJAJA I DRUGI, POMOCU LASERA. OD SAMOG POCETKA POSMATRANJA POMOCU DOPLER-UREDJAJA DALA SU DOBRE REZULTATE, POBOLJSANJE TACNOSTI ASTRONOMSKIH POSMATRANJA, KORISCENJEM PRECIZNIJH INSTRUMENATA

I NOVIH METODA, OMOGUĆAVA ASTRONOMIMA SIGURNIJE IZUČAVANJE UZROKA KRETANJA ZEMLJINIH POLOVA.

CILJ OVOGA RADA JE IZUČAVANJE, NA OSNOVU SPEKTRALNE ANALI-
ZE PRAVOUTGLIH KOORDINATA POLA, NJEGOVOG KRETANJA. POSEBNA PAZnja
BICE POSVEĆENA VEKOVNOM (SEKULARNOM) KRETANJU SREDNJEG POLA, GLA-
VNIM HARMONIJSKIM ČLANOVIMA U KRETANJU TRENUTNOG POLA: CENDLEROV-
OM, GODISNJEM I POLUGODISNJEM I NJIHOVIM VARIJACIJAMA, KAO I NEPO-
LARNIM PROMENAMA GEOGRAFSKE ŠIRINE, KIMURINOM Z- ČLANU.

2. KORISCENI PODACI

OSNOVNI PODACI KORISCENI U OVOM RADU SU PRAVOUGLE KOORDINATE TRENUTNOG POLA X, Y U ODNOSU NA CIO (CONVENTIONAL INTERNATIONAL ORIGIN) DOBIJENE IZ POSMATRACKOG MATERIJALA ZA PERIOD 1899.9 - 1979.0 SAKUPLJENOG NA STANICAMA ILS A PRECISCENOG I OBJAVLJENOG U PUBLIKACIJI MEDJUNARODNE SIRINSKE STANICE MIZUSAWA (YUMI & YOKOYAMA, 1980).

DA BI OBEZBEDILA STO HOMODENIJI POSMATRACKI MATERIJAL, MEDJUNARODNA SLUZBA SIRINE ILS, SEPTEMBRA 1899 GODINE POSTAVLJA NA SVUJIH SEST STANICA, NA PARALELU SEVERNE GEOGRAFSKE SIRINE $\varphi = 39^{\circ} 08'$, VIZUELNE ZENIT TELESKOPE (VZT), NA TAJ NACIN POSTIZE DA SVE STANICE POSMATRAJU ISTE ZVEZDE, SA ISTIM INSTRUMENTIMA, POMOCU ISTE TALCOTT-OVE METODE. OVO PREDSTAVLJA NAJVECE PREIMUCSRVO ILS SISTEMA. OD OSNIVANJA PA DO DANAS KONTINUIRANO JE OBEZBEDJIVAN POSMATRACKI MATERIJAL IAKO JE POVREMENO DOLAZILO DO SMETNJI I PREKI DA U POSMATRANJIMA POJEDINIH STANICA. DOLAZILO JE I DO PROMENE POSMATRACKIH PROGRAMA, UGLAVNOM ZBOG PRECESIONOG KRETANJA ZVEZDA KOJE DOVODI DO STVARANJA VECIH RAZLIKA ZENITNIH DALJINA POSMATRANIH PAROVA OD DOZVOLJENE GRANICE (OKO $20'$) VIDNOG POLJA VZT, PA SU TAKVI PAROVI ZAMENJIVANI NOVIM.

SVAKI POSMATRACKI PROGRAM SADRZI 12 GRUPA, SVAKA GRUPA ORUHVATA 2 CASA REKTASCENZIJE I SADRZI 6 ILI 8 PAROVA ZVEZDA. SVAKE NOCI SE POSMATRAJU 2 ILI 3 GRUPE U TOKU JEDNOG MESECA I SVAKOG SLEDECEG MESECA ISKLJUCUJE SE PRVA GRUPA I ZAMENJUJE NOVOM. U SKLADU SA RAZLIKOM IZMEDJU ZVEZDANOG I SREDNJEG VREMENA (OKO 2 CASA MESECNO) SVIH 12 GRUPA SE POSMATRAJU TOKOM GODINE. U SVAKU GRUPU SU UVEDENI I REFRAKCIJSKI PAROVI ZVEZDA SA ZENITSKIM DALJINAMA PREKO 50 STEPENI.

U PERIODU 1899-1979 POSMATRANO JE 772 395 PAROVA ZVEZDA
TOKOM 66 090 POSMATRACKIH NOCI.

VEZU IZMEDJU POSMATRANE PROMENE GEOGRAFSKE SIRINE $\Delta\varphi_i =$
 $\varphi_i - \varphi_{oi}$ I PRAVOUGLIH KOORDINATA TRENUTNOG POLA X,Y, ZA SVAKU
STANICU DAJE POZNATA JEDNACINA KOSTINSKOG:

$$\varphi_i - \varphi_{oi} = X \cos \lambda_i + Y \sin \lambda_i \quad (2.1)$$

GDE JE φ_i TRENUTNA SIRINA STANICE i , φ_{oi} NJENA USVOJENA SIRINA
(SREDNJA SIRINA ZA PERIOD 1900-1905) I λ_i GEOGRAFSKA DUZINA STA-
NICE i .

U CILJU DOBIJANJA STO TACNIJIH KOORDINATA POLA X,Y KIMU-
RA JE 1902 GODINE PREDLOZIO UVODJENJE JOS JEDNOG KOREKTIVNOG CLA-
NA, NEZAVISNOG OD KOORDINATA POLA I JEDNAKOG ZA SVE STANICE, JED-
NACINA (2.1) DOBIJA OBLIK:

$$\varphi_i - \varphi_{oi} = X \cos \lambda_i + Y \sin \lambda_i + Z \quad (2.2)$$

UVEDENI KOREKTIVNI CLAN NAZIVA SE Z-CLANOM ILI KIMURINIM CLANOM.
U NJEMU SU SADRZANE NEPOLARNE PROMENE SIRINE. NJEGOVO SE POSTOJA-
NJE OBJASNJAVA NIZOM UZROKA ALI NI DO DANAS NEMA JEDINSTVENOG MI-
SLJENJA O NJEGOVOM POREKLU (PODOBED & NESTEROV, 1982).

TRENUTNE KOORDINATE POLA X,Y RACUNATE SU IZ JEDNACINE
(2.2) U ODNOSU NA MEDJUNARODNI KONVENCIONALNI POL CIO KOJI JE OD-
REDJEN (IAU, 1967 PRAG) SA USVOJENIM SIRINAMA PET MEDJUNARODNIH
STANICA I TO:

MIZUSAWA	+39 08'03".602
KITAB	01 .850
CARLOFORTE	08 .941
GAITHERSBURG	13 .202
UKIAH	12 .096

OVE SREDNJE SIRINE SU DOBIJENE ZA SREDNJU EPOHU POSMATRANOG PERIODA 1900-1905 GODINA. NA TAJ NACIN I KOORDINATE TRENUTNOG POLA SE RACUNAJU U OVOM SISTEMU.

MESECNE VREDNOSTI NEIZRAVNATIH KOORDINATA POLA DATE SU U TABLICI (PRILOG I) I GRAFICKI PREDSTAVLJENE NA SLICI (PRILOG III). STANDARDNE DEVIJACIJE MESECNIH VREDNOSTI X,Y,Z RACUNATE IZ REZI - DUA USLOVNIH JEDNACINA (2.2), (YUMI & YOKOYAMA, 1980) IZNOSE OD 0".01 DO 0".02 ZA X I Y, A OKO 0".01 ILI MANJE ZA Z.

U TABLICI (PRILOG II) I NA SLICI (PRILOG IV) DATE SU, ZA SVAKIH 0,05 GODINE, METODOM VONDRAKA (1969) IZRAVNATE KOORDINATE POLA X I Y.

NA SLICI (PRILOG VIII) ILUSTROVANA JE PUTANJA POLA IZ SIROVIH PODATAKA ZA SVAKIH 6 GODINA. VIDIMO DA SE POL KRECE UNUTAR KVADRATA SA STRANICOM DO 1", STO IZRAZENO U METRIMA IZNOSI OKO 30, ODNOSNO TRENUTNI POL ZEMLJINE ROTACIJE OPISUJE SVOJU PUTANJU OKO SREDNJEG POLA NE UDALJAVAJUCI SE OD NJEGA VISE OD 15 METARA .

3. MATEMATIČKE METODE KORISCENE U RADU

UKRATKO ĆEMO SE OSVRNUTI NA TEORIJSKE OSNOVE MATEMATIČKIH METODA KORISCENIH PRI OBRADI I FILTRIRANJU POLAZNIH PODATAKA.

METODA IZRAVNANJA WHITAKER-ROBINSON-VONDRAK (WRV) NAM OMOGUĆUJE DA OD MESECNIH VREDNOSTI KOORDINATA POLA DOBIJEMO TE PODATKE NA ŽELJENIM EKVIDISTANTNIM RAZMACIMA POGODNIM ZA PRIMENU VIŠESTRUKIH TRANSFORMACIJA ORDINATA I STVARANJU TAKVOG FILTRA KOJI ĆE PROPUSTITI SAMO KORISNI SIGNAL. PRIMENOM METODE SPEKTRALNE ANALIZE FURIJEVIH I INTEGRALNIH TRANSFORMACIJA (DFT) MOŽEMO ODREDITI AMPLITUDU I FAZU HARMONIJSKIH ČLANOVA.

POMENUTE METODE SU KORISCENE U OVOM RADU, NJIHOVE TEORIJSKE OSNOVE DATE SU NIZE.

3.1 IZRAVNANJE POSMATRANJA METODOM

VITAKER - ROBINSON - VONDRAK

PRI IZRAVNANJU POSMATRANJA U POSLEDNJE VREME ČESTO SE KORISTI METODA VITAKER-ROBINSON-VONDRAK (WHITAKER-ROBINSON, 1946 ; VONDRAK, 1969), KOJU MOŽEMO SKRACENO NAZVATI METODOM WRV.

TESKOĆE U PRIMENI KLASIČNE METODE, METODE NAJMANJIH KVADRATA (MKN), I NJENI NEDOSTACI SU DOBRO POZNATI, MKN METODA MOŽE DA SE DIREKTNO PRIMENI AKO JE POSMATRANA FUNKCIJA LINEARNA U ODNOSU NA NEPOZNATE KOJE TREBA ODREDITI. POSTO SE ČESTO SUSREĆU SLUČAJEVI U KOJIMA TA PRETPOSTAVKA NE VAŽI, PRISTUPA SE LINEARIZACIJI, ODNOSNO, RAZVOJU FUNKCIJE U TEJLOROV RED U KOME SE ZANEMARUJU KVADRATNI I ČLANOVI VIŠEG REDA. DO REŠENJA SE DOĐAZI METODOM SUKCESIVNIH APROKSIMACIJA. PORED IZVESNIH TESKOĆA NUMERICKE PRIRODE, "LINEARIZACIJA" MOŽE DA DOVEDE DO TESKIH PRINCIPIJELNIH PROBLEMA, KA DA KORISTIMO METODU NAJMANJIH KVADRATA MI UNAPRED ZADAJEMO ANALI-

TICKI IZRAZ SA KOJIM CEMO PREDSTAVITI POSMATRANJA I ODREDJUJEMO NEPOZNATE POD USLOVOM DA NAM ZBIR KVADRATA REZIDUA BUDE MINIMALAN, TAJ ZBIR JE RELATIVAN I ZAVISI OD IZRAZA KOJIM PREDSTAVLJAMO POSMATRANJA.

AKO RASPODELA VEROVATNOCE GRESKE POSMATRANJA NIJE NORMALNA, ONDA NISMO SIGURNI DA SU RACUNATE NEPOZNATE NAJVEROVATNIJE JE DNAKE NJIHOVIM PRAVIM IZNOSIMA.

U METODI WRV NE ZADAJE SE ANALITICKI IZRAZ KOJIM BI TREBALO PREDSTAVITI POSMATRANJA. U OVDJ CINJENICI JE NJENA SUSTINSKA RAZLIKA I PREDNOST U ODNOSU NA METODU NAJMANJIH KVADRATA.

KORISNIK METODE WRV FIKSIRA NIVO IZRAVNANJA VODECI RACUNA U OSNOVNOM PRINCIPU METODE, DA BI SE SKRATIO POSTUPAK OKO IZNALAZENJA ODGOVARAJUCEG PARAMETRA λ IZ JEDNACINE (3.1) AUTORI METODE PREPORUCUJU DA NIVO IZRAVNANJA BUDE ODREDJEN SLUCAJNIM GRESKAMA. KADA, NAPRIMER, SREDNJA KVADRATSKA GRESKA RACUNATA IZ RAZLIKA POSMATRANIH I IZRAVNANIH VREDNOSTI POSTANE Priblizno JEDNAKA ONOJ VREDNOSTI KOJA REZULTIRA IZ SLUCAJNIH GRESAKA MERENJA, OSNOVNI PRINCIP METODE JE PRAKTICNO ZADOVOLJEN I TU SE TREBA ZAUSTAVITI.

NEKA SU Y_i I Y'_i POSMATRANA I ODGOVARAJUCA IZRAVNATA VREDNOST FUNKCIJE DATE ZA JEDAN NIZ EKVIDISTANTNIH ARGUMENTATA, $\Delta^3 Y'$ RAZLIKE TRECEG REDA FUNKCIJE Y' I λ JEDAN POZITIVAN PARAMETAR OD KOJEG ZAVISI KOLIKO CE BITI Q IZ JEDNACINE (3.1) I, PORED TOGA, KAKAV CE BITI ODNOS DVE KOMPONENTE KOJE DEFINISU Q.

PRINCIP METODE WRV MOZE DA SE ANALITICKI IZRAZI JEDNACINOM:

$$Q = F + \lambda \sum_i (\Delta^3 Y'_i)^2 = \text{MIN} \quad (3.1)$$

ILI

$$Q = F + \lambda S = \text{MIN}, \quad \text{GDE JE } F = \sum_i (Y_i - Y'_i)^2$$

DRUGI CLAN U JEDNACINI (3.1) ODREDJUJE HRPAVOST KRIVE KO

JOM BISMO INTERPOLOVALI Y' (BROJ MINIMUMA I MAKSIMUMA FUNKCIJE NA DATOM INTERVALU ARGUMENTA), OVO JE JASNO DOKAZAO PAKE U SVOM RADU (PAQUET, 1972).

VÖNDRAK JE RAZRADIO METODU WITAKER-ROBINSON UCINIIVSI JE PRIMENLJIVOM I U SLUCAJEVIMA KADA Y NISU EKVIDISTANTNE I NISU ISTIH TEZINA (VÖNDRAK, 1969). METODOM WRV NE DOBIJA SE ANALITICKI IZRAZ VEC SE IZ ODREDJENIH JEDNACINA ZA SVAKO Y RACUNA JEDNO Y'_2 .

U PROGRAMU ZA RACUNAR IBM 360/44, MATEMATICKOG INSTITUTA SR SRBIJE, NA KOJEM SMO RACUNALI VREDNOSTI PRIKAZANE U OVOM RADU JEDAN TEST FIKSIRA λ U TRENUTKU KADA SREDNJA KVADRATSKA GRESKA $E(WRV)$, RACUNATA IZ RAZLIKA $Y'_2 - Y'_2$, POSTANE PRIBLIZNO JEDNAKA ODGOVARAJUCEM E .

DA BI ODREDILI VREDNOSTI λ KOJE ZADOVOLJAVAJU JEDNACUNU (3.1) I DA BI VIDELI SA KOJOM BRZINOM $Y'_2 \rightarrow Y'_2$ SA POVECANJEM λ , ODELJIVALI SMO PROMENLJIVOJ λ SLEDECE VREDNOSTI: $10^3, 10^4, 10^5, 10^6, 10^7, 10^8, 10^9$ I 10^{10} . NASLI SMO DA ZA VREDNOST $\lambda = 10^9$, DOSTIZE SE NAJBOLJE IZRAVNANJE KOORDINATA X I Y .

3.2 FURIJEOVE INTEGRALNE TRANSFORMACIJE

NEKA JE $Y(t)$ STACIONARNA FUNKCIJA DATA ZA $2N+1$ EKVIDISTANTNIH ARGUMENATA t . FUNKCIJE :

$$\begin{aligned} u(\omega) &= \frac{2}{2N+1} \sum_{t=-N}^N Y(t) \sin \omega t \\ v(\omega) &= \frac{2}{2N+1} \sum_{t=-N}^N Y(t) \cos \omega t \end{aligned} \quad (3.2)$$

SU POZNATE KAD FURIJEOVE INTEGRALNE TRANSFORMACIJE (SEREBRENJIKOV & PERVOZVANSKIJ, 1965). ONE IMAJU EKSTREMUME ZA ONE ω , KOJI SU BLISKI ILI JEDNAKI UGAONIM BRZINAMA HARMONIJSKIH CLANOVA U $Y(t)$. AMPLITUDE $A(\omega)$ I FAZE $F(\omega)$ TIH CLANOVA ODREDJENE SU RELACIJAMA:

$$A^2(\omega) = U^2(\omega) + V^2(\omega) \quad (3.3)$$

$$\operatorname{tg} F(\omega) = U(\omega)/V(\omega),$$

SELEKTIVNA SVOJSTVA FURIJEVIH TRANSFORMACIJA ZAVISE OD DUZINE INTERVALA $2L=2N+1$ NA KOJEM SU DATI PODACI. KADA JE POLUINTERVAL L VELIKI, MALOM PROMENOM ω U OKOLINI ω_j POSTIZE SE RELATIVNO VELIKA PROMENA PROIZVODA $(\omega - \omega_j)L$ I NAGLI PAD SELEKTIVNE FUNKCIJE $R(\lambda) = \sin \lambda / \lambda$, ODNOSNO, POSTIZE SE VELIKA OSTRINA PRIMARNOG PIKA, A SAMIM TIM I DOBRA SELEKTIVNOST TRANSFORMACIJE. SA ω JE OZNACENA PROBNA UGAONA BRZINA BLISKA UGAONJOJ BRZINI ω_j NEKE OD KOMPONENATA.

KAKO SELEKTIVNA FUNKCIJA FURIJEVIH TRANSFORMACIJA $R(\lambda) = \sin \lambda / \lambda$ IMA PRVU NULU ZA $\lambda = \pi$, ODNOSNO ZA $(2N+1)(\omega - \omega_j)/2 = \pi$, SIRINA PRIMARNOG PIKA JE DATA RELACIJOM:

$$\Delta \epsilon = (2N+1)(\omega - \omega_j). \quad (3.4)$$

AKO SU SREDISNJE ORDINATE PRIMARNIH PIKOVA, KOJI ODGOVARAJU HARMONIJSKIM CLANOVIMA, UDALJENE ZA $\Delta \epsilon$, UTICAJ JEDNOG OD NJIH NA AMPLITUDU DRUGOG JEDNAK JE NULI.

FUNKCIJA $R(\lambda) = \sin \lambda / \lambda$ IMA PRIMARNI MAKSIMUM ZA $\lambda = 0$ I NIZ SEKUNDARNIH MAKSIMUMA ($\lambda = 4.49, 7.72, 10.91$) CIJE AMPLITUDE UNIFORMNO OPADAJU KADA $\lambda \rightarrow \infty$. SEKUNDARNI MAKSIMUMI PREDSTAVLJAJU SEKUNDARNE PIKOVE. PRVI SEKUNDARNI PIK IMA AMPLITUDU KOJA IZNOSI 22% OD AMPLITUDE PRIMARNOG PIKA, AMPLITUDA DRUGOG SEKUNDARNOG PIKA JE 13% AMPLITUDE PRIMARNOG PIKA I TAKO REDOM.

AKO SE ZA SVAKU VREDNOST PROBNE PERIODE $P = 2\pi/\omega$ PROMENI DUZINA INTERVALA TAKO DA P PREDSTAVLJA NJEGOV CELOBROJNI DEO, AMPLITUDE PIKOVA BICE JEDNAKE AMPLITUDAMA SINUS I CISINUS KOMPONENTE. ODAVDE SLEDI POZNATO PRAVILO DA SE PRI RACUNU $U(\omega)$ I $V(\omega)$ NE KORISTE SVI PODACI, VEC INTEGRACIJA VRSI NA PROMENLJIVOM INTE-

RVALU KOJI SADRZI MAKSIMALAN BROJ PROBNIH PERIODA $2L=NP$. OVO JE POZNATO KAO USLOV SAMERLJIVOSTI.

PRI PRIMENI FURIJEVIH TRANSFORMACIJA TREBA VODITI RACUNA O NAJKVISTOVOJ FREKVENCiji. NAIME, AKO JE FUNKCIJA $Y(T)$ ZADATA U OBLIKU NIZA EKVIDISTANTNIH VREDNOSTI SA RAZMAKOM ΔT , TREBA VODITI RACUNA O TOME DA JE SPEKTRALNA GUSTINA $S(F)$ PERIODICNA FUNKCIJA SA PERIODOM $1/\Delta T$ (DJUROVIC, 1979). ZBOG PERIODICNOSTI FUNKCIJE $S(F)$, NJEN DEO NAD INTERVALOM $-F_N \leq F \leq +F_N$, GDE JE $F = 1/2\Delta T$, DAJE MAKSIMUM MOGUCIH INFORMACIJA O SASTAVU POLIHARMONIJSKOG SIGNALA. GRANICNA FREKVENCija F_N JE POZNATA POD IMENOM NAJKVISTOVA FREKVENCija (NYQUIST FREQUENCY).

3.3 VISESTRUKE TRANSFORMACIJE ORDINATA

OVO SU TRANSFORMACIJE TRANSFORMISANIH NIZOVA KOJE PRUZAJU SIROKE MOGUCNOSTI RESAVANJA PROBLEMA IZOLACIJE JEDNOG DATOG CLANA ILI CLANOVA IZ USKE ZONE FREKVENCija, POGODNIM IZBOROM ELEMENTARNIH TRANSFORMACIJA MOZE DA SE DOBIJE TAKAV FILTER KOJI CE PROPUSTITI SAMO KORISNI SIGNAL, A OSTALE SIGNALE I SUM PRIGUSITI.

IZLOZICEMO KORISCENU VISESTRUKU TRANSFORMACIJU ODUZIMANJA; DAT JE NIZ VREDNOSTI FUNKCIJE (POSMATRACKI PODACI) :

$Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_N$

ZA EKVIDISTANTNE VREDNOSTI ARGUMENTA:

$X_1, X_2, X_3, \dots, X_N$

GDE JE

$$X_i - X_{i-1} = \Delta X = L = \text{CONST}$$

POD PRETPOSTAVKOM DA FUNKCIJA $Y=F(X)$ PREDSTAVLJA REZULTAT VISE PERIODICNIH KOMPONENTI, TJ.

$$Y = \sum_{j=1}^k [a_j \sin(\omega_j X) + b_j \cos(\omega_j X)] = \sum_{j=1}^k A_j \sin(\omega_j X + \varphi_j) \quad (3.5)$$

GDE JE k (BROJ KOMPONENTI) PO PRAVILU NEPOZNATO, IZDVAJANJE POJEDINIH (ILI VISE) KOMPONENTI IZ ZAJEDNICKOG SIGNALA $Y(X)$ MOGUDE JE TRANSFORMACIJAMA ODUZIMANJA ORDINATA.

FORMIRAJMO VELICINE Z_i^m NA SLEDECI NACIN:

$$Z_i^m = Y_{i+1} - Y_{i-1} + Y_{i+2} - Y_{i-2} + \dots + Y_{i+m} - Y_{i-m} \quad (3.6)$$

GDE JE

$$m > 0, m \in (1, 2, \dots), i-m \geq 1, i \geq m+1, i+m \leq n \Rightarrow i \leq n-m$$

VELICINA Z_i^m PREDSTAVLJA REZULTAT PRIMENE TRANSFORMACIJA ODUZIMANJA ORDINATA REDA m . USVOJIMO DA JE

$$h = 1 \Rightarrow x_{i+e} = x + e \quad (3.7)$$

IZ JEDNACINA (3.5), (3.6) I (3.7) IMAMO:

$$\begin{aligned} Y_{i+m} - Y_{i-m} &= \sum_{j=1}^k A_j \sin(\omega_j x_i + e_j + m\omega_j) - \sum_{j=1}^k A_j \sin(\omega_j x_i - e_j - m\omega_j) \\ &= \sum_{j=1}^k 2A_j \sin m\omega_j \cos(\omega_j x_i + e_j) = \sum_{j=1}^k \beta_j^m A_j \cos(\omega_j x_i + e_j) \end{aligned} \quad (3.8)$$

GDE JE β_j^m AMPLITUDNI MULTIPLIKATOR, A TRANSFORMISANI NIZ VELICINA $Y_{i+m} - Y_{i-m}$ SADRZI ISTE PERIODICNE KOMPONENTE, ALI FAZNO POMERENE ZA $\pi/2$. AMPLITUDNI MULTIPLIKATOR ZA Z_i^m DAT JE IZRAZOM (DJUROVIC, 1979):

$$\beta_j^m = \beta_j^1 + \beta_j^2 + \dots + \beta_j^m = 2\sin \omega_j + 2\sin 2\omega_j + \dots + 2\sin m\omega_j$$

ODNOSNO

$$\beta_j^m = 2 \frac{\sin(m+1) \frac{\pi}{T_j} \sin \frac{\pi}{T_j}}{\sin \frac{\pi}{T_j}}$$

UKOLIKO SE NA NOVI NIZ VELICINA Z_i^m PRIMENI TRANSFORMACIJA ODUZIMANJA REDA p (ZATIM q, \dots, r) KAZEMO DA SE RADI O VISE-

STRUKIM TRANSFORMACIJAMA ODUZIMANJA, KOJE SIMBOLICNO PREDSTAVLJAMO U OBLIKU $\prod(z) = z^m z^p z^q z^r$, AMPLITUDNI MULTIPLIKATOR JE TADA DAT IZRAZOM:

$$\xi_j = \xi_j^m \cdot \xi_j^p \cdot \xi_j^q \cdot \xi_j^r, \quad r \geq \dots \geq q \geq p \geq m.$$

3.4 METODE ORLOVA I MELKIORA

UKRATKO DA SE OSVRNEMO NA DOSTA KORISCENE METODE ZA DOBIJANJE SREDNJE SIRINE, METOD ORLOVA I METOD MELKIORA, OVE METODE SU, USTVARI, VISESTRUKE KOMBINACIJE SABIRANJA ORDINATA, TIPA (S), POGODNE ZA PRIGUSIVANJE KRATKOPERIODICNIH CLANOVA,

ZA DOBIJANJE SREDNJE SIRINE OSLOBODJENE PERIODICNIH PROMENA ORLOV JE DAO SLEDECU FORMULU:

$$e_m = \frac{1}{40} (e_0 + 2e_1 + 2e_2 + \dots + 4e_8 + \dots + 2e_{15} + e_{16}) \quad (3.10)$$

VREDNOSTI e_m SU OSLOBODJENE CENDLEROVOG, GODISNJEG I POLGODISNJEG CLANA, ODNOSNO FUNKCIJA SELEKTIVNOSTI IMA NULE ZA $\eta=10$ (GODISNJI PERIOD) I $\eta=12$ (CENDLEROV PERIOD) JEDINICNIH INTERVALA (0.1 GODINA).

DA BI SE DOBILA JEDNA SREDNJA VREDNOST (JEDNAC. 3.10) POTREBNO JE 17 VREDNOSTI (e_0, e_1, \dots, e_{16}) DATIH SA EKVIDISTANTNIM RAZMAKOM OD 0.1 GODINA,

MELKIOR SMATRA DA FORMULA ORLOVA (3.10) NIJE POGODNA ZA ANALIZU DUZIH POSMATRACKIH SERIJA JER ELIMINISE SAMO GLAVNE HARMONIJSKE CLANOVE A NE ELIMINISE KRATKOPERIODICNE, UKOLIKO POSTOJE, S TOGA, ON PREDLAZE NOVU TRANSFORMACIJU OBLIKA:

$$e_m = \frac{1}{19305} (e_{45} + 4e_{44} + 10e_{43} + \dots + 1038e_{22} + 1047e_{23} + 1038e_{24} + \dots + 4e_2 + e_1) \quad (3.11)$$

KOJA STROGO ISKLJUČUJE GLAVNE HARMONIJSKE I SVE KRATKOPERIODIČNE ČLANOVE, JER FUNKCIJA SELEKTIVNOSTI IMA NULE ZA $\eta=9$, $\eta=11$, $\eta=13$ I $\eta=15$ JEDINICNIH INTERVALA (0,1 GODINA), PROIZVOD BROJEVA η JE 19305.

ZA DOBIJANJE JEDNE SREDNJE VREDNOSTI PO FORMULI MELHIOVA POTREBNO JE 45 VREDNOSTI (e_1, e_2, \dots, e_{45}).

KOEFICIJENTI JEDNACINA (3.10) I (3.11) DATI SU U TABLICI (3.1), KULIKOV (1962).

TABLICA 3.1

	KOEFIC. ORLOVA	KOEFIC. MELKIOR		KOEFIC. ORLOVA	KOEFIC MELKIOR
0	1	1	12	-	431
1	2	4	13	-	514
2	2	10	14	-	600
3	2	20	15	-	686
4	2	35	16	-	769
5	2	56	17	-	846
6	3	84	18	-	914
7	4	120	19	-	970
8	4	165	20	-	1012
9	-	219	21	-	1038
10	-	282	22	-	1047
11	-	353			

U LITERATURI SE SUSREĆU PODELJENA MISLJENJA O PREDNOSTIMA JEDNOG FILTRA U ODNOSU NA DRUGI. S TOGA ČEMO U KASNIJOJ ANALIZI KORISTITI OBA.

4. ANALIZA KOORDINATA POLA

SIROVE I IZRAVNATE PRAVOUGLE KOORDINATE TRENUTNOG POLA ZEMLJINE ROTACIJE U ODNOSU NA CIO (PRILOG I I PRILOG II) ANALIZIRANE SU SA CIJLEM DA SE UTVRDI:

- A) POSTOJANJE SEKULARNOG KRETANJA POLA
- B) POSTOJANJE JEDNE ILI DVE SLOBODNE NUTACIJE ZEMLJINE OSE ROTACIJE (JEDAN ILI DVA CENDLEROVA PERIODA),
- C) POSTOJANJE STABILNOSTI AMPLITUDA I FAZA GLAVNIH HARMONIZIRANIH HARMONIJSKIH CLANOVA; CENDLEROVOG, GODISNJEG I POLUGODISNJEG,
- D) IDENTIFIKACIJA NUTACIJE MOLODENSKOG (CLANA OD 204 DANA) KAO I DRUGIH NEPOZNATIH ILI MALO POZNATIH KRATKOPERIODICNIH I DUGOPERIODICNIH CLANOVA.

4.1 SEKULARNI CLAN

GEOLOSKA ISPITIVANJA SU POKAZALA DA SU SE POLOVI ZEMLJINE ROTACIJE, U TOKU GEOLOSKE PROSLOSTI, DOSTA DALEKO POMERALI PO PLOŠTINI ZEMLJE. TO SVEDOCE BOGATE NASLAGE KAMENOG UGLJA PRONADJENE NA SPICBERSKIM OSTRVIMA, KOJE SE NISU MOGLE OBRAZOVATI NA SADASNJOJ GEOGRAFSKOJ ŠIRINI TIH OSTRVA ZBOG KLIMATSKIH PRILIKA. POLOZAJ ZEMLJINIH POLOVA, U NJENOJ GEOLOSKOJ PROSLOSTI, BIO JE SASVIM DRUGACIJI NO ŠTO JE SADA. OTUDA SE NAMEĆE PROBLEM POSTOJANJA SEKULARNOG (VEKOVNOG) POMERANJA ZEMLJINIH POLOVA.

NEKA SU X_0, Y_0 PRAVOUGLE KOORDINATE SREDNJEG POLA A X, Y PRAVOUGLE KOORDINATE TRENUTNOG POLA. INDEKSOM u OZNACAVACEMO SIROVE A INDEKSOM v IZRAVNATE KOORDINATE TRENUTNOG POLA.

KAKO JE ZA HARMONIJSKU ANALIZU NEOPHOĐNO IZ PODATAKA UKLO-
NITI PROGRESIVNI ČLAN, U TOM CILJU SMO FORMIRALI SREDNJE SESTOGOD-
ISNJE VREDNOSTI X_u, Y_u , I X_v, Y_v I IZRACUNALI NJIHOVE RAZLIKE PRVOG,
DRUGOG I TRECEG REDA. DOBIJENI REZULTATI DATI SU U TABLICI 4.1 ZA
SIROVE I U TABLICI 4.2 ZA IZRAVNATE KOORDINATE POLA.

TABLICA 4.1 (VREDNOSTI SU U 0°.001)

=====

U KOLONAMA 1 I 5 DATE SU SREDNJE SESTOGODISNJE VREDNOS-
TI KOORDINATA POLA, A U KOLONAMA 2-4 I 6-8 NJIHOVE RAZLI
KE PRVOG, DRUGOG I TRECEG REDA.

X	$\Delta^1 X$	$\Delta^2 X$	$\Delta^3 X$	Y	$\Delta^1 Y$	$\Delta^2 Y$	$\Delta^3 Y$
15				2			
	4				28		
19	24	20	- 32	29	2	- 25	38
42	12	- 12	- 14	32	15	13	7
54	- 14	- 25	30	47	35	20	- 10
41	- 9	5	9	82	45	10	- 46
32	5	14	1	128	10	- 36	8
37	20	15	0	137	- 18	- 28	71
56	34	14	- 68	119	25	43	- 41
90	- 20	- 53	55	144	27	2	8
70	- 19	1	- 3	172	38	11	- 17
51	- 21	- 2	54	210	31	- 7	- 19
31	31	52		241	6	- 26	
61				247			

=====

TABLICA 4.2 (VREDNOSTI U JEDINICAMA 0°.001)

U KOLONAMA 1 I 5 DATE SU SREDNJE SESTOGODISNJE VREDNOSTI KOORDINATA POLA, A U KOLONAMA 2-4 I 6-8 NJIHOVE RAZLIKE PRVOG, DRUGOG I TRECEG REDA.

X	$\Delta^1 X$	$\Delta^2 X$	$\Delta^3 X$	Y	$\Delta^1 Y$	$\Delta^2 Y$	$\Delta^3 Y$
53				2			
	27				31		
81	- 15	- 42	29	33	- 9	- 40	73
66	- 29	- 13	21	24	24	33	- 23
37	- 21	8	37	47	34	10	4
17	25	45	- 76	81	48	14	- 53
41	- 6	- 31	52	129	9	- 39	13
35	14	21	- 8	138	- 17	- 26	67
49	28	13	- 51	120	23	41	- 36
77	- 10	- 38	33	144	28	4	6
66	- 16	- 5	19	172	38	10	- 16
51	- 2	14	- 26	209	32	- 6	- 21
49	- 15	- 13		241	5	- 27	
34				246			

SREDNJE KVADRATSKA ODSTUPANJA U ODNOSU NA SREDNJE VREDNOSTI ODGOVARAJUCIH RAZLIKA I REDA S1, II REDA S2 I III REDA S3 RACUNATA PO IZRAZU:

$$S_k = 1/N \sum_{i=1}^N (\Delta^k Y_i)^2$$

U SIROVIM I IZRAVNATIM SERIJAMA DATA SU U TABLICI 4.3.

TABLICA 4.3

SRED. KVADR. ODSTUPANJE	X_u	Y_u	X_v	Y_v
S1	0.0004	0.0005	0.0004	0.0007
S2	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007
S3	0.0013	0.0012	0.0016	0.0015

UPOREDJUJUCI SREDNJE KVADRATSKA ODSTUPANJA S1, S2 I S3 NALAZIMO DA JE U SVIM KOORDINATAMA $S1 < S2 < S3$. IZ OVOGA SLEDI DA PRVE RAZLIKE IMAJU NAJMANJE SREDNJE KVADRATSKO ODSTUPANJE, ODNOSNO DA JE LINEARNA APROKSIMACIJA SEKULARNOG CLANA NAJBOLJA.

METODOM NAJMANJIH KVADRATA RACUNALI SMO KOEFICIJENTE REGRESIJE, SLOBODNI CLAN C0 I LINEARNI C1 ZA SIROVE I IZRAVNATE SERIJE DATI SU U TABLICI 4.4.

TABLICA 4.4

=====				
KOEFIG.				
REGRESIJE	X_u	Y_u	X_v	Y_v
C0	0,0179	-0,0155	0,0185	-0,0157
C1	0,0006	0,0035	0,0006	0,0035

SLOBODNI CLANovi DATI SU SA GRESKOM $\pm 0,0005$, A LINEARNI SA GRESKOM $\pm 0,0001$.

=====

NA OSNOVU TABLICE 4.4 NALAZIMO DA JE SEKULARNI CLAN U SIROVIM KOORDINATAMA POLA PREDSTAVLJEN SA:

$$X = 0^{\circ}.0179 + 0^{\circ}.0006(t - 1900) \quad (4.1)$$

$$Y = -0^{\circ}.0155 + 0^{\circ}.0035(t - 1900)$$

A U IZRAVNATIM:

$$X = 0^{\circ}.0185 + 0^{\circ}.0006(t - 1900) \quad (4.2)$$

$$Y = -0^{\circ}.0157 + 0^{\circ}.0035(t - 1900)$$

ODAKLE DIFERENCIRANJEM PO t NALAZIMO DA SE SREDNJI POL KRECE BRZINOM:

$$dX_c/dt = 0^{\circ}.0006/GOD \quad (4.3)$$

$$dY_c/dt = 0^{\circ}.0035/GOD$$

REZULTUJUĆOM LINEARNOM BRZINOM

$$d\varphi/dt = 0^{\circ},0036/\text{GOD} \quad (4,4)$$

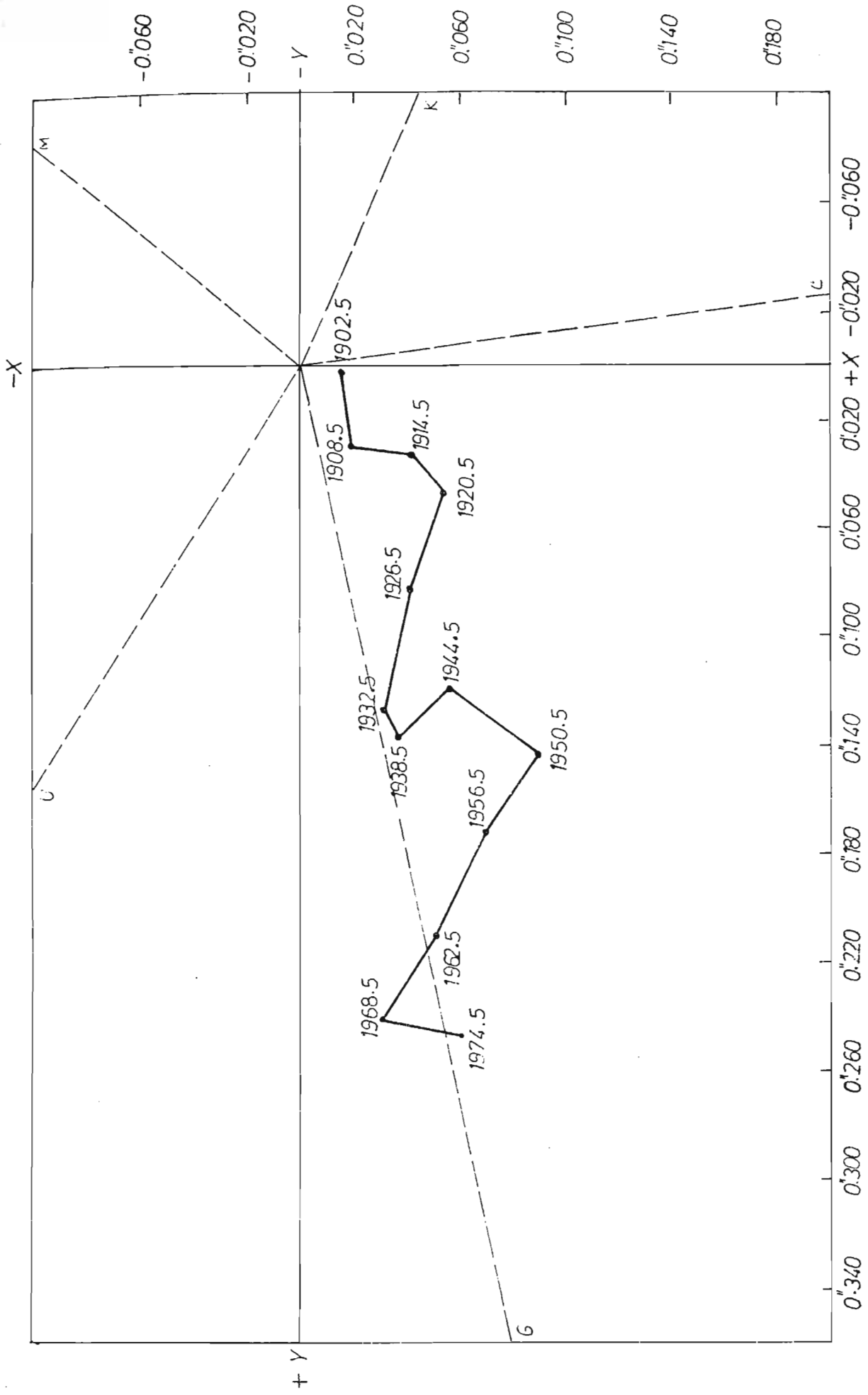
SA TAČNOSĆU OD $\pm 0^{\circ},0002/\text{GOD}$, U PRAVCU ZAPADNE LONGITUDE 79 ,
U RADU MARKOWITZ (1982) NALAZIMO DA JE IZ PODATAKA ILS ZA
PERIOD 1900,0-1982,0 NASAD ZA BRZINU SEKULARNOG KRETANJA SREDNJEG
POLA IZNOS $d\varphi/dt = 0^{\circ},0035/\text{GOD}$ U PRAVCU ZAPADNE LONGITUDE 75 ,
NAVEŠĆEMO I REZULTATE DRUGIH AUTORA DATIH U MONOGRAFIJI
LAMBECK (1980):

AUTOR	$d\varphi/dt$	PRAVAC (ZAPADNA LONGITUDA)
MARKOWITZ (1970)	$0^{\circ},0035/\text{GOD}$	65°
YUMI & WAKO (1970)	$0^{\circ},0022/\text{GOD}$	77°
STOYKO (1973)	$0^{\circ},0040/\text{GOD}$	73° (PET ILS STANICA)
STOYKO (1973)	$0^{\circ},0032/\text{GOD}$	70° (TRI ILS STANICE)

NA OSNOVU NASIH REZULTATA I REZULTATA DRUGIH AUTORA, KOJI
SU U DOBILICNOJ SAGLASNOSTI, NALAZIMO DA POSTOJI LINEARNO SEKULARNO
KRETANJE SREDNJEG POLA, STO SE JOS UVEK SMATRA NEDOVOLJNO DOKAZA-
NIM.

OD SIROVIH I IZRAVNATIH KOORDINATA POLA ODUZET JE SEKULA-
RNI ČLAN I DOBIJENI REZULTATI PREDSTAVLJENI NA SLIKAMA PRILOG V
I PRILOG VI.

NA OSNOVU GRAFICKOG PRIKAZA POLHODIJE (SL. 4,1) NA KOJOJ
SU PRIKAZANE SREDNJE SESTOGODISNJE VREDNOSTI X , Y UOČAVA SE NJI
HOVO SEKULARNO POVEĆANJE, STO GOVORI O POSTOJANJU VEKOVNOG KRETA-
NJA POLA.



SL. 4.1 POLHODIJA

NA ISTOJ SLICI OZNACENI SU PRAVCI TANGENATA NA MERIDIJANE
OPSERVATORIJA: MIZUSAWA (M), KITAB (K), CARLOFORTE (C), GAITHERS -
BURG (G) I UKIAH (U).

4.2 GLAVNI HARMONIJSKI CLANOVI

POSLE ELIMINACIJE SEKULARNOG CLANA IZ KORISCENIH PODATAKA
DOBILI SMO REZIDUE, GRAFICKI PREDSTAVLJENE U PRILOGU V I PRILOGU
VI, NA KOJE SMO PRIMENILI FURIJEOVE INTEGRALNE TRANSFORMACIJE, JE-
DNACINE (3.2), ZA IDENTIFIKACIJU GLAVNIH HARMONIJSKIH CLANOVA ;
CENDLEROVOG, GODISNJEG I POLUGODISNJEG.

PROBNA PERIODA JE VARIRANA U GRANICAMA OD 60 DO 760 DANA
SA PRIRASTAJEM OD 0.5 DANA. POCEтна PERIODA PREDSTAVLJA DVOSTRUKU
VREDNOST INTERVALA NA KOJEM SU DATI PODACI. PRI IZBORU PROBNIH PE-
RIODA VODILI SMO RACUNA O EFEKTIMA POZNATIM POD NAZIVIMA "LEAKAGE"
I "ALIASING".

DOBIJENE VREDNOSTI ZA PERIODU P_h , AMPLITUDU A_h , I FAZU
 F_h POLUGODISNJEG CLANA DATE SU U KOLONAMA 2-4 TABLICE 4.5. U KO-
LONAMA 5-7, ISTE TABLICE, DATE SU DOBIJENE VREDNOSTI ZA PERIODU
 P_a , AMPLITUDU A_a I FAZU F_a GODISNJEG CLANA. PERIODE SU DATE U
GODINAMA A FAZE F_a , I F_h SE ODNOSE NA 1900.0, JULIJANSKI DATUM
D.J.=2415 020.

TABLICA 4.5

KOORD.	P_h	A_h	F_h	P_a	A_a	F_a
X_u	0.501	0.0035	83.3	1.000	0.094	253.9
X_v	0.501	0.0034	81.9	1.000	0.094	253.8
Y_u	0.501	0.0038	348.2	1.000	0.076	171.7
Y_v	0.501	0.0037	349.7	1.000	0.077	170.3

NA ONOM MESTU SPEKTRA GDE SE OČEKUJE CENDLEROV CLAN DOBILI SMO DVOJNI PIK, PERIODE F_c I F'_c , ODGOVARAJUĆE AMPLITUDE A_c I A'_c I FAZE F_c I F'_c DATE SU U TABLICI 4.6. PERIODE SU DATE U GODINAMA A FAZE F_c I F'_c SE ODMOŠE NA 1900.0, JULIJANSKI DATUM DJ = 2415 020

TABLICA 4.6

COORD.	F_c	A_c	F_c	F'_c	A'_c	F'_c
X_u	1.171	0°.105	59.4	1.197	0°.114	16.4
X_v	1.171	0.105	68.8	1.199	0.115	15.4
Y_u	1.171	0.107	332.2	1.197	0.118	284.5
Y_v	1.171	0.107	340.8	1.199	0.117	285.1

DISPERZIJE PARAMETARSKIH JEDNACINA (4.1) RACUNATE SU PREMA IZRAZU

$$\sigma_u^2 = \sigma_v^2 = \frac{2}{2N+1} \sigma_0^2 \quad (4.5)$$

GDE JE σ_0 SREDNJA KVADRATSKA GRESKA POLAZNIH PODATAKA. U NASEM SLUCAJU SREDNJA KVADRATSKA GRESKA KOORDINATA X_u, Y_u, X_v I Y_v IZNOSI $\sigma_0 = 0°.01$. BROJ SIROVIH PODATAKA JE $2N+1=951$ A BROJ IZRAVNATIH $2N+1=1583$.

IZ IZRAZA (4.5) SLEDI DISPERZIJA AMPLITUDE POJEDINOG CLANA:

$$\sigma_A^2 = (2 - \pi/2) \frac{2}{2N+1} \quad (4.6)$$

ZA SREDNJE KVADRATSKU GRSKU AMPLITUDE σ_A , NA OSNOVU IZRAZA ZA DISPERZIJU AMPLITUDE (4.6), DOBIJAMO $\pm 0°.0003$ U NEIZRAVNATIM SERIJAMA I U IZRAVNATIM SERIJAMA $\pm 0°.0002$.

POPRAVKA AMPLITUDE ΔA ZA NIVO "BELOG SUMA" ILI NIVO ZAJEDNICKIH AMPLITUDA JE

$$\Delta A = \sigma_0 \sqrt{\frac{\pi}{2N+1}} \quad (4.7)$$

ZBGO CEGA JE STVARNA AMPLITUDA POSMATRANOG CLANA UMANJENA ZA ΔA . AMPLITUDE U TABLICAMA 4.5 I 4.6 POPRAVLJENE SU ZA $\Delta A=0,001$.

DISPERZIJE RACUNATIH FAZA DOBIJAJU SE RAZVIJANJEM FUNKCIJE $Y=F(U,V)$, TJ. $\text{tg} F=U/V$ (JEDNACINA 3.3) U OKOLINI MATEMATICKIH OCEKIVANJA $m(U)$ I $m(V)$

$$\sigma_y^2 = e_u'^2 \sigma_u^2 + e_v'^2 \sigma_v^2 + e_{uu}'' \sigma_u^2 + e_{vv}'' \sigma_v^2 + e_{uv}'' \sigma_u^2 \sigma_v^2$$

ODAKLE SLEDI

$$\sigma_F^2 = \frac{1}{A^2} + \sigma_u^2 + \frac{1}{A^8} (A^4 + 4u^2v^2) \sigma_u^4 + \dots$$

A ZADRZAVAJUCI SAMO PRVI CLAN REDA

$$\sigma_F^2 \approx \frac{2}{A^2} \frac{\sigma_c^2}{2N+1} \quad [4.8]$$

ILI U STEPENIMA

$$\sigma_F^2 \approx (57,296) \frac{\sigma_c^2}{A^2} \frac{2}{2N+1} \quad (4.8)$$

SREDANJE KVADRATSKA GRESKA FAZA σ_F , RACUNATA PO IZRAZU ZA DISPERZIJU FAZA (4.8) ZA GODISNJI I CENDLEROV CLAN JE U INTERVALU OD $\pm 0,2$ - $\pm 0,3$, A ZA POLUGODISNJI CLAN IZNOSI $\pm 3,3$.

SPEKTRI DOBIJENI FURIJEDVOM ANALIZOM GRAFICKI SU PREDSTAVLJENI NA SLICI 4.2 ZA SERIJE X_u, Y_u I NA SLICI 4.3 ZA SERIJE X_v, Y_v . NA APSCISNOJ OSI P NALAZE SE PROBNE PERIODE U GODINAMA A NA ORDINATNOJ OSI A AMPLITUDE U LUCNIM SEKUNDAMA.

NA ISTIM SLIKAMA DESET PUTA UVECANO PREDSTAVLJENI SU SPEKTRI NA INTERVALU OD 0.2 DO 0.8 GODINA. NA NJIMA SE NE ZAPAZA POLUGODISNJI CLAN KAO NI PRISUSTVO DRUGIH CLANOVA.

DVOJNOST CENDLEROVOG CLANA ISPITIVALI SMO NA OSNOVU POREĐENJA RACUNATIH I TEORIJSKIH SIRINA PIKOVA.

U TABLICI 4.7 DATE SU TEORIJSKE $\Delta \mathcal{E}$ (JEDNACINA 3.4) I RACUNATE $\Delta \mathcal{E}'$ SIRINE PIKOVA GLAVNIH HARMONIJSKIH CLANOVA U GODINAMA.

TABLICA 4.7

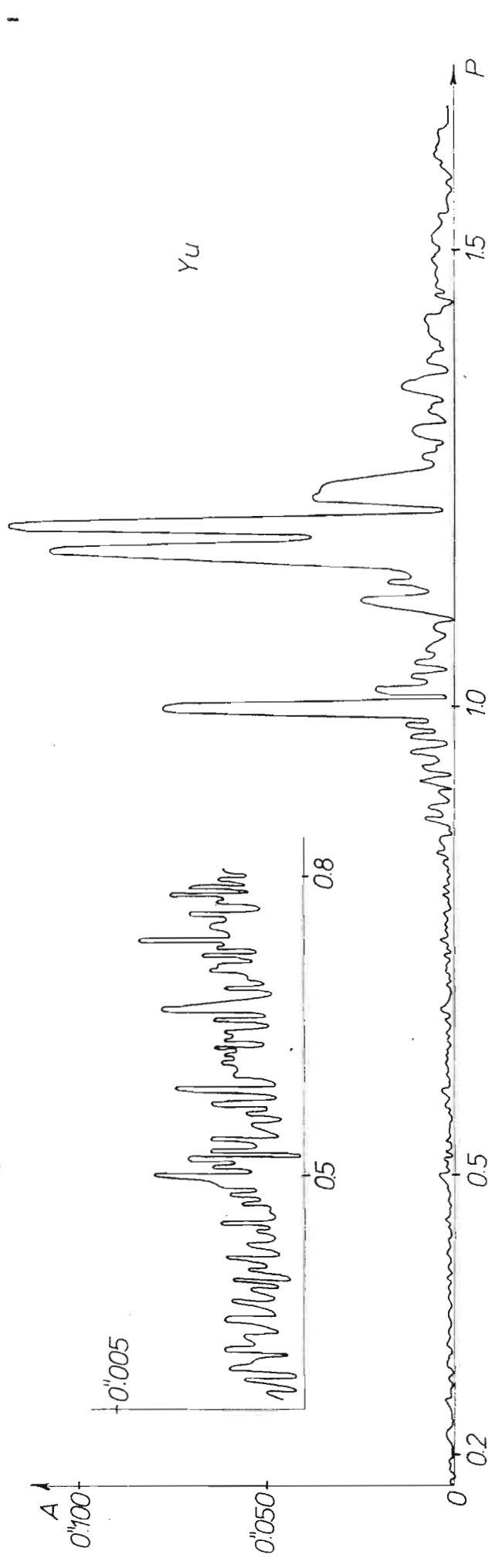
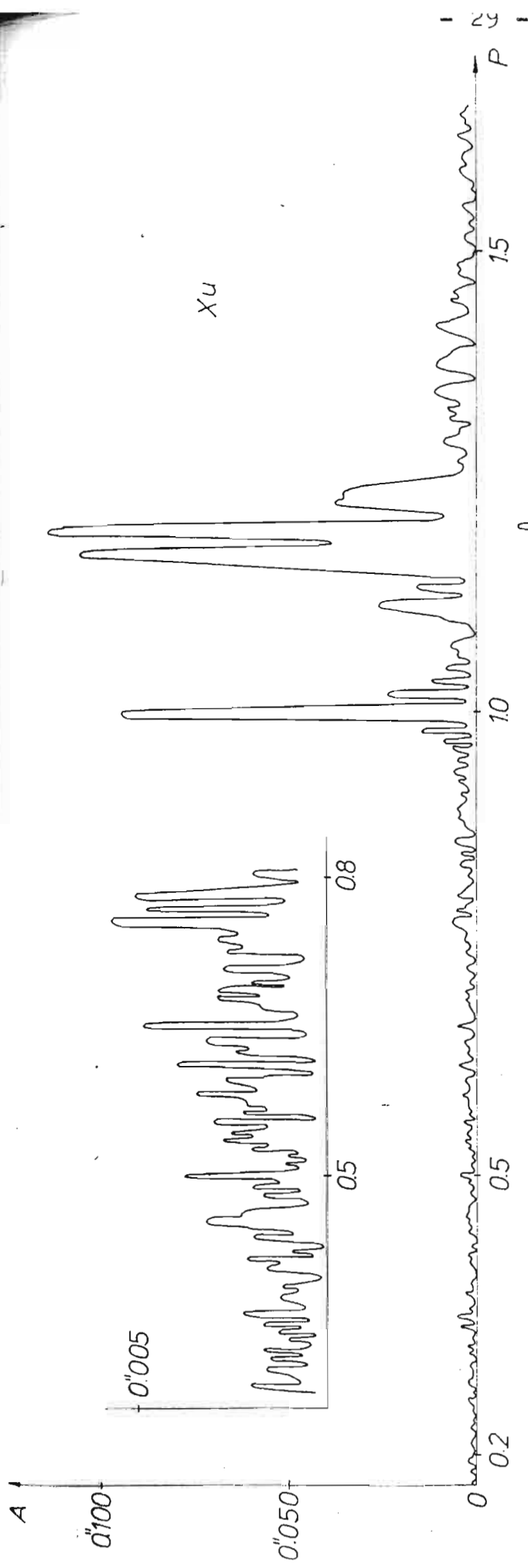
=====

SIRINE

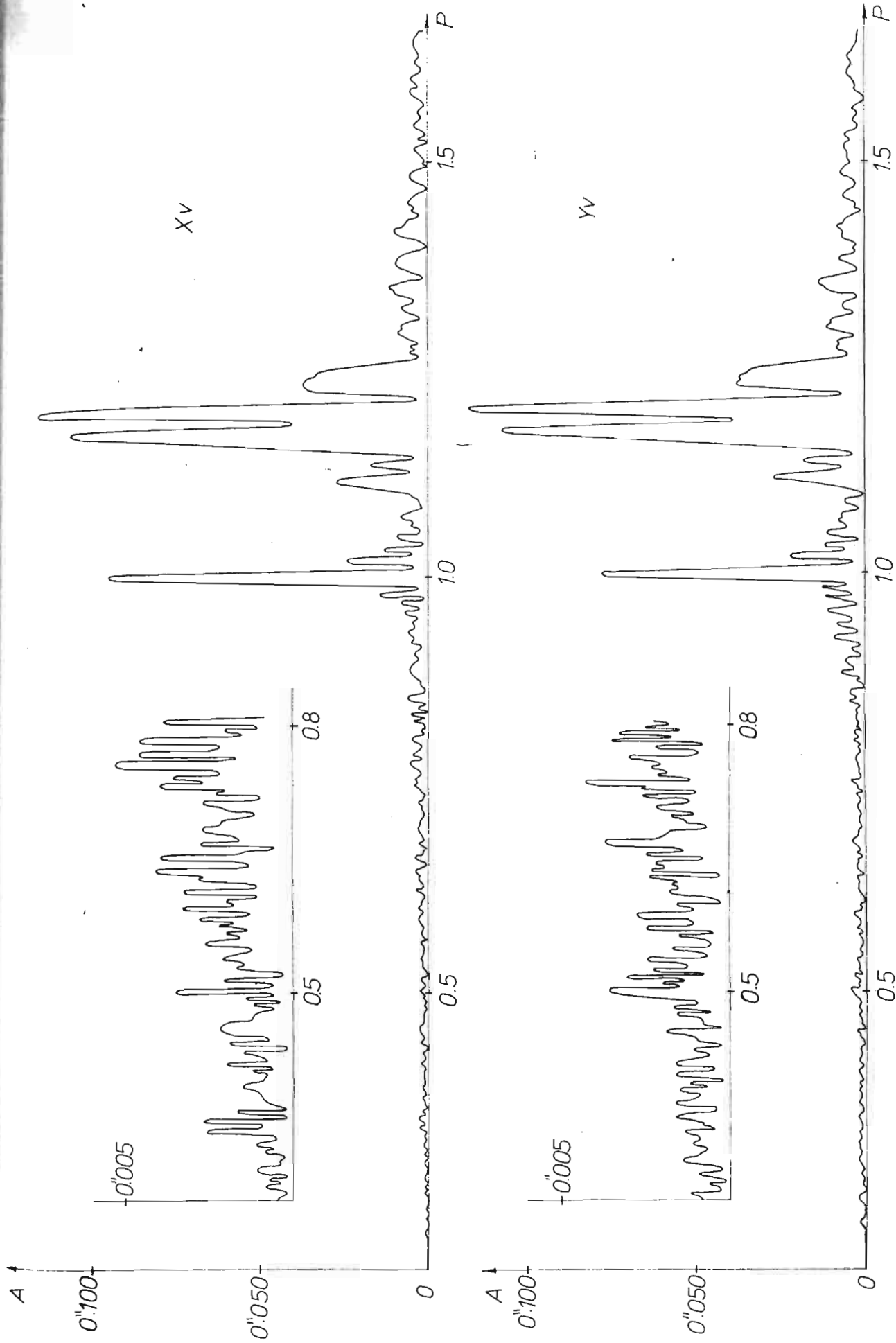
PIKOVA	$P_a = 1.000$	$P_c = 1.171$	$P_c' = 1.199$
$\Delta \mathcal{E}$	0.025	0.035	0.036
$\Delta \mathcal{E}'$	0.025	0.040	0.031

=====

VIDIMO DA SE TEORIJSKE I RACUNATE SIRINE PIKOVA ZA GODISNJI I OBA CENDLEROVA CLANA DOBRO SLAZU. OVO IDE U PRILOG CINJENICI DA JE CENDLEROV CLAN DVOSTRUK. AKO BI GA POSMATRALI KAO JEDINSTVEN SA SIRINOM $\Delta \mathcal{E}' = 0.071$ BID BI DVA PUTA SIRI OD TEORIJSKIH VREDNOSTI $\Delta \mathcal{E}$ ZA BILO KOJU OD DVEJU NJEGOVIH PERIODA (TABLIC.4.7). DA BI AMPLITUDE PRIMARNIH PIKOVA BILE TACNO ODREDJENE RA-



Sl. 4.2. Spektar sirovih podataka.



Sl. 4.3. Spektar izravnatih podataka.

ZLIKA PERIODA P SUSEDNIH CLANOVA MORA BITI VECA ILI JEDNAKA $\Delta \epsilon$, STO JE ZADOVOLJENO SAMO KOD GODISNJEG CLANA, POSTO SU DVA CENDLER OVA PIKA UDALJENI ZA 0.028 GODINA, A TO JE MANJE OD $\Delta \epsilon$, TACNE VREDNOSTI NJIHOVIH AMPLITUDA (UKOLIKO OBA POSTOJE) NE MOGU SE ODREDITI DATOM METODOM IZ DATOG POSMATRACKOG MATERIJALA.

KAKO SELEKTIVNA FUNKCIJA FURIJEDVIH TRANSFORMACIJA $R(\lambda) = \sin \lambda / \lambda$ IMA EKSTREMUM (PRIMARNI PIK) ZA $\lambda = 0$ I NIZ SEKUNDARNIH PIKOVA ZA $\lambda = 4.49, 7.72, 10.91$, CIJE SU AMPLITUDE 22%, 13%, I 9% OD AMPLITUDE PRIMARNOG PIKA, REDOM, TO SMO RACUNALI TEORIJSKE PERIODE SEKUNDARNIH PIKOVA P3, P2, P1 S LEVA OD PRIMARNOG PIKA I P1', P2', P3' S DESNA OD PRIMARNOG PIKA, KAO I NJIMA ODGOVARAJUĆE AMPLITUDE A'. DOBIJENI REZULTATI DATI SU U TABLICI 4.8 ZA GODISNJI PIK I TABLICAMA 4.9 I 4.10 ZA CENDLEROVE PIKOVE. U DRUGIM VRSTAMA ISTIH TABLICA, DATE SU AMPLITUDE A SEKUNDARNIH PIKOVA RACUNATE METODOM FURIJEVA, GRAFICKI PREDSTAVLJENE NA SLIKAMA 4.2 I 4.3. NA ISTIM SLIKAMA POZICIJE SEKUNDARNIH PIKOVA U DOBROJ SU SAGLASNOSTI SA TEORIJSKIM PERIODAMA SEKUNDARNIH PIKOVA.

TABLICA 4.8

	P3	P2	P1	P	P1'	P2'	P3'
PER.	0.958	0.970	0.982	1.000	1.018	1.032	1.046
A	0.007	0.009	0.016	0.077	0.024	0.012	0.009
A'	0.007	0.010	0.017	0.077	0.017	0.010	0.007

AKO UPOREDIMO TEORIJSKE A' I RACUNATE A, AMPLITUDE SEKUNDARNIH PIKOVA ZA GODISNJI CLAN DATE U GORNJOJ TABLICI VIDIMO DA SU U ODLICNOJ SAGLASNOSTI.

TABLICA 4.9

=====

PER $P_3=1.114$ $P_2=1.130$ $P_1=1.147$ $P_c=1.171$ $P_1'=1.196$ $P_2'=1.215$ $P_3'=1.235$

A	0",027	0",009	0",009	0",107	0",114	0",003	0",035
A'	0,010	0,014	0,023	0,107	0,023	0,014	0,010

=====

U TABLICAMA 4.9 I 4.10 DATE SU PERIODE PODPIKOVA ZA CENDLEROVE PIKOVE U GODINAMA I ODGOVARAJUĆE RACUNATE A I TEORIJSKE A' AMPLITUDE U LUCNIM SEKUNDAMA, TABLICA 4.9 JE ZA PRVI CENDLEROV PIK A TABLICA 4.10 ZA DRUGI,

TABLICA 4.10

=====

PER $P_3=1.139$ $P_2=1.156$ $P_1=1.174$ $P_c'=1.199$ $P_1'=1.226$ $P_2'=1.246$ $P_3'=1.266$

A	0",014	0",036	0",101	0",117	0",037	0",029	0",005
A'	0,011	0,015	0,025	0,117	0,025	0,015	0,011

=====

IZ TABLICE 4.9 SE VIDI DA PRVI CENDLEROV PIK P_c IMA SVOJ PRVI DESNI SEKUNDARNI PIK P_1' U DRUGOM CENDLEROVOM PIKU P_c' I OBRNUTO DRUGI CENDLEROV PIK IMA SVOJ PRVI LEVI SEKUNDARNI PIK P_1 U PRVOM CENDLEROVOM PIKU P_c (TABLICA 4.10). STOGA POSTOJI VELIKI MEDJUSOBNI UTICAJ JEDNOG NA DRUGI.

IZ ISTIH PODATAKA ILS DICKMAN (1981) JE, TAKODJE, DOBIO DVOSTRUKI CENDLEROV CLAN.

MELCHIOR (1957) JE POKUSAO DA OBJASNI PROMENLJIVOST CENDLEROVE PERIODE I AMPLITUDE INTERFERENCIJOM DVE SLOBODNE NUTACIJE, OD KOJI JEDNA PRIPADA TECNOM ZEMLJINOM JEZGRU, A DRUGA ELIPTICNOJ ZEMLJINOJ KORI.

SHOUXIAN, YINGMIN & SHUHE (1982) DOBILI SU CETVOROSTRUKI CENDLEROV CLAN SA PERIODAMA 1,132, 1,171, 1,198 1,228 GODINA, STO SE TICE NJIHOVE PRVE I CETVRTE PERIODE (1,132 I 1,228 GODINA) U POREDJENJU SA NASIM REZULTATIMA (TABLICE 4.9 I 4.10) VIDIMO DA OD GOVARAJU SEKUNDARNIM PIKOVIMA NASIH IZDVOJENIH CENDLEROVIH PIKOVA.

OKUBO (1982), S DRUGE STRANE, IZ ISTIH PODATAKA METODOM MAKSIMALNE ENTROPIJE DOBIJA CENDLEROV CLAN SA JEDINSTVENOM PERI - ODOM.

VEC SMO SPOMENULI DA POSTOJI NEKI GEOFIZICKI MEHANIZAM KO JI POBUĐUJE (EKŠITIRA) CENDLEROVO POLARNO KRETANJE,TAJ MEHANIZAM JOS NIJE OTKRIVEN (LAMBECK, 1980). STO SE TICE DVOJNOSTI CENDLE - ROVOG PIKA MISLJENJA SU KONTRADIKTORNA.

IZ PREZENTIRANIH REZULTATA NASIH ISTRAZIVANJA SLEDI ZAK - LJUCAK DA POSTOJE DVE SLOBODNE NUTACIJE ZEMLJINE OSE. OVAJ ZAKLJU - CAK BICE POTKREPLJEN NOVIM (JACIH) ARGUMENTIMA U PARAGRAFU 4.3.

4.2.1 VARIJACIJE GODISNJE I POLUGODISNJE CLANA

ZA ANALIZU SMO KORISTILI INTERVALE SAMERLJIVOSTI CENDLER - OVE I GODISNJE PERIODE. U TU SVRHU PODELILI SMO RAZMATRANI PERI - OD 1899.8-1979.0 NA SEŠTOGODISNJE PODINTERVALE SA PREKLAPANJEM UZ ASTOPNIH PODINTERVALA OD TRI GODINE. POLAZECI OD TOGA DA SU AMPLI - TUDE I FAZE GODISNJE I POLUGODISNJE CLANA STABILNIJE NEGO U SLU - CAJU CENDLEROVOG CLANA, STO CEMO KASNIJE REZULTATIMA ARGUMENTOVA - TI, MNK METODOM ZA SVAKI SEŠTOGODISNJI PODINTERVAL, RACUNALI SMO AMPLITUDU A_a I FAZU F_a GODISNJE CLANA I AMPLITUDU A_h I FAZU F_h POLUGODISNJE CLANA U OBE KOORDINATE. NAMERA NAM JE BILA DA POSMA - TRAMO CENDLEROVE PROMENE KOORDINATA POLA U FUNKCIJI VREMENA. DOBI - JENI REZULTATI DATI SU U TABLICI 4.11.

TABLICA 4.11

U KOLONAMA 2-3 SU AMPLITUDE GODISNJE A U KOLONAMA 6-7 AMPLITUDE POLUGODISNJE CLANA U LUCNIM SEKUNDAMA; U KOLONAMA 4-5 I 8-9 SU FAZE TIH CLANOVA U STEPENIMA.

PERIOD	X KOORDINATA				Y KOORDINATA			
	A_a	F_a	A_h	F_h	A_a	F_a	A_h	F_h
1 1899.8-1905.8	.080	335.4	.008	282.8	.065	260.7	.001	92.1
1902.8-1908.8	.058	355.5	.005	133.1	.040	279.5	.004	186.2
2 1905.8-1911.8	.108	329.0	.008	286.0	.093	253.3	.005	263.2
1908.8-1914.8	.104	337.4	.003	224.2	.105	265.5	.005	221.2
3 1911.8-1917.8	.081	343.5	.005	128.1	.086	265.0	.010	158.7
1914.8-1920.8	.103	340.5	.003	288.4	.105	254.4	.005	132.5
4 1917.8-1923.8	.090	332.6	.005	191.7	.077	234.9	.005	98.9
1920.8-1926.8	.117	350.8	.005	76.3	.097	263.6	.002	80.7
5 1923.8-1929.8	.058	360.3	.006	120.3	.045	278.8	.018	121.4
1926.8-1932.8	.104	325.8	.008	308.4	.085	243.0	.005	161.5
6 1929.8-1935.8	.113	348.8	.006	338.3	.091	267.5	.006	349.4
1932.8-1938.8	.089	345.8	.005	208.0	.062	260.5	.006	115.8
7 1935.8-1941.8	.107	341.1	.007	300.4	.097	256.4	.003	288.7
1938.8-1944.8	.074	331.7	.006	280.6	.051	251.6	.008	112.7
8 1941.8-1947.8	.114	340.3	.005	264.5	.088	260.8	.007	184.4
1944.8-1950.8	.070	334.6	.001	289.1	.044	236.8	.011	178.1
9 1947.8-1953.8	.114	329.5	.009	321.5	.100	238.1	.008	247.1
1950.8-1956.8	.109	354.1	.006	320.0	.100	266.7	.009	328.5
10 1953.8-1959.8	.085	330.2	.010	301.5	.059	244.2	.006	89.6
1956.8-1962.8	.122	337.7	.010	345.8	.092	252.0	.005	95.0
11 1959.8-1965.8	.103	336.4	.002	302.1	.069	238.3	.010	120.7
1962.8-1968.8	.106	339.2	.004	306.7	.072	243.3	.005	220.6
12 1965.8-1971.8	.099	337.4	.006	326.1	.067	254.4	.006	163.6
1968.8-1974.8	.102	349.6	.007	280.0	.095	278.0	.010	123.5
13 1971.8-1977.8	.078	360.1	.002	306.9	.078	282.7	.016	107.9

NA OSNOVU PODATAKA TABLICE 4.11, UZIMAJUCI SVAKU DRUGU VREDNOST (UZAJAMNO NEZAVISNE) RACUNALI SMO SREDNJU VREDNOST:

$$\bar{A} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N-1} A_i, \quad N = 13 \quad (4.9)$$

GRESKU JEDINICNE TEZINE:

$$\sigma_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (A_i - \bar{A})^2}{N-1}} \quad (4.10)$$

I GRESKU SREDNJE VREDNOSTI:

$$\sigma_{\bar{A}} = \frac{1}{\sqrt{N-1}} \sigma_A \quad (4.11)$$

AMPLITUDA A_a I A_h I FAZA F_a I F_h GODISNJEG I POLUGODISNJEG CLANA. DOBIJENI REZULTATI DATI SU U TABLICI 4.12. FAZE SE ODOSE NA JULIJANSKI DATUM DJ=2414 948

TABLICA 4.12

KOORD	GODISNJI CLAN		POLUGODISNJI CLAN	
	$\bar{A}_a \pm \sigma_{\bar{A}_a}$	$\bar{F}_a \pm \sigma_{\bar{F}_a}$	$\bar{A}_h \pm \sigma_{\bar{A}_h}$	$\bar{F}_h \pm \sigma_{\bar{F}_h}$
X	0.0948 ± 0.0050	$340^\circ \pm 3^\circ$	0.0060 ± 0.0007	$266^\circ \pm 21^\circ$
Y	0.0778 ± 0.0046	256 ± 4	0.0077 ± 0.0014	176 ± 25

AKO REZULTATE TABLICE 4.12 UPOREDIMO SA REZULTATIMA DOBIJENIM FURIJEDVIM INTEGRALNIM TRANSFORMACIJAMA (TABLICA 4.5) VIDIMO DA SU AMPLITUDE GODISNJEG CLANA U ODLICNOJ SAGLASNOSTI, DOK SE KOD MALIH IZNOSA AMPLITUDA POLUGODISNJEG CLANA POJAVLJUJU RAZLIKE. FAZE U POMENUTIM TABLICAMA SE ODOSE NA RAZLICITE TRENUTKE, SVEDENE NA ISTI SAGLASNE SU.

ISPITALI SMO PROMENLJIVOST AMPLITUDE I FAZE GODISNJEG CLANA KORISTECI ABBE-OV KRITERIJUM (DJUROVIC, 1979).

NEKA SU G I G0 STATISTIKE DEFINISANE RELACIJAMA:

$$G = \frac{\frac{1}{2N-1} \sum_{i=1}^{N-1} (A_{i+1} - A_i)^2}{\frac{1}{N-1} \sum (A_i - \bar{A})^2}$$

$$G0 = 1 + \frac{u_q}{\sqrt{N + 0.5(1 + u_q^2)}}$$

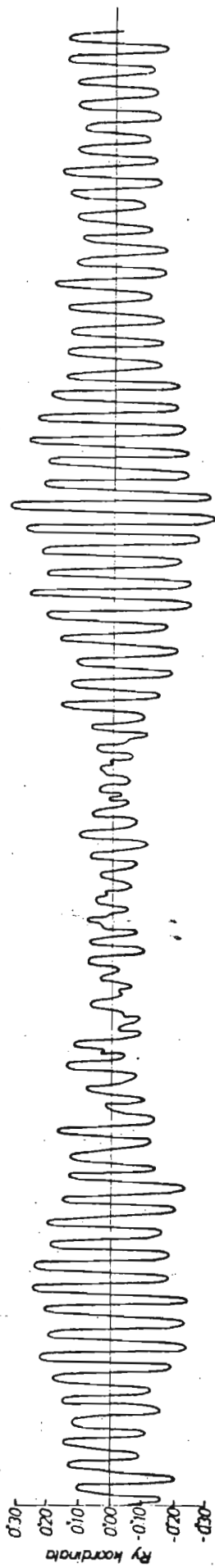
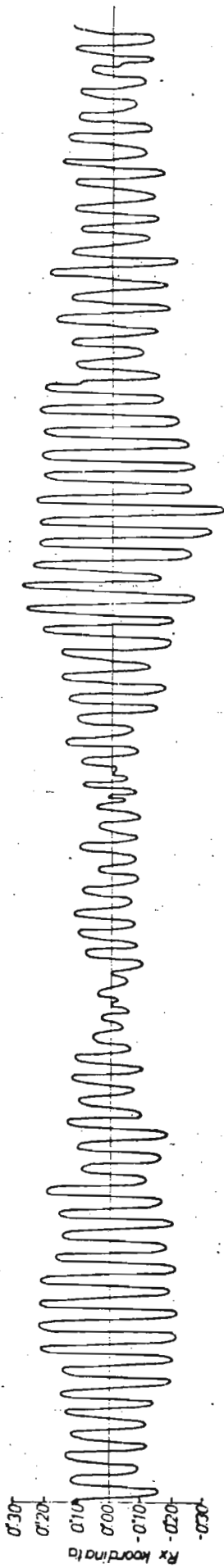
GDE JE $u_q = -1.645$ KVANTIL REDA 0.05 (u_q JE KVANTIL REDA q AKO JE VEROVATNOCA DA SLUCAJNA PROMENLJIVA $X > u_q$ JEDNAKA q) GAUSOV-SKE RASPODELE VEROVATNOCE, STATISTIKA G0 RACUNA SE PO NAVEDENOJ JEDNACINI AKO JE $N > 20$, DOK ZA $N \leq 20$, U NASEM SLUCAJU $N = 13$, I ZA $q = 0.05$ UZIMA VREDNOST $G0(13) = 0.578$, DJURDVIC (1979).

REZULTATI PRIMENE NAVEDENE RELACIJE ZA RACUN STATISTIKE G ZA AMPLITUDU I FAZU GODISNJEG CLANA U X I Y KOORDINATI DATI SU U TABLICI 4.13.

TABLICA 4.13

RACUNATA	X KOORDINATA		Y KOORDINATA	
	A_a	F_a	A_a	F_a
G	0.973	0.722	0.960	0.872

UPOREDJUJUCI VREDNOSTI G TABLICE 4.13 SA VREDNOSCU $G0 = 0.578$ NALAZIMO DA JE U SVIM SLUCAJEVIMA $G > G0$. PO ABBE-OVOM KRI-



1900 1903 1906 1909 1912 1915 1918 1921 1924 1927 1930 1933 1936 1939 1942 1945 1948 1951 1954 1957 1960 1963 1966 1969 1972 1975 1978 1981

Sl. 4.4. Rezidui dobijeni oduzimanjem godišnjeg i polugodišnjeg člana od sirovih koordinata pola.

TERIJUMU AKO JE $G > G_0$ ODSTUPANJA $A - A_0$ MOGU SE OBJASNITI SA STANOVISTA SLUCAJNIH GRESAKA.

NAS ZAKLJUČAK JE DA SU FLUKTUACIJE AMPLITUDE I FAZE GODIS NJEG CLANA SLUCAJNOG KARAKTERA.

POREMETAJI POLUGODISNJEI CLANA POSTOJE. IMA PERIODA KADA ON SKORO ISCEZAVA, ALI I PERIODA KADA JE AMPLITUDA $A(X)=0^{\circ}.010$ I $A(Y)=0^{\circ}.018$ (TABLICA 4.11).

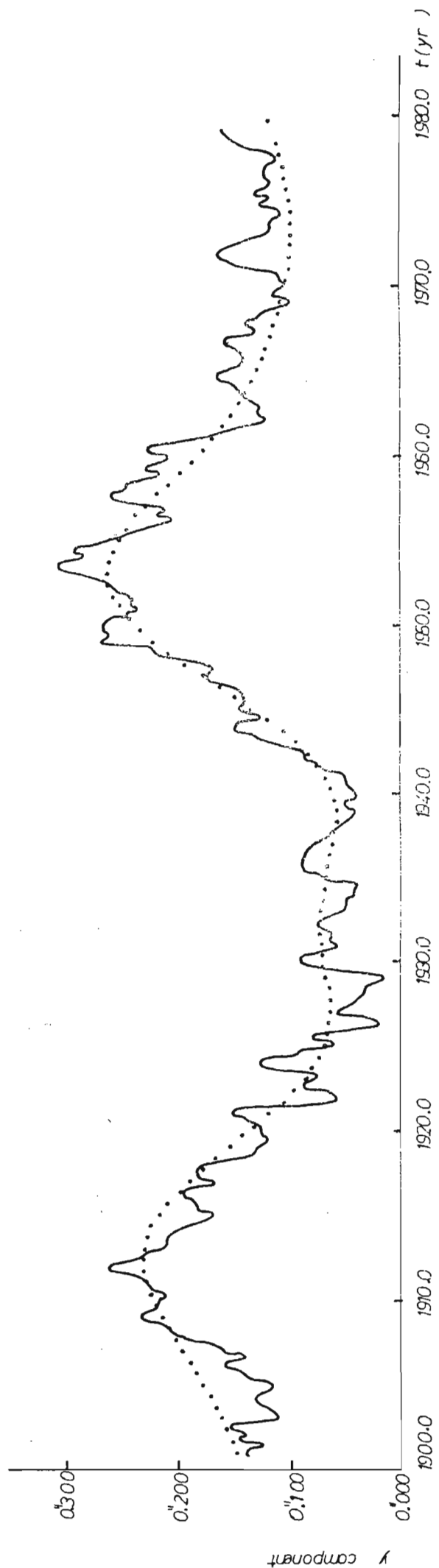
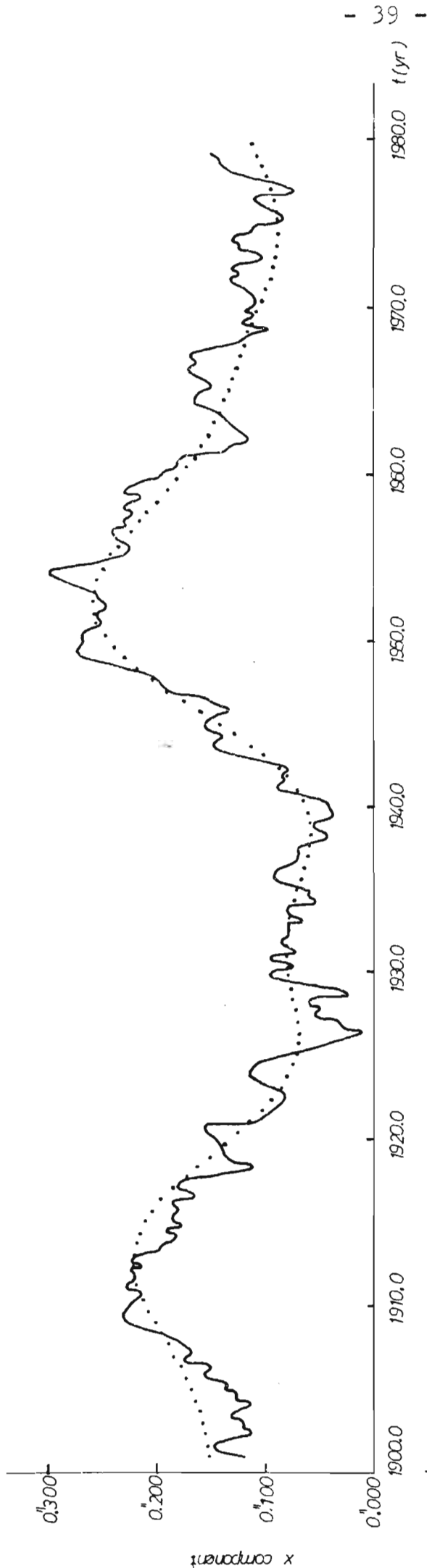
NA OSNOVU PRAVILA "TRI SIGMA" UTVRDILI SMO DA NE POSTOJE GRUBE GRESKE U REZULTATIMA ZA AMPLITUDU A I FAZU F POLUGODISNJEI CLANA (TABLICA 4.11). PRIMENOM ABBE-OVOG KRITERIJUMA, KAO KOD GODISNJEI CLANA, NALAZIMO DA SU ODSTUPANJA AMPLITUDE ($A - A_0$) I FAZE ($F - F_0$) POLUGODISNJEI CLANA SLUCAJNOG KARAKTERA.

OD SIROVIH PODATAKA KOORDINATA POLA X, Y ODUZELI SMO GODISNJI I POLUGODISNJI CLAN I DOBIJENE REZIDUE R_1 I R_2 PREDSTAVILI NA SLICI 4.4.

4.2.2 VARIJACIJE CENDLEROVOG CLANA

POSLE ELIMINACIJE GODISNJEI I POLUGODISNJEI CLANA NA DOBIJENE REZIDUE R_1 I R_2 (SL. 4.4) PRIMENOM METODE NAJMANJIH KVADRATA RACUNALI SMO AMPLITUDU I FAZU CENDLEROVOG CLANA (SA USVOJENIM PERIODOM OD 1.20 GODINA). RACUN JE VRSEN NA INTERVALIMA OD PO 15 MESECI SA POCECIMA NA RAZMAKU OD GODINU DANA (POCETNI TRENUTAK JE 1899.8, I PREKLAPANJE UZASTOPNIH INTERVALA PO TRI MESECA). DOBIJENE SERIJE VREDNOSTI AMPLITUDE PREDSTAVLJENE SU NA SLICI 4.5 A VREDNOSTI FAZE NA SLICI 4.6. FAZE SE ODNOSE NA POCETNI TRENUTAK JULIJANSKOG DATUMA $DJ=2414\ 948$.

REZULTATI PREDSTAVLJENI NA SLIKAMA 4.5 I 4.6 SU U ODLICNOJ SAGLASNOSTI SA REZULTATIMA GUINDOT-A (1972, 1982) I DICKMAN-A



Sl. 4.5. Amplituda Čendlove nutacije $\Delta = \Lambda(t)$.

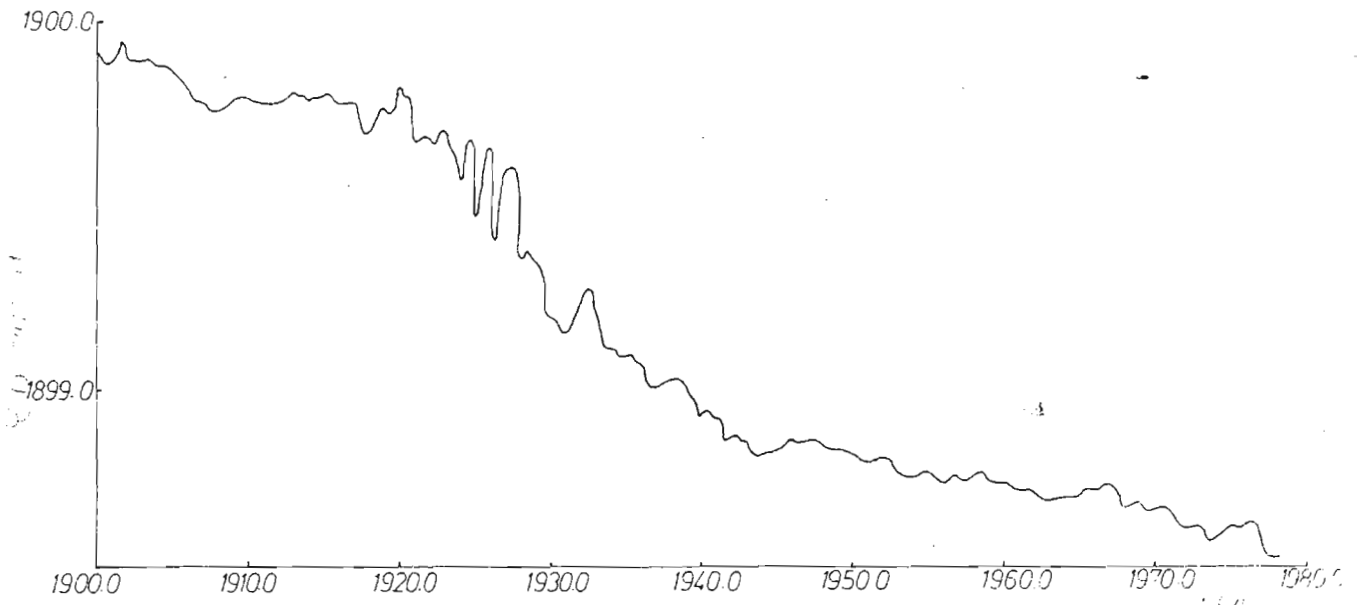
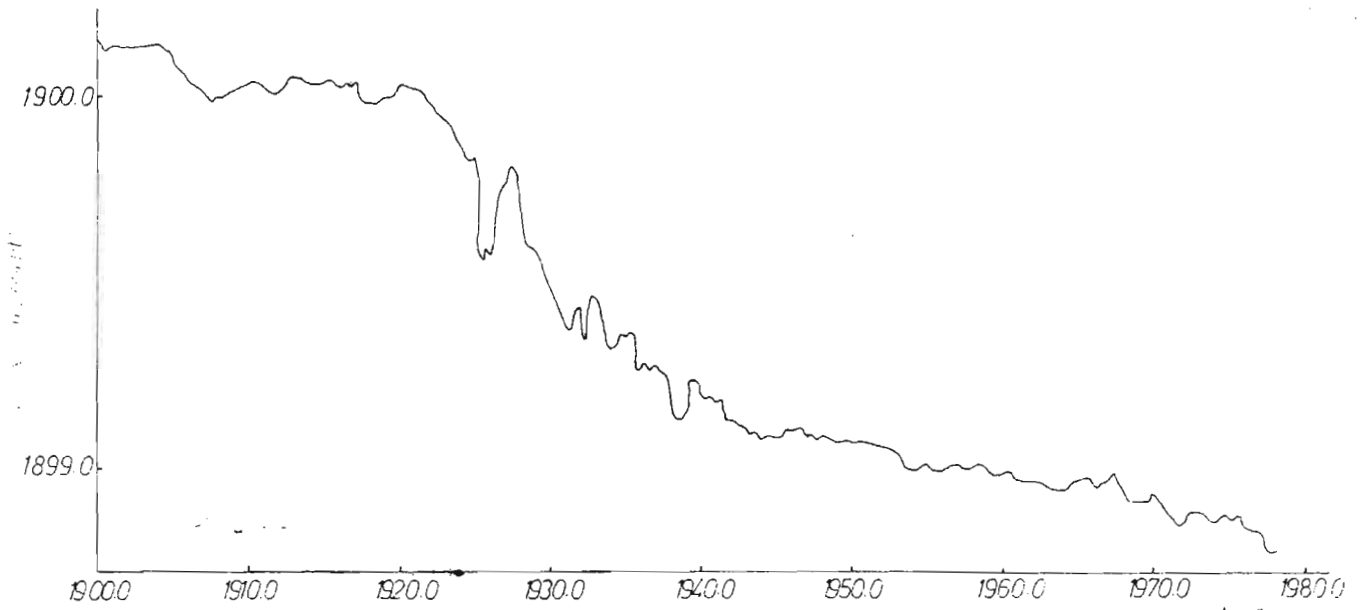


Fig 46 Curve of the Quantity of Water

(1981), NA SLICI 4.5 SE ZAPAZA PERIODICNA PROMENA CENDLEROVE AMPLITUDE DOK, UPRKOS TOME, FAZA CENDLEROVE NUTACIJE (SL. 4.6) AKO SE IZUZME PERIOD (1925-1940) IMA DOBRU STABILNOST. PROMENA FAZE ZA 180 STEPENI U PERIODU 1925-1940 JE JEDINSTVEN I NEOBJASNJEN SLUCAJ U DOSADA RASPOLOZIVIM SERIJAMA KOORDINATA POLA.

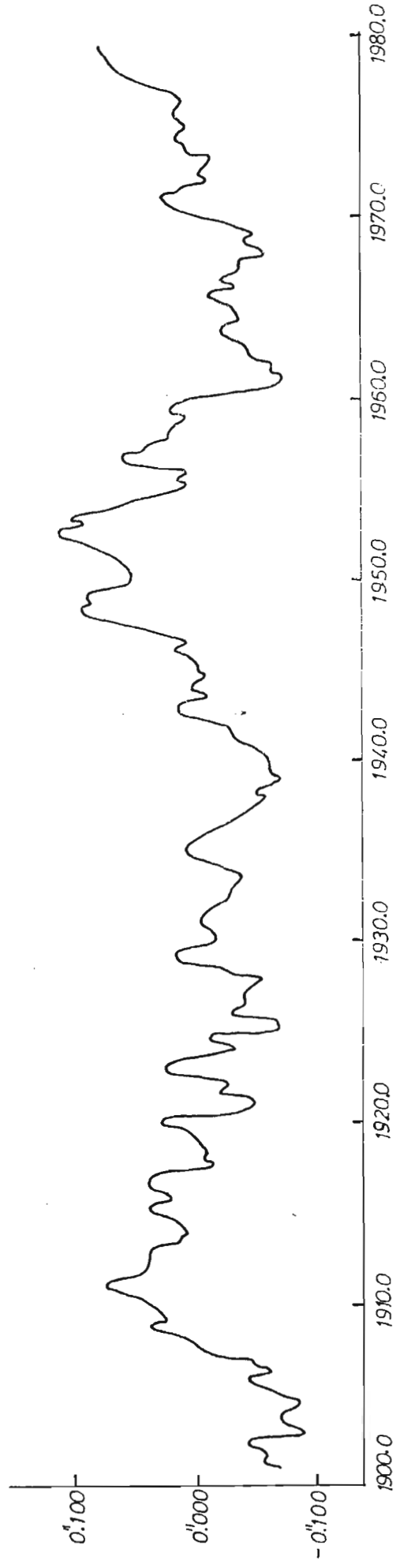
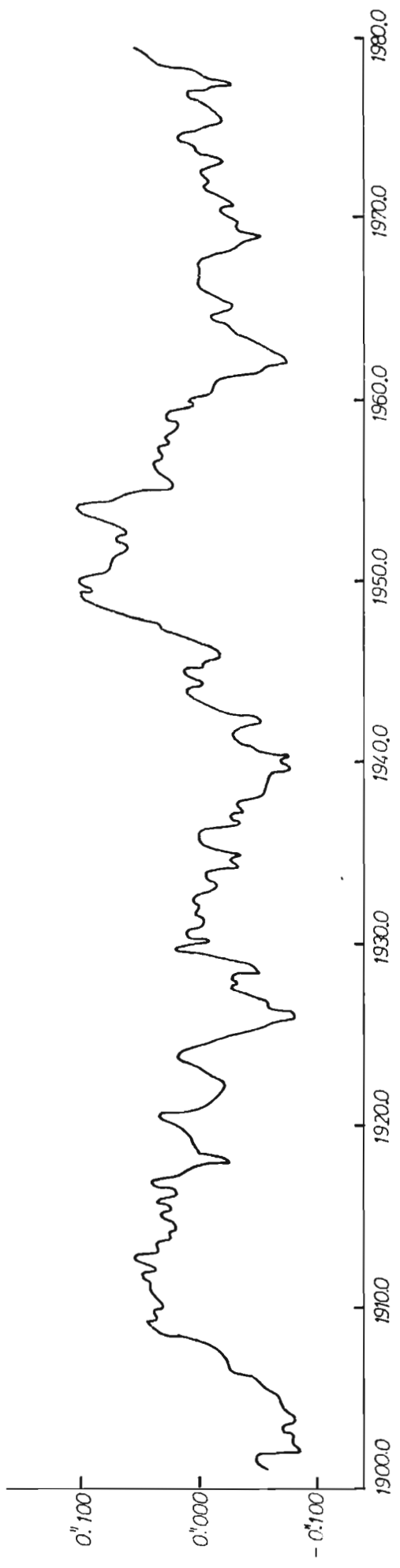
SHOUXIAN, YINGMIN & SHUHE (1982) DOLAZE DO ZAKLJUČKA DA JE FAZA CENDLEROVE NUTACIJE PERIODICNO PROMENLJIVA, ŠTO NIJE U SAGLASNOSTI SA REZULTATIMA NASE ANALIZE. UZROK OVE NESAGLASNOSTI LEZI U RAZLICITOJ INTERPRETACIJI ANALIZIRANIH PODATAKA.

KAKO SE NA SLICI 4.5 ZAPAZA PERIODICNA PROMENA CENDLEROVE AMPLITUDE SA PERIODOM OD OKO 50 GODINA, TO SMO U OKOLINI OVE PERIODE METODOM NAJMANJIH KVADRATA RACUNALI AMPLITUDU I FAZU ZA SVAKU PROBNU PERIODU MENJAJUCI JE OD $P_0=50$ DO $P_1=55$ GODINA SA KORAKOM OD 0.5 GODINA. ODNOSNO, REŠAVALI SISTEME JEDNACINA OBLIKA:

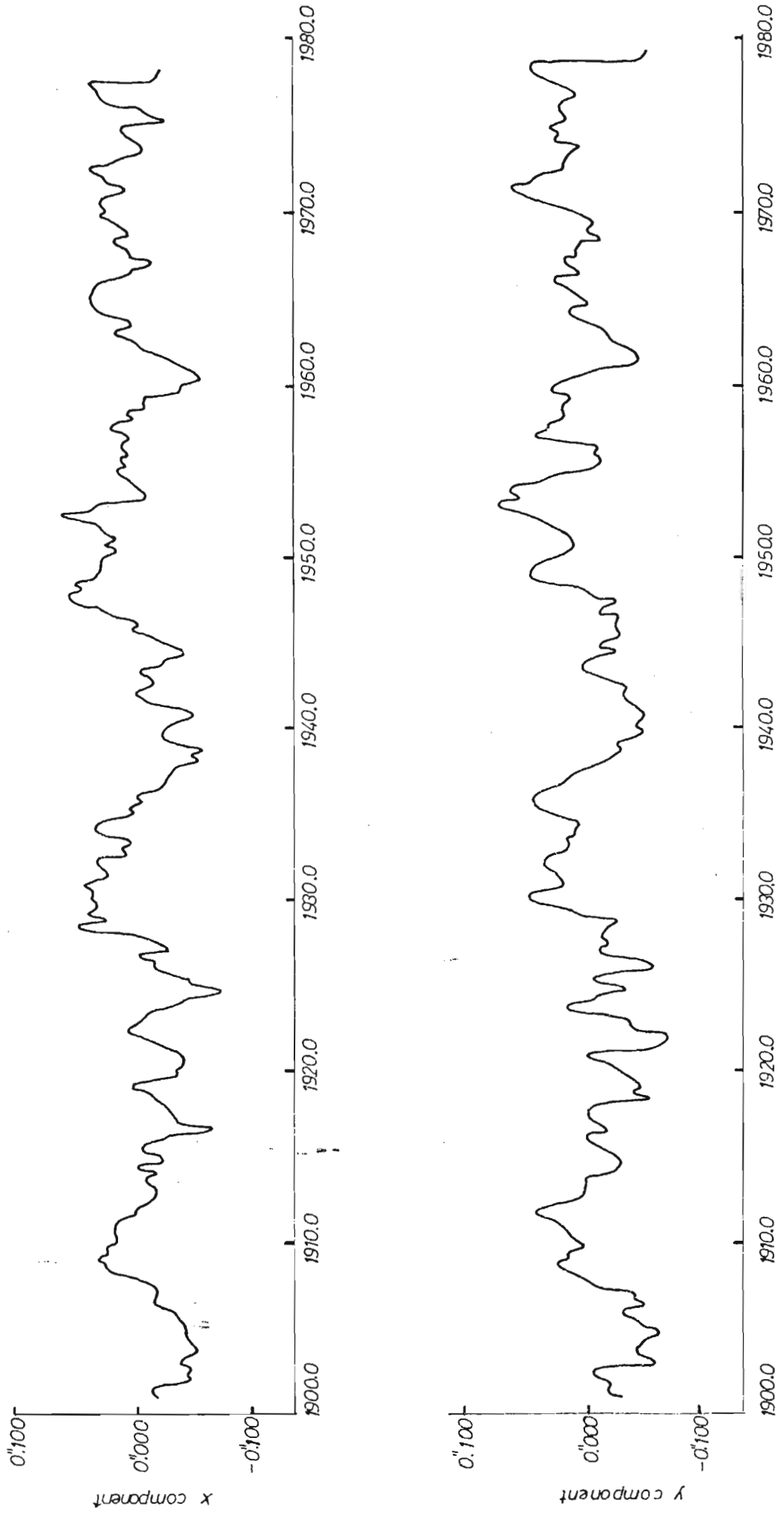
$$\begin{aligned} X &= C_0 + C_1 \cos \omega t + C_2 \sin \omega t & (4.12) \\ Y &= C_0' + C_1' \cos \omega' t + C_2' \sin \omega' t \end{aligned}$$

GDE JE $\omega = 2\pi/P$, $\omega' = 2\pi/P'$ A P I P' SU PERIODE HARMONIJSKOG ČLANA U X I Y KOORDINATI, REDOM. ZA DEFINITIVNE A , F I P USVOJILI SMO ONE KOJI ODGOVARAJU MINIMUMU DISPERZIJE REZIDUA. TAKO SMO IZDVOJILI KOMPONENTU S PERIODOM $P=P'=53.0$ GODINA I AMPLITUDOM $A = \sqrt{C_1^2 + C_2^2} = 0''.0598$ U X I $A' = \sqrt{C_1'^2 + C_2'^2} = 0''.0632$ U Y KOORDINATI. ZA SLOBODNI ČLAN SMO DOBILI VREDNOSTI $C_0=0''.1392$ I $C_0'=0''.1396$.

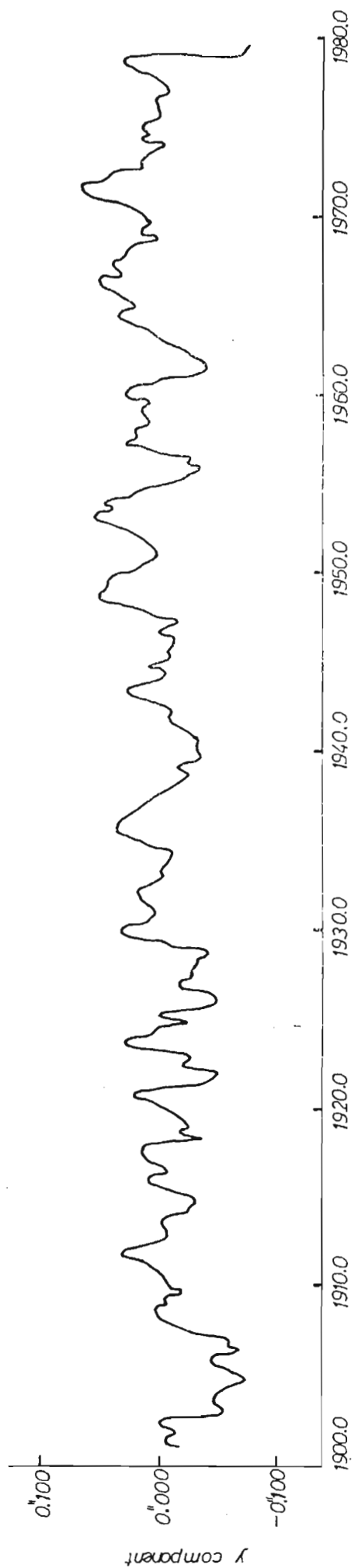
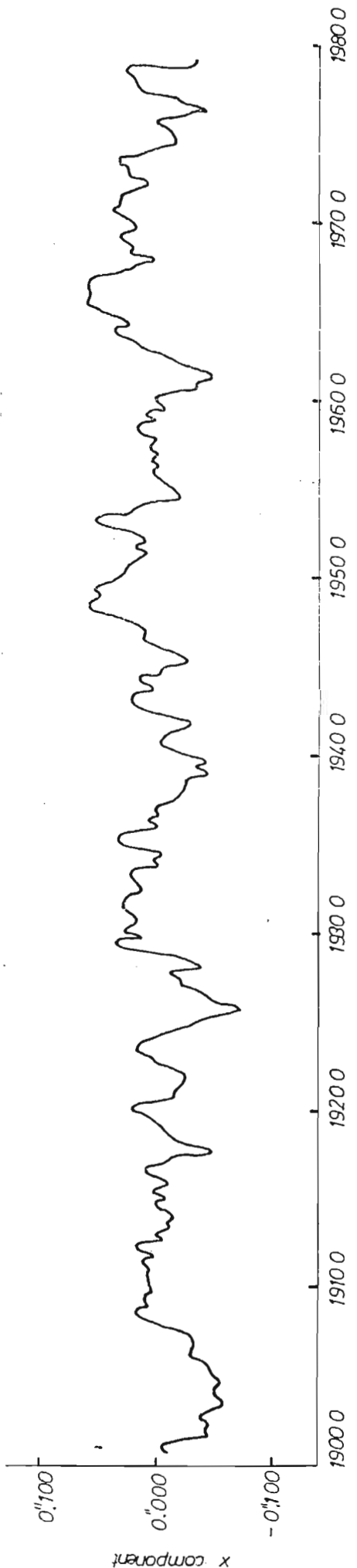
ODUZIMANJEM OVE KOMPONENTE OD VREDNOSTI AMPLITUDA A (SL. 4.5) DOBILI SMO REZIDUE A'_R , PREDSTAVLJENE NA SLICI 4.7. SA SLIKE SE VIDI DA SU REZIDUI A'_R PERIODICNI SA PERIODOM OD OKO 35 GODINA. PONOVIJSI PRETHODNI RACUN, SADA S PROBNIM PERIODAMA U OKOLINI 35 GODINA I ISTIM KORAKOM OD 0.5 GODINA, METODOM MNK IZDVOJILI SMO I



Sl. 4.7. Rezidui I reda A'_R •



Sl. 4.8. Rezidui II reda A''_R •



Sl. 4.9. Rezidui III reda A_R .

DRUGU PERIODICNU KOMPONENTU S PERIODOM OD 34.5 GODINA I AMPLITUDOM $0^{\circ}.0417$ U X I $0^{\circ}.0438$ U Y KOORDINATI.

RACUN SMO SPROVELI JOS DVA PUTA IZDVOJIVSI IZ REZIDUA DRUGOG REDA A''_R (SL. 4.8) CLAN SA PERIODOM 23.0 GODINA I IZ REZIDUA TRECEG REDA A''_R (SL. 4.9) CLAN S PERIODOM 17.5 GODINA. DOBIJENI REZULTATI ZA SVA CETIRI IZDVOJENA PERIODICNA CLANA DATI SU U TABLICI 4.14.

TABLICA 4.14

=====

PERIODA	AMPLITUDA	
U GOD.	X KOORDINATA	Y KOORDINATA
53.0	$0^{\circ}.0598$	$0^{\circ}.0632$
34.5	$0^{\circ}.0417$	$0^{\circ}.0438$
23.0	$0^{\circ}.0176$	$0^{\circ}.0224$
17.5	$0^{\circ}.0205$	$0^{\circ}.0167$

=====

REZULTATI SU DATI SA GRESKOM - $0^{\circ}.0005$

=====

DUGOPERIODICNE VARIJACIJE CENDLEROVE AMPLITUDE IZDVOJILI SMO I NA DRUGI NACIN, NA CELOKUPNOM INTERVALU (A NE U OKOLINAMA POJEDINIH CLANOVA ODREDJENIH SA GRAFIKA, KAD U PRETHODNOM SLUCAJU) OD 15-80 GODINA SA KORAKOM OD 0.5 GODINA VRSENA JE PROMENA NA PROBNE PERIODE SA KOJOM SE MENJA CENDLEROVA AMPLITUDA, ZA RAZLICITE PROBNE PERIODE PO METODI MNK DOBIJENE SU PERIODICNE PROMENE CENDLEROVE AMPLITUDE, PRIKAZANE NA SLICI 4.10. NA OVOJ SLICI SE IZDVAJAJU DVA DOMINANTNA PIKA S PERIODAMA 53.0 I 34.5 GODINA. VREDNOSTI NJIHOVIH AMPLITUDA KAD I PERIODE I AMPLITUDE DRUGA DVA SLABIJA PIKA DATE SU U TABLICI 4.15.

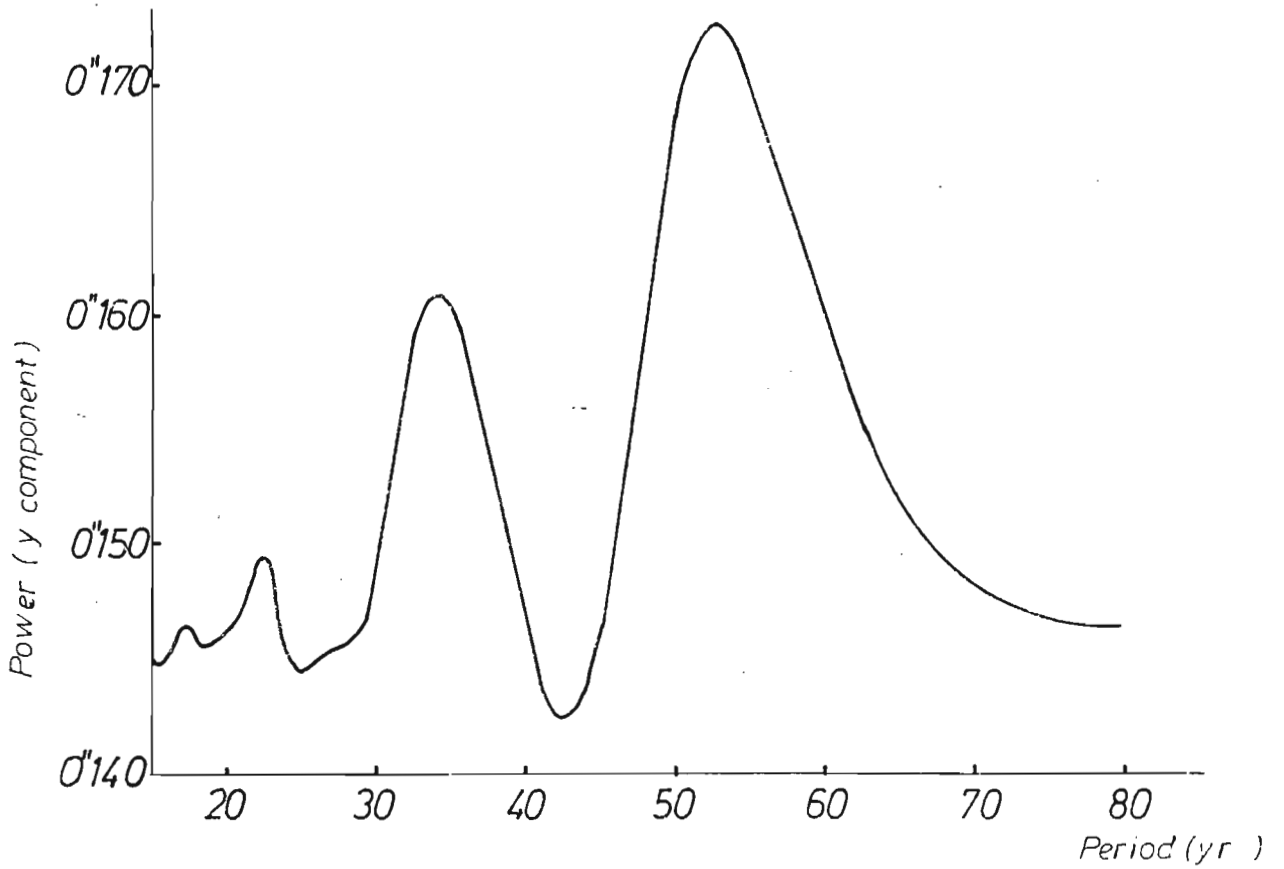
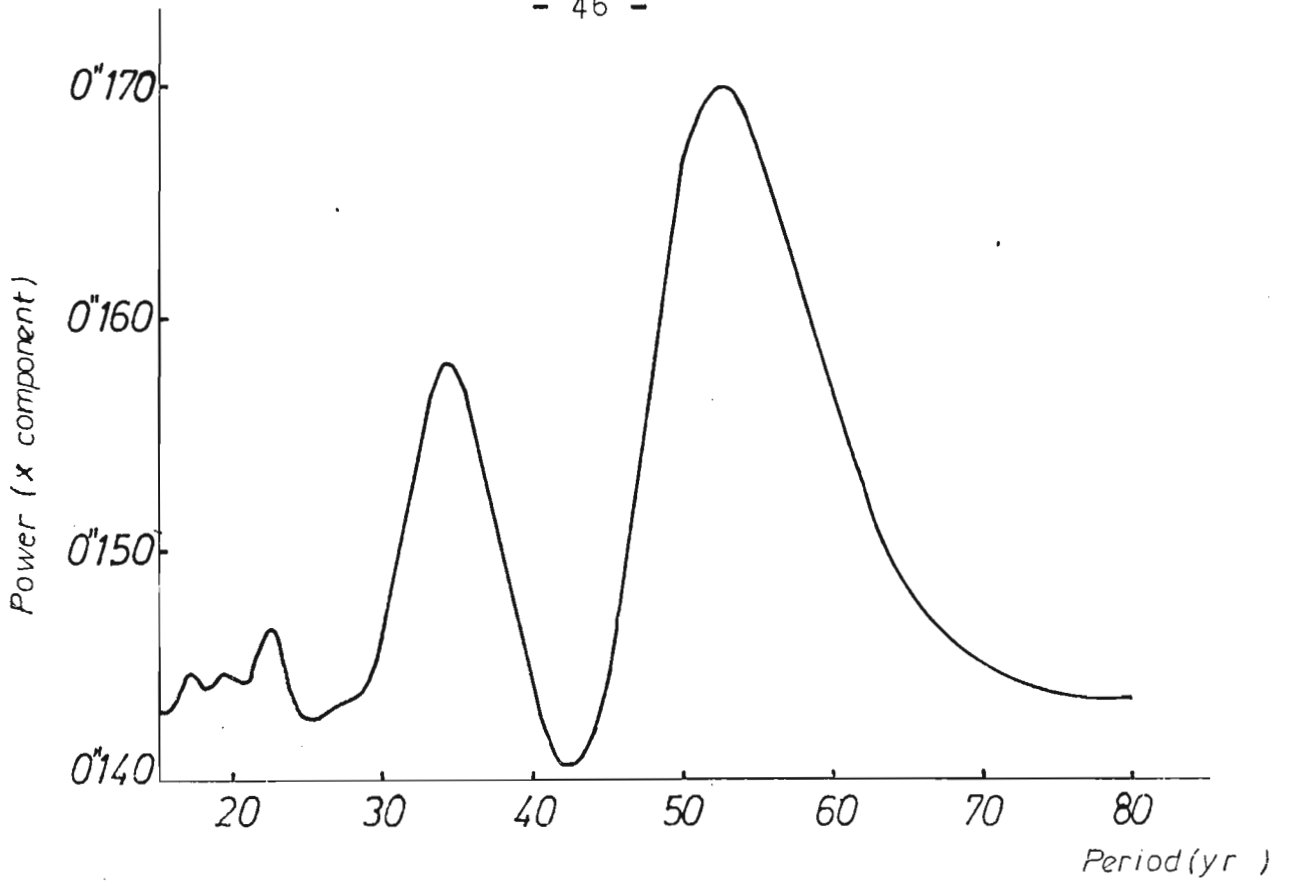


Fig. 4.10 Spektrum of Chandler's amplitude

TABLICA 4.15

PERIODE U GOD.	AMPLITUDE	
	X KOORDINATA	Y KOORDINATA
53.0	0".0598	0".0632
34.5	0 .0417	0 .0438
23.0	0 .0188	0 .0234
17.5	0 .0206	0 .0168

REZULTATI SU DATI SA GRESKOM $\pm 0".005$

AKO VREDNOSTI TABLICE 4.15 UPOREDIMO SA VREDNOSTIMA DOBI - JENIM POJEDINACNOM ANALIZOM REZIDUA PRVOG , DRUGOG I TRECEG REDA (TABLICA 4.14) VIDIMO DA SU U ODLICNOJ SAGLASNOSTI. ODNOSNO , DA SU OBA NACINA KORISCENJA METODE MNK ZA IZDVAJANJE DUGOPERIODICNIH CLANOVA PODJEDNAKO DOBRA, S TIM STO DRUGI NACIN IZISKUJE VISE KOM PJUTERSKOG VREMENA.

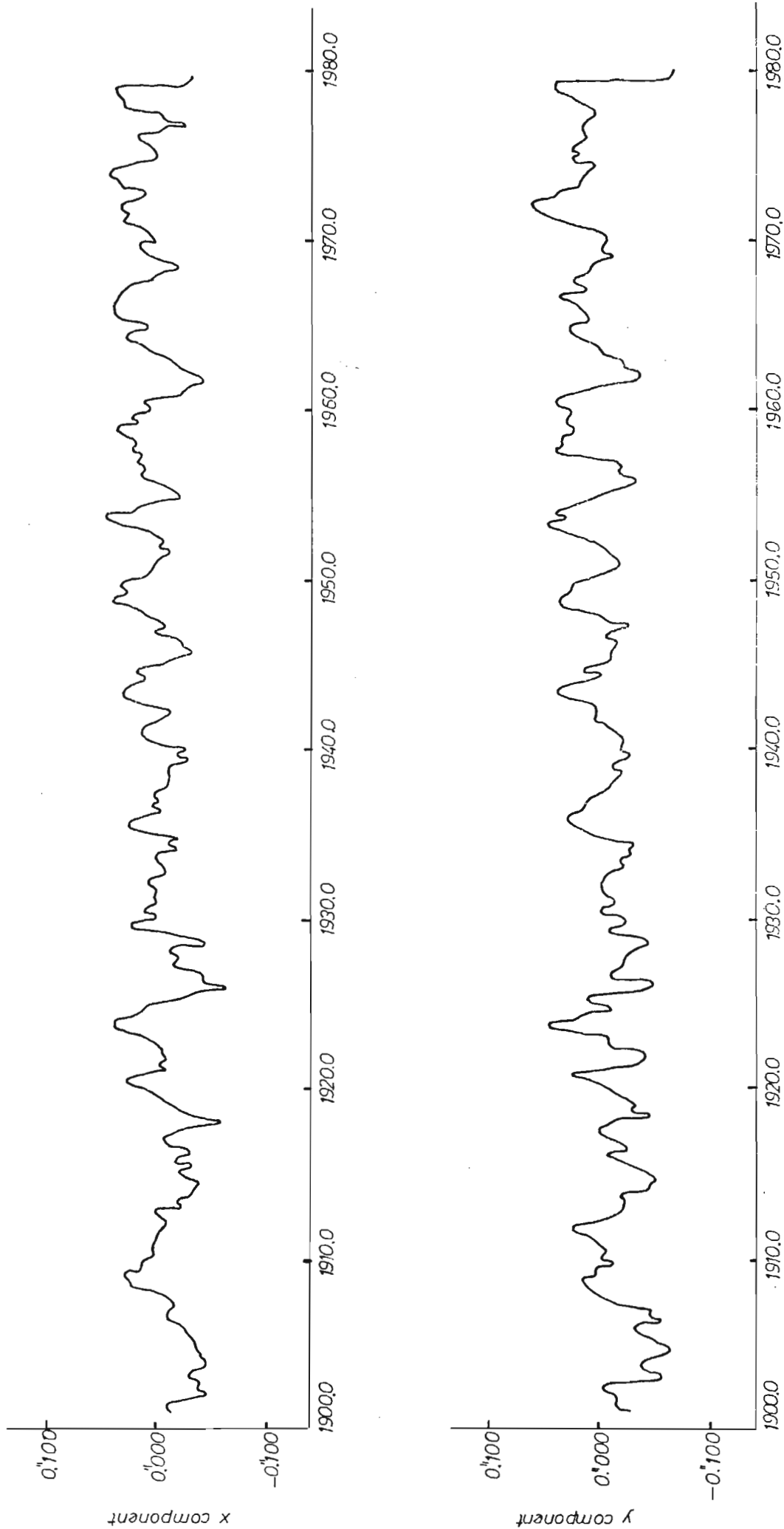
VARIJACIJU CENDLEROVE AMPLITUDE NA OSNOVU TABLICE 4.15 PRE DSTAVILI SMO ZBIROM CETRI PERIODICNE FUNKCIJE:

$$X=C_0+C_1\cos\omega t+C_2\sin\omega t+C_3\cos\omega t+C_4\sin\omega t+C_5\cos\omega t+ \\ +C_6\sin\omega t+C_7\cos\omega t+C_8\sin\omega t \quad (4.13)$$

$$Y=D_0+D_1\cos\omega t+D_2\sin\omega t+D_3\cos\omega t+D_4\sin\omega t+D_5\cos\omega t+ \\ +D_6\sin\omega t+D_7\cos\omega t+D_8\sin\omega t$$

PRIKAZANE TACKASTOM LINIJOM NA SLICI 4.5. UPOREDJUJUCI KRIVE NA SLICI 4.5 SMATRAMO DA JE APROKSIMACIJA JEDNACINAMA 4.13 DOBRA.

AKO NA SLICI 4.5 OD NEPREKIDNE KRIVE ODUZMEMO TACKASTU KRIVU DOBICEMO REZIDUE IV REDA A_R^{IV} PREDSTAVLJENE NA SLICI 4.11 .



Sl. 4.11. Rezidui IV reda A_R.

ISTE REZIDUE A_{R}^{IV} DOBIJAMO AKO OD REZIDUA A_{R}^{III} (SLIKA 4.9) ODUZMEMO PERIODICNI CLAN OD 17.5 GODINA, KAKO SE I KOD REZIDUA A_{R}^{IV} (SLIKA 4.11) ZAPAZA PRISUSTVO MANJIH PERIODICNIH CLANOVA, TO SMO, RADI DOBIJANJA POTPUNOG SPEKTRA PRIMENILI METODU FURIJEVIH INTEGRALNIH TRANSFORMACIJA VARIRAJUCI PROBNU PERIODU OD DVA MESECA DO 15 GODINA SA KORAKOM OD 1 MESECA. DOBIJENI SPEKTAR PREDSTAVLJEN JE NA SLICI 4.12. POSTO SE NA OVOJ SLICI ZAPAZA PRISUSTVO SUMA, TO SMO ZA IZDVOJENE PERIODICNE CLANOVE (OD 11.3, 8.2, 7.1 I 6.0 GODINA), METODOM MNK RACUNALI NJIHOVE AMPLITUDE, DOBIJENI REZULTATI DATI U TABLICI 4.16.

TABLICA 4.16

=====

PERIOD	AMPLITUDE	
U GOD.	X KOORDINATA	Y KOORDINATA
11.3	0 .001	0 .008
8.2	0 .007	0 .004
7.1	0 .010	0 .009
6.0	0 .008	0 .010

 REZULTATI SU DATI SA GRESKOM -0 .001
 =====

U SISTEMIMA SVETSKOG VREMENA UT1 I UT2 OTKRIVENA JE PERIODICNA VARIJACIJA SA KARAKTERISTICNOM PERIODOM OD 60 GODINA (KALININ & KISELEV, 1980; KISELEV, 1982; EMETZ & KORSUN, 1978; STAJIC, 1983) I AMPLITUDOM OD NEKOLIKO SEKUNADA! NIJE ISKLJUCENO DA 53-60 DNEVNA VARIJACIJA X I Y IMA ISTI UZROK KAO I VARIJACIJA OD 60 GODINA. I VARIJACIJA OD 35 GODINA JE OTKRIVENA U SISTEMU SVETSKOG VREMENA UT1 (MORISON, 1979; STAJIC, 1983), STO TAKODJE DAJE OSNOVA ZA RAZMISLJANJE O NJIHOVOM ZAJEDNICKOM UZROCNOM POREKLU.

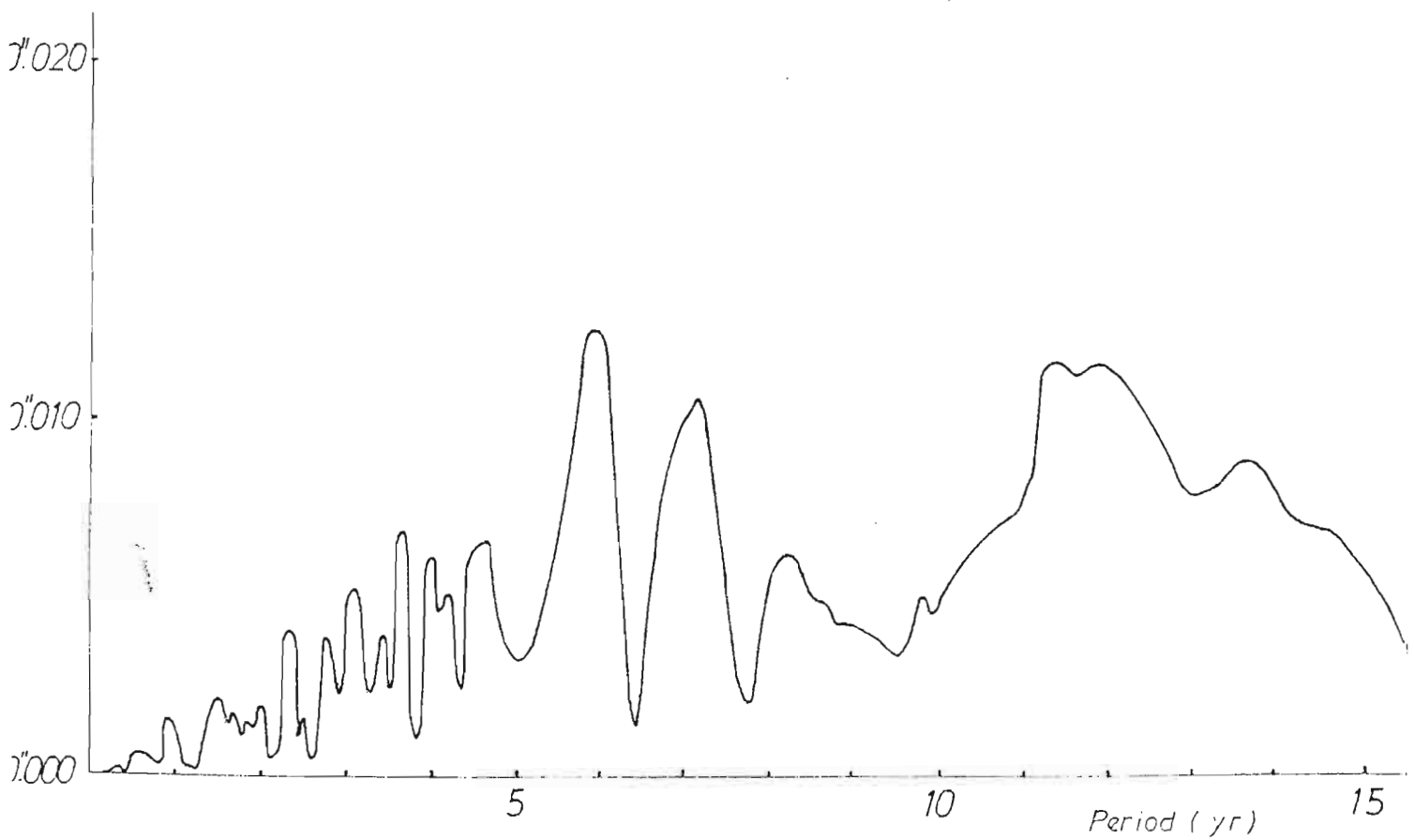
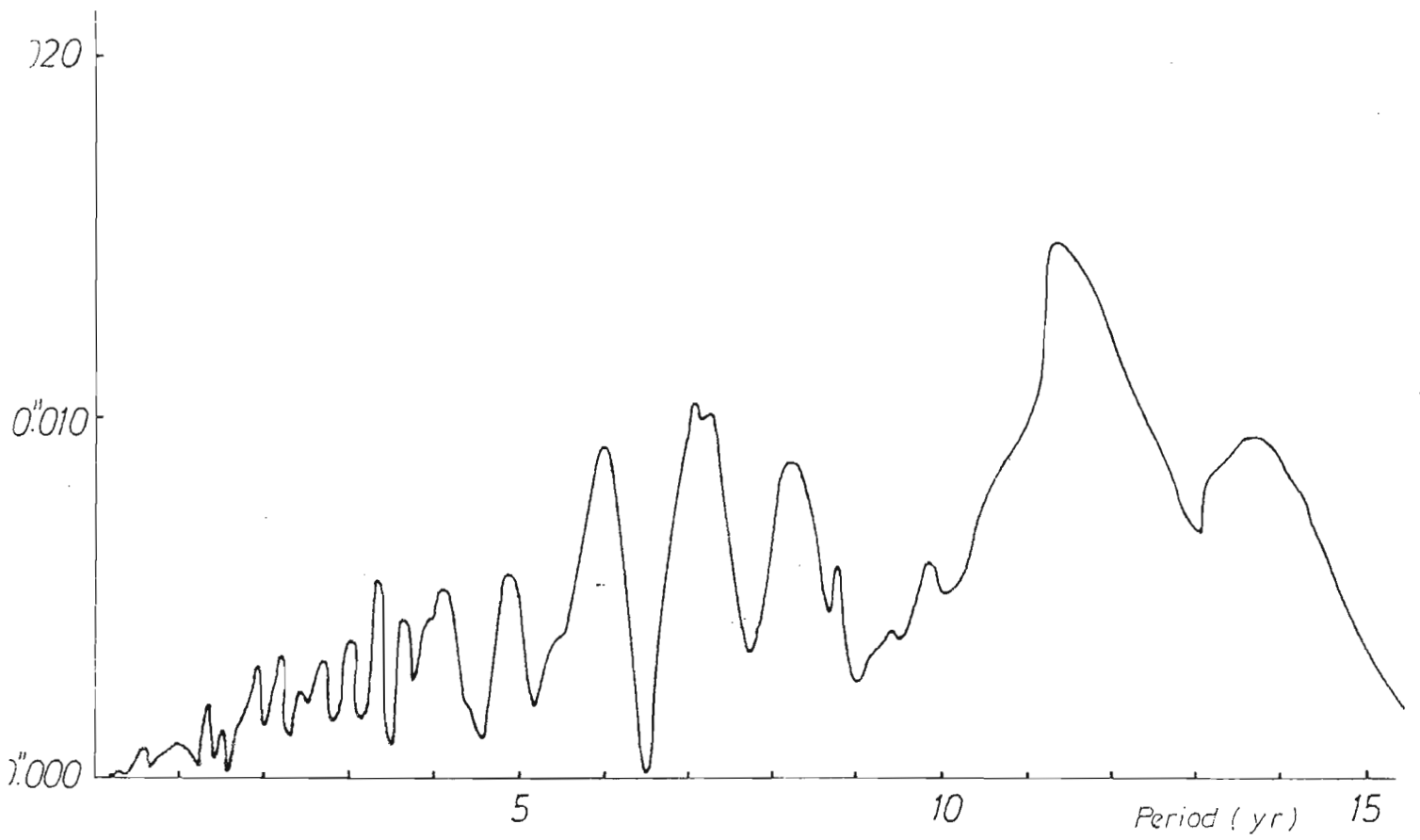


Fig. 4.12 Spectrum of Chandler's amplitude

SLABE VARIJACIJE UTI OD 22 I 11 GODINA, KOJE PO VELICINI PERIODA ODGOVARAJU GLAVNOM I LAPLASOVOM CIKLUSU SUNCEVE AKTIVNOSTI SU IDENTIFIKOVANE U JEDNOM RADU DJUROVIC I STAJIC (1984),

CLAN SA PERIODOM OD 17,5 GODINA Priblizno odgovara nutacionom ciklusu, ali nije iskluceno da se radi o pseudo pojavi ,

I VARIJACIJE OD priblizno 6 I 8 GODINA IZ TABLICE 4.16 SU UOCENE U PROMENAMA UGAONE BRZINE ZEMLJINE ROTACIJE (LAMBECK & CAZENAVE, 1983; DJUROVIC, 1979 ; STAJIC & DJUROVIC, 1984).

4.3 POREDZENJE GENERISANIH I POLAZNIH PODATAKA

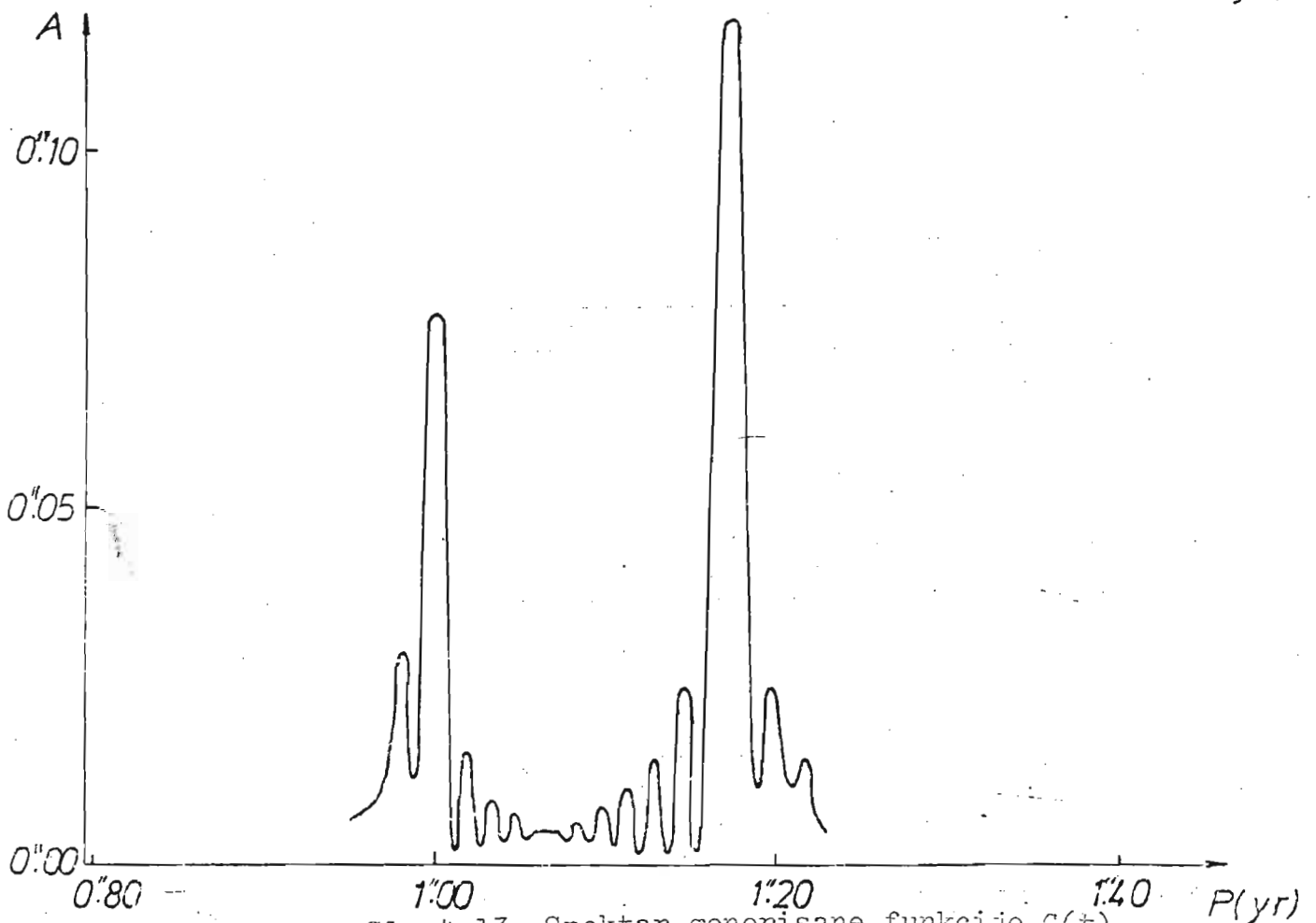
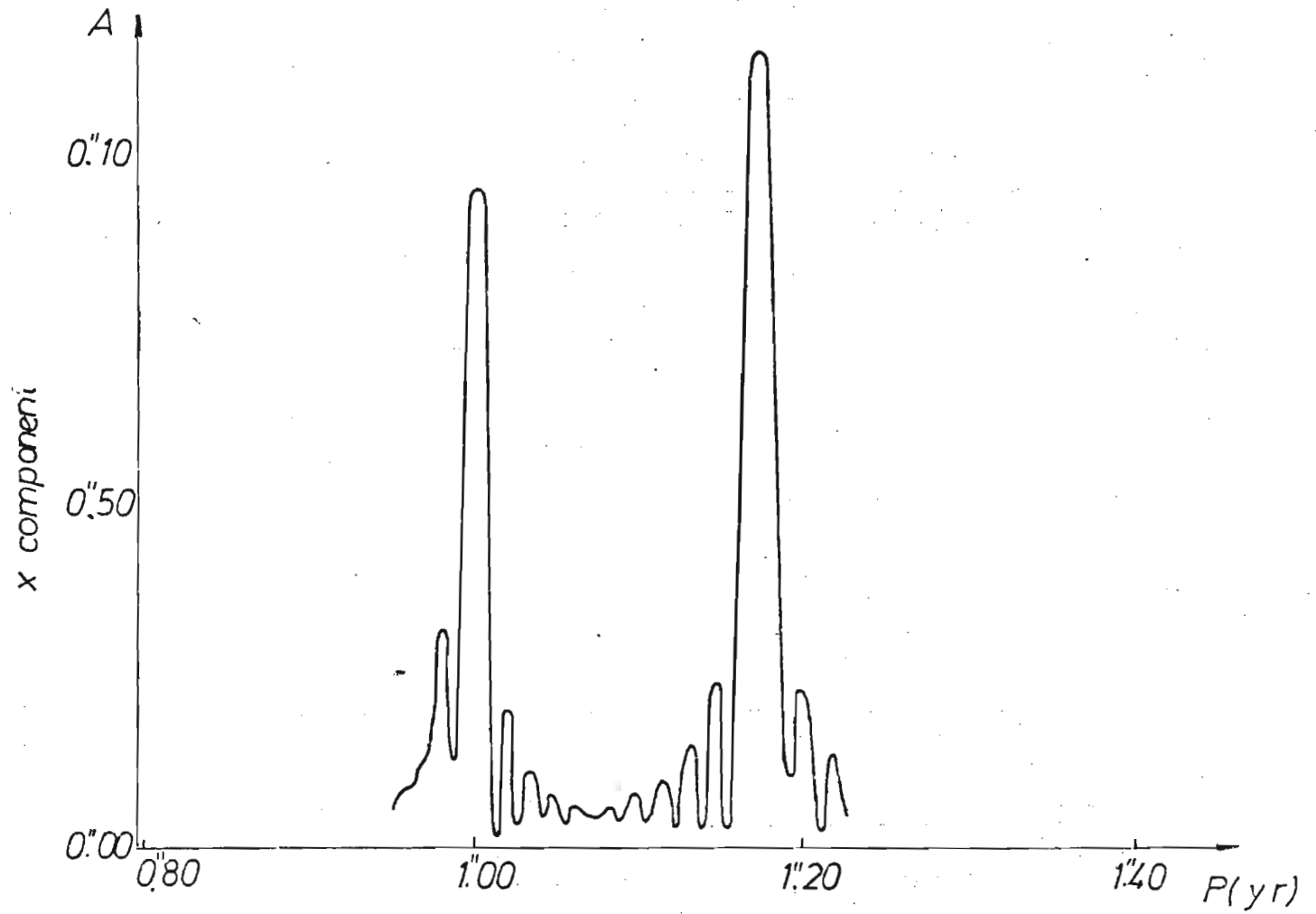
DA BISMO PROVERILI DALI JE DVOSTRUKOST CENDLEROVOG PIKA U SPEKTRIMA KOJE SMO RACUNALI (SLIKE 4.2 I 4.3) PSEUDO POJAVA ILI SE ONA MOZE OBJASNITI POSTOJANJEM DVE BLISKE PERIODICNE VARIJACIJE KOORDINATA POLA, RACUNALI SMO SLEDECE FUNKCIJE:

$$\begin{aligned} F(t) &= A_a \cos(\omega_a^- t + F_a) + A_c \cos(\omega_c^- t + F_c) + A_c' \cos(\omega_c'^- t + F_c') \\ G(t) &= A_a \cos(\omega_a^- t + F_a) + A_c' \cos(\omega_c'^- t + F_c') \end{aligned} \quad (4.14)$$

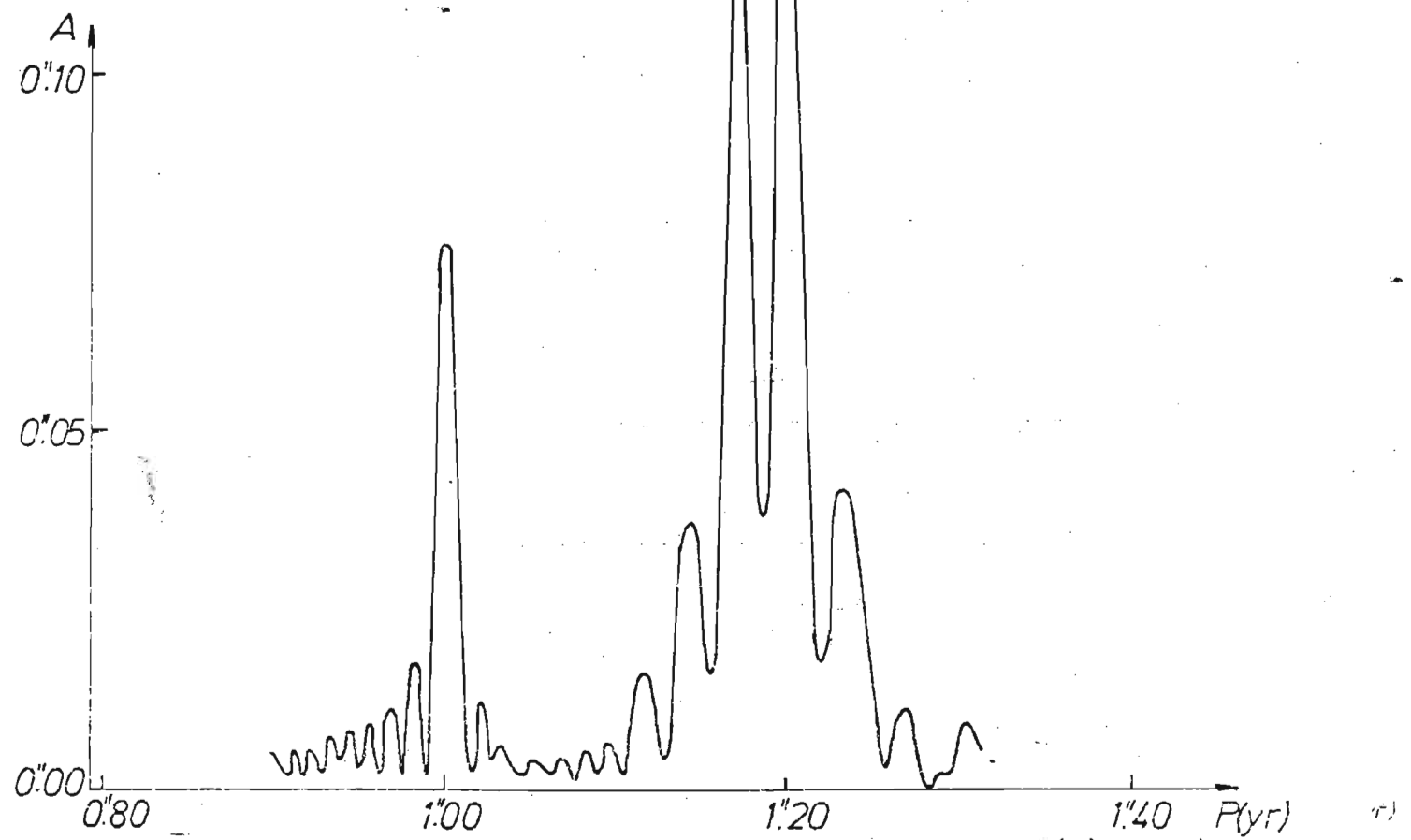
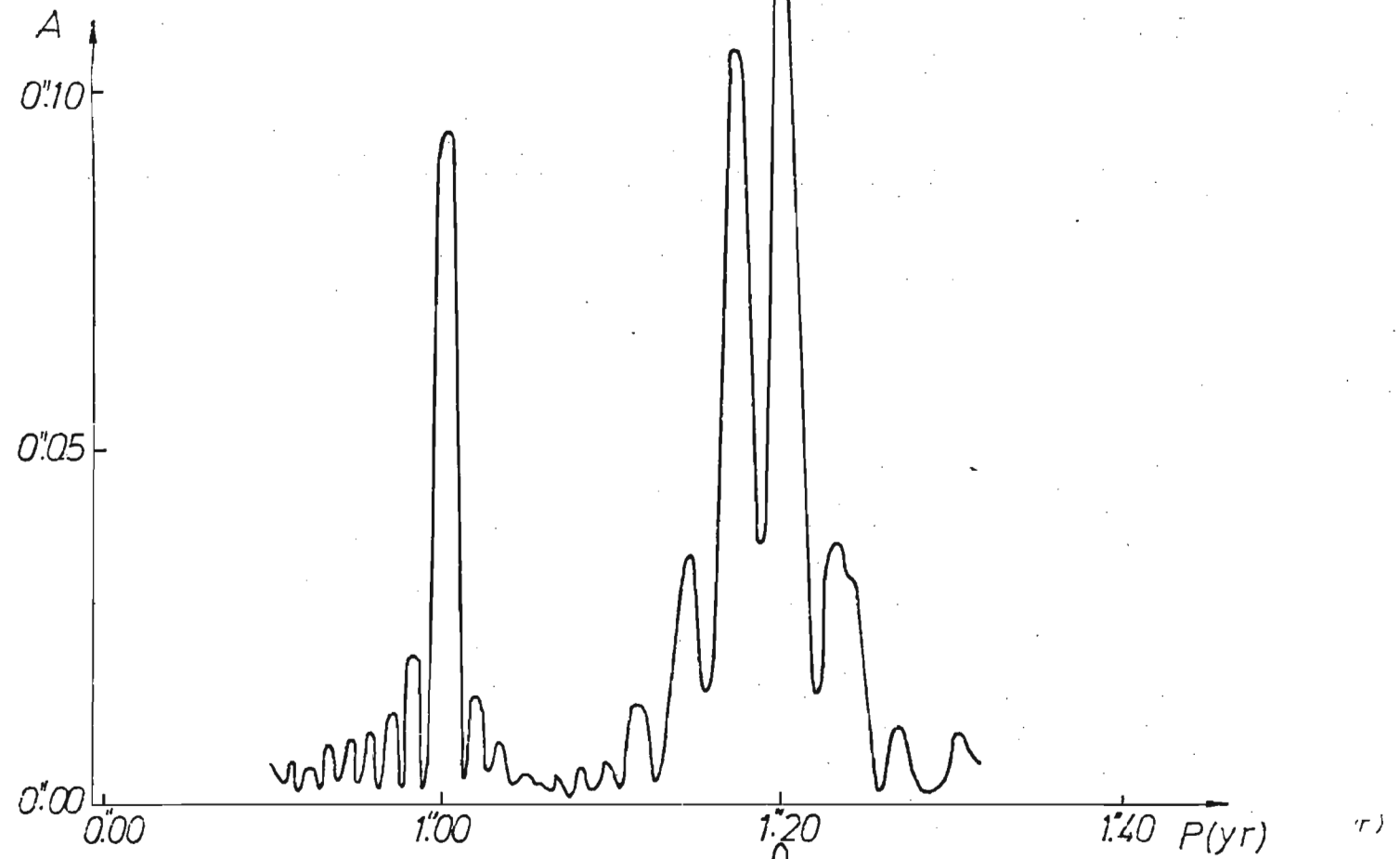
U KOJIMA SU $\omega_a^- = 2\pi / P_a$, $\omega_c^- = 2\pi / P_c$ I $\omega_c'^- = 2\pi / P_c'$ UGAONE BRZINE JEDNOGODISNJE I DVE CENDLEROVE VARIJACIJE A F_a , F_c , F_c' , A_a , A_c , A_c' , F_a , F_c I F_c' PERIODE, AMPLITUDE I FAZE OVIH CLANOVA (VIDI TABLICE 4.5 I 4.6) DOBIJENE METODOM FURIJEVIM INTEGRALNIH TRANSFORMACIJA (DFT). AMPLITUDE A_c I A_c' SU PROMENLJIVE (TAB.4.14)

DRUGIM RECIMA FUNKCIJE $G(t)$ I $F(t)$ PREDSTAVLJAJU VARIJACIJE POLA GENERISANE POD PRETPOSTAVKOM DA POSTOJI JEDNA, ODNOSNO DVE SLOBODNE NUTACIJE ZEMLJINE OSE.

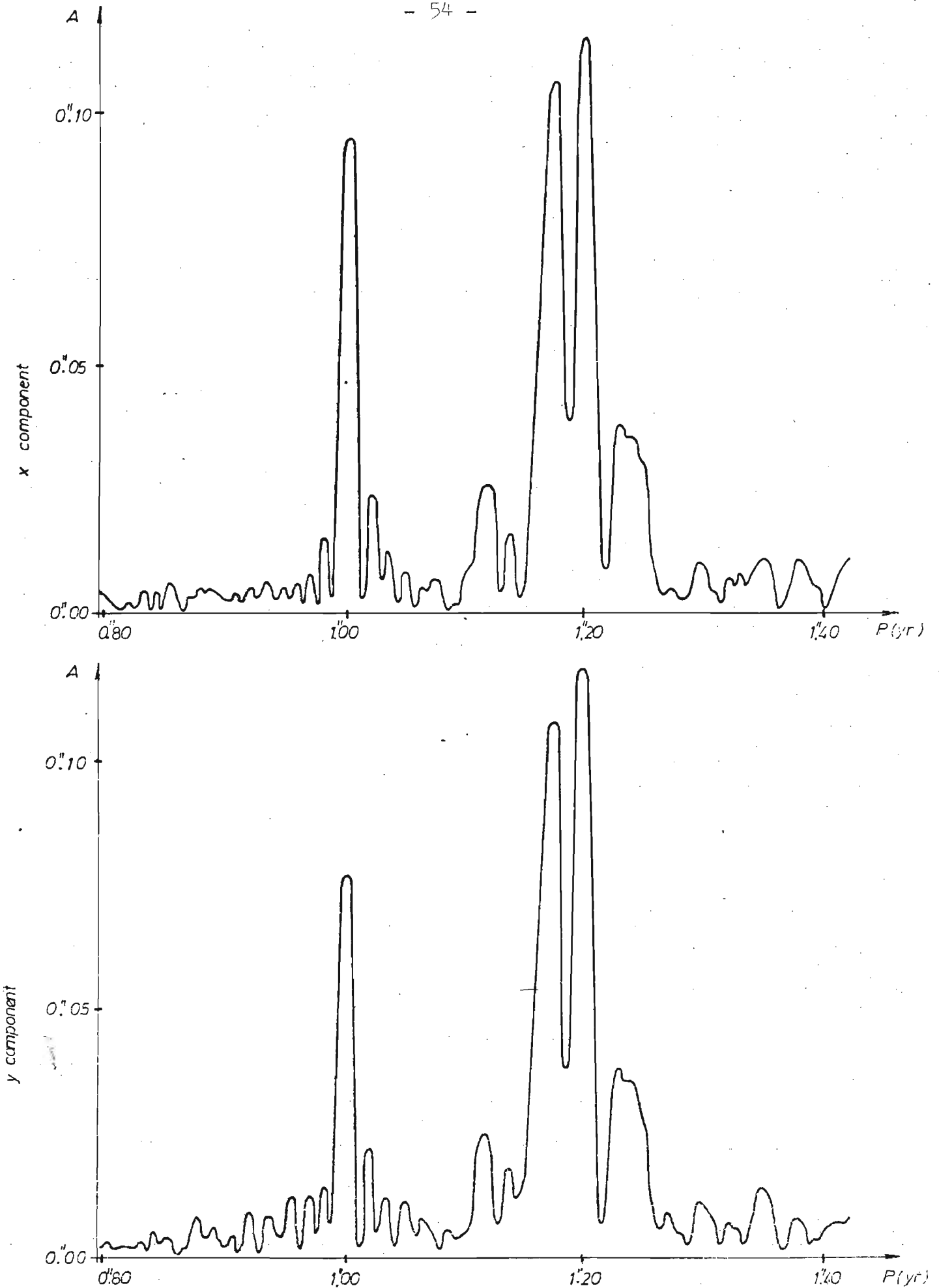
VREDNOSTI GENERISANE FUNKCIJE $F(t)$ PREDSTAVLJENE SU NA SLICI (PRILOG VII). UPOREDJUJUCI DVE VREDNOSTI SA POLAZNIM PODACIMA (SIROVE KOORDINATE POLA) ILUSTROVANIH SLIKOM (PRILOG III) VIDIMO DA SU U DOBROJ SAGLASNOSTI.



Sl. 4.13. Spektar generisane funkcije $G(t)$.



Sl. 4.14. Spektar generisane funkcije $F(t)$.



Sl. 4.15. Spektar polaznih podataka.

METODOM DFT DOBILI SMO SPEKTR E FUNKCIJA $G(\underline{f})$ I $F(\underline{f})$ NA SLIKAMA 4.13 I 4.14. KAKO JE FUNKCIJA $G(\underline{f})$ GENERISANA POD PRETPOŠTAVKOM DA POSTOJI JEDAN CENDLEROV PIK TO SMO I NJEN SPEKTAR DOBILI SAMO SA JEDNIM CENDLEROVIM PIKOM (SL. 4.13), FUNKCIJA $F(\underline{f})$ JE GENERISANA POD PRETPOŠTAVKOM DA POSTOJE DVE BLISKE SLOBODNE NUTACIJE ZEMLJINE OSE, PA JE I NA NJENOM SPEKTRU CENDLEROV PIK DVOS - TRUK (SL. 4.14).

S TOGA MOZEMO ZAKLJUCITI DA METODA SPEKTRALNE ANALIZE DFT NIJE GENERISALA DVA CENDLEROVA PIKA UMESTO JEDNOG.

NA SL.4.15 PREDSTAVLJEN JE U ISTOJ SRAZMERI SPEKTAR POLAZNIH PODATAKA DOBIJEN, TAKODJE, METODOM DFT. IZ UPOREDJENJA SPEKTRA NA SLIKAMA 4.14 I 4.15 EVIDENTNA JE NJIHOVA SAGLASNOST.

OVO IDE U PRILOG CINJENICI DA SE NE RADI O JEDNOJ, VEC O DVE BLISKE SLOBODNE NUTACIJE ZEMLJINE OSE.

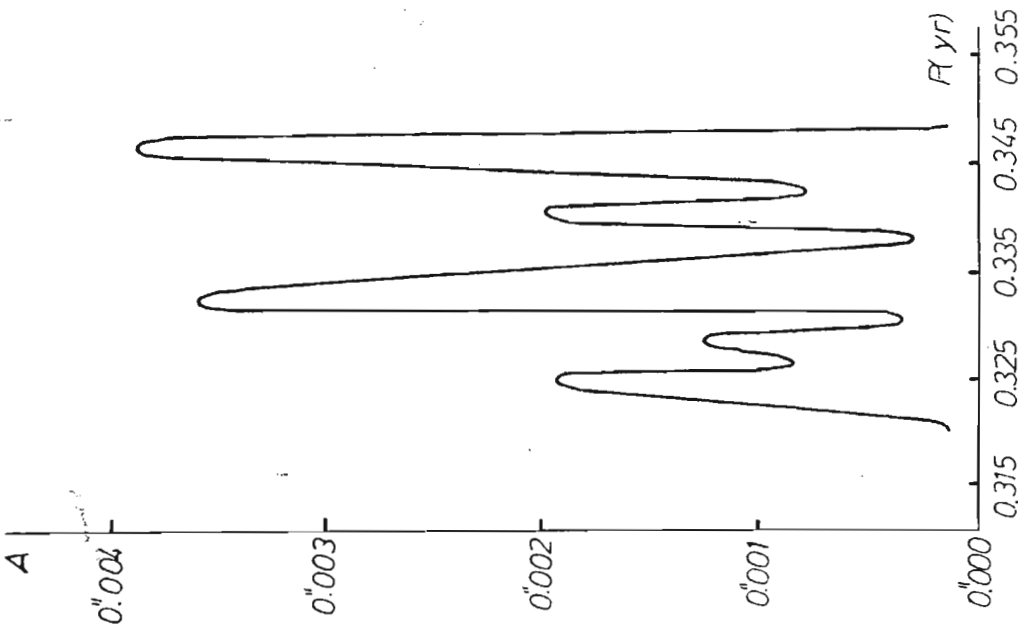
4.4 KRATKOPERIODICNI CLANOVI

ISPITIVANJE POSTOJANJA MOGUCIH KRATKOPERIODICNIH KOMPONENTA VRSILI SMO PRIMENOM VISESTRUKE TRANSFORMACIJE ODUZIMANJA DANE JEDNACINOM (3.6) REDA m, p, q I n , SIMBOLICNO PREDSTAVLJENE SA $\Pi(z) = z^m z^p z^q z^n$, CIJI JE AMPLITUDNI MULTIPLIKATOR OB - LIKA:

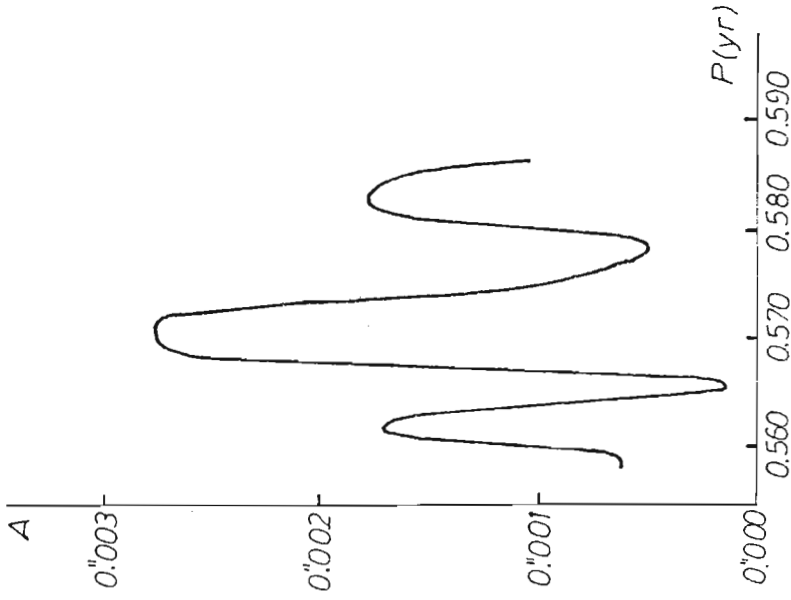
$$\beta_j = \beta_j^w \cdot \beta_j^p \cdot \beta_j^q \cdot \beta_j^n$$

GDE SU VREDNOSTI ZA m, p, q I n VARIRANAE U OBLASTI $m = 1, \dots, 7$, $p = 2, 3, \dots, 8$, $q = 3, 4, \dots, 9$ I $n = 4, 5, \dots, 10$. REZULTUJUCI AMPLITUDNI MULTIPLIKATOR IMA IZRAZEN MAKSIMUM ZA 11.7, 15.3, 19.0, 22.9, 26.5, 30.5, 34.5 JEDINICA (RAZMAK ORDINATA n), ZMAKA ORDINATA m).

IZ REZULTUJUCIH NIZOVA IZDVOJENE SU, METODOM FURIJEVIH INTEGRALNIH TRANSFORMACIJA, HARMONIJSKE KOMPONENTE PRIKAZANE U TA



a)



b)

Sl. 4.16 SPEKTAR KRATKOPERIODIČNIH ČLANOVA

a) ČLANOVI OD 121 i 126 DANA

b) ČLAN OD 205 DANA (NUTACIJA NOLODENSKOG)

BLICI 4.17 I NA SLICI 4.16.

AMPLITUDNI MULTIPLIKATORI ODGOVARAJUĆE TRANSFORMACIJE RAČUNATI PO FORMULI:

$$\beta_j = 2\text{SIN}\left(\frac{2\pi}{n} m\right) 2\text{SIN}\left(\frac{2\pi}{n} p\right) 2\text{SIN}\left(\frac{2\pi}{n} q\right) 2\text{SIN}\left(\frac{2\pi}{n} r\right)$$

GDE JE n PROBNA PERIODA, TAKODJE SU DATI U TABLICI 4.17.

TABLICA 4.17

TRANSFORMACIJA				MULTIPLIKATOR	JEDINICNI	PERIODA	AMPLITUDA.
Z_m	Z_p	Z_q	Z_r	$\beta_m\beta_p\beta_q\beta_r$	INTERVAL		
Z_6	Z_7	Z_8	Z_9	14.35	4 DANA	121 DAN	0".0036
Z_6	Z_7	Z_8	Z_9	14.35	4 DANA	126 DANA	0".0039
Z_7	Z_8	Z_9	Z_{10}	14.70	6 DANA	205 DANA	0".0027

NA OSNOVU GORNJE TABLICE ZAPAZAMO DA SU IZRAZENI PIKOVI S PERIODAMA 121 I 126 DANA (SL. 4.17) KAO I ČLAN OD 205 DANA (SL. 4.17), KOJI ODGOVARA SKORODNEVNOJ NUTACIJI MOLODENSKOG.

POJAVLJIVANJE DVA BLISKA ČLANA NA 121 I 126 DANA VEROVATNO JE UZROKOVANO FLUKTUACIJOM PERIODE 122-DNEVNOG ČLANA, KOJI JE U BIH-OVIM KOORDINATAMA POLA I U SISTEMU UTI IDENTIFIKOVAO DJUROVIC (1971, 1979, 1983). S OBZIROM DA JE OVAJ ČLAN NEDOVOLJNO POZNAT, NJEGOVA IDENTIFIKACIJA U ILS KOORDINATAMA (NEZAVISNIM OD KOORDINATA BIH-a) IMA IZVEŠTAN NAUCNI ZNAČAJ.

MOLODENSKI JE TEORIJSKI PREDVIDEO NUTACIJU I RAČUNAO JE ZA DVA MODELA ZEMLJE. PERIODE KOJE IM ODGOVARAJU RAZLIKUJU SE ZA DVE SEKUNDE.

MNOGI AUTORI SMATRAJU DA SU IDENTIFIKOVALI SKORODNEVNU NUTACIJU MOLODENSKOG, POMENUCEMO NEKE OD NJIH.

POPOV JE IZ POLTAVSKIH POSMATRANJA ZA PERIOD 1939-1969.G. NASAO ZA AMPLITUDU NUTACIJE MOLODENSKOG VREDNOST OD 0".012 ,

JATSKIV (YATSKIV) I EMEC (EMETZ) (YATSKIV, 1972) NALAZE U

LATITUDAMA POSMATRANIM U PULKOVU (1905-1941) TRI SPEKTRALNE LINIJE NA 194, 208 I 219 DANA I TRI LINIJE U VASINGTONSKIM POSMATRANJIMA (1916-1940) NA 206, 219 I 234 DANA. ZA AMPLITUDU SKORO DNEVNE NUTACIJE DOBILI SU VREDNOSTI $0^{\circ}.004$ (PULKOVU) I $0^{\circ}.009$ (VASINGTON).

SUGAWA I DOE IZ ANALIZE ILS PODATAKA ZA PERIOD 1955-1967 NALAZE U VARIJACIJI SIRINE CLAN SA PERIODOM 204 DANA I AMPLITUDOM $0^{\circ}.005$.

DEBARBA (DEBARBAT, 1970) IZ POSMATRANJA NA ASTROLABU PARIŠKE OPSERVATORIJE (1956-1963) DOBIJA ZA AMPLITUDU NUTACIJE MOLODENSKOG VREDNOST $0^{\circ}.008$.

DJUROVIC (1974) JE IZ ANALIZE BIH-OVIH KOORDINATA POLA (1966-1972) NASAO VARIJACIJU KOJA ODGOVARA NUTACIJI MOLODENSKOG.

UPOREDJUJUCI NASE REZULTATE SA REZULTATIMA POMENUTIH AUTORA NALAZIMO DA SU SAGLASNI.

STOGA SMATRAMO DA SMO NASOM ANALIZOM ILS KOORDINATA DALI JOS JEDAN PRILOG ZA HIPOTEZU O POSTOJANJU SKORO DNEVNE NUTACIJE MOLODENSKOG KAO I KRATKOPERIODICNE VARIJACIJE SA PERIODAMA 121 I 126 DANA (CETVOROMESECNE) KOJE U NAUCNOJ LITERATURI ILI NISU DOVOLJNO POZNATE ILI SE OSPORAVAJU OD STRANE NEKIH AUTORA.

4.5 OSTALI PERIODICNI CLANOV I

DA BI SPEKTRALNOM ANALIZOM U KOORDINATAMA POLA IDENTIFIKOVALI DRUGE NEPOZNATE CLANOVE KORISTILI SMO FILTRE (PO ANALOGIJI NA FILTER ORLOVA I FILTER MELHORA) ZA PRIGUSIVANJE SVIH KRATKOPERIODICNIH I GLAVNIH HARMONIJSKIH CLANOVA.

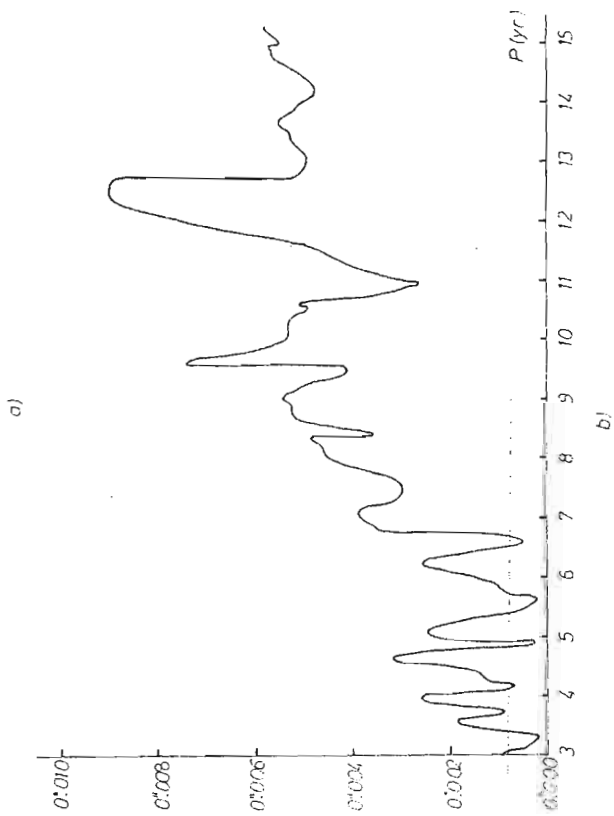
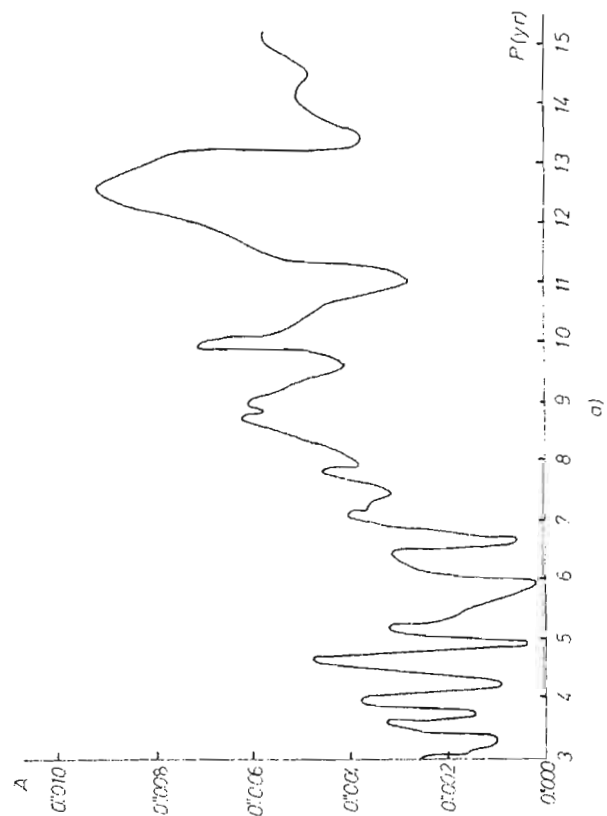
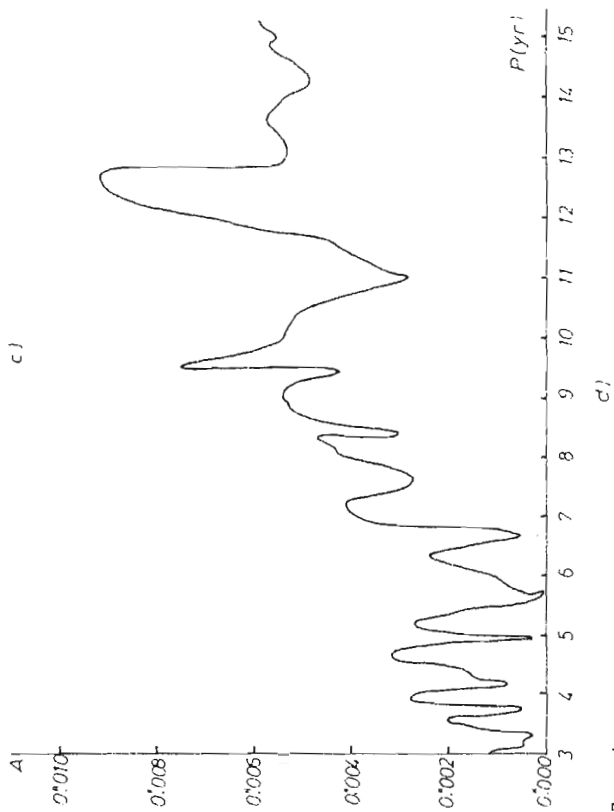
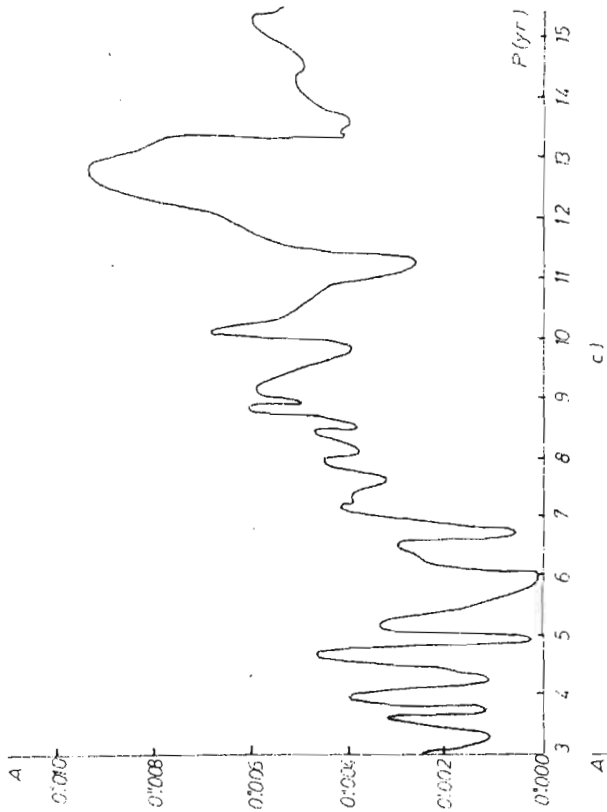
KAKO SU KOEFICIJENTI JEDNACINA (3.10) I (3.11) DATI (TABELICA 3.1) ZA PODATKE NA EKVIDISTANTNIM RAZMACIMA OD 0.1 GODINA,

TO RASPOLAZUCI PODACIMA NA SVAKIH 1/12 I 1/20 GODINA, NISMO MOGLI NEPOSREDNO DA IH KORISTIMO, S TOGA SMO PO ANALOGIJI NA ORLOVA I MELHIDRA RACUNALI KOEFICIJENTE JEDNACINA (3.10) I (3.11), PRAVECI NOVE FILTRE, ZA PODATKE NA EKVIDISTANTNIM RAZMACIMA MESEC DANA I 1/20 GODINE, RACUNATI KOEFICIJENTI OZNACENI SA "O" I "M", REDOM DATI SU U TABLICI 4.8, BROJ \dot{z} JE REDNI BROJ KOEFICIJENTA.

TABLICA 4.8

SIROVI PODACI (1/12 G.)			IZRAVNATI PODACI (1/20 GOD.)			
\dot{z}	KOEFICIJENTI		KOEFICIJENTI		KOEFICIJENTI	
	"O"	"M"	"O"	"M"	\dot{z}	"M"
0	1		1		28	3680
1	2	1	2	1	29	3991
2	2	4	2	4	30	4305
3	2	10	2	10	31	4619
4	2	20	2	20	32	4930
5	2	35	2	35	33	5235
6	2	56	2	56	34	5531
7	3	84	2	84	35	5815
8	4	120	2	120	36	6084
9	4	165	2	165	37	6335
10	-	220	2	220	38	6565
11	-	286	3	286	39	6772
12	-	363	4	364	40	6954
13	-	451	4	455	41	7109
14	-	549	4	560	42	7235
15	-	656	4	680	43	7331
16	-	770	-	816	44	7396
17	-	889	-	969	45	7429
18	-	1011	-	1139		
19	-	1133	-	1326		
20	-	1252	-	1530		
21	-	1365	-	1751		
22	-	1469	-	1988		
23	-	1561	-	2240		
24	-	1638	-	2506		
25	-	1698	-	2785		
26	-	1739	-	3075		
27	-	1760	-	3374		

TRANSFORMISANE NIZOVE X_{Uc} I X_{Vc} (PO ANALOGIJI NA ORLOVA) I X_{UM} I X_{VM} (PO ANALOGIJI NA MELHIDRA) RACUNALI SMO NOVIM FILTRIMA DATIM IZRAZIMA:



Sl. 4.17

$$X_{u0} = \frac{1}{48} (X + 2X + \dots + 4X + 4X + 4X + \dots + 2X + X) \quad (4.16)$$

$$X_{v0} = \frac{1}{80} (X + 2X + \dots + 4X + 4X + \dots + 2X + X) \quad (4.17)$$

$$X'_{um} = \frac{1}{38610} (X + 4X + 10X + \dots + 1760X + 1760X + \dots + 10X + 4X + X) \quad (4.18)$$

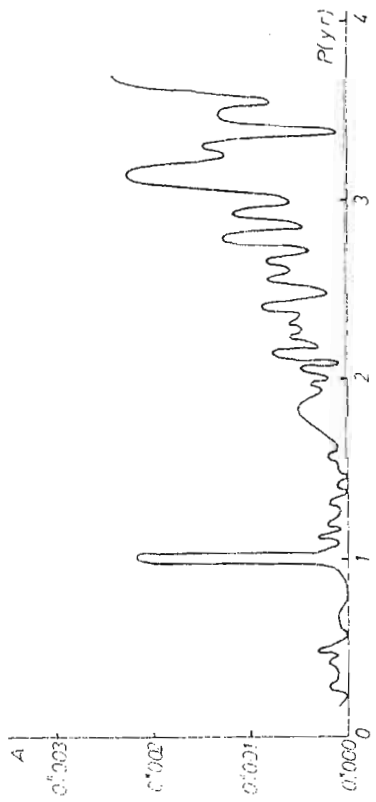
$$X'_{vm} = \frac{1}{267750} (X + 4X + 10X + \dots + 7429X + 7429X + \dots + 10X + 4X + X) \quad (4.19)$$

FUNKCIJA SELEKTIVNOSTI (JEDNACINE 4.18) IMA NULE ZA $\eta=18$, $\eta=15$, $\eta=13$ I $\eta=11$ JEDINICNIH INTERVALA (MESEC DANA) A JEDNACINE (4.19) ZA $\eta=30$, $\eta=25$, $\eta=21$ I $\eta=17$ JEDINICNIH INTERVALA (1/20 GODINE). DRUGIM RECIMA, AMPLITUDNI MULTIPLIKATORI SU JEDNAKI NULI ZA DVE IZNOSE η , ODNOSNO ZA IZNOSE PERIODA: 1.50, 1.25, 1.08, 0.92 I 1.50, 1.25, 1.05, 0.92 GODINA.

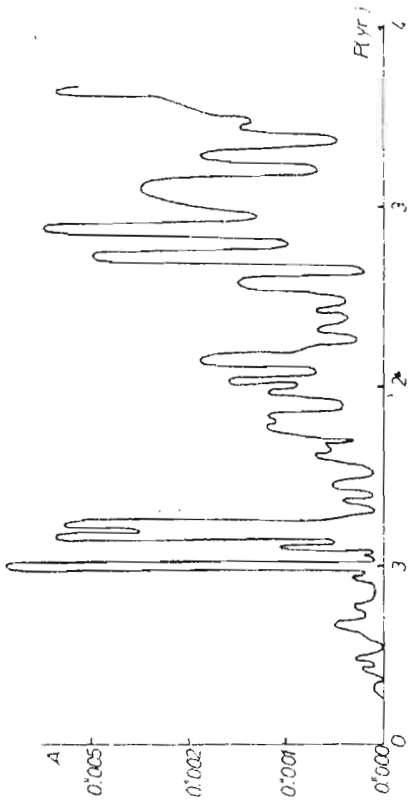
IZ NAVEDENIH IZRAZA SE VIDI DA JE ZA SVAKU VREDNOST X_{u0} POTREBNO 20 PODATAKA, ZA X_{v0} 32 PODATKA, ZA X'_{um} 54 PODATKA I ZA X'_{vm} 90 PODATAKA.

NA DVE REZULTUJUĆE NIZOVE PRIMENOM METODE DFT DOBILI SMO SPEKTR E KOORDINATA PRIKAZANE NA SLICI 4.17. NA SLICI SE ZAPAZA NIZ EKSTREMUMA KOJI ODGOVARAJU PERIODAMA OD 3 DO 12 GODINA I AMPLITUDAMA OD 0".002 DO 0".010. NA OSNOVU OVIH REZULTATA NE MOZEMO GOVORITI O IDENTIFIKACIJI ODREDJENIH HARMONIJSKIH VARIJACIJA UKOLIKO ONE POSTOJE.

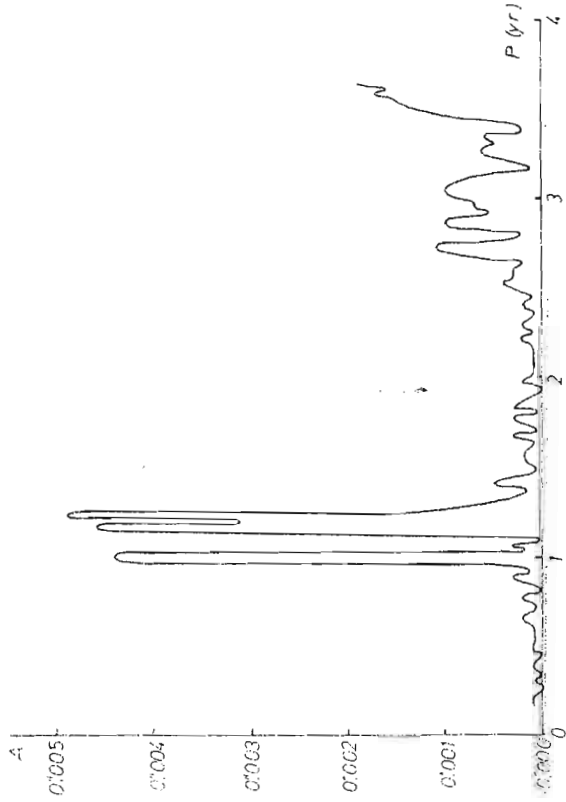
NA SLICI 4.18 PRIKAZANI SU OSTACI GODISNJEG I CENDLEROVOG CLANA, POSLE NJIHOVOG PRIGUSENJA FILTRIMA DATIM JEDNACINAMA (4.16) (4.17), (4.18) I (4.19). VIDIMO DA SU OSTACI VRLO MALIH AMPLITUDA (OD 0".000 DO 0".005) U ODNOSU NA VREDNOSTI DATE U TABLICAMA 4.5 I 4.6.



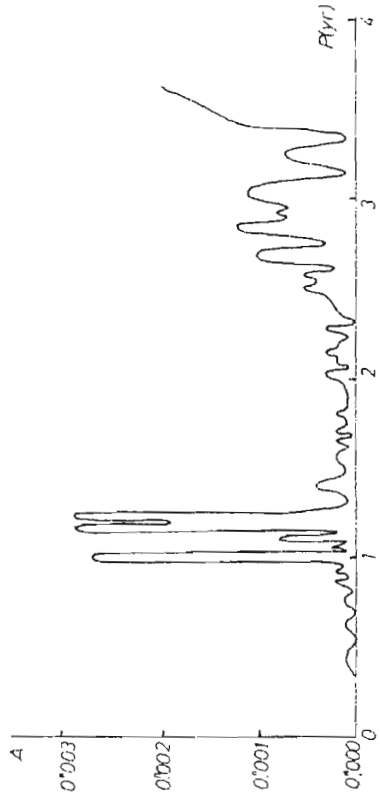
a)



c)



b)



d)

Sl. 4.18

5. KIMURIN Z CLAN

OSNOVNA FORMULA ZA IZVODJENJE KOORDINATA POLA X, Y DATA JEDNACINOM (2,2), SADRZI KIMURIN Z-CLAN. POZNATO JE (A. STOJKO, 1972; KULIKOV, 1962) DA SE OVAJ CLAN MOZE APROKSIMIRATI SINUSOM SA GODISNJOM PERIODOM. MEDJUTIM, ANALIZOM ILS PODATAKA PORED GODISNJE, IDENTIFIKOVALI SMO I POLUGODISNJU KOMPONENTU KOJA DO SA-DA NIJE BILA POZNATA.

DA BI IZ PODATAKA UKLONILI PROGRESIVNI CLAN, FORMIRALI SMO OD MESECNIH VREDNOSTI Z-CLANA (TABLICA PRILOG I, GRAFICKI PREDSTAVLJEN PRILOG III) SREDNJE SESTOGODISNJE VREDNOSTI Z I IZRACUNALI NJIHOVE RAZLIKE PRVOG, DRUGOG I TRECEG REDA. DOBIJENI REZULTATI DATI SU U TABLICI 5.1.

TABLICA 5.1

U PRVOJ KOLONI SU SREDNJE TROGODISNJE VREDNOSTI A OD 2-4 NJIHOVE RAZLIKE

Z	$\Delta^1 Z$	$\Delta^2 Z$	$\Delta^3 Z$
0°.088			
.070	-0°.018		
.124	.054	0°.072	-0°.160
.089	-.035	-.088	.146
.112	.023	.058	-.063
.130	.018	-.005	-.001
.141	.011	-.007	.008
.153	.012	.001	-.001
		.001	

TABLICA 5.1 (NASTAVAK)

.166	.013	-.018	-.018
.161	-.005	.015	.033
.171	.010	.019	.004
.200	.029	-.009	-.027
.221	.020		

=====

RACUNATA SREDNJE KVADRATSKA ODSTUPANJA U ODNOSU NA SREDNJE VREDNOSTI ODGOVARAJUCIH RAZLIKA PRVOG REDA S1, DRUGOG REDA S2 I TRECEG REDA S3 SU:

$$S1 = 0,0006$$

$$S2 = 0,0015$$

$$S3 = 0,0053$$

UPOREDJUJUCI SREDNJE KVADRATSKA ODSTUPANJA NALAZIMO DA JE $S1 < S2 < S3$, IZ OVOGA SLEDI DA JE LINEARNA APROKSIMACIJA PROGRESIVNOG CLANA NAJBOLJA.

METODOM NAJMANJIH KVADRATA RACUNALI SMO KOEFICIJENTE REGRESIJE, SLOBODNI CLAN C0 I LINEARNI C1 SU:

$$C0 = 0,0084 - 0,0005$$

$$C1 = 0,0018 - 0,0001$$

NA TAJ NACIN DUGOPERIODICNA VARIJACIJA U NEPOLARNIM PROMENAMA SIRINE PREDSTAVLJENA JE LINEARNO:

$$Z = 0^{\circ}.0084 + 0^{\circ}.0018(\dots -1900)$$

ODUZIMANJEM DVE DUGOPERIODICNE KOMPONENTE IZ PODATAKA DOBILI SMO REZIDUE Z-CLANA.

SPEKTAR Z-CLANA (SL. 5.1), KAO I AMPLITUDE, PERIODE I FAZE HARMONIJSKIH CLANOVA (TABLICA 5.2) RACUNALI SMO METODOM FURIJEUVIH TRANSFORMACIJA, OVA METODA JE PRIMENJENA NA REZIDUE Z-CLANA.

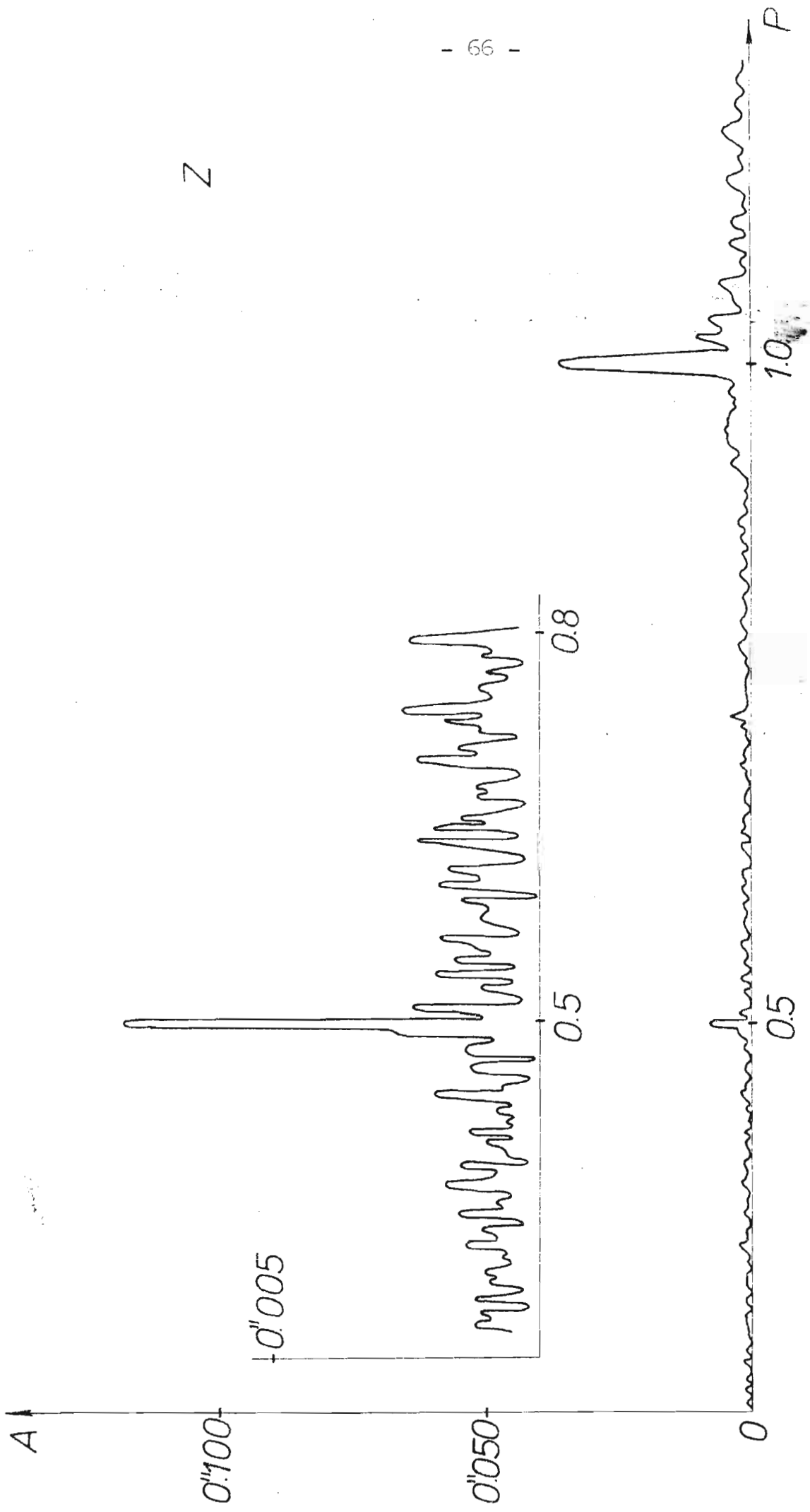
U TABLICI 5.2 SA P, A I F OZNACILI SMO PERIODU, AMPLITUDU I FAZU GODISNJEG CLANA, A SA P', A' I F' PERIODU, AMPLITUDU I FAZU POLUGODISNJEG CLANA, FAZE SE ODOSE NA JULIJANSKI DATUM DJ=2415 020, I DATE SU U GODINAMA.

TABLICA 5.2

P	A	F	P'	A'	F'
1.000	0 ^o .037	5.8	0.499	0 ^o .008	32.3

KAKO SU MESECNE VREDNOSTI Z-CLANA DATE SA SREDNJEKVADRATSKOM GRESKOM OD $\pm 0^{\circ}.01$ TO ZA SREDNJU KVADRATSKU GRESKU AMPLITUDE, RACUNATU PO IZRAZU ZA DISPERZIJU AMPLITUDE (4.6), DOBIJAMO $\pm 0^{\circ}.0003$, A ZA SREDNJU KVADRATSKU GRESKU FAZE NA OSNOVU JEDNACINE ZA DISPERZIJU FAZE (4.8), DOBIJAMO ZA GODISNJI CLAN $\pm 0^{\circ}.7$ I ZA POLUGODISNJI CLAN $\pm 3^{\circ}.3$. AMPLITUDE U TABLICI 5.2 POPRAVLJENE SU ZA NIVO "BELOG SUMA", RACUNATOG PO IZRAZU (4.7), KOJI IZNOSI $0^{\circ}.001$.

APSCISNA OSA P NA SLICI 5.1 JE SA PROBNIM PERIODAMA U GODINAMA, A NA ORDINATNOJ OSI A SU AMPLITUDE U LUCNIM SEKUNDAMA. NA



Sl. 5.1. Spektar z-člana.

SLICI SE JASNO VIDE GODISNJI I POLUGODISNJI PIK. POLUGODISNJI PIK JE POSEBNO IZRAZEN NA UVECANOM DELU SPEKTRA (SL.5.1),

S OBZIROM DA JE POLUGODISNJA KOMPONENTA Z-CLANA BILA NEPOZNATA, A VEOMA JE MALE AMPLITUDE, STATISTICKO ZNACENJE REZULTATA IZ TABLICE 5.2 ISPITIVALI SMO I POSEBNIM KRITERIJUMIMA,

DA BISMO IMALI IZVESNU OCENU STATISTICKOG ZNACENJA AMPLITUDE POLUGODISNJEK CLANA A' TESTIRALI SMO NULTU HIPOTEZU H_0 : DA REZULTAT SPEKTRALNE ANALIZE ZA UCESTANOST $\omega = 2\pi/0.499$ PREDSTAVLJA BELI SUM, PROTIV ALTERNATIVNE HIPOTEZE H_1 : PODACI SADRZE HARMONIKU UCESTANOSTI ω .

KORISATILI SMO SHUSTER-OV KRITERIJUM (DJUROVIC, 1979)

$$Q \left\{ S(\omega) \geq \frac{k \sigma_x^2}{2\pi} \right\} = e^{-k} \quad (5.1)$$

AKO JE X SLUCAJNA PROMENLJIVA KOJA SE POKORAVA NORAMALNOM GAUSOVOM ZAKONU RASPODELE VEROVATNOCA, SA SREDNJOM VREDNOSCU NULA I DISPERZIJOM σ_x^2 , Q PREDSTAVLJA VEROVATNOCU DA SPEKTRALNA GUSTINA $S(\omega)$ BUDE VECA ILI JENDAKA GRANICNOJ $S_0 = k \sigma_x^2 / 2\pi$, OVA VEROVATNOCA ODNOSI SE NA JEDNO SLUCAJNO IZABRANO $S(\omega)$,

SPEKTRALNU GUSTINU $S(\omega)$ RACUNALI SMO U FUNKCIJI AMPPLITUDE:

$$S(\omega) = \frac{2N+1}{8\pi} A'^2(\omega) \quad (5.2)$$

GDE JE $2N+1$ BROJ PODATAKA (U NASEM SLUCAJU 951), DOBILI SMO DA JE $S(\omega) = 0.0024$, A $S_0 = 0.00005$ I $S_0 = 0.00007$ ZA NIVOE ZNACAJNOSTI $e^{-k} = 0.05$ I $= 0.01$, REDOM,

VEROVATNOCU Q' DA BAR JEDNA OD N SPEKTRALNIH LINIJA $S(\omega_i)$ ($i=1,2,\dots,N$) DATOG SPEKTRA PREDJE GRANICU $S_0 = k \sigma_x^2 / 2\pi$ RACUNALI SMO POMOCU WALKER-OVE FORMULE (DJUROVIC, 1979):

$$P\left\{S_1(\omega) > \frac{k \sigma_x^2}{2\sqrt{N}}\right\} = 1 - (1 - e^{-k})^N \quad (5.3)$$

GDE JE $S(\omega) = \text{SUP } S(\omega)$, NAJVEĆA SPEKTRALNA GUSTINA (U SPEKTU Z-CLANA GODISNJA KOMPONENTA),

U NASEM SLUCAJU IZ IZRAZA (5.2) I (5.3) DOBIJAMO $S_1(\omega) = 0.0518$, A $S_0 = 0.00006$ I $S_0 = 0.00008$ ZA NIVOE ZNACAJNOSTI $\alpha = 1 - (1 - e^{-k})^N = 0.05$ I $\alpha = 0.01$, REDOM.

NA OSNOVU GORNJIH REZULTATA PRIMENE SHUSTER-OVOG I WALKER-OVOG KRITERIJUMA, SA NIVDIMA ZNACAJNOSTI 0.05 I 0.01 DOBILI SMO DA HIPOTEZU H_0 MOZEMO DA ODBACIMO.

ODNOSNO, SA VEROVATNOCOM 99% NALAZIMO DA $S(\omega)$ POLUGODISNJEG CLANA NE REZULTIRA IZ REZONANCIJE SLUCAJNIH GRESAKA, VEC DA PODACI SADRZE POLUGODISNJU KOMPONENTU UCESTANOSTI $\omega = 2\pi / 0.499$

U MONOGRAFIJI KULIKOVA (1962), POSVECENOJ PROBLEMIMA VARIJACIJA LONGITUDA I LATITUDA, NALAZIMO DA SU RAZNI AUTORI ZA AMPLITUDE I FAZE Z-CLANA DOBIJALI VEOMA RAZLICITE VREDNOSTI, TO POTICE OD CINJENICE DA SU KORISTILI RAZLICIT POSMATRACKI MATERIJAL

FIKERA (1971) JE NASAO DA Z-CLAN U GLAVNOM ZAVISI OD KATALOGA NA KOJI SE ODNOSE POSMATRACKE LATITUDE, MEDJUTIM, DRUGI AUTORI NAVODE I DRUGA OBJASNJENJA.

SEVARLIC (1961) JE IZ ANALIZE REFRAKCIJSKIH ANOMALIJA BE OGRADSKIH POSMATRANJA LATITUDA NASAO DA VELIKI DEO Z-CLANA MOZE DA SE OBJASNI TERMICKIM GRADIJENTIMA POSMATRACKIH PAVILJONA.

PRIRODA Z-CLANA NI DANAS NIJE POZNATA.

LAMBECK (1980) U SVOJOJ MONOGRAFIJI INTERPRETIRA Z-CLAN KAO GEOFIZICKI FENOMEN. NA OSNOVU RADOVA ISHII-JA, NAITO-A NALAZI DA Z-CLAN ZAVISI OD MNOSTVA ASTRONOMSKIH POSMATRACKIH I GEOFIZICKIH FAKTORA.

6. ZAKLJUCCI

UPRKOS CINJENICI, DA SE PROBLEMOD KRETANJA ZEMLJINUH POLOVA BAVIO VELIKI BROJ ASTRONOMA, ON JE OSTAO NERESEN SVE DO DANAS. TO JE, PRE SVEGA, USLED SLOZENOSTI GEOFIZICKIH MEHANIZAMA, METEOROLOSKIH I DRUGIH UTICAJA KOJI UZROKUJU PERIODICNE I NEPERIODICNE VARIJACIJE U KRETANJU POLOVA, S DRUGE STRANE, SISTEMATSKE I SLUCAJNE GRESKE BILE SU I OSTAJU VELIKA PREPREKA U RESAVANJU POMENUTOG PROBLEMA. POSMATRANJA ZEMLJINIH VESTACKIH SATELITA POMOCU LASERA I DOPLR-UREDJAJA JOS NISU DALA REZULTATE KOJI BI OMOGUCILI DA SE RAZRESE DILEME O KOJIMA SMO DISKUTOVALI U OVOM RADU.

ANALIZOM PRAVDOGLIH KOORDINATA TRENUTNOG POLA ZEMLJINE ROTACIJE U ODNOSU NA CIO ZA PERIOD 1899.9-1979.0 UTVRDILI SMO SLEDECE:

POSTOJANJE SEKULARNOG KRETANJA SREDNJEG POLA STO SE JOS UVEK SMATRA SPORNIM,

IZ UPOREDJIWANJA TEORIJSKE I RACUNATE SIRINE PIKOVA DOSLI SMO DO ZAKLJUCCA DA JE CENDLEROV CLAN DVOSTRUK,

DA BI SMO PROVERILI DA LI JE DVOSTRUKOST CENDLEROVOG CLANA PSEUDO POJAVA ILI SE MOZE OBJASNITI POSTOJANJEM DVE BLISKE VARIJACIJE KOORDINATA POLA UPOREDJIVALI SMO POLAZNE I GENERISANE PODATKE I ZAKLJUCILI DA SE NE RADI O JEDNOJ VEC O DVE BLISKE SLOBODNE NUTACIJE ZEMLJINE OSE.

DAKLE, ZA HIPOTEZU O POSTOJANJU DVE BLISKE SLOBODNE NUTACIJE NASLI SMO NOVE DOKAZE. JEDNA NUTACIJA MOGLA BI DA IMA PERIODU $P=1,171$ GODINA A DRUGA $P'=1,197$ GODINA.

ZA AMPLITUDU I FAZU GODISNJEG I POLUGODISNJEG CLANA DOBILI SMO VREDNOSTI VEOMA BLISKE ONIMA KOJE SU DOBILI DRUGI AUTORI.

STO SE TICE FLUKTUACIJE AMPLITUDE I FAZE GODISNJEG I POLU GODISNJEG CLANA, NASLI SMO DA SU SLUCAJNOG KARAKTERA.

ZA VARIJACIJE AMPLITUDE I FAZE CENDLEROVOG CLANA NASLI SMO DA JE AMPLITUDA PERIODICNO PROMENLJIVA SA DVA NAJIZRAZENIJA HARMONIJSKA DUGOPERIODICNA CLANA (S PERIODAMA 53.0 34.5 GODINA) KAO I NIZOM SLABIJIH PERIODICNIH CLANOVA. UPRKOS TOME, FAZA CENDLEROVE NUTACIJE IMA DOBRU STABILNOST IZUZIMAJUCI IZNENADNU I NEOBJASNJENU NJENU PROMENU ZA 180° U PERIODU 1925-1940.

U SPEKTRIMA KOORDINATA POLA IDENTIFIKOVANE SU KRATKOPERIODICNE VARIJACIJE OD 204 DANA (NUTACIJA MOLODENSKOG) I 122 DANA, KOJE U NAUCNOJ LITERATURI ILI NISU DOVOLJNO POZNATE ILI SE OSPORAVAJU OD STRANE NEKIH AUTORA.

STO SE OSTALIH (KVAZI)PERIODICNIH FLUKTUACIJA (X,Y) TICE, MOZEMO JEDINO RECI DA SE NALAZE ISPOD GRANICE OD $0^{\circ},010$.

SPEKTRALNOM ANALIZOM KIMURINOG Z-CLANA NALAZIMO, PORED POZNATE GODISNJE CIKLICNE VARIJACIJE, I POLUGODISNJU VARIJACIJU STO PREDSTAVLJA SASVIM NOVO OTKRICE.

LITERATURA

- CHANDLER, S., 1892. ON THE VARIATION IN LATITUDE. ASTRONOMICAL JOURNAL, 12, 17.
- DICKMAN, S.R., 1981 INVESTIGATION OF CONTRAVERSIAL POLAR MOTION FEATURES USING HOMOGENEOUS ILS DATA, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, 86, B6, 4904-4912.
- DJUROVIC, D., 1970. BULL. ASTRON. OBS. BELGRADE, 124, 99
- DJUROVIC, D., 1974. PRILOG IZUCAVANJU PROMENA U BRZINI ZEMLJINE ROTACIJE I KRETANJU ZEMLJINIH POLOVA, BEOGRAD.
- DJUROVIC, D., 1979. MATEMATICKA OBRADA ASTRONOMSKIH POSMATRANJA, BEOGRAD.
- DJUROVIC, D., 1979. PUBL. DEPT. ASTRON. BELGRADE, 9, 17
- DJUROVIC, D., 1983. ASTR. AND ASTROPHYS., 118, 26
- EULER, L., 1736. MECANICA SIVE LEGES MOTUS SCIENTIA, PETERSBURG.
- EULER, L., 1790. THEORIA MOTUS CORPORUM SOLIDORUM SEU RIGIDORUM
- EMETZ A. J. & KORSUN A. A., 1978. TIMES AND ART ROTATION, PROC. IAU SYMP. 82, SAN FERNANDO, 59.
- FICHERA, E., 1971. STUDIO DEL CATALOGO SIL DI MELCHIOR-DEJAFFE DALLE OSSERVAZIONI 1935-1947, ISTITUTO UNIVERSITARIO NAVALE, NAPOLI.
- GUINOT, B., 1972. THE CHANDLERIAN WOBBLE FROM 1900 TO 1970, ASTRON. & ASTROPHYS. 19, 207-214.
- GUINOT, B., 1982. THE CHANDLERIAN NUTATION FROM 1900 TO 1980, GEOPHYS. J. R. ASTR. SOC., 71, 295-301.
- KALININ YU. D. & KISELEV V. M., 1980. GEOMAGNETIZM I AERODINAMIJA, 20, 6, 997
- KISELEV, V. M., 1982. THE STUDY OF THE EARTH AS A PLANET BY METHODS OF ASTRONOMY, GEODESY AND GEOPHYSICS, PROC. OF THE FIRST ORLOV CONFERENCE, 164, KIEV.
- KULIKOV, K. A., 1962. IZMENAJEMOST SIROT I DOLGOT, MOSKVA.
- LAMBECK K. & CAZENAVE A., 1973. GEOPHYS. J. R. ASTR. SOC 32, 79.
- LAMBECK, K., 1980. THE EARTH'S VARIABLE ROTATION, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, LONDON.

- MARNOWITZ, WM., 1982. POLAR MOTIONS FOR 1825 - 1981 AND 1727-31 ANALYZED BY NEW METHODS, REPORT TO IAU COMMISSIONS 19 AND 31, FATRAS.
- MELCHIOR, P.J., 1957. LATITUDE VARIATIONS, IN PHYSICS AND CHEMISTRY OF THE EARTH, 2, PERGAMON PRES, NEW YORK
- MILANKOVIC, M., 1935. NEBESKA MEHANIKA, BEOGRAD.
- MORISON, L.V., 1979. GEOPHYS. J. R. ASTR. SOC. 58, 349.
- MUNK, W.H. & MACDONALD, G.J.F., 1960. THE ROTATION OF THE EARTH, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, LONDON.
- NEWCOMB, S., 1892. ON THE DYNAMICS OF THE EARTH'S ROTATION. MONTHLY NOTICES, 52, 336.
- OKUBO, S., 1982. IS THE CHANDLER PERIOD VARIABLE?, GEO PHYS. J. R. ASTR. SOC., 71, 629-646.
- PODOBED, V.V., & NESTEROV, V.V., 1982. OBSCAJA ASTROMETRIJA, MOSKVA.
- SEREBRENJIKOV, M.G., & PERVOZVANSKI, A.A., 1965. VIJA - VLJENIJE SKRITIH PERIODICNOSTEJ, MOSKVA.
- SEVARLIC, B., 1961. PRILOG ISPITIVANJU PROMENA GEOGRAF-SKE SIRINE BEOGRADA, BEOGRAD.
- SHOUXIAN, W., YINGMIN, H., & SHUHE, W., 1982. A MODULATION PHENOMENON ON CHANDLER'S POLAR MOTION. SCIENTIA SINICA (SERIES A), XXV, 4, 413-421.
- STAJIC D. & DJUROVIC D. 1984. BULL. ACAD. SERBE SCI. ARTS, MATH. (SUBMITTED)
- STAJIC D. & DJUROVIC D. 1984. SOLAR PHYSICS (SUBMITTED)
- STAJIC, D., 1983. UTICAJ SUNCEVE AKTIVNOSTI NA ROTACIJU ZEMLJE, UNIV. BELGRADE.
- STOYKO, A., 1972. VISTAS IN ASTRONOMY, PERG. PRESS, OXFORD & NEW YORK, 13.
- VONDRAK, J., 1969. BULL. ASTRON. INST. CZECHOSLOVAKIA, 20, 349.
- YUMI, S. & YOKOYAMA, K., 1980. RESULTS OF THE INTERNATIONAL LATITUDE SERVICE IN A HOMOGENEOUS SYSTEM 1899.9-1979.0, MIZUSAWA.

P R I L O Z I

	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1899,055	0	0	0	0,055	6	-31	90	0,055	0	41	118	0,055	104	20	60
0,139	0	0	0	0,139	44	-56	85	0,139	37	18	110	0,139	-80	82	89
0,222	0	0	0	0,222	27	-69	78	0,222	54	39	80	0,222	-39	141	83
0,305	0	0	0	0,305	-14	-86	63	0,305	93	8	72	0,305	42	172	56
0,389	0	0	0	0,389	41	-105	42	0,389	1	-56	70	0,389	13	164	25
0,472	0	0	0	0,472	-32	-110	51	0,472	136	-88	46	0,472	191	111	30
0,555	0	0	0	0,555	-42	-87	83	0,555	102	-152	64	0,555	213	29	60
0,639	0	0	0	0,639	-66	-57	96	0,639	64	-163	96	0,639	185	-40	81
0,722	0	0	0	0,722	74	-19	106	0,722	6	-143	113	0,722	20	-104	97
0,805	4	71	126	0,805	-73	16	128	0,805	-38	-124	115	0,805	38	-147	109
0,889	-42	45	168	0,889	-75	33	156	0,889	-91	-102	116	0,889	-47	-134	103
0,972	-21	35	114	0,972	-25	7	161	0,972	-115	-58	110	0,972	-126	-85	106
1903,055	176	-37	99	0,055	118	-132	117	0,055	7	-169	87	0,055	9	-58	64
0,139	-188	41	107	0,139	-173	-74	118	0,139	-63	-160	98	0,139	-5	-79	33
0,222	-133	109	110	0,222	-118	-8	98	0,222	-140	-128	93	0,222	-45	-69	19
0,305	-75	174	103	0,305	-177	58	89	0,305	-150	-59	70	0,305	-92	-52	39
0,389	7	212	65	0,389	113	158	65	0,389	150	-6	39	0,389	116	-10	26
0,472	84	219	59	0,472	-31	188	56	0,472	-112	87	5	0,472	-110	48	30
0,555	155	185	65	0,555	49	180	67	0,555	-52	150	41	0,555	-97	83	35
0,639	206	104	82	0,639	112	143	86	0,639	30	165	48	0,639	-59	102	51
0,722	3	-4	101	0,722	57	89	92	0,722	1	153	51	0,722	27	108	63
0,805	159	-107	116	0,805	165	26	101	0,805	121	111	66	0,805	-5	105	75
0,889	92	-169	123	0,889	142	-32	122	0,889	137	46	76	0,889	13	108	90
0,972	-12	-163	115	0,972	120	-96	112	0,972	127	-22	82	0,972	28	133	70
1907,055	2	67	37	0,055	35	186	65	0,055	288	58	101	0,055	232	-186	95
0,139	51	25	43	0,139	45	191	77	0,139	-231	178	88	0,139	-290	-38	100
0,222	55	-12	36	0,222	120	166	82	0,222	-155	257	101	0,222	-308	89	105
0,305	70	-46	52	0,305	191	104	68	0,305	13	298	84	0,305	-241	242	84
0,389	7	-74	22	0,389	15	3	49	0,389	60	278	50	0,389	106	304	68
0,472	-3	-102	40	0,472	231	-60	40	0,472	271	203	36	0,472	56	338	50
0,555	-17	-93	35	0,555	183	-142	56	0,555	324	77	43	0,555	202	318	62
0,639	-46	-70	51	0,639	105	-185	67	0,639	308	-25	40	0,639	292	212	77
0,722	111	-31	72	0,722	1	-199	90	0,722	43	-167	76	0,722	21	46	100
0,805	-160	22	79	0,805	-123	-189	116	0,805	105	-253	89	0,805	284	-100	109
0,889	-132	91	65	0,889	-221	-140	118	0,889	-57	-291	97	0,889	197	-200	92
0,972	-89	156	47	0,972	-253	-42	103	0,972	-181	-274	100	0,972	72	-294	115

PRILOG I (NASTAVAK)

1911.055	81	-267	118	0.055	44	-139	111	0.055	7	81	126	0.055	90	147	155
0.139	-174	-225	120	0.139	68	-185	114	0.139	135	60	117	0.139	-8	138	159
0.222	-227	-96	130	0.222	-47	-162	91	0.222	121	-6	65	0.222	89	153	147
0.305	-254	41	103	0.305	-106	-111	50	0.305	124	-43	69	0.305	172	125	92
0.389	193	169	79	0.389	157	-35	43	0.389	19	-71	38	0.389	74	102	69
0.472	-134	295	50	0.472	-140	21	29	0.472	97	-47	35	0.472	194	42	70
0.555	-9	343	35	0.555	-118	126	53	0.555	24	-69	55	0.555	174	-30	70
0.639	113	326	57	0.639	-84	165	89	0.639	-26	86	82	0.639	118	-86	104
0.722	1	263	78	0.722	50	177	113	0.722	78	-58	106	0.722	3	-150	148
0.805	259	153	91	0.805	-11	195	123	0.805	-110	0	128	0.805	-50	-175	173
0.889	278	16	110	0.889	67	194	109	0.889	-91	63	145	0.889	-140	-105	177
0.972	240	-69	136	0.972	99	142	100	0.972	-79	116	155	0.972	-179	-4	150
1915.055	208	29	180	0.055	173	-182	169	0.055	19	-261	199	0.055	6	-144	137
0.139	-168	146	163	0.139	-192	-53	174	0.139	-75	-199	185	0.139	-24	-73	129
0.222	-121	232	173	0.222	-204	101	147	0.222	-157	-106	179	0.222	-50	-5	113
0.305	-2	307	131	0.305	-154	179	125	0.305	-143	14	147	0.305	-68	45	89
0.389	4	260	79	0.389	35	272	94	0.389	87	107	132	0.389	81	107	78
0.472	198	221	89	0.472	60	301	71	0.472	-46	235	127	0.472	-88	177	120
0.555	254	136	133	0.555	166	236	98	0.555	36	236	114	0.555	-23	154	96
0.639	282	47	156	0.639	265	107	110	0.639	119	217	134	0.639	39	150	101
0.722	42	-84	169	0.722	12	4	152	0.722	59	156	174	0.722	1	128	104
0.805	148	-219	181	0.805	287	-80	198	0.805	159	64	197	0.805	82	89	100
0.889	47	-240	188	0.889	210	-197	183	0.889	155	6	184	0.889	95	94	124
0.972	-94	-183	167	0.972	109	-221	203	0.972	150	-72	154	0.972	99	102	132
1919.055	2	80	133	0.055	1	181	59	0.055	97	10	77	0.055	89	35	63
0.139	57	28	123	0.139	38	154	76	0.139	-101	77	70	0.139	-113	55	100
0.222	65	88	107	0.222	52	177	88	0.222	-35	90	45	0.222	-82	151	86
0.305	75	7	51	0.305	144	151	38	0.305	49	123	37	0.305	-23	199	71
0.389	5	30	51	0.389	89	71	24	0.389	50	153	20	0.389	5	218	83
0.472	60	-3	54	0.472	208	16	39	0.472	201	61	41	0.472	146	174	34
0.555	43	-49	55	0.555	198	-46	69	0.555	242	21	41	0.555	226	77	43
0.639	-4	-18	93	0.639	179	-112	72	0.639	239	-20	56	0.639	262	23	71
0.722	42	28	126	0.722	25	-133	75	0.722	91	-93	81	0.722	52	-16	103
0.805	-62	45	135	0.805	56	-136	92	0.805	119	-138	92	0.805	205	-95	131
0.889	-66	49	127	0.889	2	-147	117	0.889	62	-97	73	0.889	138	-65	119
0.972	-37	117	116	0.972	-71	-83	123	0.972	23	-60	81	0.972	12	-102	98

1923,055	52	-53	100	0,055	9	-20	137	0,055	2	2	111	0,055	0	-46	157
0,139	-100	-13	101	0,139	-29	-3	107	0,139	-13	-64	129	0,139	-27	-33	163
0,222	-127	74	95	0,222	-66	89	108	0,222	-4	-8	93	0,222	-55	30	154
0,305	-77	166	75	0,305	-47	110	78	0,305	-15	63	86	0,305	-33	97	97
0,389	34	242	73	0,389	42	152	61	0,389	4	91	75	0,389	31	107	93
0,472	43	254	69	0,472	-16	181	53	0,472	26	83	58	0,472	-3	142	81
0,555	134	223	68	0,555	43	180	70	0,555	43	94	85	0,555	42	149	69
0,639	230	241	97	0,639	133	205	79	0,639	104	83	96	0,639	74	164	109
0,722	47	142	122	0,722	43	150	103	0,722	0	42	92	0,722	10	130	102
0,805	235	97	123	0,805	142	115	130	0,805	115	54	123	0,805	83	91	141
0,889	197	35	131	0,889	133	102	122	0,889	96	16	139	0,889	67	136	159
0,972	107	-1	133	0,972	106	30	136	0,972	32	22	112	0,972	72	74	155
1927,055	3	79	131	0,055	30	57	168	0,055	26	118	183	0,055	107	64	153
0,139	102	69	119	0,139	-33	88	143	0,139	-39	133	144	0,139	-117	175	126
0,222	34	44	127	0,222	-26	112	112	0,222	-3	159	134	0,222	-63	195	141
0,305	69	75	85	0,305	8	100	93	0,305	73	189	112	0,305	-7	193	141
0,389	0	105	58	0,389	8	173	70	0,389	9	203	88	0,389	7	247	84
0,472	82	116	64	0,472	39	99	62	0,472	150	156	93	0,472	128	210	72
0,555	86	101	69	0,555	53	119	84	0,555	159	88	90	0,555	200	191	80
0,639	99	63	84	0,639	87	69	104	0,639	157	26	104	0,639	203	125	118
0,722	3	23	114	0,722	1	64	111	0,722	6	-15	114	0,722	66	37	132
0,805	57	53	124	0,805	-11	70	139	0,805	25	-13	134	0,805	102	17	155
0,889	42	18	174	0,889	-15	99	173	0,889	-29	-34	165	0,889	18	43	158
0,972	7	12	182	0,972	-27	119	166	0,972	-61	1	170	0,972	-67	-28	168
1931,055	127	70	148	0,055	99	7	178	0,055	30	1	154	0,055	6	37	156
0,139	-105	155	139	0,139	-167	54	124	0,139	-78	37	157	0,139	-50	61	96
0,222	-117	170	128	0,222	-142	150	115	0,222	-101	77	145	0,222	-90	94	80
0,305	-54	257	104	0,305	-69	234	104	0,305	-99	139	112	0,305	-111	117	73
0,389	1	278	79	0,389	77	254	97	0,389	80	188	86	0,389	87	143	57
0,472	122	269	85	0,472	-6	245	78	0,472	-32	227	76	0,472	-43	200	56
0,555	215	234	110	0,555	73	252	109	0,555	14	210	84	0,555	30	240	62
0,639	247	172	136	0,639	153	219	109	0,639	93	190	114	0,639	102	185	113
0,722	53	123	154	0,722	89	150	116	0,722	7	156	135	0,722	5	210	160
0,805	124	-8	191	0,805	179	154	152	0,805	97	130	161	0,805	88	171	169
0,889	52	-12	177	0,889	148	76	202	0,889	84	83	161	0,889	49	122	165
0,972	-8	-54	172	0,972	91	55	202	0,972	53	45	154	0,972	72	119	177

1935,055	11	114	167	0,055	35	161	187	0,055	97	132	201	0,055	127	40	175
0,139	35	81	191	0,139	-35	177	180	0,139	-114	176	178	0,139	-106	151	176
0,222	21	118	174	0,222	-45	179	167	0,222	-65	209	138	0,222	-95	199	154
0,305	36	117	123	0,305	14	198	133	0,305	0	220	125	0,305	-29	257	117
0,389	2	140	106	0,389	8	195	90	0,389	8	249	91	0,389	5	265	88
0,472	49	145	75	0,472	123	188	79	0,472	117	227	74	0,472	58	268	80
0,555	68	102	123	0,555	116	144	81	0,555	151	175	83	0,555	215	228	132
0,639	60	121	134	0,639	94	91	136	0,639	153	103	100	0,639	249	187	141
0,722	3	151	139	0,722	0	39	138	0,722	4	62	115	0,722	82	118	146
0,805	22	111	163	0,805	20	37	162	0,805	92	51	143	0,805	77	31	158
0,889	-2	119	193	0,889	-24	26	187	0,889	60	50	158	0,889	2	-1	135
0,972	7	110	218	0,972	-14	101	179	0,972	-50	26	180	0,972	-127	-12	97
1939,055	54	28	153	0,055	13	29	153	0,055	4	39	185	0,055	7	10	181
0,139	-59	96	175	0,139	-93	35	177	0,139	15	40	178	0,139	4	44	186
0,222	-68	184	158	0,222	-86	106	161	0,222	-49	108	151	0,222	59	44	157
0,305	-4	205	143	0,305	-88	188	141	0,305	-44	124	149	0,305	62	115	129
0,389	0	247	77	0,389	74	239	95	0,389	0	125	131	0,389	2	96	124
0,472	32	252	86	0,472	17	272	98	0,472	-4	179	127	0,472	37	124	105
0,555	120	247	115	0,555	89	250	105	0,555	54	211	96	0,555	25	114	97
0,639	197	196	129	0,639	164	213	138	0,639	100	216	115	0,639	19	113	119
0,722	94	122	145	0,722	81	177	140	0,722	16	180	122	0,722	4	157	133
0,805	174	84	172	0,805	165	94	156	0,805	127	170	162	0,805	-6	167	138
0,889	138	57	160	0,889	118	48	190	0,889	115	106	193	0,889	16	176	167
0,972	72	-5	150	0,972	104	22	181	0,972	104	104	195	0,972	19	211	157
1943,055	7	210	169	0,055	32	182	157	0,055	128	83	190	0,055	148	-86	195
0,139	57	195	182	0,139	-30	209	177	0,139	-165	147	197	0,139	-208	-18	166
0,222	94	184	175	0,222	4	232	174	0,222	-104	235	172	0,222	-227	80	192
0,305	107	131	155	0,305	86	227	151	0,305	-57	304	145	0,305	-160	209	180
0,389	60	142	131	0,389	99	209	134	0,389	9	317	133	0,389	62	288	133
0,472	171	83	120	0,472	285	178	147	0,472	174	309	108	0,472	6	355	121
0,555	152	40	124	0,555	262	62	129	0,555	286	209	116	0,555	141	369	130
0,639	127	32	122	0,639	301	7	149	0,639	282	114	127	0,639	209	336	144
0,722	3	28	121	0,722	93	-80	143	0,722	16	7	172	0,722	21	217	174
0,805	-35	36	124	0,805	12	-87	137	0,805	265	-88	186	0,805	347	109	163
0,889	-84	93	119	0,889	-47	-52	159	0,889	107	-151	160	0,889	299	11	190
0,972	-70	141	142	0,972	-82	21	173	0,972	-3	-104	140	0,972	241	-58	188

1947,055	2	-88	171	0,055	59	123	205	0,055	65	297	187	0,055	80	312	227
0,139	-6	-93	194	0,139	219	14	214	0,139	263	266	184	0,139	-5	394	198
0,222	-94	-35	212	0,222	206	-26	199	0,222	276	193	169	0,222	143	391	178
0,305	-151	88	162	0,305	117	-54	181	0,305	284	111	146	0,305	255	321	137
0,389	151	166	131	0,389	0	-14	152	0,389	56	34	114	0,389	35	252	124
0,472	-102	224	125	0,472	-37	22	130	0,472	246	-28	109	0,472	387	140	128
0,555	19	294	115	0,555	-35	45	136	0,555	162	-47	127	0,555	380	28	142
0,639	115	338	145	0,639	-47	129	163	0,639	44	-94	162	0,639	326	-73	172
0,722	92	311	176	0,722	54	185	163	0,722	56	-77	174	0,722	77	-126	202
0,805	264	279	191	0,805	-1	247	182	0,805	-119	9	194	0,805	9	-184	218
0,889	292	239	176	0,889	41	307	180	0,889	-143	150	218	0,889	-129	-153	223
0,972	278	173	216	0,972	91	335	168	0,972	-140	259	217	0,972	-201	6	177
1951,055	258	161	205	0,055	200	-105	214	0,055	5	-196	205	0,055	59	-61	195
0,139	-258	296	184	0,139	-260	96	191	0,139	-93	-154	180	0,139	82	-107	170
0,222	-124	422	162	0,222	-313	243	151	0,222	-221	-59	166	0,222	-49	-116	145
0,305	20	506	140	0,305	-158	385	137	0,305	-243	83	109	0,305	-85	-36	143
0,389	89	455	112	0,389	82	488	95	0,389	267	235	78	0,389	168	10	111
0,472	294	369	92	0,472	86	507	113	0,472	-161	364	94	0,472	-105	113	131
0,555	418	244	117	0,555	248	489	112	0,555	-11	454	135	0,555	-90	209	137
0,639	469	58	142	0,639	383	392	150	0,639	125	445	141	0,639	-2	287	189
0,722	98	-67	162	0,722	29	250	172	0,722	77	430	199	0,722	8	322	189
0,805	266	-193	198	0,805	412	64	180	0,805	303	256	195	0,805	37	338	226
0,889	126	-217	200	0,889	296	-88	197	0,889	303	98	216	0,889	111	332	224
0,972	-29	-185	228	0,972	179	-181	186	0,972	264	51	179	0,972	123	282	224
1955,055	81	197	193	0,055	27	343	225	0,055	215	286	211	0,055	205	95	158
0,139	193	149	197	0,139	107	339	169	0,139	-125	429	179	0,139	-239	234	165
0,222	222	103	178	0,222	224	290	180	0,222	-56	470	194	0,222	-193	333	145
0,305	158	45	150	0,305	232	244	149	0,305	94	497	141	0,305	-85	433	114
0,389	15	4	128	0,389	81	138	115	0,389	4	455	119	0,389	0	482	102
0,472	63	7	130	0,472	243	41	111	0,472	298	357	105	0,472	127	457	102
0,555	-25	-11	120	0,555	210	-35	136	0,555	375	209	122	0,555	295	404	104
0,639	-59	26	162	0,639	165	-75	171	0,639	371	83	144	0,639	379	332	133
0,722	114	80	214	0,722	9	-49	186	0,722	59	-52	165	0,722	78	204	185
0,805	-109	180	199	0,805	-64	15	214	0,805	127	-89	176	0,805	327	96	201
0,889	-110	229	237	0,889	-180	65	217	0,889	9	-99	195	0,889	251	3	184
0,972	-39	289	220	0,972	-225	171	214	0,972	-127	-5	187	0,972	118	-49	183

1959.055	1	-55	152	0.055	1	2	150	0.055	4	188	200	0.055	8	324	174
0.139	-101	-70	119	0.139	39	-21	175	0.139	65	131	183	0.139	19	278	194
0.222	-139	60	85	0.222	1	35	142	0.222	59	159	145	0.222	87	284	187
0.305	-158	211	106	0.305	-86	75	141	0.305	39	164	134	0.305	118	264	170
0.389	88	325	79	0.389	97	155	104	0.389	5	146	147	0.389	63	227	132
0.472	-14	384	62	0.472	-100	181	104	0.472	33	155	119	0.472	167	154	119
0.555	99	396	94	0.555	-15	253	119	0.555	50	149	121	0.555	164	85	143
0.639	213	416	124	0.639	26	270	121	0.639	40	151	162	0.639	108	56	164
0.722	82	359	143	0.722	0	313	153	0.722	1	182	164	0.722	4	82	179
0.805	306	261	181	0.805	83	278	179	0.805	5	173	191	0.805	-21	94	207
0.889	267	168	163	0.889	120	259	188	0.889	-38	238	196	0.889	-83	145	203
0.972	174	54	182	0.972	115	244	173	0.972	-2	282	184	0.972	-117	214	201
1963.055	127	313	216	0.055	215	164	226	0.055	82	68	221	0.055	3	116	234
0.139	-79	359	214	0.139	-181	287	196	0.139	-178	127	216	0.139	-11	87	220
0.222	-27	374	195	0.222	-150	360	198	0.222	-196	244	190	0.222	-100	83	196
0.305	79	384	169	0.305	-65	472	166	0.305	-215	326	200	0.305	-114	165	183
0.389	82	355	130	0.389	3	448	141	0.389	139	382	160	0.389	135	203	175
0.472	256	280	138	0.472	197	425	112	0.472	-44	450	147	0.472	-98	254	161
0.555	309	172	147	0.555	255	332	136	0.555	96	440	182	0.555	-93	346	193
0.639	269	105	139	0.639	251	236	205	0.639	167	372	199	0.639	-9	349	219
0.722	63	19	174	0.722	76	166	206	0.722	26	301	200	0.722	9	336	219
0.805	53	-32	208	0.805	325	86	213	0.805	241	226	198	0.805	142	316	209
0.889	-42	41	128	0.889	108	56	213	0.889	235	176	201	0.889	137	278	210
0.972	-141	90	188	0.972	32	48	241	0.972	68	104	227	0.972	113	245	200
1967.055	1	220	224	0.055	27	290	241	0.055	73	293	233	0.055	182	204	245
0.139	65	173	189	0.139	6	310	187	0.139	-111	298	258	0.139	-152	299	232
0.222	8	146	153	0.222	43	272	208	0.222	6	371	221	0.222	-135	378	219
0.305	24	185	140	0.305	72	258	201	0.305	46	394	206	0.305	-56	441	181
0.389	2	144	127	0.389	6	230	161	0.389	34	356	158	0.389	0	462	174
0.472	20	160	115	0.472	52	214	154	0.472	162	320	170	0.472	129	414	171
0.555	75	170	155	0.555	119	180	159	0.555	189	257	161	0.555	225	340	179
0.639	21	195	163	0.639	79	153	194	0.639	179	169	165	0.639	261	258	202
0.722	1	199	187	0.722	16	180	195	0.722	0	133	204	0.722	29	150	210
0.805	-36	216	185	0.805	-37	157	180	0.805	49	109	214	0.805	168	102	204
0.889	-67	244	216	0.889	-107	239	205	0.889	-61	113	234	0.889	73	49	225
0.972	-60	304	247	0.972	-131	275	219	0.972	-98	145	252	0.972	-16	9	269

1971.055	132	63	272	0.055	11	18	276	0.055	66	113	241	0.055	37	211	246
0.139	-217	133	264	0.139	-38	39	256	0.139	128	130	220	0.139	125	142	229
0.222	-220	244	244	0.222	-103	131	240	0.222	49	109	210	0.222	85	152	242
0.305	-121	346	215	0.305	-119	246	191	0.305	5	135	200	0.305	49	176	203
0.389	50	437	220	0.389	80	349	177	0.389	36	211	153	0.389	3	172	184
0.472	43	492	163	0.472	12	389	156	0.472	-49	275	185	0.472	55	168	170
0.555	161	465	178	0.555	87	413	151	0.555	-9	311	194	0.555	84	199	187
0.639	261	426	218	0.639	90	403	214	0.639	30	351	207	0.639	68	213	194
0.722	82	297	227	0.722	58	369	235	0.722	4	350	180	0.722	7	221	197
0.805	208	226	209	0.805	216	313	220	0.805	119	315	209	0.805	72	263	221
0.889	164	175	220	0.889	212	279	222	0.889	105	290	221	0.889	38	277	231
0.972	123	90	237	0.972	227	177	227	0.972	128	253	271	0.972	33	246	274
1975.055	18	285	264	0.055	55	215	263	0.055	87	121	297	0.055	61	8	260
0.139	29	284	242	0.139	-67	263	269	0.139	-162	200	290	0.139	-118	98	310
0.222	86	303	237	0.222	-16	352	256	0.222	-132	294	287	0.222	-115	205	300
0.305	101	328	235	0.305	30	426	215	0.305	-71	405	263	0.305	-178	321	262
0.389	38	293	198	0.389	5	423	198	0.389	0	484	220	0.389	101	425	229
0.472	186	254	184	0.472	90	377	194	0.472	75	449	196	0.472	1	493	194
0.555	167	241	193	0.555	183	320	154	0.555	201	440	196	0.555	92	475	188
0.639	178	175	231	0.639	174	277	189	0.639	292	313	192	0.639	253	455	191
0.722	8	132	238	0.722	34	207	196	0.722	71	260	197	0.722	55	400	179
0.805	67	110	246	0.805	180	151	198	0.805	243	137	206	0.805	265	301	157
0.889	8	144	266	0.889	91	96	240	0.889	147	78	175	0.889	238	199	183
0.972	-34	200	263	0.972	-50	69	274	0.972	9	47	254	0.972	194	119	224

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
8	18	-18	20	-114	-33	-147	-72	-49	-157	86	-125	98	-36	37	111				
55	-24	0	31	-107	12	-175	-38	-109	-134	29	-160	51	-58	48	77				
57	-44	20	29	-95	53	-187	4	-152	-103	-26	-170	16	-72	52	46				
43	-57	38	27	-76	92	-181	49	-178	-67	-77	-160	-12	-78	53	19				
31	-66	52	34	-51	127	-153	92	-189	-28	-121	-139	-37	-75	57	-3				
12	-75	68	29	-13	155	-117	133	-190	13	-146	-107	-63	-66	62	-24				
-11	-85	85	9	33	171	-77	170	-177	58	-154	-68	-88	-53	63	-43				
-29	-97	94	-23	60	173	-27	198	-147	113	-155	-32	-107	-31	43	-62				
-38	-106	104	-56	127	159	24	215	-104	160	-146	10	-116	-2	18	-80				
-36	-110	123	-83	172	128	68	221	-54	184	-125	63	-115	32	2	-95				
-36	-104	125	-114	203	85	111	213	-4	191	-94	110	-108	61	-7	-101				
-42	-90	108	-145	213	37	151	188	44	182	-55	145	-97	82	-16	-95				
-54	-73	85	-160	204	-8	186	146	85	164	-8	163	-77	96	-31	-83				
-66	-52	58	-161	178	-51	207	90	120	137	38	167	-55	104	-56	-66				
-72	-29	29	-151	140	-90	208	25	147	104	76	160	-35	107	-95	-43				
-76	-5	-2	-138	94	-123	193	-41	162	69	104	142	-19	106	-130	-15				
-76	14	-35	-126	44	-144	165	-101	165	32	121	114	-6	105	-154	19				1
-75	25	-68	-114	-7	-144	127	-145	158	-4	135	77	5	109	-150	59				0
-65	27	-95	-97	-59	-129	78	-169	144	-41	139	36	15	116	-130	101				1
-41	18	-111	-71	-107	-102	16	-170	126	-82	130	-4	25	124	-104	140				
-73	169	-272	-11	-201	-251	19	-290	211	-98	104	123	-87	129	-194	3				
-38	186	-282	53	-234	-192	-67	-278	156	-137	111	90	-84	143	-204	35				
6	193	-265	123	-269	-112	-135	-252	104	-168	122	69	-50	145	-193	91				
54	190	-229	189	-295	-25	-185	-206	48	-182	130	46	3	144	-168	155				
101	176	-178	240	-308	59	-220	-134	-16	-173	126	12	64	148	-134	214				
146	148	-100	277	-293	146	-242	-53	-68	-149	124	-19	120	144	-82	264				
184	107	-3	297	-248	227	-249	30	-107	-114	124	-43	162	131	-17	296				
208	53	92	295	-176	280	-228	112	-138	-73	123	-59	178	116	44	289				
222	-2	178	271	-85	315	-192	191	-153	-31	118	-64	183	93	104	262				
229	-46	247	226	13	336	-151	265	-148	10	103	-56	191	59	168	233				
219	-91	296	164	108	339	-92	317	-136	60	73	-56	189	19	220	194				
189	-135	322	92	192	320	-19	342	-119	114	33	-67	176	-22	254	146				
147	-167	324	23	257	269	56	342	-100	149	-2	-79	149	-61	276	93				
92	-189	305	-49	300	190	125	322	-81	168	-36	-82	110	-98	278	28				
28	-199	265	-130	320	93	181	284	-61	177	-67	-68	65	-137	257	-52				
-43	-200	201	199	316	-3	226	229	-38	186	-91	-41	12	-165	216	-135				
-115	-191	115	-249	289	-89	257	159	-10	195	-105	-5	-44	-171	159	-206				
-178	-167	18	-281	244	-160	276	80	31	197	-101	33	-99	-142	96	-236				
-225	-128	-75	-293	182	-220	275	7	69	186	-91	71	-145	-92	23	-234				
-252	-72	-150	-285	106	-271	253	-50	91	157	-86	104	-174	-37	-57	-210				

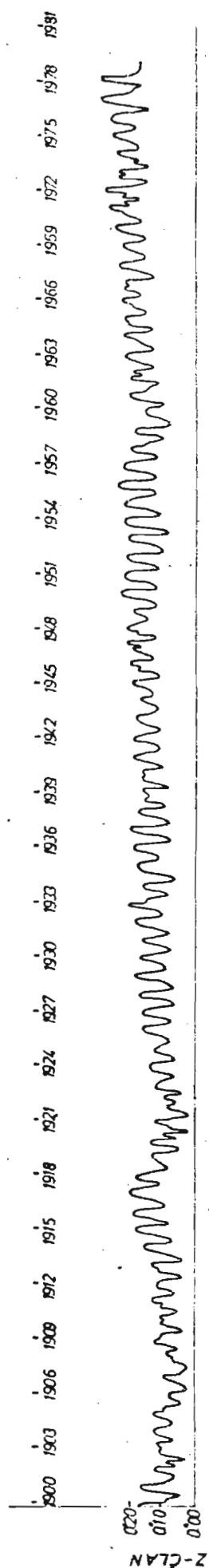
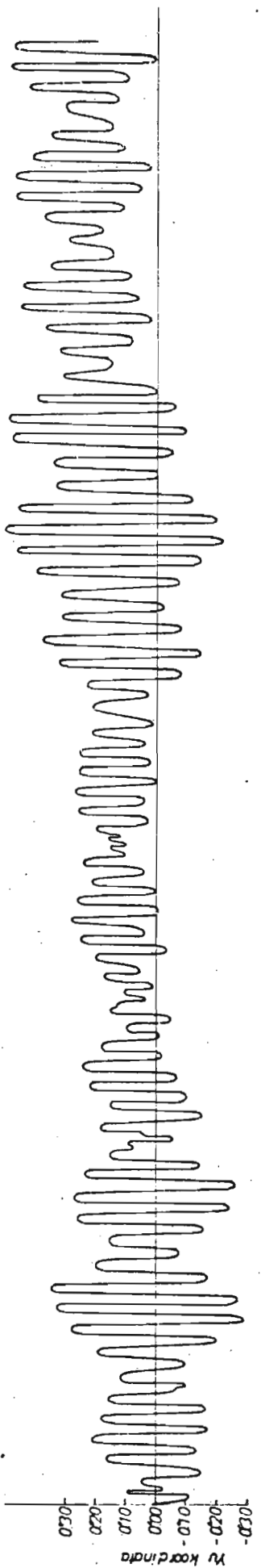
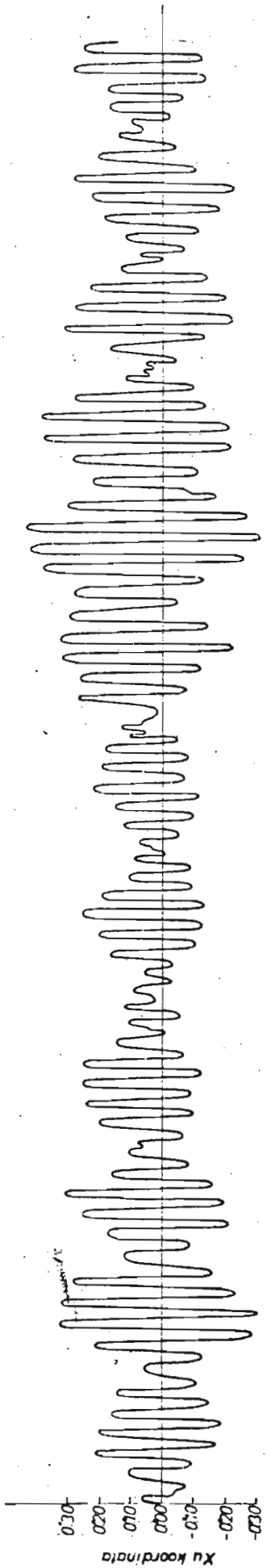
PRILOG II (NASTAVAK)

-123	-192	65	244 ^{1/2}	122	-103	98	94	-17	139	-82	-53	-19	-27	-9	-85
-167	-174	-4	-254	72	-131	90	77	13	169	-99	3	-75	19	-50	-62
-190	-115	-53	-234	18	-112	73	55	28	171	-105	47	-106	46	-84	-36
-200	-34	-95	-191	-26	-70	60	46	38	166	-92	77	-113	76	-107	0
-205	55	-137	-134	-47	-26	61	63	51	172	-57	90	-97	124	-121	49
-191	128	-155	-68	-59	11	67	55	84	169	-10	106	-67	168	-113	105
-156	181	-145	2	-68	44	74	27	132	151	45	125	-26	199	-86	161
-95	236	-119	67	-78	81	76	22	169	112	103	141	27	216	-58	211
-27	-279	-86	133	-85	120	74	20	194	68	155	134	82	214	-23	244
35	299	-57	201	-87	157	66	3	206	31	192	92	130	198	21	253
98	286	-18	238	-67	170	56	-21	208	-7	220	53	177	143	73	247
160	241	31	243	-30	162	42	-41	201	-44	240	24	220	89	130	235
223	172	82	233	10	155	19	-35	191	-83	245	-2	249	49	188	234
274	96	125	210	43	146	-8	-13	172	-113	234	-33	263	17	231	219
305	32	151	173	64	132	-32	14	141	-129	206	-75	259	-12	248	174
310	-26	161	126	77	113	-51	33	104	-137	168	-111	242	-46	249	131
291	-81	161	75	83	95	-63	42	63	-141	126	-132	212	-79	239	97
252	-144	161	34	90	91	-68	46	26	-146	91	-123	171	-83	218	62
198	-196	159	-8	96	95	-63	62	-11	-137	60	-98	117	-81	184	30
135	-223	152	-57	99	100	-45	99	-52	-103	29	-68	48	-91	133	6
81	-12	96	21	42	-6	57	80	-6	26	-27	118	-80	19	-91	8
34	-21	68	-5	38	-37	49	76	-26	51	-30	119	-104	64	-118	58
-6	-13	26	-38	7	-43	68	71	-34	74	-36	125	-116	124	-121	110
-37	13	-7	-52	-27	-26	79	62	-35	92	-34	136	-110	173	-115	152
-57	59	-13	-27	-47	11	58	51	-29	103	-14	152	-82	192	-114	173
-61	94	-13	14	-50	53	51	54	-14	108	21	171	-48	198	-97	205
-53	113	-8	56	-40	88	61	71	4	113	63	189	-10	202	-64	246
-47	135	10	80	-34	105	67	91	19	138	93	200	31	222	-23	271
-40	156	27	90	-26	116	73	107	29	151	118	197	74	236	28	280
-25	172	28	89	-11	132	79	116	36	127	140	172	115	225	92	275
3	182	33	90	11	145	84	114	45	113	155	136	157	210	155	260
42	187	46	92	37	152	88	102	57	109	161	93	193	191	208	236
92	195	74	88	61	159	94	80	73	90	162	53	207	156	241	205
131	193	99	75	83	157	96	56	75	71	150	19	201	110	256	170
145	167	105	57	100	138	88	37	49	63	121	-4	180	61	252	131
147	141	110	48	101	117	76	35	19	63	80	-16	148	30	210	75
143	121	113	47	88	103	61	43	-6	70	33	-19	107	21	142	13
139	107	104	36	77	113	50	32	-16	85	-4	-28	58	24	88	-15
130	88	84	23	68	117	36	18	-19	101	-33	-29	5	20	44	-29
116	53	56	16	65	95	16	14	-23	113	-56	-13	-47	-5	5	-43

-42	-35	48	31	34	39	39	115	-9	128	-47	108	-78	27	-100	-3
-94	-5	-16	10	0	37	8	110	-27	154	-87	133	-118	45	-72	24
-140	28	-59	16	-30	48	12	97	-37	169	-109	157	-123	95	-62	63
-163	70	-85	38	-57	65	25	91	-41	178	-109	180	-111	151	-60	110
-151	125	-99	65	-82	84	26	104	-42	181	-83	200	-97	190	-61	159
-120	181	-103	98	-100	101	28	115	-27	187	-46	213	-72	224	-45	191
-85	226	-100	134	-109	114	32	121	4	195	-6	223	-40	251	-17	209
-74	248	-91	167	-103	130	33	132	32	198	32	238	-21	265	-5	230
-62	254	-74	196	-84	154	36	141	64	197	68	246	2	269	5	247
-27	252	-48	218	-57	187	45	142	103	191	103	236	44	268	23	254
18	251	-18	223	-18	215	56	129	122	175	132	213	116	256	62	255
68	250	16	214	27	229	65	110	120	148	150	178	197	234	114	247
118	234	58	201	70	215	66	113	108	116	155	136	241	209	163	222
159	208	90	185	97	199	64	126	88	82	144	97	244	177	196	185
183	174	100	166	96	202	62	140	63	53	121	71	208	136	200	143
190	154	101	149	90	194	48	137	39	35	104	57	152	87	193	110
183	144	98	130	83	173	26	120	19	30	94	52	90	40	177	87
168	113	92	104	70	146	10	114	-2	28	77	49	31	10	158	66
143	79	81	77	59	125	2	112	-16	41	41	43	-28	-7	130	43
105	56	62	53	58	119	1	113	-21	76	-20	29	-88	-13	91	14
43	6	91	25	86	66	29	211	-59	156	-101	40	-58	-105	186	-72
-9	18	68	32	57	28	42	211	-39	179	-127	78	-135	-85	101	-90
-58	27	37	38	28	24	52	205	-33	198	-150	117	-187	-53	33	-97
-89	47	2	55	18	35	64	195	-26	214	-154	161	-217	-7	-24	-87
-93	86	-33	88	40	46	81	184	-8	227	-129	212	-227	53	-75	-52
-93	113	-49	111	57	71	96	165	28	232	-96	260	-209	124	-118	5
-91	180	-42	122	62	101	111	143	81	229	-56	298	-166	196	-148	74
-83	219	-20	126	54	107	136	138	147	222	8	318	-113	254	-158	130
-59	247	0	136	44	107	160	128	212	209	80	322	-58	302	-149	180
-12	266	3	163	38	116	170	100	261	185	150	313	-8	341	-118	225
39	267	18	190	32	118	168	69	281	139	217	278	53	366	-63	263
87	254	48	210	26	114	157	45	280	79	270	221	123	372	6	294
133	234	78	216	23	114	143	33	292	32	290	161	179	358	70	321
167	211	102	211	21	122	116	29	282	-13	298	99	233	319	126	333
181	185	115	194	20	143	74	26	223	-59	312	34	293	253	175	322
179	148	122	179	12	158	22	28	133	-86	303	-29	333	183	220	304
165	103	126	165	1	166	-29	38	35	-89	265	-85	346	116	259	282
142	67	123	138	4	173	-66	64	-23	-74	188	-126	331	54	283	258
120	42	117	113	13	184	-83	97	-56	-42	100	-142	299	0	291	229
107	27	108	98	19	201	-76	128	-77	-1	22	-125	256	-42	285	194

273	159	116	325	-125	279	-229	54	-91	-166	143	-194	231	6	146	254
258	120	163	305	-90	317	-258	149	-182	-104	69	-198	173	-49	172	207
240	64	218	284	-44	361	-266	235	-243	-3	-22	-182	118	-90	190	171
223	12	262	255	18	393	-239	317	-281	109	-112	-144	58	-113	203	142
209	-21	278	214	101	395	-169	395	-299	206	-188	-88	-11	-116	214	114
176	-42	283	167	180	373	-81	459	-263	297	-234	-15	-62	-92	201	82
124	-49	282	117	248	332	13	496	-187	378	-253	72	-95	-50	168	49
65	-35	272	68	303	288	110	489	-124	446	-265	164	-134	-15	139	22
11	-12	261	24	346	235	200	451	-53	492	-251	254	-152	28	108	6
-24	9	250	-11	377	171	272	399	40	510	-195	335	-131	84	75	2
-38	28	220	-35	391	103	344	331	140	510	-117	400	-106	145	32	-3
-39	49	169	-52	385	35	411	249	238	491	-26	445	-82	203	-13	-7
-44	88	102	-76	360	-27	454	147	326	445	64	461	-43	254	-45	5
-50	132	31	-93	306	-79	462	45	392	377	153	455	-11	292	-72	30
-51	170	-31	-87	221	-118	425	-40	426	290	238	436	-4	316	-99	66
-37	207	-81	-54	122	-155	361	-118	433	188	290	371	10	331	-114	114
-8	244	-116	4	21	-181	279	-182	411	78	308	272	36	339	-116	167
19	282	-137	82	-68	-176	195	-214	356	-22	311	174	74	339	-117	206
47	313	-146	163	-139	-131	105	-219	285	-104	301	97	107	326	-100	240
77	329	-143	230	-188	-44	9	-203	214	-163	276	55	124	296	-54	276
18	311	-229	208	-157	23	78	-56	138	33	94	224	1	300	-125	249
95	338	-214	283	-203	91	6	-64	83	1	66	190	13	315	-125	303
120	345	-174	364	-232	168	-58	-70	53	-16	59	157	19	302	-107	340
140	334	-123	431	-235	245	-107	-49	32	-12	61	139	33	285	-77	363
188	309	-73	467	-210	310	-136	19	7	14	59	148	65	282	-42	374
223	279	-4	488	-161	372	-153	107	-30	45	52	158	95	277	8	382
241	244	78	496	-97	427	-154	199	-74	77	42	162	119	267	70	384
262	189	152	482	-33	465	-127	276	-97	117	36	156	144	248	133	373
271	127	219	445	32	480	-84	335	-104	154	33	150	163	217	193	346
257	66	278	387	102	469	-36	372	-100	178	34	151	170	174	242	302
237	12	331	310	188	445	24	392	-72	208	39	151	171	129	282	245
215	-32	371	223	280	411	91	401	-28	242	46	149	163	90	305	185
189	-62	382	140	346	369	161	411	8	265	47	151	137	66	295	135
150	-72	357	59	382	313	223	407	40	282	47	157	102	60	257	88
91	-59	296	-18	386	241	269	378	71	301	48	169	62	70	196	37
19	-31	220	-70	368	168	297	331	87	301	34	175	22	82	128	-4
-57	5	139	-94	335	102	306	272	91	284	7	180	-17	95	62	-22
-130	39	63	-103	291	42	292	211	106	271	-19	206	-56	118	1	0
-188	80	-14	-85	232	-5	255	149	118	259	-30	241	-88	152	-59	39
-220	139	-92	-37	156	-37	199	84	115	247	-15	273	-112	196	-119	74

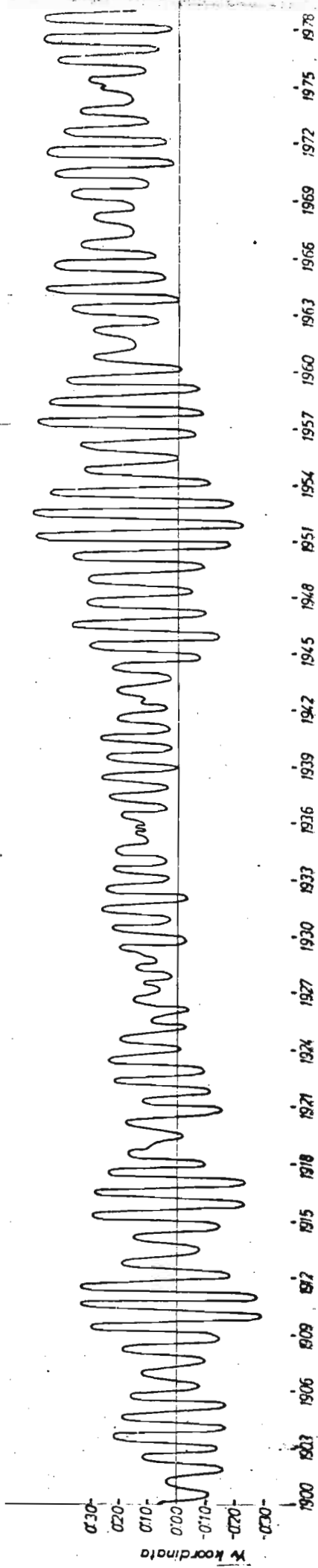
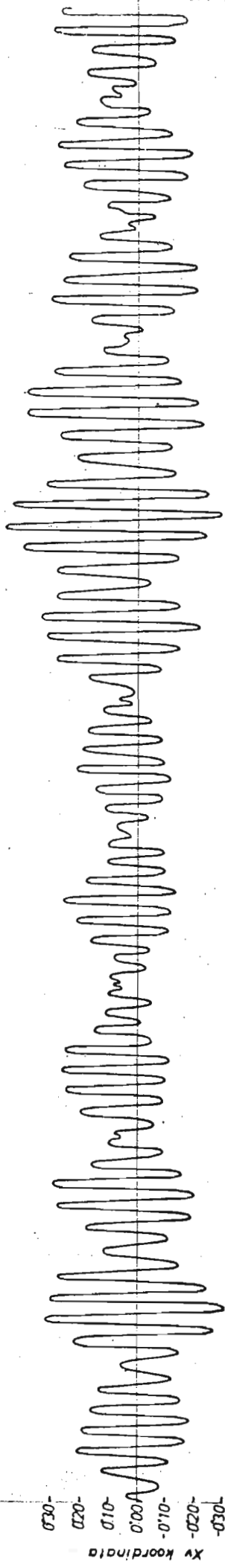
-171	114	-10	50	62	102	103	237	-51	299	-114	282	-133	161	-58	23
-205	162	-75	65	31	108	86	219	-31	299	-93	289	-168	201	-125	54
-204	227	-135	96	5	96	71	194	-10	303	-95	296	-171	253	-184	95
-185	292	-179	145	-28	85	52	170	12	301	-83	313	-158	308	-221	149
-162	347	-199	210	-74	86	27	156	35	285	-33	351	-141	359	-223	213
-125	405	-211	271	-105	110	15	160	55	269	13	380	-110	404	-191	278
-74	456	-210	320	-119	152	15	172	68	257	50	391	-68	439	-136	340
-9	466	-181	360	-128	182	7	163	68	243	95	379	-25	458	-87	399
69	454	-131	397	-127	211	4	152	62	230	134	356	28	457	-37	448
156	434	-69	434	-114	245	17	154	61	218	158	332	97	432	18	480
219	395	5	451	-102	289	41	161	80	201	177	299	164	394	84	489
251	340	81	441	-89	333	62	171	107	182	189	259	219	347	154	474
260	283	137	409	-50	351	50	183	100	166	187	210	251	296	220	449
263	228	179	365	4	351	28	194	67	159	165	166	259	240	266	403
272	181	214	320	63	343	13	198	17	165	121	139	244	180	280	335
265	135	238	275	111	331	-7	204	-20	166	81	121	213	134	261	275
234	94	248	233	139	316	-33	214	-44	168	44	110	172	102	220	232
173	67	241	196	144	296	-54	231	-79	200	-9	108	121	69	189	197
106	52	202	161	136	274	-67	255	-109	239	-60	115	64	40	160	160
50	46	121	126	121	255	-64	285	-122	266	-95	133	7	18	129	110
75	61	207	155	132	239	10	261	-44	202	-63	82	-16	26	0	0
10	24	176	122	137	209	-8	276	-57	216	-96	114	-61	17	0	0
-27	21	147	117	133	172	5	283	-65	239	-134	158	-94	49	0	0
-55	48	114	119	119	147	35	289	-58	276	-155	211	-114	107	0	0
-89	101	71	113	95	147	67	300	-31	328	-145	269	-124	173	0	0
-112	168	34	116	72	158	90	314	-2	380	-117	335	-144	244	0	0
-119	239	6	135	56	171	103	323	23	419	-77	399	-165	314	0	0
-104	304	-21	173	59	174	123	311	36	431	-36	451	-143	380	0	0
-67	354	-40	218	65	172	146	290	52	419	8	477	-95	436	0	0
-13	383	-47	258	62	171	171	268	81	392	56	470	-31	479	0	0
38	402	-37	289	67	179	181	252	125	360	120	454	31	489	0	0
76	412	-14	312	76	194	177	237	169	326	192	431	90	481	0	0
90	411	9	336	76	205	176	206	179	297	253	376	189	466	0	0
106	399	32	351	78	213	164	171	169	266	288	316	249	447	0	0
140	379	52	352	88	221	131	141	154	227	286	270	256	414	0	0
177	352	79	340	88	237	98	120	158	189	271	214	259	366	0	0
208	322	107	320	75	259	68	112	168	153	244	151	262	310	0	0
219	296	113	303	57	270	34	126	134	118	194	105	253	247	0	0
221	259	113	285	40	270	3	152	72	89	126	71	232	188	0	0
223	204	122	264	29	259	-24	182	-5	73	48	47	205	140	0	0



1900 1903 1906 1909 1912 1915 1918 1921 1924 1927 1930 1933 1936 1939 1942 1945 1948 1951 1954 1957 1960 1963 1966 1969 1972 1975 1978 1981

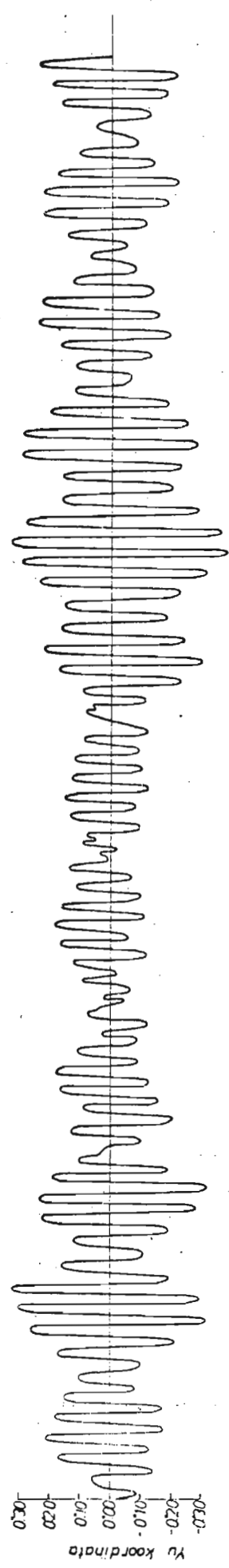
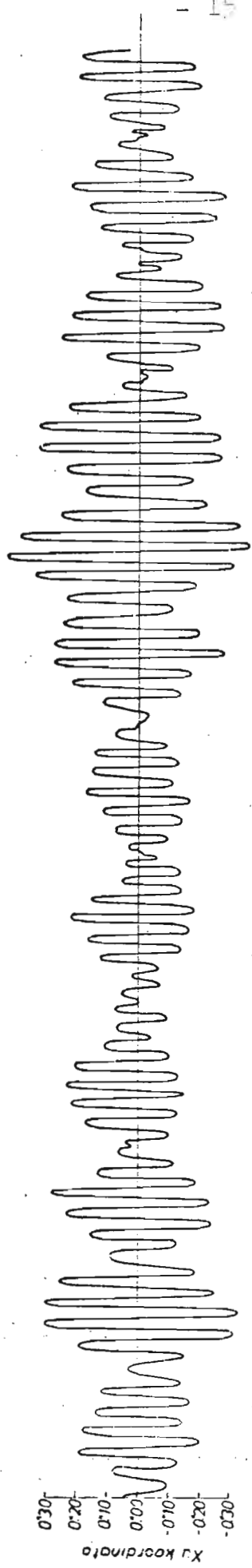
Prilog III. Sirove koordinate pola i z-član.

PRILOG IV



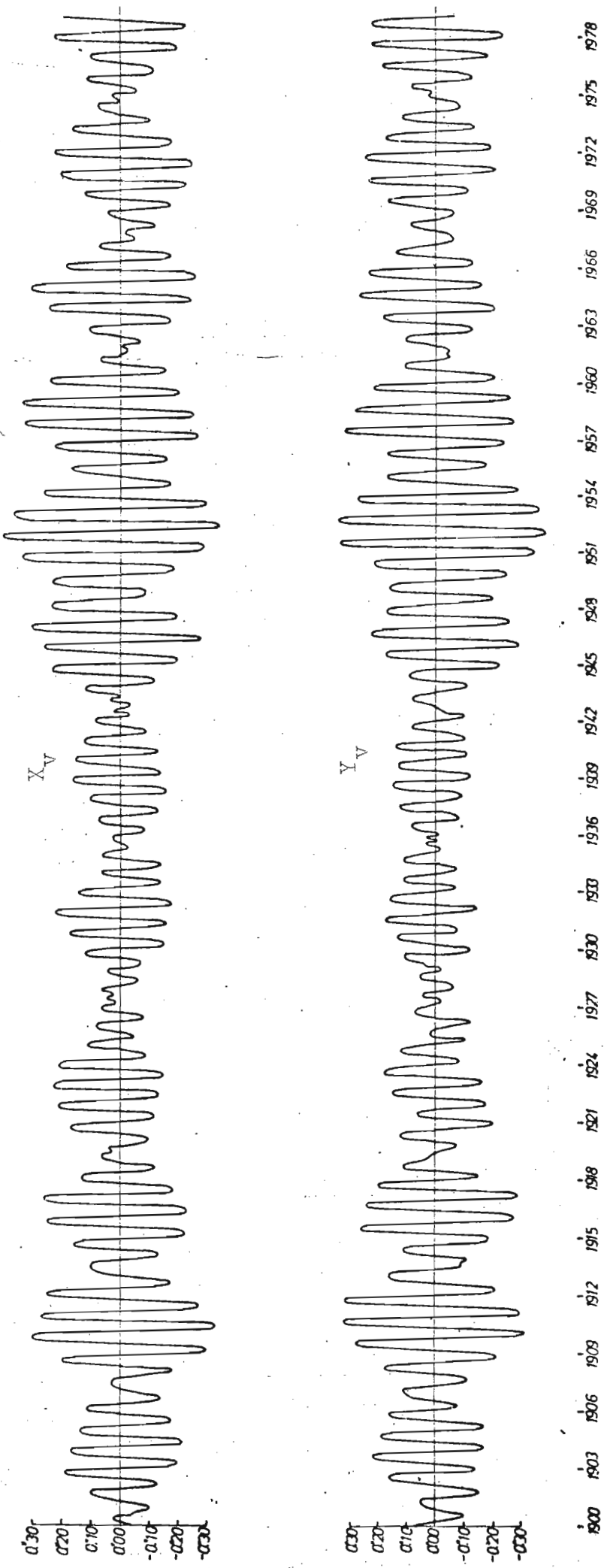
IZRAVNATI PODACI

Prilog IV.

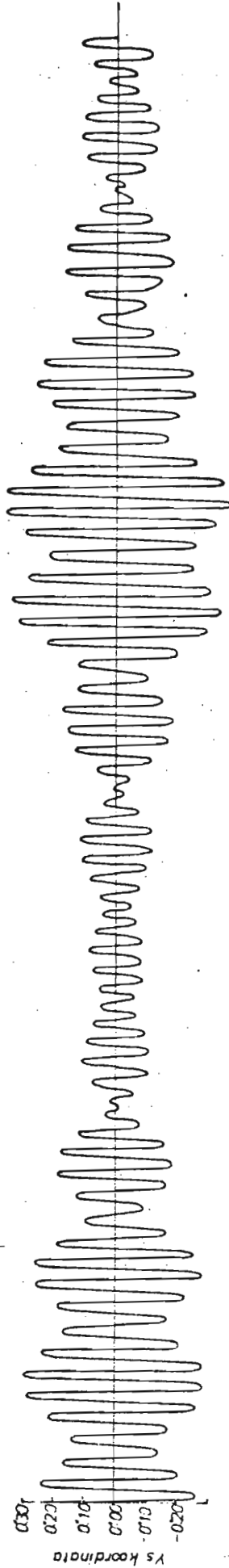
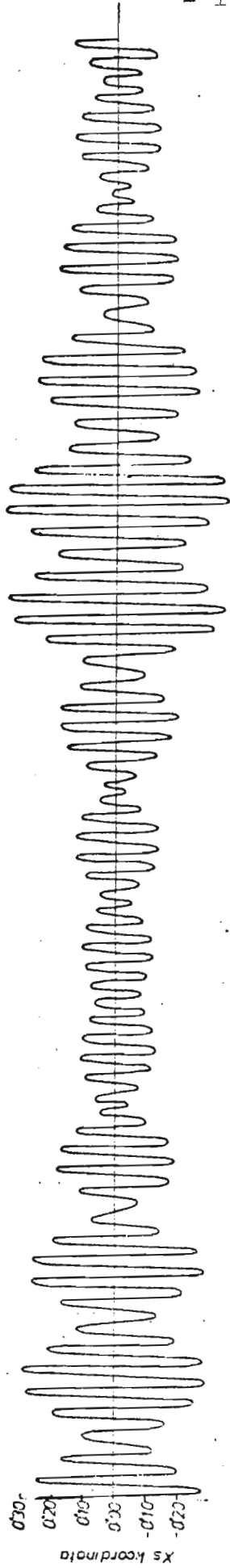


800 1900 1906 1912 1915 1918 1921 1924 1927 1930 1933 1936 1939 1942 1945 1948 1951 1954 1957 1960 1963 1966 1969 1972 1975 1978 1981

Prilog V. Sirove koordinate pola bez sekularnog člana.

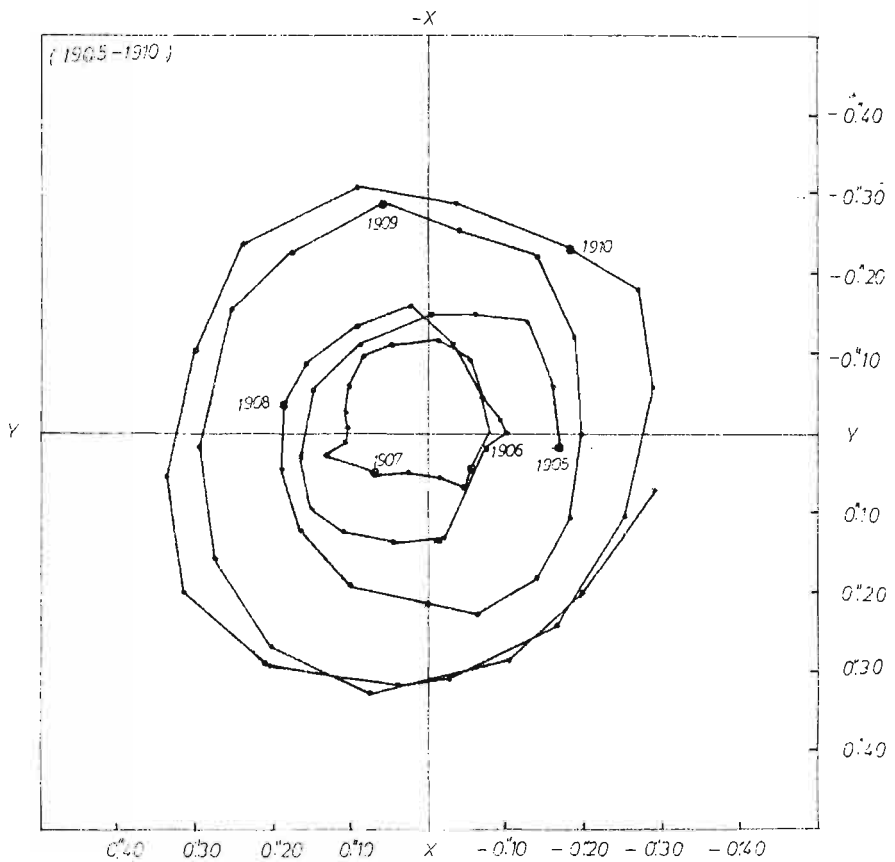
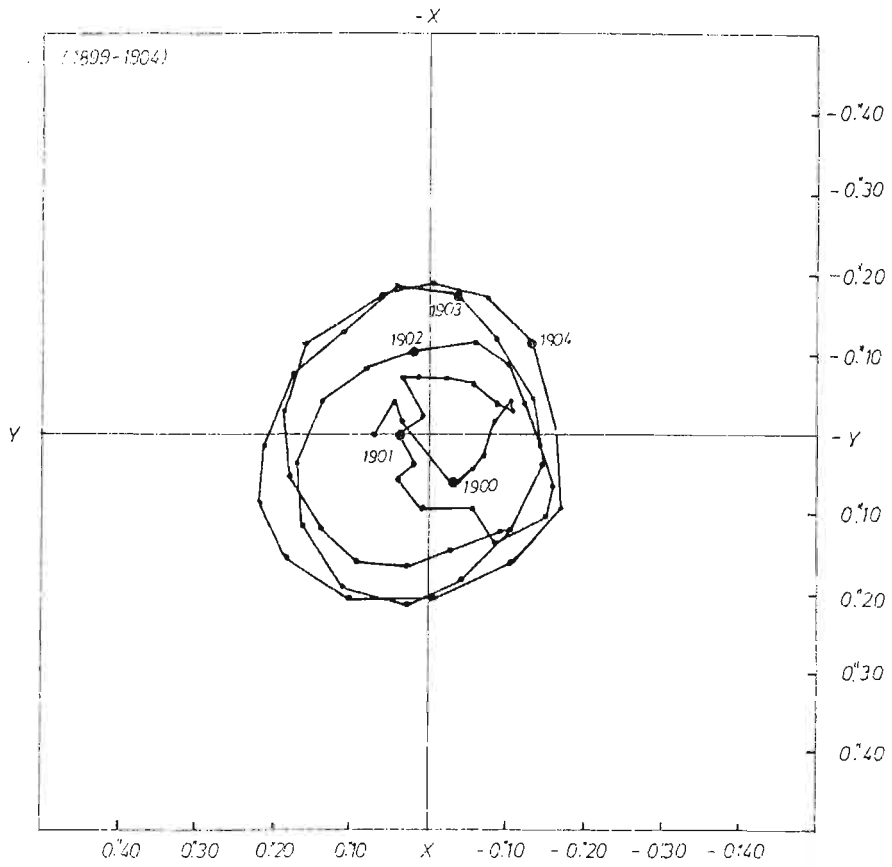


Prilog VI. Izravnote koordinate pola bez sekularnog člana.

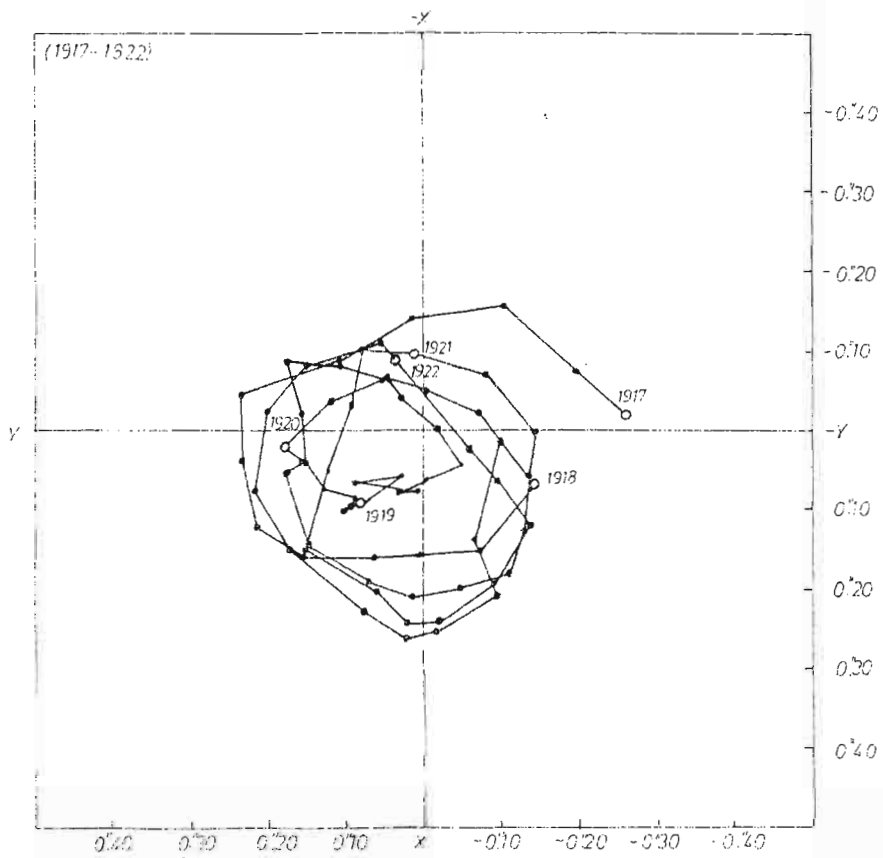
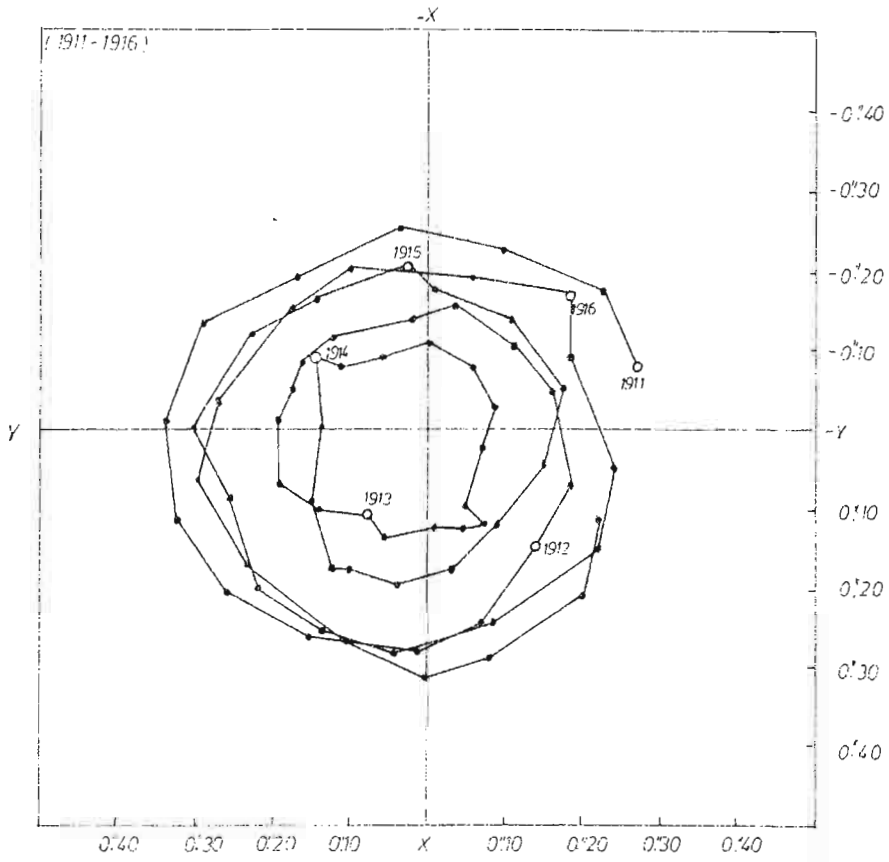


1900 1903 1906 1909 1912 1915 1918 1921 1924 1927 1930 1933 1936 1939 1942 1945 1948 1951 1954 1957 1960 1963 1966 1969 1972 1974 1977 1980

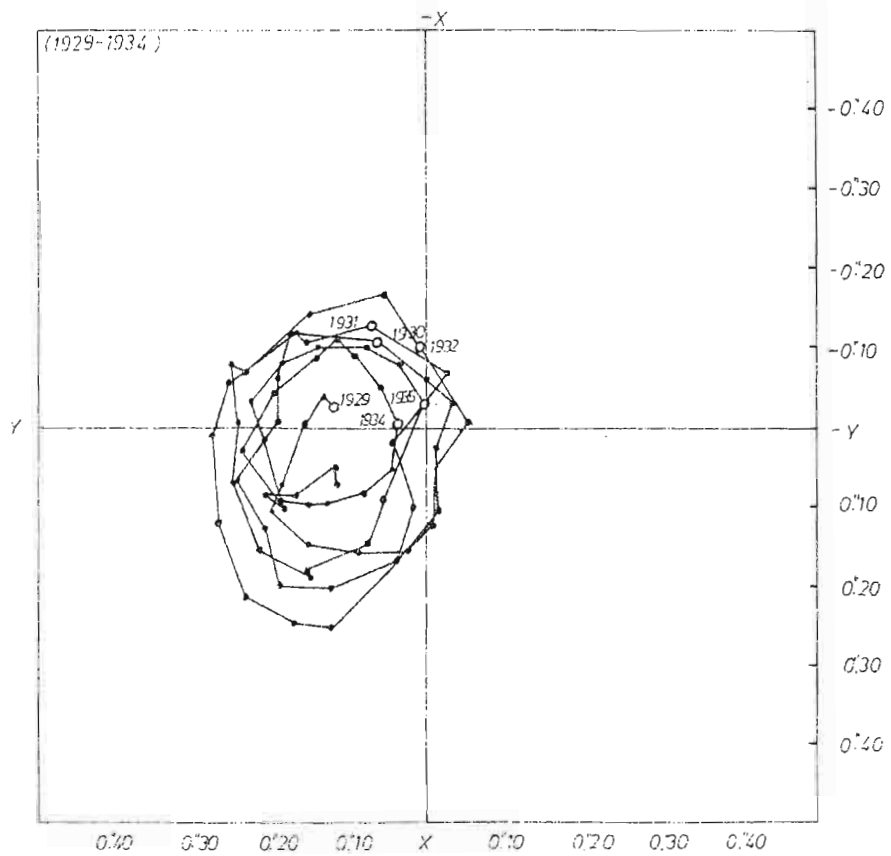
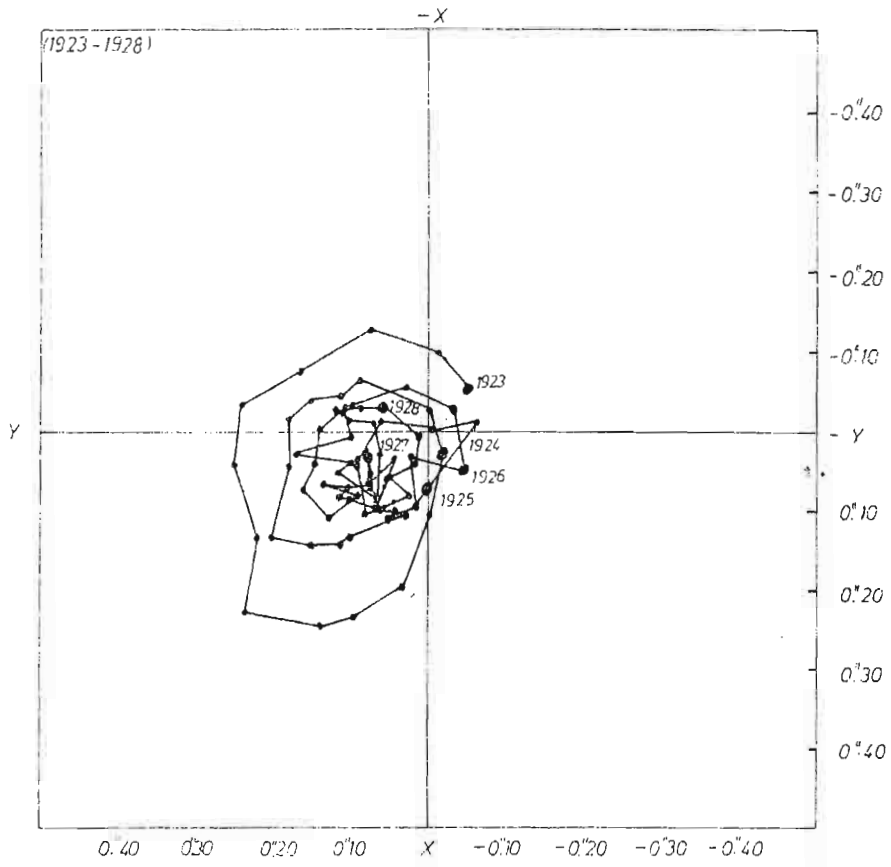
Prilog VII. Generisane koordinate pola.



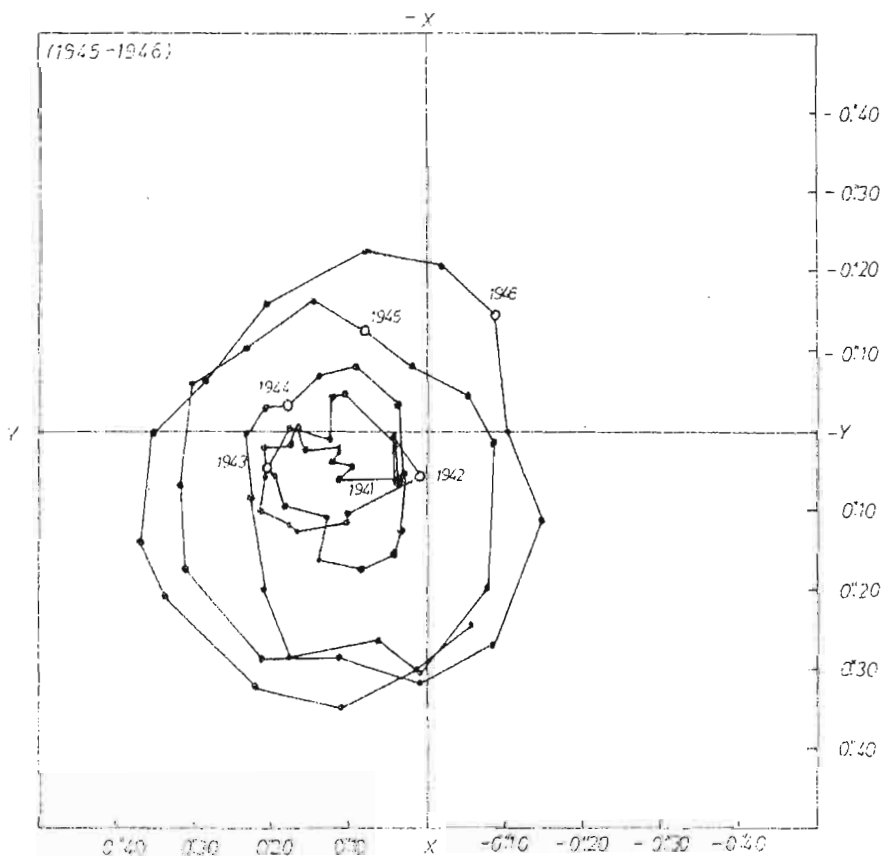
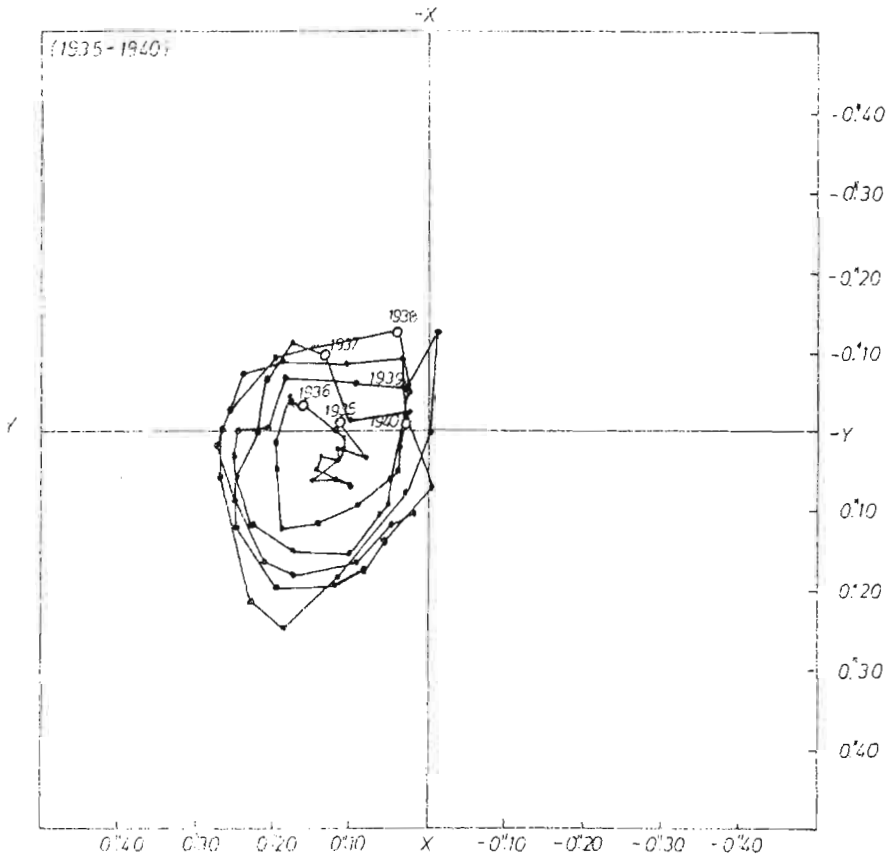
Prilog VIII. Orbita pola.



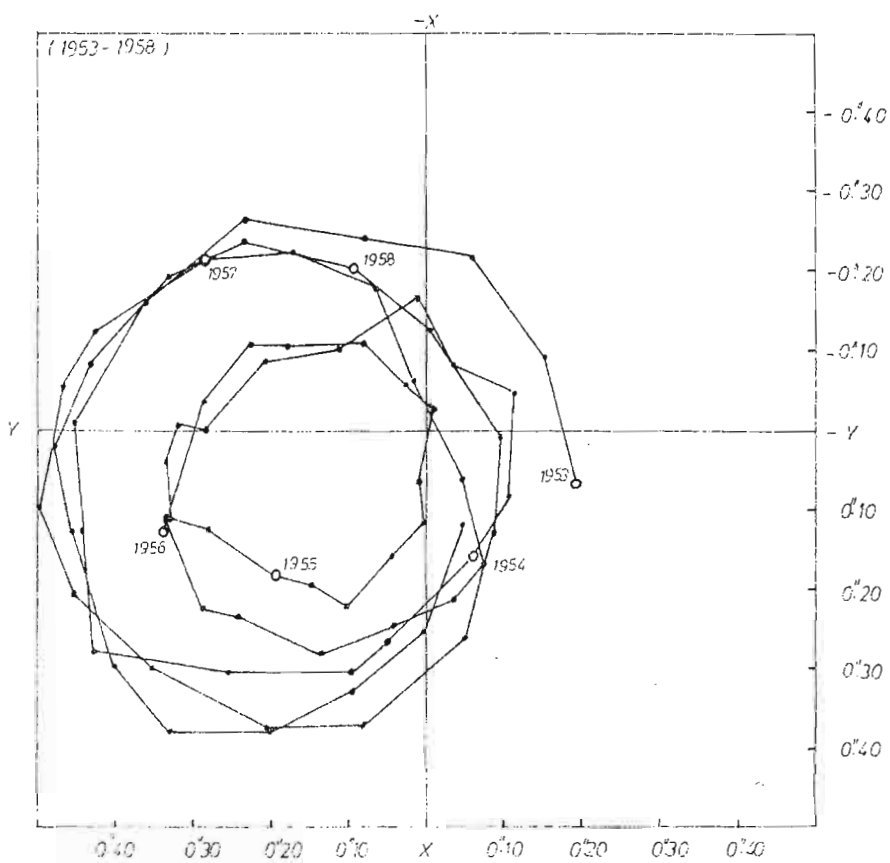
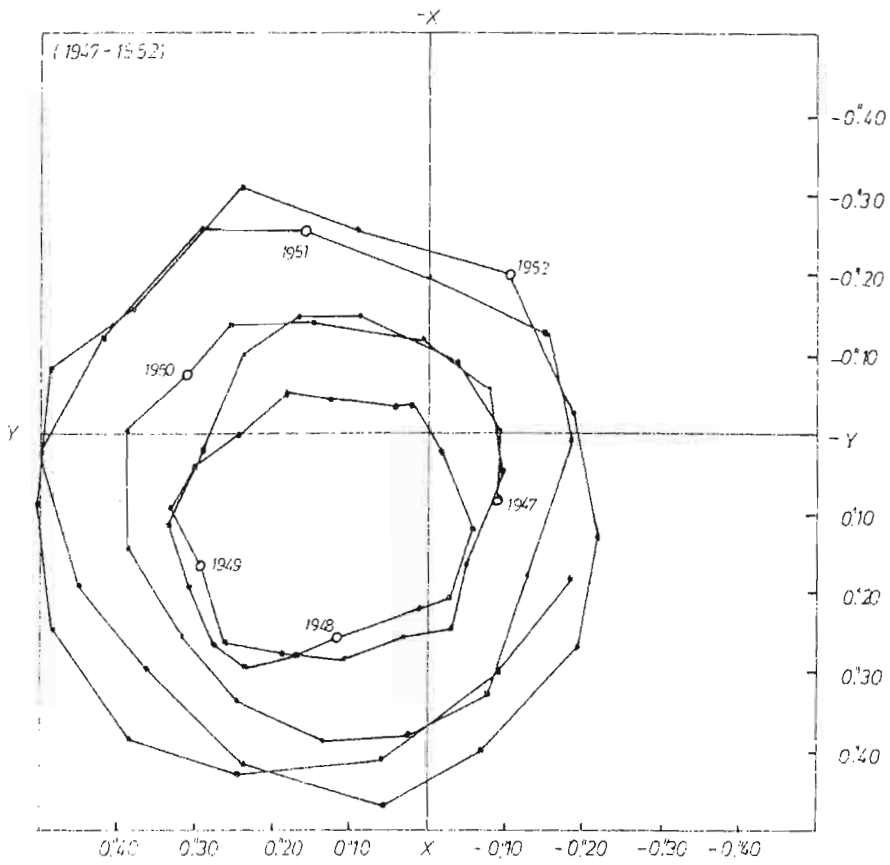
Prilog VIII. Orbita pola.



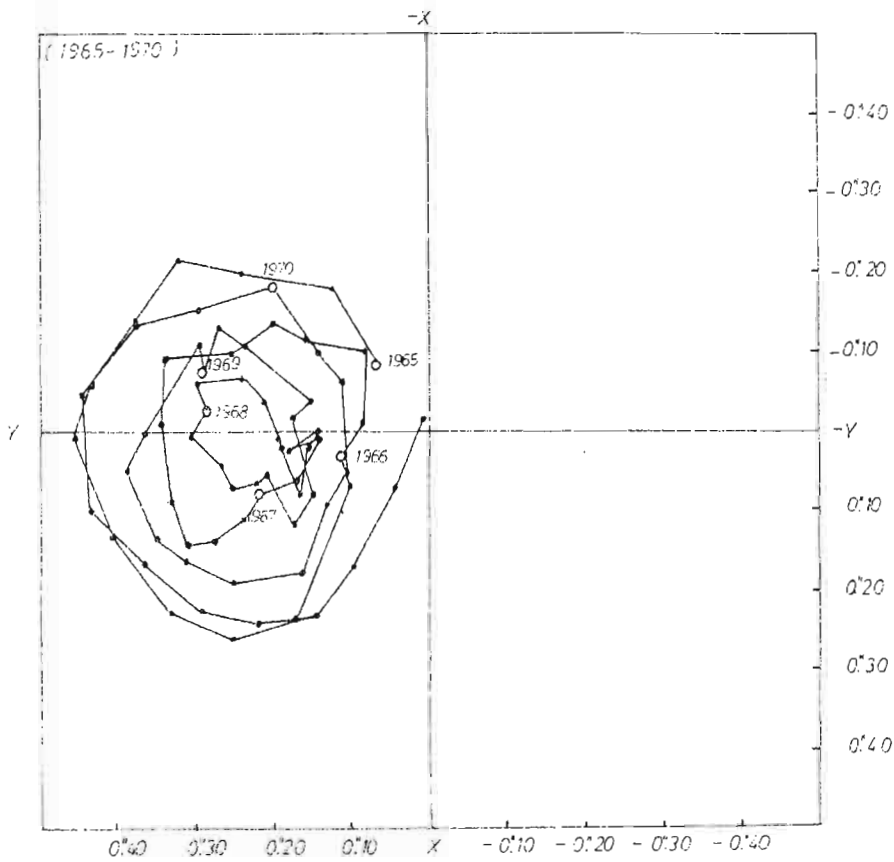
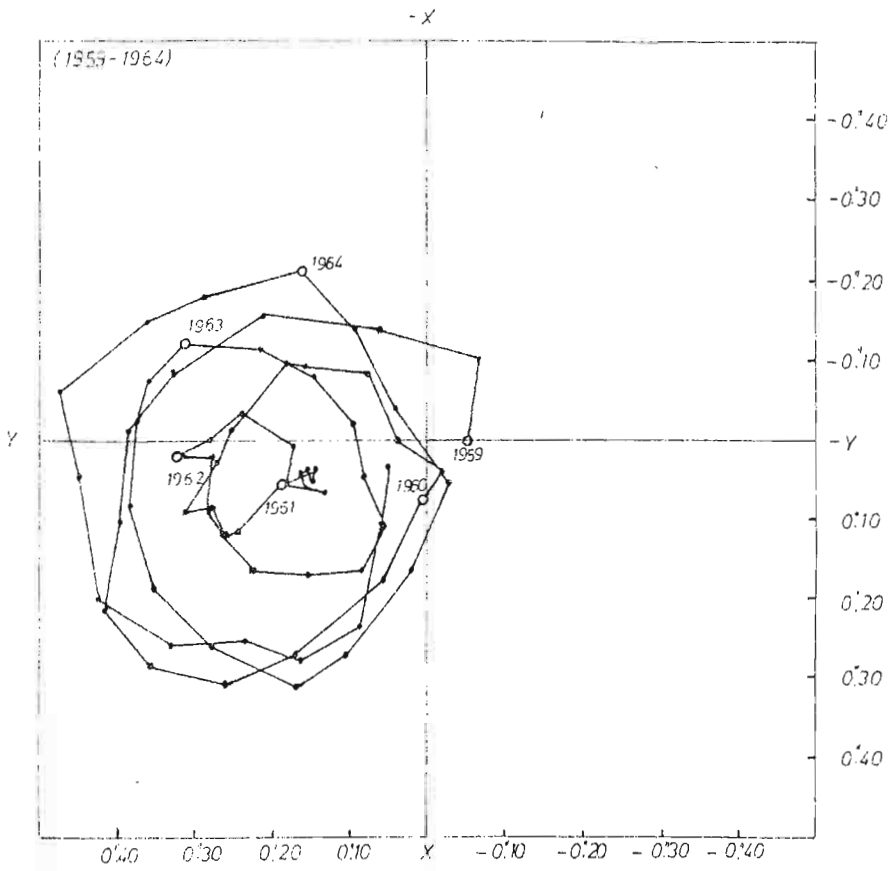
Prilog VIII. Orbita pola.



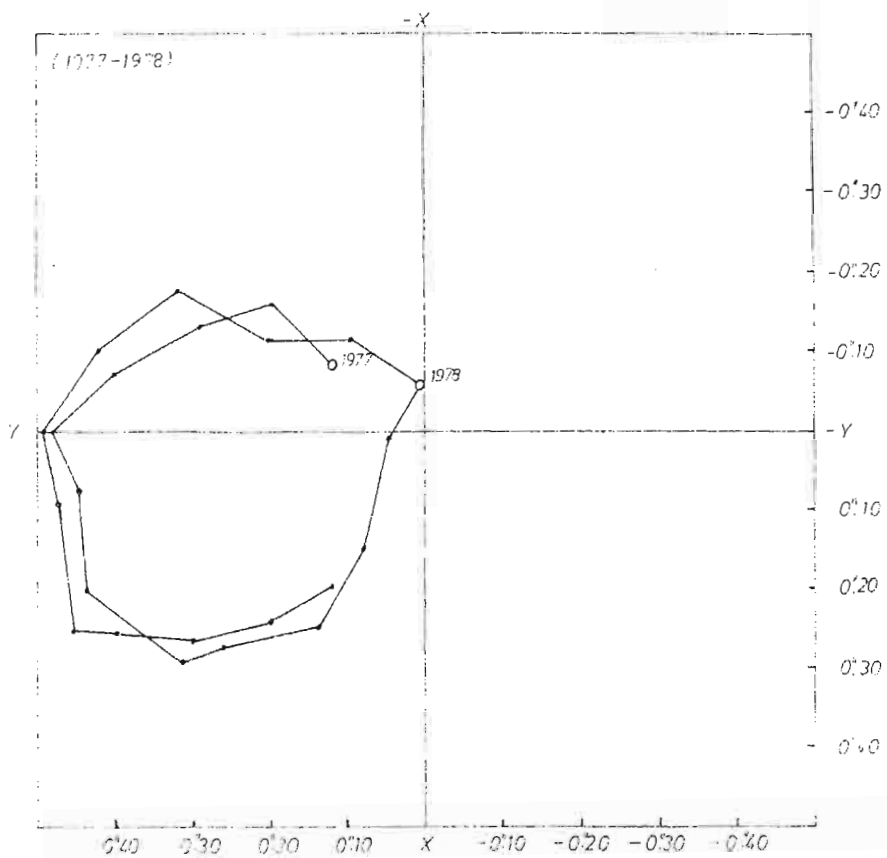
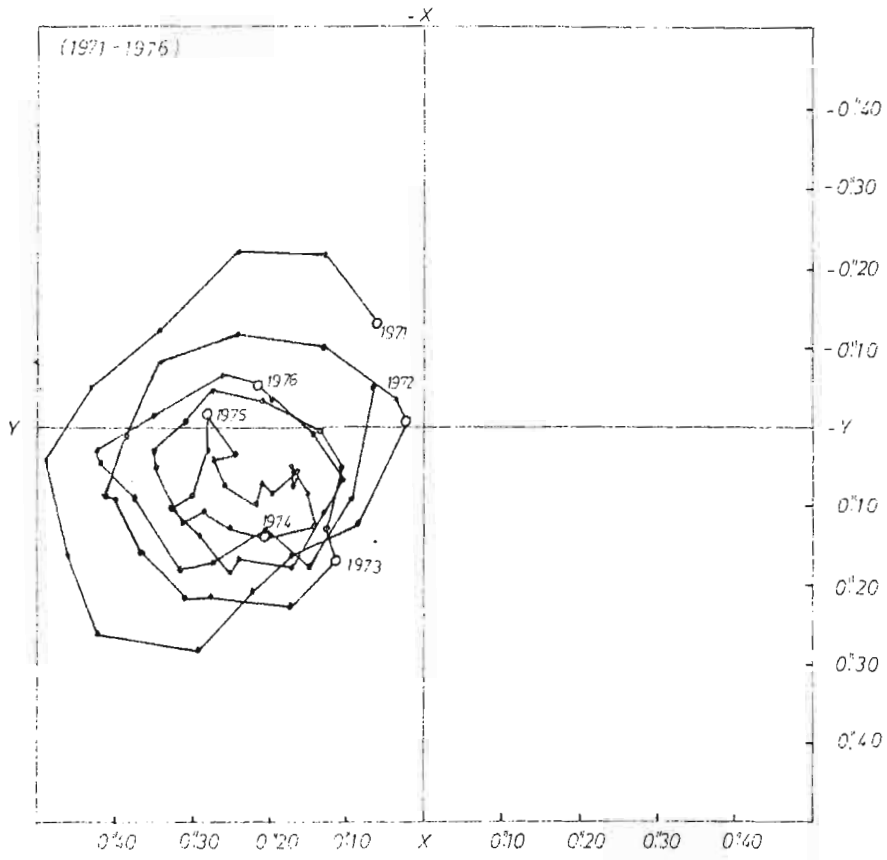
Prilog VIII. Orbita pola.



Prilog VIII. Orbita pola.



Prilog VIII. Orbita pola.



Prilog VIII. Orbita pola.