

Univerzitet u Beogradu
Elektrotehnički fakultet

Raspodela sile reakcije podloge pri hodu sa različitim visinama potpetica

Diplomski rad

Student: **Milica D. Đurić**

Mentor: **Prof. dr Dejan Popović**

Beograd, april 2007.

Predgovor

Malo je stvari koje se po ženstvenosti i eleganciji mogu meriti sa parom lepih nogu na visokim potpeticama. I malo je devojaka i žena na svetu koje se neće zaustaviti pred izlogom prodavnice sa obućom. Sa druge strane, ako bi bilo koja iskrena pripadnica lepšeg pola krenula da prepričava događaje sa mature, apsolvantske večeri, svog venčanja ili bilo koje druge svečanosti, sigurno nijedna ne bi izostavila da spomene koliko su je sutradan bolele noge i šta je sve isprobala da bi umanjila taj bol. Ipak, visoke potpetice su neizostavni deo večernje toalete jer izdužuju nogu, stanjuju bokove, ulepšavaju celu figuru, daju samopouzdanje. Mnogim devojka (tj. ženama) su one nezamenljiv deo garderobe, bilo da se radi o svečanoj prilici, uobičajenom radnom danu, šetnji po gradu ili odlasku na pijacu. I, dok industrija obuće cveta i muškarci uživaju u prizorima, retko koja žena razmišlja o tome čime sve može da rezultuje nošenje ovakvih cipela. Posledice zavise od anatomije stopala, vrste obuće, hoda i životnog ritma. Mogu biti raznovrsne – od malih i gotovo zanemarljivih žuljeva i povremenog bola nakon duge šetnje, do ozbiljnih problema sa stopalima, kolenima i kukovima.

Ono šta je mene zanimalo, i šta se krije iza dugačkog naslova ovog rada, je kako visina štikle utiče na ženski hod. U pokušaju da saznam nešto više, nastao je ovaj diplomski rad, koji se bavi raspodelom opterećenja u kritičnim tačkama na stopalu, u zavisnosti od visine potpetica.

Ovo istraživanje je sprovedeno nad 8 devojaka koje su pokazale izuzetno interesovanje, volju i strpljenje tokom svih eksperimenata i zaista im se od srca zahvaljujem na podršci i pomoći.

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Senzori	6
3. Sistem za akviziciju i snimanje hoda.....	9
3.1. Prenosni uređaj	9
3.2. Softver za akviziciju i snimanje podataka	11
4. Merenje	14
5. Obrada mernih podataka.....	18
5.1. Učitavanje rezultata merenja	18
5.2. Izbor reprezentativne sekvence	19
5.3. Spektar	20
5.4. Autokorelacija	21
5.5. Korelacija sa širokim pravougaonim impulsom.....	22
5.6. Korelacija sa uzanim pravougaonim impulsom	24
5.7. Korelacija sa rampom.....	26
6. Rezultati merenja.....	27
6.1. Cipele sa negativnim nagibom	28
6.2. Ravne cipele i niske štikle	34
6.3. Štikle srednje visine.....	37
6.4. Visoke štikle	44
7. Zaključak	51
Literatura	52
Prilog. Katalog hodova	53

1. Uvod

Ispitivanje hoda obuhvata razne parametre, počevši od raspodele sile pritiska na podlogu i ubrzanja (udara), preko trajektorija raznih tačaka nogu i tela, pa do pravilnosti ritma. Ova ispitivanja su od značaja za razne oblasti.

U medicini se ispitivanje hoda primenjuje u dijagnostici raznih oboljenja, kao što su, na primer, poremećaji centralnog nervnog sistema, dijabetes i razne povrede. Primenjuje se i prilikom rehabilitacije raznih oboljenja, na primer, posle povreda ili prilikom oporavka od moždanog udara.

U sportu, ispitivanje hoda i pokreta tela uopšte ima za cilj optimizaciju pokreta, kako bi se postigli što bolji rezultati.

U robotici, ljudski hod se ispituje sa ciljem da se opišu zakonitosti hoda, kako bi se mogle implementirati u upravljanju humanoidnim robotima.

U industriji obuće se ispitivanje hoda upotrebljava kao pomoć u projektovanju oblika cipele i izbora materijala (posebno za đonove i uloške), kako bi se hodanje načinilo što ugodnijim.

Primer je *Insolia Invisible Comfort System* [1], koji je optimiziran na osnovu rezultata merenja i biomehaničkih kriterijuma. Uložak je posebno dizajniran za nošenje visokih potpetica, omogućava njihovo udobno nošenje jer smanjuje pritisak na jastučetu na račun povećanja pritiska na peti. Proizvođači ovih uložaka garantuju smanjene bolove na stopalima i u leđima, bolju stabilnost skočnog zgloba, držanje i ravnotežu. Ovo potvrđuju i brojni dizajneri cipela, posebno dizajneri visoke mode, koji već standardno ugrađuju ove uloške u svoje cipele.



Slika 1.1. Raspored pritiska na stopalo sa i bez korišćenja *Insolia* uloška, princip „rada“ uloška, i izgled cipele sa *Insolia* uloškom.

U literaturi su navedeni razni uređaji za snimanje hoda. Upotrebljavaju se razni senzori, počevši od jednostavnih prekidača koji se ubacuju u cipele, preko senzora sile (piezoelektričnih i otpornih), akcelerometara, pa do žiroskopa i interferometara. U nekim primenama, posebno starijim, senzori su povezani sa uređajem za akviziciju podataka pomoću žica. Takva fiksna veza ne ometa mnogo ponašanje ispitanika jedino ukoliko on hoda po pokretnoj traci, ali je nepraktična za druge primene, posebno za ispitivanja van laboratorije. Da bi se ometanje ispitanika što više smanjilo, primenjuju se bežične veze, zasnovane na radio ili optičkom prenosu. Osim toga, senzori i uređaj za prenos podataka treba da budu što lakši i smešteni tako da ispitanik ne obraća pažnju na njihovo prisustvo.

Od mnogih primera ispitivanja hoda koji se mogu naći u literaturi, navodimo dva jednostavnija istraživanja relevantna za ovaj rad. Hod na štiklama je ispitivan na Mičigenskom univerzitetu [2], ali su samo praćene trajektorije tačaka na telu (slika 1.2), a nisu merene sile.



Slika 1.2. Snimanje trajektorije tačaka na telu.

U Japanu je ispitivana ravnomernost ritma koraka pomoću bežičnog uređaja [3]. Kao senzori, upotrebljeni su prekidači, ali raspodela pritiska nije određivana.

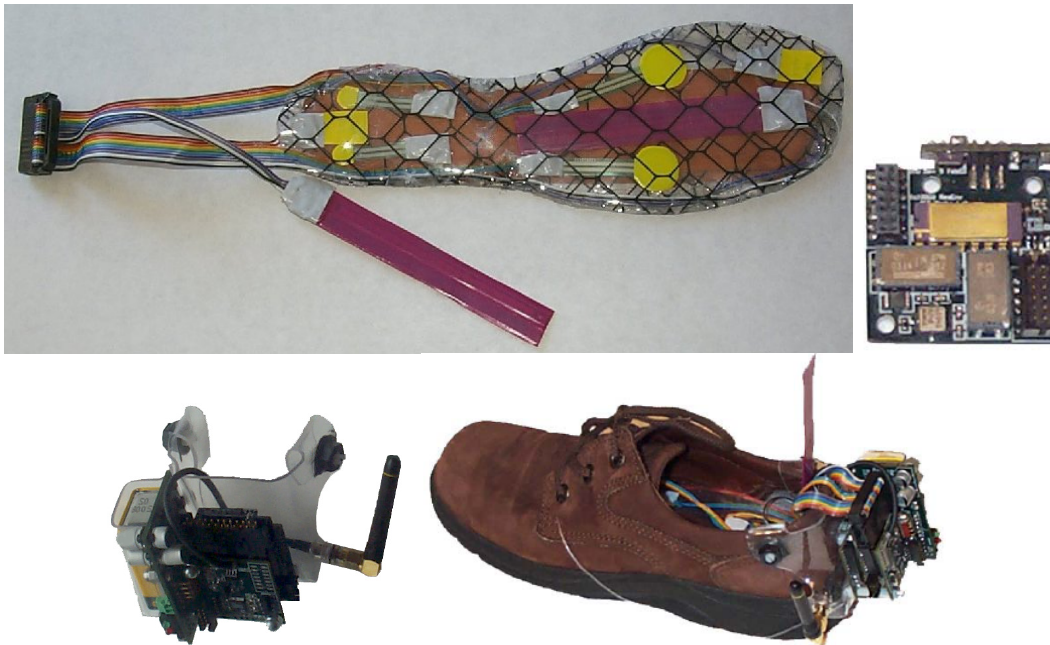
Ispitivanjem hoda se bave i na Univerzitetu u Gvelfu, u Kanadi. [4]. Kao senzori sile, koriste se nepokretne platforme po kojima se gazi (slika 1.3).



Slika 1.3. Senzori-platforme za ispitivanje hoda.

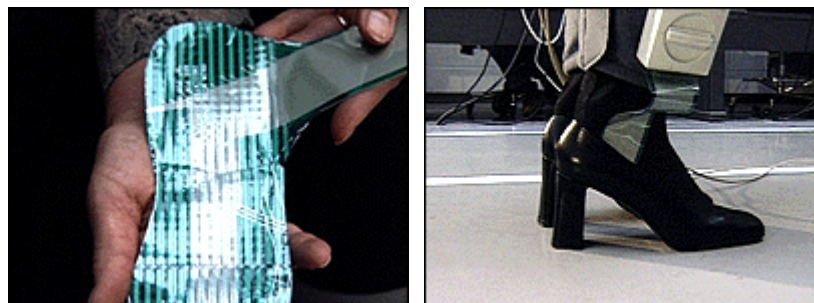
U radovima sa MIT-a [5, 6], i u još nekoliko radova istih autora, opisan je modularni bežični sistem za ispitivanje hoda. Upotrebljeni su razni senzori: rezistivni senzori, piezoelektrični senzori i senzori savijanja (za merenje sile), akcelerometri i žiroskopi (za merenje linijskih i ugaonih ubrzanja), kao i sonari (za merenje rastojanja). Sistem ima i svoju baznu stanicu za komunikaciju, kao i odgovarajući softver. Na slici 1.4 je prikazan uložak sa

senzorima sile, štampana pločica sa akcelerometrima i žiroskopima, kompletan prenosni bežični uređaja i cipela na koju je taj uređaj montiran.



Slika 1.4. Delovi sistema za ispitivanje hoda razvijenog na MIT-ju.

Na Univerzitetu u Kalgariju (Kanada) razvijen je sistem za merenje sila koje deluju između stopala i cipele [7] koji ima posebno konstruisan uložak sa oko 1000 senzora za merenje sile (slika 1.5).



Slika 1.5. Senzori za merenje sile razvijeni na Univerzitetu u Kalgariju.

Sistem je primenjen da bi se ispitale kritične tačke pri hodanju u cipelama na visokim štiklama, a u kojima su sile najveće. Ustanovljeno je da su sile pri hodanju na štiklama za oko 50% veće nego kada se hoda u patikama. Međutim, u patikama je pritisak relativno ravnomerno raspoređen po stopalu (slika 1.6), dok je pri hodanju na visokim štiklama, pritisak izrazito neravnomeran i najjači oko jastučeta stopala. Osim toga, ustanovljeno je da je pri hodanju na štiklama noga nestabilna, što dovodi do zamora. Ova ispitivanja imaju sličan cilj kao naša ispitivanja s tim što smo mi analizirali ne samo razlike između cipela, već i koliko je hod karakteristika cipela (odnosno visine štikle), a koliko individualna karakteristika hoda devojaka.



Slika 1.6. Raspodela sile pritiska u patikama (levo) i cipelama sa visokim štiklama (desno). Plava boja odgovara malom pritisku, a crvena boja velikom pritisku.

Mnoge laboratorije prave svoje sisteme uređaja za ispitivanje hoda, ali postoje i komercijalni proizvodi. Primeri su sistemi *texscan* [8] i *footscan* [9], koji imaju ploče za merenje pritiska po kojima se može hodati bosim nogama, kao i uloške za cipele (slika 1.7). Neki od tih komercijalnih sistema imaju žičnu vezu sa računarom za akviziciju podataka, dok drugi sistemi podatke smeštaju u prenosni uređaj koji ispitanik nosi zakačen za pojas.



Slika 1.7. Texscan sistemi (gore) i footscan (dole).

A šta smo mi uradili?

Za potrebe ovog rada je napravljen poseban sistem koji prikuplja signale sa senzora i šalje ih preko bežične komunikacije (*Bluetooth*) na računar. Taj računar radi kao kontroler procesa merenja i kao uređaj za snimanje podataka. O ovome će biti reči u trećem poglavlju.

Istraživanje je sprovedeno nad 8 devojaka. U njihove cipele je bio stavljen posebno napravljen uložak sa sensorima koji su merili silu reakcije podloge (cipele) koja deluje na stopalo tokom hoda. Nešto više o ovim sensorima će biti rečeno u drugom poglavlju.

Jedna od bitnih stvari bilo je i osmišljavanje eksperimenta. Bilo je potrebno odrediti koje su to ključne tačke na stopalu koje вреди meriti i upoređivati, odrediti uslove u kojima se meri, zatim koja adekvatnu obuću za analiziranje i snimanje. Trebalo je dizajnirati uložak tako da ne utiče na rezultate hoda, a da senzori budu lako prenosivi iz cipele u cipelu. Sve ovo, i još po nešto, sadržaj je četvrtog poglavlja.

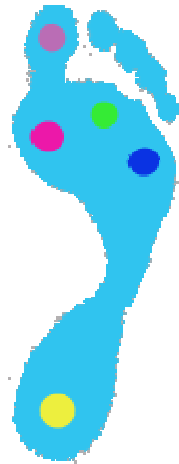
Nakon eksperimenata, snimljeni signali su obrađivani u Matlabu, što je tema petog poglavlja. Analizirani su snimljeni hodovi devojaka. Iz učitanih fajlova se birala reprezentativna sekvenca nekoliko uzastopnih koraka nad kojom se vršila dalja obrada signala. Cilj obrade je bio da se na osnovu izabrane sekvence izvedu zaključci o silama koje deluju na stopalo. Obrada signala izdvojenih sekvenci se zasnivala na pretraživanju, primeni korelacije i brze Furijeove transformacije. Kao rezultat, dobijena je „lična karta“ svakog merenja: grafici i numerički podaci koji karakterišu signale.

Rezultati celokupnog istraživanja su analizirani u šestom poglavlju.

U prilogu ovog rada je dat katalog sa kompletnim rezultatima merenja, za svih osam devojaka i za sve tipove cipela koje su devojke nosile.

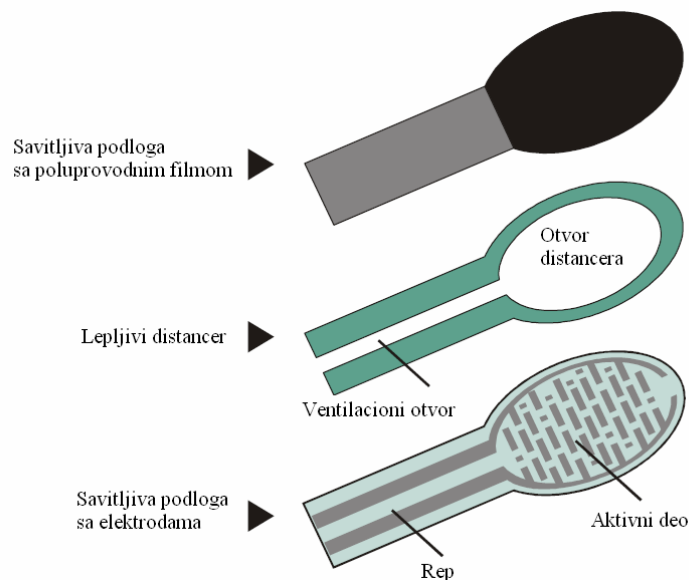
2. Senzori

Osnovni zadatak ovoga rada je da se ispita raspodela sile reakcije podloge (cipele) koja deluje na stopalo tokom normalnog hoda. U opterećene zone je postavljeno ukupno pet senzora, prema rasporedu kao na slici 2.1. Svaki senzor je označen drugom bojom. Te boje se poklapaju sa bojama u programu za akviziciju podataka.



Slika 2.1. Raspored senzora sile.

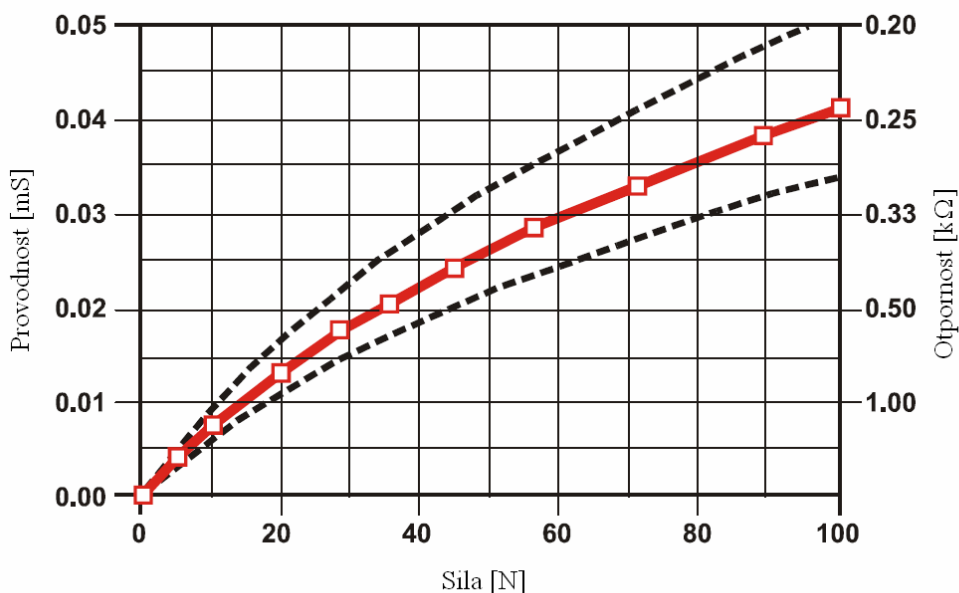
Korišćeni su FSR (*force-sensing resistor*) senzori [10] zbog njihove mehaničke fleksibilnosti i niske cene. Na slici 2.2 je skiciran FSR senzor. Upotrebljeni su Interlink-ovi senzori, model 402. Aktivna površina senzora je kružnog oblika, prečnika 18 mm.



Slika 2.2. Konstrukcija FSR senzora.

FSR senzor je načinjen u tehnici debeloslojnih filmova. Sastoji se od tri sloja. Prvi sloj je savitljiva podloga na koju je nanet poluprovodnik. Drugi sloj spaja prvi i treći sloj, a istovremeno obezbeđuje razmak između prvog i trećeg sloja. Drugi sloj sadrži i ventilacioni otvor. Treći sloj je savitljiva podloga na kojoj su naštampane učešljane elektrode i priključci.

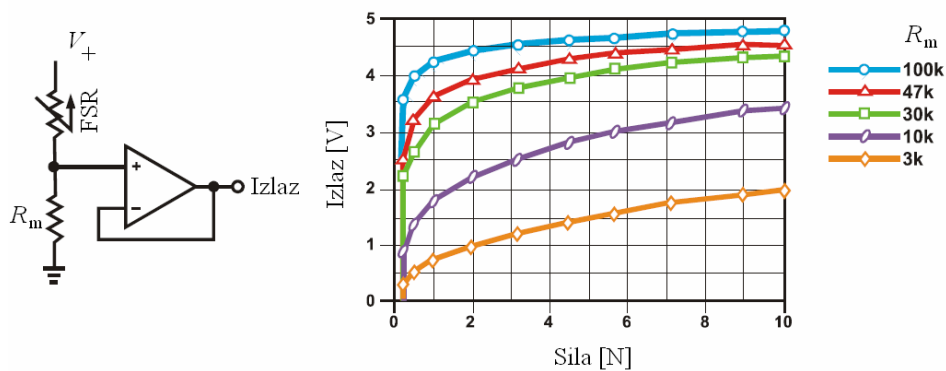
Kada na aktivnu površ senzora deluje sila, otpornost između priključaka se smanjuje sa povećanjem sile. Zavisnost otpornosti od sile je nelinearna, ali je zavisnost provodnosti od sile gotovo linearna, kao što se vidi sa slike 2.3. Osetljivost senzora je prilagođena za pravljenje kontrola koje se aktiviraju dodiranjem (*touch control*).



Slika 2.3. Tipična zavisnost provodnosti FSR senzora od sile.

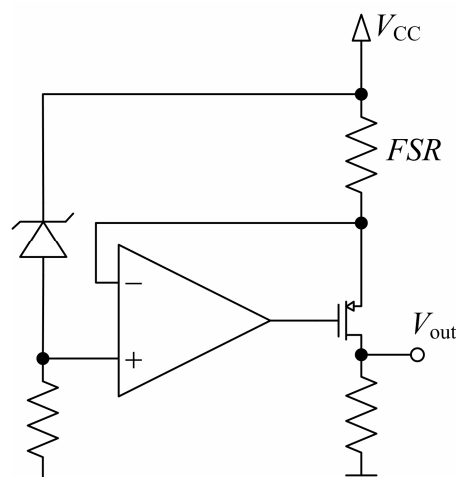
Isprekidanim linijama su na slici 2.3 prikazane tipične granice varijacija karakteristika od senzora do senzora. Te varijacije su relativno velike (oko $\pm 20\%$). Stoga FSR senzori nisu pogodni za precizna merenja.

Na slici 2.4 je prikazano osnovno kolo za konverziju sile u napon. Kada se menja otpornost senzora, menja se napon na izlazu operacionog pojačavača. Ako je otpornost otpornika R_m znatno manja od otpornosti senzora, napon na tom otporniku je približno linearno srazmeran otpornosti senzora. Pri tome se otpornik R_m i operacioni pojačavač ponašaju kao ampermetar, koji meri jačinu struje senzora. Na slici 2.4 su prikazane i tipične zavisnosti napona na izlazu operacionog pojačavača od primenjene sile. Ako izlaz operacionog pojačavača priključimo na A/D konvertor, dobićemo podatak o sili u digitalnom obliku.



Slika 2.4. Kolo za konverziju sile u napon i tipične zavisnosti izlaznog napona od sile.

U prenosnom uređaju koji je napravljen za potrebe snimanja hoda (opisanom u sledećem poglavlju) FSR senzor je vezan u nešto drugačije kolo za konverziju sile u napon. To kolo je prikazano na slici 2.5.



Slika 2.5. Kolo za konverziju sile u napon upotrebljeno u prenosnom uređaju.

Za svaku devojku-ispitanicu napravljen je poseban uložak i za taj uložak su zalepljeni senzori, kao što će biti objašnjeno u četvrtom poglavlju.

3. Sistem za akviziciju i snimanje hoda

Za potrebe snimanja hoda, tj. merenje raspodele sile reakcije podloge prilikom hodanja, napravljen je poseban sistem koji prikuplja signale sa senzora i šalje ih preko bežične komunikacije (*Bluetooth*) [11] na računar. Taj računar radi kao kontroler procesa merenja i kao uređaj za snimanje podataka. Sistem podržava upotrebu FSR senzora i akcelerometara.

Sistem za akviziciju i snimanje hoda se sastoji od odgovarajućeg hardvera i softvera. Hardver sistema se sastoji od prenosnog uređaja sa ugrađenom bežičnom komunikacijom i računara sa odgovarajućim modulom za bežičnu komunikaciju. Na računaru je instaliran softver za akviziciju i snimanje podataka.

3.1. Prenosni uređaj

Fotografija prenosnog uređaja je prikazana na slici 3.1.



Slika 3.1. Fotografija prenosnog uređaja.

Uređaj ima baterijsko napajanje sa četiri NiMH (nikal metal hidrid) baterije od 1200 mAh. Na uređaju postoje 24 utičnice za priključivanje senzora (8 FSR senzora i 8 akcelerometara).

Uređaj ima tri celine: ulazni deo (za kondicioniranje signala), mikrokontroler i modul za bežičnu komunikaciju (*Bluetooth*).

1. Deo za kondicioniranje signala

U delu za kondicioniranje signala, signal sa senzora (struja ili napon u nekom opsegu) prilagođava se nivou potrebnom za optimalan rad A/D konvertora mikrokontrolera.

FSR senzor je vezan u kolo kao na slici 2.5. FSR senzor se napaja konstantnim naponom, a napon na izlazu kola je proporcionalan sili.

Kod akcelerometara nema kondicioniranja signala. Postoji samo niskofrekventno filtriranje jednostavnim RC kolom. Signal sa izlaza filtra se direktno vodi na odgovarajući ulaz A/D konvertora.

2. Mikrokontroler

Mikrokontroler upravlja merenjima, vrši A/D konverziju i ostvaruje vezu sa modulom za bežičnu komunikaciju.

Uz mikrokontroler se nalaze dva analogna multipleksera. Jednim multiplekserom se 8 signala sa FSR senzora (preciznije, iz dela za kondicioniranje signala) multipleksira na jedan analogni ulaz A/D konvertora. Drugim multiplekserom se signali sa 16 kanala sa akcelerometara (po dva kanala sa svakog akcelerometra) multipleksira na drugi analogni ulaz A/D konvertora. Konvertori su integrisani u mikrokontroler.

Digitalizovani signali se zatim šalju prema modulu za bežičnu komunikaciju.

3. Modul za bežičnu komunikaciju

Komunikacija između prenosnog uređaja i stacionarnog računara obavlja se bežičnim putem, pomoću odgovarajućeg modula. Modul sadrži sofisticiranu elektroniku koja implementira *Bluetooth* protokol. Modul je klase 1, što omogućava domet¹ do 100 m.

Ovom modulu se spolja pristupa preko serijskog komunikacionog protokola. OSI (*Open Systems Interconnection Basic Reference Model*) slojevi su implementirani u tom modulu. Modul se kontroliše pomoću skupa AT komandi.

Karakteristike uređaja

Uređaj ima 24 kanala. Od toga je 8 kanala predviđeno za FSR senzore, a 16 kanala za 8 akcelerometara sa po dve ose (x i y).

Brzina akvizicije podataka je 100 obiraka u sekundi. Tokom intervala vremena $t_0=10$ ms, mikroprocesor uzima odbirke sa svih senzora, pakuje ih i šalje preko modula za bežičnu komunikaciju ka stacionarnom računaru.

Rezolucija A/D konvertora je 10 bita, odnosno 1024 nivoa.

Baterijsko napajanje obezbeđuje neprekidan rad uređaja u trajanju od oko 20 h.

Upotreba uređaja

Uređaj je jednostavan za upotrebu. Na njemu se nalazi prekidač kojim se uređaj uključuje. Indikator je crveni LED koji svetli kada je uređaj uključen.

Kratko vreme nakon uključivanja, upali se žuti LED, koji pokazuje da je modul za bežičnu komunikaciju spreman. Tada je uređaj spreman za merenje.

Žice koje idu od senzora su upletene u žičnu formu. Na uređaju se nalaze konektori za FSR senzore i akcelerometre (po 8 za svaku grupu senzora).

Uređaj se može nositi okačen o pojas ili u ruci (slika 3.2).

¹ Pod uslovom da je na računaru takođe Bluetooth modul klase 1.



Slika 3.2. Fotografija prenosnog uređaja prilikom merenja.

3.2. Softver za akviziciju i snimanje podataka

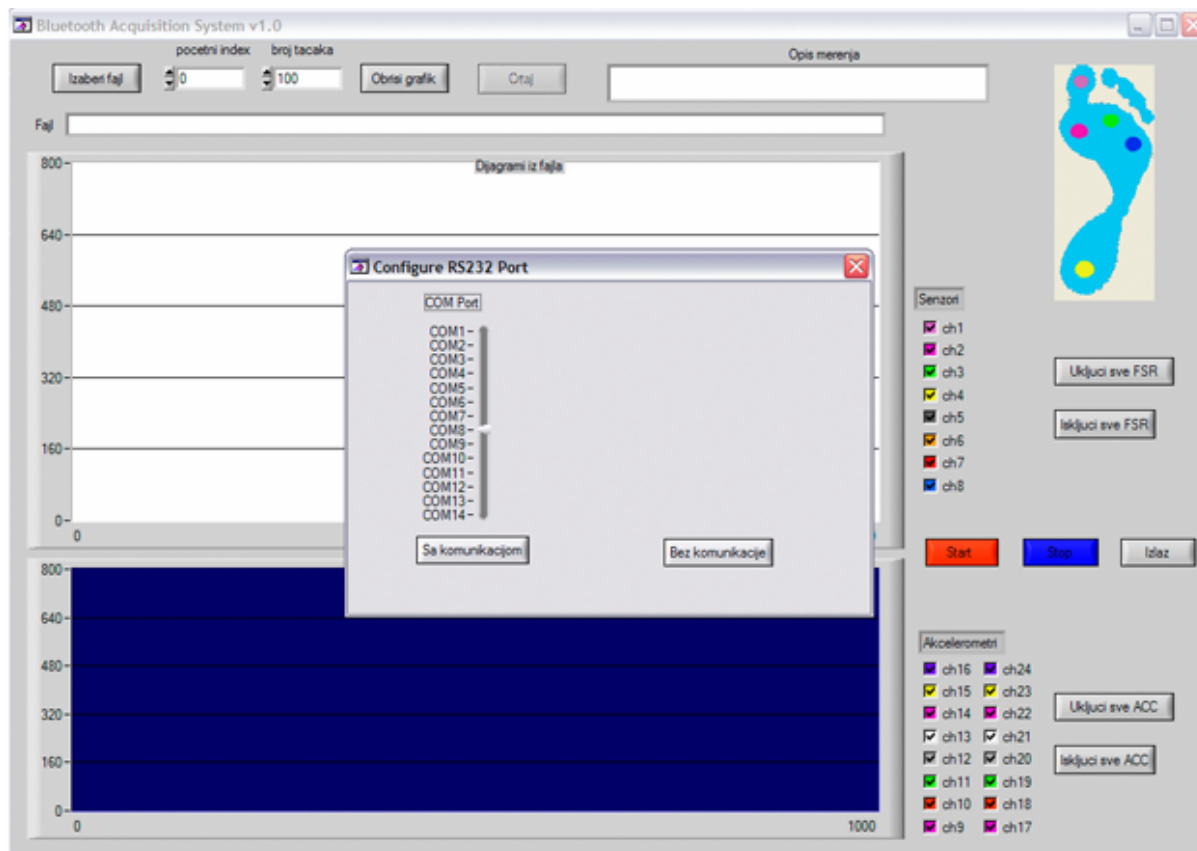
Za potrebe eksperimenta je, osim prenosnog uređaja, razvijen i softver *Bluetooth Acquisition System* (bas.exe) za akviziciju i snimanje podataka u programskom okruženju *LabWindows/CVI* [12]. Softver je predviđen za korišćenje servisiranja 8 FSR senzora i 8 akcelerometara (svaki sa po 2 kanala, za x i y osu).

U okviru softvera *Bluetooth Acquisition System*, predviđena su dva režima rada:

1. prikazivanje signala tokom primanja sa prenosnog uređaja i automatsko snimanje tih signala,
2. prikazivanje snimljenih signala (zapamćenih u datoteci).

Izbor željenog režima se vrši prilikom startovanja programa.

Ako želimo da program koristimo za snimanje, bismo režim „Sa komunikacijom“ i odaberemo odgovarajući komunikacioni port (COM Port) na kome se nalazi *Bluetooth* uređaj na računaru (slika 3.3).



Slika 3.3. Maska pri pokretanju softvera *Bluetooth Acquisition System* u režimu rada sa komunikacijom.

Nakon biranja opcije „Sa komunikacijom“ i odgovarajućeg komunikacionog porta, u prozor predviđen za komentare upisuje se ime devojke koja se snima, visina potpetice i, po potrebi, dodatni komentar. Sadržaj ovog prozora će biti upamćen, a biće prikazan svaki put prilikom otvaranja fajla sa snimljenim podacima. Komentar se mora upisati pre početka snimanja, kako bi ostao upamćen u fajlu.

Gornji grafički prozor (slika 3.3) služi za prikaz snimljenih signala, a donji služi za prikazivanje podataka u realnom vremenu tokom merenja i akvizicije podataka.

Na horizontalnoj osi grafika prikazuje se broj odbiraka. Period odabiranja je 10 ms, tako da 100 odbiraka odgovara jednoj sekundi. Na vertikalnoj osi je obeležen nivo odbiraka (rezolucija od 10 bita).

Kanali koje želimo da snimamo ili gledamo biraju se selekcijom odgovarajućih *checkbox*-ova. Boja *checkbox*-a odgovara boji kojom se signal kanala iscrtava na slici, kao i boji senzora (slika 2.1). Time se obezbeđuje da se uvek isti senzori koriste na istom mestu, kao i da se lakše identifikuje sa kog mesta potiče signal.

Pre nego što se počne snimanje, potrebno je proveriti da li računar vidi prenosni uređaj za akviziciju podataka, odnosno da li je uspostavljena komunikacija između njih. Žuti LED na prenosnom uređaju mora biti upaljen, što označava da je uređaj spreman za rad.

Sistem se startuje pritiskom na dugme **Start**. Tokom snimanja, signali se prate na donjem prozoru. Snimanje se zaustavlja pritiskom na dugme **Stop**.

Signali su sada automatski snimljeni i sačuvani kao binarni fajl. Ime svakog fajla se automatski generiše i sadrži datum i vreme početka snimanja, a dodeljena mu je ekstenzija *.gaz. Fajlovi se snimaju direktno na hard disk, u direktorijum c:\Program Files\bluetooth system. Lokacija i ime fajla se vide u prozoru Fajl.

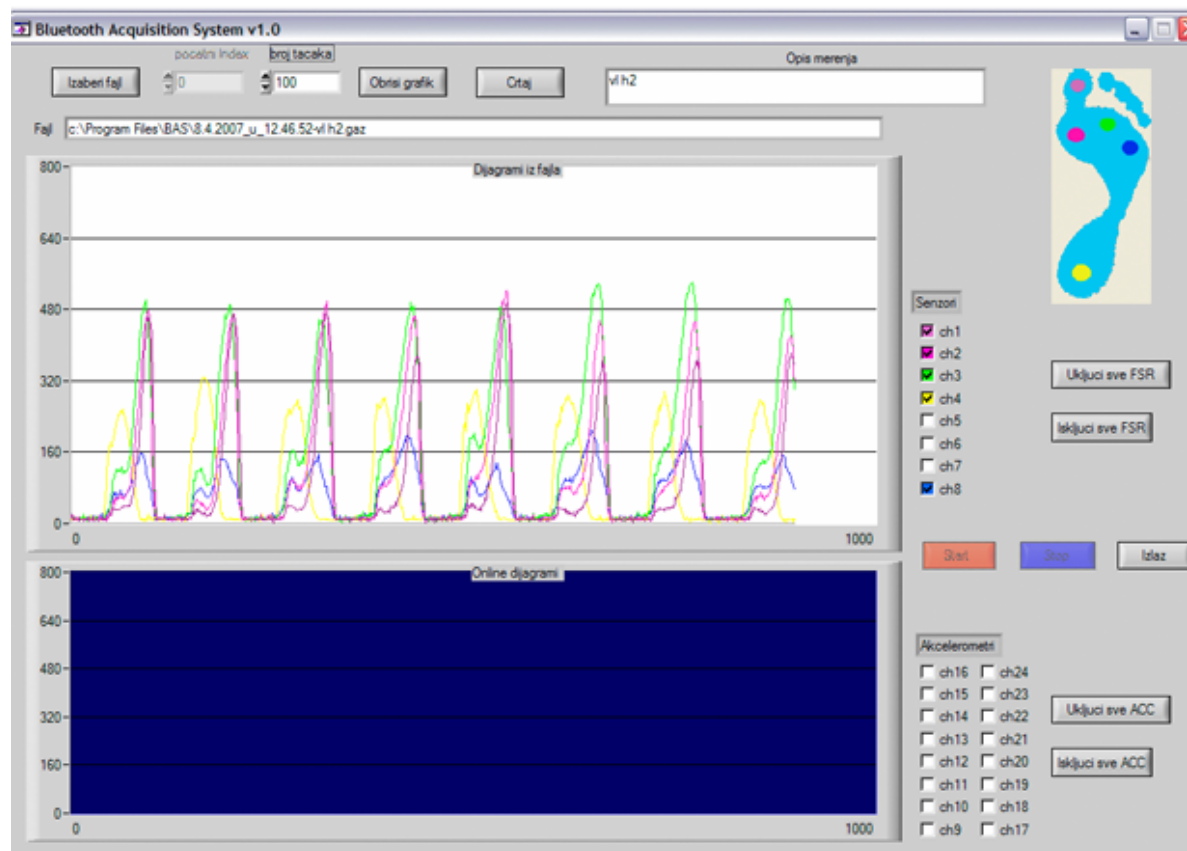
Snimljeni fajl se može gledati odmah direktno (nije potrebno prelaziti u drugi mod). Pritiskom na **Izaberi fajl** otvara se padajući meni iz koga biramo lokaciju i ime fajla koji želimo da pogledamo. Moguće je definisati početni indeks i broj tačaka koje će se iscrtavati. Prikaz snimljenog fajla se vrši klikom na **Crtaj**. Prilikom svakog pritiska na ovo dugme iscrtava se zadati broj tačaka, ali u narednoj sekvenci.

Prilikom gledanja snimljenih signala, moguće je odabrati koje ćemo kanale gledati. To se obezbeđuje selekcijom kanala pomoću *check box*-ova. Princip je isti kao kod snimanja. Nekada je potrebno pažljivo pregledati, na primer, samo jedan kanal, pa se ova opcija pokazala veoma korisnom.

Dugme **Obrisi grafik** se odnosi samo na gornji prozor. Pritiskom na ovo dugme briše se sadržaj celog prozora. Nakon ovoga možemo da pogledamo („crtamo“) isti taj fajl iz početka ili da otvorimo neki drugi fajl.

Da bi se ubrzala selekcija kanala koje snimamo, dodate su opcije: **Ukljuci sve FSR**, **Iskljuci sve FSR**, **Ukljuci sve ACC**, **Iskljuci sve ACC**.

Ako program *Bluetooth Acquisition System* pokrenemo samo da bismo pregledali snimljene signale, dovoljno je da odaberemo režim „Bez komunikacije“ i otvorimo fajl sa snimljenim podacima. Na slici 3.4 je prikazan primer rada programa u režimu „Bez komunikacije“. Rad u režimu „Sa komunikacijom“ bi izgledao isto ovako, samo bi se signali nalazili u donjem prozoru.



Slika 3.4. Maska softvera *Bluetooth Acquisition System* prilikom prikazivanja snimljenih podataka u režimu rada bez komunikacije.

Iz programa *Bluetooth Acquisition System* se izlazi pritiskom na **Izlaz** ili standardno, na pritiskom na krstić u gornjem desnom uglu.

4. Merenje

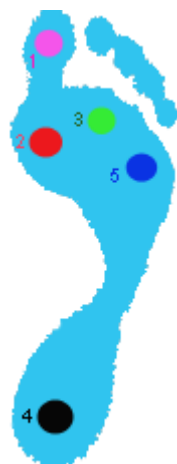
Sistem za akviziciju i snimanje podataka omogućava upotrebu 8 FSR senzora i 8 akcelerometara. U okviru ovog rada nisu analizirana ubrzanja, već samo sile reakcije podloge (cipele) na stopalo. Stoga akcelerometri nisu korišćeni.

Sa 8 FSR senzora na raspolaganju, nametalo se nekoliko pitanja:

- koliko senzora treba postaviti;
- gde ih treba zalepiti, odnosno koje su karakteristične tačke pritiska pri hodu na visokim štiklama;
- da li senzore treba staviti na obe noge, ili samo na jednu nogu.

Odgovori na prva dva pitanja su dobijeni na osnovu ličnog iskustva, kombinovanog sa iskustvima drugih devojaka. Najkritičnija mesta su tačke broj 2 i 3 na slici 4.1. To su najboljnija mesta na stopalu svake devojke i žene koja hoda na visokim štiklama. Time smo odredili dve kritične tačke. Osim tih tačaka, karakteristična mesta na stopalu su, svakako, peta (tačka 4) i prsti (posebno nožni palac, tačka 1). Neke ispitanice su se takođe žalile i na tačku broj 5 kao bolno mesto, pa smo i nju dodali u kategoriju „kritičnih“ tačaka. Ovo se kasnije pokazalo odličnim jer je pomoću senzora postavljenog u tački 5 moguće primetiti da li devojka hoda „na spolja“, odnosno da li krivi stopalo na spoljašnju stranu.

U nekoliko iteracija su dodavani senzori na još neke tačke na stopalu, ali se ispostavilo da te tačke nisu pružale relevantne informacije. Zato su finalna merenja rađena samo sa 5 FSR senzora, u tačkama kao na slici 4.1. Raspored senzora je isti kao na slici 2.1, samo su sada boje drugačije i odgovaraju bojama u programu za obradu rezultata merenja, opisanom u petom poglavlju. Senzori su lepljeni na uložak koji je prilagođen svakoj ispitanici.

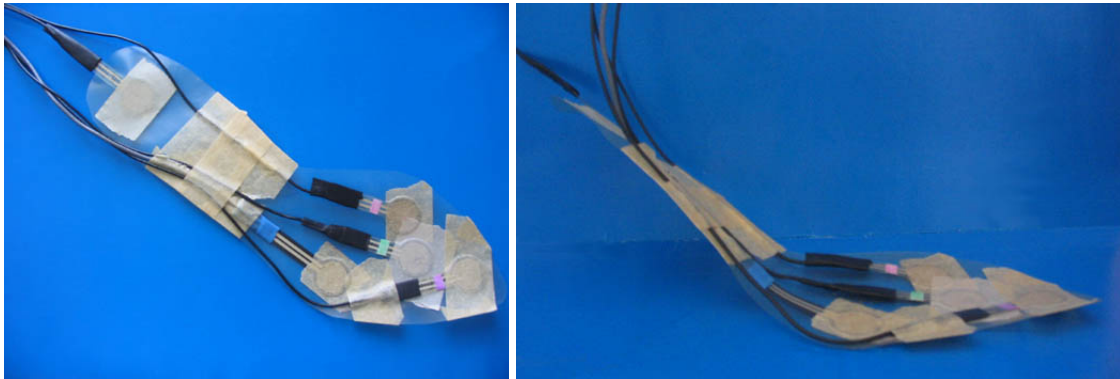


Slika 4.1. Raspored senzora sile (pogled odozgo).

Što se tiče izbora noge, leve ili desne, odlučili smo se za desnu nogu jer je svim ispitanicama to „jača“ noga, na kojoj se očekuje i „jači“ hod, odnosno veće sile pritiska. Poređenje između leve i desne noge ovde nije rađeno, iako je to pitanje zanimljivo, jer bi to bila nova i obimna tema.

Još jedan razlog za odluku da se senzori stavljaju samo na jednu nogu je jednostavnost hodanja u toku merenja. Naime, cilj je da se devojkama omogući da se kreću normalno, kako bi snimljeni hod bio verodostojan. To znači da ništa ne bi trebalo da ih sputava ili ograničava prilikom hodanja. Međutim, između senzora i prenosnog uređaja postoje kablovi. Ti kablovi treba da budu fiksirani uz nogu tako da ih devojka praktično ne oseća. To je jednostavnije postići ako su senzori na samo jednoj nozi.

Za svaku devojku-ispitanicu napravljen je tanak savitljiv i nerastegljiv uložak, prema otisku njenog stopala. Tačke na koje se stavljaju senzori su prilagođene svakom pojedinačnom stopalu. U tim tačkama su zalepljeni senzori (krep trakom). Na taj način je obezbeđeno da se, prilikom snimanja jedne devojke, senzori samo jednom lepe (i samo jednom odlepljuju nakon svih merenja sa tom devojkom), a da se uložak lako prebacuje iz jedne u drugu cipelu. Na slici 4.2 je prikazana fotografija jednog uložka sa sensorima. Ulošci su pravljani samo za desnu nogu. Uložak se fiksira za cipelu krep trakom ili na drugi sličan način, kako se ne bi pomerao i klizio prilikom hodanja.



Slika 4.2. Fotografija uložka sa sensorima.

Prema visini štikle, cipele koje su korišćene u ispitivanju hoda podeljene su u 4 kategorije:

- negativan nagib,
- ravne,
- srednja štikla,
- visoka štikla.

Negativan nagib imaju anticelulit-cipele, kod kojih se peta nalazi niže od prstiju.

Izbor cipela koje su pogodne za eksperimente je vršen prema sledećim kriterijumima:

- cipele treba da su stabilne (u njima noga ne sme da kleca) i
- đon mora da bude čvrst (tako da se cipela ne savija prilikom hodanja).

Stabilnost cipela je potrebna da bi koraci bili pravilni, odnosno da ne bi dolazilo do naglih preopterećenja senzora. Neke cipele sa visokom potpeticom su suviše mekane, pa noga može da se kreće u njima levo-desno ukoliko hod nije pravilan. Posledica toga je, između ostalog, „klizanje“ noge po senzoru, što snimak hoda čini neupotrebljivim. Savijanje mekane cipele bi moglo da predstavlja problem i zbog savijanja senzora. To bi ugrozilo merenje zbog toga što bi se savijanjem menjala otpornost senzora, što bi davalo pogrešan podatak o reakciji podloge. Ako bi savijanje bilo suviše veliko, senzori bi se mogli i polomiti ili pokidati. Zato su za merenje korišćene samo cipele sa čvrstim đonom.

Pretežno su korišćene klompe, nanule, papuče i sandale sa platformom (slika 4.3). Zbog kablova za povezivanje senzora, korišćene su „letnje“ cipele koje su otvorene, čime je obezbeđeno što manje savijanje kablova i vratova senzora.



Slika 4.3. Cipele upotrebljene u eksperimentima redom: cipele sa negativnim nagibom, ravne cipele, cipele sa srednjom štiklom i cipele sa visokom štiklom.

Svaka cipela je pričvršćena za nogu tako što se krep traka (a po potrebi i izolir traka) obmotava na dva mesta oko noge (slika 4.4). Pokazalo se da, ako na cipelama ne postoje kaiševi koji se vezuju oko noge, devojka ima utisak da bi cipela mogla da spadne. Tome se devojka suprotstavlja pritiskajući prstima cipelu, kako je bi sistemom poluge „zalepila“ za petu. Kao posledica, senzori su opterećeni silom i kada je noga u vazduhu, što remeti osmišljene uslove merenja.



Slika 4.4. Fiksiranje cipele za nogu.

Uložak sa senzorima se stavlja u desnu cipelu, a zatim se obe cipele pričvršćuju za noge krep trakama, kako bi se obezbedila simetrija prilikom hoda.

Ispitanica koja je pripremljena za snimanje hoda, staje na startnu poziciju. Pokrene se program za snimanje i akviziciju podataka. Pre nego što ispitanica krene, u prozor programa koji je predviđen za komentare upisuje se ime ili šifra devojke, visina štikle, a može se dodati i odgovarajući komentar ako je to potrebno (ukupno do 2400 karaktera).

Ispitanica zatim započinje hod, a istovremeno se pritisne Start dugme u programu. Time započinje akvizicija podataka, koji se istovremeno prikazuju na ekranu računara i snimaju u fajl.

Da bi se obezbedilo da hod bude što bliži periodičnom, pušten je metronom sa kojim devojke usklađuju svoj korak. Metronom je podešen tako da ritam *relativno* odgovara uobičajenom umereno brzom hodu ispitanica. Takt metronoma je 0,55 s, tj. dvokorak traje 1,1 s.

Preliminarni eksperimenti su izvođeni u manjim prostorijama. Tada je primećeno da su ispitanice menjale i usporavale hod čim bi spazile potencijalnu prepreku na nekoliko koraka ispred sebe. Ta prepreka čak i nije morala da direktno utiče na njihovu putanju, ali čim se nalazila blizu putanje (na primer, deo nameštaja koji možda treba zaobići ili slično), devojke su menjale način hodanja i ritam koraka. Takođe, hod se menja nekoliko koraka pre nego što devojka treba da se okrene.

Na osnovu preliminarnih eksperimenata je zaključeno da prostor za hodanje treba da bude sto duži (minimum 10-15 koraka), dovoljno širok i bez ikakvih vidljivih prepreka, kako bi se što manje uticalo na standardan i ritmičan hod. Zato je za finalna merenja korišćen dugačak, prostran hodnik Fakulteta, kako bi se devojkama dao osećaj slobode i nesputanosti prilikom hoda. Time je obezbeđena i dovoljno dugačka ravnomerna sekvenca koraka, jer je na početku potrebno nekoliko koraka dok se devojka privikne na novu visinu štikli, prilagodi stopalo i što bolje sinhronizuje hod sa metronomom.

Nakon eksperimenta, iz snimljenog hoda se izvlače reprezentativne sekvence što sličnijih uzastopnih koraka na kojima se vrši dalja obrada, kao što je opisano u sledećem poglavlju.

5. Obrada mernih podataka

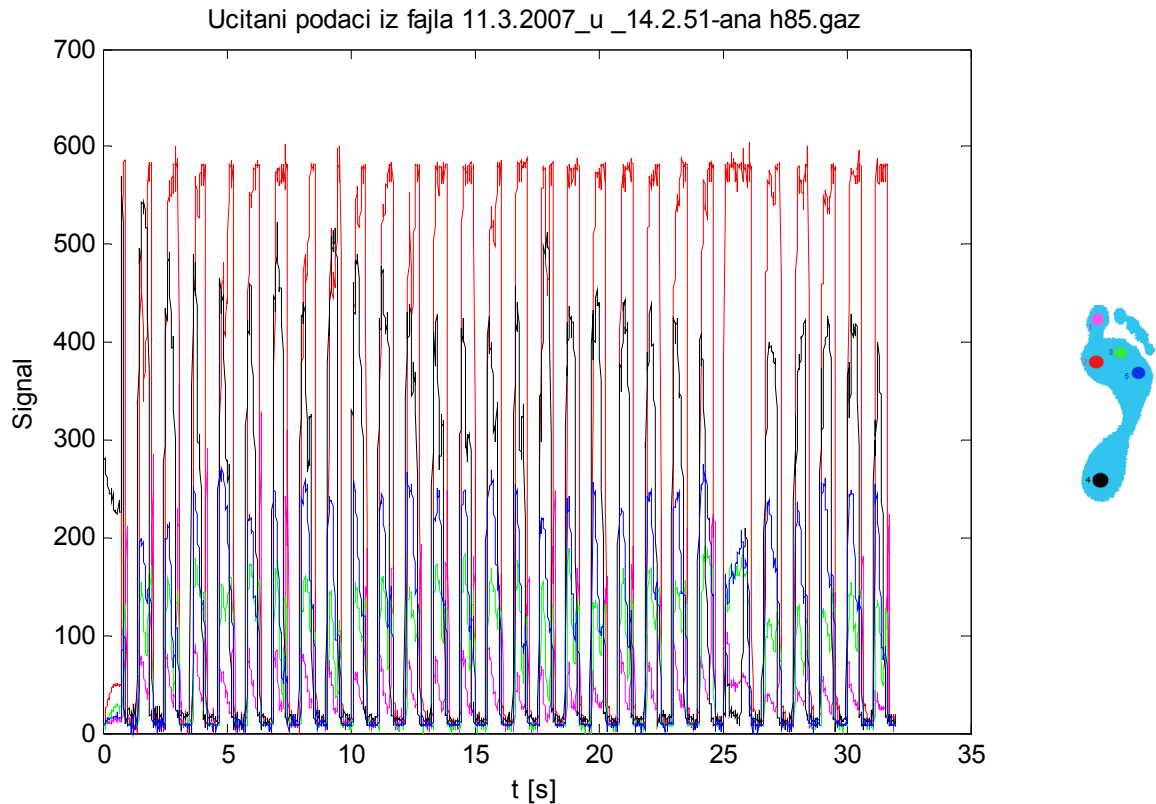
Tokom merenja, digitalizovani signali se smeštaju u binarne fajlove programom za akviziciju i snimanje *Bluetooth Acquisition System*. Posle merenja „na terenu“, ti fajlovi se obrađuju programom *Hod.m*, koji je napisan u okviru *MATLAB* okruženja. Cilj obrade je da se iz snimljenih hodova izdvoje kvalitetne (pravilne) sekvence i na osnovu njih izvedu zaključci o silama koje deluju na stopalo. Obrada signala izdvojenih sekvenci se zasniva na pretraživanju, primeni korelacije i brze Furijeove transformacije. Kao rezultat, dobija se „lična karta“ svakog merenja: grafici i numerički podaci koji karakterišu signale.

5.1. Učitavanje rezultata merenja

Prvi korak u programu *Hod* je otvaranje željenog binarnog fajla sa snimljenim podacima. Iz tog fajla se učitava zaglavlje (koje sadrži podatke o merenju, do 2400 karaktera), a potom učitaju podaci za svih 24 kanala koje je snimio program *Bluetooth Acquisition System*.

Od tih kanala samo 5 predstavlja rezultate merenja, jer je u merenjima korišćeno samo 5 FSR senzora. Na ostalim kanalima je prisutan samo slab šum. Kanali koji predstavljaju rezultate merenja ne moraju biti po redu, niti kompaktno poređani. Stoga se u drugom koraku u programu *Hod* podaci iz merenih kanala sa validnim rezultatima prebacuju u 5 sekvenci (kanala) sa kojima se dalje radi. Ti kanali, po redosledu i po bojama, odgovaraju sensorima sa slike 4.1.

Svi signali se zatim prikažu na grafiku, koji obuhvata celokupno trajanje odgovarajućeg merenja. Primer je prikazan na slici 5.1. Horizontalna osa je sada označena u sekundama, a vertikalna osa odgovara digitalizovanim signalima iz mikroprocesora prenosnog uređaja, kao na slici 3.4.



Slika 5.1. Primer učitanih rezultata merenja.

5.2. Izbor reprezentativne sekvence

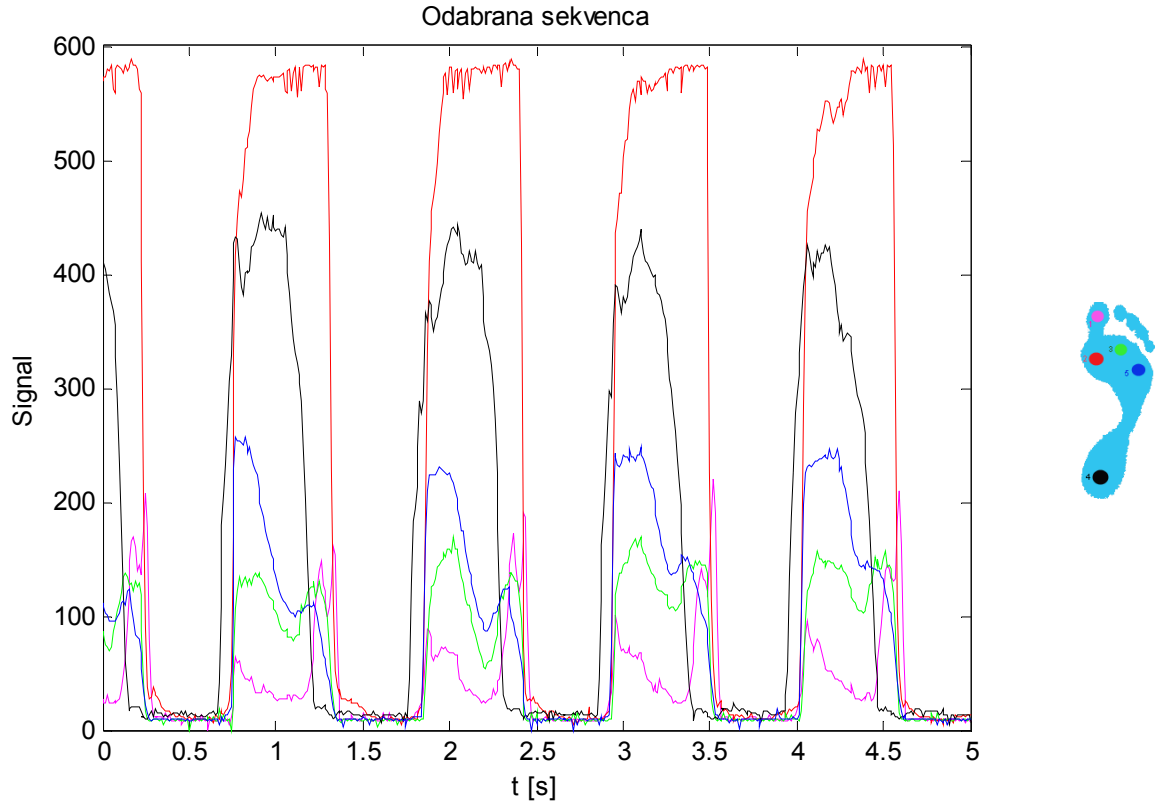
Cela snimljena sekvenca prikazana na slici 5.1 je dugačka da bi se mogla jasno grafički prikazati. Osim toga, pravilnost koraka nije očuvana tokom cele sekvence. Stoga se u iz učitanih podataka „ručno“ bira reprezentativna sekvenca od nekoliko koraka. Kriterijumi za izbor te sekvence su sledeći:

- sekvenca treba da je bez smetnji (nastalih zbog gubitka bežične veze ili kvarova senzora),
- koraci treba da su ritmični (što pravilniji periodi, bez okretanja, usporavanja ili ubrzavanja),
- signali treba da su što sličnijeg oblika od koraka do koraka (što bliže periodičnim signalima na svim kanalima),
- izabrana sekvenca treba da predstavlja što reprezentativniji uzorak za ispitanicu i odgovarajuću visinu štikle.

Sekvenca se bira tako što se zadaje vremenski opseg koji želimo da posmatramo (početak i kraj sekvence, izražen u sekundama).

Celokupna dalja obrada signala se vrši isključivo sa odabranom sekvencom. Početni trenutak vremena ($t=0$) translira se na početak odabrane sekvence.

Kao primer, iz učitanih podataka sa slike 5.1 izdvojili smo reprezentativnu sekvencu u intervalu (19 s, 24 s), koja je prikazana na slici 5.2.



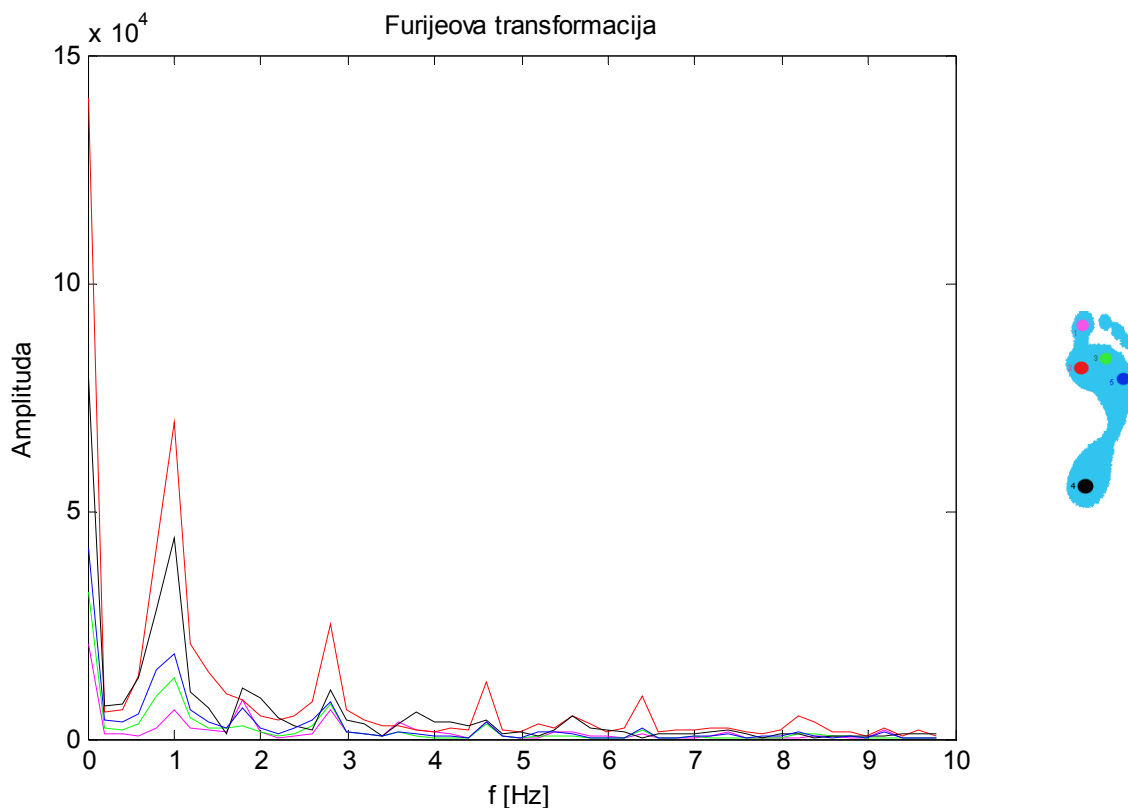
Slika 5.2. Reprezentativna sekvenca za rezultate sa slike 5.1.

5.3. Spektar

Da bi se procenila periodičnost sekvence, radi se brza Furijeova transformacija (FFT) i prikazu se amplitude.

Kao primer, na slici 5.3. je prikazan amplitudski spektar sekvence sa slike 5.2. Uočava se linijski karakter spektra, što ukazuje na relativno dobru ponovljivost koraka. Izražene su spektralne komponente na umnošcima učestanosti dvokoraka (oko 0,9 Hz).

Iz spektra se može proceniti period dvokoraka. Međutim, zbog malog broja odbiraka (koji je posledica relativno kratkog trajanja odabrane sekvence), period se ne može dobiti dovoljno tačno. Znatno tačnija procena perioda se dobija na osnovu autokorelacije, kao i pretraživanjem sekvence u vremenskom domenu.



Slika 5.3. Amplitudski spektar sekvence sa slike 5.2.

5.4. Autokorelacija

U sledećem koraku obrade signala, izračuna se autokorelaciona funkcija odabrane sekvence za sve kanale i grafički prikaže. Primer je dat na slici 5.4. S obzirom na velike razlike nivoa nivo signala pojedinih kanala, autokorelaciona funkcija je normalizovana na 1 za $t=0$. To omogućava lakše poređenje autokorelacionih funkcija kanala.

Prvi cilj računanja autokorelacione funkcije je da se sagleda periodičnost signala. Ako je signal periodičan, i autokorelaciona funkcija pokazuje periodičnost sa istim periodom.

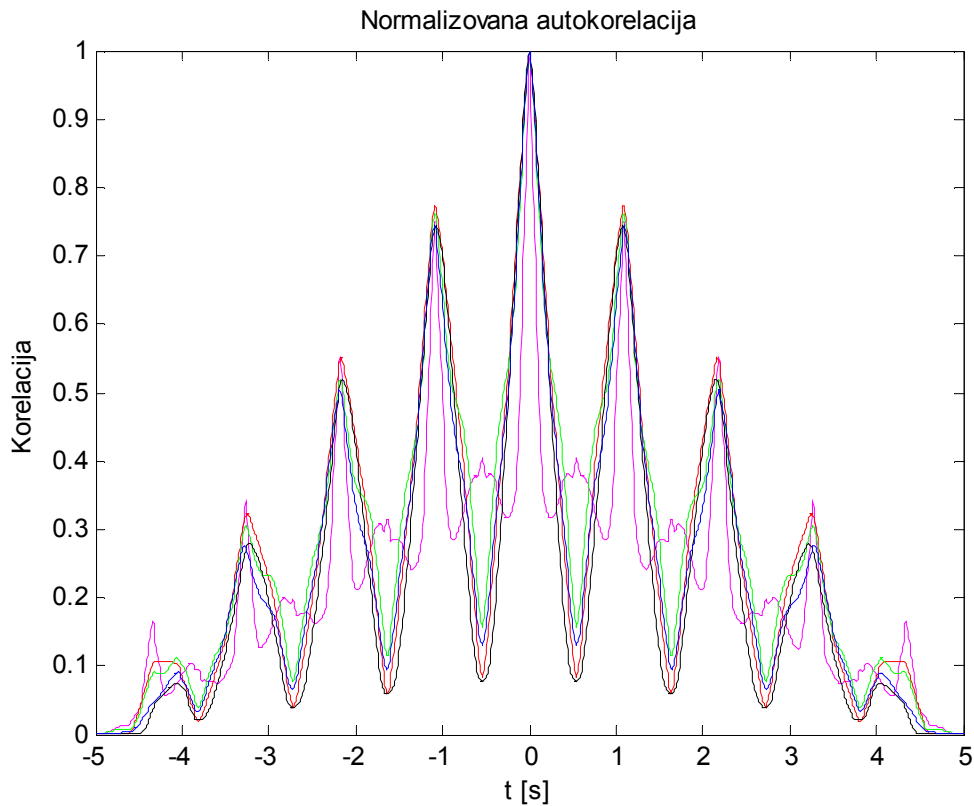
Iz primera sa slike 5.4 se vidi da obvojnica autokorelacione funkcije opada sa udaljavanjem od trenutka $t=0$. To je posledica konačnog trajanja funkcije čija se autokorelacija računa. Kod računanja autokorelacije signala sa slike 5.2 uzima se da je funkcija izvan intervala (0, 5 s) jednaka nuli. Što je pomeranje u vremenu veće, to je sve veće preklapanje sa intervalima gde je funkcija jednaka nuli, pa je autokorelaciona funkcija sve „slabija“. Obvojnica, teorijski, ima oblik trougla, što se potvrđuje i sa slike 5.4.

U pojedinim merenjima se dešavalo da je signal sa nekog senzora veoma slab, praktično na nivou šuma. Najverovatniji uzrok je to što cipela nije pritiskala stopalo na mestu na kome je senzor bio zalepljen. Kod takvih signala, autokorelaciona funkcija ima gotovo savršen trougaoni oblik. Primeri ovakvih slučajeva se nalaze u Prilogu.

Drugi cilj računanja autokorelacione funkcije je da bismo procenili prosečan period. Prvi maksimum autokorelacione funkcije za $t>0$ odgovara prosečnom periodu. Taj maksimum se može dobiti jednostavnim pretraživanjem autokorelacione funkcije u okolini očekivanog maksimuma². Da bi se eliminisao maksimum za $t=0$, pretraživanje se obavlja u intervalu $0,8 \text{ s} < t < 2 \text{ s}$. Pretraživanje se radi za 2 najjača kanala, kako bi se smanjio uticaj

² Autokorelaciona funkcija je parna, pa se period može dobiti i pretraživanjem za $t<0$.

šumova i eliminisali kanali koji su tokom snimanja bili neaktivni. Za primer sa slike 5.4, procenjeni period dvokoraka je $T=1,1$ s.

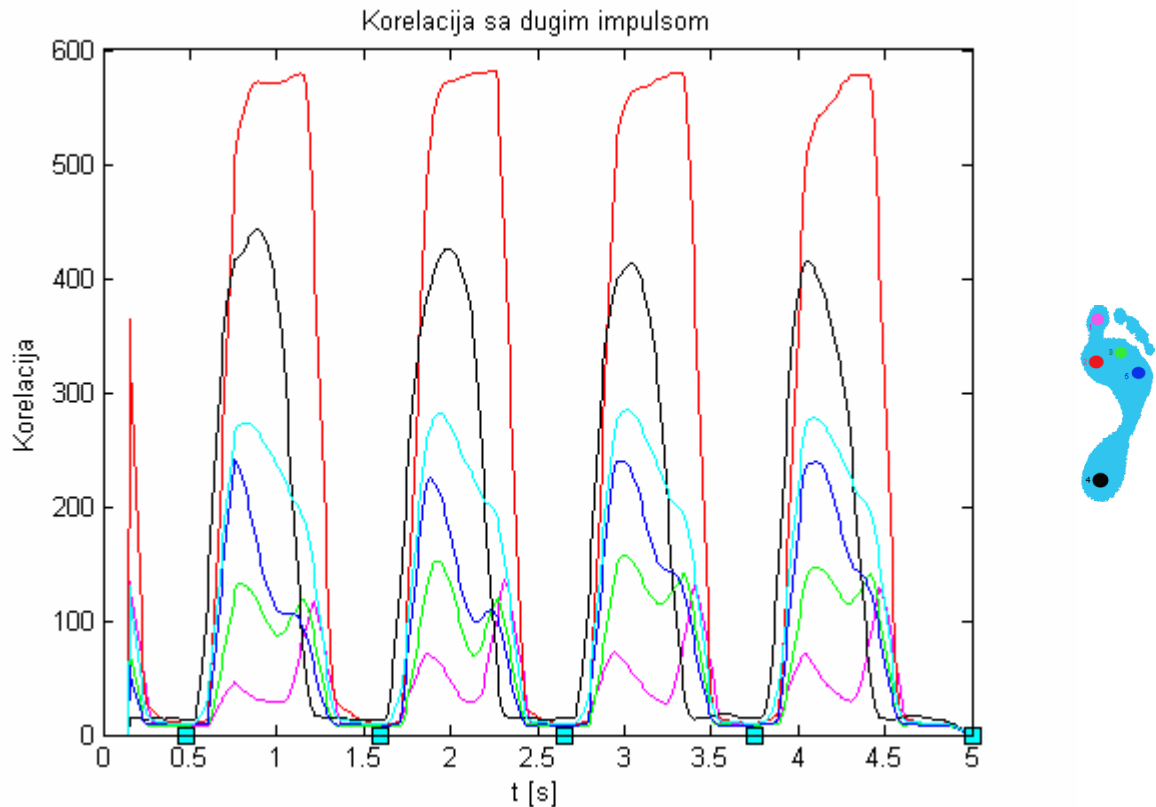


Slika 5.4. Autokorelaciona funkcija sekvence sa slike 5.2.

5.5. Korelacija sa širokim pravougaonim impulsom

U ovom koraku obrade signala računa se korelacija odabrane sekvence sa širokim pravougaonim impulsom. Trajanje impulsa je oko 15% perioda dvokoraka³. Korelacija sa ovako širokim impulsom predstavlja usrednjavanje u širokom intervalu vremena. Stoga je rezultat korelacije praktično isti kao da je signal propušten kroz filter propusnik niskih učestanosti, koji potiskuje smetnje, a ističe osnovni ritam koraka. Primer je prikazan na slici 5.5.

³ Period je procenjen na osnovu autokorelacije.



Slika 5.5. Korelacija sekvence sa slike 5.2 sa širokim impulsom.

Najveći problem prilikom obrade signala bilo je određivanje vremenskog intervala koji odgovara svakom koraku (sinhronizacija sa koracima). Jedan problem je izbor repera, a drugi je sinhronizacija.

Vremenski oblik signala na pojedinim kanalima zavisi od visine štikle, kao i od devojke. Neki signali su jaki prilikom spuštanja noge na pod, drugi su jaki pri kraju dodira. Kada je desna noga u vazduhu, nekada postoji slab signal zbog pritiska noge usled jakog obmotavanja trakom ili zbog refleksnog pokušaja devojke da spreči da joj cipela spadne s noge.

U takvoj situaciji, trebalo je definisati karakteristični deo koraka koji se može upotrebiti za sinhronizaciju, jedinstveno za sve devojke i sve cipele. Rešenje je bilo u tome da se svi signali saberu, i taj zbir podeli brojem kanala. Time se izračunava srednja vrednost signala u svim kanalima (cijan kriva na slici 5.5). Sa slike se vidi da srednja vrednost signala uvek ima karakterističan širok minimum (pauzu) kada je desna noga u vazduhu. U svakom minimumu se postavlja marker, koji predstavlja reper – referentni trenutak koji određuje početak koraka (cijan kvadratići na slici 5.5).

Prvi reper (pauza) se može dobiti pretraživanjem signala na početku korelacione funkcije sa slike 5.5. Pri tome treba da se dovoljno udaljimo od trenutka $t=0$, gde korelaciona funkcija ima male vrednosti zbog množenja nulama⁴.

Naredne pauze se, bar teorijski, mogu dobiti ekstrapolacijom na osnovu procenjenog perioda. Međutim, koraci nisu ujednačeni, a nisu uvek ni dobro sinhronizovani sa metronomom. Ispitujući razne sekvence, pokazalo se da esktrapolacija može da posle nekoliko koraka promaši pauzu i time dovede do loših krajnjih rezultata.

⁴ Množenje nulama je opisano kod autokorelacije.

Umesto ekstrapolacijom, reperi za korake se određuju sledećim algoritmom pretraživanja.

1. Prvu pauzu određujemo pretraživanjem u okolini $t=1$ s od početka sekvence. Položaj prvog markera odredimo u trenutku kada srednja vrednost signala ima minimum.
2. Pomerimo se unapred za prosečan period (procenjen na osnovu autokorelacije).
3. Sledeću pauzu određujemo pretraživanjem u novoj okolini i definišemo položaj sledećeg markera u trenutku kada srednja vrednost signala ima minimum.
4. Ponavljamo korake 2 i 3 sve dok ne dođemo do blizu kraja sekvence.

Vremenski interval između dva uzastopna markera predstavlja trajanje jednog dvokoraka. Na osnovu svih markera, izračunamo srednju vrednost trajanja dvokoraka (tj. srednje vreme između dva susedna markera). Na osnovu velikog broja rezultata, zaključili smo da se ta srednja vrednost veoma malo razlikuje od procene koji smo dobili iz autokorelacije. Razlike su nekoliko procenata.

Osim srednje vrednosti trajanja dvokoraka, računamo standardnu devijaciju trajanja dvokoraka. Ta devijacija pokazuje koliko dobro ispitanica drži ritam, odnosno pokazuje *jitter* koraka.

Iz korelacionih funkcija za svaki kanal, uzimamo podatak o platu tokom pauze. Ukoliko postoji pritisak na neki senzor i kada je noga u vazduhu (na primer, zbog suviše stegnute cipele), signal tokom pauze ne pada na nulu. Plato nam je potreban da bismo mogli da pouzdanije odredimo trenutak kada cipela stupa u kontakt sa podom, jer tada signal poraste u odnosu na plato.

5.6. Korelacija sa uzanim pravougaonim impulsom

Korelacija sa uzanim pravougaonim impulsom, trajanja oko 100 ms, zamenjuje propuštanje signala kroz niskopropusni filter. Ta korelacija „pegla“ šumove, kao što se vidi upoređivanjem slika 5.2 i 5.6.

Na osnovu tako filtriranih signala određujemo karakteristična vremena za talasni oblik svakog kanala (početak, maksimum i kraj „impulsa“, odnosno dejstva podloge na stopalo), kao i maksimalnu vrednost signala.

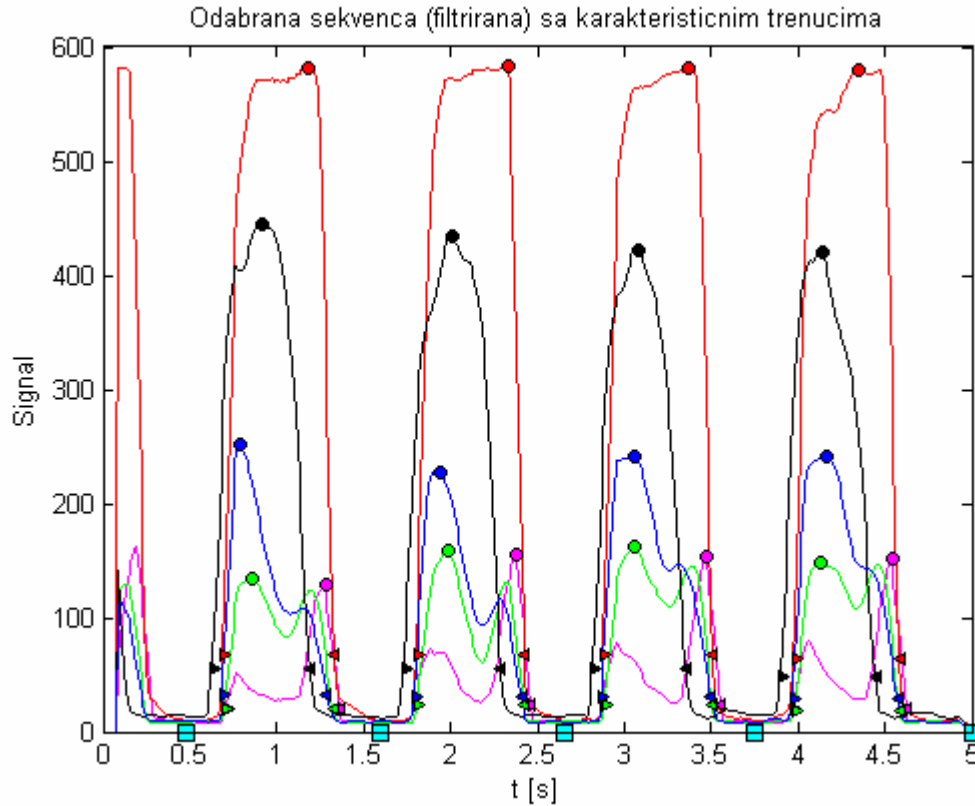
U svakom koraku (tj. u intervalu između dva uzastopna markera na slici 5.5) jednostavnim pretraživanjem odredimo maksimalnu vrednost signala u svakom kanalu. Pri tome odredimo i trenutak kada je signal maksimalan i ucrtamo okrugao marker na grafik (slika 5.6).

U svakom koraku, pretraživanjem koje polazi od početnog, odnosno krajnjeg markera, odredimo trenutak početka pritiska (na 10% nivoa između platoa i maksimalne vrednosti signala), kao i trenutak kraja pritiska (na 10% nivoa između platoa i maksimalne vrednosti signala). Zatim ucrtamo odgovarajuće markere ($>$ i $<$ na slici 5.5).

Kada odredimo karakteristične trenutke i maksimalne vrednosti za sve kanale, uradimo malu statističku analizu. Tom analizom izračunamo srednje vrednosti i standardne devijacije

- trenutka početka pritiska,
- trenutka maksimalnog pritiska,
- trenutka kraja pritiska,
- vrednosti signala koji odgovara maksimalnom pritisku.

Svi ovi vremenski trenuci se računaju relativno u odnosu na reper (pauzu između dva koraka). Kao meru kvaliteta odabrane sekvence, izračunamo srednjekvadratnu vrednost relativnih grešaka ovih trenutaka i relativnih grešaka vrednosti maksimalnih signala. Svaka relativna greška je količnik standardne devijacije i srednje vrednosti.



Slika 5.6. Korelacija sekvence sa slike 5.2 sa uzanim impulsom.

Za ovu sekvencu sa slike 5.2, program *Hod* je dao sledeće rezultate:

Ime fajla 11.3.2007_u_14.2.51-ana h85.gaz

Unesi pocetno vreme [s] 19

Unesi krajnje vreme [s] 24

Redosled kanala po intenzitetu 2 4 5 1 3

Period na osnovu autokorelacije 1.075 s

Period na osnovu medijana 1.09 s, jitter 0.0163299 s

Signal 1, pocetak impulsa 0.2 s, jitter 0.00816497 s

Signal 1, kraj impulsa 0.85 s, jitter 0.00816497 s

Signal 1, vrh impulsa 0.77 s, jitter 0.00816497 s

Signal 1, vrh 146.333, jitter 12.273

Signal 2, pocetak impulsa 0.193333 s, jitter 0.00471405 s

Signal 2, kraj impulsa 0.816667 s, jitter 0.00471405 s

Signal 2, vrh impulsa 0.686667 s, jitter 0.0169967 s

Signal 2, vrh 582.185, jitter 0.668721

Signal 3, pocetak impulsa 0.203333 s, jitter 0.00471405 s

Signal 3, kraj impulsa 0.816667 s, jitter 0.00471405 s

Signal 3, vrh impulsa 0.363333 s, jitter 0.00942809 s

Signal 3, vrh 151.259, jitter 12.7206

Signal 4, pocetak impulsa 0.13 s, jitter 0.00816497 s

Signal 4, kraj impulsa 0.673333 s, jitter 0.00471405 s

Signal 4, vrh impulsa 0.396667 s, jitter 0.00942809 s

Signal 4, vrh 433.889, jitter 9.43638

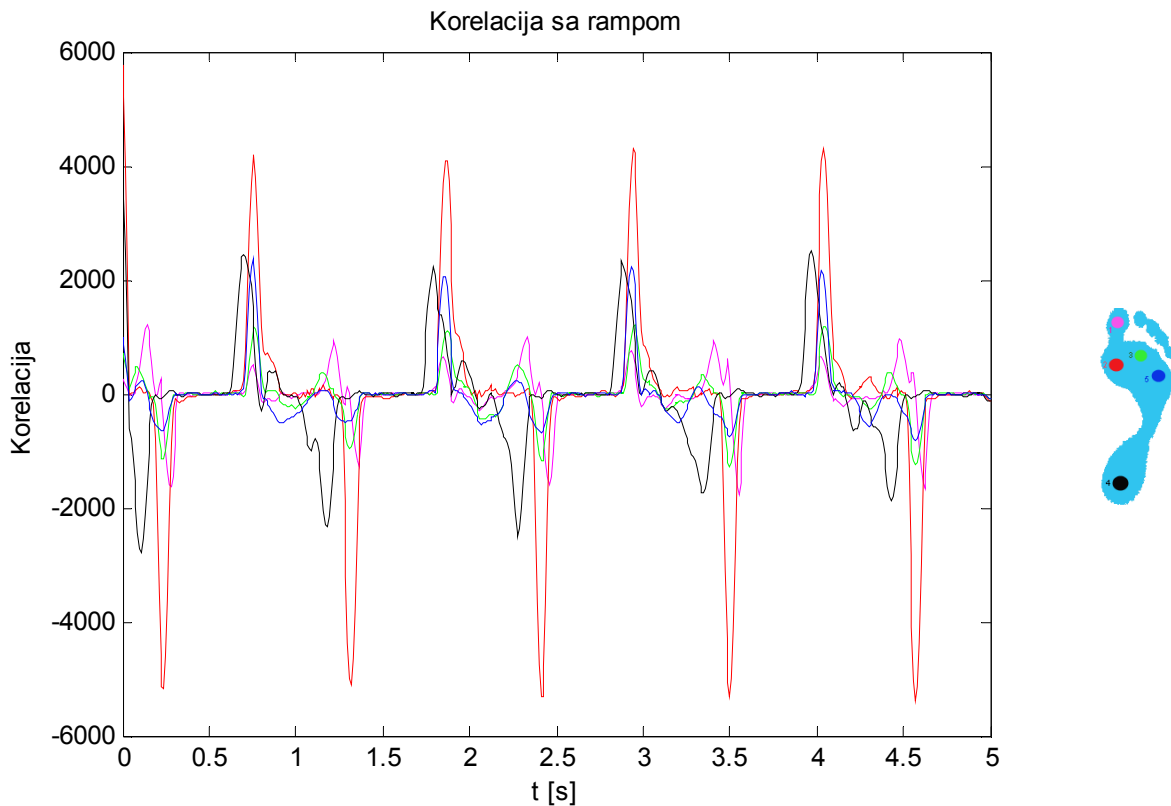
Signal 5, pocetak impulsa 0.186667 s, jitter 0.00471405 s
Signal 5, kraj impulsa 0.793333 s, jitter 0.0124722 s
Signal 5, vrh impulsa 0.323333 s, jitter 0.0368179 s
Signal 5, vrh 239.815, jitter 10.0457
Prosecan kvalitet 1.42046 %

5.7. Korelacija sa rampom

Da bi se utvrdilo da li postoje jaki udari prilikom kontakta cipele i tla, na kraju obrade je rađena korelacija odabrane sekvence sa kratkom rampom. Rampa je linearna funkcija vremena, čija je srednja vrednost jednaka nuli, a trajanje oko 100 ms.

Korelacija sa rampom je ekvivalentna numeričkom diferenciranju uz istovremeno blago filtriranje (usrednjavanje). Time je izbegnuto diferenciranje šumova.

Očekivani udari bi se manifestovali kao oštri impulsi u korelacionoj funkciji. Međutim, taj efekat je izostao, kao što se vidi sa slike 5.7. Sve ispitanice pažljivo spuštaju nogu i izbegavaju udare. Prvi izvod signala je skoro uvek veći pri podizanju noge (pokret je energičniji), nego pri spuštanju noge i dodirivanju tla.



Slika 5.7. Korelacija sekvence sa slike 5.2 sa rampom.

6. Rezultati merenja

Kao što je objašnjeno u četvrtom poglavlju, cipele su u ovom radu svrstane u četiri kategorije: potpetice sa negativnim nagibom, ravne, srednje i visoke. Devojke su za merenje donosile svoju obuću koja je odgovarala kriterijumima objašnjenim u četvrtom poglavlju, a onda je pravljena selekcija u kojim sve cipelama će biti snimane. Devojke su bile grupisane prema broju obuće koje nose, pa su hodale u istim cipelama, kako bi se obezbedilo bolje poređenje snimljenih rezultata. Nažalost, zbog ograničenog izbora obuće, nije bilo moguće snimiti svih osam devojaka u svim kategorijama cipela.

U prilogu ovog rada je dat katalog sa kompletnim rezultatima merenja, za svih osam ispitanica i za sve tipove cipela koje su ispitanice nosile. Za svaki hod je dato ime fajla u kome su snimljeni podaci. To ime sadrži datum i vreme snimanja, šifru ispitanice i šifru visine potpetice. Devojke označene sa „vl“, „mCA“, „anica“ i „jeca“ su iste težine, približno iste visine i nosile su iste cipele, pa je njihov hod najadekvatniji za međusobno poređenje.

Za svaki hod, u katalogu su prikazani sledeći grafici:

- cela snimljena sekvenca,
- odabrana (karakteristična) sekvenca,
- spektar,
- autokorelaciona funkcija,
- korelacija sa širokim pravougaonim impulsom,
- korelacija sa uzanim pravougaonim impulsom i
- korelacija sa rampom.

U odgovarajućoj tabeli su dati statistički podaci za svaki kanal (početak, kraj i vrh talasnog oblika), a ispod tabele je data srednja greška merenja.

Analizom rezultata iz katalogu mogu se izvesti razni zaključci, koji su prikazani u ovom poglavlju. Izdvojene su neke karakteristične sekvence i dati prateći komentari. Grafici su grupisani prema visinama potpetica, u cilju da se pokažu zajedničke ili različite karakteristike hoda devojaka.

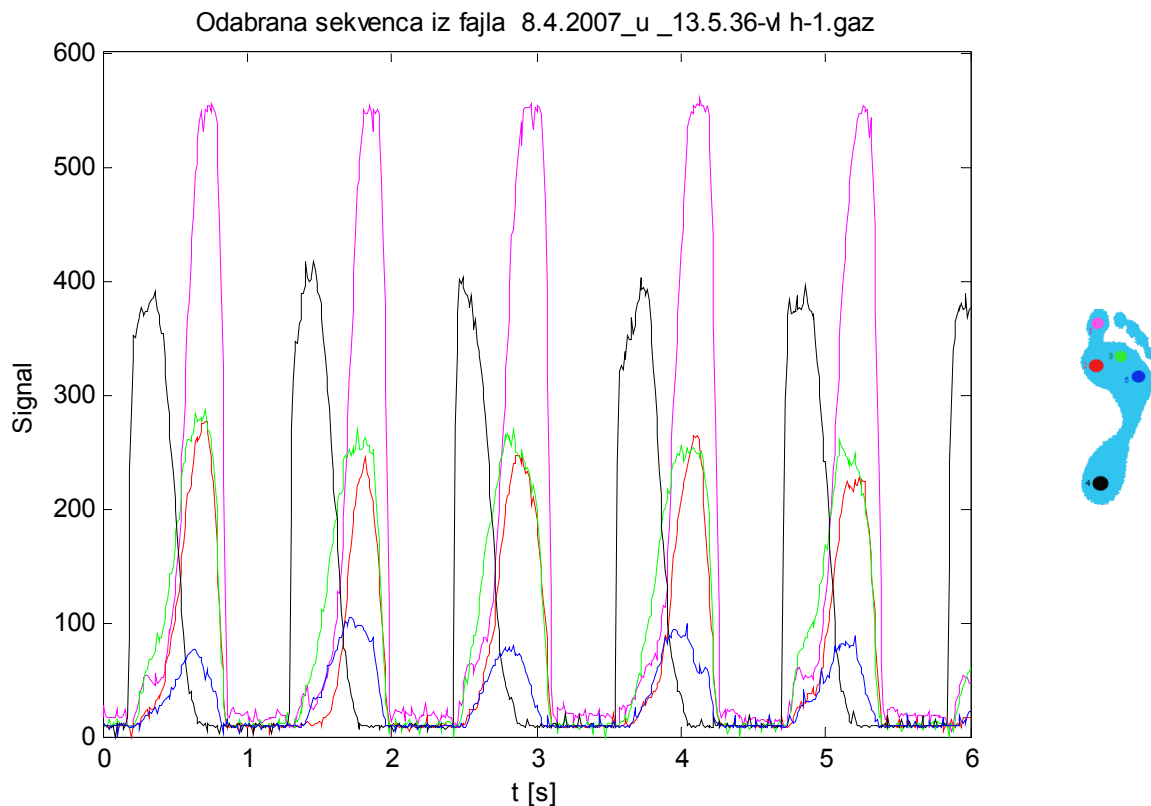
Radi jednostavnijeg praćenja komentara rezultata, na slici 6.1 ponovo dajemo raspored tačaka na stopalu, koje po bojama odgovaraju snimljenim signalima na graficima u katalogu i u ovom poglavlju.



Slika 6.1. Raspored senzora sile (pogled odozgo).

6.1. Cipele sa negativnim nagibom

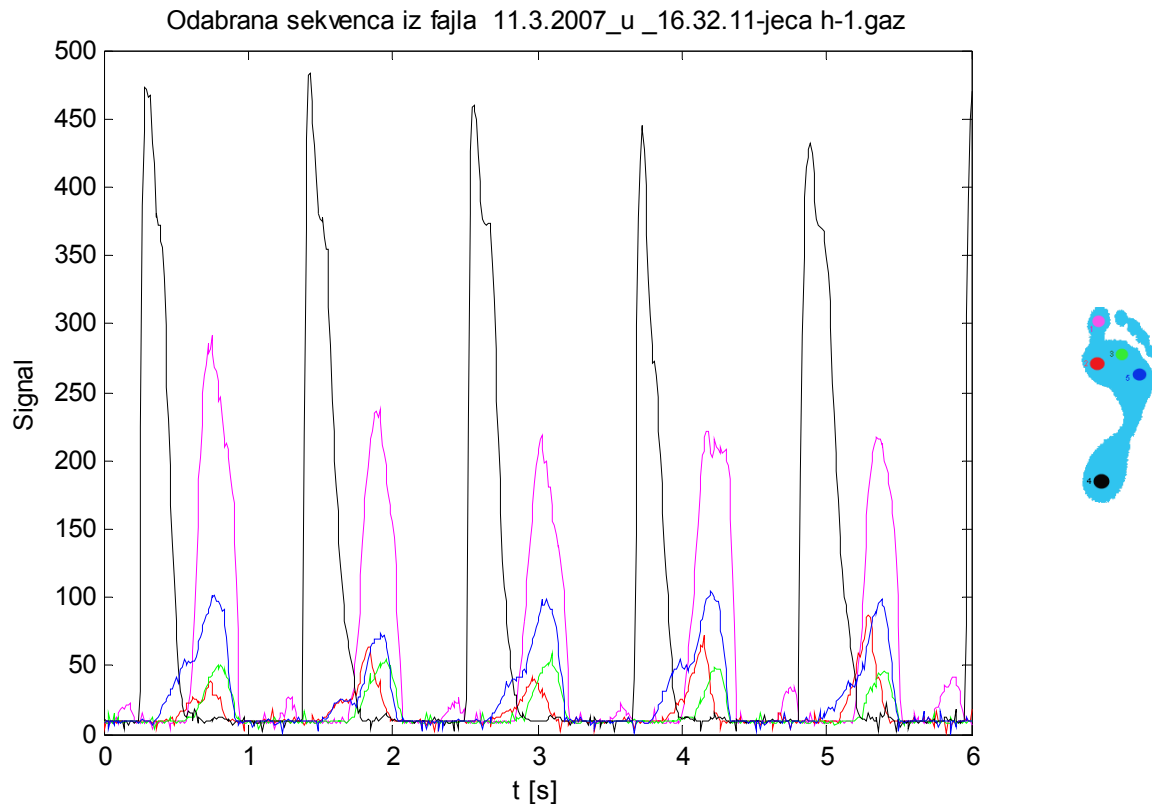
Sve ispitanice su snimljene u cipelama sa negativnim nagibom, jer skoro svaka od njih ima svoje „anticelulit“ cipele, i to od istog proizvođača. Rezultati su prikazani u ovom odeljku i pokazuju izuzetno karakterističan hod. U prvoj polovini koraka veoma je izražen pritisak na petu. Tek u drugoj polovini koraka dolaze do izražaja ostale tačke na stopalu, i to u zavisnosti od devojke, tj. individualnih karakteristika njenog hoda.



Slika 6.2. Cipele sa negativnim nagibom, ispitanica „vl“.

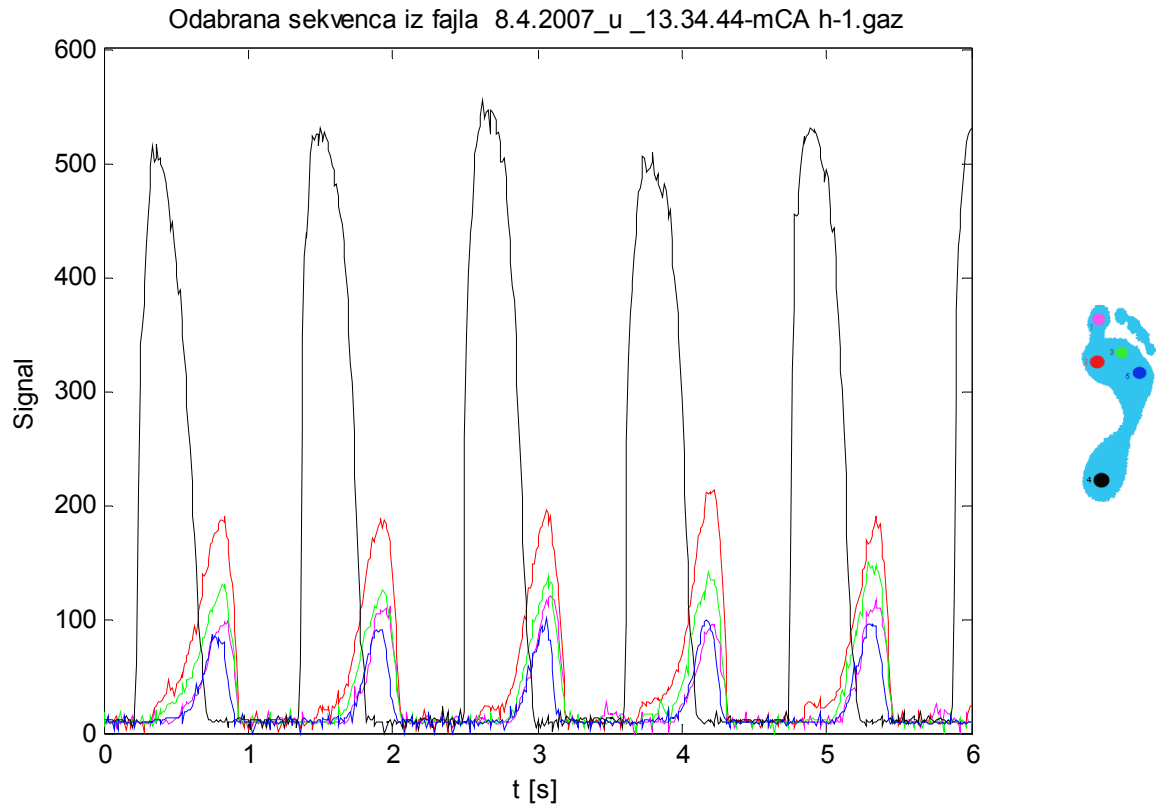
Kod ispitanice „vl“ (slika 6.2) je u drugoj polovini koraka izražen jak odraz palcem (roze boja), ali i skoro potpuno podudaranje zelene i crvene krive (sredina stopala i jastuče).

S obzirom na raspored ovih senzora na stopalu, ta podudarnost znači da devojka hoda ravnomerno, tj. ne krivi stopalo ni na jednu stranu (podjednako opterećuje jastuče i srednji deo stopala). Takođe, hod je primetno ujednačen (koraci su izuzetno slični), što nije uvek slučaj kod ostalih devojaka.



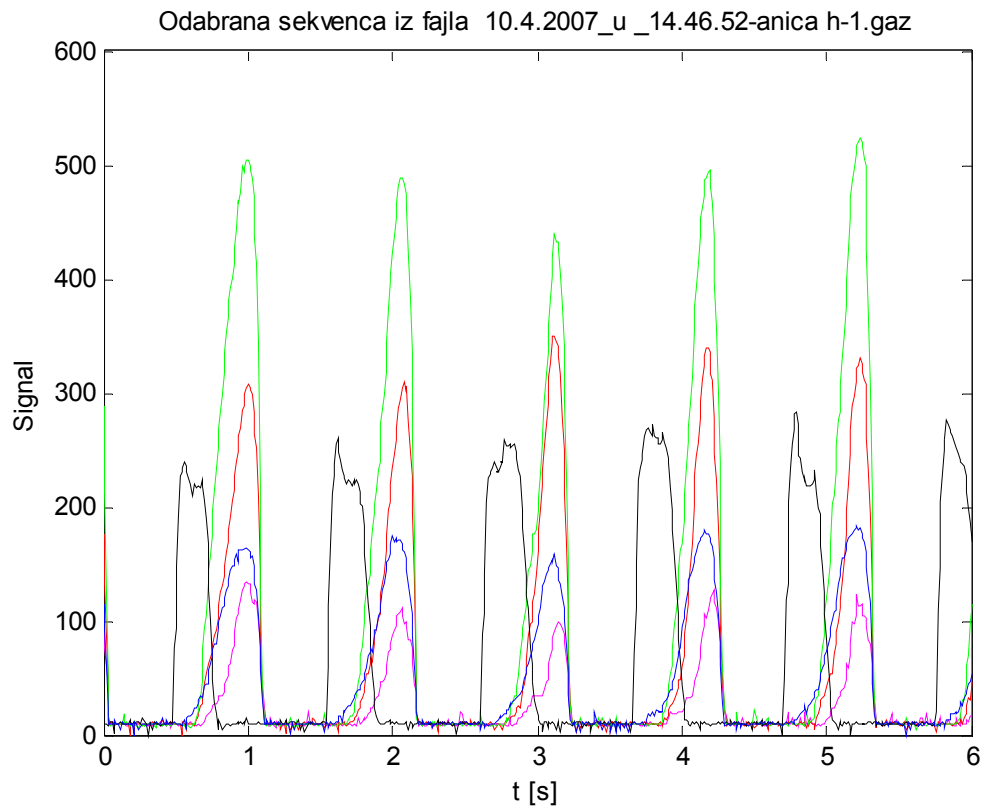
Slika 6.3. Cipele sa negativnim nagibom, ispitanica „jeca“.

Kod hoda sa slike 6.3 primećuje se sličan oblik kao na slici 6.2, s tim što je opterećenje na prstima manje. Što se tiče tačaka na prednjem delu stopala, posle prstiju je najveće opterećenje u tački 5 (plava kriva) koja se nalazi u spoljašnjem delu. Srednja tačka i jastuče su mnogo manje izraženi. Na osnovu ovoga se može zaključiti da devojka hoda „na spolja“, što je i ona sama potvrdila.



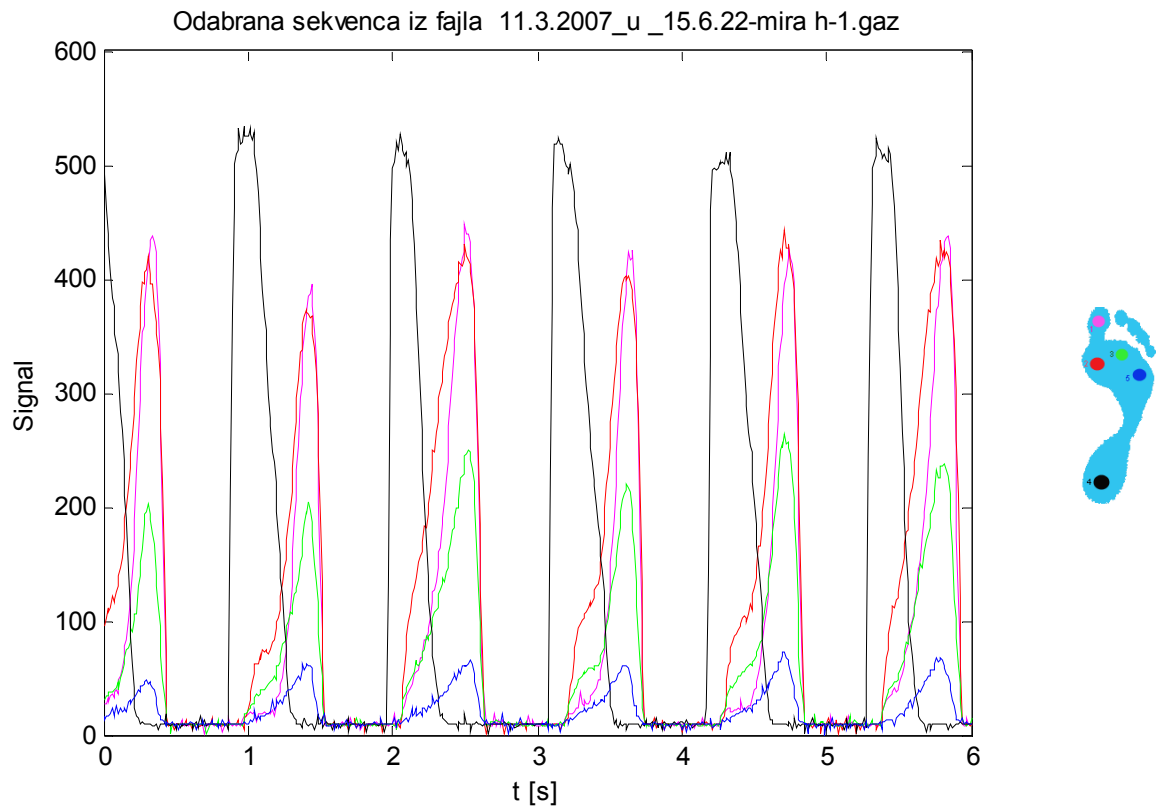
Slika 6.4. Cipele sa negativnim nagibom, ispitanica „mCA“.

Devojka sa slike 6.4 je hodala pretežno na peti. Međutim, dok se ne analizira njen hod u drugoj obući, ne može zaključiti da li je hodaње na peti uobičajena karakteristika njenog hoda ili posledica uvežbanosti hodaња u cipelama sa negativnim nagibom. Što se tiče rasporeda sile u tačkama na prednjem delu stopala, vidi se da je oblik isti, ali su intenziteti različiti.



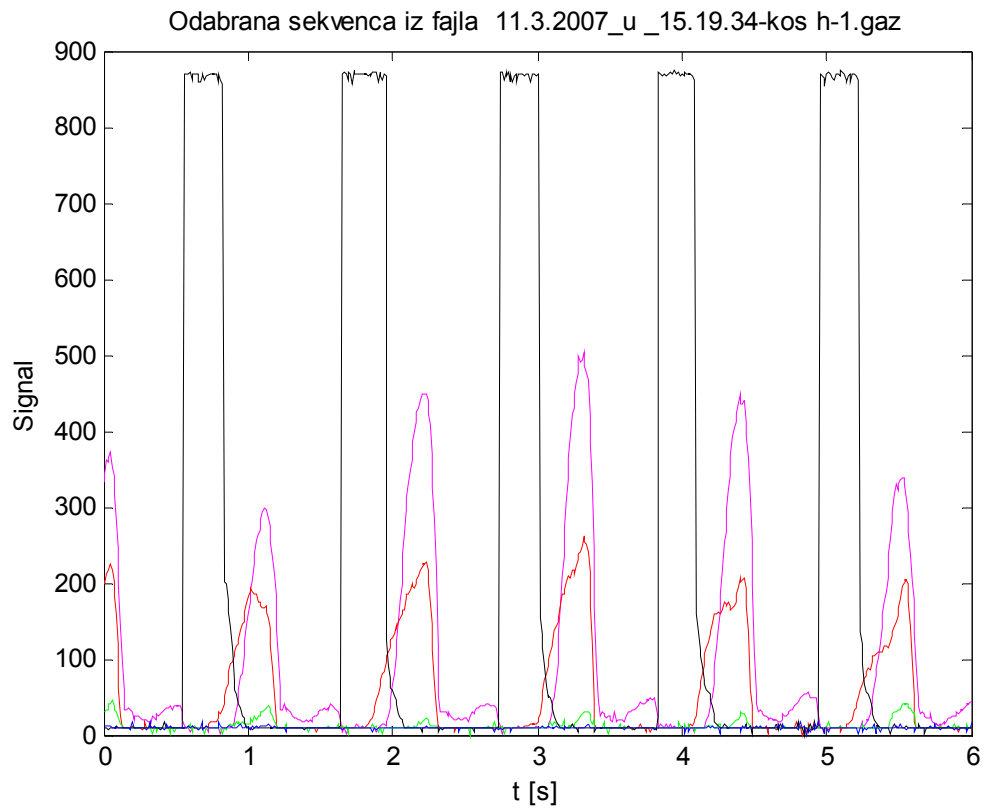
Slika 6.5. Cipele sa negativnim nagibom, ispitanica „anica“.

Upoređivanjem slika 6.2 i 6.5 vidi se da su signali sličnih oblika, ali je raspored opterećenja različit. Devojka sa slike 6.5 najviše opterećuje tačku 3 (zeleni kanal), zatim jastuče, pa tek onda ostale tačke.



Slika 6.6. Cipele sa negativnim nagibom, ispitanica „mira“.

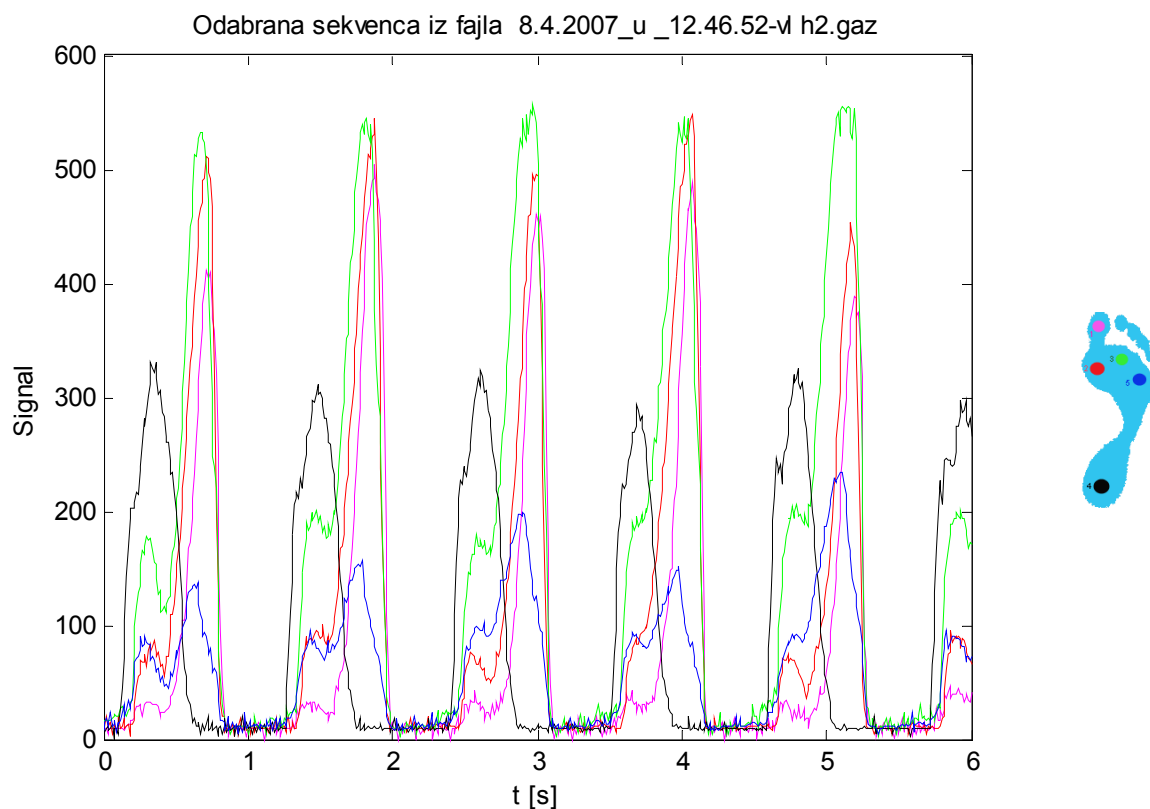
Za devojku sa slike 6.6. zanimljivo je poklapanje signala u tačkama 1 i 2. Istaknimo raspored kanala po intenzitetu: opterećenje opada od unutrašnjeg ka spoljašnjem delu stopala.



Slika 6.7. Cipele sa negativnim nagibom, ispitanica „kos“.

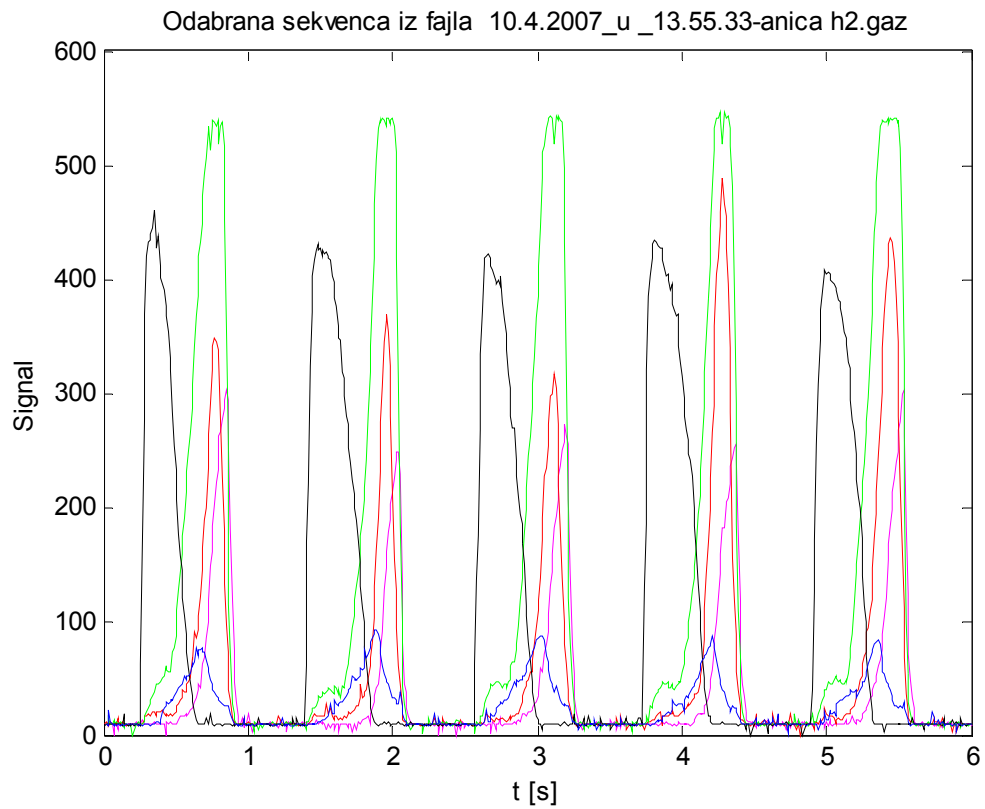
U merenju sa slike 6.7 senzori na peti su otišli u zasićenje, a vrednost na grafiku je blizu 900 (znatno iznad vrednosti na svim ostalim graficima). Tačke 3 i 5 su gotovo neopterećene.

6.2. Ravne cipele i niske štikle



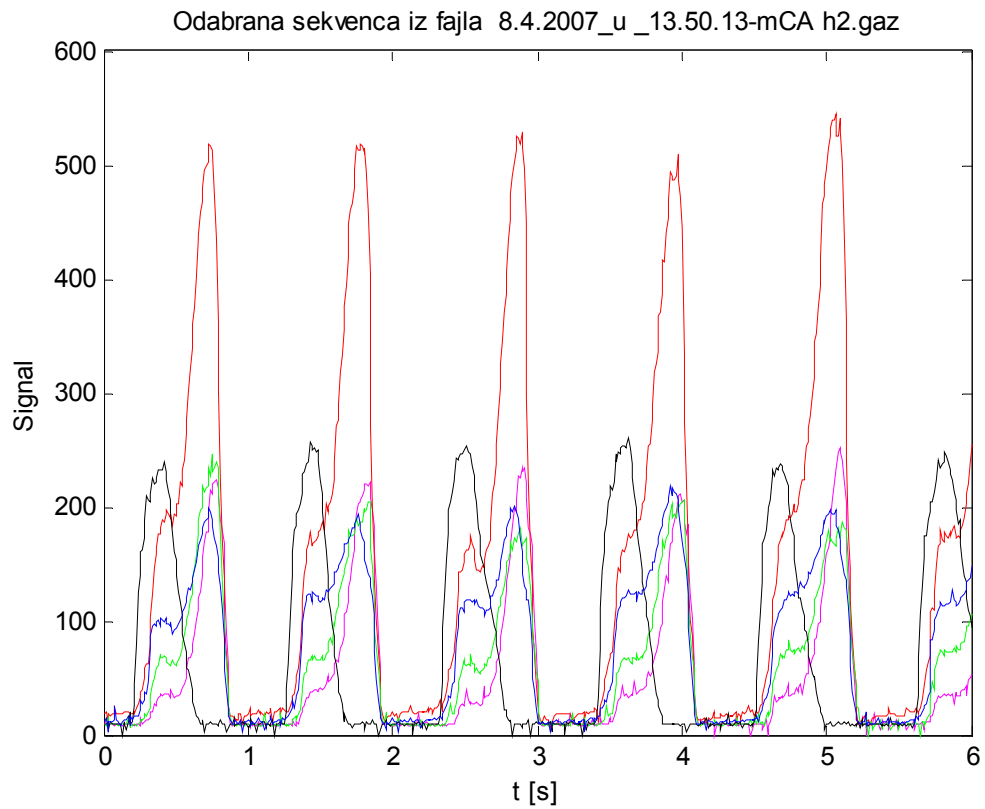
Slika 6.8. Ravne cipele, ispitanica „vl“.

Uporedimo slike 6.2 i 6.8, koje se odnose na istu ispitanicu. Pri hodu u ravnim cipelama (slika 6.8) se, za razliku od cipela sa negativnim nagibom (slika 6.2), primećuje oslonac celim stopalom od samog početka kontakta cipele sa podlogom. Ponovo se izdvaja peta u prvom delu koraka, ali su sada prisutne i ostale tačke koje su zastupljene punom širinom (sve vreme trajanja dodira). Signali u tačkama na prednjem delu stopala su sličnog oblika, samo su različitog intenziteta.



Slika 6.9. Ravne cipele, ispitanica „anica“.

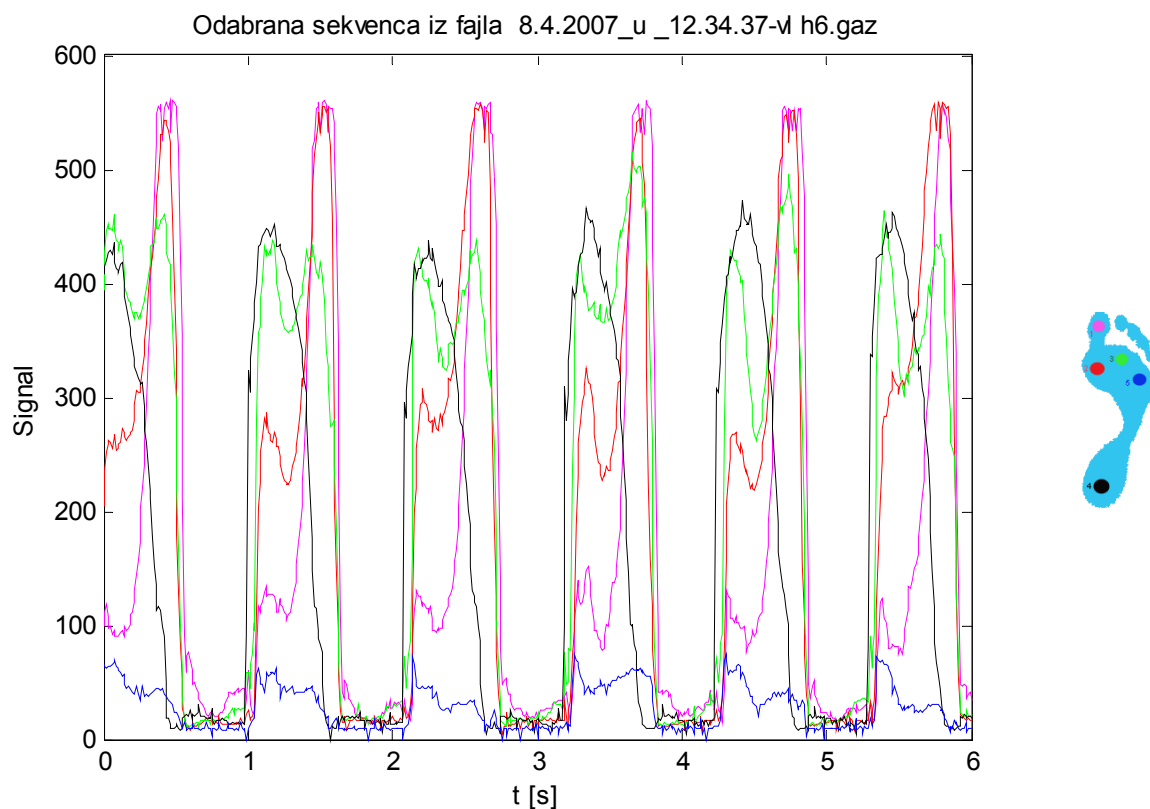
Oblik signala na slici 6.9 sličan je kao na prethodnoj slici. Peta je za oko 30% više opterećena nego kod prethodne ispitanice (slika 6.8). Najopterećeniji je srednji deo stopala (zelena kriva), kao i na slici 6.8.



Slika 6.10. Ravne cipele, ispitanica „mCA“.

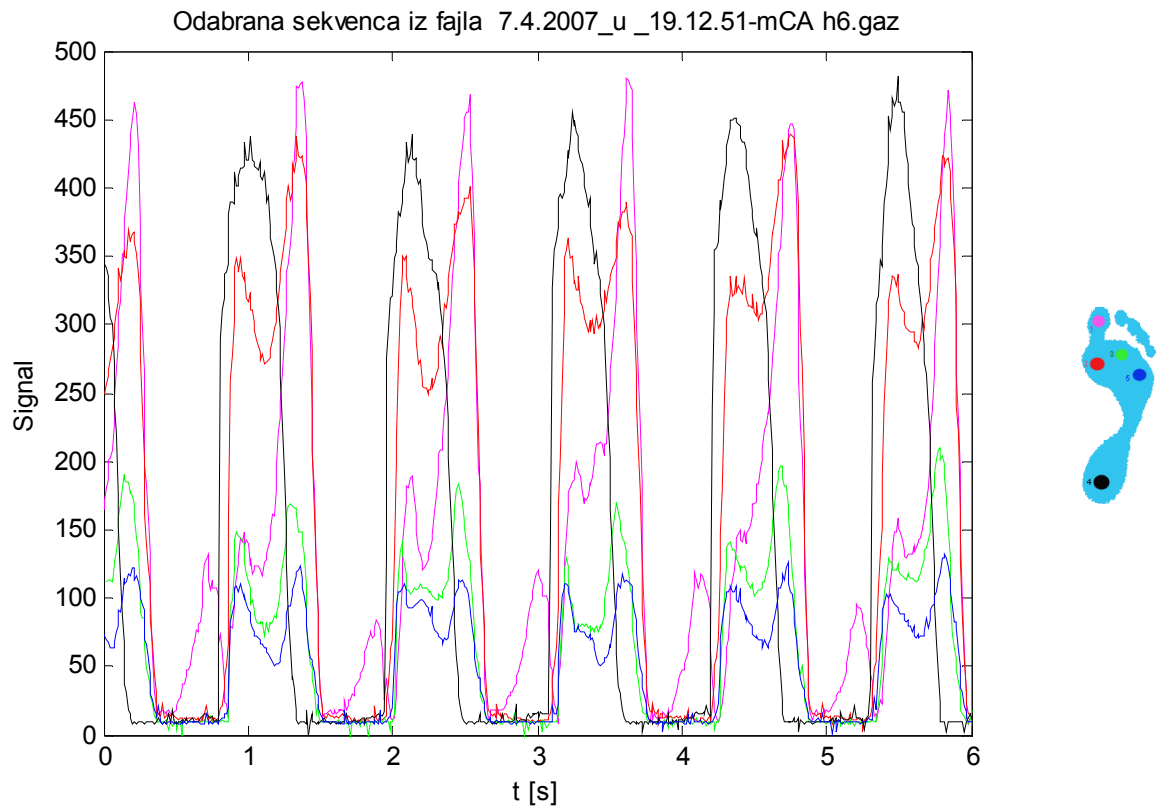
U poređenju sa slikama 6.8 i 6.9, vide se slični vremenski oblici signala, ali je raspored intenziteta po tačkama drugačiji. Najistaknutije je jastuče (tačka 2), za razliku od slike 6.9 gde je to bila tačka 3 (srednji deo stopala). Opterećenje pete je slično kao na slici 6.8.

6.3. Štikle srednje visine



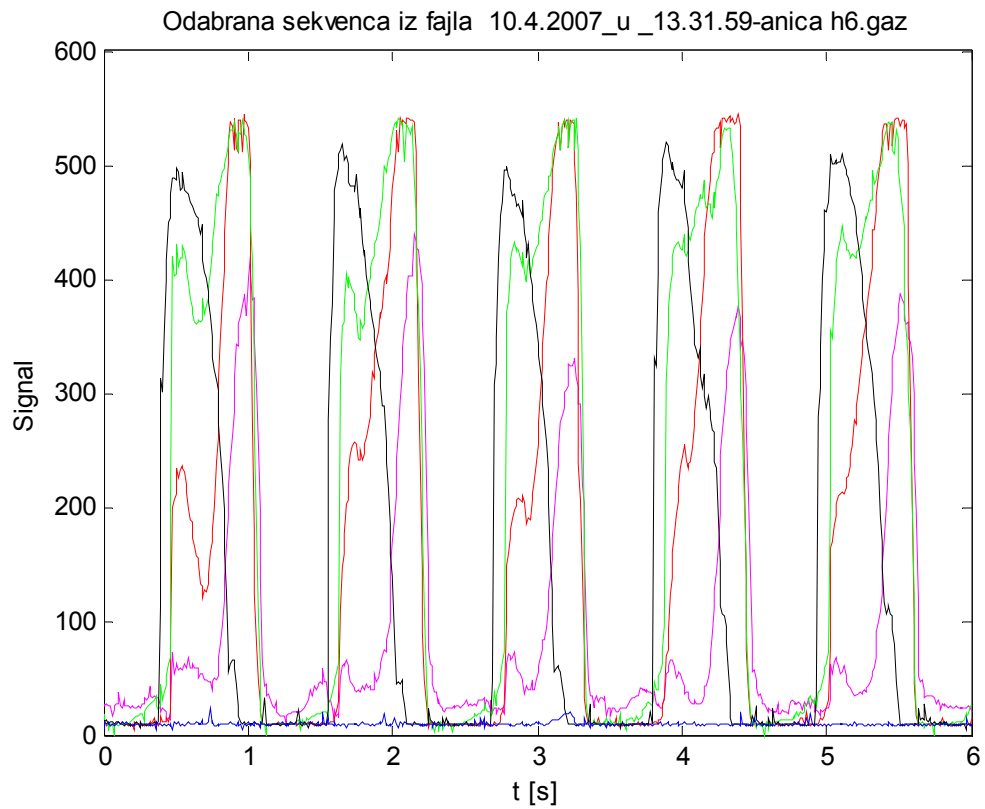
Slika 6.11. Srednje štikle, ispitanica „vl“.

Kod srednjih štikli je izražen hod punim stopalom, što se jasno vidi poređenjem slike 6.11 sa slikama 6.2 i 6.8 za istu ispitanicu. Sada je najveće prosečno opterećenje u tački 3. Kod ove devojke se na osnovu ovog grafika i prethodnih grafika zaključuje da ne krivi stopalo dok hoda.



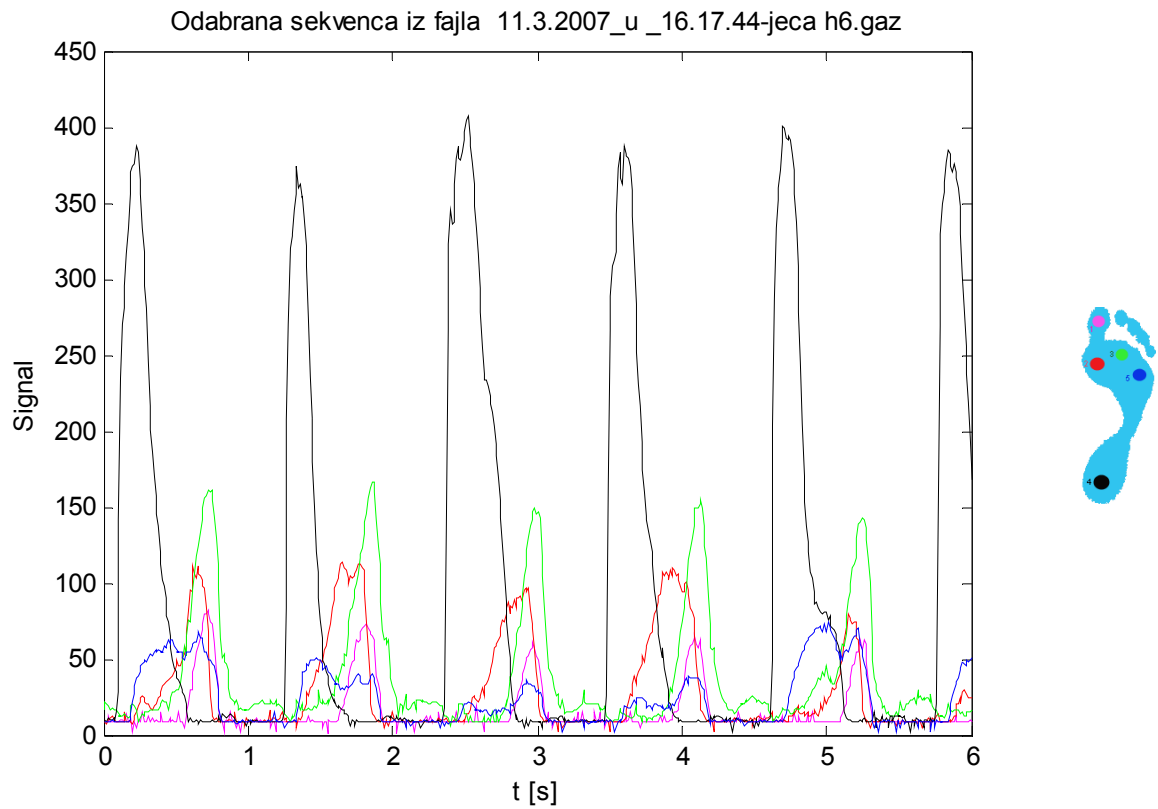
Slika 6.12. Srednje štikle, ispitanica „mCA“.

Hod na slici 6.12 je sličnog oblika kao na prethodnoj slici, ali je raspored opterećenja tačaka različit. Sve tačke u prednjem delu stopala imaju međusobno sličan oblik, što ukazuje na hod punim stopalom. Zanimljivo je uočiti postojanje opterećenja na prstima za vreme trajanja pauze (tj. dok je noga u vazduhu). Ovo je posledica toga što prilikom merenja nanula nije bila dovoljno fiksirana za nogu, pa je devojka pritiskala prstima cipelu da ne bi spala.



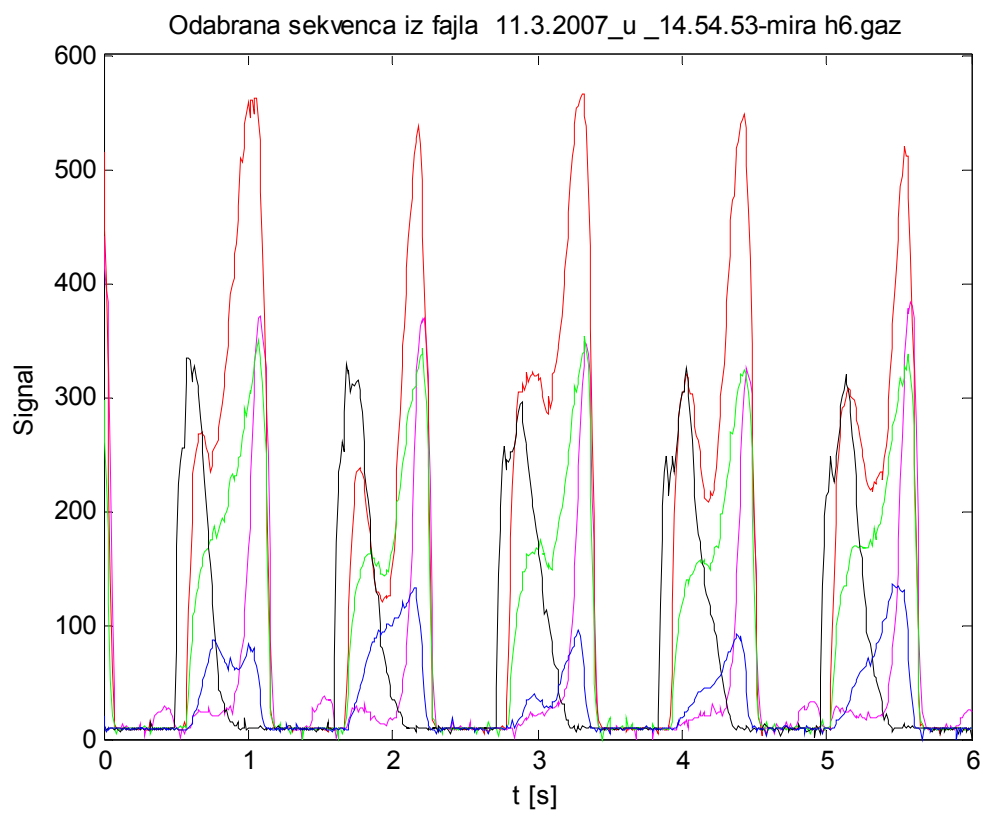
Slika 6.13. Srednje štikle, ispitanica „anica“.

U hodu sa slike 6.13 sve vreme postoji opterećenje na prstima. Moguće je da su cipele bile suviše jako fiksirane za nogu, ili je to karakteristika hoda ove devojke na štiklama.

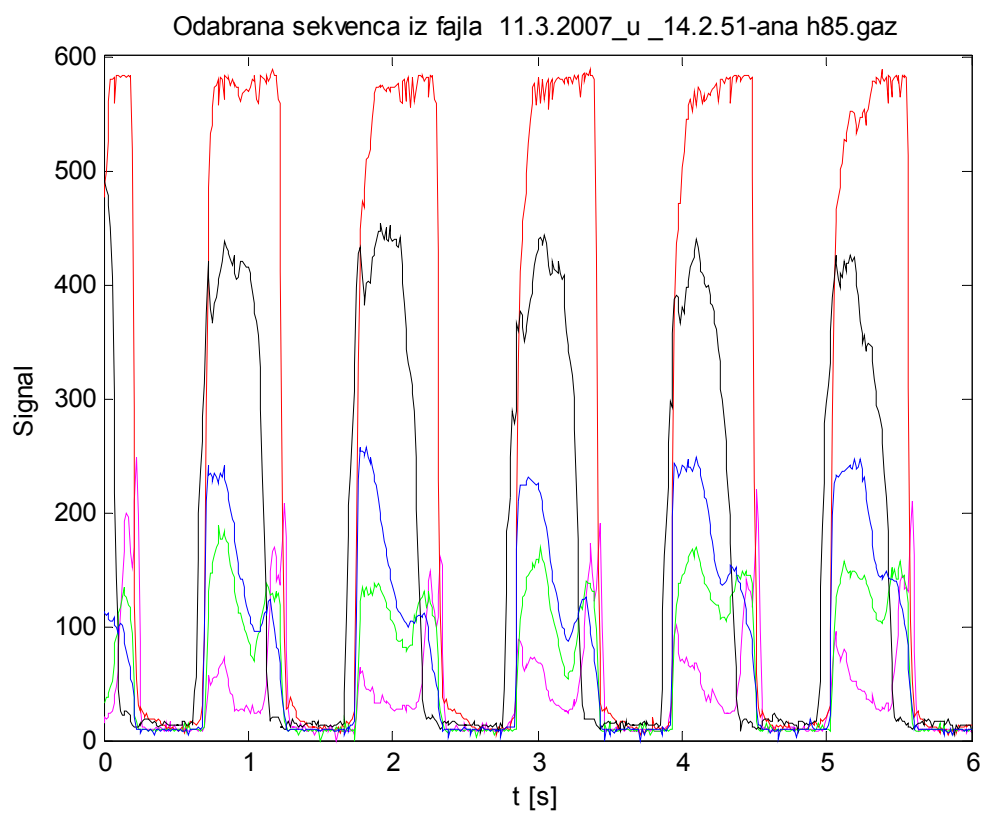


Slika 6.14. Srednje štikle, ispitanica „jeca“.

Devojka čiji je hod prikazan na slici 6.14 nije navikla na visoke potpetice. Primećuje se da je hod sličniji hodu u cipelama sa negativnim nagibom (izraženija peta od svega drugog), iako je visina potpetice 6 cm.

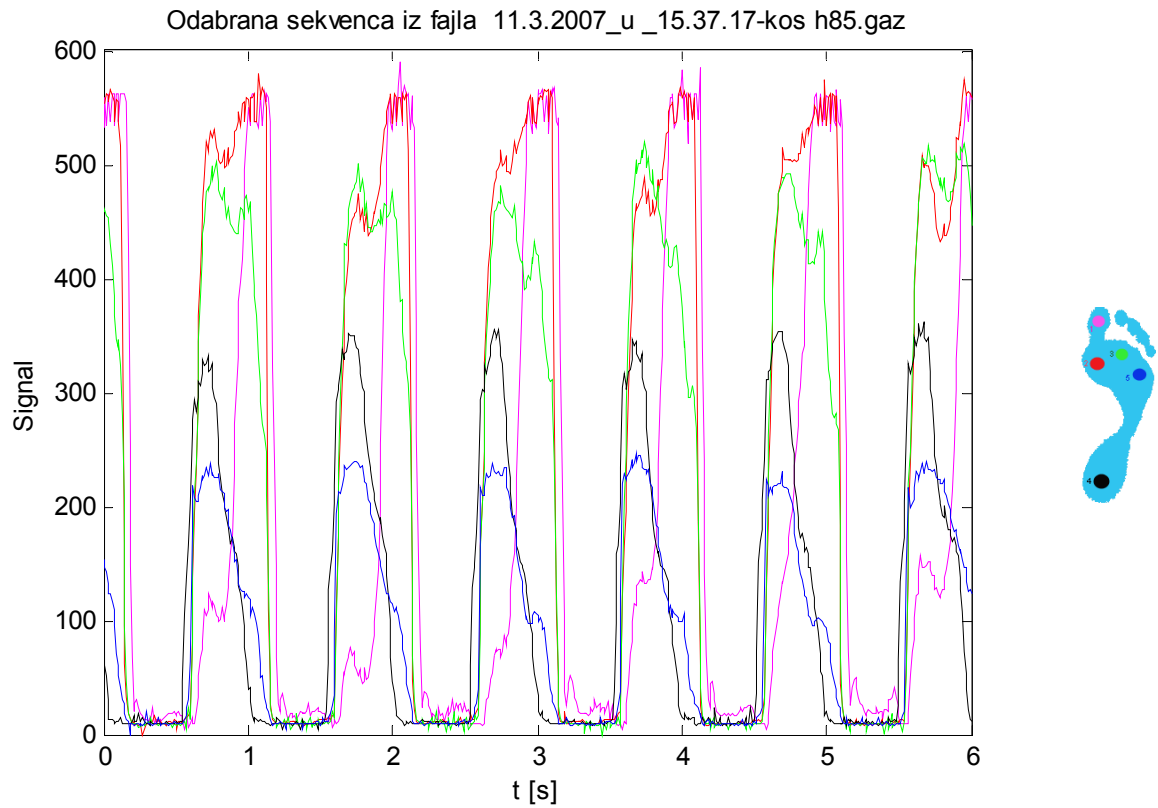


Slika 6.15. Srednje štikle, ispitanica „mira“.



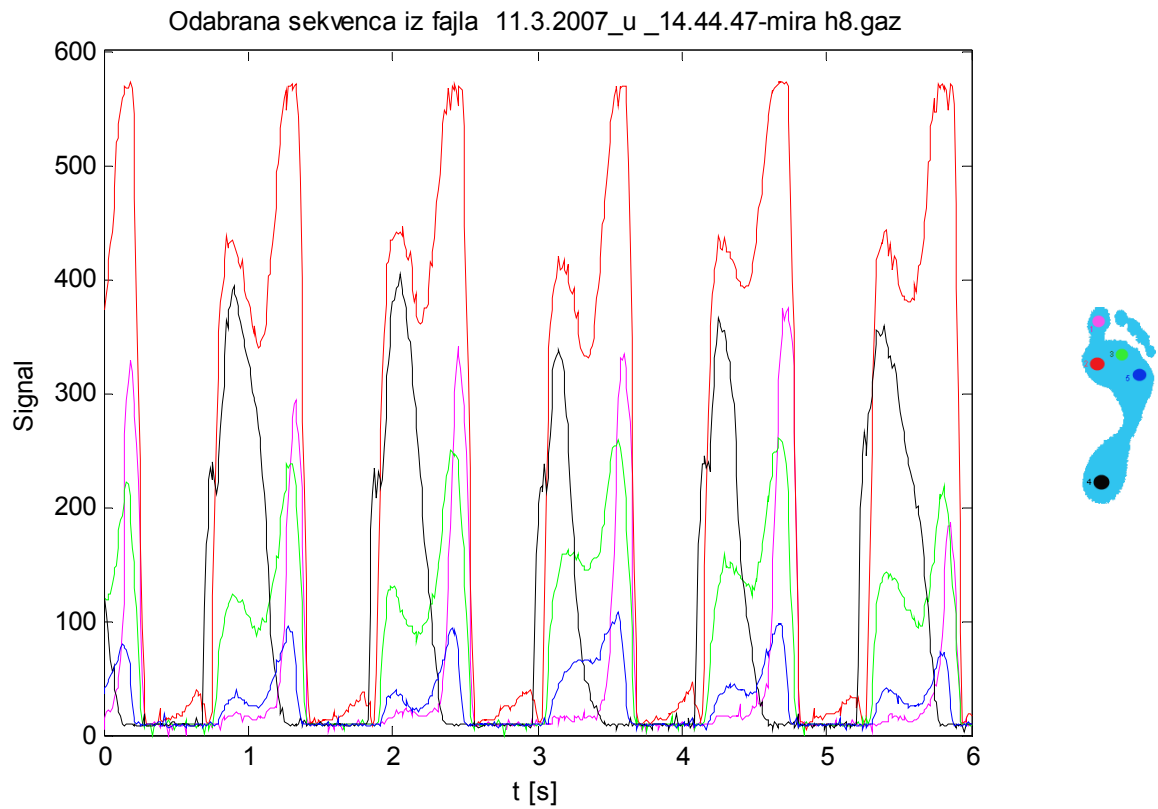
Slika 6.16. Srednje štikle, ispitanica „ana“.

Kod devojaka čiji je hod prikazan na slikama 6.15 i 6.16, najveće opterećenje je na jastučetu, a svi kanali imaju međusobno slične oblike signala.



Slika 6.17. Srednje štikle, ispitanica „kos“.

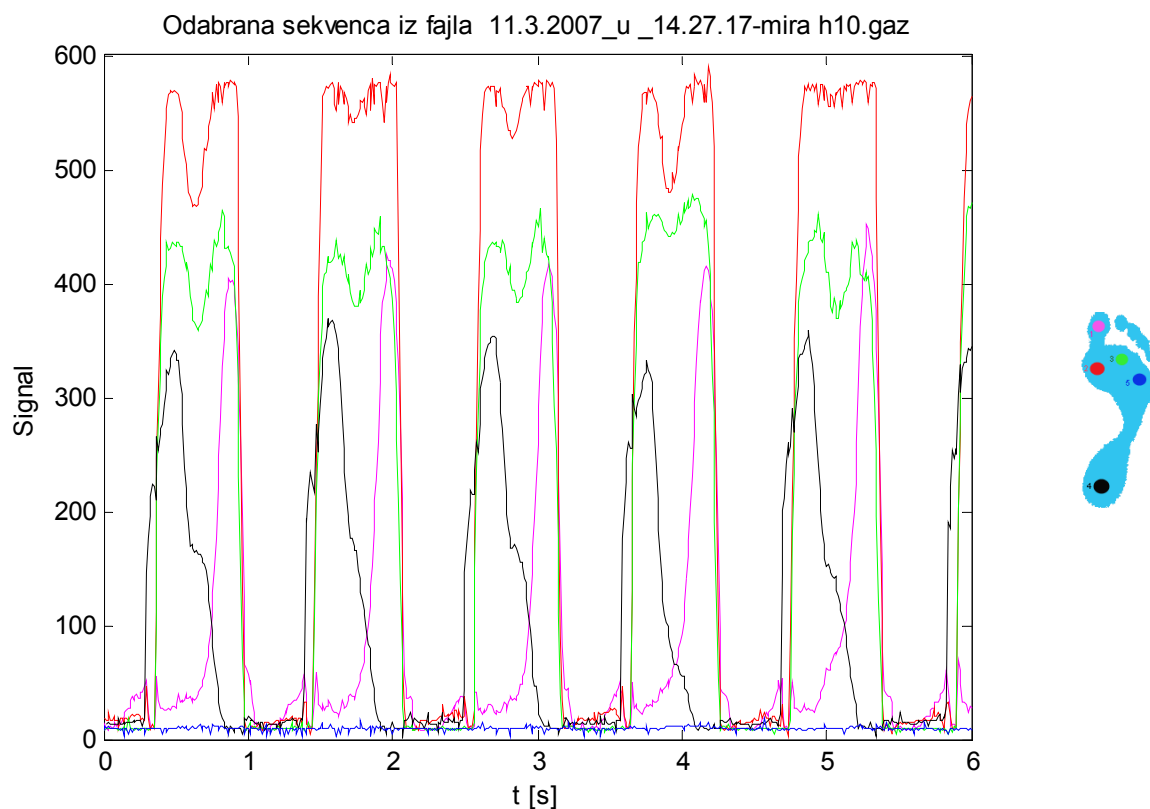
U hodu sa slike 6.17 korišćene su iste cipele kao na slici 6.16. Kod devojke sa slike 6.17 tačka 3 je mnogo opterećenija nego kod devojke sa slike 6.16.



Slika 6.18. Srednje štikle, ispitanica „mira“.

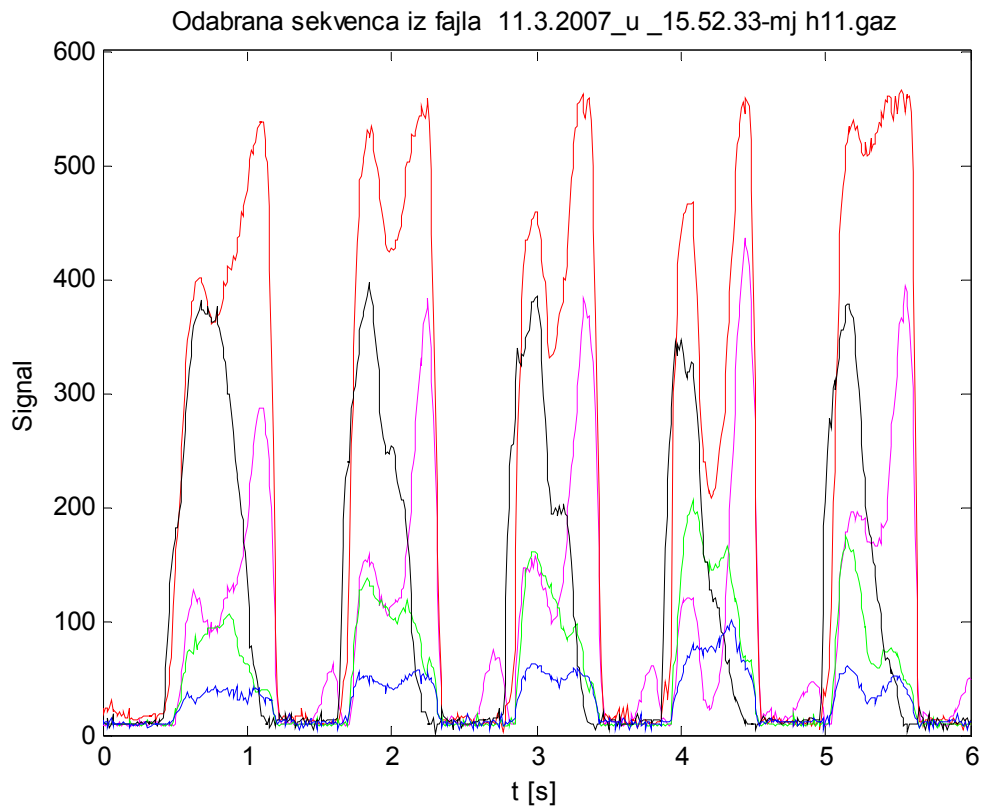
Oblik signala sa slike 6.18 dosta sličan slici 6.15, koja predstavlja sekvencu snimljenog hoda iste ove devojke samo na štikli nižoj za 2 cm. Primećuje se porast opterećenja jastučeta sa porastom visine štikle i primetno je da su ostale tačke na stopalu zadržale sličan oblik kao u prethodnom merenju.

6.4. Visoke štikle

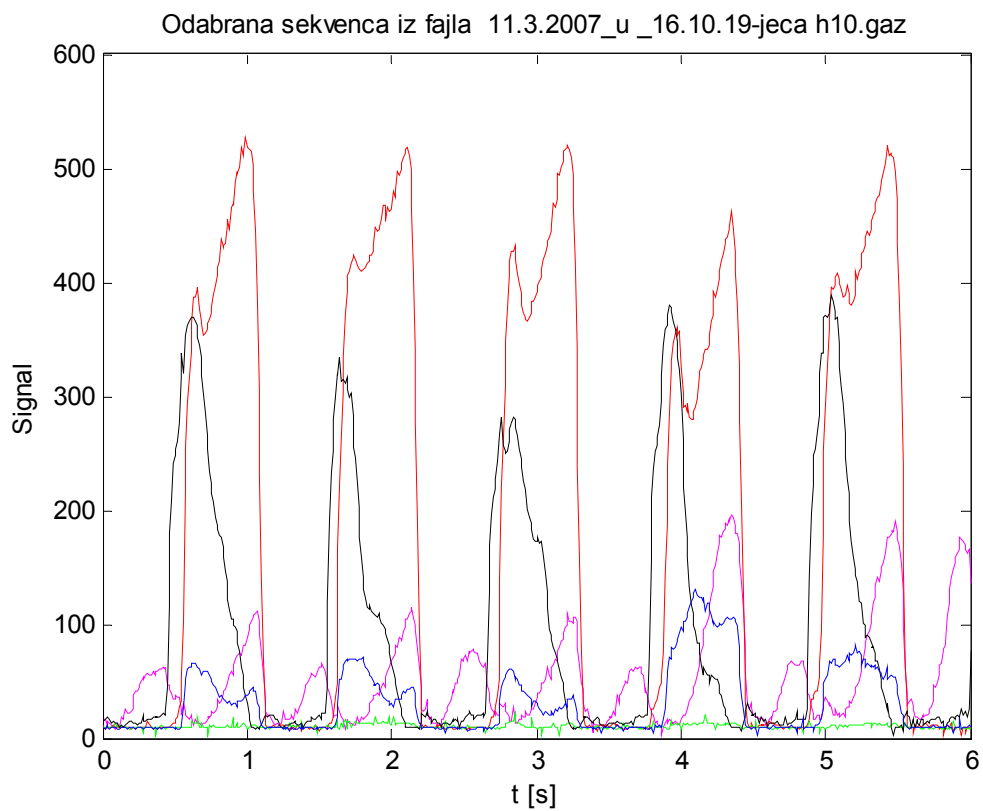


Slika 6.19. Visoke štikle, ispitanica „mira“.

Poređenjem slika 6.15, 6.18 i 6.19 (za istu ispitanicu) vidi se da sa porastom visine štikle raste opterećenje jastučeta, i uočava se sličan oblik signala između istih tačaka. Težište je prebačeno unapred, što se vidi na osnovu opterećenja tačaka 2 i 3. Izražen je prelaz peta-prsti, što se vidi i sa slike 6.20 za drugu ispitanicu.

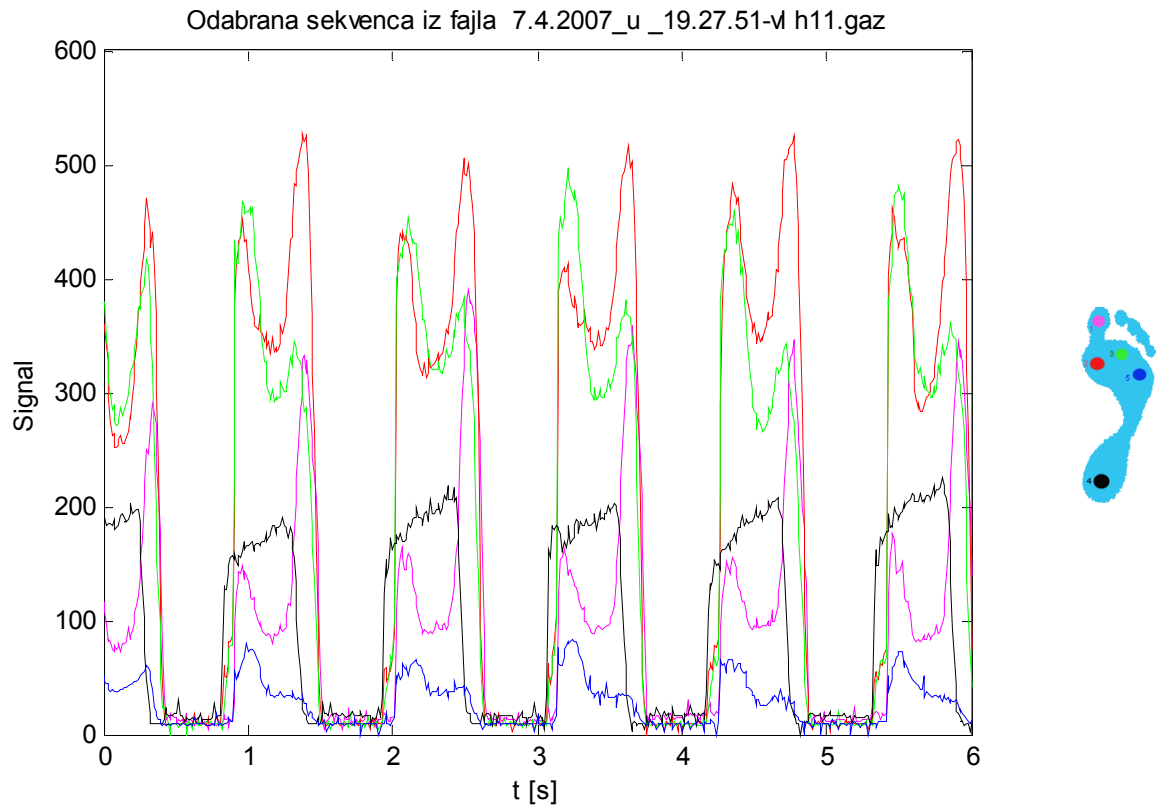


Slika 6.20. Visoke štikle, ispitanica „mj“.



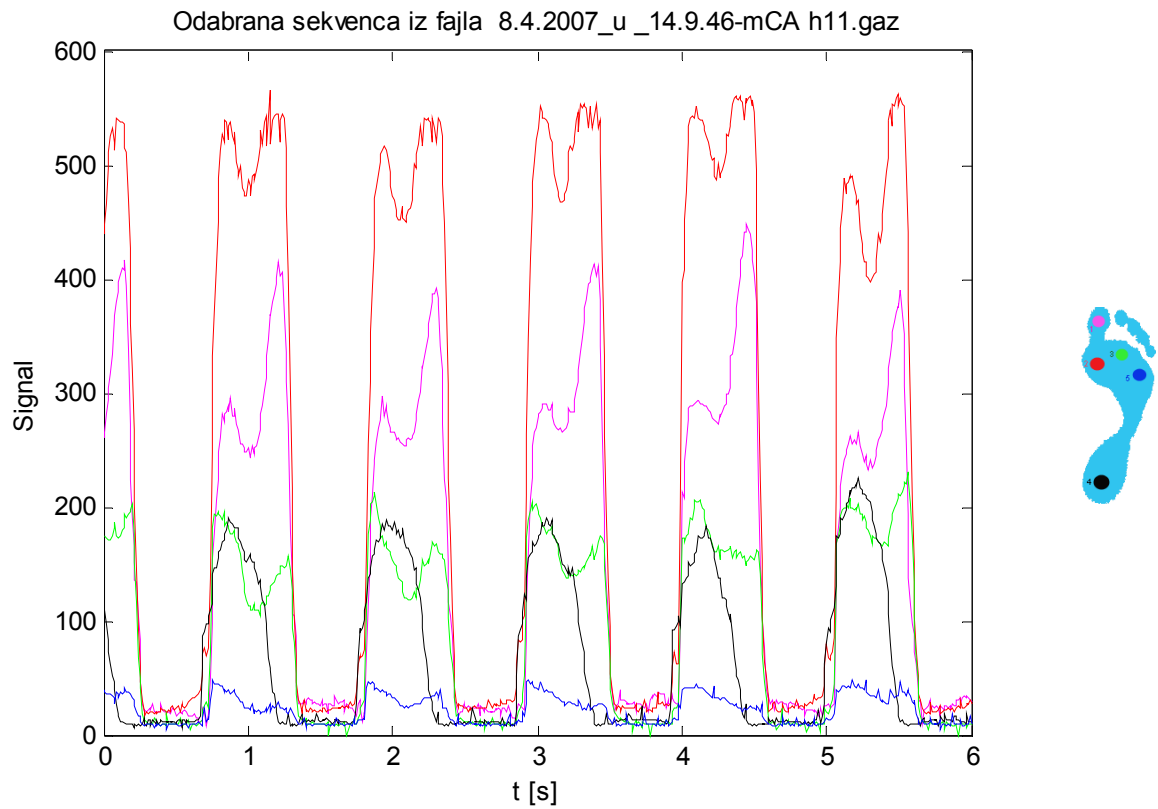
Slika 6.21. Visoke štikle, ispitanica „jeca“.

Devojka sa slike 6.21 je prvi put na ovako visokim štiklama, ali su uprkos tome oblici signala slični kao za devojku sa slike 6.20, koja ima iskustva u hodanju na visokim štiklama.



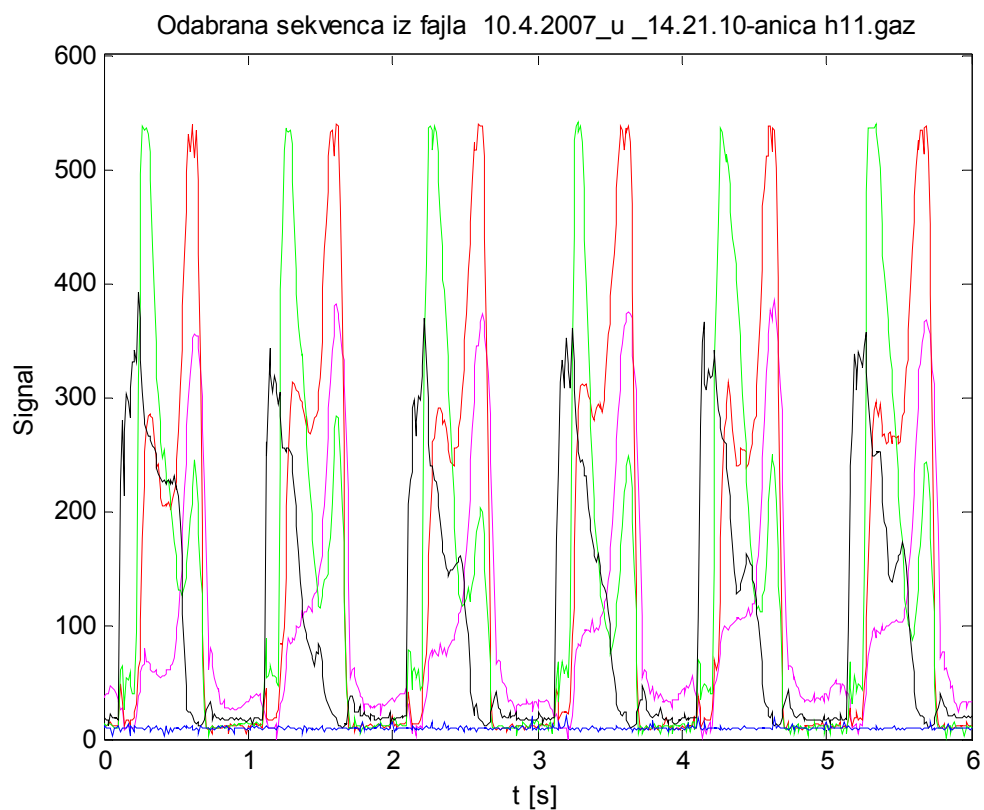
Slika 6.22. Visoke štikle, ispitanica „vl“.

Za devojku na slici 6.22 primećuje se da je težište prebačeno unapred. Prednji deo stopala ima najveće opterećenje, i to tačke 2 i 3 gotovo ravnomerno. To potvrđuje prethodno donet zaključak o hodu ove devojke. Peta sada služi samo kao oslonac, opterećena je sve vreme trajanja kontakta cipele sa podlogom, a glavni pritisci (sudari i odrazi) su u tačkama 2 i 3.



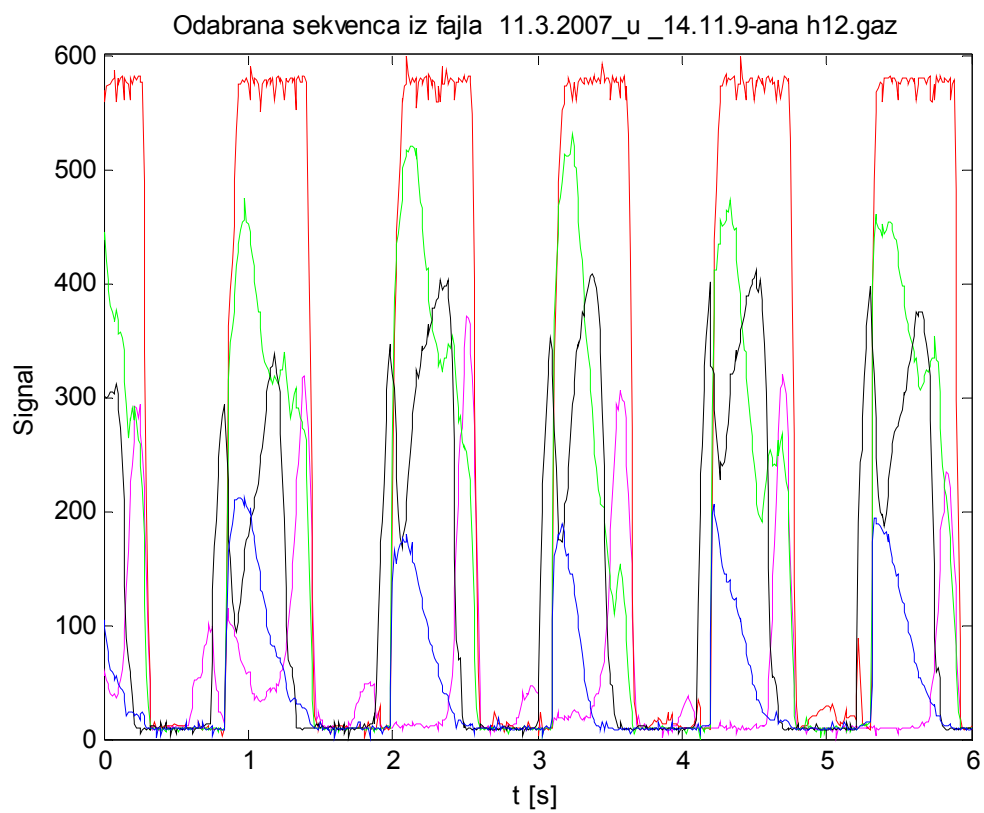
Slika 6.23. Visoke štikle, ispitanica „mCA“.

Za devojku sa slike 6.23 važe slični zaključci kao devojku sa slike 6.22, s tim što je kod devojke sa slike 6.23 akcenat na jastučetu koje prima najveće opterećenje. Na osnovu dosadašnjih merenja, može se zaključiti da je kod ove devojke jastučice najkritičnija tačka na stopalu, gde se mogu očekivati problemi.



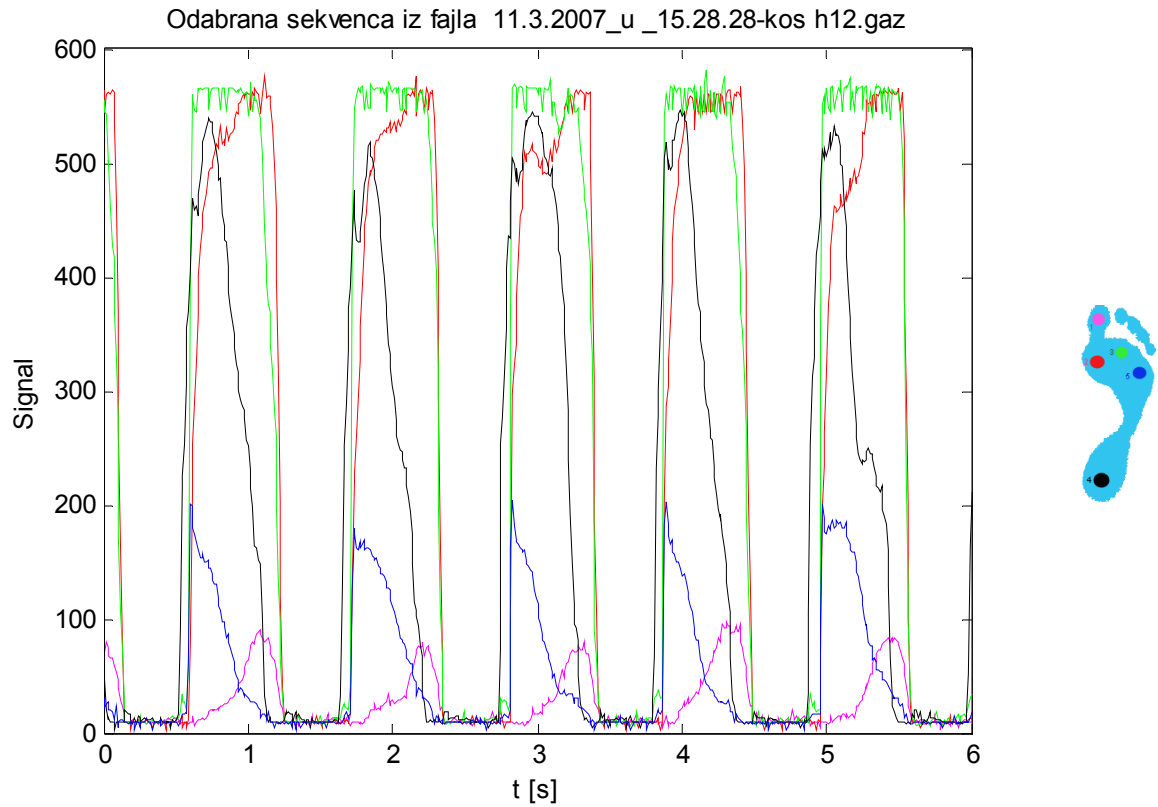
Slika 6.24. Visoke štikle, ispitanica „anica“.

Istaknuti udari stopala, izuzetno strma uzlazna ivica i veliki intenzitet zelene krive (tačka 3) karakterišu hod sa slike 6.24. Neobični razdvojeni vrhovi zelene i crvene krive ukazuju na promenu težišta na stopalu, sa srednjeg dela stopala ka unutrašnjem delu, tj. na krivljenje noge prilikom hoda u ovim cipelama.



Slika 6.25. Visoke štikle, ispitanica „ana“.

Za sekvenca sa slike 6.25, zasićenje u tački 2 je verovatno posledica veoma jakog udara prilikom hoda. Devojka je prvi put u ovako visokim štiklama.



Slika 6.26. Visoke štikle, ispitanica „kos“.

Za devojku sa slike 6.26 karakteristični su jaki udari tokom hodanja. Iako su u pitanju iste cipele kao u merenju na slici 6.25, raspored i oblik opterećenja se znatno razlikuju. Kod devojke sa slike 6.26 je u cipelama sa visokim štiklama mnogo opterećenija tačka 3 nego kod njenih merenja u cipelama sa nižim štiklama. To može biti posledica drugačijeg kalupa cipela ili prilagođenja devojke promeni visine štikli. Ova devojka je naviknuta na nošenje visokih potpetica. Prethodne štikle u kojima je snimljena (visine 8.5 cm) joj nisu predstavljale nikakav problem, za razliku od ovih štikli (visine 12 cm) u kojima, ipak, nije lako hodati.

7. Zaključak

Jedan od problema ovog istraživanja je bio da se pronađe način kako da se devojke uporede. Osim po broju cipela, devojke su se razlikovale i po vrsti obuće na koju su navikle, anatomiji stopala, a najviše po hodu.

Pokazalo se, što se i moglo očekivati, da je svaki hod veoma individualan i da je zbog toga izuzetno teško izvesti čvrste generalne zaključke. Za izvođenje statistika hoda potreban je mnogo veći broj devojaka, i veliki broj pari cipela. Devojke bi, u tom slučaju, trebalo snimiti u raznim vrstama cipela i sa raznim visinama potpetica, a uz to bi trebalo obezbediti iste modele cipela svim devojka.

Ipak, pokazalo se da je sistem dovoljno dobar za posmatranje devojaka pojedinačno. Na osnovu njihovih snimaka se za svaku devojku može zaključiti kako hoda (pravilno, u stranu, vuče nogu, udara petom...). Moguće je uočiti specifičnosti hoda svake devojke kao i predvideti problematične tj. bolne tačke na stopalu.

U budućnosti bi trebalo ponoviti ovo istraživanje, ali tako da se uz FSR senzore koriste i akcelerometri. Sistem bi, osim raspodela sile reakcije podloge, snimao i ubrzanje u odgovarajućim tačkama na telima devojka.

U uređaj za akviziciju i snimanje bi bilo korisno dodati opciju generisanja zvuka (takta), što bi zamenilo dosadašnje korišćenje metronoma.

Umesto dugačkog hodnika kroz koji su devojke šetale za vreme snimanja, moguće bi bilo ispitivanje sprovoditi na pokretnoj traci. Potreban prostor za merenje bi bio manji, devojka se ne bi usklađivala sa metronomom, nego sa pokretnom trakom koja bi diktirala brzinu hoda. To bi omogućilo i tačan proračun dužine koraka što u sadašnjem sistemu nije bilo moguće bez dodatnih merenja dužine putanje. Uz to, bilo bi moguće snimanje hoda kamerom koja bi se lako postavila pored pokretne trake. Ovo bi omogućilo poređenje snimljenih filmova sa snimljenim opterećenjem (i/ili ubrzanjem).

Literatura

- [1] H. J. Dananberg and G. C. Trachtenberg, "Put To The Test: Footwear: High heel design puts less pressure on forefoot", *BioMechanics*, February 2000, http://www.biomech.com/db_area/archives/2000/0002test.75-80.bio-01.html
- [2] E. Aberth, A. Bajwa, and E. Palattao, "Normal and High-Heel Gait in College-Aged Females", University of Michigan, Ann Arbor, MI, USA, <http://www.umich.edu/~mvs330/w97/highheels/main.html>
- [3] M. Miyamoto and M. Shindo, "A Novel Device for Measuring Fluctuations in Stride Intervals of Human Gait", *Bulletin of the Osaka Medical College*, vol. 48, pp. 19-25, 2002, <http://www.osaka-med.ac.jp/deps/b-omc/articles/48/4819-25.pdf>
- [4] *Biology for Biological Engineers*, University of Guelph, Ontario, Canada, http://www.soe.uoguelph.ca/webfiles/mleuniss/Biomechanics/biomechanics_page_2.htm
- [5] A. Y. Benbasat, S. J. Morris, and J. A. Paradiso, "A Wireless Modular Sensor Architecture and its Application in On-Shoe Gait Analysis", IEEE Sensors Conference, Toronto, Canada, October 2003, <http://www.media.mit.edu/resenv/pubs/papers/2003-10-Sensors-shoestack.pdf>
- [6] S. J. Morris Bamberg, P. LaStayo, L. Dibble, J. Musselman, S. K. D. Raghavendra, "Development of a Quantitative In-Shoe Measurement System for Assessing Balance: Sixteen-Sensor Insoles", IEEE EMBS Annual International Conference New York City, August 2006, http://bi.eng.utah.edu/pubs/2006_ieee-EMBC_SSI.pdf
- [7] "High Heel Hell", *Discovery Channel*, 1997, <http://www.exn.ca/Stories/1997/10/10/02.asp>
- [8] *Tekscan*, Boston, MA, USA, http://www.tekscan.com/medical/system_matscan1.html
- [9] *RSscan Labs*, Ipswich, UK, <http://www.rsscan.co.uk/systems.php>
- [10] *FSR Force Sensing Resistor Integration Guide and Evaluation Parts Catalog*, Interlink Electronics, Camarillo, CA, <http://www.interlinkelectronics.com/library/media/papers/pdf/fsrguide.pdf>
- [11] *Bluetooth*, Wikipedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>
- [12] *LabWindows/CVI*, National Instruments, <http://www.ni.com/lwcvl/>

Prilog. Katalog hodova

Devojka br. 1, šifra „vl“

Visina: 172 cm

Masa: 55 kg

Fajl: 8.4.2007_u_13.5.36-vl h-1.gaz

Početno vreme 12 s

Krajnje vreme 18 s

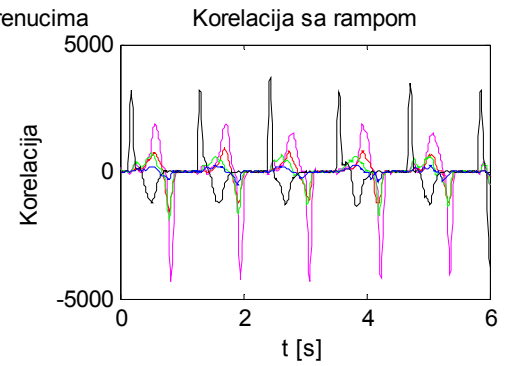
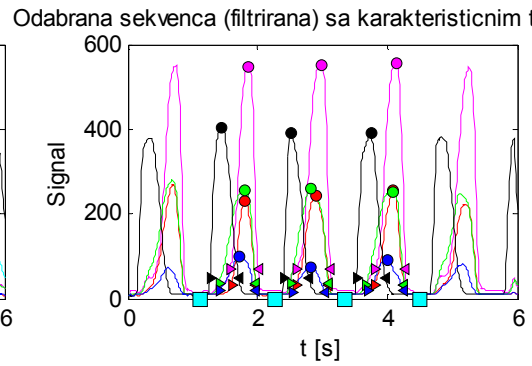
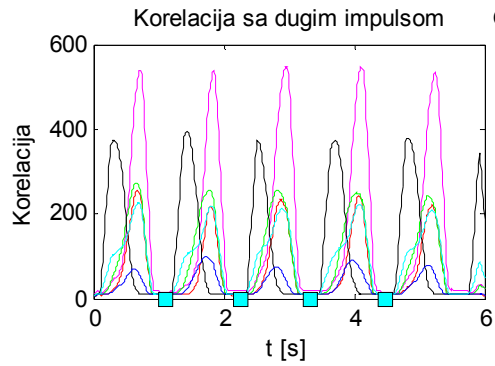
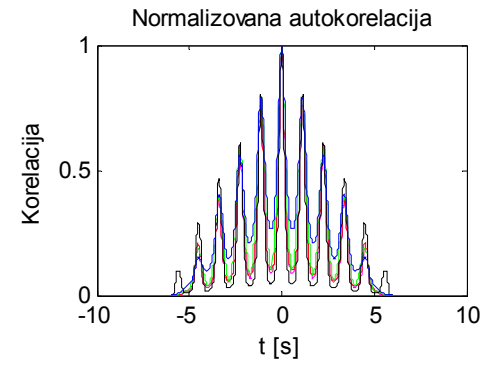
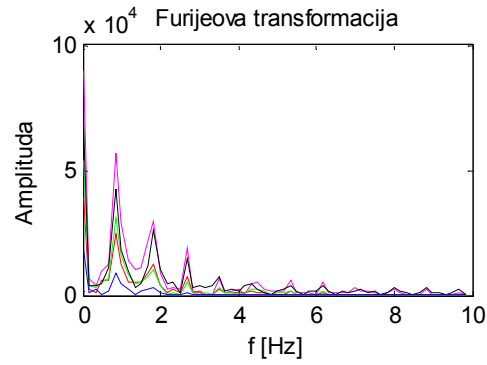
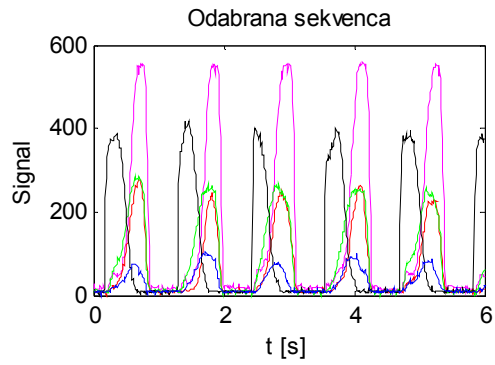
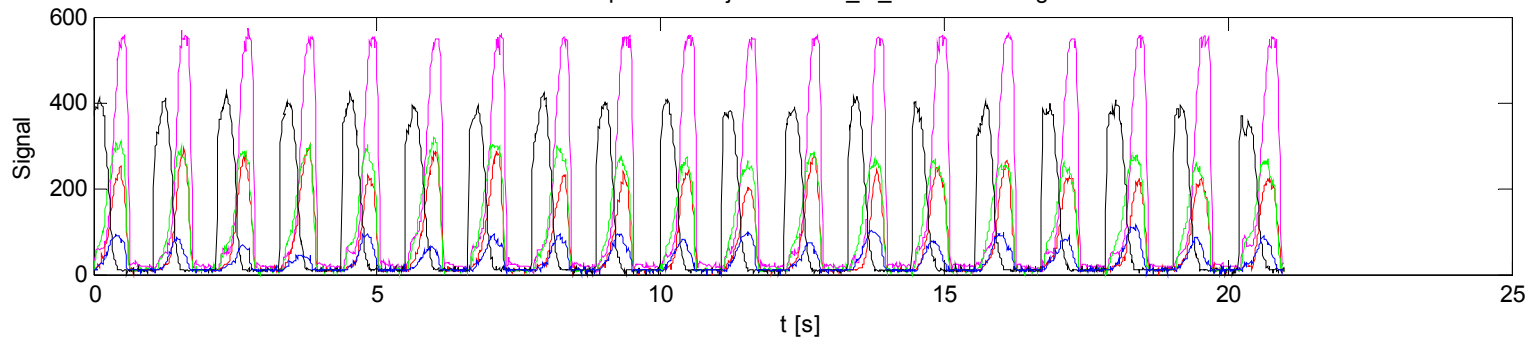
Redosled kanala po intenzitetu 1 4 3 2 5

Period 1.12667 s, st.dev. 0.0329983 s

Kanal	Početak [s]	st.dev. [s]	Kraj [s]	st.dev. [s]	Vrh [s]	st.dev. [s]	Nivo vrha	st.dev.
1	0.436667	0.0612826	0.906667	0.0329983	0.756667	0.0329983	550.074	2.7716
2	0.433333	0.0601849	0.88	0.0294392	0.696667	0.0531246	243.111	10.7852
3	0.296667	0.0368179	0.876667	0.0329983	0.67	0.0804156	256.222	4.04094
4	0.176667	0.0169967	0.593333	0.0410961	0.336667	0.0612826	394.481	6.97576
5	0.32	0.0326599	0.85	0.0489898	0.613333	0.0492161	88.963	10.2517

Prosečna greška 3.69323 %

Ucitani podaci iz fajla 8.4.2007_u_13.5.36-v h-1.gaz



Fajl: 8.4.2007_u_12.46.52-vl h2.gaz

Početno vreme 13 s

Krajnje vreme 19 s

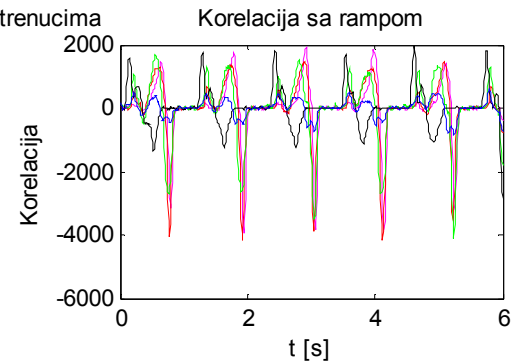
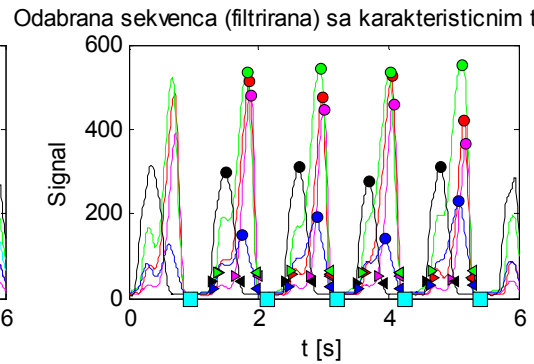
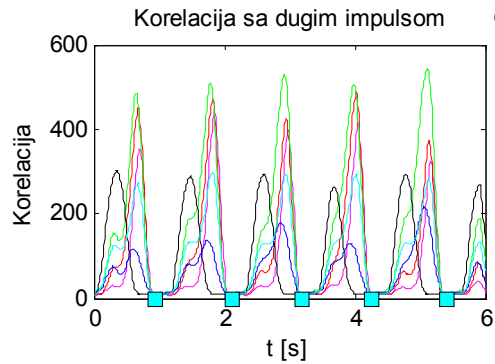
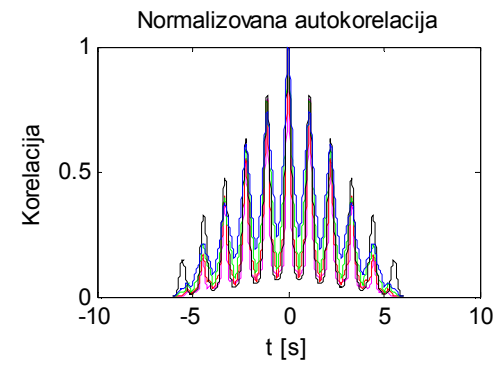
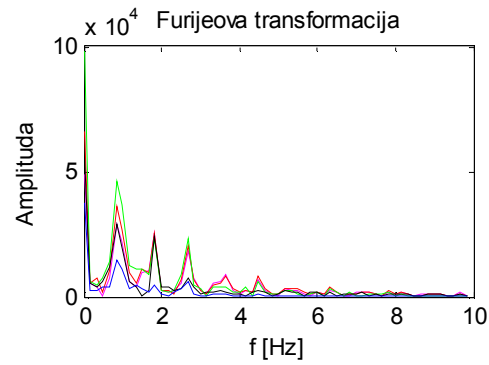
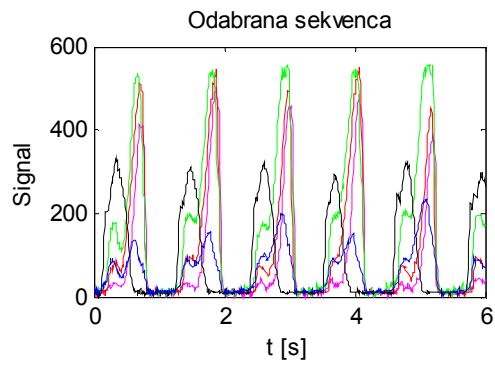
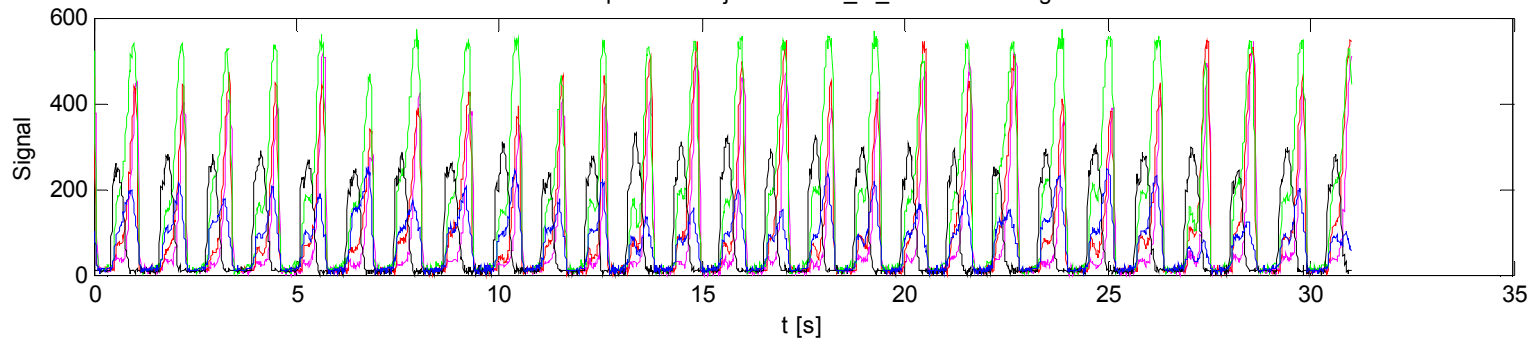
Redosled kanala po intenzitetu 3 2 1 4 5

Period 1.1175 s, st.dev. 0.0481534 s

Kanal	Početak [s]	st.dev. [s]	Kraj [s]	st.dev. [s]	Vrh [s]	st.dev. [s]	Nivo vrha	st.dev.
1	0.685	0.0295804	1.0125	0.0277263	0.91	0.0254951	437.083	42.2489
2	0.4375	0.0163936	0.9925	0.0227761	0.885	0.025	483.583	40.5561
3	0.3875	0.0163936	1	0.0254951	0.8475	0.0227761	540.444	6.77823
4	0.315	0.015	0.7375	0.0277263	0.5225	0.0178536	299.75	13.5568
5	0.3625	0.0192029	0.995	0.0304138	0.7925	0.0286138	177.417	35.4348

Prosečna greška 3.6761 %

Ucitani podaci iz fajla 8.4.2007_u_12.46.52-v h2.gaz



Fajl: 8.4.2007_u_12.34.37-vl h6.gaz

Početno vreme 15 s

Krajnje vreme 21 s

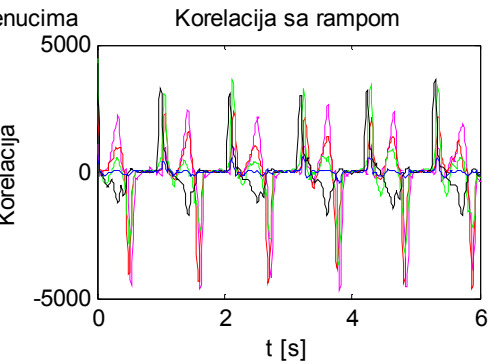
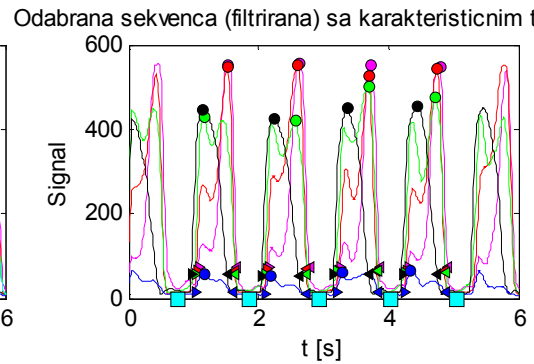
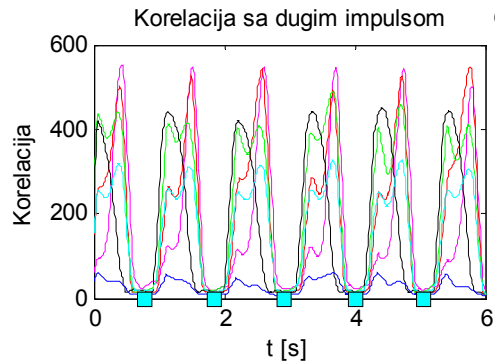
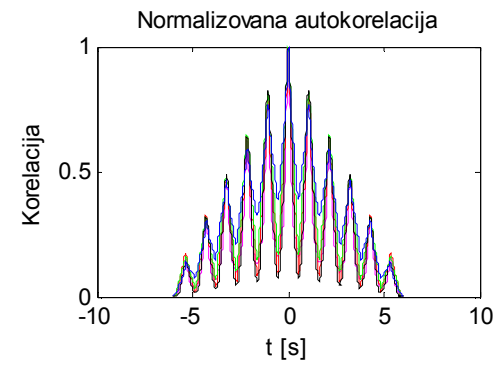
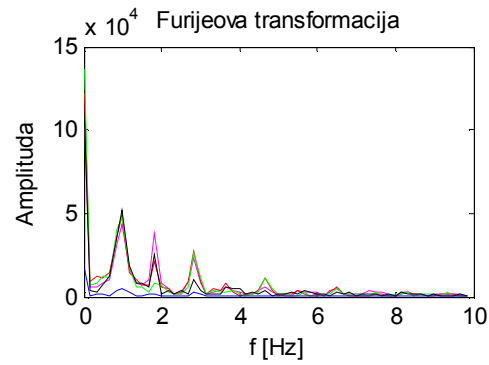
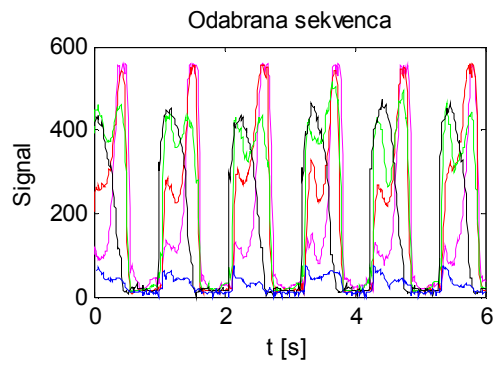
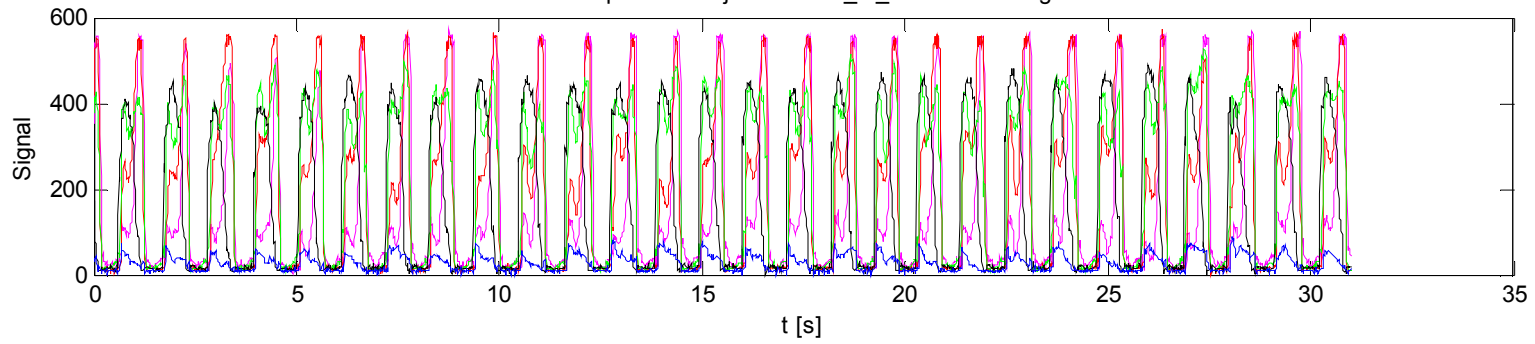
Redosled kanala po intenzitetu 1 2 3 4 5

Period 1.07 s, st.dev. 0.0244949 s

Kanal	Početak [s]	st.dev. [s]	Kraj [s]	st.dev. [s]	Vrh [s]	st.dev. [s]	Nivo vrha	st.dev.
1	0.3075	0.0204634	0.91	0.0158114	0.775	0.015	551.417	1.9315
2	0.2825	0.0163936	0.8725	0.0147902	0.7525	0.0129904	541.611,	9.01114
3	0.2525	0.0163936	0.885	0.0180278	0.6425	0.147203	456.25	32.8589
4	0.2075	0.0129904	0.75	0.0122474	0.4075	0.0238485	443.972	11.8432
5	0.2525	0.0192029	0.8725	0.0326917	0.3525	0.0311247	58.3889	4.45658

Prosečna greška 3.74794 %

Ucitani podaci iz fajla 8.4.2007_u_12.34.37-v h6.gaz



Fajl: 7.4.2007_u_19.27.51-vl h11.gaz

Početno vreme 24 s

Krajnje vreme 30 s

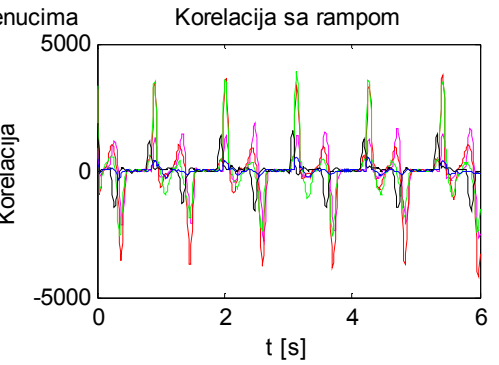
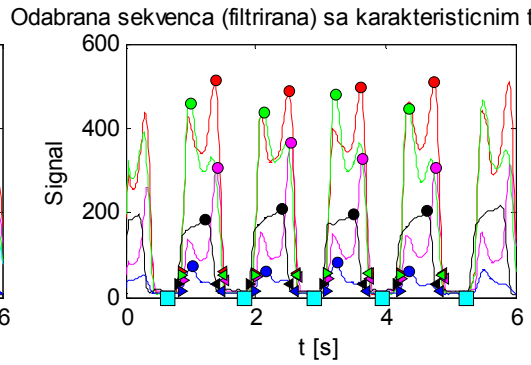
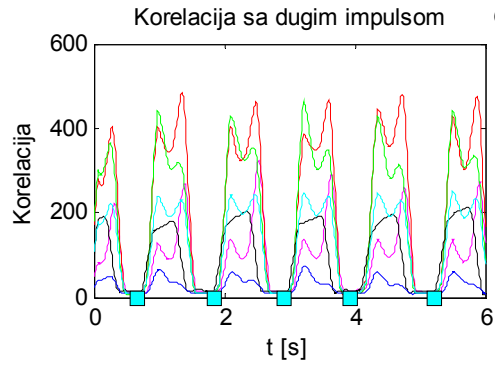
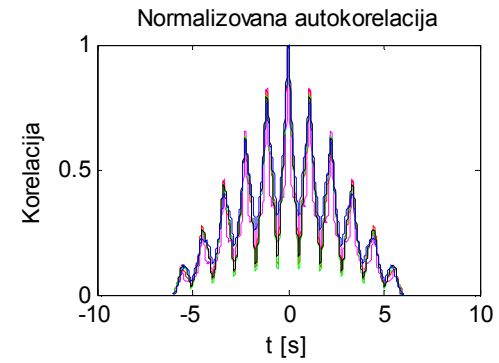
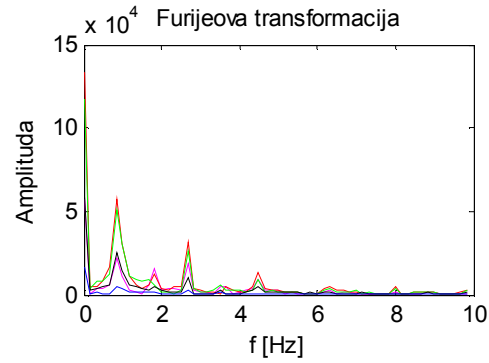
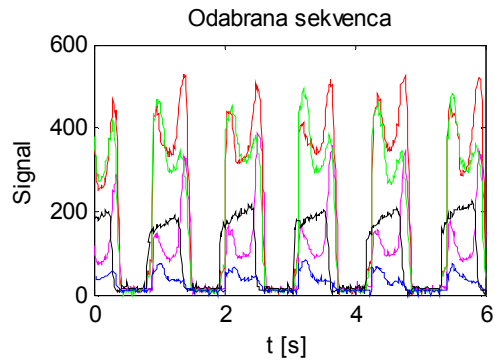
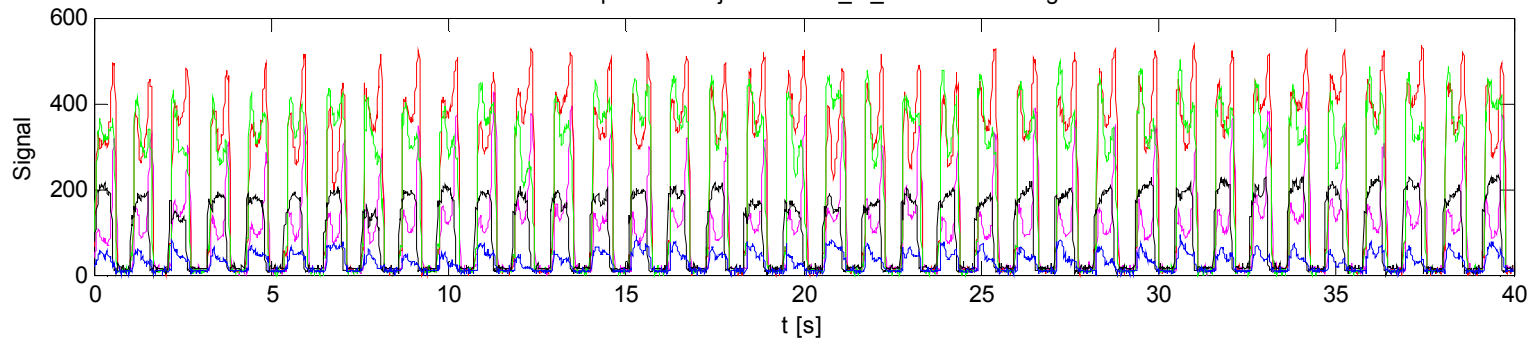
Redosled kanala po intenzitetu 2 3 1 4 5

Period 1.1425 s, st.dev. 0.101335 s

Kanal	Početak [s]	st.dev. [s]	Kraj [s]	st.dev. [s]	Vrh [s]	st.dev. [s]	Nivo vrha	st.dev.
1	0.24	0.0509902	0.8775	0.0511737	0.7625	0.0476314	326.278	25.5044
2	0.21	0.0463681	0.8575	0.0511737	0.7375	0.0511737	501.917	10.4847
3	0.2125	0.0501871	0.8475	0.0511737	0.345	0.0471699	454.444	15.7474
4	0.145	0.0497494	0.7425	0.0544862	0.61	0.0552268	198.306	9.85461
5	0.215	0.0502494	0.81	0.043589	0.365	0.0390512	69.6944	7.54713

Prosečna greška 4.39796 %

Ucitani podaci iz fajla 7.4.2007_u_19.27.51-M h11.gaz



Devojka br. 2, šifra: "mCA"

Visina: 168 cm

Masa: 54 kg

Fajl: 8.4.2007_u_13.34.44-mCA h-1.gaz

Početno vreme 10 s

Krajnje vreme 16 s

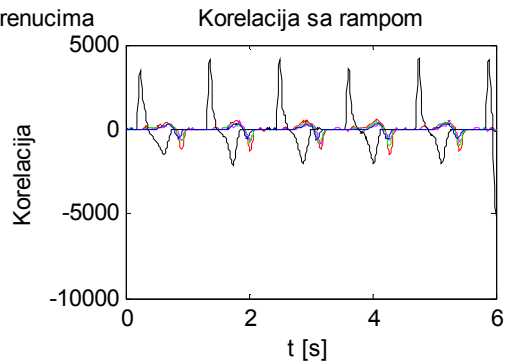
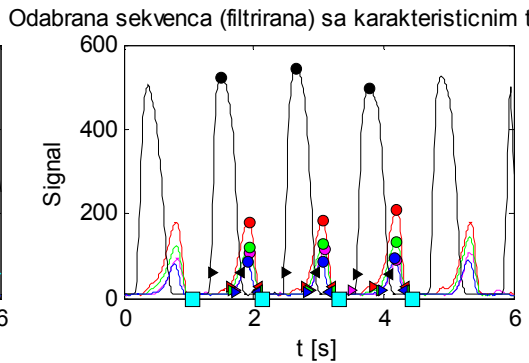
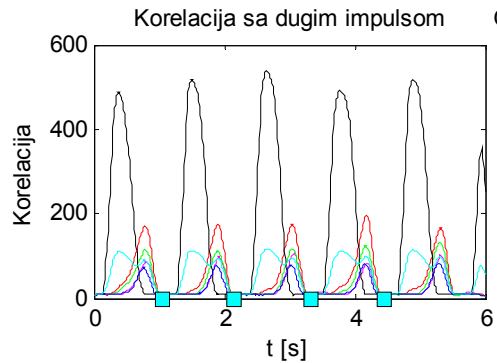
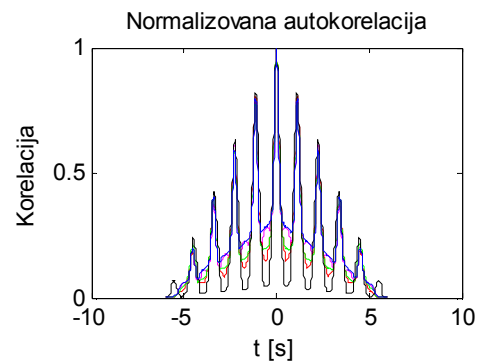
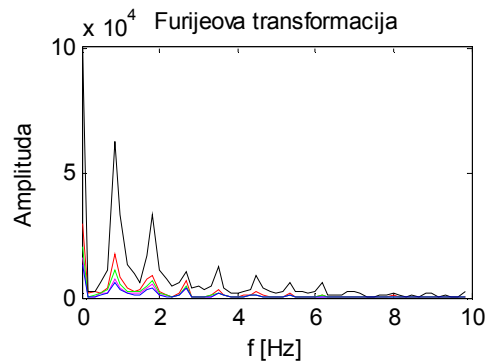
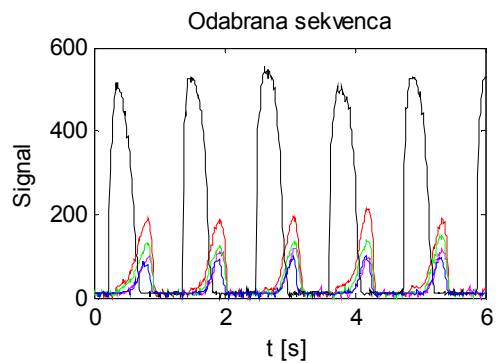
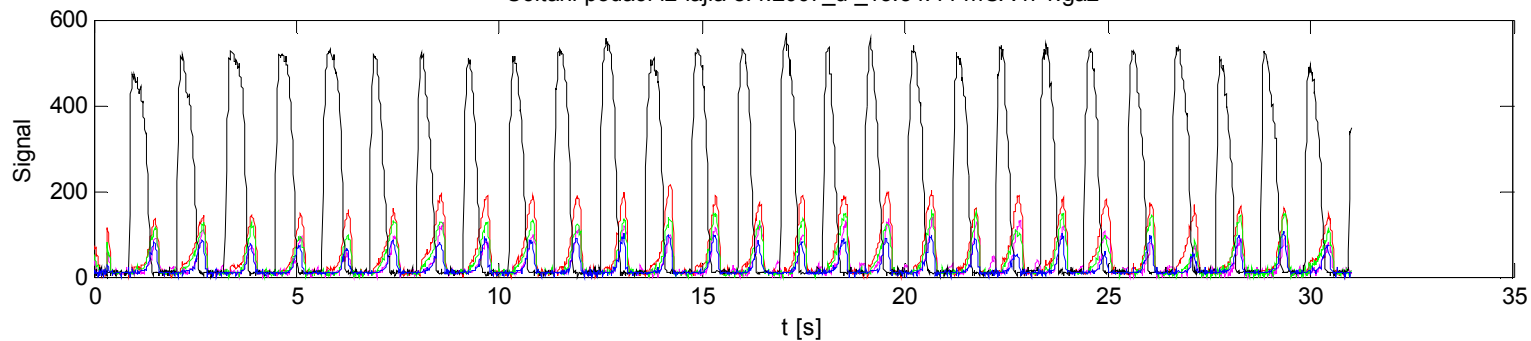
Redosled kanala po intenzitetu 4 2 3 1 5

Period 1.12667 s, st.dev. 0.046428 s

Kanal	Početak [s]	st.dev. [s]	Kraj [s]	st.dev. [s]	Vrh [s]	st.dev. [s]	Nivo vrha	st.dev.
1	0.52	0.249132	1.03	0.0355903	0.906667	0.0309121	104.259	9.87424
2	0.576667	0.0573488	1.03	0.0282843	0.893333	0.0188562	191.667	11.8019
3	0.643333	0.0471405	1.02667	0.0309121	0.893333	0.0262467	125.593	5.44432
4	0.3	0.0294392	0.77	0.0294392	0.47	0.0355903	521.556	18.1994
5	0.666667	0.0169967	0.99	0.0216025	0.873333	0.0329983	89.4074	2.70091

Prosečna greška 5.56895 %

Ucitani podaci iz fajla 8.4.2007_u_13.34.44-mCA h-1.gaz



Fajl: 8.4.2007_u_13.35.17-mCA h-1.gaz

Početno vreme 18 s

Krajnje vreme 24 s

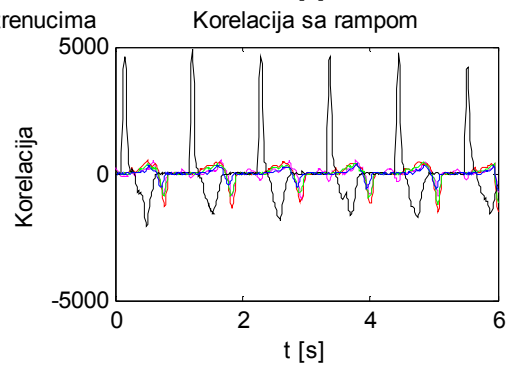
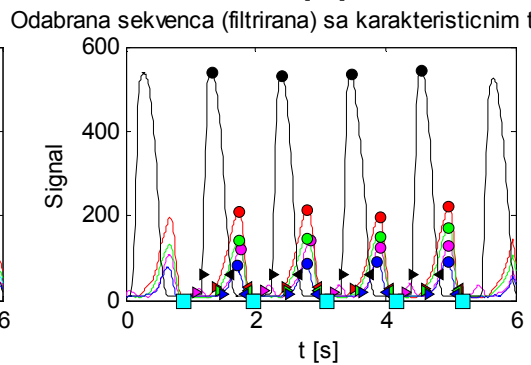
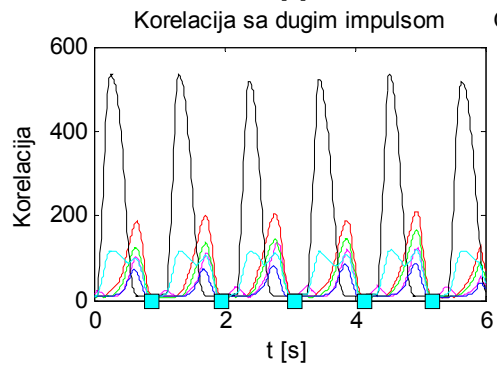
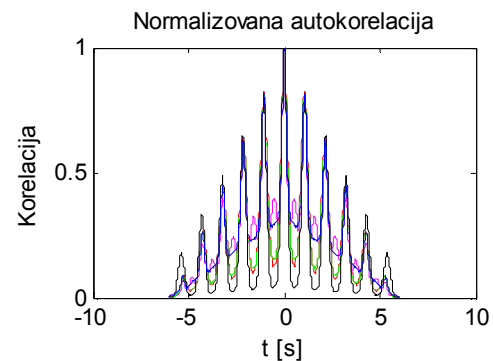
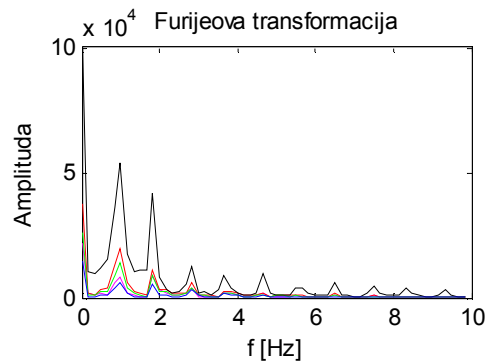
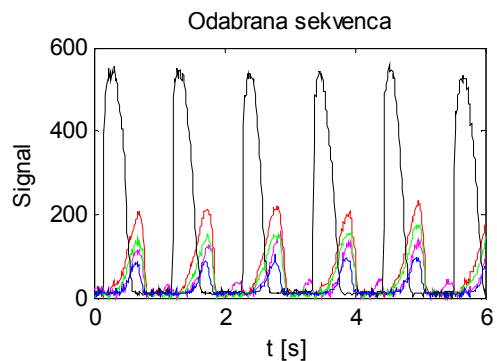
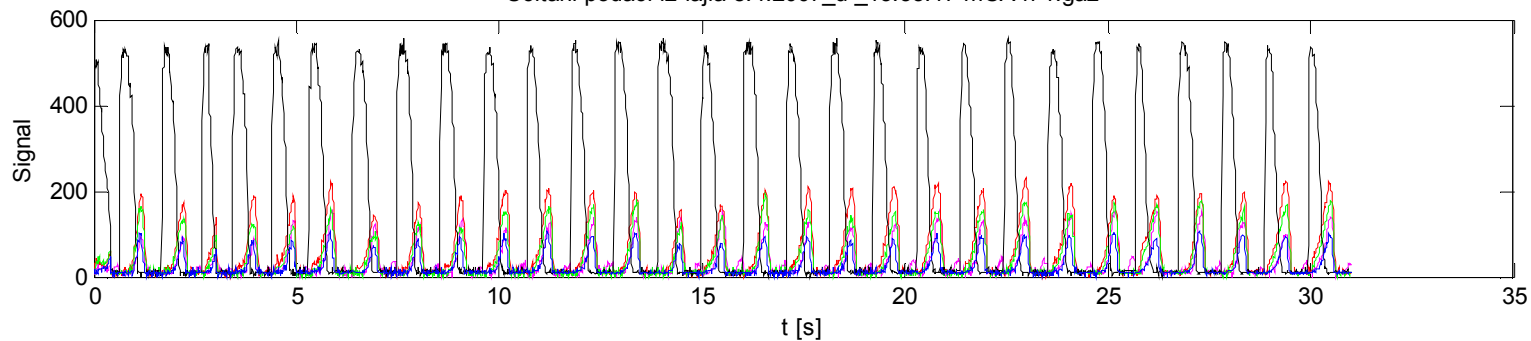
Redosled kanala po intenzitetu 4 2 3 1 5

Period 1.075 s, st.dev. 0.0357071 s

Kanal	Početak [s]	st.dev. [s]	Kraj [s]	st.dev. [s]	Vrh [s]	st.dev. [s]	Nivo vrha	st.dev.
1	0.1625	0.0303109	0.9825	0.0227761	0.85	0.0308221	128.611	8.98335
2	0.4675	0.0383243	0.985	0.0206155	0.8325	0.0129904	209.778	8.84957
3	0.5125	0.0356195	0.975	0.0206155	0.8375	0.0147902	152.806	10.3155
4	0.28	0.0254951	0.6925	0.0258602	0.415	0.0304138	536.417	5.3934
5	0.5675	0.0389711	0.9375	0.0178536	0.8125	0.0178536	87.8333	4.17333

Prosečna greška 2.35677 %

Ucitani podaci iz fajla 8.4.2007_u_13.35.17-mCA h-1.gaz



Fajl: 8.4.2007_u_13.50.13-mCA h2.gaz

Početno vreme 20 s

Krajnje vreme 26 s

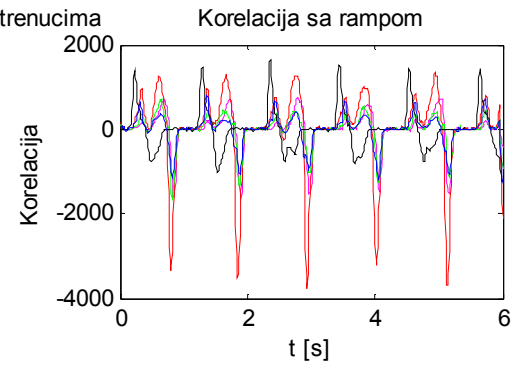
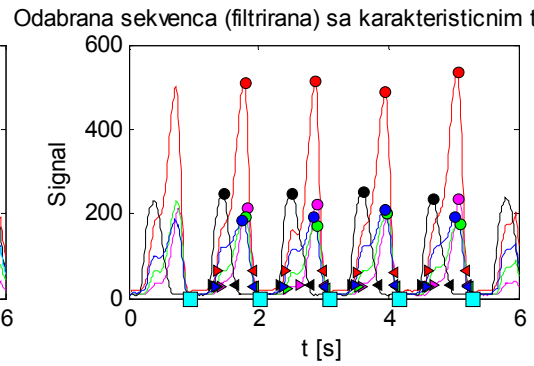
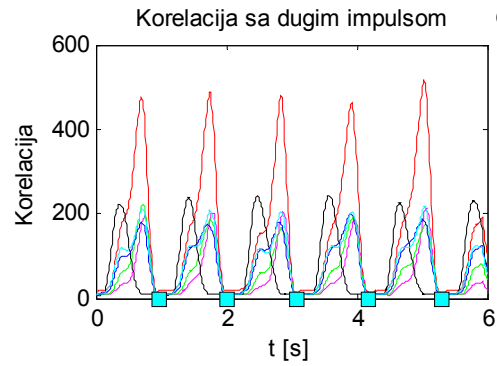
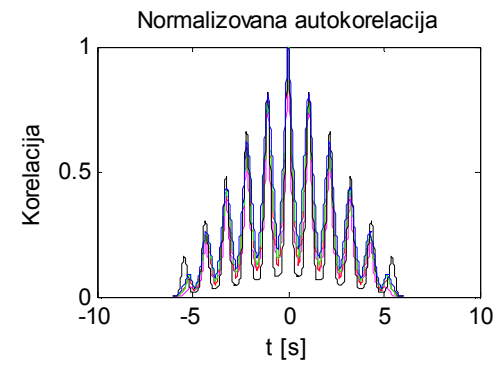
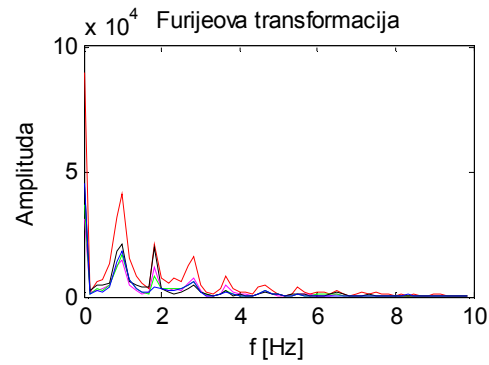
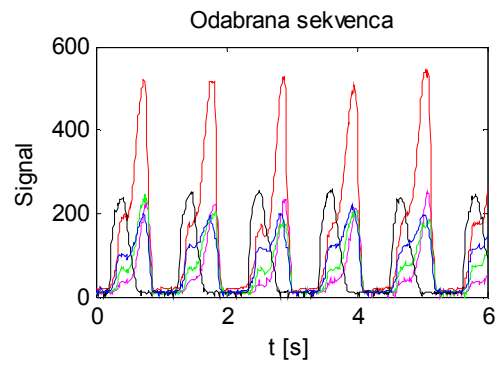
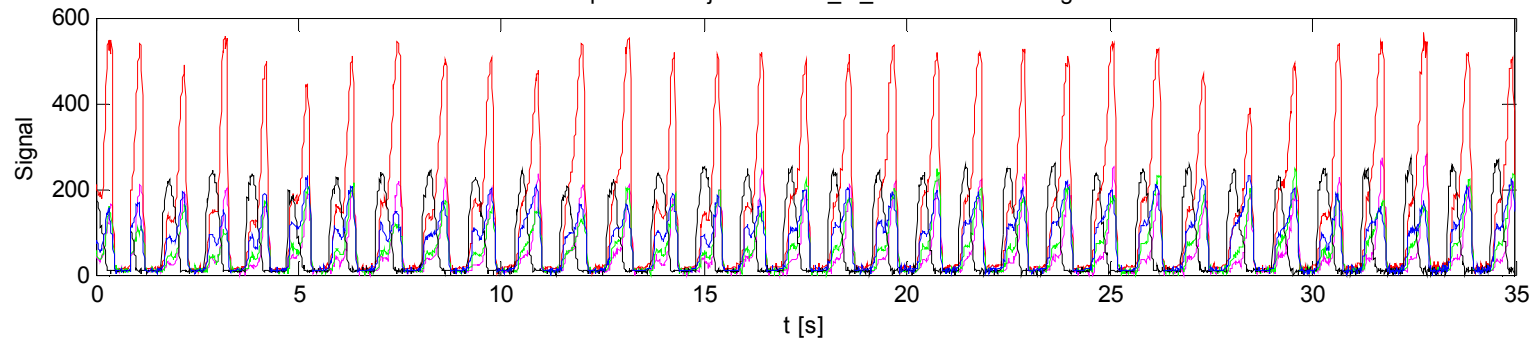
Redosled kanala po intenzitetu 2 4 1 3 5

Period 1.085 s, st.dev. 0.025 s

Kanal	Početak [s]	st.dev. [s]	Kraj [s]	st.dev. [s]	Vrh [s]	st.dev. [s]	Nivo vrha	st.dev.
1	0.515	0.0567891	1.015	0.0229129	0.89	0.0187083	216.917	12.7878
2	0.415	0.0111803	0.9875	0.0258602	0.865	0.0217945	511.028	16.3774
3	0.4275	0.0129904	1.0175	0.0248747	0.885	0.025	185.111	11.7176
4	0.3225	0.00829156	0.745	0.0327872	0.505	0.00866025	245.167	7.30318
5	0.3875	0.0129904	0.9975	0.0258602	0.8325	0.0204634	194.5	9.89373

Prosečna greška 2.3171 %

Ucitani podaci iz fajla 8.4.2007_u_13.50.13-mCA h2.gaz



Fajl: 7.4.2007_u_19.12.51-mCA h6.gaz

Početno vreme 22 s

Krajnje vreme 28 s

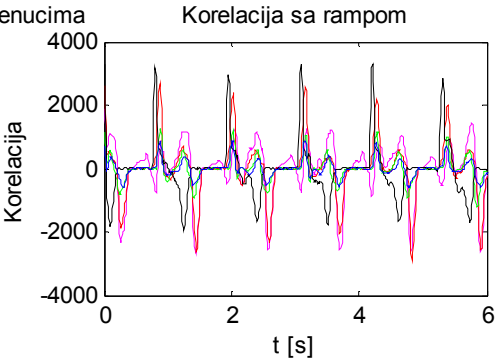
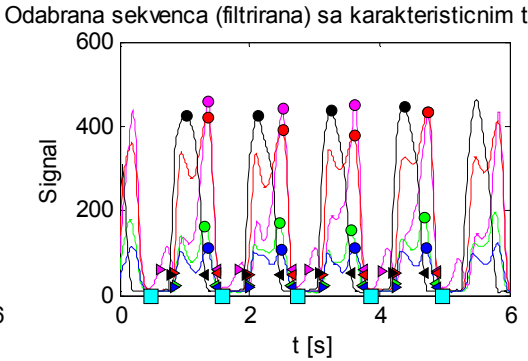
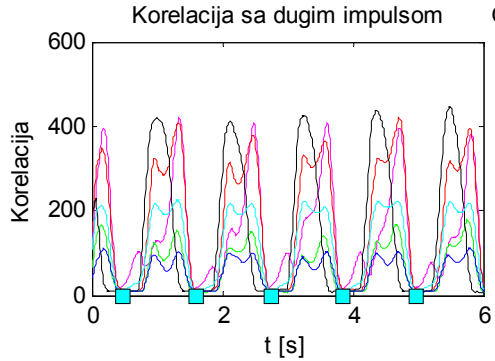
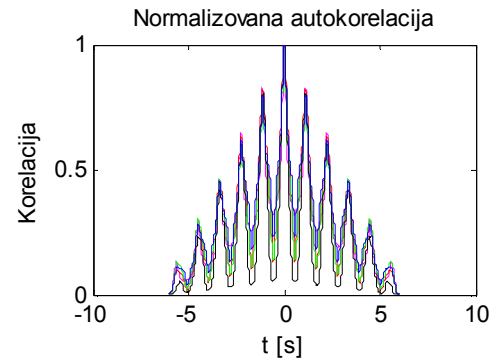
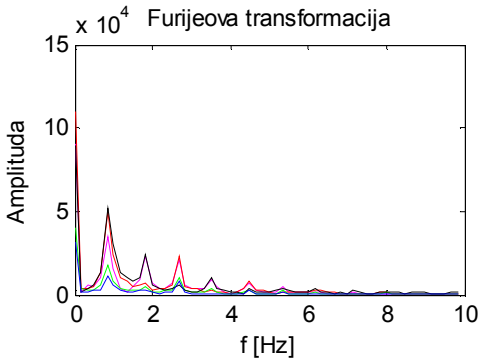
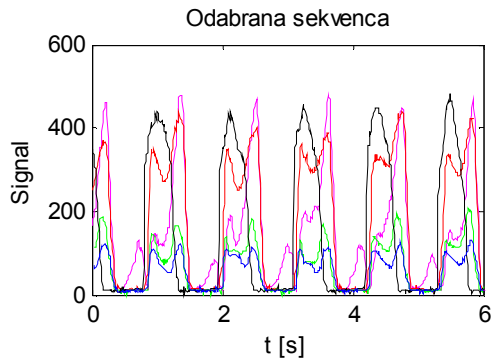
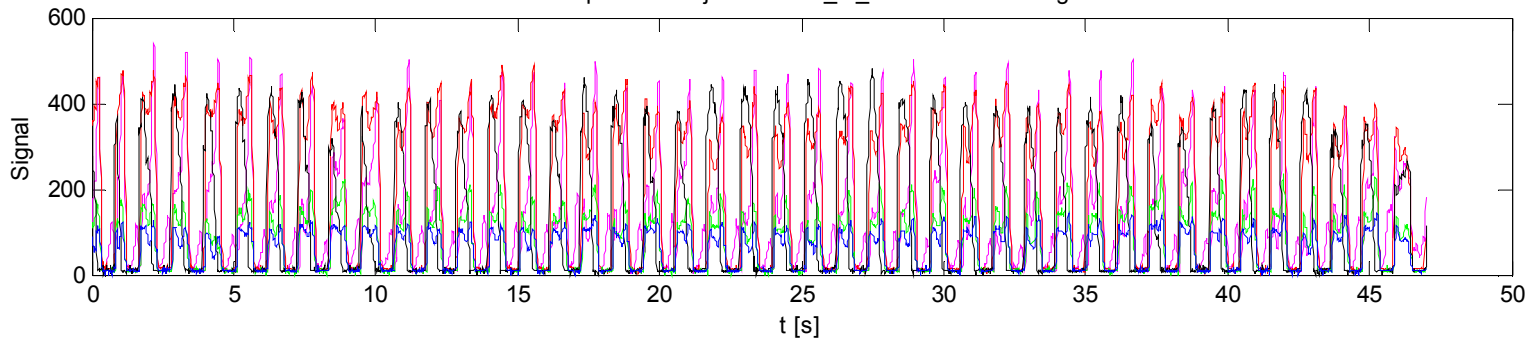
Redosled kanala po intenzitetu 4 1 2 3 5

Period 1.125 s, st.dev. 0.015 s

Kanal	Početak [s]	st.dev. [s]	Kraj [s]	st.dev. [s]	Vrh [s]	st.dev. [s]	Nivo vrha	st.dev.
1	0.1875	0.0311247	1.0325	0.0163936	0.9025	0.0163936	446.139	10.8336
2	0.385	0.00866025	1.0425	0.0163936	0.8925	0.0178536	405.667	22.4891
3	0.4	0.00707107	1.01	0.0187083	0.85	0.0187083	168.667	10.9654
4	0.33	0.00707107	0.8425	0.0163936	0.535	0.015	433.194	9.6069
5	0.3875	0.00829156	1.0375	0.0147902	0.8775 s	0.0147902	111.889	1.91647

Prosečna greška 1.78231 %

Ucitani podaci iz fajla 7.4.2007_u_19.12.51-mCA h6.gaz



Fajl: 8.4.2007_u_14.9.46-mCA h11.gaz

Početno vreme 6 s

Krajnje vreme 12 s

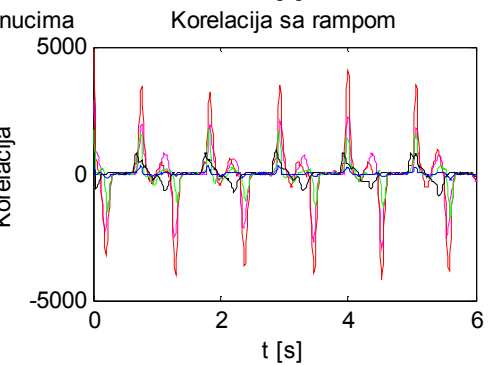
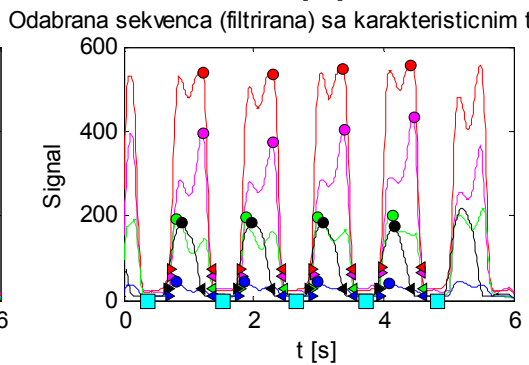
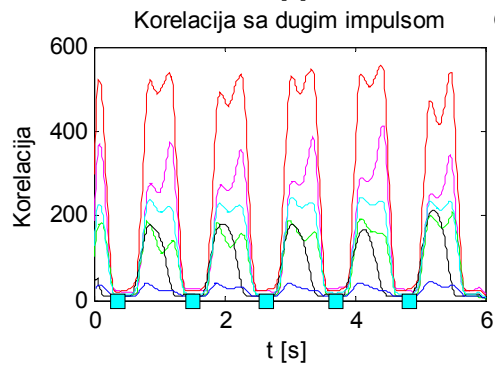
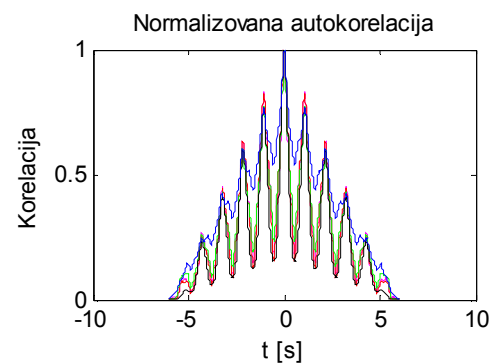
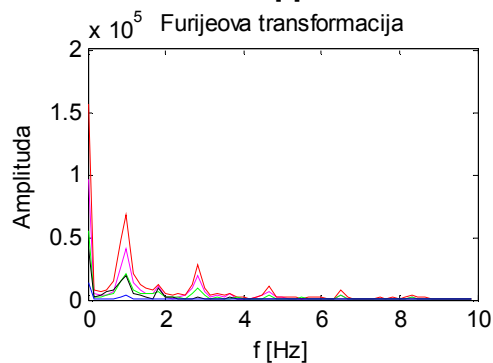
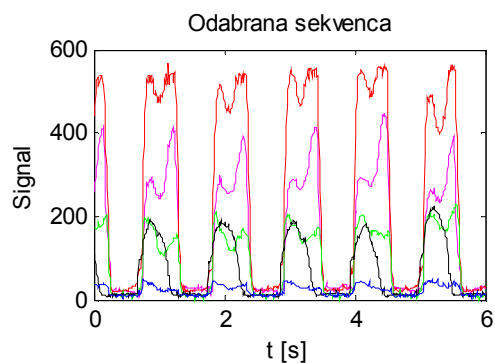
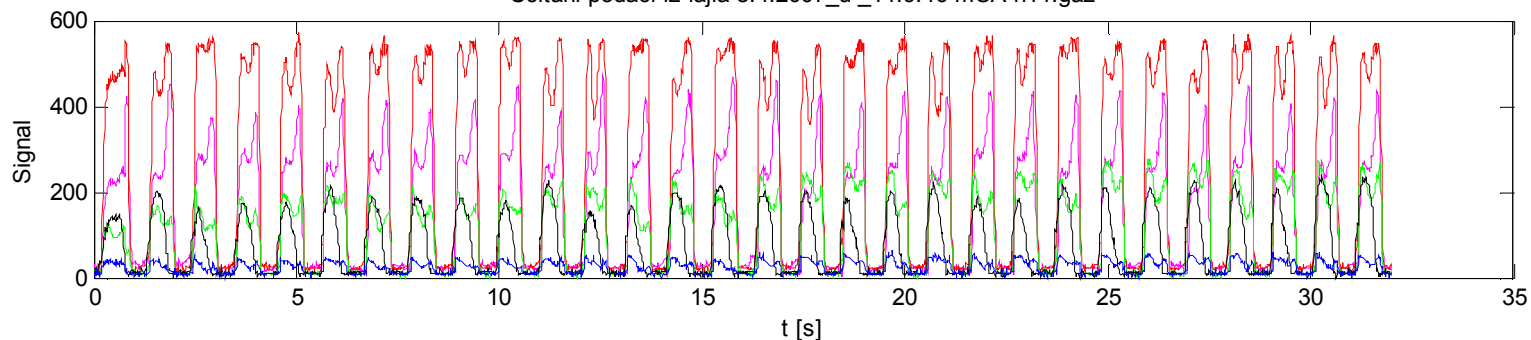
Redosled kanala po intenzitetu 2 1 3 4 5

Period 1.1175 s, st.dev. 0.0326917 s

Kanal	Početak [s]	st.dev. [s]	Kraj [s]	st.dev. [s]	Vrh [s]	st.dev. [s]	Nivo vrha	st.dev.
1	0.3025	0.0471036	0.91	0.0489898	0.7775	0.0491808	401.722	20.3292
2	0.2825	0.0471036	0.9125	0.0491808	0.7625	0.062998	544.583	8.00516
3	0.275	0.045	0.9275	0.0511737	0.3925	0.0465698	196.639	3.74362
4	0.23	0.0474342	0.76	0.0494975	0.465	0.0455522	181.972	4.24146
5	0.2625	0.0396074	0.915	0.045	0.3725	0.0396074	43.1389	0.677573

Prosečna greška 3.80704 %

Ucitani podaci iz fajla 8.4.2007_u_14.9.46-mCA h11.gaz



Devojka br.3, šifra: “anica”

Visina: 170 cm

Masa: 55 kg

Fajl: 10.4.2007_u_14.46.52-anica h-1.gaz

Početno vreme 22 s

Krajnje vreme 28 s

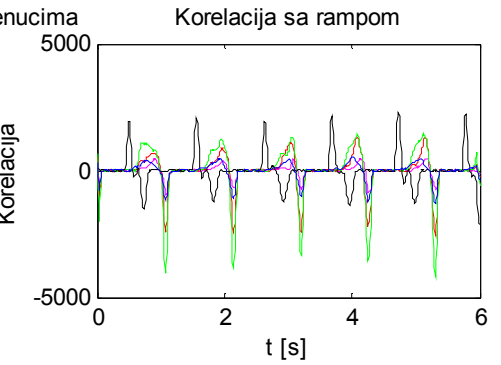
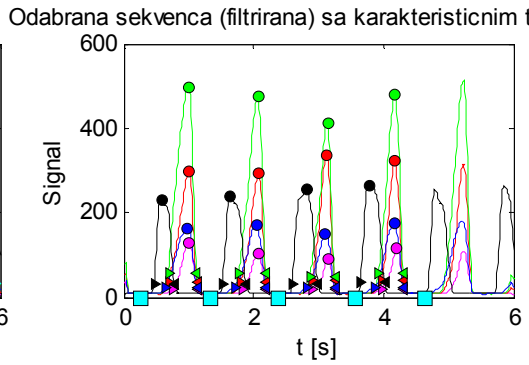
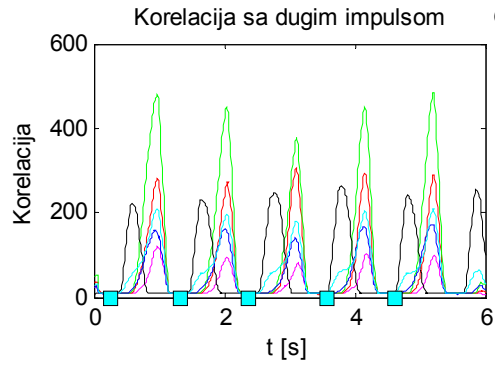
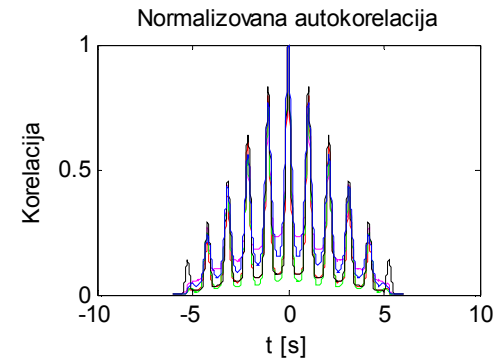
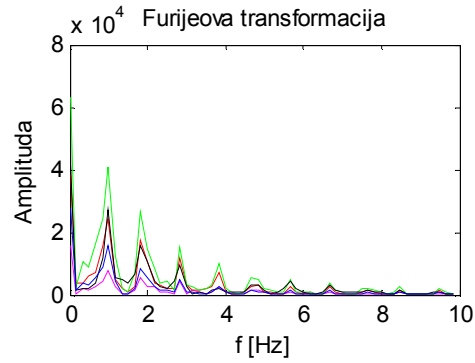
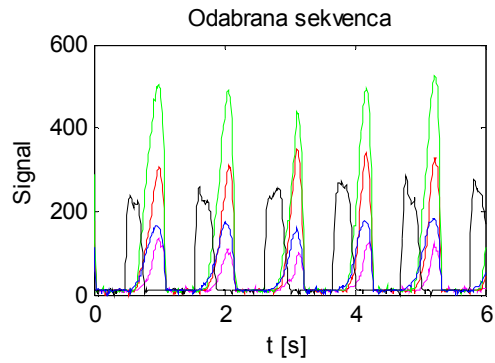
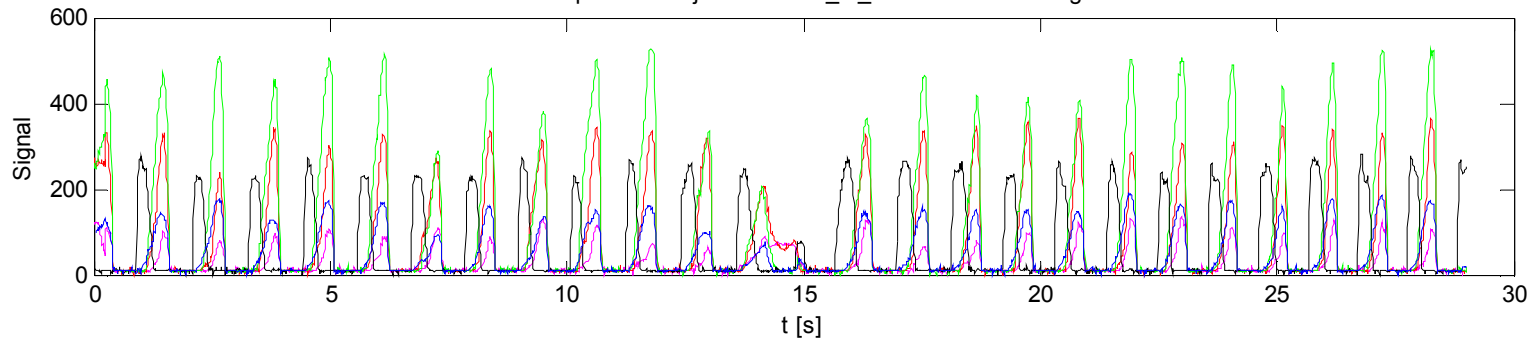
Redosled kanala po intenzitetu 3 2 4 5 1

Period 1.095 s, st.dev. 0.0559017 s

Kanal	Početak [s]	st.dev. [s]	Kraj [s]	st.dev. [s]	Vrh [s]	st.dev. [s]	Nivo vrha	st.dev.
1	0.4875	0.0460299	0.845	0.0559017	0.7275 s	0.0526189	109.444	13.2611
2	0.4675	0.0438035	0.8375	0.056734	0.7175	0.0621993	312.333	17.2064
3	0.435	0.0471699	0.835	0.055	0.715	0.0610328	465.806	31.2153
4	0.19	0.0583095	0.54	0.0578792	0.325	0.0782624	246.75	14.1164
5	0.38	0.0441588	0.8375	0.056734	0.695	0.0559017	163.889	9.52547

Prosečna greška 4.82482 %

Ucitani podaci iz fajla 10.4.2007_u_14.46.52-anica h-1.gaz



Fajl: 10.4.2007_u_13.55.33-anica h2.gaz

Početno vreme 21 s

Krajnje vreme 27 s

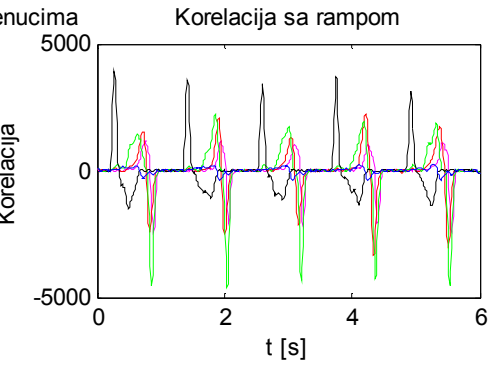
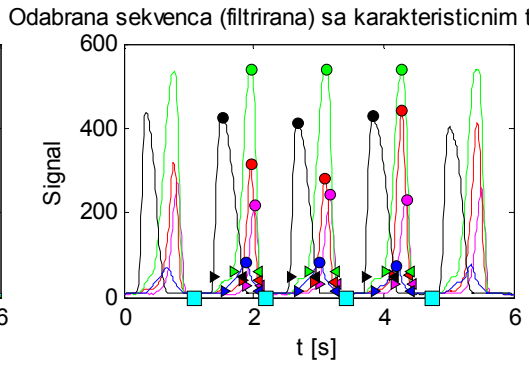
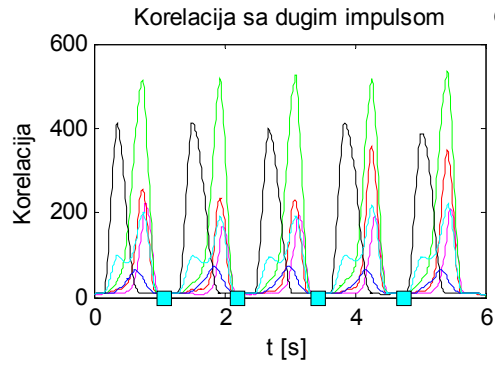
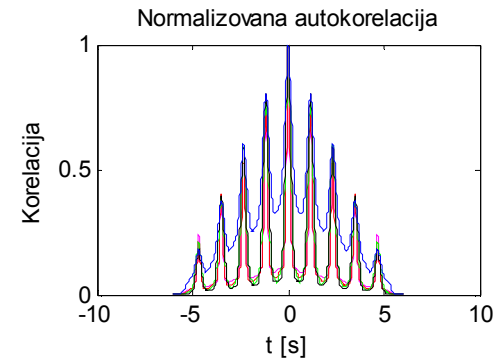
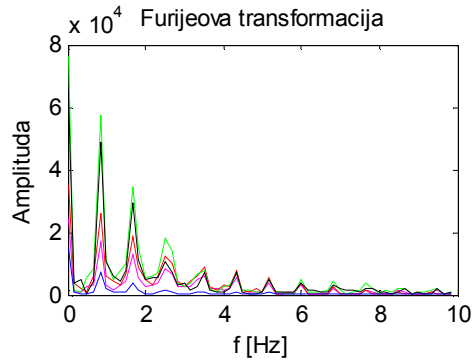
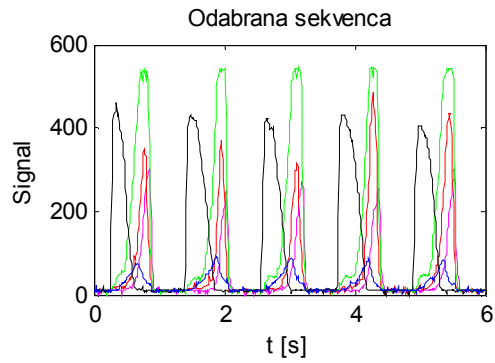
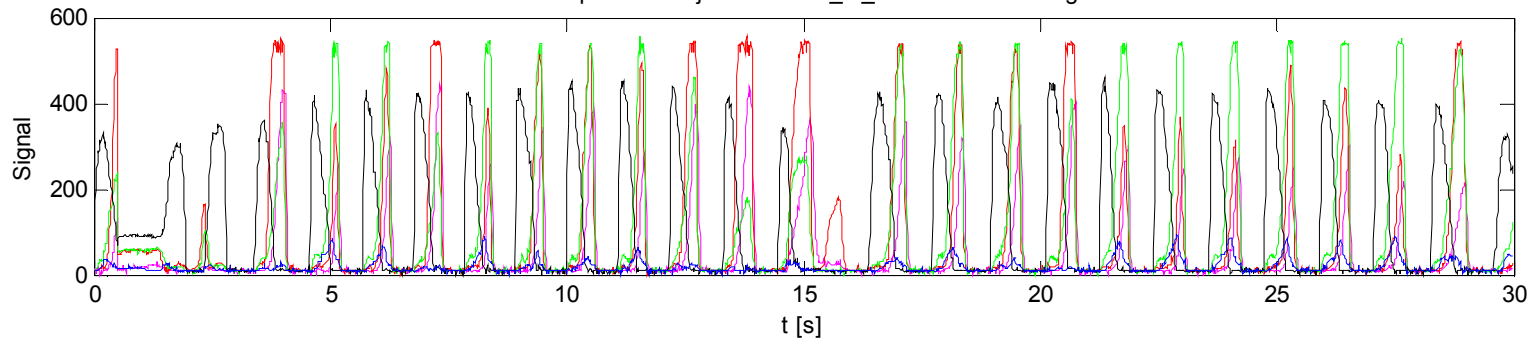
Redosled kanala po intenzitetu 3 2 4 1 5

Period 1.22333 s, st.dev. 0.0865384 s

Kanal	Početak [s]	st.dev. [s]	Kraj [s]	st.dev. [s]	Vrh [s]	st.dev. [s]	Nivo vrha	st.dev.
1	0.776667	0.0262467	1.03667	0.0309121	0.943333	0.0339935	230.148	9.23151
2	0.713333	0.0169967	0.99	0.0294392	0.876667	0.0249444	346.333	67.5207
3	0.61	0.0244949	1.01	0.0294392	0.886667	0.0329983	539.481	0.465548
4	0.32	0.035590	0.746667	0.020548	0.436667	0.0329983	421.556	6.44891
5	0.466667	0.020548	1.00667	0.0329983	0.79	0.0244949	80.8889	3.73946

Prosečna greška 3.89369 %

Ucitani podaci iz fajla 10.4.2007_u_13.55.33-anica h2.gaz



Fajl: 10.4.2007_u_13.31.59-anica h6.gaz

Početno vreme 25.5 s

Krajnje vreme 31.5 s

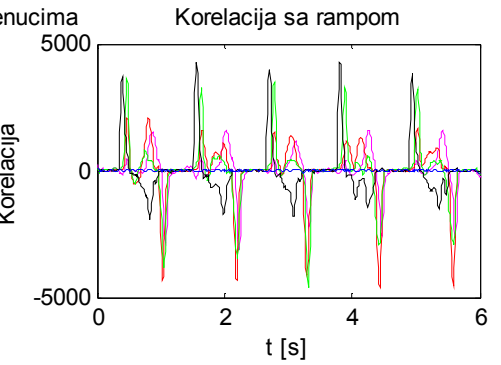
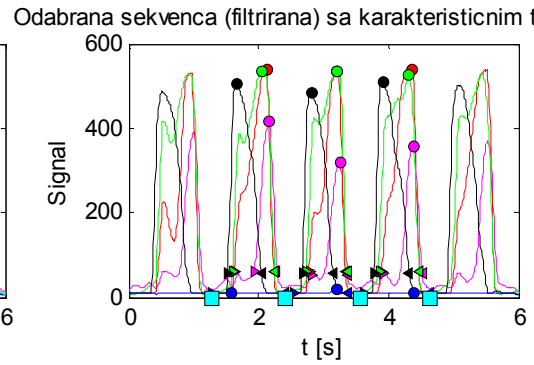
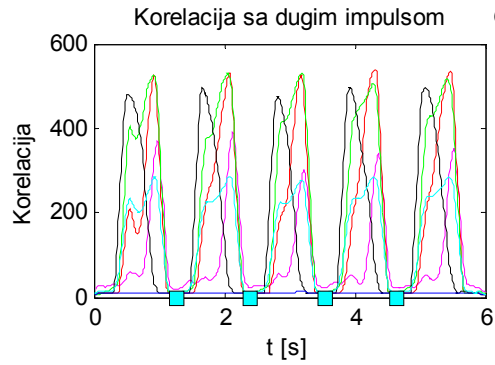
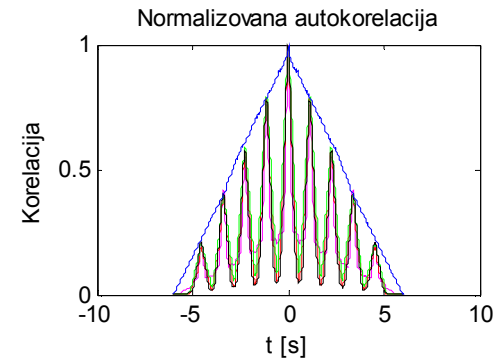
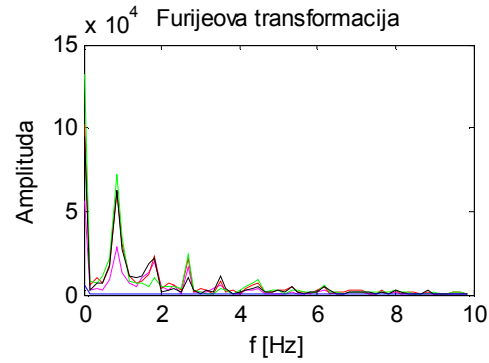
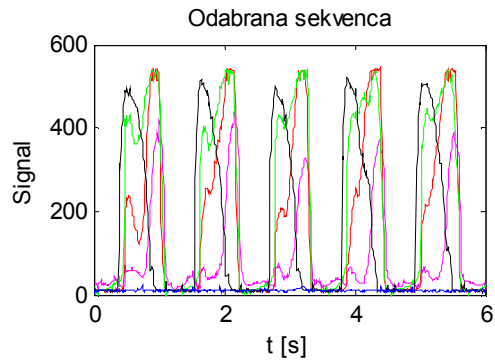
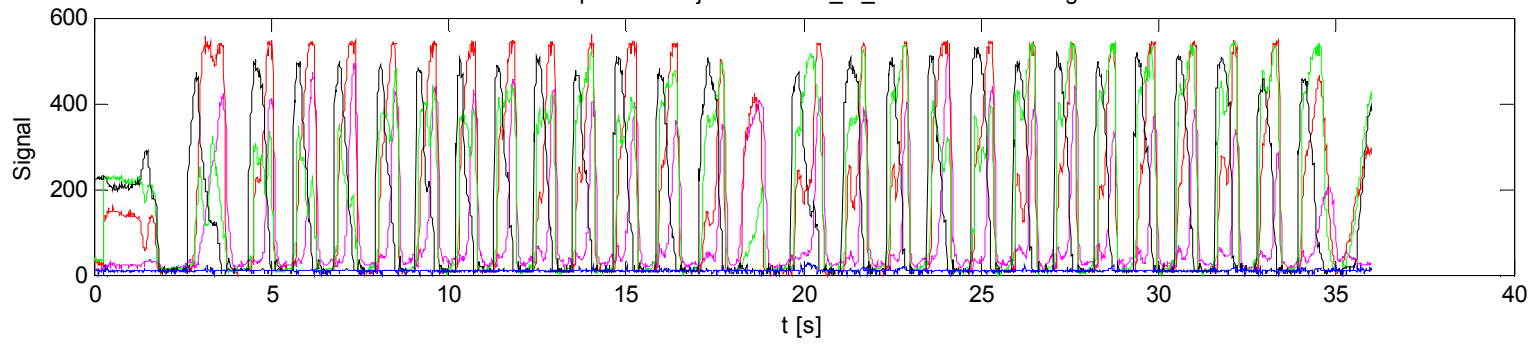
Redosled kanala po intenzitetu 2 3 4 1 5

Period 1.12667 s, st.dev. 0.0286744 s

Kanal	Početak [s]	st.dev. [s]	Kraj [s]	st.dev. [s]	Vrh [s]	st.dev. [s]	Nivo vrha	st.dev.
1	0.48	0.128323	0.983333	0.020548	0.856667	0.0249444	364.037	40.4979
2	0.363333	0.0169967	0.94	0.0244949	0.823333	0.020548	538	2.21666
3	0.33	0.0216025	0.953333	0.0249444	0.783333	0.0262467	531.444	4.0643
4	0.26	0.0216025	0.76	0.00816497	0.383333	0.0249444	498.926	10.1196
5	0.0633333	0.0579272	1.06667	0.063421	0.65	0.24779	13.1111	3.33086

Prosečna greška 6.13611 %

Ucitani podaci iz fajla 10.4.2007_u_13.31.59-anica h6.gaz



Fajl: 10.4.2007_u_14.21.10-anica h11.gaz

Početno vreme 3

Krajnje vreme 9

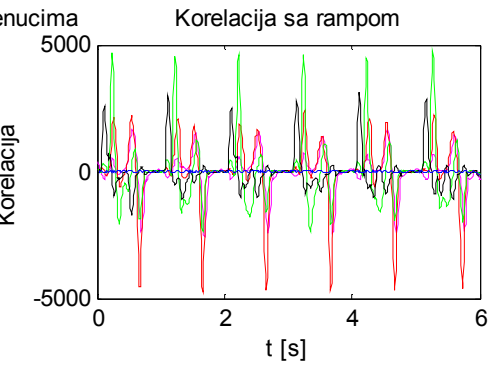
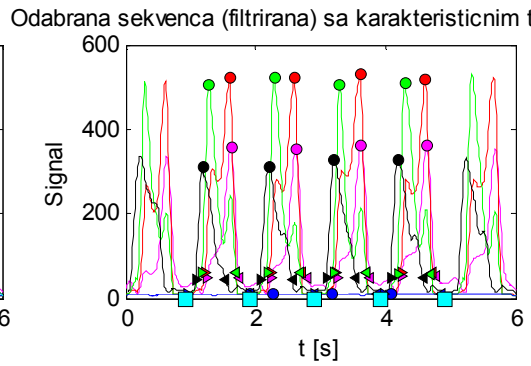
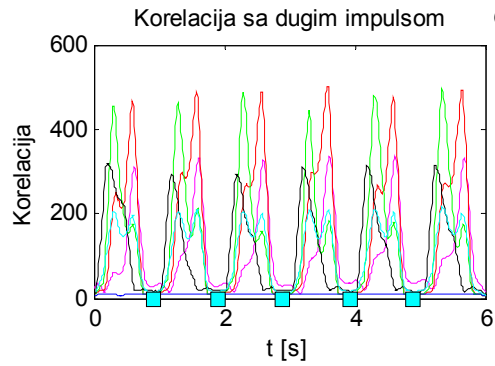
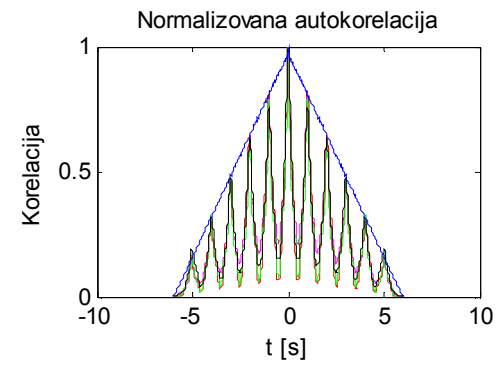
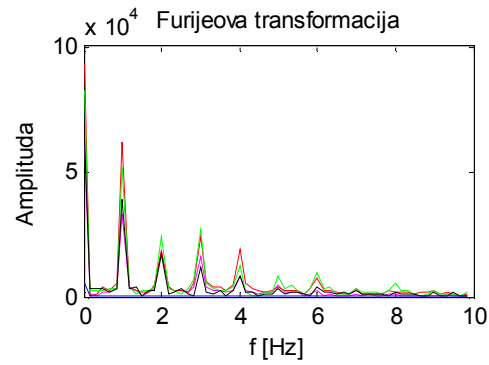
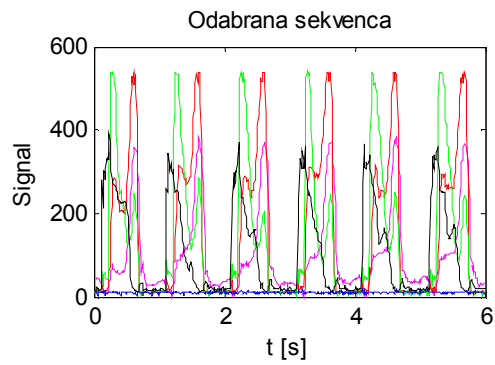
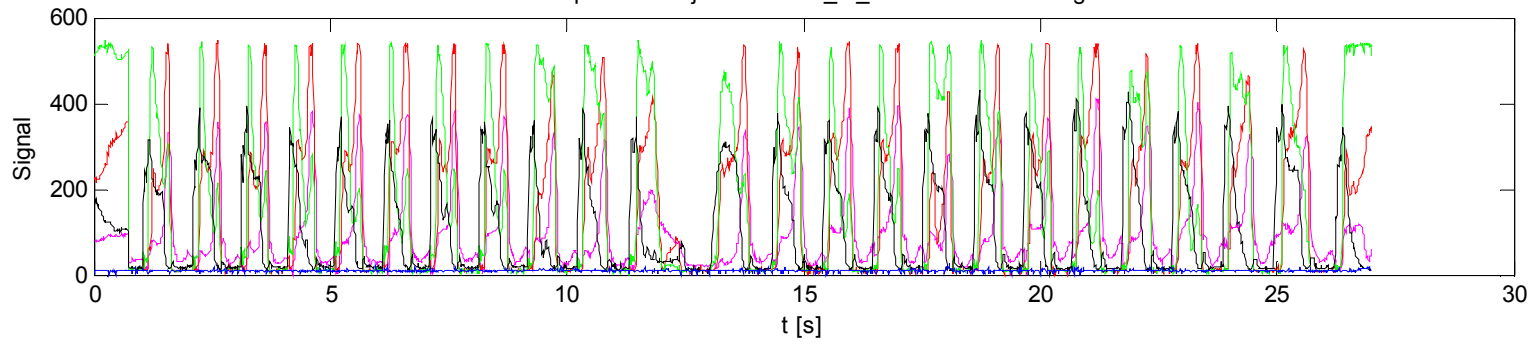
Redosled kanala po intenzitetu 3 2 4 1 5

Period 0.9925 s, st.dev. 0.0286138 s

Kanal	Početak [s]	st.dev. [s]	Kraj [s]	st.dev. [s]	Vrh [s]	st.dev. [s]	Nivo vrha	st.dev.
1	0.3475	0.0204634	0.8575	0.0248747	0.7175	0.0147902	58.056	3.33472
2	0.3225	0.0192029	0.795	0.0180278	0.695	0.0180278	523.056	3.6017
3	0.2725	0.0286138	0.785	0.0206155	0.385	0.0180278	511.694	7.1078
4	0.1825	0.0248747	0.645	0.0206155	0.29	0.0308221	319.139	8.91364
5	0.015	0.0206155	0.9675	0.0178536	0.4475	0.310272	0.6667	0.503077

Prosečna greška 7.09992 %

Ucitani podaci iz fajla 10.4.2007_u_14.21.10-anica h11.gaz



Devojka br.4, šifra: “ana”

Visina: 178 cm

Masa: 82 kg

Fajl: 11.3.2007_u_14.2.51-ana h85.gaz

Početno vreme 18 s

Krajnje vreme 24 s

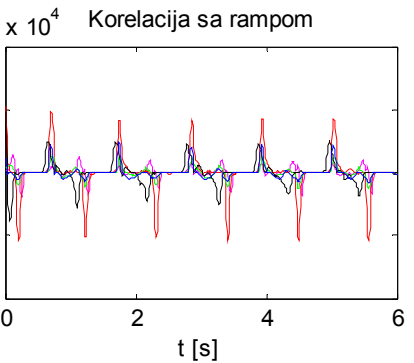
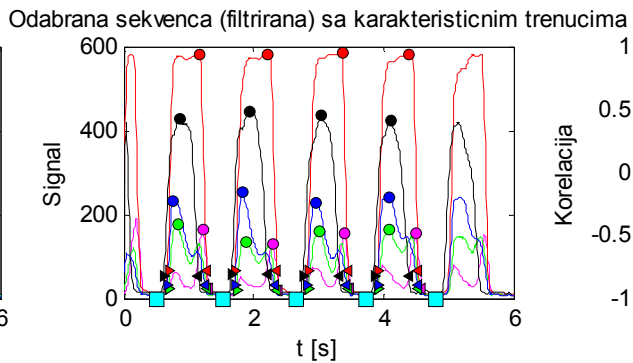
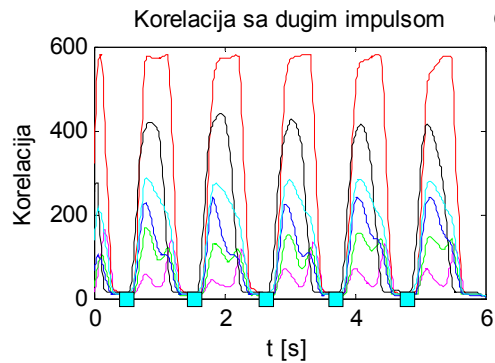
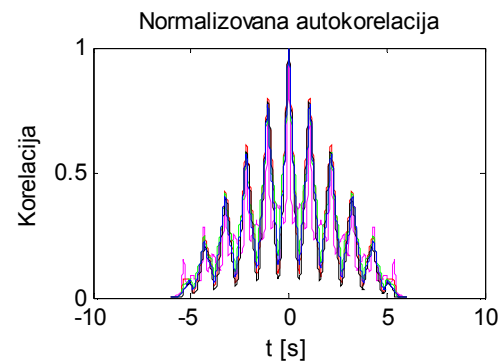
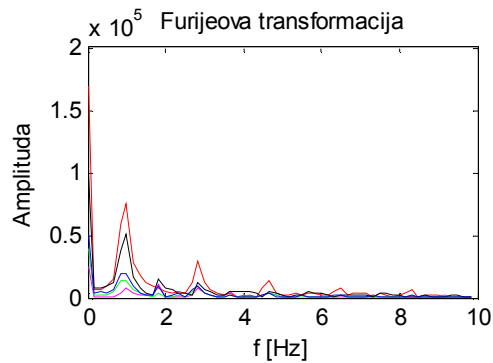
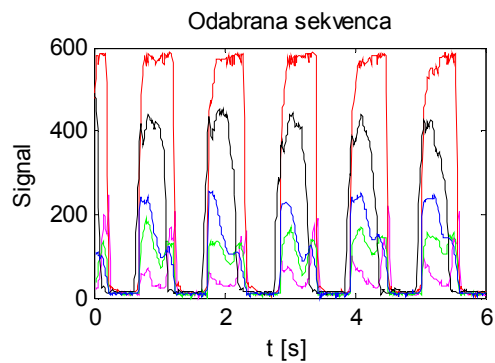
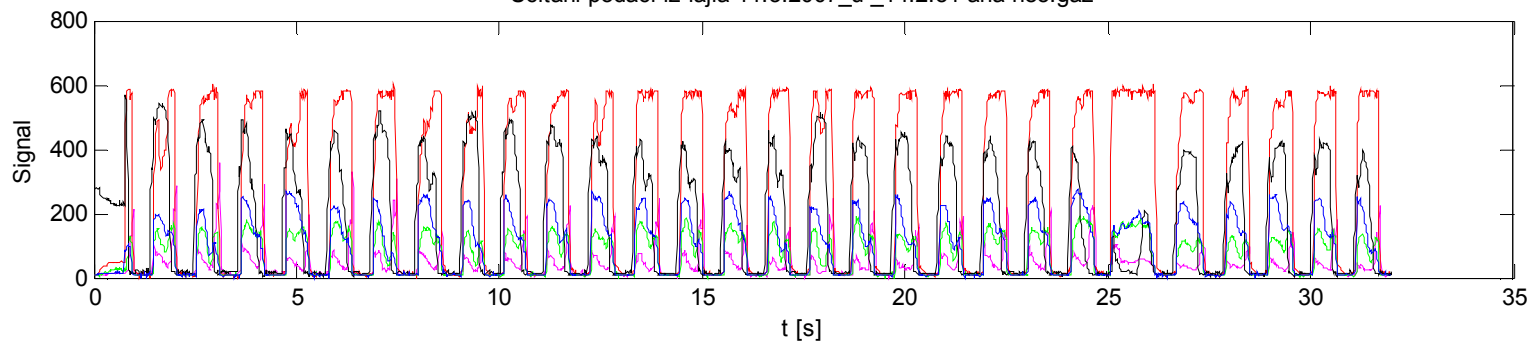
Redosled kanala po intenzitetu 2 4 5 1 3

Period 1.075 s, st.dev. 0.0295804 s

Kanal	Početak [s]	st.dev. [s]	Kraj [s]	st.dev. [s]	Vrh [s]	st.dev. [s]	Nivo vrha	st.dev.
1	0.2	0.00707107	0.8375	0.0227761	0.7575	0.0227761	150.222	12.5833
2	0.19	0.00707107	0.805	0.0206155	0.6775	0.0216506	582.139	0.584655
3	0.1975	0.0108972	0.8025	0.0248747	0.3525	0.0204634	157.778	15.7745
4	0.1275	0.00829156	0.665	0.015	0.3875	0.0178536	432.361	8.58989
5	0.1825	0.0082915	0.7825	0.0216506	0.3075	0.0420565	237.722	9.42465

Prosečna greska 1.99065 %

Ucitani podaci iz fajla 11.3.2007_u_14.2.51-ana h85.gaz



Fajl: 11.3.2007_u_14.11.9-ana h12.gaz

Početno vreme [s] 27

Krajnje vreme [s] 33

Redosled kanala po intenzitetu 2 3 4 1 5

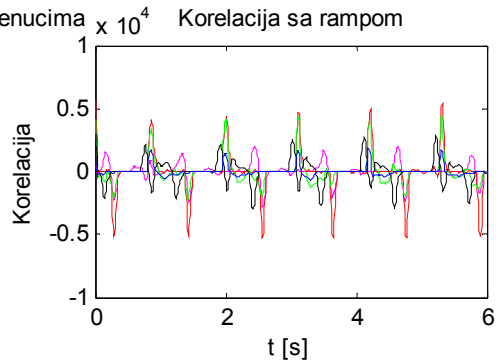
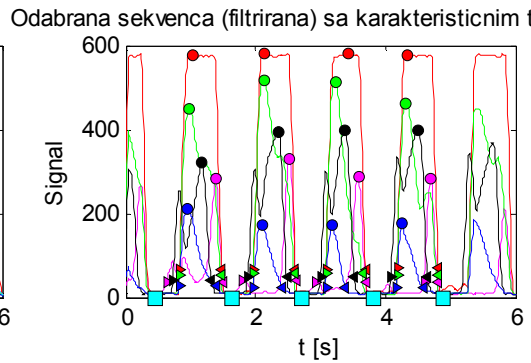
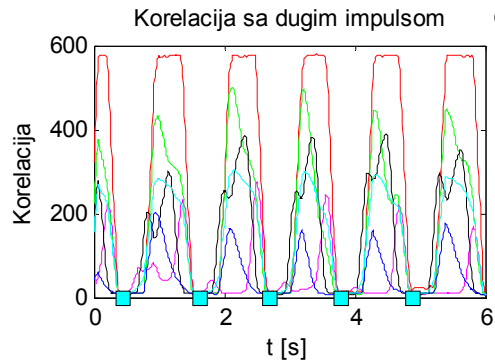
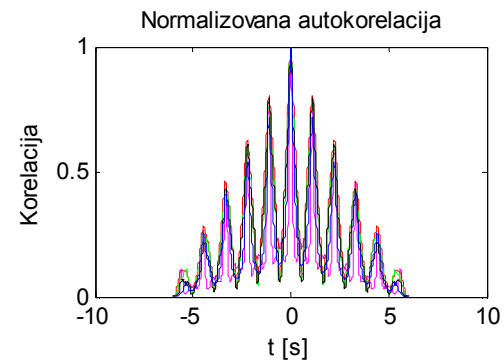
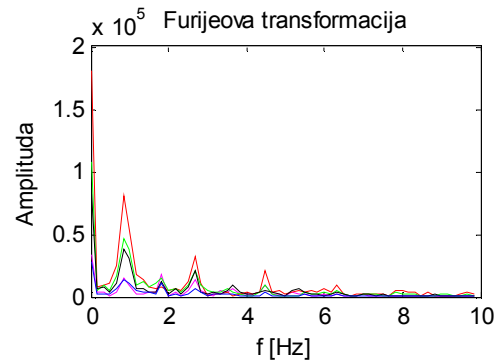
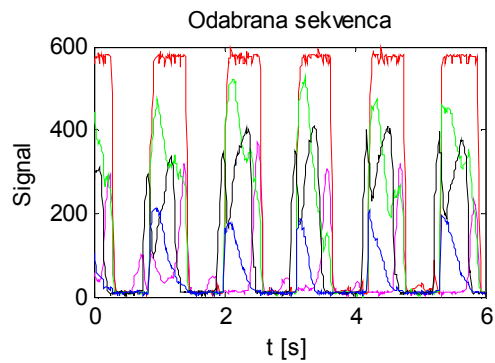
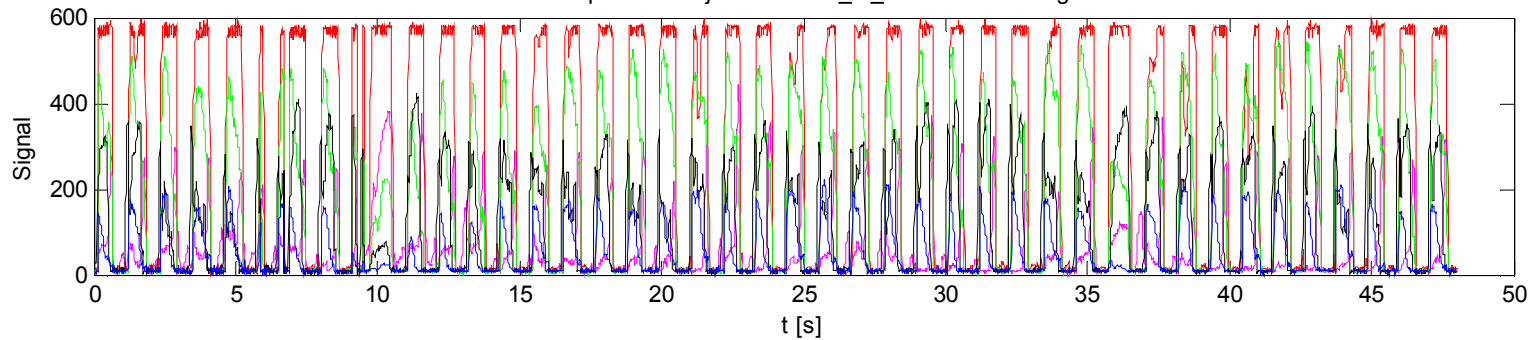
Period na osnovu autokorelacije 1.11 s

Period na osnovu medijana 1.1075 s, jitter 0.0420565 s

Kanal	Početak [s]	st.dev. [s]	Kraj [s]	st.dev. [s]	Vrh [s]	st.dev. [s]	Nivo vrha	st.dev.
1	0.345	0.263296	1.0075	0.0192029	0.9025	0.0248747	295.5	20.2186
2	0.38	0.0173205	1	0.0212132	0.585	0.088459	578.778	1.24969
3	0.3775	0.0163936	0.9725	0.0303109	0.5225	0.0108972	485.111	30.5524
4	0.285	0.015	0.845	0.0217945	0.71	0.0244949	378.056	33.2524
5	0.37	0.0173205	0.79	0.0927362	0.4775	0.0192029	183	15.1397

Prosecan kvalitet: 6.40516 %

Ucitani podaci iz fajla 11.3.2007_u_14.11.9-ana h12.gaz



Devojka br.5, šifra: "mj"

Visina: 170 cm

Masa: 70 kg

Fajl: 11.3.2007_u_15.52.33-mj h11.gaz

Početno vreme 20.5 s

Krajnje vreme 26.5 s

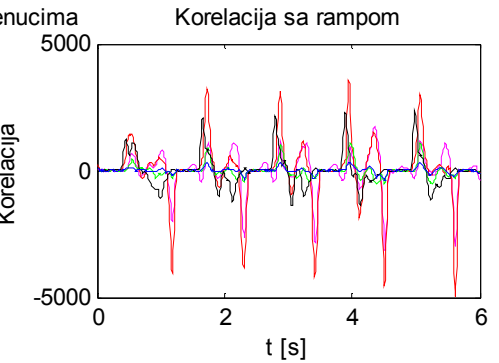
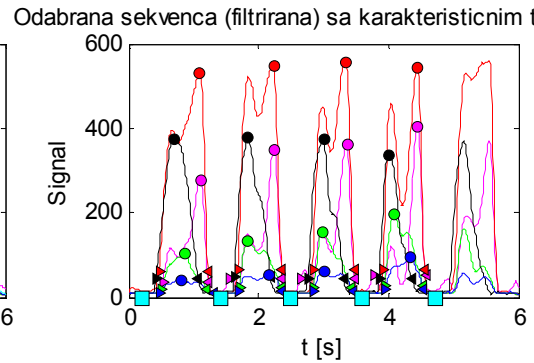
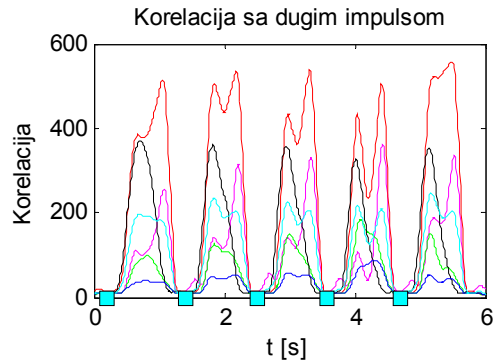
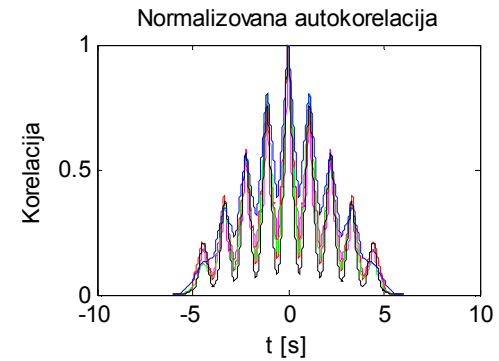
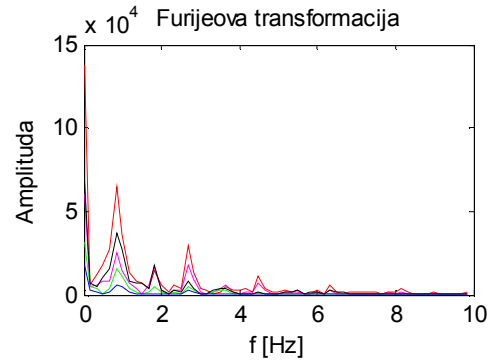
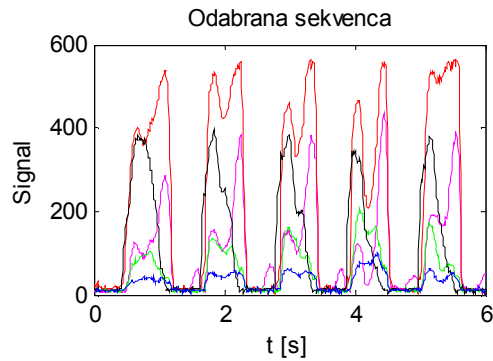
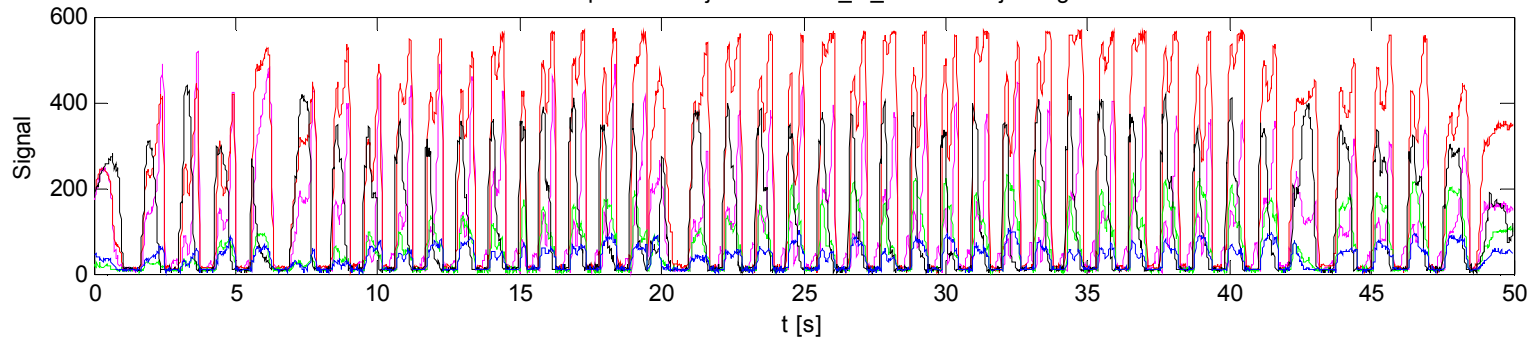
Redosled kanala po intenzitetu 2 1 4 3 5

Period 1.125 s, st.dev. 0.0471699 s

Kanal	Početak [s]	st.dev. [s]	Kraj [s]	st.dev. [s]	Vrh [s]	st.dev. [s]	Nivo vrha	st.dev.
1	0.21	0.0717635	0.9825	0.0258602	0.865	0.025	347.861	45.852
2	0.3075	0.0326917	0.98	0.0254951	0.8525	0.0238485	543.111	9.45588
3	0.33	0.03	0.95	0.0244949	0.525	0.0887412	146.139	33.9922
4	0.255	0.0259808	0.81	0.0331662	0.46	0.0353553	365	17.814
5	0.3125	0.0383243	0.9925	0.0621993	0.655	0.107355	61.9722	19.9617

Prosečna greška 4.78242 %

Ucitani podaci iz fajla 11.3.2007_u_15.52.33-mj h11.gaz



Devojka br.6, šifra: "jeca"

Visina: 166 cm

Masa: 56 kg

Fajl: 11.3.2007_u_16.32.11-jeca h-1.gaz

Početno vreme 50 s

Krajnje vreme 56 s

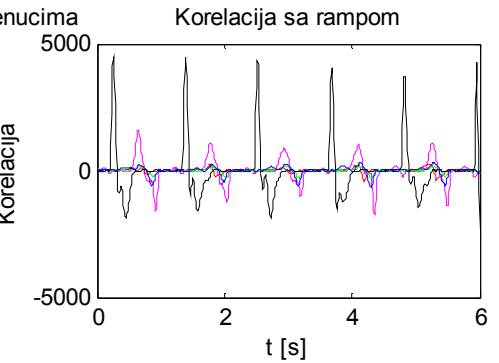
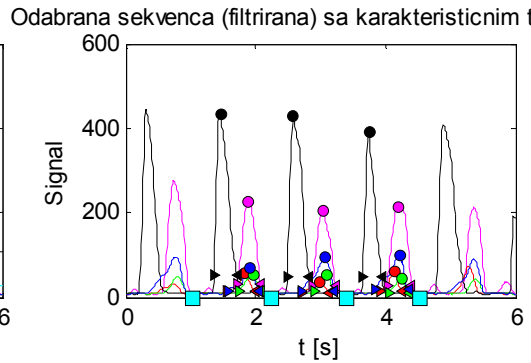
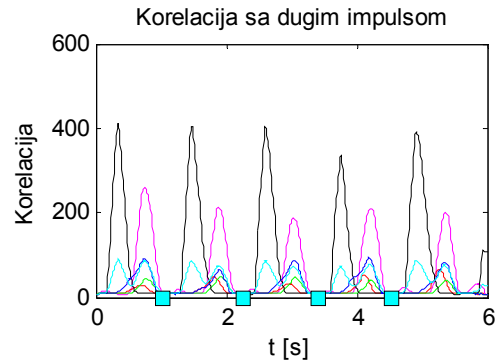
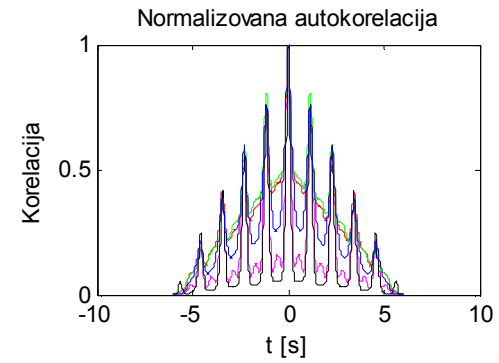
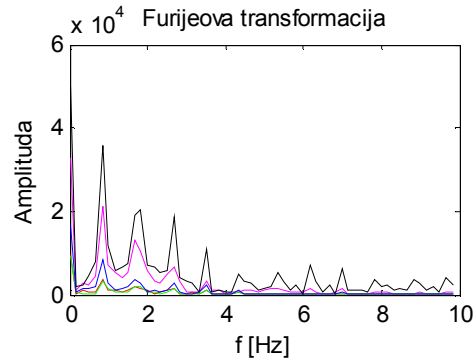
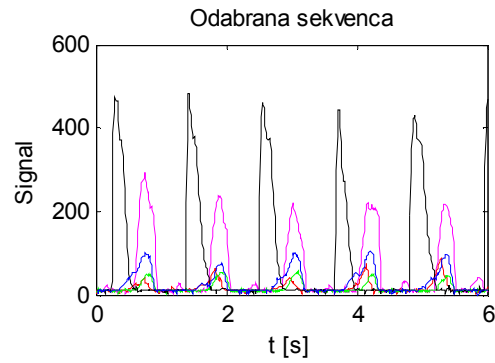
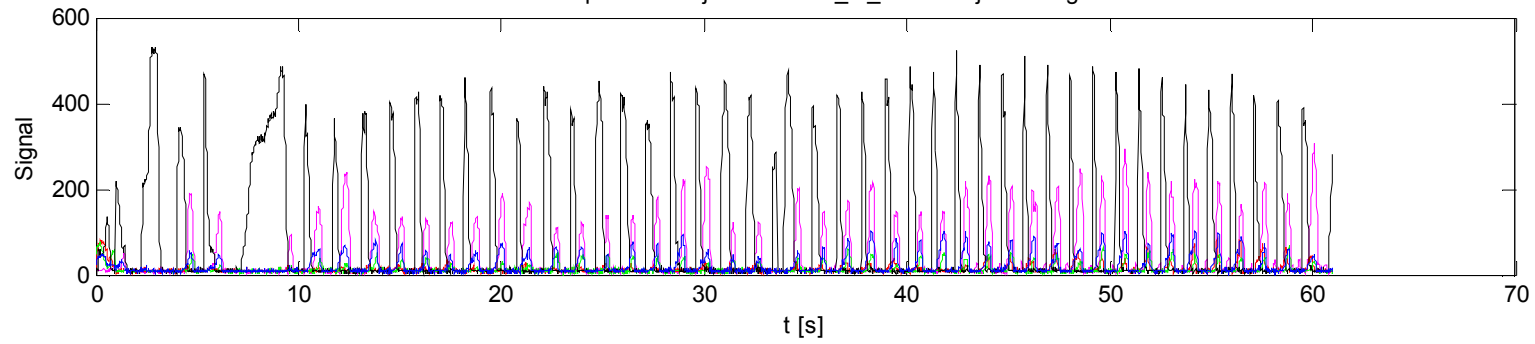
Redosled kanala po intenzitetu 4 1 5 2 3

Period 1.17 s, st.dev. 0.0374166 s

Kanal	Početak [s]	st.dev. [s]	Kraj [s]	st.dev. [s]	Vrh [s]	st.dev. [s]	Nivo vrha	st.dev.
1	0.646667	0.0377124	1.01	0.0282843	0.813333	0.0339935	214.63	9.95849
2	0.5	0.0216025	0.896667	0.046428	0.76	0.0355903	51	9.90988
3	0.676667	0.0235702	0.986667	0.046428	0.87	0.0424264	49.6296	2.48838
4	0.28	0.0424264	0.6	0.0668331	0.366667	0.0449691	417.481	19.0974
5	0.48	0.0454606	0.97	0.0294392	0.84	0.0355903	88.1481	12.9463

Prosečna greška 3.21406 %

Ucitani podaci iz fajla 11.3.2007_u_16.32.11-jeca h-1.gaz



Fajl: 11.3.2007_u_16.17.44-jeca h6.gaz

Početno vreme 35 s

Krajnje vreme 41 s

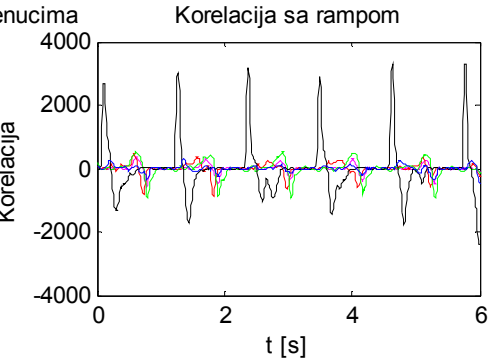
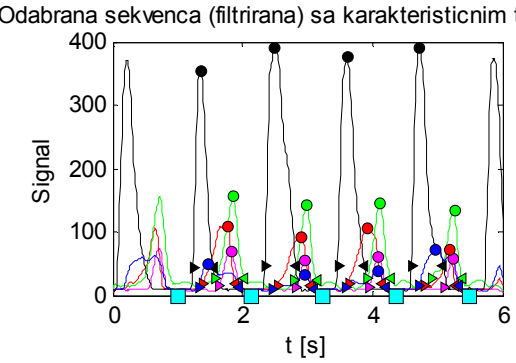
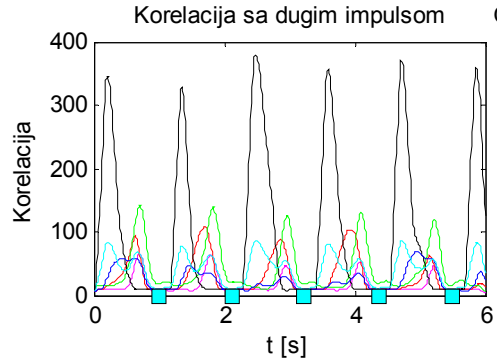
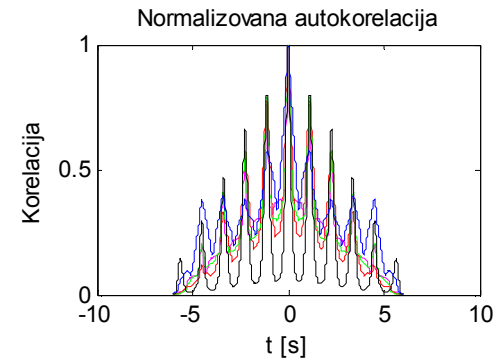
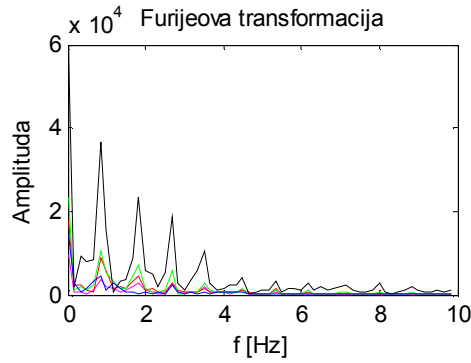
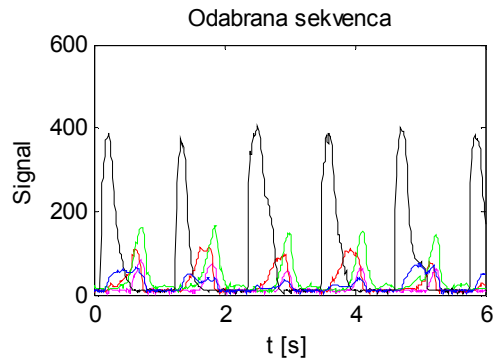
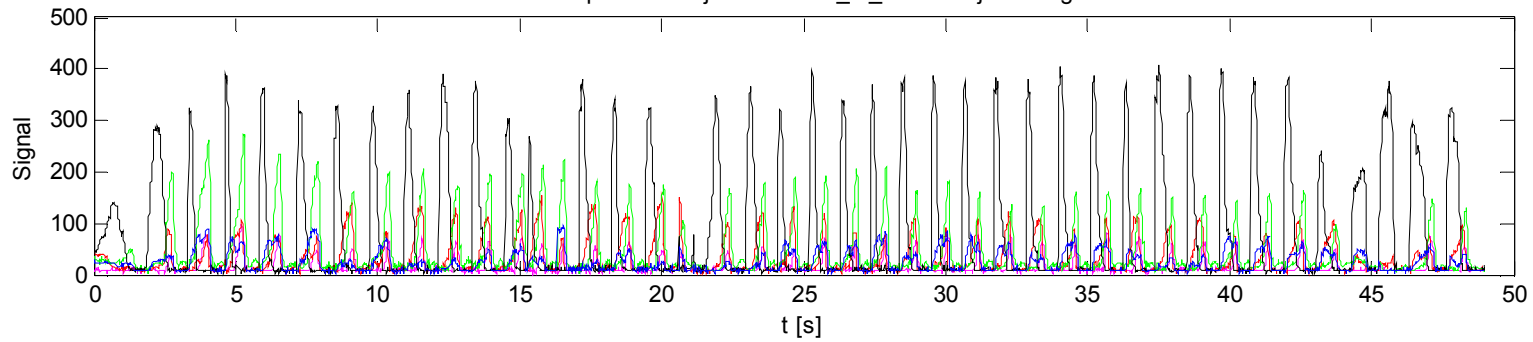
Redosled kanala po intenzitetu 4 3 2 1 5

Period 1.12 s, st.dev. 0.0122474 s

Kanal	Početak [s]	st.dev. [s]	Kraj [s]	st.dev. [s]	Vrh [s]	st.dev. [s]	Nivo vrha	st.dev.
1	0.7075	0.0349106	0.9625	0.0108972	0.8575	0.0192029	59.9444	5.89544
2	0.4175	0.0147902	0.9075	0.0163936	0.765	0.0455522	95	14.3006
3	0.625	0.0687386	1.025	0.0180278	0.8775	0.0129904	144.75	7.30777
4	0.24	0.00707107	0.655	0.0657647	0.37	0.01	377.806	15.5759
5	0.3475	0.00829156	0.9625	0.0147902	0.6925	0.154657	47.8056	14.8537

Prosečna greška 3.99828 %

Ucitani podaci iz fajla 11.3.2007_u_16.17.44-jeca h6.gaz



Fajl: 11.3.2007_u_16.10.19-jeca h10.gaz

Početno vreme 3.5 s

Krajnje vreme 9.5 s

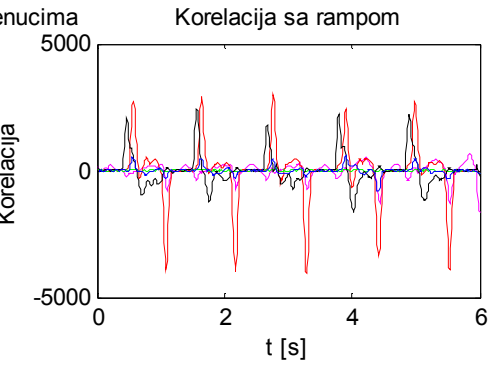
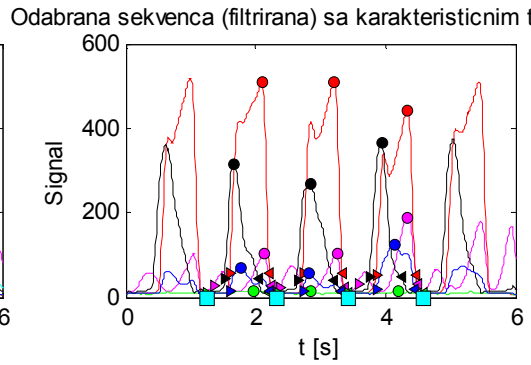
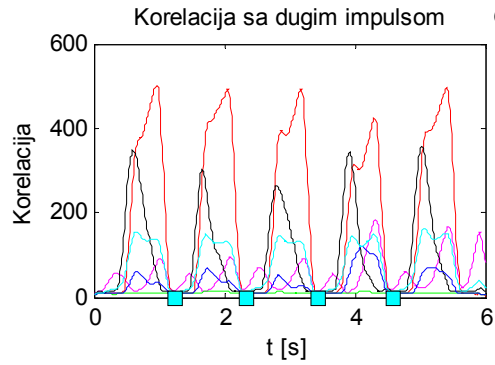
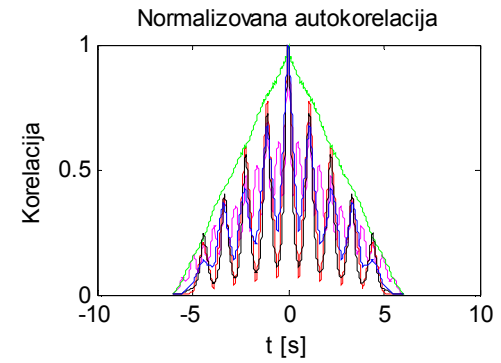
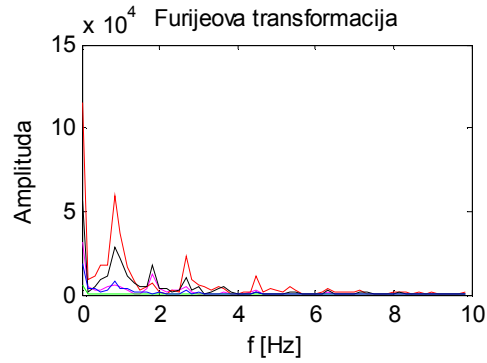
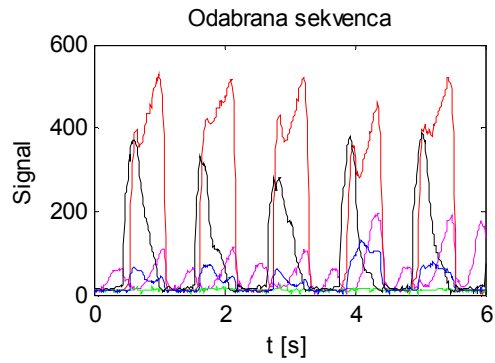
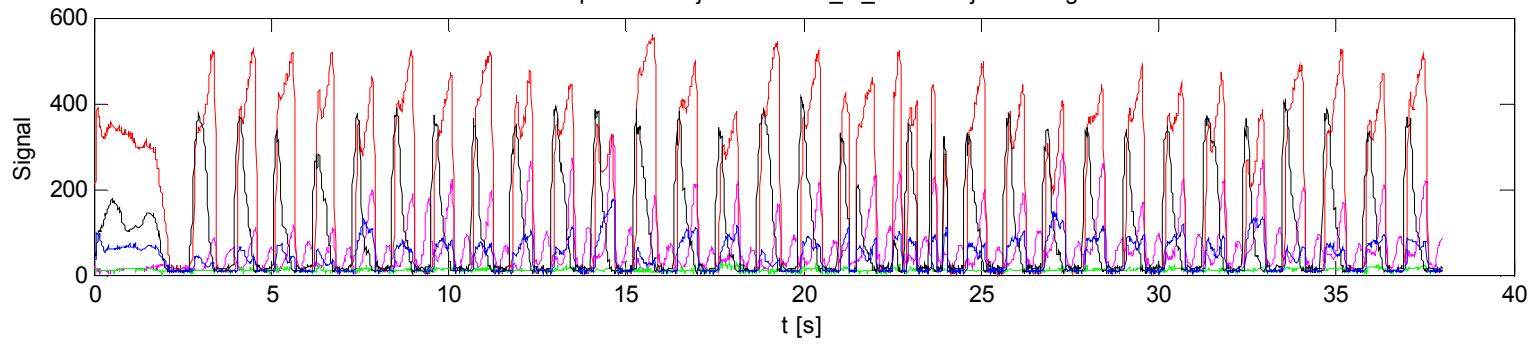
Redosled kanala po intenzitetu 2 4 1 5 3

Period 1.11 s, st.dev. 0.0244949 s

Kanal	Početak [s]	st.dev. [s]	Kraj [s]	st.dev. [s]	Vrh [s]	st.dev. [s]	Nivo vrha	st.dev.
1	0.103333	0.0329983	1.02333	0.0249444	0.903333	0.0124722	132.296	39.9459
2	0.393333	0.0249444	1.00333	0.0249444	0.88	0.0216025	486.185	32.2172
3	0.00666667	0.00471405	1.07	0.0711805	0.673333	0.102089	14.8889	0.566558
4	0.313333	0.0169967	0.823333	0.0339935	0.48	0.0432049	316.926	40.0999
5	0.4	0.0326599	0.986667	0.020548	0.57	0.0852447	83.5185	29.7381

Prosečna greška 4.69441 %

Ucitani podaci iz fajla 11.3.2007_u_16.10.19-jeca h10.gaz



Devojka br.7, šifra: "mira"

Visina: 170 cm

Masa: 70 kg

Fajl: 11.3.2007_u_15.6.22-mira h-1.gaz

Početno vreme 30 s

Krajnje vreme 36 s

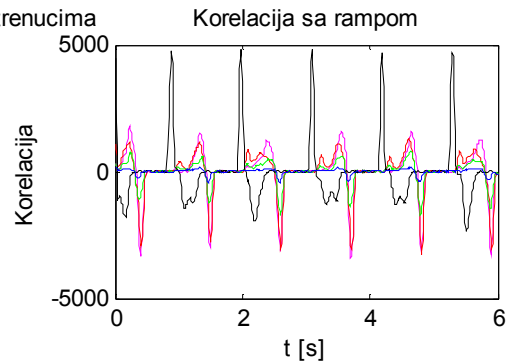
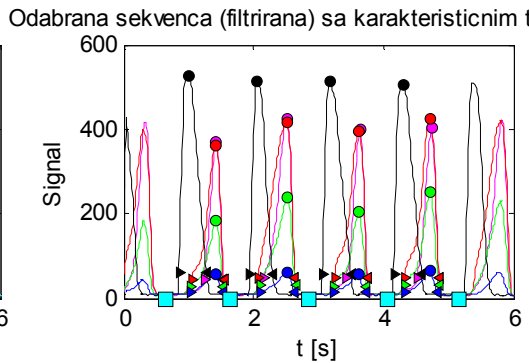
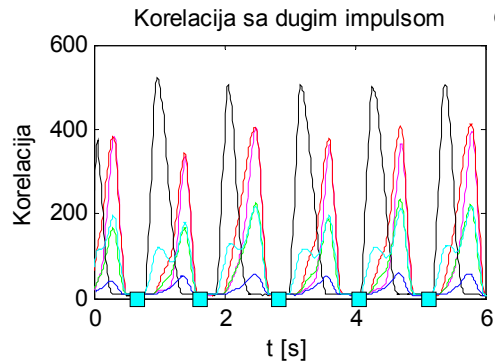
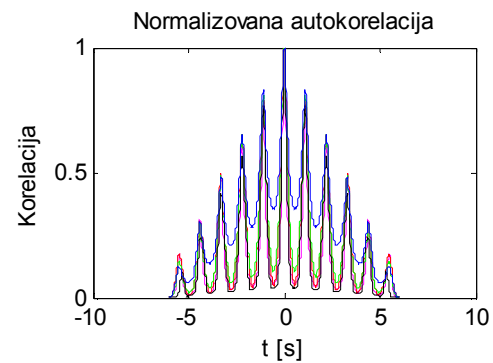
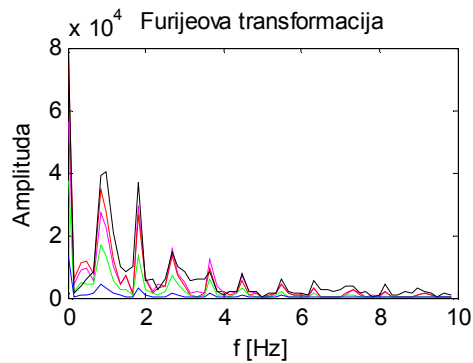
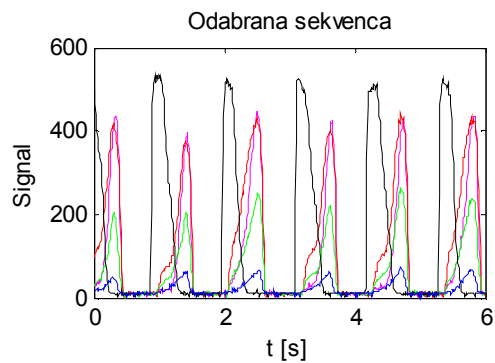
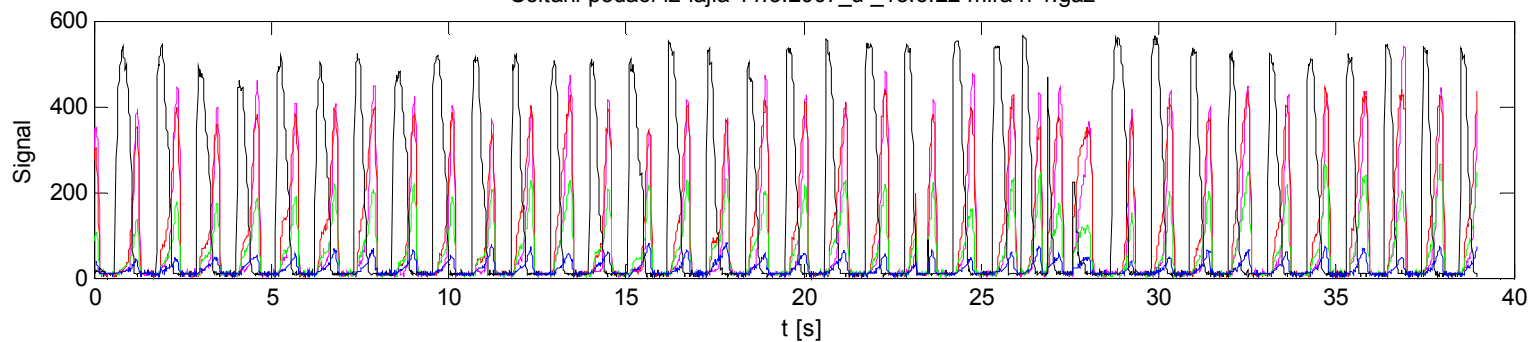
Redosled kanala po intenzitetu 4 1 2 3 5

Period 1.1225 s, st.dev. 0.101827 s

Kanal	Početak [s]	st.dev. [s]	Kraj [s]	st.dev. [s]	Vrh [s]	st.dev. [s]	Nivo vrha	st.dev.
1	0.5425	0.0476314	0.8975	0.0785414	0.7875	0.0686932	399.5	20.1584
2	0.3825	0.0697764	0.905	0.075	0.775	0.0782624	399.556	23.794
3	0.38	0.0717635	0.8975	0.081968	0.7725	0.0816624	220.278	25.9869
4	0.2125	0.0785414	0.6175	0.0593191	0.3375	0.0675925	515.028	8.26094
5	0.38	0.0717635	0.8825	0.0858414	0.765	0.0852936	60.6667	3.37291

Prosečna greška 6.19161 %

Ucitani podaci iz fajla 11.3.2007_u_15.6.22-mira h-1.gaz



Fajl: 11.3.2007_u_14.54.53-mira h6.gaz

Početno vreme 13 s

Krajnje vreme 19 s

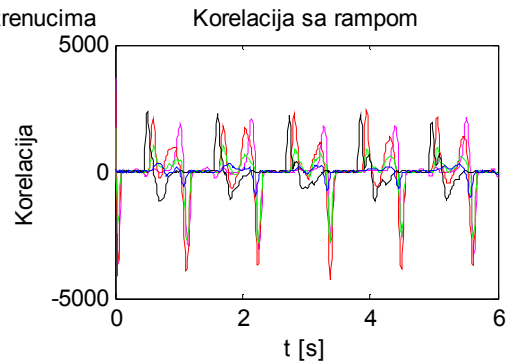
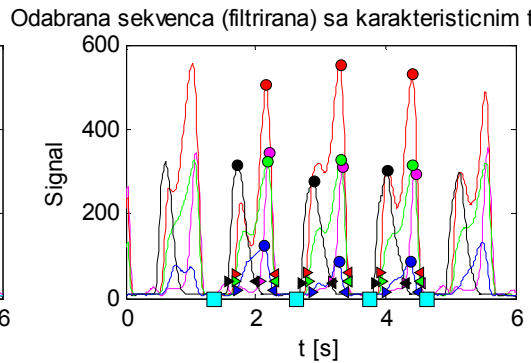
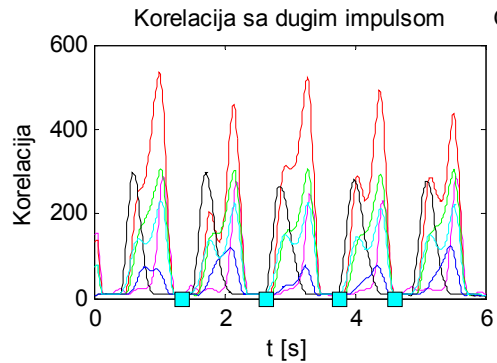
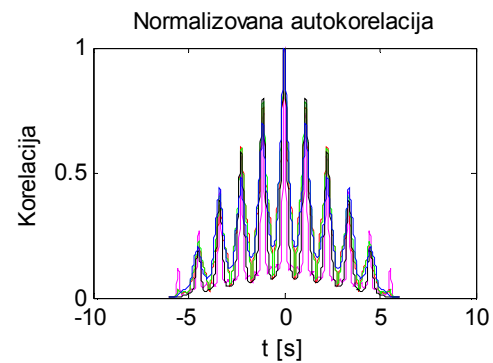
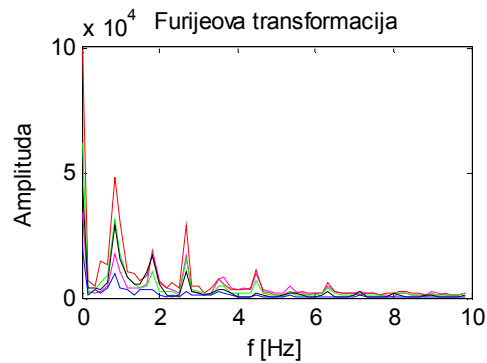
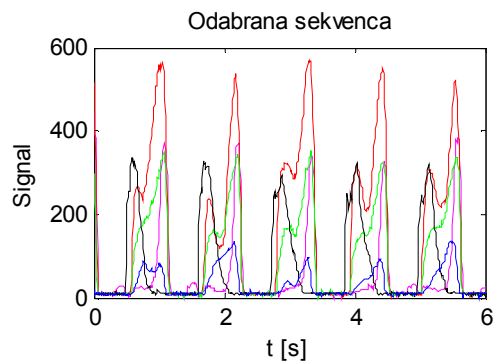
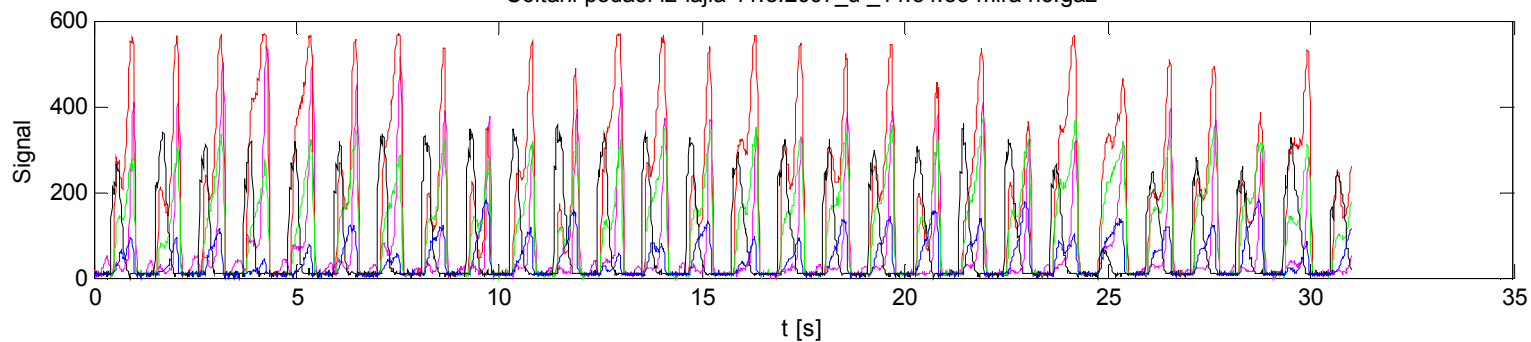
Redosled kanala po intenzitetu 2 1 3 4 5

Period 1.09 s, st.dev. 0.168721 s

Kanal	Početak [s]	st.dev. [s]	Kraj [s]	st.dev. [s]	Vrh [s]	st.dev. [s]	Nivo vrha	st.dev.
1	0.606667	0.0731817	0.85	0.0707107	0.75	0.0707107	315.889	19.839
2	0.22	0.0778888	0.833333	0.0684755	0.713333	0.0684755	529.111	19.9136
3	0.236667	0.0731817	0.836667	0.0731817	0.726667	0.0731817	321.704	6.28168
4	0.123333	0.0754247	0.576667	0.0449691	0.296667	0.0524934	297.667	16.6001
5	0.283333	0.0612826	0.79	0.0778888	0.683333	0.0684755	99.0741	18.6467

Prosečna greška 6.55531 %

Ucitani podaci iz fajla 11.3.2007_u_14.54.53-mira h6.gaz



Fajl: 11.3.2007_u_14.44.47-mira h8.gaz

Početno vreme 0 s

Krajnje vreme 6 s

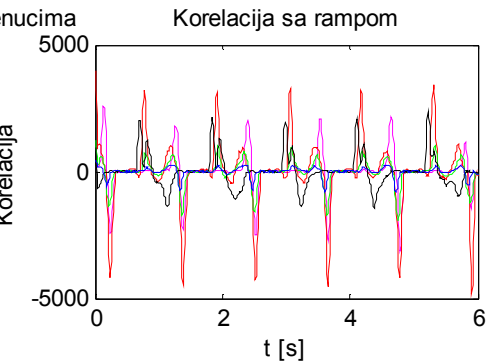
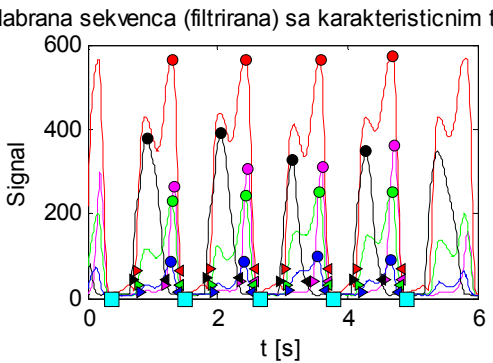
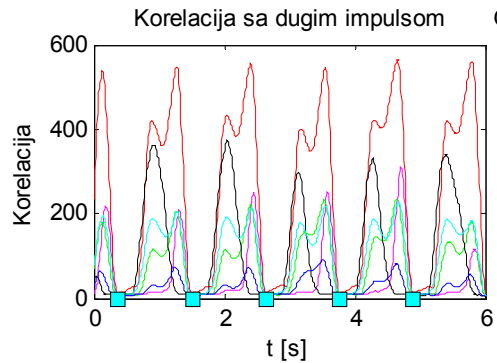
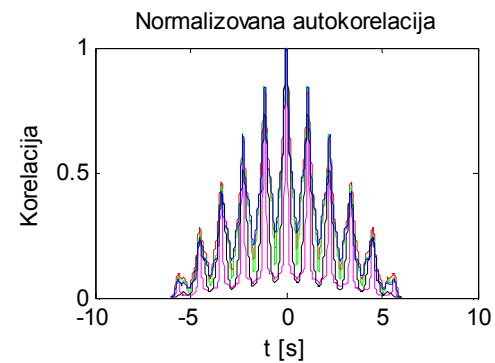
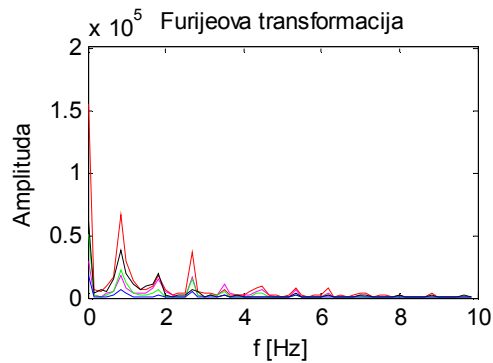
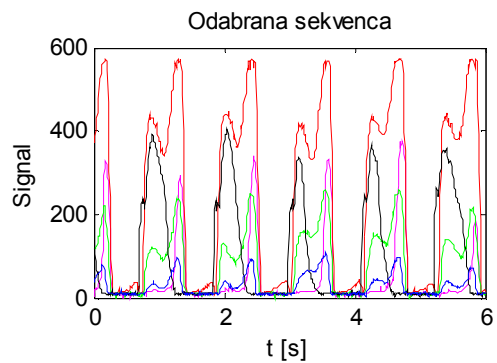
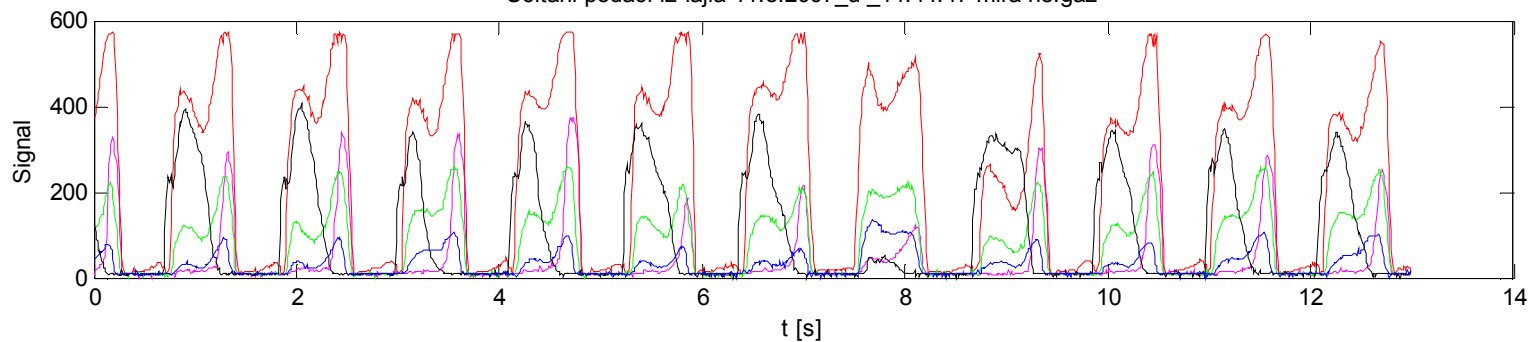
Redosled kanala po intenzitetu 2 4 1 3 5

Period 1.13 s, st.dev. 0.00707107 s

Kanal	Početak [s]	st.dev. [s]	Kraj [s]	st.dev. [s]	Vrh [s]	st.dev. [s]	Nivo vrha	st.dev.
1	0.825	0.00866025	1.0525	0.00433013	0.9575	0.00433013	309.306	34.5531
2	0.3775	0.00829156	1.05	0.00707107	0.925	0.005	567	2.83823
3	0.405	0.005	1.035	0.00866025	0.9125	0.00829156	243.139	9.53563
4	0.315	0.005	0.775	0.047697	0.5225	0.0178536	361.028	24.959
5	0.4375	0.00433013	0.9975	0.00433013	0.9025	0.00829156	90.6944	5.73831

Prosečna greška 2.2148 %

Ucitani podaci iz fajla 11.3.2007_u_14.44.47-mira h8.gaz



Fajl: 11.3.2007_u_14.27.17-mira h10.gaz

Početno vreme 20 s

Krajnje vreme 26 s

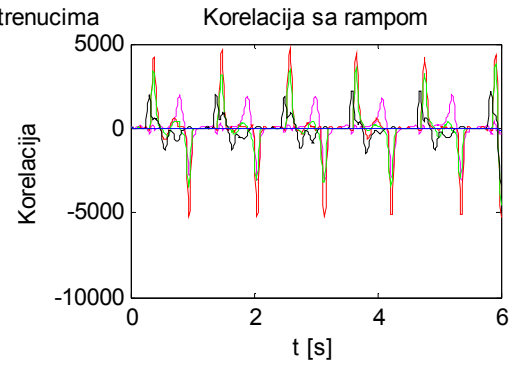
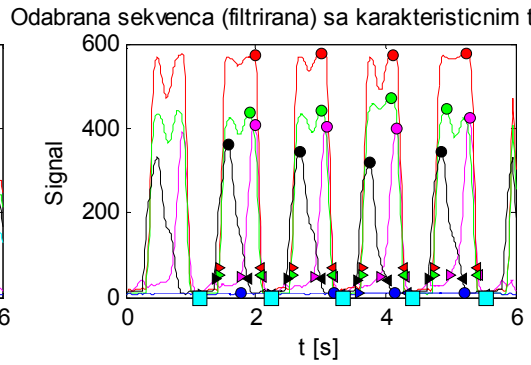
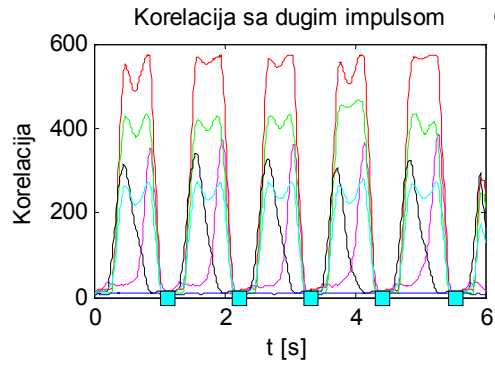
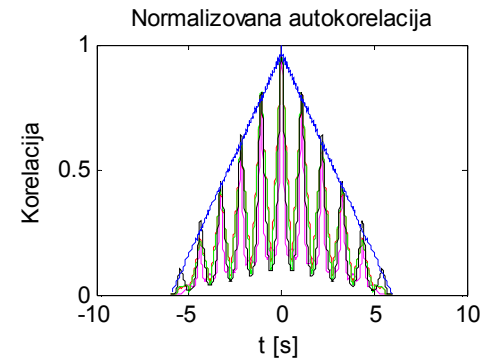
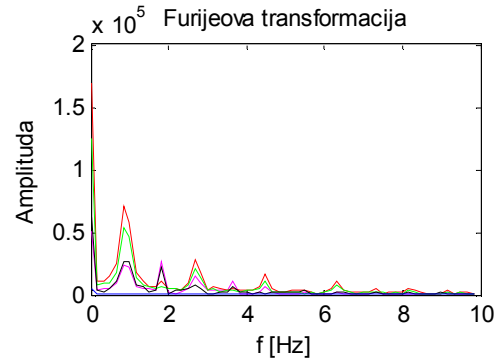
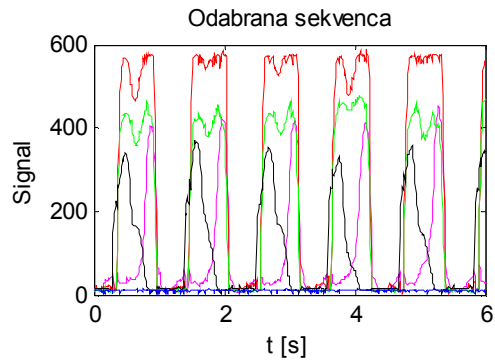
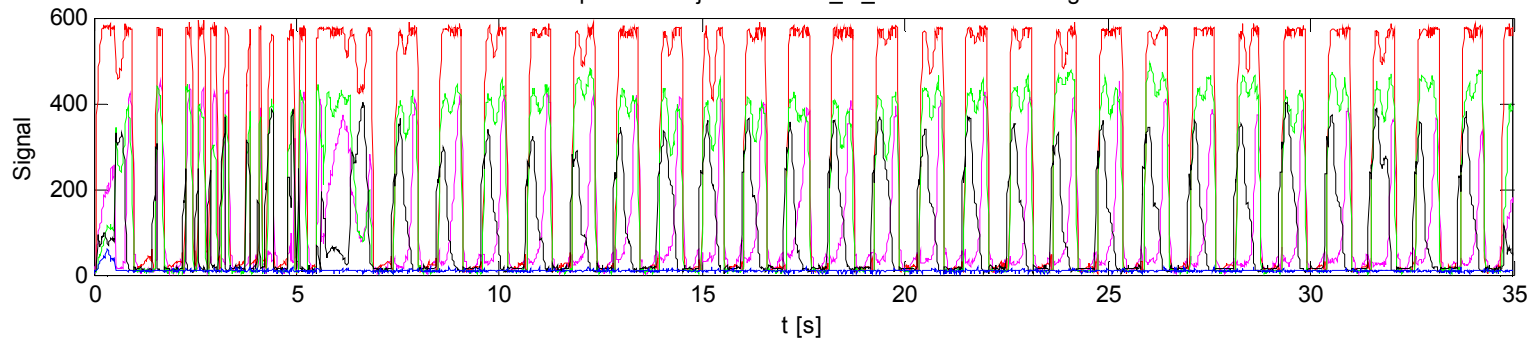
Redosled kanala po intenzitetu 2 3 1 4 5

Period 1.105 s, st.dev. 0.0180278 s

Kanal	Početak [s]	st.dev. [s]	Kraj [s]	st.dev. [s]	Vrh [s]	st.dev. [s]	Nivo vrha	st.dev.
1	0.615	0.0403113	0.98	0.0187083	0.855	0.0180278	408.833	9.95344
2	0.315	0.00866025	0.96	0.0187083	0.8075	0.0414578	574.75	0.755127
3	0.315	0.00866025	0.9525	0.0192029	0.71	0.104642	449.222	13.1485
4	0.2425	0.00829156	0.745	0.0269258 s	0.44	0.0122474	342.139	15.6225
5	0.072	0.103047	1.08	0.0538516	0.81	0.116833 s	11.1944	

Prosečna greška 4.27221 %

Ucitani podaci iz fajla 11.3.2007_u_14.27.17-mira h10.gaz



Devojka br.8, šifra: “kos”

Visina: 175 cm

Masa: 85 kg

Fajl: 11.3.2007_u_15.19.34-kos h-1.gaz

Početno vreme 7 s

Krajnje vreme 13 s

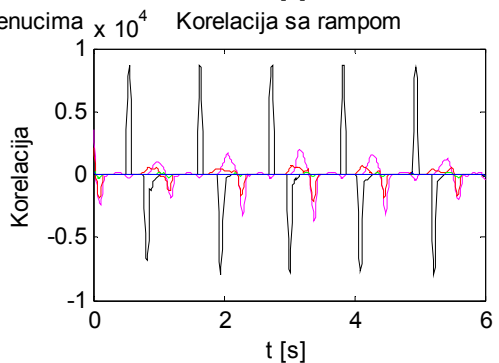
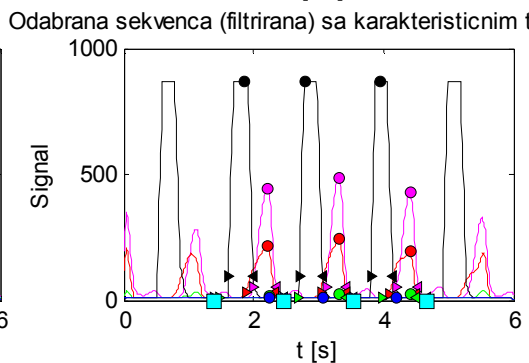
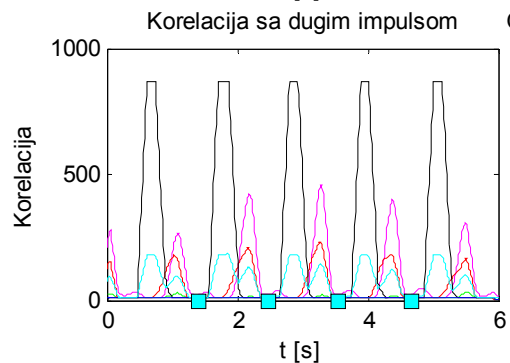
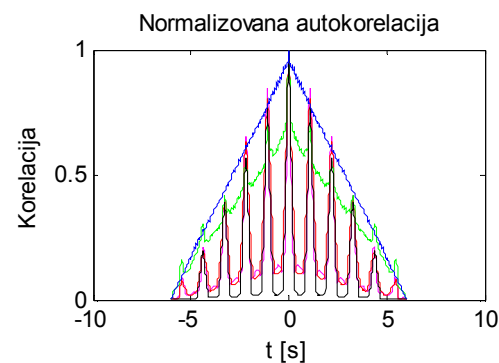
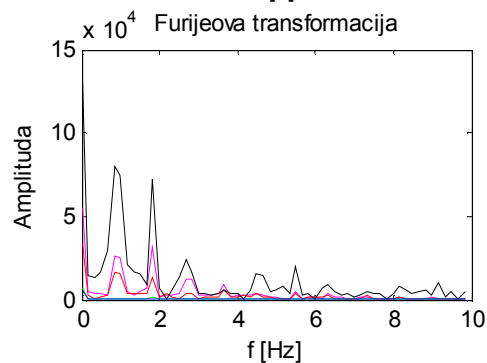
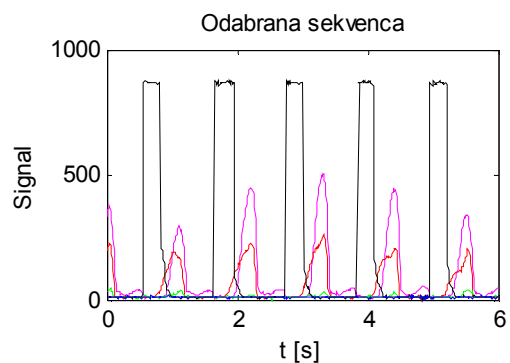
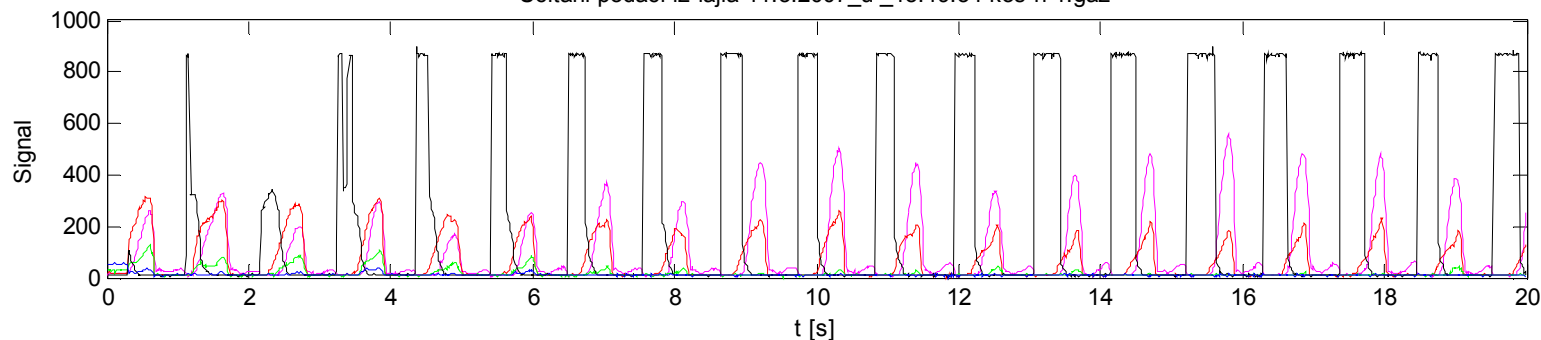
Redosled kanala po intenzitetu 4 1 2 3 5

Period 1.08667 s, st.dev. 0.0235702 s

Kanal	Početak [s]	st.dev. [s]	Kraj [s]	st.dev. [s]	Vrh [s]	st.dev. [s]	Nivo vrha	st.dev.
1	0.643333	0.0309121	0.973333	0.020548	0.846667	0.020548	450.37	24.3164
2	0.533333	0.0377124	0.95	0.0163299	0.846667	0.020548	217.63	20.6532
3	0.243333	0.154128	0.996667	0.0449691	0.856667	0.020548	22.6296	3.70222
4	0.243333	0.020548	0.6	0.00816497	0.396667	0.0579272	870.185	1.00342
5	0	0	1.08667	0.0235702	0.7	0.100333	9.85185	0.44752

Prosečna greška 4.49085 %

Ucitani podaci iz fajla 11.3.2007_u_15.19.34-kos h-1.gaz



Fajl: 11.3.2007_u_15.37.17-kos h85.gaz

Početno vreme 2 s

Krajnje vreme 8 s

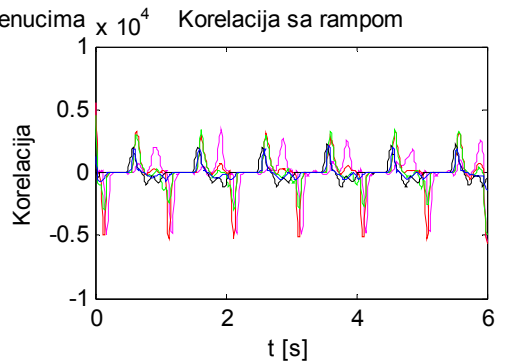
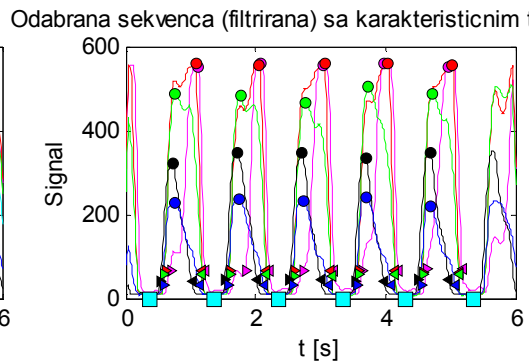
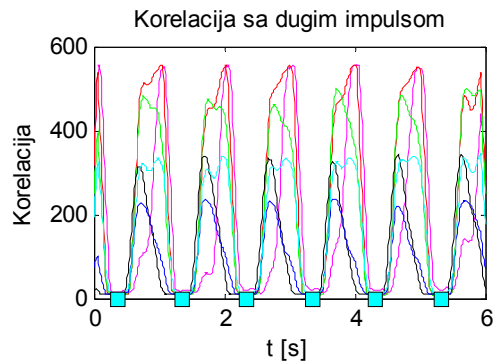
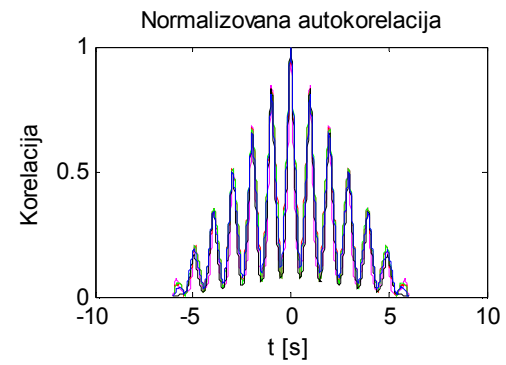
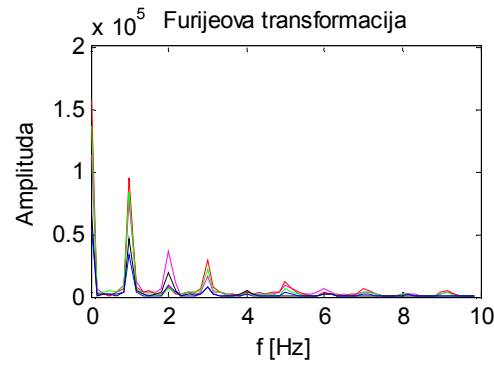
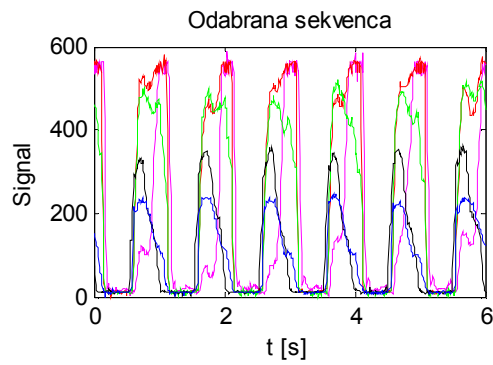
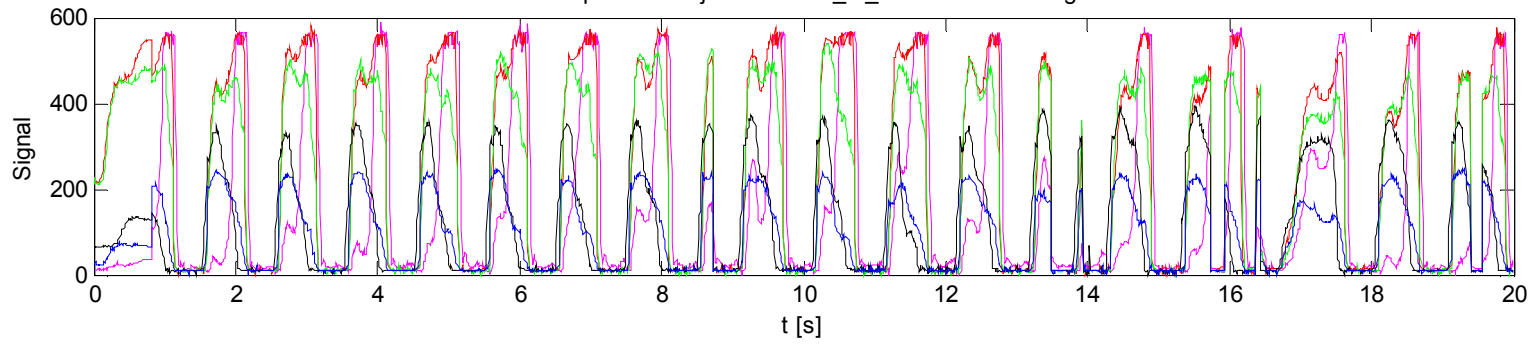
Redosled kanala po intenzitetu 1 2 3 4 5

Period 0.992 s, st.dev. 0.0203961 s

Kanal	Početak [s]	st.dev. [s]	Kraj [s]	st.dev. [s]	Vrh [s]	st.dev. [s]	Nivo vrha	st.dev.
1	0.37	0.0758947	0.862	0.0116619	0.686	0.0440908	555.289	3.16353
2	0.244	0.012	0.808	0.00748331	0.704	0.0162481	557.022	2.08392
3	0.24	0.0126491	0.81	0.0141421	0.406	0.0135647	485.689	12.83
4	0.184	0.008	0.652	0.0146969	0.36	0.0178885	339.067	9.7653
5	0.22	0.0126491	0.762	0.016	0.38	0.0219089	231.333	7.0199

Prosečna greška 2.41312 %

Ucitani podaci iz fajla 11.3.2007_u_15.37.17-kos h85.gaz



Fajl: 11.3.2007_u_15.28.28-kos h12.gaz

Početno vreme 23 s

Krajnje vreme 29 s

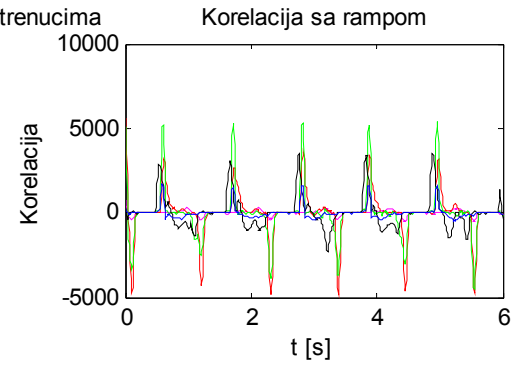
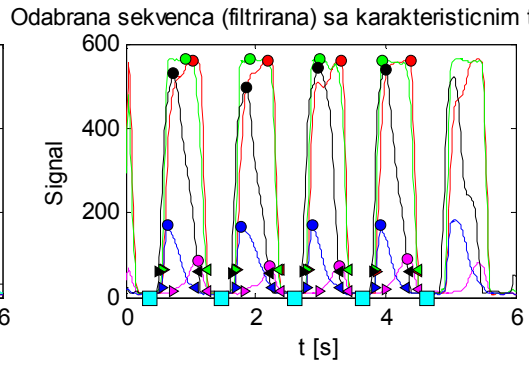
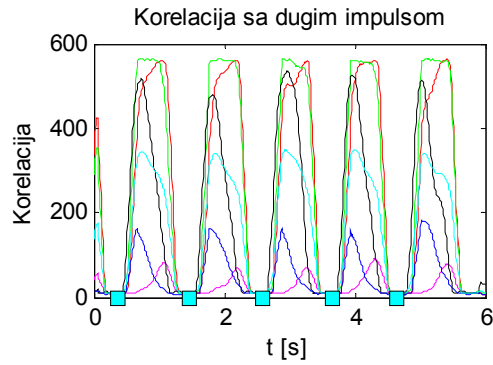
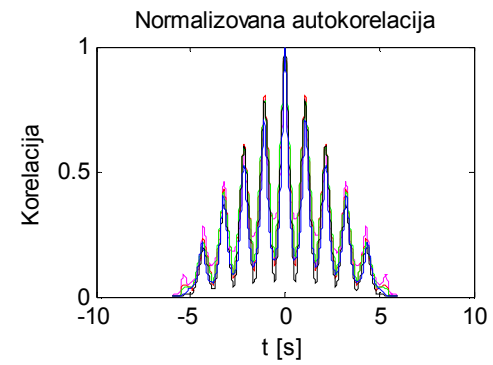
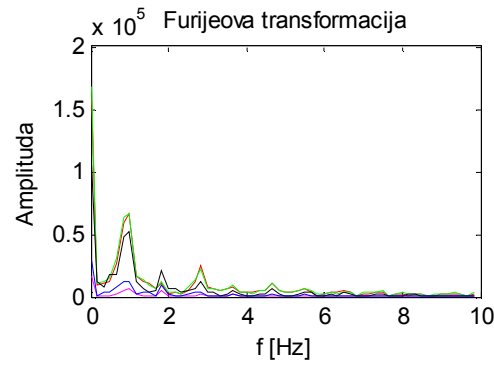
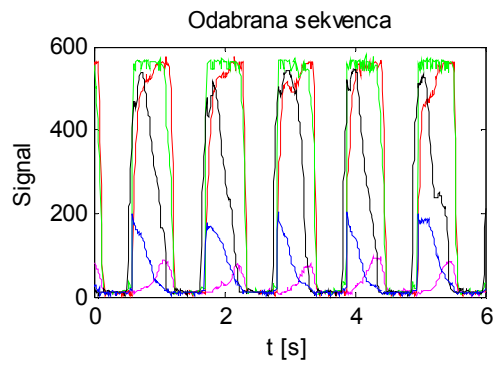
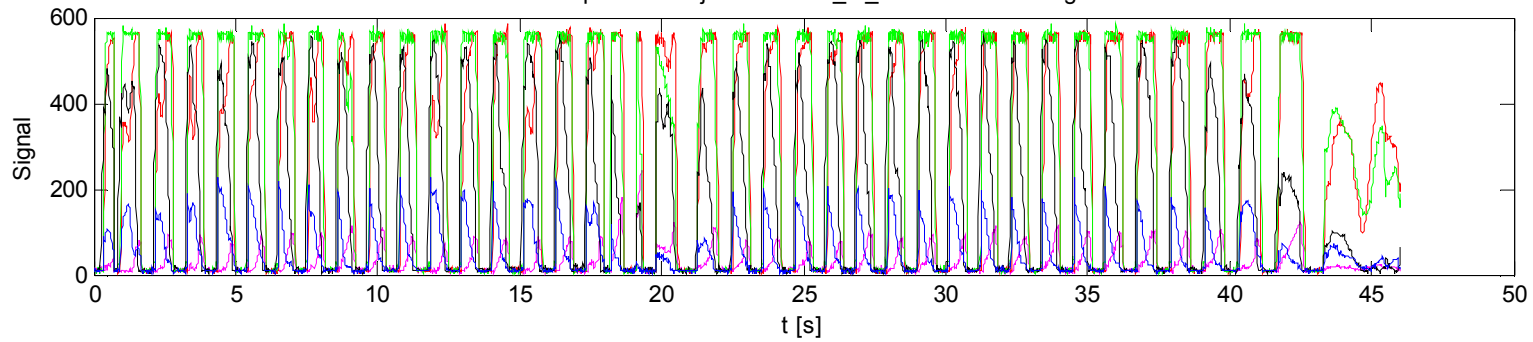
Redosled kanala po intenzitetu 3 2 4 5 1

Period 1.0675 s, st.dev. 0.0481534 s

Kanal	Početak [s]	st.dev. [s]	Kraj [s]	st.dev. [s]	Vrh [s]	st.dev. [s]	Nivo vrha	st.dev.
1	0.3675	0.0216506	0.8675	0.0238485	0.715	0.0295804	81.1111	7.57065
2	0.22	0.0122474	0.8675	0.0238485	0.7025	0.0248747	560.222	0.484322
3	0.2025	0.0129904	0.855	0.0229129	0.415	0.0861684	564.083	1.58966
4	0.1475	0.0129904	0.7175	0.0227761	0.365	0.0165831	526.528	17.3359
5	0.2	0.0122474	0.7075	0.0454835	0.2825	0.0163936	170.222	1.96419

Prosečna greška 2.80277 %

Ucitani podaci iz fajla 11.3.2007_u_15.28.28-kos h12.gaz



Fajl: 11.3.2007_u_15.28.28-kos h12.gaz

Početno vreme 30 s

Krajnje vreme 36 s

Redosled kanala po intenzitetu 3 2 4 5 1

Period 1.1175 s, st.dev. 0.0804285 s

Kanal	Početak [s]	st.dev. [s]	Kraj [s]	st.dev. [s]	Vrh [s]	st.dev. [s]	Nivo vrha	st.dev.
1	0.3825	0.0544862	0.91	0.0441588	0.7725	0.043229	99.4722	8.05359
2	0.26	0.0484768	0.9125	0.0496865	0.6725	0.157698	562.222,	0.899245
3	0.24	0.0484768	0.9025 s	0.0521416	0.4675	0.0990896	565.139	1.2847
4	0.185	0.0471699	0.7575	0.0414578	0.3825	0.043229	541.25	5.20646
5	0.2375	0.0460299	0.725	0.045	0.32	0.0484768	168.583	7.86788

Prosečna greška 5.20023 %

Ucitani podaci iz fajla 11.3.2007_u_15.28.28-kos h12.gaz

