

UNIVERZITET SINGIDUNUM
POSLOVNI FAKULTET

Dinamika promene vrednosti emisijih dozvola i rentabilnost investicije trigenerativnog postrojenja

- Master rad -

Mentor:

prof. dr Zoran Jeremić

Kandidat:

Andrija Petrović

Beograd, 2016

1 SADRŽAJ

2	UVOD	6
3	MODELI DINAMIKE PROMENE VREDNOSTI FJUČERSA EUA	12
3.1	MODELI IZRAČUNAVANJA VOLATILNOSTI CENA.....	12
3.2	ARCH i GARCH MODELI	13
3.2.1	TGARCH, EGARCH model i leveridž efekat.....	14
3.2.2	Metod funkcija verodostojnosti i korišćen algoritam	16
3.2.3	Podaci cene fjučersa emisionih dozvola	17
3.3	REZULTATI EKSPERIMENTA	19
4	ISPITIVANJE SPOT CENA EUA VAR MODELIMA	24
4.1	EU ETS TRŽIŠTE – teorija, hipoteze.....	24
4.2	METODOLOGIJA.....	25
4.2.1	VAR i VECM modeli vremenskih serija.....	26
4.2.2	Grangerova multivarijaciona uzročnost i multivarijaciona kointegracija.....	27
4.2.3	Johansen multivarijacioni kointegracioni test.....	28
4.2.4	Prognoziranje i strukturni VAR modeli.....	29
4.2.5	Podaci o spot i fjučers cenama promenljivih u VAR modelu.....	29
4.3	REZULTATI EKSPERIMENTA	31
5	TRIGNERACIJA POSREDSTVOM ORC CIKLUSA	40
5.1	RENTABILNOST INVESTICIJE	42
5.1.1	Fiksni investicioni troškovi.....	42
5.1.2	Operativni troškovi	48
5.2	METOD ZA OCENU RENTABILNOSTI	50
5.3	RENTABILNOST POSTROJENJA NOMINALNE SNAGE 2500KW....	51
5.4	POREĐENJE INVESTICIONIH TROŠKOVA POSTROJENJA	58

6	ZAKLJUČAK.....	60
7	LITERATURA	63
8	PRILOG	66
8.1	MODELI ARCH	66
8.2	VISUAL BASIC KOD.....	93

Apstrkat

U ovom radu prikazani su dva različita aspekta koja su indirektno povezana sa savremenom tendencijom populacije ka održivom razvoju. Usled preterane zagađenosti životne sredine uvođenjem EU ETS tržišta i trgovanjem emisijama dozvolama (EUA – european emission allowances) otvara se pitanje o dinamici promeni vrednosti EUA tokom teče faze trgovine. Stoga se ovaj rad u prvom delu bavi modeliranjem dinamike promene vrednosti fjučersa EUA posredstvom heteroskedastičnih modela. Analizom 90 različitih modela utvrđen je model koji najbolje prognozira dinamiku promene cena i može se koristiti kao osnova VaR (Value at risk) metode. Drugi deo rada pokušava da uspostavi dugoročnu vezu i uspešnost prognoze posredstvom VAR (vektroski autoregresivni modeli) modela između spot cena EUA, fjučersa električne energije, spot cena prirodnog gasa i fjučersa uglja. Takođe se i definiše odgovarajuća uzročnost između prethodnih serija posredstvom Grandžerovog testa. Treći deo rada pokazuje primer ocene rentabilnosti investicije trigenerativne proizvodnje električne energije posredstvom dinamičkih i statičkih karakteristika. Izabrano postrojenje je zasnovano na obnovljivim izvorima energije stoga je potpuno oslobođeno učešća na EU ETS tržištu. Na ovaj način u radu su objedinjeni makroekonomski i mikroekonomski aspekti koji se tiču EU ETS tržišta u cilju uspostavljanja koncepta održivog razvoja u dugoročnom vremenskom periodu.

Ključne reči: *EU ETS, VAR, ARCH, GARCH, EUA, Granerova uzročnost, rentabilnost investicije, CHCP, ORC*

NOMENKLATURA

C_{el}	Cena potrošene struje	EUR
C_{gor}	Cena potrošenog goriva	EUR
C_{POT}	Varijabilni troškovi	EUR
C_{radnik}	Troškovi radnika	EUR
$C_{odrzavanje}$	Troškovi održavanj	EUR
C_{nadzor}	Troškovi nadzora	EUR
C_{PT}	Porezi i takse	EUR
C_O	Ostali troškovi	EUR
C_{FOT}	Fiksni troškovi	EUR
C_{OT}	Operativni troškovi	EUR
C_{ISBL}	Investicioni troškovi postrojenje	EUR
$C_{ISBLOSBL}$	Investicioni troškovi na mestu gradnje	EUR
C_{FC}	Fiksni investicioni troškovi	EUR
C_{SU}	Troškovi uhodavanja postrojenja	EUR
C_{WC}	Radni kapital	EUR
C_{inv}	Ukupni investicioni troškovi	EUR
C_{eng}	Troškovi inženjering	EUR
C_{cont}	Nepredviđeni troškovi	EUR
C_{spec}	Specifični investicioni trošak	EUR/kWh
c_{el}	Cena električne energije po kWh	EUR/kWh
c_{gor}	Cena goriva po MWh	EUR/MWh

df	Diskontni faktor	
f_1	Montaža opreme	
f_2	Cevovodi, kanali itd.	
f_3	Uređaji za merenje i automatsku regulaciju	
f_4	Elektro oprema i radovi	
f_5	Građevinski radovi	
f_6	Noseće konstrukcije i zgrade	
f_7	Zaštitni radovi	
f_{ISBL}	ISBL faktor	
ISP	Interna stopa prinosa	
IR	Indeks rentabilnost	
k	Prosečna cena kapitala	
NSV	Neto sadašnja vrednost	EUR
NNT	Neto novčani tok od eksploatacije projekta	EUR
P_{ORC}	Snaga ORC postrojenja	kW _{el}
PPO	Prost period otplate	godina
Q_{ins}	Instalisana snaga (rashladna, električna)	kW
Q_{god}	Godišnja potrošnja el. energije	kWh
Q_{god}	Godišnja potrošnja toplotne energije iz goriva	MWh
PV	Diskontovani iznos sadašnje vrednosti	EUR

2 UVOD

Evropsko tržište za trgovinu emisijama gasovima sa efektom staklene bašte (European emission trading scheme – EU ETS) predstavlja najveće tržište ovakvog tipa u svetu. U cilju jasnijeg objašnjenja program trgovinom gasova sa efektom staklene bašte razvijen od strane zemalje EU je glavno sredstvom u borbi protiv tekućih klimatskih promena i jedan od najznačajnijih instrumenata implementacije održivog razvoja, Venmans et. al [1]. Kao najveće tržište isto je obuhvatilo više obuhvata više od 12 000 termoelektrana i različitih industrijskih objekata pokrivajući oko 40% od ukupne emisije gasova sa efektom staklene bašte (GHG – green house gasses), dok ukupna vrednost tržišta premašuje više od 175 milijardi USD godišnje, Kossoy et. al [2]. Cilj tržišta se prevashodno bazira na smanjenju emisije GHG gasova industrijskih zagađivača i delova industrije koji se ne zasnivaju na korišćenju tehnologija zelene energije Petrović et.al. [3]. Trgovina emisijama dozvolama (EUA – European emission allowances) podrazumeva, ograničenje emisije gasova sa efektom staklene bašte velikim korporacijama i omogućavanjem raspodele emisijama dozvola, odnosno neistrošene emisije gasova, iz firmi koje ove viškove poseduju ka korporacijama koje su svoje emisije dozvole istrošile. Na ovaj način korporacija koja je emitovala gasove iznad dozvoljene granice izbegava plaćanje visokih kazni. Sa druge strane korporacije koje su usled implementiranja čistih, zelenih tehnologija smanjile sopstvenu emisiju, deo amortizacije, a samim tim i zaradu mogu da podmiru posredstvom prodaje viškova dozvola, Gilbertson et. al [4]. Ovaj program trgovine prvenstveno je namenjen korporacijama koje stvaraju emisije gasova sa efektom staklene bašte (GHG – green house effect gasses) aktivnostima iz postrojenja kao što su elektrane, rafinerije nafte, železare, čeličane, cementare, staklare, proizvodnje opeke, keramike, celuloze, papira i kartona. EU ETS pokrenut je 2005. godine i radi prema načelu „kape i trgovine“, što znači da postoji kapa ili gornja, maksimalna granica ukupne dozvoljene emisije gasova sa efektom staklene bašte koje fabrike, elektrane i ostali mogu ispuštati, Linacre et. al [5]. U skladu sa tim granicama preduzeća dobijaju emisije jedinice koje mogu kupovati ili prodavati međusobno, a ograničenja na ukupan broj raspoloživih kvota osiguravaju da kvote imaju određenu vrednost koju formira tržište. Na kraju svakog perioda trgovanja kompanije predaju kupljene rezerve kojim pokrivaju sve svoje emisije, jer im u protivnom prete visoke novčane kazne. Smanjenjem svojih emisija kompanija može držati rezervna pokrića za svoje buduće emisije ili ih prodati drugoj kompaniji kojoj nedostaje kvota.

EU ETS tržište je planirano da se sastoji iz 5 faza. Svaka od faza ima za cilj promenu regulative i snižavanje emisije GHG gasova do odgovarajućih granica koje su unapred zadate. Smanjenjem dozvoljenih granica emisije GHG gasova će imati direktan uticaj na dalji razvoj situacije koje se tiče spot cena emisijama dozvola EUA (European emission allowances) i naravno odgovarajućih finansijskih derivata koje ih prate. Faza I i faza II pokazali su veliki broj manjkavosti u pogledu regulacije tržišta i uticaja pogrešnih procena dozvoljene emisije GHG gasova kao i nepopravljivih šokova koja su vezana za promenu cene fosilnih goriva i kriza u svetu. Tokom treće faze, koja je trenutno u toku (2013-2020), navedene osobine tržišta i dalje su prisutna, Brouwers et. al [6], ipak pokazuje se i određena poboljšanja čiji će se efekti tek videti tokom budućnosti.

Veoma slaba regulativa koja je izložena stalnim promenama usled postojanja brojnih nenamernih ili namernih propusta napravila je jedno vrlo ne likvidno, neefikasno tržište koje je izuzetno volatilno na krize, promene u regulativi i podložno stalnim prevarama i mahinacijama. Mnogobrojni primeri uspešnosti pristupa zemalja EU ovim tržištima prikazani su posredstvom velikog broja radova.

Deeney et. al [7] su prikazali u svom radu snažan uticaj promena u regulativi na dinamiku spot i fjučers cene emisijama dozvola (EUA – european emission allowances). Primenjujući GARCH metode, uz dobro poznavanje vremena donošenja odluka u regulativi EU ETS

tržišta, jasno su prikazali da Evropski parlament ne obazirući se na trenutno stanje na tržištu donosi promene u regulativi trgovine EUA što izaziva stalne potrese na tržištu.

Fan et. al [8] su pokazali, korišćenjem AR-ARCH modela, da udeo mikro preduzeća na ovakvom tržištu, vrlo malo ima uticaja na srednju dnevnu cenu EUA. Takođe je istaknut i uvid u faktore koje utiču na dobrovoljnom pridruživanju mikro korporacija EU ETS tržištima.

Calel et. al [9] su pokazali povećanje broja patenata baziranih na smanjenju emisije GHG gasova za vreme perioda trgovine faze II za oko 10%. Klemtsen et. al [10] je pokazao da i pored vrlo niske cene emisijih kvota koja se kreće oko 5 EUR/tCO_{2eq} uticaj na proizvodnju električne energije nije imao zanemarljive efekte u fazama I i III. Dok je Bouttaba et. al [11] prikazao promenljiv uticaj EU ETS na fabrike i cementne industrije i industrije čelik tokom treće faze trgovine.

S obzirom na korišćenje emisijih dozvola kao finansijskih instrumenata u optimizaciji portfolija, i pored nelikvidnosti tržišta, visoke rizičnosti i nerazvijenog tržišta derivata sprovedena su mnogobrojna istraživanja bazirana na prognoziranju volatilnosti finansijskih instrumenata emisijih kvota ili derivata izvedenih iz istih. Benz et. al [12] poredio je modele prognoze volatilnosti EU ETS tokom prve faze trgovine na bazi GARCH i MSM (Markov switching method). Oba modela pokazala su dovoljno dobre rezultate u pogledu osnovnih kriterijuma poređenja iako po nekim rezultatima u oceni promene vrednosti spot cena emisijih dozvola MSM model pokazuje bolje kriterijume.

Yang et. al [13], Gurler et. al [14] i Yia et. al [15] prikazali su neke mogućnosti modelovanja vremenskih serija posredstvom različitih modifikacija ARCH modela uvrstavajući efekte šoka (structural breaks) i poredeći svoje modele sa tradicionalnim modelima određivanja volatilnosti povraćaja finansijskih instrumenata. U svakom od navedenih radova modifikovani ARCH modeli pokazuju uspešnost u primeni.

Cheseny et. al [16] su prikazali coal-to-gas switching model i prilagodili stvarnim podacima u cilju pokazivanja uspešnosti modelovanja različitih finansijskih instrumenata ETS tržišta.

Zbog velikog uticaj spoljašnjih faktora koji su indirektno ili direktno vezani sa emisijim dozvolama dolazi se do pitanja da li zaista određena tržišta energenata predstavljaju uzročnike promene cena EUA. Hu et. al [17] su koristeći kointegracioni test za VECM (vector error correction model) pokušali da povežu dinamiku promene spot cena EU ETS tržišta sa tri Evropska indeksa i spot cenom sirove nafte u okviru I i II faze trgovine. Pokazano je da je za ukupan period trgovine postoji dugoročna veza između cene sirove nafte i spot cena EUA. Ova veza je posebno izražena u toku druge faze trgovine.

Pored navedenog Tian et. al [18] su pokazali primenu M-GARCH (Multivarivariate GARCH) u pokušaju predviđanja dinamike promene cena EUA i ostalih energenata, dok su Lutz et. al [19] pokazali nelinearnost u vezama između makroekonomskog rizika, vremena, cena energenata i spot cena EUA. Oba modela su izrađena za II fazu ETS trgovine

U okviru ovog rada biće prikazana dva odvojena segmenta modelovanja dinamike cena i dinamike promene cena na EU ETS tržištu. Prva dva dela rada direktno se bave makroekonomskim pokazateljima koje se tiču tržišta EU ETS.

Prvi deo podrazumeva predstavljanje tri metode modelovanja varijanse fjučersa EUA, GHG gasova u periodu treće faze EU ETS (2013-2016), kondicionalnim heteroskedastičnim modelima a to su: ARCH, GARCH, TARARCH i EGARCH. Modeli će biti kombinovani sa ARMA (Autoregressive moving average) modelima različitog reda i zatim međusobno poređeni u cilju klasifikacije uspešnosti istih u daljem prognoziranju kretanja cene fjučersa, odnosno promena cene fjučersa.

Drugi deo rada bazirajući se na prethodnim radovima, a uzimajući u obzir da su regulative trgovine GHG gasovima znatno različite u trenutnoj III fazi trgovine ima za cilj da pokaže da li postoji bilo kakva veza između spot cena EUA, spot cena sirove nafte, cena fjučersa uglja i cena fjučersa prirodnog gasa na prostoru Evropske Unije (EU – European Union). Korišćenjem kointegracionog testa, kao i testa uzročnosti pokazano je postojanje dugoročne i kratkoročne veze između navedenih parametara.

Za razliku od prva dva dela rada, treći deo rada fokusiran je na mikroekonomskom aspektu uticaja tržišta EU ETS na statičke i dinamičke parametre rentabilnosti investicije proizvodnje električne energije trigenerativnim postupkom uz korišćenje biomase s obzirom da je trenutno taj način proizvodnje izuzet od EU ETS tržišta. Na osnovu toga se može videti koliki je period otplate jedne investicija koja je „zelena“.

3 METODOLOGIJA ISTRAŽIVAČKOG RADA

3.1 CILJ ISTRAŽIVANJA

Osnovni cilj ovog istraživačkog rada bazira se na tri zasebna cilja.

Prvi cilj odnosi se na pronalsku modela iz grupe ARCH koji će uspešno da prognoziraju vremensku seriju promene vrednosti fjučersa emisijih dozvola u toku treće faze trgovine na EU ETS tržištu.

Drugi cilj zasniva se na pronalasku dugoročne uzročnosti između energenata, to jest spot cena EUA, spot cena prirodnog gasa, fjučersa uglja i fjučersa elektrine energije i pronalaženje reda kointegracije radi određivanja postojanosti uzročno-posledične veze između navedenih vremeskih serija. Pored toga cilj je bilo implementirati model koji će sa najvećim koeficijentom determinacije uspešno prognozirati navedene vremeske sereije u okviru VAR modela.

Dok se treći cilj odnosi naodređivanju realne vrednosti investicije izgradnje trigenerativnog postrojenja za proizvodnju električne energije pomoću jednoparametarske ocene investicionih troškova postrojenja Posredstvom određene vrednosti investicije i neto novčanih tokova od eksploatacije projekta određen je period otplate investicije. Izvršenim poređenjem specifičnih investicionih troškova sa investicionim troškovima ostalih autora određuje se istinitost sprovedene analize i utvrđuje rentabilnost trigenerativnog postrojenja koje ne učestvuje na EU ETS tržištu i spada u grupu zelenih postrojenja.

3.2 NAUČNI CILJEVI

Naučni ciljevi sastoje se na objedinjenoj deskripciji pojedinačnih naučno-teorijskih kategorija njihovoj povezanosti i međuzavisnosti svih elemenata sadržanih u radu pri čemu su poštovane metode izrade naučno istraživačkog rada.

Naučni ciljevi istaknuti u radu odnose se na utvrđivanje verodostojnosti grupe ARCH modela u cilju modelovanja dinamike promene vrednosti fjučersa, grupe VAR modela radi uspešne

implementacije dugoročne prognoze i uzročnosti između izabranih vremenskih serija i jednoparametarske analize dobijene interpolacionim metodama numeričke analitike.

S obzirom na veći broj naučnih ciljeva njihova verodostojnost proverena je posredstvom statičkih parametara ocene modela ili poređenjem odgovarajućih modela sa stvarnim vrednostima ili modeliranim vrednostima iz drugih naučnih radova.

3.3 PREDMET ISTRAŽIVANJA

Predmet istraživanja ovog rada su modeli vremenskih serija u proceni dinamike promene vrednosti fjučersa emisijih dozvola i ocena primenljivosti VAR modela u prognoziranju, uzročno-posledičnih veza i kointegracije između prethodno pomenutih vremenskih serija.

Pored toga predmet istraživanja tiče se i eksploatacionih i investicionih troškova i periodi povraćaja trigenerativnog postrojenja za proizvodnju električne energije. Pažljivim odabirom podataka, preuzetih i izračunatih vrednosti iz projektne dokumentacije, akcenat je stavljen na primeni detaljne faktorske analize kao glavnog osnova obračuna troškova datog postrojenja. Predmet istraživanja je proširen na ostala slična postrojenja radi evidentiranja i poređenja drugih, sličnih metoda proračuna. Predmet istraživanja je stoga proširen na sva CHP postrojenja koja zadovoljavaju jednačine dobijene funkcionalnom zavisnošću izvedenom na osnovu podataka iz radova ostalih autora.

3.4 Hipoteze naučnog istraživanja

Kao što je poznato hipoteze predstavljaju misaona objašnjenja objektnih stvarnosti koje nije provereno ili dokazano činjenicama iz te stvarnosti. Samim tim hipoteze ovog rada odnose se na:

- Provere kvaliteta modeliranja promene vremenskih serija EUA tokom treće faze trgovine posredstvom heteroskedastičnih modela u kombinaciji sa ARMA modelima i mogućnost njihove primene u VaR metodi.
- Provere kvaliteta modeliranja spot cena EUA pomoću fjučersa električne energije, fjučersa uglja i spot cena prirodnog gasa u toku treće faze trgovine emisijim dozvolama, kao i utvrđivanje uzročnosti i dugoročne povezanosti između navedenih
- provere istinitosti jednoparametarske analize procene investicionih troškova postrojenja posredstvom detaljne faktorske analize.

Generalna hipoteza se dalje odnosi na sledeće posebne hipoteze koje se tiču mogućnosti korišćenja sprovedenog proračuna u cilju budućeg izračunavanja dinamike promene cena, uzročnosti vremenskih serija u okviru VAR modela, troškova postrojenja i upotrebe pri izradi prethodne studije opravdanosti. Generalne i posebne hipoteze u okviru ovog rada ostavljaju prostor budućem razvoju problematike koja se odnosi na cilj naučnog istraživanja.

3.5 METODE ISTRAŽIVANJA

Metodologija istraživanja predstavlja naučnu disciplinu koja se bavi metodama, kao delu logike, koje se koriste radi proširivanja znanja u različitim naučnim disciplinama. Odnosno metodologija naučno istraživanja bazira se na objedinjavanju skupa naučnih metoda koji su korišćeni u okviru naučno istraživačkog rada. Postoje različite klasifikacije opšte-naučnih metoda, u ovom radu korišćene su sledeće metode istraživanja:

Hipotetičko - deduktivna – u radu je upotrebljena u okviru postavljanja generalnih i posebnih hipoteza na osnovu kojih je dedukcijom dokazivana njihova istinitost na konkretnom primeru;

Metoda modelovanja – primena matematikog modela izradom softvera u VIsual Basic-u i izradom softvera u MatLab-u jednostavnim variranjem podataka dobijeni su dijagrami korišćenjem numeričkih metoda radi rešavanja nelinearnih jednačina i funkcionalne zavisnosti posredstvom hipoteze o najmanjem srednje kvadratnom odstupanju;

Komparativna metoda – primenjena je u okviru poređenja rezultata dobijenih na osnovu postavljenog matematičkog modela sa rezultatima ostalih autora dobijenih eksperimentalnim određivanjem, u konkretnom primeru investicioni troškovi izgrađenih postrojenja.

Statistička metoda – primenjena tokom utvrđivanja kvaliteta modela predstavljenih tokom modeliranja vremenskih serija dinamike promene cena i VAR modela.

Bitno je napomenuti da ostale primenjene opšte-naučne metode nalaze se zastupljene u manjoj ili većoj meri u okviru istaknutih.

3.6 STRUKTURA RADA

Rad je celokupno podeljen na tri celine i nekoliko podoblasti u okviru njih. Prva i druga celina rada tiče se EU ETS tržišta i vrednosti različitih vremenskih serija, dok se treća celina odnosi na procenu rentabilnosti investicije koja je oslobođena trgovine na EU ETS tržištima.

Prva celina rada pokazuje korišćenje ARCH, GARCH, TGARCH i EGARCH modele, njihove osnovne teorijske koncepte, načine određivanja maksimizacijom funkcije verodostojnosti kao i specifičnosti primene svakog od modela ponaosob u kombinaciji sa ARMA modelima različitog reda. Uzevši u obzir koeficijent determinacija i modifikovani koeficijent determinacije na bazi 80 različitih modela usvojeni su u svakoj od navedenih kategorija modeli koji na najbolji način modeliraju vremenske serije i prognozirane su njihove vrednosti deterministički.

Druga celina rada ispituje mogućnost korišćenja VAR modela u prognozi vremenskih serija spot cena EUA, spot cena prirodnog gasa, fjučersa uglja i fjučersa električne energije. Prva podoblast ove celine prikazuje osnovne koncepte VAR modela i načina određivanja koeficijenata istog sa objašnjenjem Johansenovog kointegracionog testa, Grandžerovog testa uzročnosti, varijanse dekompozicije i ispravnog izbora članova VECM i običnog VAR modela posredstvom informacionih kriterijuma. Druga podoblast primenom navedenih teorijskih konceptata daje rezultate za navedene vremenske serije u periodu treće faze trgovine EUA.

Prvi deo trećeg dela rada podeljen je na dva dela. U prvom delu radu predstavljeni su osnovni pojmovi vezani za predmet i cilj istraživanja i navedena je osnovne jednačine koje se odnose na matematički model za proračun rentabilnosti investicije. Prva podoblast podrazumeva upoznavanje sa procesom ORC, CHCP i CHP postrojenjem u cilju shvatanja suštine izrade modela za proračun rentabilnosti investicije. Druga podoblast prikazuje matematički model proračuna sa svim relevantnim jednačinama za ocenu dinamičkih i statičkih parametara

rentabilnosti projekta i objašnjenjima jednoparametarske analize i detaljne faktorske procene. U drugom delu rada nisu istaknuti nepotrebni matematički modeli energetske bilansa i bilansa supstancije koji nisu direktno vezani za oblast ekonomije.

Drugi deo trećeg dela rada podeljen je na dve podoblasti. Drugi deo rada strukturno je zasnovan na analizi rezultata konkretnog postrojenja odnosno određivanju rentabilnosti investicije i poređenja sa drugim autorima. U prvoj podoblasti naglašene su tabele u kojima su izračunati investicioni i eksploatacioni troškovi i neto novčani tok od eksploatacije projekta. Varirane su dinamičke i statičke parametri ocene rentabilnosti za različita procentualna odstupanja investicionih troškova od izračunatih vrednosti. Druga podoblast data je radi poređenja izračunatih vrednostima sa vrednostima drugih autora. U okviru nje date su izvedene jednačina na osnovu kojih je prikazano realno poređenje sračunatih vrednosti sa eksperimentalni rezultatima.

4 MODELI DINAMIKE PROMENE VREDNOSTI FJUČERSA EUA

4.1 MODELI IZRAČUNAVANJA VOLATILNOSTI CENA

Veoma bitan parametar pri optimizaciji portfolija odnosi se na procenu volatilnosti cena finansijskih instrumenata. Metode praćenja volatilnosti cena, tj. određivanja mogućeg gubitka odgovarajuće količine novca u zadatom vremenskom periodu u intervalu poverenja od 95% (99%) se naziva VaR (Value at risk) Bodie et. al [20]. Tradicionalne metode određivanja volatilnosti cena finansijskih instrumenata zasnivaju se na istorijskim vrednostima, dekompozicije varijanse, sa pretpostavkom o normalnoj raspodeli, mešovitoj normalnoj raspodeli sa većim vrednostima koeficijentata spljoštenosti, Venkatarman et.al [21] ili Monte Karlo simulacijama. Usled nemogućnosti prognoziranja promena vrednosti cena vremenskih serija opštom klasom ARIMA modela usled, usvajanja pretpostavke o homoskedasticizmu (koja ne važi zbog autokorelacije kvadrata reziduala, odnosno varijansi vremenske serije). Stoga je uvedena nova šira klasa modela koji se nazivaju ARCH (Autoregressive conditional heteroskedasticity), Engle [22].

U poređenju sa klasičnim modelima, ARCH (Autoregressive conditional heteroskedasticity), modeli vremenskih serija pokazuju prednosti u prognoziranju budućih vrednosti varijansi cena finansijskih instrumenata, Angelidis et. al [23]. Pored uvedenih ARCH model generalniji pristup modeliranja vremenskih serija zasniva se na GARCH (Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity), Bollerslev [24]. Brojne varijacije na bazi ovih modela uvedene su kako bi se određeni nedostaci pri modeliranju različitih problema prevazišle.

Osnove ovih metoda kao i način određivanja parametara istih, korišćeni u radu, prikazani su u narednom poglavlju. Na bazi Akaike information criteria [25] utvrdiće se koji od odgovarajućih modela najverodostojnije opisuje izabrani proces. Pored toga biće prikazane i u uzorku (in-sample) prognoze i poređene njihove vrednosti Theil-ovim [26] kriterijumom.

4.2 ARCH i GARCH MODELI

ARCH je ,kao što je već napomenuto, aktonim za autoregresivne uslovno heteroskedastične vremenske serije. U ARCH modelima je uslovna varijansa slične strukture uslovnom očekivanju u AR modelima Kirchgässner et. al [27]. Najjednostavniji ARCH model je ARCH(1) model. Pod pretpostavkom da su $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots$ procesi belog šuma (može i nemora da bude normalne raspodele) sledi da je:

$$E(\varepsilon_t / \varepsilon_{t-1}, \dots) = 0 \quad [1]$$

$$Var(\varepsilon_t / \varepsilon_{t-1}, \dots) = 1 \quad [2]$$

Ovakav proces prikazan jednačinama 1 i 2 se naziva uslovno homoskedastičan. ARCH(1) proces prikazan jednačinom 3 kao:

$$a_t = \sigma_t \cdot \varepsilon_t \quad [3]$$

Gde je σ_t varijansa procesa data jednačinom 4 kao:

$$\sigma_t = \sqrt{w + \alpha_1 \cdot a_{t-1}^2} \quad [4]$$

Pod uslovom da je podkorena vrednost pozitivna odnosno da je $w + \alpha_1 \cdot a_{t-1}^2 > 0$ to jest da je $w > 0$ i $\alpha_1 \geq 0$. Odakle sledi da je σ_t uslovljena varijansa koja zavisi od prošlih vrednosti a_t . Dok je uslovljena vrednost očekivanja a_t jednaka 0. U cilju zadovoljavanja uslova slabe stacionarnosti za ARCH(1) proces $\alpha_1 < 1$. Generalni pristup prethodnom važi za ARCH(p) procesa sa jedinom razlikom u varijansi i uslovima koji se odnose na slabu stacionarnost, gde je varijansa prikazana jednačinom 5.

$$\sigma_t = \sqrt{w + \sum_{i=1}^p \alpha_i \cdot a_{t-i}^2} \quad [5]$$

S obzirom da je ustanovljeno da promene cena finansijskih instrumenata imaju koeficijent spljoštenosti veći nego u slučaju normalne raspodela, a kao jedan od razloga je da kondicionalne vrednosti varijanse nije konstanta. Odnosno nagli rast ili pad finansijskih instrumenata praćene je povećanjem varijanse istih i kao posledicu ima da raspodela frekvecnija promene cena finansijskih instrumenata nije normalne raspodela koriste se takozvani GARCH procesi. U slučaju modelovanja GARCH procesima i pored pretpostavke postojanja belog šuma kao Gausovskog procesa prisutne su vrednosti koeficijenata asimetrije koje odgovaraju raspodeli frekvenci promene cena finansijskih instrumenata. Ukoliko se može zaključiti posredstvom jednostavnih linearnih transformacija jednačina 5 da u opštem

obliku ARCH proces odgovaraju AR (autoregressive process) procesima sledi da GARCH procesi odgovaraju ARMA. Jednačinom 6 pokazuje se opšti oblik uslovne varijanse ovih procesa GARCH (p,q) kao:

$$\sigma_t = \sqrt{w + \sum_{i=1}^p \alpha_i \cdot a_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^q \beta_i \cdot \sigma_{t-i}^2} \quad [6]$$

Kao što se može videti uslovna vrednost varijanse proces zavisi i od prošlih vrednosti uslovnih varijansa i prošlih vrednosti a_t .

Najopštiji oblik ARCH ili GARCH procesa podrazumeva kombinaciju ovih procesa sa ARMA. Ovaj način modelovanja pokazuje veliku uspešnost kod vremenskih serija čija su očekivanja sa jedne strane međusobno uslovljena i postoji uslovljenost varijansi, takođe. Opšti oblik skupa procesa ARMA(d,f) / GARCH(p,q) prikazan je jednačinama 7,8 i 9:

$$(1 - \phi_1 B - \dots - \phi_d B^d)(X_t - \mu) = (1 + \theta_1 B - \dots - \theta_f B^f)a_t \quad [7]$$

$$a_t = \sigma_t \cdot \varepsilon_t \quad [8]$$

$$\sigma_t = \sqrt{w + \sum_{i=1}^p \alpha_i \cdot a_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \cdot \sigma_{t-j}^2} \quad [9]$$

Gde je B operator docnje, dok svi koeficijenti dati jednačinom 7 i 9 moraju zadovoljavati uslove invertibilnosti, slabe stacionarnosti kao i pozitivnost vrednosti uslovne varijanse.

4.2.1 TGARCH, EGARCH model i leveridž efekat

Posmatrajući ponašanje finansijskih instrumenata utvrđeno je efekat leveridža odnosno negativna korelacija između volatilnosti i promena cena istih. U opštem slučaju volatilnost teži rastu kao odgovor na promenu vrednosti cena ispod očekivanja. Sa druge strane ukoliko dođe do povećanja vrednosti cena u odnosu na očekivanu vrednost, volatilnost opada. Termin leveridž se odnosi na ekonomski pojam povezan sa zaduženošću kompanije. Rastom leveridža relativni udeo zaduženosti u ukupnoj vrednosti finansijskog instrumenta raste i obrnuto. Logično je stoga zaključiti da padom vrednosti cena investicija postaje rizičnija, a samim tim volatilnija. Primećeno je da je ovaj efekat generalno govoreći asimetričan, odnosno pad cena finansijskih instrumenata je praćen višom relativnom promenom volatilnosti u poređenju sa povišenjem cena finansijskih instrumenata. Na isti način samo sa obrnutom uzročnošću može se pratiti vrednost finansijskih instrumenata na tržištu. Ukoliko dođe do nagle promene volatilnosti ista predstavlja pokazatelj povećanja rizičnosti odgovarajućeg instrumenta (investicije) odnosno pada vrednosti istog Ait-Sahalia et. al [28].

GARCH modeli jednako se ponašaju na promene cene investicije, odnosno relativna promena volatilnosti (standardne devijacije) je potpuno ista bez obzira da li dolazi do povišenja ili sniženje cene investicije. Stoga su razvijeni drugi modeli koji se baziraju na efektu leveridža

među njima najpoznatiji su klasa modela EGARCH (Exponential GARCH (p,q)). Ova grupa modela omogućava asimetričnost, odnosno različitu vrednost varijanse u zavisnosti od znaka.

Nelson et. al [29] je ovaj model predložio u sledećoj formi, iskazanom jednačinom 10 kao:

$$\ln \sigma_t^2 = w + \sum_{i=1}^p \alpha_i \left(\frac{\varepsilon_{t-i}}{\sigma_{t-i}} \right) + \sum_{j=1}^q \beta_j \ln \sigma_{t-j}^2 + \sum_{i=1}^p \gamma_i \left[\left| \frac{\varepsilon_{t-i}}{\sigma_{t-i}} \right| - E \left(\left| \frac{\varepsilon_{t-i}}{\sigma_{t-i}} \right| \right) \right] \quad [10]$$

Gde su γ_i konstante koje utiču na prisustvo asimetričnosti u datim modelima. Dok je funkcija logaritma uvedena radi obezbeđivanja pozitivnosti varijansi.

Drugi model koji takođe uzima u obzir uticaj asimetričnosti, a koji će biti korišćen ovde je TARARCH (Threshold ARCH model). Ovaj model baziran je na izboru različitih GARCH model u zavisnosti da li se radi o pozitivnim ili negativnim šokovima. Opšti oblik TARARCH modela dat je jednačinom 10:

$$\sigma_t^2 = w + \sum_{i=1}^p (\alpha_i^+ \varepsilon_{t-i}^+ - \alpha_i^- \varepsilon_{t-i}^-) + \sum_{j=1}^q \beta_j \cdot \sigma_{t-j}^2 \quad [11]$$

U okviru ovog modela vrednosti ε_{t-i}^+ i ε_{t-i}^- uzimaju u obzir asimetričnost za pozitivne i negativne vrednosti promena i definisane su jednačinama 12 i 13 kao:

$$\varepsilon_{t-i}^- = \min(\varepsilon_{t-i}, 0) \quad [12]$$

$$\varepsilon_{t-i}^+ = \max(\varepsilon_{t-i}, 0) \quad [13]$$

U cilju poređenja in sample predviđanja vremenskih serija korišćene su jednostavne deskriptivne mere za praćenje performansi modela kroz uzorak predviđanja. U ovom, kao što je napomenuto, ove mere će biti poređene samo u okviru uzorka, ne i van njega. MSE (mean squared error) t.j srednja apsolutna greška je prva metoda kojom je izvršeno poređenje datih metoda. Počevši od period t_0 do period t_0+m srednja apsolutna greška zadata je u sledećem obliku jednačinom 14 kao:

$$MAE = \frac{1}{m+1-t} \sum_{j=0}^{m-t} |f_{t_0+j}(t)|, t=1, 2, \dots \quad [14]$$

Pored srednje apsolutne greške korišćena je i srednja kvadratna greška koja najčešće većim odstupanjima pridaje veći značaj. Ova greška definisana je jednačinom 15 kao.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{m+1-t} \sum_{j=0}^{m-t} |f_{t_0+j}(t)|^2}, t=1, 2, \dots \quad [15]$$

Theil U1 statistika korišćena je kao jedno od merila uspešnosti prognoze odgovarajućih modela. Generalno iako ova mera predstavlja normalizovanu vrednost srednje kvadratne greške pomoću stvarnih i prognoziranih vrednosti vremenske serija, ona ne mora da daje objektivna rešenja, Kirchgässner et. al [27]. U1 statistika se kreće u vrednostima od 0 do 1, manja vrednost ove statistike znači (u većini slučajeva) da je model prognoze bolji.

$$U_1 = \frac{\sqrt{\frac{1}{f} \sum_{t=1}^f (d_t - a_t)^2}}{\sqrt{\frac{1}{f} \sum_{t=1}^f d_t^2} + \sqrt{\frac{1}{f} \sum_{t=1}^f a_t^2}} \quad [16]$$

Poređenje uspešnosti procenjenih modela u daljem delu teksta obavljaće se pomoću koeficijenta determinancije R^2 i na bazi drugih informacionih kriterijuma koji uzimaju u obzir broj koeficijenata (povećanjem broja povećava se vrednost) i kvalitet modela (što je viša vrednost funkcije verodostojnosti niža je vrednost informacionih kriterijuma). Dva kriterijuma korišćena ovde su AIC (Akaike information criterion), BIC (Bayesian information criterion ili Schwarz information criterion) i modifikovanog koeficijenta determinancije adj- R^2 (Adjusted R^2).

4.2.2 Metod funkcija verodostojnosti i korišćen algoritam

Pri izgradnji različitih ARCH, GARCH, EGARCH i TARARCH modela vremenskih serija u kombinaciji sa ARMA modelima korišćena metod maksimizacije funkcije verodostojnosti radi pronalaženja nepoznatih parametara. S obzirom na to da su reziduali vremenskih serija promena vrednosti finansijskih instrumenata raspodele sa većim koeficijentom spljoštenosti od normalne, pretpostavka je da su procesi belog šuma ili t raspodele ili Normalne (Gausovske raspodele). U zavisnosti od raspodele procesa belog šuma funkcije verodostojnosti koje je potrebno maksimizovati pri različitim modelima su drugačije. Opšta formula, pri određivanju parametara ARCH modela maksimalne funkcije verodostojnosti, Angelidis et. al [23], za raspodele procesa belog šuma, označenog kao $D(z_t; u)$, i logaritamsku funkciju verodostojnosti $a_t(\theta)$ i period opservacija T data je jednačinom 17 kao:

$$\mathbb{F}_T(a_t; \theta) = \sum_{t=1}^T \left[\ln[D(z_t(\theta); u)] - \frac{1}{2} \ln(\sigma_t^2(\theta)) \right] \quad [17]$$

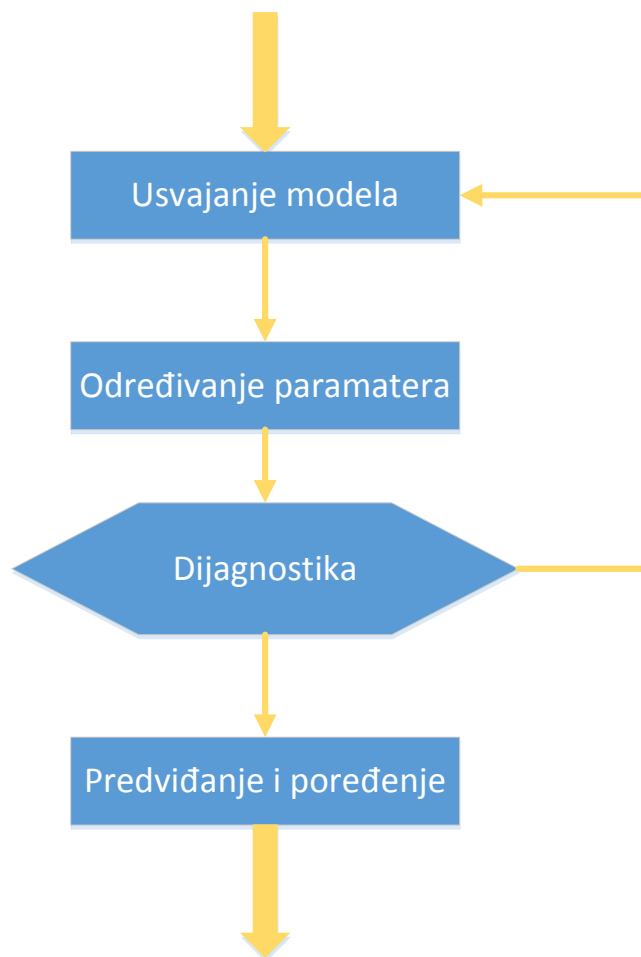
Gde je θ vektor nepoznatih parametara koji je potrebno odrediti maksimizacijom prethodne jednačine. Za normalni raspored belog šuma prethodna modifikovana jednačina data je u sledećem obliku kao:

$$\mathbb{F}_T(a_t; \theta) = -\frac{1}{2} \left[T \ln(2\pi) + \sum_{t=1}^T z_t^2 + \sum_{t=1}^T \ln(\sigma_t^2(\theta)) \right] \quad [18]$$

Dok je za t-raspedelu data kao:

$$\mathbb{F}_T(a_t; \theta) = T \left[\ln \Gamma \left(\frac{u+1}{2} \right) - \ln \Gamma \left(\frac{u}{2} \right) - \frac{1}{2} \ln [\pi(u-2)] \right] - \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \left[\ln(\sigma_t^2(\theta)) + (1+u) \ln \left(1 + \frac{z_t^2}{u-2} \right) \right] \quad [19]$$

Algoritam po kome je eksperiment sproveden prikazana je na slici 1.



Slika 1. Algoritam korišćen pri modeliranju vremenskih serija

4.2.3 Podaci cene fjučersa emisijih dozvola

U cilju analize zadatih modela korišćeni su podaci od 01.01.2013 godine do 09.08.2016, svi dostupni podaci o cenam emisijih dozvola u toku treće faze trgovine. Ukupan broj podataka na osnovu kojih su izgrađeni modeli vremenskih serija iznosi 940 i uziman je za period od 5 radnih dana u nedelji. Na slici 2. date su cene fjučersa emisijih dozvola na ETS tržištu.



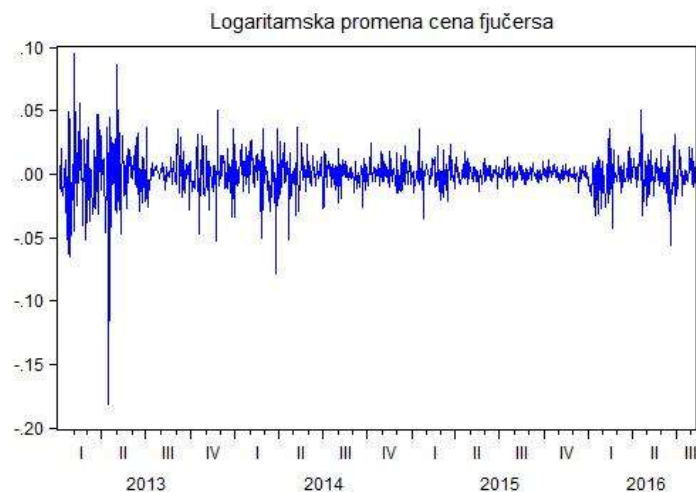
Slika 2. Cene fjučersa na ETS tržištu

S obzirom na uvođenje nove regulative i smanjenja dozvoljenih granica emisije cene fjučersa su se kretale uzlaznom putanjom sa manjim šokovi. Međutim u period od januara 2016. godine usled najavljivanog izlaska Velike Britanije iz Evropske Unije dolazi do pada cene na za oko 30%. Najveći udeo u trgovini fjučersima na prostoru EU je sadržan u Britanskom kapitalu. Nakon izlaska iz EU neizvesno je ostatak Britanije na ETS tržištu, stoga je i razumljivo da je povećana ponuda fjučersa izazvala krah tržišta. Ipak ne uzimajući u obzir trenutne vrednosti tržišta fjučersa, na slici 3 prikazana je logaritamska promena vrednosti fjučersa emisijonih dozvola na ETS tržištu. Logaritamska promena je definisana jednačinom 18, gde su P_t i P_{t-1} cene fjučersa u periodu t i $t-1$.

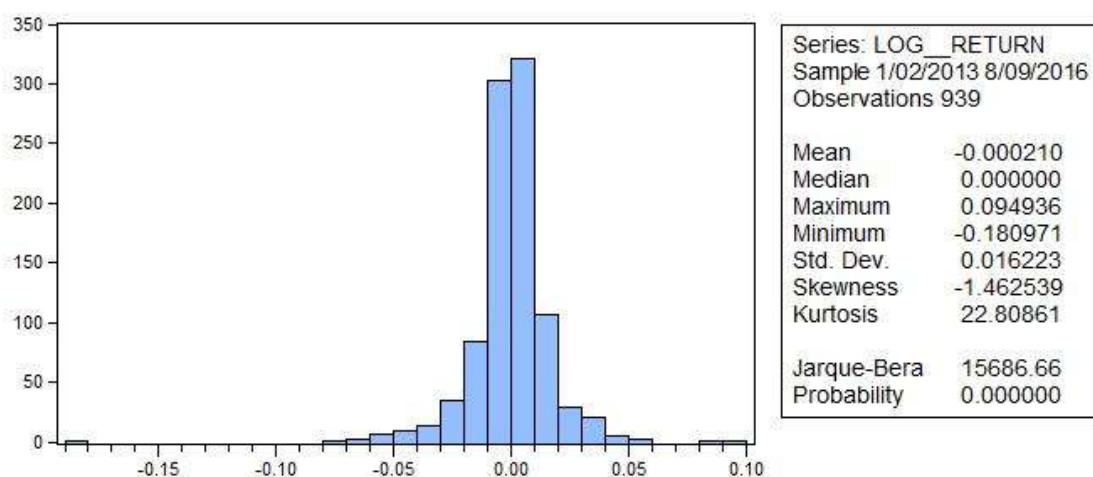
$$\text{Log_return} = \ln \frac{P_t}{P_{t-1}} \quad [20]$$

Na slici 3. prikazana je dinamika ponašanja vrednosti fjučersa emisijonih dozvola posredstvom logaritamske promene. Sa slike 3. uočava se klasteri promene cena, tako da su veće volatilnosti praćene većim volatilnostima i obrnuto. Prognoza u okviru uzorka sprovedena je za poslednjih 100 opservacija, na osnovu kojih se izdvajaju parametri poređenja modela prognoze.

Na slici 4. date su raspodela frekvencija logaritamskih promena cene fjučersa tokom treće faze trgovine emisijom dozvolama. Pored vrednosti očekivanja (mean), medijane (median), standardne devijacije (standard deviation), koeficijenta asimetrije (skewness) i koeficijent spljoštenosti (kurtosis), date su vrednosti i Jarque-Berra testa. Poređenjem koef. asimetrije i spljoštenosti usvaja se ili odbacuje hipoteza o normalnoj raspodeli podataka, jasno se vidi sa slike 4, da je verovatnoća da podaci budu normalno raspoređeni jednaka 0.



Slika 3. Logaritamske promene cena fjučersa na ETS



Slika 4. Raspodela logaritamskih promena cena fjučersa na ETS

4.3 REZULTATI EKSPERIMENTA

Na osnovu sprovedene analize vremenske serije fjučersa emisionih dozvola u toku treće faze trgovine na ETS modelirano je 80 različitih modela vremenskih serija, od čega 60 ARMA ARCH/GARCH, 12 ARMA EGARCH i 8 ARMA TGARCH. Modeli vremenskih serija prikazani su u prilogu.

Za svaki od modela detaljno su dati koeficijenti za izgradnju ARMA modela i koeficijent koji stoje uz odgovarajuće članove heteroskedastičnih modela. Pored koeficijenata u zagradi su date verovatnoće z-statistike da je nulna hipoteza tačna. U ovom konkretnom slučaju nulna hipoteza H_0 odnosi se na tezu da je odgovarajući koeficijent jednak 0 u suptornosti sa hipotezom H_1 da su parametri različiti od 0.

Pored z-statistike date su i vrednosti verovatnoća ARCH LM (Lagrange Multiplier) testa o proveru homoskedastičnosti reziduala. Nulta hipoteza H_0 se odnosi na tvrđenje da reziduali izgrađenog modela su homoskedastični, za razliku od hipoteze H_1 da su heteroskedastični, t.j da su varijanse reziduala međusobno korelisane.

Takođe predstavljene su vrednosti koeficijenta spljoštenosti i asimetrije, kao i Jarque-Berra testa o normalnosti raspodele reziduala izgrađenih modela (koeficijent asimetrije kod normalne raspodele iznosi 0, dok koeficijent spljoštenosti 3). Između ostalog predstavljene su i vrednosti Q Ljung-Box testa o autokorelaciji reziduala. Gde se pod nultom hipotezom H_0 podrazumeva tvrđenje da reziduali nisu međusobno korelisani u suprotnosti sa hipotezom H_1 da postoji međusobna korelisanost reziduala. Kao dodatak ARCH LM testu date su vrednosti Ljung-Box testa za kvadrate reziduala t.j njihove varijanse. Kako bi odgovarajućim modelim uspešno modelovali vremensku seriju neophodno ja da reziduali ne budu autokorelisani. U dodatku predstavljene su tabele sa izrađenim modelima.

Na bazi modela datih u prilogu može se zaključiti da veliki broj modela pokazuje autokorelisanost reziduala dok efekti heteroskedasticizma nisu prisutni, ovo je posebno prisutno kod ARCH/GARCH i EGARCH modela, dok većin TGARCH modela ne pokazuje autokorelaciju reziduala. Pored toga vrednosti koeficijenta determinancije (R^2) i modifikovanog koeficijenta determinancije (adj R^2) su za sve modele relativno niske. ARCH LM test pokazuje za sve modele da se hipoteza H_0 može usvojiti sa relativno visokom verovatnoćom. Na bazi AIC kriterijuma u tabeli 1 izdvojeni su za svaku grupu modela, oni koji pokazuju najniže vrednosti istog i zadovoljavaju uslove nekorelisanosti reziduala i njihovih kvadrata. Za granicu signifikantnosti uzeta je vrednost od 5%.

Tabela 1. Izdvojeni modeli vremenskih serija¹

	AR(2) MA(2) GARCH (1,2)-N	AR(2) MA(2) GARCH(1,2)-t	AR(2) MA(2) EGARCH (2,2) - N	AR(3) MA(3) EGARCH (1,1) - t	AR(2) MA(2) TGARCH (2,2) - N	AR(3) MA(3) TGARCH (1,1) - t
Dijagnostika						
ARCH (LM) test	0.8611	0.9970	0.2610	0.3438	0.3248	0.4787
Asimterija	- 0.591538	-0.662017	-0.511881	-0.572311	-0.582143	- 0.4675550
Spljoštenost	8.166807	8.841752	6.846810	8.905546	7.844695	8.423080
Jarque-Bera test	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

¹ Slovom N obeležen je normalni raspored reziduala, dok je slovom t- obeležen- studenov t raspodela reziduala vremenske serije

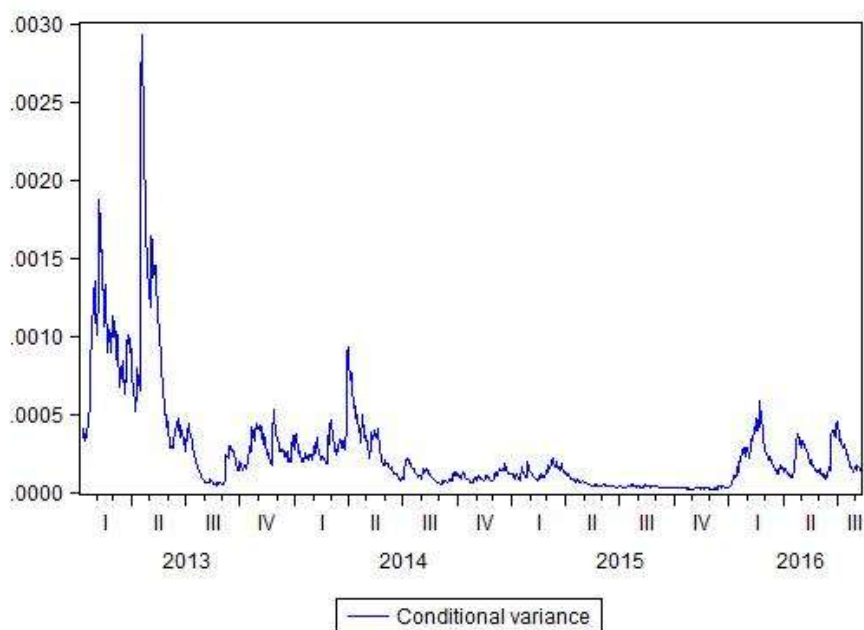
R²	0.32314	0.29501	0.13810	0.33890	0.33528	0.34325
adj R²	0.28161	0.25335	0.09578	0.27651	0.29380	0.28088
AIC	-5.926332	-6.076550	-5.944033	-6.097789	-5.929973	-6.093218
BIC	-5.879818	-6.024867	-5.882013	-6.035717	-5.873122	-6.031146
Korelacija reziduala (Ljung-box)						
Q(4)	-	-	-	-	-	-
Q(8)	0.172	0.186	0.051	0.053	0.355	0.54
Q(19)	0.510	0.422	0.085	0.068	0.641	0.090
Korelacija kvadrata reziduala (Ljung-box)						
Q(4)	0.977	0.992	0.689	0.808	0.889	0.830
Q(8)	0.978	0.990	0.838	0.929	0.881	0.914
Q(19)	0.999	0.999	0.987	0.989	0.988	0.991

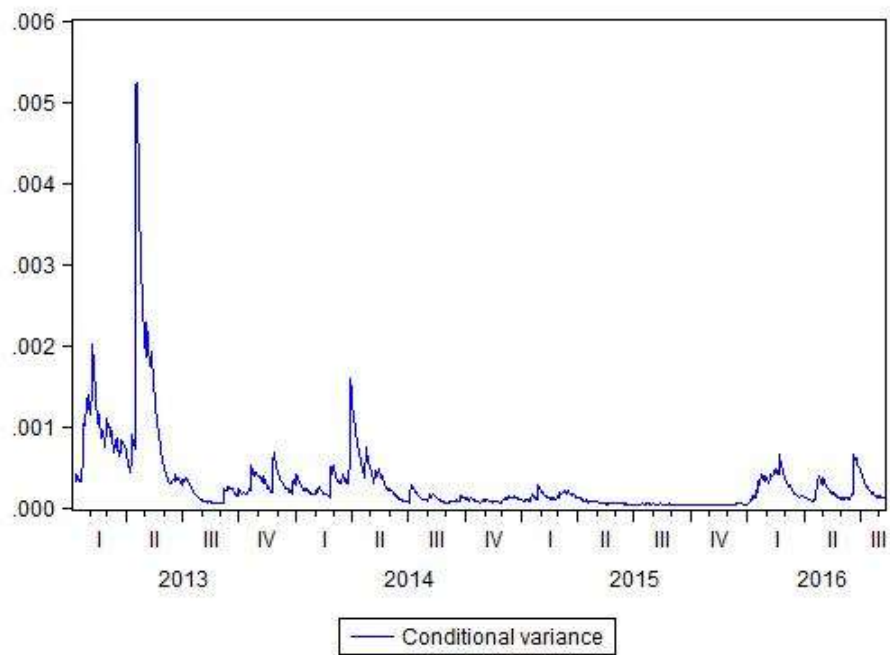
Može se videti iz tabele 1. da asimetrični modeli EGARCH i TGARCH pokazuju veće vrednosti informacionih kriterijuma (AIC i BIC) kao i veće vrednosti koeficijenta determinancije i modifikovanog koeficijenta determinancije od simetričnih modela. Pored toga pokazuje se da t-raspodela reziduala modela pokazuje bolje vrednosti navedenih kriterijuma u odnosu na normalnu raspodelu za svaki od grupa modela poanosob. U cilju poređenja performansi predviđanja navedenih modela na osnovu kriterijuma određivanja već pomenutih karakteristika predviđanja unutar modela, izabrani su podaci od 3.03.2015 do 8.09.2016. U tabeli 2. prikazane su ove performanse predviđanja izabranih modela.

Tabela 2. Kriterijumi predviđanja u uzorku izabranih modela

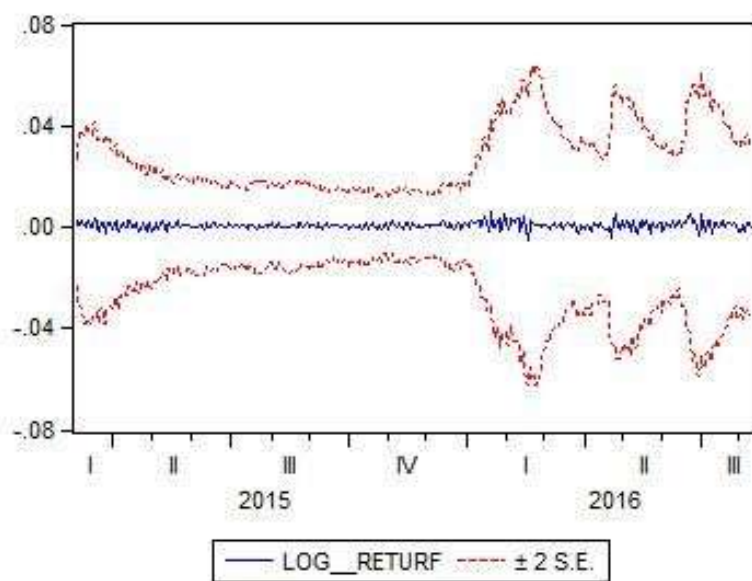
	AR(2) MA(2) GARCH(1 ,2)-N	AR(2) MA(2) GARCH(1 ,2)-t	AR(2) MA(2) EGARCH(2,2) - N	AR(3) MA(3) EGARCH(1,1) - t	AR(2) MA(2) TGARCH(2,2) - N	AR(3) MA(3) TGARCH(1,1) - t
RMSE	0.0010184	0.0010193	0.001013	0.0010255	0.0010165	0.0010249
MAE	0.0006897	0.0006909	0.0006985	0.0006816	0.000687	0.0006801
Theil U₁ statistika	0.651381	0.661517	0.686179	0.614373	0.660265	0.611548

Za dobijene vrednosti u tabeli primećuje se da svi modeli daju relativno visoke vrednosti U_1 statistike. Razlike u performansama datih modela nisu velike. Dva modela koja daju najniže vrednosti U_1 statistike su ARMA(3,3) EGARCH (1,1) -t i ARMA(3,3) TGARCH - t model. Dok su vrednosti RMSE i MAE za sve modele približno iste. Na slici 5. i 6. prikazane su promene uslovne varijanse ova dva modela. Dok su na slici 7. i 8. prikazani modeli u izabranom intervalu sa intervalom poverenja od 2 standardne devijacije (95%).

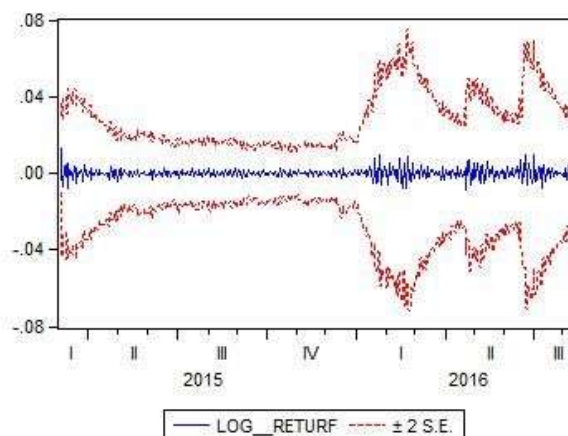
**Slika 5.** ARMA(3,3) EGARCH (1,1) –t uslovna varijansa



Slika 6. ARMA(3,3) TGARCH (1,1) –t uslovna varijansa



Slika 7. ARMA(3,3) EGARCH (1,1) –t predviđanje u uzorku



Slika 8. ARMA(3,3) TGARCH (1,1) –t predviđanje u uzorku

5 ISPITIVANJE SPOT CENA EUA VAR MODELIMA

5.1 EU ETS TRŽIŠTE – teorija, hipoteze

EU ETS tržište je planirano da se sastoji iz 5 faza. Svaka od faza ima za cilj promenu regulative i snižavanje emisije GHG gasova do odgovarajućih granica koje su unapred zadate. Smanjenjem dozvoljenih granica emisije GHG gasova će imati direktan uticaj na dalji razvoj situacije koje se tiče spot cena EUA i naravno odgovarajućih finansijskih derivata koje ih prate. Faza I i faza II pokazali su veliki broj manjkavosti u pogledu regulacije tržišta i uticaja pogrešnih procena dozvoljene emisije GHG gasova kao i nepopravljivih šokova koja su vezana za promenu cene fosilnih goriva i kriza u svetu. Tokom treće faze, koja je trenutno u toku (2013-2020), navedene osobine tržišta i dalje su prisutna, Brouwers et. al [6], ipak pokazuje se i određena poboljšanja čiji će se efekti tek videti tokom budućnosti.

Uvođenjem EU ETS tržišta najveći uticaj se odražava na sektor proizvodnje električne energije. S obzirom na to da je ovaj sektor čak i kod vrlo razvijenih država EU sklon proizvodnji električne energije iz fosilnih goriva u većem delu, samim tim EU ETS stavlja određenu granicu na dalju proizvodnju električne energije, odnosno indirektno povećava cenu iste. Korporacije koje se bave proizvodnjom električne energije bivaju izložene riziku o nemogućnosti ispunjenja Kjoto protokola, odnosno prekoračenja dozvoljene emisije GHG, Busch et. al [30].

Dodatan rizik pristupanju EU ETS tržištu zavisi pre sve od pozicije kompanije. Kompanija koja drži dugu poziciju je izložena umanjenom riziku, s obzirom da je njen pristup EU ETS može da dovede samo do dugoročno povećanja prihoda prodajom EUA, za razliku od nje kompanije koje se nalaze na kratkoj poziciji, odnosno veliki zagađivači, izloženi su povećanom riziku.

Kao što je u uvodu napomenuto moge sudije stoga nagoveštavaju da obim trgovine, cene električne energije i energenata imaju vezu sa promenom cena EUA, Kolk et. al [31]. Očekivano je smatrati da će povećanjem vrednosti EUA doći i do skoka vrednosti električne energije ili sa druge strane da će doći do smanjenja obima trgovine. Međutim usled

neefikasnosti tržišta, dejstva spoljašnjih faktora kao što su preterana očekivanja Pariske konferencije o klimatskim promenama, Schellnhuber et. al [32], povećanje cena emisije dozvole nije uticalo na povećanje vrednosti električne energije, odnosno izazvalo je njenu stagnaciju i pored toga blagi pad vrednosti energenata (prirodni gas, ugalj) iz koji se u većini država EU proizvodi električna energija.

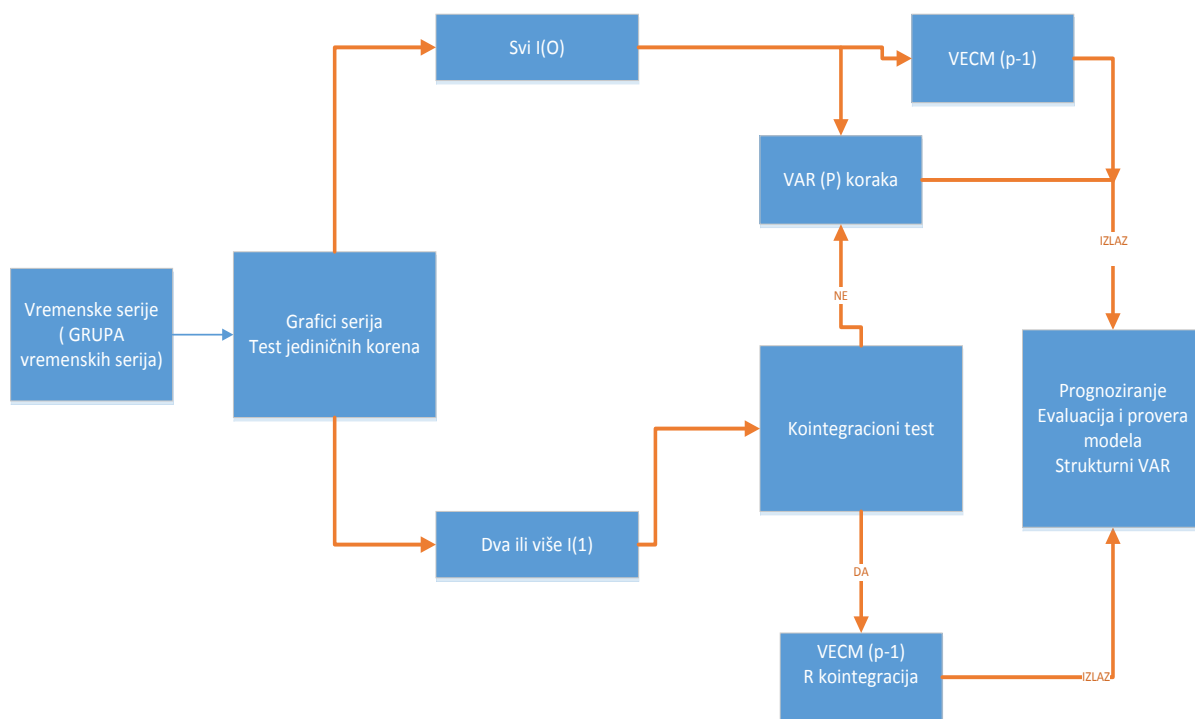
Razumno je formulisati stoga hipotezu na koju rad treba da da odgovor a tiče se međusobne kointegracije, to jest dugoročne veze između navedenih parametara u III fazi trgovine EU ETS.

Stoga je pitanje da li između navedenih parametara postoji kratkoročna ili dugoročna veza, kakva je uzročnost između vremenskih serija, kao i koji je to model koji bi najbolje opisao ovakvu vrstu povezanosti parametara.

U toku treće faze trgovine uzet je period do početka drastičnog pada cena EUA, izazvanim opštom panikom najave BREXIT-a, a usled nagle prodaje fjučersa EUA čiji su vlasnici većinom bili sa prostora Velike Britanije.

5.2 METODOLOGIJA

S obzirom na postojanje većeg broja vremenskih serija, u cilju izgradnje jedinstvenog modela biće korišćena metodologija vektorskih autoregresivnih metoda. Napominje se da se sve varijable u okviru metode posmatraju kao endogene, dok se egzogene varijable kao i postojanje šokova zanemaruje. Shodno tome na slici 9. prikazan je šematski prikaz metodologije proračuna koja je praćena prilikom izgradnji sledećeg VAR modela.



Slika 9. Uprošćeni prikaz metodologije rada

5.2.1 VAR i VECM modeli vremenskih serija

Za zadate endogene varijable, odnosno zadat skup od K promjenjivih veličina, prikazanih vektorom: $y_t = (y_{1t}, y_{2t}, \dots, y_{Kt})$, gde indeks t označava dati vremenskih trenutak, potrebno je napraviti model koji će na osnovu svi prošlih (i sadašnjih – strukturni VAR) vrednosti elemenata moći da predvidi budući ishod istih. Navedeno se može prikazati jednačinom 1 kao:

$$y_t = A_1 y_{t-1} + A_2 y_{t-2} + \dots + A_p y_{t-p} + u_t \quad [21]$$

Gde A predstavlja matricu ($K \times K$) koeficijenata uz odgovarajuće vrednosti vektora u u vremenu, dok $u_t = (u_{1t}, u_{2t}, \dots, u_{Kt})$ predstavlja vektor belog šuma, čiji se elementi odnose na svaku pojedinačnu varijablu. Uobičajeno je da se prepostavi da je očekivanje ovog procesa jednako 0, dok je korelaciona matrica vektora u_t prikazana jednačinom 22 i 23.

$$E(u_t, u_t') = \Sigma_u \quad [22]$$

$$\Sigma_u = \begin{pmatrix} \sigma_{11}^2 & K & \sigma_{1K}^2 \\ M & O & M \\ \sigma_{K1}^2 & L & \sigma_{KK}^2 \end{pmatrix} \quad [23]$$

Treba imati u vidu da matrica prikazana jednačinom 3, se sastoji od dijagonalnih elemenata koji predstavljaju varijansu elemenata vektora belog šuma, dok veličine van glavne dijagonale predstavljaju njihovu kovarijansu. Matrica Σ_u je simetrična matrica. Pored toga usvaja se pretpostavka da je proces slabo stacionaran i invertibilan, odnosno da je stabilan. Stabilnost podrazumeva nekorelisanost reziduala (elemenata belog šuma) i homoskedastičnost (nekorelisanost kvadrata reziduala). Stoga provera modela predstavlja i proveru stabilnosti istog. VAR proces prikazan jednačinom 1, je stabilan (analogija sa univariativnim procesima) ukoliko je zadovoljen kriterijum prikazan jednačinom 24 i 25:

$$\det(I_K - A_1 z - A_2 z^2 - \dots - A_p z^p) \neq 0 \quad [24]$$

Pri čemu z treba da bude:

$$z \neq 0 \quad [25]$$

Odnosno koreni odgovarajuće jednačine ne smeju da budu u jedinčnom krugu i na njemu kako bi odgovarajući sistem bio stabilan. U slučaju nestacionarnih varijabli koje su $I(1)$ reda generalniji pristup u odnosu na ovaj definiše VECM model. Ovaj model nastaje oduzimanje y_{t-1} i malo drugačijim rasporedom članova. Jednačinom 26 prikazan je VECM model.

$$\Delta y_{t-1} = \Pi y_{t-1} + \Gamma_1 y_{t-1} + \dots + \Gamma_p y_{t-p} + u_t \quad [26]$$

U ovom slučaju Π i Γ se mogu definisati jednačinama 27 i 28 kao:

$$\Pi = -(I_K - A_1 - \dots - A_p) \quad [27]$$

$$\Gamma_i = -(A_{i+1} - A_{i+2} \dots - A_p) \quad [28]$$

Na osnovu toga se vidi da se iz VAR(p) modela može dobiti VECM(p-1) model. Članovi uz Γ_i predstavljaju kratkoročne veze (short run – short term) između varijabli modela. Dok članovi uz Π predstavljaju dugoročne veze (long run – long term) između varijabli. Da bi se napravila jasna razlika između VAR i VECM, VAR se model naziva i VAR u nivoima.

5.2.2 Grangerova multivarijaciona uzročnost i multivarijaciona kointegracija

S obzirom na to da se jedna vremenska serija modelira na osnovu jedne ili više drugih vremenskih serija, neophodne je da iste budu međusobno uzročne. Uzročnost je definisana kao Grangerova uzročnost, Kirchgässner et. al [27]. U cilju definisanja Grangerove uzročnosti sve prisutne informacije u sistemu se označavaju kao $\Omega(t)$, stoga ako varijabla x_t uzrokuje varijablu y_t to znači da je varijansa modela prognoze y_t na bazi svih informacija, bez informacija o varijabli x_t , veća nego u slučaju sa informacijom o istoj. Matematički iskazano sledi da je:

$$\sigma^2(y_{t+h/\Omega(t)}) < \sigma^2(y_{t+h/\Omega(t) \setminus x_t}) \quad [29]$$

Grangerova uzročnost je više puta osporivana prevashodno ako jedna varijabla uzrokuje drugu to mora da znači i da se na osnovu te varijable može predvideti vrednosti posledične varijable. Međutim u obrnutom slučaju isto ne mora da znači Lütkepohl et. al [33] stoga i postoje brojne primedbe na ovaj test jer uzročnost nije isto što i mogućnost predikcija. Neefikasnost ovog testa je posebno izražena u slučaju kada imam nestacionarne varijable, stoga se u određenim slučajevima može javiti uzročnost iako ona zaista ne postoji. Međutim osnovna suština Grangerovog testa uzročnosti zasniva se na određivanju da li između datih varijabli zaista postoji uzročnost ili je ona samo posledica lažne veze (spurious relations). Direktan Grangerov test koji je u radu korišćen, Granger et. al [34].

S obzirom na probleme sa Grangerovim testom uzročnosti pored njega se koristi i kointegracija, na osnovu koje se može dokazati da li uzročnost postoji ili ne. Kointegracija između varijabli podrazumeva termin koji je prisutan ukoliko su dve ili više endogene varijable nestacionarne. Nestacionarnost podrazumeva da je varijabla mora da bude diferencirana da bi postala stacionarna. Najčešće u ekonometriji su varijable I(1). Stoga kointegracija je predstavljan pojam koji je povezan sa dugoročnim zajedničkim kretanjima vremenskih serija. Ukoliko je vremenska serija zaista kointegrisana onda postoji jedna ili više

linearnih kombinacija varijabli $I(1)$ koje daju $I(0)$ vrednost. Broj kointegracije u okviru VAR modela ili drugačije rečeno rang kointegracije determiniše broj stohastičkih varijabli koji upravljaju sistemom. Odnosno kointegracije se kreće u granicama $0 < r < K$, gde vrednosti 0 označava da nema kointegracije, dok K da su sve varijable reda integrisanosti 0 ($I(0)$). Ukoliko je kointegrisanost reda r , onda u sistemu postoji $K-r$ varijabli čija je priroda čisto stohastička. Rang kointegracije u suštini predstavlja rang matrice Π VECM i on determiniše broj linearno nezavisnih jednačina. Stoga je radi određivanja parametra modela VECM neophodno definisati nivo kointegracije varijabli odnosno matricu Π .

Test koji je korišćen u cilju određivanja kointegracije varijabli naziva se Johansen kointegracioni test.

5.2.3 Johansen multivarijacioni kointegracioni test

U cilju određivanja matrice Π na osnovu kriterijuma maksimalne funkcije verodostojnosti prevashodno se vrši raščlanjivanje matrice na dve podmatrice Γ i B . Johansenov kointegracioni test zasniva se na ideji eliminisanja kratkoročne dinamike između elemenata Δy_t i y_{t-1} , pomoću regresije, Johansen [35]. Stoga se dobijaju reziduali koji se mogu opisati jednačinom 30 kao:

$$R_{0t} = -\Gamma B' R_{1t} + U_t \quad [30]$$

Vektor R_{0t} je stacionaran, dok je vektor R_{1t} nestacionaran. Stoga je ideja Johansenovog pristupa u pronalaženju linearne kombinacije vektora $B' R_{1t}$ koja pokazuje najveću korelaciju sa R_{0t} . Za poznat vektor B i kovarijacionu matricu Σ reziduala U iz VECM, može se odrediti optimalna vrednost vektora Γ metodom običnih najmanjih kvadrata (OLS – ordinary least squares). Nakon niza transformacija problem određivanja reda matrice svodi se na određivanje sopstvenih vrednosti transformisane matrice S čije vrednosti su veće ili jednake od 0. Postoje dva osnovna tipa ovakvog testa prvi se naziva test traga. Nulta hipoteza testa traga tvrdi da najviše r pozitivnih vrednosti sopstvenih vrednosti matrice S postoji, dok alternativna hipoteza tvrdi da je broj pozitivnih sopstvenih vrednosti matrice S veći od R . Statistika datog testa data je jednačinom 31.

$$Tr(r) = -T \sum_{i=1}^K \ln(1 - \lambda_i) \quad [31]$$

Test traga je korišćen tokom ovog rada, dok postoji i drugi test koji se naziva $\lambda_{\max}$ test. Više o istom moguće je pronaći u Lütkepohl et. al [33].

S obzirom na postojanost više različitih kombinacija matrice B koje nisu naznačene, najčešće se vrši normalizacija i proizvoljno biranje varijabli koje će imati stohastički trend, odnosno koje će da vode sistem. Zaključci o kojoj varijabli je reč se najčešće pretpostavljaju na osnovu odgovarajuće ekonomske teorije.

5.2.4 Prognoziranje i strukturni VAR modeli

Prognoziranje izrađenih modela bez obzira na prisustvo kointegracija biće vršeno unutar uzorka. Odnosno ocena modela biće izvršena na trening uzorku koji je nešto kraći od ukupno datih podataka, dok će se ostatak koristiti kao test uzorak. Pored toga u cilju utvrđivanja valjanosti prognoze ista će biti izvedena determinističkom tehnikom, odnosno na bazi trening uzorka bez korišćenja poznatih vrednosti test uzorka.

Za razliku od neograničenih VAR modela uvode se i strukturni VAR modeli. Njihov značaj odnosi se na korišćenju metoda impulsnog odziva i dekompozicije varijanse.

Metod impulsnog odziva ima za cilj da meri efekte strukturnih šokova jedne varijable na ostale varijable. Odnosno na koji način modelirana varijabla y_t reaguje na šokove koji su se desili u različitim intervalima vremena na varijabli y_t . Metoda impulsnog odziva stoga zahteva transformaciju VAR modela u nivoima u model pokretnog proseka (MA – moving average):

$$Y_t = \mu + \Psi_0 U_t + \Psi_1 U_{t-1} + \dots \quad [32]$$

Pored toga vrlo je bitno da reziduali model za svaku od varijabli ne budu međusobno korelisani, odnosno da se vektor rezidual transformiše tako da korelaciona matrica bude jedinična matrica, odnosno da kovarijaciona matrica poseduje samo varijanse po dijagonali. Transformacija se najčešće obavlja Choleski dekompozicijom, Wilkinson et. al [36]. Izborom vektora P , čiji elementi iznad dijagonale iznose 0, vrši se dekompozicija ovakvog tipa u sledećem oblik prikazanom jednačinom 33:

$$W_t = P^{-1}U_t \quad [33]$$

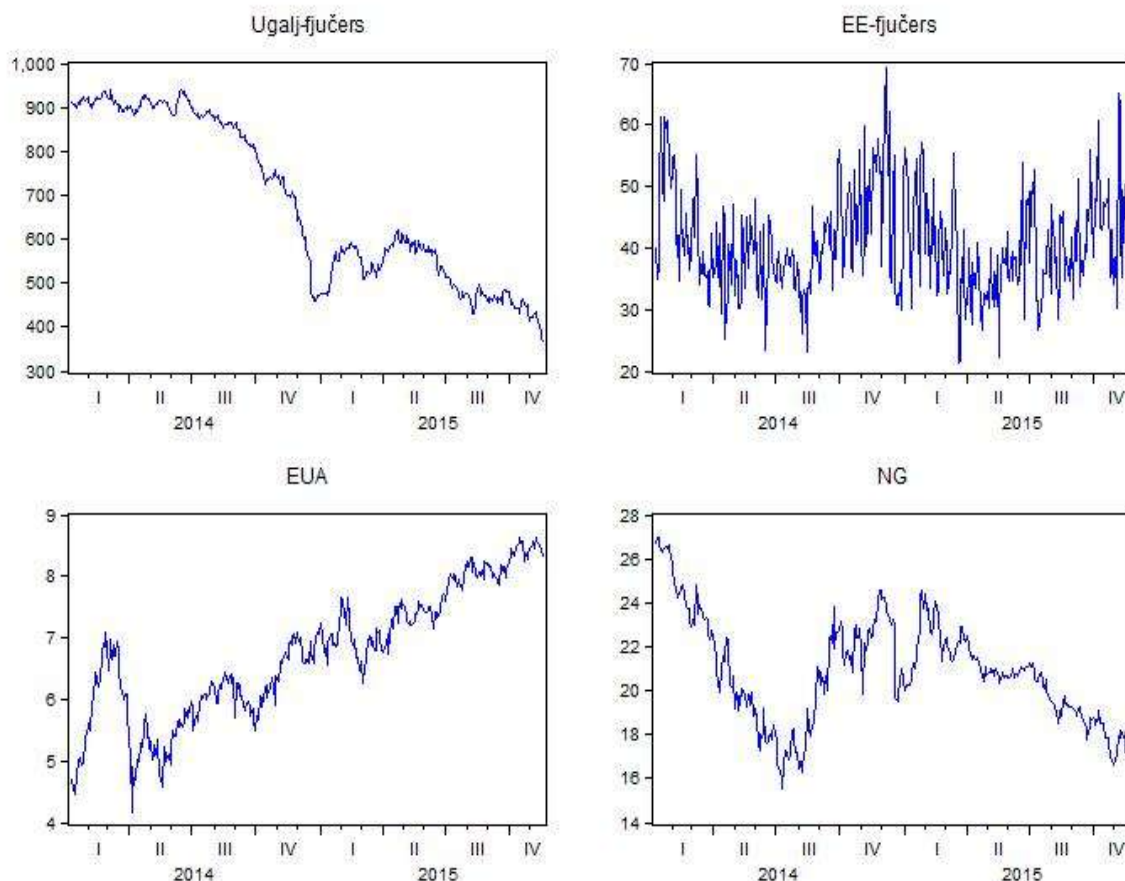
Bitno je napomenuti da izbor varijable koja će se hijerarhijski nalaziti na vrhu i definiše odgovarajući strukturni VAR model, prvenstveno iz razloga da ista promenjiva može da bude trenutni uzročnik u svim ostalim modelima varijabli koje se nalaze ispod nje (isto važi i za sve ostale promenjive). Hijerarhijski izbor varijabli se najčešće zasniva na proizvoljnim preferencijama korisnika i prethodno postavljenim ekonomskim teorijama, stoga je i strukturni VAR model ograničen odlukom pojedinca.

Pored strukturnog VAR model vrlo često se koristi i metod dekompozicije varijanse. Ovaj metod je najčešće korišćen u cilju određivanja udela pojedinih varijansi promenjivih u prognozi izabrane zavisne promenjive. Na osnovu toga može se indirektno zaključiti kako promenjive, odnosno u kom udelu imaju uticaj na zadatu promenjivu.

5.2.5 Podaci o spot i fjučers cenama promenjivih u VAR modelu

Kao relevantni predstavnik emisijih dozvola ETS tržišta prikupljene su spot cene EUA izražene u EUR/tCO_{2eq}. Fjučers cene su uzete za vrednosti uglja, izražene u EUR/t, obzirom da je tržište nefosilnih goriva razvijeno i likvidno, samim tim i najveći obim trgovine je u vidu finansijskih derivata. Iz istog razloga su uzete vrednosti fjučersa električne energije (phelix power futures), izražene u EUR/MWh. Dok su za prirodni gas usvojene vrednosti spot cena, izražene u EUR/MWh.

Uzete su vrednosti za period od 01.07.2014 do 19.11.2014 sa 391 podatkom. Na slici 10. prikazane su prethodno pomenute cene u navedenom vremenskom periodu.



Slika 10. Vremenske serije spot cena EUA, cena fjučersa uglja, cena EE fjučersa (električna energije) i spot cena NG (prirodnog gasa)

Može se zapaziti da posotoje određeni strukturni poremećaju u cenama EUA, fjučersa uglja i prirodnog gasa koji su posebno izraženi. Međutim modelovanjem je ustanovljeno da dodavanjem ovih strukturnih poremećaja kvalitet prognoze nije bolji u odnosu na modele bez istih, pored toga LR testom je pokazano i da prisustvo poremećaja u mnogim modelima nije signifikantno. Takođe se lako zapaža da je dinamika promene cene EE fjučersa izuzetno izražena, odnosno da je EE fjučers visoko volatilana (visoka vrednost varijanse). Može se i uvideti nestacionarnost u serijama cena EUA, NG i fjučersa uglja, dok EE fjučers ne pokazuje veliku nestacionarnost. Testovima jediničnog korena ADF (Augmented Dickey Fuller test), Kovačić [37], biće testirana nestacionarnost u vremenskim serijama.

Za trening podatke uzet je period od 01.07.2014 do 01.10.2014, dok je za test podatke uzet period od 01.11.2014 do 19.11.2014

5.3 REZULTATI EKSPERIMENTA

Na bazi metodološko pristupa prikazanoj na slici 1. prvo će se izvesti ADF test jediničnog korena u cilju utvrđivanja nestacionarnosti vremenskih serija. U tabeli 3. prikazani se rezultati testa jediničnih korena za svaku od vremenskih serija ponaosob.

Tabela 3. ADF test

	t - statistika	verovatnoća	Broj koraka AIC kriterijum	AIC
EUA				
Test 1	-1.66490	0.44840	1	-0.661687
Test 2	-24.06051	0.00000	2	-0.659673
EE-fjučers				
Test 1	-3.74071	0.0002	7	6.699385
Test 2	-8.07911	0.00000	14	6.722608
Ugalj-fjučers				
Test 1	-0.14977	0.94170	4	7.621473
Test 2	-8.39032	0.00000	3	7.616351
NG				
Test 1	-2.38120	0.14780	8	1.531132
Test 2	-7.31988	0.00000	7	1.541024

U tabeli 3., test 1 se odnosi na test gde se nultom hipotezom ispituje nestacionarnost vremenske serije $I(1)$, dok alternativna hipoteza tvrdi da je promenjiva stacionarna $I(0)$. Dok u testu 2 se nultom hipotezom ispituje nestacionarnost serije $I(2)$, dok alternativna hipoteza tvrdi da je serija $I(1)$ nestacionarna. Na osnovu izvršenog testiranja primetno je da su serije EUA, fjučersa uglja i NG nestacionarne reda integrisanosti $I(1)$, dok je serija EE-fjučersa $I(0)$, odnosno stacionarna. Na bazi AIC (Akaike information criteria), Akaike [25] određene su optimalne vrednosti koraka kod ADF testa sa konstantom koji je u ovom slučaju primenjen.

Radi pokušaja stabilizacije varijabli na osnovu preporuka Box i Cox, Kovačić [37] vremenske serije će biti logaritmovane pre diferenciranja.

Naredni korak se odnosi na ocenjivanje VAR modela za različite vrednosti koraka i određivanje optimalne vrednosti koraka p , na osnovu koga će biti sproveden kointegracioni test.

Na osnovu kriterijuma minimalne vrednosti AIC testa prikazani su rezultati u tabeli 4 za različit broj koraka:

Pored standardno AIC kriterijum u tabeli 4 date su i vrednosti SC (Schwartz information criteria) informacionog kriterijuma, Sin et. al [38].

Moože se uvideti da se na osnovu dva različita kriterijuma dobijaju koraci od 3 za AIC i 3 za SC, sa minimalnim vrednostima. Pored toga u daljem tekstu rada će ipak biti usvojen optimalan broj koraka na osnovu AIC kriterijuma.

Tabela 4. AIC kriterijumi za različito p VAR modela

Korak p	AIC	SC
0	-14.18016	-14.13885
1	-14.57965	-14.37308
2	-14.58797	-14.39093
3	-14.60202	-14.40125
4	-14.48938	-13.78706
5	-14.52643	-13.65885
6	-14.48926	-13.45643
7	-14.45123	-13.25314
8	-14.43084	-13.06750
9	-14.37985	-12.84826

Kointegracioni Johansonov test za određivanje postojanja dugoročnih veza između varijabli se određuje na osnovu 5 mogućih situacija. U ovom slučaju u tabeli 5. su prikazani rezultati testa za slučaj sa 2 koraka (s obzirom da se radi o VECM modelu $p-1$) pod uslovom da Y poseduje linearni deterministički trend i u okviru dugoročen veze se nalazi konstanta. Pored toga u tabeli 6 dati su sumirani rezultati i u ostalih 4 moguća slučaja pri testiranju pojave kointegracije.

Tabela 5. Johansonov test traga – rezultati

	Sopstvene vrednosti	Statistika traga	Kritična vrednosti za signifikantnos od 0.05	Verovatnoća
Nema	0.155619	85.20031	47.85613	0.0000
Najviše 1	0.032744	19.56976	29.79707	0.4525
Naviše 2	0.016998	6.652240	15.49471	0.6184
Najviše 3	6.21E-07	0.000241	3.841466	0.9894

Tabela 6. Johansonov test za ostala 4 slučaja

Trend podataka	bez trenda	bez trenda	linearan	kvadratni
	Bez konstante i bez trenda	Sa konstantom bez trenda	Konstanta i trend	Konstanta i trend
Test Trag – kointegracioni rang	1	1	1	1

Na osnovu prethodnog sledi da je postoji jedna kointegraciona veza između varijabli, stoga je postoje 3 nezavisne stohastičke veličine koje upravljaju sistemom, dok je četvrta determinisana posredstvom dugoročne linearne veze između prethodnih.

S obzirom da su varijable međusobno kointegrisane potrebno je izvesti Grangerov test radi određivanja veza između prethodnih. Grangerovo testiranje vršeno je za 3 koraka i stacionarne varijable. U tabeli 7. prikazan su rezultati Grangerovog testa uzročnosti

Tabela 7. Grangerov test uzročnosti

Posledična D(UGALJ fjučers)			
Varijabla	χ^2 statistika	df	
D(NG)	1.124.086	3	0.7713
D(EUA)	3.184.061	3	0.3641
EE_fjučers	7.035.844	3	0.0708
Posledična D(NG)			
D(UGALJ fjučers)	1.020.555	3	0.0169
D(EUA)	2.080.796	3	0.5558
EE_fjučers	7.750.603	3	0.0515
Posledična D(EUA)			
D(UGALJ fjučers)	1.181.070	3	0.7575
D(NG)	2.690.451	3	0.4419
EE_fjučers	1.398.367	3	0.7059
Posledična EE fjučers			
D(UGALJ fjučers)	5.026.181	3	0.1699
D(NG)	2.680.235	3	0.4436
D(EUA)	5.292.943	3	0.1516

Na osnovu Grangerovog testa odmah se može potvrditi lema koja tvrdi da ukoliko između nestacionarnih varijabli postoji kointegracija onda se može zaključiti da sigurno postoji barem jedna Grangerova uzročnost. Na osnovu tabele 5 i praga signifikantnosti od 10% zaključuje se da cena električne energije uzrokuje cenu fjučersa uglja dok presotale varijable nisu uzročne sa istom. Uzrok promene cene prirodnog gasa su u ovom slučaju cena električne energije i cena uglja, dok spot cena EUA i spot cena električne energije su varijable koje nisu uzrokovane ni jednom drugom varijablom u sistemu. Oдавde se i može zaključiti početna

pretpostavka da pored postojanja kointegracije, cena EUA je ipak dominantno vođenja trenutnom političkom situacijom, koja se odnosi na uvođenje nove regulative. Samim tim se zaključuje i da trenutni uticaj EUA tržišta na povišenje cene fosilnih goriva i električne energije posledično je zanemrljiv.

VECM model sa konstantnom izgrađen na bazi pretodnih zaključaka za trening period, zajedno sa ocenjenim parametrima i njihovim relevantnim statistikama prikazana je u tabeli 8 i 9. U zagradama su date vrednosti t statistike za svaki ocenjeni parametar.

Tabela 8. Ocenjeni parametri kointegracione jednačine

Kointegraciona jednačina	
D(LOG(EE_fjučers(-1)))	1.000000
D(LOG(EUA(-1)))	0.141612
	[0.44930]
D(LOG(NG(-1)))	1.304335
	[3.53982]
D(LOG(UGALJ_fjučers(-1)))	-1.671336
	[-3.76546]
Kointegraciona konstanta	-0.002130

Tabela 9. Ocenjeni parametri ostatka jednačine

Ostatak	D(LOG(EE_fjučers),2)	D(LOG(EUA),2)	D(LOG(NG),2)	D(LOG(UGALJ_fjučers),2)
Vrednosti uz kointegracionu jednačinu	-1.790669	-0.052620	-0.098547	0.016360
	[-15.9164]	[-2.29173]	[-5.24869]	[1.16791]
D(LOG(EE_fjučers(-1)),2)	0.440705	0.047558	0.068698	-0.005172
	[5.16934]	[2.73337]	[4.82849]	[-0.48724]
D(LOG(EE_fjučers(-2)),2)	0.148731	0.025770	0.026041	-0.001318
	[2.79359]	[2.37169]	[2.93092]	[-0.19877]
D(LOG(EUA(-1)),2)	0.163516	-0.845154	-0.038291	-0.011388

	[0.68054]	[-17.2352]	[-0.95491]	[-0.38069]
D(LOG(EUA(-2)),2)	-0.035211	-0.376265	-0.046953	0.019182
	[-0.14664]	[-7.67800]	[1.17167]	[0.64160]
D(LOG(NG(-1)),2)	1.586404	0.086363	-0.653994	-0.007203
	[5.09763]	[1.35977]	[-12.5923]	[-0.18590]
D(LOG(NG(-2)),2)	0.621512	0.094009	-0.329280	-0.030308
	[2.06138]	[1.52780]	[-6.54414]	[-0.80737]
D(LOG(UGALJ_fjučers(-1)),2)	-1.250277	-0.037370	-0.017567	-0.561400
	[-2.85156]	[-0.41762]	[-0.24008]	[-10.2839]
D(LOG(UGALJ_fjučers(-2)),2)	-0.295623	0.025927	0.073250	-0.288727
	[-0.70607]	[0.30342]	[1.04832]	[-5.53865]
C	0.000656	0.000198	5.03E-06	-0.000144
	(0.00911)	(0.00186)	(0.00152)	(0.00113)
	[0.07198]	[0.10631]	[0.00331]	[-0.12738]

Vrednosti koeficijenta determinacije (R^2) i modifikovanog koeficijenta determinacije (adj R^2), kao ocene kvalitet postavljenog modela date su u tabeli 10.

Tabela 10. Koeficijent determinacije i modifikovani koeficijent determinacije za VECM model

	D(LOG(EE_fjučers),2)	D(LOG(EUA),2)	D(LOG(NG),2)	D(LOG(UGALJ_fjučers),2)
R^2	0.669803	0.579500	0.438415	0.382569
Adj R^2	0.661288	0.566077	0.423933	0.364068

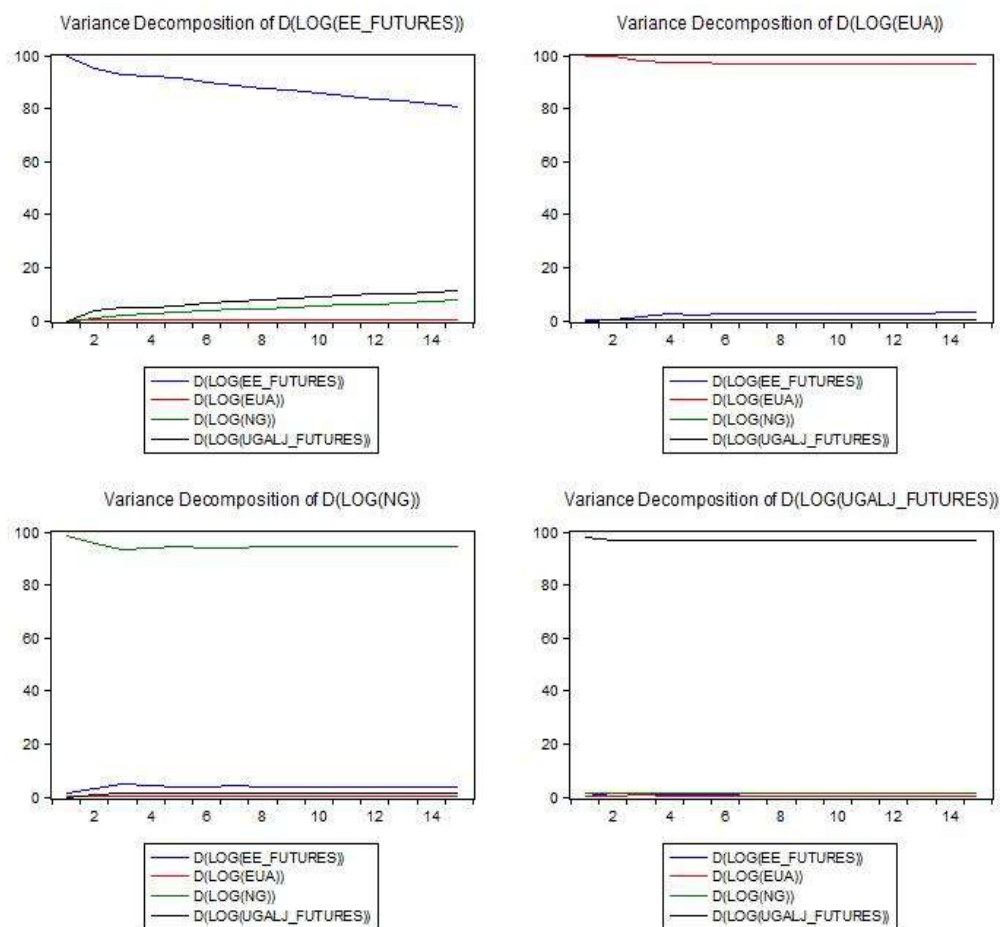
Na osnovu izloženih koeficijenata determinacije može se zaključiti da izloženi model relativno dobro slaže sa izmerenim vrednostima za varijable EE-fjučersa i EUA, dok nešto

slabiji rezultati se dobijaju za varijable NG i fjučersa uglja. U cilju potvrde stabilnosti modela u tabeli 11 date su vrednosti inverznih korena karakteristične jednačine 4. Jedina razlika inverznih korena u odnosu na obične korene tiče se da vrednosti moraju da se nalaze unutar jediničnog kurga da bi model bio u potpunosti stabilan. Pored toga izvršen je i portmantau autokorelacioni test i test homoskadističnosti. Oba testa pokazuje nekorelisanost reziduala i njihovih kvadrata.

Tabela 11. Realne vrednosti inverznih korena

	Realne vrednosti korena
1.	0.856431
2.	0.841234
3.	0.756412
4.	0.624324
5.	0.624324
6.	0.623357
7.	0.623357
8.	0.585981
9.	0.585981
10.	0.548921
11.	0.548921
12.	0.451297

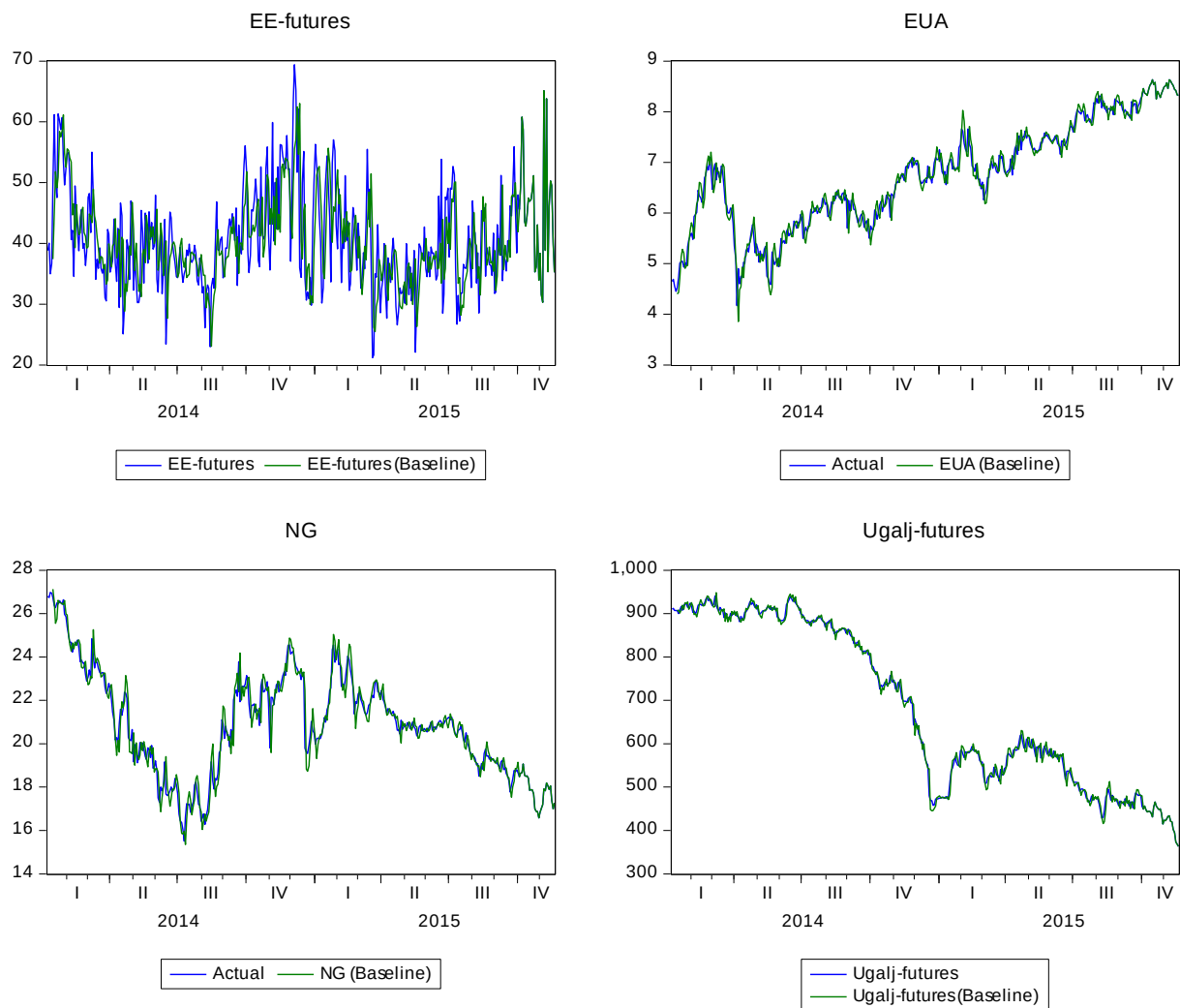
U radu je prikazana strukturni model dekompozicije varijanse. Na slici 11. prikazane su vrednosti udela varijansi u svakom od ocenjenih modela za 15 perioda unapred. Primenom Cholesky dekompozicije matrice i usvajanje hijerarhijskog poredka koji odgovara poredku modela prikazanim u tabeli 11.



Slika 11. Udeli varijanse u ukupnoj varijansi svake pojedinačne varijable 15 perioda unapred

Sa slike 11. primetno je da najveći udeo u varijansi EE fjučersa imaju fjučersi uglja i cene NG, dok ostale varijable imaju vrlo mali udeo. Takođe se i potvrđuje da su cene EUA pod vrlo malim uticajem ostalih cena, imajući u vidu da je ukupan udeo varijansi ostalih varijabli manji od 5 % slični zaključak važi i za cene NG i fjučerse uglja.

Stoga poslednji korak u metodologiji je ocena srednje kvadratne greške izrađenih modela za test uzorak.



Slika 12. Deterministička prognoza za date modele

Sa slike 12. može se videti da se dati model relativno dobro slaže sa stvarnim podacima u okviru determinističke prognoze za zadati test uzorak.

6 TRIGNERACIJA POSREDSTVOM ORC CIKLUSA

Posebna pažnja za niskotemperaturske izvore toplote u cilju proizvodnje električne energije je u rastu zbog sve aktuelnijih pitanja koje se odnose na zagađenje životne sredine i održivi razvoj kao novi pravac u kome je svet usmeren. Veliki broj načina iskorišćenja niskotemperaturskih izvora prisutan je u svetu od Stirlingovog ciklusa pa sve do procesa pirolize, gasifikacije. Među predloženim rešenjima ORC tehnologija je najčešće prisutna. ORC tehnologija bazira se na proizvodnji električne energije posredstvom Rankinovog ciklusa sa razlikom u radnom fluidu. Kao radni fluid u klasičnim Rankinovim ciklusima korišćena je voda, za razliku od klasičnog u ORC se koriste različite varijacije organskih fluida čiji izbor prevashodno zavisi od većeg broja kriterijuma. Velika molekulska masa radnog fluida omogućava efikasno iskorišćenje toplotnog izvora niske temperature za proizvodnju električne energije u opsegu snaga od 3 kW_{el} do 3.5 MW_{el} zahvaljujući sledećim prednostima u odnosu na konvencionalan Rankinov kružni ciklus, Nurdin et. al [39]:

- velika efikasnost turbine (izentropski stepen korisnosti do 85%);
- mala mehanička naprezanja turbine zbog smanjenog broja obrtaja u odnosu na turbine sa vodenom parom;
- nema erozije turbinskih lopatica zbog odsustva vlage u procesu ekspanzije pare;
- dug radni vek turbine;
- omogućena je direktna sprega turbine i generatora zbog smanjenog broja obrtaja turbine.

U nedostatke ORC se ubrajaju:

- Visoki specifični investicioni troškovi;
- Korišćenje otrovnih i zapaljivih organskih radnih fluida, odnosno dodatnih mera zaštite od prolaska u okolinu.

Konverzionu efikasnost ORC postrojenja je visoka (15÷20% od uložene toplote) čak i za snage postojenja ispod 200 kW_{el}. Ovakva postrojenja imaju jednostavnu proceduru puštanja u rad i zaustavljanja, miran rad, efikasan rad pri smanjenom opterećenju i minimalne zahteve za održavanje. ORC ima široku primenu u industriji, npr:

- u postrojenjima loženim biomasom
- postrojenjima za rekuperaciju otpadne toplote (sa temperaturom toplotnog izvora u opsegu 250÷550°C)
- geotermalnim postrojenjima
- solarnim postrojenjima

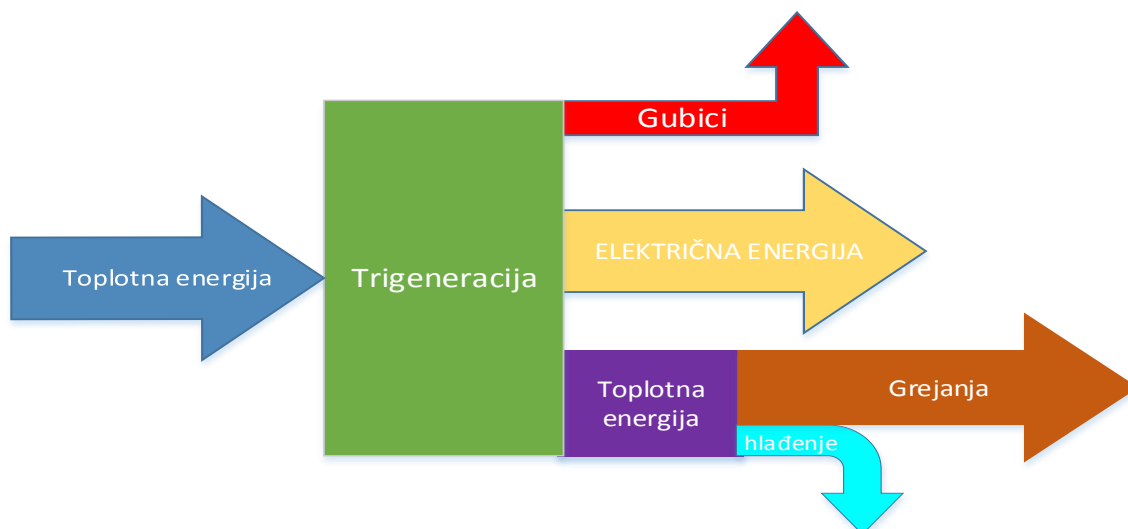
ORC postrojenja za rekuperaciju otpadne toplote nalaze primenu u postojećim postrojenjima sa visokom temperaturom izlaznih gasova (npr. celicane, staklare, energane koje su koristile ugalj ili mazut, a u današnje vreme koriste prirodni gas). Dogradnjom ORC postrojenja uz

gasnu turbinu ili stacionarne dizel motore može se dobiti dodatne električna energija i dodatna toplota.

CHP predstavlja proces proizvodnje električne energije sa iskorišćenjem otpadne toplote u cilju povećanja ukupnog stepena korisnosti postrojenja. Cilj i trendovi današnjeg društva je da niskokvalitetnu energiju odnosno toplotu iskoriste u što većoj meri. Pored mogućnosti iskorišćenja toplote u cilju grejanja ista se može koristiti u cilju hlađenja. Topli dimni gasovi na izlazu iz kotla nakon procesa sagorevanja se nalaze u temperaturskoj neravnoteži sa okolinom. Kako se toplota ne bi „bacala“ neophodno je istu iskoristiti. S obzirom na to moguće je otpadnu toplotu posredstvom rashladnog postrojenja sa binarnom smesom² koristiti kao izvor energije radi hlađenja. Samim tim postrojenje za proizvodnju električne energije istovremeno proizvodi električnu energiju, toplotnu energiju i koristi otpadnu toplotu radi hlađenja. Ovakav način proizvodnje zadovoljava sve potrebe korisnika za energijom, sa maksimalnim iskorišćenjem toplotne energije. CHCP postrojenja daju mogućnost investitoru da sa malim ulaganjima znatno poviši korisnost svog postrojenja. Pored toga, posmatrano sa makroekonomskog nivoa, omogućavaju privrednu ekspanziju u okolini mesta postavljanja trigenerativnih postrojenja. Posebno veliki akcenat se stavlja na korišćenju ovih postrojenja u ruralnim, poljoprivrednim područjima sa velikom količinom biomase koja se može koristiti kao izvor toplote. Posredstvom trigeneracije u ovakvim oblastima može se na pristupačan način obezbediti toplota u sušarama, staklenima baštama i omogućiti izgradnja hladnjača bez visokih investicionih troškova. Rashladna postrojenja sa binarnom smesom, korišćena pri trigeneraciji, imaju niz prednosti u odnosu na konvencionalne rashladne mašine, Hernandez-Satoyo et. al [40], a to su:

- Ekološki su neopasna zbog korišćenja smese amonijaka i vode, kao procesnog fluida, čiji je ODP (Ozone depletion potential) jednak nuli;
- Koriste otpadnu toplotu kogeneracijskog postrojenja, što značajno povećava ekonomičnost;
- Zahtevaju veoma mala finansijska sredstva za održavanje.
- Kombinovanjem kogeneracijskog postrojenja sa rashladnim postrojenjem sa binarnom smesom moguće je iskoristiti viškove toplote za dobijanje rashladne energije, čime se poboljšava ekonomičnost procesa. Pomoću ovakvog koncepta, moguće je dostići ukupnu efikasnost procesa do 75%.

² Rashladno postrojenje sa binarnom smesom poznatije je kao apsorpiona rashladna mašina.



Slika 13. Šematski prikaz trigeneracije

6.1 RENTABILNOST INVESTICIJE

U cilju procene rentabilnosti investicije neophodno je odrediti investicione i eksploatacione troškove postrojenja. Posredstvom statičkih i dinamičkih metoda odnosno kriterijuma određuje se vremenski period nakon koga će se investicija otplatiti. Statički investicioni kriterijumi se koriste samo kao dopunski kriterijumi ili kriterijumi brze evaluacije investicionih projekata. Za razliku od njih dinamičke metode respektuju vremensku vrednost novca dok se troškovi od investicionih projekata izražavaju novčanim tokovima. Vrednost novca u momentu izdavanja i momentu primanja nije ista pri tome se misli da novac uvek ima veću vrednost u momentu primanja. Ovo se ne odnosi samo na obezvređivanje novca usled inflacije već od logike da novac uložen u projekat uvek mora doneti dobit. Investicioni troškovi predstavljaju celokupne troškove potrebne da bi postrojenje dobilo status komercijalne operativnosti, Genić et. al [41]. Ovo su jednokratni troškovi što znači da se ulaganje vrši samo pre početka rada postrojenja i isti ne zavise od prodaje finalnog proizvoda. Investicioni troškovi (C_{inv}) se dele na fiksne (C_{FC}), radne (C_{WC}) i troškove uhodavanja postrojenja (C_{SU}).

Na osnovu toga sledi da je:

$$C_{inv} = C_{FC} + C_{WC} + C_{SU} \quad [34]$$

6.1.1 Fiksni investicioni troškovi

Fiksni investicioni troškovi izračunavaju se kao zbir sledećih troškova:

$$C_{FC} = C_{ISBL} + C_{OSBL} + C_{ENG} + C_{CONT} \quad [35]$$

U cilju analiziranja investicionih troškova datog postrojenja potrebno je pre svega proceniti vrednost opreme ugrađene u isto. Jednačina za računanje vrednosti opreme na osnovu jednoparametarske procene su iz Genić et. al [41]. Pored toga u iste uzeto je u obzir da je materijal za izradu ugljenični čelik, $F_M = 1.$, kao i promena investicionih troškova usled kretanja na tržištu u odnosu na referentnu godinu posredstvom CEPCI (Chemical Engineering Plant Cost Index) faktora. Korišćene jednačine nabrojane su za svaki deo opreme.

Cena kolone računata je za posudu manju od 150 kg kao:

$$C_{kolone} = m \cdot 6 \quad [36]$$

Cena kolone računata je za masu posude višu od 150kg kao:

$$C_{kolone} = (-400 + 230 \cdot m^{0,6}) \cdot \frac{621,6}{478,6} \quad [37]$$

Gde je:

m - masa kolone u kg;

Cena ispune računata je kao:

$$C_{ispune} = 3200 \cdot V \cdot \frac{687,9}{486} \quad [38]$$

Gde je:

V - zapremina ispune u m^3 .

Cena elektromotora računata je kao:

$$C_{el.motora} = (920 + 600 \cdot P^{0,7}) \cdot \frac{513,8}{478,6} \quad [39]$$

Gde je:

P - snaga pumpe u kW.

Cena dimnjaka računata je kao:

$$C_{\text{dimnjak}} = m \cdot 6 \quad [40]$$

Cena bunkera računata je kao:

$$C_{\text{bunkeru}} = 2300 \cdot V^{0,46} \cdot \frac{687,9}{370,6} \quad [41]$$

Gde je:

V zapremina bunkera u m^3 .

Cena ventilatora računata je kao:

$$C_{\text{ventilator}} = (800 + 3600 \cdot V^{0,12}) \cdot \frac{925,8}{623,8} \quad [42]$$

Gde je:

V zapreminski protok u m^3/s .

Cena aksijalnih ventilatora računata je kao:

$$C_{\text{ventilator}} = (2400 + 330 \cdot V^{0,12}) \cdot \frac{925,8}{699,4} \quad [43]$$

Cena pužnog transportera računata je kao:

$$C_{\text{transportera}} = 4400 \cdot D \cdot L^{0,59} \cdot \frac{687,9}{438} \quad [44]$$

Gde je:

D - prečnik transportera u m;

L - dužina transportera u m.

Cena turbine računata je kao:

$$C_{turbine} = 8350 \cdot P^{0,41} \cdot \frac{925,8}{665,3} \quad [45]$$

Gde je:

P - snaga turbine u kW.

Cena pumpi računata je kao:

$$C_{pumpe} = (330 + 48 \cdot V^{0,2}) \cdot \frac{925,8}{478,6} \quad [46]$$

Gde je:

V - zapreminski protok u l/s.

Cena vakuum pumpe računata je kao:

$$C_{pumpe} = (5400 \cdot V^{0,35}) \cdot \frac{925,8}{665,3} \quad [47]$$

Cena rezervoara za masu veću od 250 kg računata je kao:

$$C_{rezervoara} = (-2500 + 200 \cdot m^{0,6}) \frac{621,6}{478,6} \quad [48]$$

Cena rezervoara za masu manju od 250 kg računata je kao:

$$C_{rezervoara} = m \cdot 6 \quad [49]$$

Cena razmenjivača toplote sa U cevima računata je kao:

$$C_{Ucevi} = (10000 + 88 \cdot S) \cdot \frac{621,6}{478,6} \quad [50]$$

Gde je:

S - površina za razmenu toplote u m^2 .

Cena razmenjivača toplote sa potopljenim U cevima računata je kao:

$$C_{potpoljeni} = (14000 + 83 \cdot S) \cdot \frac{621,6}{478,6} \quad [51]$$

Cena razmenjivača toplote sa nepokretnom cevnom pločom računata je kao:

$$C_{nepokretna} = (6460 + 64,5 \cdot S^{0,97}) \cdot \frac{621,6}{394} \quad [52]$$

Cena razmenjivača toplote sa vazдушnim hlađenjem računata je kao:

$$C_{nepokretna} = (5100 \cdot S^{0,4}) \cdot \frac{621,6}{370,6} \quad [53]$$

Detaljnou faktorskom procenom vrši se procenjivanje vrednosti fiksnih investicionih troškova poznavajući samo investicione troškove postrojenja. Fiksni investicioni troškovi računaju se kao:

$$C_{FC} = C_{ISBL} \cdot (f_{ISBL} + f_{ISBL} \cdot f_{OSBL}) \cdot (1 + f_{ENG} + f_{CONT}) \quad [54]$$

$$f_{ISBL} = 1 + \sum_{i=1}^7 f_i \quad [55]$$

Vrednosti faktora za procenu investicionih troškova dati su u tabeli 12.

Tabela 12. Vrednosti faktora za procenu investicionih troškova

Pozicija	Oznaka	Vrednost
Montaža opreme	f_1	0,2
Cevovodi, kanali itd.	f_2	0,2
Uređaji za merenje i automatsku regulaciju	f_3	0,3
Elektro oprema i radovi	f_4	0,2
Građevinski radovi	f_5	0,05
Noseće konstrukcije i zgrade	f_6	0,05
Zaštitni radovi	f_7	0,05
ISBL faktor	f_{ISBL}	2,05
OSBL faktor	f_{OSBL}	0,1
Inženjering	f_{ENG}	0,3
Nepredviđeni troškovi	f_{CONT}	0,1

Usvaja se da je lokacijski faktor $f_{lok} = 1$ pa je nepromenjena vrednost fiksnih investicionih troškova.

Zbir investicionih troškova postrojenja nalazi se kao:

$$C_{ISBLOSBL} = C_{ISBL} \cdot (f_{ISBL} + f_{ISBL} \cdot f_{OSBL}) \quad [56]$$

Na osnovu ove vrednosti sledi da su troškovi uhodavanja postrojenja računati kao procentualni deo investicionih troškova postrojenja i investicionih troškova na mestu gradnje:

$$C_{SU} = 0,1 \cdot C_{ISBLOSBL} \quad [57]$$

6.1.2 Operativni troškovi

Operativni troškovi su troškovi koji se odnose na obezbeđenje rada postrojenja. Operativni troškovi se dele na fiksne operativne troškove koji ne zavise od obima proizvodnje i varijabilne operativne troškove koji direktno zavise od trenutnog obima proizvodnje. Operativni troškovi se računaju kao:

$$C_{OT} = C_{FOT} + C_{POT} \quad [58]$$

Fiksni operativne troškovi se dele na više podkategorija i oni se ne menjaju tokom celog veka rada postrojenja. Fiksni operativni troškovi su:

Troškovi radne snage odnose se u ovom konkretnom slučaju prvenstveno na operativnu radnu snagu. S obzirom da je analizirano postrojenje automatizovano samim tim sledi i da je broj radnika u smeni, izračunat na osnovu preporuka broja radnika po jedinici opreme. Na osnovu preporuka na jedno radno mesto ide oko 4,84 operativca.. Uzimajući u obzir trenutne bruto zarade po radniku koje iznose oko 30 EUR dnevno i broj radnih sati postrojenja godišnje koji iznosi oko 8000 sati sledi da su ukupni godišnji troškovi operativne radne snage jednaki:

$$C_{radnika} = N_{radnika} \cdot \frac{8000}{24} \cdot 30 \quad [59]$$

Gde je

$N_{radnika}$ - broj radnika;

Troškovi nadzora se odnose na troškove rukovodećeg kadra koji je direktno vezan za vođenje postrojenja. Na osnovu preporuka godišnji troškovi nadzora računaju se kao:

$$C_{nadzor} = 0,15 \cdot C_{radnika} \quad [60]$$

Troškovi održavanja odnose se na troškove obezbeđenja potrebnog nivoa pouzdranosti u procesu rada postrojenja. Ovi troškovi se računaju u odnosu na vrednost ukupnih investicionih troškova postrojenja kao:

$$C_{odrzavanje} = 0,01 \cdot C_{inv} = 27.295,00\text{EUR} \quad [61]$$

Troškovi koji se odnose na godišnje poreze i takse računaju se kao:

$$C_{PT} = 0,01 \cdot C_{ISBL} \quad [62]$$

Troškovi koji se odnose na osiguranje zemljišta i postrojenja računaju se kao:

$$C_O = 0,01 \cdot C_{ISBL} \quad [63]$$

Ostali fiksni troškovi kao što su ekološke takse računaju se kao:

$$C_O = 0,01 \cdot C_{ISBLOSBL} \quad [64]$$

Ukupni fiksni operativni troškovi predstavljaju zbir prethodnih i računaju se kao:

$$C_{FOT} = C_{radnika} + C_{odrzavanja} + C_{nadzor} + C_{PT} + C_O \quad [65]$$

Pored ovih troškova računaju se i varijabilni troškovi koji direktno zavise od proizvodnje. Varijabilni troškovi u ovom slučaju se odnose na troškove korišćenja električne energije

($C_{el.energije}$) i troškove korišćenja goriva (C_{goriva}). Troškovi električne energije zavise od broja radnih sati pojedinih delova postrojenja.

Ukupna vrednost varijabilnih troškova iznosi:

$$C_{POT} = C_{el.energije} + C_{goriva} \quad [66]$$

6.2 METOD ZA OCENU RENTABILNOSTI

Statički kriterijum, prost period otplate ili period povraćaja, jedan je od kriterijuma za ocenu i rangiranje investicionih projekata koji se veoma često primenjuje uprkos određenim nedostacima koje pokazuje. Značaj ove metode je da se utvrdi broj godina u kome će dugoročna uložena sredstva biti povraćena odnosno ponovo pretvorena u novac, to jest pokazuje za koliko godina će se iz očekivanih neto novčanih tokova od eksploatacije projekta nadoknaditi to jest vratiti inicijalno kapitalno ulaganje.

$$PPO = \frac{C_{inv}}{NNT} \quad [67]$$

Neto sadašnja vrednost predstavlja jedan od dinamičkih metoda koji se primenjuje u oceni rentabilnosti investicija. Ovaj metod predstavlja razliku između sadašnje vrednosti neto priliva odnosno očekivanih efekata investicije i sadašnje vrednosti odliva gotovine odnosno inicijalnih kapitalnog ulaganja odnosno ukupnih investicionih troškova.

$$NSV = PV - C_{inv} \quad [68]$$

Vrednost prosečne cene kapitala zavisi od velikog broja faktora i usvaja se najčešće na osnovu izvora finansiranja. S obzirom na činjenicu da država garantuje otkup električne energije po feed-in tarifama iz obnovljivih izvora energije usvaja da je cena kapitala jednaka stopi po kojoj država koja garantuje otkup izdaje svoje srednjeročne obveznice. Neto sadašnja vrednost prikazana je relacijom:

$$NSV = \sum_i \frac{NNT_i}{(1+k)^i} - C_{inv} \quad [69]$$

Diskontni faktor predstavlja vrednost za koju treba diskontovati neto novčani tok od eksploatacije kako bi se sveo na sadašnju vrednost, računa se kao:

$$d_f = \sum_i \frac{1}{(1+k)^i} \quad [70]$$

Pored toga radi lakšeg sagledavanja rezultata korišćen je i indeks rentabilnosti kao odnos između neto sadašnje vrednosti i inicijalnog kapitalnog izdatka, odnosno ukupnih investicionih troškova.

$$IR = \frac{\sum_i \frac{NNT_i}{(1+k)^i}}{C_{inv}} \quad [71]$$

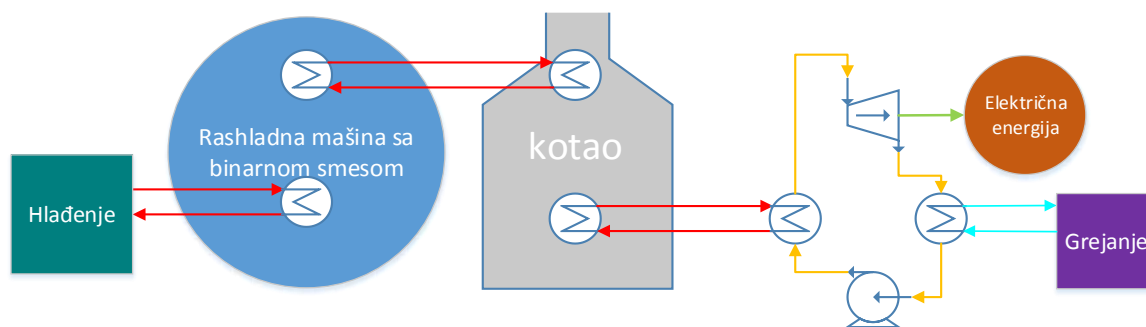
Korišćena je i interna stopa prinosa kao još jedna od provera rentabilnosti investicije. . Interna stopa prinosa određena je metodom polovljenja intervala, obzirom da se radi o rešavanju nelinearne jednačine.

$$C_{inv} = \sum_i \frac{NNT_i}{(1+ISP)^i} \quad [72]$$

Celokupni energetska bilans i bilans supstancije ciklusa zajedno sa određenim troškovima i parametrima rentabilnosti investicije urađen je posredstvom izrađenog softverskog paketa u Visual Basic-u.

6.3 RENTABILNOST POSTROJENJA NOMINALNE SNAGE 2500KW

U razmatranje se uzima trigenerativno postrojenje koje radi na bazi organskog Rankinovog ciklusa i koje se nalazi na prostoru Republike Hrvatske. Nominalna snaga peći za sagorevanje biomase iznosi 2500KW. Postrojenje sagoreva drvenu sečku u kotlu, pri čemu se razmena toplote vrši u konvektivnoj zoni. Dimni gasovi na izlazu iz kotla odlaze u zonu zagrevanje ulja koje je izvor toplote rashladne mašine sa binarnom smesom. Radni fluid rashladne mašine sa binarnom smesom je mešavina amonijaka i vode. U konvektivnoj zoni kotla dimni gasovi predaju toplotu ulju koji se koristi kao posredni nosilac toplote između toluena, procesnog fluida organskog Rankinovog ciklusa. Toluen nakon vršenja rada, odnosno proizvodnje električne energije predaje toplotu rashladnoj vodi koja se može koristiti za grejanje. Stepenn korisnosti dela koji se odnosi na proizvodnju električne energije iznosi 0,19, što znači da na 1 kWh toplote postrojenje proizvodi 0,19 kWh električne energije sa eksergijskim stepenom korisnosti od 0,26. Koeficijent hlađenja (COP - coefficient of performance) rashladne mašine sa binarnom smesom iznosi 0,582. Postrojenje godišnje proizvodi električnu energiju 8000h, godišnji period proizvodnje toplotne energije je 5000h, a rashladna mašina radi 8000h godišnje. Na slici 14 posredstvom blok šeme prikazano je analizirano trigenerativno postrojenje.



Slika 14. Blok dijagram analiziranog trigenerativnog postrojenja

Investicione troškove postrojenja je moguće odvojiti na dva dela: investicione troškove rashladne mašine sa binarnom smesom zajedno sa ekonomajzerom (zagrejačem termalnog ulja) i investicione troškove dela za proizvodnju električne energije i toplote zajedno sa kotlom. Poredeći rezultate sa rezultatima autora iz ostalih radova neophodno je odrediti i specifične investicione troškove odnosno vrednost investicije po kW instalisane snage. Detaljan pregled investicionih troškova prikazan je u tabeli 13.

Tabela 13. Investicioni troškovi postrojenja

R.br.	Veličina	Oznaka jedinica	i	Rashladna mašina	CHP	CHCP
1.	Inv. troškovi postrojenj	C_{ISBL}	EUR	135.304,44	664.173,06	799.477,50
2.	Inv. troškovi gradnje	$C_{ISBLOSBL}$	EUR	154.246,76	1.900.970,1	2.055.216,88
4.	Fiksni inv. troškovi	C_{FC}	EUR	427.156,88	2.096.793,4	2.523.950,31
5.	Troškovi uhodavanja	C_{SU}	EUR	15.424,68	190.097,01	205.521,69
6.	Radni kapital	C_{WC}	EUR	-	-	-
7.	Ukupni inv. troškovi	C_{inv}	EUR	442.581,56	2.286.890,4	2.729.471,97
8.	Instalisana snaga	Q_{ins}	kW	200,74 ³	479,2 ⁴	479,2 ⁵
9.	Specifični inv.trošak	C_{spec}	EUR/kW	2204,7	4772,3	5695.9

³ Za deo deo postrojenja rashladne mašine sa binarnom smesom do ekonomajzera investicija se svodi na instalisanu rashladnu snagu kW_{th}

⁴ Za deo postrojenja koji se bavi proizvodnjom električne i toplotne energije investicija se svodi na instalisanu snagu električne energije kW_{el}

⁵ Za celokupno postrojenje investicija se svodi na instalisanu snagu električne energije kW_{el}

Godišnji fiksni i varijabilni operativni troškovi postrojenja su prikazani u tabeli 14. Za ostale troškove su uzeti godišnji troškovi osiguranja zemljišta i ekološke takse. Za relevantnu cenu električne energije usvojena je srednja vrednost prodajne cene električne energije u EU.

Tabela 14. Operativni troškovi postrojenja

R. broj	Opis	Oznaka	Iznos
1.	Godišnja potrošnja el. energije	Q_{god} , kWh	474984
2.	Cena električne energije po kWh	C_{el} , EUR/kWh	0,11
3.	Godišnja potrošnja toplotne energije iz goriva	Q_{god} , MWh	20000
4.	Cena goriva po MWh	C_{gor} , EUR/kWh	20,00
5.	Cena potrošene struje	C_{el} , EUR	52.248,00
6.	Cena potrošenog goriva	C_{gor} , EUR	400.000,00
7.	Varijabilni troškovi	C_{POT} , EUR	452.248,00
8.	Troškovi radnika	C_{radnik} , EUR	100.000,00
9.	Troškovi održavanja	$C_{\text{odrzavanje}}$, EUR	27.295,00
10.	Troškovi nadzora	C_{nadzor} , EUR	15.000,00
11.	Porezi i takse	C_{PT} , EUR	9.116,00
12.	Ostali troškovi	C_{O} , EUR	32.550,00
13.	Fiksni troškovi	C_{FOT} , EUR	183.961,00
14.	Operativni troškovi	C_{OT} , EUR	636.209,70

Na osnovu godišnjeg broja radnih časova postrojenja, preuzetih feed-in tarifa za proizvodnju električne energije u EU, preuzetih cena drvene sečke po MWh, usvojene prodajne cene toplotne energije po kWh u EU i cene hlađenja po kWh određuju se prihodi postrojenja i neto novčani tok od eksploatacije projekta. U tabeli 15 date su vrednosti prihoda postrojenja i neto novčanog toka od eksploatacije projekta.

Tabela 15. Prihodi postrojenja i neto novčani tok od eksploatacije projekta

R. broj	Opis	Jedinica	Iznos
1.	Cena električne energije (feed-in tarifa) po kWh	EUR/kWh	0,17
2.	Cena toplotne energije po kWh	EUR/kWh	0,045
3.	Cena hlađenja po kWh	EUR/kWh	0,08
4.	Godišnje proizvedena električna energija	kWh	3833728
5.	Godišnje proizvedena toplotna energija	kWh	10103919
6.	Godišnja rashladna energija	kWh	1605994
7.	Prihodi postrojenja	EUR	1.234.890,00
8.	Rashodi bez amortizacije	EUR	636.210,00
9.	Dobit pre amortizacije i poreza	EUR	598.680,00
10.	Amortizacija (linearna)	EUR	181.965,00
11.	Dobit pre poreza	EUR	416.715,00
12.	Porez na dobit(10%)	EUR	41.671,50
13.	Dobit posle poreza	EUR	375.043,50
14.	Amortizacija	EUR	181.965,00
15.	Neto novčani tok od eksploatacije projekta	EUR	557.008,50

Na osnovu prethodnih rezultata može se odrediti vreme isplativosti projekta. Stoga izračunavanjem prostog perioda otplate investicija će biti otplaćena za 4 godine i 11 meseci. Za razliku od toga period otplate investicije izračunat posredstvom neto sadašnje vrednosti daje za rezultat da će investicija biti vraćena u period od 5 do 6 godina. Tabelom 16 date su vrednosti neto sadašnje vrednosti sa anuitetnim novčanim tokovima za period od 6 godina.

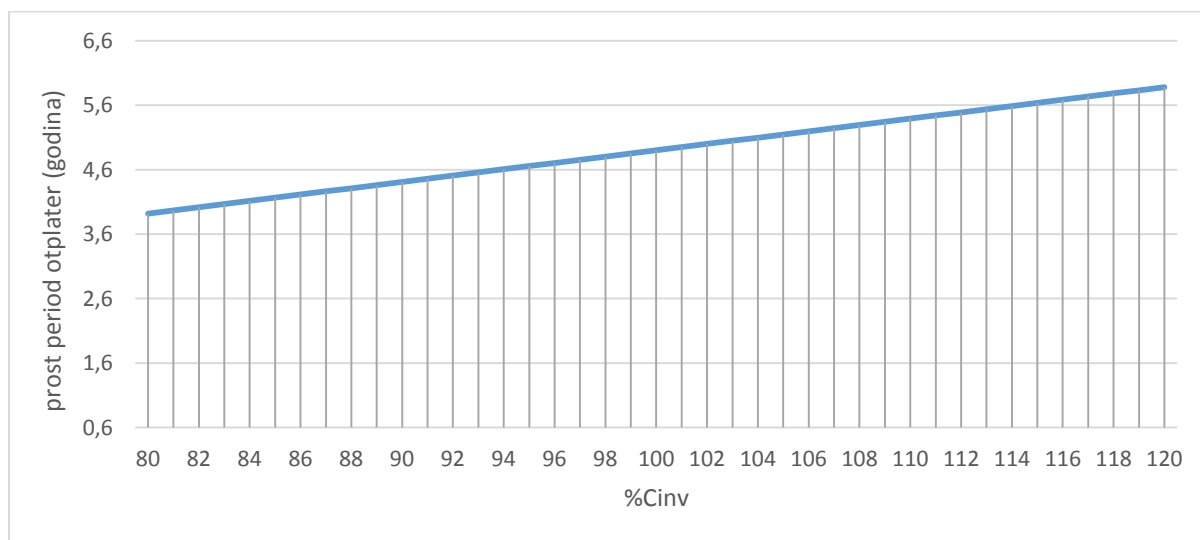
Tabela 16. Neto sadašnja vrednost za perod 6 godina

Godina	Godišnji anuitetni iznos u EUR	Diskontni faktor	Diskontovani iznos sadašnje vrednosti u EUR
1.	557.008,50	0,9592	534.282,55
2.	557.008,50	0,9202	512.559,22
3.	557.008,50	0,8827	491.671,40
4.	557.008,50	0,8467	471.619,10
5.	557.008,50	0,8123	452.458,00
6.	557.008,50	0,7792	434.021,02
Ukupno			2.896.611,30
Inicijalni kapitalni izdatak			2.729.472,00
Neto sadašnja vrednost			167.139,30

Kao provera prethodnih rezultata korišćena je interna stopa prinosa koja za period od 6 godina iznosi 6,1% i viša je od prosečne cene kapitala 4,245%. Na isti način određen je i indeks rentabilnosti koji za period od 6 godina iznosi 1,061 i potvrđuje prethodn izračunato.

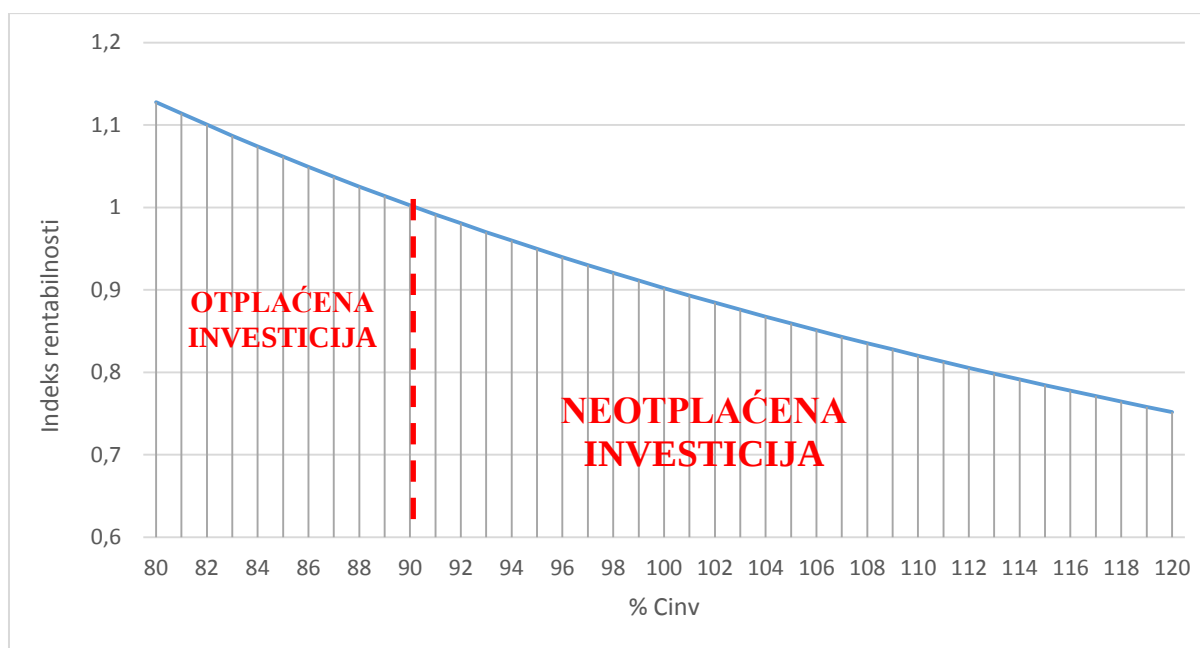
Samim tim što su ukupni investicioni troškovi nađeni u funkciji dimenzija opreme, na osnovu jednog reprezentnog parametra (površina kod razmenjivača toplote, snaga kod pumpi itd.) ne možemo sa sigurnošću tvrditi da je navedena analiza u potpunosti ispravna. Pogotovu zato što se jednoparametarska analiza procene cene opreme zasniva na jednačinama koje su dobijene metodom najmanjih kvadrata u određenom periodu vremena, pa se ista svodi na sadašnju vrednost posredstvom CEPCI faktor, koji između ostalog u obzir uzima inflaciju. Stoga je neophodno napraviti zavisnost investicionih troškova od statičkih i dinamičkih

parametara rentabilnosti investicije. Slika 15 prikazuje kako se prost period otplate menja sa procentualnim povećanjem ili sniženjem investicionih troškova.

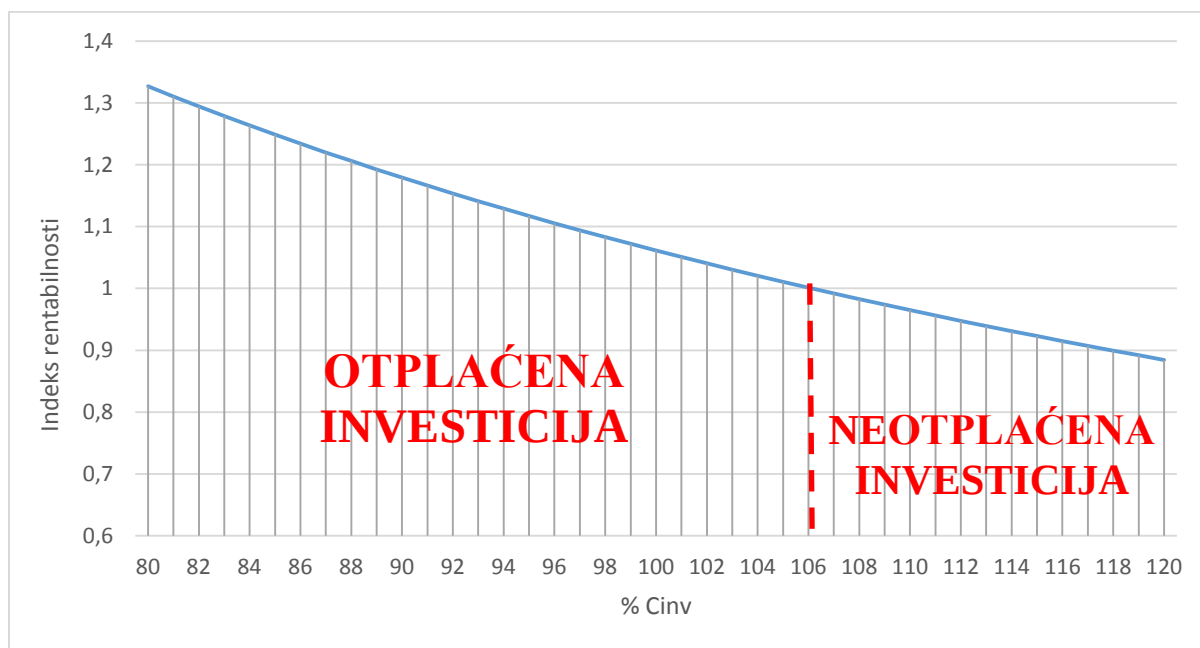


Slika 15. Grafik promene prostog perioda otplate sa procentualnom promeneom vrednosti investicije

Slika 16. prikazuje promenu indeksa rentabilnosti za period od 5 godina, a slika 17 za period od 6 godina u zavisnosti od procentualne promene investicionih troškova. Na slici je prikazana crvenom, isprekidanom vertikalnom linijom maksimalna vrednost investicionih troškova za koju će investicija biti otplaćena u periodu od 6 godina, odnosno za koju je indeks rentabilnosti jednak 1.

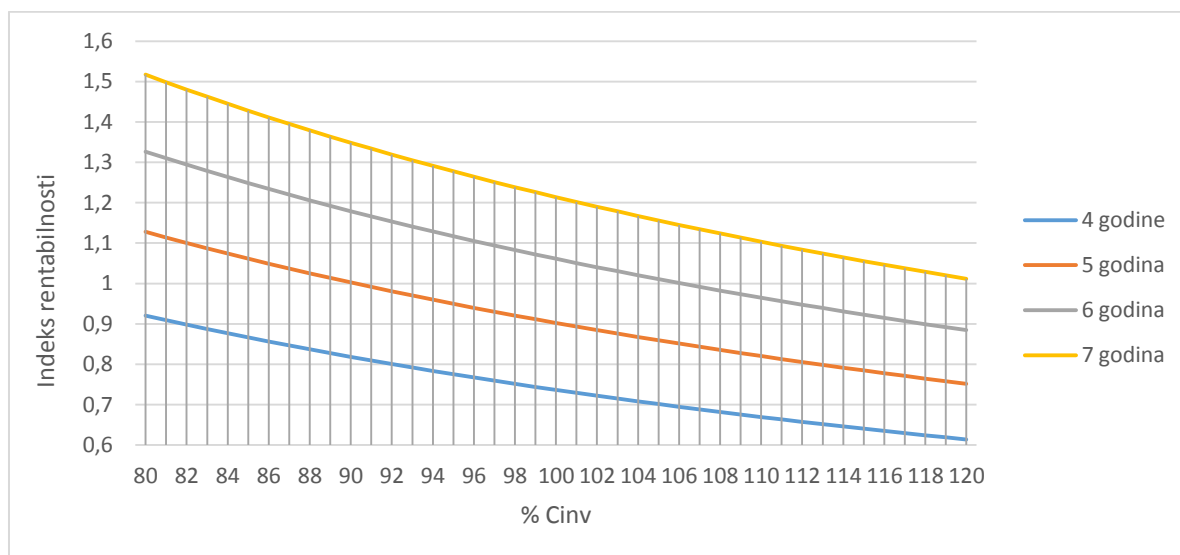


Slika 16. Grafik promene indeksa rentabilnosti u zavisnosti od procentualne promene investicionih troškova za period od 5 godina



Slika 17. Grafik promene indeksa rentabilnosti u zavisnosti od procentualne promene investicionih troškova za period od 6 godina

Poređenja radi na slici 18 dat je uporedni prikaz indeksa rentabilnosti za period od 4,5,6 i 7 godina u zavisnosti od procentualne promene investicionih troškova. Na osnovu ove vrednosti može se najrealnije dati zaključak o periodu povraćaj uloženog novca (payback period).



Slika 18. Grafik promene indeksa rentabilnosti u zavisnosti od procentualne promene investicionih troškova za period od 4,5,6 i 7 godina

Sledi i logičan zaključak da je najrealniji period povraćaja investicije uzimajući u obzir vremensku vrednost novca između 5 i 6 godina.

Radi jasnijeg prikaza izvršeno je poređenje izloženog postrojenja sa i bez rashladne mašine sa binarnom smesom, odnosno poređenje perioda povraćaj investicije CHP i CHCP postrojenja. Prost period otplate CHP postrojenja iznosi 5 godina i 1 mesec, dok je interna stopa prinosa za period od 6 godina 5,34%, a indeks rentabilnosti za isti period je 1,039. Odnosno period povraćaj investicije sa rashladnom mašinom sa binarnom smesom i bez nje razlikuje se veoma malo.

6.4 POREĐENJE INVESTICIONIH TROŠKOVA POSTROJENJA

Poredeći dobijene rezultate sa rezultatima Obernberger et. al [42], može se uvideti da je trigenerativno postrojenje u rangi specifičnih troškova CHP elektrane koja radi na bazi Stirlingovog procesa nominalne izlazne snage 35 kW, cene 5257 EUR/kW_{EL} i CHP gasifikacije koja radi na bazi ORC procesa nominalne izlazne snage 600 kW, cene 5687 EUR/kW_{EL}. Takođe se može uvideti da generalno trigenerativni postupak je skuplji od ostalih CHP načina proizvodnje koji se kreću u granicama od 2500 EUR/kW_{EL} do 5700 EUR/kW_{EL}. Elektrane sa višom instalisanom snagom imaju i niže specifične troškove. Duvia et. al [43] daje više specifične troškove CHP ORC postrojenja sa sagorevanjem biomase koji se kreću u granicama od 4900 EUR/kW_{EL} za više instalisane snage, pa sve do 10000 EUR/kW_{EL} za niže instalisane snage. Period otplate postrojenja iznosi oko 7 godina. U tabeli 17 prikazane su specifični investicioni troškovi drugih elektrana koji proizvode samo električnu energiju ili rade kogenerativno McKendry et. al [44].

Tabela 17. Specifični investicioni troškovi elektrana na biomasu

	O'Konor, 2011	Mot MekDonald, 2011	EPA, 2007 i EIA, 2010	Obernberg, 2011	Duvia, 2009
USD/kW _{el}					EUR/kW _{el}
Postrojenje za proizvodnju el. energije sa Stoker kotlovima	2600-3000	1980-2590	1390-1600	2080	-
CHP postrojenje sa Stoker kotlovima	2500-4000	-	3320-5080	3019	-
Turboden 22 split	-	-	-	-	4500
Turboden 18 split	-	-	-	-	4900
Turboden 14 split	-	-	-	-	5900
Postrojenje za proizvodnju el. energije kombinovanim sagorevanjem uglja i	100-600	-	-	-	-

biomase					
CHP postrojenje na biomasu	900-1500	-	-	-	-
Gasifikacija u nepokretnom sloju (korišćenje motora SUS)	-	4150	1730	4321-5074	-
Gasifikacija u nepokretnom sloju gasne turbine)	3000-3500	-	-	-	-
Gasifikacija u fluidizovanom sloju gasne turbine)	-	-	2470-4610	-	-
Digestori (korišćenje motora SUS)	1650-1850	2840-3665	-	-	-
Digestori	1850-2300	-	-	-	-
Deponijski gas	1350-1500	-	1804	-	-

Treba uzeti u obzir da podaci datiraju iz različitih perioda tako da poređenje nije u potpunosti relevantno zbog uticaja inflacije i daljeg napredka tehnologije. Prost period otplate za sva postrojenja kreće se u rasponu od 4 do 7 godina. Investiciona cena ugrađenog ORC postrojenja uključujući građevinske radove i inženjering prema podacima, za opseg snaga od 650 do 5000 kW_{el}, se može proceniti koristeći jednačinu dobijenu metodom najmanjeg kvadrata:

$$C_{inv} = 12100 \cdot P_{ORC}^{0,805} \quad [73]$$

Investiciona cena ugrađenog postrojenja [43], za opseg od 345 do 1800 kW_{el} se može proceniti jednačinom:

$$C_{inv} = 196000 \cdot P_{ORC}^{0,495} \quad [74]$$

Poređenje investicionih troškova prikazanog CHP postrojenja snage 475 kW_{el} i CHCP postrojenja snage 475 kW_{el} sa investicionim troškovima CHP postrojenja snage 475 kW_{el} prema jednačinama 16 i 17 prikazana su u tabeli 18.

Tabela 18. Poređenje investicionih troškova postrojenja snage 475 kW_{el}

	Duvia 2014	Obernberg 2009	CHP postrojenje	CHCP postrojenje
Snaga	475kW _{el}			
Investiciona cena, EUR	3.142.089	1.727.920	2.286.890	2.729.472

Ovim je dokazano da se investicioni troškovi postrojenja sračunati na osnovu jednoparametarske metode sa primenom detaljne faktorske analize ne odstupaju bitno od troškova postrojenja slične ili iste namena.

7 ZAKLJUČAK

U prvom delu radu su prikazani modeli vremesnkih serija ARCH/GARCH, EGARCH i TGARCH za praćanje dinamike promene vrednosti fjučersa emisionih dozvola na ETS tržištu u toku treće faze trgovine. Iz izvršenih poređenja modela mogu se izvesti sledeća četiri zaključka

- Modeli sa t-raspodelom reziduala pokazuju veće vrednosti informacionih kriterijuma (AIC i BIC) stoga i bolju performanse prognoziranja u odnosu na modele sa normalnim raspodelom reziduala.
- Bitno svojstvo koje ne sme biti zanemareno pri modeliranju vremenskih serija fjučersa jeste leveridž efekat, odnosno asimetrično ponašanje volatilnosti na rast i pad cena. Stoga EGARCH i TGARCH modeli pokazuju se boljim u odnosu na standardne modele koje zanemaruju efekte simetričnosti, kao što su ARCH/GARCH.
- Veliki broj ARCH/GARCH model pokazuje korelisanost reziduala, stoga isti ne predstavljaju proces belog šuma
- Od svih analiziranih modela najbolje performanse prognoziranja pokazuju ARMA (3,3) EGARCH(1,1) model sa t raspodelom reziduala i ARMA (3,3) TGARCH(1,1) model sa t raspodelom rezidua

Tokom drugog dela rada su prikazani modeli VAR vremesnkih serija čiji je cilj bilo utvrditi postojanje uzročnosti između vremenskih serija spot cena EUA, NG i fjučers cena uglja i EE. Pored toga izgrađen je VECM model za prognozu vremenskih serija usled utvrđene kointegracije reda 1. Između ostalog dekompozicija varijanse pokazala je mali udeo ostalih varijansi u okviru varijanse svake od serije ponaosob. Iz navedenog mogu se izvesti sledeći zaključci:

- Model cena EUA nije uzrokovan ostalim modelima stoga se cene emisionih dozvola najviše nalaze pod uticajem spoljašnjih faktora. Na osnovu toga buduća istraživanja

treba da budu usmerena u cilju pronalaženja faktora koji primarno utiču na cene EUA u okviru faze III trgovanja na ETS.

- Cene fjučersa EE takođe nisu pod uticajem ostalih faktora, što je donekle i razumno zato što su iste stacionarne u posmatranom periodu, za razliku od cena fjučersa uglja i spot cena NG.
- Cene NG su direktno uzorkovane cenama fjučersa uglja i EE. Na smanjenje cena uglja u posmatranom periodu nije bitno uticao rast cena EUA.
- Model koji je prikazan se relativno dobro slaže sa zadatim modelim osnovna razlika tiče se R^2 i modifikovanog R^2 koji su niske u slučaju stohastičke prognoze, stoga je u budućim istraživanjima neophodno primeniti izgrađeni VECM model van intervala kojima se raspolaže.

S obzirom na veliki broj strukturnih šokova tokom drugog dela je zanemaren BREXIT, ovo je potkrepljeno i činjenicom da su određeni strukturni promecaji pokazali signifikantnost LR testa. Potrebno je uz dalju pomoć finansijskih analitičara u budućnosti predvideti dalja kretanja cena EUA, ukoliko je to moguće.

Naravno primena ARCH modela se pokazala u odnosu na VAR modele kao dosta lošija uzevši u obzir koeficijent determinacije i modifikovani koeficijent determinacije. Poređenjem rezultata dobijenih u ovom radu sa ostalim radovima čiji je pregled dat u uvodu, a koji se tiču dinamike promene cena i prognoziranja promena cena VAR modelima, može se zaključiti da VAR modeli pokazuju mnogo efikasniji alat u daljem prognoziranju promene spot cena EUA. Stoga je u budućnosti neophodno implementirati u odgovarajući VAR model i određene strukturne šokove koji nisu signifikantni primenom LR testa, a nisu se našli u okviru ovog rada.

Na osnovu prethodnog u poslednjem delu rada pokazana je isplativost (opravdanost) investicije koja ne zagađuje okolinu, odnosno ne učestvuje na EU ETS tržištu, a predstavlja jednu od najsavremenijih energetske objekata kojih ima vrlo malo na prostoru EU.

Stoga je posredstvom trećeg dela rada prikazano koje su prednosti trigenerativnog ORC postrojenja na biomasu sa posebno naglašenim efektom na zaštitu životne sredine. Brojne prednosti korišćenja trigeneracije ogledaju se i na ekonomski efekat iste. Racionalnim upravljanjem resursa i lokacijom ovakvih postrojenja na mestima koja zahtevaju toplotnu, električnu i rashladnu energiju moguće je da prikazana investicija bude rentabilnija odnosno da se period otplate snizi.

U budućnosti očekivano je da usled povećanja populacije širom sveta dođe i do većih zahteva za energiju što implicira i povećanu cenu iste, a i višu emisiju GHG i više cene EUA, stoga će prisustvo trigenerativnih ORC postrojenja koje rade na biomasu biti još aktuelnija. Posebno je važno naglasiti da rentabilnost investicije nije jedini faktor koji će navesti investitora da uloži novac u određeni projekat posebno zbog toga što ista ne uzima u obzir analizu rizika.

Analiza rizika u okviru rada nije sprovedena ali važno je investitoru skrenuti pažnju na istu. Stoga i ne treba podatke prikazane u radu prihvatiti kao apsolutno tačne, već na njih treba gledati kao na smernicu u što profitabilnijem načinu investiranja u objekte koji nisu uključeni u trgovinu EUA. Radi potvrđivanja istih ostavljeno je u budućnosti analizirati iste ili slične investicije sa akcentom na različite lokacije radi uzimanja u obzir i lokacijskih faktora koji bitno utiču na investicione i operativne troškove.

Sumirajući prethodne rezultate pokazuje se da je racionalno očekivati veći broj istraživanja koji će se ticati dalje analize EU ETS tržišta, kao i procena rentabilnosti investicija koja direktno ne zavise od iste. Iz navedenog opšti zaključak odnosi se da će EU ETS tržišta imati

veliki uticaj na sprovođenje koncepta održivog razvoja posredstvom „čistih tehnologija“, sa mogućnošću ostvarivanja zarade na EU ETS tržištima, uštedom u emisijama GHG i prognoziranjem vremenskih serija dinamike promene cena EUA.

8 LITERATURA

- [1] F. M. J. Venmans, "The effect of allocation above emissions and price uncertainty on abatement investments under the EU ETS," *Journal of Cleaner Production*, vol. 126, pp. 595-606, 2016.
- [2] A. G. Kossoy, Pierre;, "State and trends of the carbon market 2012," 2012.
- [3] A. Petrovic and Z. Jeremic, "REGULATION AND TRADING WITH GREEN HOUSE EFFECT GASES AND ADVANTAGES OF SERBIA'S ENTRY IN THE EMISSION MARKET," *International Journal for Quality Research*, vol. 1, pp. 705-718, 2015.
- [4] T. Gilbertson, O. Reyes, and L. Lohmann, *Carbon Trading: How it works and why it fails* vol. 7: Dag Hammarskjöld Foundation Uppsala, 2009.
- [5] N. Linacre, A. Kossoy, and P. Ambrosi, "State and trends of the carbon market 2011," The World Bank 2011.
- [6] R. Brouwers, F. Schoubben, and C. Van Hulle, "The EU ETS and corporate environmental abatement," *Applied Economics Letters*, pp. 1-4, 2016.
- [7] P. Deeney, M. Cummins, M. Dowling, and A. F. Smeaton, "Influences from the European Parliament on EU emissions prices," *Energy Policy*, vol. 88, pp. 561-572, 2016.
- [8] Y. Fan, Y.-P. Liu, and J.-F. Guo, "How to explain carbon price using market micro-behaviour?," *Applied Economics*, pp. 1-16, 2016.
- [9] R. Calel and A. Dechezlepretre, "Environmental policy and directed technological change: Evidence from the European carbon market," *Review of economics and statistics*, vol. 98, pp. 173-191, 2016.
- [10] M. E. Klemetsen, K. E. Rosendahl, and A. L. Jakobsen, "The impacts of the EU ETS on Norwegian plants' environmental and economic performance," 2016.
- [11] M. A. Boutabba and S. Lardic, "EU Emissions Trading Scheme, competitiveness and carbon leakage: new evidence from cement and steel industries," *Annals of Operations Research*, pp. 1-15, 2016.
- [12] E. Benz and S. Trück, "Modeling the price dynamics of CO₂ emission allowances," *Energy Economics*, vol. 31, pp. 4-15, 2009.
- [13] S. S. Yang, J.-W. Huang, and C.-C. Chang, "Detecting and modelling the jump risk of CO₂ emission allowances and their impact on the valuation of option on futures contracts," *Quantitative Finance*, vol. 16, pp. 749-762, 2016.
- [14] Ü. Gürler, D. Yenigün, M. Çağlar, and E. Berk, "On the Modeling of CO₂ EUA and CER Prices of EU- ETS for the 2008–2012 Period," *Applied Stochastic Models in Business and Industry*, 2016.
- [15] J.-J. Jia, J.-H. Xu, and Y. Fan, "The impact of verified emissions announcements on the European Union emissions trading scheme: A bilaterally modified dummy variable modelling analysis," *Applied Energy*, vol. 173, pp. 567-577, 2016.
- [16] M. Chesney, J. Gheysens, A. C. Pana, and L. Taschini, "Emission Price Dynamics," in *Environmental Finance and Investments*, ed: Springer, 2016, pp. 159-197.

- [17] J. W.-S. Hu, Y.-C. Hu, and J. Chien, "Elucidating the Relationship among EUA Spot Price, Brent Oil Price and Three European Stock Indices," *Universal Journal of Accounting and Finance*, vol. 4, pp. 53-72, 2016.
- [18] Y. Tian, A. Akimov, E. Roca, and V. Wong, "Does the carbon market help or hurt the stock price of electricity companies? Further evidence from the European context," *Journal of Cleaner Production*, vol. 112, pp. 1619-1626, 2016.
- [19] B. J. Lutz, U. Pigorsch, and W. Rotfuß, "Nonlinearity in cap-and-trade systems: The EUA price and its fundamentals," *Energy Economics*, vol. 40, pp. 222-232, 2013.
- [20] Z. BODIE, A. KANE, and A. J. MARCUS, "Investments."
- [21] S. Venkataraman, "Value at risk for a mixture of normal distributions: the use of quasi-Bayesian estimation techniques," *Economic Perspectives-Federal Reserve Bank of Chicago*, vol. 21, pp. 2-13, 1997.
- [22] R. F. Engle, "Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation," *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, pp. 987-1007, 1982.
- [23] T. Angelidis, A. Benos, and S. Degiannakis, "The use of GARCH models in VaR estimation," *Statistical methodology*, vol. 1, pp. 105-128, 2004.
- [24] T. Bollerslev, "Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity," *Journal of econometrics*, vol. 31, pp. 307-327, 1986.
- [25] H. Akaike, "Information theory and an extension of the maximum likelihood principle," in *Breakthroughs in statistics*, ed: Springer, 1992, pp. 610-624.
- [26] F. X. Diebold and J. A. Lopez, "8 Forecast evaluation and combination," *Handbook of statistics*, vol. 14, pp. 241-268, 1996.
- [27] G. Kirchgässner, J. Wolters, and U. Hassler, *Introduction to modern time series analysis*: Springer Science & Business Media, 2012.
- [28] Y. Ait-Sahalia, J. Fan, and Y. Li, "The leverage effect puzzle: Disentangling sources of bias at high frequency," *Journal of Financial Economics*, vol. 109, pp. 224-249, 2013.
- [29] D. B. Nelson, "Conditional heteroskedasticity in asset returns: A new approach," *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, pp. 347-370, 1991.
- [30] T. Busch and V. H. Hoffmann, "Emerging carbon constraints for corporate risk management," *Ecological Economics*, vol. 62, pp. 518-528, 2007.
- [31] A. Kolk and J. Pinkse, "Market strategies for climate change," *European management journal*, vol. 22, pp. 304-314, 2004.
- [32] H. J. Schellnhuber, S. Rahmstorf, and R. Winkelmann, "Why the right climate target was agreed in Paris," *Nature Climate Change*, vol. 6, pp. 649-653, 2016.
- [33] H. Lütkepohl and M. Krätzig, *Applied time series econometrics*: Cambridge university press, 2004.
- [34] C. W. Granger, "Some recent development in a concept of causality," *Journal of econometrics*, vol. 39, pp. 199-211, 1988.
- [35] S. Johansen, "Statistical analysis of cointegration vectors," *Journal of economic dynamics and control*, vol. 12, pp. 231-254, 1988.

- [36] J. H. Wilkinson and J. H. Wilkinson, *The algebraic eigenvalue problem* vol. 87: Clarendon Press Oxford, 1965.
- [37] Z. J. Kovačić, *Analiza vremenskih serija*: Ekonomski fakultet, 1998.
- [38] C.-Y. Sin and H. White, "Information criteria for selecting possibly misspecified parametric models," *Journal of Econometrics*, vol. 71, pp. 207-225, 1996.
- [39] N. Ćehajić, S. Halilčević, and I. Softić, "Primjena organskog Rankinovog ciklusa (ORC) i prikladni radni fluidi," *Tehnički glasnik*, vol. 8, pp. 229-237, 2014.
- [40] J. Hernández-Santoyo and A. Sánchez-Cifuentes, "Trigeneration: an alternative for energy savings," *Applied Energy*, vol. 76, pp. 219-227, 2003.
- [41] С. Генић, Б. Јаћимовић, С. Митић, and П. Колендић, "Економске анализе за потребе процесног инжењерства," *Савез машинских и електротехничких инжењера и техничара Србије, Београд*, 2014.
- [42] I. Obernberger and G. Thek, "Cost assessment of selected decentralised CHP applications based on biomass combustion and biomass gasification," in *16th European biomass conference and exhibition, ETA-renewable energies, Valencia*, 2008.
- [43] A. Duvia, A. Guercio, and C. Rossi, "Technical and economic aspects of biomass fuelled CHP plants based on ORC turbogenerators feeding existing district heating networks," in *17th European Biomass Conference, Hamburg, Germany, June, 2009*, pp. 2030-2037.
- [44] P. McKendry, "Energy production from biomass (part 1): overview of biomass," *Bioresource technology*, vol. 83, pp. 37-46, 2002.

9 PRILOG

9.1 MODELI ARCH

Tabela 1A. ARCH/GARCH model sa konstantom, normalna raspodela reziduala

	konst ARCH(1)	konst ARCH (2)	konst GARCH(1, 1)	konst GARCH(1, 2)	konst GARCH(2, 1)	konst GARCH(2, 2)
Glavna jednačina						
Konst.	-0.000234 (0.7427)	- 0.000260 (0.4747)	0.000297 (0.3186)	0.000281 (0.3723)	0.000281 (0.3562)	0.000329 (0.2850)
AR(1)	-	-	-	-	-	-
AR(2)	-	-	-	-	-	-
MA(1)	-	-	-	-	-	-
MA(2)	-	-	-	-	-	-
Uslovna varijansa						
w	0.000193 (0.0000)	9.87E-05 (0.0000)	1.1E-06 (0.0050)	1.31E-06 (0.0058)	9.65E-07 (0.0094)	1.74E-06
α_1	0.281709 (0.0000)	0.284231 (0.0000)	0.133572 (0.0000)	0.74519 (0.0000)	0.149016 (0.0000)	0.163027 (0.0000)
α_2	-	0.492853 (0.0000)	-	-	-0.028392 (0.3069)	0.0567008 (0.0667)
β_1	-	-	0.880431 (0.0000)	0.243989 (0.0005)	0.891245 (0.0000)	0.067989 (0.5634)
β_2	-	-	-	0.597261 (0.0000)	-	0.733944 (0.0000)
Dijagnostika						
ARCH (LM) test	0.9079	0.9579	0.5089	0.9529	0.6885	0.8252
Asimterija	-2.490993	-	-0.484570	-0.577254	-0.506803	-0.556368

		0.863802				
Spljoštenost	34.83862	8.170660	7.477125	8.276387	7.611721	8.021587
Jarque-Bera test	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
R²	-0.00002	- 0.000009	-0.00978	-0.00919	-0.00918	-0.01108
adj R²	-0.00002	- 0.000010	-0.00978	-0.00919	-0.00918	-0.01108
AIC	-5.504960	- 5.701089	-5.910015	-5.909196	-5.908322	-5.909041
BIC	-5.489481	- 5.680451	-5.889376	-5.883399	-5.882524	-5.897239
Korelacija reziduala (Ljung-box)						
Q(4)	0.034	0.045	0.008	0.002	0.006	0.004
Q(8)	0.0000	0.227	0.063	0.023	0.050	0.037
Q(19)	0.000	0.005	0.171	0.071	0.145	0.102
Korelacija kvadrata reziduala (Ljung-box)						
Q(4)	0.374	0.180	0.691	0.982	0.832	0.969
Q(8)	0.536	0.010	0.835	0.970	0.887	0.970
Q(19)	0.072	0.000	0.985	0.999	0.992	0.998

Tabela 2A. ARCH/GARCH model AR(1), normalna raspodela reziduala

	AR(1) ARCH(1)	AR(1) ARCH (2)	AR(1) GARCH(1,1)	AR(1) GARCH(1,2)	AR(1) GARCH(2,1)	AR(1) GARCH(2,2)
Glavna jednačina						
Konst.	- 0.000264 (0.6293)	- 0.00027 7 (0.4660)	0.000293 (0.3032)	0.000278 (0.3571)	0.00276 (0.3433)	0.00032 (0.2785)
AR(1)	- 0.021232 (0.4982)	0.05611 2 (0.0293)	-0.048534 (0.1454)	-0.049875 (0.1847)	-0.048207 (0.1793)	-0.047323 (0.2306)
AR(2)	-	-	-	-	-	-
MA(1)	-	-	-	-	-	-
MA(2)	-	-	-	-	-	-
Uslovna varijansa						
w	0.000193 (0.0000)	9.51E-05 (0.0000)	1.11E-06 (0.0056)	1.3E-06 (0.0000)	9.6E-07 (0.0091)	1.71E-06 (0.0089)
α_1	0.277764 (0.0000)	0.30398 0 (0.0000)	0.130292 (0.0000)	0.169812 (0.0000)	0.144941 (0.0000)	0.159285 (0.0000)
α_2	-	0.50696 8 (0.0000)	-	-	-0.027616 (0.3285)	0.053205 (0.1171)
β_1	-	-	0.882692 (0.0000)	0.240329 (0.0008)	0.893581 (0.0000)	0.077847 (0.5486)
β_2	-	-	-	0.60420 (0.0000)	-	0.729507 (0.0000)
Dijagnostik a						
ARCH (LM) test	0.9154	0.9153	0.4704	0.9085	0.6419	0.7878
Asimterija	- 2.480494	- 0.85737 3	0.501104	-0.585865	-0.521371	-0.566507
Spljoštenost	34.77356	7.99849 1	7.503037	8.301287	7.642091	8.059916

Jarque-Bera test	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
R^2	-0.00386	-0.03363	-0.03189	-0.03258	-0.03093	-0.03189
adj R^2	-0.01453	-0.04434	-0.04261	-0.04330	-0.04164	-0.04261
AIC	-5.503016	-5.700276	-5.910186	-5.909626	-5.908476	-5.909130
BIC	-5.482378	-5.674478	-5.884366	-5.878642	-5.877492	-5.872982
Korelacija reziduala (Ljung-box)						
Q(4)	0.0000	0.012	0.002	0.000	0.002	0.001
Q(8)	0.0000	0.0117	0.041	0.014	0.033	0.023
Q(19)	0.0000	0.002	0.137	0.054	0.116	0.080
Korelacija kvadrata reziduala (Ljung-box)						
Q(4)	0.389	0.164	0.642	0.989	0.787	0.948
Q(8)	0.555	0.013	0.839	0.976	0.892	0.972
Q(19)	0.057	0.0000	0.986	0.999	0.993	0.999

Tabela 3A. ARCH/GARCH model ARMA (1,1) , normalna raspodela reziduala

[illegible]

	ARCH(1)	ARCH (2)	GARCH(1,1)	GARCH(1,2)	GARCH(2,1)	GARCH(2,2)
Glavna jednačina						
Konst.	- 0.000248 (0.6140)	3.43E-05 (0.8215)	0.000323 (0.0441)	0.000289 (0.2641)	0.000282 (0.2712)	0.000309 (0.2304)
AR(1)	0.373566 (0.0467)	0.95756 7 (0.0000)	0.944761 (0.0000)	0.468969 (0.0270)	0.448255 (0.0569)	0.464989 (0.406)
AR(2)	-	-	-	-	-	-
MA(1)	0.457087 (0.0161)	0.98646 1 (0.0000)	-0.970428 (0.0000)	-0.565366 (0.0035)	-0.537042 (0.0147)	-0.577186 (0.0102)
MA(2)	-	-	-	-	-	-
Uslovna varijansa						
w	0.000195 (0.0000)	0.00011 5 (0.0000)	1.16E-06 (0.0039)	1.21E-06 (0.0063)	9.03E-07 (0.0089)	1.46E-06 (0.0095)
α_1	0.261383 (0.0000)	0.32477 8 (0.0000)	0.136925 (0.0000)	0.166935 (0.0000)	0.141090 (0.0000)	0.158775 (0.0000)
α_2	-	0.13948 0 (0.0000)	-	-	-0.02377 (0.3287)	0.034138 (0.3697)
β_1	-	-	0.877191 (0.0000)	0.190328 (0.0000)	0.896757 (0.0000)	0.117046 (0.3977)
β_2	-	-	-	0.656530 (0.0000)	-	0.707324 (0.0000)
Dijagnostik a						
ARCH (LM) test	0.9509	0.6598	0.5250	0.8282	0.5646	0.7436
Asimterija	- 2.411442	- 1.31299 0	-0.466746	-0.611946	-0.542780	-0.591630
Spljoštenost	33.67858	13.8642	7.593801	8.436663	7.704965	8.236499

		7				
Jarque-Bera test	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
R²	0.06461	0.11863	0.11387	0.05887	0.06139	0.05969
adj R²	0.04335	0.09749	0.09272	0.03761	0.04014	0.03843
AIC	- 5.504456	- 5.63747 7	-5.913202	-5.914689	-5.911787	-5.913200
BIC	- 5.478637	- 5.60649 4	-5.882218	-5.878541	-5.875640	-5.871889
Korelacija reziduala (Ljung-box)						
Q(4)	0.0000	0.011	0.003	0.002	0.004	0.004
Q(8)	0.0000	0.007	0.017	0.018	0.023	0.015
Q(19)	0.0000	0.0000	0.088	0.067	0.126	0.087
Korelacija kvadrata reziduala (Ljung-box)						
Q(4)	0.281	0.193	0.890	0.983	0.835	0.975
Q(8)	0.555	0.255	0.867	0.985	.883	0.977
Q(19)	0.019	0.004	0.991	1.000	0.994	0.999

Tabela 4A. ARCH/GARCH model ARMA (2,2) , normalna raspodela reziduala

	AR(2) MA(2) ARCH(1	AR(2) MA(2) ARCH	AR(2) MA(2) GARCH(1,1	AR(2) MA(2) GARCH(1,2	AR(2) MA(2) GARCH(2,1	AR(2) MA(2) GARCH(2,2
--	-----------------------------------	---------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------

	)	(2)	)	)	)	)
Glavna jednačina						
Konst.	- 0.000689 (0.0944)	- 0.00023 6 (0.4991)	0.000273 (0.2931)	0.000273 (0.3108)	0.000257 (0.3349)	0.000281 (0.2943)
AR(1)	0.849120 (0.0000)	0.32836 7 (0.0000)	-0.196037 (0.3671)	-0.135980 (0.5409)	-0.181286 (0.4028)	-0.148392 (0.5036)
AR(2)	- 0.870373 (0.0000)	- 0.79709 0 (0.0000)	-0.352258 (0.0779)	-0.302197 (0.1212)	-0.331139 (0.0998)	-0.317227 (0.1043)
MA(1)	- 0.974469 (0.0000)	- 0.27626 5 (0.0002)	0.142332 (0.5244)	0.076773 (0.7354)	0.126855 (0.5682)	0.090578 (0.6924)
MA(2)	0.924703 (0.0000)	0.76563 7 (0.0000)	0.200414 (0.3347)	0.148334 (0.4632)	0.17878 (0.3932)	0.164167 (0.4176)
Uslovna varijansa						
w	0.000151 (0.0000)	8.91E-05 (0.0000)	8.75E-07 (0.0072)	1.11E-06 (0.0053)	7.48E-07 (0.0097)	3.01e-06 (0.0357)
α_1	0.563407 (0.0000)	0.30535 8 (0.0000)	0.120553 (0.0000)	0.162473 (0.0000)	0.137540 (0.0000)	0.196096 (0.0003)
α_2	-	0.57653 8 (0.0000)	-	-	-0.031186 (0.2723)	-0.003796 (0.9517)
β_1	-	-	0.891280 (0.0000)	0.186923 (0.0015)	0.903053 (0.0000)	0.160728 (0.4110)
β_2	-	-	-	0.0000	-	0.654584 (0.0001)
Dijagnostika						
ARCH (LM) test	0.5887	0.8493	0.3922	0.8611	0.5999	0.8001

Asimterija	- 1.388486	- 0.88210 7	-0.500338	-0.591538	-0.523800	-0.57900
Spljoštenost	17.18566	7.96777 1	7.415591	8.166807	7.557491	8.064399
Jarque-Bera test	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
R²	0.32035	0.10923	0.30516	0.32314	0.31162	0.31967
adj R²	0.277881	0.06678	0.26355	0.28161	0.27004	0.27813
AIC	- 5.553449	- 5.69867 7	-5.923842	-5.926332	-5.922336	-5.924394
BIC	- 5.517271	- 5.65733 0	-5.882496	-5.879818	-5.875821	-5.872711
Korelacija reziduala (Ljung-box)						
Q(4)	-	-	-	-	-	-
Q(8)	0.0000	0.008	0.230	0.172	0.218	0.185
Q(19)	0.0000	0.0000	0.601	0.510	0.588	0.526
Korelacija kvadrata reziduala (Ljung-box)						
Q(4)	0.430	0.034	0.706	0.977	0.776	0.969
Q(8)	0.142	0.042	0.651	0.978	0.836	0.970
Q(19)	0.002	0.0000	0.980	0.999	0.991	0.999

Tabela 5A. ARCH/GARCH model ARMA (3,3) , normalna raspodela reziduala

	AR(3) MA(3) ARCH(	AR(3) MA(3) ARCH	AR(3) MA(3) GARCH(1,	AR(3) MA(3) GARCH(1,2)	AR(3) MA(3) GARCH(2,1)	AR(3) MA(3) GARCH(2,
--	----------------------------------	---------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------

	1)	(2)	1)			2)
Glavna jednačina						
Konst.	- 0.00052 4 (0.1555)	0.00030 5 (0.4006)	0.000273 (0.3021)	0.000278 (0.3151)	0.000254 (0.3557)	0.000284 (0.3043)
AR(1)	- 0.16170 9 (0.000)	0.04660 6 (0.7522)	0.343742 (0.8584)	0.385818 (0.7451)	0.393326 (0.7097)	0.387246 (0.7431)
AR(2)	-0.04313 (0.0766)	- 0.67244 8 (0.0000)	-0.238915 (0.5731)	-0.214553 (0.4709)	-0.208550 (0.5005)	-0.218594 (0.4697)
AR(3)	- 0.83560 2 (0.0000)	- 0.67244 8 (0.0005)	0.158973 (0.8228)	0.100545 (0.8251)	0.117496 (0.7742)	0.109801 (0.8107)
MA(1)	0.00846 0 (0.7456)	0.01923 8 (0.8889)	-0.397193 (0.8366)	-0.443402 (0.7085)	-0.447437 (0.6721)	-0.443806 (0.7068)
MA(2)	- 0.03695 3 (0.0641)	0.61671 4 (0.0000)	0.115614 (0.7421)	0.090911 (0.7405)	0.087102 (0.7619)	0.095644 (0.7309)
MA(3)	0.87693 7 (0.0000)	0.54646 (0.0000)	-0.074086 (0.8683)	-0.010436 (0.9733)	-0.024045 (0.9347)	-0.018966 (0.9525)
Uslovna varijansa						
w	0.00014 (0.0000)	8.49E- 05 (0.0000)	8.43E-07 (0.0077)	1.11E-06 (0.0052)	7.12E-07 (0.0102)	1.17-06 (0.0077)
α_1	0.64427 6 (0.0000)	0.32787 1 (0.0000)	0.116189 (0.0000)	0.159599 (0.0000)	0.135022(0.000 0)	0.155347 (0.0000)

α_2	-	0.59063 (0.0000)	-	-	-0.033941 (0.2349)	0.012516 (0.7552)
β_1	-	-	0.894442 (0.0000)	0.185161 (0.0019)	0.907022 (0.0000)	0.161790 (0.2608)
β_2	-	-	-	0.666588(0.0000)	-	0.682797 (0.0000)
Dijagnostika						
ARCH (LM) test	0.4758	0.9919	0.3847	0.8795	0.6214	0.8303
Asimterija	- 1.216655	- 0.941165	-0.492410	-0.579956	-0.515812	-0.570850
Spljoštenost	14.87997	8.191653	7.425205	8.141974	7.560753	8.069479
Jarque-Bera test	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
R²	0.23004	0.25748	0.33018	0.32308	0.31650	0.32022
adj R²	0.16694	0.19455	0.23753	0.26059	0.25396	0.25770
AIC	- 5.553621	- 5.70108	-5.920596	-5.923594	-5.919241	-5.921566
BIC	- 5.507067	- 5.657382	-5.868869	-5.866695	-5.862341	-5.859494
Korelacija reziduala (Ljung-box)						
Q(4)	-	-	-	-	-	-
Q(8)	0.0000	0.012	0.071	0.071	0.088	0.074
Q(19)	0.0000	0.007	0.463	0.425	0.494	0.433
Korelacija kvadrata reziduala (Ljung-box)						

Q(4)	0.302	0.107	0.702	0.978	0.779	0.973
Q(8)	0.021	0.105	0.751	0.977	0.839	0.971
Q(19)	0.0000	0.001	0.981	0.999	0.992	0.999

Tabela 6A. ARCH/GARCH model sa konstantom, t-raspodela reziduala

	konst ARCH(1)	konst ARCH (2)	konst GARCH(1,1)	konst GARCH(1,2)	konst GARCH(2,1)	konst GARCH(2,2)
Glavna jednačina						
Konst.	0.000230 (0.4670)	0.00024 1 (0.4252)	0.000210 (0.4392)	0.000236 (0.3844)	0.000205 (0.4508)	0.000235 (0.3861)
AR(1)	-	-	-	-	-	-
AR(2)	-	-	-	-	-	-
MA(1)	-	-	-	-	-	-
MA(2)	-	-	-	-	-	-
Uslovna varijansa						
w	0.00199 (0.0017)	0.00012 1 (0.0002)	2.02E-06 (0.0330)	.13E-06 (0.0292)	1.66E-06 (0.0379)	3.10E-06 (0.3861)
α_1	0.91517 (0.0126)	0.58225 5 (0.0062)	0.127143 (0.0000)	0.199855 (0.0000)	0.185602 (0.0037)	0.201305 (0.0003)
α_2	-	0.53554 5 (0.0033)	-	-	-0.080682 (0.2036)	-0.003095 (0.9612)
β_1	-	-	0.880049 (0.0000)	0.159278 (0.1598)	0.899070 (0.0000)	0.165583 (0.4132)
β_2	-	-	-	0.649306 (0.0000)	-	0.644518 (0.0002)
Dijagnostik a						

ARCH (LM) test	0.7362	0.3791	0.4132	0.3578	0.9755	0.9161
Asimterija	-3.38994	- 0.99256 6	-0.538267	-0.52146	-0.608507	-0.693048
Spljoštenost	48.28796	9.04255	7.782090	7.532689	8.262336	9.216446
Jarque-Bera test	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
R²	-0.00739	-0.00776	-0.00671	-0.00757	-0.00656	-0.00755
adj R²	-0.00739	-0.00776	-0.00671	-0.00757	-0.00656	-0.00755
AIC	- 5.895168	- 5.93210 7	-6.051178	-6.055026	-6.051141	-6.052900
BIC	- 5.874530	- 5.90631 0	-6.025380	-6.024069	-6.020184	-6.016783
Korelacija reziduala (Ljung-box)						
Q(4)	0.0000	0.102	0.098	0.006	0.012	0.102
Q(8)	0.001	0.216	0.102	0.033	0.086	0.051
Q(19)	0.0000	0.005	0.148	0.058	0.109	0.056
Korelacija kvadrata reziduala (Ljung-box)						
Q(4)	0.738	0.048	0.833	0.989	0.929	0.988
Q(8)	0.915	0.050	0.864	0.988	0.952	0.9662
Q(19)	0.914	0.001	0.993	1.000	0.998	1.000

Tabela 7A. ARCH/GARCH model sa AR(1), t-raspodela reziduala

	AR(1) ARCH(1)	AR(1) ARCH (2)	AR(1) GARCH(1,1)	AR(1) GARCH(1,2)	AR(1) GARCH(2,1)	AR(1) GARCH(2,2)
Glavna						

jednačina						
Konst.	- 0.000267 (0.3673)	0.00026 5 (0.3435)	0.000228 (0.3668)	0.000257 (0.311)	0.000223 (0.3798)	0.000256 (0.3126)
AR(1)	- 0.070672 (0.0243)	- 0.08034 2 (0.0123)	-0.069943 (0.0277)	-0.068777 (0.0404)	-0.068925 (0.0394)	-0.068775 (0.0409)
AR(2)	-	-	-	-	-	-
MA(1)	-	-	-	-	-	-
MA(2)	-	-	-	-	-	-
Uslovna varijansa						
w	0.000215 (0.0055)	0.00013 2 (0.0010)	1.98E-06 (0.0322)	3.04E-06 (0.0288)	1.64E-06 (0.03368)	3.01e-06 (0.0357)
α_1	0.932611 (0.0228)	0.60422 (0.0122)	0.123471 (0.0000)	0.194222 (0.0000)	0.177050 (0.0048)	0.196096 (0.0003)
α_2	-	0.58276 3 (0.0071)	-	0.153379 (0.1747)	-0.073646 (0.2383)	-0.003796 (0.9517)
β_1	-	-	0.883597 (0.0000)	0.660156 (0.0000)	0.900590 (0.0000)	0.160728 (0.4110)
β_2	-	-	-		-	0.654584 (0.0001)
Dijagnostik a						
ARCH (LM) test	0.7384	0.4330	0.3502	0.9790	0.9587	0.951
Asimterija	- 3.235144	- 0.97085 4	-0.559108	-0.696068	-0.534821	-0.699475
Spljoštenost	46.83206	9.10805 1	7.785402	9.182412	9.7831465	9.225706
Jarque- Bera test	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
R²	-0.05684	-0.07120	-0.05433	-0.05383	-0.05276	-0.05381

adj R²	-0.06758	-0.08169	-0.06508	-0.06457	-0.06350	-0.06455
AIC	- 5.898126	- 5.93596 5	-6.055114	-6.058713	-6.054759	-6.05686
BIC	- 5.872306	- 5.90498 1	-6.024130	-6.022565	-6.018612	-6.015275
Korelacija reziduala (Ljung-box)						
Q(4)	0.0000	0.0823	0.060	0.002	0.005	0.065
Q(8)	0.0000	0.136	0.057	0.015	0.030	0.051
Q(19)	0.0000	0.003	0.094	0.037	0.099	0.053
Korelacija kvadrata reziduala (Ljung-box)						
Q(4)	0.750	0.029	0.782	0.979	0.985	0.991
Q(8)	0.923	0.045	0.789	0.983	0.974	0.992
Q(19)	0.853	0.001	0.992	0.999	1.000	0.999

Tabela 8A. ARCH/GARCH model sa ARMA(1,1), t-raspodela reziduala

	AR(1) MA(1) ARCH(1)	AR(1) MA(1) ARCH (2)	AR(1) MA(1) GARCH(1,1)	AR(1) MA(1) GARCH(1,2)	AR(1) MA(1) GARCH(2,1)	AR(1) MA(1) GARCH(2,2)
Glavna jednačina						

Konst.	0.000306 (0.2985)	0.00030 3 (0.2005)	0.000255 (0.2465)	0.000286 (0.1905)	0.000252 (0.2539)	0.000387 (0.0078)
AR(1)	0.945399 (0.0000)	0.95019 6 (0.0000)	0.423846 (0.0289)	0.427944 (0.0224)	0.417285 (0.0324)	0.896539 (0.0000)
AR(2)	-	- 0.96227 6 (0.0000)	-	-	-	-
MA(1)	- 0.950777 (0.0000)	- 0.98646 1 (0.0000)	-0.52914 (0.0033)	-0.536080 (0.0017)	-0.522904 (0.0037)	-0.948696 (0.0000)
MA(2)	-	-	-	-	-	-
Uslovna varijansa						
w	0.000202 (0.0026)	0.00012 2 (0.0003)	1.85E-06 (0.0355)	2.79E-06 (0.0336)	1.57E-06 (0.0403)	3.28E-06 (0.8250)
α_1	0.931896 (0.0154)	0.57263 7 (0.0073)	0.119785 (0.0000)	0.192145 (0.0000)	0.170015 (0.0057)	0.153897 (0.0000)
α_2	-	0.55459 2 (0.0039)	-	-	-0.067544 (0.2695)	0.037614 (0.6654)
β_1	-	-	0.888101 (0.0000)	0.141332 (0.1830)	0.902541 (0.0000)	0.632145 (0.6074)
β_2	-	-	-	0.676301 (0.0000)	-	0.161831 (0.5713)
Dijagnostik a						
ARCH (LM) test	0.7386	0.6598	0.5250	0.6320	0.7632	0.8285
Asimterija	- 3.335708	- 1.31299 0	-0.466746	-0.658641	-0.626752	-0.558891
Spljoštenost	48.60122	13.8642 7	7.593801	7.633210	8.220928	7.793818

Jarque-Bera test	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
R²	0.05911	0.08592	0.05349	0.05009	0.05291	0.06557
adj R²	0.03784	0.06471	0.03222	0.02880	0.03164	0.04432
AIC	-5.898226	-5.935184	-6.062563	-6.067055	-6.061980	-5.975986
BIC	-5.867242	-5.899036	-6.026415	-6.025744	-6.020669	-5.92511
Korelacija reziduala (Ljung-box)						
Q(4)	0.0000	0.023	0.052	0.015	0.054	0.005
Q(8)	0.0000	0.097	0.061	0.028	0.062	0.006
Q(19)	0.0000	0.003	0.088	0.062	0.086	0.0118
Korelacija kvadrata reziduala (Ljung-box)						
Q(4)	0.735	0.115	0.890	0.992	0.860	0.908
Q(8)	0.923	0.255	0.867	0.994	0.946	0.921
Q(19)	0.912	0.004	0.991	0.999	0.999	0.996

Tabela 9A. ARCH/GARCH model sa ARMA(2,2), t-raspodela reziduala

	AR(2) MA(2) ARCH(1)	AR(2) MA(2) ARCH (2)	AR(2) MA(2) GARCH(1,1)	AR(2) MA(2) GARCH(1,2)	AR(2) MA(2) GARCH(2,1)	AR(2) MA(2) GARCH(2,2)
Glavna jednačina						

Konst.	0.000288 (0.3018)	0.00029 3 (0.2742)	0.000243 (0.2795)	0.000276 (0.2195)	0.000242 (0.2840)	0.000274 (0.2212)
AR(1)	0.702058 (0.0024)	- 0.03967 9 (0.8486)	- 0.097719(0.646 9)	-0.084631 (0.7064)	-0.091418 (0.6687)	-0.077540 (0.7334)
AR(2)	- 0.504784 (0.0001)	- 0.29197 0 (0.0534)	-0.336898 (0.0613)	-0.323848 (0.0714)	-0.332290 (0.0653)	-0.319634 (0.0760)
MA(1)	- 0.779922 (0.0012)	- 0.03489 1 (0.8716)	0.025231 (0.9087)	0.010103 (0.9652)	0.019526 (0.9297)	0.002146 (0.9927)
MA(2)	0.486842 (.0.0007)	0.18449 2 (0.2660)	0.202911 (0.2919)	0.193976 (0.3097)	0.200039 (0.2988)	0.19079 (0.3192)
Uslovna varijansa						
w	0.000233 (0.0154)	0.00013 1 (0.0022)	1.54E-06 (0.0432)	2.43E-06 (0.0402)	1.33E-06 (0.0476)	2.3E-06 (0.0468)
α_1	0.958887 (0.0413)	0.62445 5 (0.0157)	0.116418 (0.0000)	0.192166 (0.0000)	0.168194 (0.0060)	0.203442 (0.0003)
α_2	-	0.63031 7 (0.0099)	-	-	-0.066691 (0.2709)	-0.019773 (0.7452)
β_1	-	-	0.892375 (0.0000)	0.142941 (0.1738)	0.904761 (0.0000)	0.174161 (0.3361)
β_2	-	-	-	0.677605 (0.0000)	-	0.654096 (0.0000)
Dijagnostik a						
ARCH (LM) test	0.7286	0.3856	0.2970	0.9970	0.8156	
Asimterija	- 3.011722	- 1.10523 5	-0.543847	-0.662017	-0.588981	

Spljoštenost	42.61455	9.69053 3	7.675234	8.841752	7.995887	
Jarque-Bera test	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
R²	0.28525	0.27309	0.30027	0.29501	0.30139	0.29505
adj R²	0.24356	0.23134	0.25864	0.25335	0.25977	0.25339
AIC	- 5.904211	- 5.94193 0	-6.071850	-6.076550	-6.071269	-6.074590
BIC	- 5.862865	- 5.89541 5	-6.025335	-6.024867	-6.019586	-6.017739
Korelacija reziduala (Ljung-box)						
Q(4)	-	-	-	-	-	-
Q(8)	0.070	0.206	0.178	0.186	0.200	0.187
Q(19)	0.0000	0.006	0.474	0.422	0.478	0.420
Korelacija kvadrata reziduala (Ljung-box)						
Q(4)	0.717	0.019	0.638	0.992	0.804	0.994
Q(8)	0.906	0.053	0.771	0.990	0.903	0.992
Q(19)	0.741	0.003	0.987	0.999	0.997	0.999

Tabela 10A. ARCH/GARCH model sa ARMA(3,3), t-raspodela reziduala

	AR(3) MA(3) ARCH(1)	AR(3) MA(3) ARCH (2)	AR(3) MA(3) GARCH(1,1)	AR(3) MA(3) GARCH(1,2)	AR(3) MA(3) GARCH(2,1)	AR(3) MA(3) GARCH(2,2)
Glavna jednačina						

Konst.	0.000366 (0.1703)	0.00027 1 (0.3806)	0.000280 (0.1006)	0.000272 (0.2069)	0.000242 (0.2666)	0.000271 (0.2069)
AR(1)	- 0.497657 (0.0075)	1.50280 7 (0.0000)	0.823965 (0.0001)	-0.411214 (0.0448)	-0.427883 (0.0452)	-0.409616 (0.0410)
AR(2)	- 0.734400 (0.0000)	- 0.87082 8 (0.0355)	-0.240509 (0.4304)	-0.681180 (0.0000)	-0.696969 (0.0000)	-0.678905 (0.0000)
AR(3)	0.291848 (0.1084)	0.24735 3 (0.1243)	0.350473 (0.0614)	0.347717 (0.0806)	0.328376 (0.1133)	0.351338 (0.0711)
MA(1)	0.429997 (0.0132)	- 1.60618 9 (0.0000)	-0.898976 (0.0001)	0.331910 (0.0796)	0.351048 (0.0785)	0.328566 (0.0746)
MA(2)	0.661734 (0.0000)	0.95271 8 (0.0366)	0.169989 (0.6043)	0.577488 (0.0001)	0.593142 (0.0002)	0.575300 (0.0001)
MA(3)	0.395373 (0.0218)	0.22169 4 (0.2534)	-0.228278 (0.2607)	-0.461085 (0.0114)	-0.439443 (0.0217)	-0.466507 (0.0087)
Uslovna varijansa						
w	0.00028 (0.0265)	0.00015 2 (0.0102)	1.66E-06 (0.0449)	2.58E-06 (0.0392)	1.38E-06 (0.0449)	2.42E-06 (0.0495)
α_1	1.124891 (0.0525)	0.66975 8 (0.0329)	0.12644 (0.0000)	0.194371 (0.0000)	0.178773 (0.0077)	0.209902 (0.0007)
α_2	-	0.61741 5 (0.0263)	-	-	-0.078831 (0.2267)	-0.026873 (0.7013)
β_1	-	-	0.888137 (0.0000)	0.167601 (0.1673)	0.907536 (0.0000)	0.217864 (0.3266)
β_2	-	-	-	0.653823 (0.0000)	-	0.613540 (0.0016)
Dijagnostik a						

ARCH (LM) test	0.7211	0.4803	0.2220	0.9434	0.8452	0.8422
Asimterija	- 3.088147	- 1.12806 7	-0.532436	-0.649556	-0.586654	-0.6619
Spljoštenost	44.23393	10.7043 6	7.684446	9.243840	8.513657	9.449444
Jarque-Bera test	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
R²	0.35181	0.29722	0.39240	0.35193	0.34840	0.35385
adj R²	0.28950	0.23455	0.33034	0.28962	0.28606	0.29155
AIC	- 5.942149	- 5.95318 3	-6.07404	-6.095881	-6.091586	-6.094004
BIC	- 5.890422	- 5.89628 4	-6.017140	-6.033809	-6.029514	-6.026759
Korelacija reziduala (Ljung-box)						
Q(4)	-	-	-	-	-	-
Q(8)	0.0000	0.142	0.51	0.007	0.007	0.065
Q(19)	0.0000	0.001	0.266	0.051	0.064	0.121
Korelacija kvadrata reziduala (Ljung-box)						
Q(4)	0.878	0.042	0.566	0.988	0.822	0.989
Q(8)	0.965	0.027	0.716	0.992	0.935	0.993
Q(19)	0.829	0.002	0.983	0.999	0.996	0.999

Tabela 11A. EGARCH modeli, normalna raspodela reziduala

	AR(2) MA(2) EGARCH(1,1)	AR(2) MA(2) EGARCH(1,2)	AR(2) MA(2) EGARCH(2,2)	AR(3) MA(3) EGARCH(1,1)	AR(3) MA(3) EGARCH(1,2)	AR(3) MA(3) EGARCH(2,2)
--	---	---	---	---	---	---

Glavna jednačina						
Konst.	0.000273 (0.3379)	0.000274 (0.2826)	0.000278 (0.2842)	0.000297 (0.1670)	0.000297 (0.1319)	0.000293 (0.2853)
AR(1)	-0.263342 (0.1316)	-0.544587 (0.0078)	-0.435199 (0.0399)	0.737121 (0.0000)	0.753081 (0.0000)	-0.297122 (0.1376)
AR(2)	-0.555114 (0.0003)	0.173255 (0.3772)	0.295731 (0.1463)	-0.710695 (0.0000)	-0.660481 (0.0000)	-0.325949 (0.0939)
AR(3)	-	-	-	0.904834 (0.0000)	0.855402 (0.0000)	0.657237 (0.0008)
MA(1)	0.200856 (0.2766)	0.460747 (0.0181)	0.379063 (0.0572)	-0.774651 (0.0000)	-0.805257 (0.0000)	0.247932 (0.1680)
MA(2)	0.42879 (0.0082)	-0.321089 (0.0834)	-0.431376 (0.0250)	0.700043 (0.0000)	0.644599 (0.0000)	0.280961 (0.1113)
MA(3)	-	-	-	-0.880265 (0.0000)	-0.808381 (0.0000)	-0.728413 (0.0000)
Uslovna varijansa						
w	-0.222959 (0.0000)	-0.260192 (0.0000)	-0.416412 (0.0000)	-0.23102 (0.0000)	-0.282194 (0.0000)	-0.541477 (0.0000)
α_1	0.212013 (0.0000)	0.278181 (0.0000)	0.247982 (0.0000)	0.224117 (0.0000)	0.283280 (0.0000)	0.266732 (0.0000)
α_2	-	-	0.142592 (0.0000)	-	-	0.170910 (0.0000)
β_1	0.992155 (0.0000)	0.224926 (0.0000)	0.078715 (0.0110)	0.992243 (0.0000)	0.611691 (0.0007)	0.051567 (0.0281)
β_2	-	0.768684 (0.0001)	0.906625 (0.0000)	-	0.379635 (0.0358)	0.923629 (0.0000)
$\square_1$	0.992155 (0.0000)	-0.067732 (0.0000)	-0.095883 (0.0000)	-0.036560 (0.0023)	-0.044996 (0.0054)	-0.095594 (0.0000)
$\square_2$	-	-	0.031202 (0.2231)	-	-	0.028435 (0.2481)
Dijagnostika						
ARCH (LM) test	0.2320	0.6534	0.2610	0.2997	0.6611	0.1367

Asimterija	-0.506704	-0.561505	-0.511881	-0.510735	-0.5332632	-0.463816
Spljoštenost	7.501771	7.705986	6.846810	7.646069	7.695400	6.762644
Jarque-Bera test	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
R²	0.20660	0.11500	0.13810	0.36996	0.30152	0.22965
adj R²	0.16457	0.07257	0.09578	0.30776	0.23889	0.16655
AIC	-5.937799	-5.935330	-5.944033	-5.935864	-5.935994	-5.950145
BIC	-5.891285	-5.883647	-5.882013	-5.878964	-5.873922	-5.877728
Korelacija reziduala (Ljung-box)						
Q(4)	-	-	-	-	-	-
Q(8)	0.093	0.007	0.051	0.002	0.001	0.000
Q(19)	0.339	0.070	0.085	0.071	0.048	0.020
Korelacija kvadrata reziduala (Ljung-box)						
Q(4)	0.682	0.922	0.689	0.800	0.789	0.422
Q(8)	0.769	0.983	0.838	0.879	0.854	0.667
Q(19)	0.981	0.999	0.987	0.990	0.921	0.955

Tabela 12A. EGARCH modeli, t raspodela reziduala

	AR(2) MA(2) EGARCH(1,1)	AR(2) MA(2) EGARCH(1,2)	AR(2) MA(2) EGARCH(2,2)	AR(3) MA(3) EGARCH(1,1)	AR(3) MA(3) EGARCH(1,2)	AR(3) MA(3) EGARCH(2,2)
--	---	---	---	---	---	---

Glavna jednačina						
Konst.	0.000191 (0.4311)	0.000218 (0.3216)	0.000222 (0.3128)	0.000207 (0.3475)	0.000231 (0.2841)	0.000230 (0.2884)
AR(1)	-0.377837 (0.0013)	-0.596077 (0.0000)	-0.596771 (0.0023)	-0.442841 (0.0430)	-0.431021 (0.0294)	-0.429537 (0.0298)
AR(2)	-0.667334 (0.0000)	0.374196 (0.0053)	0.367415 (0.0523)	-0.709591 (0.0000)	-0.700668 (0.0000)	-0.699766 (0.0000)
AR(3)	-	-	-	0.308747 (0.1445)	0.320988 (0.0937)	0.322233 (0.0922)
MA(1)	0.330050 (0.0120)	0.487410 (0.0001)	0.489537 (0.0067)	0.367413 (0.0760)	0.346856 (0.0586)	0.345509 (0.0592)
MA(2)	0.555066 (0.0000)	-0.489984 (0.0001)	-0.482464 (0.0059)	0.604101 (0.0002)	0.589929 (0.0000)	0.589132 (0.0000)
MA(3)	-	-	-	-0.417791 (0.0341)	-0.438639 (0.0122)	-0.439666 (0.0118)
Uslovna varijansa						
w	-0.292409 (0.0000)	-0.429502 (0.0000)	-0.471680 (0.0009)	-0.270054 (0.0000)	-0.403020 (0.0000)	-0.393024 (0.0043)
α_1	0.217229 (0.0000)	0.322263 (0.0000)	0.303730 (0.0000)	0.203056 (0.0000)	0.306979 (0.0000)	0.310158 (0.0002)
α_2	-	-	0.048335 (0.6725)	-	-	-0.010220 (0.9359)
β_1	0.984323 (0.0000)	0.297589 (0.0217)	0.264317 (0.2858)	0.985401 (0.0000)	0.386192 (0.0368)	0.410403 (0.2176)
β_2	-	0.679872 (0.0000)	0.710743 (0.0035)	-	0.592626 (0.0012)	0.410403 (0.2176)
$\square_1$	-0.064763 (0.0125)	-0.085838 (0.0155)	-0.076370 (0.0973)	-0.061623 (0.0100)	-0.089015 (0.0114)	-0.091393 (0.0864)
$\square_2$	-	-	-0.014392 (0.7682)	-	-	0.003976 (0.9447)
Dijagnostika						
ARCH (LM) test	0.3713	0.9715	0.8452	0.3438	0.9937	0.9748

Asimterija	-0.580121	-0.712245	-0.692911	-0.572311	-0.669662	-0.668348
Spljoštenost	8.258534	9.634897	9.366143	8.905546	9.875488	9.884351
Jarque-Bera test	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
R²	0.13886	0.08050	0.08694	0.33890	0.33743	0.33754
adj R²	0.09654	0.03792	0.04440	0.27651	0.27503	0.27514
AIC	-6.078865	-6.070780	-6.067027	-6.097789	-6.100101	-6.095833
BIC	-6.027182	-6.013929	-5.999839	-6.035717	-6.032856	-6.018243
Korelacija reziduala (Ljung-box)						
Q(4)	-	-	-	-	-	-
Q(8)	0.064	0.003	0.003	0.053	0.007	0.07
Q(19)	0.209	0.018	0.023	0.068	0.031	0.031
Korelacija kvadrata reziduala (Ljung-box)						
Q(4)	0.825	0.979	0.984	0.808	0.973	0.988
Q(8)	0.892	0.994	0.976	0.929	0.992	0.992
Q(19)	0.993	0.999	0.999	0.989	0.999	0.999

Tabela 13A. TGARCH modeli, normalna raspodela reziduala

	AR(2) MA(2) TGARCH(1,1)	AR(2) MA(2) GARCH(2,2)	AR(3) MA(3) TGARCH(1,1)	AR(3) MA(3) TGARCH(2,2)
--	------------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------

Glavna jednačina				
Konst.	0.000180 (0.5048)	0.000159 (0.5580)	0.000267 (0.4817)	0.000176 (0.5119)
AR(1)	-0.183409 (0.4154)	-0.149442 (0.5239)	0.027959 (0.9783)	0.140218 (0.8839)
AR(2)	-0.375629 (0.0546)	-0.322922 (0.1248)	-0.433497 (0.1164)	-0.488027 (0.0389)
AR(3)	-	-	-	0.282995 (0.5883)
MA(1)	0.132956 (0.5664)	0.106919 (0.6573)	-0.080794 (0.9374)	-0.188867 (0.8438)
MA(2)	0.227094 (0.2633)	0.177820 (0.4078)	0.300901 (0.2122)	0.370324 (0.0758)
MA(3)	-	-	-0.164066 (0.6594)	-0.263235 (0.5110)
Uslovna varijansa				
w	9.1E-07 (0.0086)	2.09E-06 (0.0042)	8.96E-07 (0.0092)	2.08E-06 (0.005)
α_1	0.098070 (0.0000)	0.083249 (0.0000)	0.097981 (0.0000)	0.086502 (0.0000)
α_2	-	0.093014 (0.0000)	-	0.092665 (0.0000)
β_1	0.890470 (0.0000)	-0.030983 (0.1215)	0.890998 (0.0000)	-0.030804 (0.1373)
β_2	-	0.817593 (0.0000)	-	0.814673 (0.0000)
α_1^-	0.04799 (0.0079)	0.109511 (0.0001)	0.043710 (0.00094)	0.111907 (0.0001)
α_1^+	0.0000 (0.0000)	2.52E-21 (0.0000)	2.14E-18 (0.0000)	1.12E-19 (0.0000)
Dijagnostika				
ARCH (LM) test	0.5031	0.3248	0.5258	0.7525
Asimterija	-0.464365	-0.582143	-0.468779	-0.4996534
Spljoštenost	7.514292	7.844695	7.578046	7.625034

Jarque-Bera test	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
R²	0.31604	0.33528	0.29199	0.29705
adj R²	0.27447	0.29380	0.22929	0.23438
AIC	-5.924786	-5.929973	-5.921381	-5.926661
BIC	-5.878271	-5.873122	-5.864483	-5.859416
Korelacija reziduala (Ljung-box)				
Q(4)	-	-	-	-
Q(8)	0.249	0.355	0.088	0.051
Q(19)	0.635	0.641	0.405	0.401
Korelacija kvadrata reziduala (Ljung-box)				
Q(4)	0.796	0.889	0.765	0.900
Q(8)	0.797	0.881	0.845	0.905
Q(19)	0.984	0.988	0.921	0.990

Tabela 14A. TGARCH modeli, t raspodela reziduala

	AR(2) MA(2) TGARCH(1,1)	AR(2) MA(2) TGARCH(2,2)	AR(3) MA(3) TGARCH(1,1)	AR(3) MA(3) TGARCH(2,2)
Glavna jednačina				
Konst.	0.000200 (0.3777)	0.000231 (0.3047)	0.000196 (0.3662)	0.000228 (0.2908)
AR(1)	-0.111960 (0.5933)	-0.077831 (0.7316)	-0.429114 (0.0505)	-0.413317 (0.0455)
AR(2)	-0.349584 (0.0502)	-0.322778 (0.0745)	-0.700477 (0.0000)	-0.683192 (0.0000)
AR(3)	-	-	0.322468 (0.1293)	0.344486 (0.0858)
MA(1)	0.041266	0.003298	0.354142	0.334708

	(0.8490)	(0.9887)	(0.0866)	(0.0799)
MA(2)	0.216112 (0.2572)	0.194101 (0.3132)	0.594831 (0.0003)	0.579681 (0.0001)
MA(3)	-	-	-0.431528 (0.0288)	-0.457494 (0.0128)
Uslovna varijansa				
w	1.56E-06 (0.0343)	2.43E-06 (0.0386)	1.63E-06 (0.0324)	2.63E-06 (0.0377)
α_1	0.082536 (0.0059)	0.145763 (0.0155)	0.080250 (0.0065)	0.141950 (0.0232)
α_2	-	-0.002454 (0.9640)	-	-0.003458 (0.9524)
β_1	0.894747 (0.0000)	0.148200 (0.3875)	0.896017 (0.0000)	0.176611 (0.3778)
β_2	-	0.677294 (0.0000)	-	0.648736 (0.0002)
α_1^-	0.056927 (0.1319)	0.078530 (0.1860)	0.064125 (0.0949)	0.0965605 (0.1205)
α_1^+	0.0000 (0.0000)	0.0000 (0.0000)	0.0000 (0.0000)	0.0000 (0.0000)
Dijagnostika				
ARCH (LM) test	0.3897	0.925	0.4787	0.8452
Asimterija	-0.495852	-0.656443	-0.4675550	-0.579588
Spljoštenost	7.834792	8.213697	8.423080	9.433119
Jarque-Bera test	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
R²	0.28924	0.29802	0.34325	0.35356
adj R²	0.25661	0.25638	0.28088	0.29126
AIC	-6.072554	-6.074349	-6.093218	-6.094653
BIC	-6.020871	-6.012330	-6.031146	-6.022235
Korelacija reziduala (Ljung-box)				
Q(4)	-	-	-	-

Q(8)	0.183	0.189	0.54	0.009
Q(19)	0.498	0.445	0.090	0.069
Korelacija kvadrata reziduala (Ljung-box)				
Q(4)	0.753	0.992	0.830	0.986
Q(8)	0.837	0.991	0.914	0.993
Q(19)	0.992	0.999	0.991	0.999

9.2 VISUAL BASIC KOD

Public Class Form1

Dim cp, h, t, p, rotecnosti, rogasa, sgasa, stecnosti, htecnosti, hgasa, mi, hkljucanja,

tkljucanja, gg, dg, cp1, cp2, f1, f2, dta, dtb, t1p, t1k, t2p, t2k, deltat, cena, površina, snaga, fm, protok, zapremina,

precnik, duzina, Kpror, stepensigurnosti, vzav, pritisak, debljina, visina, rocelika, masa, brzina, debljina1 As Single

Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button1.Click

Dim Qulja, h101, t703, t101, t102, h102, t103, h103, t104, h104, t105, h105, t105id, h105id, t106, h106,

h107, t107, h110, h111, h704, t704, h705, t705, hisp, hkond, mtoluena, h112, cisbliosblrashladno, cfcrashladno,

hvaz1, hvaz2, tvaz1, tvaz2, mtoluena110, mtoluena111, mulja, mvode, mvaz, mvodeproces, csurashladno,

h1201, h1202, h202, h203, h701, h703, pdonji, pgornji, s104, stependobrote, t1201, t1202, cinvrashladno,

t202, t203, t701, tisp, tkond, Qe202, Qe102, Qe103, Qe104, Qe101, Qe105, Qe203, Qe702, stvarnirad,

stepenkorisnosti, t110, t111, t112, deltate101, deltate103, df1, deltate105, deltate202, deltate203, kSe101, kSe103, kSe105, kSe202, i, e1, e2, e3,

kSe203, eksergijskistepenkorisnosti, deltate106, h705_1, t705_1, Qe104_2, Qe104_1, df2,

hkond_1, h203_1, t203_1, Qe102_2, Qe102_1, deltate104_1, mdimnih, rodimnih, mvazduhakotao, rovazduhakotao,

h203_2, Qe102_3, t203_2, deltate104_2, deltate102_1, deltate102_2, deltate102_3, kSe104_1, kSe104_2,

kSe102_1, kSe102_2, kSe102_3, ke105, ke104_1, ke104_2, ke103, ke102_1, ke102_2, ke102_3, ke101, ke202,

ke203, Se202, Se203, Se101, Se102, Se103, Se104, Se105, Se104_1, Se104_2, Se102_1, Se102_2, Se102_3, cenaukupna,

Se702, Se903, Se904, mvakuumpumpe, mtoluenapunjenje, mvodepunjenje, zaprezR107, zaprezR109, zaprezR204, zaprezR301,

zaprezB907, zaprezR801, zaprezB908, zaprezR704, mvodehavarija, muljapunjenje, precniktrans, duzinatrans, kurs, cinv, cenageneratora,

fisbl, fosbl, feng, fcont, cfc, cisbliosbl, csu, cwc, godisnjiiprinos, cenastruje, ppo, rotoluen, roulje,

pritisakR301, masaR301, pritisakR109, masaR109, pritisakR204, masaR204, pritisakR107, masaR107, pritisakR704, masaR704, pritisakR801,

```

masaR801, stependobrotepumpe, deltaptoluen, deltaptoluenpunjenje, deltapvoda,
deltapvodapunjenje, deltapvakumpumpe, deltapulje,
deltapuljepunjenje, deltapvodehavarija, deltapvazduhkotao, deltapdimnih,
brojradnika, cenaradnika, cenaodrzavanja, cenaporeza,
cenataksi, cenafiksnihtroskova, snagaP108, snagaP205, snagaP110, snagaP201,
snagaVP801, snagaP701, snagaP705, snagaP802,
snagaV905, snagaV1101, snagatransporter, cenastrujestvarno, cenagoriva,
cenaoperativnitroskovi,
cenaprodajnestruje, mvazduhahladjenje, ro vazduhahladjenje,
deltapventilatorahladjenje, snagaventilatorahladjenje, vektrajanja, amortizacija,
dobitakpreporeza, dobitaknakonporeza, poreznadobitak,
netonovcanitokodeksploatacije, kons, df, prosecnacenakapitala, godineisplativosti,
NSV,
indeksrentabilnosti, internastopa, muljehladjenje, deltapuljehladjenje,
snagauljehladjenje, mrashladnetecnosti, rorashladnetecnosti, deltaprashladnetecnosti,
snagarashladnetecnosti, pritisakkolona, masakolona, zapreminakolona,
pritisakapsorber, zapreminapsorber, masaapsorber, pritisaksabirnik, masasabirnik,
zapreminasabirnik, zaprezR1403, pritisakR1403, masaR1403, zaprezR1014,
masaR1014, pritisakR1014, snagaP1013, mrashladnepunjenje,
deltaprashladnepunjenje, snagaP1404, deltapuljepospunjenje, muljapospunjenje,
Se1001, Se1002, Se1003, Se1004, Se1005, Se1006, Qekon, cenarashladno,
COP, cenahladjenja, cenatoplate As Single
Qulja = TextBox3.Text
Qulja = Qulja * 1000
t703 = TextBox2.Text
t701 = TextBox11.Text
t = t703 : Call entalpijaulje() : h703 = h
t = t701 : Call entalpijaulje() : h701 = h : roulje = rotecnosti
pgornji = TextBox4.Text
pdonji = TextBox5.Text
pgornji = pgornji * 10 ^ 5
pdonji = pdonji * 10 ^ 5
p = pgornji : Call toluezasicenje() : tisp = t : hisp = htecnosti : h103 =
hgasa
p = pdonji : Call toluezasicenje() : tkond = t : hkond = htecnosti : hkond_1
= hgasa
t103 = tisp
t104 = TextBox6.Text
t = t104 : p = pgornji : Call toluepara() : h104 = hgasa : s104 = sgasa
t105id = ((s104 / 1000 - 0.403251) / (4.422128 * 10 ^ (-3) * (pdonji / 10 ^ 6)
^ (-0.083145))) ^ (1 / 0.956124)
t = t105id : p = pdonji : Call toluepara() : h105id = hgasa
stependobrote = TextBox7.Text
h105 = h104 - stependobrote * (h104 - h105id)
t105 = ((h105 / 1000 - 247.062975) / (0.188217 * (pdonji) ^ (-0.002))) ^ (1 /
1.37)
deltat106 = TextBox13.Text
t106 = tkond + deltat106
t = t106 : p = pdonji : Call toluepara() : h106 = hgasa
t107 = tkond - 15
t = t107 : p = pdonji : hkljucanja = hkond : tkljucanja = tkond : Call
toluentecnost() : h107 = h : rotoluen = rotecnosti
t202 = TextBox10.Text
t = t202 : Call entalpijavode() : h202 = h
t203 = TextBox9.Text
t = t203 : Call entalpijavode() : h203 = h
mtoluenta = 1
mtoluenta110 = 0.8 * mtoluenta
mtoluenta111 = mtoluenta - mtoluenta110
h111 = h107
h110 = h107
h112 = mtoluenta / mtoluenta110 * (h105 - h106) + h110

```

```

h = h112 : hkljucanja = hisp : tkljucanja = tisp : Call izrt101() : t112 = t
h101 = (mtoluena110 * h112 + mtoluena111 * h111) / mtoluena
h = h101 : hkljucanja = hisp : tkljucanja = tisp : Call izrt101() : t101 = t
mulja = -Qulja / (h701 - h703)
mtoluena = Qulja / (h104 - h105 + h106 - h107)
h704 = h703 - mtoluena * (h104 - h103) / mulja
t705 = t103 + 5
t = t705 : Call entalpijaulje() : h705 = h
h102 = h103 - mulja / mtoluena * (h704 - h705)
h = h704 : Call izrtulje() : t704 = t
h = h102 : hkljucanja = hisp : tkljucanja = tisp : Call izrt101() : t102 = t
mvode = mtoluena * (h106 - h107) / (h203 - h202)
t1202 = TextBox15.Text
t1201 = TextBox12.Text
t = t1202 : Call entalpijavode() : h1202 = h
t = t1201 : Call entalpijavode() : h1201 = h
mvodeproces = mvode * (h203 - h202) / (h1202 - h1201)
Qe202 = mvodeproces * (h1202 - h1201)
tvaz1 = TextBox17.Text
tvaz2 = TextBox16.Text
t = tvaz1 : Call entalpijavazduha() : hvaz1 = h
t = tvaz2 : Call entalpijavazduha() : hvaz2 = h
mvaz = mvode * (h203 - h202) / (hvaz2 - hvaz1)
Qe203 = mvaz * (hvaz2 - hvaz1)
h705_1 = -mtoluena * (-h102 + hisp) / mulja + h704
h = h705_1 : Call izrtulje() : t705_1 = t
h203_1 = h202 + mtoluena / mvode * (h106 - hkond_1)
h = h203_1 : Call izrtvoda() : t203_1 = t
h203_2 = h203 - mtoluena / mvode * (hkond - h107)
h = h203_2 : Call izrtvoda() : t203_2 = t
Qe102_1 = mvode * (h203_1 - h202)
Qe104_1 = mulja * (h704 - h705_1)
Qe702 = Qulja
Qe105 = mulja * (h703 - h704)
Qe104 = mulja * (h704 - h705)
Qe104_2 = Qe104 - Qe104_1
Qe103 = mulja * (h705 - h701)
stvarnirad = mtoluena * (h104 - h105)
Qe101 = mtoluena * (h105 - h106)
Qe102 = mtoluena * (h106 - h107)
Qe102_2 = mvode * (h203_2 - h203_1)
Qe102_3 = mvode * (h203 - h203_2)
stepenkorisnosti = stvarnirad / Qulja
t110 = t107
t111 = t107
t1p = t703 : t1k = t704 : t2p = t103 : t2k = t104 : Call izrdeltat() :
deltate105 = deltat
t1p = t704 : t1k = t705_1 : t2p = t102 : t2k = t103 : Call izrdeltatist() :
deltate104_1 = deltat
t1p = t705_1 : t1k = t705 : t2p = t103 : t2k = t103 : Call izrdeltatist() :
deltate104_2 = deltat
t1p = t705 : t1k = t701 : t2p = t101 : t2k = t102 : Call izrdeltat() :
deltate103 = deltat
t1p = t105 : t1k = t106 : t2p = t110 : t2k = t112 : Call izrdeltat() :
deltate101 = deltat
t1p = t106 : t1k = tkond : t2p = t202 : t2k = t203_1 : Call izrdeltatist() :
deltate102_1 = deltat
t1p = tkond : t1k = tkond : t2p = t203_1 : t2k = t203_2 : Call izrdeltatist() :
: deltate102_2 = deltat
t1p = tkond : t1k = tkond : t2p = t203_2 : t2k = t203 : Call izrdeltatist() :
deltate102_3 = deltat

```

```

t1p = t203 : t1k = t202 : t2p = t1201 : t2k = t1202 : Call izrdeltat() :
deltate202 = deltat
t1p = t203 : t1k = t202 : t2p = tvaz1 : t2k = tvaz2 : Call izrdeltat() :
deltate203 = deltat
kSe105 = Qe105 / deltate105
kSe104_1 = Qe104_1 / deltate104_1
kSe104_2 = Qe104_2 / deltate104_2
kSe103 = Qe103 / deltate103
kSe101 = Qe101 / deltate101
KSe102_1 = Qe102_1 / deltate102_1
KSe102_2 = Qe102_2 / deltate102_2
KSe102_3 = Qe102_3 / deltate102_3
kSe202 = Qe202 / deltate202
kSe203 = Qe203 / deltate203
eksergijskistepenkorisnosti = stepenkorisnosti / (1 - t107 / t104)
TextBox8.Text = eksergijskistepenkorisnosti
TextBox18.Text = stepenkorisnosti
ke105 = 330
ke104_1 = 600
ke104_2 = 600
ke103 = 550
ke101 = 130
ke102_1 = 600
ke102_2 = 600
ke102_3 = 600
ke202 = 650
ke203 = 400
Se105 = kSe105 / ke105
Se104_1 = kSe104_1 / ke104_1
Se104_2 = kSe104_2 / ke104_2
Se104 = Se104_1 + Se104_2
Se103 = kSe103 / ke103
Se101 = kSe101 / ke101
Se102_1 = kSe102_1 / ke102_1
Se102_2 = kSe102_2 / ke102_2
Se102_3 = kSe102_3 / ke102_3
Se202 = kSe202 / ke202
Se203 = kSe203 / ke203
Se102 = Se102_1 + Se102_2 + Se102_3
Se702 = 650
Se903 = 186
Se904 = 356
cenakupna = 0
stependobrotepumpe = 0.8
REM SREDJENO
površina = Se105 : Call cenadobošastisaucvima() : cenakupna = cenakupna +
cena
površina = Se104 : Call cenapotopljenicevniucevi() : cenakupna = cenakupna +
cena
površina = Se103 : Call cenadobošastisaucvima() : cenakupna = cenakupna +
cena
površina = Se102 : Call cenasanepokretnimcevnipllocama() : cenakupna =
cenakupna + cena
površina = Se101 : Call cenasanepokretnimcevnipllocama() : cenakupna =
cenakupna + cena
površina = Se202 : Call cenasanepokretnimcevnipllocama() : cenakupna =
cenakupna + cena
površina = Se203 : Call cenavazdusnihladnjaci() : cenakupna = cenakupna +
cena
površina = Se702 : Call cenasanepokretnimcevnipllocama() : cenakupna =
cenakupna + cena

```

```

    površina = Se903 : Call cenasane pokretnim cevni plocama() : cenakupna =
cenakupna + cena
    površina = Se904 : Call cenasane pokretnim cevni plocama() : cenakupna =
cenakupna + cena
    snaga = stvarnirad / 1000 : Call cenaturbina() : cenakupna = cenakupna +
cena
    REM cena generatora UPISATI CENU GENERATORA
    snaga = stvarnirad / 1000 : Call cenaelektromotora() : cenakupna = cenakupna
+ cena
    cenageneratora = cena
    REM pumpe toluen X2 ne ulazi u opseg SREDJENO
    deltaptoluen = pgornji - pdonji
    snagaP108 = (mtoluena / rotoluen * deltaptoluen / stependobrotepumpne) / 1000
    snaga = snagaP108 : Call cenaelektromotora() : cenakupna = cenakupna + cena
* 2
    protok = mtoluena / rotoluen * 1000 : Call cenapumpa() : cenakupna =
cenakupna + cena * 2
    REM pupme voda X2 ne ulazi u opseg SREDJENO
    protok = mvode : Call cenapumpa() : cenakupna = cenakupna + cena * 2
    deltapvoda = 2 * 10 ^ 5
    snagaP201 = (mvode / 1000 * deltapvoda / stependobrotepumpne) / 1000
    snaga = snagaP201 : Call cenaelektromotora() : cenakupna = cenakupna + 2 *
cena
    REM pumpe punjenje toleuna SREDJENO
    deltaptoluenpunjenje = 1 * 10 ^ 5
    mtoluenapunjenje = mtoluena / 20
    snagaP110 = (mtoluenapunjenje / rotoluen * deltaptoluenpunjenje /
stependobrotepumpne) / 1000
    snaga = snagaP110 : Call cenaelektromotora() : cenakupna = cenakupna + cena
    protok = mtoluenapunjenje / rotoluen * 1000 : Call cenapumpa() : cenakupna =
cenakupna + cena
    REM pumpe punjenje voda SREDJENO
    mvodepunjenje = mvode / 20
    deltapvodapunjenje = 1 * 10 ^ 5
    snagaP205 = (mvodepunjenje / 1000 * deltapvodapunjenje / stependobrotepumpne) /
1000
    snaga = snagaP205 : Call cenaelektromotora() : cenakupna = cenakupna + cena
    protok = mvodepunjenje : Call cenapumpa() : cenakupna = cenakupna + cena
    REM vakuum pumpa protok u m^3/h SREDJENO ALI PREVISOKO
    mvakuumpumpe = 10
    deltapvakumpumpe = 0.8 * 10 ^ 5
    snagaVP801 = ((mvakuumpumpe / 3600) * deltapvakumpumpe / stependobrotepumpne) /
1000
    snaga = snagaVP801 : Call cenaelektromotora() : cenakupna = cenakupna + cena
    protok = mvakuumpumpe : Call cenavakuumpumpe() : cenakupna = cenakupna +
cena
    REM rezervoar za azot X1 SREDJENO
    zaprezR301 = 0.5
    pritisakR301 = 13
    zapremina = zaprezR301 : pritisak = pritisakR301 : Call masarezervar() :
masaR301 = masa
    masa = masaR301 : Call cenarezervara() : cenakupna = cenakupna + cena
    REM rezervoar za toluen SREDJENO
    zaprezR109 = 1
    pritisakR109 = 1
    zapremina = zaprezR109 : pritisak = pritisakR109 : Call masarezervar() :
masaR109 = masa
    masa = masaR109 : Call cenarezervara() : cenakupna = cenakupna + cena
    REM rezervoar za vodu SREDJENO
    zaprezR204 = 2
    pritisakR204 = 1

```

```

        zapremina = zaprezR204 : pritisak = pritisakR204 : Call masarezeroar() :
masaR204 = masa
        masa = masaR204 : Call cenarezervoara() : cenakupna = cenakupna + cena
        REM rezervoar R107 SREDJENO
        zaprezR107 = 1
        pritisakR107 = 4
        zapremina = zaprezR107 : pritisak = pritisakR107 : Call masarezeroar() :
masaR107 = masa
        masa = masaR107 : Call cenarezervoara() : cenakupna = cenakupna + cena
        REM E402,E403 i E302 PROVERITI SA PROFESOROM !!!!
        REM pumpe za ulje X2 SREDJENO
        deltapulje = 3 * 10 ^ 5
        snagaP701 = (mulja / roulje * deltapulje / stependobrotepumpe) / 1000
        snaga = snagaP701 : Call cenaelektromotora() : cenakupna = cenakupna + cena
* 2
        protok = mulja / roulje * 1000 : Call cenapumpa() : cenakupna = cenakupna +
cena * 2
        REM pumpe za punjenje ulja SREDJENO
        muljapunjenje = mulja / 20
        deltapuljepunjenje = 1 * 10 ^ 5
        snagaP705 = (muljapunjenje / roulje * deltapuljepunjenje / stependobrotepumpe)
/ 1000
        snaga = snagaP705 : Call cenaelektromotora() : cenakupna = cenakupna + cena
        protok = muljapunjenje / roulje * 1000 : Call cenapumpa() : cenakupna =
cenakupna + cena
        REM pumpe za vodu usled havarije
        REM pumpe za vodu SREDJENO mvodehavarija u l/s
        mvodehavarija = 10
        deltapvodehavarija = 15 * 10 ^ 5
        snagaP802 = (mvodehavarija / 1000 * deltapvodehavarija / stependobrotepumpe) /
1000
        snaga = snagaP802 : Call cenaelektromotora() : cenakupna = cenakupna + cena
        protok = mvodehavarija : Call cenapumpa() : cenakupna = cenakupna + cena
        REM ventilatori SREDJENO FALI PODATAKA ZA DIMNIH GASOVA
        mdimnih = 4.5952
        rodimnih = (0.938 + 0.74) / 2
        deltapdimnih = 3000
        snagaV905 = (mdimnih / rodimnih * deltapdimnih / stependobrotepumpe) / 1000
        snaga = snagaV905 : Call cenaelektromotora() : cenakupna = cenakupna + cena
        protok = mdimnih / rodimnih : Call cenaventilator() : cenakupna = cenakupna
+ cena
        REM dimnjak
        protok = mdimnih / rodimnih : Call cenadimnjaka() : cenakupna = cenakupna +
cena
        REM ventilatori SREDJENO FALI PODATAKA ZA VAZDUH
        mvazduhakotao = 2.6903
        rovazduhakotao = 1.2
        deltapvazduhakotao = 3000
        snagaV1101 = (mvazduhakotao / rovazduhakotao * deltapvazduhakotao /
stependobrotepumpe) / 1000
        snaga = snagaV1101 : Call cenaelektromotora() : cenakupna = cenakupna + cena
        protok = mvazduhakotao / rovazduhakotao : Call cenaventilator() : cenakupna =
cenakupna + cena
        REM ventilator hladnjak PRESKUPO!!!! SREDJENO
        mvazduhahladjenje = mvode * (h203 - h202) / (hvaz2 - hvaz1)
        rovazduhahladjenje = 1.2
        deltapventilatorahladjenje = 400
        snagaventilatorahladjenje = (mvazduhahladjenje / 1.2 *
deltapventilatorahladjenje / stependobrotepumpe) / 1000
        snaga = snagaventilatorahladjenje : Call cenaelektromotora() : cenakupna =
cenakupna + cena

```

```

        protok      =      mvazduhahladjenje      /      rovazduhahladjenje      :      Call
cenaventilatoraksijalni() : cenakupna = cenakupna + cena
    REM rezervoar ulje SREDJENO
    zaprezR704 = 1
    pritisakR704 = 1
    zapremina = zaprezR704 : pritisak = pritisakR704 : Call masarezerovar() :
masaR704 = masa
    masa = masaR704 : Call cenarezervoara() : cenakupna = cenakupna + cena
    REM rezervoar voda SREDJENO
    zaprezR801 = 2
    pritisakR801 = 1
    zapremina = zaprezR801 : pritisak = pritisakR801 : Call masarezerovar() :
masaR801 = masa
    masa = masaR801 : Call cenarezervoara() : cenakupna = cenakupna + cena
    REM izbacivanje pepela SREDJENO
    zaprezB908 = 2
    zapremina = zaprezB908 : Call cenabunkera() : cenakupna = cenakupna + cena
    REM izbacivanje nakon pepela ispod in. odvajaca SREDJENO
    zaprezB907 = 1
    zapremina = zaprezB907 : Call cenabunkera() : cenakupna = cenakupna + cena
    REM transporter puzasti bez motora PITATI ZA MOTOR!!! SREDJENO
    precniktrans = 0.25
    duzinatrans = 2
    precnik = precniktrans : duzina = duzinatrans : Call cenatransporter() :
cenakupna = cenakupna + cena
    snagatransporter = 0.5
    snaga = snagatransporter : Call cenaelektromotora() : cenakupna = cenakupna
+ cena
    REM rashladni uredjaj
    REM pumpa posrednik
    muljehladjenje = 3.5721
    deltapuljehladjenje = 3
    cendarashladno = 0
    snagauljehladjenje = (muljehladjenje / roulje * deltapuljehladjenje * 10 ^ 5 /
stependobrote) / 1000
    snaga = snagauljehladjenje : Call cenaelektromotora() : cenakupna =
cenakupna + cena * 2 : cendarashladno = cendarashladno + 2 * cena
    protok = muljehladjenje / roulje * 1000 : Call cenapumpa() : cenakupna =
cenakupna + cena * 2 : cendarashladno = cendarashladno + 2 * cena
    REM pumpa rashladna masina
    mrashladnetecnosti = 3360 / 3600
    rorashladnetecnosti = 0.51 * 724 + (1 - 0.49) * 1000
    deltaprashladnetecnosti = 13.4 - 5.1
    snagarashladnetecnosti = (mrashladnetecnosti / rorashladnetecnosti *
deltaprashladnetecnosti * 10 ^ 5 / stependobrote) / 1000
    snaga = snagarashladnetecnosti : Call cenaelektromotora() : cenakupna =
cenakupna + 2 * cena : cendarashladno = cendarashladno + 2 * cena
    protok = mrashladnetecnosti / rorashladnetecnosti * 1000 : Call cenapumpa() :
cenakupna = cena * 2 + cenakupna : cendarashladno = cendarashladno + 2 * cena
    REM kolona
    pritisakkolona = 13.4
    zapreminakolona = 0.083
    zapremina = zapreminakolona : pritisak = pritisakkolona : Call masakolone() :
masakolona = masa
    masa = masakolona : Call cenavertikalneposude() : cenakupna = cena +
cenakupna : cendarashladno = cendarashladno + cena
    zapremina = zapreminakolona : Call cenaispune() : cenakupna = cena +
cenakupna : cendarashladno = cendarashladno + cena
    REM sabirnik destilata
    pritisaksabirnik = 13.4
    zapreminasabirnik = 0.01

```

```

        zapremina = zapreminasabirnik : pritisak = pritisaksabirnik : Call
masakolone() : masasabirnik = masa
        masa = masasabirnik : Call cenarezervoara() : cenakupna = cenakupna + cena :
cenarashladno = cenarashladno + 1 * cena
        REM apsorber
        pritisakapsorber = 5.1
        zapreminaapsorber = 0.01
        zapremina = zapreminaapsorber : pritisak = pritisakapsorber : Call
masakolone() : masaapsorber = masa
        masa = masaapsorber : Call cenarezervoara() : cenakupna = cenakupna + cena :
cenarashladno = cenarashladno + cena
        REM cena R1403
        zaprezR1403 = 1
        pritisakR1403 = 1
        zapremina = zaprezR1403 : pritisak = pritisakR1403 : Call masarezeroar() :
masaR1403 = masa
        masa = masaR1403 : Call cenarezervoara() : cenakupna = cenakupna + cena :
cenarashladno = cenarashladno + 1 * cena
        REM cena R1014
        zaprezR1014 = 1
        pritisakR1014 = 1
        zapremina = zaprezR1014 : pritisak = pritisakR1014 : Call masarezeroar() :
masaR1014 = masa
        masa = masaR1014 : Call cenarezervoara() : cenakupna = cenakupna + cena :
cenarashladno = cenarashladno + 1 * cena
        REM cena pumpe za punjenje rashladnog fluida
        deltaprashladnepunjenje = 1 * 10 ^ 5
        mrashladnepunjenje = mrashladnetecnosti / 20
        snagaP1013 = (mrashladnepunjenje / rorashladnetecnosti *
deltaprashladnepunjenje / stependobrotepumpe) / 1000
        snaga = snagaP1013 : Call cenaelektromotora() : cenakupna = cenakupna + cena
: cenarashladno = cenarashladno + 1 * cena
        protok = mrashladnepunjenje / rorashladnetecnosti * 1000 : Call cenapumpa() :
cenakupna = cenakupna + cena : cenarashladno = cenarashladno + 1 * cena
        REM cena pumpe za punjenje ulja posrednik
        deltapuljepospunjenje = 1 * 10 ^ 5
        muljapospunjenje = mrashladnetecnosti / 20
        snagaP1404 = (muljapospunjenje / roulje * deltapuljepospunjenje /
stependobrotepumpe) / 1000
        snaga = snagaP1404 : Call cenaelektromotora() : cenakupna = cenakupna + cena
: cenarashladno = cenarashladno + 1 * cena
        protok = muljapospunjenje / roulje * 1000 : Call cenapumpa() : cenakupna =
cenakupna + cena : cenarashladno = cenarashladno + 1 * cena
        REM cena razmenjivaca toplote
        Se1006 = 9.1
        Se1005 = 74.2
        Se1001 = 111
        Se1002 = 1.45
        Se1003 = 37
        Se1004 = 7.5
        površina = Se1005 : Call cenanepokretnimcevnipllocama() : cenakupna =
cenakupna + cena : cenarashladno = cenarashladno + 1 * cena
        površina = Se1002 : Call cenanepokretnimcevnipllocama() : cenakupna =
cenakupna + cena : cenarashladno = cenarashladno + 1 * cena
        površina = Se1004 : Call cenanepokretnimcevnipllocama() : cenakupna =
cenakupna + cena : cenarashladno = cenarashladno + 1 * cena
        površina = Se1001 : Call cenanepokretnimcevnipllocama() : cenakupna =
cenakupna + cena : cenarashladno = cenarashladno + 1 * cena
        površina = Se1003 : Call cenapotopljenicevniucevi() : cenakupna = cenakupna
+ cena : cenarashladno = cenarashladno + 1 * cena
        površina = Se1006 : Call cenapotopljenicevniucevi() : cenakupna = cenakupna
+ cena : cenarashladno = cenarashladno + 1 * cena

```

```

REM CENA IZARAZENA U EUR
kurs = TextBox1.Text
If checkbox1.checked Then
    fisbl = 1 + 0.4 / 2 + 0.8 / 4 + 0.3 + 0.2 + 0.3 / 6 + 0.2 / 4 + 0.1 / 2
    fosbl = 0.3 / 3
    feng = 0.3
    fcont = 0.1
    cisbliosbl = cenakupna * (fisbl + fisbl * fosbl)
    If RadioButton1.Checked Then
        cisbliosbl = (cenakupna - cenarashladno) * (fisbl + fisbl * fosbl)
    End If
    cisbliosblrashladno = cenarashladno * (fisbl + fisbl * fosbl)
    cisbliosblrashladno = 1.14 * cisbliosblrashladno
    cisbliosbl = 1.14 * cisbliosbl
    cfc = cenakupna * (fisbl + fisbl * fosbl) * (1 + feng + fcont)
    cfcrashladno = cenarashladno * (fisbl + fisbl * fosbl) * (1 + feng +
fcont)

    cfc = 1 * cfc REM faktro lokacije
    If cisbliosbl > 100 * 10 ^ 6 Then
        csu = 0.06 * cisbliosbl
    ElseIf cisbliosbl < 10 * 10 ^ 6 Then
        csu = 0.1 * cisbliosbl
    Else
        csu = 0.08 * cisbliosbl
    End If
    csurashladno = cisbliosblrashladno * 0.1
    cwc = 0
    cinvrashladno = cfcrashladno + csurashladno + cwc
    cinv = cfc + csu + cwc
    If RadioButton1.Checked Then
        cinv = cinv - cinvrashladno
    End If
End If
If CheckBox2.Checked Then
    cfc = cenakupna * 5
    cinv = cenakupna * 6
End If
cinv = cinv * kurs
cinvrashladno = cinvrashladno * kurs
REM Operativni troskovi
REM fiksni troskovi-troskovi radne snage
brojradnika = 2
brojradnika = Math.Round(4.84 * brojradnika)
cenaradnika = brojradnika * 8000 / 24 * 30
REM troskovi nadzora i radnika
cenaradnika = 1.15 * cenaradnika
cenaodrzavanja = 0.01 * cinv
cenaporeza = 0.02 * cenakupna
REM ekoloske takse pitati!!!!!!
cenataksi = 0.01 * cisbliosbl
cenafiksnihtroskova = cenaradnika + cenaodrzavanja + cenaporeza + cenataksi
REM varijabilni operativni troskovi
cenastrujestvarno = TextBox19.Text REM jedinica
snaga = ((snagaP701 + snagaV1101 + snagaV905 + snagaP108 + snagaP201) * 8000 +
snagaventilatorahladjenje * 3000 + snagauljehladjenje * 6000)
cenastruje = ((snagaP701 + snagaV1101 + snagaV905 + snagaP108 + snagaP201) *
8000 + snagaventilatorahladjenje * 3000 + snagauljehladjenje * 6000) *
cenastrujestvarno
cenagoriva = 2500 / 1000 * 8000 * 20
cenaoperativnitroskovi = cenafiksnihtroskova + cenastruje + cenagoriva
REM cena struje u EUR/kWh
cenaprodajnestruje = TextBox14.Text

```

```

Qekon = 344.93
COP = 0.582
cenahladjenja = TextBox21.Text
cenatoplote = TextBox22.Text
e1 = Qekon * COP
e2 = stvarnirad / 1000
e3 = Qe202 / 1000
godisnjiprinos = stvarnirad / 1000 * 8000 * cenaprodajnestruje + 8000 * Qekon
* COP * cenahladjenja + Qe202 / 1000 * 5000 * cenatoplote
If RadioButton1.Checked Then
    godisnjiprinos = stvarnirad / 1000 * 8000 * cenaprodajnestruje + Qe202 /
1000 * 5000 * cenatoplote
End If
REM amortizacija linearna
vektrajanja = 15
amortizacija = cinv / vektrajanja
dobitakpreporeza = godisnjiprinos - cenaoperativnitroskovi - amortizacija
poreznadobitak = dobitakpreporeza * 0.1
dobitaknakonporeza = dobitakpreporeza - poreznadobitak
netonovcanitokodeksploatacije = dobitaknakonporeza + amortizacija
ppo = cinv / netonovcanitokodeksploatacije
godineisplativosti = TextBox20.Text
prosecnacenakapitala = 0.04245
df = 0
kons = 1
102:
df1 = 1 / (1 + prosecnacenakapitala) ^ kons
df = 1 / (1 + prosecnacenakapitala) ^ kons + df
If kons < godineisplativosti Then
    kons = kons + 1
    GoTo 102
End If
NSV = netonovcanitokodeksploatacije * df - cinv
indeksrentabilnosti = netonovcanitokodeksploatacije * df / cinv
gg = 0
dg = 50
Do While Math.Abs(gg - dg) > 0.00001
    internastopa = (gg + dg) / 2
    f1 = cinv - netonovcanitokodeksploatacije * ((1 - 1 / (internastopa + 1) ^
godineisplativosti) / internastopa)
    f2 = cinv - netonovcanitokodeksploatacije * ((1 - 1 / (dg + 1) ^
godineisplativosti) / dg)
    If f1 * f2 > 0 Then
        dg = internastopa
    Else
        gg = internastopa
    End If
Loop
RichTextBox1.Text = " mulja= " & mulja & " kg/s" & vbCrLf & " masatoluena= " &
mtoluena & " kg/s" & vbCrLf & " t101= " & t101 & " oC" & vbCrLf & " t102= " & t102 & "
oC" & vbCrLf & " t103= " & t103 & " oC" & vbCrLf & " t104= " & t104 & " oC" & vbCrLf &
" t105= " & t105 & " oC" & vbCrLf & " t106= " & t106 & " oC" &
vbCrLf & " t107= " & t107 & " oC" & vbCrLf &
" t110= " & t110 & " oC" & vbCrLf & " t111= " & t111 & " oC" &
vbCrLf & " t112= " & t112 & " oC" & vbCrLf & " t202= " & t202 & " oC" & vbCrLf & "
t203= " & t203 & " oC" & vbCrLf &
" t1201= " & t1201 & " oC" & vbCrLf & " t1202= " & t1202 & "
oC" & vbCrLf & " tvaz1= " & tvaz1 & " oC" & vbCrLf & " tvaz2= " & tvaz2 & " oC" &
vbCrLf &
" t701= " & t701 & " oC" & vbCrLf & " t703= " & t703 & " oC" &
vbCrLf & " t704= " & t704 & " oC" & vbCrLf & " t705= " & t705 & " oC" & vbCrLf &

```

```

" h101= " & h101 & " kJ/kg" & vbCrLf & " h102= " & h102 & "
kJ/kg" & vbCrLf & " h103= " & h103 & " kJ/kg" & vbCrLf & " h104= " & h104 & " kJ/kg" &
vbCrLf & " h105= " & h105 & " kJ/kg" & vbCrLf &
" h106= " & h106 & " kJ/kg" & vbCrLf & " h107= " & h107 & "
kJ/kg" & vbCrLf & " h110= " & h110 & " kJ/kg" & vbCrLf & " h111= " & h111 & " kJ/kg" &
vbCrLf & " h112= " & h112 & " kJ/kg" & vbCrLf &
" h202= " & h202 & " kJ/kg" & vbCrLf & " h203= " & h203 & "
kJ/kg" & vbCrLf & " h1201= " & h1201 & " kJ/kg" & vbCrLf & " h1202= " & h1202 & "
kJ/kg" & vbCrLf & " hvaz1= " & hvaz1 & " kJ/kg" & vbCrLf & " hvaz2= " & hvaz2 & "
kJ/kg" & vbCrLf &
" h701= " & h701 & " kJ/kg" & vbCrLf & " h705= " & h705 & "
kJ/kg" & vbCrLf & " h703= " & h703 & " kJ/kg" & vbCrLf & " h704= " & h704 & " kJ/kg" &
vbCrLf & " Qe202= " & Qe202 & " kJ/kg" & vbCrLf & " Qe203= " & Qe203 & " kJ/kg" &
vbCrLf & " Qe105= " & Qe105 & " kJ/kg" & vbCrLf & " Qe104= " & Qe104 & " kJ/kg" &
vbCrLf & " Qe103= " & Qe103 & " kJ/kg" & vbCrLf & " Qe102= " & Qe102 & " kJ/kg" &
vbCrLf & " Qe101= " & Qe101 & " kJ/kg" & vbCrLf &
" deltate105= " & deltate105 & " oC" & vbCrLf & " deltate104_1= "
& deltate104_1 & " oC" & vbCrLf & " deltate104_2= " & deltate104_2 & " oC" & vbCrLf &
" deltate103= " & deltate103 & " oC" & vbCrLf & " deltate102_1= " & deltate102_1 & "
oC" & vbCrLf & " deltate102_2= " & deltate102_2 & " oC" & vbCrLf & " deltate102_3= " &
deltate102_3 & " oC" & vbCrLf & " deltate101= " & deltate101 & " oC" & vbCrLf &
" deltate202= " & deltate202 & " oC" & vbCrLf & " deltate203=
" & deltate203 & " oC" & vbCrLf & " cisbl= " & cenakupna & " EUR " & vbCrLf & " cinv=
" & cinv & " EUR " & vbCrLf & " cenaradnika= " & cenaradnika & "EUR" & vbCrLf & "
cenaodrzavanja= " & cenaodrzavanja & "EUR" & vbCrLf & " cenaporeza= " & cenaporeza &
"EUR" & vbCrLf & " cenataksi= " & cenataksi & "EUR" & vbCrLf &
" cenafiksnihtroskova= " & cenafiksnihtroskova & "EUR" &
vbCrLf & " cenagoriva= " & cenagoriva & " EUR " & vbCrLf & " cenastruje= " &
cenastruje & " EUR " & vbCrLf & " operativnitroskovi= " & cenaoperativnitroskovi & "
EUR " & vbCrLf & " godisnjiprinos= " & godisnjiprinos & " EUR " & vbCrLf &
" ppo= " & ppo & " godina " & vbCrLf & " NSV= " & NSV & " EUR
" & vbCrLf & " indeksrentabilnosti= " & indeksrentabilnosti & "" & vbCrLf & "
internastopa= " & internastopa & ""
RichTextBox2.Text = "i" & vbTab & "ppo"
df = 0
kons = 1
For i = 80 To 120
    ppo = cinv * i / (netonovcanitokodeksploatacije * 100)
    RichTextBox2.Text = RichTextBox2.Text & vbCrLf & i & vbTab & ppo
Next
For i = 80 To 120
    df = 0
    kons = 1
105:
    df1 = df
    df = 1 / (1 + proseccenakapitala) ^ kons + df
    indeksrentabilnosti = netonovcanitokodeksploatacije * df / (cinv * i /
100)

    f1 = netonovcanitokodeksploatacije * (df) / (cinv * i / 100) - 1
    gg = 0
    dg = 1
    If kons < godineisplativosti Then
        kons = kons + 1
        GoTo 105

    End If
    RichTextBox3.Text = RichTextBox3.Text & vbCrLf & i & vbTab &
indeksrentabilnosti
Next

End Sub
Private Sub cenavertikalneposude()

```

```

    fm = 1
    If masa < 150 Then
        cena = masa * 6
    Else
        cena = -400 + 230 * masa ^ 0.6
        cena = cena * 621.6 / 478.6
    End If
End Sub
Private Sub cenaispune()
    REM 6.2.1 tabela zapremna u m3
    fm = 1
    cena = 3200 * zapremina * fm
    cena = cena * 687.9 / 486
End Sub

Private Sub cenaelektromotora()
    REM tabela 6.2.1 snaga u KW
    fm = 1
    If snaga < 1 Then
        snaga = 1
    End If
    cena = (920 + 600 * snaga ^ 0.7) * fm
    cena = 513.8 / 478.6 * cena
End Sub

Private Sub cenadimnjaka()
    brzina = 5
    površina = protok / brzina
    precnik = (4 * površina / 3.14) ^ 0.5 * 1000
    debljina1 = 3
    rocelika = 7850
    Kpror = 206
    stepensigurnosti = 1.5
    vzav = 0.95
    pritisak = 1.3
    visina = 20
101:
    debljina = (precnik - 2 * debljina1) * pritisak / (20 * Kpror /
stepensigurnosti * vzav + pritisak)
    If Math.Abs(debljina - debljina1) > 0.0000000001 Then
        debljina1 = debljina
        GoTo 101
    End If
    If debljina < 5 Then
        debljina = 5
    End If
    precnik = precnik + 2 * debljina
    precnik = precnik / 1000
    debljina = debljina / 1000
    masa = debljina * precnik * 3.14 * visina * rocelika + precnik ^ 2 * 3.14 / 4
* debljina * rocelika
    cena = masa * 6
End Sub
Private Sub cenabunkera()
    REM tabela 6.2.2
    fm = 1
    cena = 2300 * zapremina ^ 0.46 * fm
    cena = cena * 687.9 / 370.6
End Sub
Private Sub masakolone()
    REM materijal C0371, t=20C, Du=250mm
    precnik = 250

```

```

rocelika = 7850
Kpror = 206
stepensigurnosti = 1.5
vzav = 0.95
pritisak = 1.3 * pritisak
dg = 0
gg = 20
Do While Math.Abs(gg - dg) > 0.0001
    debljina = (dg + gg) / 2
    f1 = debljina - (precnik + 2 * debljina) * pritisak / (20 * Kpror /
stepensigurnosti * vzav + pritisak)
    f2 = dg - (precnik + 2 * dg) * pritisak / (20 * Kpror / stepensigurnosti *
vzav + pritisak)
    If f1 * f2 > 0 Then
        dg = debljina
    Else
        gg = debljina
    End If
Loop
If debljina < 5 Then
    debljina = 5
End If
debljina = debljina / 1000
precnik = precnik / 1000
visina = zapremina / (precnik ^ 2 * 3.14 / 4)
masa = debljina * (precnik + 2 * debljina) * 3.14 * visina * rocelika +
(precnik + 2 * debljina) ^ 2 * 3.14 / 4 * debljina * rocelika
End Sub

Private Sub masarezerovar()
    REM materijal C0371, t=20C, Ds=1000mm
    precnik = 1000
    rocelika = 7850
    Kpror = 206
    stepensigurnosti = 1.5
    vzav = 0.95
    pritisak = 1.3 * pritisak
    debljina = precnik * pritisak / (20 * Kpror / stepensigurnosti * vzav +
pritisak)
    If debljina < 5 Then
        debljina = 5
    End If
    debljina = debljina / 1000
    precnik = precnik / 1000
    visina = zapremina / ((precnik - 2 * debljina) ^ 2 * 3.14 / 4)
    masa = debljina * precnik * 3.14 * visina * rocelika + precnik ^ 2 * 3.14 / 4
* debljina * rocelika
End Sub

Private Sub cenaventilator()
    REM 6.2.1 duvaljka u m^3/s
    fm = 1
    cena = 800 + 3600 * protok ^ 1.12
    cena = cena * 925.8 / 623.8
End Sub

Private Sub cenaventilatoraksijalni()
    REM 6.2.1 duvaljka u m^3/s
    fm = 1
    cena = 2400 + 330 * protok ^ 1.12
    cena = cena * 925.8 / 699.4
End Sub

Private Sub cenatransporter()
    REM precnik i duzina u m

```

```

    fm = 1
    cena = 4400 * precnik ^ 1 * duzina ^ 0.59 * fm
    cena = 687.9 / 438 * cena
End Sub
Private Sub cenadobošastisaucvima()
    If površina < 10 Then
        površina = 10
    End If
    REM tabela 6.2.1
    fm = 1
    cena = (10000 + 88 * površina) * fm
    cena = 621.6 / 478.6 * cena
End Sub
Private Sub cenaturbina()
    REM tabela 6.2.2 turbina nadpritisak
    REM snaga u KW
    fm = 1
    cena = (8350 * snaga ^ 0.41) * fm
    cena = 925.8 / 665.3 * cena
End Sub
Private Sub cenapotopljenicevniucevi()
    REM tabela 6.2.1
    If površina < 10 Then
        površina = 10
    End If
    fm = 1
    cena = (14000 + 83 * površina) * fm
    cena = 621.6 / 478.6 * cena
End Sub
Private Sub cenasane pokretnimcevni plocama()
    REM tabela strana 40
    If površina < 14 Then
        površina = 14
    End If
    fm = 1
    cena = (6460 + 64.5 * površina ^ 0.97) * fm
    cena = 621.6 / 394 * cena
End Sub
Private Sub cenavazdusnihladnjaci()
    REM tabela 6.2.2
    If površina < 4 Then
        površina = 4
    End If
    fm = 1
    cena = (5100 * površina ^ 0.4)
    cena = 621.6 / 370.6 * cena
End Sub
Private Sub cenapumpa()
    REM tabela 6.2.1 protok l/s
    If protok > 500 Then
        protok = 500
    ElseIf protok < 0.2 Then
        protok = 0.2
    End If
    fm = 1
    cena = (3300 + 48 * protok ^ 1.2) * fm
    cena = cena * 925.8 / 478.6
End Sub
Private Sub cenavakuumpumpe()
    REM tabela 6.2.2 protok u m^3/h
    If protok < 85 Then
        cena = 3000
    End If
End Sub

```

```

Else
    fm = 1
    cena = (5400 * protok ^ 0.35) * fm
    cena = cena * 925.8 / 665.3
End If
End Sub

Private Sub cenarezervoara()
    REM tabela 6.2.1 posude pod pritiskom strana 146
    REM zapremina u m^3
    fm = 1
    If masa < 250 Then
        cena = masa * 6
    Else
        cena = (-2500 + 200 * masa ^ 0.6) * fm
        cena = cena * 621.6 / 478.6
    End If
End Sub

Private Sub izrdeltat()
    dta = t1p - t2k
    dtb = t1k - t2p
    If dta <> dtb Then
        deltat = (dta - dtb) / Math.Log(dta / dtb)
    Else
        deltat = dta
    End If
End Sub

Private Sub izrdeltatist()
    dta = t1p - t2p
    dtb = t1k - t2k
    If dta <> dtb Then
        deltat = (dta - dtb) / Math.Log(dta / dtb)
    Else
        deltat = dta
    End If
End Sub

Private Sub entalpijaulje()
    cp = ((0.002414 * t + 5.9591 * 10 ^ (-6) * t ^ 2 - 2.9879 * 10 ^ (-8) * t ^ 3
+ 4.4172 * 10 ^ (-11) * t ^ 4 + 1.498)) * 1000
    rotnosti = -0.90797 * t + 0.00078116 * t ^ 2 - 2.367 * 10 ^ (-6) * t ^ 3 +
1083.25
    h = cp * t
End Sub

Private Sub toluezasicenje()
    p = p / 10 ^ 5
    t = -3.730755 * 10 ^ 3 / Math.Log(p / (2.714258 * 10 ^ 4)) - 255
    rotnosti = 807.576 - 5.168 * 10 ^ (-4) * t ^ 2.34
    If p < 2 Then
        rogasa = -12.419115 * (p / t) ^ 0.62 + 1.253351 * 10 ^ 3 * (p / t) ^ 1.24
    ElseIf p > 2 Then
        rogasa = 3.069258 * 10 ^ 3 * (p / t) ^ 1.5 - 3.424027 * 10 ^ 4 * (p / t) ^
3 + 1.2507 * 10 ^ 6 * (p / t) ^ 4.5
    End If
    htecnosti = (-172.942105 + 0.930368 * t ^ 1.08 + 8.923958 * 10 ^ (-4) * t ^
2.16) * 1000
    REM + ili - kod 1,761661
    hgasa = (189.124459 + 1.566168 * t - 1.761661 * 10 ^ (-7) * t ^ 3.4) * 1000
    stecnosti = (-0.555962 + 5.01442 * 10 ^ (-3) * t + 1.131275 * 10 ^ (-8) * t ^
2.5) * 1000
    sgasa = (0.778822 + 1.513489 * 10 ^ (-3) * t - 7.333474 * 10 ^ (-9) * t ^ 2.5)
* 1000
End Sub

```

```

Private Sub toluentecnost()
    rotecnosti = 889.552706 - 0.982215 * t - 3.388665 * 10 ^ (-12) * t ^ 6.783526
* (p) ^ (-0.504033)
    cp = (1889.149 + 1.748016 * t + 0.000000000000006320926 * t ^ 7)
    h = hkljucanja - cp * (tkljucanja - t)
    mi = 7.01778 * 10 ^ (-16) * Math.Exp(8.205042 * 10 ^ (4) / (t + 2.940371 * 10
^ (3)))
End Sub
Private Sub toluenpara()
    rogasa = 0.01131 * p * 10 ^ 5 / (t + 273.15) * (1 + 2.991201 * 10 ^ (-9) * (p
/ (t + 273.15) ^ 2.2))
    hgasa = (247.062975 + 0.188217 * t ^ 1.37 * (p) ^ (-0.002)) * 1000
    mi = 0.000008531 + 0.000001635854 * (p) ^ 1.201537
    sgasa = (0.403251 + 4.422128 * 10 ^ (-3) * t ^ 0.956124 * (p / 10 ^ 6) ^ (-
0.083145)) * 1000
End Sub
Private Sub entalpijavode()
    cp = 4180 + 0.4 * t + 0.35 * 10 ^ (-9) * t ^ 5.1
    h = cp * t
End Sub
Private Sub entalpijavazduha()
    cp = 1004 + 2.36 * 10 ^ (-7) * (t + 273) ^ (2.98)
    h = cp * t
End Sub
Private Sub izrt101()
    gg = -30 : dg = 400
    Do While Math.Abs(gg - dg) > 0.0001
        t = (dg + gg) / 2
        cp1 = (1889.149 + 1.748016 * t + 6.320926 * 10 ^ (-15) * t ^ 7)
        cp2 = (1889.149 + 1.748016 * dg + 6.320926 * 10 ^ (-15) * dg ^ 7)
        f1 = h - (hkljucanja - cp1 * (tkljucanja - t))
        f2 = h - (hkljucanja - cp2 * (tkljucanja - dg))
        If f1 * f2 > 0 Then
            dg = t
        Else
            gg = t
        End If
    Loop
    t = dg
End Sub
Private Sub izrtulje()
    gg = 0 : dg = 400
    Do While Math.Abs(gg - dg) > 0.0001
        t = (dg + gg) / 2
        cp1 = ((0.002414 * t + 5.9591 * 10 ^ (-6) * t ^ 2 - 2.9879 * 10 ^ (-8) * t
^ 3 + 4.4172 * 10 ^ (-11) * t ^ 4 + 1.498)) * 1000
        cp2 = ((0.002414 * dg + 5.9591 * 10 ^ (-6) * dg ^ 2 - 2.9879 * 10 ^ (-8) *
dg ^ 3 + 4.4172 * 10 ^ (-11) * dg ^ 4 + 1.498)) * 1000
        f1 = h - cp1 * t
        f2 = h - cp2 * dg
        If f1 * f2 > 0 Then
            dg = t
        Else
            gg = t
        End If
    Loop
End Sub
Private Sub izrtvoda()
    gg = 0 : dg = 400
    Do While Math.Abs(gg - dg) > 0.0001
        t = (dg + gg) / 2
        cp1 = 4180 + 0.4 * t + 0.35 * 10 ^ (-9) * t ^ 5.1

```

```

        cp2 = 4180 + 0.4 * dg + 0.35 * 10 ^ (-9) * dg ^ 5.1
        f1 = h - cp1 * t
        f2 = h - cp2 * dg
        If f1 * f2 > 0 Then
            dg = t
        Else
            gg = t
        End If
    Loop
End Sub

Private Sub Button2_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button2.Click
    RichTextBox1.SaveFile("C:\Moji dokumenti\Diplomski rad\ORC rezultati.txt",
RichTextBoxStreamType.PlainText)
End Sub

Private Sub Button3_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button3.Click
    PictureBox1.Image = Image.FromFile("C:\Moji dokumenti\Diplomski rad\tehnoloska
sema A31.jpg")
    PictureBox1.Dock = DockStyle.Fill
End Sub

Private Sub Button4_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button4.Click
    PictureBox1.Image = Image.FromFile("C:\Moji dokumenti\Diplomski rad\tehnoloska
sema A3.jpg")
    PictureBox1.Dock = DockStyle.Fill
End Sub

Private Sub Button5_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button5.Click
    PictureBox1.Image = Image.FromFile("C:\Moji dokumenti\Diplomski rad\tehnoloska
sema A32.jpg")
    PictureBox1.Dock = DockStyle.Fill
End Sub

Private Sub Button6_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button6.Click
    Button6.Visible = False
    Button5.Visible = True
    Button4.Visible = True
    Button3.Visible = True
    Button7.Visible = True
    RichTextBox1.Visible = False
    PictureBox1.Dock = DockStyle.Fill
    PictureBox1.Visible = True

End Sub

Private Sub Button7_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button7.Click
    Button6.Visible = True
    Button5.Visible = False
    Button4.Visible = False
    Button3.Visible = False
    Button7.Visible = False
    RichTextBox1.Visible = True
    PictureBox1.Visible = False

End Sub
End Class

```

