

Irena Planinić

JP „Elektroprivreda HZ HB“ d.d. Mostar

irena.planinic@ephzhh.ba

PRIMJENA GARCH(1,1) MODELA ZA FINACIJSKU PROCJENU VOLATILNOSTI DNEVNIH POVRATA – SLUČAJ BOSNE I HERCEGOVINE

Primljen: 27. srpnja 2022.

Prihvaćen: 13. rujna 2022.

<https://doi.org/10.46458/27121097.2022.28.149>

Pregledni rad

Sažetak

Rad istražuje volatilnost burzi Bosne i Hercegovine, odnosno volatilnost povrata na indekse SASX 10 i BIRS u periodu od 2006.-2021. godine. U radu je napravljena analiza volatilnosti indeksa putem modela GARCH(1,1). Rezultati pokazuju da je volatilnost prisutna na obje burze. Koeficijent α pokazuje veliku vrijednost kod SASX 10 indeksa, dok je koeficijent β veći kod BIRS indeksa. Podaci pokazuju veću i dugotrajniju postojanost i nestabilnost na obje burze, te se može reći da je tržište kapitala Bosne i Hercegovine izrazito volatilno.

Ključne riječi: *volatilnost, GARCH(1,1) model, financijsko tržište Bosne i Hercegovine*

JEL: C13, C32; C51, G17

1. UVOD

Financije predstavljaju srž gospodarstva jedne zemlje, a ekonomska i financijska globalizacija dovela je do pogoršanja izloženosti, prelijevanju i rizicima volatilnosti financijskog tržišta. Predviđanje financijske volatilnosti, važno je u proučavanju kako upravljati financijskim rizikom, odrediti cijenu imovine i teoriju investicijskog portfelja. Točno predviđanje volatilnosti pomaže investitorima da unaprijed odluče o očekivanim promjenama, što je od velike važnosti za održavanje stabilnog financijskog tržišta i poboljšanje povrata ulaganja. Tehnologija je

iz dana u dan naprednija, čime se povećava mogućnost prikupljanja i korištenje podataka o transakcijama na financijskom tržištu, a više informacija o cijenama imovine može se koristiti prilikom istraživanja. Volatilnost je evoluirala iz akademske ideje u alat za upravljanje rizicima i sada je nešto što investitori mogu trgovati, poput dionica ili obveznica.

1952. godine, Markowitz je objavio rad pod naslovom „*Portfolio Selection*“, u kojem tvrdi, da učinak portfelja treba ocjenjivati u usporedbi s količinom rizika koji investitor preuzima. Rizik, kao nejasan koncept, po Markowitzu, trebao bi se zamijeniti riječju volatilnost (ili varijanca). U radu se navodi da su dionice nestabilnije od obveznica, pa bi ulagači kao rezultat trebali očekivati bolje povrate. Dionice manjih tvrtki imaju tendenciju trgovanja na isprekidaniji način od dionica većih tvrtki, te bi po navedenom trebali investitoru ponuditi veće povrate tijekom vremena.

Tržište kapitala može biti vrlo nestabilno, sa širokim rasponom godišnjih, tromjesečnih, pa čak i dnevnih oscilacija. Iako se volatilnost definira kao značajan rizik ulaganja, kada se pravilno analizira i koristi, može generirati solidne povrate. Volatilnost se, također, može definirati kao tržišno iskustvo koje odražava osnove, informacije i tržišna očekivanja. Sve ovo predstavlja usko povezane elemente. Prilagođavanje cijena dionica donosi promjene u različitim aspektima društva kao što su: ekonomski, politički, monetarni, kao i korporativni: profitabilnost, kvaliteta proizvoda, poslovna strategija i slično. Istovremeno, informacije o promjenama trebale bi potaknuti tržišnu aktivnost koja oblikuje buduće cijene. Cijene na financijskim tržištima pokazale su znatne promjene u volatilnosti kroz vrijeme. Za svaku vrstu financijske imovine (dionice, obveznice, devize i ostala investicijska imovina) pokazala se nepredvidivost kretanja iz dana u dan, a također, postojala su i stabilnija vremena. Problem koji se javlja jeste nepoznavanje uzroka promjena u volatilnosti financijskih cijena. Statistički, volatilnost je mjera disperzije povrata za određeni vrijednosni papir ili tržišni indeks. U većini slučajeva, što je volatilnost veća, vrijednosni papir je rizičniji. Dosadašnja istraživanja su pokazala da je odnos povrata dionica i volatilnosti važan zbog ponašanja povrata dionica, koji je temelj za formulaciju koncepta rizika u financijskim teorijama i modelima. Shodno tome, definira se hipoteza:

H_0 - *Tržišta kapitala Bosne i Hercegovine ukazuju na visoku volatilnost*

Rad je organiziran na sljedeći način. Uvodni dio predstavlja problem koji će se istraživati kao i postavljanje hipoteze. Drugi dio daje pregled literature, relevantne za glavni cilj rada. Treći dio predstavlja metodologiju istraživanja. Četvrti dio donosi opis podataka, istraživanje i analizu izvornih empirijskih rezultata. Posljednji dio sadrži zaključak.

2. PREGLED LITERATURE

Široj javnosti volatilitnost je sinonim za rizik, stoga se visoka volatilitnost smatra uzrokom poremećaja tržišta, pri čemu se cijene vrijednosnih papira ne određuju pošteno i tržište kapitala ne funkcionira onako kako bi trebalo. Volatilitnost je od goleme važnosti za sve sudionike finacijskih tržišta, gdje se na nju više gleda kao na nepredvidivost.

Volatilitnost sama po sebi predstavlja važno pitanje. Naime, volatilitnost je važna odrednica za određivanje raspona između ponude i potražnje. Što je veća volatilitnost dionica, veći je raspon između ponuđene i tražene cijene. Promjenjivost dionica utječe i na likvidnost tržišta. Na tehnike zaštite kao što je osiguranje portfelja utječe razina volatilitnosti, pri čemu cijene osiguranja rastu s volatilitnošću. Rad Dalya (2008) u ne tehničkom smislu objašnjava različite tehnike koje se koriste za mjerene volatilitnosti u rasponu od vremenski nepromjenjivih mjera do vremenski promjenjivih. Pokazalo se da slabost prethodnih mjera proizlazi iz temeljne pretpostavke, da se volatilitnost smatra konstantom tijekom vremena. Ovo zapažanje navelo je istraživače da razviju mjere temeljene na pretpostavci da se volatilitnost mijenja tijekom vremena. Hartwell (2018) analizira determinante finacijske volatilitnosti u tranzicijskim zemljama Srednje i Istočne Europe kao i bivšeg Sovjetskog Saveza. Autor tvrdi da su institucionalne promjene, a posebno volatilitnost glavni uzrok finacijske nestabilnosti zemalja u tranziciji. Analizom tranzicijskih gospodarstava u periodu 1991. do 2017. godine, primjeno GARCH modela, analizirala se finacijska volatilitnost kao funkcija institucionalne volatilitnosti. Rezultati su pokazali da napredne institucije pomažu ublažiti volatilitnost finacijskog sektora, dok institucionalna volatilitnost izravno utječe na volatilitnost finacijskog sektora u tranziciji.

Koristeći tjedne (5 dana trgovanja) visoke, niske, početne i zaključne cijene indeksa S&P500, autori Li i Hong (2011), ispituju i demonstriraju sposobnost i superiornost procjenitelja raspona cijena da predvide buduću volatilitnost. Kako bi se ispravno modelirala dinamika procesa volatilitnosti procjenjuju se dvije vrste modela: GARCH model temeljen na povratu i AV model temeljen na rasponu. Rezultati predviđanja uzorka pokazuju da AV model, temeljen na rasponu, bolje bilježi dinamiku volatilitnosti i predviđa bolje rezultate u odnosu na GARCH model. Odnos između finacijske volatilitnosti i ekonomske volatilitnosti ima čvrste teorijske temelje kako navode Chauvet i sur. (2015). Finacijska volatilitnost može imati prediktivnu moć za gospodarsku aktivnost i može poboljšati predviđanja temeljena na konvencionalnim finacijskim pokazateljima. Kasch-Haroutounian i Price (2001.) analizom tranzicijskih tržišta Srednje Europe od 1992. – 1998 i ispitivanjem distribucijskih svojstava standardiziranih reziduala, uočili su da postoji značajno smanjenje kurtoaze na grafu u nominalnim povratima. Asimetrični

utjecaj na vijesti o volatilnosti pokazuju slabe dokaze o asimetriji na tržištima. Tzv. utjecaj poluge, koji ukazuju na negativne šokove unose više volatilnosti nego pozitivni šokovi, obuhvaćeni nelinearnom asimetrijom.

Mjerenje prelijevanje volatilnosti između sektora gospodarske aktivnosti korištenjem mjera mrežne povezanosti, istraženo je u radu Laborda i Olma (2021). Kako navode autori, prelijevanje volatilnosti točan je pokazatelj prijenosa rizika među sektorima i posebno daje korisne informacije tijekom kriznih razdoblja. Dobiveni podaci ukazuju da, na promatranih sedam ekonomskih sektora u SAD – u, četiri sektora predstavljaju glavne kanale kroz koje se šokovi šire na ostatak gospodarstva (bankarstvo i osiguranje, energija, tehnologija i biotehnologija). Bankarstvo i osiguranje posebno su relevantni tijekom globalne financijske krize u razdoblju 2007. – 2009. godine, dok su energetske izvori relevantni tijekom krize izazvane COVID – 19. Prelijevanje volatilnosti pokazuje sposobnost predviđanja velikih epizoda volatilnosti za indeks S&P 500 koji je koristan kao rani pokazatelj financijske krize. Prijenos (prelijevanje) volatilnosti je posljedica brzog porasta globalizacije svjetskih financijskih tržišta. Porast globalizacije dovodi do većeg prijenosa volatilnosti među tržištima. Otvorenost financijskih tržišta donosi značajan doprinos ekonomskom razvoju, ali također donosi i ranjivost te financijske poremećaje zemalja u razvoju. Učinci volatilnosti često se vide u povratima na kapital. Prijenos ili prelijevanje nestabilnosti i vremenski promjenjiva priroda promjenjivosti, važni su za investitore i upravitelje portfelja kojima su potrebni ti podaci svakodnevno za postizanje bolje diversifikacije portfelja (Dedi i Škorjanec 2017). Rad Stoykova, i Paskaleva, (2018) pružio je dokaze o integraciji tržišta dionica (analizirano tržište Jugoistočne Europe) i korelaciji navedenih tržišta kapitala. Istraživanje je naglasilo nove veza između grčkog, hrvatskog, turskog tržišta kapitala i tržišta u razvoju Jugoistočne Europe, te se pretpostavlja da postoji jaka korelacija između analiziranih tržišta kapitala.

Dobro je utvrđena činjenica da volatilnost financijskog tržišta pokazuje dugotrajnu ovisnost, neovisno o klasi imovine, bilo da se radi o deviznim tečajevima, dionicama ili obveznicama i neovisno bilo europsko, azijsko ili američko tržište (Kolaiti, Mboya i Sibbertsen 2020). Volatilnost se također koristi za upravljanje rizikom i ima važnu ulogu pri izračunu rizične vrijednosti. Dinamika volatilnosti povezana je sa zaštitom od rizika, pitanjem raspodjele portfelja, gdje su visokokvalitetne procjene buduće volatilnosti presudne za financijske posrednike i stručnjake (Chuna, Choa i Ryu 2020). Glavne značajke volatilnosti tržišta kapitala Europskih tranzicijskih gospodarstva istraženo je u radu Murinde i Poshakwale (2002). Na svih šest istraženih tržišta, volatilnost pokazuje značajnu uvjetnu heteroskedastičnost i nelinearnost. GARCH in Mean model kojim se mjerila volatilnost nije objasnila očekivane povrate ni za jedno od šest tržišta. Asimetrični utjecaj inovacija na volatilnost i odnos između povrata na dionice i dinamike

volatilnosti, u slučaju tržišta srednje i istočne Europe, koristeći okvir asimetrije modela stohastičke volatilnosti, analizira Hepsag (2016). Empirijski nalazi pružaju slabe dokaze o asimetriji i visoku postojanost volatilnosti na tržištu kapitala u promatranim zemljama.

Nelson (1996) navodi da je važna pozitivna serijska korelacija u volatilnosti, i da je ona povezana s promjenama volatilnosti tržišta. To znači da velike promjene imaju tendenciju biti praćene velikim promjenama bilo kojeg predznaka, a male promjene imaju tendenciju biti praćene malim promjenama (Mandelbrot 1963). Fama (1965) i French and Roll (1986) pokazuju da dani trgovanja i ne trgovanja doprinose volatilnosti tržišta. Konkretno, volatilnost burze obično je veća ponedjeljkom nego drugim danima u tjednu, odražavajući kretanja cijena dionica ponedjeljkom na temelju informacija pristiglih u razdoblju od 72 sata. Drugim danima trgovanja kretanje cijena odražavaju informacije koje stižu tijekom razdoblje od 24 sata. Kad cijene dionica poduzeća bilježe pad one postaju više zadužene i volatilnost povrata obično raste.

Razvoj tržišta kapitala u Bosni i Hercegovini, (BiH) usko je povezan s procesom masovne privatizacije. Potraživanje od privatizacije, tzv. „Potvrde“, koje su izdane punoljetnim osobama bile su uglavnom ulaganja u Privatizacijske investicijske fondove (PIF) i u tvrtke koje su nudile državni kapital. Slaba svijest vlasnika certifikata, i kasnijim vlasnicima dionicama, o pravima i obvezama u vezi s njihovim vlasništvom u fondovima i privatiziranim tvrtkama, dovode do činjenice da su ti izdavači inicijalno trgovali dionicama. Razmjena se uglavnom odvijala po diskontnim stopama. Slika tržišta kapitala i financijskog sektora u BiH još je uvijek relativno nepovoljna. U usporedbi s naprednim tranzicijskim gospodarstvima, tržište kapitala u BiH je nerazvijeno i manje važno za domaće gospodarstvo općenito, a posebno za korporacijske financije. Tržište kapitala BiH je plitko tržište i manje važno za domaće gospodarstvo. Karakterizira ga niska tržišna kapitalizacija i niska razina likvidnosti. Također, tržište je bankocentrično gdje su glavni izvor sredstava za investiranje krediti poslovnih banaka. Razlog tome leži u činjenici brže dostupnosti sredstava i jednostavnija procedura.

Početak ovog stoljeća osnovane su dvije burze, Sarajevska burza (SASE) i Banjalučka berza (BL BERZA). Na navedenim burzama djelovanje je skromno, jer financijsko tržište Bosne i Hercegovine nema dovoljnu širinu i dubinu kojim bi dao potpuni doprinos razvijanju ekonomije (Šoja i sur. 2019). Kada se gleda nestabilnost tržišta, BiH pokazuje umjerenu do nisku razinu sinkronizacije s regionalnim i europskim tržište. Slična nestabilnost promatra se kroz uvjetno standardno odstupanje, gdje je najveće zabilježeno tijekom globalne financijske krize (Hečimović 2016). Alihođić (2017) smatra da je za razvoj tržišta kapitala u Bosni i Hercegovini potrebno usuglasiti neusuglašenu zakonsku regulativu na

nivou entiteta, fragmentarnost tržišta i pojačati publicitet informacija o pravnim subjektima koji kotiraju na tržištu kapitala.

Žikeš, (2004), koristi GARCH-t model za određivanje volatilnosti povrata češkog, mađarskog i poljskog tržišta dionica, korištenjem tjednih podataka prikupljenih u razdoblju od 1996. do 2002. Autor koristi serije indeksa umjesto povrata, i nakon ARCH testa, osim mađarskog BUX indeksa, oba testa jasno ukazuju na prisutnost uvjetne heteroskedastičnosti u procijenjenim rezidualima. Ćilić (2022) istražuje može li se prijenosni kanal globalne financijske krize, na 17 istočnoeuropskih tržišta, izravno povezati s američkim tržištem ili jednim od tri najveća europska tržišta. Korištenjem lažnog regresijskog modela, s okvirima GJR-GARCH i EGARCH, rezultati pokazuju da je Euronext glavni prijenosni kanal za većinu analiziranih tržišta. Latvija, Rusija i Srbija bile su pogođene Londonskom burzom, dok Slovačka nije pokazala zarazu. Ovi rezultati pokazuju da učinci i prijenos krize nisu bili identični u cijelom svijetu. To sugerira da bi mjere stvorene za ublažavanje takvih kriza trebale biti prilagođene svakom tržištu. Studija, (Pirgaip i sur. 2021.), istražuje dostupnost prednosti diverzifikacije portfelja nakon pokretanja trgovačke platforme South Eastern Europe Link (SEE Link 2016.), kao središte povezivanja za tržišta dionica u regiji Jugoistočne Europe. Koristeći GARCH metodologiju, dobiveni su podaci da dvije burze (Hrvatska i Bugarska) imaju značajno opadajući uzorak korelacije i regresijski odnos tijekom razdoblja uzorka koji implicira postojanje mogućnosti diverzifikacije na tržištima SEE.

Shodno navedenom definirat će se pojmovi „*finacijska volatilnost*“, „*ekonomska volatilnost*“ i „*institucionalna volatilnost*“.

Kada je riječ o institucionalnoj volatilnosti, pretpostavlja se da u samom procesu reformi volatilnost smanjuje rast gospodarstva jer povećava nesigurnost. Rizična ulaganja zahtijevaju veću premiju rizika, a investitori će nastojati iskoristiti priliku s najnižom razinom neizvjesnosti. Država može povećati gospodarski rast ublažavanjem volatilnosti radi stjecanja povjerenja investitora, fiskalne stabilnosti, te zaštite investitora. Institucionalna volatilnost može imati pozitivan učinak na gospodarski rast. Teoretski, pozitivan odnos između institucionalne volatilnosti i gospodarskog rasta može se pojaviti zbog učinaka institucionalne skleroze na kočenje rasta. Institucionalna skleroza, kako je opisao Olson (2008.), je nemogućnost institucija da se razviju iz stanja koje nije optimalno zbog stečenog interesa strana koje imaju koristi od trenutnog institucionalnog okruženja.

Kada je volatilnost tržišta uzrokovana ekonomskim odrednicama, ekonomskim vijestima, promjenama kamatnih stopa ili fiskalne politike riječ je o ekonomskoj volatilnosti. Najnoviji slučaj ekonomske volatilnosti svakako je uzrokovan

pojavom virusa COVID – 19, kao i novijim zbivanja u Ukrajini. Ibrahim i Alagidede,(2017.), ističu da jačanjem nadzora finacijskog sektora i prekograničnog nadzora, može biti presudno u ispitivanju pravih razina finacijska i stabilnosti cijena potrebnih za usporavanje ekonomske volatilnosti.

Finacijska volatilnost odnosi se na šokove uzrokovane na finacijskim tržištima, te se u literaturi najviše istražuje. Kada cijene imovine naglo fluktuiraju tijekom vremenskih razlika od samo jednog dana ili manje, ulagačima može biti teško prihvatiti da objašnjenje za te promjene leži u informacijama o temeljnim ekonomskim odrednicama. To može dovesti do erozije povjerenja u tržište kapitala i smanjenog protoka kapitala na tržištu kapitala. Za pojedinačna poduzeća, volatilnost poduzeća važna je odrednica u određivanju vjerojatnosti bankrota. Što je veća volatilnost za određenu strukturu kapitala, to je veća vjerojatnost neispunjavanja obveza.

3. METODOLOGIJA

Kada je riječ o empirijskom istraživanju o finacijskoj volatilnosti na nerazvijenim tržištima, nema dovoljno istraživanja na navedenu temu, osobito kada je riječ o BiH. Svrha rada je istražiti finacijsku volatilnost tržišta kapitala BiH te utvrditi da li tržišta imaju visok stupanj volatilnosti. U radu će se koristiti dnevne cijene zatvaranja indeksa burze u Sarajevu (SASX 10) i Banjalučke berze (BIRS). Period koji je obuhvaćen analizom je 6.2.2006. – 31.12.2020. godine, prema podatcima prikupljenih sa službenih stranica navedenih burzi.

Budući da je tržište kapitala BiH malo i da ovisi o promjenama na tržištima kapitala u regiji, nestabilnost na svjetskim tržištima utječe na povećanje rizičnosti, smanjenje učestalosti trgovanja vrijednosnim papirima, pa samim time i na povećanje volatilnosti ovog tržišta. Poznavanje volatilnosti određenog finacijskog instrumenta, može pomoći investitorima uvid u informacije o rizičnosti koju kupovina instrumenta nosi.

Volatilnost se analizira na osnovu povijesnih podataka, ali se ona procjenjuje primjenom autoregresivnog integriranog pomičnog prosjeka (ARMA(p,q) model), autoregresivne uvjetne heteroskedastičnosti (ARCH model), koje je osmislio Engle 1982., kao i ostalih modela iz obitelji modela uvjetne heteroskedastičnosti, među kojima najširu (GARCH modeli). GARCH model je ustanovio Bollerslev 1986. kao doradu ARCH modelu. Osobine modela ogledaju se u tome da prepoznaju volatilnost kao parametar, koji tijekom vremena nije konstanta veličina, jer ona u tijeku promatranog razdoblja može da bude niska, a već u narednom razdoblju visoka.

Analiza ARCH modela podrazumijeva ocjenjivanje dva modela: ARMA(p,q) model, na burzovne indekse SASX – 10 i BIRS i modela varijance. ARMA model dat je u vidu sljedeće jednačbe ARMA(p,q):

$$r_t = \beta_0 + \beta_1 r_{t-1} + \beta_2 r_{t-2} + \dots + \beta_p r_{t-p} + \dots + \varphi_q u_{t-q} = u_t$$

r_t – stopa povrata na indekse

(1)

Da bi model mogao da bude ocijenjen, mora da bude ispunjen uvjet stacionarnosti vremenskog niza. Stacionarnost vremenskog niza ispitati će se primjenom ADF testa, kako bi se dobio što precizniji rezultat, i utvrdilo postojanje jediničnog korijena. Nakon utvrđivanja postojanja stacionarnosti ili ne, pristupa se ocjenjivanju autoregresijskog modela za niz

Za određivanje reda odgovarajućeg ARMA modela, potrebno je izračunati vrijednosti autokorelacije i parcijalne autokorelacije. Na osnovu dobivenih vrijednosti, doći će se do zaključka da li je moguće ocijeniti ARMA model, gdje p i q mogu uzeti velike vrijednosti. Box-Jenkinsova metoda preporuča da red p i q ne bi trebali da budu veći od tri, kako bi model zadovoljio statističke kriterije.

Testiranje postojanja ARCH procesa niza stope povrata analiziranih burzovnih indeksa, (SASX – 10 i BIRS), primijenit će se Engelson ARCH test kvadrata reziduala polaznog ARMA(p,q) modela. To će pokazati da li vremenski niz ima autoregresijsku uvjetnu heteroskedastičnost. ARCH modeli se temelje na varijanci člana pogreške u vremenu t ovisno o ostvarenoj vrijednosti kvadrata pogreške u prethodnim vremenskim razdobljima. Model se zapisuje na sljedeći način, k:

$$y_t = u_t + w_t \quad (2)$$

gdje je y_t uvjetna očekivana vrijednost povrata, a w_t greška u ocjenjivanju povrata koja predstavlja bijeli šum čija varijanca se mijenja tijekom vremena

$$u_t = N(0, \sigma_t^2) \quad (3)$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{j=1}^q \alpha_j u_{t-j}^2 \quad (4)$$

ARCH model ima nedostataka. Ne može se utvrditi izbor reda q , te se može pojaviti da analizirani parametri mogu dobiti negativan predznak. U većini stručne literature ARCH modeli se rijetko koriste, i zamijenjen je GARCH modelima.

GARCH model dopušta da uvjetna varijanca varijable ovisi o prethodnim kašnjenjima, prvi zaostatak kvadrata reziduala iz jednadžbe srednje vrijednosti predstavlja vijest o volatilnosti iz prethodnog razdoblja. Zapisuje se na sljedeći način:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i u_{t-1}^2 + \sum_{i=1}^q \beta_i \sigma_{t-1}^2 \quad (5)$$

Svi parametri u jednadžbi varijance moraju biti pozitivni, a zbroj koeficijenata $\alpha + \beta$ očekuje se da bude manje od jedan, ali blizu jedan. Ako je zbroj koeficijenata jednak 1, model se naziva Integrirani GARCH (IGARCH). U empirijskom dijelu biti će analiziran model GARCH(1,1). Za model se smatra da je pokretačka sila u financijskom modeliranju. Koristi se za analizu dinamike većine vremenskih serija, bilo da su vremenske serije formirane na razvijenom ili manje razvijenom tržištu kapitala. Prema GARCH modelima, reakcija volatilnosti na pozitivne i negativne šokove je jednaka. Razlog tome je u uvjetnoj varijanci koja predstavlja kvadratu reziduala, pa je učinak predznaka tu izgubljen. Također se smatra da negativni šokovi dovode do većeg rasta volatilnosti nego pozitivni šokovi iste jačine.

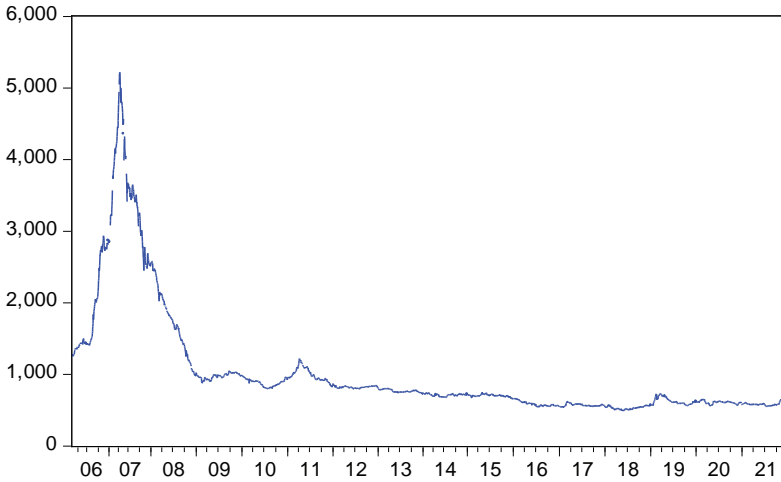
4. EMPIRIJSKI REZULTATI

U analizi se koriste povrati za označavanje razmjerne promjene cijena tijekom intervala burzovnih indeksa. Paralelno s Yuom (2002), povrat (r) definiran je kao prirodni logaritam relativnih nagrada kako slijedi:

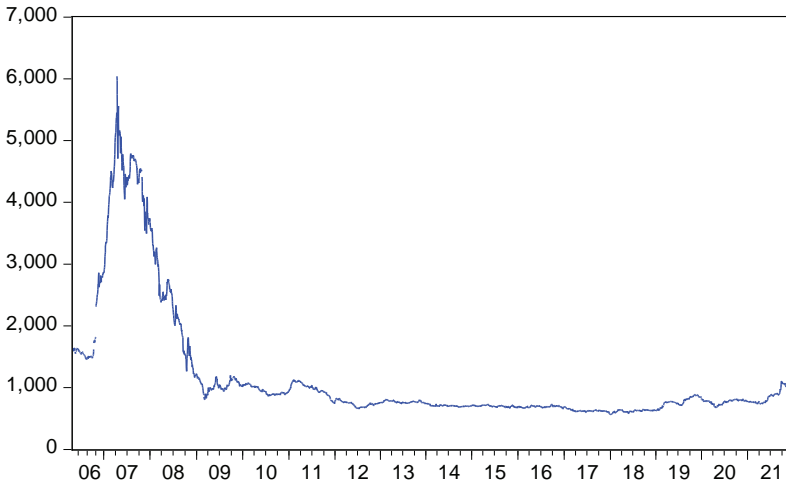
$$r = \log\left(\frac{X_t}{X_{t-1}}\right) \quad (6)$$

gdje je zaključna cijena promatranog indeksa.

Cijena dnevnih indeksa (SASX 10 i BIRS) i njihovih povrata prikazani su na grafovima 1 i 2.

Grafikon 1. Cijena BIRS (veljača 2006. – prosinac 2021.)

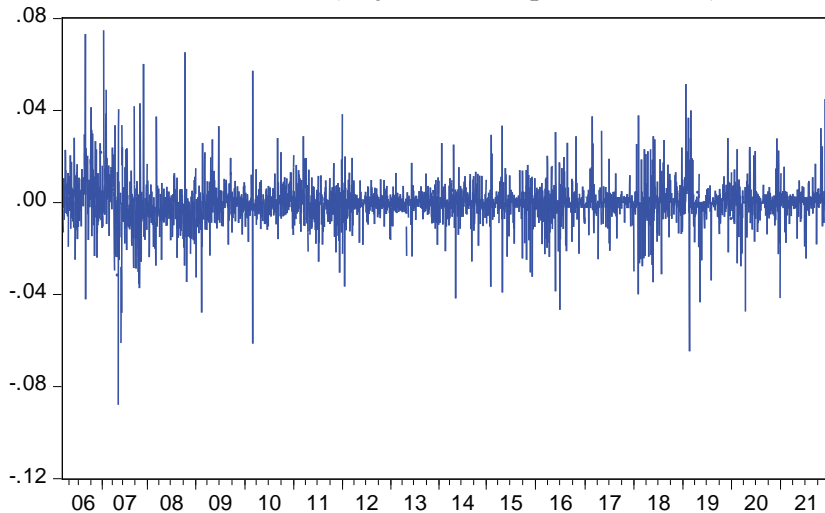
Izvor: Izrada autora koristeći statistički program EViews 7

Grafikon 2. Cijena SASX (veljača 2006. – prosinac 2021.)

Izvor: Izrada autora koristeći statistički program EViews

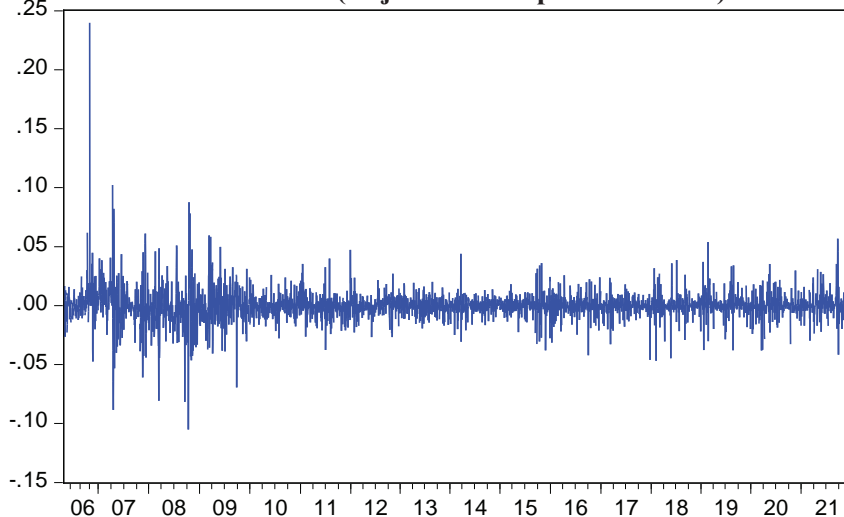
Kako se može vidjeti na grafovima, najveća cijena je bila 2007. godine, nakon čega dolazi do naglog pada 2009. godine. Nagli pad, svakako je posljedica globalne financijske krize. Od perioda 2009.-2021. godine, nije bilo naglih padova ni rasta cijena, a isto tako cijene, do sada, nisu dosegle maksimum iz 2007. godine.

Grafikon 3. Povrat BIRS (veljača 2006. – prosinac 2021.)



Izvor: Izrada autora koristeći statistički program EViews 7

Grafikon 4. Povrat SASX (veljača 2006. – prosinac 2021.)



Izvor: Izrada autora koristeći statistički program EViews 7

Promatrajući grafove povrata promatranih burzi, vidljivo je da dinamičniji graf imaju povrati Banjalučke berze, što upućuje na nestabilnost visokih i niskih povrata. Kad je riječ o Sarajevskoj burzi graf povrata pokazuje da je nestabilnost koje je najviše vidljiva u periodu 2006. – 2009. godine.

Tablica 1. prikazuje deskriptivnu statistiku serije povrata. Najvažnije vrijednosti koje prikazani u tablici su statistike asimetrije, kurtoze i Jarque Bera. Linearno

strukturni (i vremenski nizovi) modeli ne mogu objasniti niz važnih značajki kao što su leptokurtosis, klasteriranje volatilnosti i učinci poluge, koji uglavnom postoje u financijskim podacima. Leptokurtosis, klasterizacija volatilnosti i efekti poluge su tendencija povrata financijske imovine. Pozitivna asimetrija znači da distribucija ima dugi desni rep, a negativna asimetrija implicira da distribucija ima dugačak lijevi rep. Kurtosis normale distribucija je 3. Ako kurtosis prelazi 3, distribucija je leptokurtična u odnosu na normalu; ako je kurtosis manji od 3, distribucija je ravna (platykurtic) u odnosu na normalu. Testiranje normalnosti, koristi se Jarque Bera test koji ima nultu hipotezu normalne distribucije i distribuira se kao kod 2 stupnja slobode.

Tablica 1 . Deskriptivna statistika

	SASX10	BIRS
Mean	-0,000121	-0,000167
Median	0,00000	0,00000
Maximum	0,239821	0,074910
Minimum	-0,105077	-0,087898
Stan. Dev.	0,012367	0,009143
Skewness	1,896744	0,002053
Kurtoris	47,75822	14,76592
Jarque-Bera	329219,5	22645,96
Probability	0,00000	0,00000
Observations	3916	3926

Izvor: Izrada autora koristeći statistički program EViews 7

Serije imaju pozitivnu Skewness i visok pozitivan Kurtoris. Ove vrijednosti označavaju situaciju da distribucije serije imaju dug desni rep i leptokurtične su. Jarque-Bera statistika odbacuje nultu hipotezu normalne distribucije na razini značajnosti od 1% za promatrane varijable. Za primijetiti je da su indeksi, u prosjeku, bilježili negativan rezultat.

Osim ispitivanja stacionarnosti podataka definirana je i razina niza. Proširena Dickey-Fullerova (ADF) statistika jasno odbacuje hipotezu o jediničnom korijenu na razini značajnosti od 1% za povrate burzovnih indeksa promatranih burzi. Tablica 2. daje prikaz rezultata ADF testa. ADF test samo odgovara na pitanje ima li smisla dalje diferencirati s ciljem postizanja stacionarnosti. Izračunata vrijednost ADF testa kod svih promatranih indeksa veća je od kritične vrijednosti, te

se zaključuje da se može odbaciti hipoteza o postojanju jediničnog korijena i po navedenom testu, nizovi su stacionarni.

Tablica 2. ADF test

	SASX 10 – bez trenda	BIRS - bez trenda	SASX 10 – sa trendom	BIRS – sa trendom
ADF-test (prob)	-50,30335 (0,00001)	-53,04128 (0,00001)	-50,31263 (0,0000)	-53,03697 (0,0000)
1% level	-3,431835	-3,431831	-3,960383	-3,960377
5% level	-2,862081	-2,862080	-3,410953	-3,410950
10% level	-2,567102	-2,567101	-3,127286	-3,127284

Izvor: Izrada autora koristeći statistički program EViews 7

Nakon utvrđivanja stacionarnosti niza, pristupit će se utvrđivanju ARMA modela, gdje je potrebno izračunati autokorelaciju (AC) i parcijalnu autokorelaciju (PAC)

Tablica 3. - AC i PAC – BIRS

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
*	*	1	0.165	0.165	106.54	0.000
		2	0.057	0.031	119.42	0.000
		3	0.027	0.013	122.24	0.000
		4	0.044	0.037	129.89	0.000
		5	0.036	0.022	134.91	0.000
		6	0.028	0.016	138.02	0.000
		7	0.070	0.062	157.37	0.000
		8	0.050	0.027	167.24	0.000
		9	0.060	0.042	181.55	0.000
		10	0.051	0.030	191.67	0.000
		11	0.023	0.001	193.82	0.000
		12	0.027	0.014	196.75	0.000
		13	0.035	0.021	201.49	0.000
*		14	0.090	0.073	233.32	0.000

Izvor: Izrada autora koristeći statistički program EViews 7

Tablica 4. - AC i PAC – SASX

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
**	**					
		1	0.215	0.215	180.44	0.000
		2	0.017	-0.030	181.58	0.000
		3	-0.022	-0.020	183.43	0.000
		4	-0.031	-0.022	187.16	0.000
		5	0.013	0.025	187.78	0.000
		6	0.046	0.039	196.16	0.000
		7	0.051	0.033	206.26	0.000
		8	0.026	0.009	208.90	0.000
		9	0.012	0.008	209.45	0.000
		10	0.061	0.063	223.86	0.000
		11	0.055	0.032	235.69	0.000
		12	0.030	0.010	239.13	0.000
		13	-0.000	-0.010	239.14	0.000
*	*	14	0.075	0.084	261.15	0.000

Izvor: Izrada autora koristeći statistički program EViews 7

Tabela 3 i 4. prikazuje kretanje autokorelacije i parcijalne autokorelacije dnevnih stopa povrata promatranih indeksa i pokazuje njihovu statističku značajnost. Simbol ** označava statističke značajne vrijednosti. Korelogram također potvrđuje da ne postoji serijska autokorelacija reziduala u modelu. Time se osigurava povećanje efikasnosti i preciznosti predviđanja modela.

Tablica 5. - ARMA(1,1) burzovnih indeksa

	SASX 10	BIRS
C	-3,86E-07 (0,8546)	-4,52E-07 (0,8802)
AR(1)	0,202283 (0,0000)	0,130474 (0,0000)
MA(1)	0,991574 (0,0000)	-0,98203 (0,0000)
AIC	-5,994702	-6,589510
SIC	-5,989894	-6,584713
HQC	-5,992996	-6,587808

Izvor: Izrada autora koristeći statistički program EViews 7

Na osnovu dobivenih vrijednosti AC i PAC ocijenit će se ARMA model, kao ARMA(1,1), gdje su AR(1) i MA(1) statistički značajni (Tabela 5).

Slijedi testiranje postojanja ARCH učinka povrata burzovnih indeksa SASX-10 i BIRS. Primjenom ARCH učinka, modela ARMA(1,1), utvrđuje se postoji li u nizu autoregresijska uvjetna heteroskedastičnost.

Tablica 6. ARCH LM TEST

	SASX 10	BIRS
Prob. F(1,3912)	0,0000	0,0000
Prob. Chi-Square(1)	0,0000	0,0000
C	0,000135 (0,0000)	6,17E-05 (0,0000)
RESID 2(-1)	0,076853 (0,0000)	0,239939 (0,0000)

Izvor: Izrada autora koristeći statistički program EViews 7

Rezultati su odbacili nultu hipotezu o nepostojanju ARCH učinka, koja glasi: H_0 – ne postoji ARCH učinak za određeni broj kašnjenja (lagova).

Ukoliko je $p < 0,05\%$, H_0 – se odbacuje.

Za daljnje utvrđivanje volatilnosti, kreirat će se jednostavniji model GARCH(1,1). Rezultati dobivenog modela dati su u Tabeli 7.

Tablica 7. GARCH(1,1)

	SASX10 -BiH	BIRS – BiH
C	-0,000383 (0,0024)	-000300 (0,0110)
POVRAT(-1)	0,015495 (0,0097)	0,092449 (0,0000)
Variance Equation		
C	000000,1 (0,0000)	000000,1 (0,0000)
RESID^2(-1) - α	0,109669 (0,0000)	0,066480 (0,0000)
GARCH (-1) - β	0,878542 (0,0000)	0,917538 (0,0000)
Akaike info criterion	-6,373978	-6,793146
Schwarz criterion	-6,365968	-6,785152
Hannan-Quinn criterion	-6,371136	-6,790309

Izvor: Izrada autora koristeći statistički program EViews 7

Parametri u analiziranom GARCH(1,1) modelu su statistički značajni. Koeficijenti imaju vrijednost koje su karakteristične za stope povrata i pretpostavke

GARCH modela. Kada je riječ o konstanti varijance, ona mora biti pozitivna, dok ostali parametri moraju biti ne negativni.

Jednadžba srednje vrijednosti je statistički značajna pri vrijednosti od 1% i tumači se na sljedeći način: *SASX10 – prosječni povrat je -0,000383 a njegova prošla vrijednost značajno predviđa sadašnju seriju za 0,01549*

$$\text{Zapis modela jednadžbe: } = \text{SASX10}_t = -0,000383 + 0,01549 \text{sasx10}_{t-1} \quad (7)$$

BIRS - prosječni povrat je -0,000300 a njegova prošla vrijednost značajno predviđa sadašnju seriju za 0,092449

$$\text{Zapis modela jednadžbe: } = -0,000300 + 0,092449 \text{birs}_{t-1} \quad (8)$$

Kada je riječ o varijanci, model se zapisuje na sljedeći način.

$$\text{SASX10} - h_t = 0,000001 + 0,878542h_{t-1}^2 + 0,109669\hat{u}_{t-1}^2 \quad (9)$$

$$\text{BIRS} - h_t = 0,000001 + 0,917538h_{t-1}^2 + 0,066480\hat{u}_{t-1}^2 \quad (10)$$

Koeficijenti varijance su pozitivni i statistički značajni pri vrijednosti od 1%. GARCH(1,1) model se tumači na sljedeći način:

Vremenska promjenjivost volatilnosti uključuje konstantu od 0,000001, povijesno kretanje indeksa od 0,878542 pri standardnoj greški od 0,11 (SASX 10) ;

Vremenska promjenjivost volatilnosti uključuje konstantu od 0,000001, povijesno kretanje indeksa od 0,917538 pri standardnoj greški od 0,06. (BIRS)

Konstante promatranih indeksa su izuzetno niske pozitivne vrijednosti, a koeficijenti α i β su ne negativni. Koeficijent α kod indeksa SASX-10, ukazuje na veliku vrijednost, što znači da volatilnost intenzivno reagira na kretanje tržišta. Kada je riječ o BIRS indeksu α koeficijent je znatno manji. Koeficijent β , koji mjeri kumulativni vremenski učinak prošlih šokova na povrate, najveću vrijednost pokazao je kod BIRS indeksa. Također, visoka vrijednost β koeficijenta označuje da je šok velik, odnosno, šok uzrokovan danas ostaje u prognozi varijance za mnoga razdoblja u budućnosti.

Rezultati istraživanja pokazali su izrazitu volatilnost oba tržišta, koja sporo iščezava, čime se može zaključiti da se postavljena hipoteza ne može odbaciti. Rezultat dobiven zbrajanjem koeficijenata, α i β , pokazuje da je tržište Banjalučke berze manje volatilno od Sarajevske berze. Ne samo da je BIRS manje promjenjiv

od SASX – 10, nego je i sigurno ulaganje investitorima u slučaju krize. Dokazano je da se vremenski nizovi mogu ispravno modelirati GARCH modelom

Utvrđivanje volatilnosti od ključne važnosti za investitora kako bi mogao utvrditi rizik portfelja. Istraživanje je pokazalo da je moguće izvršiti analiziranje volatilnosti kroz kotacije na Sarajevskoj burzi i Banjalučkoj berzi, pomoću GARCH modela. Po Engle (2001) cilj analize volatilnosti mora u konačnici objasniti uzroke volatilnosti. Iako je struktura vremenske serije vrijedna za predviđanje, ona ne zadovoljava potrebu za objašnjenjem volatilnosti. Strategija procjene uvedena za ARCH/GARCH modele može se izravno primijeniti ako postoje unaprijed određene varijable. Stoga se može razmišljati o problemu procjene za varijancu isto kao što to čini za srednju vrijednost. Volatilnost je odgovor na vijesti, koje moraju biti iznenađenje. Međutim, vrijeme objavljivanja vijesti ne mora biti iznenađenje i dovoditi do predvidljivih komponenti volatilnosti, kao što su ekonomske objave.

Tržište kapitala BiH je nedovoljno iskorišteno. Posljednjih godina u BiH se često spominjala mogućnost financiranja velikih infrastrukturnih projekata putem emisije dužničkih vrijednosnih papira. Do sada niti jedan od ovih projekata nije financiran na ovaj način. O ovom problemu može se govoriti s više aspekata kao što su: strateške odluke, limiti proračunskog deficita, tehnička provedba, učinkovito upravljanje javnim dugom i sl.

5. ZAKLJUČAK

Motiv istraživanja volatilnosti tržišta kapitala BiH ogleda se u tome da literatura nije dovoljno istražena, budući da je BiH država koja ima dva tržišta kapitala. Dok se država priprema za pristupanje Europskoj Uniji, razumno je očekivati dobru interakciju institucionalnih i individualnih investitora. Za investitore, razumijevanje volatilnosti je preduvjet za procjenu rizika, dok s druge strane kreatori politike procjenu volatilnosti mogu dobiti uvid u sustav koji bi umanjio rizik, privukao investitore i pridonio stabilnijem okruženju ulaganja. GARCH modeli naširoko su primijenjeni u ekonomiji i financija. Većina teorija o cijenama imovine povezuje očekivane povrate na imovinu s njihovim uvjetnim varijancama. Empirijski podaci pokazuju da se povrati u stvarnosti mijenjaju nasumično tijekom vremena. Ispitani model GARCH(1,1) opisao je povijesni obrazac volatilnosti i može se koristiti za predviđanje budućih serija. Po povijesnim podacima postoji velika mogućnost da bi ih ulagači mogli koristiti kako bi zaradili iznad prosječnu dobit. Potrebna je detaljnija analiza kako bi se moglo u potpunosti razumjeti odnos između povrata dionica i volatilnosti burzi u Bosni i Hercegovini. Budući da je priroda odnosa povrata i volatilnosti temeljna na formulaciji koncepta rizika u različitim financijskim modelima, daljnja istraživanja trebala bi pobliže osvijetliti

suvremene teorijske, metodološke i aplikativne pristupe korištenju ARCH/GARCH modela, pri oblikovanju investicijske strategije.

Analiza je pokazala veću osjetljivost na šokove kod SASX - 10 indeksa, nego kod BIRS indeksa. Također postoji informacijska neučinkovitost, uzimajući u obzir da bi investitori mogli koristiti povijesne podatke kako bi ostvarili „ekstra profit“. Potrebna je detaljnija analiza kako bi se u potpunosti razumio odnos između povrata dionica i volatilnosti tržišta kapitala Bosne i Hercegovine. Buduće analize trebali bi dati smjernice investitorima kojima će pomoći pri odlučivanju investiranja na tržište Bosne i Hercegovine. Bilo bi učinkovito istražiti da li se modeliranje može poboljšati proširenjem modela iz GARCH obitelji. Usporedba tržišta BiH sa drugim tržištima u regiji moglo bi dovesti do novih spoznaja.

LITERATURA

1. Alihodžić, A. (2017) , Determinante tržišnih cena akcija na tržištu kapitala Bosne i Hercegovine, Bankarstvo Magazine, 46(3);
2. Bollerslev, T. (1986), Autoregressive Generalized Conditional Heteroskedasticity, Journal of Econometrics, 31: 307-327;
3. Chauvet, M., Senyuz, Z., Yoldas, E. (2015), What does financial volatility tell us about macroeconomic fluctuations, Journal of Economic Dynamics and Control, 52, 340-360;
4. Chuna D, Choa H., Ryu, D.(2020) , Economic indicators and stock market volatility in an emerging economy, Economic Systems, Vol 44, No.2;
5. Daly, K. (2008), Financial volatility: Issues and measuring techniques, Physica A: statistical mechanics and its applications, 387(11), 2377-2393;
6. Dedi, L. , Škorjanec, D. (2017) , Volatilities and equity market returns in selected Central and Southeast European countries, Ekonomski pregled 68 (4), 384-398
7. Engle, R.F. (1982), Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of U.K. Inflation, Econometrica, 50: 987-1008;
8. Engle, R. (2001), GARCH 101: The use of ARCH/GARCH models in applied econometrics, Journal of economic perspectives, 15(4), 157-168.
9. Fama, E. F. (1965) , The behavior of stock market prices, Journal of Business 38 ,34–105;
10. French, K. R., Roll, R. (1986) , Stock return variance: The arrival of information and the reaction of traders, Journal of Financial Economics 17, 5–26;

11. Hartwell, C. A. (2018) ,The impact of institutional volatility on financial volatility in transition economies, *Journal of Comparative Economics*, 46(2), 598-615;
12. Hečimović, E. (2016) , Modeling and Forecasting Volatility: Evidence from Bosnia and Herzegovina, Charles University in Prague, Faculty of Social Sciences, Institute of Economic Studies;
13. Hepsag, A. (2016), Asymmetric stochastic volatility in central and eastern European stock markets, *Theoretical & Applied Economics*, 23(2);
14. Ibrahim, M., & Alagidede, P. (2017). Financial sector development, economic volatility and shocks in sub-Saharan Africa. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 484, 66-81;
15. Kasch-Haroutounian, M., ,Price, S. (2001) , Volatility in the transition markets of Central Europe, *Applied Financial Economics*, 11(1), 93-105;
16. Kolaiti, T., Mboya, M., Sibbertsen, P. (2020), Volatility Transmission across Financial Markets: A Semiparametric Analysis, *Journal of Risk and Financial Management* 13 (8): 160;
17. Laborda, R., Olmo, J. (2021) , Volatility spillover between economic sectors in financial crisis prediction: Evidence spanning the great financial crisis and Covid-19 pandemic, *Research in International Business and Finance*, 57, 101402;
18. Li, H., Hong, Y. (2011) , Financial volatility forecasting with range-based autoregressive volatility model“ *Finance Research Letters*, 8(2), 69-76;
19. Markowitz, H. (1952),Portfolio Selection“ *The Journal of Finance*, 7, 77-91;
20. Mandelbrot, B. (1963) , The variation of certain speculative prices, *Journal of Business* 36, 394–419;
21. Murinde, V., Poshakwale, S. (2002) ,Volatility in the emerging stock markets in central and Eastern Europe: evidence on Croatia, Czech Republic, Hungary, Poland, Russia and Slovakia, *European Research Studies*, 4(3-4), 73-101;
22. Nelson, D. B. (1996) , Modelling stock market volatility changes , in: P. Rossi (Ed.), *Modelling Stock Market Volatility*, Academic Press, 3–15;
23. Pirgaip, B., Ertuğrul, H. M., Ulussever, T. (2021), Is portfolio diversification possible in integrated markets? Evidence from South Eastern Europe, *Research in International Business and Finance*, 56, 101384;
24. Olson, M. (2008). *The rise and decline of nations: Economic growth, stagflation, and social rigidities*. Yale University Press.

25. Stoykova, A., Paskaleva, M. (2018) , Correlation dynamics between South-east European capital markets, *Economic Studies*, 27(4);
26. Šoja, T., Galijašević, Z., Ćeman, E. (2019) , Testiranje hipoteze o efikasnosti finansijskog tržišta Bosne i Hercegovine, *Časopis za ekonomiju*, 69;
27. Țilică, E. V. (2022) , Crisis transmission channel for 17 East-European countries during the Global Financial Crisis, *Eastern European Economics*, 1-35;
28. Yu , J., (2002), Forecasting Volatility in the New Zealand Stock Market , *Applied Financial Economics*, 2002, 12, 193-202;
29. Zikeš, F. (2003), ,The Predictability of Asset Returns: An Empirical Analysis of Central-European Stock Markets, (Master Thesis). Charles University of Prague (IES);

Internet stranice:

Sarajevska burza - <http://www.sase.ba/v1>

Banja lučka berza - <https://www.blberza.com/Pages/Default.aspx>

SEE Capital Markets - <https://seecapitalmarkets.com/ZagrebStockExchange>

Irena Planinić

JP „Elektroprivreda HZ HB“ d.d. Mostar

irena.planinic@ephzhh.ba

APPLICATION OF GARCH(1,1) MODEL FOR FINANCIAL ASSESSMENT OF DAILY RETURN VOLATILITY – CASE OF BOSNIA AND HERZEGOVINA

Received: July 27, 2022

Accepted: September 13, 2022

<https://doi.org/10.46458/27121097.2022.28.149>

Review

Abstract

The paper investigates the volatility of two stock exchanges in Bosnia and Herzegovina, and the volatility of returns on SASX 10 and BIRS in the period from 2006 to 2021. The paper analyses the volatility of the index using the GARCH (1,1) model. The results show that volatility is present on both stock exchanges. The α coefficient shows a large value for the SASX 10 index, while the β coefficient is higher for the BIRS index. The data showed greater and longer-lasting stability and volatility on both stock exchanges.

Keywords: *volatility, GARCH (1,1) model, financial market of Bosnia and Herzegovina*

JEL: C13, C32; C51, G17