

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Majandusteaduskond

Ärerahanduse instituut

Jakob Kiisk

**NAFTA HINNA JA VÄÄRTPABERITURGUDE OMAVAHELINE  
MÕJU AKTSIAHINDADE LANGUSE AJASTUL**

Bakalaureusetöö

Õppekava TABB, peeriala ärirahandus

Juhendaja: Indrek Kaldoja, MBA

Tallinn 2020

Deklareerin, et olen koostanud lõputöö iseseisvalt ja olen viidanud kõikidele töö koostamisel kasutatud teiste autorite töödele, olulistele seisukohtadele ja andmetele, ning ei ole esitanud sama tööd varasemalt ainepunktide saamiseks. Töö pikkuseks on 8734 sõna sissejuhatusest kuni kokkuvõtte lõpuni.

Jakob Kiisk .....

(allkiri, kuupäev)

Üliõpilase kood: 164326TABB

Üliõpilase e-posti aadress: jakob.kiisk@gmail.com

Juhendaja: Indrek Kaldoja, MBA

Töö vastab kehtivatele nõuetele

.....

(allkiri, kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees:

Lubatud kaitsmisele

.....

(nimi, allkiri, kuupäev)

# SISUKORD

LÜHIKOKKUVÕTE .....	5
SISSEJUHATUS .....	6
1. Teoreetiline osa.....	8
1.1. Naftahinna kujunemine.....	8
1.2. Hindade languse ajastu .....	11
1.3. Varasemate uurimuste seisukohad .....	14
2. Andmed ja meetodika.....	18
2.1. Uurimisobjekt .....	18
2.2. Andmed .....	21
2.3. VAR mudel.....	25
3. VAR mudeli hindamine.....	29
3.1. Järeldused .....	38
KOKKUVÕTE .....	41
SUMMARY .....	43
KASUTATUD ALLIKATE LOETELU .....	45
LISAD .....	50
Lisa 1. Korrelatsioon analüüs 2000-2001. aasta algandmetele .....	50
Lisa 2. 2000-2001. aasta algandmete kirjeldav statistika .....	51
Lisa 3. Korrelatsioon analüüs 2007-2009. aasta algandmetele .....	52
Lisa 4. 2007-2009. aasta algandmete kirjeldav statistika .....	53
Lisa 5. Korrelatsioon analüüs 2020. aasta algandmetele.....	54
Lisa 6. 2020. aasta algandmete kirjeldav statistika .....	55
Lisa 7. „VAR lag selection“ test 2000-2001. aasta perioodi kohta .....	56
Lisa 8. VAR mudel 2000-2001. aasta perioodi kohta .....	57
Lisa 9. Autokorrelatsiooni test 2000-2001. aasta perioodi kohta.....	59
Lisa 10. ARCH test 2000-2001. aasta perioodi kohta .....	60
Lisa 11. Doornik-Hanseni test 2000-2001. aasta perioodi kohta .....	61
Lisa 12. Johanseni kointegratsiooni test 2000-2001. aasta perioodi kohta .....	62
Lisa 13. „VAR Lag selection“ 2007-2009. aasta perioodi kohta .....	63
Lisa 14. VAR mudel 2007-2009. aasta perioodi kohta .....	64
Lisa 15. Autokorrelatsiooni test 2007-2009. aasta perioodi kohta.....	66

Lisa 16. ARCH test 2007-2009. aasta perioodi kohta .....	67
Lisa 17. Doornik-Hanseni test 2007-2009. aasta perioodi kohta .....	68
Lisa 18. Johanseni kointegratsiooni test 2007-2009. aasta perioodi kohta .....	69
Lisa 19. „VAR lag selection“ 2020. aasta andmete kohta.....	70
Lisa 20. VAR mudel 2020. aasta perioodi kohta.....	71
Lisa 21. Autokorrelatsiooni test 2020. aasta perioodi kohta .....	73
Lisa 22. ARCH test 2020. aasta perioodi kohta .....	74
Lisa 23. Doornik-Hanseni test 2020. aasta perioodi kohta.....	75
Lisa 24. Lihtlitsents .....	76

## LÜHIKOKKUVÕTE

Bakalaurusetöö eesmärk on uurida Standard and Poor's 500 (S&P500), West Texas Intermediate (WTI) ja volatiilsusindeksi (VIX) omavahelist mõju aktsiahindade languse ajastul.

Bakalaurusetöö koosneb kolmest osast: esimene peatükk annab ülevaate nafta hinda kujundavatest teguritest, tutvustab populaarsemaid naftahinna indekseid, kirjeldab hindade languse ajastut (kui definitsiooni) ning tuuakse kolme uuritava perioodi kohta näiteid ja tuuakse välja varasemate sarnaste teadustööde seisukohti, andmestikke ja neis kasutatud uurimismeetodeid. Teine peatükk kirjeldab uuringuobjekte, antakse ülevaade uuringus kasutatavatest muutujatest, tutvustatakse uurimismeetodina kasutatavat mudelit, samuti annab ülevaate uuritud andmetest ja perioodidest. Kolmas peatükk keskendub andmete töötlemisele, mudelite koostamise ja testimisele, samuti esitatakse järeldused ja ettepanekud edasisteks uuringuteks.

Uuring jaguneb kolmeks perioodiks: september 2000 kuni detsember 2001, oktoober 2007 kuni märts 2009 ja veebruar 2020 kuni märts 2020. Esimese kahe perioodi andmed on võetud päevase sagedusega ning viimase perioodi andmed on pooltunni sagedusega ehk tegemist on kõrgsagedus andmetega. Selle uuringu raames kasutati vektor autoregressiivset (VAR) mudelit, viidi läbi autoregressioon testi, mis põhineb Rao F testil, testiti jääkliikmete heteroskedastiivsust ja alluvust normaaljaotusele Doornik-Hanseni testi abil.

Saadud tulemuste põhjal võib teha üldiseid järeldusi, et muutujate vahel esineb seoseid, kuid samuti selgus esimese perioodi analüüsimisel, et ühegi muutuja vahel ei esinenud seoseid. Kõrgsageduslike andmete puhul esines seoseid rohkem kui päevaste andmetega perioodidel.

Võtmesõnad: VAR, WTI, S&P500, VIX

## SISSEJUHATUS

Majandus käib tsüklitena, kus pideva pikema perspektiivi kasv sisaldab langusperioode. See on täiesti loomulik protsess. Langusperioodide kestus ja tõsisus sõltub paljudest erinevatest teguritest, kuid kindel on, et langusperioodid on olnud ja tulevad veelgi. Investoritele võivad need perioodid olla kas väga negatiivse iseloomuga või vastupidi äärmiselt kasumlikud. Sellepärast teostatakse arvukalt analüüse, kuidas erinevad tegurid turge mõjutavad. Kuna nafta hind maailmaturul on äärmiselt aktuaalne teema nii makro- kui ka mikromajanduse ringkondades, siis on omajagu uuritud ka nafta hinna ning aktsiaturgude vahelisi seoseid. Küll aga on autori teadmisel vähem uuritud seoseid aktsiahindade languse perioodidel. Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks ongi uurida nafta hinna ning väärtpaberituru omavahelisi mõjusid naftaindeksi ning USA väärtpaberituru indeksi põhjal.

Maailma energia vajadus ja tarbimine on muutunud aina suuremaks ning sellepärast on ka toornafta tähtsus olulisel kohal, kuna seda kasutatakse laialdaselt energiasektoris, tööstuses ja mujal. Energia vajadus on kõigis majandussektorites ning ilma selleta ei suudeta maailma ette kujutada. Kuigi maailmas on trendiks roheline ehk taastuvenergia, siis fossiilkütused on endiselt väga tähtsal kohal. USA-s New York Merchantile Exchange'il (NYMEX) paikneb naftahinnastamisetalon West Texas Intermediate (WTI), mille järgi toimub seal naftaga kauplemine.

USA aktsiaturu tuntuim indeks on tõenäoliselt 500 ettevõtte aktsiast koosnev Standard & Poor's 500 (S&P 500), mis on äärmiselt populaarne, kuna antud indeks suudab ära kirjeldada 80% kogu USA aktsiaturust (Amadeo 2020). Lisaks on need 500 ettevõtet indeksisse valitud reaalse turusetorite suuruseid jälgides. S&P500 järgi on koostatud ka mitmeid indeksfonde, mis jälgivad selle indeksi liikumist. Maailmakuulus investor Warren Buffet on kiitnud S&P500 indeksile toetuvaid ETF'e. Samuti on ta soovitanud väikeinvestoritel just nendesse indeksfondidesse oma raha paigutada, kuna risk on hajutatud 500 ettevõtte vahel. (Loudenback 2019) Lisaks jälgib S&P500 volatiilsust VIX, mida teatakse ka kui hirmuindeksit. Seega on hea selle abil investoritel turu riskist aru saada.

Uurimismeetodina on antud töös kasutatud aegridade omavaheliste mõjude uurimiseks vektorautoregressiivset (VAR) mudelit. Vaadeldavateks perioodideks on valinud autor konkreetselt S&P500 indeksi järgi turu languse perioodid (mitte nõ majanduslanguse perioodid makromajandusliku definitsiooni järgi). Kolmeks vaadeldavaks perioodiks on 1. september 2000 kuni 31. detsember 2001. aasta, 1. oktoober 2007 kuni 9. märts 2009. aasta ning 18. veebruar 2020 kuni 23. märts 2020. aasta. Kõik andmed eelmainitud indeksite kohta on saadud Yahoo'st, U.S. Energy Information Administration'ist (EIA) ja Eikoni andmebaasist. Esimese kahe perioodi kohta on kasutatud päevase sagedusega andmeid Yahoo'st ja EIA'st ning 2020. aasta kohta pooletunnise sagedusega andmeid Eikonist, kuna antud perioodi kohta olid kõrgsageduslikud andmed olemas, varasemate perioodide kohta ei olnud autoril neid võimalik saada.

Töö esimene peatükk tutvustab erinevaid tegureid, mis kujundavad nafta hinda maailmaturul. Lisaks on antud ülevaade populaarsematest naftahinna indeksitest. Peatükis kirjeldatakse hindade languse ajastut (kui definitsiooni) ning tuuakse asjakohaseid näiteid kolme vaadeldava perioodi kohta. Viimaks tuuakse välja varasemate sarnaste teadustööde seisukohti, andmestikke ja neis kasutatud uurimismeetodeid.

Teises peatükis kirjeldatakse uurimisobjekti ning antakse ülevaade kõikidest töös kasutatavatest muutujatest, milleks on S&P500, WTI ja VIX. Samuti tutvustatakse uurimismeetodina kasutatud VAR mudelit ning tuuakse välja töös kasutatavate andmestike allikad ja teostatakse kolme perioodi algandmete kohta kirjeldav statistika. Peatükis tuuakse välja ka VAR-modelleerimise protsessi metoodiline kirjeldus ning mudeli koostamise sammud, samuti vajalikud mudeli testid.

Töö viimases peatükis kirjeldatakse kõigi kolme uurimisperioodi andmete töötlemist teises peatükis toodud meetodide põhjal, et saavutada iga perioodi kohta kõik vajalikud kriteeriumid VAR mudeli koostamiseks. Seejärel tuuakse ülevaade modelleerimise tulemustest ning antakse ettepanekuid edasisteks uuringuteks.

## 1. Teoreetiline osa

Antud peatükk annab ülevaate nafta hinna kujunemisest maailmaturul. Peatükis tuuakse välja nafta hinna kauplemise ja hinna määramise põhimõtted, kirjeldatakse hindade languse ajastut ning tuuakse asjakohaseid näiteid ajaloost. Viimaks antakse ülevaade varasematest teadustöödest, neis kasutatavatest meetoditest ning tulemustest.

### 1.1. Naftahinna kujunemine

Naftat vaadeldakse ennekõike kui toorainet kütuse ja energia tootmiseks. Selle tõttu kõigub nafta hind ka rohkem kui aktsiate või võlakirjade hinnad, mis on palju stabiilsemad investeeringud. Nafta hinna mõjutatavaid tegureid on palju, kuid töös on välja toodud olulisemad. (Lioudis 2020) Samuti on olemas maailmas erinevaid nafta hinna indekseid, mille alusel nafta kauplemine toimub musta kulla turul (*Oil Price Charts ... 2020*).

Üheks peamiseks nafta hinna mõjutajaks on Naftat Eksportivate Riikide Organisatsioon (Organization of the Petroleum Exporting Countries) edaspidi OPEC. OPEC'i kuuluvad 14 naftat exportivat riiki: Alžeeria, Angola, Araabia Ühendemiraadid, Ecuador, Ekvatoriaal-Guinea, Gabon, Iraak, Iraan, Katar, Kuveit, Liibüa, Nigeeria, Saudi Araabia ja Venezuela. Eelnevalt loetletud 14 riiki, kes kuuluvad OPEC'isse kontrollivad 2020. aasta seisuga 40% maailma naftavarudest. Nafta hinna mõjutavad nad korrigeerides tootmistaset vastavalt maailma nõudlustasemele ehk suurendavad või vähendavad tootmist. (Lioudis 2020) Näiteks oli OPEC lubanud hoida maailmaturu toornafta hinna üleval pool sadat dollarit barreli kohta, kuid 2014. aasta keskel kukkusid nafta hinnad 50% viiekümne dollari barreli peale. Selle peamiseks põhjuseks oli toornafta nõudluse vähenemine maailmas ning OPECi keeldumine vähendamaks nafta tootmist, mis tõi turul kaasa suurema pakkumise kui nõudlus, mille tulemus oli odav nafta hind. (Lioudis 2020)

Naftahinna kujunemisel on suureks mõjutajaks nõudlus ja pakkumine. Kuna nafta on kaup ning nagu kõik kaubad alluvad need nõudluse ja pakkumise kõveratele, siis seetõttu toimuvad ka



naftahinna muutused vastavalt nendele. Kui pakkumine ületab nõudlust, siis hinnad langevad. Täpselt vastupidiselt toimub kui nõudlus ületab pakkumise, siis hinnad tõusevad. Eelnevalt mainitud 2014. aasta naftahinna languse põhjus oli tingitud Euroopas ning Hiinas tekkinud madala tooraine nõudluse tõttu. OPEC ei korrigeerinud oma tootmistegevust ning selletõttu ületas tooraine pakkumine turu vajaduse, mis tõi naftahinna kiire languse. (Lioudis 2020) Kauplemisturul määravad nafta hinna futuurid (Lioudis 2020). „Futuur on pooltevaheline leping, mis kohustab ostma või müüma, varem kokkulepitud alusvara varem kokkulepitud ajal ning varem kokkulepitud kohas kindla hinnaga“ (AS LHV Pank ... 2020). See tähendab, et nafta tootja on kohustatud müüma oma kaupa fikseeritud hinnaga varem kokku lepitud ajal. Eelkokkulepe määrabki ära täpse toornafta hinna. (Lioudis 2020)

Naftahinna kujunemisel on olulisel kohal tootmiskulud ja hoiustamine. Erinevates maailma paikades on nafta kättesaamine erineva raskusega ning see mõjutab otseselt tootmiskulusid. Näiteks on Lähis-Idast nafta kättesaamine maapõuest olulisemalt kergem võrreldes Kanadas oleva Alberta õliliiva väljadega, kust nafta kätte saamine nõuab palju keerulisemaid meetodeid ning tehnoloogiliselt rohkem ressursse (Vredenburg, Marchant 2016; CAPP ... 2019). Kui odavama tootmismeetodiga nafta varud hakkavad osta saama, siis võib hind oluliselt tõusta, kuna hakatakse kasutama kallima tootmismeetodiga naftat (Lioudis 2020). Odava musta kulla hinna puhul hakatakse seda hoiustama, et hiljem kui toornafta hind on tõusnud, siis seda kallima hinna eest uuesti maha müüa. Juhul kui nafta hoidlad saavad täis ning enam ei ole võimalik naftat hoiustada ja samaaegselt on nõudlus madal, siis langeb nafta maailmaturu hind veelgi, kuna pakkumine on palju suurem kui tarbimine. (Sheppard, Hume 2020)

Järgmiseks naftahinda mõjutavaks teguriks peetakse reaalintressi taset. Madal intresside tase heidutab naftatootjaid vähem tootma. Mida madalam on reaalintressi määr, seda väiksem on naftatootjate initsiatiiv naftat toota, kuna müügist saadavalt tulult teenitakse vähem intresse. Teiselt poolt võib madal reaalintresside tase soodustada nafta hoiustamist, kuna kulud on intressimäära tõttu väiksemad. Kõrgete intressimäärade puhul tõusevad naftahoiustamise kulud ja selletõttu langeb ka nafta hoiustamise nõudlus. Näiteks 1980. aastate alguses naftavarud müüdi maha, kuna nõudlus nafta järele langes, kuid samal ajal reaalintresside tase tõusis, mis omakorda põhjustas naftahinna languse. Lisaks võivad nõrgestada reaalintressid valuuta väärtust, mis omakorda aitavad tõsta musta kulla turunõudlust ning see läbi toote hinda tõsta. (Kilian, Zhou 2018)

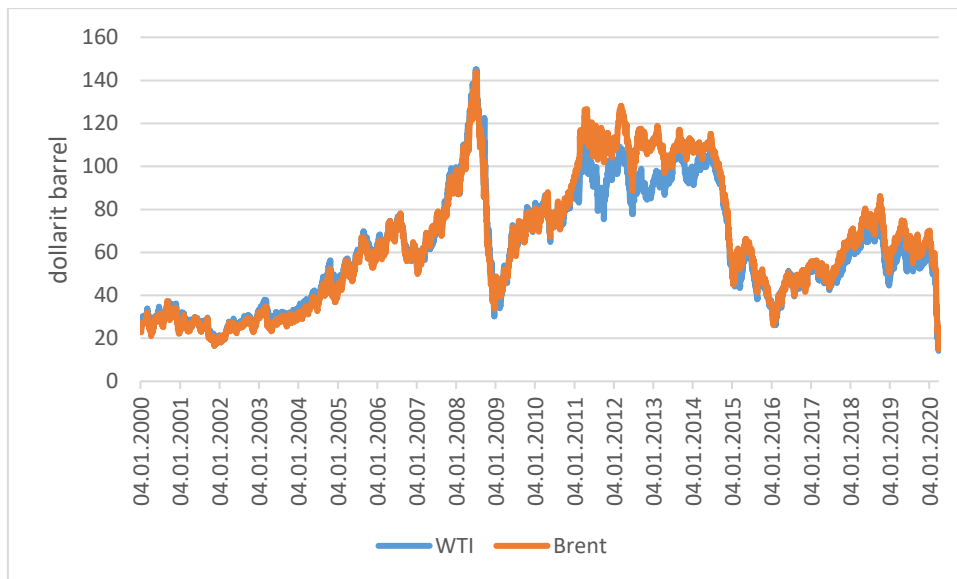
### **Naftahinna indeksid**

Käesoleva bakalaureusetöö seisukohalt on oluline anda ülevaade naftahinna indeksitest. 21. sajandil on maailmas kasutusel kaks suurimat nafta hinnastamise indeksit. Indekseerimisel kasutatakse erinevates maailmajagudes erinevaid etalone, kuna nafta saadused erinevad piirkonniti. Põhja-Ameerikas on kasutusel West Texas Intermediate, edaspidi WTI ning Euroopas ja Lähis-Idas Brent oil. (Turitto 2018)

WTI on maailmas teine kõige sagedamini kasutatav nafta hinnastamise etalon. WTI väävli sisaldus on üks maailmaturu madalamaid. Madalama väävli sisaldusega naftat on oluliselt lihtsam rafineerida kui kõrgema väävli sisaldusega toorainet, sellest tulenevalt on tootmine odavam. See aspekt muudab WTI etaloni all kaubeldava nafta maailmaturul väga hinnatuks. (Chen 2020)

Brent oil, teise nimega Brent Blend, on üks kahest rahvusvaheliselt tuntud nafta hinnastamise mõõdupuust. Nafta ammutamine toimub Põhjamerest ning sarnaselt WTI-le peetakse ka seda *light sweet oil*'ina. (Chen 2018) Terve maailma nafta hinnastamisest kaks kolmandikku toimub just selle indeksi alusel (Grant 2019). Brent Blendi nimetatakse nimedega: Brent oil, Brent Crude ja London Brentina (Chen 2018).

WTI ja Brent oil on vägagi sarnased nafta koostisosade poolest, vaatamata asjaolule, et varutakse maailma eripaikadest. WTI väävli sisaldus on umbes 0,13% võrra väiksem kui Brent oil'i oma. Lisaks koostisele on WTI ja Brent oil'i hinnad sarnased. Perioodil 2009 kuni 2011 oli kahe nafta hinnastamise etaloni korrelatsioon 0,78 ja 0,82 vahel, mis näitab, et kahe erineva indeksi vahel on tugev korrelatsioon. Kui enamasti toimusid nafta hinna erinevused 2 dollari vahemikus (joonis 1), siis sel perioodil tekkisid suuremad hinna erinevused kahe indeksi vahel, mis oli tingitud WTI nõudluse eripärade ja tarneprobleemide tõttu. (Turitto 2018)



Joonis 1. WTI ja Brent oil tase perioodil 02.01.1990 kuni 01.04.2020

Allikas: (EIA ... 2020), autori arvutused

## 1.2. Hindade languse ajastu

Hindade languse ajastuks (*recession*) nimetatakse makroökonoomikas perioodi, kus kaks järjestikku kvartalit on toimunud majanduse aktiivsuse langus vaadeldavas regioonis (Chappelow 2020b). Autor rõhutab, et käesolevas bakalaureusetöös vaadeldakse aktsiahindade languse ajastuid, mis sageli (ning ka käesolevas töös vaadeldavate perioodide puhul) ühtib ajaliselt, kuid ei ole sama majanduslanguse ajastu definitsiooniga.

Majanduslangus on normaalne nähtus ja osa äriotsustest. Tavaliselt põhjustab neid äride ebaõnnestumine, pankade kokku kukkumine, aeglane või negatiivne kasv tootmises ning suurenenud tööpuudus. Languse tõttu tekkinud majanduslikel komplikatsioonidel võivad olla rasked tagajärjed. See võib olla põhjustatud struktuurimuutuste tõttu, kuna haavatud on ettevõtted, tööstused või tehnoloogiad, mis ebaõnnestuvad ja kaovad turult. Samuti viivad ellu nii valitsused, kui ka rahandusasutused drastilisi poliitilisi muudatusi, mis võivad pöörata kogu senise äripoliitika peapeale. Lisaks eelnevale viiakse tavapäraselt ellu sotsiaalseid ja poliitilisi parendusi, et leevendada laiaulatuslikku töötust ja majandushädasid. (Chappelow 2020b)

### 2001. aasta majanduskriis

2000ndete aastate alguse majandussurutis sai ametlikult alguse 2001. aasta märtsis ning kestis 8 kuud sama aasta novembrini (NBER ... 2010). Üheks kriisi tekkimise põhjuseks peetakse

sajandivahetusel tehnoloogiamulli lõhkemist. Arvuti kasutajatele ning programmeerijatele tekitas muret probleem, et arvutid ei pruugi enam töötada peale 31. detsembrist 1999. Sellel ajal kuvasid arvutite koodid aastat kahe viimase numbri järgi ning kardeti, et aastatuhande vahetumisel ei suuda arvutid enam vahet teha aastal 1900 ja 2000, kuna mõlemad lõppevad nullidega. (Sanders 1999) Tuginedes sellele kartusele vahetasid paljud ettevõtted ning inividid oma arvutid välja uute vastu, mis pidid suutma töötada ka peale 1999. aasta lõppu (Augustyn 2020). See tekitas kiireloomulise majandusõitsengu, mis jäi kahjuks lühikeseks, kuna 2000. aasta märtsis sattus aktsiaturg langusesse. Turu langus põhjustas omakorda paljude internetis tegutsevate ettevõtete pankrotistumise. (Wollscheid 2012) Kriisi süvendas veel 11. septembri terrorirünnak Ameerika Ühendriikide Maailma Kaubanduskeskuse kaksiktornidele, mille tulemusena suleti New York'i börs mitmeks päevaks (Ferguson Jr 2002). Peale sünget sündmust 17. septembril 2001. aastal, päeval, mil New York'i börs uuesti avati, kukkus Dow Jones Industrial Average (DJIA) 684,81 punkti ehk 7,1% (Yahoo Finance ... 2020a). Käesolevas bakalaureusetöös on kriisi perioodi kitsendatud, lähtudes indeksi S&P 500 langusperioodist.

### **2007-2009. aasta majanduskriis**

Suur majanduskriis (*The Great Recession*) toimus 2000ndate aastate lõpus, kui toimus järsk langus majanduse aktiivsuses. Seda perioodi nimetatakse kõige suuremaks majanduskriisiks peale 1920. aasta Ülemaailmset majanduskriisi (*The Great Depression*). Eelmise kümnendi majanduskriis sai alguse Ameerika Ühendriikidest 2007. aasta detsembrist ning kestis kuni 2009. aasta juunini. (Chappelow 2020a) Selle aja jooksul vähenes USA SKT 4,3% ja töötuse tase lähenes 10%-le (*Great Recession ... 2019*). Üheks peamiseks kriisi põhjuseks peetakse riskantsete kodulaenude väljastamist pankade poolt. See tähendab, et pangad andsid kodulaenu inimestele, kelle krediidi indeks oli madal. Neid laene nimetati kõrge riskiga laenudeks. (*Great Recession ... 2019*) Enamikel laenuvõtjatel ei olnud fikseeritud intressiga laen, vaid muutuva intressiga ning kuna intressi tase oli tõusnud, siis ei olnudki nad enam suutelised laenukohustusi täitma. Teiselt poolt kuna kinnisvara hinnad olid juba langenud, siis ei olnud võimalik inimestel oma kinnisvara müüa, et katta ära laen, kuna kinnisvara väärtus oli langenud laenusummast madalamale. Selliste juhtumite arv aina tõusis ning pangad lõpetasid kõrge riskiga laenude väljastamise, mis omakorda vähendas nõudlust kinnisvarale ja avaldas veelgi mõju hinna langusele. (Duignan 2019) Hüpooteegiga laenude jälgimine osutus pankadele keeruliseks ning see põhjustas pankade vahelise krediidi seisaku, mistõttu ei olnud laene võimalik saada usaldusväärsel klientidel nagu ettevõtted. Selle tagajärel pidid ettevõtted oma kulusid ja investeeringuid hakkama vähendama, mis viis ka töötajate koondamiseni (Duignan 2019). Lõpuks hakkasid pangad pankrotte välja

kuulutama. Esimeseks oli Bear Stearns 2008. aasta märtsis ning sama aasta septembris tegi seda ka Ameerika Ühendriikide suuruselt neljas investeerimispank Lehman Brothers. Sealt edasi levis kriis Euroopasse ja ka teistesse majandusregioonidesse. (Chappelow 2020b)

2007. aasta 9. oktoobril saavutas DJIA indeks oma kõigi aegade kõrgeima taseme 14 000 punkti, kuid järgmise 18 kuu jooksul kaotas DJIA üle poole oma väärtusest tasemele 6 547 (*Great Recession ...* 2019). S&P500 saavutas 8. oktoobril 2007. aastal taseme 1561,8, kuid 2. märtsil 2009. aastal oli indeksi väärtus 683,38 (Yahoo Finance 2020a). Ameerika kodumajapidamised kaotasid netoväärtuses 19 triljonit dollarit aktsiaturu kokku varisemise tagajärel (Chappelow 2020b). Ameerika Ühendriikide Föderaalreserv alustas intresside taseme langetamisega. 2007. aasta septembris oli intresside tase 5,25% peal, aga 2008. a lõpuks oli saavutatud esmakordselt ajaloos 0% intressi taseme, et soodustada laenamist ja suurendada investeringuid. Peale Lehman Brothers'i pankroti kuulutamist nõustus Ameerika Ühendriikide Föderaalreserv aitama investeerimispanka 85 miljardi dollariga, et vältida panga hävingut. Põhjenduseks toodi, et Lehman Brothers on liiga suur, et minna pankroti ja see mõju USA majandusele on laastav. Tegemist ei olnud ainukese suure päästepaketiga. Järgnevate analoogsete pankrottide vältimiseks töötati välja Troubled Asset Relief Program (TARP), mille kinnitas 2008. aasta oktoobris Ameerika Ühendriikide president Georg Bush. Sisuliselt oli see 700 miljardi suurune fond, et soetada raskustes olevate ettevõtete vara, aitamaks neil tegevust jätkata, eesmärgiga hiljem need kasumiga maha müüa. Mõne nädala möödudes said sellest fondist finantstoetust üheksa Ameerika pank, kogu väärtuses 125 miljardit. Veel märkimisväärne summa sellest fondist eraldati General Motors'ile, Chrysler'ile ja Bank of America'le. Autotööstused said kokku 80 miljardit dollarit ning Bank of America 125 miljardit dollarit. 2009. aasta jaanuaris sai Ameerika Ühendriikide uueks presidentiks Barack Obama, kes oma esimeste ametis oldud nädalate jooksul allkirjastas teise abifondi väärtuses 787 miljardit dollarit. (*Great Recession ...* 2019) 2009. aasta juunis kuulutas National Bureau of Economic Research (NBER) välja, et majanduskriis on lõppenud (NBER ... 2010). Antud töös ei lähtuta NBER'i ametlikust majanduskriisist, vaid S&P500 langusest nagu ka eelnevalt mainitud.

### **2020. aasta järsk kukumine**

2020. aasta algas kolme suure sündmusega. Esiteks algas suur globaalne pandeemia COVID-19 viiruse näol, millesse oli 2020. aasta 17. aprilli seisuga nakatunud kokku üle 2 miljoni inimese ning elu kaotanud 145 000 inimest (ECDPC ... 2020). Üle saja riigi maailmas on 27. märtsi 2020. aasta seisuga riigi piirid sulgenud. (IATA ... 2020). The International Air Transport Association

(IATA) avaldas 24. märtsil 2020. aastal ennustuse, mille järgi 2020. aasta lennundussektori käive võib langeda 252 miljardi dollari võrra, mis oleks 44% madalam kui 2019. aasta käive. Selle ennustuse kohaselt kestavad karmid reisimispiirangud 3 kuud ning peale seda hakkab reisimine aeglaselt taastuma. (IATA ... 2020)

Teiseks toimus suur muutus maailmaturu nafta hinnas, mille tõi kaasa Saudi Araabi ja Venemaa vaheline naftahinna sõda. Venemaa otsustas eirata 2017. aastal sõlmitud pakti, mille eesmärgiks oli hoida nafta pakkumine maailmas stabiilsena. Saudi Araabia otsustas teha suure hinnalangetuse nafta pakkumise osas ning suurendas tootmist. Nii Venemaa kui ka Saudi Araabi ning Ameerika Ühendriikide riigi eelarve suuresti sõltub nafta müügist, mistõttu mõjutas see kõiki naftat eksportivaid riike. Venemaa oli aastatega suutnud koguda 550 miljardi dollari suuruse reservi ning nad uskusid, et enim kannatavad hinnasõjast Ameerika Ühendriikide naftatootjad, kuna nende tootmiskulud on kõrgemad võrreldes teiste riikidega. Venemaa reservi suurus lubaks neil hoida naftahinda 30 dollari juures barrel terve dekaadi. (Standish & Johnson, 2020) 6. jaanuaril maksis barrel naftat Brent Crude indeksi järgi 68,91 dollarit barrel ning 1. aprillil saavutas Brent Crude taseme 24,74 dollarit barrel, mis on kõigi aegade üks madalamaid tasemeid (*Oil Price Chart ... 2020*).

Kolmas suur muutus toimus aktsiaturgudel. 19. veebruaril saavutas S&P500 indeks oma kõigi aegade kõrgeima taseme 3386,15, kuid 23. märtsiks oli indeks kukkunud 33,9 protsenti tasemele 2237,40, mis oli võrreldav 2017. aasta tasemega (Yahoo Finance 2020a). Sama juhtus ka DIJA indeksiga, mis saavutas 12. veebruaril oma kõigi aegade kõrgeima taseme 29 551,42, kuid 23. märtsiks oli indeksi tase kukkunud 37% tasemele 18 591,93 (Yahoo Finance 2020b). Mõlema indeksi puhul toimusid ka ajalooliselt kõige suuremad päevased kukkumised ja tõusud. Näiteks 9. märtsil kukkus S&P500 7,6%, millele järgnes veel 12. märtsi 9,51% kukkumine ja lõpuks suurim päevane langus 16. märtsil 11,98%. Kolm kõige suuremat tõusu toimusid 13. märtsil, 24. märtsil ja 6. aprillil, vastavalt 9,29%, 9,38% ja 7,03% (S&P Dow Jones Indices LLC ... 2020).

### **1.3. Varasemate uurimuste seisukohad**

Varasemalt läbi viidud uurimustes on palju keskendutud maailmaturu naftahinnale ja väiksemate arenevate riikide turgudele nagu Mohammad, Kalid (2017) artiklis, kus on võetud luubi alla Kuveidi aktsiaturg. Töö tulemused viitasid, et kuna Kuveit on naftat eksportiv riik, siis nafta hinna

tulemused mõjutavad ka kohaliku börsi liikumist. Lisaks toodi välja, et naftahinna tõus toob kaasa sisendite hinnatõusu, põhjustades inflatsioonimäärade kõrgema taseme, mis omakorda toob kaasa kapitalikulude kõrgema taseme, mis alandaks börsihindasid. Kolmandaks väitsid autorid, et naftahinna tõusu perioodil börsitulu oluliselt väheneb. (Mohammad, Khalid 2017) Sarnase artikli on kirjutanud Karakas (2019), kes uuris oma töös Istanbuli aktsituru indekseid ja Brenti naftahinna etaloni, kasutades copula-GARCH meetodit. Karakas sai tulemuseks, et perioodil 14. märts 2001. aasta kuni 23. märts 2018.a esineb päevaste andmete põhjal nõrk korrelatsioon Brenti nafta hinna ja Istanbuli aktsiaturu indeksite vahel. (Karakas 2019)

Samuti on uuritud naftahindade šokkide mõju nafta pakkumisele ja nõudlusele erinevates sektorites. Näiteks on Lee ja Ni (2002) kasutades VAR mudelit teinud oma uurimistöo analüüsi vaatlemaks 14 erinevat sektorit. Tulemuseks saadi, et kuigi naftahinna muutused vähendavad pakkumist tööstustes, mis kasutavad tootmises peamiselt naftat näiteks nafta rafineerimise tööstus ja keemia tööstus, väheneb nõudlus teistes tööstusharudes nagu näiteks autotööstuses. Oma töös tõidki autorid välja, et enim mõjutatud sektor naftahinna šokkidest on autotööstus. (Lee, Ni 2002)

2017. aastal avaldatud Naseri ja Alaali teadusartiklis on soovitud ennustada Ameerika Ühendriikide börsitulu läbi naftahinna, kasutades dünaamilise keskmise mudeli meetodit (*dynamic model averaging*) (DMA). (Naser Alaali 2017) DMA mudeli eeliseks on, et ennustumudel võib ajas muutuda ning parameetrid võivad samuti muutuda. Samuti kasutasid Naser ja Alaali oma töös dünaamilise mudeli valiku (*dynamic model selection*) (DMS) meetodit, mida olid eelnevalt Liu, Ma ja Wang kasutanud, kuid mitte DMA ja DMS-i korraga (Liu et al. 2015; Naser, Alaali 2017). Nad tõid välja, et enne nende tööd on kasutatud ainult ühte meetodit ning nende töö eeliseks on mõlema meetodi analüüsimine. Töö tulemusena leidsid nad kinnitust, et DMA ja DMS mudelite rakendamine toob kaasa märkimisväärseid edusamme prognoosimises võrreldes teiste prognoosimismudelitega. Samuti leiti kinnitust, et kui lisada naftahinnad ennustajate hulka, siis on DMA/DMS mudelite toimivus parem. Seega on autorid väitnud, et naftahinnad on head ennustajad aktsiaturu tuludele. Lisaks tõid nad välja, et ükski parameeter ei olnud järjepidevalt oluline kõikides perioodides, vaid parameetrite olulisus varieerus erinevates perioodides. (Naser, Alaali 2017)

Rahman ja Serletis mõõtsid oma uurimistöös suurte positiivsete naftahinna muutuste mõju USA aktsiaturule, kasutades vektorite autoregresioon (VAR) meetodit (Sajjadur, Apostolos 2019). Oma töös on nad kasutusele võtnud päevased andmed kui näiteks Naseri ja Alaali töös kasutatakse

kuiseid andmeid (Sajjadur, Apostolos 2019; Naser, Alaali 2017). Töös leidsid nad negatiivse ja statistiliselt olulise reageerimise aktsaturu hindades kaks kuni kolm nädalat peale naftahinna muutust. (Sajjadur, Apostolos 2019) Seega on nende töö tulemus sarnane Mohammad ja Khalidi töö tulemustega, kes väitsid küll pikema aja perspektiivis, et naftahinna tõusu mõju on negatiivne aktsiaturule (Mohammad, Khalid 2017).

2017. aastal avaldatud Waheed, Weim Sarwar ja Lv uurimistöös on uuritud ettevõtte tasandil naftahinna mõju Pakistanis, perioodil 1998-2014. Nad leidsid, et naftahinna pikaajaline langus mõjus töötleva tööstuse sektorile positiivselt, tuues kaasa aktsiahindade tõusu, kuna tooraine madal hind vähendas tootmiskulusid ja tugevdas ettevõtete finantsseisu. Oma töös on nad kasutanud paneelandmete analüüsi. (Waheed et al. 2017) Naftahinna volatiilsuse positiivne muutus toob kaasa väiksema aktsiatoonluse, mida leidsid ka Kang, Ratti ja Yoon 2015. aastal ning Diaz, Molero ja Gracia 2016. aastal. (Waheed et al. 2017; Kang et al. 2015; Diaz et al. 2016)

Hammami ja Bouri 2018. aasta uuringus analüüsiti struktuursete šokkide mõju, mis iseloomustavad naftahinna muutuse endogeenset iseloomu arenevates ja arenenud riikides aastatel 1998 kuni 2014. Eelnevad uurimistööd nagu Jones ja Kaul aastal 1996, Sadorsky aastal 1999 ja Papapetrou aastal 2001 on kõik leidnud negatiivse seose nafta hinna ja aktsiaturu osas (Jones, Kaul 1996; Sadorsky 1999; Papapetrou 2001). Arenenud riikideks valisid Hammami ja Bouri USA, Saksamaa, Prantsusmaa, Itaalia ja Jaapani. Arenevate riikide valimi moodustasid Argentiina, Brasiilia, Tuneesia, Tai ja Jordaania. Oma uuringus on nad kasutanud struktuurilist VAR mudelit. Autorid olid huvitatud šoki tagajärgedest muutujale kogu süsteemi ulatuses. Eelkõige keskendus nende empiiriline osa aktsiaturule, mis olid mõjutatud naftahinna šokkidest Tulemuseks said autorid, et finantsšokkidest tingitud naftahinna muutuste mõju toob kaasa kõikide arenenud riikide börsihindade languse. Samuti leiti, et naftahinna vapustused on halvad arenenud riikide aktsiaturgudele, kus kõrge reaalse naftahinna ajendiks on naftaspetsiifiline nõudlusšokk. Nii arenenud riikide kui ka arenevatele riikidele on tarnešokk vähe oluline. Viimaks leidsid nad, et spekulatiivne nõudlus ja finantsšokid aitavad kaasa enamikule börsitulu muutustele arenenud riikides rohkem kui arenevates riikides. (Hammami, Bouri 2018)

Lisaks Karakasi (2019) uurimisele on Türgi turge uurinud ka Berk ja Aydogan (2012) eesmärgiga uurida toornafta hinna kõikumiste mõju Türgi aktsiahindadele. Sarnaselt Karakasile on Berk ja Aydogan kasutanud Istanbuli börsi riikliku indeksi (ISE-100). Kuigi mõlema uurimistöö perioodid on erinevad, siis osaliselt kahe töö perioodid kattuvad aastatel 2001 kuni 2011. 2012. aasta



uurimistöö ajavahemikuks on 2. jaanuar 1990 kuni 1. november 2011. (Berk & Aydogan, 2012) Samuti on autorid analüüsinud naftahindade ja aktsiaturu tulususe suhet ülemaailmsetes likviidsustingimustes, lisades mudelisse likviidsuse puhvri muutuja Chicago Board of Exchange'i (CBOE) S&P 500 turu volatiilsuse indeksi (VIX) (Berk, Aydogan 2012). Sarnaselt Hammami ja Bourile on ka siin töös autorid kasutanud VAR mudelit (Hammami, Bouri 2018; Berk, Aydogan 2012). 2012. aasta uurimistöös on esmalt koostatud lihtne mudel, kus võetakse arvesse naftahindade ja Türgi aktsiaturu suhet, kuid jäetakse välja globaalsete likviidsus piirangute mõju. Empiiriliste tulemuste saavutamiseks kasutati lineaarseid ja mittelineaarseid naftahinna teisendusi. Nad leidsid, et lihtne mudel võib viia järeldusteni, et naftahinna šokkidel on märkimisväärne mõju aktsiaturu tootlusele, kuid see tulemus võib olla nende arvates kallutatud, kui mõni muutuja, mis mõjutab nii naftahinda kui ka aktsiaturu tasuvust pikemas perspektiivis, jäetakse välja. Sellepärast otsustasid autorid luua keerulisema mudeli. Leides naftahinna šoki muutuja, mis on seotud ainult naftaturuga. Analüüsi lisasid nad globaalsete finantslikviidsuse tingimuste asendusmuutuja, mis arvatakse vastutavat naftahinna muutuste eest peale füüsiliste naftaturu tingimuste. Tulemuseks saadi, et naftahinna muutus mõjutas oluliselt Türgi aktsiaturu tegevust peale 2008. aasta krediidikriisi. Samuti mõjutas CBOE oluliselt nii naftahindu kui ka ISE-100 tootlust. (Berk, Aydogan 2012)

## 2. Andmed ja metoodika

Antud peatükis tutvustab autor uurimisobjektina hinnaindekseid, annab ülevaate uurimiseks vajalikest andmetest ning kirjeldab uurimismeetodit (VAR mudelit), põhjendades selle valikut käesoleva bakalaureusetöö empiirilise osa läbiviimiseks.

### 2.1. Uurimisobjekt

Käesoleva bakalaureusetöö uurimisobjektiks on naftahinna muutuse mõju väärtpapieriturule hindade languse ajastul. Vaadeldavaks perioodiks on kolm languse perioodi. Languse perioodid ei kattu meelega teooria osas kirjeldatud makroökonomiliste majanduslanguste perioodidega. Antud töös on uuritud konkreetseid languseid vaadeldes S&P500 indeksit majanduslanguste perioodidel, et analüüsida muutujate seoseid konkreetsetel langustel. Esimeseks vaadeldavaks perioodiks on S&P500 langusperiood aastatel 2000-2001. Teiseks vaadeldavaks perioodiks on 2007-2009.a langusperiood. Kolmandaks vaadeldavaks perioodiks on autor valinud 2020. aasta perioodi jaanuarist kuni aprillini. Seda perioodi ei saa 2020. aasta aprilli seisuga majanduslanguse perioodiks nimetada, kuid antud ajavahemikus toimus suur langus, kus aktsiaturud tegid lühikese ajaga 30% kukkumise (Yahoo Finance 2020a).

Nimetatud perioodidel on võetud vaatluse alla S&P500, WTI ja VIX indeksid. S&P500 indeks osutus autori poolt valituks, kuna kirjeldab piisavalt hästi USA aktsiaturgu: 500 suurimat börsiettevõtet, mille turukapitalisatsioon moodustab 80% kogu börsi omast (Amadeo 2020). Võrdluseks näiteks Ameerikas samuti väga populaarne börsiindeks DIJA, koosneb ainult 30 suurest tööstusettevõttest (Ganti 2020). Lisaks on indeksis olevad ettevõtete turusektorid realistlikult jagatud nagu on ka indeksi tutvustava osa all kirjeldatud (Amadeo 2020). Samuti on maailmakuulus investor Warren Buffet soovitanud keskmistel investoritel investeerida S&P500 indeksifondi, kuna nii on risk 500 suure ettevõtte vahel hajutatud (Loudenback 2019). S&P500 indeksi andmed on võetud Yahoo Finance'i lehelt ja Eikoni andmebaasist, kust on võimalik saada ajaloolisi andmeid päevase, nädalase ja kuise täpsusega, lisaks ka päevasiseseid andmeid viimase mõne kuu kohta. Vaadeldava perioodide 1. september 2000 kuni 31. detsember 2001. aasta (kokku 333 andmepunkti), 2007. detsember kuni 2009. aasta juuni (kokku 354 andmepunkti) andmed on laetud alla päevase täpsusega Yahoo Finance'i leheküljelt. 18. veebruari 2020 aasta kuni 23. märtsi

2020. aasta andmed on võetud 30-minutilise intervalliga (kokku 332 andmepunkti) Eikoni andmebaasist.

Kuna vaatluse all on USA turg, siis valis autor ka nafta hinnaideksiks USA-põhise WTI indeksi, mis on ühtlasi USA-s kõige populaarsem nafta hinnastamise indeks. Ühtlasi toimub selle indeksi alusel kauplemine NYMEX'il. (Chen 2020). Andmed 2000. aasta september kuni 2001. aasta detsembri, 2007. aasta detsembrist kuni 2009. aasta juunini on võetud U.S. Energy Information Administrator (EIA) leheküljelt. Samuti on WTI andmed võetud nendel perioodidel päevase täpsusega. 2020. aasta andmed on võetud poole tunnise intervalliga Eikoni andmebaasist.

VIX indeksi lisamise kasuks uuritavate muutujate hulka otustas autor, kuna Berk ja Aydogan (2012) kasutasid oma uurimistöös Türgi aktsiaturul VAR mudeli koostamisel VIX indeksit ja nad jõudsid järeldusele, et VIX indeksi lisamine VAR mudelisse mõjutab nii naftahinna taset kui ka aktsiaturgu (Berk, Aydogan 2012), nimetades VIXi heaks *proxy*ks mõlema uuritava muutuja suhtes. Kuna indeksil on otsene seos S&P500 indeksiga, sest kajastab volatiilsust just selle indeksi alusel, siis osutus see indeks antud töö uurimisvalimisse (Kuepper 2020). Kahe esimese vaadeldava perioodi VIX andmed on võetud Yahoo Finance'ist päevase täpsusega ning 2020. aasta alguse andmed on võetud poole tunnise täpsusega Eikoni andmebaasist.

### **S&P 500 indeks**

S&P500 on aktsiaindeks, mis jälgib 500 Ameerika Ühendriikide suurima ettevõtte aktsiaid. See tähistab aktsiaturu võimekust toetudes suurimate ettevõtete riskidele ja tootlustele. Investorid kasutavad seda aktsiaturu etalonina, et hinnata või võrrelda, kuidas turul üldiselt läheb. S&P tähistab kahe asutaja ettevõtte nimesid, Standard & Poor. S&P500 loodi Standard & Poor'i poolt 4. märtsil 1957. aastal. 13. märtsi 2020. aasta seisuga on S&P500 viimase kümne aasta aastane tootlus 8%. (Amadeo 2020)

2020. aasta veebruari seisuga on S&P500 turukapitalisatsioon 24,4 triljonit dollarit, mis moodustab 80% kogu aktsiaturu kapitalisatsioonist. (Amadeo 2020) Paraku jäävad selle indeksi valimist välja kõik väikese ja keskmise suurusega ettevõtte, mida on küll kordi rohkem kui indeksi kuuluvad ettevõtted, aga mille turukapitalisatsioon moodustab palju väiksema osa tervest turust. Siinkohal võrdluseks, et Dow Jones Industrial Average (DJIA) indeks koosneb ainult 30 suurest ettevõttest, mis on erasektoris ning mille aktsiatega saab kaubelda New York Stock Exchange'il ja NASDAQ'is (Ganti 2020).

S&P500 komitee otsustab, millised ettevõtted pääsevad 500 hulka. Kriteeriumiteks on, et ettevõtte tegutsema Ameerika Ühendriikides, turukapitalisatsioon on vähemalt 8,2 miljardit dollarit ning vähemalt 50% ettevõtte aktsiatest peab olema avalikuse käes. Aktsia hind peab olema vähemalt 1 dollar, esitatud peab olema USA poolt nõutud 10-K iga-aastane raport. Vähemalt 50% korporatsiooni põhivaradest ja käibest peab olema Ameerika Ühendriikides. Viimaks peab ettevõtte peab olema teeninud viimased 4 kvartalit kasumit. Komitee vaatab ettevõtete likviidsust, suurust ja tegevusvaldkonda. Igal kvartalil (märts, juuni, september ja detsember) tehakse indeksis tasakaalustamisi. (Amadeo 2020)

13. märtsi 2020. aasta seisuga on S&P500 viis kõige suurema turukapitalisatsiooniga ettevõtet on (Amadeo 2020):

1. Microsoft Corporation;
2. Apple Inc.;
3. Amazon.com Inc.;
4. Facebook Inc. A;
5. Berkshire Hathaway B.

13. märtsi 2020. aasta seisuga jaguneb S&P500 tegevusvaldkondadena järgnevalt (Amadeo 2020):

1. Infotehnoloogia: 24,4;
2. Tervishoid: 14%;
3. Finants: 12,2%;
4. Kommunikatsiooni teenused: 10,7%;
5. Tarbekaubad: 9,9%;
6. Tootmine: 8,9%;
7. Esmatarbekaubad: 7,2%;
8. Energia 3,6%;
9. Kommunaalteenused: 3,5%;
10. Kinnisvara: 3,1%;
11. Materjalid: 2,5%.

### **West Texas Intermediate**

West Texas Intermediate (WTI) on spetsiifilist tüüpi nafta, mida teatakse lisaks *light sweet oil* nime all. Sellel naftal on väike tihedus ning sellest tulenebki nimetus *light* ehk kerge. Nimi magus

tuleneb 0,24 protsendilisest väevli sisaldusest (*Benchmark Oils ... 2015*). WTI on kaubeldav tarbeesemete kategooria all New York Mercantile Exchange'il (NYMEX). WTI on Põhja-Ameerikas peamine nafta hinnastamiseks kasutatav indeks, kuna seda pumbatakse Ameerika Ühendriikidest, peamiselt Texase osariigist (Chen 2020).

### **VIX volatiilsus indeks**

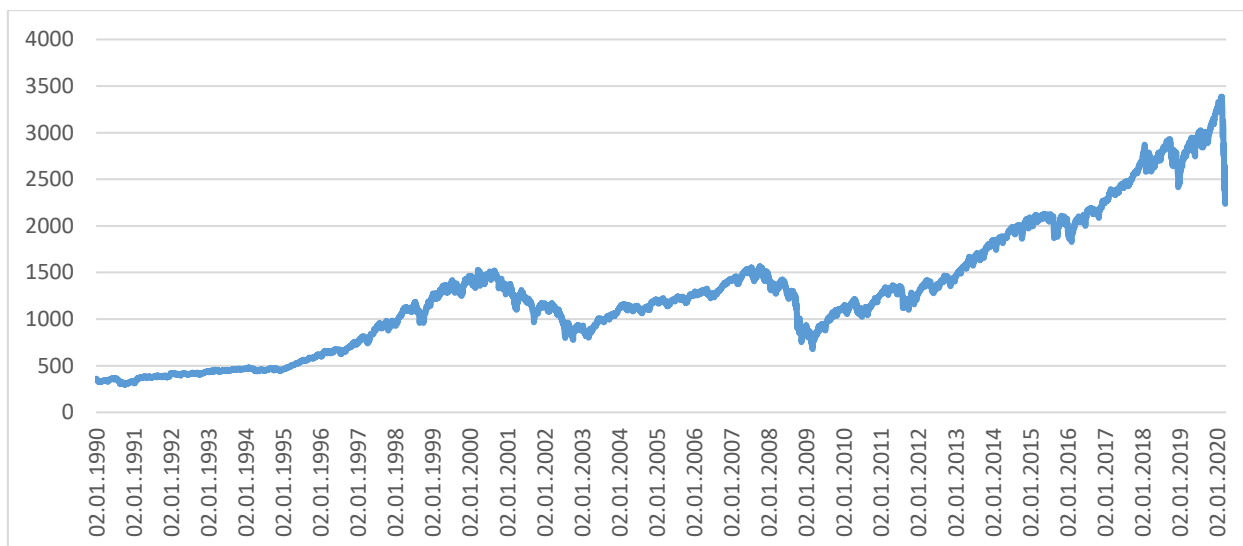
Volatiilsusindeks (VIX) on loodud Chicago Board Options Exchange (CBOE) poolt. VIX indeks, mida nimetatakse ka hirmuindeksiks, tähistab S&P500 igakuiste ostu- ja müügitehingute volatiilsust. Seega on volatiilsusindeks otseselt seotud S&P500 indeksiga. VIX etalon näitab reaajas, kui palju turu arvates S&P 500 indeks kõigub järgmise 30 päeva jooksul. Indeksi alusel hinnatakse turul riski, hirmu ja stressi. VIX'i mõõdetakse skaalal 0 kuni 100 ning väärtuseid alla 20 peetakse tasaseks stressivabaks perioodiks turul. Hirmuindeksi väärtust üle 30 peetakse kõrgeks volatiilsuseks, mis võib tähendada, et turg on ebakindel, risk on kõrgem ning investorid on hirmul. (Kuepper 2020)

## **2.2. Andmed**

Ökonomeetrilise mudeli hindamine viiakse läbi vabavarana kasutava statistikapaketiga Gretl ning algandmete töötlemisel kasutatakse programmi Microsoft Excel.

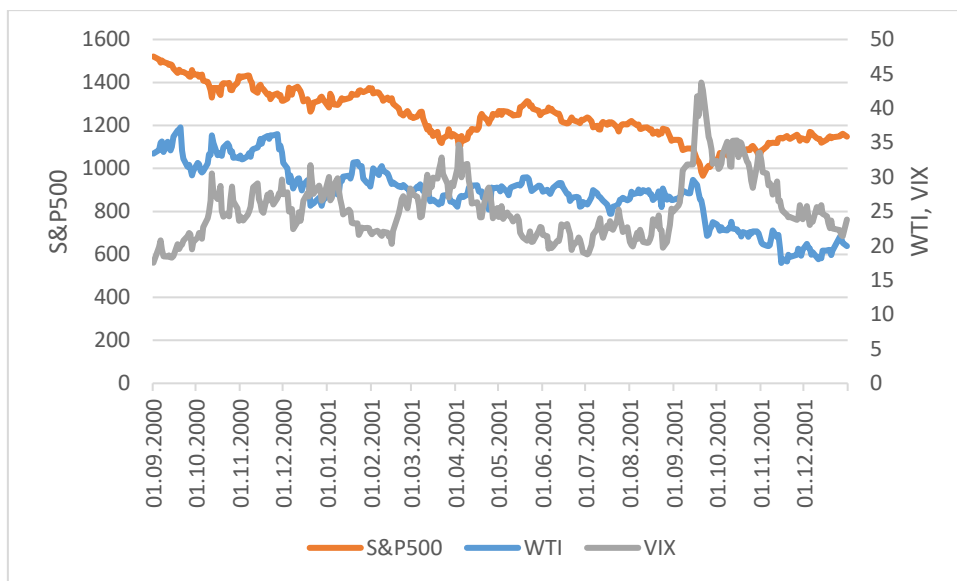
### **Andmete kirjeldus**

Autor kogus esmalt kvantitatiivsed päevased andmed kõikide indeksite kohta kahest erinevast andmebaasist (Eikon ja Yahoo Finance). Perioodiks võeti 1990. aasta algus ning kuni 2020. aasta esimese kvartalini. Andmete allalaadimisel tuli andmeid korrastada, et viia kõikide indeksite andmed samaväärsesse struktuuri ning vastavusse Gretli nõuetele. Saadud andmetest oli võimalik koostada graafik (joonis 2), kust saab ülevaate aktsiaturu languse perioodidest. Graafikult joonistus välja kolm selget turulanguse perioodi, mis on antud töö uuringu keskmeks. Algandmetele teostati korrelatsiooni test. Kuna esimesed andmed on päevase sagedusega, kuid viimane vaadeldav periood on sellise sagedusega andmete jaoks liiga lühike. Mudeli toimise eesmärgil otsustas autor kasutada 2020. aasta languse jaoks kõrgsagedusandmeid – esiteks kuna periood on lühike ning teiseks, kuna selliselt on võimalik hinnata ka päevasiseseid mõjusid. Kõrgsagedusandmed saadi Eikoni andmebaasist ning sageduseks pool tundi (30 minutit).



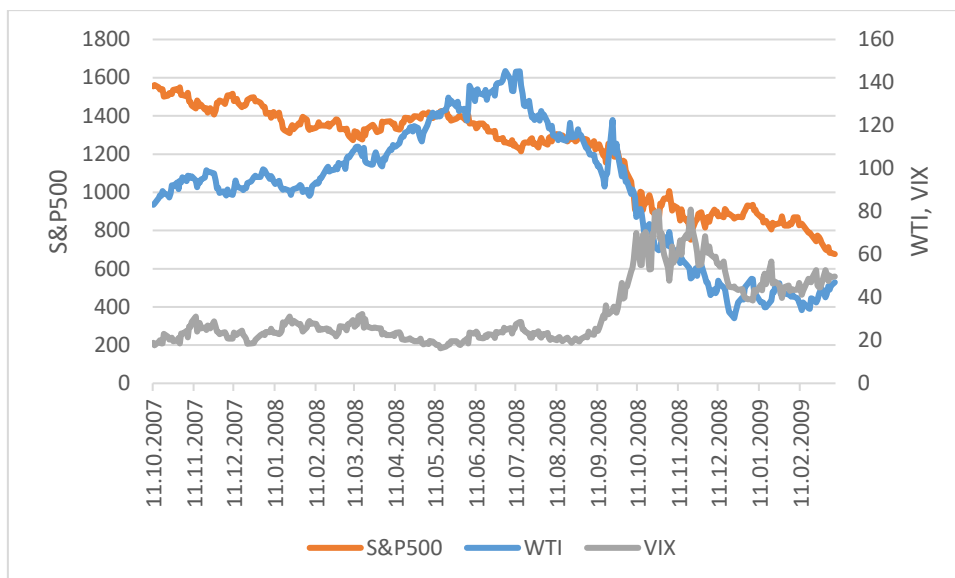
Joonis 2. S&P500 tase perioodil 02.01.1990 kuni 01.04.2020  
Allikas: autori arvutused

Esimeseks languse perioodiks võeti 2000. aasta 1. september kuni 2001. aasta 3. detsember. Sel perioodil kukkus S&P500 indeks 24,5%. Suure muutuse tegi ka naftahinna indeks kukkudes 40,3%. Vaadeldava perioodi graafikult (joonis 3) on selgelt näha, et nii WTI kui ka S&P500 on langustrendis. Samuti on näha jooniselt VIX indeksi kõikumist. Kohati jõuab indeks üle 30, mis näitab kõrget volatiilsust turul. Korrelatsioon analüüs (lisa 1) näitab, et sel perioodil on aktsiaturu ning naftahinna vahel tugev positiivne korrelatsioon 0,79. Lisaks eelnevale leidub ka aktsiaturu ning volatiilsusindeksi vahel negatiivne korrelatsioon väärtuses -0,59. VIX-i ja WTI vaheline korrelatsioon on nõrk, saavutades taseme -0,29. Nagu eelpool mainitud, siis selle perioodi jaoks kasutati päevase sagedusega andmeid. Perioodi andmetega viidi läbi ka kirjeldav statistika (lisa 2), kus selgus, et S&P500 maksimaalne väärtus oli 1520,80 ning minimaalne 965,80, mis näitab vaadeldaval perioodil aktsiaturul suurt muutust arvestades, et vaadeldav periood on 333 tööpäeva pikk. Standardhälve moodustub aritmeetilisest keskmisest 9,5%. Sama perioodi WTI maksimaalseks väärtuseks oli 37,22 ja minimaalseks 17,50. WTI variatsioonikordaja näitab, et standardhälve moodustas 16% aritmeetilisest keskmisest. VIX'i maksimaalseks väärtuseks oli 43,74 ning keskmiseks 27,6, mis näitab turul kõrget riski taset.



Joonis 3. S&P500, WTI ja VIX tasemed perioodil 01.09.2000 kuni 31.12.2001  
Allikas: autori arvutused

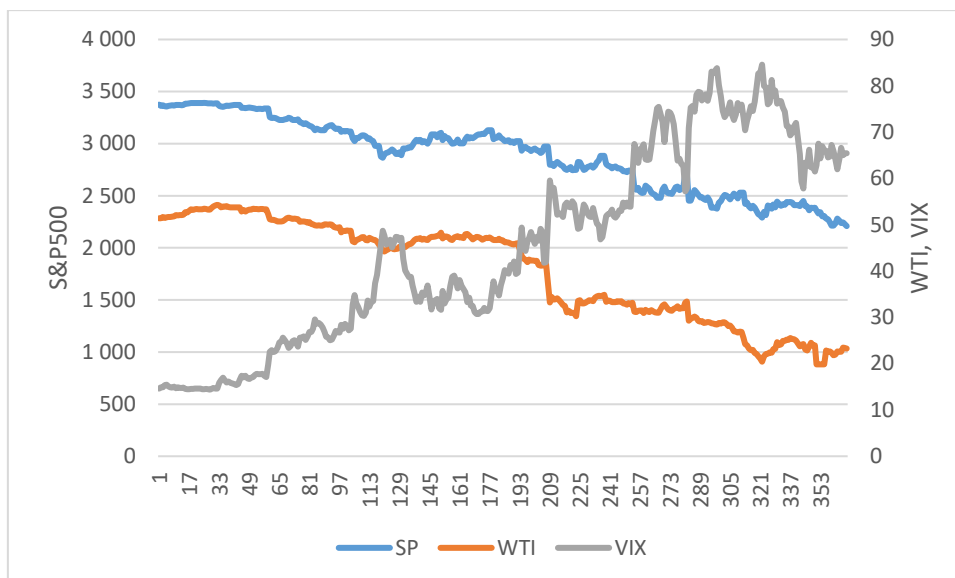
Teiseks vaadeldavaks perioodiks oli 1. oktoober 2007 kuni 9. märts 2009. Koostatud graafikult (joonis 4) on näha, et jällegi on väärtpaperite turg olnud langustrendis. Antud periood on kõigest kolmest vaadeldavatest perioodidest pikim, koosnedes 354 tööpäevast ning andmed on päevase sagedusega. Selles ajavahemikus on aktsiaturg teinud suurima muutuse võrreldes teiste langustega. S&P500 kukkus 56,5%, mis on umbes 2 korda suurem kukkumine kui 2000. ja 2001. aasta langus. Sama ajaga on naftahind teinud sarnase languse eelmise perioodiga kukkudes 43,4%. Korrelatsiooni analüüsist (lisa 3) tuli välja, et kõige tugevam korrelatsioon esineb VIX'i ja S&P500 vahel, mis on ka loogiline, kuna muutus S&P500 tasemes väljendub ka volatiilsuses. Kahe indeksi vaheline korrelatsioon on -0,88 ehk kui volatiilsus suurenes, siis samal ajal langes aktsiaturu tase. S&P500 ning WTI vahel esineb keskmisest nõrgem korrelatsioon väärtuseks 0,42 ning VIX ja WTI vahel on korrelatsiooni väärtuseks -0,41. Andmete kirjeldavast statistikast (lisa 4) võib leida, et maksimaalne WTI on 145,31 ning minimaalne 30,28, mis viitab naftahinna suurele kõikumisele. VIX'i maksimaalne tase on 80,86, mis näitab, et S&P500 turg on mingi hetk olnud äärmiselt volatiilne. Skaala teises otsas on VIX'i väärtus 16,3, mis näitab just turu rahulikkust mingil aja hetkel. Kõikide muutujate variatsioonikordajad on küllaltki kõrged, mis näitab, et väärtuste hajumine aritmeetilise keskmise suhtes on kõrge. Tulemused näitavad, et S&P500 variatsiooni kordaja on 0,2, WTI oma 0,34 ning VIX'i kordaja on 0,46.



Joonis 4. S&P500, WTI ja VIX tasemed perioodil 01.10.2007 kuni 09.03.2009  
Allikas: autori arvutused

Kolmandaks languse perioodiks on 18. veebruar 2020 kuni 23. märtsini 2020. Graafikult (joonis 5) joonistub välja aktsiaturu ja nafta hindade langus. Samuti on näha VIX indeksis suuremaid muutuseid, kui eelmistel perioodidel. Kuna antud perioodi andmed on poole tunniste intervallidega, siis ei saa otsesid võrdluseid kahe teise perioodiga teha. Sellel lühikesel perioodil kukkus S&P500 indeks 34,5% ning WTI indeks 54,8%. Korrelatsiooni test (lisa 5) näitab, et kõrgsageduslikel andmetel on väga suur korrelatsioon. WTI ja aktsiaturu vahel esineb tugevaim korrelatsioon 0,975. Volatiilsusindeksi ja aktsiaturu vaheline korrelatsioon on negatiivse väärtusega -0,968, mille tugev korrelatsioon on jällegi seletatav S&P500 ning VIX'i seosest. Samuti esineb tugev negatiivne korrelatsioon WTI ja VIX vahel, mille tulemuseks oli -0,946. Kirjeldav statistika (lisa 6) näitab aktsiaturu maksimaalseks väärtuseks 3391,5 ning minimaalseks 2208,9. Maailmaturu nafta hinna maksimaalne väärtus antud perioodil oli 54,30 ja minimaalne 19,84. VIX'i aritmeetiline keskmine näitab kogu perioodi vältel on turg olnud väga volatiilne. Volatiilsus indeksi maksimaalne väärtus 84,56 näitab, et mingil ajahetkel on riski tase olnud äärmiselt kõrge. Samuti on VIX'i puhul variatsioonikordaja väga kõrge, milleks on 0,47.





Joonis 5. S&P500, WTI ja VIX tasemed perioodil 18.02.2020 kuni 23.03.2020, x-telje ühikud on andmepunktid 18.02.2020 kell 10.00 kuni 23.03.2020 kell 14.30  
Allikas: autori arvutused

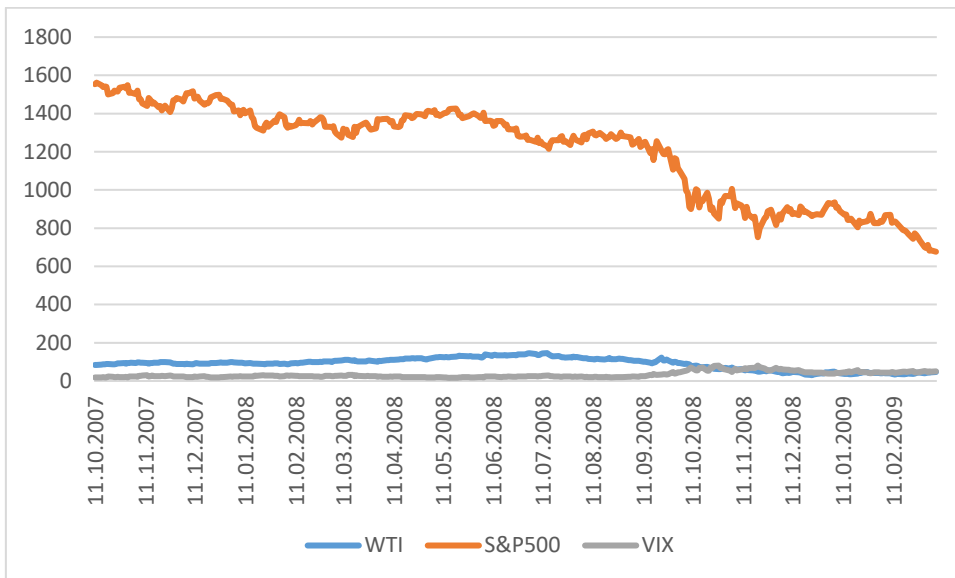
### 2.3. VAR mudel

Uurimismeetodina on kasutatud vektorite autoregressioon (VAR) meetodit. VAR on harilike vähimruutude (OLS) meetodil hinnatud sümmeetriline võrrandite süsteem, milles iga muutuja pannakse sõltuma enda ja kõigi teiste süsteemi muutujate viitajaga väärtustest. VAR on osutunud muutujate vaheliste dünaamiliste seoste uurimise sobivaks meetodiks, sest kord juba hinnatuna saab seoseid kasutada iga muutuja reaktsiooni simuleerimiseks ajas enda või teiste muutuse tagajärjel (Danilov, 2003). Samuti on kasutanud seda meetodit paljud eelnenud uurimistööd nagu Hammami ja Bouri ning Berk ja Aydogan (Hammami, Bouri 2018; Berk, Aydogan, 2012). Ökonomeetrilise mudeli hindamine on läbiviidud vabavarana kasutava statistikapaketiga Gretl ning algandmete töötlemisel on kasutatud programmi Microsoft Excel.

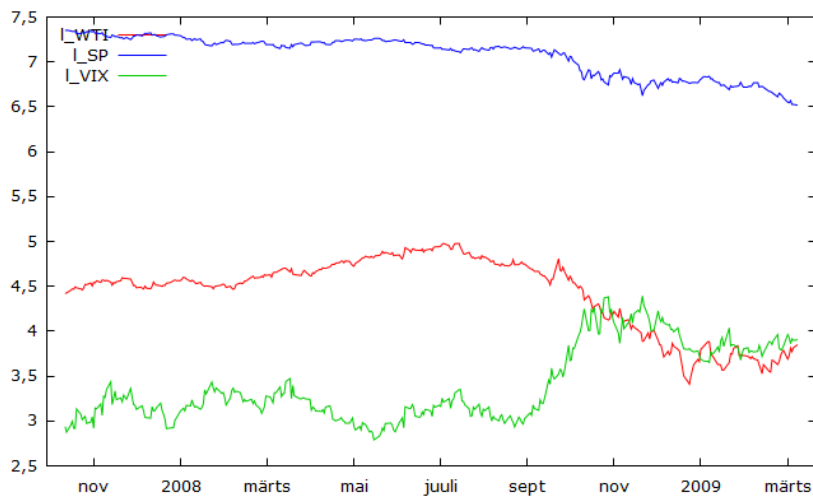
#### Mudeli koostamine

Enne mudelite koostamist tuleb veenduda, et aegread oleksid statsionaarsed. Andmetest tuleb eemaldada trendid ning muutujate keskvaartused peavad olema null. (Paas 1995) Vaadates kõigi kolme perioodi graafikuid, siis on näha, et andmetes esineb trend ja muutujate keskvaartuseks ei ole null. Samuti on andmetest näha näiteks 2007-2009 perioodi näitel, et VIX ja WTI skaala on sarnane, kuid S&P500 skaala on kõvasti kõrgem võrreldes teistega (joonis 6). Skaalade

ühtlustamiseks viib autor andmed logaritmitud kujule. Nii saavutatakse andmete puhul sama suurusjärku skaala (joonis 7).



Joonis 6. S&P500, WTI ja VIX tasemed S&P500 skaalal perioodil 01.10.2007 kuni 09.03.2009  
Allikas: autori arvutused



Joonis 7. S&P500, WTI ja VIX tasemed logaritmitud skaalal perioodil 01.10.2007 kuni 09.03.2009

Allikas: autori arvutused

Statsionaarsust silmaga määrata on keeruline, mistõttu testib autor andmeid ühikjuure testiga. Gretlis on võimalik kasutada Augmented Dickey-Fuller testi. Vastavalt testi tulemustest saab, kas jätkata mudeli koostamisega või tuleb statsionaarsuse saavutamiseks edasi tegeleda. Aegridade

statsionaarsuse saavutamiseks on kasutatud viisi, kust tuleb võtta andmetest diferentsid. See järel tuleks aegridu uuesti testida, kas need muutusid statsionaarseteks.

VAR mudeli koostamisel Gretlis määratakse optimaalne viitaeg, et teada mitme viitajaga on optimaalne koostada VAR mudel. Viitaja määramiseks viiakse läbi mudeli viitaegade valik vastavalt infokriteeriumitele (Gretlis VAR lag selection“), kus on kolm kriteeriumit: Akaike informatsioonikriteerium (Akaike creterion (AIC)), Schwarzzi informatsioonikriteerium (Schwarz Bayesian criterion (BIC)) ja Hannan-Quinn criterion (HQC). Akaiket kasutatakse aegridade mudelite võrdlemiseks ja identifitseerimiseks. AIC arvutatakse valemiga (Sauga, Akaike informatsioonikriteerium, 2020) (valem 1):

$$AIC = -2\Delta + 2k$$

kus

$\Delta$  – logaritmiline tõepära

$k$  – mudelis olevate parameetrite arv

TalTechi majandusanalüüsi ja rahanduse instituudi Dotsent Ako Sauga on kirjutanud enda koduleheküljel järgnevalt: „Uute tunnuste lisamisel mudelisse logaritmiline tõepära alati suureneb. Ka siis, kui need tunnused ei oma mudeli parandamisel erilist tähtsust. AIC väheneb tõepära suurenedes ja suureneb parameetrite arvu suurenedes. Kui uute tunnuste lisamisel liidetava  $2k$  suurenemine ületab liidetava  $-2\Delta$  vähenemise, siis summaarselt AIC suureneb ning uute tunnuste lisamine pole õigustatud. Kõige parem on mudel, mille korral AIC on kõige väiksem“ (Sauga 2020a).

Akaike informatsioonikriteeriumile kasutatakse mudelite võrdlemisel alternatiivina Schwarzzi informatsioonikriteeriumit, kuna suurte valimite korral uute tunnuste lisamisel ei ole AIC piisavalt kriitiline (Sauga 2020b). Probleemi lahendamiseks muutis Schwarz Akaike informatsioonikriteeriumi valemit, kus korrutas parameetrite arvu  $k$  läbi valimimahu  $n$  logaritmiga (Schwarz 1978). Saades valemiks (valem 2):

$$BIC = -2\Delta + 2k \ln n$$

kus

$n$  – valimi maht

BIC mudeli korral kehtib sama reegel. Väiksem BIC tähendab paremat mudelit. (Sauga, Schwarzzi informatsioonikriteerium, 2020)

Optimaalse viitaja määramisel lähtuti AIC kriteeriumist, kuid tuleb kontrollida jääkliikmete autokorrelatsiooni, et mudeli jääkliikmetes ei esineks autokorrelatsioone. See järel oli võimalik koostada VAR mudel vabavaras Gretl. VAR mudelis kõik muutujad on endogeensed.

Peale optimaalsete viitaegade leidmisel tuleb saadud VAR mudelile viia läbi järgmised testid:

1. Autokorrelatsioon jääkliikmetes (Rao F test);
2. jääkliikmete heteroskedastiivsus (Autoregressive conditional heteroscedasticity (ARCH) test);
3. normaaljaotuse testimine (Doornik-Hanseni test);
4. lisaks algandmetele Johanseni kointegratsiooni test.

Kuna mudeli koostamisel võeti arvesse kolme tunnust, siis tekkis ka kolmemõõtmeline mudel, mille kõikide tunnuste väärtused ajaperioodil sõltuvad kõikide tunnuste eelmisest väärtusest (viitaegadest). Tekkis järgnev võrrandisüsteem (valemid 3, 4 ja 5):

$$WTI_t = c_1 + \beta_1 \times WTI_{t-1} + \gamma_1 \times S\&P500_{t-1} + \delta_1 \times VIX_{t-1} + u_{1t}$$

$$S\&P500_t = c_2 + \beta_2 \times WTI_{t-1} + \gamma_2 \times S\&P500_{t-1} + \delta_2 \times VIX_{t-1} + u_{2t}$$

$$VIX_t = c_3 + \beta_3 \times WTI_{t-1} + \gamma_3 \times S\&P500_{t-1} + \delta_3 \times VIX_{t-1} + u_{3t}$$

kus

$WTI$  – maailmaturu nafta hind WTI indeksi järgi

$S\&P500$  – aktsiaturu tase S&P500 indeksi järgi

$VIX$  – volatiilsusindeksi tase VIX indeksi järgi

$c$  – konstant

$t$  – aeg

$\gamma, \beta, \delta$  – muutuja mõju koefitsiendid

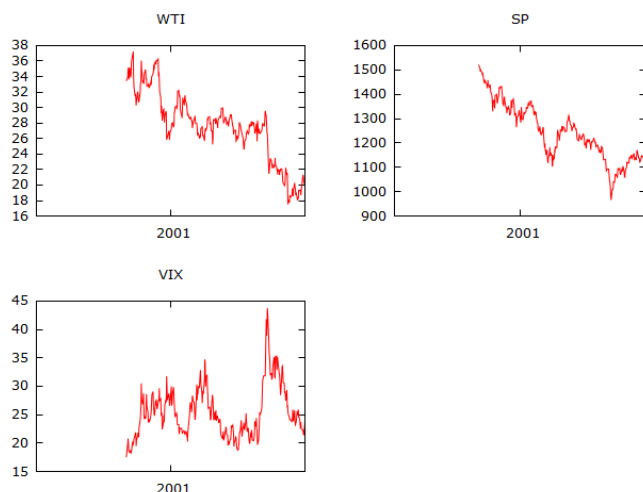
$u$  – impulsid, šokid, innovatsioonid

### 3. VAR mudeli hindamine

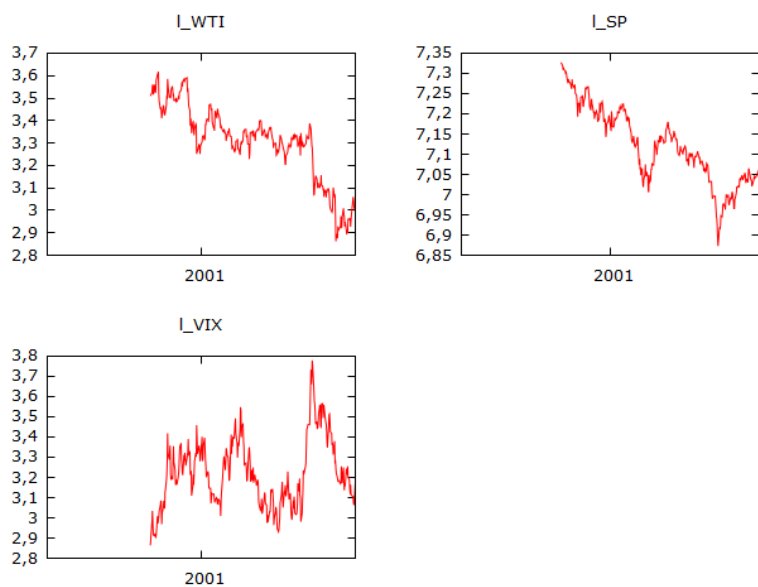
Antud peatükk annab ülevaate kõigi kolme uurimisperioodi andmete töötlemisest teises peatükis toodud meetodide põhjal, et saavutada iga perioodi kohta kõik vajalikud kriteeriumid VAR mudeli koostamiseks. Seejärel tuuakse ülevaade modelleermise tulemustest ning antakse ettepanekuid edasisteks uuringuteks.

#### 2000-2001. aasta aktsiaturu langus

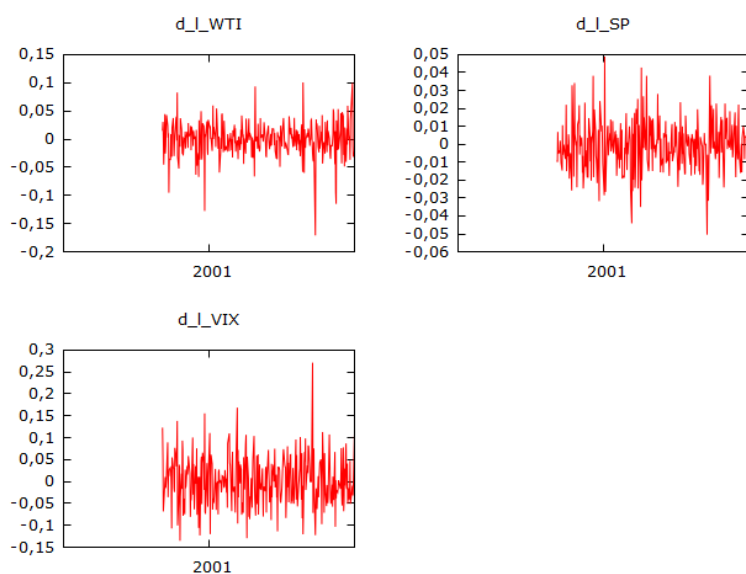
Esimese vaadeldava perioodi algandmete graafikult (joonis 8) on näha, et muutujates esineb trend ning muutujate skaala on ebahühtlane. Muutujate mitte statsionaarsuse kinnitamiseks viidi läbi Dickey-Fulleri test kõigepealt algandmetele. Tulemuseks, et aegread on mitte statsionaarsed. Muutujate skaalade ühtlustamiseks võeti algandmetest logaritmid. Logaritmitud andmete graafikult (joonis 9) on näha, et andmetes esineb endiselt trend, mis tähendab ka, et aegread ei ole statsionaarsed. Selle kinnitamiseks viidi läbi uuesti Dickey-Fulleri test. Nii nagu võis jooniselt lugeda, ei osutunud aegread statsionaarseks. Saavutamaks aegridade statsionaarsus võeti logaritmitud andmetest diferentsid ning viidi läbi uuesti kõikide muutujate puhul Dickey-Fulleri test. Peale diferentside võtmist on graafikult (joonis 10) näha, et aegread muutusid. Enam ei ole võimalik graafikult trendi hinnata. Ühikjuure test näitas, et diferentseeritud aegread on statsionaarsed.



Joonis 8. S&P500, WTI ja VIX tasemed perioodil 01.09.2000 kuni 31.12.2001  
Allikas: autori arvutused



Joonis 9. S&P500, WTI ja VIX logaritmitud tasemed perioodil 01.09.2000 kuni 31.12.2001  
Allikas: autori arvutused



Joonis 10. S&P500, WTI ja VIX logaritmitud ja seejärel diferentseeritud andmed graafiliselt perioodil 01.09.2000 kuni 31.12.2001  
Allikas: autori arvutused

Järgmisena saab leida optimaalsete viitaegade arvu. Selleks lähtuti Gretli „VAR lag selection“ funktsiooni, mis kasutab kolme informatsiooni kriteeriumit, et leida optimaalne viitaegade arv. Testi tulemusel (lisa 7) nii AIC, BIC kui ka HQC kriteeriumi alusel soovib Gretl optimaalsete

viitaegade arvuks ühte. Kasutades leitud optimaalsete viit aegade arvu saab luua VAR mudeli (lisa 8). VAR mudel ühe viit ajaga näeb välja järgnev (valemid 6, 7 ja 8):

$$WTI_t = c_1 + \beta_{11} \times WTI_{t-1} + \gamma_{11} \times S\&P500_{t-1} + \delta_{11} \times VIX_{t-1} + u_{1t}$$

$$S\&P500_t = c_2 + \beta_{21} \times WTI_{t-1} + \gamma_{21} \times S\&P500_{t-1} + \delta_{21} \times VIX_{t-1} + u_{2t}$$

$$VIX_t = c_3 + \beta_{31} \times WTI_{t-1} + \gamma_{31} \times S\&P500_{t-1} + \delta_{31} \times VIX_{t-1} + u_{3t}$$

Oluline on märkida, et ülaltoodud võrrandites on muutujate algandmete logaritmide diferentsid (näiteks WTI tähistab WTI indeksi kahe perioodi naturaallogaritmide muutu), kuid võrrandi loetavuse huvides kasutab autor lühemaid tähistusi. Saadud mudelit testiti esmalt jääkliikmete autokorrelatsiooni osas. Gretli autokorrelatsiooni test, mis põhineb Rao F testil soovitas testida mudelit viie viitajaga. Testi tulemusena (lisa 9) viie viitaja puhul esines jääkliikmetes autokorrelatsioon, kuna p väärtus viienda viitaja puhul oli 0,0034, mis on väiksem kui olulisuse nivoo 0,05 ehk vastu tuli võtta nullhüpotees. Nelja viitaja puhul on p väärtuseks 0,1593, mis on suurem kui 0,05 ehk nullhüpotees lükatakse ümber ning vastu võetakse sisukas hüpotees, et jääkliikmetel vahel ei esine autokorrelatsiooni.

VAR mudelit testiti ARCH testiga, et saada teada, kas jääkliikmetes esineb heteroskedastiivsust. Gretli ARCH test soovitas mudelit testida viie viitajaga. Testi tulemusena (lisa 10) viienda viitaja p väärtuseks oli null ehk nullhüpotees lükati tagasi. See tähendab, et jääkliikmetes ei esine heteroskedastiivsust.

Viimaks testiti mudeli jääkliikmete alluvust normaaljaotusele. Selleks tehti Gretlis Doornik-Hanseni test (lisa 11). Teststatistiku väärtuseks tuli 109,362 ning olulisuse tõenäosuseks null. Kuna olulise tõenäosus on väiksem kui 0,05, siis tähendab see, et jääkliikmed ei allu normaaljaotusele.

Kasutades logaritmitud muutujaid testiti ka kointegratsiooni, et näha, kas muutujate vahel esineb pikaajaline seos. Selleks viidi läbi Johanseni kointegratsiooni test (lisa 12). Testi läbiviimiseks soovitas Gretl kasutada ühte viitaega. Tulemuseks tuli, et muutujate vahel ei esine pikaajalisi seoseid.

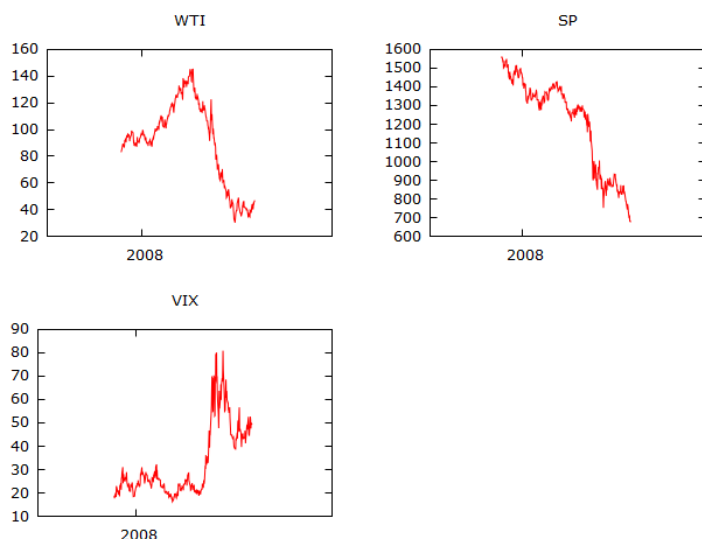
### **2000-2001. aasta muutujate vahelised seosed VAR mudeli põhjal**

Vaadates VAR mudelit sel aja perioodil, et tuvastada võimalikke seoseid peab olema t-ratio suurem kui 2 või väiksem kui -2. Teise võimalusena on võimalik vaadata p väärtuseid, mis peaksid olema

väiksemad kui 0,05, et oleks võimaliku seost. Selle perioodi VAR mudelil puudusid antud kriteeriumitest lähtudes võimalikud seosed muutujate vahel.

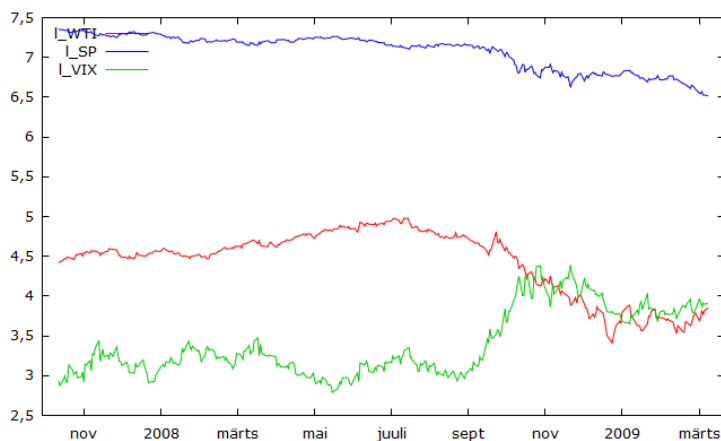
### 2007-2009. aasta languse VAR mudel

Teise vaadeldava perioodi 2007-2009. aasta languse algandmetest (joonis 11) on näha, et kõikide muutujate puhul esineb trend. Kuid sellest hoolimata viidi läbi iga muutuja suhtes ühikjuure test, et saada kinnitust aegridade mitte statsionaarsuses. Nii nagu graafikult lugedes näha oli, osutusid kõik muutujad mitte statsionaarseteks ehk kõikide Dickey-Fulleri testide puhul tuli võtta vastu null hüpotees, et aegridades ei esine statsionaarsust. Ühtlasi kuna muutujate skaala ei ole ühtlane nii nagu eelnevas osas mainitud, siis võeti andmetest logaritmid (joonis 12). Logaritmitud andmete puhul testiti uuesti aegridade statsionaarsust. Algandmete logaritmimisel ei muutunud aegread statsionaarseks, kuna Dickey-Fulleri testi tulemusena kõikide muutujate p väärtus oli kõrgem kui 0,05 ja selle tulemusena tuli võtta vastu nullhüpotees, et aegread ei ole statsionaarsed. Aeg ridade statsionaarsuse saavutamiseks võeti logaritmitud andmetest diferentsid ja viidi läbi uuesti Dickey-Fulleri testid kõigi kolme indeksiga. Sel korral lükati kõikide testide puhul null hüpotees ümber, kuna p väärtus oli 0,05 väiksem ning võeti vastu sisukas hüpotees, et aegread on statsionaarsed, mida võis eeldada diferentside graafikult (joonis 13).

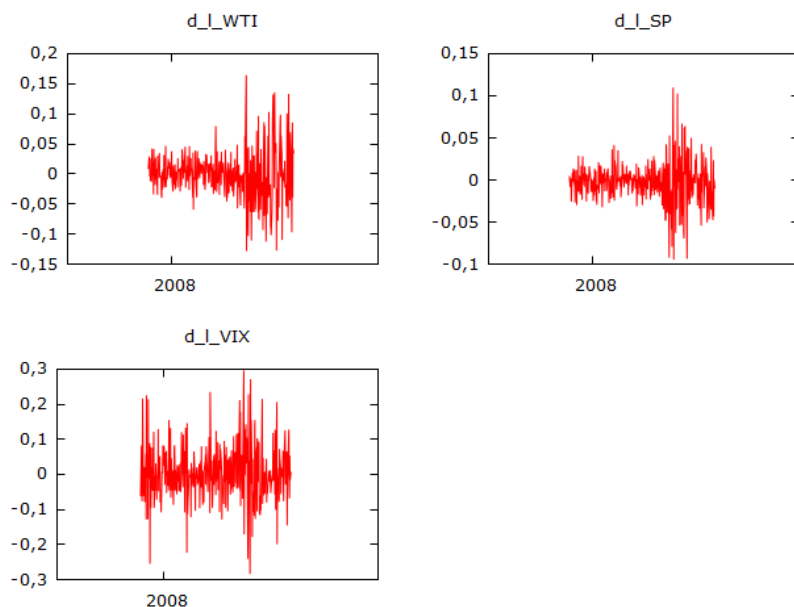


Joonis 11. S&P500, WTI ja VIX tasemed perioodil 01.10.2007 kuni 09.03.2009  
Allikas: autori arvutused





Joonis 12. S&P500, WTI ja VIX logaritmitud tasemed perioodil 01.10.2007 kuni 09.03.2009  
Allikas: autori arvutused



Joonis 13. S&P500, WTI ja VIX logaritmitud ja seejärel diferentseeritud andmed graafiliselt perioodil 01.10.2007 kuni 09.03.2009  
Allikas: autori arvutused

Peale aegridade statsionaarsuse saavutamist sai hakata leidama optimaalsete viitaegade arvu. Selleks viidi läbi Gretlis VAR lag selection (lisa 13), mis viib korraga läbi AIC, BIC ja HQC testid, et soovitada optimaalset viitaega. Kuna optimaalse viitaja leidmisel AIC kriteeriumiga tuli välja, et antud muutujate puhul tuleks kasutada kolme viitaega. Seejärel saab luua VAR mudeli kasutades AIC kriteeriumi järgi selgunud optimaalset viitaegade arvu (lisa 14). Eelnevalt esitatud VAR mudel tuleb viia 3 viitajaga vormingusse. Peale kolme viitaja lisamist tekib järgnev võrrandisüsteem (valemid 7, 8 ja 9):

$$\begin{aligned}
WTI_t &= c_1 + \beta_{11} \times WTI_{t-1} + \gamma_{11} \times S\&P500_{t-1} + \delta_{11} \times VIX_{t-1} + \beta_{12} \times WTI_{t-2} \\
&\quad + \gamma_{12} \times S\&P500_{t-2} + \delta_{12} \times VIX_{t-2} + \beta_{13} \times WTI_{t-3} + \gamma_{13} \times S\&P500_{t-3} \\
&\quad + \delta_{13} \times VIX_{t-3} + u_{1t} \\
S\&P500_t &= c_2 + \beta_{21} \times WTI_{t-1} + \gamma_{21} \times S\&P500_{t-1} + \delta_{21} \times VIX_{t-1} + \beta_{22} \times WTI_{t-2} \\
&\quad + \gamma_{22} \times S\&P500_{t-2} + \delta_{22} \times VIX_{t-2} + \beta_{23} \times WTI_{t-3} + \gamma_{23} \times S\&P500_{t-3} \\
&\quad + \delta_{23} \times VIX_{t-3} + u_{2t} \\
VIX_t &= c_3 + \beta_{31} \times WTI_{t-1} + \gamma_{31} \times S\&P500_{t-1} + \delta_{31} \times VIX_{t-1} + \beta_{32} \times WTI_{t-2} \\
&\quad + \gamma_{32} \times S\&P500_{t-2} + \delta_{32} \times VIX_{t-2} + \beta_{33} \times WTI_{t-3} + \gamma_{33} \times S\&P500_{t-3} \\
&\quad + \delta_{33} \times VIX_{t-3} + u_{3t}
\end{aligned}$$

Ka neis võrrandites on muutujate algandmete logaritmade diferentsid. Järgnevas kontrolliti, kas jääkliikmete autokorrelatsioon esineb. Selleks jällegi kasutati Gretli autokorrelatsiooni testi, mis põhineb VAR mudeli puhul Rao F testist. Programm soovib testi läbi viia 5 viitajaga ning tulemuseks (lisa 15) on, et jääkliikmete kordajate vahel puudub autokorrelatsiooni olulisuse nivool 0,05. Testi puhul tuleb jälgida viimast viitaega kuna, see võtab kokku kõik eelmised viitajad.

Seejärel analüüsiti jääkliikmete heteroskedastiivsust ARCH testiga. Antud perioodil jääkliikmete heteroskedastiivsus ei esinenud (lisa 16). Kõik p väärtused olid 0, mis tähendab, et nullhüpotees lükati ümber ja võeti vastu sisukas hüpotees.

Jääkliikmete normaaljaotuse testimisel kasutati samuti Gretlis olemas olevat test, mis põhineb Doornik-Hanseni testil. Teststatistiku (lisa 17) väärtuseks tuli 203,324 ning teststatistikule vastav olulisuse tõenäosus  $p = 0$ . Kuna testi olulisuse tõenäosus  $p = 0 < 0,05$ , tuleb nullhüpotees ümber lükata ning vastu võtta sisukas hüpotees: jääkliikmed ei allu normaaljaotusele.

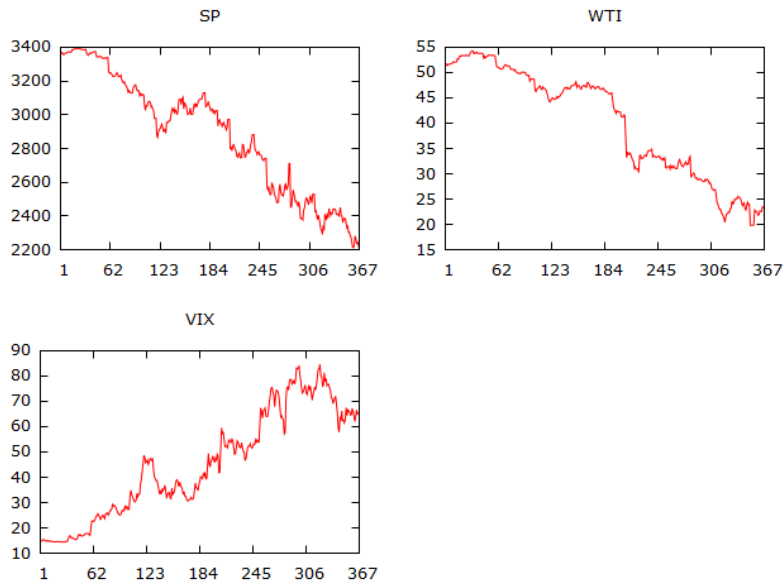
Lisaks eelmistele testidele viidi läbi ka Johanseni kointegratsiooni test (lisa 18), et tuvastada, kas muutujatel on side või mitte. Selle testi läbiviimisel kasutati logaritmitud andmeid. Tesiti tulemusena saadi, et muutujate vahel ei esine kointegratsiooni, teisisõnu pikaajalised seosed puuduvad.

### **2007-2009. aasta muutujate vahelised seosed VAR mudeli alusel**

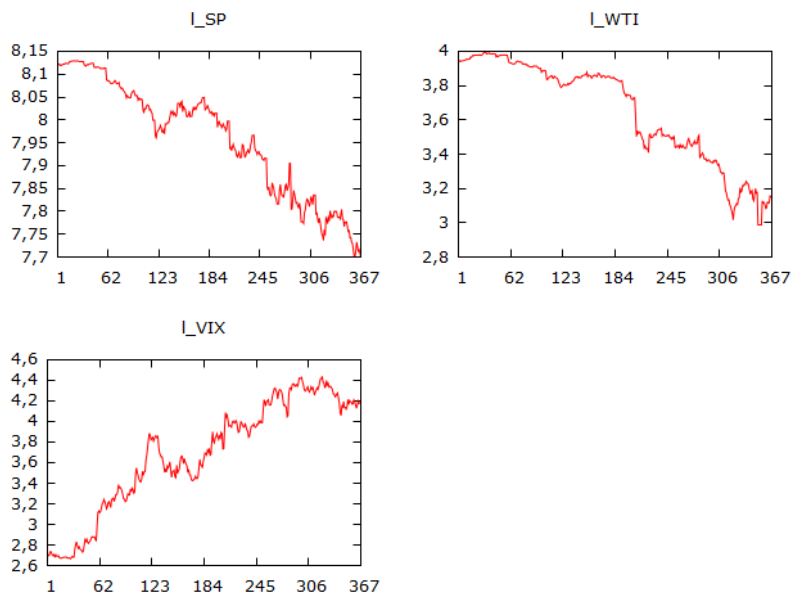
Keskendudes VAR mudeli muutujatele ning nende omavahelistele seostele tuleb vaadata, et t-statistik oleks kas alla -2 või üle 2, siis saab öelda, et muutujate vahel esineb seos. Teiseks võimaluseks on jälgida p väärtuseid. Juhul kui olulisuse tõenäosuse väärtus on alla 0,05, siis on samuti võimalik järeldada muutujate vahelisi seoseid. Vaadates 2007-2009. aasta VAR mudelit on näha, et mõningate tegurite vahel esineb seos eelnevalt mainitud kriteeriumite põhjal. Mudeli põhjal saab öelda, et VIX indeksil võib olla seos eelmise päeva VIX indeksiga, kuna antud juhul on t-ratio väärtuseks -3,023, mis on väiksem kui -2 ja p väärtuseks 0,0027. Rohkem võimalikke seoseid VIX muutuja kohta VAR mudel ei tuvastanud. S&P500 indeksi seost tuvastas Gretl kolme päeva taguse WTI tulemusega, kuna p väärtuseks oli 0,0113. See tähendab, et muutus kolme päeva tagasi WTI indeksis võib mõjutada S&P500 taset. WTI hinnataset võib mõjutada eelmise päeva S&P500 tase, kuna p väärtuseks oli 0,0259. Samuti võib olla mõjutatud WTI hinnatase kolme päeva tagusest WTI indeksist, sest t-ratio on 3,402 ehk suurem kui 2.

### **2020. aasta languse analüüs kõrgsageduslike andmete põhjal**

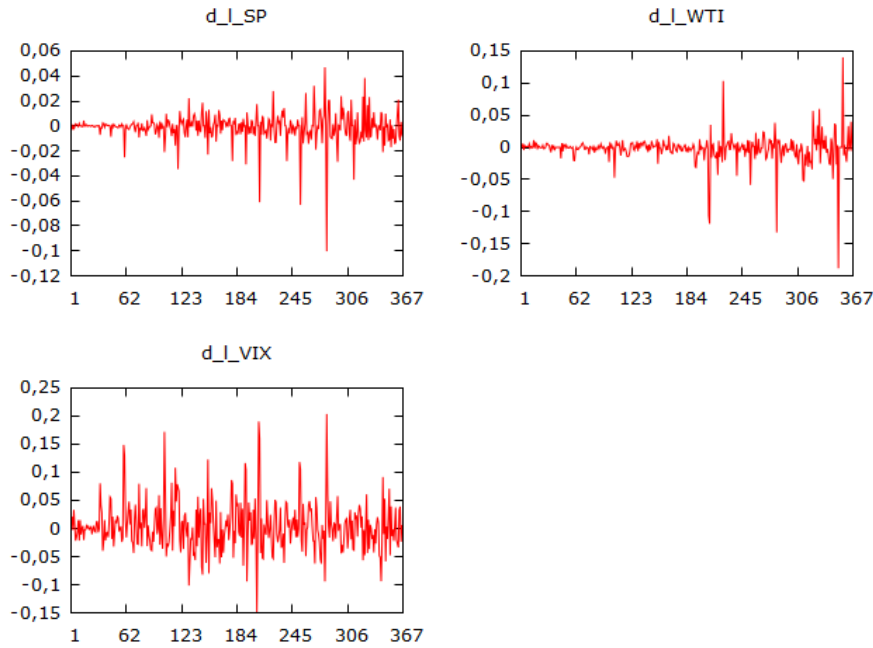
Viimase vaadeldava perioodi algandmetest nagu ka kõikide eelnevate omast, on näha, et muutujates esineb trend (joonis 14). Kuid jällegi viidi igaks juhuks Dicker-Fulleri test läbi, et veenduda, kas aegridades esineb statsionaarsus või mitte. Arvatud mitte statsionaarsus esines S&P500, WTI ja VIX'i puhul. Selle perioodi andmete puhul on samuti probleeme ühtse skaalaga ning sellepärast võeti andmetest logaritmid, et muuta skaala ühtseks, kuid vaadates logaritmitud andmete graafikuid (joonis 15) on näha, et andmetes esineb endiselt trend, mis tähendab, et aegread ei ole statsionaarsed. Seejärel Statsionaarsuse saavutamiseks võeti kõikide muutujate puhul diferentsid ning jällegi kontrolliti igat muutujat, kas aegridades esineb statsionaarsus, sest ainult joonist ei saa usaldada (joonis 16). Dicker-Fulleri testis oli kõikidel muutujatel p väärtus 0,05 väiksem, mis tähendab, et nullhüpotees lükati ümber ning vastu võeti sisukas hüpotees, et aegread on statsionaarsed.



Joonis 14. S&P500, WTI ja VIX tasemed perioodil 18.02.2020 kuni 23.03.2020  
Allikas: autori arvutused



Joonis 15. S&P500, WTI ja VIX logaritmitud andmete trendid perioodil 18.02.2020 kuni 23.03.2020  
Allikas: autori arvutused



Joonis 16. S&P500, WTI ja VIX logaritmitud andmete diferentside tasemed perioodil 18.02.2020 kuni 23.03.2020  
Allikas: autori arvutused

Järgmiseks sammuks on optimaalsete viitaegade teada saamine, et koostada VAR mudel. Selleks viidi Gretlis läbi test, mis kasutab järgnevaid kriteeriume: AIC, BIC ja HQC. BIC ja HQC soovitasid lähtuda ühest viitajast (lisa 19), kuid AIC kahest. Sarnaselt eelnevatele perioodidele lähtuti ka sel korral AIC kriteeriumist. Peale optimaalse viitaja leidmist koostati järgnev VAR mudel (lisa 20) kasutades kahte viit aega (valemid 10, 11 ja 12); muutujad on algandmete naturaallogaritmide diferentsid nagu ka eelpool toodud mudelites:

$$\begin{aligned}
 WTI_t &= c_1 + \beta_{11} \times WTI_{t-1} + \gamma_{11} \times S\&P500_{t-1} + \delta_{11} \times VIX_{t-1} + \beta_{12} \times WTI_{t-2} \\
 &\quad + \gamma_{12} \times S\&P500_{t-2} + \delta_{12} \times VIX_{t-2} + u_{1t} \\
 S\&P500_t &= c_2 + \beta_{21} \times WTI_{t-1} + \gamma_{21} \times S\&P500_{t-1} + \delta_{21} \times VIX_{t-1} + \beta_{22} \times WTI_{t-2} \\
 &\quad + \gamma_{22} \times S\&P500_{t-2} + u_{2t} \\
 VIX_t &= c_3 + \beta_{31} \times WTI_{t-1} + \gamma_{31} \times S\&P500_{t-1} + \delta_{31} \times VIX_{t-1} + \beta_{32} \times WTI_{t-2} \\
 &\quad + \gamma_{32} \times S\&P500_{t-2} + u_{3t}
 \end{aligned}$$

VAR mudeli jääkliikmete kontrollimisel alustati autokorrelatsioonist. Testi sooritamisel soovitas Gretl kasutada viitaega 1. Rao F testi tulemusena (lisa 21) on ühe viitaja p väärtuseks 0,2901, mis

on suurem kui 0,05. See tähendab, et nullhüpotees tuli ümber lükata ja vastu võtta hoopis sisukas hüpotees. See tähendab, et antud perioodil jääkliikmete seas ei esine autokorrelatsiooni.

ARCH testi abil tuvastatakse, kas mudelis olevatel jääkliikmetel esineb heteroskedastiivsus. Selleks kasutati ARCH testi. Nii nagu autokorrelatsiooni testimisel soovitab ka ARCH testi puhul Gretl kasutada ühte viitaega. ARCH testi tulemusena (lisa 22) on p väärtus 0,0897, mis tähendab, et vastu tuli võtta nullhüpotees. See tähendab, et jääkliikmete vahel esineb heteroskedastiivsust.

Ühtlasi testiti mudeli jääkliikmete alluvust normaaljaotusele. Doornik-Hanseni testi läbiviimisel (lisa 23) tuli test statistiku väärtuseks 1657,58 ning olulisuse tõenäosuse väärtuseks null. Kuna olulisuse tõenäosuse väärtus on väiksem kui 0,05, siis tuleb nullhüpotees ümber lükata ning vastu võtta sisukas hüpotees: jääkliikmed ei allu normaaljaotusele.

### **2020. aasta muutujate seosed VAR mudeli alusel**

Jälgides jällegi VAR mudelis t-ratio't ja p väärtust saab leida muutujate vahelisi seoseid. VIX indeks võib olla mõjutatud eelmise poole tunni S&P500'st, kuna p väärtus on 0,0011. Samuti võib olla VIX väärtus eelmise poole tunni enda väärtusest, kuna t-ratio on 4,325 ehk suurem kui 2. Vaadates VAR mudelis WTI indeksit, siis see on mõjutatud eelmise poole tunni S&P500'st, kuna p väärtus 0,0039 on väiksem kui 0,05. Samuti on VAR mudeli järgi mõjutatud WTI indeks veel eelmise poole tunni VIX indeksist, sest p väärtus 0,001 on väiksem kui 0,05. Esiteks on mudeli järgi S&P500 mõjutatud eelmise poole tunni enda indeksist, sest t-ratio on -4,064 ja samuti on mudeli järgi S&P500 indeks mõjutatud tunni aja tagusest enda indeksist, sest t-ratio on -2,594, mis on väiksem kui -2. Veel on võimalik mudelist näha, et S&P500 on mudeli järgi mõjutatud viimase poole tunni WTI indeksist, sest t-ratio on 2,035. Viimaks näeb, et eelmise poole tunni VIX indeks on mõjutatud S&P500 indeksit, sest t-ratio on -4,366, mis on madalam kui -2.

## **3.1. Järeldused**

Töös uuritud kõikide perioodide algandmete graafikute kohta saab öelda, et aegridadele iseloomulikult ei olnud read statsionaarsed, mida kinnitasid Dickey-Fulleri testi tulemused. Samuti oli kõigis perioodides probleeme skaala ühtsusega, kuna S&P500 indeksi tase on märkimisväärselt kõrgem kui WTI ja VIX tase, mis jäid küllaltki sarnasesse skaalasse. Skaalade ühtlustamise puhul aitas andmete logaritmine, kuid see ei muutnud aegridu statsionaarseks. Logaritmitud andmetest

diferentside võtmine muutis kõikide perioodide andmed statsionaarseks, mida kinnitasid ka Dickey-Fulleri testid.

Töös koostatud VAR mudelite põhjal saab järeldada, et nafta hinnal ei ole väga suurt mõju aktsiaturule hindade languse ajastul. Näiteks 2000-2001. aasta languse perioodi kohta koostatud VAR mudeli põhjal selgus, et mitte ühegi muutuja vahel ei saa öelda, et esineks võimalikku seost, mis on huvitav tulemus edasiseks uurimiseks, kuna tegelikult S&P500 ja VIX'i vahel võiks olla otsene seos, kuna VIX on seotud S&P optsioonidega.

Teisalt näitas 2007-2009. aasta periood, et VIX indeksit mõjutab tema enda eelmise päeva väärtuse muutus. Lisaks oli võimalik luua seoseid S&P500 indeksi ning WTI vahel, kust saab järeldada, et kolme päeva tagune WTI hinna muutus on seotud S&P500 taseme muutusega. Samal perioodil selgus, et WTI hinna muut on seotud kolme päeva tagusest enda indeksi taseme muutusest. Kirjeldatud kahel perioodil oli tegemist päevaste andmetega.

Viimase vaadeldava perioodi, 2020. aasta languse, andmed olid poole tunnise intervalliga ehk kõrgsageduslikud. Sellest VAR mudelist tekkis võrreldes eelmiste mudelitega palju rohkem seoseid:

- VIX indeksi muut on mõjutatud eelmise poole tunni S&P500 indeksi muutust, mis on ka loogiline, kuna VIX mõõdab S&P500 volatiilsust.
- Ühtlasi on VIXi muut mõjutatud eelmise poole tunni iseenda väärtuse muutust, millest võib järeldada, et volatiilsuse muutus toimub järjepidevalt, st kui risk hakkab tõusma, siis võib see tasapisi veelgi tõusta ja vastupidi.
- Sama perioodi WTI indeksi muudu kohta saab öelda, et see on VAR mudeli järgi mõjutatud S&P500 eelmise poole tunni väärtuse muutust ja ka VIX'i eelmise poole tunni väärtuse muutust. See jällegi võib viidata, S&P500 ning VIX'i reaalse maailma seosele, kuna nagu eelpool mainitud, on VIXi arvutamise aluseks S&P komponentide optsioonid.
- S&P500 muut on mudeli järgi mõjutatud nii iseenda eelmise poole tunni taguse väärtuse muutust kui ka tunni taguse enda väärtuse muutust. Selle põhjal võib öelda, et kui aktsiaturg on hakkanud langema eelmise tunni jooksul, siis on sel mõju ka hinnale pool tundi hiljem.
- Samuti näitab mudel, et viimase poole tunni WTI indeksi muut mõjutab S&P500 muutu ehk naftahinna muudul on mudeli järgi statistiline mõju aktsiaturu hinna muudule. Viimaks

mõjutab S&P500 taset viimase poole tunni VIX tase ehk viimase poole tunni volatiilsus mõjutab S&P500.

Edasisteks uuringuteks on autor välja pakkunud põhjalikumalt uurida, miks ei esine 2000-2001. aasta VAR mudeli järgi ühegi muutuja vahel seost, kuigi tegelikkuses võiks olla S&P500 ja VIX'i vahel otsene seos, kuna VIX on seotud S&P optioonidega. Lisaks võiks uurida kõiki perioode kõrgsageduslike andmete põhjal. Samuti oleks huvitav teada, kas leidub sarnaseid seoseid muutujate vahel aktsiaturu kiire kasvu perioodidel. Ühtlasi võiks uurida juurpõhjuseid, miks esines kõrgsageduslike andmete põhjal koostatud VAR mudeli jääkliikmetel heteroskedastiivsus. Samuti võiks proovida kasutada teisi mudeleid ning võrrelda antud uurimistöö tulemustega.



## KOKKUVÕTE

Taastuenergiate populaarsuse tõusul ei ole veel fossiilsetekütuste tarbimine oma tähtsust kaotanud. Endiselt kasutatakse toornaftat suurel hulgal energiasektoris ja ka paljudes teistes majandussektorites. Nafta hind mõjutab paljude kaupade ja teenuste hinda ning sellepärast on selle tooraine hind väga oluline. Nafta hinna ulatusliku mõju tõttu on konkreetses töös analüüsitud nafta hinna ja Ameerika Ühendriikides oleva S&P500 indeksi ning volatiilsusindeksi vahelisi seoseid. 2020. aasta tuletas kõigile jälle meelde, et majandus ei liigu ainult ülespoole, vaid toimuvad ka aeg ajalt langusperioodid või isegi suurema ulatuslikud majanduslangused. Sellepärast on keskendunud antud töö uurimaks naftahinna ja aktsiaturgude vahelisi seoseid hindade languse ajastul kasutades VAR mudelit, kuna varasemaid uuringuid ei ole töö autorile teadaolevalt teostatud. Täpsemalt keskenduti 2000-2001. aasta languse, 2007-2009. aasta ja 2020. aasta langusele, millest esimese kahe perioodi andmed olid päevase sagedusega ning värkseima perioodi oma poole tunnise sagedusega.

Töö tulemusena selgus, et 2000-2001. aasta languse perioodil ei esinenud VAR mudeli järgi ühtegi seost kolme vaadeldava muutuja vahel olenemata sellest, et algandmete analüüsimisel selgus, et naftahinna ja aktsiaturu vahel esineb korrelatsioon 0,8. Tulemus oli selle poolest väga huvitav, et volatiilsusindeksi ja S&P500 indeksi vahel ei esinenud seost, kuigi tegu on otseselt omavahel seoses olevate indeksitega. Teise vaadeldava perioodi tulemuseks esines mõningate indeksite vahel seoseid. Sellest perioodist selgus, et VIX indeks võib olla sõltuvuses iseenda eelmise päeva väärtuse muutust. Samuti selgus, et S&P500 indeks on sõltuvuses kolme päeva tagusest naftahinna väärtuse muutusest. Vaadeldes 2020. aasta kõrgsageduslikke andmeid olid nende algandmete vahelised korrelatsioonid kõige tugevamad. Samuti leidis VAR mudeli alusel ka võimalike indeksite vahelisi seoseid. Näiteks VIX indeks võib olla mõjutatud eelmise poole tunni S&P500 indeksi muutust, mis on ka loogiline, kuna VIX mõõdab S&P500 volatiilsust. Samuti näitab mudel, et viimase poole tunni WTI muut mõjutab S&P500 muutust ehk naftahinna muudul on mudeli järgi statistiline mõju aktsiaturu hinna muudule. Viimaks mõjutab S&P500 taset viimase poole tunni VIX taseme muut ehk viimase poole tunni volatiilsus mõjutab S&P500.

Edasisteks uuringuteks on autor välja pakkunud analüüsida, miks puuduvad seosed VIX ja S&P500 indeksi vahel 2000-2001. aasta VAR mudeli põhjal, kuigi tegelikkuses võiks olla S&P500 ja VIX'i vahel otsene seos, kuna VIX on seotud S&P optioonidega. Samuti oleks huvitav teada, kas aktsiaturu kiirel kasvu perioodil esineb sarnaseid seoseid. Lisaks võiks uurida rohkem kõrgsageduslikke andmeid, kuna seoseid muutujate vahel esines nende andmetega antud uurimistöo põhjal kõige rohkem. Veel võiks analüüsida seoseid teiste mudelite põhjal ning võrrelda tehtud uuringutega.

## **SUMMARY**

### **THE CORRELATION BETWEEN OIL PRICES AND STOCK MARKET IN AN ERA OF PRICE DECLINE**

Jakob Kiisk

Consumption of fossil fuels has not yet lost its importance by the rise of the popularity of renewable energy. Oil is still used largely in many economic sectors such as the energy sector and transport sector. The price of oil affects the price of many goods and services, and that is why the price of this commodity is very important. Due to the massive impact the price of oil has around the globe, the author decided to investigate the correlation between USA stock market index Standard and Poor's 500 (S&P500), Volatility Index (VIX) and West Texas Intermediate (WTI). As the beginning of 2020 reminded all of us, the economy is not only moving upwards, but also occasionally there are periods of decline or even larger scale economic downturns known as recessions. That is why this work has focused on exploring the links between oil prices and stock markets in an era of price decline using vector autoregression (VAR) model, since there have been no such research done before to the knowledge of the author. More specifically, the focus was on the fall of 2000-2001, 2007-2009 and at the beginning of 2020. The first two periods were taken with daily frequency and the last periods data was taken with 30 minute intervals.

According to the first falls VAR model, there was no link between the three variables, despite the analysis of the baseline data showing that there was a correlation between the oil price and the stock market of 0,8. This result was very interesting because S&P500 and VIX are directly linked, because VIX shows the volatility of S&P500. The second period resulted in a relationship between some of the indexes. According to the second VAR model, the VIX index is affected by the previous day's change of its own value. It was also noted that the S&P500 index is affected by the change of the previous three-day oil price. 2020 baseline data had the biggest correlations between indexes. Var model which was constructed of the high-frequency data for the 2020 period revealed a lot more connections between the variables. For example, the VIX index was affected from the

previous half an hour change of S&P500, which is logical, because VIX measures S&P500's volatility. For the WTI index, it can be said to have been affected by the change of the value of the S&P500 for the previous half-hour and also VIX previous half-hour change.

For further studies, the author has proposed to analyse why there are no connections between the VIX and S&P500 index based on the 2000-2001 period VAR model, although in reality there could be a direct link between S&P500 and VIX, since VIX is linked to S&P500 options. It would also be interesting to know whether there are similar links during stock markets rapid growth period. Also, more high-frequency data could be investigated, as the links between the variables were the most apparent from the research given. A further analysis could be carried out based on other methods and a comparison with the findings of this paper.

## KASUTATUD ALLIKATE LOETELU

- Amadeo, K. (2020). *The S&P 500 and How It Works*. Kättesaadav: <https://www.thebalance.com/what-is-the-sandp-500-3305888>, 14.05.2020
- Augustyn, A. (2020). *Y2K Bug*. Kättesaadav: <https://www.britannica.com/technology/Y2K-bug>, 14.05.2020
- Benchmark Oils*. (2015) Petroleum.co.uk. Kättesaadav: <http://www.petroleum.co.uk/benchmarks>, 14.05.2020
- Berk, I., Aydogan, B. (2012). *Crude Oil Price Shocks and Stock Returns: Evidence from Turkish Stock Market under Global Liquidity Conditions*. EWI Working paper No 12/15, Institute of Energy Economics at the University of Cologne.
- Bureau of Economic Analysis. (2020). Table 1.1.1. *Percent Change From Preceding Period in Real Gross Domestic Product*. [Online] Kättesaadav: <https://apps.bea.gov/iTable/iTable.cfm?reqid=19&step=3&isuri=1&1921=survey&1903=1#reqid=19&step=3&isuri=1&1921=survey&1903=1>, 14.05.2020
- Chappelow, J. (2020). *The Great Recession*. Kättesaadav: <https://www.investopedia.com/terms/g/great-recession.asp>, 14.05.2020
- Chappelow, J. (2020). *What is a Recession?* Kättesaadav: <https://www.investopedia.com/terms/r/recession.asp>, 14.05.2020
- Chen, J. (2018). *Brent Blend*. Kättesaadav: <https://www.investopedia.com/terms/b/brentblend.asp>, 14.05.2020
- Chen, J. (2020). *West Texas Intermediate (WTI)*. Kättesaadav: <https://www.investopedia.com/terms/w/wti.asp>, 14.05.2020
- Corbett, M. (2013). *Oil Shock of 1973–74*. Kättesaadav: [https://www.federalreservehistory.org/essays/oil\\_shock\\_of\\_1973\\_74](https://www.federalreservehistory.org/essays/oil_shock_of_1973_74), 14.05.2020
- Cowen, T. (2012). *Business Cycles Explained: Real Business Cycle Theory*. Kättesaadav: <https://www.learnliberty.org/videos/business-cycles-explained-real-business-cycle-theory/>, 14.05.2020
- Current US Inflation Rates: 2009-2020*. (2020) US Inflation Calculator. Kättesaadav: <https://www.usinflationcalculator.com/inflation/current-inflation-rates/>, 14.05.2020
- Danilov, T. (2003). Välisarengute ülekandumine ja majandustsüklite sünkroonsus Eesti ja Euroopa Liidu vahel. Eesti Panga (toim), *Eesti Panga Toimetised*, Tallinn: Eesti Pank.

- Deeper Revenue Hit from COVID-19*. (2020) The International Air Transport Association. Kättesaadav: <https://www.iata.org/en/pressroom/pr/2020-03-24-01/>, 24.03.2020
- Diaz, E. M., Molero, J. C., Gracia, F. P. (2016, veebruar). Oil price volatility and stock returns in the G7 economies. *Energy Economics*, 417-430.
- Duignan, B. (2019). Great Recession. In *Encyclopedia Britannica*. Kättesaadav: <https://www.britannica.com/topic/great-recession>, 14.05.2020
- EIA (2020). Spot Price [Online] Kättesaadav: [https://www.eia.gov/dnav/pet/pet\\_pri\\_spt\\_s1\\_d.htm](https://www.eia.gov/dnav/pet/pet_pri_spt_s1_d.htm), 14.05.2020
- Eikoni andmebaas
- ECDPC. (2020). *COVID-19 situation update worldwide, as of 17 April 2020*. Kättesaadav: <https://www.ecdc.europa.eu/en/geographical-distribution-2019-ncov-cases>, 17.04.2020
- Ferguson Jr, R. W. (2002). *Implications of 9/11 for the Financial Services Sector*. Kättesaadav: <https://www.federalreserve.gov/boarddocs/speeches/2002/20020509/default.htm>, 14.05.2020
- FRED. (2020). Crude Oil Prices: West Texas Intermediate (WTI) - Cushing, Oklahoma. EIA [Online]. Kättesaadav: <https://fred.stlouisfed.org/series/DCOILWTICO>, 14.05.2020
- Ganti, A. (2020). *Dow Jones Industrial Average (DJIA)*. Kättesaadav: <https://www.investopedia.com/terms/d/djia.asp>, 14.05.2020
- Grant, M. (2019). *Brent Crude vs. West Texas Intermediate: The Differences*. Kättesaadav: <https://www.investopedia.com/ask/answers/052615/what-difference-between-brent-crude-and-west-texas-intermediate.asp>, 14.05.2020
- Great Recession*. (2019). History.com. Kättesaadav: <https://www.history.com/topics/21st-century/recession>, 14.05.2020
- Hamilton, J. D. (1983). Oil and the Macroeconomy since World War II. *Journal of Political Economy*, Chicago: The University of Chicago Press.
- Hammami, A., Bouri, A. (2018). The Oil Price Shocks and their Effect on the Stock Market Returns: A Structural VAR Model. *Journal of Economics and Economic Education Research* Kättesaadav: <https://www.abacademies.org/articles/the-oil-price-shocks-and-their-effect-on-the-stock-market-returns-a-structural-var-model-7615.html>, 15.04.2020
- Historical Inflation Rates: 1914-2020*. (2020) US Inflation Calculator. Kättesaadav: <https://www.usinflationcalculator.com/inflation/historical-inflation-rates/>
- International Air Transport Association. (2020). *Interactive Coronavirus (COVID-19) Travel Regulations Map*. Kättesaadav: <https://www.iatatravelcentre.com/international-travel-document-news/1580226297.htm>, 15.04.2020

- Investeeringisõpik*. AS LHV Pank. (2020). Kättesaadav: <https://fp.lhv.ee/academy/investmentguide?locale=et&bookId=354>, 14.05.2020
- Jones, C. M., Kaul, G. (1996). Oil and the Stock Markets. *The Journal of Finance*, 463-491.
- Kang, W., Ratti, R. A., Yoon, K. H. (2015). The impact of oil price shocks on the stock market return and volatility relationship. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 41-54.
- Karakas, M. (2019). An analysis of dependence between oil price and stock market with Copula-Garch approach: An empirical analysis from Istanbul stock exchange. *Thermal Science*, 33-46.
- Kilian, L., Zhou, X. (2018). Oil Prices, Exchange Rates and Interest Rates. *CESifo Working Paper Series 7484*, CESifo Group Munich
- Kuepper, J. (2020). *CBOE Volatility Index (VIX) Definition* Kättesaadav: <https://www.investopedia.com/terms/v/vix.asp>, 14.05.2020
- Lee, K., Ni, S. (2002). On the dynamic effects of oil price shocks: a study using industry level data. *Monetary Economics*, 823-852.
- Lioudis, N. (2020). *What Causes Oil Prices to Fluctuate?* Kättesaadav: <https://www.investopedia.com/ask/answers/012715/what-causes-oil-prices-fluctuate.asp>, 14.05.2020
- Liu, L., Ma, F., & Wang, Y. (2015, detsember). Forecasting excess stock returns with crude oil market data. *Energy Economics*, 316-324.
- Loudenback, T. (2019). *Warren Buffett thinks index funds are the best way for everyday investors to grow their money — here's how you can start.* Kättesaadav: <https://www.businessinsider.com/personal-finance/warren-buffett-recommends-index-funds-for-most-investors>, 14.05.2020
- Mohammad, E., Khalid, K. (2017. november). Oil price changes and stock market returns:cointegration evidence from emerging market. *Economic Change and Restructuring vol. 51(4)*, 317-337
- Naser, H., Alaali, F. (2018. detsember). Can oil prices help predict US stock market returns?Evidence using a dynamic model averaging (DMA)approach. *Empirical Economics vol. 55(4)*, 1757-1777
- O'Brien, M. (2020). *As tension in Middle East rises, so does price of oil.* Kättesaadav: <https://www.ctvnews.ca/business/as-tension-in-middle-east-rises-so-does-price-of-oil-1.4754396>, 14.05.2020
- Oil Extraction*. Canadian Association of Petroleum Producers. (2019). Kättesaadav: <https://www.capp.ca/oil/extraction/>, 14.05.2020
- Oil Price Charts*. (2020). Oil Price. Kättesaadav: <https://oilprice.com/oil-price-charts/46>, 14.05.2020

OPEC aastaaruanne 2008

Paas, T. (1995). *Sissejuhatus ökonomeetriasse*. Tartu: Tartu Ülikooli kirjastus, 100-105

Papapetrou, E. (2001, september). Oil price shocks, stock market, economic activity and employment in Greece. *Energy Economics*, 511-532.

Sadrosky, P. (1999. oktoober). Oil price shocks and stock market activity. *Energy Economics*, 449-469.

Sajjadur, R., Apostolos, S. (2019. märts). Oil Prices and the Stock Markets: Evidence from High Frequency Data. Forthcoming in: *The Energy Journal*

Sanders, R. (1999). *UC Berkeley computer scientists attack Y2K bug with new program to find millennium glitches in C applications*. Kättesaadav: <https://www.berkeley.edu/news/media/releases/99legacy/8-2-1999.html>, 14.05.2020

Sauga, A. (2020). *Akaike informatsioonikriteerium*. Kättesaadav: <https://www.sauga.pri.ee/gretl/popup/aic.html>, 14.05.2020

Sauga, A. (2020). *Schwarzi informatsioonikriteerium*. Kättesaadav: <https://www.sauga.pri.ee/gretl/popup/bic.html>, 14.05.2020

Schwarz, G. (1978). Estimating the Dimension of a Model. *Annals of Statistics*, 461-464

Sheppard, D., Hume, N. (2020). *Oil storage to max out in months as coronavirus crushes demand*. Kättesaadav: <https://www.ft.com/content/546f14dc-6847-11ea-800d-da70cff6e4d3>, 14.05.2020

*Sizzlers and Fizzlers* (2020) S&P Dow Jones Indices LLC. Kättesaadav: <https://us.spindices.com/indexology/djia-and-sp-500/sizzlers-and-fizzlers>, 14.05.2020

Standish, R., Johnson, K. (2020). *No End in Sight to the Oil Price War Between Russia and Saudi Arabia*. Kättesaadav: <https://foreignpolicy.com/2020/03/14/oil-price-war-russia-saudi-arabia-no-end-production/>, 14.05.2020

*The Brent Story*. (2020) Royal Dutch Shell. Kättesaadav: <https://www.shell.co.uk/sustainability/decommissioning/brent-field-decommissioning/the-brent-story.html>, 14.05.2020

Turitto, V. (2018). *The Oil Arbitrage: Brent vs WTI*. Kättesaadav: <https://medium.com/hypervolatility/the-oil-arbitrage-brent-vs-wti-4a051968f981>, 14.05.2020

U.S Bureau of Labor Statistics. (2012). Unemployment. BLS [Online]. Kättesaadav: [https://www.bls.gov/spotlight/2012/recession/data\\_cps\\_unemp\\_1948.htm](https://www.bls.gov/spotlight/2012/recession/data_cps_unemp_1948.htm), 14.05.2020, 14.05.2020

*US Business Cycle Expansions and Contractions*. (2020) The National Bureau of Economic Research. Kättesaadav: The National Bureau of Economic Research: <http://wwwdev.nber.org/cycles/cyclesmain.html>, 14.05.2020



- US Business Cycle Expansions and Contractions* (2010). NBER. Kättesaadav: <https://www.nber.org/cycles.html>, 14.05.2020
- Urquhart, M., Hewson, M. (1983. veebruar). Unemployment continued to rise in 1982 as recession deepened. *Monthly Labor Review*, 4-7.
- Waheed, R., Wei, C., Sarwar, S., & Lv, Y. (2018. september). Impact of oil prices on firm stock return: industry-wise analysis. *Empirical Economics*, 1-16
- Wollscheid, C. (2012). *Rise and Burst of the Dotcom Bubble: Causes, Characteristics, Examples*. München: GRIN.
- Vredenburg, H., Marchant, T. (2016). *Alberta and oil prices: How Middle East geopolitics and religion affect our future*. Kättesaadav: <https://www.cbc.ca/news/canada/calgary/oil-global-opek-markets-1.3504298>, 14.05.2020
- Yahoo Finance. (2020). *S&P 500 (^GSPC)*. Kättesaadav: <https://finance.yahoo.com/quote/%5EGSPC/chart?p=%5EGSPC>, 14.05.2020
- Yahoo Finance. (2020). *Dow Jones Industrial Average (^DJI)*. Kättesaadav: <https://finance.yahoo.com/quote/%5EDJI/chart?p=%5EDJI>, 14.05.2020

## LISAD

### Lisa 1. Korrelatsioon analüüs 2000-2001. aasta algandmetele

	<i>WTI</i>	<i>SP</i>	<i>VIX</i>
WTI	1		
SP	0,797	1	
VIX	-0,296	-0,591	1

Allikas: autori arvutused

## Lisa 2. 2000-2001. aasta algandmete kirjeldav statistika

Summary Statistics, using the observations 2000-09-01 - 2001-12-31

Variable	Mean	Median	Minimum	Maximum
WTI	27,608	27,880	17,500	37,220
SP	1242,3	1234,5	965,80	1520,8
VIX	25,526	24,690	17,530	43,740
Variable	Std. Dev.	C.V.	Skewness	Ex. kurtosis
WTI	4,4187	0,16005	-0,26374	-0,25392
SP	117,93	0,094933	0,16805	-0,71672
VIX	4,5440	0,17801	0,98985	1,2024
Variable	5% Perc.	95% Perc.	IQ range	Missing obs.
WTI	19,307	34,918	3,9100	0
SP	1066,8	1440,7	190,17	0
VIX	19,698	34,082	6,1200	0

Allikas: autori arvutused

### Lisa 3. Korrelatsioon analüüs 2007-2009. aasta algandmetele

	<i>WTI</i>	<i>SP</i>	<i>VIX</i>
WTI	1		
SP	0,417	1	
VIX	-0,406	-0,888	1

Allikas: autori arvutused

#### Lisa 4. 2007-2009. aasta algandmete kirjeldav statistika

Summary Statistics, using the observations 2007-10-11 - 2009-03-09

Variable	Mean	Median	Minimum	Maximum
WTI	90,990	95,465	30,280	145,31
SP	1211,2	1297,3	676,53	1561,8
VIX	32,769	25,530	16,300	80,860
Variable	Std. Dev.	C.V.	Skewness	Ex. kurtosis
WTI	31,031	0,34104	-0,40431	-0,89770
SP	242,81	0,20048	-0,63856	-1,0337
VIX	15,250	0,46538	1,1656	0,25236
Variable	5% Perc.	95% Perc.	IQ range	Missing obs.
WTI	37,743	136,00	49,105	0
SP	803,92	1507,6	459,46	0
VIX	18,578	66,347	22,307	0

Allikas: autori arvutused

## Lisa 5. Korrelatsioon analüüs 2020. aasta algandmetele

	<i>SP</i>	<i>WTI</i>	<i>VIX</i>
SP	1		
WTI	0,975	1	
VIX	-0,968	-0,946	1

Allikas: autori arvutused

## Lisa 6. 2020. aasta algandmete kirjeldav statistika

Summary Statistics, using the observations 1 - 367

Variable	Mean	Median	Minimum	Maximum
SP	2883,4	2954,8	2208,9	3391,5
WTI	40,020	44,970	19,840	54,300
VIX	45,242	44,515	14,380	84,560
Variable	Std. Dev.	C.V.	Skewness	Ex. kurtosis
SP	347,62	0,12056	-0,22520	-1,1766
WTI	10,823	0,27045	-0,32526	-1,3894
VIX	21,071	0,46573	0,13923	-1,2412
Variable	5% Perc.	95% Perc.	IQ range	Missing obs.
SP	2326,4	3380,0	612,81	0
WTI	22,492	53,442	18,770	0
VIX	14,660	77,986	37,350	0

Allikas: autori arvutused

## Lisa 7. „VAR lag selection“ test 2000-2001. aasta perioodi kohta

VAR system, maximum lag order 10

The asterisks below indicate the best (that is, minimized) values of the respective information criteria, AIC = Akaike criterion, BIC = Schwarz Bayesian criterion and HQC = Hannan-Quinn criterion.

lags	loglik	p(LR)	AIC	BIC	HQC
1	2256,20822		-13,939182*	-13,798515*	-13,883023*
2	2264,74885	0,04746	-13,936328	-13,690162	-13,838051
3	2267,68606	0,75242	-13,898671	-13,547005	-13,758275
4	2274,55979	0,13160	-13,885465	-13,428298	-13,702949
5	2288,03910	0,00142	-13,913286	-13,350620	-13,688652
6	2292,19692	0,50268	-13,883211	-13,215045	-13,616458
7	2297,34467	0,32710	-13,859284	-13,085618	-13,550412
8	2302,14572	0,38365	-13,833203	-12,954037	-13,482212
9	2304,76747	0,81259	-13,793587	-12,808921	-13,400477
10	2311,24318	0,16482	-13,777908	-12,687742	-13,342679

Allikas: autori arvutused



## Lisa 8. VAR mudel 2000-2001. aasta perioodi kohta

VAR system, lag order 1  
 OLS estimates, observations 2000-09-06-2001-12-31 (T = 331)  
 Log-likelihood = 2320,9401  
 Determinant of covariance matrix = 1,6297273e-010  
 AIC = -13,9513  
 BIC = -13,8135  
 HQC = -13,8963  
 Portmanteau test: LB(48) = 505,49, df = 423 [0,0035]

### Equation 1: d\_1\_WTI

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-ratio</i>	<i>p-value</i>
const	-0,00147831	0,00167469	-0,8827	0,3780
d_1_WTI_1	0,0194085	0,0552376	0,3514	0,7255
d_1_SP_1	0,109463	0,211283	0,5181	0,6047
d_1_VIX_1	-0,00925047	0,0520633	-0,1777	0,8591
Mean dependent var	-0,001602	S.D. dependent var		0,030236
Sum squared resid	0,300364	S.E. of regression		0,030307
R-squared	0,004419	Adjusted R-squared		-0,004715
F(3, 327)	0,483816	P-value(F)		0,693754
rho	-0,003877	Durbin-Watson		2,002449

#### F-tests of zero restrictions:

All lags of d\_1\_WTI F(1, 327) = 0,12346 [0,7255]  
 All lags of d\_1\_SP F(1, 327) = 0,26842 [0,6047]  
 All lags of d\_1\_VIX F(1, 327) = 0,031569 [0,8591]

### Equation 2: d\_1\_SP

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-ratio</i>	<i>p-value</i>
const	-0,00081953	0,000755522	-1,085	0,2788
	7			
d_1_WTI_1	-0,00759052	0,0249199	-0,3046	0,7609
d_1_SP_1	0,0162265	0,0953184	0,1702	0,8649
d_1_VIX_1	-0,00088211	0,0234879	-0,03756	0,9701
	8			
Mean dependent var	-0,000822	S.D. dependent var		0,013615
Sum squared resid	0,061132	S.E. of regression		0,013673
R-squared	0,000663	Adjusted R-squared		-0,008506
F(3, 327)	0,072264	P-value(F)		0,974791
rho	0,001645	Durbin-Watson		1,993609

#### F-tests of zero restrictions:

All lags of d\_1\_WTI F(1, 327) = 0,092779 [0,7609]  
 All lags of d\_1\_SP F(1, 327) = 0,02898 [0,8649]  
 All lags of d\_1\_VIX F(1, 327) = 0,0014105 [0,9701]

## Equation 3: d\_1\_VIX

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-ratio</i>	<i>p-value</i>
const	0,000456080	0,00303685	0,1502	0,8807
d_1_WTI_1	0,164613	0,100167	1,643	0,1013
d_1_SP_1	-0,517569	0,383136	-1,351	0,1777
d_1_VIX_1	-0,133223	0,0944104	-1,411	0,1592

Mean dependent var	0,000553	S.D. dependent var	0,055126
Sum squared resid	0,987699	S.E. of regression	0,054959
R-squared	0,015077	Adjusted R-squared	0,006041
F(3, 327)	1,668589	P-value(F)	0,173606
rho	0,004612	Durbin-Watson	1,975054

## F-tests of zero restrictions:

All lags of d_1_WTI	F(1, 327) = 2,7007 [0,1013]
All lags of d_1_SP	F(1, 327) = 1,8249 [0,1777]
All lags of d_1_VIX	F(1, 327) = 1,9912 [0,1592]

Allikas: autori arvutused

## Lisa 9. Autokorrelatsiooni test 2000-2001. aasta perioodi kohta

Test for autocorrelation of order up to 5

	Rao F	Approx dist.	p-value
lag 1	1,530	F(9, 783)	0,1331
lag 2	1,140	F(18, 902)	0,3073
lag 3	1,251	F(27, 923)	0,1775
lag 4	1,240	F(36, 925)	0,1593
lag 5	1,691	F(45, 921)	0,0034

Allikas: autori arvutused

## Lisa 10. ARCH test 2000-2001. aasta perioodi kohta

Test for ARCH of order up to 5

	LM	df	p-value
lag 1	71,193	36	0,0004
lag 2	93,780	72	0,0434
lag 3	130,024	108	0,0733
lag 4	185,149	144	0,0118
lag 5	308,796	180	0,0000

Allikas: autori arvutused

## Lisa 11. Doornik-Hanseni test 2000-2001. aasta perioodi kohta

Residual correlation matrix, C (3 x 3)

1,0000	-0,014780	-0,016656
-0,014780	1,0000	-0,82050
-0,016656	-0,82050	1,0000

Eigenvalues of C

0,178897
1,0006
1,8205

Doornik-Hansen test

Chi-square(6) = 109,362 [0,0000]

Allikas: autori arvutused

## Lisa 12. Johanseni kointegratsiooni test 2000-2001. aasta perioodi kohta

Johansen test:

Number of equations = 3

Lag order = 1

Estimation period: 2000-09-05 - 2001-12-31 (T = 332)

Case 3: Unrestricted constant

Log-likelihood = 3273 (including constant term: 2330,83)

Rank	Eigenvalue	Trace test	p-value	Lmax test	p-value
0	0,042512	26,929	[0,1058]	14,423	[0,3448]
1	0,031706	12,506	[0,1350]	10,697	[0,1727]
2	0,0054354	1,8095	[0,1786]	1,8095	[0,1786]

Corrected for sample size (df = 328)

Rank	Trace test	p-value
0	26,929	[0,1067]
1	12,506	[0,1367]
2	1,8095	[0,1800]

eigenvalue	0,042512	0,031706	0,0054354
------------	----------	----------	-----------

beta (cointegrating vectors)

l_WTI	-2,0899	9,4753	-1,2398
l_SP	2,5505	-17,244	-10,980
l_VIX	-5,5100	-4,1852	-3,4941

alpha (adjustment vectors)

l_WTI	0,0036089	-0,0042954	0,00033983
l_SP	-0,0019461	-0,00088911	0,00061877
l_VIX	0,0092070	0,0057989	-0,00024204

renormalized beta

l_WTI	1,0000	-0,54947	0,35482
l_SP	-1,2204	1,0000	3,1424
l_VIX	2,6365	0,24270	1,0000

renormalized alpha

l_WTI	-0,0075424	0,074071	-0,0011874
l_SP	0,0040671	0,015332	-0,0021620
l_VIX	-0,019242	-0,099998	0,00084571

long-run matrix (alpha \* beta')

	l_WTI	l_SP	l_VIX
l_WTI	-0,048664	0,079545	-0,0030957
l_SP	-0,0051246	0,0035748	0,012282
l_VIX	0,036004	-0,073858	-0,074155

Allikas: autori arvutused

### Lisa 13. „VAR Lag selection“ 2007-2009. aasta perioodi kohta

VAR system, maximum lag order 10

The asterisks below indicate the best (that is, minimized) values of the respective information criteria, AIC = Akaike criterion, BIC = Schwarz Bayesian criterion and HQC = Hannan-Quinn criterion.

lags	loglik	p(LR)	AIC	BIC	HQC
1	2027,54656		-11,752458	-11,618193*	-11,698976*
2	2036,03724	0,04901	-11,749488	-11,514525	-11,655895
3	2048,94658	0,00219	-11,772283*	-11,436622	-11,638579
4	2055,10127	0,19642	-11,755693	-11,319333	-11,581877
5	2065,97399	0,00972	-11,766612	-11,229554	-11,552686
6	2068,27521	0,86750	-11,727552	-11,089795	-11,473514
7	2075,14889	0,13160	-11,715154	-10,976698	-11,421005
8	2089,52346	0,00071	-11,746492	-10,907339	-11,412232
9	2096,84101	0,10146	-11,736682	-10,796830	-11,362311
10	2105,12297	0,05600	-11,732495	-10,691945	-11,318013

Allikas: autori arvutused

**Lisa 14. VAR mudel 2007-2009. aasta perioodi kohta**

VAR system, lag order 3  
 OLS estimates, observations 2007-10-17-2009-03-09 (T = 350)  
 Log-likelihood = 2092,2217  
 Determinant of covariance matrix = 1,2892778e-009  
 AIC = -11,7841  
 BIC = -11,4534  
 HQC = -11,6525  
 Portmanteau test: LB(48) = 509,218, df = 405 [0,0003]

Equation 1: d\_1\_WTI

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-ratio</i>	<i>p-value</i>	
const	-0,00126546	0,00213960	-0,5914	0,5546	
d_1_WTI_1	-0,00377461	0,0559047	-0,06752	0,9462	
d_1_WTI_2	-0,0120394	0,0561288	-0,2145	0,8303	
d_1_WTI_3	0,187189	0,0550160	3,402	0,0007	***
d_1_SP_1	0,360279	0,160981	2,238	0,0259	**
d_1_SP_2	-0,239220	0,161742	-1,479	0,1401	
d_1_SP_3	0,0305364	0,161932	0,1886	0,8505	
d_1_VIX_1	0,0425809	0,0480430	0,8863	0,3761	
d_1_VIX_2	-0,0267624	0,0486263	-0,5504	0,5824	
d_1_VIX_3	0,0349414	0,0478459	0,7303	0,4657	
Mean dependent var	-0,001778	S.D. dependent var		0,039862	
Sum squared resid	0,512114	S.E. of regression		0,038810	
R-squared	0,076510	Adjusted R-squared		0,052064	
F(9, 340)	3,129830	P-value(F)		0,001229	
rho	0,011290	Durbin-Watson		1,977136	

F-tests of zero restrictions:

All lags of d_1_WTI	F(3, 340) = 3,8742 [0,0095]
All lags of d_1_SP	F(3, 340) = 2,8287 [0,0385]
All lags of d_1_VIX	F(3, 340) = 0,67052 [0,5706]
All vars, lag 3	F(3, 340) = 4,151 [0,0066]

Equation 2: d\_1\_SP

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-ratio</i>	<i>p-value</i>	
const	-0,00258627	0,00128111	-2,019	0,0443	**
d_1_WTI_1	-0,0447804	0,0334735	-1,338	0,1819	
d_1_WTI_2	-0,0448582	0,0336076	-1,335	0,1828	
d_1_WTI_3	0,0838714	0,0329413	2,546	0,0113	**
d_1_SP_1	-0,0394405	0,0963889	-0,4092	0,6827	
d_1_SP_2	-0,0641909	0,0968445	-0,6628	0,5079	
d_1_SP_3	0,117160	0,0969583	1,208	0,2277	
d_1_VIX_1	0,0413745	0,0287662	1,438	0,1513	
d_1_VIX_2	0,0226398	0,0291155	0,7776	0,4374	
d_1_VIX_3	0,0215400	0,0286482	0,7519	0,4526	



Mean dependent var	-0,002347	S.D. dependent var	0,024152
Sum squared resid	0,183599	S.E. of regression	0,023238
R-squared	0,098169	Adjusted R-squared	0,074297
F(9, 340)	4,112321	P-value(F)	0,000049
rho	0,002781	Durbin-Watson	1,992447

F-tests of zero restrictions:

All lags of d_1_WTI	F(3, 340) = 3,3447 [0,0194]
All lags of d_1_SP	F(3, 340) = 0,78092 [0,5053]
All lags of d_1_VIX	F(3, 340) = 0,89287 [0,4450]
All vars, lag 3	F(3, 340) = 3,3827 [0,0184]

### Equation 3: d\_1\_VIX

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-ratio</i>	<i>p-value</i>	
const	0,00303820	0,00425621	0,7138	0,4758	
d_1_WTI_1	0,187064	0,111208	1,682	0,0935	*
d_1_WTI_2	0,0518570	0,111654	0,4644	0,6426	
d_1_WTI_3	-0,124866	0,109440	-1,141	0,2547	
d_1_SP_1	-0,251394	0,320232	-0,7850	0,4330	
d_1_SP_2	-0,0625106	0,321745	-0,1943	0,8461	
d_1_SP_3	-0,168445	0,322123	-0,5229	0,6014	
d_1_VIX_1	-0,288881	0,0955694	-3,023	0,0027	***
d_1_VIX_2	-0,124893	0,0967298	-1,291	0,1975	
d_1_VIX_3	-0,0687454	0,0951774	-0,7223	0,4706	

Mean dependent var	0,002597	S.D. dependent var	0,079351
Sum squared resid	2,026490	S.E. of regression	0,077203
R-squared	0,077832	Adjusted R-squared	0,053422
F(9, 340)	3,188507	P-value(F)	0,001018
rho	-0,000272	Durbin-Watson	1,998273

F-tests of zero restrictions:

All lags of d_1_WTI	F(3, 340) = 1,444 [0,2298]
All lags of d_1_SP	F(3, 340) = 0,27449 [0,8438]
All lags of d_1_VIX	F(3, 340) = 3,2877 [0,0209]
All vars, lag 3	F(3, 340) = 0,65197 [0,5822]

For the system as a whole

Null hypothesis: the longest lag is 2

Alternative hypothesis: the longest lag is 3

Likelihood ratio test: Chi-square(9) = 26,2429 [0,0019]

Allikas: autori arvutused

## Lisa 15. Autokorrelatsiooni test 2007-2009. aasta perioodi kohta

Test for autocorrelation of order up to 5

	Rao F	Approx dist.	p-value
lag 1	1,404	F(9, 815)	0,1819
lag 2	1,843	F(18, 939)	0,0173
lag 3	1,359	F(27, 961)	0,1053
lag 4	1,352	F(36, 963)	0,0823
lag 5	1,381	F(45, 960)	0,0510

Allikas: autori arvutused

## Lisa 16. ARCH test 2007-2009. aasta perioodi kohta

Test for ARCH of order up to 5

	LM	df	p-value
lag 1	96,373	36	0,0000
lag 2	209,428	72	0,0000
lag 3	254,468	108	0,0000
lag 4	331,416	144	0,0000
lag 5	433,992	180	0,0000

Allikas: autori arvutused

## Lisa 17. Doornik-Hanseni test 2007-2009. aasta perioodi kohta

Residual correlation matrix, C (3 x 3)

1,0000	0,28195	-0,22554
0,28195	1,0000	-0,82751
-0,22554	-0,82751	1,0000

Eigenvalues of C

0,170378  
0,868069  
1,96155

Doornik-Hansen test

Chi-square(6) = 203,324 [0,0000]

Allikas: autori arvutused

## Lisa 18. Johanseni kointegratsiooni test 2007-2009. aasta perioodi kohta

Johansen test:

Number of equations = 3

Lag order = 3

Estimation period: 2007-10-16 - 2009-03-09 (T = 351)

Case 3: Unrestricted constant

Log-likelihood = 3093,99 (including constant term: 2097,9)

Rank	Eigenvalue	Trace test	p-value	Lmax test	p-value
0	0,043980	23,605	[0,2248]	15,787	[0,2473]
1	0,021410	7,8183	[0,4922]	7,5966	[0,4300]
2	0,00063155	0,22174	[0,6377]	0,22174	[0,6377]

Corrected for sample size (df = 341)

Rank	Trace test	p-value
0	23,605	[0,2261]
1	7,8183	[0,4948]
2	0,22174	[0,6393]

eigenvalue	0,043980	0,021410	0,00063155
------------	----------	----------	------------

beta (cointegrating vectors)

l_WTI	2,1513	3,1130	-2,7270
l_SP	0,49038	0,83435	12,283
l_VIX	4,0138	1,4386	3,6924

alpha (adjustment vectors)

l_WTI	-0,0067398	-0,0027565	0,00028161
l_SP	-0,00073007	0,00071475	0,00056347
l_VIX	-0,0032314	0,0029672	-0,0018058

renormalized beta

l_WTI	1,0000	3,7311	-0,73856
l_SP	0,22795	1,0000	3,3265
l_VIX	1,8658	1,7243	1,0000

renormalized alpha

l_WTI	-0,014499	-0,0022999	0,0010398
l_SP	-0,0015706	0,00059635	0,0020806
l_VIX	-0,0069517	0,0024757	-0,0066677

long-run matrix (alpha \* beta')

	l_WTI	l_SP	l_VIX
l_WTI	-0,023848	-0,0021460	-0,029978
l_SP	-0,00088217	0,0071592	0,00017846
l_VIX	0,0072099	-0,021289	-0,015369

Allikas: autori arvutused

## Lisa 19. „VAR lag selection“ 2020. aasta andmete kohta

VAR system, maximum lag order 5

The asterisks below indicate the best (that is, minimized) values of the respective information criteria, AIC = Akaike criterion, BIC = Schwarz Bayesian criterion and HQC = Hannan-Quinn criterion.

lags	loglik	p(LR)	AIC	BIC	HQC
1	2784,87786		-15,362204	-15,232934*	-15,310809*
2	2798,17823	0,00163	-15,386029*	-15,159806	-15,296088
3	2803,73944	0,26741	-15,366978	-15,043802	-15,238490
4	2808,19973	0,44464	-15,341827	-14,921699	-15,174793
5	2817,57083	0,02748	-15,343883	-14,826802	-15,138303

Allikas: autori arvutused

## Lisa 20. VAR mudel 2020. aasta perioodi kohta

VAR system, lag order 2  
 OLS estimates, observations 4-367 (T = 364)  
 Log-likelihood = 2825,2908  
 Determinant of covariance matrix = 3,6372537e-011  
 AIC = -15,4082  
 BIC = -15,1834  
 HQC = -15,3188  
 Portmanteau test: LB(48) = 436,762, df = 414 [0,2118]

### Equation 1: d\_1\_SP

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-ratio</i>	<i>p-value</i>	
const	-0,00118593	0,000596323	-1,989	0,0475	**
d_1_SP_1	-0,308350	0,0758817	-4,064	<0,0001	***
d_1_SP_2	-0,200290	0,0772109	-2,594	0,0099	***
d_1_WTI_1	0,0671906	0,0330109	2,035	0,0425	**
d_1_WTI_2	-0,00097019	0,0331878	-0,02923	0,9767	
	0				
d_1_VIX_1	-0,0834755	0,0191194	-4,366	<0,0001	***
d_1_VIX_2	-0,0153411	0,0196205	-0,7819	0,4348	

Mean dependent var	-0,001158	S.D. dependent var	0,011716
Sum squared resid	0,045089	S.E. of regression	0,011238
R-squared	0,095128	Adjusted R-squared	0,079920
F(6, 357)	6,255182	P-value(F)	2,90e-06
rho	-0,025463	Durbin-Watson	2,048932

#### F-tests of zero restrictions:

All lags of d_1_SP	F(2, 357) = 10,729 [0,0000]
All lags of d_1_WTI	F(2, 357) = 2,0742 [0,1272]
All lags of d_1_VIX	F(2, 357) = 10,158 [0,0001]
All vars, lag 2	F(3, 357) = 3,6462 [0,0129]

### Equation 2: d\_1\_WTI

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-ratio</i>	<i>p-value</i>	
const	-0,00232353	0,00113063	-2,055	0,0406	**
d_1_SP_1	-0,417876	0,143872	-2,905	0,0039	***
d_1_SP_2	-0,173959	0,146392	-1,188	0,2355	
d_1_WTI_1	0,0535730	0,0625885	0,8560	0,3926	
d_1_WTI_2	0,0734828	0,0629240	1,168	0,2437	
d_1_VIX_1	-0,120553	0,0362503	-3,326	0,0010	***
d_1_VIX_2	0,0549857	0,0372004	1,478	0,1403	

Mean dependent var	-0,002194	S.D. dependent var	0,021768
Sum squared resid	0,162088	S.E. of regression	0,021308
R-squared	0,057619	Adjusted R-squared	0,041780
F(6, 357)	3,637927	P-value(F)	0,001617
rho	-0,016391	Durbin-Watson	2,032327

F-tests of zero restrictions:

All lags of d_1_SP	F(2, 357) = 4,6421 [0,0102]
All lags of d_1_WTI	F(2, 357) = 1,0266 [0,3593]
All lags of d_1_VIX	F(2, 357) = 6,2826 [0,0021]
All vars, lag 2	F(3, 357) = 3,1521 [0,0250]

### Equation 3: d\_1\_VIX

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-ratio</i>	<i>p-value</i>	
const	0,00414051	0,00220732	1,876	0,0615	*
d_1_SP_1	0,923742	0,280880	3,289	0,0011	***
d_1_SP_2	0,209589	0,285800	0,7333	0,4638	
d_1_WTI_1	-0,216095	0,122191	-1,768	0,0778	*
d_1_WTI_2	-0,00092403	0,122846	-0,007522	0,9940	
	1				
d_1_VIX_1	0,306098	0,0707713	4,325	<0,0001	***
d_1_VIX_2	-0,122716	0,0726261	-1,690	0,0920	*

Mean dependent var	0,004070	S.D. dependent var	0,043131
Sum squared resid	0,617791	S.E. of regression	0,041599
R-squared	0,085128	Adjusted R-squared	0,069752
F(6, 357)	5,536445	P-value(F)	0,000017
rho	-0,016731	Durbin-Watson	2,031658

F-tests of zero restrictions:

All lags of d_1_SP	F(2, 357) = 5,4994 [0,0044]
All lags of d_1_WTI	F(2, 357) = 1,5643 [0,2107]
All lags of d_1_VIX	F(2, 357) = 10,282 [0,0000]
All vars, lag 2	F(3, 357) = 3,5663 [0,0144]

For the system as a whole

Null hypothesis: the longest lag is 1

Alternative hypothesis: the longest lag is 2

Likelihood ratio test: Chi-square(9) = 26,7677 [0,0015]

Allikas: autori arvutused



## Lisa 21. Autokorrelatsiooni test 2020. aasta perioodi kohta

Test for autocorrelation of order up to 1

	Rao F	Approx dist.	p-value
lag 1	1,202	F(9, 856)	0,2901

Allikas: autori arvutused

## Lisa 22. ARCH test 2020. aasta perioodi kohta

Test for ARCH of order up to 1

	LM	df	p-value
lag 1	47,838	36	0,0897

Allikas: autori arvutused

## Lisa 23. Doornik-Hanseni test 2020. aasta perioodi kohta

Residual correlation matrix, C (3 x 3)

1,0000	0,53867	-0,66888
0,53867	1,0000	-0,42148
-0,66888	-0,42148	1,0000

Eigenvalues of C

0,311448  
0,596197  
2,09236

Doornik-Hansen test

Chi-square(6) = 1657,58 [0,0000]

Allikas: autori arvutused

## Lisa 24. Lihtlitsents

### **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks<sup>1</sup>**

Mina Jakob Kiisk (*autori nimi*)

1. annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Nafta hinna ja väärtpaberiturgude omavaheline mõju aktsiahindade languse ajastul“,  
(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja on Indrek Kaldoja (MBA),  
(*juhendaja nimi*)

- 1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh TalTechi raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
- 1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks TalTechi veebikeskkonna kaudu, sealhulgas TalTechi raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

---

<sup>1</sup>*Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.*