

VILNIAUS UNIVERSITETAS
EKONOMIKOS IR VERSLO ADMINISTRAVIMO FAKULTETAS

EKONOMINĖS ANALIZĖS PROGRAMA

Justė Vaišnytė
MAGISTRO BAIGIAMASIS DARBAS

**ES APYVARTINIŲ TARŠOS
LEIDIMŲ KAINOS ANALIZĖ IR
PRIKLAUSOMYBĖ NUO ĮVAIRIŲ
KINTAMŲJŲ**

**EU ALLOWANCES PRICE
ANALYSIS AND DEPENDENCY ON
VARIOUS VARIABLES**

Magistrantas _____
(parašas)

Darbo vadovas _____
(parašas)

Darbo vadovas Lekt. Šarūnas Eirošius

Darbo įteikimo data:

Registracijos Nr.

Vilnius, 2021

TURINYS

ĮVADAS.....	3
1. APYVARTINIŲ TARŠOS LEIDIMŲ TEORINIS KONTEKSTAS.....	6
1.1. Apyvartinių taršos leidimų prekybos sistemos esminiai aspektai ir reikšmė.....	6
1.2. Apyvartinių taršos leidimų raida.....	11
1.3. Taršos leidimų prekybos modeliai	15
2. APYVARTINIŲ TARŠOS LEIDIMŲ TYRIMŲ APŽVALGA.....	19
2.1. Mokslinių ES ATL tyrimų analizė.....	19
2.2. ES ATL prekybos sistemos rinkoje disponuojamų kiekių analizė.....	24
3. TYRIMO METODAI	27
3.1. Regresinė analizė	28
3.2. EkspONENTINIS GLODINIMAS	31
3.3. Vektorinės autoregresijos modelis	32
3.4. Autoregresinis integruotas slenkamojo vidurkio modelis.....	33
3.5. Apibendrintas autoregresinis sąlyginio heteroskedastiškumo modelis.....	34
4. TIRIAMOJI DALIS	36
4.1. ES ATL regresinė analizė ir ekspONENTINIS GLODINIMAS	39
4.2. Vektorinės autoregresijos modeliai.....	45
4.3. Apibendrintas autoregresinis sąlyginio heteroskedastiškumo modelis.....	49
4.4. Autoregresinis integruotas slenkamojo vidurkio modelis.....	52
4.5. Apskaičiuotų modelių rezultatų analizė	53
IŠVADOS	57
LITERATŪROS ŠALTINIAI.....	59

IVADAS

Žmonijos veiklos daroma įtaka klimato kaitai yra nenuneigiama. Augmenijos ir gyvūnijos pasaulių nykimas, oro užterštumas, vandenynų vandens lygių kilimas sudaro neigiamų padarinių visumą, kurių žmonija galėjo išvengti vystant tvarią pramonės ir energetikos plėtrą. Daugumos padarinių rezultatų jau niekadus nebus galima atstatyti, tačiau mokslininkai nuolat ieško būdų, padėsiančių sumažinti šių padarinių žalą ateityje ir sulėtinti nebegrįžtamus procesus. Stiprų poveikį klimato atšilimui teikia pramonės sektoriuje naudojamos gamybos priemonės ir jų sukeliamas šalutinis poveikis, sąlygojantis didelius kiekius į atmosferą išmetamų CO₂ ir kitų šiltnamio efektą sukeliančių dujų. Aplinkosaugos institucijos siekia apriboti ir valdyti valstybių viduje vykdomus procesus, įvairiais veiksmais mažinti žmogaus atliekamą taršą.

Klimato kaitos konferencijos vykdomos nuo 1979 metų. Jų metu kalbama apie globalius klimato problemas, daugiausia globalų atšilimą, galimus klimato kaitos tyrimus ir prognozavimus. Nuo pirmosios konferencijos pasirašyti keturi esminiai dokumentai, apibrėžiantys valstybių iššūkius bei galimus problemos sprendimo būdus, kovojant su didėjančiais taršos kiekiais, globaliniu atšilimu. Pirmiausia 1985 metais pasirašyta Vienos konvencija dėl ozono sluoksnio apsaugos (EUR-Lex, 1988), o 1987m. - Monrealio protokolas dėl ozono sluoksnį ardančių medžiagų (EUR-Lex, 1988). Tačiau klimato kaitos bene svarbiausia sutartis, iš esmės papildanti ankstesnes, pasirašyta pasaulio vadovų 1997m. gruodžio 11 d. - Kioto susitarimas. Jo metu šalys (iš pradžių dokumentą pasirašė 84 valstybės, šiuo metu - 192) įsipareigojo, mažinti CO₂ emisiją. Taip buvo nuspręsta, kad iki 2012m. (vėliau iki 2020m.) turės būti sumažinta CO₂ dujų emisija iki 20 procentų (Europos Bendrija, 2002). Tai yra ambicingas tikslas, nes žmonija suvartoja vis daugiau ir daugiau elektros energijos, todėl reikalingas didėjantis elektros energijos kiekis. Sumažinimas emisijos 20 procentų, reiškia, jog realus sumažinimo kiekis turi būti daug didesnis, atitinkamai ir efektyvinimas daug didesnis. Šiuo metu vykdomas ir klimato taršos padarinius ribojantis – Paryžiaus susitarimas, pasirašytas 2016m. Konferencijos metu patvirtintas rezultatas, kurio veiksmų planu siekiama užtikrinti, kad visuotinis atšilimas būtų mažesnis, nei nustatyta 2°C riba, t.y. neviršytų 1,5°C. 2020m. pranešimo spaudai metu patvirtinta, jog atnaujintas ir patobulintas tikslas yra iki 2030 m. sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį bent 55 proc., nuo 1990m kiekio (Europos Vadovų Taryba, 2020). Taršos, išmetamų dujų apmokestinimas šiuo metu yra optimaliausias būdas mažinti emisijų kiekį.

Laikoma, kad didieji CO₂ emisijos šaltiniai yra energetika bei pramonė. Vienas didžiausių CO₂ šaltinių energetikoje yra elektrinės, naudojančios anglį, kaip kurą. Tokio tipo elektrinės be

CO₂ išmeta į aplinką ir kitus toksinus, sukeliančius klimato kaitą bei kenkiančius žmonių sveikatai. Šalis, kurioje tokio tipo elektrinės yra vyraujančios yra Kinija. Nuo 2010 m. Kinijoje pradėtos plėtoti atsinaujinančių šaltinių elektrinės labai dideliais mastais. Pramonės ekonomikoje laikoma, kad technologija yra nekonkurencinga iki to laiko, kai ją pradeda masiškai gaminti rytų Azijos įmonės. Šis Kinijos atsinaujinančių išteklių plėtojimas turėjo ir tebeturi ženklią įtaką technologijos pigimui. Tvarioms energetikos kryptims pingant „taršios“ elektrinės turės savaime būti išstumtos iš rinkos, tai turės esminės įtakos energetikos rinkai ir ATL sistemai. Esminiai taršos problemos sprendimai: gaminti energiją „švariau“ ir mažinti energijos vartojimą, simbolizuoja, Kioto protokolo sudarymo metu priimtus aspektus. Taip kilo idėja, sukurti sistemą, jog įprastos elektrinės rinkoje taptų mažiau patrauklios, nei atsinaujinančios. Pagrindinis faktorius leidžiantis įgyvendinti tokį planą yra – CO₂ emisijos apmokestinimas.

Tyrimo objektas – apyvartinių taršos leidimų prekybos sistemos ilgalaikis vertinimas.

Darbo tikslas – atlikti Europos Sąjungos apyvartinių taršos leidimų kainos kitimo analizę ir nustatyti kainą lemiančius kintamuosius. Sukurti skaitinį modelį, gebantį prognozuoti ES ATL kainas, atsižvelgiant į retrospektyvinę ATL kainos kitimo dinamiką, identifikuojant ATL kainos kitimą lemiančius kintamuosius.

Tiksliui pasiekti iškelti svarbiausi uždaviniai:

1. Atlikti ATL sistemos pasaulinės raidos analizę;
2. Apžvelgti ir įvertinti ATL prekybos sistemos modelius;
3. Išskirti pagrindinius ATL kainą lemiančius kintamuosius;
4. Sudaryti skaitinį modelį gebantį prognozuoti ATL kainas;
5. Atlikti išsamią ATL kainos analizę;
6. Remiantis sudaryto skaitinio modelio prognozėmis ir jų ekonometrinėmis analizėmis identifikuoti galimas ATL perspektyvas.

Tyrimo metodai – sisteminė ir lyginamoji teorinės bei praktinės literatūros šaltinių analizė. Europos Sąjungos prekybos apyvartiniais taršos leidimais sistemos vertinimas atliktas, naudojantis koncepciniais vertinimo modeliais. Taip pat buvo atlikta statistinių duomenų analizė. Ilgalaikės perspektyvos susistemintos ir vertinamos, pasitelkiant programinę įrangą (RStudio programą).

Darbo struktūra: įvadas, teorinė dalis, metodologija, tiriamoji dalis, išvados ir pasiūlymai. Darbą sudaro keturios esminės dalys.

Pirmoje darbo dalyje atlikta teorinė klimato kaitos bei apyvartinių taršos leidimų apžvalga, aprašyta klimato kaitos daroma įtaka ir reikšmė, apžvelgta kaip ATL prekybos sistema skatina mažinti taršos apimtį. Išanalizuota, kaip šiltnamio efektą sukeliančios dujos lemia klimato

pakitimus, kaip šie procesai skatina prekybos sistemos kūrimą bei raidą. Aprašyti prekybos apyvartiniais taršos leidimais modeliai bei metodai. Išskirti pagrindiniai apyvartinių taršos leidimų prekybos sistemos aspektai.

Antroje dalyje, išanalizuota, kaip atliekamas klimato kaitos politikos įgyvendinimas ir valdymas, kaip mokslininkai skirsto apyvartinių taršos leidimų sistemą. Išskirtos institucijos, atsakingos už tarptautinių įsipareigojimų vykdymą. Išanalizuota apyvartinių taršos leidimų prekybos sistema tarptautiniu mastu. Išskirtos pagrindinės problemos, išylančios apibendrinant ATL prekybos rezultatus bei gautų lėšų panaudojimo aplinkosauginiais tikslais efektyvumą. Taip pat išanalizuota ES ATL kiekių paskirstymo struktūra, kokiais principais skirstomi leidimų kiekiai ES narėms. Identifikuota politinių aspektų problematika, trukdanti atlikti išsamią ES ATL kiekių analizę.

Trečioje darbo dalyje pateiktas Europos Sąjungos prekybos apyvartiniais taršos leidimais sistemos vertinimo aprašymas, išskirti, vertinimui pasirinkti kriterijai, bei įvardinti pagrindiniai vertinimo aspektai. Apibrėžti būdai, prekybos sistemos analizei atlikti. Statistinių rodiklių analizės būdai. Įvardintas istorinių duomenų vertinimo principas. Nagrinėjami duomenys palyginti su ekspertų išsakytomis nuomonėmis, pateikti pagrindiniai vertinimo rezultatai. Apžvelgiami bei įvertinami efektyviausi būdai, siekiant įvertinti ATL sistemą.

Ketvirtoje dalyje, nagrinėti duomenys lyginat juos su ekspertų išsakytomis nuomonėmis, atliktais moksliniais tyrimais, pateikti pagrindiniai vertinimo rezultatai. Pritaikyti ankstesnėse dalyse identifikuoti, kaip efektyviausi būdai, siekiant įvertinti ATL sistemą. Tiriamojoje dalyje analizuotos ES ALT kainos tendencijos, pasitelkus statistinius modelius suprognuozuotos ateities vertės. Iširtos, kainą lemiančių kintamųjų dinamikos, identifikuota, kas lemia didžiausią įtaką ES ATL kainų pokyčiams. Įvertinti tinkamiausi ekonometriniai modeliai.

1. APYVARTINIŲ TARŠOS LEIDIMŲ TEORINIS KONTEKSTAS

1.1. Apyvartinių taršos leidimų prekybos sistemos esminiai aspektai ir reikšmė

Nuo pramonės revoliucijos sistemingai didėja vidutinė pasaulio temperatūra. Atitinkamai augant pramonės sektoriui, didėja ir aplinkos užterštumas. Todėl Europos Sąjunga ėmė ieškoti, taršą keliančių dujų išmetimo į atmosferą, mažinimo būdų. Taip patvirtinta ir pradėta vykdyti apyvartinių taršos leidimų prekybos sistema (ES ATLPS, angl. k. EU emissions trading system). EU ATL prekybos sistemą su tokiais principais, kokie yra būdingi ir dabartiniame modelyje, pirmieji pasiūlė Crocker (1966) ir Dales (1968). Šie mokslininkai siekė sukurti modelį, kurio dėka taršos kontrolės našta taptų paskirstyta tarp taršos šaltinių. Taip kilo idėja pritaikyti leidimus, kurie gali būti disponuojami rinkoje. Taršos mažinimo sistemos principo sukūrimas leido praktiškai pritaikyti siekį, sumažinti šiltnamio efektą. Esminiams modelio principams pasiteisinus sumažintas ne tik taršos lygis, bet ir rezultatai pasiekti mažiausių kaštų dėka.

Kioto (angl. Kyoto Protocol) - Jungtinių Tautų Bendrosios klimato kaitos konvencijos - protokolas, kuriuo siekiama kovoti su globaliniu atšilimu. 1997 m. Kiote vykusioje Jungtinių Tautų konferencijoje pasiektas pradinis, tarpvyriausybinių susitarimas. Jo metu buvo nuspręsta penkerių metų intervale (2008 – 2012m.) išsivysčiusiose šalyse sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių 6 pagrindinių dujų išmetimą mažiausiai 5 procentais, lyginant su 1990 m. išmetamu kiekiu. Lietuva išmetamųjų į atmosferą ŠESD kiekį įsipareigojo sumažinti 8 proc., palyginti su Kioto protokole nurodytu 1990 m. išmestu šių dujų kiekiu (Lietuvos Respublikos aplinkos ministerijos Aplinkos projektų valdymo agentūra, 2018). Kioto protokolas - vienas iš pagrindinių dokumentų, apibrėžiančių kovą su klimato kaita. Šio susitarimo priešininkai, neigdami šiltnamio efekto žalą, nesutinka su jo prielaidomis, nepritaria siūlomoms priemonėms, nes jos gali būti neadekvačios ir brangesnės už gaunamą naudą. Šiuo metu protokolas pratęstas iki 2020m. Susitarimo metu numatyti pagrindiniai būdai mechanizmai, veikiantys „anglies rinkoje“ ir siekiantys teigiamų aplinkosauginių rezultatų. Kaip pažymėta Lietuvos aplinkos apsaugos investicijų fondo internetiniame tinklapyje (2007) Kioto protokole numatyti trys mechanizmai, kuriais remiantis šalys, prisiėmusios Kioto protokolo reikalavimus, turi vykdyti įsipareigojimus, t.y. mažinti CO₂ išmetimus į atmosferą. Šalių įsipareigojimai gali būti vykdomi šiais būdais: bendro įgyvendinimo projektais, emisijų prekyba, švarios plėtros mechanizmu.

Apyvartinių taršos leidimų prekybos sistema suteikia galimybę įmonėms investuojančioms į atsinaujinančių energijos šaltinių panaudojimą, kitaip tariant efektyvesnę energijos vartojimą, disponuoti turimais leidimais. Pajamos iš parduodamo ATL pertekliaus suteikia galimybę

greičiau atsipirkti investicijoms. Tiesa, EU ATLPS taikoma ne visoms ūkio veiklos sritims, dėl kurių į atmosferą išskiriamos šiltnamio efektą sukeliančios dujos (ŠESD). ATL prekybos sistema taikoma kurą deginantiesiems įrenginiams, kurių įrengtasis galingumas viršija 20 MW (megavatų), pvz. elektrinės, naftos perdirbimo, gamybos sektorių įrenginiai. Nuo 2012 m. į apyvartinių taršos leidimų sistemą įtraukta aviacija, chemijos pramonės gamybos įrenginiai. Nuo 2013 m. įtrauktos dėl pramoninių procesų išmetamos N₂O dujos. Tokia prekyba yra siekiama kovoti su klimato kaita mažinant į atmosferą išmetamų ŠESD kiekį. Verta paminėti, jog į klimato kaitos mažinimą, naudojantis taršos leidimų prekybos sistema, yra įsitraukusios visos 28 Europos sąjungos narės, taip pat ir Islandija, Norvegija kartu su Lichtenšteinu.

Apyvartiniai taršos leidimai pagal sukurta modelį leidžia sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetamą kiekį pasinaudojant ekonominiais rinkos dėsniais. Pasitelkiant šį modelį siekiama, jog į atmosferą išmetamų kenksmingų dujų kiekis didėtų dvigubai lėčiau, negu auga gamyba ir paslaugos. Tiesa, 2014 m. pab. ES vadovai susitarė dėl tolimesnės taršos mažinimo strategijos. 2014 m. Europos Vadovų Taryba susitarė dėl ES 2030 m. ATL prekybos sistemos tikslų (Europos Vadovų Taryba, 2014):

- Iki 2030 m. bent 40 % sumažinti išmetamą šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį (palyginti su 1990 m.);
- Iki 2030 m. suvartojamos energijos dalį, kurią sudaro atsinaujinančioji energija, padidinti bent iki 27 %;
- Iki 2030 m. energijos vartojimo efektyvumą padidinti bent 27 %;
- Paremti energijos vidaus rinkos kūrimo užbaigimą, skubiai, ne vėliau kaip iki 2020 m., pasiekiant esamą elektros energijos tinklų tarpusavio jungčių 10 % tikslą, ypač Baltijos šalių ir Iberijos pusiasalio atveju, ir iki 2030 m. pasiekiant 15 % tikslą.

Pagrindinis išvardintų tikslų siekis – iki 2030 m. ES viduje išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį sumažinti ne mažiau kaip 40 proc., palyginti su 1990 m. Viena iš reikalavimų pabrėžiama, jog išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis turėtų būti mažinamas pastoviu tempu (Lietuvos Respublikos aplinkos ministerijos Aplinkos projektų valdymo agentūra, 2018). Savo ruožtu mažiau turtingos valstybės narės, kurioms gali būti sunku įgyvendinti 2030 m. tikslus, nuo 2032 m. galės pasinaudoti saugos rezervu, kurį sudarys 105 mln. CO₂ ekvivalento tonų. Be to, reglamentas numato lankstumo priemones, skirtas padėti valstybėms narėms pasiekti savo metines ribas. 2021–2030 m. laikotarpiu jos galės rezervuoti ir skolintis iš valstybių narių, taip pat perleisti tarpusavyje metines išmetamo dujų kiekio kvotas iš vieno metų į kitus (Europos Vadovų Taryba, 2014).

Nuo 1991 m. išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis ėmė sparčiai mažėti. 2008-2010 m. metinis išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis Lietuvoje sumažėjo ~65 mln. tonų. Tai lėmė įmonių ir vartotojų atsinaujinančios energetikos šaltinių (elektros) pritaikymas kasdieniniame gyvenime. Kadangi taršą mažinantys mechanizmai ilgainiui atsiperka, todėl ilguoju laikotarpiu efektyviau yra keisti įprastus būdus, CO₂ emisiją mažinančiais. Tokių žymų poveikį teikė ir taršos apmokestinimas. Europos komisija yra apibrėžusi planą, jog įmonėms ir valstybėms skiriamų nemokamų ATL kiekis mažės ir 2027m., nemokamų ATL nebeliks. Pritaikant sistemą praktikoje, t.y. pradėjus vykdyti prekybą yra nustatomas bendras galimas taršos lygis, kartu su leidimų kiekiais, paskirstomais kiekvienai kompanijai individualiai. Prekybos sistema yra patraukli tuo, jog įmonės gavusios taršos leidimų daugiau, negu išmeta taršos vienetų, galimais leidimais disponuoti (parduoti perteklinius leidimų kiekius bei kompensuoti taršos perviršį, išsigydamos papildomų ATL). Kaip matoma grafike (1pav.), ES ATL kaina nėra stabili. Šiuo metu ATL kaina pasiekė 25 Eur. ES prognozėmis nustatyta, jog ATL kaina turėtų svyruoti apie 30 Eur.



1 paveikslas. Europos Sąjungos ATL prekybos sistemos rinkos kaina (2008-2019 metų laikotarpyje)

Šaltinis: sandbag.org.uk

Remiantis 2003 metais spalio 13 d. priimta Europos Parlamento ir Tarybos direktyvą 2003/87/EB, galima apibrėžti taršos efektus bei nustatyti prekybos šiltnamio efektą sukeliančių

dujų išmetimo apyvartiniais taršos leidimais sistemą (Europos Parlamentas ir Europos Sąjungos Taryba, 2003). Pramonės įmonėms taršos leidimai yra suteikiami atsižvelgiant į kuro naudojimą praeityje bei numatomą gamybos plėtrą ateityje. Taigi, kuo įmonių kuro sąnaudos praeityje buvo didesnės, tuo jos gauna daugiau apyvartinių taršos leidimų (ATL). Tačiau skirstant taršos leidimus energijos generavimo įmonėms, buvo nustatytas apyvartinių taršos leidimų kiekis vienai generuojamos šilumos bei elektros. Taigi, įmonės, naudojančios didesnę dalį taršą mažinančio kuro, jau 2005 metų pradžios turi taršos leidimų perteklių. Tai teikiama galimybė turimą taršos leidimų kiekį parduoti kitoms ES įmonėms. Tai reiškia, jog ATL kiekis neribos energetikos įmonių plėtros, kadangi didėjant generuojamos energijos kiekiui, augs ir gaunamų taršos leidimų kiekis.

Direktyva numato, kad nuo 2005m. sausio 1 d. visi įrenginiai, kurių veikla susijusi su energetikos sektoriumi, geležies ir plieno gamybos ir perdirbimu, kalnakasybos pramone ir medienos plaušienos mase, popieriaus ir kartono pramone, bei spinduliuojantys šiltnamio efektą sukeliančias dujas, privalės turėti leidimą teršti. Dokumente teigiama, jog apyvartiniai taršos leidimai įmonėms yra nemokamai paskirstomi kiekvienos šalies įpareigtos institucijos. Verta paminėti, jog trūkstamą apyvartinių taršos leidimų kiekį įmonės iš esmės gali nusipirkti aukcionuose, biržose bei tiesiogiai iš kitų įmonių, turinčių apyvartinių taršos leidimų perteklių. Pagrindiniai leidimų paskirstymo aspektai yra apžvelgiami Kioto protokole bei ES šalių tarpusavio susitarimuose. Juose įvardijami nustatytų taršos ribų, technologinio mažinimo potencialo bei realaus numatomo šalies ekonomikos vystymosi įvertinimas (Europos Parlamentas ir Europos Sąjungos Taryba, 2003).

Viena didžiausių problemų susijusių su ATL prekyba yra situacija, kai šalyje nustatomas leidimų kiekis yra didesnis, nei paklausa. Tokiu atveju atsiranda nepanaudotų ATL, taip sistemos efektyvumas atitinkamai mažėja, nėra įgyvendinami šiltnamio efektą mažinančių priemonių planai. Todėl pagrindinis siekis yra nustatyti apyvartinių taršos leidimų kainą bendroje Europos rinkoje, kad ji būtų pakankamai aukšta. Atitinkamai įmonėms paskirsčius per mažą taršos leidimų kiekį, jos, augant energijos poreikiams bei gamybai, bus priverstos pirkti apyvartinius taršos leidimus iš kitų šalių įmonių.

Bendro įgyvendinimo (BĮ) mechanizmas - susitarimas, kuriuo remiantis dalyvaujantys subjektai, pvz. įmonės ar šalys, investuoja į vieni kitų įgyvendinamus projektus. Jais siekiama sumažinti CO₂ dujų išmetamą kiekį, konkrečiuose taršos šaltiniuose (Lietuvos Respublikos aplinkos ministerijos Aplinkos projektų valdymo agentūra, 2018). Mechanizmo, kitaip tariant, projekto įgyvendinimo metu, gaunami iš šalies į kurią investuojama, taršos mažinimo vienetai (TMV angl. emission reduction unit (ERU)).

BĮ mechanizmą reglamentuoja Kioto protokolo 6 straipsnis. Tai reiškia, kad viena šalis, kurios pramonės įmonėms CO₂ sumažinimo kaštai yra labai dideli, investavusi į kitoje šalyje įgyvendinamus projektus, už investuotas lėšas gauna atitinkamą kiekį TMV iš kitos šalies, kurios įmonėms CO₂ sumažinimo išlaidos yra žymiai mažesnės. Tokiu būdu laimi tiek šalis investuotoja, sutaupiusi savo vietinių įmonių lėšas, kurios turėtų būti skiriamos gamybos proceso modernizavimui, tiek šalis TMV pardavėja, kurios įmonėms sumažėja naujų projektų įgyvendinimo kaštai. Todėl galima teigti, kad BĮ mechanizmo esmė – vienos šalies lėšų, investuotų į kitoje šalyje įgyvendinamus projektus, transformavimas į TMV (Lietuvos Respublikos aplinkos ministerijos Aplinkos projektų valdymo agentūra, 2018).

Šiltnamio dujų apyvartinių taršos leidimų (ATL) prekyba - dviejų šalių susitarimas, kurio pagrindu vienos šalies subjektai (įmonės) perka iš kitos šalies subjektų (įmonių) apyvartinius taršos leidimus (Lietuvos Respublikos aplinkos ministerijos Aplinkos projektų valdymo agentūra, 2018). Šio mechanizmo esmė yra labai panaši į BĮ mechanizmo esmę. Skirtumas tarp minėtų mechanizmų yra tik tas, kad ATL sistemos prekybos pagrindu viena šalis ne investuoja lėšas į kitoje šalyje vykdomus projektus, o perka iš kitos šalies ATL. ATL prekyba gali būti vykdoma ir tarp vienos šalies įmonių. Mechanizmo įgyvendinimo metu (reglamentuojantis Kioto protokolo straipsnis 17 straipsnis) susidarantys vienetai - apyvartinis taršos leidimas (ATL, angl. EU allowance).

Antroji Europos klimato kaitos programa įdiegta 2005-aisiais metais ir apima visus aukščiau išvardintus sektorius, jų priemones. Tačiau pripažinta, kad „didžiausią įtaką šiltnamio dujų mažinimui ES15 šalių narių turėtų daryti prekybos apyvartiniais taršos leidimais (ATL) sistema, elektros gamyba iš atsinaujinančių šaltinių skatinimas, energijos gamybos atsinaujinačios energetikos jėgainėse skatinimas, energijos taupymo pastatuose didinimas ir energijos efektyvumo didelėse pramonės įmonėse skatinimas bei vartotojų motyvavimas naudoti efektyvesnius prietaisus.“ (Bubnienė ir kt., 2006).

Šiltnamio dujų apyvartinis taršos leidimas (ATL) - leidimas išmesti vieną anglies dioksido ekvivalento toną. Šis vienetas yra naudojamas tik Europos Sąjungos šiltnamio dujų prekybos sistemoje. Remiantis Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2003/87/EC, kurios nuostatos perkeltos į Aplinkos ministro įsakymą Nr. D1-231 „Dėl Šiltnamio dujų apyvartinių taršos leidimų išdavimo ir prekybos jais tvarkos aprašo patvirtinimo“, kiekvienas į šiltnamio dujų prekybos sistemą patenkantis įrenginys, išmetantis šiltnamio dujas, remiantis pateiktais skaičiavimais ir prognozėmis, neatlygintinai gauna naudoti atitinkamą kiekį apyvartinių taršos leidimų. Neišnaudoti ATL gali būti parduoti kitiems šiltnamio dujų prekybos sistemoje dalyvaujantiems įrenginiams arba prekybos sistemoje dalyvaujantiems kitiems subjektams

(tarpininkams ir visiems fiziniams bei juridiniams, suinteresuotiems dalyvauti šiltnamio dujų prekyboje, asmenims) (Europos Parlamentas ir Europos Sąjungos Taryba, 2003).

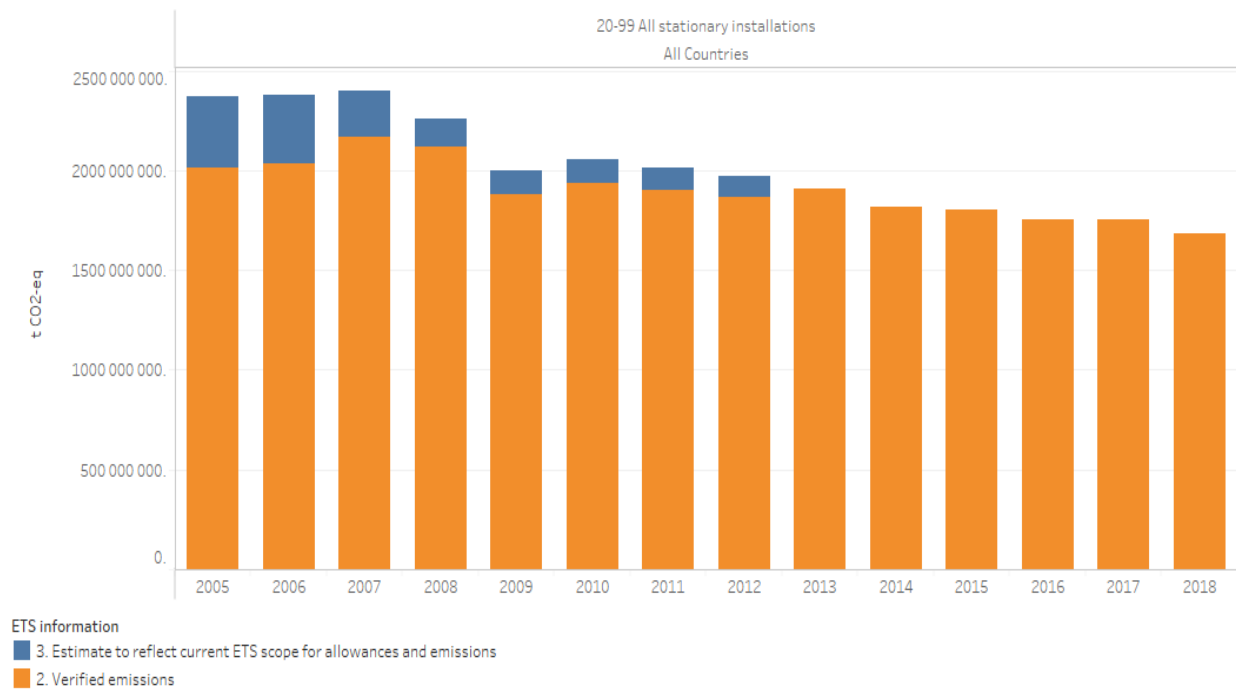
Nustatyti tikslios ATL neįmanoma, nes ją iš esmės lemia ne tik ATL (vienos tonos CO₂) pasiūla ir paklausa rinkoje. Į leidimų kainos dinamikos vystymą įtraukiami ne tik rinkos formuojama situacija: „Europos Komisija neturi jokios nuomonės, kokia turėtų būti ATL kaina ir visiškai nesikiša į ‚anglies‘ (CO₂) leidimų rinką. Atsiradus rinkos iškreipymams, atsiradę bet kokie ir bet kurioje šalyje ginčai būtų sprendžiami remiantis konkurencijos įstatymais.“ Nors Europos Komisija niekaip nereguliuoja ATL kainos, vadovaudamiesi ATL kainų pokyčio schemos analize, galime daryti išvadą, kad ATL kaina tiesiogiai priklauso nuo nustatytų monitoringo ataskaitų pateikimo ir įvertinimo bei išmesto šiltnamio efektą didinančių dujų kiekio deklaravimo laikotarpių.

1.2. Apyvartinių taršos leidimų raida

Galima teigti, jog tarptautinė klimato kaitos politika, pradėta plėtoti ir vystyti 1992 metais. Tuomet Niujorke priimta Jungtinių Tautų Bendroji klimato kaitos konvencija (JTBKKK). Konvencijos esminis tikslas - stabilizuoti šiltnamio efektą sukeliančių dujų koncentraciją. JTBKKK 2 straipsnyje aprašoma, jog planuojama pasiekti atmosferos lygį, kuriame pavojingas antropogeninis poveikis nesutrikdo klimato kaitos sistemos (Lietuvos Respublikos aplinkos ministerijos Aplinkos projektų valdymo agentūra, 2018). Konvencija buvo pasirašyta 1992 metais, Jungtinių Tautų Aplinkos Apsaugos ir plėtros konferencijoje, Rio de Žaneire. Tuo tarpu, likę valstybės kartu su Lietuva, susitarimą priėmė 1995m. vasario 23 d. Klimato kaitos konvencijos deklaracija apibrėžia kiekvienos valstybės įsipareigojimus, mechanizmus, kurių dėka planuojama sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimo kiekį. Iš to 1997m. atitinkamai kilo Kioto protokolo principas. Jo pagrindu išsivysčiusios ir į rinkos ekonomiką pereinančios šalys įsipareigoja, lyginant su 1990 metais, bent 5% sumažinti išmetamąsias šiltnamio efektą sukeliančias dujas per 2008-2012 metų laikotarpį. Kioto protokolo metu Europos Sąjunga (tuo tarpu ir Lietuva), įsipareigojo iki 2008-2012m. Sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas, nustatytu kiekiu kiekvienai valstybei individualiai, lyginant su baziniais 1990 metais.

Europos Sąjungoje ATL prekybos sistema pradėta vykdyti 2005 m. Pagrindinis siekis - paskatinti taupiu ir ekonomiškai efektyviu būdu sumažinti kenksmingų, taršą didinančių dujų išmetamą kiekį. Pastebėta, jog didžiausią poveikį keliančių kompanijų sferos būna susiję su pramonės sektoriais, elektros energijos gamintojais bei oro transportu. Įmonės apyvartinius

taršos leidimus gauna, tačiau neatmetama galimybė pirkti arba parduoti. Leidimų kiekis yra ribotas ir pagal numatytą planą - ateityje bus tik mažinamas. Atitinkamai išmetamas kenksmingų dujų kiekis irgi mažėtų.



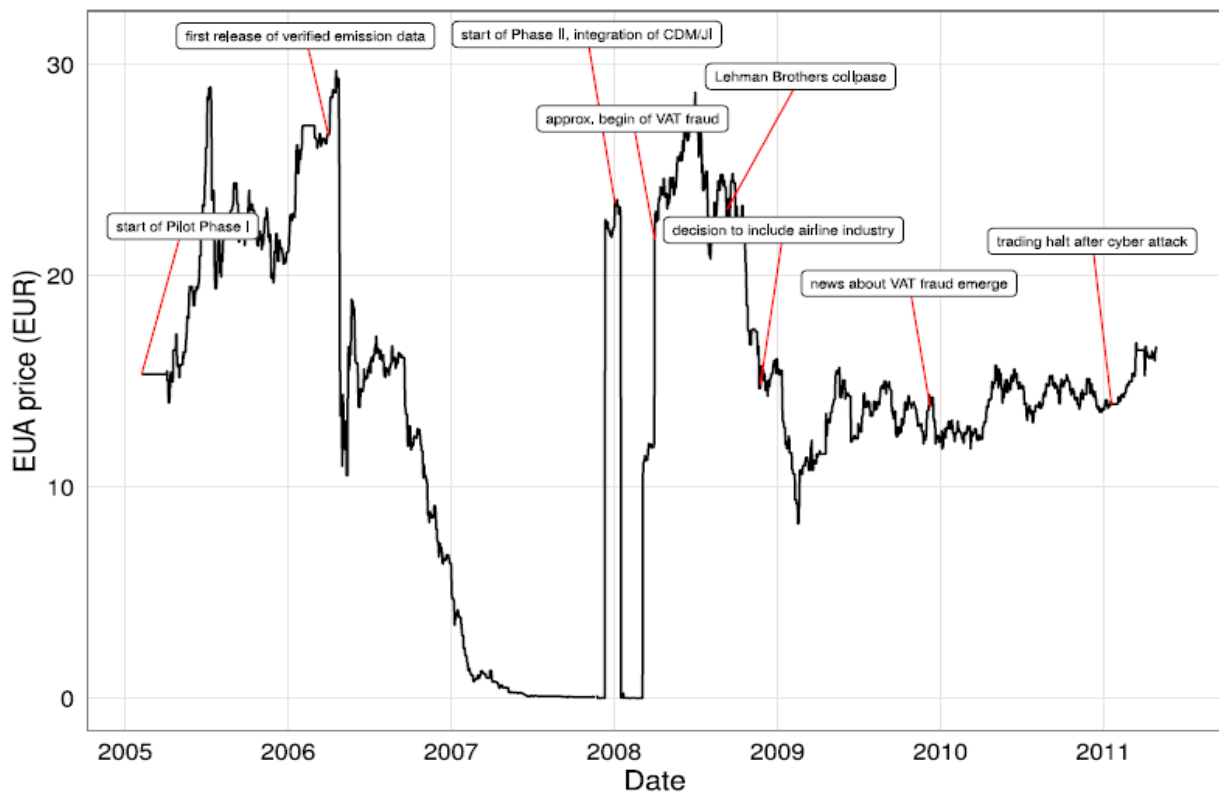
2 paveikslas. Patvirtintų bei numatytųjų išmetamų CO₂ dujų kiekis Europoje tonomis (2005 – 2018 metais)

Šaltinis: www.eea.europa.eu

Ekonomikos nuosmukis po finansinės krizės žymiai padidino akademinį susidomėjimą apžvelgiant ir siekiant įvertinti ekonominių sukrėtimų sąveiką su klimato kaitos reguliaciniais sprendimais. Ypatingas susidomėjimas ir dėmesys skirtas dvejims būdams, padedantiems nustatyti kenksmingų medžiagų apmokestinimo sistemą. Pirmoji išeitis tenka ATL prekybos sistemai bei antroji - anglies mokesčiais (angl. carbon taxes). Krizės laikotarpiu ryškiausi pastebėti verslo ciklą, technologinės pažangos, naujų nuostatų įvedimo pokyčiai. Tokie sukrėtimai gali įtakoti esamų priemonių efektyvumą, kaip ir atispindi Europos Sąjungos išmetamųjų teršalų prekybos sistemoje (angl. EU ETS).

ES ATL prekybos sistemos vertintojai pastebėjo, kad žlugimo tendenciją ir nuolatinį žemą leidimų kainų lygį nuo 2008 m. (3 paveiklas) lėmė dvejį padariniai. Pirmiausia verta paminėti, jog ekonomikos nuosmukis ir atsinaujinančios energijos skatinimo politika lėmė ženklų leidimų paklausos sumažėjimą. Kita esminė problema akcentuojama - sistemoje nėra atsižvelgiama į

ekonominius (šiuo atveju – ekonominę krizę) pokyčius, todėl nėra laiku prisitaikoma prie rinkos būsenos (Kollenberg, Taschini, 2016).



3 paveiklas. Taršos leidimų kainos pokytis, siejamas su istoriniais įvykiais, lėmusiais kainų svyravimą Europoje.

Šaltinis: Karpf ir kt., 2018

Verta atkreipti dėmesį į tai, jog 2008 - 2009 m. laikotarpiu, pastebėtas sumažėjimas išmetamų dujų kiekyje, tuo tarpu ir apyvartinių taršos leidimų paklausoje. Manoma, jog minėtas laikotarpis turėjo ryškų poveikį ATL prekybos sistemai. Vieni pagrindinių veiksnių buvo kritusi anglies dioksido kaina ir sistemoje susidaręs didelis ATL perteklius. Neatmetama galimybė vystytis sistemos neigiamiems aspektams: taikant ES ATLPS nebus suteikiama paskatų ekonomiškai efektyviai mažinti išmetamą dujų kiekį ir skatinti mažo anglies dioksido kiekio technologijų inovacijas.

Siekdami pašalinti ATL pasiūlos disbalansą sistemoje, ES reguliavimo institucijos pasiūlė du pagrindinius trumpo laikotarpio planus. Pagal pirmąjį, vadinamą „atgaliniu krūviu“ (angl. back-loading), buvo sumažintas leidimų skaičius rinkoje. Tai įgyvendinti padėjo trumpalaikiai aukcionai, kiek vėliau sugrąžinus pašalintą leidimų kiekį. Pagal antrąją sistemą - įdiegta rinkos stabilumo rezervo (RSR, angl. Market Stability Reserve) sistema, kad ATL būtų atsparesnis

pasiūlos ir paklausos disbalansui, tai palengvina tinkamą valdymą (Europos Parlamentas ir Taryba, 2015). RSR iš dalies gali būti laikoma, platesne „atgaliniu krūvio“ sistemos versija. Jos metu leidimų paskirstymas - perkeltas į ateitį, tačiau neviršijant iš anksto nustatytos viršutinės ribos. Tačiau, priešingai nei pirmoji sistema, RSR pakoreguoja leidimus aukcionams, reaguodama į nepanaudotų leidimų kiekių pokyčius. Tiesa, verta paminėti, jog RSR apyvartinių taršos leidimų prekyboje, sistemai nesuteiks galimybės pilnai ir efektyviai reaguoti į išorinius rinkos šokus.

Pagrindinis Europos Sąjungos tikslas identifikuotas, kaip siekis bent 40 %, sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimo kiekį iki 2030 m. (palyginti su 1990 m. lygiu). Tai yra vienas iš Europos Vadovų Tarybos sutartų tikslų įgyvendinant 2030 m. klimato ir energetikos politikos strategiją. Kadangi ES ATL prekybos sistema iš esmės yra pagrindinė priemonė minėtam tikslui pasiekti. Rezultatui įvykdyti būtina atlikti atitinkamas reformas, siekiant užtikrinti tinkamą bei efektyvų sistemos veiklos įgyvendinimą (European Commission, 2014).

Dėl anksčiau minėtų trikdžių, stabdančių apyvartinių taršos leidimų sistemos veiklos efektyvumą, nuo 2019m. sausio 1d. įsivyravo šios prekybos sistemos reforma. Pirmojo etapo metu buvo priimtas, jau minėtas, rinkos stabilumo rezervas (RSR). Šio rezervo tikslas – stabilizuoti ir mažinti didelį apyvartinių taršos leidimų kiekio perteklių. Taip pradėtas vykdyti metinio aukcionams skirtų apyvartinių taršos leidimų skaičiaus koregavimas. Toks aspektas pritaikoma tiems ATL, jei jų apyvarta viršija iš anksto nustatytą intervalą. Todėl dar vienas svarbus įgyvendinimo planas yra susijęs su RSR siekiu padaryti sistemą atsparesnę pasiūlos ir paklausos disbalansui. Taip į RSR palaipsniui perkeliama 900 milijonų atidėtų apyvartinių taršos leidimų. Toks sprendimas priimtas vietoje galimybės juos pateikus parduoti aukcione 2019–2020 m. Reformos dėka nepaskirstyti apyvartiniai taršos leidimai 2020 m. perkeliama tiesiogiai į RSR (Europos Parlamentas ir Taryba, 2015).

2015 m. liepos 15 d. Komisija pateikė antrąjį pasiūlymą dėl platesnės ES ATLPS peržiūros. Pasiūlymo tikslas – pirminėms Europos Vadovų Tarybos gairėms suteikti teisės akto galią. Siūlomais pakeitimais buvo siekiama skatinti inovacijas ir mažo anglies dioksido kiekio technologijų naudojimą, taip padedant sudaryti naujų galimybių darbo vietoms kurti ir ekonomikai augti, kartu išlaikant būtinas apsaugos priemones siekiant apsaugoti pramonės konkurencingumą Europoje.

1.3. Taršos leidimų prekybos modeliai

Klimato kaitos problema yra aktuali visame pasaulyje. Vykdamas šio proceso analizę bei būdus, kurie gali padėti mažinti taršos kiekį, mokslininkai siekė sukurti optimaliausią modelį, padedantį valdyti taršos leidimų prekybą. Dažniausiai teorinių modelių pagrindas apžvelgia prielaidą, jog geriausia priemonė taršos kiekio mažinimui yra taršos leidimų prekybos rinka. Tai pagrįsta supratimu, kad sąnaudų mažesnis naudojimas efektyviai mažina ir taršos kiekį. Sukūrus ir rinkoje pritaikius dabartinę taršos leidimų prekybos sistemą, svarbiausia buvo nustatyti ir įvardinti rodiklius, kurie atspindėtų mažėjančią taršos lygį. Verta paminėti, jog netinkamas sistemos įgyvendinimas gali lemti kompanijų pasitraukimą iš šalies. Tam įtakos turi per aukšti reikalavimai, nerealistiški planai, taršos mažinimo klausimu. Pasitraukimas gali įmonėms būti vienintelis būdas, siekiant išvengti ne malonumų su aplinkosauga. Tuomet galima išvengtų nedarbo lygio augimo tendencijas, darbo vietų mažėjimo problemą. ATL sistemos diegimas valstybėje, iš esmės turi įvertinti ne tik taršą keliančių dujų kiekį, bet ir apimti ekonomikos plėtros perspektyvas ir rinkos pasekmes.

Galima išskirti keletą rinkos leidimų formų. Pirmiausia pastebima aplinkos leidimų sistema. Verta atkreipti dėmesį į tai, jog ši leidimo forma pasižymi teršalų ir vietovių kintamumu. Jis kelia išlaidų efektyvumą sistemoje, dėl jautrių, nuolat kintančių vietų sąlygų. Tiesa, sistema sukurta ne konkrečioms taršos kiekių šaltiniams. Tačiau sistemos pagrindinis efektyvaus veikimo principas akcentuoja išmetamų teršalų kiekio poveikį tam tikroje geografinėje teritorijoje. Išskiriamas taršos kiekis, teikiantis didesnę, nei leistina žalą tam tikroje vietovėje, lemia prielaidą, jog žala vis dėlto turi būti kompensuojama prekybos principu. Tai reiškia, jog leidimai turi būti parduodami arba perleidžiami skirtingoje aplinkoje, sukuriant mažesnę taršą negu yra skirta pagal aplinkos leidimų sistemą (Čiegis, 2003).

Mokslinėje literatūroje yra išskiriamas dar vienas leidimų teršti pardavimo rinkoje principas - taršos atsvėrimo sistema. Ji apibūdina tikslią taršos neviršytiną ribą, konkretaus laiko vienetui bei nustatytai teritorijai. Kitaip tariant, prekybą leidžiama vykdyti teritorijoje esančiuose taršos taškuose. Tiesa, už jos ribų - prekyba draudžiama. Taršos atsvėrimo sistemos pagrindinis tikslas - mažiausiais kaštais gauti reikiamą aplinkosauginį rezultatą. Todėl vienas iš privalumų yra tai, kad nėra reikalavimo šaltiniams prekiauti atskirose leidimų rinkose, taip pat nėra reikalaujama nustatyti fiksuotą taškų tinklą. Vykdamas prekybines transakcijas receptoriniai taškai gali nesunkiai būti perkelti. To priežastis – siekis numatyti, susidarančius „karštuosius taškus“, kartu užtikrinant laikymąsi aplinkosaugos standartais. Regiono užterštumo koncentracijos lygis apskaičiuojamas, receptorių pagalbos dėka. Jie stebimi, kaip atskaitos taškas, kartu remiantis

emisijų duomenimis ir regiono dispersiniais modeliais. Taršos atsvėrimo sistema - efektyviausia ir priimtinausia, kuriant emisijų leidimų prekybos rinkoje sistemas (D'Amato ir Valentini, 2011).

Dar viena taršos leidimų rinkos forma, kurią apibrėžia autorius R. Čiegis (2003) – emisijų leidimų sistema. Būtent ši leidimų sistema remiasi bendru, nustatytu teršalų kiekiu tam tikroje teritorijoje, numato licencijų rinką ekologijos srityje, kartu ir konkrečią kainą. Pritaikant tokio tipo sistemą, teritorijos dažniausia yra skirstomos regioniniais vienetais. Tai reiškia, kad taršos šaltiniais, nustatytose ribose, prekiaujama emisijoms lygiu santykiu. Nors emisijų leidimų sistema neužtikrina, kad bus pasirinktas mažiausių kaštų reikalaujantis sprendimas. Tačiau sistemos taikomi mainų būdai tarp taršos šaltinių kai yra mažinamos išlaidos partnerių paieškoms finansuoti, sandėrių aptarnavimo kaštai ir ekologinių licencijų kainų nustatymui ilgalaikės perspektyvos atžvilgiu.

Apyvartinių taršos leidimų prekybos sistemos įvedimas į valstybę, emisijų leidimo sistemos pritaikymas kasdieniniame vartotojų gyvenime turi apžvelgti rinkos situaciją bei galimas pasekmes. Dažniausiai literatūroje analizuojami prekybos sistemos pritaikymo rinkoje modeliai: „gaubto“ (angl. data envelopment analysis (DEA)), „mainų-prekybos“ (angl. cap-and-trade), „kompensavimo“, „taupymo“.

Duomenų apgaubties metodas, kitaip „gaubto“ metodas maksimalaus aplinkosauginio naudingumo siekia kontroliuodamas ne kiekvieną taršos šaltinį atskirai, bet tam tikroje teritorijoje esančius taršos objektus, jų išskiriamą bendrą taršos kiekį. Tokio metodo taikymas suteikia veiksmų laisvę teršėjų įmonėms esančioms vienoje – bendroje teritorijoje, kadangi jos tarpusavyje gali kontroliuoti taršos lygį, jį padidinant viename objekte ir ženkliai sumažinant kitame objekte su atitinkamai mažais kaštais. Svarbiausia yra neviršyti leidžiamo taršos kiekio nustatyto bendrai teritorijai, o jo skirstymas tarp taršos objektų yra lankstus. Tokiu būdu vyksta prekyba taršos leidimais tarp įmonių, norinčių pasiekti bendrai naudingą rezultatą visiems: verslui bei aplinkosaugai (Jalalvand ir kt., 2011).

Kitas apžvelgiamas metodas yra emisijų „mainų-prekybos“. Šis būdas leidžia siekti optimalių rezultatų, mažinant taršos išmetamą kiekį į aplinką. Apyvartiniai taršos leidimai parduodami aukcionų metu ar, kaip anksčiau minėta, valstybės skiriami nustatytais kiekiais, siekiant kontroliuoti į atmosferą išmetamos taršos kiekį, mažinti emisijas. Kadangi yra ATL prekybos sistemai būdingas ribotas leidimų kiekis, įmonės skatinamos prekiauti nepanaudotais leidimais, bendradarbiauti taip rinkoje nustatyti tinkamas kainas. Taip yra siekiama efektyviai sumažinti taršos kiekį, pasitelkus mažiausius kaštus. Leidimai yra pasiskirstomi rinkoje ir per tam tikrą laikotarpį, nustatytą Europos komisijos susitarimų metu, taip siekiama kontroliuoti

emisijas kiekius, išmetamus į atmosferą. Taršos operatoriai nuolatos ieško naujų technologijų, siekia surasti inovatyvius prekių ar paslaugų gamybos būdus. Kuo efektyviau bus surastos ir rinkoje pritaikytos naujos galimybės, mažinančios taršos kiekius, tuo greičiau bus pritaikyti aplinkai saugesni gamybos variantai. Vertinant dabartines sistemos ypatybes, galima teigti, jog įmonei neišnaudojus priskirtų apyvartinių taršos leidimų, juos parduoda kitam verslo vienetui, kurio vartojimui nepakanka paskirtų leidimų. Tai reiškia, kad į atmosferą buvo išmesta daugiau ŠESD, todėl atitinkamai verslo vienetas turi sistemos pagalba išlyginti skirtumą, perkant papildomą leidimų kiekį. ES prekybos aplinkos taršos leidimais (ATL) sistema yra pagrįsta „cap-and-trade“ metodu (McLennan Magasanik Associates, 2009).

„Taupymo“ modelis savo veikla taršą išskiriančiai įmonei suteikia galimybę sutaupyti leidimus teršti. Atitinkamai, esant galimybei, leidimus įmonės gali parduoti kitoms rinkos atstovėms. Taip pat kompanijos tikėdamiesi išaugusios gamybos padidėjimo neretai planuoja priskirtus taršos leidimus panaudoti ateityje. Pritaikant taupymo modelį, įmonėms būdinga mažinti taršos išmetamų dujų į atmosferą kiekį. Dėl to nepasiekiamos nustatytas ribos, aplinkosaugos reikalavimai tenkina numatytuosius. Tokiu būdu, kai ATL lieka nepanaudoti, sutaupyti leidimai suteiks papildomų pajamų, pardavus arba tikslingai panaudojus ateityje (Hirsch ir kt., 2007).

Dar vienas apžvelgiamas modelis, vadinamas „Kompensavimo“ modeliu. Jam būdinga savybė sujungti vienoje aplinkoje jau veikiančias įmones kartu su naujai veiklą pradėjusia vykdyti kompanija. Tai leidžia daryti prielaidą, jog naujoji įmonė vykdydama veiklą, kitaip tariant, teršdama aplinką, atitinkamai pakels taršos lygį. Tai neigiamai paveiks aplinką, bus jaučiamos pasekmės aplinkosaugos programai. Todėl rinkoje pritaikomas ir naudojamas kompensavimo modelis. Naujai veiklą kurianti įmonė kompensavimo politikos būdu susimoka už išmetamą taršą. Kompensacija yra skiriama seniai veikiančiai įmonei. Ši adekvačiais kiekiais, mažina išmetamas į aplinką taršą didinančias kenksmingas medžiagas, tai padengia naujos įmonės skleidžiamą taršą. Rinkoje susidariusi situacijai, kai kompensavimo politika būtų neefektyvi, kitaip tariant, neveiktų - įmonės įsikūrimas naujoje teritorijoje nebūtų galimas (Kosobud ir kt., 2005).

Apibendrinant, nagrinėtus taršos prekybos modelius, galima teigti, jog labiausiai paplitęs modelis yra emisijų „mainų-prekybos“ modelis. Šio modelio dėka paremta ATL prekybos sistema. Jos pagrindinis tikslas - mažiausiais kaštais pasiekti didžiausią ir greičiausią taršos mažinimo efektyvumą. McLennan Magasanik Associates atliktame tyrime (2009) teigiama, jog pagrindinis apyvartinių taršos leidimų prekybos sistemos tikslas yra mažinti taršos kiekį, verčiant teršiantįjį galvoti apie atsakingą gamybą. Taip pat ieškoti alternatyvių, „švarių“ gamybos būdų,

išskiriant kuo mažesnes apimtis taršą didinančių dujų. „Emisijų prekybos“ prekybos sistemos modelyje yra nustatoma bendra išmetamų teršalų riba, kuri yra mažesnė negu sukuriamas taršos kiekis.

ATL emisija pateikiama rinkos dalyviams (aukciono ar paskirstymo būdu) ir sukurtas ATL trūkumas verčia rinkos dalyvius prekiauti ATL tarpusavyje bei, apskaičiavus prekybos kaštus, galvoti apie produktų kūrimą, į aplinką neišmetant daugiau taršos vienetų, negu yra leidžiama. Tiesa, ES ATL prekybos modelyje išvelgiamas ir esminis trūkumas, nes vartotojai nėra skatinami visiškai susilaikyti nuo taršos, vartoti mažiau produktų, kurių gamybos kelyje yra sukeliama aplinkai kenkianti tarša. Turėtų būti subsidijuojama ta veikla, kuri sunaudoja mažiau aplinką teršiančių medžiagų. Tuomet būtų mažinamas aplinką teršiančių medžiagų sunaudojimas bei skatinama veikla, kurios metu sukuriami produktai iš aplinkai nepavojingų medžiagų. Apibendrinant, galima teigti, jog šiuo metu Europos Sąjungos ATLPS yra labiausia paplitusi ir geriausia taršą mažinanti sistema. Išsiaiškinus, kad ATL prekybos sistema yra paremta „mainų-prekybos“ metodu, reikia aptarti, kaip veikia ATL sistema, kokia įtaka daroma aplinkosauginių tikslų įgyvendinimui bei taršos kiekių mažinimui į atmosferą.

2. APYVARTINIŲ TARŠOS LEIDIMŲ TYRIMŲ APŽVALGA

2.1. Mokslinių ES ATL tyrimų analizė

Kaip ir minėta ankstesniame skyrelyje, kur pažymima, jog Kioto protokole dalyvavę šalys, sutiko sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų (angl. greenhouse gas; GHG) išmetimo kiekį. Šiame dokumente aprašomi ne tik valstybių sutikimai, mažinti emisijas, bet kartu yra nustatomi privalomi teršalų išmetimo mažinimo tikslai, nepriklausomai nuo to ar taikoma bendra, ar individuali konkrečiai šaliai atsakomybė. Nuo nutarimo priėmimo daugelis mokslininkų ištyrė Kioto sutarties poveikį, kenksmingų dujų išmetimo atžvilgiu (Aichele ir kt., 2012; Almer ir kt., 2017; Grunewald ir kt., 2016). Šie tyrimai rodo, kad šalys, kurioms pagal protokolą nustatomi privalomi išmetamųjų teršalų kiekiai, pasiekia mažesnę šiltnamio efektą mažinančių išmetamųjų dujų kiekį, lyginant su tomis valstybėmis, kurios Kioto sutartyje aprašomų tikslų neturi.

Protokolo poveikis taip pat ištirtas technologinės plėtros požiūriu. Mokslininkas Johnstone kartu su kolegomis (2009) pastebėjo tendenciją, jog pasirašius Kioto protokolą šalies vėjo ir saulės energijos technologijų patento paraiškų padaugėjo (Jalalvand ir kt., 2011). Taip galime daryti išvadą, kad ateityje reikalavimai gali būti priimami griežtesniais standartais. Nagrinėdami projekto rengimo dokumentus mokslininkai, Dechezlepretre ir kt. (2008) nustatė, kad mažiau nei pusėje “švaraus vystymosi mechanizmo” (angl. Clean Development Mechanism (CDM)) projektų, buvo apžvelgta taršos mažinimo technologijų pritaikymas.

Mokslinė literatūra nuo pat protokolo įteisinimo tiria, ar šis dokumentas turi įtakos tarptautinėms sutartims, susijusioms su atsinaujinančiosios energijos ar taršą mažinančiomis technologijomis. Dokumento efektyvumo įvertinimas yra svarbus dėl keleto priežasčių. Pagrindinis aspektas gali būti įvardijamas kaip tarpvalstybinis taršą mažinančių technologijų sklaidos matas (angl. diffusion) (Dechezlepretre ir kt., 2008; Hirsch ir kt., 2007; Johnstone ir kt., 2011). Aplinką saugančių technologijų, plitimas yra esminis klimato kaitos efektų švelninimo veiksnys, reikalaujantis viso pasaulio šalių bendradarbiavimo. Didžiausią dėmesį skirdami tarptautinėms patentų paraiškoms, galime tirti rezultata, susijusį su protokolo teikiama įtaka, tarptautiniam klimatą saugančių technologijų perdavimui. Kitas aspektas - tarptautinės paraiškos (angl. patent applications) atspindi technologijos ekonominę vertę, fiksuojant mokslininkų elgesio pokyčius. Darome išvadą, jog kūrėjams pripažinus didesnę numatomą patento grąžą, jie norės užtikrinti apsaugą įvairiose šalyse ir regionuose (Nagaoka ir kt., 2010). Kitaip tariant, didesnis tarptautinių patentų paraiškų skaičius reiškia didesnę naujos technologijos ekonominę pelną.

Nagrinėjant mokslinę literatūrą pastebėtos dvi esminės kryptys, išskiriamos vertinant ATL prekybos sistemą. Pirmajai galime priskirti aplinkosaugos dempingą, (angl. Environmental dumping) apžvelgiamą Barrett (1994) ir Ulph (2000). Autorių darbai aprašo būdus, kaip nacionalinės reguliavimo institucijos stengiasi sušvelninti taršos politiką, kad šalių įmonėms būtų užtikrintas konkurencinis pranašumas tarptautinėse rinkose. Naujesnėje literatūroje, kaip autoriaus Helm (2003) darbe, susiduriama su išmetamųjų teršalų prekybos priskyrimu aptariamai dempingo kryptčiai. Helm analizuoja taršos leidimų paskirstymą pagal du alternatyvius reguliavimo režimus: prekyba su plėtojama leidimų sistema ir be jos. Teigiama, jog galimybė prekiauti leidimais turi potencialo sukelti dar didesnę taršą. Atitinkamai, didesnis leidimų kiekis, skirtas aplinką labiau teršiančioms valstybėms gali paveikti, “švarių” šalių aplinkosauginius sprendimus (Helm, 2003). Mokslininko Helm analizės esminius principus vėliau tęsė D'Amato ir Valentini (2009). Autoriai atsižvelgė į atvejį, kai pirminis apyvartinių leidimų paskirstymas gali būti pasirenkamas bendradarbiaujant. Tai reiškia, kad decentralizuotas leidimų paskirstymas pirmiausia lemia mažesnę (lyginant su optimalia) leidimų kainą. Kartu atsižvelgiama į bendrą išmetamųjų teršalų kiekį, kuris yra didesnis už numatytą optimalų tikslą. Jis keliamas, kai siekiama įgyvendinantis centralizuotą sistemos vystymą, tačiau neretai valstybės nepriima centralizuoto sprendimo, atitinkamai pateikdamos decentralizacijos teorinį kontekstą (Jalalvand ir kt., 2011).

Analizuota literatūra, susijusi su teisiniu aktų įgyvendinimu pagal išmetamųjų apyvartinių taršos leidimų prekybos sistemos principus, aprašomus mokslininkų Malik (1990) ir Keeler (1991). Šiuose dviejuose straipsniuose nagrinėjamos stebėjimo ir vykdymo leidimų rinkoje endogenizacijos pasekmės ir daroma išvada, kad išmetamųjų teršalų prekybos efektyvumas gali “kristi”, kai atsižvelgiama į atitiktas problemas. Vėliau Malik (1992) į analizę įtraukė vykdymo sąnaudas. Taip į lygindamas skatinamąją politiką su standartinėmis valdymo ir kontrolės priemonėmis. Atlikus tyrimą buvo padaryta išvada, jog apžvelgtoje aplinkoje nėra akivaizdus abiejų rūšių priemonių klasifikavimas (D'Amato ir Valentini, 2011).

2008 metais autoriai Silva ir Zhu ištyrė apyvartinių taršos leidimų sistemos decentralizacijos pasekmės tarptautiniu mastu. Mokslininkai siekė sukurti optimalią tarptautinės prekybos taršos leidimais sistemos būdą, kai jame yra decentralizuotos reguliavimo ir vykdymo priežiūros institucijos ir du subjektai, atsakingi už vienkartinių tarptautinių transakcijų nustatymą ir baudų parinkimą, nevykdant sistemoje apibrėžtų sąlygų. Silva ir Zhu analizė rodo, kad tinkamai įgyvendinus ir rinkai pritačius ATL prekybos sistemą, atitinkamai atsižvelgiant į brangų įgyvendinimą, galima efektyviai apmokestinti taršos leidimus. Mokslininkų rezultatai

remiasi privalomais biudžeto apribojimais, su kuriais susiduria decentralizuotos valdžios institucijos (Silva ir Zhu, 2008).

Šiuolaikiniame pasaulyje, daugelyje pasaulio šalių yra didelis fiskalinis deficitas ir dideli debeto įsipareigojimai. Todėl vyriausybės yra paskatintos ieškoti naujų būdų, didinti įmokas mokesčių sistemoje. Tai yra galimybė ne tik sulaukti papildomų įmokų, bet ir sumažinti taršos keliamas pasekmes. Rinkoje pritačius apyvartinių taršos leidimų principą, iki šiol ne visos valstybės noriai integruoja šią prekybos sistemą. Ilgainiui yra galimybė susidaryti situacijai, kai atkurti fiskalinę pusiausvyrą bus būtinybė. Todėl valstybėms itin svarbu yra efektyviai apmokestinti CO₂ išmetamų dujų kiekius įmonėse bei visuomenėse taip iš esmės pertvarkant mokesčių sistemą fiskalinėje politikoje.

ES apyvartinių taršos leidimų prekybos sistema pritaikyta rinkos vartojimui 2005 metais. Ši prekybos sistema yra ekonomiškai efektyvi priemonė šiltnamio efektą keliančių dujų išmetimui mažinti. Iš pradžių leidimai buvo paskirstomi nemokamai, tačiau nuo 2013 m. vienas pagrindinių leidimų paskirstymo rinkoje būdų yra aukcionai. Verta paminėti, jog Europos Komisija pasiūlė su CO₂ susijusį apmokestinimą tokiu būdu, siekdama nustatyti atitinkamą, sistemingą taršos leidimų kainos nustatymą.

ES apyvartinių taršos leidimų prekybos sistema yra įvardijama, kaip pagrindinis ES klimato ir energijos politikos tikslų įgyvendinimo elementas. Šią prekybos sistemą iš esmės daugiausia lemia rinkos reglamentai. Tyrime atsižvelgiama į Europos Komisijos sudarytos doktrinos reguliacinius aspektus, ne analizuojant rinką veikiančių įvykių, situacijų. Nagrinėjamu laikotarpiu ES ATL kaina buvo apie 22 Eur už vnt. (European Environment Agency, 2018).

Mokslininkai išanalizavo ES ATL prekybos sistemą ir išskyrė pagrindinius veiksnius, lemiančius kainos pokytį (European Environment Agency, 2018; Rabe ir kt., 2019):

- pasiūlymai iš Europos Parlamento: Aplinkos, visuomenės sveikatos ir maisto saugos (ENVI) ir Pramonės, mokslinių tyrimų ir energetikos (ITRE) komitetų, ES ATL sistemos struktūros 2021–2030 metais;
- Nepaisant, kelių ES narių (Lenkijos, Lietuvos, Latvijos, Vengrijos, Kipro, Kroatijos, Italijos, Rumunijos ir Bulgarijos) prieštaravimų, visi Europos Parlamente patvirtinti apyvartinių taršos leidimų pasiūlymai buvo priimti - 43 proc. lygiu. Šis rodiklis apibūdina mažesnę taršos kiekį, palyginus su 2005 m. (ES ATL prekybos sistemos IV etapas);
- Europos Komisijos išplatinta informacija apie ATL kiekius rinkoje. Pranešime teigiama, kad dabartinėje rinkoje yra 1,59 mlrd. perteklinių leidimų;
- Jungtinių Amerikos Valstijų pasitraukimas iš Paryžiaus klimato kaitos susitarimo;

- išaugęs anglinių elektrinių veiklos intensyvumas, paskatino apyvartinių taršos leidimų paklausos augimą, todėl atitinkamai augo ir kainos.

- Jungtinės Karalystės pasitraukimas iš Europos Sąjungos. Šis įvykis tiesiogiai susijęs su apyvartinių taršos leidimų prekybos sistema. Pirminio pasiūlymo metu buvo identifiкуotas poreikis žymėti rinkoje disponuojamus leidimus, kur pagrindinis atributas - kilmės šalis. Toks sprendimo būdas turėjo apsaugoti prekybos sistemą nuo kainų kritimo, kurį galimai sukeltų Didžiosios Britanijos ES ATL turimų kiekių pardavimas.

- Europos Taryba 2018 m. patvirtino Europos Sąjungos apyvartinių taršos leidimų prekybos sistemos reformą naujam laikotarpiui (prasidės po 2020 m.). Sistemos reforma yra akivaizdus ES žingsnis, siekiant įgyvendinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimo mažinimo tikslą.

- Europos laisvosios prekybos asociacijos (ELPA) šalių ir Europos Komisijos susitarimas dėl apyvartinių taršos leidimų aukciono 2013–2018 m. 2019 m. vykusio aukciono, kurio tema - 42 milijonai leidimų.

- 2018 m. Europos Parlamentas patvirtino Paryžiaus susitarimo įgyvendinimo aspektus. Juose apibūdinta būtinybė apriboti temperatūros augimą iki 1,5 C ir iki 2030 m. ES teršalų mažinimo kiekis turėtų sumažėti iki 55%.

2019m. mokslininkai ištyrė penkių analitines įžvalgas teikiančių kompanijų („Energy Aspects“, „Thomson Reuters“, „Nomisma Energia“, „Engie Global Markets“, „Vertis“) ES ATL kainų prognozes 2018–2021 metams. Rezultatai rodo, jog vidutinės kainos didesnės, už 2019m. (23,17 Eur), kai 2020m. sieks 25.16 Eur, o 2021- 24.89 Eur. Autoriai teigia, jog dabartinį apyvartinių taršos leidimų kainos augimo tempą lemia pirkimai, iš finansinių institucijų. Tiesa, nuo 2019 m. leidimų perteklius rinkoje kasmet mažinamas (Rabe ir kt., 2019).

Pirmoje lentelėje (Lentelė Nr. 1) matoma ilgalaikė ES ATL kainų prognozė, remiantis anksčiau minėtų įmonių skaičiavimais. Kadangi kompanijų rodikliai rodė labai panašius rezultatus, prognozuojant leidimų kainą 2021–2030 m., buvo naudojamas kainos vidurkis. Europos Sąjungos apyvartinių taršos leidimų kainos prognozė remiasi „Thomson Reuters“ modeliu, kuris apima bendrą šiltnamio efektą sukeliančių dujų mažinimo tikslą. Jame teigiama, jog siekiama sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimo kiekį bent 40 % iki 2030 m.

1 Lentelė

ES ATL kainų prognozė 2021–2030 m.

Prognozės metai	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Nominali EU ATL kaina	23.7	23.7	23.3	22.8	22.2	21.7	20.9	22.1	23.8	26.2
Reali EU ATL kaina	22.3	21.9	21.2	20.3	19.4	18.6	17.6	18.4	19.5	21.2

Šaltinis: Rabe M., Streimikiene D. ir Bilan Y. (2019)

2021–2027 metais kainos turėtų kristi nuo 23,7 iki 20,9 Eur. Yra keletas priežasčių, kurios galėtų lemti kintančias ateities kainų tendencijas:

- Mažinama ES ATL paklausa, elektros energijos gamintojams, sudariusiems ribojančias energijos sutartis. Taip pat atsižvelgiama į šiuo metu priimtą ir taikomą strategiją.
- Aukštos apyvartinių taršos leidimų kainos einamojo ataskaitinio laikotarpio pabaigoje paskatins sumažinti išmetamų teršalų kiekį keičiant esamą kurą į atsinaujinančius šaltinius.

Tolesniu laikotarpiu (2028–2030 m.) kaina turėtų padidėti nuo 22,1 iki 26,2 Eur. Verta paminėti, jog 2030m, yra paskutiniai esamo etapo metai, todėl turimų leidimų perteklius turi baigtis kito laikotarpio pabaigoje (rezerve 2030 m. nurodyta direktyvos, jog bus 600 mln. vnt. leidimų). Pagrindinė priežastis, galėsianti lemti drastišką leidimų kiekio mažinimą po 2030m. yra siekis skatinti atsinaujinančią energetiką bei ją gaminančių įrankių plėtrą. Dėl šios nustatytos tvarkos Europos Sąjungos apyvartinių taršos leidimų prekybos sistemoje dalyvaujančių asmenų bei įstaigų spartus teršalų išmetimo į aplinką mažinimas ilgalaikėje perspektyvoje turėtų teikti įtaką ATL kainoms. Mokslininkų skaičiavimai rodo, jog leidimų kainos turėtų didėti (Chen ir kt., 2018).

Verta pastebėti, jog sukurtame modelyje nėra tvirtinama, kad prielaidos nesikeis. Laikui einant, Europos Sąjunga gali nustatyti ambicingesnius tikslus klimato srityje, kurie reikš vertingas anglies dvideginio emisijas. „Brexit“ situacija ir Vokietijos sprendimas atsisakyti anglinės žaliavos gamyklų yra neįvardinti ir neįtraukti faktoriai pagrindiniame modelyje. Kiekvienas „Thomson Reuters“ modelio patvirtinto pirminio scenarijaus prielaidų pakeitimas turės labai didelę įtaką ES ATL kainų prognozėms ateityje.

2.2. ES ATL prekybos sistemos rinkoje disponuojamų kiekių analizė

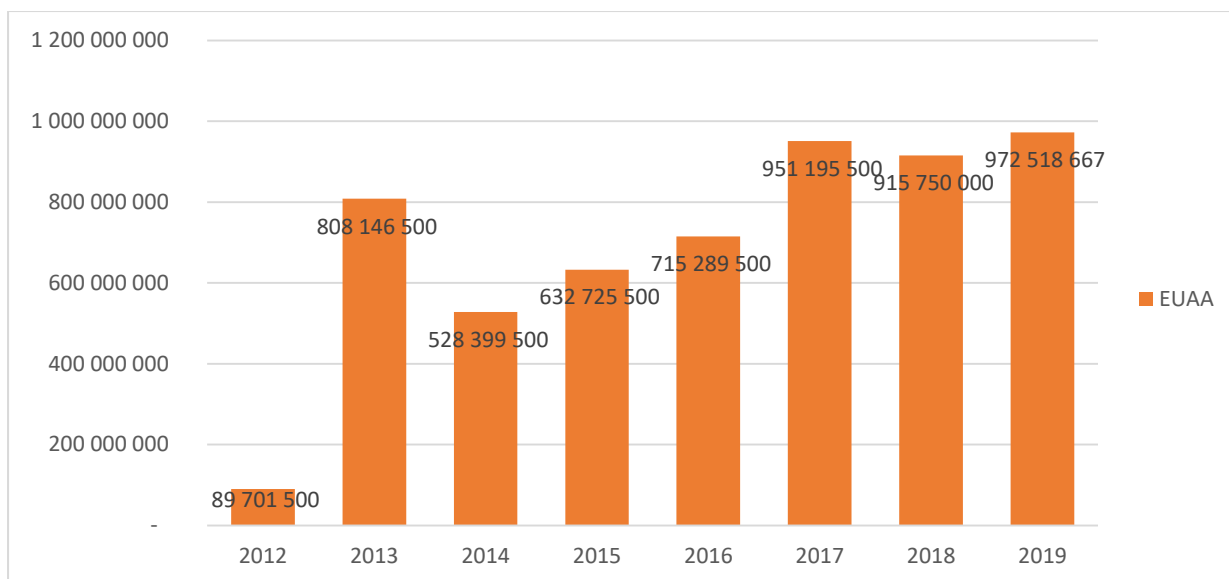
Ilgalaikėje perspektyvoje ES apyvartinių taršos leidimų prekybos sistemai didžiausią įtaką, kaip ir minėta anksčiau, teikia kainos bei kiekių pokyčiai. Atlikus išsamią mokslinės literatūros bei viešai prieinamų duomenų analizę apie ES ATL prekybos sistemą, daroma išvada, jog pagrindinis tyrimo objektas gali būti tik kainos kintamasis. Apyvartinių taršos leidimų kiekių naudojimas rinkoje rodo, jog Europos Sąjungos ATL kiekius labiausiai lemia politiniai aspektai. Kiekių nustatymas nepriklauso nuo rinkos situacijos, leidimų kiekiai valstybėms priskiriami susitarimo principu, arba disponuojami aukcionų metu. Todėl siekis svariai identifikuoti kiekius lemiančius faktorius yra neįmanomas.

Tiesa, Europos Komisija (EK) teigia, kad aukcionai yra pats skaidriausias leidimų paskirstymo būdas. Sklandžiam jo įgyvendinimui būdingas esminis principas - įmonės, kurioms taikoma ES apyvartinių taršos leidimų prekybos sistema, aukcionų metu, perka reikiamą leidimų kiekį (European Commission, 2018).

Prasidėjus trečiam Europos Sąjungos apyvartinių taršos leidimų etapui (2013–2020 m.) aukcionai tapo pagrindiniu leidimų disponavimo šaltiniu. Aukciono veikla vykdoma, kai dvidešimt aštuonios šalys (25 ES valstybės narės ir 3 EEE / ELPA šalys) parduoda savo leidimus bendroje aukciono platformoje. Sistemos sudarymo principas progresyviai mažina šalims priskiriamų leidimų kiekį, todėl einant laikui aukcionų svarba tik auga.

Bendrai, EK vertinimu, 57proc. apyvartinių taršos leidimų visumos bus parduodamos aukcione 2013–2020 m. Remiantis ES ATL prekybos sistemos direktyvoje nurodyta informacija - aukcionuose parduodamų leidimų dalis išliks ta pati ir po 2020 m. (Europos Parlamentas ir ES Taryba, 2003).

ES ATL aukcionų veikla plačiai skirstoma pagal sektorius. Pavyzdžiui, elektros energiją gaminančios įmonės nuo trečiojo etapo pradžios, t.y. 2013 m., privalo pirkti visus reikiamus leidimus (išskyrus keletą šalių). Tuo tarpu kituose sektoriuose perėjimas prie aukcionų vyksta palaipsniui. Gamybos pramonės atstovai 2013 m. gavo 80proc. nemokamai priskirtų leidimų. Remiantis ES ATL prekybos sistemos direktyvos esminiais principais, priskiriama dalis kiekvienais metais palaipsniui mažėja, iki 30proc. 2020 m. Taip pat dokumente yra nurodoma, jog 2026–2030 m. procentinė dalis turi siekti 0 proc. (išskyrus centralizuotą šildymą). Tuo tarpu, aviacijos sektoriuje 15proc. apyvartoje esančių ATL parduodama aukcione (Europos Komisija, 2016).



4 paveiklas. ES ATL kiekis, disponuojamas aukcionų metu (2005 – 2018 metais)

Šaltinis: www.eea.europa.eu

Valstybės narės - atsakingos už ATL kiekių disponavimą aukcione. Leidimų paskirstymas apibūdinamas anksčiau minėtoje EK direktyvoje (10 straipsnis 1 dalis). Jame pabrėžiama, jog trečio etapo metu 88proc. apyvartinių taršos leidimų, parduodamų aukcione 2013–2020 m., paskirstomi ES valstybėms narėms, atsižvelgiant į jų išmetamų teršalų kiekio didžiausią rodiklį, remiantis 2005–2007 m. laikotarpio vidurkio duomenimis. 10 proc. skiriama mažiausiai pasiturinčioms ES narėms. Šis kiekis - papildomas pajamų šaltinis, padedantis investuoti bei gautas lėšas pritaikyti klimato kaitos mažinimo tikslams įgyvendinti. Galiausia, likę 2proc. skiriami būna skiriami „Kioto premijai“ (angl. Kyoto bonus) devynioms ES valstybėms, kurios iki 2005m. sumažino šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimą bent 20proc. Tuo tarpu 2021–2030m. laikotarpiu, nuspręsta, kad 90proc. aukcione parduodamų ATL bus paskirstyta ES valstybėms narėms, atsižvelgiant į teršimo kiekius ir 10proc. bus skirta mažiau turtingoms ES valstybėms narėms.

ES ATL prekybos sistema, sukūrė galimybę valstybėms, ES narėms aukcionų metu generuoti papildomas pajamas. Remiantis 2013–2018 m. duomenimis, apie 80proc. pajamų, uždirbtų iš aukcionų, buvo panaudota su klimatu ir energija susijusiems tikslams. Tai reiškia, jog disponavimas rinkoje turimais leidimais, leidžia valstybėms gauti papildomas lėšas plėsti atsinaujinančią energetiką, taip mažinti kenksmingą veiklą.

Apibendrinant, galima teigti, jog atlikus išsamią mokslinių tyrimų, kartu ir viešai prieinamų duomenų analizę apie ES ATL prekybos sistemą, matoma, kad pagrindinis tyrimo objektas gali būti tik kainos kintamasis. Mokslininkai daugelį metų tiria technologinės plėtrą,

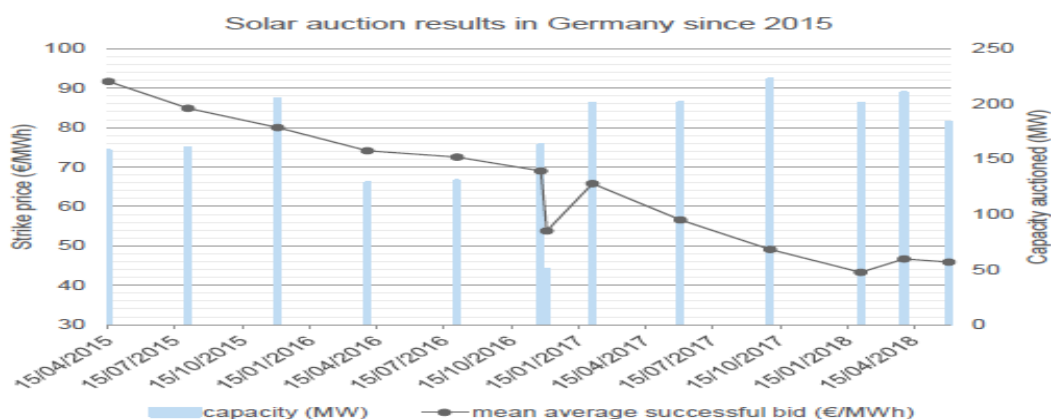
kurių lemia siekis mažinti taršos padarinius ES ATLPS. Taip pat mokslinėje literatūroje plačiai tiriamas sistemos poveikis tarptautinėms sutartims. Išskiriamos dvi esminės problematikos: aplinkosaugos dempingas bei decentralizuotas leidimų paskirstymas (lemia mažesnę leidimų kainą). ES ATL kainos dinamiką lemia ir sudaro daug faktorių, kurie veikia kainos pokyčius, kai apyvartinių taršos leidimų kiekių naudojimas rinkoje rodo, jog leidimų kiekius veikia politiniai aspektai. Todėl pastebima tendencija, jog sistemos kiekių nustatymas nepriklauso nuo rinkos situacijos. Leidimų kiekiai valstybėms priskiriami susitarimo principu, taip pat disponuojami aukcionų metu. Todėl siekis svariai identifikuoti kiekius lemiančius faktorius yra neįmanomas. Dėl šių priežasčių tolesnėje eigoje bus analizuojami kainos dinamikos aspektai.

3. TYRIMO METODAI

Apyvartinių taršos leidimų prekybos sistemos efektyvios veiklos, bei galimų ateities perspektyvų užtikrinimui, reikia atlikti jos vertinimą. Todėl būtina apžvelgti ir išanalizuoti pagrindinius statistinius rodiklius, palyginti literatūroje pateikiamus argumentus su realiais duomenimis. Siekiant tikslaus ir kokybiško prekybos ATL sistemos vertinimo, bus sukurtas modelis, kurio pagalba bus pasiekti pagrindiniai tyrimo rezultatai bei pateiktos išvados.

Siekiant atlikti apyvartinių taršos leidimų prekybos sistemos kainos analizę, tuo tarpu ir trumpalaikę prognozę, verta apžvelgti ir istorinius duomenis. Tokiu būdu efektyviau susisteminti praeities duomenys, leidžiantys įvertinti, kaip istoriniai įvykiai lėmė kainų svyravimus. Pokyčių vertinimas atliekamas, atitinkamai informaciją pritaikant ateities galimybių nustatymui. Pagrindinis dėmesys, analizuojant ES prekybos ATL sistemos istorinių duomenų vertinimą, skirtas susiklosčiusiai situacijai nuo 2008 metų. Tiriamas ATL praeities ir šių dienų rinkos kainos kitimas, taip pat bendro ATL kiekio kitimas.

Ateities prognozė pagal ATL rinkos kainos ir kiekio kitimą tendenciją. Įvertinus analytics.icis.com teikiamus duomenis, kuriose nurodoma, kad atsinaujinančiosios energijos išteklių (AEI) technologijos bus konkurencingos rinkoje be subsidijų, kas savaime turėtų išstumti taršias technologijas.



5 paveikslas. Saulės energijos aukciono rezultatai Vokietijoje nuo 2015 m.

Šaltinis: www.icis.com

Ryškiausias šios prielaidos pavyzdys yra situacija Vokietijoje. Rinkoje pastebima tendencija, kad dėl anglies kainos atitinkamai keliama ir energijos kainos, todėl atsinaujinantys energijos ištekliai taps daug konkurencingesni, nes sumažės subsidijų poreikis. Taip atlikus nuoseklų tyrimą bus galima daryti išvadą, kad vystymąsi lemia sparčiai mažėjantys

technologiniai kaštai. Remiantis literatūros šaltinių analize, matoma kad ilgalaikių perspektyvų prognozės nustatymui efektyviausios šios metodikos: regresija, eksponentinis glodinimas, VAR bei ARIMA.

3.1. Regresinė analizė

Regresijos ryšio matematinė forma leidžia gauti ekonominės analizės išvadoms naudingus rodiklius: ryšio ženklą ir pobūdį, nagrinėjamo reiškinio elastingumą kiekvienam iš veiksnių arba visų veiksnių poveikiui bendrai. Tiesinės daugialypės regresijos modelis yra (Karpuškienė ir kt., 2012):

$$Y_i = a + b_1x_{1i} + b_2x_{2i} + \dots + b_nx_{ki} + \varepsilon \quad (2.1)$$

čia ε_i – yra atsitiktinė paklaida, kitaip - atsitiktinis dydis. Modelio koeficientai a, b_1, b_2, \dots, b_k nežinomi. Prielaidos daugialypės tiesinės regresijos atveju prielaidos: $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$, čia ε_i yra nepriklausomas atsitiktinis dydis, dispersija σ^2 – nežinoma (Čekanavičius ir kt., 2011). Sudarius tokio tipo regresijos modelį reikia nustatyti, ar įvertinta lygtis atitinka realius stebėjimus. Reikia išsiaiškinti, kokių mastu Y reikšmių sklaidą paaiškina sudaryta regresija, kaip gerai modelis tinka Y numatyti duotiems X .

Vienas svarbiausių regresijos modelio tinkamumo matų yra determinacijos koeficientas. Paprasčiausias regresijos kvadratų sumos ir bendros kvadratų sumos santykis nusako Y dispersijos dalį, kurią įvertina sudarytas regresijos modelis. Bendroji paklaidų kvadratų suma įvertina suminių nukrypimų nuo vidurkio kvadratų poveikį. Regresijos kvadratų suma parodo priklausomo kintamojo reikšmės įvertintos pagal sudarytą regresijos modelį nuokrypio nuo vidurkio kvadratų sumą. Determinacijos koeficientas matuoja sudarytos regresijos lygties tinkamumą (Stabingienė, 2014):

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (2.2)$$

Akaikės informacijos kriterijus (AIC) paremtas liekamųjų paklaidų kvadratų sumos minimizavimu arba, kitaip tariant, determinacijos koeficiento reikšmės didinimu. Akaikės informacijos kriterijus apskaičiuojamas:

$$AIC = e_n^{2k} \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n} \quad (2.3)$$

čia: n – imties dydis (stebėjimų skaičius), k – regresorių skaičius įvertinant ir laisvąjį narį.

Švarco informacijos kriterijus (BIC) artimas Akaike informacijos kriterijui ir apskaičiuojamas pagal tokią formulę [52]:

$$BIC = n_n^k \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n} \quad (2.4)$$

n – imties dydis (stebėjimų skaičius), k – regresorių skaičius įvertinant ir laisvąjį narį.

Laiko eilutės modeliai yra sudaromi, siekiant aprašyti tiriamojo procesą, jo kaitą, kartu sprendžiant ir prognozavimo uždavinius. Šio proceso tikslumą apibūdina šie rodikliai: prognozavimo paklaida e_i , standartinė paklaida σ_i , vidutinė procentinė absoliutinė paklaida MAPE, vidutinė procentinė paklaida MPE, vidutinė paklaida ME, vidutinė kvadratinė prognozės paklaida MSPE [24]. Vidutinė procentinė absoliutinė paklaida - MAPE - nusako santykinį prognozavimo tikslumą, ir kuria galima palyginti skirtingų rodiklių prognozes (Stabingienė, 2014):

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|e_t|}{z_t} \cdot 100\% \quad (2.5)$$

Santykinis dydis, rodantis prognozės nuokrypį, vadinamas vidutine procentine paklaida MPE, apskaičiuojamas pagal formulę (Stabingienė, 2014):

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{e_t}{z_t} \cdot 100\% \quad (2.6)$$

Paklaida, nusakanti prognozės nuokrypio dydį – ME - vidutinė paklaida. Skaičiuojama pagal formulę (Stabingienė, 2014):

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{e_t}{z_t} \quad (2.7)$$

Vidutinė kvadratinė prognozės paklaida - MSPE - nusako paklaidos dispersiją ir ja remiantis yra atrenkamas tiksliausias prognozavimo modelis (Stabingienė, 2014):

$$MSPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2 \quad (2.8)$$

Laiko eilučių sekos gali būti vienmatės (vieno parametro analizė) arba daugiamatės (kelių ar keliolikos parametrų vertinimas vienu metu). Laiko eilučių analizės pagrindinės tematikos gali būti plataus spektro: aprašymas, kitaip tariant, modelio sudarymas ir prognozės (Lapinskas, 2008). Modeliuojant ekonominius kintamuosius, kuriems būdingas išdėstymas laike, pastarojo veiksnio įtaka yra žymima sutartiniu simboliu t . Taigi kintamojo X_t (atsitiktinis kintamasis, galintis generuoti daugelį realizacijų bei pasiskirstęs pagal tam tikrą skirstinį) seką, išdėstyta pagal laiko indeksą t – tai periodiškų stebėjimų, fiksuotų tam tikrais laiko momentais, visuma.

Tiriamąjame dalyje nagrinėjamos laiko eilutės, kurių analizuojamos reikšmės vertinamos vienodais laiko intervalais, $T = 1, 2, \dots, n$. Todėl ekonometrinės analizės tikslas (kai turima tam tikro rodiklio laiko eilutė) - sudaryti ją atitinkančio proceso modelį, taip sukuriant galimybę prognozuoti rodiklio kitimą ateityje. Tiesa, laiko eilučių modelis gali būti užrašomas dvejopai, t.y. adityviuoju modeliu arba multiplikatyviuoju modeliu:

- adatyvūs - $x_t = m_t + s_t + u_t$ (2.9)

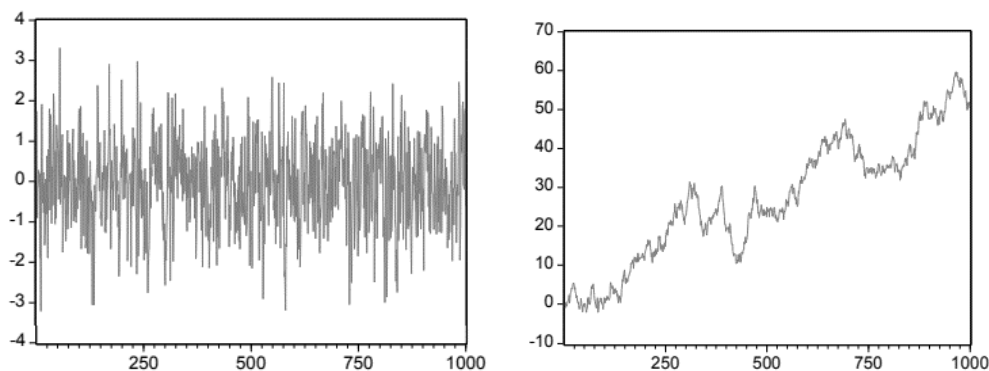
- multiplikatyvūs laiko eilutės modelis - $x_t = m_t \cdot s_t \cdot u_t$, (2.10)

Čia m_t – vidurkio funkcija, s_t – sezoniškumas, u_t – triukšmo rodiklis, t.y. stacionarus nulinio vidurkio atsitiktinis procesas. Taip pat laiko eilutės gali būti momentinės ir intervalinės. Iš esmės analizuojant laiko eilutes yra sprendžiami 3 pagrindiniai uždaviniai (Stabingienė, 2014):

1. Identifikacijos - modelio parametrų statistinis įvertinimas;
2. Verifikacijos - sudaryto modelio adekvatumo patikrinimas;
3. Prognozavimo - laiko eilutės reikšmių nustatymas laiko momentais, kai $l > n$.

Stacionarumo įvertinimas analizės metu yra vienas pirmųjų laiko eilučių uždavinių. Toks procesas lemia vidurkio funkcijos pavidalą. Procesui esant stacionariam - laiko eilutės reikšmės atsitiktinai kinta kiekvienu momentu. Atsitiktinis procesas yra vadinamas stacionariu, jei jo laike nekinta tikimybinės charakteristikos. Tuo tarpu vidurkis ilgą laiką nekinta. Nestacionarių laiko eilučių vidurkis nėra pastovus. Tiesa, verta paminėti, jog ilgojoje perspektyvoje šis rodiklis turi tendenciją kisti (2 pav.).

Tiesinio trendo taikymas laiko eilutės $t = 0,1,2...$ duomenims, kai naudojama tiesinę regresiją - būdas, padedantis apriboti stacionarumo efektus. Nagrinėjamo kintamojo vidurkių kitimas kitaip vadinamas vidurkių trendu. Grafinėse reprezentacijose, matoma, jog, kreivės pasižymi tam tikromis savybėmis. Jos išskiriamos į tiesinio pobūdžio – tiesę bei kvadratinio – parabolę ir kt. (Balbonienė ir kt., 2013).



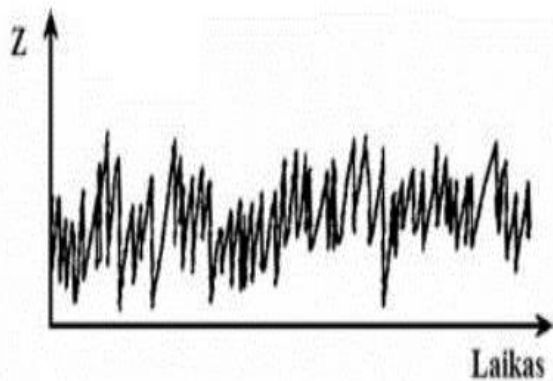
6 paveiklas. Stacionari ir nestacionari laiko eilutės

Šaltinis: Karpuškienė V. (2012)

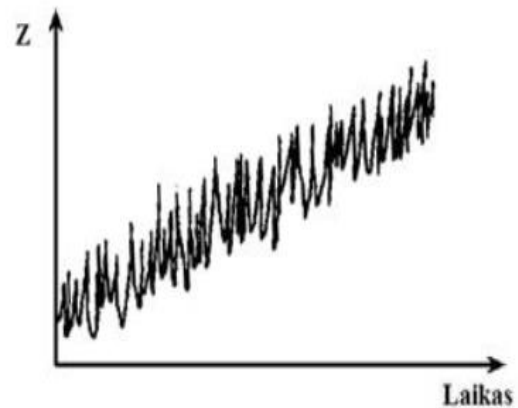
Ilgalaikės priklausomybės laiko eilutėms būdingos autokoreliacijos. Jų reikšmės nėra didelės, bet išlieka ilgą laiką. Tokio tipo priklausomybės procesai, kurie remiasi trupmeniniu integravimu, yra svarbūs laiko eilučių analizėje.

Analizuojamo kintamojo prigimtiniai faktoriai gali lemti prognozės sėkmę. Iš esmės daug priklauso nuo nagrinėjamo kintamojo pradinės kilmės savybių: stochastinės - atsitiktinės (kai

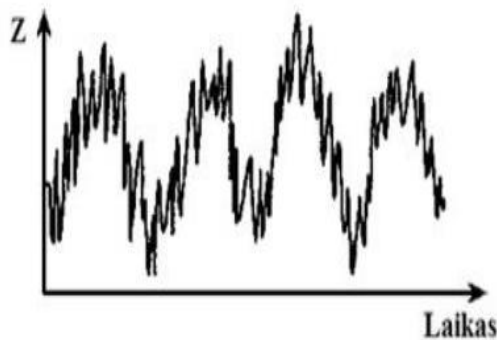
būdingas sistemingas, bet neprognozuojamas kintamojo kitimas), ar determinuotos – apibrėžtos (susideda iš tiesinio trendo, ciklinio ir sezoninių svyravimų).



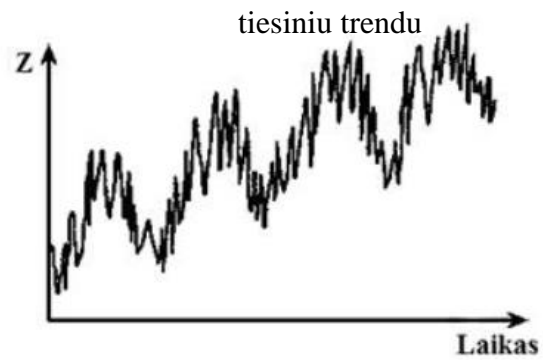
Atsitiktinių kintamųjų laiko eilutė



Atsitiktinių kintamųjų laiko eilutė su



Atsitiktinių kintamųjų laiko eilutė
su sezoniniais svyravimais



Atsitiktinių kintamųjų laiko eilutė su
tiesiniu trendu, sezoniniais svyravimais

7 paveikslas. Įvairių tipų laiko eilučių grafinis vaizdas

Šaltinis: Stabingienė L. (2014)

Lengviau prognozuojami yra determinuoti kintamieji. Tačiau nėra nei visiškai atsitiktinių, nei visiškai determinuotų kintamųjų. Todėl atliekant analizes dažniausia nagrinėjamos tiek atsitiktinė, tiek apibrėžtoji .

3.2. Eksponentinis glodinimas

Eksponentinio glodinimo metodai, kaip ir sako pats pavadinimas, glodina laiko eilutes, kai yra suvidurkinami keletas prieš tai buvusių stebėjimų. Eksponentinis glodinimas dažnai algoritmiškai taikomas, kai tikrasis stebimo proceso modelis yra nežinomas ir nekalbama apie jo

statistines savybes. Nepaisant to, eksponentinis glodinimas plačiai taikomas įvairiose srityse, pvz., finansinių duomenų analizėje, ir duoda neblogus rezultatus.

Eksponentinis glodinimas gali būti naudojamas norint atlikti trumpalaikes laiko eilučių prognozes, nes ilgalaikių prognozių perspektyvoje, šis metodas nėra patikimas (Coghlan, 2016). Naudojant eksponentinio glodinimo metodą didžiausi svoriai (prioritetai) suteikiami naujausiems duomenims. Glodinimo parametras (glodinimo konstantos, angl. smoothing parameters, smoothing constants) dažniausiai žymimas α ir nustato stebėjimo svorį (prioritetą) (Coghlan, 2016). Dvigubas eksponentinis glodinimas naudojamas tuomet, kai stebima laiko eilutė turi trendą. Šis metodas užrašomas viena prognozės ir dviem glodinimo lygtimis (Lapinskas, 2008):

$$\tilde{Y}_{t+h} = l_t + hb_t \text{ (prognozės lygtis)} \quad (2.11)$$

$$l_t = \alpha Z_t + (1 - \alpha)(l_{t-1} + b_{t-1}) \text{ (vidurkio glodinimo lygtis)} \quad (2.12)$$

$$b_t = \beta^* + (l_t - l_{t-1}) + (1 - \beta^*)b_{t-1} \text{ (trendo glodinimo lygtis)}, \quad (2.13)$$

čia β^* yra trendo glodinimo parametras ir jis tenkina $0 \leq \beta^* \leq 1$. Metodo naudojamo b_t reikšmė gaunama glodinant skirtumą tarp dviejų vidurkių $l_t - l_{t-1}$, b_t prasmė yra trendo reikšmė, kai laikas pakinta vienu vienetu. l_t gaunama glodinant $l_{t-1} + b_{t-1}$ su naujai gauta Y_t reikšme, taigi tai atitiks suglodintą kreivės vidurkį laiko momentu t . Iš prognozės lygties matome, kad prognozės išraiška $l_t + hb_t$ atspindi tiesinį trendą. Paklaidų korekcijos formoje glodinimo lygtys yra užrašomos (Lapinskas, 2008):

$$l_t = l_{t-1} + b_{t-1} + \alpha e_t \text{ (vidurkio glodinimo lygtis)} \quad (2.14)$$

$$b_t = b_{t-1} + \alpha\beta^* e_t = b_{t-1} + \beta e_t \text{ (trendo glodinimo lygtis)} \quad (2.15)$$

$$\text{kur } e_t = Y_t - (l_{t-1} + b_{t-1}) = Y_t - \tilde{Y}_t$$

3.3. Vektorinės autoregresijos modelis

VAR(p) yra p – eilės vektorinė autoregresija, kurią žymi procesas Y_t , tenkinantis išraišką (Stabingienė, 2014):

$$Y_t = c + \sum_{i=0}^p A_i Y_{t-i} + v_t, v_t \sim WN(0, \Sigma_v), p > 0 \quad (2.16)$$

Čia Y_t , c ir v_t yra atitinkamai n dimensijos endogeninių kintamųjų, konstantų ir baltojo triukšmo paklaidų vektoriai; Σ_v ir A_i , $i=1, \dots, p$, yra kvadratinės $n \times n$ dimensijų paklaidų viena laikų kovariacijų ir parametrų matricos; p – autoregresijos eilė (Lapinskas, 2008).

Siekiant aprašyti empirinius duomenis VAR modeliu taikomi tam tikri modelio sudarymo etapai:

- kintamųjų parinkimas bei duomenų surinkimas;
- užtikrinimas kintamųjų stacionarumas;
- parametų įvertinimas;
- VAR vėlinimų eilės parinkimas;
- Modelio tinkamumo analizė.

Kintamųjų parinkimas, tinkamų parametų įvertinimo metodo nustatymas, tinkamos VAR modelio vėlinimų eilės p parinkimas lemia gaunamą įvertintą VAR modelį. Tiesa, modelio tinkamumas bei korektiškos išvados glaudžiai siejamos su tinkamai parinktu vėlavimu. Esant netinkamai parinktam p , tuomet bus per mažas ir visas modelis ir parametų įverčiai bus atitinkamai nekorektiški. Tiesa, priešingu atveju, kai p reikšmei esant pakankamai didelei, tai dalis vertinamų parametų bus lygūs nuliui. Tokia savybė iš esmės menkina įverčių efektyvumą (papildomų parametų įvertinimas mažina laisvės laipsnių skaičių) (Shumway, 2011).

p parametro identifikavimas priklauso nuo tinkamumo analizės. Pirmiausia, VAR paklaidos yra baltasis triukšmas. Neautokoreliuotumas - minimalus reikalavimas, kurį formuojamo VAR modelio liekanos turi tenkinti. Taip pat adekvataus modelio paskutiniojo vėlavimo p matrica A_t turi būti nenulinė. Taip, adekvatumo tikrinimas ir vėlavimo eilės parinkimas yra glaudžiai susiję. Nekorektiškas modelio formulavimas atitinkamai veikia ir parametų įverčių savybes bei rezultatus (Stabingienė). Pagrindiniai būdai, naudojami parenkant VAR eilę: nuoseklus hipotezės apie paskutinio vėlavimo parametų matricos ne reikšmingumą tikrinimas bei informaciniai kriterijai.

3.4. Autoregresinis integruotas slenkamojo vidurkio modelis

Statistiniai laiko eilučių metodai, naudojami, siekiant įvertinti ilgalaikės ATL prekybos sistemos perspektyvas: ARMA (angl. Autoregressive Moving Average), ARIMA (angl. Autoregressive Integrated Moving Average). ARMA metodas, naudojamas, kai yra tiesinis ryšys tarp prognozuojamos vertės ir pačios prognozės, taip yra randama tiesinė priklausomybė tarp ATL prekybos sistemos kintamųjų, tuomet galima prognozuoti ateities perspektyvas. Šį modelį sudaro dvi dalys: kintamo vidurkio (angl. Moving Average) dalis ir autoregresyvi (angl. Autoregressive) dalis. Šio metodo pagalba bus prognozuojami statiniai statistiniai duomenys.

ARIMA - metodas, kurio metu vertiname integruotą autoregresyvų kintamojo vidurkį. ARIMA iš esmės nedaug skiriasi nuo ARMA. Jis padeda integruoti dinaminę modelio dalį ir ją

pakeisti į statinę. Šis metodas naudojamas tuomet, kai nėra duomenų statiškumo. Autoregresinio integruoto slenkamojo vidurkio (toliau ARIMA) modelio pagrindinė reikšmė ir tikslas - sujungti autoregresijas, diferencijavimo ir slenkamojo vidurkio metodų galimybes. Visos sudėtinės modelio dalys yra paremtos nepaaiškinto išsibarstymo (atsitiktinio triukšmo). Apibendrintas ARIMA modelis apima visas tris dalis ir yra užrašomas taip: ARIMA (p, d, q), kur p – autoregresijos eilė, d – diferencijavimo eilė, q – slenkamųjų vidurkių narių skaičius [6,51,52,17].

3.5. Apibendrintas autoregresinis sąlyginio heteroskedastiškumo modelis

1986 m. Bollerslev išplėtojo Engle pristatytą ARCH modelį, suteikdamas galimybę heteroskedastišką šokų dispersiją traktuoti ne tik kaip autoregresinį, bet kaip mišrų ARMA procesą. GARCH modelis (angl. Generalized AutoResrptive Conditional Heteroskedasticity) - modelis yra populiariausias ir dažniausiai naudojamas modeliuojant ir prognozuojant nepastovumą. Heteroskedastiškumas – viena svarbiausių savybių nestacionarių laiko eilučių prognozavime. Kitaip tariant, prognozavime atkreipiamas dėmesys savybę, jog stebėjimai skirtingais laiko momentais turi nepastovias dispersijas. Siekiant tiksliai suformuoti Europos Sąjungos apyvartinių taršos leidimų ir kitų kintamųjų, veikiančių kainos svyravimus, kainos dinamikos modelius reikia ištirti bendrąją modelio struktūrą. Pats paprasčiausias apibendrintas ARCH arba GARCH(p,q) yra užrašomas:

$$h_t = \omega + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-1}^2 + \sum_{i=1}^p \beta_i h_{t-1}^2 \quad (2.17)$$

Kitaip tariant, Pirmoji eilė susijusi su slankiųjų vidurkių dedamąja $\beta_i h_{t-1}$, o antroji su autoregresine dedamąja $\alpha_i \varepsilon_{t-1}^2$. Tokiame modelyje sąlyginė dispersija h_t yra ne tik $t - 1$ laikotarpio šokų, bet ir $t - 1$ laikotarpio sąlyginės dispersijos funkcija.

Čia q yra šokų kvadratų vėlavimų arba autoregresinė nepastovios dispersijos eilė, o p yra sąlyginių dispersijų vėlavimų arba slankiųjų vidurkių eilė. Jeigu $p = 0$, tai turimas GARCH(0,q) yra iš tiesų ARCH(q) modelis. Nauda, kurią suteikia GARCH modeliai yra ne tik ta, kad įtraukiant slankiųjų vidurkių dėmenis galima geriau aprašyti patį procesą, bet ir ta, kad bet kokiam aukštesnės eilės ARCH modeliui galima surasti žemesnės eilės GARCH reprezentaciją, kuri gali padėti išvengti modelio perparametrizavimo. Tais atvejais, kai poveikis trunka daugiau nei vieną periodą, į lygtis reikia įtraukti ne tik $t - 1$ laikotarpio reikšmes. Jeigu bent vienas iš čia esančių koeficientų bus statistiškai reikšmingas, GARCH modelį reikėtų praplėsti slenkstiniais efektais.

Nors klasikiniai GARCH tipo modeliai pakankamai adekvačiai aprašo kai kuriuos stilizuotus faktus, tačiau nemažai finansinėse rinkose stebimų reiškinių, tarp jų ir kainų kitimas, yra nepilnai atspindimi. Todėl buvo pasiūlyta nemažai sąlyginio heteroskedastiškumo modelių modifikacijų. Tolesnėje tyrimo eigoje bus taikoma:

- Integruotas GARCH modelis (IGARCH);
- Slankusis GARCH modelis (TGARCH);
- Paprastasis GARCH modelis (fGARCH).

GARCH proceso tyrimai vykdomi prisilaikant analogiškos ARCH proceso tyrimui procedūros. Vienintelis skirtumas yra tas, kad surandamas geriausias šokus reprezentuojantis ARMA procesas, o ne AR procesas.

4. TIRIAMOJI DALIS

Duomenų, susijusių su apyvartiniais taršos leidimais, jų kainos analizei atlikti ir kainų prognozių formavimui taikyti laiko eilučių modeliai. Laiko eilučių stacionarumui (nustatoma ar stebima laikinė seka turi vienetinę šaknį) tikrinti naudotas Dickey–Fuller testas. Regresinės analizės metu buvo nustatomas ryšio reikšmingumas tarp kintamųjų. Tai atlikta, integruojant į tyrimą, Pearsono koreliacijos koeficientų reikšmių vertinimą. Linijinis modelis naudotas padėjo sudaryti regresijos modelius. Atitinkamai padėjo apskaičiuoti standartizuotus regresijos koeficientus. Taip pat atliktas Breušo – Pagano testas, skirtas tikrinti kintamųjų heteroskedastiškumo prielaidą. Tyrimo metu - kuriamos laiko eilučių prognozės. Modeliuojant duomenis, jiems pritaikant eksponentinio glodinimo metodą buvo naudotos funkcijos, kurių pagalba automatiškai parenkami eksponentinio glodinimo parametrai ir tinkamas modelis, įskaitant ir adityviojo ar multiplikatyviojo varianto parinkimą. Vėliau sekė kainų prognozės formavimas.

Renkant laiko eilutėms tiksliausių vektorinės autoregresijos modelį - naudojamas Akaike arba Schwarz'o kriterijaus reikšmes parenkamas modelio parametras. Verta paminėti, jog buvo atliktas Portmanteau testas. Tokio pobūdžio testas leidžia įvertinti modelio tinkamumui, naudojimo tikslumui. Apskaičiuotos atvirkštinių šaknų reikšmės, kurių pagalba tikrinamas modelio stacionarumas. Vėliau - atliekama laiko eilutės prognozė ateičiai.

ARIMA modelių parinkimui naudojama funkcija, kur pagal Akaike kriterijaus įverčius yra parenkamas tiksliausias ARIMA modelis. Tyrime grafiškai vaizduojamos laiko eilutės ir jų prognozės grafikas.

Tyrimui buvo naudoti internetinėje erdvėje pasiekiami duomenys, t.y. Apyvartinių Taršos Leidimų bei anglies kainos iš puslapio markets.businessinsider.com, gamtinių dujų ir elektros kainos - ec.europa.eu, BRENT žaliavinės naftos kainos bei Europos ekonomikos akcijų rinkos indeksas - www.investing.com [1,7,17,25].

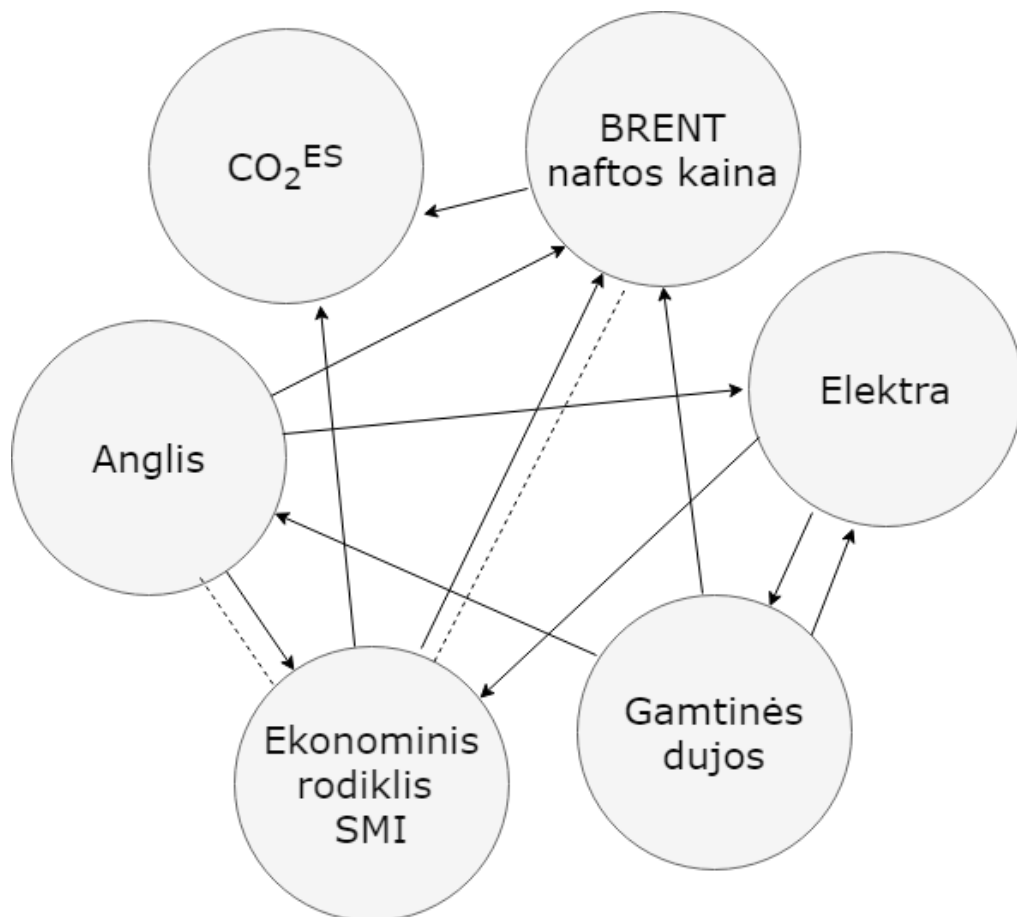
Europos ekonomikos akcijų rinkos indeksas Ketvirtinės istorinės ES ATL kainos, analizei naudojami duomenys apima laikotarpį nuo 2008 m. sausio iki 2019 m. gruodžio. Įtraukti kintamieji:

- Apyvartinių Taršos Leidimų kainos
- Gamtinių dujų kainos;
- Anglies kainos;
- Elektros kainos;
- BRENT žaliavinės naftos kainos;

- Europos ekonomikos akcijų rinkos indeksas (angl. EURO STOXX 50 Stock Market Index).

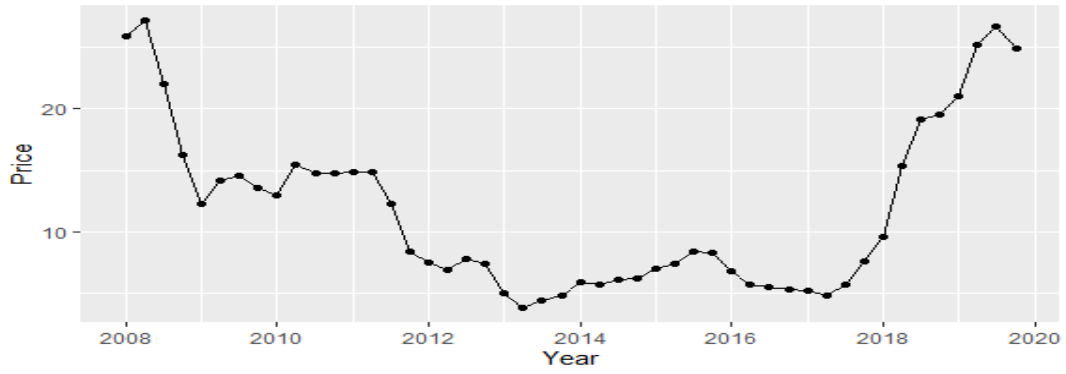
Šių rodiklių pagalba galima stebėti Europos Sąjungos ATL sistemos ilgalaikę perspektyvą, numatyti, būsimas tendencijas.

Europos Sąjungos Apyvartinių Taršos Leidimų kainų prognozių sudarymo tyrimas suskirstytas į keletą tarpusavyje susijusių dalių ir išsikeltos sekančios hipotezės: remiantis istoriniais duomenimis gaunami reikšminiai ES ATL rodikliai. ES Apyvartinių taršos leidimų atitinkamų kintamųjų (Brent, gamtinių dujų, anglies, elektros kainos bei akcijų rinkos indeksas) kainų pokyčiai leidžia išvelgti sistemos dinamiką, nagrinėjamų kintamųjų poveikį trumpalaikėms ateities kainų perspektyvoms.

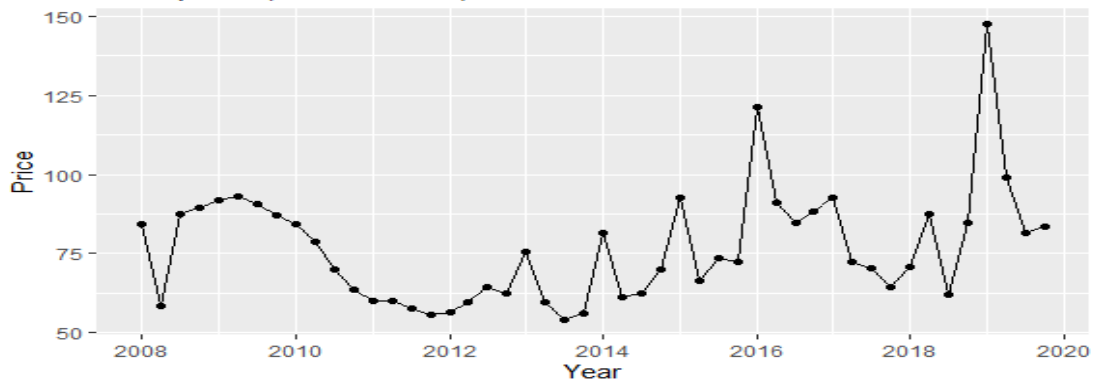


8 paveikslas. Granger priežastingumo / bloko egzogeniškumo Wald testai ES ATL sistemai
Šaltinis: sudaryta autorės, remiantis Sousa R. (2015) analize.

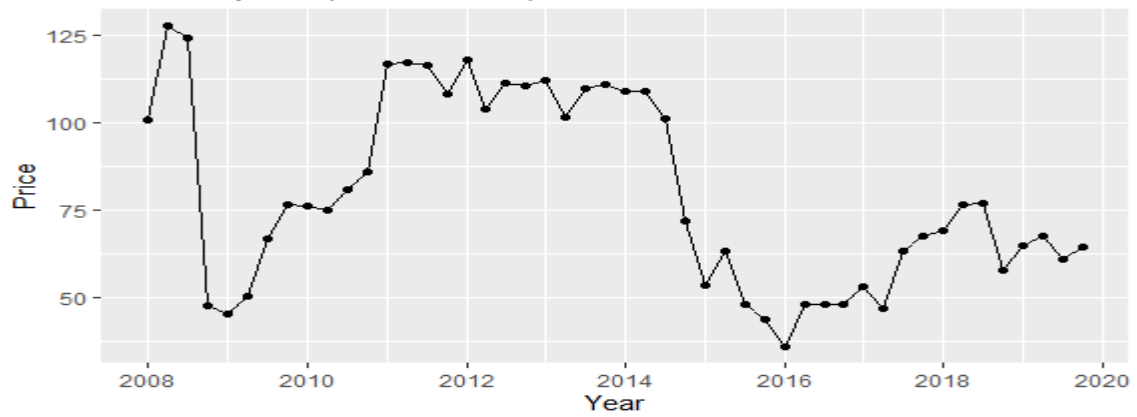
EUA price (2008 - 2019)



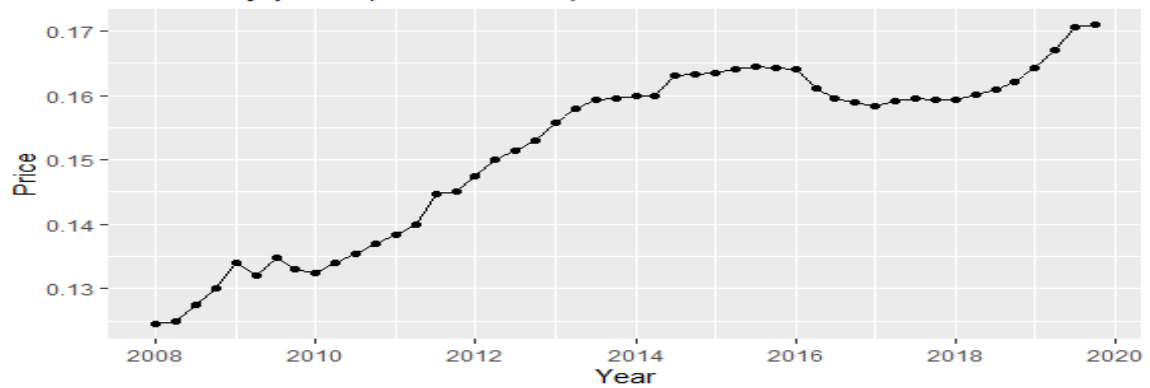
Coal price (2008 - 2019)

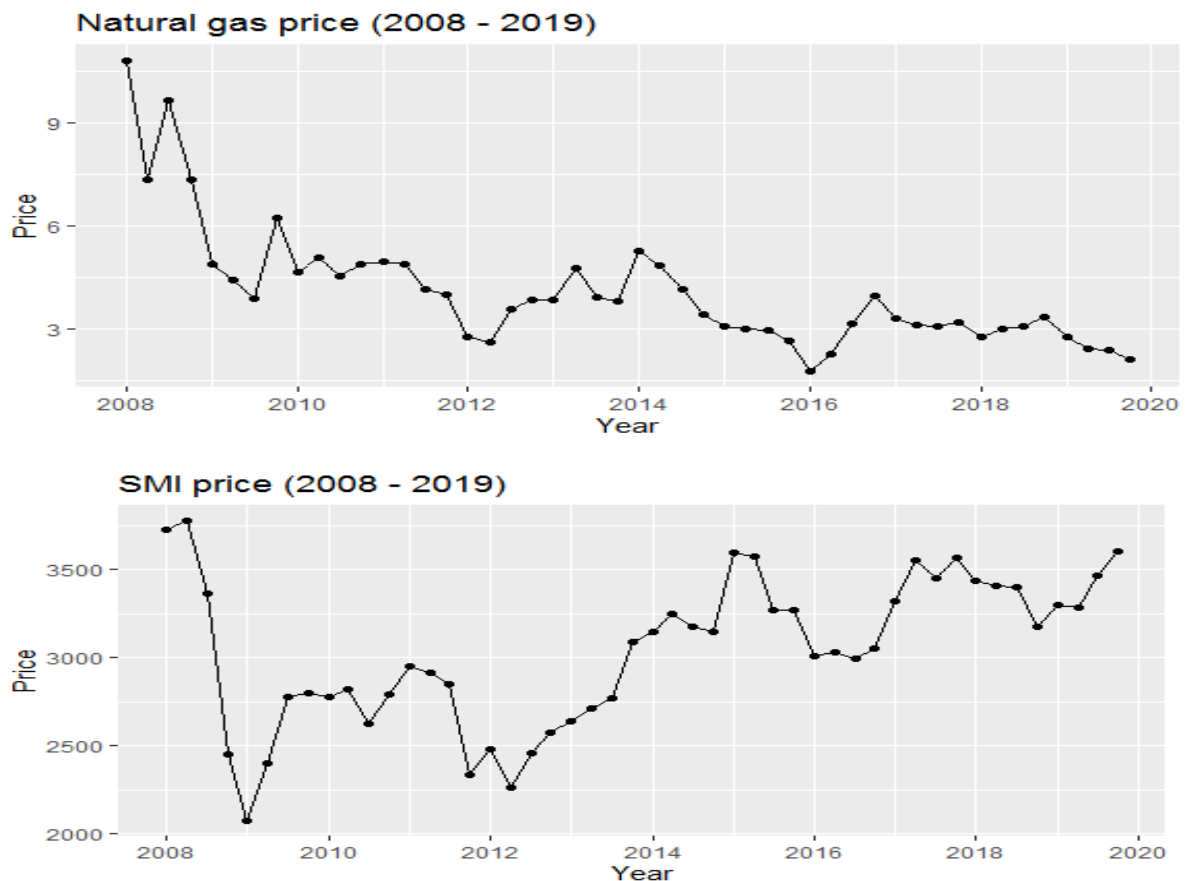


BRENT price (2008 - 2019)



Electricity price (2008 - 2019)





9 paveikslas. Tyrime naudojamų kintamųjų, lemiančių ES ATL kitimą kainų dinamikos grafikai, t.y. (a) ES ATL kainos dinamika (EUA), (b) anglies kainos dinamika, (c) BRENT naftos kainos dinamika, (d) elektros kainos dinamika, (e) gamtinių dujų, (f) Europos ekonomikos akcijų rinkos indeksas.

Šaltinis: sudaryta autorės

Analizuojant grafinius duomenis 9 paveiksle, galime daryti išvadą, kad taršos rinkoje galioja skirtingos tendencijos. Rinka yra veikiama tų pačių istorinių ekonominių įvykių, tačiau duomenų grafinis vaizdas visų laiko eilučių yra iš esmės skirtingas.

4.1. ES ATL regresinė analizė ir eksponentinis glodinimas

Šioje dalyje nagrinėjama ES ATL kainos priklausomybė nuo anglies, elektros, gamtinių dujų bei Europos ekonomikos akcijų rinkos indekso naudojant regresinės analizės metodą. Analizuojant duomenis buvo atliktas duomenų stacionarumo testas, o siekiant pašalinti trendą laiko eilutės buvo diferencijuojamos. Regresija turi prasmę tik tada, kai intervaliniai regresoriai pakankamai stipriai koreliuoja su priklausomu kintamuoju, ir pakankamai silpnai tarpusavyje

(Čekanavičius, 2011). Todėl pirmiausiai buvo atlikta kintamųjų koreliacinė analizė, duomenys pateikiami antroje lentelėje.

2 Lentelė

ES ATL ir ši rodiklį veikiančių faktorių koreliacijos reikšmės.

ES ATL					
	EUA	Coal	Electricity	Natural Gas	SMI
Coal	-0.16966566				
Electricity	0.08695424	0.10181518			
Natural Gas	-0.20128924	0.07372679	-0.22974651		
SMI	0.51531414	-0.11865611	0.16662098	-0.18979406	
Brent	0.39007946	-0.19327267	0.13635271	-0.15825969	0.5703049

Šaltinis: sudaryta autorės

Gauta koreliacijų lentelė rodo, kad tarp ES ATL (EUA) kainų, Europos ekonomikos akcijų rinkos indekso (SMI) ir BRENT naftos kainos yra stipri teigiama. Koreliacijoje tarp EUA kainos, gamtinių dujų bei anglies kainos pastebimas silpnas koreliacinis ryšys. Mažiausiai įtakos apyvartinių taršos leidimų kainai turi elektros kaina, nes ryšys labai silpnas. Patys regresoriai tarpusavyje koreliuoja silpnai, todėl multikolinearumo problema neturėtų kilti.

Įvertinant ar visos koreliacijos yra statistiškai reikšmingos reikia apskaičiuoti t kriterijaus p – reikšmes, jos pateikiamos antroje lentelėje. Antroje lentelėje esantys duomenys rodo, jog ES ATL ir anglies, elektros ir gamtinių dujų koreliacinis ryšys yra statistiškai nereikšmingas, nes p – reikšmės yra didesnės už 0,05. Remiantis 2 ir 3 lentelėse pateiktais duomenimis regresijos modelis ES ATL esminiam rodikliui prognozuoti bus sudaromas įtraukiant SMI ir BRENT naftos kainos regresorius. Gamtinių dujų, elektros ir anglies regresorius atmetame.

3 Lentelė

ES ATL kainų ir jas veikiančių faktorių p – reikšmės.

ES ATL					
	EUA	Coal	Electricity	Natural Gas	SMI
Coal	0.2542				
Electricity	0.1749	0.6224			
Natural Gas	0.5611	0.4959	0.1203		
SMI	0.0002	0.427	0.2013	0.2630	
Brent	0.0067	0.193	0.288	0.3608	0.000

Šaltinis: sudaryta autorės

4 Lentelė

Determinacijos koeficiento reikšmės regresijos modeliams.

Modelis	ES ATL
$a + b_1 * SMI + b_2 * Brent$	0.2793
$a + b_1 * SMI$	0.2655
$a + b_2 * Brent$	0.1522

Šaltinis: sudaryta autorės

Analizuojant įvairius regresijos modelius buvo apskaičiuotos determinacijos koeficientų reikšmės, kurios leidžia pasirinkti tinkamiausią regresijos modelį. Pagal duomenis gautus 4 lentelėje galima daryti prielaidą, kad geriausias regresijos modelis ES ATL kainoms prognozuoti yra gaunamas, kai jame yra įtraukti du regresoriai, t.y. BRENT naftos kaina bei Europos ekonomikos akcijų rinkos indeksas. Remiantis aukščiau gautais duomenimis sudaroma regresijos lygtis:

$$EUA = 0.0050 + 0.003816 SMI + 0.019346 BRENT + \epsilon_i$$

Norint nustatyti, kuris regresorius įtakingesnis buvo apskaičiuoti standartizuoti beta koeficientai, rezultatai pateikiami ketvirtoje lentelėje. Šie duomenys rodo, kad pats įtakingiausias regresorius modeliuose yra SMI rodiklis, t.y. ES ATL kainos dinamiką labiausiai veikia Europos ekonomikos akcijų rinkos indekso pokyčiai. Šis teigiamas ryšys yra paaiškinamas, nes didėjant indeksui kainos kyla.

5 Lentelė

Determinacijos koeficiento reikšmės regresijos modeliams.

Regresorius	EUA
SMI	0.4320110
Brent	0.1425609

Šaltinis: sudaryta autorės

Taigi pagrindinės modelio charakteristikos rodo gerą modelio tinkamumą duomenims. Toliau - tikrinamos duomenų homoskedastiškumo prielaidų tenkinimas. Ar duomenys tam statistiškai reikšmingai neprieštarauja buvo tikrinama taikant Breušo – Pagano kriterijų, gauti duomenys pateikiami penktoje lentelėje. Nulinė šio kriterijaus hipotezė teigia, kad homoskedastiškumo prielaida galioja. Homoskedastiškiems duomenims p – reikšmė turi būti ne

mažesnė už 0.05 (Čekanavičius ir Murauskas, 2011). Lentelėje pateikta p – reikšmė didesnė už 0,05, todėl darome išvadą, kad duomenys statistiškai reikšmingai neprieštaruoja homoskedastiškumo prielaidai.

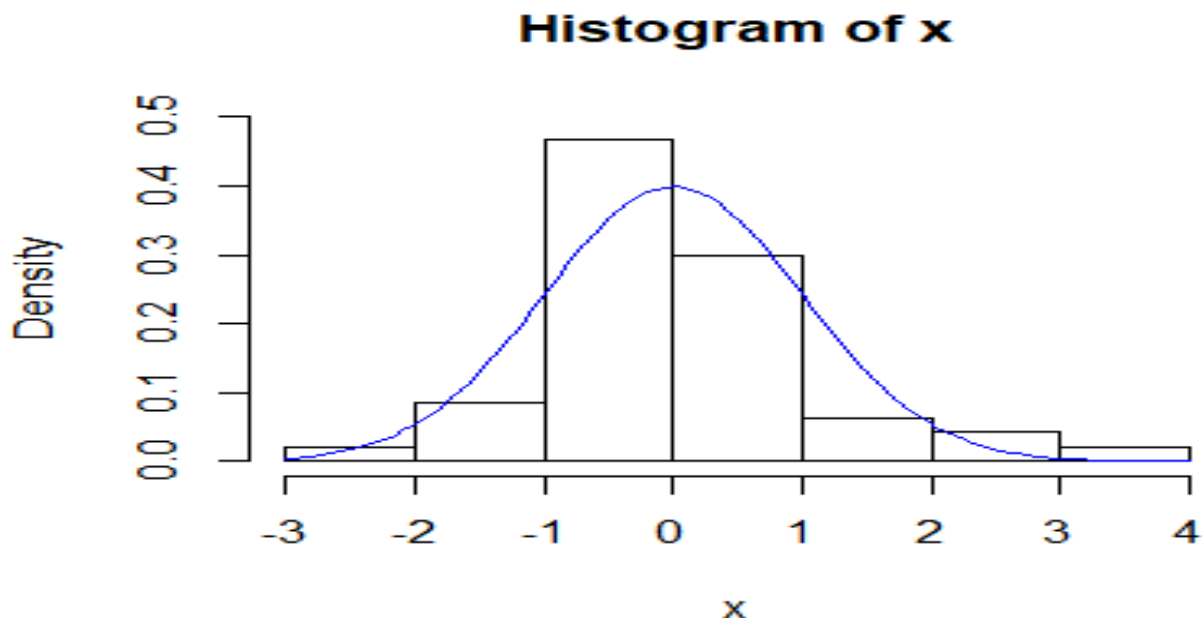
6 Lentelė

Determinacijos koeficiento reikšmės regresijos modeliams.

	ES ATL
X ₂ reikšmė	2.6207
p – reikšmė	0.2697

Šaltinis: sudaryta autorės

Gautos histogramos ir kvantilio grafikai rodo liekamųjų paklaidų normalumą. Šapiro – Wilko testo duomenys patvirtina, kad paklaidos turi normalųjį skirstinį, nes p – reikšmė yra lygi 0,05.

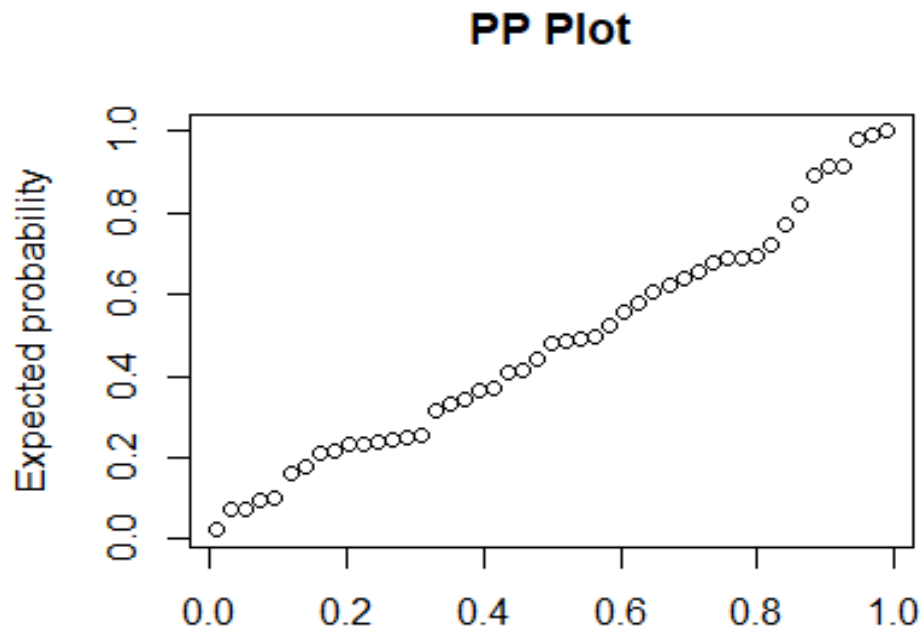


10 paveikslas. ES ATL kainos prognozės paklaidų histograma

Šaltinis: sudaryta autorės

Galimas regresorių multikolinearumas buvo tikrinamas surandant dispersijos mažėjimo daugiklius. Gauti rezultatai patvirtina, kad tarp regresorių multikolinearumo nėra, nes visos reikšmės mažesnės už 4, t.y. visiems regresoriams $VTI = 1.482025$. Gautų modelių tikslumą paprasčiausia palyginti braižant grafikus, t.y. modelio generuojamas reikšmes palyginant su tikrosiomis kainų reikšmėmis, gauti rezultatai pateikiami 8 paveiksle. Gauta Bokso – Ljungo

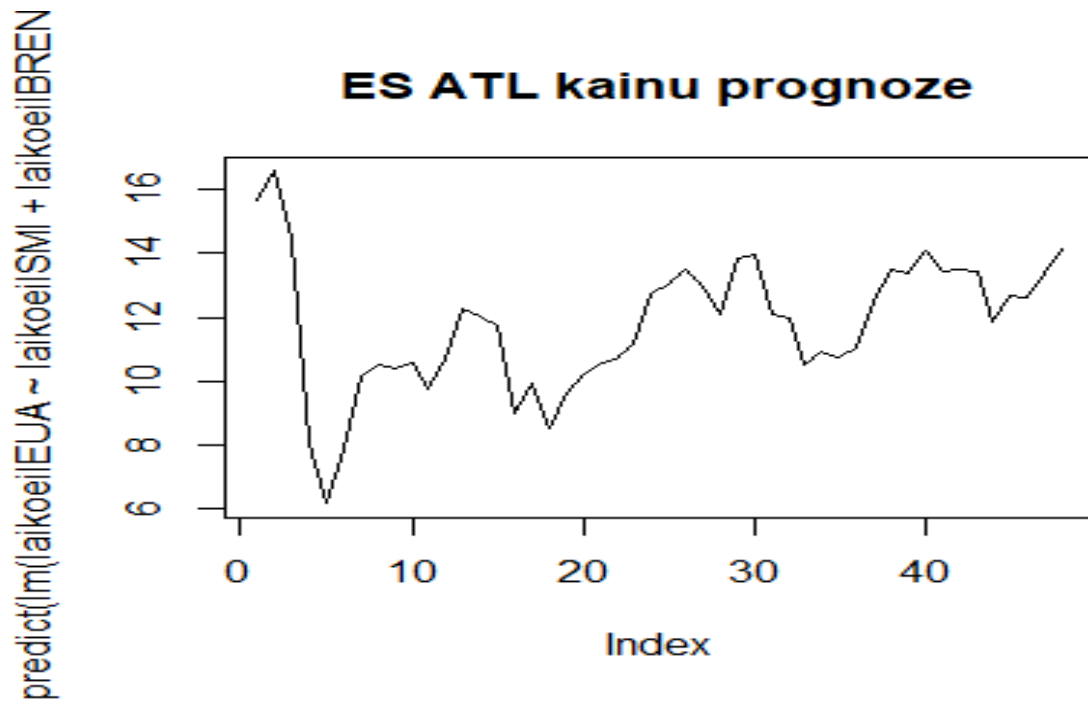
testo p – reikmė = 0.07281 patvirtina, kad prognozuojamos paklaidos yra nulinės autokoreliacijos, nes yra ne mažesnės nei 0,05.



11 paveikslas. ES ATL kainų paklaidų P- P grafikas

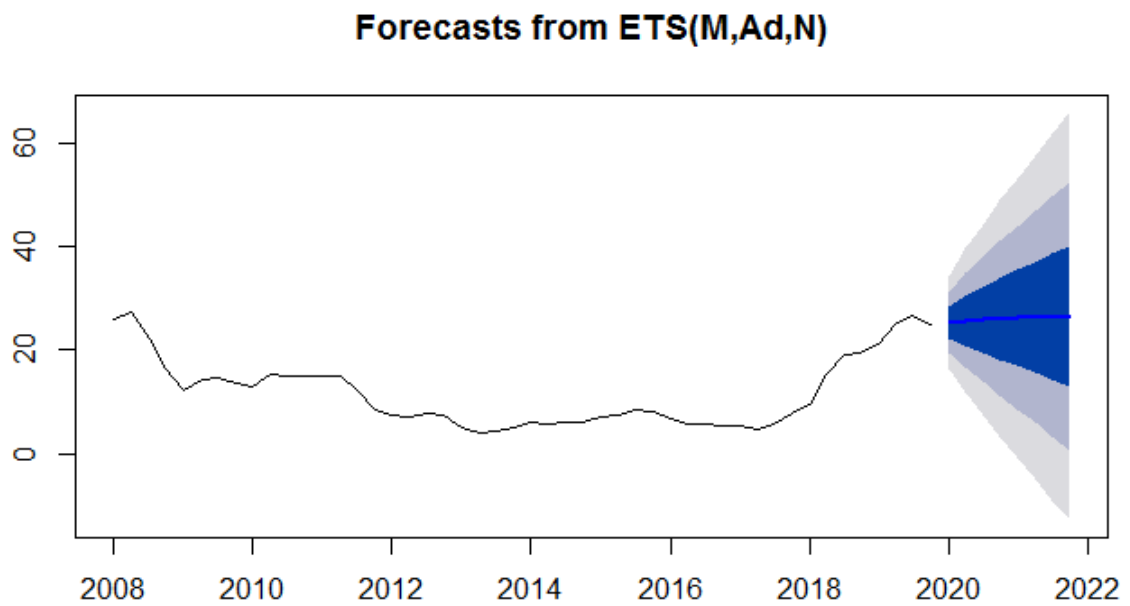
Šaltinis: sudaryta autorės

12 paveiksle matoma sudaryto modelio Europos Sąjungos apyvartinių taršos leidimų kainos prognozė. Prekybos sistemos leidimo kainai įtaką daro ir iš esmės ją modelyje formuoja du esminiai, identifikuoti, kaip veikiančios kainos dinamika, kintamieji, t.y. SMI bei BRENT kaina. Grafike vaizduojama kainos dinamika, ketvirčiais skirstomoje laiko imtyje. Tikslesnė prognozuojama kaina matoma 13 paveiksle, kur prognozuojama kintamojo reikšmė, turėtų siekti apie 25Eur. Atitinkamai vaizduojamos 2020-2022 metų kainų tikimybės 50proc., 80proc. bei 95proc. prognozės.



12 paveikslas. ES ATL kainos prognozuojamos reikšmės

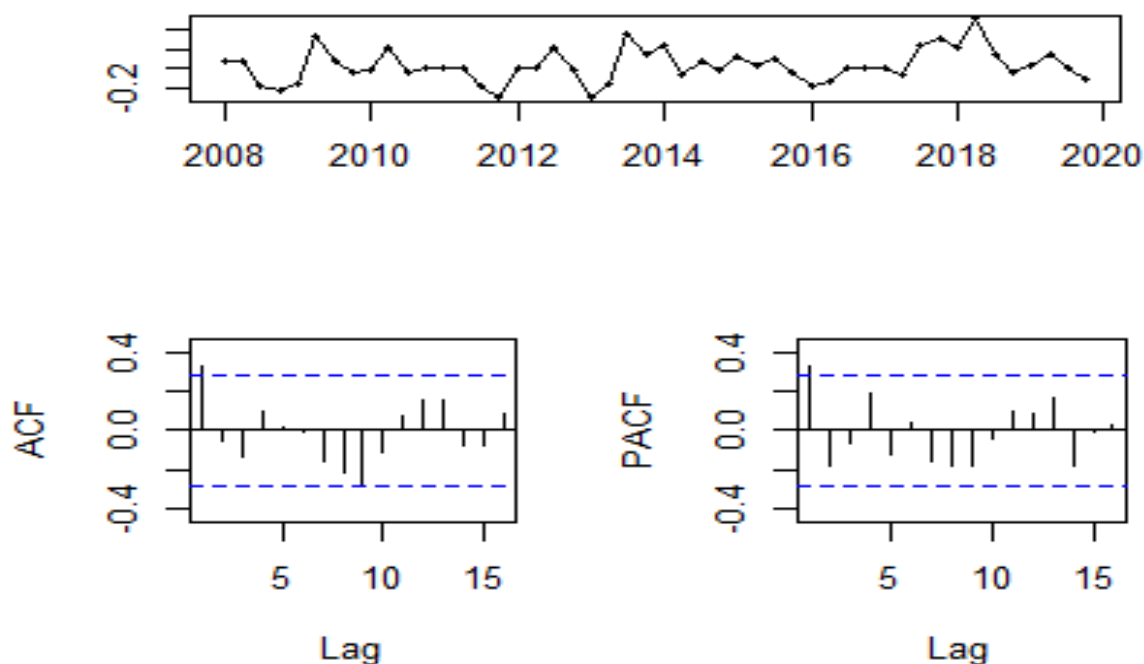
Šaltinis: sudaryta autorės



13 paveikslas. ES ATL kainos trumpalaikė prognozė

Šaltinis: sudaryta autorės

ES ATL liekamosios paklaidos



14 paveiklas. ES ATL eksponentinio glodinimo prognozių paklaidų, autokorelogramos ir dalinės autokorelogramos grafinis vaizdas

Šaltinis: sudaryta autorės

Apibendrinant, matoma, jog nustčius pasirinktų laiko eilučių nestacionarumą buvo atliktas laiko eilučių diferencijavimas. Kartu tyrime atliktas eksponentinis glodinimas, kuriuo išryškintos laiko eilučių sisteminės komponentės ir pašalinti atsitiktiniai svyravimai. Gauta kainos prognozės Bokso – Ljungo testo p – reikmė apyvarstinio taršos leidimo kintamajam (p -value = 0.1885) patvirtina, kad prognozuojamos paklaidos yra nulinės autokoreliacijos, nes yra ne mažesnės nei 0,05. Todėl galime teigti, kad ES ATL kainos trumpalaikė prognozė yra pakankamai tiksli.

4.2. Vektorinės autoregresijos modeliai

Nagrinėjamos duomenų imtys yra suskirstytos ketvirčiais, todėl pasirenkamas maksimalus vėlinimų ilgis yra dešimt mėnesių. Į modelį įtraukiami šie endogeniniai kintamieji: anglies, BRENT, gamtinių dujų bei Europos ekonomikos akcijų rinkos indekso kainos.

Parenkant tinkamiausią VAR modelį remiamasi Akaike (AIC), Švarco (SC) kriterijų ir baigtinės prognozavimo paklaidos (FPE) reikšmėmis. Lentelėje pateiktos rodiklių reikšmės.

Tinkamiausio VAR modelio determinuotumo rodiklių, t.y. AIC, SC ir FPE reikšmės yra mažiausios.

Sudarome VAR modelius su tam tikru vėlinimų ilgiu. Modelio eilės pasirinkimo principas yra toks: reikalingas žemiausios eilės VAR'as, kuriame paklaidos tenkina baltojo triukšmo reikalavimus. Jeigu sudarius VAR(1) modelį paklaidos nors vienoje lygtyje autokoreliuoja, sudaromas viena eile aukštesnis. Jeigu paklaidos ir jame koreliuoja, sudaromas dar viena eile aukštesnis VAR'as, kol nesurandamas toks, kuriame paklaidos yra baltasis triukšmas.

Remiantis gautais determinacijos rodikliais, matoma, jog galimi trys parinkimo variantai, t.y. VAR(1), VAR(3) bei VAR(5). Daryti prielaida, kad tiksliausias nagrinėjamiems duomenims yra VAR(1) modelis. Šio modelio tinkamumą pagrindžia Schwarz'o kriterijus. Baigtinė prognozavimo paklaida siūlo rinktis VAR(3) modelį, Akaike – VAR(5).

7 Lentelė

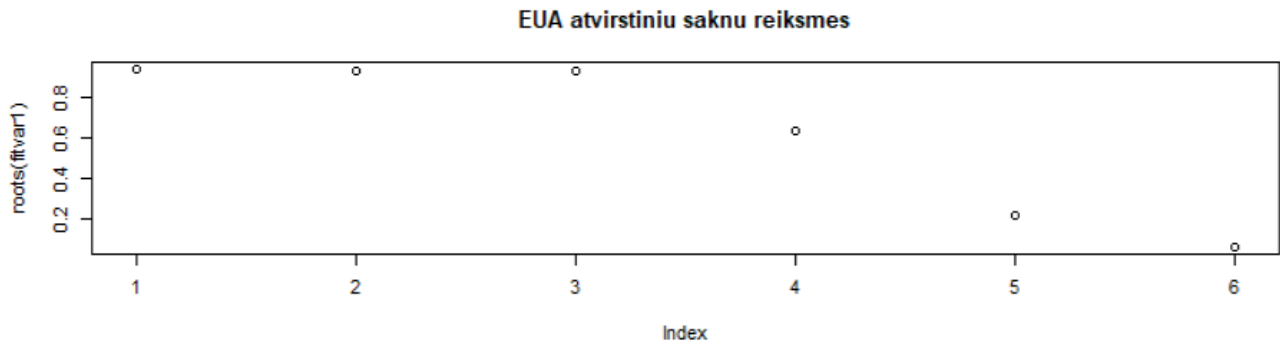
VAR modelių AIC, SC ir FPE kriterijų reikšmės

	AIC	SC	FPE
VAR(1)	8.487951	9.977382	4913.576310
VAR(2)	7.999402	10.978264	3286.408026
VAR(3)	7.356898	11.825191	2234.527478
VAR(4)	7.519209	13.476933	4711.509621
VAR(5)	6.434030	13.881185	5503.601314

Šaltinis: sudaryta autorės

VAR modelio stacionarumas tikrinamas skaičiuojant atvirkštines šaknis. Jei atvirkštinių šaknų reikšmės yra ne didesnės už vienetą galime teigti, kad sudarytas VAR modelis yra stacionarus. Paveiksle pateikiamos, atvirkštinių šaknų reikmės, kurios patvirtina modelio VAR(1) stacionarumą, nes yra ne didesnės už 1.

VAR (1) modelio adekvatumui įvertinti analizuojamos modelio paklaidos. Remiantis duomenimis pateiktais lentelėje modelis yra adekvatus. Pormanteau testo p – reikšmė yra nemažesnė už 0,050 (šiuo atveju p = 0,2194), todėl modelių paklaidos yra baltasis triukšmas. Bokso – Ljungo testo p – reikšmė (p-value = 0.02206) paneigia modelio paklaidų neautokoreliuotumą.



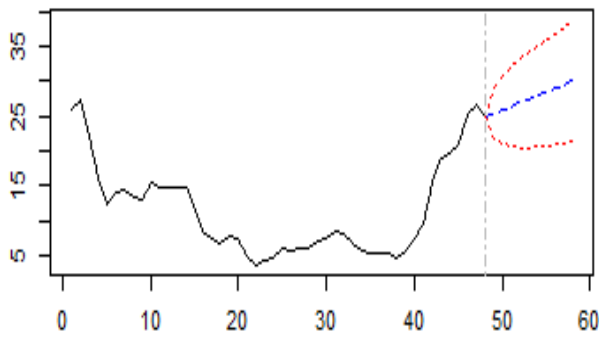
15 paveiklas. ES ATL kainų VAR(1) modelio atvirkštinių šaknų reikšmės

Šaltinis: sudaryta autorės

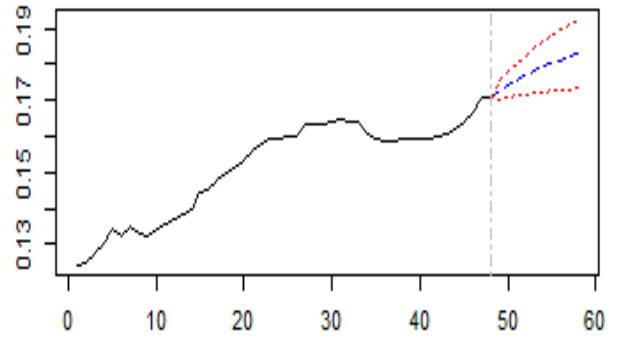
Bendrosios pusiausvyros analizėje, bet kuris atskirai paimtas kintamasis turi poveikį visiems kitiems kintamiesiems. Dėl šios priežasties visus kintamuosius reikia traktuoti kaip endogeninius ir vienas kitą paaiškinančius. Atitinkamai, tokiose lygčių sistemose turi būti tiek lygčių, kiek yra kintamųjų. Jose kiekviena, atskirai paimta, lygtis aprašo vieno iš sistemos kintamųjų formavimąsi ir kiekvienoje, atskirai paimtoje, lygtyje nepriklausomais kintamaisiais yra specifikuoti visų sistemoje esančių kintamųjų vėlavimai ir dažnai likusių kintamųjų esamosios reikšmės.

Kiekvieno, atskirai paimto, sistemos nario elgesys yra aprašomas jo paties ir likusių sistemos narių vėlavimų pagalba. VAR modeliuose, visi sistemos kintamieji yra endogeniniai ir visi jie yra traktuojami kaip savo paties ir likusių kintamųjų vėlavimų funkcijos. Visus kintamuosius apjungiant į vieną vektorių, vektorius tampa savo elementų vėlavimų funkcija. Iš čia ir kildinamas tokių modelių pavadinimas.

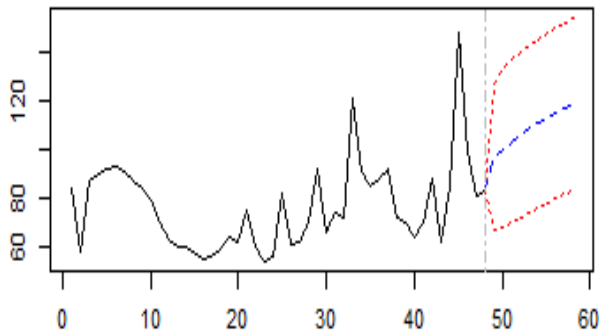
Forecast of series laikoeilEUA



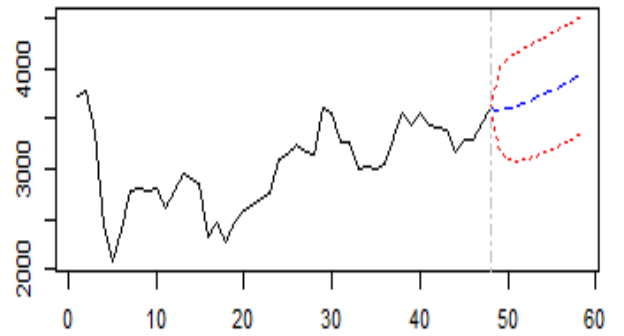
Forecast of series laikoeilELEC



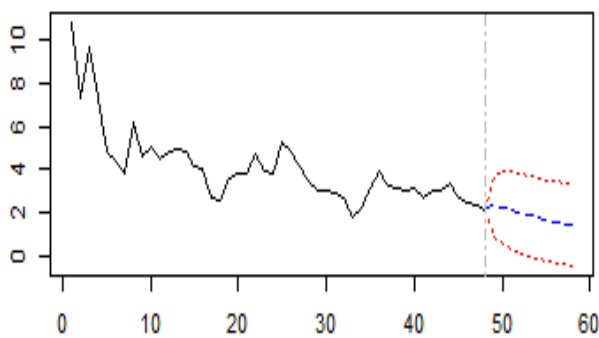
Forecast of series laikoeilCOAL



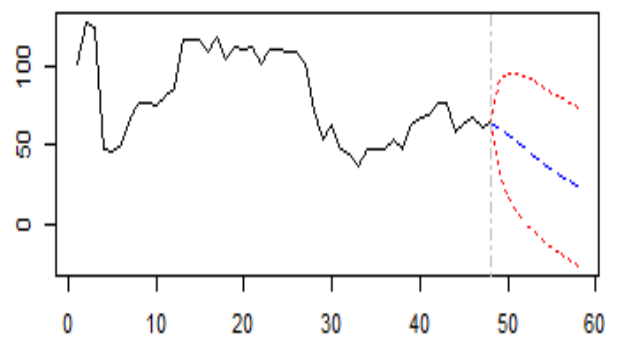
Forecast of series laikoeilSMI



Forecast of series laikoeilNATG



Forecast of series laikoeilBRENT



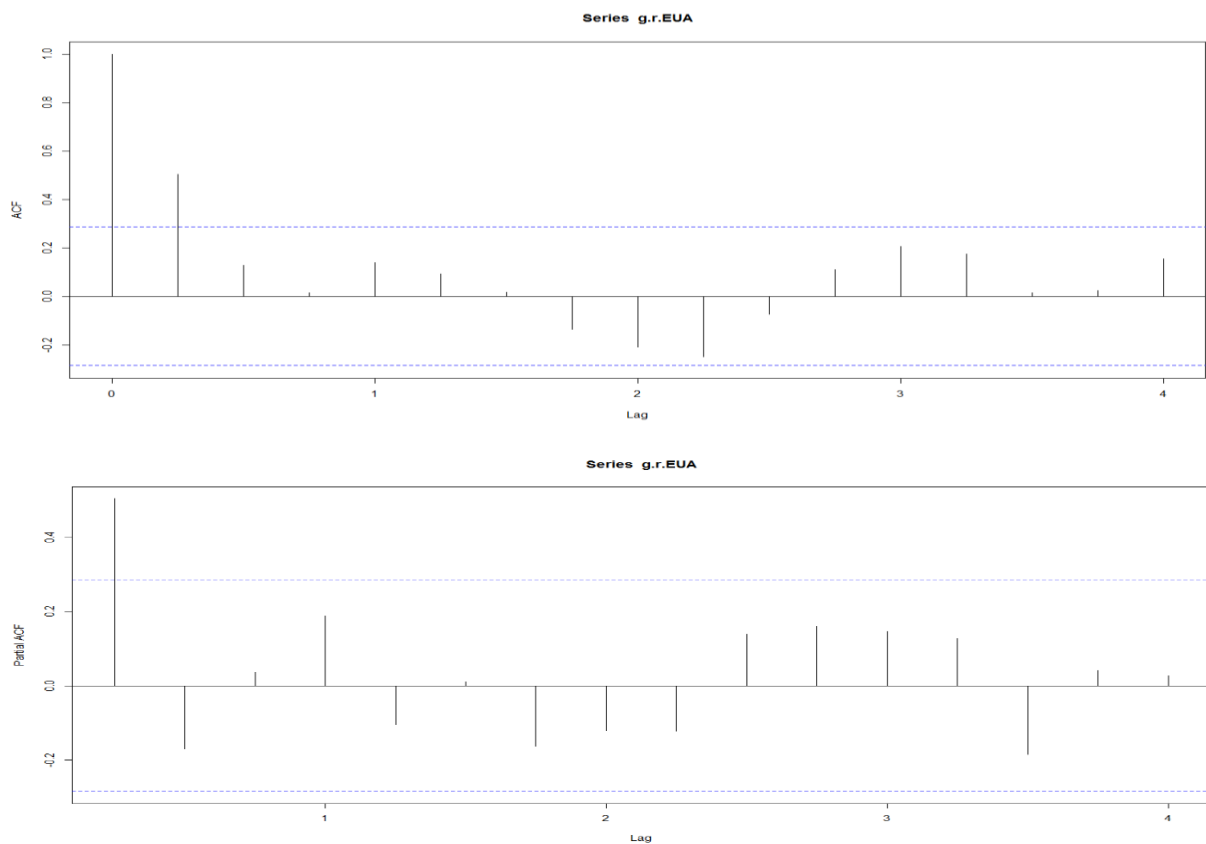
16 paveiklas. ES ATL kainų prognozė taikant VAR(1) modelį

Šaltinis: sudaryta autorės

4.3. Apibendrintas autoregresinis sąlyginio heteroskedastiškumo modelis

Apibendrintas autoregresinis sąlyginio heteroskedastiškumo modelis, t.y. GARCH modelio pritaikymui svarbu, esant poreikiui modifikuoti turimus kintamuosius. Europos Sąjungos apyvartinių taršos leidimų kainos rodiklis, kaip ir minėta ankstesnėse dalyse, yra nestacionarus. Todėl tinkamiausia - modifikuoti kintamąjį siekiamo modelio išraiškai. Šiuo atveju, iškeltas poreikis nestacionarią formą keisti stacionaria, tai buvo pasiekta naudojant augimo tempus. Norint gauti tinkamą ir modelyje pritaikomą išraišką, turimos pradinės kainos logaritmuojamos, vėliau - diferencijuojamos. Gautas kintamasis – heteroskedastiškas, todėl atmetama galimybė pritaikyti paprastuosius tiesinius modelius (pvz. ARMA).

Geriausio tiesinio modelio parinkimo vertinimui naudojami diagnostiniai testai. Modelio paklaidoms nagrinėti geriausia tinka autokorelograma ir dalinė autokorelograma (17pav.). Autokorelograma rodo, jog reikšminga pirmos eilės funkcija. Dalinėje autokorelogramoje matyti, jog reikšminga taip pat 1-osios eilės funkcija. Taip galime daryti išvadą, jog reikšmingiausias yra pirmas vėlavimas, jis kuriamoje prognozėje turės didžiausią įtaką, kainų pokyčiams.



17 paveikslas. ES ATL kainų autokorelograma ir dalinė autokorelograma

Šaltinis: sudaryta autorės

Taikoma ARMA modelio pirmos eilės autoregresija. AR (vidurkio modelis) modelio eilė, autoregresinių vėlavimų skaičius, slankiųjų vidurkių vėlavimo skaičius, integruotumo eilė parinkta remiantis Akaike mažiausiu (labiausia neigiamu) rodikliu. Jei kintamasis stacionarus, tai vidurinis kintamasis nulis, nuline eile integruotas. Tuo tarpu slankiojo vidurkio modelis: AR1 rodiklis statistiškai reikšmingas ir siekia - 0.4974075, kai standartinė paklaida - 0.1239022. Laisvasis narys -0.0011109, t.y. 0.1proc. vidutinė ketvirtinė grąža, o laisvojo nario standartinė paklaida 0.0422365.

Siekiant galutinai įsitikinti, jog GARCH modelis yra pritaikomas ir reikalingas turimai duomenų imčiai, analizuojant konkrečiai apyvartinių taršos leidimų kainas, atliekamas ARCH testas modelio paklaidoms (angl. residuals). Todėl taikoma procedūra, modelio trikdžių ištraukimui. Autokorelograma rodo, jog reikšmingų funkcijų nėra, todėl toliau tikrinamas poveikis paklaidų kvadratams.

Toliau tyrime analizuoti buvo paprastasis, integruotas ir slankusis GARCH, kai p ir q reikšmės modelyje – 1 ir 1. Tinkamiausias modelis, iš tarpusavyje lyginamų, parinktas pagal neigiamiausią Akaike reikšmę. Paprastasis GARCH -0.76516, integruotas GARCH -0.80490, slankusis GARCH modelis siekė -0.76107. Matoma, jog tinkamiausias apyvartinių taršos leidimų kainoms (kai kintamasis modifikuotas iki augimo tempų) yra integruotas GARCH modelis.

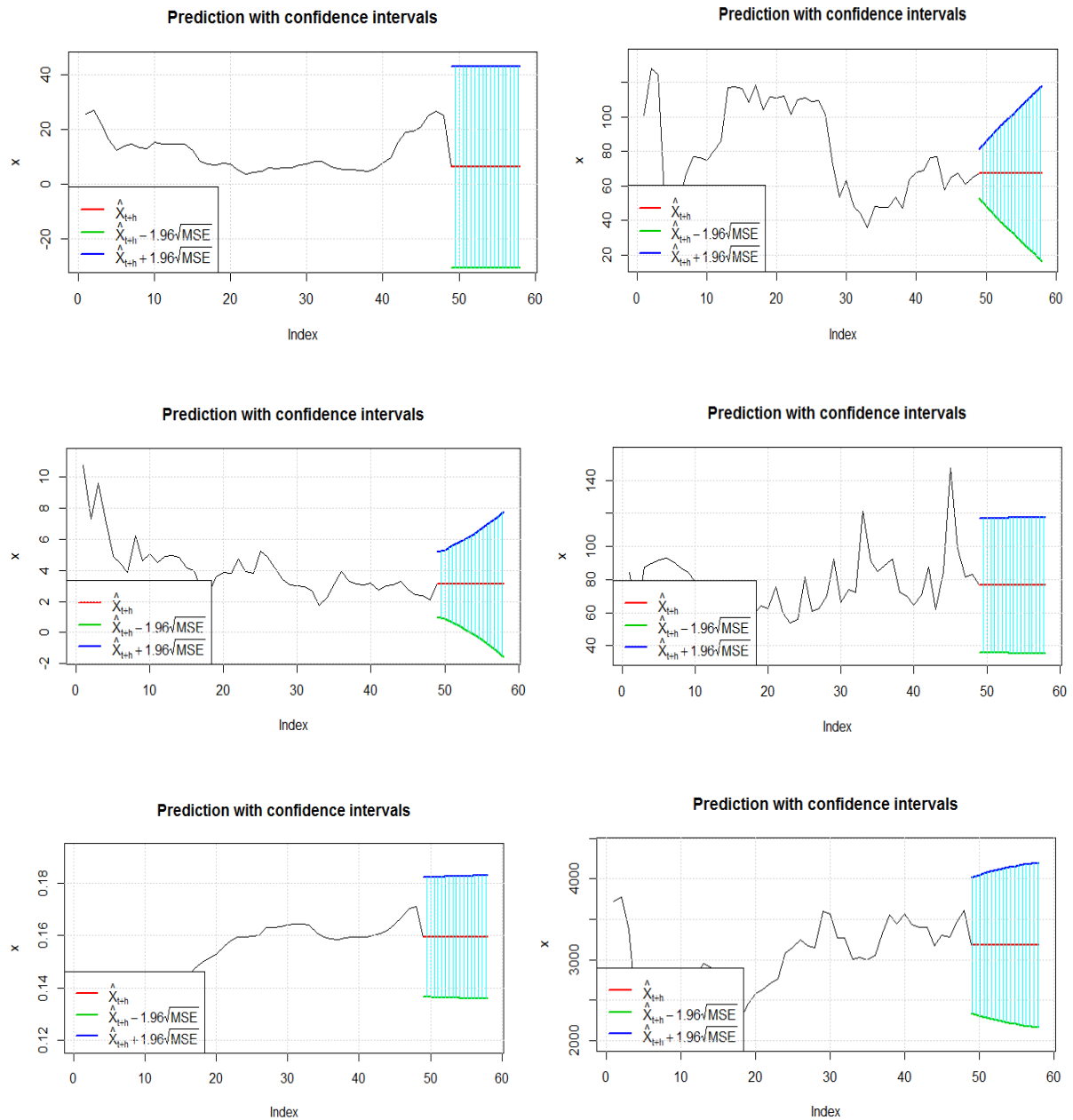
8 Lentelė

Akaike kriterijaus reikšmės GARCH modeliams.

	ES ATL	Anglis	Brent	Elektra	Gamtinės dujos	SMI
GARCH(1,1)	-28.11724	399.8438	386.7101	-443.1322	121.3577	-96.14937
GARCH(1,2)	-25.03484	391.4435	377.0691	-432.8811	117.4373	-93.11398
GARCH(1,3)	-23.65455	385.1796	347.9952	-421.6531	111.1707	-103.1138
GARCH(2,1)	-26.41283	391.4835	381.2682	-432.498	118.0433	-92.64312
GARCH(2,2)	-22.5017	392.915	379.3103	-430.7057	118.4698	-87.69108
GARCH(2,3)	-21.54145	386.6252	348.5686	-419.3542	111.9763	-101.1011
GARCH(3,1)	-25.43528	384.927	347.3635	-421.1222	113.268	-102.5689
GARCH(3,2)	-22.05059	386.4312	348.5145	-419.4443	114.3589	-101.0772
GARCH(3,3)	-19.4641	388.1774	349.5767	-417.2467	112.8276	-98.83889

Šaltinis: sudaryta autorės

Papildomai suformuota apyvartinių taršos leidimų ir kitų tyrime analizuojamų kintamųjų GARCH AIC reikšmės. Jos vaizduojamos 7 lentelėje. Naudojant GARCH modelį, kurio pagalba suformuojamos kainų prognozės, rezultatų tinkamumas tikrinamas, remiantis Akaike kriterijaus reikšmėmis. Kai parenkami kintamųjų kainų laiko eilučių prognozavimui GARCH modeliai. Remiantis GARCH p ir q reikšmėmis, sudaromos kintamųjų kainų prognozės, grafiškai vaizduojamos 18 paveiksle:



18 paveiklas. Nagrinėjamų kintamųjų kainų prognozė, taikant GARCH modelį

Šaltinis: sudaryta autorės

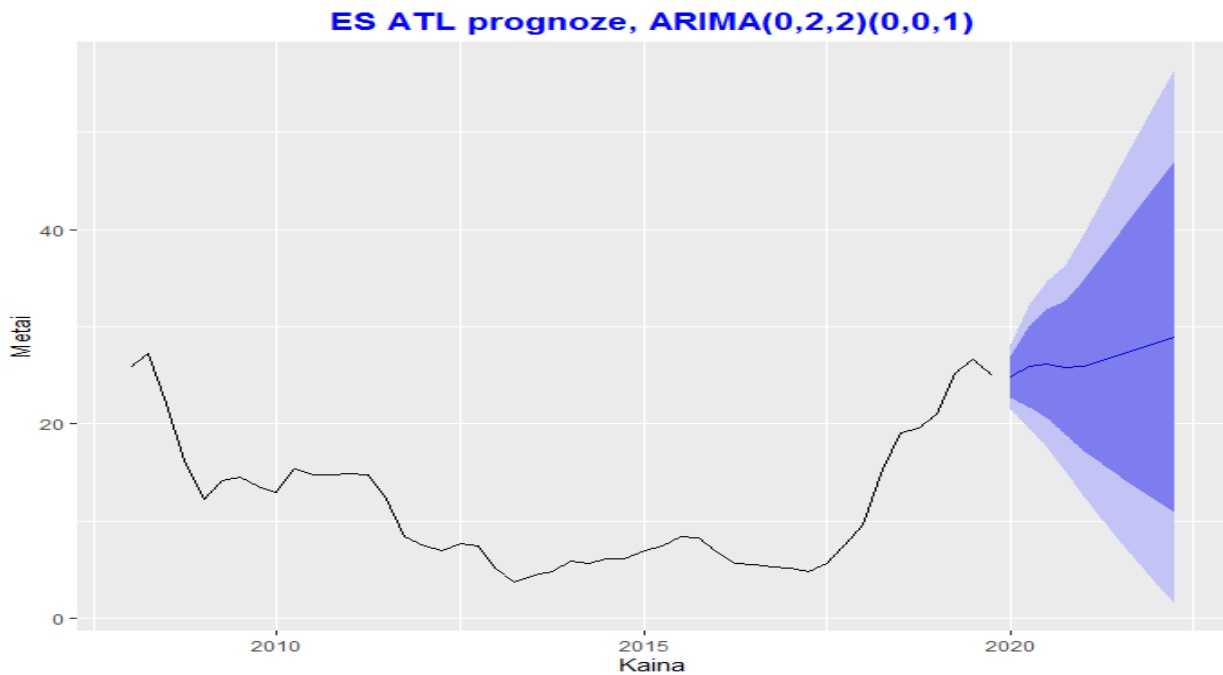
ES ATL vieneto kainoms prognozuoti tiksliausias yra GARCH(1, 1) modelis, anglies kainoms – GARCH(3, 1), BRENT kainoms – GARCH(3, 1), elektros kainoms – GARCH(3, 1), galiausia gamtinių dujų kainoms tinkamiausias GARCH (1, 3). X ašis žymi kainų tendencijas kintamiesiems, kai index ašis rodo laiko intervalą. GARCH modelis padeda sukurti prognozes, nagrinėjamiems kainų kitimams. Naudojamas standartinis prognozės modeliavimas, kai apskaičiuojamos tariamos ateities kainos, 10 vėlavimų. Šiuo atveju – 10-iai ketvirčių, t.y. dviems su puse metų.

Pirmame grafike matoma vaizdinė reprezentacija tinkamiausios ES ATL kainų prognozės, taikant GARCH(1, 1) modelį. Vėliau seka: BRENT naftos kainų prognozė taikant GARCH(3, 1) modelį; anglies kainų prognozė taikant GARCH(3, 1) modelį ir (d) elektros kainų prognozė taikant GARCH(3, 1) modelį ir galiausia gamtinių dujų kainų prognozė GARCH (1,3). Grafikuose vaizduojama juoda linija – tikrosios, istorinės reikšmės, \hat{X}_{t-h} - raudonos spalvos kreivė – prognozuojamos reikšmės, $\hat{X}_{t-h} + 1,96\sqrt{MSE}$ - mėlynos spalvos kreivė – 95 proc. pasikliautinojo intervalo viršutinės riba, žalia spalva - žymima $\hat{X}_{t-h} - 1,96\sqrt{MSE}$ - 95 proc. pasikliautinojo intervalo apatinė riba.

18 pav. matome, jog parinktų kainų GARCH modelio prognozės yra skirtingo pobūdžio. Iš to daroma išvada, jog kainų dinamikai nepriklauso tos pačios tendencijos. Netgi ankstesnėje dalyje apskaičiuotas Europos Sąjungos apyvartinių taršos leidimų tiesioginis poveikis kainoms, keliamas BRENT naftos kainos bei Europos ekonomikos akcijų rinkos indekso (STOXX 50) šiuo atveju nerodo panašių kitimo tendencijų.

4.4. Autoregresinis integruotas slenkamojo vidurkio modelis

Parenkamas tinkamiausias ARIMA modelis ateities prognozėms kurti. Remiantis suformuota sintakse programa tiksliausią ARIMA modelį priskiria AIC kriterijaus atžvilgiu, t.y. renkamas atitinkamai mažiausias Akaike kriterijaus reikšmę turintis modelis. Grafiškai pavaizduoti, gauti modelio rezultatai, matomi 19 paveikslėlyje:



19 paveiklas. ES ATL kainų prognozė iki 2022m.2ketv., pagal ARIMA(0,2,2)(0,0,1) modelį.
Šaltinis: sudaryta autorės

Šiuo atveju, modeliuojant funkciją, sezoniškumas buvo įtrauktas. Funkcijos pagalba nustatyti tinkamiausi AR, diferencinio laipsnio bei MA eiliškumas. Tyrimo metu nustatytas labiausia tinkamas modelis, atsižvelgiant į sezoniškumo aspektą (ketvirčiais), t.y. ARIMA(0,2,2)(0,0,1). Sprendimas priimtas, vertinant pagal AIC mažiausią kriterijaus reikšmę.

4.5. Apskaičiuotų modelių rezultatų analizė

Esminis tyrimo siekis - išanalizuoti ES apyvartinių taršos leidimų kainos dinamiką ir įvertinti ją veikiančius pagrindinėje hipotezėje įvardintus kintamuosius. Taip ieškomas tiksliausias metodas prognozėms atlikti. Taip pat parinkti tiksliausiai duomenis vertinančius laiko eilučių modelius. Kadangi pati kainų dinamika neturi didelės įtakos ekonominiams, politiniams ir kitiems sprendimams, todėl šiame darbe buvo apžvelgiama nuo ko priklauso kainos dinamika ir ieškoma tiksliausio metodo prognozėms atlikti. Nubraižius laiko eilučių grafikus iš pirmo žvilgsnio galima daryti išvadą, kad nagrinėjamų kintamųjų pasaulinė rinka nėra veikiamą tų pačių arba panašių faktorių.

ES ATL kainų prognozėms kurti eksponentinio glodinimo, VAR, ARIMA ir GARCH modeliai. Tyrime iškelta hipotezė, kurioje teigiama, didžiausią įtaką apyvartiniams taršos leidimams teikia anglies, elektros, BRENT naftos, gamtinių dujų, bei SMI akcijų indekso kainos.

Atliekant ES ATL kainų regresinę analizę buvo ieškoma faktorių (regresorių) labiausiai veikiančių kainų dinamiką. Apskaičiavus koreliacinių ryšių stiprumą paaiškėjo, kad

įtakingiausias regresorius veikiantis kainas yra SMI ir BRENT kainos. Gamtinių dujų, anglies bei elektros kainos dėl labai silpno koreliacinio ryšio buvo pašalintas iš regresinės lygties, kaip nereikšmingas faktorius. Tiesa gauti tiesinės daugialypės regresijos modeliai nėra tikslūs praeities kainų reikšmėms modeliuoti ir ateities kainoms prognozuoti, nors modeliuose ir identifikuojami kainų dinamikos šokai.

Vertinant, o pirmiausia identifikuojant VAR ir ARIMA modelius buvo siekiama parenkti tiksliausią prognozavimo modelį. VAR modelis buvo parenkamas naudojant trijų kriterijų įvertčius, t.y. Akaike, Švarco ir baigtines prognozavimo paklaidas. Remiantis šiais kriterijais visoms laiko eilutėms parinktas VAR (1) modelis. Taip pat buvo vertintas modelio stacionarumas skaičiuojant atvirkštinių šaknų reikšmes ir adekvatumas vertinant Permanteau bei Bokso – Ljungo testų p – reikšmes. Gauti testų rezultatai patvirtino modelio tinkamumą duomenims. Akaike kriterijus - pagrindinis ARIMA modelio parinkimui.

GARCH modelių parinkimui taip pat buvo naudojamas Akaike kriterijus. Įvertinus gautas kriterijaus reikšmes ES ATL vieneto kainoms prognozuoti tiksliausias yra GARCH(1, 1) modelis, anglies kainoms – GARCH(3, 1), BRENT kainoms – GARCH (3, 1), elektros kainoms – GARCH(3, 1), galiausia gamtinių dujų kainoms tinkamiausias GARCH (1, 3).

Pastebėta, kad ES ATL prognozuojamos reikšmės trumpuoju laikotarpiu labai nedaug nukrypsta nuo faktinių. Vidutinė absoliutinė procentinė paklaida nusako santykinę prognozavimo tikslumą. Remiantis jos reikšme galima palyginti skirtingų modelių prognozes.

9 Lentelė

Prognozavimo modelių absoliutinės procentinės paklaidos (MAPE).

	EkspONENTINIS glodinimas	VAR(1)	ARIMA(0,2,2)(0,0,1) ₃
MAPE	12.18187	15.0217	11.7988

Šaltinis: sudaryta autorės

Iš gautų vidutinių absoliutinių procentinių paklaidų (9 lentelė) matyti, kad visais atvejais rodikliai yra panašūs. MAPE: eksponentinio glodinimo - 12.18187, vektorinio autoregresijos modelio VAR(1) - 15.0217, autoregresinio integruoto slenkamojo vidurkio modelio - 11.7988. Remiantis vidutinėmis absoliutinėmis procentinėmis paklaidomis, tiksliausias yra autoregresinio integruoto slenkamojo vidurkio modelio rezultatas. Todėl daroma išvada, jog jis tiksliausia apibūdina ES ATL kainos kitimo tendencijas.

Remiantis 10 lentelės duomenimis, apskaičiuotos prognozuojamų modelių Akaike reikšmės. Čia identifikuojamas tinkamiausias ES apyvartinių taršos leidimų kainos prognozių

modelis. Šiuo atveju tiksliausias yra apibendrintas autoregresinis sąlyginio heteroskedastiškumo modelis, integruotasis GARCH (1,1).

10 Lentelė

Prognozavimo modelių Akaike kriterijaus reikšmės.

	EkspONENTINIS glodinimas	Vektorinis autoregresijos modelis	Autoregresinis integruoto slenkamojo vidurkio modelis	Apibendrintas autoregresinis sąlyginio heteroskedastiškumo modelis
ES ATL	247.9955	1216.269	186.4	-0.80490

Šaltinis: sudaryta autorės

Bendras pirmųjų modelių prognozuojamų kainų vaizdas matomas 11 lentelėje. Čia ES ATL kainos vertės 2022 metų antram ketvirčiui svyruoja nuo 26,47 iki 20,01Eur. Matomas, tikėtinas kainos augimas. Kilimo tendencija nėra drastiška, tačiau pastebimas augimas, lyginant su 2020m. pirmuoju ketvirčiu, kur rodiklis svyruoja nuo 24,85 iki 25,36EUR. Iš ankstesnių skaičiavimų galima teigti, jog tiksliausiai ateities leidimų kainą identifikuoja ARIMA modelis, todėl tikėtina, jog trumpalaikėje perspektyvoje ES ATL kaina turėtų siekti 29Eur.

11 Lentelė

Modelių prognozuojamos ES ATL kainos 2022 metais.

Modelis	ES ATL kaina			
	2020m. 1ketv. vertė	Progozė 2022m.2ketv.	Viršutinė vertės riba įvertinus paklaidą (95 pasikliautinis intervalas)	Žemutinė vertės riba, įvertinus paklaidą (95 pasikliautinis intervalas)
EkspONENTINIS glodinimas	25.30171	26.47428	65.94127	-12.9927094
VAR(1)	25.36189	30.09998	38.67722	21.52274
ARIMA(0,2,2)(0,0,1) ₃	24.85029	28.97643	55.57686	2.376010

Šaltinis: sudaryta autorės

Kainų dinamikai analizuoti, apskaičiuotos vektorinės autoregresijos visų kintamųjų kainų prognozės. Skaičiavimams pritaikytas, standartinis 10 vėlavimų prognozės formavimas. Todėl 12 lentelėje matomi faktiniai 2019 metų ketvirto ketvirčio bei prognozuojami 2022 metų antro

ketvirčio duomenys. Pateiktose kintamųjų kainose matyti skirtingos, nepasikartojančios tendencijos. Nagrinėjamu laikotarpiu, kainos turėtų kilti apyvartinių taršos leidimų, SMI, anglies bei labai nežymiai elektros kainai. Tačiau tikėtina, jog kaina gali kristi šiems kintamiesiems: gamtinių dujų, BRENT naftos kainai.

12 Lentelė

VAR kainų prognozė laiko eilučių kintamiesiems, Eur.

	ES ATL	Anglis	Gamtinės dujos	Elektra	SMI	BRENT
2019K4	24.930500	83.33700	2.09	0.171	3604.41	64.50
2022K2	30.09998	118.77074	1.449940	0.1826820	3917.618	23.40580

Šaltinis: sudaryta autorės

Apibendrinant galima teigti, jog ES ATL kainos ir ją veikiančių kintamųjų dinamika yra stabilioje būsenoje. Visi modeliai formuoja panašią bei mažai kintančią kainą netolimoje ateityje, kuri tikriausia turėtų siekti 25-30 Eur. Ankstesnėse dalyse identifikuotos, mokslininkų apskaičiuotos, ES ATL ateities kainų perspektyvos bei tyrimo metu apskaičiuotoje situacijoje matoma, jog kaina palaipsniui turėtų augti (kaip apskaičiuota regresiniame modelyje). Tinkamiausias modelis identifikuojamas, kaip integruotasis GARCH(1,1), kurio apskaičiuotas Akaike rodiklis buvo mažiausias (labiausia neigiamas). Tai turėtų lemti mažėjančią prekybos sistemos poreikį ir atitinkamai, mažėjančius leidimų kiekius, kadangi ES ATL kiekiai nėra rinkos suformuotas procesas, o politiniais susitarimais formuojamas procesas.

IŠVADOS

1. Atlikus literatūros analizę nustatyta, kad esamos ATL sistemos evoliucijos pradžia fiksuojama 1985 m. Vienos konvencijoje, tačiau pati ATL sistema pradėjo veikti tik 2005 m. Lietuvoje, kaip ir ES pradėjusi veikti prekybos sistema, leidžia efektyviausiai siekti aplinkosauginių tikslų. Antrasis ATL prekybos periodas vyko iki 2012 m. visą šį laikotarpį dauguma leidimų buvo išduoti nemokamai, tačiau nuo 2013 m. leidimai teršti išduodami aukciono būdu. ES ATL pasisekimą iš dalies lėmė ir tai, kad įmonėms suteikta galimybė laisvai disponuoti turimais leidimais rinkoje.

2. Išsiaiškinus pagrindinius ES ATL prekybos sistemos aspektus, galima teigti, kad visi modeliai nukreipti prieš klimato kaitą sukuriant aplinkosauginį ryšį tarp įmonių ir valstybės, sistemos efektyvumas priklauso nuo iš anksto paskirstytų ATL kiekio.

3. Apžvelgti ES šalių prekybos ATL prekybos sistemos modeliai, jų privalumai ir trūkumai, efektyviausias ATL modelis - „mainų-prekybos“. Šio modelio pagrindinis tikslas - mažiausiais kaštais pasiekti didžiausią ir greičiausią taršos mažinimo efektyvumą.

4. Atlikus mokslinės literatūros bei rinkos veiksnių analizę identifikuoti du esminiai aspektai, leidžiantys vertinti ES ATL prekybos sistemą – kiekiai ir kainos. Tačiau, dėl rinkoje vyraujančių politinių principų ir dinamikos, atlikus kiekių paskirstymo tarp ES narių analizę, tyrime įtrauktos tik leidimų kainos.

5. Atliekant Europos Sąjungos apyvartinių taršos leidimų kainų regresinę analizę buvo ieškoma regresorių labiausiai veikiančių kainų dinamiką. Apskaičiuavus koreliacinių ryšių stiprumą paaiškėjo, jog yra du įtakingiausi faktoriai, kuria veikia ES ATL kainas, t.y. BRENT naftos kaina bei Europos ekonomikos akcijų rinkos indeksas (SMI). Gamtinių dujų, anglies bei elektros kainos kintamieji dėl labai silpno koreliacinio ryšio nebuvo įtraukti į regresinę lygtį (pašalinti, kaip nereikšmingi faktoriai). Teigiamas koreliacinis ryšys tarp kainų kintamųjų yra paaiškinamas, nes didėjant BRENT bei SMI kainos ES ATL kainos taip pat kyla. Tačiau gauti tiesinės daugialypės regresijos modeliai nėra tikslūs praeities kainų reikšmėms modeliuoti ir ateities kainoms prognozuoti, nors modeliuose ir identifikuojami kainų dinamikos šokai.

6. Sudaryto skaitinio modelio prognozuojama ATL kaina 2022 metais turėtų esamą 25 Eur ribą (nesiekiant 30Eur.), tai reiškia, jog trumpalaikėje perspektyvoje kaina turėtų išlikti panaši. Sudarytas ARIMA modelis prognozuojantis ATL kainą iki 2022 metų rodo kainą, siekiančią apie 30Eur (kai nustatytas kainos prognozės svyravimas, nurodantis, kiek y ašies diapazonas bus padidintas nuo minimalių duomenų nustatytų ribų siekia 20 proc.). ARIMA modelio nustatymui buvo naudojamas Akaike kriterijus. Parinkus ES ATL modelį

ARIMA(0,2,2)(0,0,1) buvo pastebėta, kad ES ATL kainų svyravimams būdingas sezoniškumas, nes šioms laiko eilutėms buvo parinkti sezoniniai ARIMA modeliai.

7. Sudarytas modelis numato ES ATL kainų bei jas veikiančių kintamųjų kaitos perspektyvas. Dėl kylančių iškastinio kuro ir ATL rinkos kainų, taip pat atsinaujinančių energijos išteklių technologijų pigimo tikėtina, kad iškastinio kuro elektrinės ir šiluminės taps vis mažiau ekonomiškai patrauklios ir bus natūraliai išstumtos iš rinkos, todėl atitinkamai ATL kiekliai turėtų mažėti, o leidimų kaina - didėti.

LITERATŪROS ŠALTINIAI

1. Aichele, R., Felbermayr, G. (2011). *Kyoto and the carbon footprint of nations*. Žiūrėta: 2019-12-15. Prieiga internetu:
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0095069611001422?token=918997BCF301DFDE0F90DA3821E8A5BAFB3C7EDDC0E011283BD9ABAF84440BF022BFD3E1305A21790B803BE169B0D54>
2. Almer Ch., Winkler, R (2017) *Analyzing the effectiveness of international environmental policies: The case of the Kyoto Protocol*. Žiūrėta: 2020-02-15. Prieiga internetu:
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0095069616304296?token=2F13792F0B1752323EB704BE47CC75DCDAEA8D20ABF32CF88936DD4C63BD0F58DD5C73CF764B57BBCC06CE761FE9FE9D>
3. Anglies kainos. Žiūrėta: 2020-05-10. Prieiga internetu:
<https://markets.businessinsider.com/commodities/historical-prices/coal-price>
4. Balbonienė, I., Blikienė R. Ir Alina Stundžienė (2013). *Ekonometrija: Praktinis regresijos ir laiko eilučių modelių taikymas: mokomoji knyga*. Žiūrėta: 2020-05-10. DOI: 10.5755/e01.9786090210185.
5. Barrett, S. (1994). *Strategic environmental policy and international trade*. *Journal of Public Economics*, 54, 325–338p, North-Holland. Žiūrėta: 2019-11-28 Prieiga internete:
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.462.9046&rep=rep1&type=pdf>
6. Boguslauskas V., Blikienė R.. (2012) *Ekonometrija. Laiko eilučių modeliai*. Žiūrėta: 2020-04-30) ISBN 9786090202982. Prieiga internete: <https://www.ebooks.ktu.lt/einfo/621/ekonometrija-laiko-eiluciu-modeliai-laboratoriniai-darbai/>
7. Brent kaina. Žiūrėta: 2020-05-10. Prieiga internete: <https://www.investing.com/commodities/brent-oil-historical-data>
8. Bubnienė R., Rimkus E., Streimikienė D.(2006). *Klimato kaitos pagrindai*. 24-26p. ISBN: 9955971142. Žiūrėta: 2020-03-15. Prieiga internete:
http://www.hkk.gf.vu.lt/publikacijos/2006_Klimato_kaitos_politikos_pagrindai.pdf
9. Chen J., Cheng S., Nikic V., Song (2018) *Quo Vadis? Major Players in Global Coal Consumption and Emissions Reduction*. *Transform. Bus. Econ.* 2018, 17, 112–132p. Žiūrėta 2020-12-01. Prieiga internetu:
<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=a9e535f6-fee5-481c-a55a-cf0c0d3b9122%40sdc-v-sessmgr01>
10. Coghlan A.(2016). *A Little Book of R For Time Series* Žiūrėta: 2020-04-15. Prieiga internete: <https://a-little-book-of-r-for-time-series.readthedocs.io/en/latest/>
11. Crocker, T.D. (1966). *Structuring of Atmospheric Pollution Control Systems. The Economics of Air Pollution*, New York, 61-86p.
12. Čekanavičius V., Murauskas G. (2011). *Statistika ir jos taikymas II*. Vilnius: TEV. ISBN9955491167.
13. Čiegis, R. (2003) *Aplinkos ekonomika. Mokomoji knyga*. Kaunas : Naujasis lankas. 17, 98, 108, 120, 122, 146-149 p. ISBN: 9955031506.
14. D'Amato, A., Valentini, E. (2011). *A note on international emissions trading with endogenous allowance choices, mimeo*. A preliminary version circulated as *Why so many tradeable emission permits within the European Union?* Žiūrėta: 2019-12-19. Prieiga internete:
<http://www.accessecon.com/Pubs/EB/2011/Volume31/EB-11-V31-I2-P136.pdf>

15. Dales, J.H. (1968). *Land, water, and ownership*, *Canadian Journal of Economics* no 4, New York, 791-804p.
16. Dechezlepretre, A., Glachant, M., Meniere, Y. (2008). *The Clean Development Mechanism and the international diffusion of technologies: An empirical study*. Žiūrėta: 2019-12-18. Prieiga internete: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0301421507005435?token=35AE634132A1F390F8999492A4A1DC6CA9E6602F0A73B34D61CD5B35BE3E17D915368A026D484BFECDD47871DA40781C>
17. ES ATL kainos. Prieiga internete: <https://markets.businessinsider.com/commodities/historical-prices/co2-european-emission-allowances/eur>
18. EUR-Lex (1988) *Monrealio protokolas dėl ozono sluoksnį ardančių medžiagų* Žiūrėta 2020-12-12. Prieiga internete: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/HTML/?uri=CELEX:21988A1031\(02\)&from=LT](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/HTML/?uri=CELEX:21988A1031(02)&from=LT)
19. EUR-Lex (1988) *Vienos konvencija dėl ozono sluoksnio apsaugos* Žiūrėta 2020-12-11. Prieiga internete: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/HTML/?uri=CELEX:21988A1031\(01\)&from=LT](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/HTML/?uri=CELEX:21988A1031(01)&from=LT)
20. European Commission (2014). *2030 climate & energy framework*. Žiūrėta: 2019-12-11. Prieiga internete: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_lt
21. European Commission (2016). *Auctioning of allowances; Auctioning*. Žiūrėta 2020-12-01. Prieiga internete: https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/auctioning_en
22. European Environment Agency (2018). *Trends and projections in the EU ETS in 2018. The EU Emissions Trading System in numbers*. Žiūrėta 2020-11-15. Prieiga internete: <https://www.eea.europa.eu/publications/trends-and-projections-in-the>
23. Europos Bendrija (2002) *Kioto protokolas dėl klimato kaitos*. Žiūrėta 2020-12-15. Prieiga internete: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/HTML/?uri=LEGISSUM:128060>
24. Europos ekonomikos akcijų rinkos indeksas, Euro Stoxx 50 (STOXX50E). Žiūrėta: 2020-05-01. Prieiga internete: <https://www.investing.com/indices/eu-stoxx50>
25. Europos Parlamentas ir Europos Sąjungos Taryba (2003). *Europos Parlamento ir Tarybos 2003 m. spalio 13d. direktyva 2003/87/EC, nustatanti prekybos šiltnamio efektą sukeliančių dujų taršos leidimų sistemą Bendrijoje ir iš dalies pakeičianti Tarybos direktyvą 96/61/EB*. Žiūrėta: 2019-12-11. Prieiga internete: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/PDF/?uri=CELEX:02003L0087-20140430&qid=1410857007358&from=LT>
26. Europos Vadovų Taryba (2014) *2014 m. spalio 23–24 d. Europos Vadovų Tarybos išvados* Žiūrėta: 2020-11-01. Prieiga internete: <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-169-2014-INIT/lt/pdf>
27. Europos Vadovų Taryba (2020) *Paryžiaus susitarimas dėl klimato kaitos*. Žiūrėta 2020-12-25. Prieiga internete: <https://www.consilium.europa.eu/lt/policies/climate-change/paris-agreement/>
28. Friedrich M., Friesb S., Michael Pahlea, Edenhofer O. (2020) *Understanding the explosive trend in EU ETS prices – fundamentals or speculation?* Žiūrėta: 2020-05-15. Prieiga internete: <https://arxiv.org/pdf/1906.10572.pdf>
29. Gamtinių dujų ir elektros kainos. Žiūrėta: 2020-05-10. Prieiga internete: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/database>
30. Grunewald, N., Martinez-Zarzoso, I. (2016). *Did the Kyoto Protocol fail? An evaluation of the effect of the Kyoto Protocol on CO2 emissions*. Žiūrėta 2020-12-02. Prieiga internete: <https://www.cambridge.org/core/journals/environment-and-development-economics/article/did-the-kyoto->

protocol-fail-an-evaluation-of-the-effect-of-the-kyoto-protocol-on-co2-emissions/E1A2492A8745CEB14735940BBE4E3B0E

31. Helm, C. (2003). International emissions trading with endogenous allowance choices. *Journal of Public Economics*, 87, 2737–2747. Žiūrėta: 2019-11-24. Prieiga internete: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004727270200138X>
32. Hirsch, D., Bergman, A., Heintz, M.. (2007). *Emissions Trading Practical Aspects*. U.S. Law. JAV: Global Climate Change, American Bar Association. 646 p. (peržiūrėta 2020m. gegužės 1d.)
33. Yahşi, M. ir kt. (2019). *Carbon price forecasting models based on big data analytics* Žiūrėta: 2020-05-15. Prieiga internete: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/17583004.2019.1568138?needAccess=true>
34. Jalalvand F., Teimoury E., Makui A. and M.B. Aryanezhad (2011) *A Method to Compare Supply Chains of an Industry. Supply Chain Management: An International Journal. Vol.16(2). 82-97p.* Žiūrėta: 2019-12-28. Prieiga internete: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/13598541111115347/full/pdf?title=a-method-to-compare-supply-chains-of-an-industry>
35. Johnstone, N., Hascic, I., Popp, D. (2011). *Renewable Energy Policies and Technological Innovation: Evidence Based on Patent Counts* Žiūrėta: 2019-12-19. Prieiga internete: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs10640-009-9309-1>
36. Karpf, A., Antoine Mandel, A., Battiston, S. (2018) *Price and network dynamics in the European carbon market.* Žiūrėta: 2020-11-15 Prieiga internete: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167268118301720>
37. Karpuškienė V., Lastauskas P. (2012) *Ekonometrini modeliavimas su EViews: praktinis gidas.* Žiūrėta 2020-04-14. Prieiga internete: <http://web.vu.lt/ef/v.karpuskiene/files/2012/11/abEkonometrini-modeliavimas-su-EViews1.pdf>
38. Keeler, A. (1991). *Noncompliant firms in transferable discharge permit markets: Some extension.* *Journal of Environmental Economics and Management.* Vol.21(2),180-190p. Žiūrėta: 2019-12-03. Prieiga internete: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/009506969190041G>
39. Kollenberg, S., Taschini, L. (2016) *Emissions trading systems with cap adjustments.* Germany, Vol.80, pp.20-36 Žiūrėta 2019-11-18. Prieiga internete: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0095069616302601?token=24EE565F393109854CFC18FFE0C3AAD266D8EC532ECFD77DDB642E99AC3DAD6058C5228BF54AAEF84298312C3271643F>
40. Kosobud, R. F., Stokes, H. H., Tallarico, C. D., Scott, B. L. (2005) *Valuing Tradable Private Rights to Pollute the Public's Air.* Vol.4(1), pp.50-71. Žiūrėta 2019-12-19. Prieiga internete: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/eb043418/full/html>
41. Kvedaras V. (2005) *Taikomoji laiko eilučių ekonometrija. Paskaitų konspektas.* Žiūrėta 2020-04-16. Prieiga internete: http://web.vu.lt/mif/v.kvedaras/files/2013/09/Konspektas_2005.pdf
42. Lapinskas R. (2008) *Sekinių kompiuterinė analizė.* Žiūrėta: 2020-04-14. Prieiga internete: <http://uosis.mif.vu.lt/~rlapinskas>
43. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerijos Aplinkos projektų valdymo agentūra (2018) *Kioto Protokolo BĮ Projektai.* Žiūrėta: 2019-11-13. Prieiga internete: <https://www.apva.lt/sajungos-siltnamio-efekta-sukelianciuju-registras/kioto-protokolo-bendro-igyvendinimo-projektai/>

44. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerijos Aplinkos projektų valdymo agentūra (2018) *Jungtinių Tautų Bendrojo Klimato Kaitos Konvencija Ir Kioto Protokolas*. Žiūrėta: 2019-12-12. Prieiga internete <https://www.apva.lt/sajungos-siltnamio-efekta-sukelianti-duju-registras/jungtiniu-tautu-bendrojo-klimato-kaitos-konvencija-ir-kioto-protokolas/>
45. Lietuvos Respublikos Seimas (2012). *Lietuvos Respublikos Seimo nutarimas dėl nacionalinės klimato kaitos valdymo politikos strategijos patvirtinimo*. Žiūrėta: 2019-11-29. Prieiga internete: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.437284?jfwid=q8i88lsvn>
46. Malik, A. (1990). *Markets for pollution control when firms are noncompliant*. Journal of Environmental Economics and Management, 18, 97–106p. Žiūrėta: 2019-12-15. Prieiga internete: <https://www.sfu.ca/~wainwrig/Econ400/documents/malik90-noncompliant-jeem.pdf>
47. Malik, A. (1992). *Enforcement cost and the choice of policy instruments for controlling pollution*. Economic Inquiry, 30, 714–721p. Žiūrėta: 2019-12-02. Prieiga internete: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1465-7295.1992.tb01292.x>
48. McLennan Magasanik Associates (2009). *Baseline and Credit Versus Cap and Trade Emissions Trading Schemes*. Žiūrėta 2019-04-29. Prieiga internete: http://www.climateinstitute.org.au/verve/_resources/cap_and_trade_vs_baseline_briefing_paper_june_25_2009.pdf
49. Nagaoka, S., Motohashi, K., Goto, A. (2010). *Patent Statistics as an Innovation Indicator* Žiūrėta: 2020-11-16. Prieiga internete: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169721810020095?via%3Dihub>.
50. Pelgrin F. (2011) *Box – Jenkins methodology*. University of Lausanne, Ecole des HEC Department of mathematics (IMEA-Nice). Žiūrėta: 2020-03-30. Prieiga internete: https://math.unice.fr/~frapetti/CorsoP/Chapitre_5_IMEA_1.pdf
51. Rabe M., Streimikiene D., Bilan Y. (2019) *EU Carbon Emissions Market Development and Its Impact on Penetration of Renewables in the Power Sector*. Žiūrėta 2020-11-15. DOI:10.3390/en12152961. Prieiga internete: <https://search.proquest.com/docview/2316982795?pq-origsite=primo>
52. Shumway R., David S. Stoffer. (2011). *Time Series Analysis and Its Applications*. Springer, 2011. ISBN 9783319524511.
53. Silva, E., Zhu, X. (2008). *Global trading of carbon dioxide permits with noncompliant polluters*. International Tax and Public Finance, 15, 430–459p.
54. Sousa R. (2015). *Energy and carbon prices: a comparison of interactions in the European Union Emissions Trading Scheme and the Western Climate Initiative market* Vol.6(3-4), pp.129-140. Žiūrėta: 2020-05-20. DOI: 10.1080/17583004.2015.1097007 Prieiga internete: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17583004.2015.1097007>
55. Stabingienė L. (2014) *Ekonometrika*. Žiūrėta 2020-04-14. Prieiga internete: <http://www.ilab.lt/stabingiene/sk1.html>
56. Stabingienė L. (2014). *Ekonometrika. 8. Laiko eilučių analizė*. Žiūrėta: 2020-05-01. Prieiga internete: http://www.ilab.lt/stabingiene/sk8_2.html

EU ALLOWANCES PRICE ANALYSIS AND DEPENDENCY ON VARIOUS VARIABLES

Justė VAIŠNYTĖ

Paper for the Master's degree

Economic Analysis Master's Program

Vilnius University, Faculty of Economics and Business Administration

Supervisor – Lekt. dr. Šarūnas Eirošius Vilnius, 2021

SUMMARY

58 pages, 19 charts, 12 tables, 56 references.

The means of production used in the industrial sector and their side effects, leading to significant emissions of CO₂ and other greenhouse gases, have a strong impact on global warming. Environmental institutions seek to manage internal processes, to reduce anthropogenic pollution through various actions. The most relevant solution to the problem of pollution nowadays is producing 'cleaner' energy and reducing energy consumption overall. The main factor in implementing such a plan is the taxation of CO₂ emissions.

The thesis consists of four main parts: comprehensive analysis of literature and scientific research, its results, econometric analysis, conclusion and recommendations. Literature analysis identifies main events, that led to creating European Trading System, analyses scientific research, as well as summarizes reasoning behind picking main subject – price of European Union emission allowance (EUA).

Main purpose of this master thesis is to analyze and investigate the price determination of the European Union emissions trading scheme (EU ETS) allowances, identifying best suitable model for future pricing forecast, as well as its dependency on various variables. Theoretical findings were tested with empirical data from 2008 to 2019 in the EU ETS market. Dependent variable - quarterly prices of EUA.

Main methods, selected for most precise identification of forecasting model: exponential smoothing, vector autoregression, autoregressive integrated moving average and generalized autoregressive conditional heteroskedastiveness models, also absolute percentage error prediction model. Regression analysis showed that European Union allowances (EUA) are most influenced by BRENT oil price as well as Stock Market Index (EURO STOXX 50). Other variables: natural gas, electricity and coal prices were insignificant regressors, due to that, it was inevitable to eliminate them from regression equation. Calculated outcome of all models led to a conclusion that EUA prices were best predicted by ARIMA (0,2,2)(0,0,1) and integrated GARCH model. However, after evaluating the Akaike criterion, the most accurate model was IGARCH(1,1) model for time series analysis, regarding estimation of European trading system allowances pricing. Performed analysis and calculations revealed that short-term price of EUA will probably experience only a slight change. Conclusion and recommendations summarize the main concepts of literature analysis as well as the results of the performed analysis.

ES APYVARTINIŲ TARŠOS LEIDIMŲ KAINOS ANALIZĖ IR PRIKLAUSOMYBĖ NUO ĮVAIRIŲ KINTAMŲJŲ

Justė VAIŠNYTĖ

Magistro baigiamasis darbas

Vilniaus Universitetas, Ekonomikos ir verslo administravimo fakultetas

Darbo vadovas – Lekt. dr. Šarūnas Eirošius Vilnius, 2021

SANTRAUKA

58 puslapiai, 19 paveikslų, 12 lentelių, 56 šaltiniai.

Stiprų poveikį klimato atšilimui teikia pramonės sektoriuje naudojamos gamybos priemonės ir jų šalutinis poveikis, sąlygojantis didelius kiekius į atmosferą išmetamų CO₂ ir kitų šiltnamio efektą sukeliančių dujų. Aplinkosaugos institucijos siekia apriboti ir valdyti valstybių viduje vykdomus procesus, įvairiais veiksmais mažinti žmogaus keliamą taršą. Esminiai taršos problemos sprendimai: gaminti energiją „švariau“ ir mažinti energijos vartojimą. Pagrindinis faktorius leidžiantis įgyvendinti planą, kur ilgainiui įprastos elektrinės rinkoje taptų mažiau patrauklios, nei atsinaujinančios yra – CO₂ emisijos apmokestinimas.

Darbą sudaro keturios pagrindinės dalys: literatūros, mokslinių tyrimų ir ekonometrinių modelių analizės bei išvados ir rekomendacijos. Literatūros analizė nustato pagrindinius įvykius, kurie paskatino sukurti Europos Sąjungos prekybos sistemą, analizuoja mokslinius tyrimus ir apibendrina Europos Sąjungos apyvartinių taršos leidimų (ES ATL) kainos analizės pasirinkimą. Pagrindinis šio magistro darbo tikslas yra išanalizuoti ir ištirti Europos Sąjungos taršos leidimų prekybos sistemos (ES ATLPS) kainų prognozes tiksliausiai nustatantį modelį, taip pat leidimų priklausomybę nuo įvairių kintamųjų. Teorinės išvalgos buvo pritaikytos analizuojant empirinius duomenis nuo 2008 iki 2019 m. ATL rinkoje. Priklausomas kintamasis – ES ATL ketvirtinės kainos.

Tiksliausiam prognozavimo modelio identifikavimui parinkti metodai: eksponentinis glodinimas, vektorinė autoregresija, autoregresinis integruotas slenkamasis vidurkis ir apibendrinti autoregresiniai sąlyginio heteroskedastiškumo modeliai, papildomai apskaičiuotas absoliučios procentinės klaidos prognozavimo modelis. Regresijos analizė parodė, kad ATL kainai didžiausią įtaką daro BRENT naftos kaina, taip pat EURO STOXX 50 indeksas. Kiti kintamieji: gamtinių dujų, elektros energijos ir anglies kainos buvo nereikšmingi regresoriai, todėl jie nebuvo įtraukti į regresijos lygtį. Apskaičiuoti visų modelių rezultatai leido padaryti išvadą, kad EUA kainas geriausiai nuspėjo ARIMA (0,2,2) (0,0,1) ir integruotas GARCH modelis. Tačiau įvertinus Akaike kriterijų, tiksliausias modelis buvo IGARCH (1,1) laiko eilučių analizei, vertinant Europos prekybos sistemos leidimų kainodarą. Išvada ir rekomendacijos apibendrina pagrindines literatūros analizės sampratas ir atliktos analizės rezultatus. Atlikta analizė ir skaičiavimai parodė, kad trumpalaikė EUA kaina greičiausiai patirs tik nežymius pokyčius.