

DOPADY SYSTÉMU OBCHODOVÁNÍ S EMISNÍMI POVOLENKAMI V ZEMÍCH EU28

IMPACTS OF EMISSION TRADING SYSTEM IN EU28 COUNTRIES

Jarmila Zimmermannová, Vít Pászto, Ondřej Vícha

Abstract: *European Union Emission Trading Scheme (EU ETS) was introduced in EU countries in the year 2005. Currently, the EU ETS is in operation for more than a decade; moreover, the European Commission adopted rules for the next 4th trading period in March 2018. The main goal of this article is to evaluate possible environmental impacts of EU ETS, mainly the impact of emission allowance price on the amount of greenhouse gas emissions in the EU28 countries as a whole. For this goal, (geo)visual analysis of spatial data, correlation and regression analysis are used. The results of the analysis show that the EU ETS contributes to the reduction of the amount of greenhouse gas emissions in the EU-28 countries as a whole, due to emission allowances price and period. Nevertheless, the influence of the way of emission allowances distribution is crucial for the desirable environmental impact. The extension of auctioning represents our key recommendation for the EU ETS.*

Keywords: *EU ETS, Environmental Impact, Carbon Emissions, Economic Indicators, Geovisual Analysis.*

JEL Classification: *H23, K32, Q58, R12.*

Úvod

Evropský systém obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů (European Union Emissions Trading Scheme, dále jen „EU ETS“) je hlavním nástrojem k plnění cílů EU v oblasti ochrany klimatu s cílem podpořit snižování emisí skleníkových plynů nákladově efektivním a ekonomicky účinným způsobem.

Systém EU ETS byl zřízen směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2003/87/ES ze dne 13. října 2003 o vytvoření systému pro obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů ve Společenství a o změně směrnice Rady 96/61/ES. V současnosti se jedná o největší obchodní systém pro emise skleníkových plynů na světě. Setkáme se rovněž s označením systému jako „cap-and-trade“, který obecně funguje tak, že stanoví stropy pro celkové emise z odvětví, která produkují velké objemy emisí. V systému EU ETS strop omezuje emise více než 11 000 energeticky náročných podniků v celé EU a zahrnuje zhruba polovinu všech emisí skleníkových plynů. Na evropské úrovni není cílem systému EU ETS pouze snížit emise skleníkových plynů na stanovený strop, ale také nastavit tržní cenu uhlíku a finančně podpořit každou tunu ušetřeného CO_{2ekv}. Producenti emisí by tak měli být motivováni k uplatňování nákladově efektivních opatření na snížení emisí, přičemž tržní cena povolenky by měla podporovat investice do nízkouhlíkových technologií.

Klíčovými otázkami v souvislosti se systémem EU ETS a zejména jeho účinností jsou: „Jaký je ve skutečnosti dopad celého systému? Má EU ETS opravdu vliv na emise CO₂?“ Na uvedené otázky odpovídá tento článek.

Hlavním cílem článku je provést vyhodnocení vlivu systému emisních obchodovatelných povolenek EU ETS na množství emisí skleníkových plynů v zemích EU28. Nejprve bude představen systém EU ETS a jeho specifika, včetně legislativního vývoje a vědeckých studií. Jelikož je EU ETS nástroj vztahovaný ke konkrétnímu území, tj. ohraničuje prostor pro tzv. cap, bude následně provedena geovizuální analýza s využitím dat Eurostatu. Klíčovou částí je provedení regresní analýzy, která nám umožní nastínit možné souvislosti mezi vývojem emisí CO₂ a vybranými indikátory. Zjištěné výsledky budou diskutovány s ohledem na širší souvislosti a aktuální legislativní změny v oblasti EU ETS.

1 Formulace problematiky

1.1 Historie a současnost systému EU ETS

Systém EU ETS se vyvíjel postupně. První fáze (2005–2007) byla tříletým pilotním obdobím, které mělo připravit druhou fázi (2008–2012). Emisní povolenky byly poprvé rozděleny prostřednictvím národních alokačních plánů na základě historických emisí. Povolenky z prvního období nebyly převoditelné do druhé fáze. Cílem první fáze bylo zřídit fungující trh, určit tržní cenu uhlíku a vybudovat nezbytnou infrastrukturu pro monitorování, vykazování a ověřování skutečných emisí. Údaje generované z první fáze následně zaplnily informační mezeru a pomohly stanovit vnitrostátní stropy pro druhou fázi (European Commission, 2015).

Druhá fáze (2008–2012) byla souběžná s obdobím Kjótského protokolu. Evropská unie se zavázala v období 2008–2012 dosáhnout celkového snížení emisí CO₂ o 8 % oproti úrovním v roce 1990. Tuto cílovou hodnotu sdílelo 15 členských států EU na základě právně závazné dohody – rozhodnutí Rady 2002/358/ES ze dne 25. dubna 2002 o schválení Kjótského protokolu k Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu jménem Evropského společenství a o společném plnění závazků z něj vyplývajících. Na základě ověřených emisí vykázaných v první fázi byl objem emisních povolenek povolených ve druhé fázi snížen o 6,5 % ve srovnání s úrovní roku 2005. Z důvodu ekonomické krize ovšem došlo k významnému přebytku přidělených povolenek, které byly převedeny do třetího obchodovacího období (2013–2020) (European Commission, 2015).

Ve třetí fázi (2013–2020) se podmínky fungování EU ETS zásadně změnil v návaznosti na změnu směrnice 2003/87/ES provedenou v rámci tzv. klimaticko-energetického balíčku směrnicí 2009/29/ES. Evropská komise též představila cíle, kterých chce dosáhnout EU v oblasti energetiky a změny klimatu do roku 2020 (známé jako cíle „20-20-20“). Jedním z těchto cílů bylo i snížení emise skleníkových plynů EU o 20 % v porovnání s úrovní roku 1990. Revizí systému EU ETS došlo k nahrazení systému národních alokačních plánů, strop pro emise je nyní stanoven na úrovni EU. Dražba byla stanovena jako nejtransparentnější metoda alokace, která uvádí do praxe zásadu „znečišťovatel platí“ (k této zásadě blíže Vícha, 2014). Následně v roce 2015 EU přijala rozhodnutí o vytvoření rezervy tržní stability (Market Stability Reserve - MSR) s cílem odstranit velký přebytek emisních povolenek, který se v systému EU ETS vytvořil. Rezerva tržní stability měla být vytvořena v roce 2018 a od 1. ledna 2019 se uplatňuje umístování povolenek do této rezervy. Jedná se o změnu harmonogramu dražeb, tzv. „backloading“, čili odklad dražby celkem 900 milionů povolenek z let 2014 až 2016 na roky 2019 až 2020.

Dne 15. července 2015 předložila Evropská komise návrh směrnice představující čtvrtou fázi EU ETS (2021–2028), v anglickém znění označovanou „Post-2020 reform of the EU ETS“. Dne 19. března 2018 byl v Úředním věstníku publikován výsledný text směrnice Evropského parlamentu a Rady 2018/410/EU ze dne 14. března 2018, kterou se mění směrnice 2003/87/ES za účelem posílení nákladově efektivních způsobů snižování emisí a investic do nízkouhlíkových technologií.

1.2 Vědecké studie v oblasti EU ETS

U vědeckých studií analyzujících systém EU ETS je důležité rozlišit jednotlivá obchodovací období EU ETS, zejména z důvodu odlišných institucionálních podmínek a pravidel v jednotlivých obdobích. Odlišná pravidla mohou mimo jiné ovlivňovat také environmentální dopad EU ETS (Segura et al., 2018). Studie analyzující první pilotní obchodovací období (2005-2007) a druhé obchodovací období, tzv. Kjótskou fázi EU ETS (2008–2012) se zaměřovaly zejména na analýzu tržních cen obchodovatelných emisních povolenek, jejich dopady na chování stakeholderů na trhu s emisními povolenkami i na chování samotných znečišťovatelů. Problematice modelování a predikcí cen obchodovatelných emisních povolenek se věnovali například studie Li et al. (2011), Garcia-Martos et al. (2013), Lecuyer a Quirion (2013), další studie analyzovaly incidenci variantních cen uhlíku (Grainger a Kolstad, 2010), zkoumaly faktory ovlivňující cenu povolenky (Aatola et al., 2013; Lutz et al., 2013), mezní náklady energeticky náročných odvětví (Chernyavska a Gulli, 2008), vliv obchodování s emisemi na výrobce elektřiny (Falbo et al., 2013) nebo inovační dopady systému EU ETS (Rogge et al., 2011; Rentizelas et al., 2012).

Autoři vědeckých studií používali celé spektrum pokročilých metod, například Li et al. (2011) používá fuzzy modelování pro plánování obchodování s emisemi CO₂ v průmyslových podnicích za podmínek nejistoty. Aatola et al. (2013) vytvořil rovnovážný model trhu s emisními povolenkami za účelem určení ceny obchodovatelné emisní povolenky EUA. Falbo et al. (2013) vytvořil model založený na funkci zisku za účelem sledování dopadů EUA (EU Allowances) na optimalizační politiku výrobce elektřiny. Garcia – Martos et al. (2013) použil ARIMA a VARIMA modely pro vytvoření multivariantního modelu pro určení cen povolenky. Lecuyer a Quirion (2013) vytvořil analytický a numerický model energetického a uhlíkového trhu v EU a sledoval dopady nulové ceny uhlíku na výběr optimálního nástroje hospodářské politiky. Lutz et al. (2013) použil Markov regime-switching GARCH model pro určení nelineárních vztahů mezi cenou EUA a ekonomickými indikátory.

Z hlediska dopadů EU ETS na environmentální parametry a chování podniků jsou zajímavé empirické studie analyzující druhé obchodovací období založené na oficiálních datech, dotazníkových šetřeních a interview. Studie se zaměřují na dopady EU ETS na environmentální inovace a investice v Německu (Rogge et al., 2011), ve Švédsku (Lofgren et al., 2014) nebo v Evropské unii jako celku (Feng et al., 2012; Lovell et al., 2013; Martin et al., 2014).

Vědecké studie zkoumající třetí obchodovací fázi se vyznačují v daleko větší míře analýzou vlivů zásahů regulátora na fungování systému EU ETS a jeho parametry. Studie francouzských vědců (Cretí a Jöets, 2017) se zaměřuje na cenové bubliny, spekulace a analyzuje vývoj ceny emisní povolenky EUA na burze. Autoři dospěli k závěru, že největší výkyvy v ceně jsou důsledkem oznámení změn v politice ochrany klimatu nebo energetické politiky. Obdobným tématem se zabývá i studie Fan et al.

(2017), která prezentuje podrobný přehled dopadů politických opatření regulátora v rámci systému EU ETS na cenu povolenky EUA za období zahrnující všechny tři obchodovací fáze (2005–2015). Autoři se zaměřují na soulad očekávaných dopadů založených na teoretických předpokladech se skutečným dopadem politických opatření regulátora a dospívají k závěru, že ne všechny politiky (události) vedou požadovaným směrem. Studie Skovgaard (2017) se zaměřuje na analýzu rozhodování jednotlivých ministerstev financí v Nizozemsku, Dánsku a Německu v souvislosti s intervencemi a regulací systému EU ETS. Analýza ukazuje, že ministerstva byla součástí rozhodovacích procesů, podporovala intervence v rámci EU ETS, ale současně měla v jednotlivých zemích rozdílné cíle v oblasti fiskální i makroekonomické, navíc finální rozhodnutí bylo dáno politickou orientací vlády (zejména v Německu a Nizozemsku).

V České republice se problematikou EU ETS dosud zabývaly zejména studie Chmelíka a Zámyslického (2007), kteří provedli komparaci systémů emisních povolenek na základě statistických dat a platné legislativy. Zámyslický (2013) dále zkoumal vliv obchodování s emisemi skleníkových plynů na ekonomiku obnovitelných zdrojů energie. Studie Solilové a Nerudové (2014) se zaměřila na emisní obchodování a uhlíkové zdanění v Evropské unii a Zimmermannová (Zimmermannová, 2015; Zimmermannová et al., 2015) provedla ex post analýzu počátku třetího obchodovacího období EU ETS.

Pokud se zaměříme na environmentální účinnost EU ETS, můžeme najít převážně ex post analýzy chování firem a změn jejich environmentálních parametrů v důsledku EU ETS, ať už jsou to výše zmíněné studie zaměřené na environmentální inovace a investice (Rogge et al., 2011; Lofgren et al., 2014; Feng et al., 2012; Lovell et al., 2013; Martin et al., 2014; Zimmermannová, 2015) nebo studie zkoumající vztah mezi environmentálními a ekonomickými parametry firem v jednotlivých obchodovacích obdobích EU ETS (Marin et al., 2018; Segura et al., 2018). V oblasti ex post hodnocení dopadů systému EU ETS na celkové množství emisí skleníkových plynů v zemích EU28 se autorům nepodařilo v době psaní článku najít relevantní studie, zahrnující všechna obchodovací období. To je také hlavním důvodem pro provedení následující analýzy.

2 Metody

2.1 Data

Za účelem provedení geovizuální analýzy byla použita data z databáze Eurostat (Eurostat, 2018), konkrétně vývoj emisí CO₂ celkem. Jedná se o roční data dostupná za země EU28, a to časové řady za období 1995–2016. Z databáze Eurostatu, respektive z její podřízené složky pro správu geografických dat (Geographic Information System of the COMmission, zkráceně GISCO), byla také použita geografická data, konkrétně se jednalo o referenční prostorová data administrativních jednotek států EU k roku 2014.

Za účelem provedení regresní analýzy byla dále použita data z burzy EEX (2019), konkrétně vývoj ceny obchodovatelných emisních povolenek EUA prodaných v aukci, kdy aukční ceny jsou k dispozici třikrát týdně (EEX, 2019). Z těchto cen byl vypočítán pro účely analýzy roční průměr; v rámci analýzy byly nejprve použity i průměrné ceny povolenek za první a druhé obchodovací období, nicméně vzhledem k velké volatilitě nebyly tyto ceny vhodné pro regresní analýzu. Pro účely analýzy byla použita rovněž data od českého Operátora trhu s elektřinou (OTE, 018), konkrétně průměrná roční

cena emisní povolenky ze všech uskutečněných obchodů, tj. nejen výsledná cena z aukcí, ale i z obchodů na spotovém trhu. Byla použita data za období 2005–2016.

2.2 Metody

Nejprve byla provedena geovizuální analýza prostorových dat za účelem zjištění vývoje emisí skleníkových plynů v zemích EU28 v období 2005 (rok zavedení systému EU ETS) až 2015 (období 10 let po zavedení systému EU ETS). Geovizuální analýza je termín pro oblast zkoumání geografických dat za účelem analytického myšlení a rozhodování v dané problematice, a to za využití (geo)vizualizací, výpočetních metod či konstrukce znalostí, reprezentací a manažerských strategií (Andrienko et al., 2007). Geovizuální analýza byla provedena nad zobrazením indikátorů v prostoru pomocí areálové metody (obrázek 1). U map s využitím areálové metody je u každého státu EU číslem znázorněn procentuální rozdíl mezi lety 2005 a 2015, kdy od hodnot z roku 2015 byly odečteny hodnoty z roku 2005. Proto záporné hodnoty znamenají pokles a kladné nárůst.

Následně byl prostřednictvím regresní analýzy zjišťován možný vliv systému EU ETS na snížení emisí skleníkových plynů ve státech EU28 jako celku. Za tímto účelem byla použita metoda lineární regrese a vytvořeny samostatné regresní modely. Rovnice obecného regresního modelu má tvar:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + u \quad (1)$$

V této rovnici jsou parametry $\beta_0 \dots \beta_5$ regresní koeficienty, které vyjadřují vliv nezávislé proměnné na závislou proměnnou. Závislou proměnnou Y jsou emise skleníkových plynů v zemích EU28 vyjádřené v milionech tun ekvivalentu CO_2 . Parametr u představuje náhodnou složku modelu. Nezávislé proměnné v regresní rovnici jsou následující: X_1 – průměrná roční cena povolenky EUA v aukci, X_2 – roční HDP v zemích EU28 v běžných cenách, X_3 – roční objem investic v zemích EU28 v běžných cenách, X_4 – průměrná roční cena povolenky EUA na všech trzích (OTE, 2018), X_5 – čas. Jednotlivé proměnné jsou popsány v následující Tab. 1.

Tab. 1: Proměnné v regresním modelu

Proměnná	Jednotky	Typ proměnné	Teoretický/ očekávaný dopad
Emise skleníkových plynů	t/ CO_2 ekv.	Závislá	-
Průměrná roční cena EUA v aukci, běžné ceny	EUR/povolenka	Klíčová vysvětlující	Negativní
Roční HDP v zemích EU28, běžné ceny	mil. EUR	Kontrolní vysvětlující	Pozitivní
Roční objem investic v zemích EU28, běžné ceny	mil. EUR	Kontrolní vysvětlující	Negativní
Průměrná roční cena EUA na všech trzích, běžné ceny	EUR/povolenka	Kontrolní vysvětlující	Negativní
Čas	1 rok	Kontrolní vysvětlující	Negativní

Zdroj: vlastní zpracování

Jednotlivé vysvětlující proměnné byly zvoleny z důvodu teoretického/očekávaného dopadu na množství emisí skleníkových plynů. Průměrná roční cena emisní povolenky EUA v aukci (klíčová vysvětlující proměnná) byla zvolena na základě teoretického konceptu environmentálních ekonomů (více např. Kolstad, 2010), kde zvyšující se cena obchodovatelné emisní povolenky působí adekvátní snížení emisí skleníkových plynů. Jako kontrolní vysvětlující proměnná potom byla zvolena průměrná roční cena emisní povolenky na všech trzích, která vychází ze stejného teoretického konceptu a očekává se u ní rovněž negativní vliv. S ohledem na přidělování emisních povolenek v prvních fázích obchodování zdarma (tzv. grandfathering) lze očekávat slabší motivační efekt než v případě, kdy si firmy povolenky kupují v aukci.

Proměnná roční HDP v zemích EU28 vyjadřuje ekonomický vývoj zemí EU28 a období ekonomické expanze, stagnace či recese. Ekonomický růst/stagnace/pokles je na základě teorie provázen odpovídajícím růstem/stagnací/poklesem produkce a souvisejícím množstvím emisí znečišťujících látek do ovzduší (Samuelson a Nordhaus, 2010; Kolstad, 2011).

Proměnná roční objem investic v zemích EU28 zahrnuje všechny korporátní investice ve sledovaném období. Bohužel se autorům nepodařilo získat díky nedostatku dat samostatný indikátor tzv. environmentálních investic – korporátních investic do nových, environmentálně šetrných technologií a procesů na úrovni zemí EU28. Teoretická očekávání ohledně použité proměnné „korporátních investic“ jsou v souladu s tzv. Porterovou hypotézou a výsledky obdobných studií (např. Liu et al., 2017; Jin et al., 2017), kde nárůst korporátních investic přináší adekvátní snížení emisí skleníkových plynů. Předpokládáme, že současné „nové“ technologie jsou více environmentálně šetrné než původní, tj. modernizace kapitálu vede ke zlepšení environmentálních parametrů produkce.

Poslední proměnná – čas – byla zvolena s ohledem na výsledky geovizuální analýzy, prezentované v tomto článku v kapitole 3.1. Z výsledků analýzy vyplývá, že ve sledovaném období 2005–2015 došlo až na výjimku (Lotyšsko) ke snížení emisí skleníkových plynů ve všech členských státech EU28.

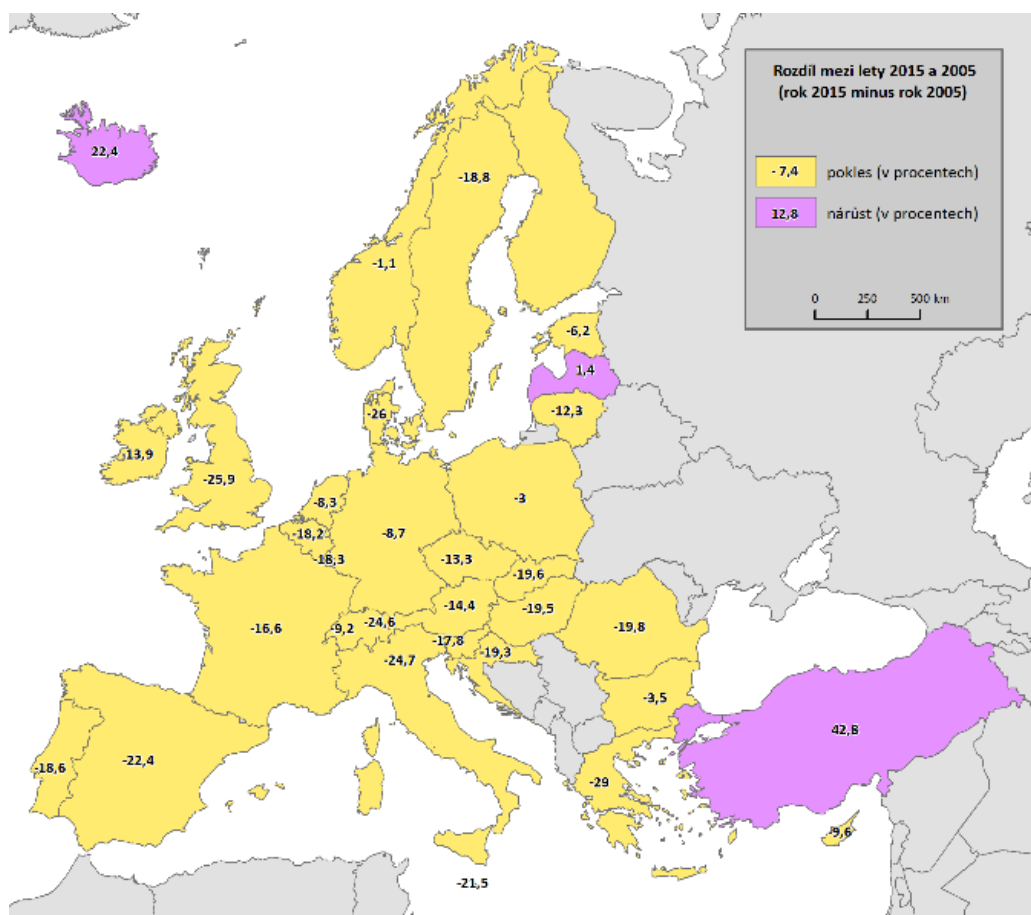
V souvislosti s hlavním cílem výzkumu, uvedeným výše, je stanovena výzkumná otázka „Systém EU ETS (prostřednictvím ceny povolenky EUA v aukci) má vliv na množství emisí skleníkových plynů v EU28, tj. tento ekonomický nástroj je environmentálně účinný v EU28 jako celku“.

3 Rozbor problému

3.1 Geovizuální analýza prostorových dat

Do systému EU ETS jsou zapojeny všechny členské země EU28 a dále Norsko, Lichtenštejnsko a Island. Nejprve byla provedena geovizuální analýza (více např. Pászto et al., 2017) za účelem vyhodnocení prostorových dat.

Obr. 1: Emise CO₂ (rozdíl 2005 a 2015) celkem



Zdroj: Eurostat, 2018; vlastní zpracování

Obrázek 1 ukazuje rozdíly v množství emisí skleníkových plynů v jednotlivých zemích zapojených do systému EU ETS mezi rokem 2005 (rok zavedení EU ETS) a rokem 2015. Je zřetelné, že ve všech zemích s výjimkou Turecka, Islandu a Lotyšska došlo ke snížení emisí. Snížení se pohybovalo od 29 (Řecko) po 1,1 procenta (Norsko). Česká republika s hodnotou snížení emisí CO₂ celkem o 13,3 procenta patří spíše k těm zemím s menším poklesem. Nicméně sousední Polsko a Německo vykázalo snížení ještě méně výrazné. Na druhou stranu Turecko signifikantně (o 42,8 procent) zvýšilo ve sledovaném období celkovou produkci CO₂. Je zajímavé, že Island, který je charakteristický šetrností k životnímu prostředí, vykázal ve sledovaném období nárůst celkové produkce emisí CO₂ o 22,4 procenta. Nutno podotknout, že v případě Islandu jsou absolutní hodnoty emisí v řádech jednotek (oproti stovkám u Německa či Polska).

Otázkou tedy je, zda pozorovaný pokles emisí CO₂ souvisí se snižováním dopadu ekonomiky na životní prostředí, zaváděním šetrnějších technologií a energetickými úsporami či zda je spíše způsoben poklesem investiční aktivity a snižováním produkce ve sledovaných zemích. K alespoň částečnému objasnění tohoto problému nám může pomoci regresní analýza a regresní model pro země EU28.

3.2 Korelační a regresní analýza EU28

Tab. 2 obsahuje popisnou statistiku k regresním modelům. U proměnné EUA aukce byla v období, kdy aukce ještě neprobíhaly, použita nula vyjadřující nulovou cenu v aukci. Rovněž u proměnné EUA průměr byla v období, kdy ještě nebyl zaveden systém EU ETS, použita nula vyjadřující nulovou cenu tuny uhlíku na burze.

Tab. 2: Popisná statistika

Proměnná	Max	Min	Průměr	Medián
Emise CO ₂ (tuny)	5096987,48	3970581,22	4642231,33	4853406,98
EUA aukce (EUR)	7,61	4,40	1,05	0
HDP (mil. EUR)	14855223	7346248,80	11427945,30	11923366,20
Investice (mil. EUR)	3023653,40	1586410,20	2410834,67	2464648,85
EUA průměr (Kč)	613,46	41,64	156,48	80,14
Čas (roky)	2016	1995	2005,5	2005,5

Zdroj: Eurostat, 2018; EEX, 2019; OTE, 2018; vlastní zpracování

Nejprve byla provedena korelační analýza s využitím dat za období 1995–2016.

Tab. 3: Korelační analýza

	Emise	Aukce	HDP	Investice	EUA vše	Čas
Emise	1					
Aukce	-0,78	1				
HDP	-0,83	0,59	1			
Investice	-0,66	0,44	0,96	1		
EUA vše	-0,29	0,01	0,53	0,57	1	
Čas	-0,91	0,65	0,98	0,89	0,48	1

Zdroj: vlastní zpracování

Lze pozorovat statisticky významné negativní korelační koeficienty mezi emisemi skleníkových plynů, cenou emisních povolenek v aukci, HDP a časem. Za účelem vyhodnocení možných závislostí bude provedena regresní analýza, s využitím třech různých modelů. Model MOD1 – VŠE zahrnuje všechny nezávislé proměnné použité v rámci korelační analýzy. Druhý model MOD2 – aukce zahrnuje pouze jednu nezávislou proměnnou – cenu emisní povolenky v aukci. Nakonec MOD3 - EKONOM zahrnuje nezávislé proměnné, u kterých vyšly statisticky významné negativní korelační koeficienty v rámci korelační analýzy.

Tab. 4: Regresní analýza EU28

Parametr	MOD1–VŠE		MOD2–AUKCE		MOD3-EKONOM	
	Význ.	Koef.	Význ.	Koef.	Význ.	Koef.
Aukce	0,08	-22848,92	0,01	-64454,79	0,04	-24748,44
HDP	0,01	0,55	X		0,00	0,28
Investice	0,17	-0,58	X		x	
EUA vše	0,56	73,86	X		x	
Čas	0,00	-207047,59	X		0,00	-145217,24
Konstanta	0,00	414949650,80	0,00	4404171,39	0,00	292705036,30
R ²	0,98		0,83		0,98	
N	22		9		22	
Význam.F	0,00		0,01		0,00	
DW	1,69		1,51		1,13	
dL; dU	0,67;1,69		0,55;0,99		0,83;1,40	

Zdroj: vlastní zpracování; hladina významnosti 0,05; DW – hodnota Durbin-Watsonova testu; dL,dU hranice u Durbin-Watsonova testu

Z hlediska statistické významnosti jsou všechny testované modely statisticky významné, u prvního MOD1 – VŠE ovšem nejsou statisticky významné všechny proměnné. Hodnota Durbin-Watsonova testu na autokorelaci 1,69 odpovídá hraniční hodnotě pro zamítnutí hypotézy o autokorelaci. Model MOD3 – EKONOM vychází jako statisticky významný včetně jednotlivých proměnných a jejich indikátorů. Problematický se zde ovšem jeví test autokorelace (Durbin-Watson), kde hodnota 1,13 ještě spadá do oblasti s nejednoznačným rozhodnutím (interval 0,83 – 1,40). Poslední z modelů se zaměřuje pouze na samotné emisní povolenky prodávané v aukci a jejich vliv na emise CO₂. Tento model pracuje s kratším časovým obdobím zahrnujícím druhou a třetí fázi EU ETS (od roku 2008). Je zřejmé, že model je statisticky významný a hodnota Durbin-Watsonova testu prokázala, že zde není autokorelace.

Na základě výsledků regresní analýzy lze konstatovat, že v zemích EU28 systém EU ETS přispívá ke snižování emisí skleníkových plynů. Z analýzy ovšem vyplývá, že vliv různých způsobů obchodování povolenek má různý vliv na snižování emisí. U emisních povolenek, které byly nejprve přidělovány zdarma a následně obchodovány, není možné potvrdit jejich environmentální dopad. Naopak u emisních povolenek prodávaných v aukci je jejich vliv na znečišťovatele daleko výraznější, a to jak samostatně (model MOD2 - VŠE), tak v kombinaci s vývojem ekonomiky a časem (MOD3 - EKONOM).

4 Diskuze

Pokud se zaměříme na vyhodnocení dosažených výsledků s ohledem na výzkumnou otázku „Systém EU ETS (prostřednictvím ceny povolenky EUA v aukci) má vliv na množství emisí skleníkových plynů v EU28, tj. tento ekonomický nástroj je environmentálně účinný v EU28 jako celku“, můžeme konstatovat, že cena emisní povolenky EUA v aukci je environmentálně účinná. Množství emisí skleníkových plynů v zemích EU28 ve zvoleném regresním modelu ovlivňují negativně konkrétně dvě proměnné - cena obchodovatelné emisní povolenky EUA v aukci a čas (zahrnující období EU ETS). Proměnná HDP ovlivňuje sledované množství emisí pozitivně. Ostatní ekonomické indikátory nejsou v rámci regresního modelu statisticky významné.

Ohledně environmentálního dopadu ceny emisní povolenky EUA je však potřeba zdůraznit, že se jedná pouze o cenu emisní povolenky v aukci (systémová změna platná od třetí obchodovacího období 2013-2020). Pokud se zaměříme na vliv ceny EUA na všech trzích po celou dobu účinnosti systému EU ETS od roku 2005, je tato proměnná z pohledu modelu statisticky nevýznamná. Získané výsledky částečně korespondují s výsledky studie Segura et al. (2018), kde autoři rovněž zdůrazňují rozdílný vliv jednotlivých obchodovacích období na environmentální parametry firem, přičemž nejvýznamnější redukce emisí CO₂ byly zjištěny právě ve třetím obchodovacím období. Je zřejmé, že systém aukcí má na environmentální účinnost EU ETS výrazný vliv. S ohledem na poslední vývoj ceny EUA v aukci v průběhu období 2018-2019, kdy se cena jedné povolenky dostala až na úroveň 27 EUR/t (EEX, 2019), lze do budoucna očekávat ještě výraznější dopad evropského systému emisního obchodování na snížení emisí skleníkových plynů u jednotlivých znečišťovatelů.

V regresních modelech se také projevil jako významný faktor čas, což může souviset s celkovým tlakem společnosti na environmentální parametry firem a environmentální inovace; z pohledu nástrojů hospodářské politiky je systém EU ETS nejen ekonomickým nástrojem spojeným s emisním obchodováním, ale rovněž

představuje přísnou legislativu – administrativní nástroj, který se v čase rovněž „přiostruje“, což vyplývá i z nově schválené legislativy ke čtvrtému obchodovacímu období systému EU ETS. Směrnice 2018/410/EU pro čtvrtou fázi EU ETS (2021-2030) se soustředí zejména na zvýšení podílu povolenek dražených v aukci (57 %) a přísnější pravidla pro přidělování bezplatných povolenek.

S ohledem na výsledky analýzy prezentované v tomto článku doporučují autoři tvůrcům hospodářské politiky prosazovat další zvýšení množství emisních povolenek prodávaných v aukci, které je žádoucí, pokud má mít systém EU ETS výraznější environmentální dopad.

Závěr

Hlavním cílem tohoto článku bylo provést analýzu vlivu systému emisních obchodovatelných povolenek EU ETS na množství emisí skleníkových plynů v zemích EU28 jako celku. Z geovizuální analýzy prostorových dat je zřejmé, že téměř ve všech sledovaných zemích došlo v období 2005–2015 ke snížení emisí skleníkových plynů. Na základě výsledků regresní analýzy můžeme dále konstatovat, že ke snižování emisí skleníkových plynů v zemích EU28 jako celku přispívá i systém EU ETS, zejména po změně systému přidělování povolenek. V rámci regresních modelů hraje významnou roli také čas, kde můžeme pozorovat negativní vztah s množstvím emisí skleníkových plynů. Významný vliv času může souviset s celkovým tlakem hospodářské politiky na environmentální parametry firem a environmentální inovace.

V souvislosti s dalším obchodovacím obdobím EU ETS bude potřeba v průběhu roku 2021 vyhodnotit třetí obchodovací období 2013–2020 a jeho ekonomickou a environmentální účinnost. Předmětem dalšího výzkumu v oblasti obchodovatelných emisních povolenek by proto, s ohledem na prostorový charakter tohoto ekonomického nástroje, měla být komplexnější prostorová analýza zaměřená na možné rozdílné působení EU ETS v jednotlivých členských zemích a související prostorová analýza nákladů na zamezení.

Poděkování

Tento článek vznikl díky podpoře projektu Spationomy (2016-1-CZ01-KA203-024040) spolufinancováno z programu Evropské unie Erasmus+.

Reference

- Aatola, P., Ollikainen, M., Toppinen, A. (2013). Price determination in the EU ETS market: Theory and econometric analysis with market fundamentals, *Energy Economics*, 36, March 2013, s. 380–395.
- Andrienko, G., Andrienko, N., Jankowski, P., Keim, D., Kraak, M. J., MacEachren, A., Wrobel, S. (2007). Geovisual analytics for spatial decision support: Setting the research agenda. *International journal of geographical information science*, 21(8), s. 839-857.
- Cretí, A., Joëts, M. (2017). Multiple bubbles in the European Union Emission Trading Scheme. *Energy Policy*, 107(April), s. 119–130, DOI: 10.1016/j.enpol.2017.04.018.
- EEX. (2019). *EU Emission Allowances – Prices and Trading Volumes*. [online] Dostupné na: <https://www.eex.com> [13.5.2019].
- European Commission. (2015). *EU ETS Handbook*. [online] Dostupné na: https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/ets_handbook_en.pdf [20.9.2018].
- Eurostat. (2018). *Greenhouse gas emissions. GDP and its components*. [online] Dostupné na: <http://ec.europa.eu/eurostat/> [20.9.2018].

- Falbo, P., Felletti, D., Stefani, S. (2013). Free EUAs and fuel switching, *Energy Economics*, 2013, 35, January 2013, s. 14–21.
- Fan, Y., Jia, J. J., Wang, X., Xu, J. H. (2017). What policy adjustments in the EU ETS truly affected the carbon prices? *Energy Policy*, 103 (July 2016), s. 145–164, DOI: 10.1016/j.enpol.2017.01.008.
- Feng, Z. H., Wei, Y. M., Wang, K. (2012). Estimating risk for the carbon market via extreme value theory: An empirical analysis of the EU ETS, *Applied Energy*, 2014, 99, s. 97–108.
- García-Martos, C., Rodríguez, J., Sánchez, M. J. (2013). Modelling and Forecasting Fossil Fuels, CO₂ and Electricity Prices and their Volatilities, *Applied Energy*, 101, January 2013, s. 363–375.
- Grainger, C. A., Kolstad, C. D. (2010). Who Pays a Price on Carbon?, *Environmental and Resource Economics*, 46 (3), s. 359–376.
- Chernyavska, L., Gulli, F. (2008). Marginal CO₂ cost pass-through under imperfect competition in power markets, *Ecological Economics*, 68, December 2008, s. 408–421.
- Chmelík, T., Zámyslický, P. (2007). EU Emissions Trading Scheme as Implemented in the Czech Republic. *Acta Polytechnica*, 47 (6), s. 43 - 45.
- Jin, L., Duan, K., Shi, C., Ju, X. (2017). The Impact of Technological Progress in the Energy Sector on Carbon Emissions: An Empirical Analysis from China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(12), s. 1505.
- Kolstad, C. D. (2011). *Environmental Economics*, 2nd Edition. New York: Oxford University Press.
- Lecuyer, O., Quirion, P. (2013). Can Uncertainty Justify Overlapping Policy Instruments to Mitigate Emissions?, *Ecological Economics*, 93, September 2013, s. 177–191.
- Li, M. W., Li, Y. P., Huang, G. H. (2011). An Interval-Fuzzy Two-Stage Stochastic Programming Model for Planning Carbon Dioxide Trading under Uncertainty, *Energy*, 2011, 36 (9), s. 5677–5689.
- Liu, Y., Hao, Y., Gao, Y. (2017). The environmental consequences of domestic and foreign investment: evidence from China. *Energy Policy*, 108, s. 271–280.
- Lofgren, A., Wrake, M., Hagberg, T., Roth, S. (2014). Why the EU ETS needs reforming: an empirical analysis of the impact on company investments, *Climate Policy*, 2014, 14 (5), s. 537–558.
- Lovell, H., Bebbington, J., Larrinaga, C., De Aguiar, T.R.S. (2013). Putting carbon markets into practice: a case study of financial accounting in Europe, *Environment and Planning C-Government and Policy*, 31(4), s. 741–757.
- Lutz, B. J., Pigorsch, U., Rotfuß, W. (2013). Nonlinearity in cap-and-trade systems: The EUA price and its fundamentals, *Energy Economics*, 40, November 2013, s. 222–232.
- Marin, G., Marino, M., Pellegrin, C. (2018). The impact of the European Emission Trading Scheme on multiple measures of economic performance. *Environmental and Resource Economics*, 71(2), s. 551–582.
- Martin, R., Muuls, M., De Preux, L. B., Wagner, U. J. (2014). On the empirical content of carbon leakage criteria in the EU Emissions Trading Scheme, *Ecological Economics*, 2014, 105, s. 78–88.
- OTE (2018). *Průměrná cena emisní povolenky*. [online] Dostupné na: <https://www.povolenky.cz/> [20.9.2018].
- Pászto, V., Burian, J., Panek, J., Macku, K. (2017). Mapping the economic data - Case studies and best practices, *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management*, SGEM, 17 (21), s. 975–982, DOI: 10.5593/sgem2017/21/S07.123
- Rentizelas, A. A., Tolis, A.I., Tatsiopoulou, I.P. (2012). Investment planning in electricity production under CO₂ price uncertainty, *International Journal of Production Economics*, 140(2), s. 622–629.
- Rogge, K. S., Schneider, M., Hoffmann, V. H. (2011). The innovation impact of the EU Emission Trading System — Findings of company case studies in the German power sector, *Ecological Economics*, 70, January 2011, s. 513–523.
- Samuelson, P. A., Nordhaus, W. D. (2010). *Economics*. 19th ed. The McGraw-Hill series economics.

Segura, S., Ferruz, L., Gargallo, P., Salvador, M. (2018). Environmental versus economic performance in the EU ETS from the point of view of policy makers: A statistical analysis based on copulas. *Journal of Cleaner Production*, 176, s. 1111-1132, DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.11.218.

Skovgaard, J. (2017). The Role of Finance Ministries in Environmental Policy Making: The case of European Union Emissions Trading System reform in Denmark, Germany and the Netherlands. *Environmental Policy and Governance*, 27(4), s. 351-364, DOI: 10.1002/eet.1767.

Solilova, V., Nerudova, D. (2015). Evaluation of Greenhouse Gas Emissions and Related Aspects: Case of the Czech Republic, *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 63(1), s. 281-292.

Vícha, O. (2014). *Princip „znečišťovatel platí“ z právního pohledu*. 1. vydání, Praha: Linde Praha a.s.

Zámyslický, P. (2013). *Vliv obchodování s emisemi skleníkových plynů na ekonomiku obnovitelných zdrojů energie*. Disertační práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická.

Zimmermannová, J. (2015). Pilot Analysis of the Behaviour of Companies Within the 3rd Trading Period of the EU ETS in the Czech Republic. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 63(6), s. 2213-2220, DOI: 10.11118/actaun201563062213.

Zimmermannová, J., Cermak, P., Novak, P. (2015). Ex-post analysis of the EU emission trading in year 2013 in the Czech Republic. *Economics and Sociology*, 8(2), DOI: 10.14254/2071-789X.2015/8-2/13

Kontaktní adresa

doc. Ing. Jarmila Zimmermannová, Ph.D.

Moravská vysoká škola Olomouc, Ústav ekonomie
Tř. Kosmonautů 1, 779 00 Olomouc, Česká republika
E-mail: jarmila.zimmermannova@mvso.cz
Tel. číslo: + 420587332318

Mgr. Vít Pászto, Ph.D.

Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra geoinformatiky
Moravská vysoká škola Olomouc, Ústav informatiky a aplikované matematiky
Tř. Kosmonautů 1, 779 00 Olomouc, Česká republika
E-mail: vit.paszto@gmail.com
Tel. číslo: + 420587332320

JUDr. Ondřej Vícha, Ph.D.

Univerzita Palackého v Olomouci, Právnická fakulta, Katedra správního práva a finančního práva
Tř. 17. listopadu 8, 771 11 Olomouc, Česká republika
E-mail: ondrej.vicha@upol.cz
Tel. číslo: + 420585637666

Received: 16. 11. 2019, reviewed: 08. 03. 2019

Approved for publication: 26. 06. 2019