

EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE

Obchodná fakulta

Evidenčné číslo: 102003/I/2021/36097107977198852

**MULTIMODÁLNE RIEŠENIA PREPRAVY
NEBEZPEČNÉHO NÁKLADU V EÚ A ICH DOPAD
NA EKOLÓGIU**

Diplomová práca

EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE

Obchodná fakulta

**MULTIMODÁLNE RIEŠENIA PREPRAVY
NEBEZPEČNÉHO NÁKLADU V EÚ A ICH DOPAD
NA EKOLÓGIU**

Diplomová práca

Študijný program: Manažment medzinárodného obchodu

Študijný odbor: Ekonómia a manažment

Školiace pracovisko: Katedra medzinárodného obchodu

Vedúci záverečnej práce: Ing. Marek Minárik, PhD.

Bratislava 2021

Bc. Kristína Gabrižová

POĎAKOVANIE

Chcela by som poďakovať vedúcemu diplomovej práce Ing. Marekovi Minárikovi, PhD. za odborné vedenie, cenné rady a pripomienky, ktoré boli nesmierne nápomocné pri vypracovávaní tejto záverečnej práce.

Abstrakt

GABRIŽOVÁ, Kristína: *Multimodálne riešenia prepravy nebezpečného nákladu v EÚ a ich dopad na ekológiu*. – Ekonomická univerzita v Bratislave. Obchodná fakulta; Katedra medzinárodného obchodu. – Vedúci záverečnej práce: Ing. Marek Minárik, PhD. – Bratislava: OF EU, 2021, 56s.

Cieľom záverečnej práce je poukázať na potrebu presmerovania prepravy nebezpečného nákladu z cestnej dopravy na železničnú, ktorá je považovaná za ekologickejšiu a bezpečnejšiu. Práca je rozdelená do piatich kapitol. Obsahuje 12 grafov a 10 tabuliek. Prvá kapitola je venovaná charakteristike nebezpečných nákladov a multimodálnej prepravy, spôsobom a rizikám prepravy nebezpečných nákladov v EÚ a ich vplyvom na ekológiu. V ďalších častiach sa charakterizuje cieľ a metodológia diplomovej práce. Štvrtá kapitola predstavuje ekonometrickú analýzu, pomocou ktorej zisťujeme vplyv zmeny objemu železničnej prepravy s nebezpečným nákladom v EÚ na emisie vypúšťané cestnou dopravou pri preprave nebezpečného nákladu. Záverečná kapitola sa zaoberá diskusiou a prepojením teoretickej a praktickej časti. Výsledkom riešenia danej problematiky je potvrdenie stanoveného cieľa a poukázanie na vhodnosť presmerovania prepravy nebezpečného nákladu v EÚ z cestnej, na železničnú dopravu.

Kľúčové slová: multimodalita, nebezpečný náklad, ekológia, transport, regresný model

Abstract

GABRIŽOVÁ, Kristína: *Multimodal Solutions of the Transport of Dangerous Goods in EU and Their Impact on Ecology*. – University of Economics in Bratislava. Faculty of Commerce; Department of International Trade. – Advisor: Ing. Marek Minárik, PhD. – Bratislava: OF EU, 2021, 56 p.

The main objective of the thesis is to point out the importance of modal shifting from road transport of dangerous goods to rail transport, which is considered to be safer and more environmentally friendly. The thesis is divided into five chapters. It contains 12 graphs and 10 tables. The first chapter is devoted to the characteristics of dangerous goods and multimodal transport. It also contains methods and risks associated with transport of dangerous goods in EU and their impact on the environment. The following chapters describe the objectives and methodology of the thesis. The fourth chapter presents econometric analysis, which we use to determine the impact of the change in quantity of rail transport of dangerous goods in EU on emissions emitted by road transport. The final chapter includes the discussion and connects the theoretical and practical parts. The thesis results in the confirmation of the objectives.

Key words: multimodality, dangerous goods, ecology, transport, regression model

Obsah

Úvod	7
1. Súčasný stav riešenej problematiky doma a v zahraničí.....	8
1.1 Charakteristika nebezpečných nákladov a multimodálnej prepravy.....	9
1.1.1 Právne normy spojené s prepravou nebezpečného nákladu v EÚ a v SR.....	12
1.1.2 Označovanie nebezpečných nákladov v EÚ.....	15
1.2 Spôsoby prepravy nebezpečného nákladu	16
1.3 Riziká pri preprave nebezpečného nákladu.....	19
1.4 Vplyv prepravy nebezpečného nákladu na ekológiu	23
2. Cieľ práce	29
3. Metodika práce a metódy skúmania.....	30
4. Výsledky práce	31
3.1 Ekonometrická analýza.....	38
3.1.1 Metóda najmenších štvorcov (Ordinary least squares).....	40
3.1.2 Testovanie hypotéz	42
3.1.2 Zisťovanie presnosti modelu	47
5. Diskusia.....	49
Záver	51
Zoznam použitej literatúry	52

Zoznam grafov a tabuliek

Graf č. 1: Objem prepraveného nebezpečného nákladu v EÚ, 2008 – 2019 (mil. TKM)....	9
Graf č. 2: Počet nehôd pri preprave nebezpečného tovaru železničnou dopravou, EÚ27, 2012 – 2019	21
Graf č. 3: Produkcia NO _x v EÚ, podiel podľa sektorovej skupiny, 2018	27
Graf č. 4: Vývoj celkového objemu emisií NO _x (EU27), 2001 - 2018.....	31
Graf č. 5: Percentuálny podiel NO _x v preprave (EU27), 2018	32
Graf č. 6: Vývoj objemu prepravovaného nebezpečného tovaru po ceste, 2008 - 2019	33
Graf č. 7: Cestná preprava nebezpečných vecí, 2018, percentuálny podiel v tonokilometroch.....	34
Graf č. 8: Objem emisií NO _x v tonách – cestná preprava s nebezpečným tovarom v krajinách EÚ, 2018	35
Graf č. 9: Vývoj objemu prepravovaného nebezpečného tovaru po železnici, 2004 – 2019	36
Graf č. 10: Železničná preprava nebezpečných tovarov, 2018, percentuálny podiel v tonokilometroch.....	37
Graf č. 11: Objem emisií NO _x v tonách – železničná preprava s nebezpečným tovarom v krajinách EÚ, 2018	38
Graf č. 12: Grafické znázornenie premenných	48
Tabuľka č. 1: Silné a slabé stránky cestnej a železničnej dopravy	18
Tabuľka č. 2: Vstupné údaje	39
Tabuľka č. 3: OLS analýza	41
Tabuľka č. 4: Odhad intervalu spoľahlivosti	42
Tabuľka č. 5: T-štatistika	43
Tabuľka č. 6: Whiteov test heteroskedasticity	44
Tabuľka č. 7: Chí-kvadrát.....	45
Tabuľka č. 8: Test normality reziduálov.....	46
Tabuľka č. 9: F-štatistika	47
Tabuľka č. 10: Rovnica.....	47

Úvod

Multimodálna doprava vytvára možnosti na ekologickejšie správanie sa spoločností a štátov. Po správnom zhodnotení každej dopravnej modalítity môžeme dospieť k záveru, ktorá z nich predstavuje v akých situáciách najvhodnejšiu voľbu na prepravu nebezpečného nákladu. Pri takomto hodnotení sa berú do úvahy rôzne aspekty akými sú rizikovosť, dĺžka trasy, náklady na prepravu v porovnaní s nákladmi na tovar, chemické vlastnosti nákladu, dopady na životné prostredie a ďalšie.

V dnešnej stále viac prepájajúcej sa globálnej spoločnosti význam logistiky a multimodality rastie. Zároveň sa dostávajú do povedomia aj témy udržateľnosti a životného prostredia. Je preto nevyhnutné, aby sa tieto témy skĺbili a hľadali sa najvhodnejšie možné kombinácie transportu. Práve k tomu prispieva aj nasledujúca diplomová práca.

Naším hlavným cieľom bolo poukázať na potrebu presmerovania prepravy nebezpečného nákladu z cestnej dopravy na železničnú, ktorá je považovaná za ekologickejšiu a bezpečnejšiu. K splneniu tohto cieľa sme si určili niekoľko parciálnych cieľov, medzi ktoré patrilo aj vypracovanie ekonometrickej analýzy na zistenie vplyvu železničnej dopravy nebezpečných nákladov na emisie cestnej dopravy s nebezpečným nákladom.

V prvej kapitole tejto diplomovej práce sme pomocou štúdií a výskumov autorov, ktorí sa zaoberajú danou problematikou, priblížili tému práce. Charakterizovali sme pojmy nebezpečný náklad a multimodálna preprava, ako aj spôsoby a riziká prepravy nebezpečného nákladu v členských krajinách Európskej únie. Venovali sme sa tiež vplyvu prepravy nebezpečných nákladov na ekológiu. V druhej kapitole sme stanovili hlavný cieľ, parciálne ciele a výskumnú otázku. V kapitole metodika práce a metódy skúmania sme priblížili, ako sme pri vypracovaní diplomovej práce postupovali. Vo výsledkoch práce sme následne stanovili hypotézu, ktorá nám dopomohla k splneniu hlavného cieľa. Ďalej sme vypracovali ekonometrickú analýzu, ktorou sme hypotézu potvrdili. Analýzu sme vypracovali pomocou metódy najmenších štvorcov (Ordinary Least Squares) a jej súčasťou bolo tiež stanovenie presnosti modelu a testovanie hypotéz na prítomnosť heteroskedasticity, rovnomernej distribúcie reziduálov a štatistickej významnosti. V piatej kapitole sme porovnali výsledky práce s tvrdeniami autorov, ktorých sme uviedli v prvej kapitole tejto práce.

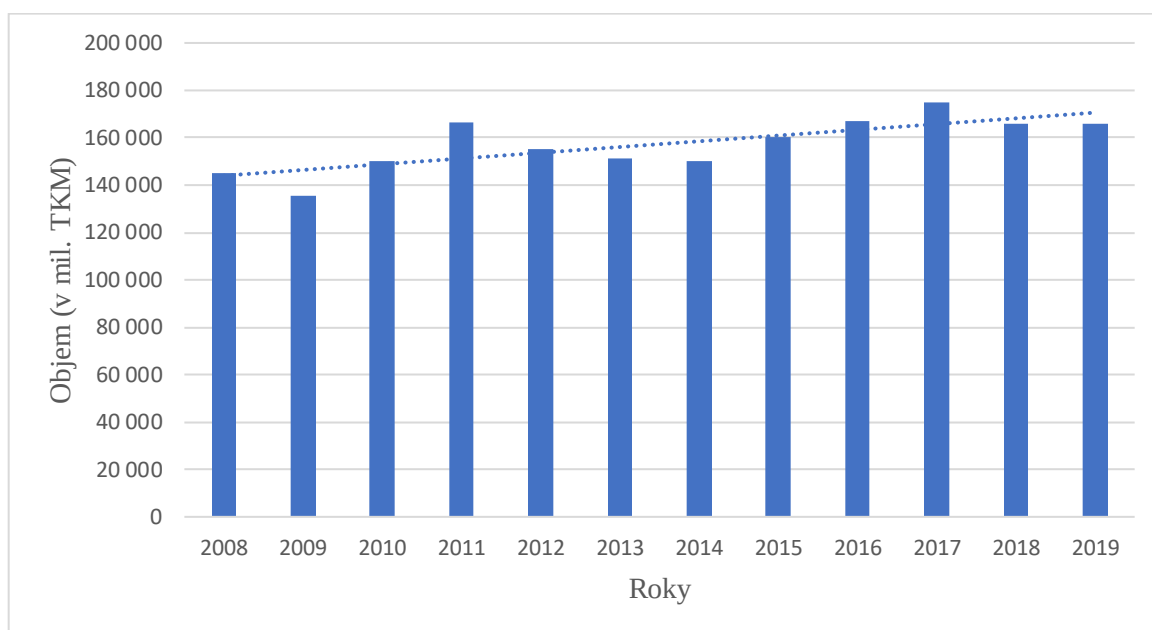
1. Súčasný stav riešenej problematiky doma a v zahraničí

S pokračujúcou integráciou dopravných a logistických systémov sa prirodzene zhoršujú aj jej dopady na životné prostredie (kvalita vzduchu, vody, ale aj pôdy). Tento problém sa stáva čoraz zložitejším. Ekonomická globalizácia, rýchlosť výroby a rastúca potreba expresného dodania vytvárajú väčší dopyt po intermodálnych dopravných službách a multimodálnej dopravnej infraštruktúre. Vyrovnanie sa s dopadmi na životné prostredie bude vyžadovať, aby sa dopravný priemysel a zainteresované strany presunuli od stratégií založených na dodržiavaní právnych predpisov k tým, ktoré kladú dôraz na proaktívne chránenie životného prostredia. Takéto riadenie environmentálnych problémov vyžaduje, aby sa v spoločnosti identifikovali tri premenné, ktorými sú (Rondinelli - Berry 2000):

- Interakcie medzi dopravnými činnosťami, ktoré majú nepriaznivé vplyvy na životné prostredie
- Identifikovať typy environmentálnych dopadov, ktoré vychádzajú z dopravných operácií a zariadení
- Alternatívne spôsoby kontroly a prevencie znečistenia životného prostredia a degradácie prírodných zdrojov.

Nasledujúci graf nám ukáže, aký objem nebezpečného nákladu sa prepravil v Európskej únii za posledné roky spolu pri využití cestnej, železničnej a vnútrozemskej vodnej dopravy. Môžeme na ňom pozorovať stúpajúci trend objemu prepravy týchto tovarov. Kým v roku 2008 sa po ceste, železnici a vnútrozemských vodných cestách prepravilo 144 mld. tonokilometrov, v roku 2019 to už bolo 165 mld. tonokilometrov. Treba však podotknúť, že niektoré údaje boli označené ako nedostupné, prípadne dôverné, čo môže mierne skresľovať dané výsledky.

Graf č. 1: Objem prepraveného nebezpečného nákladu v EÚ, 2008 – 2019 (mil. TKM)



Zdroj: Vlastné spracovanie na základe údajov z Eurostatu

1.1 Charakteristika nebezpečných nákladov a multimodálnej prepravy

Multimodálna preprava je prepravný proces, pri ktorom sa na základe jednej zmluvy vyžaduje použitie viac ako jednej prepravnej linky. V prípade, že sa jedná o medzinárodnú multimodálnu prepravu, sa takáto preprava uskutočňuje z miesta nachádzajúceho sa v jednej krajine, do miesta určenia v inej krajine. Presná definícia medzinárodnej multimodálnej dopravy bola taktiež zahrnutá do Dohovoru o medzinárodnej multimodálnej doprave a znie nasledovne: „Medzinárodná multimodálna preprava znamená prepravu tovaru najmenej dvoma rôznymi spôsobmi prepravy, na základe zmluvy o multimodálnej preprave z miesta v jednej krajine, v ktorej operátor multimodálnej prepravy prevezme tovar, na miesto určené na doručenie, nachádzajúce sa v inej krajine. Operácie vyzdvihnutia a dodávky tovaru vykonané pri plnení zmluvy o unimodálnej preprave, ako je definované v tejto zmluve, sa nepovažujú za medzinárodnú multimodálnu prepravu (Shiphub). Zmluvu, ktorá sa uzatvára v prípade multimodálnej prepravy uzatvára prepravca rovnako v úlohe importéra, exportéra alebo reexportéra so svojim zasielateľom, operátorom alebo logistickým partnerom. V tejto zmluve je za celú prepravu zodpovedný zmluvný poskytovateľ prepravnej, zasielateľskej alebo logistickej služby ak zvolená doložka INCOTERMS uvedená v zmluve nestanovuje inak. Takýto poskytovateľ služby uskutočňuje celú obchodnú operáciu a to podľa ustanovení uzavretej zmluvy od bodu výroby v krajine

exportéra, až po miesto konečnej spotreby v krajine importéra. Multimodálny poskytovateľ prepravných a logistických služieb, ktorý sa nazýva MTO operátor, uzatvára jednu zmluvu s prepravcom, teda vlastníkom tovaru (môže to byť importér, exportér alebo reexportér) a jednu, alebo ak je potrebné aj viacero, zmlúv so svojimi dodávateľmi. Pri multimodálnej doprave sú potrebné taktiež sprievodné doklady. Často sa využíva napríklad doklad Multidoc – MTD, avšak je možné použiť aj doklad FIATA B/L. Ten sa využíva pri kombinovaní námornej dopravy, najčastejšie v pozícii hlavnej dopravy (čo však nie je podmienka), s ostatnými dopravnými modalitami akými sú napríklad cestná alebo železničná doprava. Tie sa v tomto prípade budú považovať za preddopravu a zadopravu. Preddopravou sa nazýva časť medzinárodnej prepravy tovarov, ktorou sa uskutočňuje pohyb tovaru z bodu výroby v krajine exportéra do terminálu multimodálnej dopravy. Zadoprava je zase časť medzinárodnej prepravy tovarov, ktorou sa uskutočňuje pohyb tovaru z terminálu multimodálnej dopravy do bodu konečnej spotreby v krajine importéra (Baláž 2019).

Ako ďalší si vymedzíme pojem nebezpečných vecí. Pod týmto pojmom si môžeme predstaviť látky a predmety, ktorých povaha, vlastnosti alebo stav môže počas prepravy ohroziť bezpečnosť osôb, zvierat, vecí alebo životného prostredia. Nebezpečenstvo, ktoré tieto veci predstavujú má rozličný charakter, vyplývajúci z povahy daného predmetu. Ide napríklad o výbušnosť, horľavosť, podporu horenia, samo-zapaľovanie, toxicitu a iné. Nebezpečné veci však nie sú len látky, ako napríklad palivo pre spaľovacie motory, ale aj predmety, ktoré nebezpečné veci obsahujú. Do takejto kategórie spadajú napríklad tlakové nádoby, náboje do zbraní, akumulátory a podobne. Nebezpečné látky potom môžu byť v tuhom, kvapalnom, či plynnom skupenstve (Konečný et al. 2020).

Preprava nebezpečného nákladu patrí k špeciálnym druhom prepravy. Tvorí spoločnú kategóriu s prepravou nadrozmerných, nadmerných nákladov a živých zvierat. Základným východiskom takýchto špeciálnych zásielok je ich potreba špeciálnych podmienok ako z hľadiska prepravy, tak aj z hľadiska skladovania a manipulácie. Je nutné prihliadať nielen na dostatočnú úroveň bezpečnosti vo vzťahu k verejnosti, ale aj prijateľné podmienky pre hospodárske subjekty vykonávajúce príslušné činnosti v rámci svojej odbornej činnosti (Minárik 2019).

Takáto preprava je riadená a kontrolovaná rôznymi rozličnými reguláciami, fungujúcimi na národných, aj medzinárodných úrovniach. Medzi významnejšie takéto

regulácie patria odporúčania Organizácie Spojených národov (OSN) o preprave nebezpečných tovarov, technické pokyny ICAO, Nariadenia IATA o nebezpečnom tovare, Medzinárodný kódex nebezpečného tovaru IMO a ďalšie. Spoločne tieto regulácie stanovujú prostriedky, pomocou ktorých by sa malo s nebezpečným tovarom manipulovať, baliť ho, označovať a prepravovať. Tento systém tiež určuje komplexný systém klasifikácie nebezpečenstva. Ten rozdeľuje nebezpečné tovary do deviatich tried, podľa druhu prítomných nebezpečných materiálov alebo predmetov. Tieto triedy sú nasledovné (DGI 2019).

1. trieda: Výbušniny

Sú to materiály alebo predmety, ktoré sa môžu vznietiť alebo odpáliť v dôsledku chemickej reakcie. Do tejto kategórie patria napríklad ohňostroje, munícia, TNT a ďalšie.

2. trieda: Plyny

Táto trieda pozostáva zo stlačených plynov, plynov v skvapalnenej forme, chladených plynov, zmesí plynov s inými parami a produktov nabitých plynmi alebo aerosólmi. Mnohé z nich sú horľavé, môžu oxidovať (chemicky reagovať s kyslíkom), pôsobiť ako asfyxianty a byť toxické alebo žieravé. Príklady tejto kategórie sú hasiace prístroje, stlačený vzduch či hélium.

3. trieda: Horľavé kvapaliny

Patria sem kvapaliny, zmesi kvapalín alebo kvapaliny obsahujúce pevné látky, ktorých vznietenie vyžaduje omnoho nižšiu teplotu ako ostatné (zvyčajne menej ako 60 – 65 stupňov). Jedná sa teda o teploty, ktoré je možné dosiahnuť počas prepravy. Kvôli ich prchavosti a ľahkej zápalnosti je potrebné takýto tovar prepravovať opatrnejšie, so zreteľom na jeho individuálne potreby. Medzi takéto látky patria acetón, alkohol, benzín, parfumy a iné.

4. trieda: Horľavé tuhé látky, spontánne horľavé látky, „nebezpečné keď mokré“ materiály

Tieto látky sú klasifikované ako výrobky, ktoré sú ľahko vznetlivé a za určitých podmienok môžu jednoducho spôsobiť, alebo prispieť, k požiaru. S týmito podmienkami sa môžu stretnúť pri preprave a patria sem napríklad alkalické kovy, kovové prášky, aktívne uhlie či podpaľovače a podobne.

5. trieda: Okysličovače, Organické peroxidy

V predpisoch o nebezpečnom tovare sú tieto látky definované ako také, ktoré môžu spôsobiť

alebo prispieť k horeniu a to poskytovaním kyslíku, v rámci chemickej reakcie. Sú citlivé na nárazy alebo trenie. Ako príklady tejto kategórie môžeme uviesť peroxid vodíka, dusičnan sodný, hnojivá na báze dusičnanu amónneho a ďalšie.

6. trieda: Toxické látky, Infekčné látky

Toxické látky sú látky, ktoré môžu spôsobiť smrť, vážne zranenie alebo poškodenie zdravia ľudí pri požití, vdýchnutí alebo pri kontakte s pokožkou. Infekčné látky sú zase také, pri ktorých je známe alebo sa dá primerane predpokladať, že obsahujú patogény. Patogény sú mikroorganizmy ako napríklad baktérie, vírusy alebo parazity, ktoré môžu u ľudí alebo zvierat spôsobovať choroby. Do šiestej kategórie patrí napríklad klinický odpad, zlúčeniny ortuti alebo biologické kultúry a vzorky.

7. trieda: Rádioaktívne materiály

Predpisy o nebezpečnom tovare definujú rádioaktívny materiál ako akýkoľvek materiál obsahujúci rádionuklidy, pri ktorom koncentrácia aktivity a aj celková aktivita sú vyššie, ako určite vopred definované hodnoty. Rádionuklid je atóm s nestabilným jadrom, ktorý následne podlieha rádioaktívnemu rozpadu. Do tejto kategórie spadajú napríklad rádioaktívne rudy, lekárske izotopy, obohatený urán a tak ďalej.

8. trieda: Žieraviny

Žieraviny sú látky, ktoré pri kontakte s inými materiálmi svojim chemickým pôsobením tieto materiály degradujú alebo rozpadajú. Sú to napríklad kyseliny, batérie a kvapaliny v nich, bróm a podobne.

9. trieda: Rôzne nebezpečné tovary

Do tejto kategórie spadajú všetky látky a predmety, ktoré počas prepravy predstavujú nebezpečenstvo, avšak nie sú zahrnuté do predchádzajúcich tried. Spadajú sem aj látky, ktoré sú nebezpečné pre životné prostredie, geneticky modifikované organizmy a mikroorganizmy (v závislosti od spôsobu prepravy), chemické sady a ďalšie.

1.1.1 Právne normy spojené s prepravou nebezpečného nákladu v EÚ a v SR

Potreba prepravovať nebezpečné predmety alebo látky medzi krajinami sa s narastajúcou globalizáciou neustále stupňuje. Vzhľadom na to, že takéto látky počas ich prepravy môžu ohroziť človeka alebo životné prostredie, rozhodol sa Výbor expertov pri Organizácii Spojených národov (OSN) vypracovať „Vzorové predpisy na prepravu

nebezpečného tovaru“. Tieto predpisy slúžia ako odporúčania pre tvorbu medzinárodných dohôd a dohovorov pre jednotlivé druhy dopravy:

- Cestná doprava – Dohoda ADR (Európska dohoda o medzinárodnej preprave nebezpečných vecí cestnou dopravou)
- Železničná doprava – Poriadok RID (Príloha C dohovoru COTIF – Poriadok pre medzinárodnú prepravu nebezpečného tovaru železničnou dopravou)
- Vnútrozemská vodná doprava – Dohoda ADN (Európska dohoda o medzinárodnej preprave nebezpečného tovaru po vnútrozemských vodných cestách)
- Námorná doprava – IMDG Code (Medzinárodný námorný kódex na prepravu nebezpečného tovaru)
- Letecká doprava – IATA DGR (IATA pravidlá pre prepravu nebezpečného tovaru)
- IAEA – Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu

V tejto práci sa budeme venovať najmä cestnej a železničnej doprave a teda aj dohodám im prislúchajúcim. Na základe Smernice Európskeho parlamentu a Rady č. 2008/68/ES o vnútrozemskej preprave nebezpečného tovaru je Dohoda ADR všeobecne záväzným predpisom na prepravu nebezpečných vecí cestnou dopravou vo všetkých členských štátoch Európskej únie. Táto dohoda je do nášho národného prostredia implementovaná prostredníctvom zákona NR SR č. 56/2012 Z.z. o cestnej doprave v znení neskorších predpisov. Avšak spomínaná Dohoda ADR neplatí iba pre členské štáty únie, ale aj vo všetkých štátoch, ktoré k tejto dohode pristúpili (napr. Maroko, Ruská federácia a iné). Podlieha tiež pravidelnej dvojročnej aktualizácii a v každom nepárnom roku vychádza jej nové, aktuálne znenie. Dohoda ADR sa skladá z deviatich častí, ktoré sú rozdelené do dvoch príloh, prílohy A a prílohy B (Čajda 2015).

Príloha A je rozsiahlejšia, obsahuje sedem častí a určuje všeobecné ustanovenia, ktoré sa týkajú nebezpečných predmetov a látok. Časti, ktoré táto príloha obsahuje sú nasledovné (UNECE 2021):

- Časť 1: Všeobecné ustanovenia
- Časť 2: Klasifikácia
- Časť 3: Zoznam nebezpečného tovaru, zvláštne ustanovenia a výnimky týkajúce sa obmedzených a vylúčených množstiev

- Časť 4: Ustanovenia o balení a nádržiach
- Časť 5: Prepravné postupy
- Časť 6: Požiadavky na konštrukciu a skúšanie obalov, stredne veľkých kontajnerov na voľne ložené látky (IBC), veľkých obalov, cisterien a veľkoobjemových kontajnerov
- Časť 7: Ustanovenia týkajúce sa podmienok prepravy, nakládky, vykládky a manipulácie

Príloha B ďalej obsahuje ustanovenia, ktoré sa týkajú dopravných zariadení a dopravných operácií. Skladá sa z dvoch častí:

- Časť 8: Požiadavky na posádky vozidiel, vybavenie, prevádzku a dokumentáciu
- Časť 9: Požiadavky na konštrukciu a schválenie vozidiel.

Na reguláciu prepravy nebezpečného tovaru pomocou železnice slúži Poriadok pre medzinárodnú železničnú prepravu nebezpečného tovaru (RID – dodatok C k Dohovoru o medzinárodnej železničnej preprave (COTIF)). Dohovor COTIF, v ktorom je RID upravená, je v rámci jeho dodatkov spísaný v nemeckom, anglickom a francúzskom jazyku. Oficiálne znenie je však vo francúzskom jazyku a teda je toto znenie aj rozhodujúce v prípade nezhôd. Rovnako ako Dohoda ADR sa aj RID mení každé dva roky. Táto zmena je vždy schválená Výborom odborníkov RID (MINISTERSTVO DOPRAVY A VÝSTAVBY SLOVENSKEJ REPUBLIKY 2021).

Signátormi je spolu 45 krajín, medzi ktoré patria členské štáty Európskej únie, ale aj Afganistan, Irán, Čierna Hora, Tunisko, Ukrajina a ďalšie. RID je zoskupený do siedmich častí. Každá časť je rozdelená na kapitoly a každá kapitola na oddiely a pododdiely. Zoznam všetkých siedmich častí je nasledovný (OTIF 2021):

- Časť 1: Všeobecné požiadavky
- Časť 2: Klasifikácia
- Časť 3: Zoznamy nebezpečného tovaru, zvláštne ustanovenia a výnimky týkajúce sa obmedzených a vylúčených množstiev
- Časť 4: Ustanovenia o balení a nádržiach
- Časť 5: Prepravné postupy

- Časť 6: Požiadavky na konštrukciu a skúšanie obalov, stredne veľkých kontajnerov na voľne ložené látky (IBC), veľkých obalov, cisterien a veľkoobjemových kontajnerov
- Časť 7: Ustanovenia týkajúce sa podmienok prepravy, nakládky, vykládky a manipulácie

1.1.2 Označovanie nebezpečných nákladov v EÚ

Predtým, ako sú všetky nebezpečné predmety a látky uvedené na trh, musia podliehať povinnej klasifikácii a označovaniu. Správnou identifikáciou nebezpečných chemických vlastností a následnému označovaniu prislúchajúcimi symbolmi vieme chrániť ako ľudské zdravie, tak aj životné prostredie pred akýmkoľvek nepriaznivými účinkami týchto látok. Celosvetovo však existuje mnoho veľmi odlišných systémov takéhoto procesu. Kvôli tomu sa teda jednoducho môže stať, že istá nebezpečná látka alebo nebezpečný predmet je klasifikovaný ako nebezpečný v jednej krajine, no v inej už nie. To však môže byť problémom nielen z hľadiska dopravy a obchodu, ale tiež z hľadiska ochrany spotrebiteľov a ochrany zamestnancov pri práci. Organizácia Spojených národov si preto dala za cieľ vytvoriť štandardizovaný globálny systém klasifikácie a označovania nebezpečného tovaru a látok, ktorý globálne harmonizuje klasifikáciu a označovanie týchto tovarov na základe jednotných kritérií.

Globálny harmonizovaný systém klasifikácie a označovania chemikálií (ďalej GHS) vychádza z prirodzených vlastností látok a zmesí a kategorizuje nebezpečenstvá na fyzikálne, zdravotné a environmentálne. Klasifikácia a označovanie látok a zmesí je vyjadrená v jednom nariadení a na vizualizáciu stanovuje GHS štandardizované piktogramy. Tento systém celkovo obsahuje 16 tried pre fyzikálno-chemické rizika, 10 tried pre zdravotné riziká a jednu triedu označujúci riziká pre vodné prostredie. Cieľom GHS bolo vytvorenie jediného nového systému, ktorý obsahuje všetky nasledujúce vlastnosti (UMWELT BUNDESAMT 2014):

- Obsah fyzikálno-chemických, zdravotných a environmentálnych rizík
- Ponuka uceleného spôsobu komunikácie pre rôzne cieľové skupiny akými sú napríklad robotníci, spotrebiteľia, dopravcovia a personál prvej pomoci
- Zhrenutie látok a zmesí do jedného súboru predpisov.

Na základe Dohody ADR o preprave nebezpečného tovaru, musí každý takýto tovar spĺňať isté kritériá. Okrem iných, je mimoriadne dôležité označovanie nebezpečných nákladov. Každý prepravovaný kus, teda obal s obsahom nebezpečných vecí, musí mať zreteľne a trvanlivo uvedené tri čísla a to:

- Identifikačné číslo látky zodpovedajúcej prepravovanej nebezpečnej veci, pred ktorým sú uvedené písmená „UN“
- Bezpečnostnú značku pre látku, ktorá je v obale obsiahnutá
- Kód obalu pridelený príslušným orgánom

Nádoby, ktoré sú stredne veľké a slúžia na umiestnenie voľne ložených látok a tiež veľké obaly, ktoré majú objem viac ako 450 l, musia byť trvanlivo, čitateľne a dobre viditeľne označené identifikačným UN číslom a bezpečnostnými značkami z dvoch protiľahlých strán. Obaly, ktoré sú prázdne, avšak nevyčistené, a ktoré obsahovali nebezpečné veci, musia byť pri preprave označené a uzatvorené ako keď boli plné. Záchranný obal musí byť navyše označený výrazom „ZÁCHRANNÝ“. V prípade obalových súborov je potrebné, aby všetky UN čísla, bezpečnostné značky alebo značky označujúce látky nebezpečné pre životné prostredie vyznačené aj na vrchu obalu v prípade, že nie sú viditeľné. Obalový súbor musí byť navyše označený nápisom „OBALOVÝ SÚBOR“, pri medzinárodnej preprave aj týmto názvom v angličtine, nemčine alebo francúzštine. Nebezpečný tovar musí taktiež obsahovať orientačné šípky, ktoré by mali byť z dvoch protiľahlých strán.

Samostatné označenie majú aj obaly, ktorých obsah tvoria nebezpečné veci, ktoré sú nebezpečné pre životné (najmä vodné) prostredie. Takéto obaly musia byť označené okrem bezpečnostnej značky aj značkou pre látky nebezpečné pre životné prostredie. Táto značka musí byť umiestnená vedľa bezpečnostnej značky a jej rozmer je 100 x 100 mm. Značka nie je vyžadovaná pre obaly s objemom do 5 litrov v prípade kvapalných látok a obaly s obsahom 5 kilogramov v prípade tuhých látok (Čajda 2015).

1.2 Spôsoby prepravy nebezpečného nákladu

Nebezpečný náklad sa v Európskej únii môže prepravovať po splnení príslušných regulácií po ceste, železnici, vnútrozemských vodných cestách, námorne, letecky a potrubím (ropa a zemný plyn). Najčastejšie sa však v členských štátoch EÚ prepravuje pomocou železnice, cestnej prepravy a cez vnútrozemské vodné cesty (Nowacki et al. 2016). Každá

z týchto dopravných modalít má však svoje špecifiká a nie vždy je vhodné ju použiť. V tejto podkapitole si priblížime, na čo sa treba zamerať pri výbere vhodnej dopravnej modality, aké sú silné stránky a slabé stránky cestnej a železničnej dopravy. Nakoniec sa zameriame na výhody multimodálnej prepravy.

Preprava nebezpečného nákladu sa od tej klasickej líši hneď viacerými spôsobmi. Rozdielna je prevádzková úroveň, v rátane dodatočného času, ktorý je potrebné vynaložiť na bezpečný náklad tovaru. Potrebné sú tiež špecifické kritéria na strategickej úrovni. Tie sa týkajú najmä infraštruktúry, právnych predpisov a kvalifikovanej pracovnej sily (Schröder - Prause 2016).

Pri výbere najvhodnejšej dopravnej modality pri preprave nebezpečného nákladu musíme brať do úvahy nasledujúce parametre:

- Technická základňa druhu dopravy (napríklad základňa v cestnej doprave je lepšia ako v železničnej doprave)
- Záruka bezpečnosti
- Dĺžka cesty
- Náklady na prepravu v porovnaní s nákladmi na tovar
- Chemické vlastnosti materiálu a jeho množstvo
- Pripravenosť a vedomostná základňa zamestnancov
- Trasa
- Klimatické podmienky
- Pravdepodobnosť nehody
- Úroveň pravdepodobnosti poškodenia a podľa potreby jej zmenenie na peňažné vyjadrenie.

Je potrebné, aby zasielatelia, špeditéri a ďalší účastníci prepravy (ako napríklad nakladači, zamestnanci skladu a iní) získali čo najväčšie znalosti v tejto oblasti a umožnili tak bezpečnú a ekonomickú prepravu nebezpečného tovaru. Ten bude podľa vyššie uvedených aspektov stále vyššie riziko ako bežný tovar, avšak nebude predstavovať také veľké nebezpečenstvo (Batarliené 2008).

Nasledujúca tabuľka približuje silné a slabé stránky cestnej a železničnej dopravy. Ako v nej môžeme vidieť, cestná doprava je vhodná najmä na krátke vzdialenosti, čo jej umožňuje zaujať v logistike veľmi významné miesto. Na druhej strane je však zaťažujúca

pre životné prostredie, čo predstavuje značný problém. Naopak železničná doprava je šetrnejšia k životnému prostrediu a dôležitá pri doprave na stredných a dlhých vzdialenostiach. Poskytuje však oveľa menej flexibility.

Tabuľka č. 1: Silné a slabé stránky cestnej a železničnej dopravy

Cestná doprava	
Silné stránky	Slabé stránky
Nenahraditeľná na krátke vzdialenosti	Obmedzená kapacita
Nenahraditeľná v logistike	Časová nespoľahlivosť
Flexibilná	Závislá na dopravnej premávke
Možnosť níženia finančných a časových nákladov pri stredných vzdialenostiach	Zaťažujúca pre životné prostredie
Adresná zodpovednosť	Závislá na počasi
Systém voľných cien	Možné problémy pri tranzite
Železničná doprava	
Silné stránky	Slabé stránky
Možnosť níženia finančných a časových nákladov pri stredných a dlhých vzdialenostiach	Menšia flexibilita
Väčšia kapacita	Menšia prevádzkyschopnosť
Presný časový harmonogram	Problémy s logistikou
Možnosť dosiahnutia vyšších rýchlostí	Problémy pri moderných formách biznisov
Bezpečnosť	Menšia cenová flexibilita
Ľahšie prechádzanie hraníc a tranzit	Vysoké investície
Spoločná zodpovednosť zúčastnených železníc	
Šetrnosť k životnému prostrediu	

Zdroj: MINÁRIK, Marek. Multimodal Transport of Dangerous Goods and its Impact on the Ecology: The Case of EU. *Nové výzvy a súčasné problémy presadzovania zahraničnoobchodných záujmov EÚ ovplyvnené geopolitickými zmenami: (s implikáciami na ekonomiku SR)*. Bratislava: Vydavateľstvo EKONÓM, 2019, 92-93. ISBN 978-80-225-4664-5.

Marek Šolc a Michal Hovanec vo svojej spoločnej štúdií („The Importance of Dangerous Goods Transport by Rail“) považujú za základný a určujúci predpoklad kvality prepravy spoľahlivosť. Z porovnania železničnej prepravy s inými dopravnými modalitami

vyplývalo, že najspoľahlivejší spôsob prepravy je nepochybne železničná doprava. Táto spoľahlivosť nevyplýva len z menšieho počtu dopravných nehôd, ale aj z menších strát spôsobených týmito nehodami. Využívaním železničnej dopravy podľa štúdie každoročne predchádzame desiatkam obetí, stovkám zranení a desiatkam miliónov strát (Šolc - Hovanec 2015).

Každá dopravná modalita má svoje výhody a nevýhody či už ide o ekológiu, finančné zaťaženie, bezpečnosť, flexibilitu a rôzne ďalšie. Preto sa často najvhodnejším riešením stáva multimodálna preprava. Dôležitosť multimodality sa zvyšuje najmä s dĺžkou prepravy medzi odosielateľom a príjemcom. Cestná doprava je neprekonateľná najmä pri krátkych prepravách, ktoré majú do 400 km. V prípade stredných dĺžok do 3000 km rastie význam zase železničnej a vnútrozemskej vodnej dopravy. Pri prepravách dlhších ako 3000 km sú zase najvhodnejšie medzikontinentálna námorná a letecká doprava. Vzhľadom na to, že ide o dopravu nebezpečného nákladu, môžeme do možností zahrnúť aj dopravu potrubím, ktorým sa dopravuje ropa a zemný plyn. Tento druh dopravy je veľmi špecifický a ekologický. Dôležitosť multimodality teda nespočíva iba vo vzťahu medzi dĺžkou dopravnej relácie a zvolenou kombináciou spôsobov dopravy, ale aj v jej priaznivých účinkoch na životné prostredie a ekológiu. Výhody multimodálnej dopravy si vieme rozdeliť nasledovne (Minárik 2019):

- Environmentálne, hospodárske a sociálne výhody
- Zníženie emisií skleníkových plynov
- Zníženie negatívnych vplyvov na citlivé ekologické oblasti
- Menšia spotreba neobnoviteľných zdrojov
- Úspora nákladov na palivo a všeobecná úspora nákladov
- Nižší dopad daní z cestnej dopravy (hlavne v Nemecku a Francúzsku)

1.3 Riziká pri preprave nebezpečného nákladu

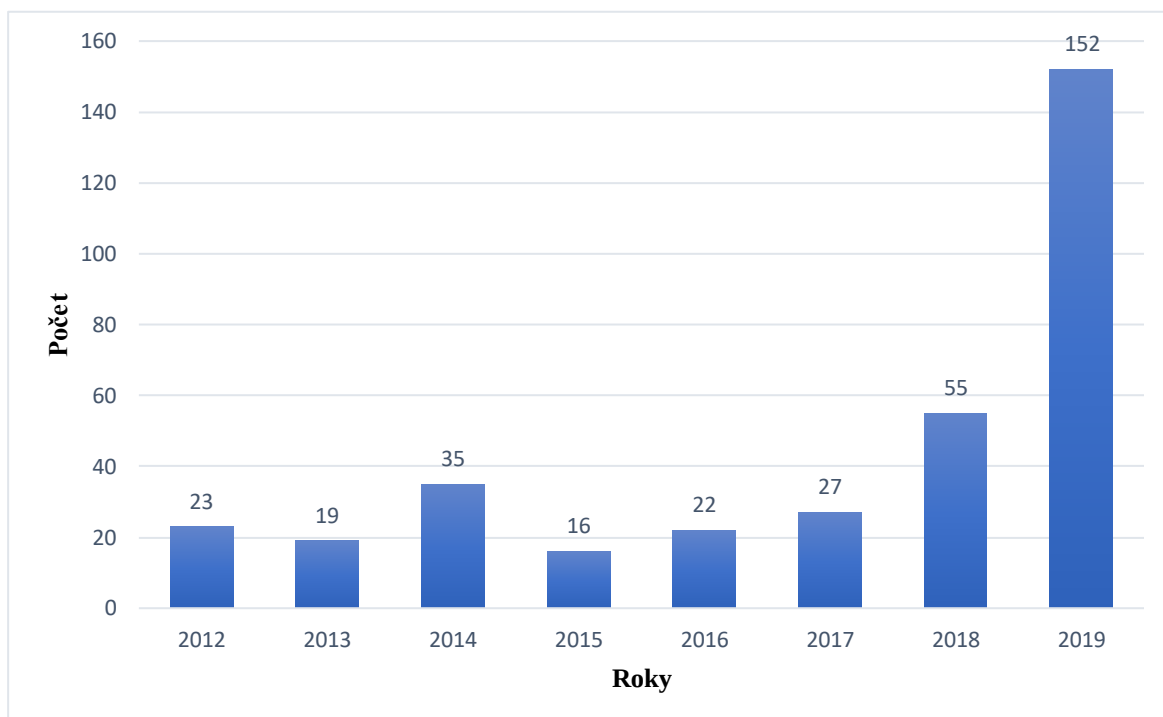
Nijolé Batarliené vypracovala v roku 2020 štúdiu, ktorá sa zaoberala bezpečnosťou pri preprave nebezpečných nákladov po železnici. Cieľom výskumu bolo analyzovať hlavné riziká spojené s takouto prepravou a tiež identifikovať najdôležitejšie faktory bezpečnej prepravy a znížiť tak riziko nehôd. Za týmto účelom bola použitá analýza odbornej literatúry, systematizácia, zovšeobecnenie a hodnotenie. V štúdií sa ďalej uvádza, že na zaistenie bezpečnej prepravy nebezpečného tovaru po železnici je potrebné dôsledne dodržiavať pravidlá nakládky a vykládky nebezpečného tovaru, ustanovené požiadavky

a pokyny, technické podmienky vozňov a ich správne označovanie, ako aj preventívne pravidlá na zníženie rizík. V rámci štúdie boli rozdelené druhy nehôd, nastávajúcich pri použití železničnej dopravy do troch kategórií (Batarlienė 2020):

- Vykolaženie, kolízia vlaku s cestným alebo iným transportom, kde jeden alebo viac ľudí dôjde o život alebo päť a viac osôb je zranených alebo dôjde k poškodeniu alebo znehodnoteniu v hodnote najmenej 2 milióny eur v oblasti železničnej infraštruktúry, železničných koľajových vozidiel, životného prostredia alebo majetku právnických osôb. Spadajú sem aj akékoľvek iné podobné nehody, kvôli ktorým nie je možné riadiť a (alebo) manažovať bezpečnosť dopravy na železniciach.
- Nehodová udalosť, pri ktorej dôjde k zrážke vlakov, koľajových vozidiel alebo k zrážke vlaku s koľajovými vozidlami, budovami, inštaláciami. Nehody nastávajú na priecestiach v dôsledku pohybu koľajových vozidiel. Zranené bývajú viac ako štyri osoby a vypukne požiar.
- Poslednou kategóriou je taká, kde dochádza k veľkým nehodám. Tými sa rozumejú nehody, pri ktorých sa nachádza aspoň jeden pohybujúci sa koľajový vozeň a najmenej jedna osoba prišla o život alebo bola vážne zranená alebo došlo k veľkému poškodeniu koľajových vozidiel, zábradlí, inštalácií alebo životného prostredia. Taktiež v prípade, že sa musela na dlhšiu dobu odstaviť premávka. Škoda po týchto udalostiach je približne 150 000 eur a viac. Táto definícia nezahŕňa nehody v dielňach a skladoch.

Nasledujúci graf sleduje počet nehôd, ku ktorým došlo počas prepravy nebezpečného nákladu železničnou dopravou. Na základe údajov z Eurostatu sme zistili, že počet nehôd v roku 2019 radikálne stúpol a to konkrétne z hodnoty 55 nehôd v roku 2018, na 152 nasledujúci rok. K najväčšiemu počtu nehôd prišlo v Rakúsku, a to konkrétne 34 v roku 2018 a 130 v roku 2019. Graf sleduje 27 členských krajín Európskej únie a časové obdobie od roku 2012 až po 2019.

Graf č. 2: Počet nehôd pri preprave nebezpečného tovaru železničnou dopravou, EÚ27, 2012 – 2019



Zdroj: Vlastné spracovanie na základe údajov z Eurostatu

Emmanuel Garbolino, spolu s ďalšími spoluautormi (D. Lachtar, R. Sacile a Ch. Bersani) vypracovali v roku 2013 štúdiu zaoberajúcu sa zraniteľnosťou a odolnosťou území v súvislosti s rizikom prepravy nebezpečného tovaru. Ich štúdia sa zaoberala cestnou a železničnou prepravou nebezpečného tovaru. Poukázali ňou na to, že železničná preprava nebezpečného tovaru je síce vďaka menšej pravdepodobnosti nehody braná ako bezpečnejšia (od cestnej), no pri výbere vhodnej dopravnej modality je potrebné zohľadniť aj iné faktory. Vlaky prepravujú väčší objem nebezpečných materiálov ako nákladné vozidlá a prechádzajú centrami miest. V prípade nehody by teda vystavili nebezpečenstvu väčšie množstvo ľudí než nákladné automobily, ktoré sa mestám vyhýbajú. Výber najvhodnejšieho prepravného systému na prepravu nebezpečných tovarov by teda mal zohľadňovať okrem iného aj priestorové vlastnosti geografického územia, cez ktoré tieto dopravné systémy budú prechádzať.

Podľa Piora Bojara, ktorý vypracoval štúdiu „Application of FMEA Methods for Assessment of Risk In Land Transportation of Hazardous Materials“, vyplývajú hlavné hrozby železničnej dopravy najmä z nedbanlivosti osôb zapojených do organizácie prepravy nebezpečných nákladov. Preto by mali byť najvyššou prioritou preventívne akcie, ktoré by

zvýšili povedomie ľudí o hrozbách a rizikách spojených s prepravou nebezpečných materiálov (Bojar 2015).

Opatrení, ktoré nám môžu pomôcť znížiť riziká pri preprave nebezpečného nákladu železničnou dopravou je viacero. Zahŕňajú udržiavanie dobrého technického stavu železničných cisterien a kontajnerov, zabezpečenie kvality nakládky, prepravy a vykládky nebezpečného tovaru. Dôležitý je aj výber vysokokvalifikovaných rušnovodičov, dodržiavanie stanovených požiadaviek a pokynov, zabezpečenie odbornej prípravy, skúseností a vedomostí nielen rušnovodiča, ale aj ostatných subjektov zapojených do prepravy nebezpečného tovaru. Potrebné je tiež sledovanie rušnovodičov počas prepravy nebezpečného nákladu, používanie informačných systémov vytvorených pre tento druh dopravy a tiež vykonávanie preventívnych opatrení, pri ktorých by sa venovala pozornosť technickému stavu vlakových vozňov. Treba tiež zabezpečiť tesnosť kontajnerov a cisterien, správne ich označiť a vyplniť podklady s pokynmi pre rušnovodičov. Výsledky štúdie, z ktorej sme tieto informácie čerpali ukázali, že sú potrebné investície do železničných cisternových prostriedkov, ktoré sú špeciálne uspokojené na prepravu nebezpečného tovaru. Na všetkých železničných priecestiach by sa mali nachádzať výstražné signály, ktoré slúžia na zvýšenie pozornosti vodičov a chodcov. Ako posledné ešte spomenieme, že sa musia prijať všetky opatrenia, ktoré by mohli úspešne zabrániť zopakovaniu podobnej situácií, k akej už v minulosti došlo (Batarlienė 2020).

Dôsledky nehôd vzniknutých pri preprave nebezpečného nákladu sú oveľa väčšie než pri klasických nehodách a spôsobujú značné škody nielen životnému prostrediu, ale aj okolitej infraštruktúre. Vo väčšine prípadov dôjde k nehodám v oblasti cestnej nákladnej dopravy a to aj preto, že ide o najobľúbenejší a najpohodlnejší spôsob nákladnej dopravy. Nebezpečenstvo následkov nehody pri preprave nebezpečného nákladu je až niekoľkonásobne väčšie, ako nebezpečenstvo následkov nehody s klasickým nákladom.

Pri cestnej doprave väčšinou platí, že nehody nie sú spôsobené vlastnosťami nebezpečných látok, ale chybami osôb vo výrobných a prepravných procesoch. Aby sa teda čo najviac znížilo riziko pri preprave je potrebné zohľadniť najmä úroveň kvalifikácie zasielateľa a dopravcu. Chyby v ľudskom faktore sa zvyčajne vyskytujú z nasledujúcich dôvodov:

- Chyby pri výbere zamestnancov
- Nekvalitné školenia zamestnancov

- Nedostatočná kompetencia personálu.

Nakoniec autorka štúdie skonštatovala, že v dôsledku zvyšujúceho sa počtu vozidiel, pravdepodobnosť nehôd každým rokom narastie. Spoločnosti trávia prípravou nebezpečného nákladu príliš málo času, za účelom spracovania väčšieho množstva tovaru. Z tohto dôvodu sa nehodám pri cestnej doprave nedá úplne vyhnúť. V prípade, že dôjde k nehode pri preprave nebezpečného tovaru, nie je to len vinou vodiča, ale aj z technických dôvodov alebo vinou ostatných účastníkov cestnej premávky. Spomenieme si aj ďalšie rizikové faktory rozdelené podľa času (počas prepravy alebo pred prepravou) a závažnosti (najviac ovplyvňujúce faktory a najmenej ovplyvňujúce faktory).

Počas prepravy ovplyvňujú okrem ľudských faktorov rizikovosť cestnej prepravy najviac technický stav nákladného vozidla, poveternostné podmienky a stav vozovky. Ako menej významné faktory sa preukázali čas prepravy a rýchlosť dodávky. Technické faktory, ktoré najviac ovplyvňujú nehodovosť pred začatím cesty sú správnosť nakladania a vykladania tovaru a veľkosť vybratého nákladného vozidla. Najmenej ovplyvňujúce sa preukázali infraštruktúra miesta nakládky a vykládky, vybavenosť nákladného vozidla dodatočným bezpečnostným náradím a aj chemické vlastnosti nákladu. Čo sa týka organizačných faktorov pre začatím cesty, boli v štúdií najdôležitejšie stanovenie rizík, plánovanie trasy a komunikácia so záchrannými zložkami. Medzi najmenej významné faktory v tejto kategórii patrili okrem iným dĺžka trasy, čas dňa prepravy nebezpečného nákladu a rýchlostný limit (Batarlienė 2020).

1.4 Vplyv prepravy nebezpečného nákladu na ekológiu

Doprava všeobecne sa považuje za odvetvie s významnými pozitívnymi a negatívnymi externalitami. Tie ovplyvňujú nielen spoločnosť, ale aj životné prostredie a ekonomiku. Zahŕňanie hlavných princípov trvalo udržateľného rozvoja do plánovania dopravy má dnes už mimoriadne dôležitý význam. Smerovanie dopravy k udržateľnosti je však náročné a vyžaduje si neustále sledovanie a intenzívne hodnotenie súčasných podmienok prostredníctvom všeobecne akceptovaných metodických nástrojov (Sdoukopoulos et al. 2019). V tejto podkapitole si priblížime, aký dopad má preprava nebezpečného nákladu pomocou cestnej a železničnej prepravy na ekológiu.

Význam a využívanie multimodálnej dopravy a služieb s ňou spojených neustále narastá. Identifikácia hlavných dopravných činností a ich dopadov na prírodné zdroje je základným krokom v efektívnom environmentálnom manažmente. Medzi hlavné súbory,

ktoré v multimodálnej doprave negatívne vplyvajú na životné prostredie sú činnosti spojené s prevádzkou dopravných prostriedkov, údržba nástrojov a prevádzka zariadení. Okrem tohto generuje znečisťujúce látky a ohrozuje prírodné zdroje aj výstavba, prípadne rozširovanie dopravnej infraštruktúry (Rondinelli - Berry 2000).

Preprava nebezpečných látok negatívne vplyva na ekológiu hneď viacerými spôsobmi. Jedným z hlavných sú havárie, pri ktorých môže dôjsť k úniku prepravovaných látok a dokonca k ekologickým katastrofám. Medzi nebezpečné látky, ktoré sú často prepravované a veľmi ekologicky závadné patrí ropa. Ropné látky sú uhl'ovodíky a ich zmesi, ktoré sú pri 40 stupňoch Celzia ešte tekuté. Sú chemicky stále, no už v malých koncentrátoch ovplyvňujú fyzikálne a biologické pochody vo vode. Pri úniku týchto látok sa vytvorí olejový film, ktorý bráni prestupu voľného kyslíka z atmosféry do vody a tým znižuje samočistiacu schopnosť vody. Ropné látky majú tiež schopnosť viazať sa a hromadiť v mikroorganizmoch vo vode a môže dochádzať k ich úhynu. Charakteristickým znakom pri úniku týchto látok do vody je dúhové sfarbenie hladiny. Pri väčšom úniku ropy do vody sa vytvorí súvislý olejový film, vznášajúci sa vzhľadom na svoju špecifickú váhu na vode (Adamík - Gallovič 2013). Takéto vypustenie ropy do vody je iba jedným príkladom ekologickej katastrofy, ktorá môže nastať počas prepravy nebezpečných nákladov. Vysvetľuje dôležitosť mimoriadneho zvýšenia bezpečnosti, na ktoré treba pri preprave takýchto látok dbať. Ako ďalšie sa zameriame na železničnú a cestnú dopravu a aké vplyvy na životné prostredie obe z týchto modalít majú.

Železničná doprava sa považuje za efektívny a ekologický dopravný systém a to najmä preto, že vie na veľké vzdialenosti prepraviť veľké množstvo tovaru. V porovnaní s cestnou a leteckou dopravou produkuje železničná doprava menší objem emisií a vyžaduje nižšie náklady na regeneráciu poškodeného životného prostredia. Z celkového množstva nákladov na znižovanie negatívnych vplyvov dopravného priemyslu na životné prostredie pochádza iba 8 % zo železničnej dopravy, zatiaľ čo až 90 % pochádza z cestnej dopravy a to napriek tomu, že je jej dopravný výkon je od železničného menší až o 50 %. Železničná doprava má však tiež isté významné problémy, negatívne ovplyvňujúce životné prostredie. Medzi tie najvýznamnejšie patrí hluk v blízkosti železničných tratí. Intenzitu hluku ovplyvňuje viacero faktorov a to napríklad prostriedky pohonu lokomotív, nerovnosti koľajníc, nevhodné podložie, rýchlosť a druh vlaku. Opatrenia na zníženie hluku je možné realizovať prostredníctvom vhodného riešenia železničnej trate a únosnej stavby železničného podložia vrátane uloženia koľají. Ďalším riešením je vybudovanie

protihlukových stien. Veľmi vhodné by bolo tiež vedenie železničnej trate súbežne s cestami/diaľnicami a vytvorenie dopravných koridorov na ochranu okolitého prostredia prízemnými valmi s vyššou vegetáciou (Galieriková et al. 2018).

Ďalšie škody na životnom prostredí, spôsobené železničnou dopravou, môžu byť výsledkom nesprávneho tankovania a manipulácie s nákladom na železničných termináloch a činností údržby zariadenia. To je napríklad renovácia železničných vozňov, údržba lokomotív a čistenie častí vlakov a nástrojov, používaných v tomto odvetví. Sú to ďalej dopĺňanie paliva, ktoré spôsobuje znečistenie ovzdušia výparmi a kontamináciu vody a pôdy prípadným rozliatím. Pri preprave nebezpečného tovaru môže dôjsť k úniku alebo rozliatiu tohto materiálu a pri úniku oleja alebo chladiacej kvapaliny dochádza ku kontaminácií povrchových a podzemných vôd a pôdy. To všetko prispieva k degradácii prírodných zdrojov a smogu v mestách. Odpady vznikajúce v dôsledku renovácie a údržby železničných vozňov obsahujúce odmasťovacie prostriedky, rozpúšťadlá, kyseliny, riedidlá, farby a epoxidy môžu znečisťovať vodu, pôdu a vylučovať organické zlúčeniny (VOC). Taktiež aj pri údržbe lokomotív sa vytvárajú kaly, odpadové rozpúšťadlá a čističe, ktoré môžu spôsobiť znečistenie ovzdušia a v prípade ich zapálenia vážne ohroziť zdravie ľudí. Neúčinná likvidácia všetkých týchto materiálov môže spôsobiť kontamináciu podzemných vôd a pôdy a preto je potrebné pri nej dbať na zvýšenú opatrnosť.

Pri cestnej doprave dochádza k znečisťovaniu vzduchu a vody pri prepravných prácach (akými sú ťahanie, nakladanie a vykladanie nákladu, tankovanie pohonných hmôt), ale aj pri činnostiach ako parkovanie, dokovanie, údržba zariadení a čistenie vozidiel. Motorový olej, pohonné hmoty, chladiace kvapaliny a ďalšie komponenty uvoľňujú z terminálov nákladných zariadení, ako aj samotných nákladných automobilov chlórfluórovaný uhl'ovodík (CFC) a prchavé organické zlúčeniny (VOC). Pri nesprávnej údržbe a likvidácii sa následne kontaminuje pôda a voda. Emisie VOC pochádzajú tiež z čistiacich prostriedkov, žieravých roztokov a rozpúšťadiel používaných pri umývaní vozidiel, ako aj zo zvyškov z dodávok a čistenia nádrží. Zhoršenie stavu životného prostredia a jeho znečistenie spôsobuje tiež nesprávna likvidácia odpadu a použitého zariadenia. Samotná prepravná činnosť zase generuje uhl'ovodíky, oxid uhoľnatý (CO), oxid dusíka (NO_x), zlúčeniny síry a pevné častice, ktoré znečisťujú ovzdušie. Okrem toho bolo odvetvie nákladnej dopravy v Európe často kritizované za ťažké používanie neobnoviteľných fosílnych palív, vytváranie smogu, prepravu nebezpečného nákladu

pomocou chladív poškodzujúcich ozónovú vrstvu a neefektívne zneškodňovanie pevného a kvapalného odpadu a ojazdených vozidiel (Rondinelli - Berry 2000).

Ďalej si priblížime pojem oxidy dusíka (NO_x), ich zdroje a vplyv na zdravie človeka, ako aj životné prostredie. Emisie NO_x patria k významným znečisťovateľom a ich hlavným zdrojom je cestná preprava (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2016). Vzhľadom na to, že touto prácou chceme poukázať na potrebu presmerovania prepravy nebezpečných nákladov z cestnej, na ekologickejšiu železničnú prepravu, považujeme emisie NO_x za najvhodnejšie. Oxidy dusíka použijeme aj v kapitole výsledky práce, kde pomocou nich vypracujeme ekonometrickú analýzu.

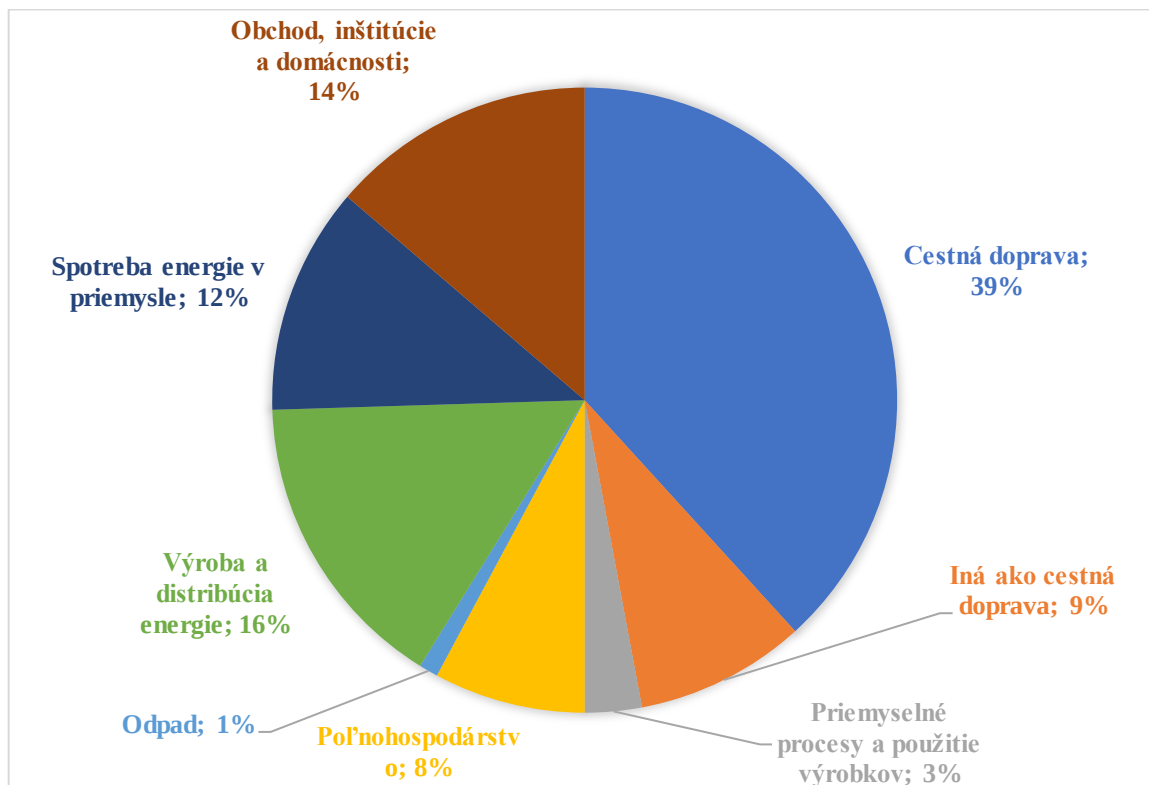
Začneme však iným pojmom a to oxidom dusičitým. Oxid dusičitý (NO₂) je dráždivý plyn, ktorý vo vysokých koncentráciách spôsobuje zápal dýchacích ciest. Keď sa dusík uvoľňuje počas spaľovania paliva, spája sa s atómami kyslíka a vytvára oxid dusnatý (NO). Ten sa ďalej kombinuje s kyslíkom a vzniká oxid dusičitý (NO₂). Oxid dusnatý (NO) sa pri typických koncentráciách nepovažuje za zdravie škodlivý, avšak oxid dusičitý (NO₂) už áno. Oxid dusičitý a oxid dusnatý sa označujú spoločne ako oxidy dusíka a teda NO_x. Plyny NO_x reagujú do formy smogu a kyslého dažďa. Taktiež sú kľúčové pri vzniku pevných častíc (emisie, označované aj PM) a prízemného ozónu, ktoré sú obe spojené s nepriaznivými účinkami na zdravie.

NO_x sa vytvára pri reakcií dusíka a kyslíkových plynov vo vzduchu počas spaľovania, najmä pri vysokých teplotách. V oblastiach s vysokou prevádzkou motorových vozidiel, napríklad vo veľkomestách, môže byť objem oxidov dusíka emitovaných do ovzdušia ako znečisťovateľov značné. Tieto plyny sa tvoria vždy, keď dôjde k horeniu v prítomnosti dusíka, napríklad v motorových automobiloch. Taktiež sa prirodzene vyskytujú pri úderoch blesku (ICOPAL-NOXITE).

Nasledujúci graf ukazuje príspevok každej agregovanej skupiny sektorov k celkovým emisiám NO_x v Európskej únii. Pokiaľ ide o NO_x, bežnými kľúčovými zdrojmi emisií sú sektory energetiky a dopravy. Emisie cestnej dopravy v EÚ sa už oproti minulým rokom znížili, čo bolo následkom montáže katalyzátorov na vozidlá. Tento krok viedli legislatívne normy známe ako „Euro standards“. Sektor cestnej dopravy však aj napriek tomuto kroku predstavoval v roku 2018 najväčší zdroj NO_x emisií a to až 39 % celkových emisií v EÚ. Sektory výroby elektrickej energie tiež znížili svoj podiel emisií vďaka opatreniam ako je napríklad zavedenie technológií na úpravu spaľovania alebo prechod

z uhlia na plyn. V roku 2018 dosiahol sektor výroby a distribúcie energie 16 % celkových emisií v EÚ (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2020).

Graf č. 3: Produkcia NO_x v EÚ, podiel podľa sektorovej skupiny, 2018



Zdroj: EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. *European Union emission inventory report 1990 – 2018: under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP)*. 2020. s. 42. ISSN: 1977-8449

Medzi rokmi 1990 a 2018 klesli emisie NO_x v Európskej únii o 60 %. Medzi rokmi 2017 a 2018 bol pokles o 4,1 % a to najmä vďaka zníženiu emisií Nemecka, Francúzska, Spojeného kráľovstva, Španielska a Poľska (krajiny boli zoradené na základe veľkosti ich príspevkov k absolútnej zmene). Členské štáty únie, ktoré sa na emisiách NO_x v roku 2018 najviac podieľali (t.j. viac ako 10 %), boli Nemecko, Spojené kráľovstvo, Poľsko a Francúzsko (krajiny boli zoradené podľa ich podielu na celkovom objeme v EÚ).

Španielsko uviedlo, že pokles emisií NO_x v ich krajine v rokoch 2005 až 2010 (hodnota národného súčtu v roku 2008 bola o 15,4 % nižšia ako v predchádzajúcom roku) bol spôsobený zatvorením hlavnej bane na hnedé uhlie v roku 2007. Okrem toho sa o zníženie zapríčinili zmeny v susednej tepelnej elektrárni v roku 2008 a tiež zavedenie nových techník znižovania emisií. Luxembursko zase vysvetlilo svoj vzostupný trend v emisiách znečisťujúcich ovzdušie (zaznamenaný v rokoch 1999 až 2004) rastúcou

spotrebou energie a predajom palív v sektore dopravy. Stabilizácia zaznamenaná v rokoch 2004 až 2006 bola zase výsledkom stabilného predaja cestných palív, ktorý dosiahol vrchol v roku 2005 (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2020).

Už sme spomenuli, že plyny NO_x reagujú do smogu, kyslého dažďa, vytvárajú pevné častice a prízemný ozón. To má za následok nielen škody na životnom prostredí, ale aj ľudskom zdraví. Napriek tomu, že oxid dusnatý (NO) sa bežne nepovažuje za zdraviu škodlivý, jeho nadbytok môže spôsobiť dýchacie ťažkosti, hematologické vedľajšie účinky, metabolické poruchy, nízky krvný tlak, nevoľnosť, zvracanie a hnačky. Oxid dusičitý (NO₂) je nebezpečnejší a vo vyšších koncentráciách spôsobuje ťažký zápal dýchacích ciest. Dýchanie vysokých hladín tohto plynu môže zvýšiť pravdepodobnosť dýchacích problémov, akými sú kašeľ, nachladnutie, chrípka a bronchitída. Ľudia s astmou sú pritom náchylní na intenzívnejšie záchvaty. Dlhodobé vystavenie vysokej hladine NO₂ môže spôsobiť nevratné poškodenie dýchacieho systému (AEROQUAL 2018).

Čo sa týka životného prostredia, vysoké hladiny NO_x môžu mať negatívny vplyv na vegetáciu, vrátane poškodenia listov a zníženého rastu. Následne bude vegetácia náchylnejšia na choroby a poškodenia mrazom. Štúdia vplyvu oxidu dusičitého (NO₂) a amoniaku (NH₃) na biotop Eppingového lesa odhalila, že znečistenie pravdepodobne významne ovplyvňuje zdravie ekosystému v lese. Preukázalo sa, že miestne emisie z dopravy významne prispievajú k prekročeniu kritických úrovní a kritického zaťaženia v danej oblasti. Kritická úroveň je prahová úroveň pre atmosferickú koncentráciu znečisťujúcej látky, po prekročení ktorej sa môžu prejaviť škodlivé priame účinky na biotop alebo druh. Kritické zaťaženie je zase prahová úroveň pre ukladanie znečisťujúcej látky, nad ktorou sa môžu prejaviť nepriaznivé účinky. Kritická úroveň pre ochranu vegetácie je 30 µg/m³, merané ako ročný priemer. Taktiež v prípade, že NO_x zreaguje s inými znečisťujúcimi látkami za prítomnosti slnečného žiarenia, dochádza k vzniku ozónu, ktorý môže rovnako pri vysokých koncentráciách poškodiť vegetáciu (ICOPAL-NOXITE).

Ďalej NO_x prispieva k ukladaniu kyselín a eutrofizácii vody a pôdy. Následné vplyvy takéhoto usadenia kyselín môžu byť významné a zahŕňajú nepriaznivé účinky na vodné ekosystémy riek, jazier a poškodenia lesov, plodín a inej vegetácie. Eutrofizácia predstavuje nadmerný rast rias a môže viesť k výraznému zníženiu kvality vody, čo následne negatívne dopadá na biodiverzitu, zmeny v zložení a dominancii druhov a účinkov toxicity (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2018).

2. Cieľ práce

Predmetom tejto diplomovej práce je analýza prepravy nebezpečných nákladov v členských krajinách Európskej únie a tiež posúdenie významu kombinovanej dopravy z hľadiska ekológie. Práca je podporená viacerými štúdiami, reguláciami prijatými EÚ, ako aj ekonometrickou analýzou danej problematiky.

Hlavným cieľom je poukázať na potrebu presmerovania prepravy nebezpečného nákladu z cestnej dopravy na železničnú, ktorá je považovaná za ekologickejšiu a bezpečnejšiu.

Na splnenie hlavného cieľa sme si vytýčili niekoľko parciálnych cieľov a to:

- Zadefinovanie pojmu nebezpečného nákladu, multimodality a jej prínosov
- Charakteristika právnych noriem prijatých Európskou úniou na reguláciu prepravy nebezpečného nákladu
- Analýza cestnej a železničnej dopravy, upresnenie ich výhod, nevýhod, ale aj rizikovosti
- Poukázanie na ekologické dopady vybraných druhov dopravných modalít
- Vypracovanie ekonometrickej analýzy a vyvodenie záverov z nej vyplývajúcich.

K dosiahnutiu hlavného cieľa sme taktiež stanovali nasledujúcu výskumnú otázku:

- Znížia sa emisie cestnej prepravy s nebezpečným tovarom po náraste objemu prepravovaného nebezpečného tovaru v krajinách EÚ po železnici?

3. Metodika práce a metody skúmania

Skôr ako sme začali so samotným písaním práce, spravili sme si prieskum dostupných zdrojov a dátových súborov. Vďaka tomu sme nadobudli lepší prehľad o danej problematike. Po tomto kroku sme mohli vybrať vhodné zdroje a vypracovať štruktúru práce. Pri písaní teoretickej časti sme čerpali ako z knižných, tak aj z internetových zdrojov, článkov a publikácií. Dopravné modality, ktorým sme sa venovali boli cestná a železničná a zo škodlivých plynov vytváraných týmito druhmi dopravy sme vybrali oxidy dusíka (NOx), ktoré sú v podobných štúdiách často spomínané a ich hlavným zdrojom je cestná doprava. Cestnú a železničnú dopravu sme po analýze dát zvolili ako najvhodnejšie pre náš účel analýzy multimodálnej prepravy nebezpečného tovaru. Pred začatím s teoretickou časťou práce sme vyberali z dátových súborov zo stránok Eurostatu. Po nájdení dát sme ich postupne analyzovali, spracovali v Exceli a testovali v programe Gretl. Zvolili sme spôsob prierezových dát členských štátov Európskej únie za rok 2018.

V praktickej časti sme použili matematicko-štatistické metódy, konkrétne regresnú a korelačnú analýzu. Pomocou viacnásobne regresnej analýzy sme charakterizovali vzťahy medzi závislou NOx a dvoma nezávislými množstvami cestnej a železničnej dopravy s nebezpečným nákladom za rok 2018. Korelačná analýza nám poslúžila na určenie veľkosti závislosti medzi našimi premennými. Zvolili sme si hlavnú hypotézu, ktorá nám neskôr dopomohla k splneniu cieľov práce. Pokračovali sme vypracovaním OLS analýzy (Metóda najmenších štvorcov), ktorá bola pre náš model najvhodnejšia a spravili odhad intervalu spoľahlivosti. Ďalej sme v rámci testovania hypotéz model testovali na prítomnosť heteroskedasticity pomocou Whiteovho testu a normálnej distribúcie reziduálov pomocou Testu normality reziduálov. Model nám taktiež vyšiel ako štatisticky významný po spracovaní T-štatistiky a F-štatistiky. Na zistenie presnosti modelu sme využili vzorec a graf, ktoré vygeneroval systém Gretl. Pomocou nich sme následne porovnali reálne a odhadované hodnoty členských štátov Európskej únie.

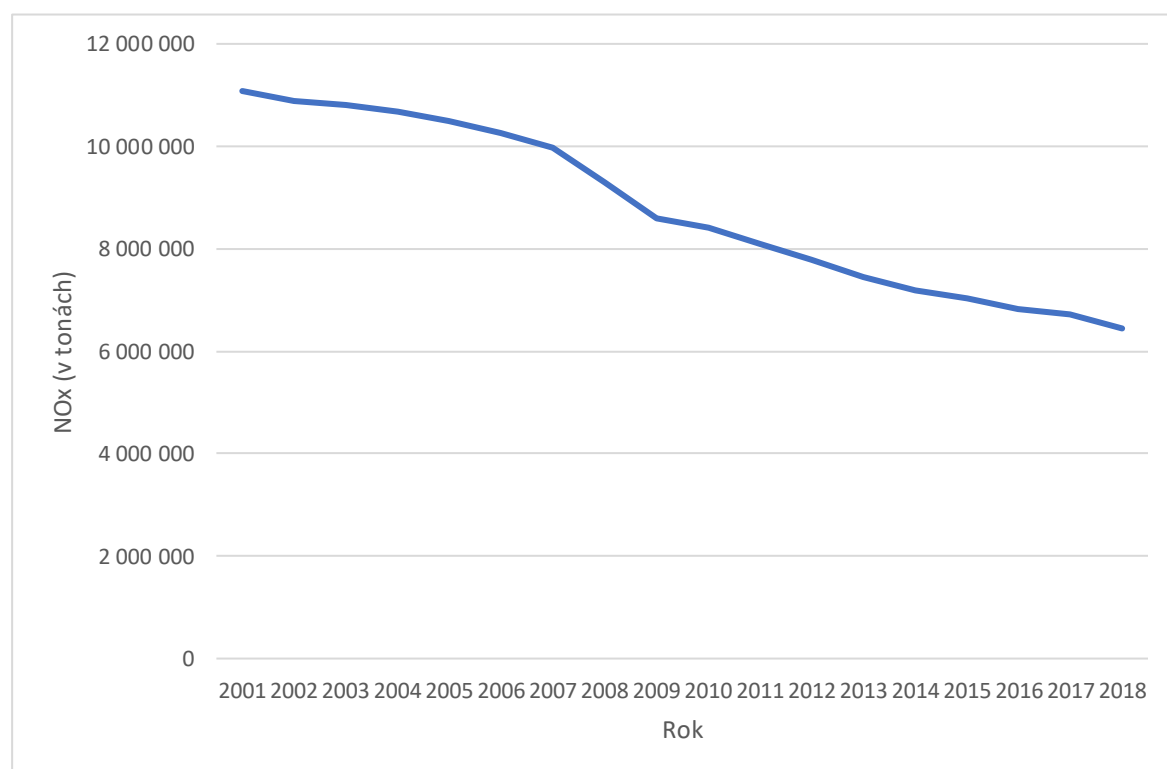
Na záver sme naše nadobudnuté poznatky a výsledné údaje interpretovali pomocou syntézy.

4. Výsledky práce

V praktickej časti diplomovej práce sme sledovali krajiny Európskej únie a konkrétny objem nebezpečných tovarov, ktoré prepravujú a aký majú tieto tovary dopad na ekológiu. Objem prepraveného nebezpečného tovaru v tejto práci uvádzame v tonokilometroch a výšku emisií v tonách oxidu dusíka (NO_x). Zameriame sa najmä na cestnú a železničnú dopravu a pomocou programu Gretl zistíme, čo sa stane s emisiami cestnej dopravy s nebezpečným nákladom, keď na prepravu tohto nákladu zvolíme ekologickejšiu železničnú dopravu.

Skôr ako sa začneme venovať konkrétnym dopravným modalitám, pozrieme sa na aktuálnu situáciu v oblasti produkcie emisií NO_x. Ako môžeme vidieť na nasledujúcom grafe, celkový objem vyprodukovaného NO_x v 27 členských krajinách Európskej únie má klesajúci charakter. Graf sleduje časové obdobie od roku 2001, kedy celkové NO_x dosiahlo hodnotu 11 079 247 ton, až po rok 2018, kedy kleslo na hodnotu 6 443 922 ton.

Graf č. 4: Vývoj celkového objemu emisií NO_x (EU27), 2001 - 2018

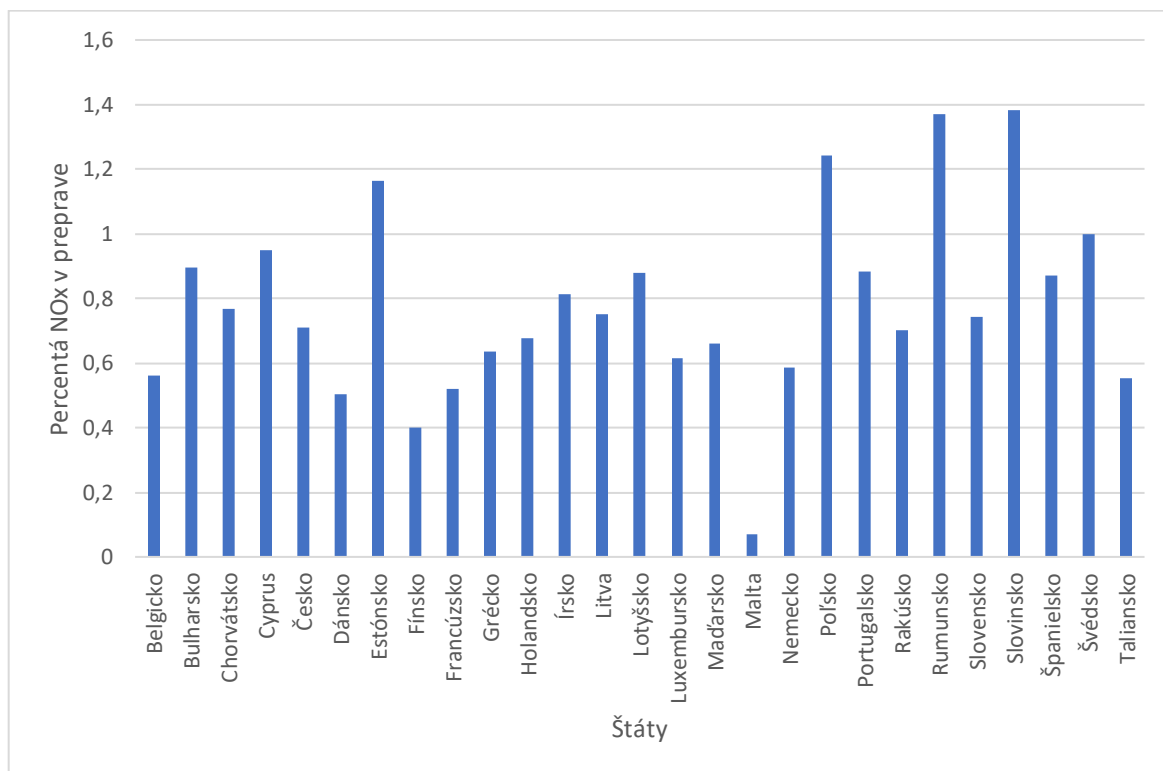


Zdroj: Vlastné spracovanie na základe údajov z Eurostatu

Následne rozoberieme graf, ktorý zobrazuje, aké percento emisií oxidov dusíka bolo v roku 2018 vyprodukovaných prepravou. Ide o súčet všetkých dopravných modalít v 27 členských krajinách Európskej únie. Zvyšné emisie NO_x boli v týchto krajinách

vyprodukované v iných sektoroch ako napríklad výroba energie, spotreba energie a ďalšie. Podľa údajov z Eurostatu, dosiahli najvyššie percentuálne podiely Slovinsko, Rumunsko, Poľsko a Estónsko. Naopak výrazne najnižší dosiahla Malta.

Graf č. 5: Percentuálny podiel NOx v preprave (EU27), 2018

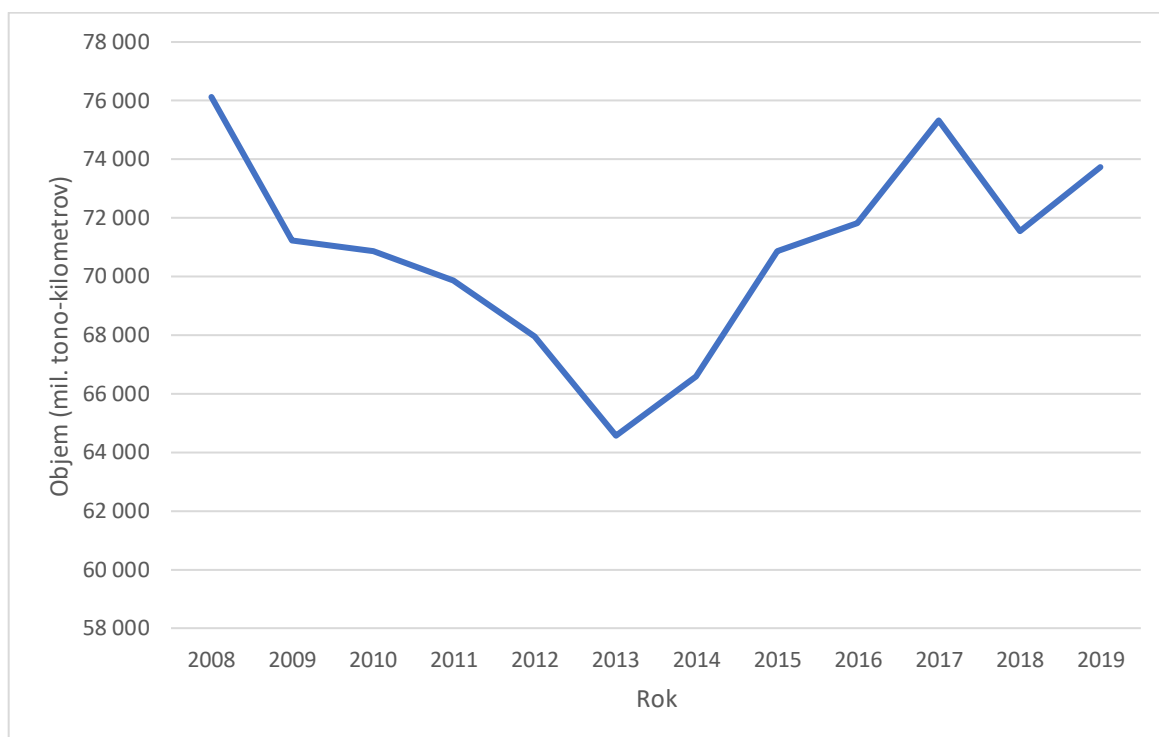


Zdroj: Vlastné spracovanie na základe údajov z Eurostatu

Cestná doprava patrí k najčastejšie využívaným dopravným modalitám. Je nenahraditeľná najmä pri krátkych a stredne dlhých trasách. V tomto výskume sme si ju zvolili práve pre jej využiteľnosť, ako aj pre dostupnosť údajov. V ďalšej časti sa pozrieme na objem nebezpečného tovaru, ktorý sa prepravuje po cestách a percentuálny podiel, ktorý má preprava nebezpečných tovarov na celkovú prepravu.

Začneme teda objemom nebezpečného tovaru, ktorý sa cez krajiny Európskej únie prepravuje. Nasledujúci graf zobrazuje vývoj objemu prepravovaného nebezpečného tovaru po ceste za roky 2008 až 2019. Údaje predstavujú súčet 27 členských krajín Európskej únie za jednotlivé roky. Najnižšiu hodnotu dosiahli krajiny EÚ v roku 2013, kedy dosiahli objem 64 568 milióna tonokilometrov. Naopak najvyššiu hodnotu dosiahli v roku 2008 s hodnotou 76 124 mil. tonokilometrov a v roku 2017 s hodnotou 75 321 mil. tonokilometrov.

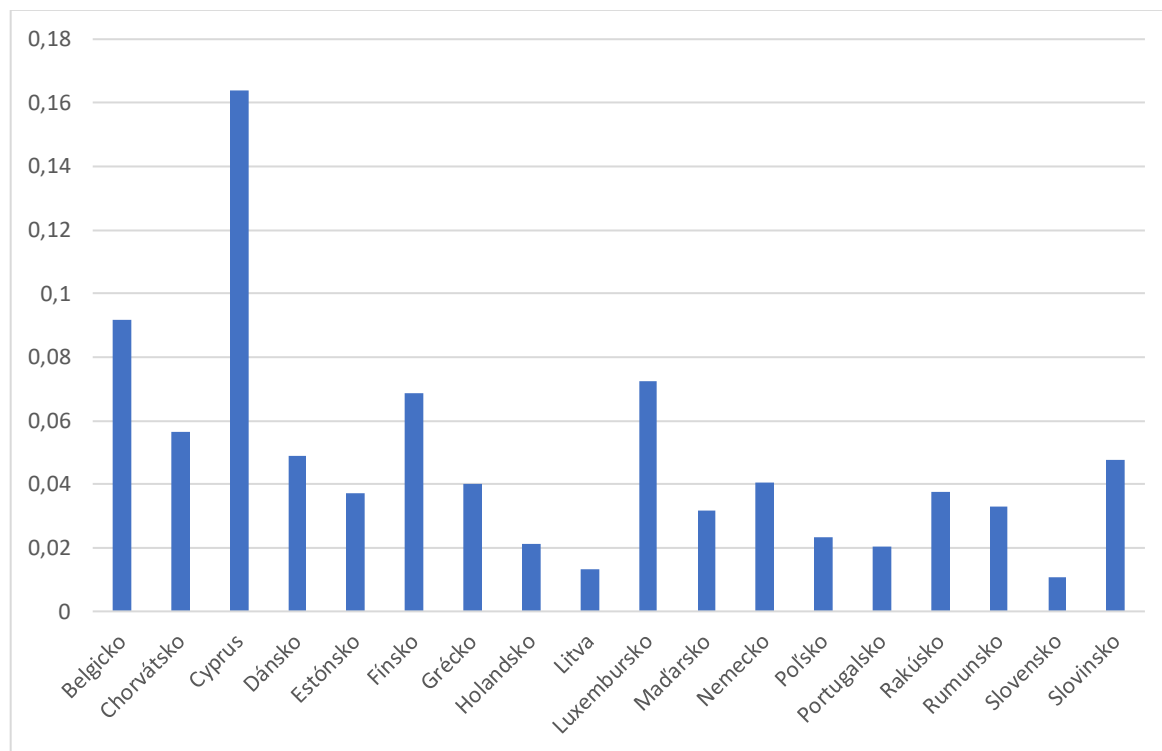
Graf č. 6: Vývoj objemu prepravovaného nebezpečného tovaru po ceste, 2008 - 2019



Zdroj: Vlastné spracovanie na základe údajov z Eurostatu

Ďalej sa pozrieme na podiel prepravy nebezpečného tovaru na celkovej preprave krajín Európskej únie v roku 2018, ktorý zobrazuje nasledujúci graf. Väčšina sledovaných ekonomík zaznamenala v tomto roku údaje v rozmedzí 2 % až 5 %. Menej zaznamenala Litva (1,34 %) a Slovensko (1,08 %). Naopak viac zaznamenali Chorvátsko (5,64 %), Fínsko (6,86 %), Luxembursko (7,22 %), Belgicko (9,19 %) a Cyprus (16,37 %). Priemer Európskej únie za tento rok bol asi 4 %. Graf neobsahuje všetky členské štáty únie vzhľadom na to, že údaje niektorých krajín boli utajené, prípadne nedostupné.

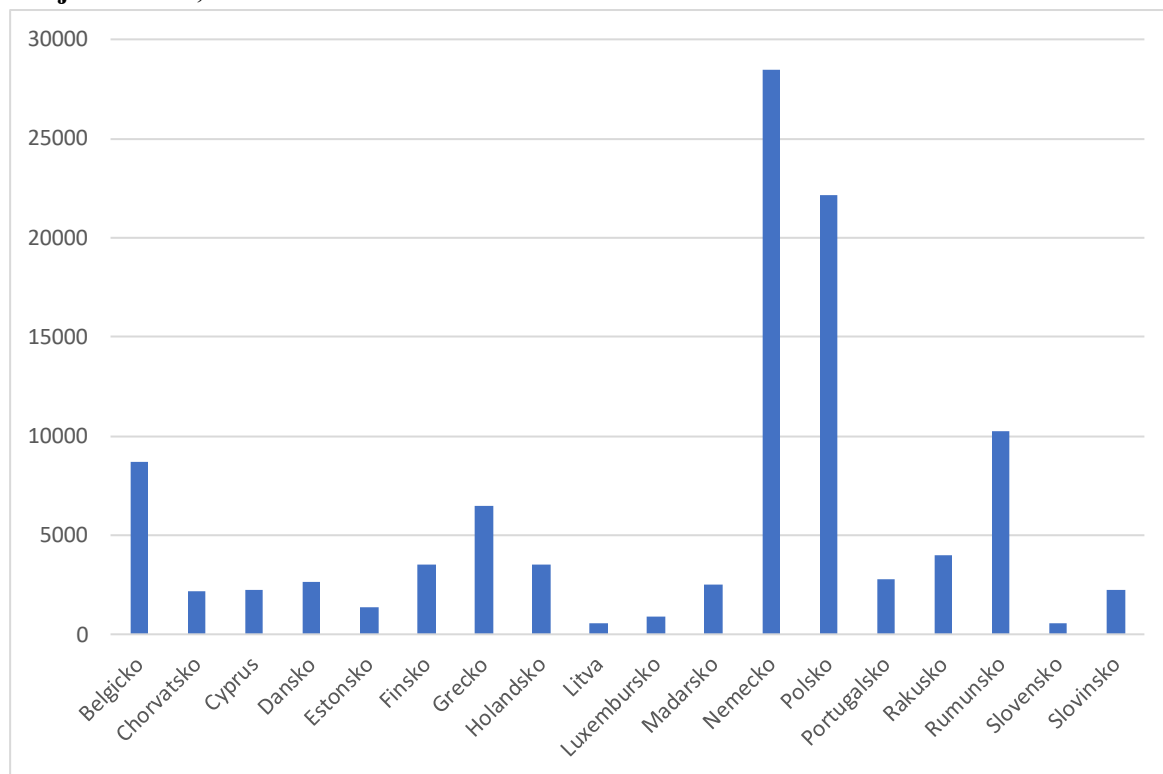
Graf č. 7: Cestná preprava nebezpečných vecí, 2018, percentuálny podiel v tonokilometroch



Zdroj: Vlastné spracovanie na základe údajov z Eurostatu

Na vytvorenie modelu, ktorému sa budeme venovať v nasledujúcej podkapitole, budeme potrebovať aj objem emisií NO_x, ktoré vyprodukovali cestnou dopravou s nebezpečným nákladom krajiny Európskej únie v roku 2018. Objem NO_x na zobrazenom grafe je pre každú krajinu určený v tonách. Na grafe môžeme vidieť, že najväčší objem emisií NO_x vyprodukovalo cestnou prepravou s nebezpečným nákladom Nemecko (28 498 ton) a Poľsko (22 121 ton). Naopak najmenej vyprodukovalo Slovensko (535 ton) a Litva (583 ton).

Graf č. 8: Objem emisií NO_x v tonách – cestná preprava s nebezpečným tovarom v krajinách EÚ, 2018

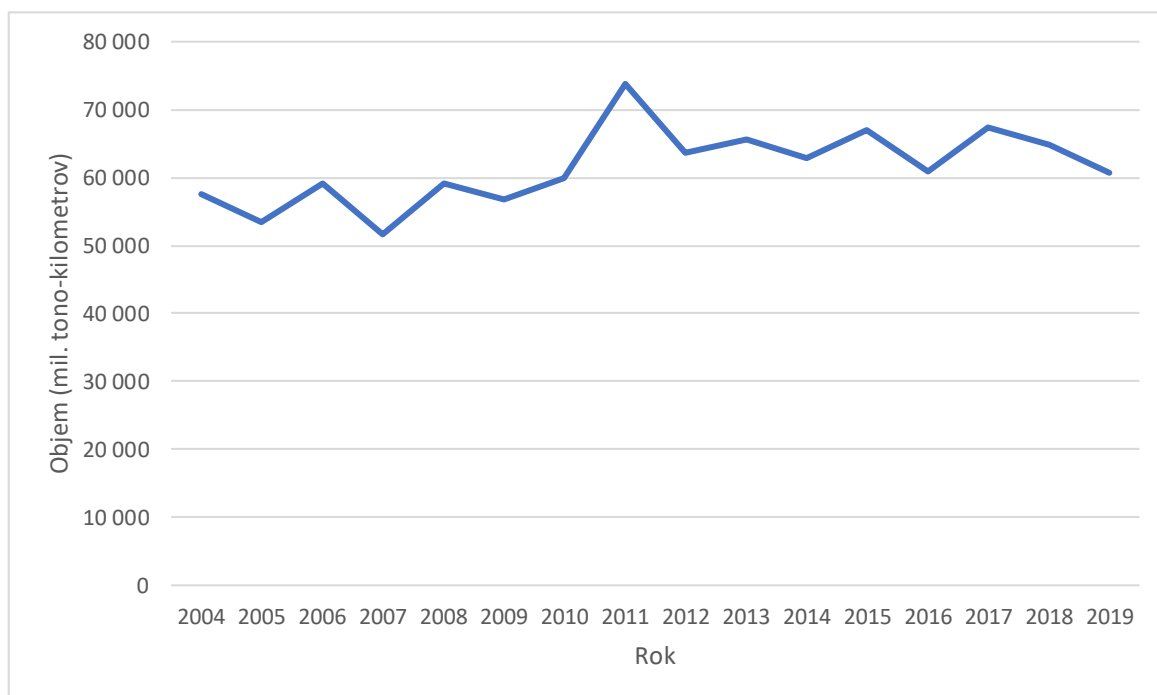


Zdroj: Vlastné spracovanie na základe údajov z Eurostatu

Pri skúmaní železničnej dopravy sme sa zamerali na 21 štátov Európskej únie, ktorých dáta sme mali k dispozícii. Štáty, ktoré sme sem nemohli zahrnúť vzhľadom na to, že ich dáta boli utajené alebo inak nedostupné, boli tieto: Belgicko, Cyprus, Luxembursko, Malta, Španielsko a Taliansko.

Rovnako ako pri skúmaní cestnej dopravy, sme sa aj pri železničnej doprave najskôr zamerali na vývoj objemu prepravovaného nebezpečného tovaru za posledné roky. Ide konkrétne o súčet objemu prepravy spomenutých európskych krajín v miliónoch tonokilometrov a skúmané obdobie je od roku 2004 po rok 2019. Z grafu vyplýva, že za toto časové obdobie objem prepravovaného nebezpečného tovaru po železniciach v krajinách Európskej únie mierne vzrástol. Jeho hladina sa však nezvykne výrazne meniť.

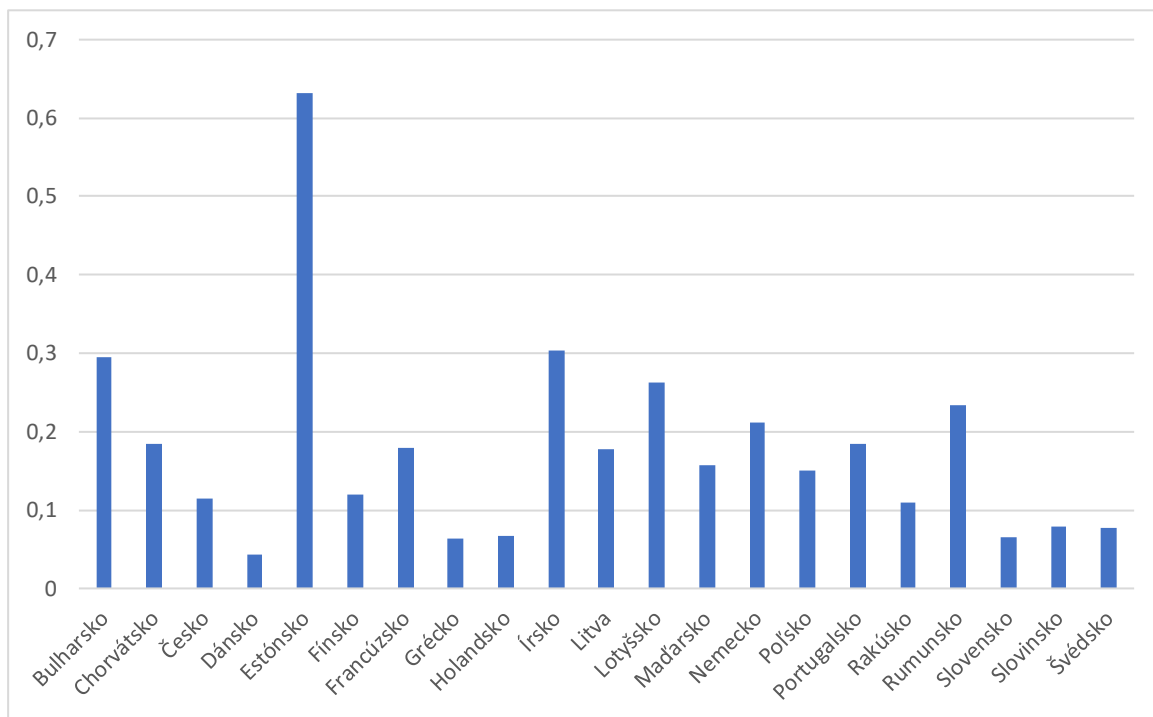
Graf č. 9: Vývoj objemu prepravovaného nebezpečného tovaru po železnici, 2004 – 2019



Zdroj: Vlastné spracovanie na základe údajov z Eurostatu

Aby sme sa dostali k dátam potrebným na neskoršiu analýzu v Gretli, potrebovali sme poznať percentuálny podiel, ktorý má preprava nebezpečných tovarov na celkovej preprave. K týmto údajom sme sa dostali vlastným výpočtom a to podielom objemu prepravovaného nebezpečného tovaru po železniciach k celkovému objemu prepravy po železniciach. Oba údaje boli vyjadrené v miliónoch tono-kilometrov a získané percentá možno vidieť v nasledujúcom grafe. Najvyššie percento prepravy nebezpečného tovaru dosiahlo Estónsko, s hodnotou 63,14 %. Ostatné sledované krajiny dosiahli v danom roku 2018 hodnoty približne od 4 % po 30 %.

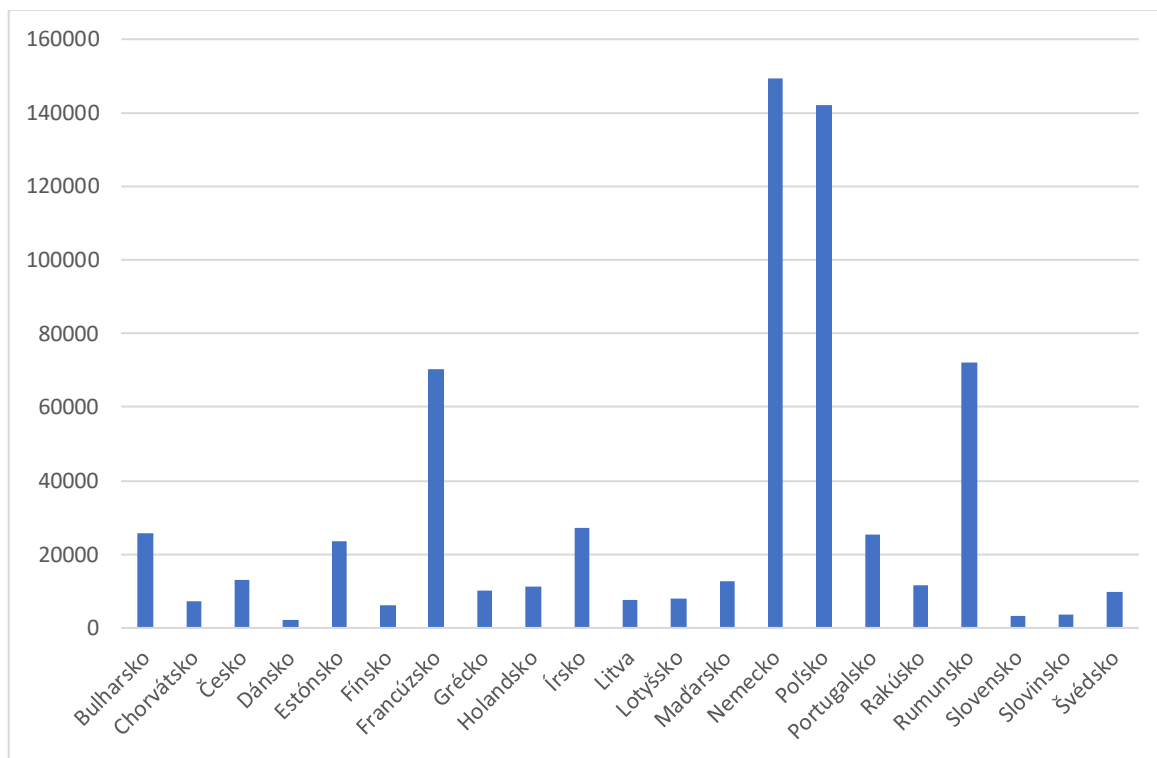
Graf č. 10: Železničná preprava nebezpečných tovarov, 2018, percentuálny podiel v tono-kilometroch



Zdroj: Vlastné spracovanie na základe údajov z Eurostatu

Na poslednom grafe tejto časti je zobrazený objem emisií oxidov dusíka (NO_x), ktorý v jednotlivých krajinách Európskej únie vyprodukovala v roku 2018 železničná preprava s nebezpečným nákladom. Objem emisií NO_x je na grafe zobrazený v tonách. Najvyššie hodnoty dosiahli Nemecko (149 176 ton) a Poľsko (142 143 ton). Najnižšie hodnoty dosiahlo Slovensko (3 206 ton), Dánsko (2 326 ton) a Slovinsko (3 675 ton).

Graf č. 11: Objem emisií NO_x v tonách – železničná preprava s nebezpečným tovarom v krajinách EÚ, 2018



Zdroj: Vlastné spracovanie na základe údajov z Eurostatu

3.1 Ekonometrická analýza

V nasledujúcej podkapitole sa budeme venovať ekonometrickej analýze vplyvu objemu cestnej a železničnej prepravy s nebezpečným tovarom na emisie vyprodukované cestnou prepravou s nebezpečným tovarom. Zvolili sme si nasledujúcu hypotézu a premenné:

Hypotéza: Po náraste objemu prepravovaného nebezpečného tovaru v krajinách EÚ po železnici, príde k zníženiu emisií cestnej prepravy s nebezpečným tovarom.

Nezávislé premenné: Objem cestnej prepravy s nebezpečným tovarom; objem železničnej prepravy s nebezpečným tovarom (obe v miliónoch tonokilometrov)

Závislá premenná: Objem oxidu dusíka (NO_x) vypusteného do ovzdušia, zapríčinený cestnou prepravou nebezpečného tovaru

V nasledujúcej analýze sme porovnali krajiny Európskej únie a zistili sme, aký vplyv má zmena objemu cestnej a železničnej prepravy na emisie oxidu dusíka, ktorý sa pri tejto preprave vyprodukuje. Nasledujúca tabuľka zobrazuje vstupné údaje, ktoré sme zadali do

programu Gretl. Obsahuje štáty Európskej únie, objem oxidov dusíka (NOx) v tonách, ktorý cestná doprava s nebezpečným tovarom vyprodukuje, objem prepraveného nebezpečného tovaru po ceste v tono-kilometroch a nakoniec objem nebezpečného tovaru prepraveného železnicou taktiež v tono-kilometroch. Niektoré štáty sme museli z analýzy vylúčiť vzhľadom na to, že potrebné údaje boli utajené, prípadne nedostupné. Konkrétne boli označené ako dôverné („confidential“) tieto krajiny: Belgicko, Bulharsko, Cyprus, Česko, Francúzsko, Írsko, Lotyšsko, Luxembursko, Španielsko, Švédsko a Taliansko. Údaje boli úplne nedostupné ku krajine Malta. Všetky údaje v tejto tabuľke sú z roku 2018.

Tabuľka č. 2: Vstupné údaje

Štáty	NOx cestnej prepravy s NT, 2018	Objem cestnej prepravy s NT, 2018	Objem železničnej prepravy s NT, 2018
Chorvátsko	2187,83	713	508
Dánsko	2613,004	734	113
Estónsko	1395,095	215	1 634
Fínsko	3492,093	1 945	1 331
Grécko	6502,769	1 178	26
Holandsko	3512,326	1 467	471
Litva	582,956	582	3 001
Maďarsko	2521,829	1 204	1 668
Nemecko	28497,726	12 835	25 013
Poľsko	22121,156	7 386	8 923
Portugalsko	2766,387	665	510
Rakúsko	3973,559	968	2 396
Rumunsko	10214,845	1 944	3 055
Slovensko	534,474	384	542
Slovinsko	2238,738	1 062	404

Zdroj: Vlastné spracovanie na základe údajov z Eurostatu

3.1.1 Metóda najmenších štvorcov (*Ordinary least squares*)

Naším ďalším krokom bude odhadnutie parametrov modelu. Ako prvé sa budeme sústreďovať na prvú hodnotu v riadku „const“. Tento odhadovaný parameter sa nazýva aj lokujúca konštanta a jej hodnota vyjadruje priemernú hodnotu závislej premennej za predpokladu, že nezávislá premenná sa rovná nule. V našom prípade teda môžeme interpretovať výsledok tak, že za predpokladu, že po cestne a železnici sa neprepraví ani jeden milión tonokilometrov nebezpečného tovaru, tak výška INOx cestnej prepravy s nebezpečným tovarom aj tak dosiahne 1617 ton.

Ďalší parameter, ktorý budeme skúmať sa nazýva regresný koeficient. V našej tabuľke prislúcha riadkom „Q_cestna_NT_2018“ a „Q_zeleznicna_NT_2018“. Regresný koeficient vyjadruje zmenu nezávislej premennej za predpokladu, že sa jedna závislá zmení o jednotku a druhá závislá zostane bezo zmeny. Môžeme ho teda interpretovať nasledovne: So zvýšením cestnej prepravy nebezpečného tovaru o jeden milión tonokilometrov, kedy železničná preprava nebezpečného tovaru zostane nezmenená, stúpne výška INOx cestnej prepravy s nebezpečným tovarom o 0,000675 %. V prípade, že objem železničnej prepravy s nebezpečným tovarom stúpne o jeden milión tonokilometrov, pričom objem cestnej prepravy zostane nezmenený, tak emisie INOx za cestnú prepravou s nebezpečným tovarom klesnú o 0,000232 %.

Tretí dôležitý údaj, ktorý je vypočítaný v tabuľke nižšie je koeficient determinácie. Ten vyjadruje, akú veľkú časť variability závislej premennej vieme vysvetliť regresným modelom. V tabuľke môžeme tento údaj vidieť pod názvom „R-squared“. Túto hodnotu vieme interpretovať nasledovne: Regresným modelom s nezávislými premennými „Q_cestna_NT_2018“ a „Q_zeleznicna_NT_2018“, vieme vysvetliť 72,16 % variability objemu NOx vypusteného do ovzdušia cestnou prepravou s nebezpečným tovarom. Zvyšných 27,84 % tejto variability spôsobujú činitele nezaraďované do regresného modelu a náhodné vplyvy (Lukáčik - Slosiar).

Tabuľka č. 3: OLS analýza

Model 1: OLS, using observations 1-15
Dependent variable: l_NOx_cestna_NT_2018

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-ratio</i>	<i>p-value</i>	
Const	7,38881	0,211590	34,92	<0,0001	***
Q_cestna_NT_2018	0,000674987	0,000188777	3,576	0,0038	***
Q_zeleznicna_NT_2018	-0,000231739	0,000100331	-2,310	0,0395	**

Mean dependent var	8,120260	S.D. dependent var	1,120549
Sum squared resid	4,893944	S.E. of regression	0,638615
R-squared	0,721600	Adjusted R-squared	0,675200
F(2, 12)	15,55172	P-value(F)	0,000466
Log-likelihood	-12,88369	Akaike criterion	31,76738
Schwarz criterion	33,89153	Hannan-Quinn	31,74475
White's test for heteroskedasticity -			
Null hypothesis: heteroskedasticity not present			
Test statistic: LM = 4,52912			
with p-value = $P(\text{Chi-square}(5) > 4,52912) = 0,475997$			
Test for normality of residual -			
Null hypothesis: error is normally distributed			
Test statistic: Chi-square(2) = 4,0767			
with p-value = 0,130244			

Zdroj: Vlastný výpočet pomocou programu Gretl, na základe údajov z Eurostatu

Po dokončení odhadu parametrov modelu sme prešli k odhadu intervalu spoľahlivosti. Pomocou neho sme zistili, že v 95 prípadoch zo 100 po zvýšení objemu cestnej prepravy o jeden milión tonokilometrov, pričom objem železničnej prepravy s nebezpečným tovarom zostáva nezmenený, sa zvýši aj hladina NO_x o viac ako 0,000263678 ton a menej ako 0,0010863 ton.

V druhom prípade nastáva situácia, kedy sa objem železničnej prepravy s nebezpečným tovarom zvýši o jeden milión tonokilometrov a objem cestnej prepravy s nebezpečným tovarom zostane nezmenený. Vtedy by v 95 prípadoch zo 100 objem NO_x vyprodukovaný cestnou prepravou s nebezpečným nákladom klesol o viac ako 0,000450341 a menej ako 1,31379e-005.

Tabuľka č. 4: Odhad intervalu spoľahlivosti

t(12, 0,025) = 2,179			
Variable	Coefficient	95 confidence interval	
const	7,38881	6,92779	7,84982
Q_cestna_NT_2018	0,000674987	0,000263678	0,00108630
Q_zeleznicna_NT_2018	-0,000231739	-0,000450341	-1,31379e-005

Zdroj: Vlastný výpočet pomocou programu Gretl, na základe údajov z Eurostatu

Ako môžeme vidieť, vo výsledkoch vyššie, nárast objemu železničnej prepravy s nebezpečným nákladom zníži emisie cestnej prepravy o 0,000232 %. Môžeme teda potvrdiť našu hypotézu, ktorá hovorí, že po náraste objemu prepravovaného nebezpečného tovaru v krajinách EÚ po železnici, dôjde k zníženiu emisií cestnej prepravy s nebezpečným tovarom.

3.1.2 Testovanie hypotéz

Naším ďalším krokom je testovanie hypotéz, pomocou ktorého chceme zistiť, či je celkový lineárny model štatisticky významný. V tejto fáze si najskôr vytvoríme hypotézy, nulovú a alternatívnu, ktoré následne porovnávame:

- H_0 = Model je štatisticky nevýznamný
- H_1 = Model je štatisticky významný

Aby bol model štatisticky významný, musíme zamietnuť nulovú hypotézu. Na zistenie štatistickej významnosti potrebujeme poznať kritické hodnoty modelu. Tie môžeme vidieť v nasledujúcej tabuľke. Najskôr budeme zisťovať štatistickú významnosť prvej nezávislej premennej a teda objemu prepraveného nebezpečného tovaru v Európskej únii po cestne za rok 2018.

$$\left| \frac{0,000674987}{0,000188777} \right| > 2,17881$$

Po výpočte vzorca dospejeme k nasledujúcemu vzťahu:

$$3,57558 > 2,17881$$

Ďalej budeme počítat druhú premennú a teda objem prepraveného nebezpečného tovaru v EÚ po železnici za rok 2018.

$$\left| \frac{-0,000231739}{0,000100331} \right| > 2,17881$$

$$2,30974 > 2,17881$$

Keďže pre obe nezávislé nerovnosti platí, zamietneme nulovú hypotézu a môžeme potvrdiť, že regresné koeficienty sú štatisticky významné a teda objem prepravovaného nebezpečného tovaru po ceste, ale aj po železnici ovplyvňujú výšku NO_x vyprodukovanú cestnou prepravou s nebezpečným tovarom.

Tabuľka č. 5: T-štatistika

t(12)
right-tail probability = 0,025
complementary probability = 0,975
two-tailed probability = 0,05
Critical value = 2,17881

Zdroj: Vlastný výpočet pomocou programu Gretl, na základe údajov z Eurostatu

Medzi predpoklady lineárneho modelu patrí aj rovnaká hodnota rozptylov náhodnej zložky pre rôzne hodnoty vysvetľujúcej premennej. V prípade, že tieto hodnoty rovnaké sú, nazývame tento jav ako homoskedasticita. Ak naopak rovnaké nie sú, nachádza sa v nich heteroskedasticita a výsledky odhadu modelu sú štatisticky neadekvátne, pretože sa nedajú overiť. Z tohto dôvodu boli vypracované postupy detekcie heteroskedasticity a metódy výpočtov želaných výstupov, medzi ktoré patrí aj Whiteov test. Whiteov test

heteroskedasticity je založený na porovnaní testovacej štatistiky tohto testu s kritickými hodnotami X^2 rozdelenia, v ktorom sa počet stupňov voľnosti rovná počtu vysvetľujúcich premenných pomocnej regresie (Lukáčik - Slosiar).

Pred začatím testu si určíme opäť určíme dve hypotézy:

- H_0 = Prítomná je homoskedasticita
- H_1 = Prítomná je heteroskedasticita

Tabuľka č. 6: Whiteov test heteroskedasticity

White's test for heteroskedasticity
OLS, using observations 1-15
Dependent variable: uhat^2

	coefficient	std. error	t-ratio	p-value
Const	0,198908	0,425794	0,4671	0,6515
Q_cestna_NT_2018	0,000165233	0,000430906	0,3835	0,7103
Q_zeleznicna_NT_~	0,000198661	0,000158191	1,256	0,2408
sq_Q_cestna_NT_2~	-3,50531e-07	2,68316e-07	-1,306	0,2238
X2_X3	3,83046e-07	3,37384e-07	1,135	0,2856
sq_Q_zeleznicna_~	-1,15899e-07	1,05884e-07	-1,095	0,3021
Unadjusted R-squared = 0,301941				
Test statistic: $TR^2 = 4,529122$,				
with p-value = $P(\text{Chi-square}(5) > 4,529122) = 0,475997$				

Zdroj: Vlastný výpočet pomocou programu Gretl, na základe údajov z Eurostatu

Aby sme mohli test heteroskedasticity dokončiť, potrebujeme poznať aj kritickú hodnotu chí-kvadrátu. V našom prípade počítame hodnotu pre päť regresorov, ktoré vegeneroval Whiteov test a pravdepodobnosť 0,05 musí byť vyššia, ako testovacia štatistika $LM = 4,5291$ (STEINHAUSER 2018).

Testovaciu štatistiku počítame nasledovne:

$$WH = 0,301941 \cdot 15 > 11,0705$$

$$4,5291 > 11,0705$$

Keďže nerovnosť neplatí, na hladine významnosti 0,05 môžeme potvrdiť nulovú hypotézu, ktorá hovorí, že v modeli je prítomná homoskedasticita. Heteroskedasticita prítomná nie je a model je tak podľa Whiteovho testu štatisticky adekvátny.

Tabuľka č. 7: Chí-kvadrát

Chi-square(5)
right-tail probability = 0,05
complementary probability = 0,95
Critical value = 11,0705

Zdroj: Vlastný výpočet pomocou programu Gretl, na základe údajov z Eurostatu

Ako ďalší spravíme test normality reziduálov, ktorý hodnotí rovnomernosť ich distribúcie. Opäť prijmem dve hypotézy:

- H_0 = Reziduály sú normálne distribuované
- H_1 = Reziduály nie sú normálne distribuované

Ak bude p-hodnota testu reziduálov nižšia ako preddefinovaná hladina významnosti, zamietneme nulovú hypotézu a usúdime, že reziduály nie sú rovnomerne roz distribuované. Ak bude p-hodnota vyššia ako preddefinovaná hladina významnosti, môžeme prijať nulovú hypotézu (ANALYSE-IT 2021).

$$0,130244 > 0,05$$

Keďže nerovnosť platí, môžeme potvrdiť nulovú hypotézu. Reziduály sú normálne distribuované.

Tabuľka č. 8: Test normality reziduálov

Frequency distribution for uhat1, obs 1-15					
number of bins = 5, mean = 4,14483e-016, sd = 0,638615					
interval	midpt	frequency	rel.	cum.	
< -0,93115	-1,2411	1	6,67 %	6,67 %	**
-0,93115 - - 0,31123	-0,62119	1	6,67 %	13,33 %	**
-0,31123 - 0,30869	-0,0012679	10	66,67 %	80,00 %	***** *****
0,30869 - 0,92862	0,61866	2	13,33 %	93,33 %	****
>= 0,92862	1,2386	1	6,67 %	100,00 %	**
Test for null hypothesis of normal distribution:					
Chi-square(2) = 4,077 with p-value 0,13024					

Zdroj: Vlastný výpočet pomocou programu Gretl, na základe údajov z Eurostatu

Nakoniec otestujeme významnosť nášho modelu ako celku pomocou F-štatistiky. Určíme si dve hypotézy a to:

- H_0 = Model je štatisticky významný
- H_1 = Model nie je štatisticky významný

Ako môžeme vidieť v tabuľke nižšie, kritická hodnota F-štatistiky je v našom prípade 3,8853. Vypočítaná hodnota nášho modelu je 15,5517. Tieto hodnoty dávame do vzťahu:

$$15,5517 > 3,8853$$

Keďže nerovnosť platí, môžeme potvrdiť nulovú hypotézu, ktorá hovorí, že náš model je štatisticky významný.

Tabuľka č. 9: F-štatistika

F(2, 12)
right-tail probability = 0,05
complementary probability = 0,95
Critical value = 3,88529

Zdroj: Vlastný výpočet pomocou programu Gretl, na základe údajov z Eurostatu

3.1.2 Zisťovanie presnosti modelu

Na koniec tejto podkapitoly sa pozrieme na presnosť nášho modelu pomocou porovnania skutočných a predikovaných hodnôt. Pomôže nám s tým rovnica, ktorú Gretl vygeneroval. Do tejto rovnice následne vieme doplniť údaje o objeme cestnej a železničnej prepravy nebezpečného tovaru jednotlivých štátov. Tento výpočet vykonáme na siedmich vybraných štátoch.

Slovensko: $l_NOx_cestna_NT_2018 = 7,524$

Rumunsko: $l_NOx_cestna_NT_2018 = 7,993$

Fínsko: $l_NOx_cestna_NT_2018 = 8,394$

Litva: $l_NOx_cestna_NT_2018 = 7,087$

Slovinsko: $l_NOx_cestna_NT_2018 = 8,013$

Rakúsko: $l_NOx_cestna_NT_2018 = 7,488$

Grécko: $l_NOx_cestna_NT_2018 = 8,179$

Tabuľka č. 10: Rovnica

$\Delta l_NOx_ces \sim 7,39 + 0,000675 * Q_cestna_NT_2018 - 0,000232 * Q_zeleznicna_NT_2018$
(0,212)(0,000189) (0,000100)
n = 15, R-squared = 0,722
(standard errors in parentheses)

Zdroj: Vlastný výpočet pomocou programu Gretl, na základe údajov z Eurostatu

Výsledky, ktoré nám v predchádzajúcich výpočtoch vyšli, predstavujú predikované hodnoty logaritmu NOx z cestnej prepravy nebezpečného tovaru. Nasledujúci graf porovnáva tieto predpovedané hodnoty s reálnymi. Keď sa reálna hodnota zhoduje s predpokladanou, štát sa nachádza na znázornenej modrej priamke. Čím je krajina od priamky vzdialenejšia, tým nepresnejšia je predpoveď. V ideálnom prípade by sa mali všetky krajiny čo najviac približovať modrej priamke.

V našom prípade sa väčšina krajín nachádza v blízkosti priamky. Ďalej od nej sa nachádza:

Rumunsko: 7,993 (predpokladaná hodnota) < 9,233 (skutočná hodnota) = model predpokladá nižšiu hodnotu NOx

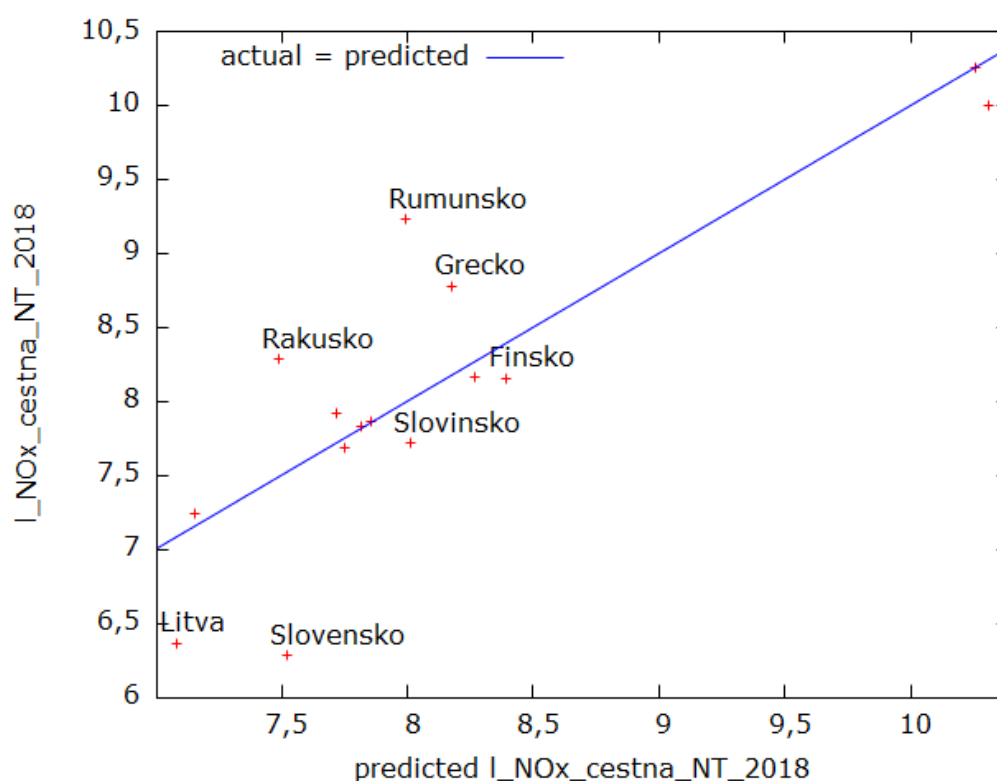
Grécko: 8,179 < 8,767 = model predpokladá nižšiu hodnotu NOx

Rakúsko: 7,488 < 8,289 = model predpokladá nižšiu hodnotu NOx

Slovensko: 7,524 > 6,278 = model predpokladá vyššiu hodnotu NOx

Litva: 7,087 > 6,367 = model predpokladá vyššiu hodnotu NOx

Graf č. 12: Grafické znázornenie premenných



Zdroj: Vlastný výpočet pomocou programu Gretl, na základe údajov z Eurostatu

5. Diskusia

V teoretickej časti tejto práce sme si priblížili cestnú a železničnú dopravu. Venovali sme sa ich výhodám, nevýhodám z ekonomického a logistického pohľadu, ale aj ich rizikovosti a vplyvom na životné prostredie. Dospeli sme k záveru, že železničná preprava nebezpečného nákladu je nielen bezpečnejšia, ale často aj výhodnejšia a ekologickejšia. Presmerovanie cestnej prepravy s nebezpečným nákladom na železničnú je po teoretickej stránke vhodné. Ďalej sme prešli k praktickému výskumu problematiky. V kapitole výsledky práce sme pomocou programu Gretl, okrem iného, zistili, že pri náraste objemu železničnej prepravy s nebezpečným nákladom o jeden milión tonokilometrov, pričom objem cestnej prepravy s nebezpečným nákladom zostane nezmenený, emisie oxidu dusíka za tento typ cestnej dopravy klesnú o 0,000232 %.

Autorka štúdie „Essential Safety Factors for the Transport of Dangerous Goods by Road: A Case Study of Lithuania“ Nijole Batarliene, ktorú sme si spomínali v prvej kapitole tejto práce, podotkla, že v dôsledku zvyšujúceho sa počtu vozidiel pravdepodobnosť nehôd pri preprave nebezpečných nákladov po ceste narastie. Vzhľadom na to, že spoločnosti trávajú príliš málo času prípravou takéhoto nákladu, sa takýmto nehodám nebudeme vedieť úplne vyhnúť. Rovnaká autorka vo svojej ďalšej štúdií, zaoberajúcej sa podobnou problematikou ale s využitím železníc („Improving Safety of Transportation of Dangerous Goods by Railway Transport“) skonštatovala, že po zavedení konkrétnych bezpečnostných opatrení sa dá nehodovosť na železnici obmedziť. Emmanuel Garbolino s kolegami (autori štúdie „Vulnerability and Resilience of the Territory Concerning Risk of Dangerous Goods Transportation (DGT): Proposal of a Spatial Model, Chemical Engineering Transactions“) argumentovali, že železničná doprava je síce všeobecne braná ako bezpečnejšia od cestnej, avšak prepravuje väčší objem nebezpečného nákladu a pri preprave centrami miest môže ohroziť väčšie množstvo ľudí. Tomu sa však dá predísť zohľadnením priestorových vlastností geografického územia a dôkladným plánovaním trasy. Z hľadiska dopadov na životné prostredie sa Dennis Rondinelli, Michael Berry („Multimodal Transportation, Logistics, and the Environment: Managing Interactions in a Global Economy“) a Andrea Galieriková s kolegami („Transport of dangerous goods by rail“) zhodli na ekologických benefitoch železničnej prepravy oproti cestnej preprave. Obe štúdie spomínali aj ekologické problémy železničnej prepravy, avšak tie boli jednoznačne nižšie ako problémy cestnej prepravy.

Na konci teoretickej časti sme spomínali report vypracovaný European Environment Agency, ktorý spomínal, že v roku 2018 pochádzalo až 39 % emisií NO_x v krajinách Európskej únie z cestnej dopravy. Pre porovnanie, kategória inej ako cestnej dopravy (kam spadá železničná doprava spolu s ďalšími dopravnými modalitami) dosiahla iba 9 %. Na základe čísel, ktoré vidíme v danom reporte môžeme usúdiť, že je mimoriadne dôležité znižovanie emisií v cestnej preprave a presmerovanie dopravy tovarov na iné dopravné modality. Výsledky tejto práce ukazujú, že po presmerovaní cestnej dopravy nebezpečného nákladu na železničnú emisie v cestnej doprave klesnú. Transport tovaru sa tak presmeruje na dopravnú modalitu, ktorá je podľa viacerých autorov a ich štúdií v mnohých ohľadoch vhodnejšia ako z hľadiska bezpečnosti, tak aj z hľadiska dopadov na životné prostredie.

Záver

V tejto diplomovej práci sme sa sústredili na analýzu prepravy nebezpečných nákladov v rámci členských štátov Európskej únie. Posudzovali sme význam kombinovanej dopravy z hľadiska ekológie a to s pomocou štúdií, regulácií a ekonometrickej analýzy. Naším hlavným cieľom bolo poukázať na potrebu presmerovania prepravy nebezpečného nákladu z cestnej dopravy na železničnú, ktorá je považovaná za ekologickejšiu a bezpečnejšiu. Pre dosiahnutie tohto cieľu sme si vytýčili výskumnú otázku a niekoľko parciálnych cieľov. Viacero parciálnych cieľov sa nám podarilo dosiahnuť už v teoretickej časti práce. Zadefinovali sme si pojmy nebezpečného nákladu, multimodalitu a určili jej prínosy. Charakterizovali sme právne normy prijaté Európskou úniou na reguláciu prepravy nebezpečného nákladu. Analyzovali sme cestnú a železničnú prepravu a upresnili ich výhody, nevýhody a riziká. Taktiež sme poukázali na ekologické dopady oboch druhov dopravných modalít a určili, ktorá z nich je ekologickejšia.

Pre splnenie posledného parciálneho cieľa a na zodpovedanie výskumnej otázky sme vypracovali ekonometrickú analýzu. V nej sme si určili hlavnú hypotézu, ktorá hovorila, že po náraste množstva prepravovaného nebezpečného tovaru v krajinách Európskej únie po železnici, dôjde k zníženiu emisií cestnej prepravy s nebezpečným tovarom. Túto hypotézu sme potvrdili pomocou OLS analýzy a tým zároveň kladne odpovedali na výskumnú otázku, ktorú sme si určili v cieľoch práce. Odhadli sme interval spoľahlivosti a model testovali pomocou Whiteovho testu na prítomnosť heteroskedasticity, T-štatistiky a F-štatistiky na štatistickú významnosť a pomocou testu normality reziduálov na rovnomerné rozdistribuovanie reziduálov. Vzhľadom na to, že nám všetky vykonané testy vyšli pozitívne a podarilo sa nám všetky výsledky adekvátne interpretovať, splnili sme tým aj posledný parciálny cieľ.

Vďaka potvrdeniu hlavnej hypotézy, splneniu všetkých vedľajších cieľov, zodpovedaniu výskumnej otázky a tiež podloženiu našich tvrdení aj ďalšími, relevantnými štúdiami môžeme skonštatovať, že sa nám podarilo splniť hlavný cieľ tejto diplomovej práce.

Zoznam použitej literatúry

Tlačené knihy, monografie:

1. ADAMÍK, Pavel - GALLOVIČ, Peter, ed. *Opatrenia pre prípad havárie pri nakladaní s nebezpečnými odpadmi: havarijný plán*. Bratislava: Verlag Dashöfer, c2013. 24 s. ISBN (brož.).
2. BALÁŽ, Peter - ZÁBOJNÍK, Stanislav - ŠKORVAGOVÁ, Simona, et al. *Medzinárodné podnikanie*. Bratislava: Sprint 2, 2019, 304 s. [27,62 AH]. Economics. ISBN 978-80-89710-51-5
3. ČAJDA, Mikuláš. *Bezpečne s nebezpečnými vecami 2015: [učebnica pre účastníkov školenia o preprave nebezpečných vecí cestnou dopravou]*. Bratislava: CMS Trend, 2015, 166 s. ISBN 9788096909568.
4. MINÁRIK, Marek. Environmental Aspects and Modal Split in the Transport of Dangerous Goods in the EU. *Sovremennaja ekonomika v uslovijach globalizacii: sbornik Meždunarodnoj naučno-praktičeskoj konferencii, Nur-Sultan, 2019*. Nur-Sultan: Jevrazijskij nacional'nyj universitet im. L.N. Gumileva, 2019, 20-25 s. ISBN 978-601-7308-07-0.
5. MINÁRIK, Marek. Multimodal Transport of Dangerous Goods and its Impact on the Ecology: The Case of EU. *Nové výzvy a súčasné problémy presadzovania zahraničnoobchodných záujmov EÚ ovplyvnené geopolitickými zmenami: (s implikáciami na ekonomiku SR)*. Bratislava: Vydavateľstvo EKONÓM, 2019, 91 - 105. ISBN 978-80-225-4664-5.

Elektronické monografie a články v elektronických časopisoch:

1. AEROQUAL. *A Beginner's Guide to NOx, NO and NO2 as Air Pollutants* [online] 2018, [03/04/2021]. Dostupné na: <https://www.aeroqual.com/meet-the-nitrogen-oxide-family>
2. ANALYSE-IT. *Residuals - normality* [online] 2021, [cit. 2021-03-25]. Dostupné na: <https://analyse-it.com/docs/user-guide/fit-model/linear/residual-normality>
3. BATARLIENÉ, Nijolé. Dangerous Goods Transportation: New Technologies and Reducing of the Accidents. *Journal of Konbin* [online]. 2008, vol. 8, no. 1. ISSN 2083-4608. Dostupné na: doi:10.2478/v10040-008-0114-7

4. BATARLIENĖ, Nijolė, 2020a. Essential safety factors for the transport of dangerous goods by road: A case study of Lithuania. *Sustainability (Switzerland)* [online]. 2020, vol. 12, no. 12. ISSN 20711050. Dostupné na: doi:10.3390/su12124954
5. BATARLIENĖ, Nijolė. Improving Safety of Transportation of Dangerous Goods by Railway Transport. *Infrastructures* [online]. 2020, vol. 5, no. 7. ISSN 24123811. Dostupné na: doi:10.3390/infrastructures5070054
6. BOJAR, Piotr. APPLICATION OF FMEA METHOD FOR ASSESSMENT OF RISK IN LAND TRANSPORTATION OF HAZARDOUS MATERIALS. *Journal of KONES. Powertrain and Transport* [online]. 2015, vol. 19, no. 3. ISSN 1231-4005. Dostupné na: doi:10.5604/12314005.1137942
7. DGI, 2019. *The 9 Classes of Dangerous Goods* [online] [cit. 2020-10-12]. Dostupné na: <https://www.dgiglobal.com/classes/>
8. EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. *Nitrogen oxides (NOx) emissions* [online] [cit. 2020-10-21]. Dostupné na: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/eea-32-nitrogen-oxides-nox-emissions-1/assessment.2010-08-19.0140149032-3>
9. EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. *European Union emission inventory report 1990-2018 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP)* [online]. 2020. Dostupné na: doi:10.2800/233574
10. EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. *Explaining road transport emissions: A non-technical guide* [online]. 2016. Dostupné na: doi:10.2800/71804
11. EUROSTAT. *Air pollutants by source sector* [online] [cit. 2021-03-30]. Dostupné na: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ENV_AIR_EMIS_custom_531782/default/table?lang=en
12. EUROSTAT. *Annual road freight transport of dangerous goods, by type of dangerous goods and broken down by activity* [online] [cit. 2021-03-31]. Dostupné na: <https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do>
13. EUROSTAT. *Goods transported* [online] [cit. 2021-03-31]. Dostupné na: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/RAIL_GO_TOTAL_custom_536063/default/table?lang=en
14. EUROSTAT. *Pollutant emissions from transport* [online] [cit. 2021-02-01]. Dostupné na: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/t2020_rk300/default/table?lang=en

15. EUROSTAT. *Rail accidents involving the transport of dangerous goods* [online] [cit. 2021-02-01]. Dostupné na: https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=tran_sf_raildg&lang=en
16. EUROSTAT. *Summary of annual road freight transport by type of operation and type of transport* [online] [cit. 2021-02-01]. Dostupné na: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/road_go_ta_tott/default/table?lang=en
17. EUROSTAT. *Transport of dangerous goods* [online] [cit. 2021-02-04]. Dostupné na: <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do>
18. GALIERIKOVÁ, Andrea a kol., Transport of dangerous goods by rail. *MATEC Web of Conferences* [online]. 2018, vol. 235, p. ISSN 2261-236X. Dostupné na: doi:10.1051/matecconf/201823500004
19. GARBOLINO, Emmanuel a kol. Vulnerability and Resilience of the Territory Concerning Risk of Dangerous Goods Transportation (DGT): Proposal of a Spatial Model. In: [online]. ISBN 978-88-95608-23-5. Dostupné na: www.aidic.it/cet
20. ICOPAL-NOXITE. *Nitrogen Oxide (NOx) Pollution* [online] [cit. 2021-10-22]. Dostupné na: <http://www.icopal-noxite.co.uk/nox-problem/nox-pollution.aspx>
21. KONEČNÝ, Pavel – MILETÍN, Jiří – BALOG, Boris. *Klasifikácia nebezpečných vecí* [online] [cit. 2021-11-22]. Dostupné na: https://www.enviro.sk/33/klasifikacia-nebezpecnych-veci-uniqueidmRRWSbk196FPkyDafLfWAAnlHoBoU9LRp3vfPYa3JHPa5D5_WMfZlw/?uri_view_type=5
22. LUKÁČIK, Martin – SLOSIAR, Viktor. *Základy práce s ekonometrickým programom GRETL* [online]. [cit. 2021-03-04]. Dostupné na: <http://www.learneconometrics.com/gretl.html>
23. MINISTERSTVO DOPRAVY A VÝSTAVBY SLOVENSKEJ REPUBLIKY, 2021. *Poriadok pre medzinárodnú železničnú prepravu nebezpečného tovaru (RID – dodatok C k Dohovoru o medzinárodnej železničnej preprave (COTIF))* [online] [cit. 2021-02-17]. Dostupné na: <https://www.mindop.sk/ministerstvo-1/doprava-3/preprava-nebezpecneho-tovaru-30/po-zeleznici-461/rid-poriadok-pre-medzinarodnu-zeleznicnu-prepravu-nebezpecneho-tovaru-1274>
24. NOWACKI, Gabriel - KRYSIUK, C. – KOPCZEWSKI, R. Dangerous Goods Transport Problems in the European Union and Poland. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation* [online].

- 2016, **10**(1), 143-150 s., [cit. 2021-04-12]. ISSN 2083-6473. Dostupné na: doi:10.12716/1001.10.01.16
25. OTIF. *RID Convention concerning International Carriage by Rail (COTIF) Appendix C-Regulations concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Rail* [online]. 2021. [cit. 2021-02-27]. Dostupné na: https://otif.org/fileadmin/new/3-Reference-Text/3B-RID/RID_2021_e_01_November_2020.pdf
26. RONDINELLI, Dennis - BERRY, Michael. Multimodal transportation, logistics, and the environment: managing interactions in a global economy. *European Management Journal* [online]. 2000, vol. 18, no. 4. ISSN 02632373. Dostupné na: doi:10.1016/S0263-2373(00)00029-3
27. SDOUKOPOULOS, Alexandros a kol. Measuring progress towards transport sustainability through indicators: Analysis and metrics of the main indicator initiatives. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* [online]. 2019, vol. 67. ISSN 13619209. Dostupné na: doi:10.1016/j.trd.2018.11.020
28. SHIPHUB. *Multimodal transport* [online] [cit. 2021-03-06]. Dostupné na: <https://www.shiphub.co/multimodal-transport/>
29. SCHRÖDER, Meike - PRAUSE, Gunnar. Transportation of Dangerous Goods in Green Transport Corridors - Conclusions from Baltic Sea Region. *Transport and Telecommunication Journal* [online]. 2016, vol. 17, no. 4. ISSN 1407-6179. Dostupné na: doi:10.1515/ttj-2016-0029
30. STEINHAUSER, Dušan. *Manuál Ekonometria*. 2018
31. ŠOLC, Marek – HOVANEČ, Michal. *The Importance of Dangerous Goods Transport by Rail*. [online]. 2015, **62**(SI), 181-186 [cit. 2021-04-1]. ISSN 04696255. Dostupné na: doi:10.17818/NM/2015/SI17
32. UMWELT BUNDESAMT. *Globally Harmonised System (GHS)* [online] [cit. 2021-03-24]. Dostupné na: <https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/chemicals/classification-labelling-of-chemicals/globally-harmonised-system-ghs#what-is-the-ghs>
33. UNECE. *About the ADR: Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road* [online] [cit. 2021-03-23]. Dostupné na: <https://unece.org/about-adr>