

A CO₂-KIBOCSÁTÁS CSÖKKENTÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI KÖZÚTI TEHERSZÁLLÍTÓ FLOTTÁKBAN: INNOVATÍV MEGOLDÁSOK ÉS JÓ GYAKORLATOK

Nagy Sándor – Bitó Adrienn

Absztrakt: A tanulmány célja a közúti teherszállító járműflották szén-dioxid-kibocsátásának csökkentésére irányuló vállalati megközelítések és módszerek feltérképezése. Az elemzés ismerteti az alternatív hajtásláncok (elektromos, hidrogén, CNG/LNG), az infrastruktúra-fejlesztés, az eco-driving gyakorlatok, a digitális flottamenedzsment, valamint a szabályozási és pénzügyi ösztönzők szerepét a dekarbonizációban. A kutatás rámutat a vállalati kultúra és a munkavállalói szemléletformálás fontosságát is. A vizsgált esettanulmányok alapján megállapítható, hogy a kibocsátáscsökkentés akkor a leghatékonyabb, ha technológiai, szervezeti és stratégiai szinten integrált módon történik. Az eredmények rávilágítanak arra, hogy a fókuszban lévő vállalatok számára a fenntarthatóság nem csupán környezeti, hanem versenyképességi és működési hatékonysági kérdés is.

Abstract: The aim of this study is to map corporate approaches and methods for reducing carbon dioxide emissions in road freight transport fleets. The analysis outlines the role of alternative powertrains (electric, hydrogen, CNG/LNG), infrastructure development, eco-driving practices, digital fleet management, and regulatory and financial incentives in decarbonization. The research also highlights the importance of corporate culture and employee mindset transformation. Based on the examined case studies, it can be concluded that emission reduction is most effective when implemented in an integrated manner across technological, organizational, and strategic levels. The findings reveal that for the analysed companies, sustainability is not only an environmental concern but also a matter of competitiveness and operational efficiency.

Kulcsszavak: szén-dioxid-kibocsátás csökkentése, közúti teherszállítás, dekarbonizáció, fenntarthatóság

Keywords: reduction of carbon dioxide emission, road freight transport, decarbonization, sustainability

1. Bevezetés

A közúti árufuvarozás a globális gazdaság egyik tartóoszlopa, nélkülözhetetlen szerepet játsza az ellátási láncok zavartalan működésében és a termékek célba juttatásában. Ugyanakkor ez az ágazat jelentős mértékben hozzájárul a lokális (útvonalak menti) környezeti terheléshez, különös tekintettel a szén-dioxid (CO₂) és más üvegházhatású gázok kibocsátására. Az Európai Unió klímapolitikai célkitűzései – köztük a 2050-ig elérendő közlekedési karbonsemlegesség – sürgetővé teszik ezen szektor, különösen a közúti teherszállítás szén-dioxid-kibocsátásának csökkentését. Az ágazatban bevezetett és tervezett szabályozások szigorodása, valamint a fenntarthatósági szempontok előtérbe kerülése egyre nagyobb adaptív nyomást gyakorol az iparági szereplőkre (ACEA, 2023).

E kihívások kezelése nem csupán környezetvédelmi, hanem gazdasági szempontból is kulcsfontosságú. A fenntarthatóság felé történő elmozdulás hozzájárulhat a működési költségek csökkentéséhez, a piaci versenyképesség növeléséhez, valamint a vállalati reputáció javításához. Mindezek megvalósításához

azonban szükség van a lehetséges technológiai és szervezési megoldások feltérképezésére és értékelésére. A közúti teherszállító flották szén-dioxid-kibocsátásának mérséklése számos innovációs irányvonalat rejt magában: ilyenek többek között az alternatív hajtásláncok alkalmazása, az üzemanyag-hatékonyság javítása, az intelligens logisztikai rendszerek bevezetése, a járműhasználat optimalizálása, vagy éppen olyan körülmények kialakítása, amelyek csökkentik a fuvarozási igényt (Ghisolfi et al., 2022; Munkácsy–Jászberényi, 2022).

Jelen tanulmány célja, hogy szakirodalmi bázison alapulva áttekintést nyújtson a CO₂-kibocsátás csökkentésére irányuló lehetőségekről közúti teherszállító flották esetében. A kutatás különös figyelmet fordít azon megközelítésekre, amelyek szervezeti szinten integrálhatók, és képesek hosszú távon fenntartható működési előnyöket generálni. Egyúttal arra a kérdésre is választ keresünk, hogy miként járulhat hozzá a fenntarthatóság iránti elkötelezettség a fuvarozó vállalatok versenyképességének növeléséhez a gyakorlatban.

2. Szakirodalmi áttekintés

A közlekedés és ezen belül az áruszállítás gazdasági, környezeti és menedzsment szempontból is meghatározó szerepet játszik a fenntarthatóság felé vezető úton. Az alábbiakban áttekintjük az áruszállítási logisztika gazdaságra gyakorolt hatásait, az EU ezzel kapcsolatos kibocsátáscsökkentési törekvéseit, valamint a vállalatokat motiváló tényezőket és előnyöket a kérdéses szektor zöldítése kapcsán.

2.1. A közlekedés, a szállítás és a gazdaság kapcsolata

A közlekedés az emberi civilizáció egyik alapvető pillére, amely nemcsak összeköti a társadalmakat, hanem jelentős mértékben hozzájárul a gazdaság fejlődéséhez is (Limani, 2016). Akár fejlett, akár fejlődő országokról van szó, a szállítás, a közlekedés részeként szinte minden termék és szolgáltatás értékláncának szerves részét képezi. Éppen ezért a közlekedési infrastruktúra fejlesztése közvetlenül hozzájárul az adott ország gazdasági növekedéséhez – különösen igaz ez azokra az államokra, amelyek tranzitkereskedelemben vesznek részt (Bitó, 2025; Mačiulis et al., 2009). Egy modern társadalom működésének hatékonysága nagymértékben függ a fejlett közlekedési és logisztikai rendszerek meglététől (Magyary, 2005). Az Európai Unióban az elmúlt évtizedekben dinamikus fejlődés figyelhető meg ezen a téren, különösen a teherfuvarozásban.

A szállítás – és a hozzá szervesen kapcsolódó egyéb szolgáltatások – napjaink globális gazdaságának egyik kulcseleme, amely alapvető funkciót tölt be az áruk gyártótól fogyasztóig történő eljuttatásában (Rodrigue et al., 2013). Ez a szektor mozgatja a nemzetközi kereskedelmet, támogatja az ellátási láncok zavartalan működését, és biztosítja, hogy a termékek időben elérhetők legyenek a piacon, tehát ciklikussági aszimmetriák kezelésére is megoldást kínál, mindez közvetlen hatással van az országok gazdasági teljesítményére. A fuvarozás ugyanakkor nem csupán az infrastruktúra igénybevételén keresztül hat a gazdasági teljesítményre, hanem a kapcsolódó ágazatok (pl. logisztika, üzemanyag-ellátás, szerviz) révén is jelentős hozzáadott értéket indukál. Az ágazat számottevő mértékben hozzájárul a GDP-hez

– különösen az export- és importtevékenységek révén –, miközben meghatározó munkaadóként sokak számára biztosít megélhetést, köztük járművezetők, karbantartók, logisztikai szakemberek és töltőállomás-kezelők számára is (Bitó, 2025).

A közlekedés mint gyűjtő kategória, nemcsak a makrogazdaság motorja, hanem a lakosság jólétének és jóllétének is egyik meghatározó tényezője, hiszen megfelelő minőségű infrastruktúra és szolgáltatások nélkül a társadalom mobilitása, egyes térségek elérhetősége és versenyképessége is csökkenhet (Mačiulis et al., 2009). A korszerű közlekedési hálózat gazdasági és társadalmi előnyöket eredményez, míg annak hiánya vagy alacsony színvonala többletköltségeket és gazdasági hátrányokat idézhet elő (Rodrigue et al., 2013). Ezen belül, a nem megfelelően működő áruszállítási rendszer hátrányosan befolyásolja a szubnacionális szintek, a régiók gazdasági potenciálját és foglalkoztatottsági jellemzőit is, rontva ezzel a lokális versenyképességet. Ennek értelmében a közlekedésnek vertikális és horizontális érintettsége van.

2.2. A közlekedésből és az áruszállításból eredő kibocsátások csökkentése az EU-ban

2022-ben a közlekedés az Európai Unió teljes üvegházhatásúgáz-kibocsátásának 22,9%-át adta. Ebből a legnagyobb hányad a közúti forgalomhoz köthető, amely a szektoron belüli emissziók 73,2%-át produkálta, így önmagában hozzávetőlegesen 16,8-17%-kal részesedett az uniós összkibocsátásból (EEA, 2022). Az „Irány 55%!” fantázianevű intézkedéscsomag ennek mérséklését célozza meg, és több szabályozási lépést is tartalmaz a kibocsátás visszaszorítása érdekében. Az Unió célja, hogy 2030-ra a 2021-es szinthez képest legalább 55%-kal csökkentse a közúti közlekedésből származó CO₂-kibocsátást. Ennek részeként elfogadták, hogy 2035-től kizárólag zero kibocsátású új személygépkocsik és kisteherautók kerülhetnek piacra az EU-ban. Ez a szabályozás azonban nem vonatkozik a már meglévő benzin- és dízelüzemű járművekre, ezek továbbra is használhatók és adásvételük sem tiltott (ACEA, 2023; EEA, 2023; Európai Bizottság, 2021).

Az átállás támogatása érdekében az Európai Unió célul tűzte ki, hogy 2026-ra a legfontosabb útvonalak mentén legalább 60 kilométerenként elektromos töltőállomások álljanak rendelkezésre a személyautók számára, míg a buszok és teherautók részére 120 kilométerenként biztosítanának töltési lehetőséget 2028-tól. Az alternatív hajtású járművek között az elektromos meghajtás tekinthető a leginkább preferált opciónak, elsősorban a kedvező üzemeltetési és életciklus költségek miatt. A töltőinfrastruktúra kiépítésének támogatásával az EU ezen a téren kíván kedvezni a személyautó-tulajdonosoknak is (Európai Parlament, 2023).

A nehézgépjárművek esetében a technológiai fejlesztések még összetettebb kihívást jelentenek, ugyanakkor már aktív munkálatok folynak alternatív – többek között elektromos és hidrogén alapú – meghajtási megoldások kidolgozására és bevezetésére is.

Az Európai Unió ambiciózus klímacélokat tűzött ki a közúti teherszállítás dekarbonizációja érdekében, melyek több lépcsőben valósulnak meg 2030 és 2050

között. A 2030-as célkitűzések szerint a nehézgépjárművek CO₂-kibocsátását 45%-kal kell csökkenteni a 2019/2020-as szinthez képest, valamint legalább 400 000 zéró emissziós járműnek (továbbiakban: ZEV) kell forgalomban lennie. Ennek eléréséhez évente 100 000 új ZEV forgalomba helyezése szükséges, ami az új eladások több mint egyharmadát jelentené.

A célkitűzések várhatóan fokozatosan szigorodnak: 2035-re 65%-os, 2040-re pedig 90%-os CO₂-csökkentést kell elérni. A 2040-es cél azt is előírja, hogy az új tehergépjárművek kizárólag fosszilis energiahordozó-mentes technológiával működjenek. A végső cél, hogy 2050-re a közúti áruszállítás teljes mértékben karbonsemlegessé váljon.

A teljesítéshez szükséges technológiai feltételek sok esetben már adottak vagy a közeljövőben teljesülnek: az elektromos és hidrogénhajtású teherautók, mint pl. a Mercedes-Benz eActros 600, Scania BEV-modellek, vagy a MAN hTGX, Iveco S-Way HD FCEV sorozatgyártásban elérhetők. A legnagyobb kihívás ezek mellett persze a kiszolgáló infrastruktúra telepítése: 2030-ig 48-59 ezer nyilvános töltőpontra, ebből legalább 28-35 ezer nagy teljesítményű (Megawatt Charging System, MCS) töltőre, valamint 650 hidrogéntöltő állomásra van szükség. A TEN-T főhálózaton 2025-re 15%-os, 2030-ra 100%-os lefedettséget írnak elő, két 350 kW feletti töltővel és 200 km-enként hidrogéntöltővel. A szabályozási környezet is támogató irányba mozdul: 2030-ig fennmaradna a ZEV-k útdíjmentessége, ösztönzik a zöld közbeszerzéseket, a flotta-megújítást és adókedvezményeket, valamint uniós forrásokat (pl. Innovation Fund) is biztosítanak. A városi zéró kibocsátású zónák és a rugalmas, technológia-orientált szabályozás szintén segíti az átállást (ACEA, 2023, 2025; Nykvist–Suljada, 2016; Panoutsou et al., 2021).

2.3. Vállalati motivációk és előnyök a kibocsátáscsökkentés terén

A vállalati flották szén-dioxid-kibocsátásának csökkentése napjaink gazdasági és társadalmi kontextusában egyre nagyobb hangsúlyt kap. A közlekedésből származó terhelések jelentős mértékben hozzájárulnak az üvegházhatású gázok koncentrációjának és az ebből fakadó problémák hatásainak növekedéséhez, ezért a flották kizöldülése nem csupán környezetvédelmi aspektusból elengedhetetlen, hanem gazdasági, szabályozási, technológiai és társadalmi vonatkozásokkal is bír. A vállalati reakciók szempontjából ez nemcsak lehetőség, hanem egyre inkább stratégiai kényszer.

Sok esetben az elsődleges motivációs tényező a jogszabályi megfelelés. Az Európai Unió klímapolitikája következetes és fokozatosan szigorodó célokat határoz meg, végső célként pedig 2050-re a teljes karbonsemlegesség elérését vízionálja. A vállalatok számára tehát az alkalmazkodás nemcsak környezetvédelmi elköteleződést, hanem versenyképességi és működési determinációt is jelent. Az elmaradó vagy elkésett intézkedések piaci hátrányokhoz, bírságokhoz vagy akár működési korlátozásokhoz is vezethetnek (Carriedo, 2025; Európai Bizottság, 2021; Fabian, 2023).

A kibocsátáscsökkentés ugyanakkor jelentős gazdasági előnyökkel is kecsegtet. A modern, alternatív hajtásláncú járművek – például az elektromos, hidrogén- vagy

földgázüzemű modellek – üzemeltetési költségei hosszú távon alacsonyabbak, mint a hagyományos dízelmeghajtású járműveké. A teljes birtoklási költség (total cost of ownership, TCO) kedvezőbb lehet a kevesebb energiafelhasználás, az alacsonyabb karbantartási igény, valamint a zero kibocsátású járműveket célzó adókedvezmények és útdíjkedvezmények révén. Emellett az Európai Unió és a tagállamok többféle pénzügyi ösztönzöt, támogatási rendszert kínálnak a zöld átállást megvalósító vállalatok számára, legyen szó járműbeszerzésről vagy töltőinfrastruktúra kiépítéséről (Akkartal–Aras, 2021; Ghisolfi et al., 2022; Sun et al., 2024).

Egyre fontosabb szerepet játszik a vállalatok életében a környezeti fenntarthatóság iránti stakeholderi, érintetti elvárások fokozódása is. A fogyasztók, üzleti partnerek és befektetők részéről növekvő nyomás tapasztalható az átlátható és felelős vállalati működés irányába. A fenntarthatóbb flották hozzájárulnak a reputáció javításához, növelik a társadalmi elfogadottságot, és egyre több olyan megrendeléshez, projektlehetőséghez vagy üzleti együttműködéshez nyithatják meg a kapukat, ahol fontos szempont pl. az ESG (Environmental, Social, Governance) kritériumoknak való megfelelés. A környezettudatos működés így nemcsak reputációs, hanem tényleges versenyelőnyt is biztosít a piacon. A kibocsátáscsökkentés kényszere emellett technológiai és működési innovációkat is gerjeszt, kiegészítve mindezt új tudáselemek és digitális kompetenciák megszerzésével. A fenntarthatósági célok elérése érdekében egyre több vállalat alkalmaz fejlett digitális megoldásokat, például valós idejű flottakövetést, útvonal-optimalizáló algoritmusokat vagy energiahatékony logisztikai rendszereket. A „Truck-as-a-Service” (TaaS) üzleti modell például új szemléletet kínál a járműhasználat racionalizálására, miközben lehetőséget teremt az üzemeltetés rugalmasságának és hatékonyságának növelésére. A fenntarthatóbb szállítási infrastruktúra kiépítése – különösen a töltőhálózat bővítése – ugyancsak a működési megbízhatóságot és rugalmasságot szolgálja (Herit et al., 2024).

Nem elhanyagolható ugyanakkor az emberi tényező sem. A környezettudatos működés, a fenntarthatósági célkitűzések vállalati szintű integrálása hozzájárulhat a munkavállalók lojalitásához és motivációjához. Különösen igaz ez a fiatalabb generációk vonatkozásában, ahol értékalapú munkahelyválasztás tapasztalható, amelyben a társadalmi felelősségvállalás és a környezettudatosság kiemelkedő szerepet játszik. Egy felelős, fenntarthatóságra törekvő vállalat ennek következtében erősebb munkáltatói márkával jelenhet meg a munkaerőpiacon, amely a tehetségek megtartásához és bevonásához is hozzájárul. A munkavállalók bevonása a környezeti célok megvalósításába növeli az elkötelezettséget, a teljesítményt, valamint a belső innovációs képességeket, amelyek hosszú távon versenyképessé tehetik a vállalatot (Allen–Piecyk, 2023; girteka.eu, 2025; Onifade et al., 2025).

A vállalati flották szén-dioxid-kibocsátásának csökkentése nem csupán egy etikai vagy környezetvédelmi feladat, hanem egy összetett, kihívásokkal és lehetőségekkel tüzelt stratégiai lépéskényszer, amely egyszerre szolgálja a vállalat hosszú távú gazdasági érdekeit, működési hatékonyságát, jogszabályi megfelelését, piaci alkalmazkodóképességét és társadalmi elfogadottságát.

3. Anyag és módszer

A kutatás célja a közúti teherszállító flották szén-dioxid-kibocsátásának csökkentésére irányuló lehetőségek feltérképezése, különös tekintettel a nagyvállalati gyakorlatokra. Ennek érdekében a kutatás két módszertani pillérre épül: (1) egyrészt a témához kapcsolódó szakirodalom rendszerező áttekintése, (2) másrészt valós helyzetet bemutató esettanulmányokon alapuló összehasonlító elemzés.

A szakirodalmi áttekintés célja a flottakibocsátás-csökkentés, a fenntartható és zöld áruszállítás, az alternatív üzemanyag-használat, valamint a CO₂-kibocsátás mérséklésének módszereihez kapcsolódó elméleti és gyakorlati háttér feltárása. A források gyűjtése során a nemzetközi szinten elismert adatbázisokat is használtuk, úgymint a Scopus, Web of Science (WoS), ScienceDirect és Google Scholar. A keresés a 2014 és 2025 közötti időszakra fókuszált, így a releváns kutatási eredmények frissessége biztosított. A feldolgozott szakirodalmak közül kizárásra kerültek azok a tanulmányok, amelyek nem a közúti nehézgépjárművekre vonatkoztak, illetve amelyek nem tartalmaztak konkrét flottakezelési vagy kibocsátáscsökkentési módszereket. Ezen túlmenően áttekintettük egyes szakmai szervezetek, valamint az EU témához kapcsolódó releváns dokumentumait is. Ennek eredményeképp 28 db forrást emeltünk be az elemzésbe.

A kutatás másik módszertani pillére az esettanulmányok áttekintő analízise volt. Az elemzésbe olyan, legalább tíz éve működő, nemzetközi útvonalakat lefedő vállalatok kerültek be, amelyek rendelkeznek környezettudatos stratégiával, nyitottak az intermodális szállítás irányába, közúti flottája legalább 400 nehézgépjárműből áll, a járművek átlagéletkora nem több mint 3 év, üzemeltetnek alternatív hajtásláncú teherautókat, és amelyek esetében a flottamenedzsmenttel, valamint a szén-dioxid-kibocsátás csökkentésére tett intézkedésekkel kapcsolatos információk hiteles forrásból, nyilvánosan hozzáférhető dokumentumokból származnak. Az esettanulmányok kiválasztása során elsődleges szempont volt, hogy a vállalatok gyakorlati megközelítései valós példákon keresztül mutassák be a kibocsátáscsökkentés eszközeit és eredményeit. Az elemzés során külön figyelmet kaptak az alkalmazott alternatív hajtásláncok (pl. elektromos, hidrogén vagy földgáz-meghajtás), az energiahatékonysági fejlesztések, a digitális flottakövetési és optimalizálási megoldások, valamint a fenntarthatósági célok integrálása a vállalati működésbe. Az elemzés során 4 db ilyen jellemzőkkel bíró vállalat került a látókörünkbe: Trans-Sped (HU), Waberer's (HU), Girtex Group (LT) és DHL Group (DE).

A két módszertani megközelítés – a szakirodalmi áttekintés és az esettanulmányok – együttes alkalmazása lehetővé teszi, hogy a kutatás betekintést nyújtson a flottakibocsátás-csökkentés nemzetközi és hazai gyakorlatába, és azonosítsa azokat a stratégiákat, amelyek a jövőben szélesebb körben is alkalmazhatók lehetnek a közúti teherszállítás fenntarthatóbbá tételében (Bitó, 2025).

4. Eredmények

Az alábbiakban bemutatásra kerülnek azok a technológiai lehetőségek és gyakorlati megoldások, amelyekkel a vállalati flották szén-dioxid-kibocsátása eredményesen mérsékelhető.

4.1. A flottakibocsátás csökkentésének módszerei

4.1.1. Alternatív hajtásláncú járművek alkalmazása

A fosszilis üzemanyagokkal működő járművek kiváltása alacsony vagy zero kibocsátású technológiákkal az elsődleges stratégiai irány. Ennek kapcsán három technológiai megközelítés emelhető ki (Castillo et al., 2022; Cunanan et al., 2021; Garai-Fodor–Viktor, 2020; IEA, 2004; Mohsin et al., 2014; Panoutsou et al., 2021):

- Elektromos meghajtás (akkumulátoros EV-k): A lokálisan nulla kibocsátással működő elektromos teherjárművek különösen alkalmasak városi és regionális logisztikára. Bár az akkumulátorok hatótávolsága jelenleg még korlátot jelent, a technológiai fejlődés – mint például a szilárdtest-akkumulátorok megjelenése – ígéretes jövőt vetít előre. A TCO (total cost of ownership) ezeknél a járműveknél már ma is kedvezőbb lehet hosszú távon, a kisebb karbantartási igények és az alacsonyabb működtetési költségek miatt.
- Hidrogén-üzemanyagcellás járművek: Ezek nagyobb terhelésű és hosszabb távú szállítási feladatokra jelentenek alternatívát jelenleg. A tankolási idő rövideje és a nagy energiasűrűség miatt a hidrogén ideális lehet az olyan logisztikai tevékenységekben, ahol a menetidő kritikus.
- CNG/LNG meghajtás: A sűrített és cseppfolyós földgáz üzemű járművek nem teljesen emissziómentesek, azonban jelentős CO₂-megtakarítást tesznek lehetővé a dízelmotorokhoz képest.

4.1.2. Infrastruktúra-fejlesztés – töltőállomások és üzemanyagellátás

Az AFIR rendelet (2023) értelmében az EU célul tűzte ki, hogy a főútvonalak mentén megfelelő sűrűségű alternatív töltőinfrastruktúrát biztosítson mind a személygépkocsik, mind a tehergépjárművek számára (Európai Parlament, 2023). E célokat kiegészítik az egyes vállalatok által létrehozott saját töltőhálózatok, amelyek logisztikai központokhoz vagy depókhoz kapcsolódnak, biztosítva az energiaellátás kiszámíthatóságát, függetlenségét és az időmenedzsment fontos eszköze lehet a szállítási láncokban (Fabian, 2023; Larson et al., 2024).

4.1.3. Eco-driving – környezettudatos vezetési stílus és a konvojozás

Az egyik leginkább alulértékelt, ugyanakkor rendkívül hatékony módszer az üzemanyag-hatékonyság növelésére az ún. eco-driving, azaz az előrelátó, tudatos vezetési technikák alkalmazása. Ennek keretében a gépjárművezetők (Bitó, 2025):

- egyenletes sebességtartást valósítanak meg,
- kerülnek a hirtelen fékezést és gyorsítást,
- tudatosan használják a motorféket és az optimális fordulatszám-tartományt.

A megfelelően képzett sofőrök akár 5–15%-os üzemanyag-megtakarítást is elérhetnek, ami közvetlen CO₂-csökkenéssel jár. A vezetési tréningek, digitális visszacsatolás (pl. telematikai eszközökkel), illetve ösztönző rendszerek bevezetése tovább fokozhatja az eco-driving hatékonyságát bizonyos keretek között.

A konvojozás (platooning) lényege, hogy több tehergépjármű kis távolságra halad egymástól, így csökken a légellenállás és akár 12%-kal is csökkenhet az üzemanyag-fogyasztás, különösen a hátsó járműveknél. A kooperatív előrelátó irányítási rendszer (CLAC) optimalizálja a konvoj sebességét és követési távolságát a domborzati viszonyok, járműtömeg és sebességhatárok figyelembevételével, így tovább növeli a megtakarítást. Homogén konvoj esetén akár 3,6%-os többlet energiahatékonyság is elérhető. A legjobb eredményeket az időalapú követési távolság alkalmazása adja. A konvojozás így hatékony eszköz lehet a teherfuvarozás dekarbonizációjában (Bogner–Jellinek, 2021; Gomez–Sehlieier, 2020; Huang et al., 2018; Tanktransport, 2024; Thiruvengadam et al., 2018; Turri et al., 2015; Zavalko, 2018).

4.1.4. Digitális működés optimalizálás és flottamenedzsment

A digitális eszközök alkalmazása ma már szinte elengedhetetlen része a fenntartható flottamenedzsmentnek. Ide tartoznak (Carriedo, 2025; Larson et al., 2024; Sampaio et al., 2025; Su et al., 2023; Suneson et al., 2024; Zacharof et al., 2021):

- útvonal-optimalizáló algoritmusok, amelyek csökkentik az üresjáratokat és a felesleges kilométereket,
- flottakövető rendszerek, melyek valós idejű adatokat szolgáltatnak a járművek állapotáról, sebességéről, üzemanyag-fogyasztásáról,
- előrejelző karbantartási rendszerek, amelyek csökkentik a váratlan meghibásodásokat.

Ezek a rendszerek nemcsak a környezeti terhelést mérséklik, hanem a működés átláthatóságát, tervezhetőségét és költséghatékonyságát is növelik.

4.1.5. Innovatív üzleti modellek – Truck-as-a-Service (TaaS)

A Truck-as-a-Service (TaaS) üzleti modell lényege, hogy a fuvarozó cégek nem vásárolják meg a járműveket, hanem havidíjas vagy használatalapú konstrukcióban veszik igénybe azokat. A szolgáltatáscsomag nemcsak a fuvarszekőzt tartalmazza, hanem karbantartást, biztosítást, digitális megoldásokat (pl. útvonal-optimalizálás, telematika), energiaellátást (töltési infrastruktúrát) és akár sofőrképzést is. A TaaS jelentős előnye, hogy csökkenti a vállalatok beruházási igényét, miközben felgyorsítja a zéró emissziós járművekre való átállást, kedvezőbb teljes birtoklási költséget (TCO) biztosítva. Az OEM-gyártók számára ez új, szolgáltatásalapú bevételi forrásokat nyit meg, amelyek a jövőben akár bevételeik felét is adhatják. Ugyanakkor a modell sikeréhez megfelelő finanszírozás, erős piaci kereslet és jól összehangolt szolgáltatási ökoszisztéma szükséges. A TaaS így nem csupán bérleti forma, hanem a fenntartható, digitálisan támogatott logisztika új működési kerete (Carriedo, 2025; Herit et al., 2024).

Ez a modell különösen vonzó lehet olyan KKV-k számára, amelyek nem rendelkeznek nagyobb volumenű beruházási forrással, de mégis szeretnének megfelelni a szabályozási és piaci elvárásoknak.

4.1.6. Szabályozási és pénzügyi ösztönzők kihasználása

A szigorodó szabályozási környezethez való alkalmazkodás mellett a vállalatoknak lehetőségük van pénzügyi ösztönzők igénybevételére is. Ezek közé tartoznak:

- a zero emissziós járművekre vonatkozó adó- és útdíjkedvezmények,
- támogatások járműbeszerzésre, töltőinfrastruktúra-kiépítésre és képzésekre,
- zöld közbeszerzési elvárások, amelyek ösztönzik a fenntartható logisztikai szolgáltatók kiválasztását,
- zero kibocsátású városi zónák támogatása: ezekhez való hozzáférés piaci előnyt jelenthet, és ösztönözheti az átállást környezetbarát technológiákra.

Ezek az intézkedések jelentősen javítják a megtérülési mutatókat, és ösztönzőleg hatnak a kibocsátáscsökkentés irányába tett lépésekre (ACEA, 2025; UTA–Edenred, 2024).

4.2. Esettanulmányok

Jelen tanulmány egyik célja az, hogy az esettanulmányok elemzése révén feltérképezze, milyen fejlesztési irányokat követnek azon szállítással foglalkozó vállalatok, amelyek a szektoron belül jelentős szereplőnek és referenciának számítanak, különös tekintettel a flottakibocsátás csökkentésére irányuló kezdeményezéseikre. Az összehasonlítás alapjául az interneten publikusan elérhető fenntarthatósági jelentések, éves beszámolók, valamint környezetvédelmi stratégiák szolgáltak.

4.2.1. Trans-Sped Kft.

A Trans-Sped egy teljes mértékben magyar tulajdonban lévő logisztikai szolgáltató vállalat, amely 1990 óta van jelen a piacon. A szervezet több mint 800 munkavállalót foglalkoztat, és 23 telephelyen látja el partnereit. Járműflottájában 480 darab tehergépjármű található. A Trans-Sped évek óta publikál ESG-jelentéseket, amelyek a vállalat környezetvédelmi, társadalmi és vállalatirányítási tevékenységeit dokumentálják. A legfrissebb jelentésük a 2023-as évre vonatkozik, és az aktuális GRI-szabványok alapján készült (Trans-Sped, 2024).

A közúti áruszállításban alkalmazott járműflotta átlagéletkora mindössze 1,5 év, és a vállalat kizárólag Euro 6-os környezetvédelmi besorolással rendelkező új járműveket szerez be. A 2023-as év során tíz darab új nyergesvontatót helyeztek üzembe, amelyek korábbi társaikhoz képest 1-3 literrel kevesebb üzemanyagot használnak el 100 kilométerenként. A raktári anyagmozgató eszközök túlnyomó többsége elektromos vagy gázüzemű, amely szintén hozzájárul a kibocsátás csökkentéséhez.

A vállalat együttműködést indított a Schaeffler és az Electromega cégekkel dízel hajtású nyergesvontatók elektromos hajtáslánccal történő átalakítására. E fejlesztés célja, hogy rövid távú, városi és ipari alkalmazásra alkalmas zero emissziós

járműveket hozzanak létre. A prototípus 2022 októberében állt forgalomba, és a projekt várhatóan évi 40 tonna szén-dioxid, valamint 6,3 kilogramm nitrogén-oxid kibocsátás elkerülését teszi lehetővé. A vállalat fenntarthatósági erőfeszítéseit a 2023-as Greenage díjjal is elismerték (Bitó 2025; Trans-Sped, 2024).

4.2.2. *Waberer's International Nyrt.*

A Waberer's a magyar logisztikai piac egyik meghatározó, nemzetközi szinten is jelentős szereplője, több mint 6000 munkavállalót foglalkoztat. Flottája 2800 vontatóból áll, amelyek átlagos életkora 2 év. Fenntarthatósági stratégiájukat a 2021-ben létrehozott Green Division koordinálja, amely két fő területen tevékenykedik: zöld szolgáltatások fejlesztése és a károsanyag-kibocsátás csökkentése.

A járműpark korszerűsítésének célja, hogy az átlagéletkor ne haladja meg a 2,5 évet, valamint hogy minél nagyobb arányban alkalmazzanak alternatív hajtásláncokat (pl. elektromos, LNG, hydrotreated vegetable oil/HVO és hidrogén). A vállalat saját HVO-kutat is tervez létrehozni. További cél a vasúti és intermodális szállítás arányának növelése, valamint fenntartható raktártechnológiák bevezetése. A sofőrök számára rendszeres eco-driving képzéseket szerveznek, amelyek célja az üzemanyag-felhasználás csökkentése és a vezetési hatékonyság növelése (Bitó, 2025; Waberer's, 2024).

4.2.3. *Girteka Group*

A Girteka, 1996-ban alapított litván logisztikai vállalat, napjainkra Európa egyik legnagyobb közúti fuvarozójává nőtte ki magát, több mint 23 ezer munkavállalót foglalkoztatva. A cég fejlődése nemcsak méretében figyelemreméltó, hanem a fenntarthatóság és digitalizáció iránti elköteleződésében is. Fő céljuk a szállítmányozási tevékenység környezeti lábnyomának csökkentése, amelyet átfogó stratégiai intézkedésekkel és fejlesztésekkel valósítanak meg.

A Girteka járműflottája több mint 6000 tehergépjárműből áll, amelyek mindegyike megfelel az Euro 6-os környezetvédelmi normának, és az átlagéletkoruk mindössze 2,5 év. A járművek karbantartását a vállalat saját szervizhálózata végzi, biztosítva ezzel a hatékony, korszerű és környezetbarát szállítást. A flotta további fejlesztését célozza a vállalat 2025-re tervezett, nagyszabású beszerzése: 2000 darab Volvo FH és FH Aero nyergesvontatót vásárolnak, ami az egyik legnagyobb egyszeri flottafriessítési akció Európában. Ezek az új járművek nemcsak korszerűbbek, de akár 5%-kal alacsonyabb üzemanyag-fogyasztással is működnek az előző generációkhoz képest, hozzájárulva ezzel a szén-dioxid-kibocsátás csökkentéséhez és a működési költségek optimalizálásához.

Az új nyergesvontatók fejlett aerodinamikai kialakítása és technológiai megoldásai jól illeszkednek a vállalat fenntarthatósági stratégiájához, amelynek szerves részét képezik az alternatív üzemanyagok. A Girteka flottája már most is alkalmas HVO100 (hydrotreated vegetable oil) üzemanyag használatára, amely teljes mértékben megújuló alapanyagokból készül és jelentősen kisebb környezetterheléssel jár, mint a hagyományos fosszilis üzemanyagok. Bár a HVO infrastruktúrája még nem épült ki széles körben, a vállalat hosszú távon számít

elterjedésére, és ügyfeleinek is lehetőséget kínál ilyen típusú szállítás megrendelésére. Ezen túlmenően a Gírtéka már elektromos teherautókat is üzemeltet, amelyek akár 600 kilométeres hatótávolsággal zéró kipufogógáz-kibocsátással működnek.

A vállalat technológiai fejlesztései túlmutatnak a járműveken. A Gírtéka a digitalizációt a fenntartható működés kulcseszközeként alkalmazza. Mesterséges intelligencián alapuló útvonal-optimalizálási rendszereket és valós idejű láthatóságot biztosító (RTV) megoldásokat vezetett be, amelyek csökkentik a megtett távolságot, az üzemanyag-felhasználást és növelik a járművek kihasználtságát. A járművek folyamatos monitorozása lehetővé teszi a pontos üzemanyagfogyasztási adatok nyomon követését és a karbantartási igények előrejelzését, ezzel tovább javítva a hatékonyságot és az üzembiztonságot.

A Gírtéka sofőrjei kiemelt figyelemben részesülnek. A vállalat 12 ezer hivatásos járművezetőjét saját fejlesztésű Drivers Academy nevű programján keresztül képzik. A képzések kiterjednek a környezetbarát vezetési technikákra – eco-driving –, valamint a biztonságos és digitálisan támogatott járműkezelésre. Ezzel a vállalat nemcsak a kibocsátáscsökkentést szolgálja, hanem hozzájárul a munkavállalók magas szintű felkészültségéhez és megtartásához is.

A logisztikai szektor karbonlábnyomának csökkentése érdekében a Gírtéka az intermodális szállítási megoldásokat is integrálta működésébe. Jelenleg nyolc aktív intermodális vonallal rendelkezik Európa szerte, amelyeket 2025-ben további járatokkal kíván bővíteni. Ezek a vasúti és közúti szállítás kombinációjára épülő megoldások egyenként akár 1250 kilogramm szén-dioxid megtakarítást is eredményezhetnek egy-egy fuvar során.

A sofőri élmény javítása is fontos szempont a flottafejlesztésben. Az új járművek elektromos parkolóklímával és korszerű kamerarendszerekkel lesznek felszerelve, amelyek a vezetési komfort növelése mellett a közlekedésbiztonságot is szolgálják. Ez nemcsak a balesetek kockázatát csökkenti, hanem hozzájárul a munkaerőmegtartáshoz is.

A vállalat növekedési tervei különösen figyelemreméltók abban a kontextusban, hogy az Európai Unióban 2025 első negyedévében 16%-kal csökkent a tehergépjármű-regisztrációk száma. A Gírtéka ennek ellenére nagyszabású beruházással bizonyítja hosszú távú piaci stabilitását, fejlesztési potenciálját és fenntarthatóság iránti elkötelezettségét. A vállalat példát mutat arra, hogyan valósítható meg a környezettudatos működés, a technológiai fejlődés és a humánközpontú vállalatirányítás integrációja a logisztikai szektorban (Bitó, 2025; girtéka.eu, 2025; IHO.hu, 2025).

4.2.4. DHL Group

A DHL több mint 600 ezer munkavállalót foglalkoztat 220 országban. A vállalat fenntarthatósági stratégiájának alapját a GoGreen program képezi, amely 2008 óta működik. Céljuk, hogy 2030-ra 29 millió tonna alá csökkentsék a logisztikai tevékenységekhez kapcsolódó CO₂-kibocsátást, 66%-ra emeljék az elektromos járművek arányát, és az újonnan vásárolt épületeket szén-dioxid-semleges

üzemeltessék. A vállalat hosszú távú célkitűzése, hogy 2050-re elérje a nettó zero kibocsátást.

A DHL világszerte több tízezer elektromos, LNG- és HVO-meghajtású járművet üzemeltet. Részt vesz nemzetközi fenntarthatósági kezdeményezésekben (pl. Smart Freight Centre, European Clean Trucking Alliance). A szállítási módok összehasonlítására az EcoTransIT World kalkulátort használja. A vállalat belső képzései a munkavállalók környezettudatosságát is fejlesztik, és a fenntarthatóságot vállalati kultúrájuk szerves részévé tették (DHL Group, 2025).

A négy logisztikai szolgáltató esettanulmányának elemzése alapján világosan kirajzolódik, hogy bár eltérő méretű és földrajzi lefedettségű szervezetekről van szó, a környezetterhelés csökkentése és a szén-dioxid-kibocsátás mérséklése központi stratégiai cél mindannyiuk számára. Közös elemekként azonosítható az Euro 6-os besorolású járművek alkalmazása, a flotta fiatalon tartása, az alternatív hajtástechnológiák integrációja, valamint a digitalizáció és az eco-driving tréningek révén történő hatékonyságnövelés. A fenntarthatóság nem kizárólag technológiai kérdésként jelenik meg, hanem vállalati kultúra- és stratégiaformáló tényezőként is. Az alkalmazott intézkedések és innovatív megoldások rendszerszintű és példaszzerű megközelítést mutatnak a logisztikai szektor zöld átmenetének megvalósításához (Bitó, 2025).

5. Összegzés, záró gondolatok

A közúti teherszállítás szén-dioxid-kibocsátásának csökkentése az egyik legjelentősebb kihívás, amellyel az európai logisztikai szektor szembesül. Az ágazat a teljes európai kibocsátás jelentős hányadáért felelős, így a klímacélok teljesítése érdekében elengedhetetlen az átfogó szemléletváltás és technológiai megújulás. A tanulmány csokorba szedte azokat a főbb módszereket és stratégiákat, amelyek révén a fuvarozó vállalatok képesek lehetnek csökkenteni környezeti terhelésüket. Az alternatív hajtásláncok – köztük az elektromos, hidrogén- és HVO-meghajtás –, valamint az ezek működtetéséhez szükséges infrastruktúra kiépítése kulcsfontosságú technológiai pillérek. Emellett a digitális eszközök, mint a mesterséges intelligencia-alapú útvonaloptimalizálás, a valós idejű járműmonitorozás, vagy a flottakezelési rendszerek, jelentős hatékonyságnövekedést és kibocsátáscsökkentést eredményeznek. A tanulmány arra is rámutat, hogy a fenntarthatóság nem csak technológiai kérdés, hanem szervezeti és kulturális dimenzióval is rendelkezik.

A feldolgozott esettanulmányok is arra utalnak, hogy a fenntarthatóságba történő befektetések már a jelenben is mérhető előnyöket eredményezhetnek, legyen szó költségcsökkentésről, márképítésről vagy munkaerő-megtartásról. A zöld átállás tehát nemcsak válasz a szabályozási elvárásokra, hanem tudatos stratégiai döntés is lehet, amely versenyelőnnyé válik a gyorsan változó piaci környezetben.

Irodalomjegyzék

ACEA (2023): Position paper – Review of CO2 emission standards regulation for heavy-duty vehicles. European Automobile Manufacturers' Association.

- <<https://www.acea.auto/publication/position-paper-review-of-co2-emission-standards-regulation-for-heavy-duty-vehicles-2/>> (2025.04.11.)
- ACEA (2025): Decarbonising heavyduty road transport – ACEA Position on Green Corporate Fleets – Heavy-Duty Vehicles. European Automobile Manufacturers’ Association. <<https://www.acea.auto/files/ACEA-Position-Decarbonising-HDV-Road-Transport.pdf>> (2025.04.11.)
- Akkartal, E., Aras, G. (2021): Sustainability in Fleet Management. *Journal of Advanced Research in Economics and Administrative Sciences*, 2 (3): 13–39. <https://doi.org/10.47631/jareas.v2i3.288>
- Allen, J., Piecyk, M. (2023): The Image of the Road Freight Transport and Warehousing Industry – Briefing Report. Technical Report: ENG-TR.029. Centre for Sustainable Road Freight. <<https://www.csrf.ac.uk/wp-content/uploads/2023/03/ENG-TR.029.pdf>> (2025.04.11.)
- Bitó A. (2025): A közúti áru fuvarozás kizöldülésének motivációi és technológiai háttere, egy konkrét vállalat gyakorlatának vizsgálata. Diplomadolgozat, SZTE Mérnöki Kar, Szeged.
- Bogner, T., Jellinek, R. (2021): Eco-driving initiatives – the key for sustainable and energy-efficient use of motorized vehicles. Odyssee-Mure, Policy Brief. <<https://www.odyssee-mure.eu/publications/policy-brief/eco-driving-fuel-reduction.pdf>> (2025.04.11.)
- Carriedo, C. (2025): The role of innovation in achieving EU emission reduction targets and enabling heavy-duty and high-traffic fleet charging. The European Business Review. <<https://www.europeanbusinessreview.com/the-role-of-innovation-in-achieving-eu-emission-reduction-targets-and-enabling-heavy-duty-and-high-traffic-fleet-charging/>> (2025.05.22.)
- Castillo, J. C., López, J. C., Escobar, A., Ríos, D., Quirama, L. F., Tibaquirá, J. E. (2022): Natural gas, a mean to reduce emissions and energy consumption of HDV? A case study of Colombia based on vehicle technology criteria. *Energies*, 15 (3): 998. <https://doi.org/10.3390/en15030998>
- Cunanan, C., Tran, M-K., Lee, Y., Kwok, S., Leung, V., Fowler, M. (2021): A review of heavy-duty vehicle powertrain technologies: Diesel engine vehicles, battery electric vehicles, and hydrogen fuel cell electric vehicles. *Clean Technologies*, 3 (2): 474–489. <https://doi.org/10.3390/cleantechnol3020028>
- DHL Group (2025): Sustainable growth – 2024 ESG Progress Report. <<https://group.dhl.com/en/sustainability/sustainability-roadmap/sustainability-reports.html>> (2025.03.25.)
- EEA (2022): Transport and environment report 2022 – Digitalisation in the mobility system: challenges and opportunities. EEA Report No. 07/2022, European Environment Agency. <<https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/transport-and-environment-report-2022>>(2025.03.25.)
- Európai Bizottság (2021): Fit for 55: delivering the EU’s 2030 climate target on the way to climate neutrality. COM(2021) 550 final. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021DC0550>> (2025.02.28.)
- Európai Parlament (2022): EU ban on the sale of new petrol and diesel cars from 2035 explained. <<https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20221019STO44572/eu-ban-on-sale-of-new-petrol-and-diesel-cars-from-2035-explained>> (2025.02.28.)
- Európai Parlament (2023): Az alternatív üzemanyagok infrastruktúrájának kiépítéséről, valamint a 2014/94/EU irányelv hatályon kívül helyezéséről. Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2023/1804 Rendelete. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1804>>(2025.04.11.)
- Fabian, T. (2023): Decarbonizing road freight transport – Vehicles and infrastructure availability. ACEA European Automobile Manufacturers’ Association. <<https://www.etp-logistics.eu/wp-content/uploads/2023/10/1.-ACEA.pdf>> (2025.05.02.)
- Garai-Fodor M., Viktor P. (2020): Az alternatív üzemanyagok használatának vizsgálata közúti fuvarozó vállalatok esetében. In: Csiszárík-Kocsir, Á., Varga J. (szerk.): *Vállalkozásfejlesztés a XXI. században X./1.: A szervezetek reakciója és válasza a jelen kor üzleti kihívásaira*. Óbudai Egyetem, Keleti Károly Gazdasági Kar, Budapest. 116–128. <https://old2.kgk.uni-obuda.hu/sites/default/files/VF2020/vf2020-1/124_vf2020-1_VF_kotet_I_2020.pdf>

- Ghisolfi, V., Tavasszy, L. A., Correia, G. H. d. A., Chaves, G. d. L. D., Ribeiro, G. M. (2022): Freight Transport Decarbonization: A Systematic Literature Review of System Dynamics Models. *Sustainability*, 14 (2022): 3625. <https://doi.org/10.3390/su14063625>
- Girteka.eu (2025): Sustainable solutions. <<https://www.girteka.eu/sustainable-solutions/>> (2025.05.12.)
- Gomez, M., Schlleier, F. (2020): Strategies to maintain eco-driving benefits in the long term. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Bonn, Germany. <https://www.changing-transport.org/wp-content/uploads/2020_tool_strategies_to_maintain_ecodriving_benefits_in_the_long_term.pdf> (2025.04.10.)
- Herit, A., Schneiderbauer, T., Morden, E., Bell, L. (2024): Truck as a service: The next step en route to zero-emission fleets. McKinsey & Company. <<https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/truck-as-a-service-the-next-step-en-route-to-zero-emission-fleets>>(2025.04.11.)
- Huang, Y., C.Y. Ng, E., L. Zhou, J., C. Surawski, N., F.C. Chan, E., Hong, G. (2018): Eco-driving technology for sustainable road transport: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 93 (2018): 596–609. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.05.030>
- IHO.hu (2025): Óriási Volvo-teherautóflottát szerez be a Girteka. <<https://iho.hu/hirek/oriasi-volvo-teherautoflottat-szerez-be-a-girteka>>(2025.04.11.)
- IEA (2004): Biofuels for transport: An International Perspective. International Energy Agency (IEA), Paris. <<https://iea.blob.core.windows.net/assets/8c8bcacd-bb1d-49bf-a771-a36748c8593c/BiofuelsforTransportAnInternationalPerspective.pdf>> (2025.04.08.)
- Larson, P. D., Parsons, R. V., Kalluri, D. (2024): Zero-emission heavy-duty, long-haul trucking: obstacles and opportunities for logistics in North America. *Logistics*, 8 (3): 64. <https://doi.org/10.3390/logistics8030064>
- Limani, Y. (2016): Applied relationship between transport and economy. *IFAC-PapersOnLine*, 49 (29): 123–128. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.11.069>
- Mačiulis, A., Vasiliauskas, A. V., Jakubauskas, G. (2009): The impact of transport on the competitiveness of national economy. *Transport*, 24 (2): 93–99. <https://doi.org/10.3846/1648-4142.2009.24.93-99>
- Magyary I. (2005): Szállítványozási ismeretek – Kézirat. Károly Róbert Főiskola, Gyöngyös.
- Mohsin, R., Majhid, Z. A., Shihnan, A. H., Nasri, N. S., Sharer, Z. (2014): Effect of biodiesel blends on engine performance and exhaust emission for diesel dual fuel engine. *Energy Conversion and Management*, 88 (2014): 821–828. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.09.027>
- Munkácsy A., Jászberényi M. (szerk.) (2022): *Fenntarthatóság és reziliencia a mobilitásban*. Akadémiai Kiadó, Budapest. <https://doi.org/10.1556/9789634547938>
- Nykvist, B., Suljada, T. (2016): How can we decarbonize road freight transport by 2030? Stakeholder-driven scenarios for the future of heavy vehicles in Sweden. Stockholm Environment Institute. <<https://www.sei.org/mediamanager/documents/Publications/SEI-2017-FS-Nykvist-Decarbonize-Road-Freight.pdf>>(2025.04.11.)
- Onifade, A., Ogeawuchi, J., Abayomi, A. (2025): Workforce Development and Sustainability in Logistics: The Role of HR. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*, 11 (3): 226–236. <https://doi.org/10.32628/CSEIT2511321>
- Panoutsou, C., Germer, S., Karka, P., Papadokostantakis, S., Kroyan, Y., Wojcieszek, M., Maniatis, K., Marchand, P., Landäl, I. (2021): Advanced biofuels to decarbonise European transport by 2030: Markets, challenges, and policies that impact their successful market uptake. *Energy Strategy Reviews*, 34 (2021): 100633. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2021.100633>
- Rodrigue, J.-P., Comtois, C., Slack, B. (2024): *The Geography of Transport Systems (6th ed.)*. Routledge, London. <<https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9781003343196/geography-transport-systems-jean-paul-rodrigue>> (2025.04.11.)

- Sampaio, A. R. de S., Franco, D. G. de B., Zukowski Junior, J. C., Spada, A. B. D. (2025): Artificial intelligence applied to truck emissions reduction: A novel emissions calculation model. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 138 (2025): 104533. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2024.104533>
- Su, J., Lin, Q., Chen, M. (2023): Follow the Sun and go with the wind: carbon footprint optimized timely e-truck transportation. In: *The 14th ACM International Conference on Future Energy Systems (e-Energy '23)*, June 20–23, 2023, Orlando, FL, USA. ACM, New York, NY, USA, 159–171. <https://doi.org/10.1145/3575813.3595193>
- Sun, R., Sujan, V. A., Jatana, G. (2024): Systemic decarbonization of road freight transport: a comprehensive total cost of ownership model. *Systems and Control (eess.SY)* <https://doi.org/10.48550/arXiv.2410.21026>
- Suneson, A., Herlt, A., Hans, M., Begon, C., Becker, H. (2024): The bumpy road to zero-emission trucks. McKinsey and Company. <[https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/the-bumpy-road-to-zero-emission-trucks#/>](https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/the-bumpy-road-to-zero-emission-trucks#/) (2025.04.11.)
- Tanktransport (2024): Fleet alternative fuels: 5 transformative case studies and their impact. <[https://tanktransport.com/2024/12/fleet-alternative-fuels-5-case-studies/>](https://tanktransport.com/2024/12/fleet-alternative-fuels-5-case-studies/) (2025.04.11.)
- Thiruvengadam, A., Besch, M., Padmanaban, V., Pradhan, S., Demirgok, B. (2018): Natural gas vehicles in heavy-duty transportation – A review. *Energy Policy*, 122 (2018): 253–259. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.07.052>
- Trans-Sped (2024): ESG jelentés 2023. Trans-Sped Kft. <https://www.trans-sped.hu/dokumentum/132/esg_trans_sped_2023_ujrapublikalhato_magyar_javitott.pdf> (2025.03.25.)
- Turri, V., Besselink, B., Johansson, K. H. (2015): Cooperative look-ahead control for fuel-efficient and safe heavy-duty vehicle platooning. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 25 (1): 12–28. <https://doi.org/10.1109/TCST.2016.2542044>
- UTA, Edenred (2024): CO₂ emissions in Europe. <<https://web.uta.com/en/co2-emissions-europe>> (2025.04.02.)
- Waberer's (2024): ESG jelentés 2023. Waberer's Csoport. <https://www.waberers.com/file/documents/2/2016/2023_sustainability_report_waberers_0412.pdf> (2025.03.25.)
- Zacharof, N-G., Broekaert, S., Fontaras, G. (2021): Future CO₂ reducing technologies in VECTO - VECTO technology coverage and market uptake. EU Science Hub. EUR 30658 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg. <https://doi.org/10.2760/985739>
- Zavalko, A. (2018): Applying energy approach in the evaluation of eco-driving skill and eco-driving training of truck drivers. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 62 (2018): 672–684. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.01.023>