

Szállítási láncok globális környezetterhelésének modellezése a környezettudatos városszervezésben

Markovits-Somogyi Rita¹, Dr. Török Ádám²

Abstract: The growing number of traffic jams on road causes economical pressure on the European economy, and has direct effect on the freight transporters, on the private persons well. For achieving a clearer, more efficient – and inside this more energy efficient – city the transport chains can be a crucial, inside this the knowledge of the environmental load of the urban transportation chains. With the help of technical, environmental and informatical tools safer, environmentally friendlier transportation can be made. This may create the opportunity the change of modal split, furthermore reducing the environmental pollution, which is the basis of a sustainable city. The aim of our article is the examination of the global air pollution in connection with the sustainable, environmentally friendly city management and the urban transport of goods. We examined the Euler's approach, which can be used for modelling the air pollution of full transportation chains. We also examined the Lagrange's approach, which can be used for modelling one single vehicle in the transport chain.

Keywords: transport chain, air pollution, sustainability, city management

Absztrakt: A közutak zsúfoltága egyre növekvő terheket ró az európai gazdaság szereplőire, a közlekedésben közvetlenül részt vevő fuvarozókra, a szállítmányozó vállalkozásokra és a közlekedésben magánszemélyként részt vevő szereplőkre is. A tisztább, hatékonyabb – és ezen belül energiahatékonyabb – városszervezés eléréséhez kulcsfontosságú lehet a szállítási láncok, ezen belül pedig a városi szállítási láncok környezetterhelésének ismerete. A műszaki, környezetvédelmi és informatikai technológiák segítségével biztonságosabb, környezetbarátabb közlekedési struktúrák kialakítására nyílnak lehetőségek. Ez egyúttal megteremtheti az áruszállítás más közlekedési módokra való egyenes elosztásának, áttelítésének lehetőségét, a kombinált áruszállítás vonzóvá tételét, továbbá a környezeti terhek csökkentését is, amely alapfeltétele egy környezettudatos, élhető városnak. Cikkünk célja a fenntartható, környezettudatos városszervezés és a városi áruszállítás globális légszennyezési kapcsolatrendszerének vizsgálata. Megvizsgáltuk az Euler-féle megközelítést, melynél a számításokat földrajzi helyre végezhetjük, ezért alkalmazható például teljes szállítási láncok légszennyezésének modellezésére. Előnyösen használható továbbá városok lokális – például közlekedés, szállítás okozta – légszennyezésének leírásakor. Megvizsgáltuk továbbá az Euler-féle megközelítéssel szemben a Lagrange-féle megközelítést, mely a szállítási láncban résztvevő szállítójármű egyedek légszennyezésének modellezésére alkalmas. Továbbá felállítottuk a fenntartható városszervezési ismérvek figyelembevételével a kettő közötti kapcsolatot.

Kulcsszavak: szállítási lánc, környezetterhelés, fenntarthatóság, városszervezés

1. Bevezetés

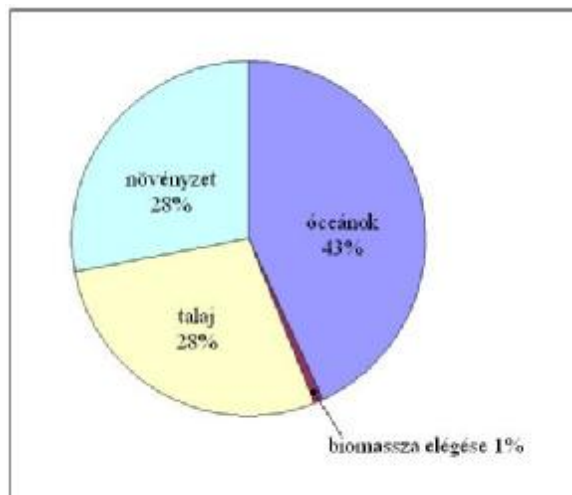
A közutak zsúfoltága egyre növekvő terheket ró az európai gazdaság szereplőire, a közlekedésben közvetlenül részt vevő fuvarozókra, a szállítmányozó vállalkozásokra és a közlekedésben magánszemélyként részt vevő szereplőkre is. A balesetek száma sem csökken kielégítő mértékben, Európa útjain még mindig több mint negyvenezer haldoklik évente (*Európai Bizottság, 2008*). A műszaki, környezetvédelmi és informatikai technológiák segítségével biztonságosabb, környezetbarátabb közlekedési rendszerek kialakítására nyílnak lehetőségek.

A torlódások nem csak anyagi, időbeli és energiaveszteséget okoznak, de súlyosan károsítják a környezetet is: a közlekedési eredetű szén-dioxid kibocsátás közel 70-80%-a még mindig a közúti közlekedés számlájára írható (*Tanczos, Török, 2008*). A tisztább, hatékonyabb – és ezen belül energiahatékonyabb – városszervezés eléréséhez kulcsfontosságú lehet a szállítási láncok, ezen belül pedig a városi szállítási láncok globális környezetterhelésének ismerete.

¹ PhD hallgató, BME Közlekedésgazdasági Tanszék; rsomogyi@kgazd.bme.hu

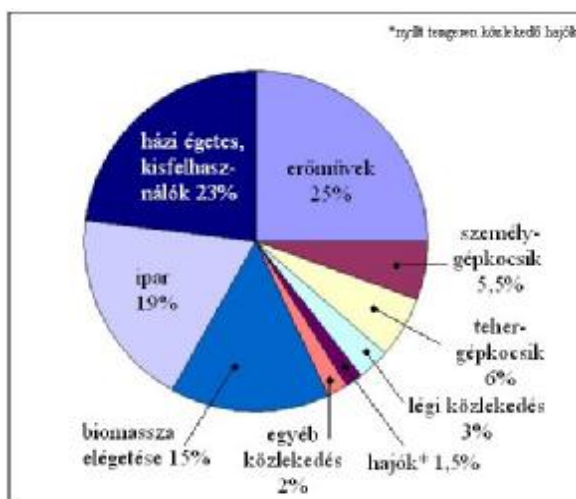
² PhD, BME Közlekedésgazdasági Tanszék, atorok@kgazd.bme.hu

A légkört alkotó folyékony és gáz összetevők közül a vízgőz, és második helyen a szén-dioxid járul hozzá legnagyobb mértékben a teljes üvegházhatáshoz. A természetes forrásból származó szén-dioxid kibocsátás – ami a teljes szén-dioxid kibocsátás 96,5%-át teszi ki – többszöröse az emberi szén-dioxid kibocsátásnak (1. ábra).



1. ábra Természetes eredetű CO₂-kibocsátás, összesen 770 Gt/év
(forrás: Kiehl, Kevin, 1997)

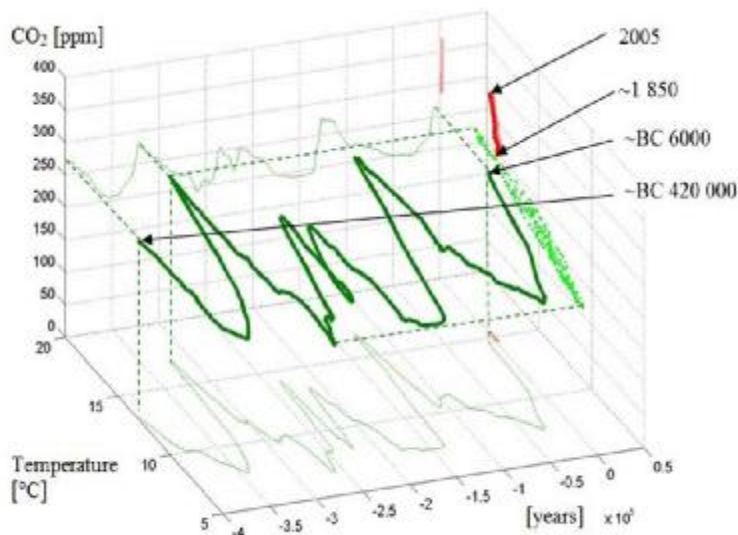
E plusz mennyiség viszonylag kis volta ellenére ez mégis jelentős nagyságú kibocsátásnak számít, amely képes negatívan befolyásolni a természetes szén-dioxid egyensúlyt és ezzel a globális éghajlatot is (Kiehl, Kevin, 1997). A 2. ábrán jól látható, hogy a közlekedés, és ezen belül a közúti közlekedés jelentős mértékben járul hozzá az antropogén eredetű CO₂-kibocsátáshoz.



2. ábra Antropogén eredetű CO₂-kibocsátás, összesen 28 Gt/év
(forrás: Kiehl, Kevin, 1997)

Gépjárműveinkben a motor konstrukciós fejlesztéseknek köszönhetően egyre fejlettebb belsőégésű hőerőgépek kerülnek, amelyekben a lokális károsanyag-kibocsátás igen alacsony. Az üvegházhatás erősödéséért felelős globális hatású közlekedési eredetű károsanyagok kibocsátásának minimalizálása nem megoldott. Ezek a globális károsanyagok a tüzelőanyag elégetése során keletkeznek, mérséklésük csak az elégetett tüzelőanyag mennyiségével realizálható.

A jelenlegi probléma nem az üvegházhatás, hanem a természetes üvegházhatás emberi tevékenységek hatására történő megváltozása! Az éghajlat az idők során változik. A jégkorszak óta eltelt időszak mutatja, hogy léteznek természetes klímaingadozások (3. ábra).



3. ábra Átlagos légköri CO₂ koncentráció és átlagos Földi középhőmérséklet complex idősorai
(forrás: Tanczos, Torok, 2007)

Azonban a fosszilis tüzelőanyag-tartalékok elégetése révén most az emberiség is hatással kezd lenni az éghajlat alakulására. Az iparosodás és ezen belül legfőképpen a fosszilis tüzelőanyagok (kőolaj, földgáz és szén) – amelyek tulajdonképpen évmilliók alatt kialakult és raktározott szénvegyületek – egyre növekvő mennyiségben történő elégetése miatt viszonylag rövid idő alatt rendkívül nagy mennyiségű szén került szén-dioxid formájában a levegőbe; de az ember tevékenysége miatt más gázok is nagyobb mennyiségben kerülnek a légkörbe.

Továbbiakban áttekintjük a szállítási láncok, ezen belül pedig a városi szállítási láncok globális környezetterhelési modellezésének főbb lehetőségeit.

2. Euler-féle megközelítés

Az Euler-féle megközelítésnél a számításokat földrajzi helyre végezzük, ezért alkalmazható például teljes szállítási láncok globális légszennyezésének modellezésére. A légnemű szennyezőanyagok légmozgás miatti koncentráció-változása a tömegmegmaradás elvén alapuló kontinuitási egyenlettel jellemezhető. Ez az egyenlet matematikai formában azt mondja ki, hogy a levegő bármely térfogategységébe időegység alatt belépő illetve onnan kilépő tömeg-különbség a térfogaton belüli koncentráció megváltozásával egyenlő (1).

$$(1) \quad -\frac{\partial C}{\partial t} = \left[\frac{\partial(Cu)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) \right] + \left[\frac{\partial(Cv)}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) \right] + \left[\frac{\partial(Cw)}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) \right] + S - D \pm FR$$

Ahol:

C	Szennyezőanyag koncentráció
t	Vizsgálat ideje
u,v,w	A szél sebessége x, y, z irányokban

$\frac{\partial}{\partial x} (K_i \frac{\partial C}{\partial x})$	i irányú turbulencia miatti koncentrációváltozás
S	Károsanyag emisszió mértéke
D	Károsanyag kiülepedés
FR	Kémiai reakció miatt a károsanyag keletkezése vagy fogyása

A kontinuitási egyenlet a légszennyező anyagok legáltalánosabb formája. Gyakorlati felhasználását azonban megnehezíti, hogy a $t=0$ időben, majd pedig minden időpillanatban ismernünk kell a koncentrációnak, valamint a rendezett és rendezetlen áramlások erősségének háromdimenziós eloszlását. A szél irányában a turbulencia miatt a koncentrációváltozás elhanyagolható és a függőleges diffúzió erőssége kisebb, mint a vízszintes mozgások esetén. Ilyen módon a modellünk 2 dimenziós modellé egyszerűsíthető, amely igen előnyösen használható városok lokális – például közlekedés, szállítás okozta – légszennyezésének leírásakor (*Mészáros, 1993*).

3. Lagrange-féle megközelítés

Az Euler-féle megközelítéssel szemben a Lagrange-féle megközelítés a szállítási láncban résztvevő szállítójárművek globális légszennyezésének modellezésére alkalmas. Feltételezzük a vízszintes diffúzió nulla és koncentráció függőleges eloszlása egyenletes, ekkor (2):

$$(2) \quad \frac{dC}{dt} = \frac{S}{H} - k_1 C - k_2 C - k_3 C$$

Ahol:

C	Szennyezőanyag koncentráció
t	Vizsgálat ideje
S	Károsanyag emisszió mértéke
H	Keveredési rétegvastagság
k_1	Kémiai átalakulás együtthatója, mely laboratóriumi vagy terepmérésekkel határozható meg
k_2	Száraz ülepedési együttható: $k_2 = \frac{v_d}{H}$
v_d	Száraz ülepedési sebesség
k_3	Nedves ülepedési együttható: $k_3 = \frac{\omega}{H} \frac{dP}{dt}$
ω	Kimosódási állandó
$\frac{dP}{dt}$	dP csapadék hullik dt idő alatt

A fent leírt modell segítségével modellezhető a szállítási lánc mozgó elemeinek légszennyezése (*Mészáros, 1993*).

4. Összefoglalás

Cikkünk célja a fenntartható, környezettudatos városszervezés és a városi áruszállítás légszennyezési kapcsolatrendszerének feltérképezése. Az Euler-féle megközelítésnél a számításokat földrajzi helyre végezzük, ezért alkalmazható például teljes szállítási láncok globális légszennyezésének modellezésére. Segítségével igen előnyösen használható városok – például közlekedés, szállítás okozta – légszennyezésének leírásakor. Ugyanakkor az Euler-féle megközelítéssel szemben a Lagrange-féle megközelítés a szállítási láncban résztvevő

szállítójárművek légszennyezésének globális modellezésére alkalmas. Tehát egy szállítási láncot figyelembe véve elmondható, hogy:

$$(3) \quad \sum_{i=1}^n \left(\frac{S}{H} - k_1 C - k_2 C - k_3 C \right)_i = \left[\frac{\partial(Cu)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} (K_x \frac{\partial C}{\partial x}) \right] + \left[\frac{\partial(Cv)}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial y} (K_y \frac{\partial C}{\partial y}) \right] + \left[\frac{\partial(Cw)}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial z} (K_z \frac{\partial C}{\partial z}) \right] + S - D \pm FR$$

Ahol:

i A szállítási láncban résztvevő járművek száma

A szállítási lánc teljes légszennyezése a szállítási lánc szállítójárműveinek összes légszennyezése. Ez egyúttal megteremtheti az áruszállítási láncok összehasonlítását, illetve a az áruszállítás a közúti áruszállításról más közlekedési módokra való egyenletes elosztásának, áttérelésének lehetőségét, a kombinált áruszállítás vonzóvá tételét, továbbá a környezeti terhek csökkentését is, amely alapfeltétele egy környezettudatos, élhető városnak (Bokor, 2006).

5. Felhasznált Irodalom

- Az Európai Közösségek Bizottsága: A Bizottság közleménye: **Cselekvési terv az intelligens közlekedési rendszerek alkalmazásának európai bevezetésére**, Brüsszel, 2008.12.16., COM(2008) 886 végleges.
- Bokor Z.: **Intermodális áruszállítási lánc menedzsment**, Közlekedéstudományi Szemle, 56. évf. 5. szám (2006) (p. 171-177)
- Kiehl, Kevin: **Earth's Annual Global Mean Energy Budget**, Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 78, No. 2, February 1997, p197-208
- Mészáros Ernő: **Légkörtan**, Veszprémi Egyetemi Kiadó, 1993, p56-62
- Tanczos, Torok, **The linkage of climate change and energy consumption of Hungary in the road transportation sector**, Transport 22/2, 2007, p134-138
- Tanczos, Torok: **Impact of transportation on environment**, Periodica Polytechnica Ser. Transp. Eng, Vol. 36. (2008) No. 1-2. (p125-131)