

Tudományos Diákköri Konferencia

A városi környezetre gyakorolt hatások - Mérlegen a közlekedés

Konzulens: Dr. Budai Péter

Készítette: Horváth Ádám András Q5SA6L

Tartalomjegyzék

1. A városi közlekedés kialakulása Budapesten.....	- 3 -
1.1. Bevezetés.....	- 3 -
1.2. Az autóbuszok megjelenése	- 4 -
1.3. Az 1950-es és 1960-as évek	- 5 -
1.4. Az 1970-es és 1980-es évek	- 6 -
1.5. A rendszerváltástól napjainkig	- 9 -
1.6. A légszennyezés egészségre gyakorolt hatásai	- 12 -
2. Különböző üzemanyagok és hajtásrendszerek bemutatása.....	- 14 -
2.1. Hagyományos üzemanyagok.....	- 17 -
2.1.1. Benzín üzemű motorok	- 17 -
2.1.2. Dízel üzemű motorok	- 18 -
2.2. Gáz üzemű járművek.....	- 19 -
2.2.1. CNG (= Compressed Natural Gas).....	- 20 -
2.2.1.1. Általános jellemzők.....	- 20 -
2.2.1.2. A CNG-üzem elterjedésének nehézségei, nemzetközi gyakorisága	- 21 -
2.2.1.3. A CNG hajtású autóbuszok fontos műszaki paraméterei és technikai felépítése ..	- 24 -
2.2.1.4. Mi lehet a CNG várható jövője?	- 27 -
2.2.2. LNG (=Liquefied Natural Gas)	- 30 -
2.2.2.1. Általános jellemzők.....	- 30 -
2.2.2.2. Az LNG-üzem története, nemzetközi elterjedése és ennek lehetséges veszélyei ..	- 31 -
2.2.2.3. Az LNG-üzemanyag terjedése napjainkban.....	- 32 -
2.2.2.4. Az LNG-autóbuszok megjelenése a városi közlekedésben.....	- 34 -
2.2.3. LPG (=Liquefied Petroleum Gas)	- 35 -
2.2.3.1. Általános jellemzők.....	- 35 -
2.2.3.2. Az LPG-üzem története, nemzetközi elterjedése	- 36 -
2.2.3.3. Az LPG-autóbuszok a városi közlekedésben	- 37 -
2.2.4. Biogáz és Biometán.....	- 37 -
2.3. Mai modern technológiák.....	- 39 -
2.3.1. Hibrid hajtásrendszerű technológia	- 39 -
2.3.2. Tiszta villamos hajtású technológia	- 41 -
2.3.2.1. Trolibusz.....	- 41 -
2.3.2.2. Akkumulátoros autóbuszok.....	- 42 -

2.3.2.3. Az elektromos autó.....	- 44 -
3. Fejlesztési javaslatok a környezettudatosság jegyében	- 46 -
3.1. A füves vágány és a parkosítás	- 46 -
3.2. Jelzőlámpák szabályozása és egyéb környezetvédelmi alternatívák.....	- 48 -
3.3. A Budapesti közlekedéssel kapcsolatos szabályozások	- 50 -
3.4. Gépjárművek szabályozása	- 54 -
4. Források, Felhasznált irodalom	- 55 -

1. A városi közlekedés kialakulása Budapesten

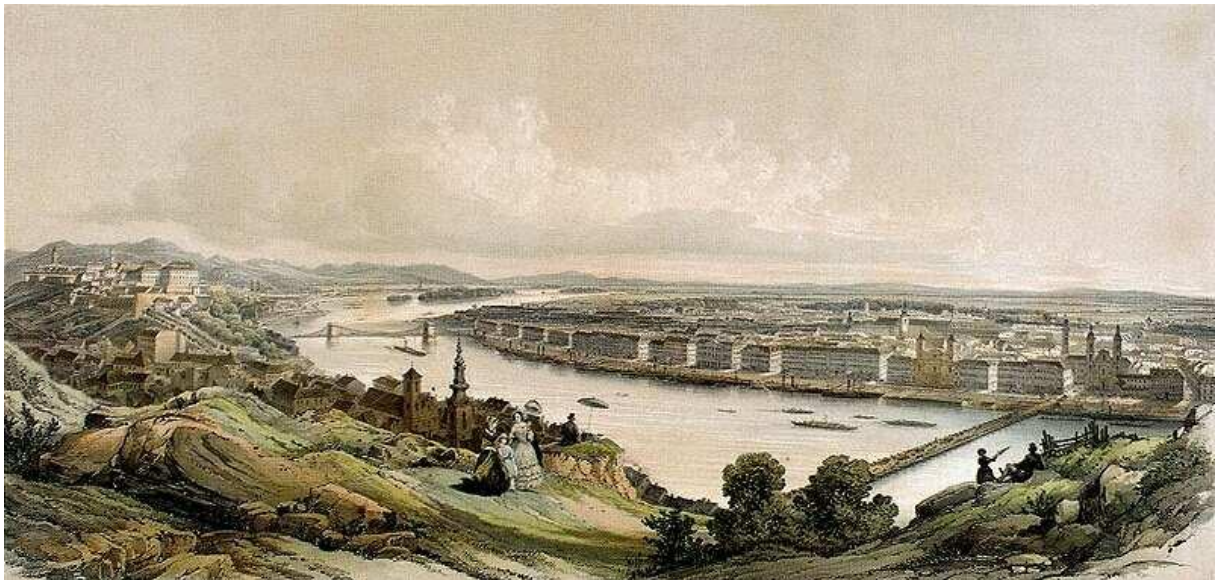
1.1. Bevezetés

Ha a városi közlekedést környezeti szempontok alapján akarjuk megvizsgálni, akkor fontos visszamenni az alapokig, vagyis egy város alapításáig, ez esetben Budapest közlekedésének kialakulásáig.

A múlt század első éveiben az emberek főként gyalog, bérkocsin, magánfogatokon, lóháton közlekedtek. Az utcák jórészt burkolatlanok voltak, por és sár nehezítette a haladást.

Egyre gyorsabban épült, gyarapodott a főváros. A távolságok megnöttek, az iparfejlődéssel együtt járó rendszeres munkába járás, a lakosság számának növekedése, a nagyvasúti összeköttetések kialakítása elősegítette a tömegközlekedés megszületését. A technikai fejlődés, az új találmányok megteremtették a városi közlekedés tárgyi feltételeit. A lóvontatás mellett sínpálya, majd gépi vonóerő felhasználása meggyorsította a fejlődést.

Pest-Buda a 19. század első évtizedeiben indult el a nagyvárossá fejlődés útján. Lebontották a régi városfalakat, a mélyen fekvő utcákat feltöltötték, a belvárosi utcákat kikövezték. Megkezdték a Duna-part rendezését. A két várost hajóhíd kötötte össze a tél beálltaig. Mielőtt a Duna befagyott volna, a hidat felszedték. Már közlekedtek az első omnibuszjáratok. A fejlődéshez állandó összeköttetésre volt szükség a két testvérváros között. 1849-ben megépült első hidunk, a Lánchíd, amelyhez az 1857-ben elkészült várhegyi alagút jó összeköttetést teremtett Pest és a belső budai városrészek között.



1. ábra: Budapest az 1800-as 1900-as években (Kép forrása: Wikipédia)

Igazán nagyarányú városrendezés az 1870-es évektől kezdődött. Tervet készítettek, kiépítették a csatorna- és vízvezeték-hálózatot, létrehozták a közvilágítást. Új városnegyedek épültek, jelentősen megnöttek a beépített területek, kialakultak mai főútvonalaink is. Fejlődött az útburkolás, egyre több utat kövezték ki, már faragott kockaköveket és fakockákat is

használtak, 1871-től aszfaltburkolatot is készítettek. Az embereknek megváltoztak utazási útvonalaik, az egyre jobb útállapotok növelték közlekedési igényeket is.

1873-ban Buda, Pest és Óbuda városrészek egyesítésével létrejött Fővárosunk: Budapest.

Ezt követték az újabb budapesti hidak megépítése: a Margit-híd (1876), Szabadság híd (1896). Ez utóbbi évben indult meg a Budapesti Millenniumi Földalatti Vasút is, amely a kontinens első kéregalatti vasútja volt, és amely szintén nagy lendületet hozott ezzel a városba.[1]

Az ország nagyvasúti hálózatának is Budapest lett a központja; a századfordulón már hat személyforgalmat lebonyolító pályaudvara volt a fővárosnak. Nagy ütemben nőtt a lakosság, a század elején Pesten, Budán és Óbudán összesen 54 ezren laktak. Az 1890-es évek elejére ez a szám megtízszereződött. Az erőteljes urbanizáció természetesen nálunk is együtt járt a városi közlekedés megjelenésével, gyors fejlődésével.

1.2. Az autóbuszok megjelenése

A 19. század utolsó évtizedében kiéleződött a gépi vonóerő és a lóvontatás versenye. A nagyvasúton tapasztalt gözmozdonyokhoz hasonlóan próbálták megindítani a közösségi közlekedést Budapesten. De ez az időszak rövid ideig tartott. A villamos-vontatást a városi vasutak után az elővárosi vasutaknál (BHÉV) szintén alkalmazni kezdték, a vonóerők versenye a gépek között is megkezdődött, s hamarosan a gőzerőt is háttérbe szorította a tisztább, a levegőt nem szennyező, csendesebb villamos-üzem.

Az autóbusz őseként mondható omnibusz-üzem 1832 óta létezett, és az 1915-ös első benzinmotoros autóbusz forgalomba állásáig számos kísérlet jelentkezett. A növekvő utazási igények hatására az omnibuszok egyre kihasználatlanabbak lettek, de férőhely szabályozások miatt is kiestek a városi közforgalomból. 1915. március 1-én forgalomba állítottak egy akkumulátoros és egy benzinmotoros autóbust. A következő években újabb belsőégésű motoros járműveket szereztek be. A városi tömegközlekedésben ekkor kezdődött el a környezetszennyezés, bár a mai napokhoz képest „csepp volt a tengerben”.

Az első világháború miatt kissé megállt a közlekedésfejlesztés az autóbuszok terén, de az 1920-as évek derekán már egyre nagyobb szerepet játszottak a Főváros életében. Az 1930-as évek elején már 130 autóbusz közlekedett, amellyel a kis utas-bírási omnibuszok szerepe végleg befejeződött.

Az autóbuszok egyre nagyobb térnyerése a villamosokkal szemben talán annak is volt köszönhető, hogy az egyre nagyobb kihasználtság hatására a villamosvasúti pálya is hamar elhasználódott, a vágány és alépítményi munkálatok elvégzése igen komoly pénzébe került a közlekedési társaságnak.

Óbudán a második világháború előtt még a villamos-áramot kihasználva kialakítottak egy közel 3 km-es trolibusz közlekedést, de a jobb oldali közlekedés (1941) és a második világháború romboló hatásai végleg megszüntették a vonal működését.

A világháborúban a legtöbb autóbust hadi célokból elszállították, de a városban a villamosforgalmat is korlátozták. Némely autóbust vaskerekekkel felszerelve villamosvasúti pályán sínautobuszként használták. A világháború után rövid ideig szünetelt a közlekedés, pálya és szerelvény meghibásodások miatt. Az autóbust-közlekedés azonban a helyzethez képest gyorsan talpra állt. A háborúból visszaérkezett közel 100 autóbustból először csak a harmada, majd egy évvel később (1947) már kétharmada teljesített ismét szolgálatot a városban.

1948 őszétől új MÁVAG, és Rába gyártmányú autóbustokkal bővítették a kocsiparkot. Az autóbustvonalakat úgy alakították ki, hogy a peremkerületeket és a villamossal nem rendelkező városrészeket kössék össze a városközponttal. 1948-ban 35 járat 125 km-es hálózaton közlekedett. 1949-ben a túlterhelt villamos-vonalak mellett párhuzamos autóbustjáratok is voltak. Ugyanebben az évben szovjet hatásra a trolibusz is megjelent.[2]

1.3. Az 1950-es és 1960-as évek

Budapest a második világháború után folyamatosan fejlődött. Az újjáépítés után ismét megindult az élet a fővárosban, sokan költöztek fel vidékről is Budapestre és az utazóközönség is egyre többet használta a közösségi közlekedés adottságait. Emellett lassan a gépkocsik száma is egyre bővült is a belváros utcáin.

Az 1950-es években újabb trolibuszvonalak is kiépültek, így Pesten bizonyos térségekben mai szemmel környezetbarát járművek közlekedhettek. Egy idő után azonban ezen gumikerekes járművek előretörését leállították. Világszerte uralkodott egy trolibusz-megszüntetési láz, amely Budapesten csak a fejlesztés megállításában érvényesült.



2. ábra: Az Erzsébet híd az 1960-as évek végén (Kép forrása: Indóház)

Az 1960-as évek közepétől ellentmondásos időszak kezdődött a fővárosi tömegközlekedésben. Budapesten megsokasodtak az immár 2 milliós lakosú metropolisz urbanizációs gondjai. Az utazási igények a felgyorsult motorizációnak és a közút szerepének további növekedésének köszönhetően tovább nőtt. A közlekedési ágazaton belül emelkedett az autóbusz forgalma (33%) és csökkent a villamoson utazók (58%) aránya. 1968-ban készült el a városrendezési terv célkitűzéseinek figyelembe vételével „Budapest Közlekedés-fejlesztési Terve”, amely nagy távlatban meghatározta a fejlesztés fő irányait.

1.4. Az 1970-es és 1980-es évek

A közúti közlekedésben az 1960-as évektől a motorizáció a vártnál gyorsabb ütemű növekedése gondokat okozott. Csak a személygépkocsik száma Budapesten 1960 és 1970 között több mint ötszörösére nőtt. A fejlődés különösen 1969-től gyorsult fel, 1971-ben a fővárosi személygépkocsik száma meghaladta a százezret. Csúcsforgalmi órákban hosszú gépkocsisorok várakoztak a főútvonalakon. Ez a tömegközlekedési eszközök haladását is gátolta, nem lehetett betartani a menetrendet, a járművek összetorlódtak.



3. ábra: A Rákóczi út 1972-ben (Kép forrása: www.retronom.hu)

Bővíteni kellett a közúti közlekedés kapacitását, elsősorban a legforgalmasabb csomópontokon, keresztezésekben és főútvonalakon. Ezt főként úgy érte el az akkori városvezetés, hogy a felszínen a közúttal párhuzamosan közlekedő városi villamosvasutat felszámolták, a vágányok helyén kialakítottak mindkét irányban 1-1 sávot, a Rákóczi út esetében a 2x3 sávot, hogy ezzel is elősegítsék a torlódások megszüntetését.

Az ezzel elveszített közlekedési vonalakat a föld alatt mély- vagy kéreg alatti- vezetésben új, városi gyorsvasúttal helyettesítették. Így nem csak az utazási sebesség nőtt, de látszólag a város igényeinek is eleget tettek. Azért csak látszólag, mert észrevétlen a közútból származó emisszió (a szennyező anyag kibocsátás) megnőtt. Ebben az időszakban a környezeti értékek sajnos nem játszottak nagy szerepet az akkori erős iparosító politikával szemben. Az utak nagy részét kiszélesítették, egyre gyéribb lett a zöld-terület ellátottság. (Ennek fontosságáról később írok.) A házak homlokzatai is egyre gyorsabban besötétültek a szmogtól, amely a túlzott gépkocsi kipufogógázok légszennyezése következtében keletkezett.

A fővárosi közlekedés egyik legdinamikusabb fejlődését élte Budapest, szinte egyszerre kezdték építeni az M2-es és M3-as metrókat, amelyeket 1970-ben és 1976-ban át is adták az utasközönség számára. Az átadási időpontok után a vonalak további hosszabbításokat értek meg, amelynek köszönhetően a közlekedés még inkább beindult, és már több mint ötszázezer ember használta őket.

A metró elterjedésével ugyanakkor nem maradt háttérben az autóbussz-közlekedés sem. Az 1968-ban létrejött BKV 1972 és 1973 között összesen 1200 db Ikarus autóbusszt vásárolt.

Nagy hangsúlyt kapott tehát már akkor az autóbusz-közlekedés, de napjainkban sem sokkal több mint 1300 db autóbusz halad csúcsidőben Budapest útjain.



4. ábra: Az Ikarus 260-as busz napjainkban is meghatározó szereplő a Budapesti közösségi közlekedésben
(Kép forrása: Indóház)

Szükség volt ugyanakkor ezen autóbuszokra, mert sok újonnan épített városrészben számos lakótelep épült, ahová az eljutást maga a BKV-nak kellett biztosítania. Javult az új lakótelepek közlekedési ellátottsága. A felszíni vonalak étrendezésével létrehozták a „ráhordó” hálózatot, a metróhoz csatlakozó felszíni vonalakat. A párhuzamos tömegközlekedési vonalak egy része megszűnt. (pl. a Rákóczi úti villamos), illetve megrövidült. Mindezzel rábírták az utasokat a metró igénybevételére, elérték, hogy a metró kapacitása megfelelően legyen kihasználva. Az autóbuszok célszerű átcsoportosításával növelték az expressz- és a gyorsautóbusz vonalak számát. Javult az új lakótelepek közlekedési ellátottsága.

A csomópontokon a metróépítés kapcsán nagyarányú átalakítások, rendezések folytak, megváltozott több nagyobb köztér arculata. Számos helyen a gyalogosoknak aluljárót építettek, a nagyobb keresztezésekben a két egymást keresztező nagy forgalmú közút közül az egyik iránynak felüljárót hoztak létre, hogy a közúton közlekedőket semmi akadály ne hátráltassa az előrejutásban (pl. Nyugati pályaudvar M).

1973-tól csekély mértékben csökkent a BKV járatain utazók száma, ami a gépkocsik számának további növekedésével magyarázható.

Az 1970-es évek közepétől új problémaként jelentkezett a közlekedésben az energiaválság. Az olajárak emelkedése megdrágította az autóbusz-közlekedést. Ugyanakkor előtérbe kezdtek kerülni a környezetvédelem szempontjai is. Konkrét célként fogalmazódott meg az, hogy a nagyvárosok levegőtisztaságát a tömegközlekedési eszközök minél kevésbé szennyezzék. Felülvizsgálták az autóbusznál kétségtelenül beruházás-igényesebb villamosvasúti és trolibusz-közlekedéssel kapcsolatos negatív nézeteket. Így a BKV elkészítette a trolibusz-közlekedés fejlesztésének terveit: új kocsikat vettek, de a hálózat fejlesztése is megkezdődhetett.

1.5. A rendszerváltástól napjainkig

Az 1990-es évektől kezdve egyre több autó jelent meg a közúton, így állandósultak a torlódások egyre több helyen.



5. ábra: Az is meghatározó szereplő a Budapesti közösségi közlekedésben (Kép forrása: Indóház)

A teherforgalomban is változás volt ebben az időszakban. Az 1980-as évek végén egyre csökkent a szállítási teljesítmény, de a kereskedelmi tevékenységek is egyre inkább közúton lettek szállítva, háttérbe szorultak a vasúti teherszállítások.

Budapesten a közúti közlekedés előnybe részesítése érdekében további "kihasználatlan" villamos-vonalakat szüntettek meg (pl. 3, 29, 36, 44, 67), meghosszabbított vonalon közlekedő autóbuszokkal helyettesítve. Az ez által is hátrányt szenvedő villamos-vonalakból kiágazó iparvágányok így egyre inkább az enyészetté váltak, majd egy útfelújítás idején eltűntek. Tehát a különféle gyárak is folyamatosan a közúti teherszállításra rendezkedtek be, ezzel is növelve a benzin és dízel üzemanyagokból származó károsanyag-kibocsátást.

Környezeti értékek figyelembe vétele lassú folyamatként kezdődött el 1991-ben. Ennek előzménye az volt, hogy 1990-ben Kaliforniában született egy döntés, amely az autógyártókat

meghatározott százalékban nulla emissziós járművek (ZEV= Zero Emission Vehicle) gyártására, kibocsátására kötelezte 1998-tól kezdődően. Ennek hatására egyrészt felerősödtek a hagyományos belső égésű motorok kibocsátás csökkentő fejlesztése, másrészt megindult az elektromos hajtású járművek erőteljesebb kutatása, fejlesztése. Magyarország ekkor még nem fordított figyelmet az elektromos járművek kutatásával és fejlesztésével kapcsolatosan. Ezért a kibocsátás csökkentésére tette a hangsúlyt. Ekkor tették kötelezővé a gépjárműveknél a zöldkártyát, amely egy a járművek károsanyag-kibocsátási korlátait szabályozta. Ám az akkori elvárások közel nem azonosak a jelenlegi elvárásokkal. 20 év alatt sokat fejlődött a gépjárműpark, és vele együtt a környezeti terhelés is kismértékben mérséklődött. Az EU-ban még a 80-as években jelentős, mintegy 20%-os nitrogénoxid emisszió növekedés következett be, majd a szabályozási, műszaki intézkedések, így a katalizátorok elterjedése kapcsán a 90-es években 20%-nál nagyobb csökkenést sikerült elérni.



6. ábra: A BKV Zrt. egyik akkori környezetkímélő autóbussa az 1990-es évek derekán.
(Kép forrása: www.tudasbazis.sulinet.hu)

A szocialista- rendszer idején megálmodott közúti felüljárók már nem épültek meg (pl. Blaha Lujza tér M, Hungária körúton mentén a Thököly úton és a Kerepesi úton is), hiszen korábban még ha ezek valamelyest enyhítették is a torlódásokat, nagy költséggel jártak, és hosszabb távon tovább szaporodtak a gépkocsik.

Ezt a folyamatot kezdte megállítani a 2008-as világgazdasági válság, és az üzemanyagok árának rohamos növekedése. Az emberek egy része próbálta a Budapesti Közlekedési Vállalat szolgáltatásait igénybe venni, ám ez nem rendelkezett az autóval versenyképes szolgáltatással. Ugyanis egy kényelmes Mercedesben utazó embert nem lehet átszoktatni semmi áron sem egy erősen lehasznált régi járműparkra.

Mintává vált közlekedésfejlesztésben Németország, ahol a közösségi közlekedést tették vonzóvá, hogy az emberek minél kevésbé vegyék igénybe saját gépkocsijaikat. A városokat a parkolás miatt is övezetekre/gyűrűkre osztották, és aki gépkocsival akar utazni, annak a belső városnegyedben fizetnie kell. A városban megbízható, pontos precíz menetidők alapján tiszta, kultúrált járművek jelennek meg, megbecsülve az utast, mint fizető ügyfélt, de ugyanakkor ösztönözve is a tömegközlekedés igénybevételére.

Budapesten is hasonló szempontok indultak el a BKK (Budapesti Közlekedési Központ) megalakulása után. Javult az autóbuszok állapota, több mint 500 db régi még Euro 1-es normát is alig, vagy egyáltalán nem elérő autóbust cseréltek le. Fejlődik, korszerűsödik a villamosközlekedés. (1, 3, Budai fonódó villamoshálózat kiépítése) A kötött pályán közlekedő városi villamosvasút sokáig lassújelekkel tűzdelt pályán felújítás nélkül üzemelt. A vágányállapotok nem teremtették meg azt a lehetőséget, hogy egy gyorsan közlekedő versenyképes "Stadtbahn" közlekedhessen. Most azonban több villamos vonal teljes körű felújításban részesül, és meghosszabbodik.

Az M2-es metró a 2000-es évek közepén teljes körű állomáskorszerűsítési és felújításban részesült, 2012 őszén az új szerelvények is forgalomba álltak. Így összességében ma már egy Európai színvonalú szolgáltatás valósult meg ezen a vonalon. 2014 tavaszán az M4-es metró forgalomba állt. Rövidesen az M3-as metró teljes infrastruktúrája is megújul. Ezen rekonstrukciók is ösztönözhetik Budapest autós társadalmának bekapcsolódását a közösségi közlekedésbe.

Ezt segíti a P+R (Park and Ride) parkolók építése, hogy a város peremén élők is letehessek gépkocsijukat, és igénybe vehessék a tömegközlekedés szolgáltatásait. Ma még a parkolók nem épültek ki kellő mértékben, ám a közösségi-közlekedés továbbfejlesztésével erre is sor fog kerülni.

Mindezek megemlítését azért tartom fontosnak, mert egy városi közlekedés versenyképessége nagymértékben meghatározza a környezetre gyakorolt hangsúlyt is. Budapest közösségi közlekedésének fejlesztése alapvetően fontos szempont. Csak így lehet minél több embert a közúti közlekedésből közösségi közlekedéshez átirányítani, és ez által a városban létrejövő károsanyag-kibocsátást még inkább csökkenteni.

1.6. A légszennyezés egészségre gyakorolt hatásai

A közlekedés folyamatos növekedésével az emberi egészségre káros tényezők is egyre inkább megsokasodtak. Mára tudományosan igazolt tény, hogy szoros összefüggés van az allergiás, asztmás, illetve egyéb légzőszervi megbetegedések előfordulása és a légszennyezettség mértéke között. A szennyezőanyagok nagy mennyiségben tartalmaznak rákkeltő, illetve a légzőrendszert károsító anyagokat; a legveszélyeztetettebbek a 0 és 4 év közötti gyermekek. Az egészségre gyakorolt hatás nagy részben a szennyező részecskék méretétől függ, ugyanis a nagyobb méretű szemcsék megakadnak az orrunkban, míg az egészen kicsik lejutnak a tüdő mélyére.

A legveszélyesebbek a 2,5 mikrométernél kisebb, ún. ultrafinom részecskék, melyek légzőszerveink legmélyére is bejutnak, és onnan nem távoznak. További súlyos veszélyt jelent, hogy ezek a kis részecskék, a legkülönbözőbb szennyezőanyagokat tartalmazzák (pl.: kormot, káros szerves anyagokat, nehézfémeket, azbesztet). Egy részük rákkeltő.

A fejlődő országok városi levegőjében különösen nagy mennyiségben jelenlévő CO a vér oxigénszállító képességét csökkentve súlyosítja a szív- és véredényrendszer állapotát (másutt ezt a katalitikus konverterek segítségével már kiküszöbölték). Nem úgy a főként dízelmotorok kibocsátásából származó, igen kisméretű részecskék káros hatásait, amelyeket a finomodó vizsgálati módszerek már mindenhol regisztrálnak.

A kéndioxid irritáló hatása különösen asztmások esetében közismert. Ma már a közlekedés káros következményeit illetően a fejlett országok nagyvárosaiban egyértelműen a NO₂ lépett előtérbe: a halandóság általános növekedésében. Mindenekelőtt a halál okai között kiemelten szerepelnek a szív és érrendszeri betegségek, gyermekhalandóság és méhen-belüli elhalás; asztmások sürgősségi kórházi ellátásának növekedése és általában a sürgősségi felnőtt beteg kórházi ellátás okai között; krónikus tüdőpanaszok, szív- és véredényrendszeri megbetegedések – különösen influenza okozta szívrohamok; álhártyás torokgyulladás (krupp) iskoláskor előtt, amelyek a környezet károsító hatására vezethetők vissza.. Az egészségügyi vizsgálatok tanúsága szerint más szennyező anyagokkal együtt az NO₂ káros hatása fokozódik.

Mivel a közúti közlekedés az emberek közvetlen közelében szennyezi a levegőt, káros kibocsátásai nem tudnak felhígulni, egészségkárosító hatásuk ezért különösen erős. A városközpontok levegőjében a káros anyagok koncentrálódását az utakat szegélyező, a szél sebességét a nyílt terephez viszonyítva közel egy nagyságrenddel csökkentő épületek is elősegítik. Mindazonáltal, a légszennyezés helyi megnövekedése sok esetben mégsem növeli a lakosság adott szennyezőanyagnak való napi kitettségét, mivel az emberek idejük nagyobb részét épületen belül töltik. Amikor azonban az utcára kényszerülnek, a levegő fent leírt állapota a sűrű forgalom egyéb káros hatásaival együtt komoly veszélyt jelent egészségük számára – nem beszélve az utakat szegélyező épületek lakóiról, akik még házon belül is erősen szennyezett levegőt kénytelenek belélegezni.

Az emberek légszennyezésnek való kitettsége a legpontosabban biológiai módszerekkel mérhető. A teljes lakosságot érő terhelés biológiai módszerrel történő pontosabb becsléséhez

azonban a változók térbeni és időbeni feltérképezésére, a napi életvitelt is figyelembe vevő statisztikai módszerekre van szükség. A rendelkezésre álló epidemiológiai tanulmányok és a levegő minőségére vonatkozó statisztikai adatok egybevetésével az Egészségügyi Világszervezet (WHO) által 1996-ban elvégzett vizsgálat során kidolgozott módszert Nagy-Britanniában alkalmazva megállapították, hogy a PM_{10} évente közel 8100 haláleset és 10500 légzőszervi panaszok miatti kórházi kezelés okozója. A kéndioxid esetében e szám mindkét esetben 3500 volt, alacsony földközeli ózonnál 700, illetve 500, míg a magasabb koncentrációkat is beszámítva már 12 500 és 9900 adódott.

Az Európai Bizottság felkérésére – a Tiszta Levegőt Európának (Clean Air For Europe, CAFE) folyamat részeként – is készült később átfogó elemzés a légszennyezés környezetre és emberi egészségre gyakorolt hatásairól. A felmérés eredményeiben kimutatták, hogy az Európai Unióban közel 300 ezer ember hal meg évente a 2,5 mikrométernél kisebb szennyező részecskék következtében. Kiderült, hogy egy átlagos magyar ember, ha marad a jelenlegi szennyezési szint, több mint egy évet veszít az életéből ezeknek a mikroszkopikus szennyezőknek köszönhetően. Így e tekintetben Európában a harmadik legrosszabb helyet foglaljuk el. Budapesten a várható életév-vesztés elérheti a három évet is, ám szigorúbb határértékek betartásával ez a töredékére is csökkenthető lenne.

2. Különböző üzemanyagok és hajtásrendszerek bemutatása

Ma közel egymilliárd közúti jármű közlekedik a világon, a városi légszennyezés mintegy felét és az üvegházi gáz kibocsátását tizedét produkálva. Ez nem fenntartható helyzet, még ha jelentős volt az elmúlt évtizedek technológiai fejlődése ezen a területen is. A járművek által kibocsátott kipufogó-gázok a rendszerváltás környékén egyre inkább megnöttek.

A városi közösségi közlekedésben főképp a dízel és az elektromos hajtás dominál. Előbbi meglehetősen szennyező, különösen a városi finomszemcse terhelésre vonatkozóan, kiegészítve a többi jellegzetes légszennyezővel: CO, NO_x, szénhidrogének. A városi közlekedés révén keletkező szennyezőanyagok pontos mérések alapján kimutathatóak. Az elektromos járművek helyben nem szennyeznek, de az erőművi kibocsátás és egyéb hatások – nukleáris energia, vízi erőművek stb. - jelentősek lehetnek. A 1. táblázat jellegzetes városi fajlagos emisszió összevetést mutat.

1. táblázat: Jellegzetes városi közlekedési emissziók (Táblázat forrása: Mándoki Péter: Közlekedés és Társadalom)

	Emisszió [g/utaskm]			
	NO _x	SO ₂	CO	HC
Busz	0,8	0,1	1,0	0,1
Dízelvonat	1,0	0,2	0,1	0,1
Villanyvonat	0,4	1,1	0,1	0,002
Villamos/metró	0,2		0,01	
Személyautó	2,1		11,0	

Az üvegházhatású gáz, elsősorban CO₂ kibocsátás, és ezzel összefüggésben az energiafogyasztás lényeges környezeti mutatója a városi közösségi közlekedésnek, itt is figyelembe veendő az életciklus hatások, a sokféle üzemanyag eltérő hatásai és a különböző hatékonyságú, minőségű motorok. A következő táblázat városi közösségi járművekre ad meg adatokat.

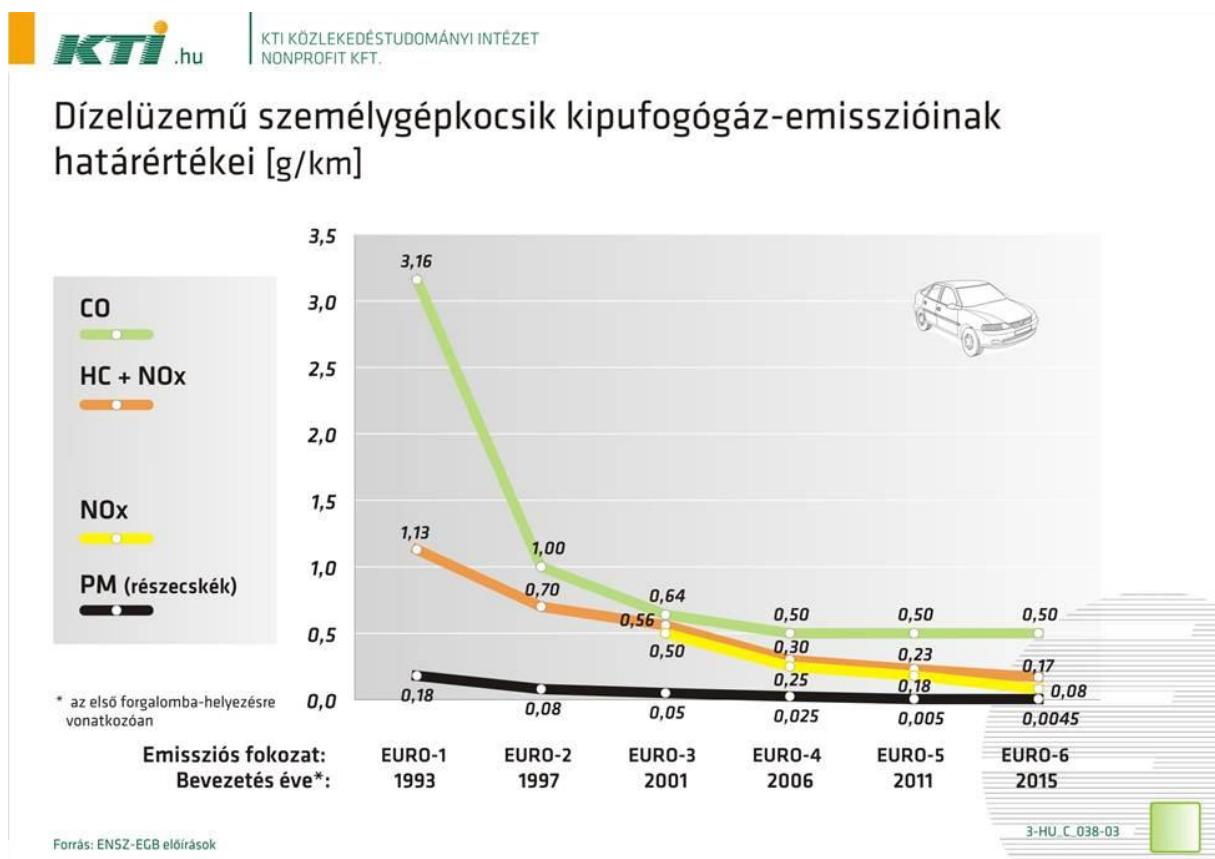
2. táblázat: Életciklus energiafogyasztás és CO₂ kibocsátás a városi közlekedésben (Táblázat forrása: Mándoki Péter: Közlekedés és Társadalom)

	Férőhely	Energia-fogyasztás	CO ₂ -emisszió	Energia-fogyasztás	CO ₂ -emisszió
	[fő]	[MJ/járműkm]	[kg/járműkm]	[MJ/járműkm]	[g/férőhelykm]
Városi villany-vonat	300	117	11,7	0,39	39
Városi dízel-vonat	146	74	8,8	0,50	60
Könnyű vasút	265	47	10,1	0,18	38
Metró	555	122	26,0	0,22	46
Autóbusz	49	14,2	1,6	0,29	33
Minibusz	20	7,1	0,8	0,36	40
Közepes személyautó	5	3,5	0,39	0,70	78

Az eladott új gépjárművek károsanyag-kibocsátásának elfogadható szintjét az Európai Unió államaiban a kibocsátási normák határozzák meg. Ezeket a kibocsátási normákat uniós irányelvek határozzák meg, folyamatosan egyre szigorúbb határértékeket megállapítva. Jelenleg a nitrogén-oxidok (NO_x), szénhidrogének (HC), szén-monoxid (CO) és egyéb részecskék (PM) határértékeit szabályozzák a legtöbb gépjármű esetében, beleértve a személy- és tehergépkocsikat, traktorokat, vonatokat és folyami hajókat; a tengerjáró hajók és repülőgépek azonban nem esnek a szabályozás hatálya alá.

A személygépkocsik kibocsátási normáit az alábbi táblázat foglalja össze. Az Euro 2 szint óta az uniós szabályozás különböző határértékeket állapít meg a dízel- és a benzinüzemű gépkocsikra: a dízelekre szigorúbb CO-határérték vonatkozik, viszont magasabb lehet a NO_x-kibocsátásuk. A benzinüzemű autókra az Euro 4 szintig nincsen egyéb részecske (PM) határérték megállapítva, de az Euro 5 és Euro 6 szabványok már tartalmazznak határértéket a benzinüzemű gépkocsikra is. A táblázatban megjelölt dátumok az új típusok engedélyezésére vonatkoznak. Az uniós irányelvek egy másik (egy évvel későbbi) dátumot is megjelölnek, amely a korábban engedélyezett típusú gépkocsik forgalomba helyezésére vonatkozik. Az európai kibocsátási normák g/km-ben értendők.

Dízel:

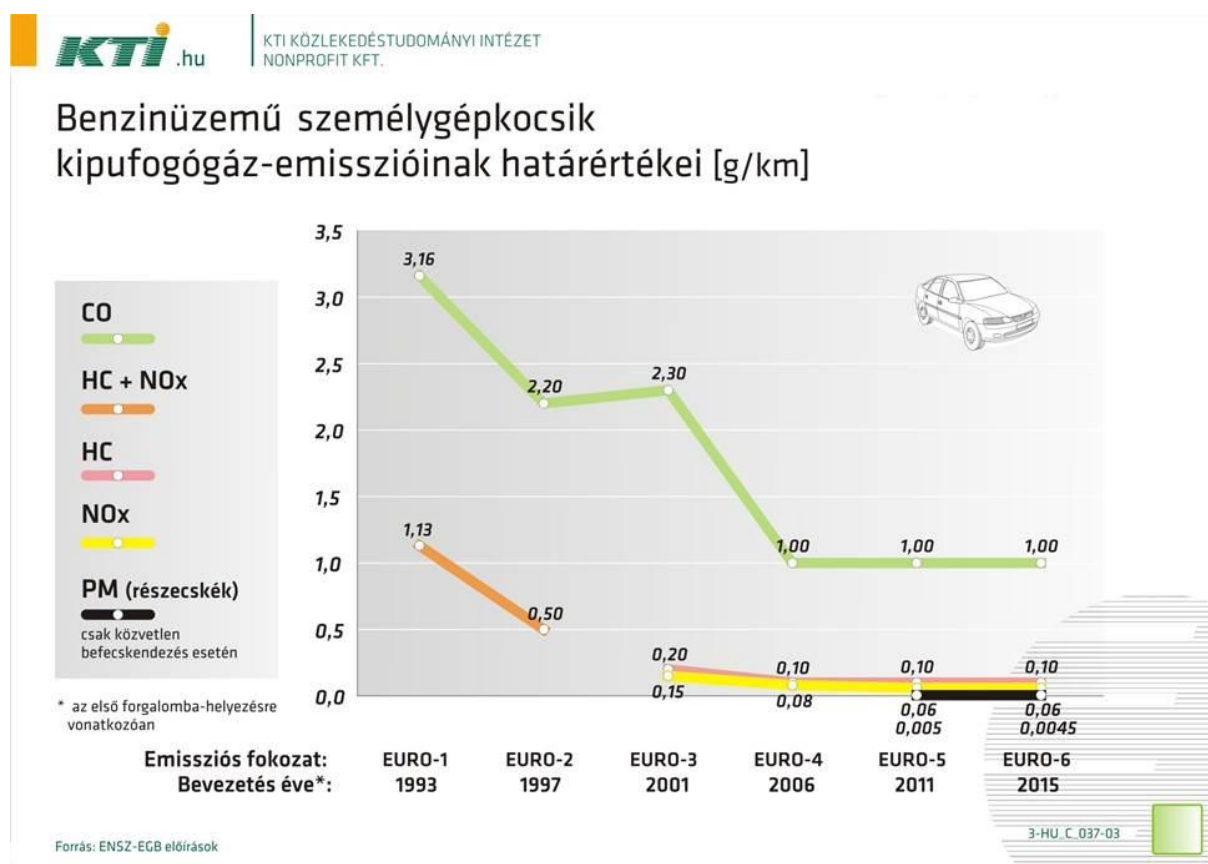


7. ábra: Dízelüzemű személygépkocsik kipufogógáz – emisszióinak határértékei. (Kép forrása: KTI)

3. táblázat: A különböző Euro-motorok károsanyag-kibocsátás értékei dízel üzemanyagnál (Táblázat forrása: Wikipédia)

Szint	Dátum	CO	HC	NO _x	HC+NO _x	PM
Euro 1	1992. július	3,16	-	-	1,13	0,18
Euro 2	1996. január	1,0	-	-	0,7	0,08
Euro 3	2000. január	0,64	-	0,5	0,56	0,05
Euro 4	2005. január	0,5	-	0,25	0,3	0,025
Euro 5	2009. szeptember	0,5	-	0,18	0,23	0,005
Euro 6	2014. szeptember	0,5	-	0,08	0,17	0,005

Benzin:



8. ábra: Benzinüzemű személygépkocsik kipufogógáz – emisszióinak határértékei. (Kép forrása: KTI)

4. táblázat: A különböző Euro-motorok károsanyag-kibocsátás értékei benzin üzemanyagnál (Táblázat forrása: Wikipédia)

Szint	Dátum	CO	HC	NO _x	HC+NO _x	PM
Euro 1	1992. július	3,16	-	-	1,13	-
Euro 2	1996. január	2,2	-	-	0,5	-
Euro 3	2000. január	2,3	0,2	0,15	-	-
Euro 4	2005. január	1,0	0,1	0,08	-	-
Euro 5	2009. szeptember	1,0	0,1	0,06	-	0,005
Euro 6	2014. szeptember	1,0	0,1	0,06	-	0,005

Az Európai Unió előírásai a járművek károsanyag-kibocsátását illetően egy előre eltervezett, hosszú távú ütemterv szerint egyre szigorúbbak szinte évről évre. A világ más tájain is, ha nem is ennyire tervezetten, de folyamatosan szigorítanak a környezetvédelmi normákon.

Az Euro 6 kibocsátási előírás 2014-től kötelező, jelenleg az Euro 5 után ez érvényes. Létezik még az úgynevezett EEV (EEV = Enhanced Environmentally Friendly Vehicle = Fokozott környezetbarát jármű) szabvány is, amely leegyszerűsítve valahol az Euro 5 és 6 között helyezhető el.

A dízelmotorok működésük közben a benzinmotoroknál nagyobb mennyiségű kormot juttatnak a levegőbe, míg a nitrogén-oxid [NO_x] kibocsátásuk is jelentős. Ez utóbbi komponens csökkentésére és a 2009-ben életbe lépő Euro 5-ös környezetvédelmi normának való megfelelés jegyében vezették be az AdBlue adalékanyagot. Az Euro 5-öt vagy az EEV-t is sok gyártó járművei csak a működés során folyamatosan hozzáadott AdBlue segítségével tudják elérni. Ez az adalékanyag tovább bonyolítja, jelentősen drágítja a dízel buszok üzemeltetését.

Jelenleg egyébként háromféle jelentősebb technológia áll rendelkezésre a NO_x-kibocsátás mérséklésére:

- EGR (Exhaust Gas Recirculation),
- LNT/NAC (Lean NO_x Trap vagy NO_x Adsorber Catalyst),
- urea-SCR (AdBlue) a nemrégiben mobil emissziócsökkentésre kifejlesztett karbamid-oldat.

Emellett a dízel járművek üzemanyagellátó- és kipufogórendszere soha nem látott bonyolultságot ért el, ami sajnós azzal jár, hogy a korábban a helyi közlekedési vállalatok által végzett karbantartások egy részét már csak a márkaszervizek tudják elvégezni, és a buszok várható élettartama is kevesebb, már ha az élettartam alatt valóban tartani kell az Euro 5 vagy Euro 6 besorolást.

2.1. Hagyományos üzemanyagok

Hagyományos üzemanyagként a benzin és dízel üzemanyagot sorolhatjuk fel. Elsőként a Benzin üzemű járművek jelentek meg, néhány évtizedre rá dízel üzemű gépjárművek technológiáját is sikerült kialakítani.

2.1.1. Benzin üzemű motorok

A benzin a nyers, természetes kőolajból desztillálás útján kapott folyadék. Nem egységes vegyület, hanem a paraffin sorozatba tartozó szénhidrogének elegye. Színtelen, könnyen folyó, a szaga a petróleuméra emlékeztet. Vízben oldhatatlan, kétfázisú heterogén rendszert alkot. Nagyon gyúlékony, levegővel keveredve majd meggyújtva robbanása erőteljes.

Vizet nem tartalmazhat. Kémiaiilag nem agresszív, a vele érintkező alkatrészeket nem oldja, nem korrodálja. Alkalmas közvetlen befecskendezésű négyütemű Otto-motorok valamint adalékolással kétütemű motorok üzemeltetésére is.

Benzin üzemű gépekkel 1873-tól kezdve próbálkoztak a különböző országok feltalálói. 1877-ben kapott szabadalmat Otto négyütemű benzinmotorjára. Az első benzinnel hajtott kocsit Benz készítette 1879-ben. Daimler 1895-ben nyert szabadalmat gáz és benzinmotorjára, és megépítette az első motorkerékpárt is.

Az első jól használható, megfelelő teljesítményű, benzinmotorral hajtott, automobilt Gottlieb Daimler készítette 1887-ben. Az 1,5 LE-s motorral működő autó, legnagyobb sebessége 18 km/óra volt. Ezután, az ezredforduló után, kialakult a mai formája és megjelentek az első autóbuszok és tehergépkocsik is.

A benzinmotor kifejlődésével csaknem egy időben megkezdődtek a kísérletek a nehezebb olajok alkalmazására. Rudolf Diesel fő szabadalmát 1892-ben nyerte el. Miközben a gépkocsik száma növekedett, szerkezetük is tökéletesedett.

A 19. század második felében fejlődtek ki a belsőégésű motorok, nemcsak a benzinmotorok, hanem a nehezebb olajjal működő dízelmotorok. Nagy előnye, hogy kevesebb üzemanyagot fogyaszt, ezzel megnövekedett a rakodótér, illetőleg a szállítás hatósugara.

Az 1960-as évek óta jelentős erőfeszítésekkel folynak fejlesztések az emissziós mutatók javítására, aminek révén mára mintegy 90%-al csökkent a benzinmotorok légszennyező hatása. További javulás érhető el az üzemanyag oldalon.

Az energiahatékonyság területén az EU-ban az autógyártók 1995-2008 között 25%-os javítást, a széndioxid emisszió fajlagos, km-enkénti csökkentését vállalták, míg a japán autógyártók 20-25%-os javítást vállaltak 2010-re.

2.1.2. Dízel üzemű motorok

Az első kísérleti motorok növényi olajjal üzemeltek; később vetődött fel a petróleum és foltbenzin gyártás hulladékaként keletkező „dízelolaj” használatának lehetősége. Nehézsége és nagy mérete miatt lassan nyert teret alkalmazása, kezdetben csak stabil motorként használták, generátorok meghajtására. Jonas Hasselman svéd mérnök 1904-ben feltalálta az irányváltós motort, ami hajómotorként történő alkalmazását is lehetővé tette. Később vasúti vontatóknál is elterjedt a dízelmotor.

A dízelmotorok azért tudtak főképp a teherszállításban előretörni, mert a benzinmotorokhoz képest alacsonyabb a fajlagos fogyasztásuk. Ez a szerkezeti sajátosságokból adódik: a nagyobb (kb. 1:20) kompresszió jobb termodinamikai hatásfokot tesz lehetővé, azonos lökettérfogatú benzin- és dízelmotorok közül a dízel – jobb hatásfoka és az üzemanyag magasabb hőértéke miatt – kevesebbet fogyaszt.

Alkalmazásuk világszerte széleskörű, elsősorban a tehergépjárművek, és az autóbuszok tekintetében, és növekvő részesedést mutatnak, ma mintegy 40%-os közúti üzemanyag felhasználással. Európában is mintegy egyharmados a piaci részesedésük, és növekvőben van, köszönhetően az üzemanyag adó kedvezőbb jellegének, és a széndioxid emissziós csökkentési vállalások teljesíthetőségének. A korszerű dízel motorok a benzineseknél kevesebb szénmonoxidot, és szénhidrogént bocsátanak ki, de a nitrogénoxid, és a finom szemcse emissziójuk (korom) jóval magasabb, utóbbi a szemcseszűrőkkel mérsékelhető lehet. A dízelmotorok energiahatékonysága ugyanakkor kedvezőbb, a közvetlen befecskendezésű motoroknál a benzines technológiáknál 45%-al jobb hatékonyság érhető el. Az USA-ban azonban pl. az emissziós szabályozás azonos szigorral kezeli a dízel motorokat, így ott azok visszaszorulása indult el.

A városi közlekedésben Budapesten és vidéken is a dízel-üzemanyagú autóbuszok közlekedtek és járnak ma is. Ennek oka az volt, hogy a dízel az 1970-es években sokkal olcsóbb volt a benzin áránál. Ma már a benzin és dízel között árban szinte nincs különbség, viszont a dízel-üzemanyag a busz közlekedés létfontosságú elemévé vált, és egyelőre az is marad.

2.2. Gáz üzemű járművek

A földgáz, mint alternatív üzemanyag térhódítása az 1970-es, 1980-as években az olajválság okozta magas olajáraknak köszönhető.[3] Napjainkban azonban más szempontok is fontossá váltak. Az energiaellátás biztonsága érdekében az országok többféle energiaforrást igyekeznek bevonni, több helyről és termelőtől szerzik be. Így a szabad verseny kapitalizmus eleme is megvalósul, mert több egymással "versenyző" szolgáltatást nyújtó "társaság" küzd a portéka sikeres eladásáért, és a vállalat sikeres koordinálásáért. Tehát nem egy szolgáltató van, mert az versenytárs hiányában felemelhetné az árait, és még adott esetben a minőség eladására sem törekedne. Tehát így a nagyobb verseny nem engedi az árak túlzott megemelkedését sem.

Mostanság ugyanakkor egyre nagyobb hangsúly van a környezet védelmén a globális felmelegedés mérséklése érdekében. A földgáz terjedésének ez a kritérium is kedvez, mert sokkal tisztábban ég, mint a többi fosszilis tüzelőanyag (szén, olaj), és így kisebb a károsanyag kibocsátása. (szénmonoxid, kéndioxid, nitrogénoxid).

A földgáz jellemző összetétele:

5. táblázat: A földgáz jellemző összetétele (Táblázat forrása: Wikipédia)

Metán	CH ₄	97%
Etán	C ₂ H ₆	0,919%
Propán	C ₃ H ₈	0,363%
Bután	C ₄ H ₁₀	0,162%
Szén-dioxid	CO ₂	0,527%
Oxigén	O ₂	0-0,08%
Nitrogén	N ₂	0,936%
Kénhidrogén	H ₂ S	0,005%
Ritka gázok	Ar, He, Ne, Xe	nyomelemként

Több fajtáját (CNG, LNG, LPG, Biogáz) külön alpontokban ismertetem.

2.2.1. CNG (= Compressed Natural Gas)

2.2.1.1. Általános jellemzők



9. ábra: A CNG szimbólumok a közlekedésben

A CNG üzemanyag a Compressed Natural Gas angol rövidítése, más néven sűrített földgáz. A CNG alapanyaga a bányászott földgáz, amelyet gépjárművek üzemanyagaként, valamint fűtésre használnak. A technológia Magyarországon az 1980-as években jelent meg, azonban akkor még egy töltéssel 150 kilométert tudtak csak megtenni.

A földgázt vezetékhalózaton juttatják el a háztartási és az ipari fogyasztókhoz. A motorhajtóanyagként használt gáz azonos minőségű a háztartásban használttal. A töltőállomáson ezt a gázt kompresszorral 250 bar nyomásra sűrítik, és így tankolják a járművekbe. Az autógázpalackban a földgáz nyomása változik a hőmérséklet-ingadozás következtében, de ez motorüzemelés szempontjából figyelmen kívül hagyható. A járművekben a gáztartályok hengeres vagy gömbölyű alakúak, hogy a konténerek falait egyenletes nyomás terhelje. A névleges nyomás általában 200 bar.[7]

2.2.1.2. A CNG-üzem elterjedésének nehézségei, nemzetközi gyakorisága

A környezetbarát üzemanyagok széleskörű elterjedését három fő tényező hátráltatta: a járművek magas vételára, az alacsony elfogadottság, továbbá az újratöltő állomások alacsony száma vagy hiánya. Erről a 2.2.1.3. fejezetben lehet bővebben olvasni.

A CNG forgalma körülbelül 2009-2010 között kezdett folyamatosan növekedni, amely tendencia mind a mai napig változatlan. Magyarországon a városi közlekedésben úttörő szerepben egyedül Szeged használt CNG autóbuszokat 1996 óta.[4] Akkortájt ugyanis hazánkban kevés hasonló autóbusz szolgált az utakon, így a technológia és az üzemeltetés terén nem állt túl sok tapasztalat a mérnökök rendelkezésére, akik így több nyugat-európai tanulmányúton ismerkedtek meg a technológiával és az üzemeltetés módjával. A flotta folyamatos növelésével ma már a térség közel egyharmadát (43 autóbusz) CNG hajtású autóbuszok szolgálják ki. Ma sem bánták meg ezen járművek megvételét, hiszen ezek sokkal környezetkímélőbb, csendesebb és olcsóbb fenntartású járművek üzemanyag terén a mindennapi használatban. Gépjárművek terén sem volt elterjedt technológia a CNG-gáz üzem.

Magyarországon nemzetközi összehasonlításban nagyon kevés CNG töltőállomással rendelkezik. Jelenleg négy nyilvános CNG töltőállomás található: 2 db Budapesten, továbbá Szegeden és Győrött. 2011-ben megnyílt Budapesten az első CNG-kút a Kőbányai úton. A kút forgalma igen megnőtt az utóbbi hónapokban, mert a BKV Zrt. által vásárolt 49 db használt Van Hool A330new CNG autóbuszai is folyamatosan állnak forgalomba honosításukat követően. A fővárosi FKF Zrt. is ugyanilyen földgáz hajtású járművekkel gazdagította hulladékszállító járműparkját, összesen 60 db Iveco Stralis CNG kukásautóval. Budapesten 50 db CNG hajtású Taxi is forgalomba állt. Nagy igény volt tehát újabb CNG töltőállomásra, így az M1-M7 autópálya bevezető szakaszán az Agip kútnál kiépült külön CNG és LPG-autógáz üzemanyag tankolási lehetőség, valamint a BKV Zrt. saját Délpesti telephelyén épített ki CNG kútat, és ott tankolja a járműveit. Így nagymértékben tehermentesült az eddig nagy igénybevételű egyedül működő fővárosi nyilvános földgáz-kút. Ám a probléma még közel nem lett megoldva, teljeskörű megoldása talán csak akkor lesz megoldott, ha Budapesten a meglévő két CNG kút mellé továbbiak nyílnak.



10. ábra: Az első Budapesti CNG kút (Kép forrása: Horváth Ádám András)



11. ábra: Nagy sor állt a CNG-kútnál (Kép forrása: Horváth Ádám András)

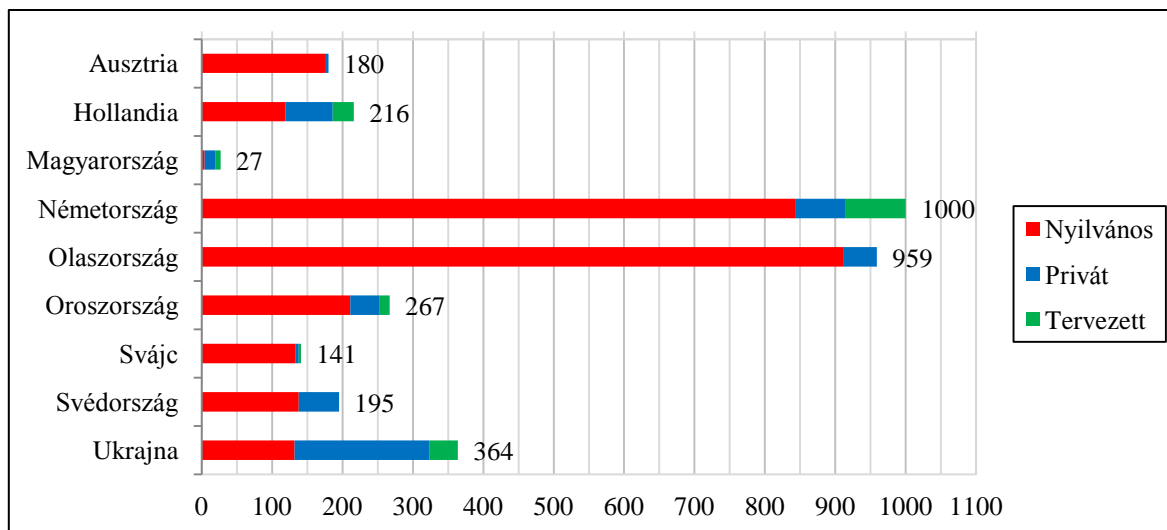
Nemzetközi szinten igen eltérő számokat láthatunk. A alábbi táblázat az NGVA (Natural and Bio Gas Vehicle Association) statisztikai táblázata a 2013. őszén regisztrált CNG-s járművekről. A CNG-tankolás Olaszországban a legerjedtebb több mint 900 nyilvános (=mindenki számára elérhető) kúttal; ezt követi Németország közel 850 db-al. A sort

Oroszország folytatja 211 kúttal, majd Svédország, Ukrajna, Ausztria, Svájc, Hollandia folyamatosan csökkenő rangsorolásban. Részletes állományi adatok a táblázatban láthatók. Kiemeltem az Európában legjelentősebb országokat, valamint Oroszország szerepét is.

Hazánk ebben a technológiában eléggé elmaradott, ugyanakkor vannak törekvések a CNG népszerűsítése után a hálózat bővítésére.

6. táblázat: Nyilvános, privát, tervezett CNG töltőállomások (Táblázat forrása: NGVA[6])

Ország	CNG töltőállomások			
	Meglévő összesen	Nyilvános	Privát	Tervezett
Ausztria	180	175	5	0
Belgium	16	12	4	19
Bosznia-Hercegovina	2	2	0	0
Bulgária	106	105	1	7
Csehország	74	47	27	8
Dánia	2	2	0	3
Egyesült Királyság	9	1	8	4
Észtország	4	4	0	1
Finnország	19	18	1	4
Franciaország	144	35	109	3
Görögország	4	0	4	12
Hollandia	186	119	67	30
Horvátország	2	2	0	1
Lengyelország	33	24	9	1
Lichtenstein	3	3	0	0
Litvánia	4	4	0	3
Luxemburg	7	6	1	2
Macedónia	1	0	1	3
Magyarország	18	4	15	8
Moldova	24	24	0	0
Németország	915	844	71	85
Norvégia	24	21	3	5
Olaszország	959	912	47	0
Oroszország	252	211	41	15
Portugália	5	1	4	1
Szerbia	9	7	2	3
Szlovákia	14	10	4	0
Szlovénia	6	1	5	1
Spanyolország	66	18	48	12
Svájc	138	133	5	3
Svédország	195	138	57	0
Törökország	6	6	0	0
Ukrajna	324	132	192	40
Összesen	3 751	3 021	731	274



12. ábra: Legmagasabb CNG üzemanyag használó országok (az ábrán feltüntetett számok az összes meglévő valamint a tervezett CNG állomásokat jelentik)

7. táblázat: CNG-s járművek száma a világon (Táblázat forrása: www.cngport.hu)

CNG-s járművek száma a világon 2011-ben	
Személygépkocsik	13.100.000
Tehergépkocsik	216.000
Egyéb járművek	194.000
Autóbuszok	419.000
Összesen	14.000.000

2.2.1.3. A CNG hajtású autóbuszok fontos műszaki paraméterei és technikai felépítése

A fenti táblázatban szereplő közel félmillió földgázüzemű busz meglepően nagy szám. Vajon mi vezetett oda, hogy ennyire elterjedt a gázüzemű közlekedés a buszoknál? Egyszerűen anyagi és környezetvédelmi okok.

Anyagi okok alatt az üzemanyag megtakarítást kell érteni. A gázolaj és gáz ára között a világ minden táján vannak eltérések. Az ekvivalensnek tekinthető 1 liter gázolaj és 1 kg földgáz közül mindig az utóbbi az olcsóbb. Azonos teljesítményű, azonos terheléssel működő dízel vagy gázüzemű busz fogyasztása rendkívül hasonló értékeket mutat. Az alábbi adatok több ezer kilométeres összehasonlító tesztek során mért fogyasztási adatok, amelyek teljesen hétköznapi, a gyártóktól és kereskedőktől bármikor megrendelhető buszokról szólnak.

8. táblázat: A CNG és a gázolaj fogyasztás összehasonlítása (Táblázat forrása: www.cngport.hu[5])

szóló buszok fogyasztása	elővárosi közlekedésben	25-30 kg CNG / 100 km	25-30 l gázolaj / 100 km
	városi közlekedésben	30-35 kg CNG / 100 km	30-35 l gázolaj / 100 km
csuklós buszok fogyasztása	elővárosi közlekedésben	30-35 kg CNG / 100 km	30-35 l gázolaj / 100 km
	városi közlekedésben	35-40 kg CNG / 100 km	35-40 l gázolaj / 100 km

Nem igaz tehát az a tévhit, hogy a buszok fogyasztása földgázból jelentősen több lenne kilogrammban, mint amennyi liter gázolajból. Ezt semmilyen mérés nem támasztja alá.

A gáz és a gázolaj árának, valamint a járművek jelenlegi beszerzési árának függvényben elmondható, hogy egy CNG-s busz 25-40%-kal olcsóbban üzemeltethető a teljes élettartama során, mint egy ugyanolyan osztályú, teljesítményű dízel busz. Ezeket az értékeket a közlekedési társaságok igazolták a hosszú távú üzemeltetési tapasztalatok összegzése során.

Környezetvédelmi szempontok alapján:

Az 2.1.2.pont végén megismerhettük a dízel-üzemű autóbuszok jellemzőit környezeti szempontok alapján.

Ezzel szemben CNG motorokat az egyszerűség jellemzi. Néhány kisebb finomítástól eltekintve egy évtizedes technológiáról beszélünk. Gázüzemű működés esetén az Euro 5 vagy az Euro 6 szabványok sokkal egyszerűbb műszaki megoldásokkal is elérhetők. Ez az üzemeltetésben, a jármű teljes élettartama során sokszorosán megtérül. Továbbá egy CNG-motor zajszintje - amely szintén része a környezetszennyezésnek- jóval alacsonyabb, mint hasonló dízel-járművéké.

Technikai felépítés és piaci megjelenés:

A CNG üzemű autóbuszok általában már a tetőn hordozott üzemanyagtartályokról felismerhetők. Annak oka, hogy a tartályok a tetőn kapnak helyet, a következő: az alacsony padlósint biztosítása a városi és elővárosi közlekedésben ma már természetes elvárás, így a padlósint nem jöhet szóba az üzemanyagtartály számára, csak a jármű tetején.

[Magaspadlós (lépcsős) autóbuszoknál ez a technika a padlósint alatt elférne.]

A CNG üzemanyag helyigénye a gázolajhoz képest mintegy nyolcszoros: a dízel üzem 150-200 literes tartálya helyett itt 1000-1500 literes ösztérfogatú nagynyomású tartályköteg található a tetőn. Egy-egy tartály jellemző mérete 100-160 liter, ezekből kerül fel 8-16 db a tetőre. Csuklós buszoknál a magasabb fogyasztás miatt értelemszerűen nagyobb a CNG üzemanyagtartály mérete is.



13. ábra: Egy CNG hajtású Van Hool busz Budapesten (Kép forrása: BKK Zrt.)

Ugyanakkor a CNG motornak a dízel/benzin motorhoz képest korrózióval szemben ellenállóbb kipufogórendszerrel kell rendelkeznie, mert a metán egyrészt sokkal magasabb hőmérsékleten ég, mint a benzin vagy a gázolaj, másrészt a kipufogórendszert jobban korrodálja a gáz égésterméke, mint a benziné. Ezekről eltekintve minden tekintetben hagyományos járműről van szó, vezetése szinte semmiben sem különbözik a dízel buszoktól. Az üzemeltetés szempontjából egy hátrányuk van a földgázhajtásos buszoknak: a túlmelegedés. Mivel magasabb az üzemi hőmérsékletük, nyáron gyakran túlmelegednek egyes alkatrészek és felmelegszik a hűtőfolyadék is.

A CNG-s autóbuszok piaci elérhetősége szintén mutat néhány váratlan érdekességet is. Az új CNG-s járművek általában drágábbak, mint a dízel változatok. Maga a CNG motor jóval olcsóbb és egyszerűbb, mint a dízelmotor, de a különbséget főként az üzemanyagtartályok ára okozza: ezek a kompozit műanyagból készültek, bármilyen balesetnek ellenálló tartályok igen drágák. Alacsony súlyuk és a rendkívül szigorú biztonsági előírások miatt pedig csak ilyenek szerelhetők buszok tetejére.

Egy új dízel üzemű autóbusz 60-80 millió Forintba kerül, ehhez képest egy új CNG-s autóbusz beszerzése 10-15 millió Ft-al magasabb árfekvésű ugyanattól a gyártótól. Ennek az árkülönbözetnek természetesen az üzemanyag-megtakarítással összemérhetőnek kell lennie. A számítások azt mutatják, hogy az üzemanyag-megtakarítás kilométerenként 30-40 Ft a CNG-s buszokkal a dízelhez képest. Ebből könnyen kiszámítható, hogy 250.000-300.000 km után a jármű felára megtérül, a továbbiakban pedig üzemeltetése jóval olcsóbb, mint dízel társaié.

A használt CNG-s buszok piaca viszont éppen fordított: a használt CNG-s autóbuszok olcsóbbak, mint a dízel buszok. Ennek oka az, hogy ezek a járművek azután a másodlagos piacon viszonylag nehezen találnak új tulajdonost: míg a dízel buszokat pillanatok alatt

felszívja Kelet-Európa, addig a CNG-sekre főként Lengyelországból vagy Ukrajnából van csak érdeklődés. Ennek oka természetesen az, hogy a CNG-s buszközlekedés még csak most terjed Kelet-Európában. Most azonban már Magyarország is beállt a sorba, hiszen a Budapesti Közlekedési Központ 2013 tavaszi CNG autóbusztesztjét egy fél évvel később vásárlás követte. Várhatóan árfelhajtó hatása lesz annak, ha a földgázos közlekedés igazán elterjed régióinkban, azonban ez még messze van, sok-sok év fog úgy eltelni, hogy használt CNG-s buszt sokkal olcsóbban tudunk vásárolni, mint dízelt.

És végül fontos, hogy legyen egy Közlekedési Társaságnak saját telephelyén saját üzemanyag-kútja, mert CNG kút hiányában sok nehézségeket és fennakadást tud okozni a közlekedésben. Pesten a Kőbányai úti MOL-kút egyedülálló a CNG üzemanyag eladásában, így csak oda tud menni minden CNG-s jármű tankolni. A fővárosi taxik, de az FKF Zrt. 60 db új kukásautója, további CNG-s gépkocsik csak oda tudnak menni. Így lényeges szempont az, hogy a dízel és benzinnél megszokott idő alatt meglehessen tankolni egy járművet, ne legyen a töltőállomás alulméretezett, mert akkor a tankolás elhúzódhat, amely által nagy sorok alakulhatnak ki.

2.2.1.4. Mi lehet a CNG várható jövője?

A budapesti városi közlekedésben a CNG autóbuszok szerepe talán eddig azért sem terjedt el olyan nagyobb ütemben, mert nagyobb költségűek. A BKV Zrt. jó állapotú használt autóbuszokat vásárolt, amelyekhez olcsóbban hozzájutott. Ezen autóbuszok Franciaországból és Svájc-ból érkeztek, amelyekre azért nem tartottak már igényt, mert a flottafrissítés után környezeti elvárásokat jobban teljesítő elektromos és hibrid buszokra cserélik őket. Amint haladunk Kelet-Európa felé, láthatjuk, hogy az anyagi források hiánya miatt nem tudnak a legmodernebb technikára áttérni. Budapestet tekintve azt láthatjuk, hogy sokat fejlődött az utóbbi években környezeti szempontok alapján is a városi közlekedés. A ma már alapvető elvárás-ként megmutatózó igény: az alacsonypadlós járművek beszerzése a kerekesszékes, mozgásukban korlátozott és babakocsis közlekedők akadálymentes közlekedésének megvalósítása. Emellé társulnak a környezetbarát szempontok. Az akadálymentes közlekedésre való igény 100%-os elérése után célul tűzhető ki további törekvésként a környezeti normák még nagyobb fokú teljesítése. Így a Fővárosban a környezetbarát fejlesztések összhangban vannak Budapest a városfejlesztés koncepciójával is, amelyben a környezetvédelem fontos szerepet kap. Több száz környezetkímélő autóbusz került megvásárlásra, de a villamos-, valamint trolibuszhálózat is folyamatos fejlesztése is napirenden van.

Tehát ha lesz újabb felszabaduló CNG hajtású autóbusz-kontingens, amely típus ismert már (pl. Van Hool, Mercedes, Volvo), akkor biztosan fog vásárolni Budapest városvezetése belőlük.

A Budapesti Taxi szolgáltatás is része a városi közlekedésnek. Jelenleg 50 db CNG hajtású és 2 db tisztán elektromos hajtású jármű közlekedik, amelyek kedvezőbb hatással lesznek a város levegőjére. Kiemelten fontos szempont a levegőminőség javítása, ennek köszönhetőek ezen környezetfejlesztési tevékenységek. Ugyanakkor földgázüzemű autók használata

átmenet lehet a hagyományos és elektromos autók között addig, amíg utóbbiak nem terjednek el megfelelő mértékben.



14. ábra: CNG-üzemanyag tankolása (Kép forrása: www.totalcar.hu)

Végül a CNG jelenét és várható jövőjét érdemes egy SWOT-analízis keretében ismertetni. A SWOT analízis [**S**WOT= **S**trength (=erősségek) + **W**eaknesses (=gyengeségek) + **O**ppurtunities (=lehetőségek) + **T**hreats (=veszélyek)] lényege, hogy a terméket vagy technológiát aszerint vizsgálunk meg, hogy mik segítik és mik gátolják a termék elterjedését a piacon. Emellett tekintetbe vesszük azt, hogy ezek közül melyek a technológiából adódó belső tényezők és a külső környezeti tényezők. Ezt legegyszerűbben egy kis 2 x 2-es táblázatban ábrázolhatjuk.

9. táblázat: SWOT-analízis elemzés (Táblázat forrása: www.cngport.hu)

	Segítik a célok elérését	Gátolják a célok elérését
Belső tényezők	<p><u>Erősségek</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Olcsóbb mint bármelyik másik üzemanyagfajta • Ára kiszámítható, ritkán változik, és elviselhető mértékben • Környezetkímélő: alacsony CO₂ és NO₂ kibocsátás, alacsonyabb zaj • Megújuló formában is létezik: ez a biogáz • Nincs jövedéki adója • Máris sokféle gyárilag CNG-vel szerelt jármű kapható • A jelenlegi belsőégésű motorokban használható a motorok megváltoztatása nélkül • Ma még nincs más alternatív üzemanyag ami ekkora mennyiségben, ilyen bőséggel rendelkezésre áll • A földgáz az egyetlen alternatíva a nagy volumenű közúti személy- és teherszállításban 	<p><u>Gyengeségek</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Új az üzemanyagpiacon, erős lobbikkal áll szemben • Kevés a közvetlen fogyasztói tapasztalat • A CNG-s járművek választéka még viszonylag szűk a többihez képest • A CNG-s járművek valamivel drágábbak, mint a dízel vagy benzin üzeműek • A CNG-s járművek hatótávja általában kisebb mint a dízelé • Magas a költsége egy CNG töltőállomás létrehozásának • Túlságosan szigorú, elmaradott törvényi szabályozás: <ul style="list-style-type: none"> ○ otthoni töltés ○ önkiszolgáló tankolás ○ jövedéki adóraktár ○ stb.
Külső tényezők	<p><u>Lehetőségek</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Jelenleg magas költséggel üzemelő járművek kiváltása olcsóbbakkal • Folyamatosan emelkedő gázolaj és benzinárak • Növekvő ökológiai tudatosság a lakosság és a vállalkozók körében • Új munkahelyek teremtése • Az európai energia és klímapolitikai célok kedveznek a metán alapú termékeknek (földgáz, biogáz) • Szigorodó környezetvédelmi szabályozások: pld. dízel járművek leállítása szmog esetén • CNG és biogáz népszerűsítő projektek futnak • Új beruházási támogatási lehetőségek a kormányzat és az EU részéről • Csökkenő energiafüggés, főként a biogáz esetén 	<p><u>Veszélyek</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • A földgáz árak emelésének veszélye a világpiac által • Változó adópolitika és politikai irányok (jövedéki adó emelése) • A rossz szabályozás miatt ellenőrizetlenül terjed az otthoni töltés: balesetek esetén a közvélemény elfordulhat a CNG-től • Az LPG-re átállás sokkal kisebb beruházást igényel

2.2.2. LNG (=Liquefied Natural Gas)

2.2.2.1. Általános jellemzők



15. ábra: Az LNG alkalmazott szimbólumai.

Az LNG üzemanyag a Liquefied Natural Gas angol rövidítése, más néven cseppfolyós földgáz, amelyet -161 Celsius-fok alá való hűtéssel nyernek. A hűtés során a gáz térfogata hatszázad részére csökken, ezáltal sokkal gazdaságosabbá válik a nagy távolságokra történő szállítása. A cseppfolyósítás előtt a szennyező anyagokat el kell távolítani a gázból, a kén és a széndioxid ugyanis korrodálják a hűtőberendezést, a víz és a szénhidrogének pedig szilárd anyagként kifagynának az elegyből, s eltömítenék az eszközt. Emiatt az LNG 95 százalék körüli arányban tartalmaz metánt, s visszagázosítás után tisztább anyag lesz a földből nyert földgáznál. Így tisztábban ég, s kevesebb emissziót termel.

A cseppfolyós földgáz színtelen, szagtalan, nem korrozív. A cseppfolyósítás előtt nem, csak visszagázosítás után szagosítják a földgázt, ugyanis az illatanyag szintén kifagyna a hűtés során.

Az LNG-t mind a hajón való szállítás során, mind a szárazföldön speciálisan erre a célra tervezett tartályokban tárolják, amik többszörösen szigeteltek, és ellenállnak az extrém hidegnek. A speciális hajókon és teherautókon olyan helyekre is eljuttatható, ahol gázvezetékek lefektetésére nincs lehetőség. A közhiedelemmel ellentétben a tárolás normál légnyomáson történik, így egy esetleges szivárgás során sem szabadul fel hirtelen annyi energia, ami robbanáshoz vezetne. [10]

A szennyező anyagok eltávolításának köszönhetően az LNG nem tartalmaz gyúlékony forrást, így önmagában nem ég. Tűzhöz vagy robbanáshoz három tényező együttállása szükséges: éghető anyag, oxigén és hőforrás. Az LNG tehát csak akkor gyulladhat ki, ha zárt környezetben a levegővel érintkezve 5-15 százalékos elegyet hoz létre, valamint van a közelben gyújtóforrás.



16. ábra: LNG –transzport tankhajón (Kép forrása: www.azbil.com)

Az LNG-értéklánc vagy ellátási lánc az a folyamat, mely során a földből kitermelt földgázt cseppfolyós alakban szállítva eljuttatják a fogyasztókhoz. Ez viszonylag költséges beruházásokat kíván: elejétől a végéig mintegy 7-14 milliárd dollárba kerül a folyamat.[11]

Az értéklánc öt szakaszra bontható:

- A földgáztartalékok feltárása és kitermelése
- Cseppfolyósítás
- Szállítás hajókkal
- Tárolás, visszagázosítás
- Fogyasztók hozzájutása a visszagázosított LNG-hez

Az iparág korai éveiben előfordultak halálos kimenetelű balesetek, de ezek elszigetelt szárazföldi létesítményekben történtek. Az esetekből tanulva, azóta sokat szigorodtak az előírások, s a fejlettebb biztonsági technológiáknak köszönhetően jelentősen csökkentek az LNG-vel kapcsolatos kockázatok.

2.2.2.2. Az LNG-üzem története, nemzetközi elterjedése és ennek lehetséges veszélyei

A földgáz cseppfolyósítása egészen a 19. századig nyúlik vissza, amikor a brit kémikus-fizikus Michael Faraday különböző gázok folyékonyá tételével kísérletezett. Az első kompresszoros hűtőgépet Karl Von Linde német mérnök építette 1873-ban, Münchenben.

Az első LNG-üzemet 1912-ben építették az amerikai Nyugat-Virginiában, amely öt évvel később kezdte meg működését. Az iparág azonban a negyvenes-ötvenes évektől kezdett kiteljesedni.

1961-ben Nagy-Britannia 15 éves szerződést írt alá Algériával, melyben évi egymillió tonna LNG szállításáról egyeztek meg. Így az Egyesült Királyság lett az első LNG-importáló, Algéria pedig az első exportáló ország, s utóbbi e szerződés teljesítésére épített fel Arzewben

cseppfolyósító üzem. A szállítás 1965-ben indult. A britek mintájára 1962-ben Franciaország is hasonló szerződést kötött Algériával.

Ázsia 1969-ben kapcsolódott be az LNG-kereskedelembé, amikor az alaszka Kenai üzemből, amely ma az egyik legrégebbi folyamatosan működő cseppfolyósító telep, Tokióba kezdtek folyékony gázt szállítani.

A hetvenes években az Egyesült Államokban négy tengeri terminált építettek, melyek 1979-ben érték el importkapacitásuk csúcsát. A behozott LNG mennyisége ezután csökkenni kezdett, mert az észak-amerikai gáztöbblet miatt árviata bontakozott ki Algériával, ami az USA egyetlen beszállítója volt. Ezzel párhuzamosan Európában és Ázsiában fokozatosan bővült az LNG-kereskedelem.

2005-ben átadták az első tengeri visszagázosító üzem a Mexikói-öbölben. Az egyre nagyobb érdeklődés folytán napjainkban is tart az iparág bővülése, számos javasolt, tervezett és elfogadott projekt vár megvalósításra.

Ugyanakkor az LNG növekvő térhódításával párhuzamosan a vele kapcsolatos aggodalmak is erősödnek. Sokan tartanak terroristatámadástól, hiszen a hajókon és terminálokban tárolt LNG végülis alkalmas lehet robbantásra. A hajók 10-20 millió dollár értékű rakománya kalóztámadásnak lehet kitéve: 2005-ben például Szomália, 2010-ben pedig Kenya partjainál foglaltak el LNG-tankert. A lakosság mellett a tűzzel vagy robbanással járó balesetektől is tart.

Sokan fogalmaznak meg kétségeket az LNG környezetre gyakorolt hatásával kapcsolatban. A legnagyobb félelem abból fakad, hogy a közvélekedés szerint egy tengeri baleset folytán az LNG kiömlése az olajkatasztrófához hasonló következményekkel jár. Ez azonban nem igaz. Az LNG -161 Celsius-fokon forrásponton van, így ennél magasabb hőmérsékletű levegővel érintkezve azonnal elpárolog. Ha egy teherhajó valamely tartályán repedés keletkezne, és az LNG elkezdene szivárogni, a levegőn rögtön elillanna, ha pedig a tengervízbe folyna, úgy feljönne a felszínre (mivel sűrűsége kevesebb mint fele a vízének), és onnan párologna el. A kiömlő LNG tehát nem képez réteget sem a vízen, sem a földön, hanem maradványt sem hagyva elillan. Így emiatt nincs szükség környezeti tisztításra utána.

2.2.2.3. Az LNG-üzemanyag terjedése napjainkban

Az LNG gáz piaca is nagymértékben épül ezen szempontokra.

Az LNG-eladók azok az országok, ahol:

- tengerparttal rendelkeznek
- a földgázkészletek és a –termelés lényegesen meghaladják a belföldi felhasználást
- a szomszédos országok földgázigénye jelentéktelen
- szállítóvezeték nem érhető el jelentős felvevő
- az ország gazdaságának alappillére a földgázexport

A legnagyobb exportőrök voltak 2012-ben: Katar, Malajzia, Ausztrália, Nigéria, Indonézia, Algéria, Oroszország.

Az LNG piaca gyorsan változik, és egyre újabb szereplők jelennek meg. Új eladó a piacon az USA, Ausztrália is újnak számít, és máris nagy mennyiséggel jelent meg, Oroszország is szeretné megőrizni (elsősorban az európai) exportpiacait, ezért gyors ütemben fejleszti LNG termináljait és -szállítóflottáját is, bár még egyelőre csak Távol-Keleten forgalmaz LNG-t. Jelenleg 19 ország exportál LNG-t.

Az LNG-vevők azok az országok, ahol:

- tengerparttal rendelkeznek,
- a belföldi földgáztermelés kisebb, mint a -felhasználás,
- az ország energiaszükséglete más módon nem elégíthető ki (a vezetékes földgázellátás valamilyen okból nem jöhet számításba).

A legnagyobb LNG-importőrök voltak 2011-ben: Japán, Dél-Korea, Kína, India, Spanyolország, Tajvan, Nagy-Britannia. A két utóbbi ország jelentős mennyiséget importál csővezetéken is. Az importált földgáz alapvetően gázvezetéseken keresztül érkezik Európába. A vezetékes gázt szállító ellátók közül magasan Oroszország az első közel 28 százalékos részesedésével, öt Norvégia követi 15 százalékkal.

Az elmúlt évtizedben történt orosz-ukrán gázviták kapcsán előtérbe került az ellátásbiztonság kérdése. Oroszország ugyanis többször elzárta az Ukrajnán áthaladó gázvezetékek csapjait, veszélybe sodorva ezzel az EU energiaellátását. A probléma megoldására az Unió egyfelől új vezetékek építéséről kezdett gondolkodni, másfelől szorgalmazta az LNG-beruházások növelését. Az LNG ugyanis sokkal gazdaságosabban szállítható távoli országokból, így csökkenthető az egyetlen országtól való gázfüggőség, diverzifikálható a fogyasztási portfólió.

Az Európai Unióban jelenleg hét tagállam működtet LNG import terminálokat és visszagázosító üzemeket. A mostani 17 terminál mellett folyamatban van hat újabb üzem építése, és 29 további terveznek létrehozni a közeljövőben csak az Unió területén. Ezekből a számokból is látszik, hogy a tagállamok és a befektetők egyre nagyobb lehetőségeket látnak az LNG-ben mind biztonsági, mind jövedelmezőségi szempontból.

Az EU legnagyobb LNG beszállítója Algéria és Nigéria, míg a legnagyobb fogyasztója Spanyolország és Franciaország. További LNG-s országok közé tartozik az Egyesült-Királyság, Belgium, Portugália, Olaszország, Görögország.

Látva az LNG-előállítás és -szállítás biztonságos voltát, az Európai Unió más országai is szándékoznak bekapcsolódni az LNG-kereskedelembé, hogy így javítsák az energiaellátás biztonságát, és tisztább energiát használva hozzájáruljanak a klímavédelmi célokhoz. Több országban kiépülőben van az LNG-import terminál: így Hollandia, Lengyelország, Svédország, Horvátország, valamint az EU-val szomszédos Törökország.

Hozzánk legközelebb a horvátországi Krk szigetén készül terminál, nemzetközi összefogással. A meglévő szárazföldi csővezetékhalozaton keresztül bennünket is elérhet a terminálról földgáz, remélhetőleg 2016-tól. Hasonló program indult a lengyel tengerparton is, az itt lefejtésre kerülő gáz Magyarországra juttatásához még szállítóvezeték-szakaszoknak kellene

épülnie. Terítéken van LNG-terminál építése Románia Fekete-tengeri partján is, ahonnan mi is kaphatunk majd földgázt.

2.2.2.4. Az LNG-autóbuszok megjelenése a városi közlekedésben

Az LNG üzemanyag nem nagyon elterjedt a városi közösségi közlekedésben. Európa szerte nagyon kevés helyen találkozunk olyan városi vagy elővárosi közlekedési társasággal, amely LNG-vel tankolja a járműveit. Ennek egyik oka az, hogy autóbuszgyártó cégek nem gyártanak ilyen üzemanyagú autóbuszokat, és LNG-t főként teherautóknál és kamionoknál szoktak használni.

Lengyelország két városának tömegközlekedésében azonban mégis LNG hajtású autóbuszok jelennek meg a 2014-es évek végén, 2015-ös évek elején. Az LNG autóbusz beszerzés annak köszönhető, hogy együttműködést kötött egymással az orosz Gazprom gáztársaság és a lengyel Solbus buszgyártó vállalat. A megállapodás eredményeként a Varsói Közlekedési Vállalatnál (MZA) 35 db, és egy másik kisebb lengyel város, Olsztyn-ban 11 db LNG cseppfolyós földgázüzemű buszok jelennek meg a tömegközlekedésben.



17. ábra: A Varsói LNG hajtású Solbus átadásra készen (Kép forrása: www.alternativenergia.hu)

2.2.3. LPG (=Liquefied Petroleum Gas)

2.2.3.1. Általános jellemzők



18. ábra: Az LPG alkalmazott szimbólumai.

Az LPG üzemanyag a Liquefied Petroleum Gas angol rövidítése, más néven cseppfolyósított gáz, de szokták LP-gáznak és autógáznak is nevezni, amelyet gépjárművek üzemanyagaként használnak.

A cseppfolyósított gáz lehet propán, bután, propilén, izobután, izobutilén, butilén és ezek elegyei. A cseppfolyós motorhajtóanyag közel azonos összetételű a háztartási PB-gázzal. A háztartási PB-gázhoz képest az autógázban kevesebb szennyeződés lehet, kénhidrogént, vizet nem tartalmazhat. A cseppfolyós gáz 95%-ban propánt (C_3H_8) és butánt (C_4H_{10}) tartalmaz. A propán és a bután aránya kb. 40%-60%. A fennmaradó 5% nehezebb szénhidrogénekből áll.[18]

Az LPG viszonylag alacsony nyomáson (körülbelül 6 bar), környezeti hőmérsékleten cseppfolyósítható. Üzemanyagként részére így tartályautókon szállítják, és a töltőállomások tartályában tárolják a kimerésig. Szivattyúval, speciális töltőszelepen át töltik be a gépkocsi tartályába. A gépkocsik tartályaiban kb. 12 bar nyomáson kerül tárolásra a cseppfolyósított gáz.

Környezeti hatást tekintve optimálisabb módon ég, mint a benzin, mivel a nitrogén-oxid-összetevő a kipufogógázban csak mintegy 20%-a a benzinmotorénak, a szén-dioxid (CO_2)-kibocsátása is mintegy 15%-kal alacsonyabb, valamint a nem elégett szénhidrogén is csak mintegy fele a benzinüzemnek. Szén-monoxid-értéke nullának vehető. Emellett az LPG-égéstermékek, alacsonyabb gépjármű katalizátorhőmérséklet mellett is semlegesíthetők, ezáltal a gázmeghajtású motorok a katalizátort kímélik. Ezen kedvező emissziós tulajdonságok miatt az LPG-hajtotta gépjárművek és -targoncák – a földgázüzeműek mellett – olyan belsőégésű energiaforrással rendelkeznek, amely még zárt térben is üzemeltethető. Ezzel szemben például a dízeltargoncák korom- és nagy mennyiségű NO_x kibocsátásuk miatt erre nem alkalmasak.

2.2.3.2. Az LPG-üzem története, nemzetközi elterjedése

Az autógáz nem megújuló energiatípus. A jelenlegi árviszonyok mellett kb. 40-50%-kal olcsóbban utazhatunk, mint benzinnel.

Azonos tartálméretnél, "LPG"-vel hozzávetőleg háromszor akkora távot lehet megtenni, mint földgázzal. A benzinnel képest ugyanazon gépjármű 10%-kal kevesebb CO₂-t bocsát ki, míg a dízelhez valamint a földgázhoz képest is valamelyest magasabb ez az érték (kb. 2%-kal több, mint a dízelé, és 5%-kal több, mint a földgáz esetén.). Olaszországban indult rohamos elterjedésnek, immár 50 éve, de már a háború alatti kőolajhiányos állapotban, gáz-halmazállapotú kőszén-gázzal taxikat üzemeltettek a központi hatalmak, így hazánk is.

Az Európai Unióban 2007 óta jogszabály követeli meg az újonnan üzembe helyezett dízelmotorok koromrészeske-szűrővel való ellátását, emiatt a gázhajtás ismét reneszánszát éli például a targoncák üzemeltetése terén.

Magyarországon, míg például a benzin ára tartósan a 420-430 Ft/liter körüli sávban mozog, addig az LPG - t, az autógázt a 280-300 Ft/literes eladási áron lehet, még az adóemelést követően is tankolni.

Az LPG költséghatékony vonzása azzal is jár, hogy sokan átalakítják személyautójukat benzin-autógázzal. Az átalakítás után külön kell vizsgáztatni az átalakított gépjárművet. Ezen kívül minden esetben új környezetvédelmi igazolást (zöldkártya) is kiállításra kerül mely a benzines és a gázos emissziós értékeket tartalmazza.

A gépjárművek terén Németországban magas a kettős üzemre való átállítás költsége, viszont kedvezőbb a benzin-autógáz árviszony (átlagosan 0,55%), a megtérülés a nagyobb átlagos futásteljesítmény miatt még rövidebb is, ezért rohamosan fejlődik az autógáz-tankolási lehetőség, szinte bárhol lehet LPG-t tankolni. Mivel a gázüzeműre átalakított járművek minden esetben kettős – benzin-gáz - üzemelésűek, ezért soha nem kell attól tartani, hogy út közben kifogy a gáz, és nincs a közelben autógáz-kút, hiszen a műszerfalán elhelyezett kapcsoló segítségével egy egyszerű mozdulattal - akár menet közben is - átkapcsolhatjuk az autót benzinüzeműre, mindaddig, míg el nem érjük a legközelebbi autógáz-kutat.

2010-ben több mint 17 ezer LPG üzemű jármű volt világszerte, ezek közül is Törökország, Lengyelország, Dél-Korea valamint az USA említhető meg. Pakisztánban viszont betiltották az LPG-gázt közbiztonsági okokból.

Magyarországon egyre több helyen lehet autógázt tankolni, tehát az LPG-s autók nem szenvednek hátrányt a rendelkezésre állás esetében.

2.2.3.3. Az LPG-autóbuszok a városi közlekedésben

Az LPG üzemanyag az LNG-hez hasonlóan nem nagyon terjedt el a városi közösségi közlekedésben. Az LPG üzemű autóbuszok igen kevés helyen fedezhetőek fel Európában. Magyarországhoz legközelebb a Bécsi Közlekedési Vállalat (=Wiener Linien) üzemeltet LPG-hajtású autóbuszokat. Azonban itt sem sokáig, mert a Közlekedési Társaság az 500 autóbuszának a felét újabb járművekre cseréli.[15] Alapszintű elvárás manapság, hogy az új autóbuszoknak az EuroVI-os normát teljesíteniük kell, és mivel LPG üzemanyag a legújabb környezeti normával nem készül, ezért a Wiener Linien a Grazi Műszaki Egyetem javaslatára Euro VI-os hagyományos dízelmotorok mellett döntött. Így Bécsben is folyamatos törekvés, az utasközönség még környezetbarátabb járművekkel való kiszolgálása.

Az LPG autóbuszoknak nem jósolható nagy jövő, köszönhetően talán annak is, hogy a CNG-üzem, a hibrid technológia, valamint a tisztán elektromos, akkumulátoros hajtás a ma már egyre inkább elfogadott normatíva.

Az Egyesült-Államokban is használatos az LPG-gáz. A "Propán-hajtású" technológia iskolabuszok vonalán teljesít szolgálatot, törekedve ezzel is a környezet és a tanulók egészségére. Az autóbuszok oldalán is erről árulkodnak a felírások és címkék.[17]



19. ábra: "Powered by Propane" és „Blue Bird” feliratok is jelzik a környezetbarát járművet. (Képek forrása: Wikipédia)

2.2.4. Biogáz és Biometán

A biogáz oxigén hiányában a szerves anyagok bomlása során keletkezik. Ez a megújuló energiaforrások közé tartozik, úgy mint a nap-és a szélenergia. Továbbá, a biogáz előállítható regionálisan rendelkezésre álló nyersanyagokból és az újrahasznosított hulladékból. Környezetbarát és CO₂ semleges.

A biogáz előállítható anaerob erjesztéssel vagy biológiailag lebomló anyagok, mint a trágya, szennyvíz, kommunális hulladék, zöld hulladék, növényi anyag, és a növények felhasználásával. A biogáz elsősorban a metánt tartalmaz (CH₄) és szén-dioxid (CO₂), és lehet benne kis mennyiségű hidrogén-szulfid (H₂S), nedvesség.

A gázok metán, a hidrogén, és szén-monoxid (CO) elégethetők vagy oxidálhatjuk oxigénnel. Ez lehetővé teszi, hogy a biogázt használható üzemanyagként. A biogáz üzemanyagként használható bármely országban, bármilyen fűtési célra, például főzésre. Anaerob rothasztókban történik a gáz előállítása: a szennyvíziszapot mezofil illetve termofil körülmények között rothasztják. Ezt az előállított biogázt később akár egy gázmotorral át lehet alakítani villamos energiává és hővé. A biogáz tömöríthető, ugyanúgy, mint a természetes gáz, így hasznosítható gépjárművekben is.[19]

Az Egyesült Királyságban például a becslések szerint az üzemanyagok 17%-a biogázból tevődik össze. A biogázt is meg kell tisztítani, és a belső égésű motorok hajtóanyaga lehet. Ez a biometán. A biogázból nyert metánban már nincsenek szennyezők. Járműhajtásra megfelelő abban az esetben, amennyiben 75% feletti metántartalommal rendelkezik. A biometánt alkalmazzák hő-és villamosenergia előállítására, bekapcsolhatják energiatermelési rendszerbe, illetve üzemanyagként használhatják járműveknél.

Konkrét példaként említhető meg, hogy Zalaegerszegen hogyan hasznosítják a városi közlekedésben a biogázt. A Zala Volán 2011 őszén határozta el, hogy gázüzemű autóbuszok forgalomba állítását elsősorban környezetvédelmi okokból, de a gázolaj egyre drasztikusabban emelkedő ára miatt az intézkedéstől hosszabb távon költségmegtakarítást is remélnek. Így egy használt MAN NG 232 CNG típusú járművet vásároltak meg, amelynek üzemeltetése példaértékűvé válhat más városok számára is. Ez az egy kísérleti autóbusz üzemanyagként a Zalavíz Zrt. által előállított biogázt használja.[9] A személygépkocsik egy részét is ezzel az üzemanyaggal hajtják, és a tervek szerint rövidesen a teherautókra, önkormányzati cégek járműparkjára és további városi autóbuszokra is kiterjesztik ezen technológia teljeskörű alkalmazását.



20. ábra: Az autóbusz Zalaegerszegen "metánbusz" felirattal állt forgalomba. (Kép forrása: Indóház)

2.3. Mai modern technológiák

Visszatekintve az eddigi üzemanyagokra, elmondható, hogy a dízelhez képest a CNG a környezetre sokkal inkább kímélő üzem mód. A legfrissebb kutatások is az eddigiekhez képest még sokkal alacsonyabb károsanyag-kibocsátásra törekednek.

Ezek közé tartozik a hibrid hajtásrendszerű és tiszta villamos hajtású technológia, amely ma már a gyakorlatban is elérhetővé vált.

2.3.1. Hibrid hajtásrendszerű technológia

A hibrid hajtásrendszerű autóbuszok csoportján belül beszélhetünk dízelmotoros hibrid hajtásrendszerű, üzemanyagcellás hibrid rendszerű, továbbá kisteljesítményű dízelmotorral ellátott akkumulátoros buszokról. Ebben a fejezetben a hibrid buszokat mutatom be általánosan.

A következő főbb jellemzőket taglalja a Városi Közlekedés folyóirat (2008/3) a Mercedes-Benz Citaro G Blue Tech-Hybrid autóbusról, amely más típusokra egyaránt érvényesnek tekinthető.

„A Citaro hibridhajtásának részét alkotó dízelmotor nem a kerekeket, hanem a generátort hajtja áramtermelés céljából. Az áramot az autóbusz tetejére épített gondozást nem igénylő lítium-ion akkumulátorok tárolják. Nemcsak a dízelgenerátor, hanem a fékezéskor felszabaduló, visszanyert energia is táplálja az akkumulátorokat. A hibridautóbusz hajtását a középső és a hátsó tengelyvégeken található villamos kerékagymotorok szolgálják. A fékezéskor felszabaduló energia – megállóhoz, piros lámpához érve – a várakozó vagy éppen induló jármű áramellátására fordítódik. A mellékaggregátorok villamosításával a Citaro hibridváltozata mind álló helyzetben, mind menet közben tisztán villamos üzemben, azaz ténylegesen károsanyag-kibocsátás nélkül és a szokásosnál jóval csendesebben is működik.”



21. ábra: A Mercedes-Benz Citaro G Blue Tech-Hybrid autóbusha. (Kép forrása: Mercedes-Benz)

A villamos erőátvitelű, hibrid hajtású városi autóbuszok legnagyobb számban az Egyesült Államokban, Kanadában és az Egyesült Királyságban üzemelnek. New Yorkban 850 db, Ottawában 202 db hibrid autóbusz közlekedett, már 2008-ban! Európában az utóbbi pár évben kezdtek elterjedni, ám ez a növekvő tendencia leginkább Nyugat-Európára igaz. Közép-Európa, benne Magyarország és a szomszédos országok, most szerzik a tapasztalatokat ezen technológiából. Konkrét példaként említhető Kecskemét városa, ahol ebben az évben 25 db ilyen típusú autóbusz beszerzése mellett döntöttek.

A hibrid autóbuszok egyik előnye, hogy mivel kettős üzemű autóbusról beszélünk, ezért a meglévő üzemanyag-ellátási struktúra adott. A dízel autóbushoz képest 25-30%-os üzemanyag megtakarítást láthatunk, de a CNG-vel szemben drágább. Bizonyos szűk területeken (pl. belváros legbelsőbb utcái) zéró emissziós működés, elektromos üzemben kerül alkalmazásra.

Az átlagos károsanyag-kibocsátás – az üvegház-hatású komponensekre- 30 tonnával volt kevesebb hibrid-buszonként, az évi 70 ezer km futásteljesítményükre. Ez 36%-al kevesebb CO₂-t jelentett. Ugyanakkor a hibridek 5 %-al több NO_x –t bocsátottak ki, mint a normál hajtású buszok. Ezen autóbuszoknak kisebb zajszintjük, egyenletesebb vonóerő- és fékerőkifejtésük kellemesebb utazást tesz lehetővé.

Ismertségük és közkedveltségük gyorsan növekedett: a járművezetők és az utasok is egyaránt megkedvelték ezen csendes környezetkímélő járműveket.

„Az új hibrid buszok üzemeltetését Nantes-ban nagy rugalmasság és gazdaságosság jellemzi. Kiemelkedő jelentőségű lett a komfort és a megbízhatóság, mert csak akkor szállhatnak át az autósok a buszra. Nantes városa nagyon jó példa, csökkent a gépkocsiforgalom, és új utasok jelentek meg a közforgalmú közlekedésben. Nőtt a tömegközlekedés részaránya, és agglomerációs közlekedést is nagyban elősegíti.”

Hátrány azonban a magas beszerzési ár: sokkal drágább egy dízel, de még egy CNG autóbusznál is. (40-70%-al) A dízelmotor Euro 6-os kialakítása és működtetése drága és karbantartás- igényes, továbbá az akkumulátorok költségei a busz élettartama során (sokszoros akkumulátortelep-csere) igen magasak, az ezzel kapcsolatos teljes környezeti terhelés még nem is igazán ismert.

2.3.2. Tiszta villamos hajtású technológia

A tiszta villamos hajtású járművek csoportján belül a trolibusz és az akkumulátoros buszokat/ elektromos autót különböztetjük meg.

2.3.2.1. Trolibusz

A trolibusz villamos hajtású autóbusz, amelyben a dízelmotort villamos vontatómotor helyettesíti és amelyhez a villamos energiát helyhez kötött, állandó feszültségű egyenáramú felsővezetékéből kapja.[20]

Az első trolibusz 1882-ben állt forgalomba Németországban, Berlin közelében. Budapesten 1933-ban jelent meg Óbudán a trolibusz, amely a II. világháború végéig volt üzemben.

A trolibusz a gumibroncsos autóbuszból és közúti vasút villamos hajtásából kialakított hibrid (öszvér) megoldás. Kifejlesztésének az volt a célja, hogy a villamoshajtás környezeti és vontatási előnyeit egyesítsék az autóbusznak a közutakon való szabad mozgásával. Tehát a városi helyi közlekedésben használatos olyan villamos hajtású közúti jármű, amelyet a kettős (különleges) egyenáramú felsővezetékéből táplálunk, és ezáltal útvonalhoz, de nem vágányhoz van kötve. Ez a „villamos-autóbusz” az elnevezését az eredetileg görgős fejű hosszú rúdármszedő angol trolley, magyarosítva troli névből kapta.

A felsővezetékes trolibusz előnyei környezeti szempontból a dízel és benzinüzemű autóbuszokkal történő összehasonlításán keresztül látható meg a legjobban. A trolibusznál elmarad dízel és benzinmotorok kipufogógázai által okozott közvetlen levegőszennyezés, amely nagyobb forgalmú, sűrűn lakott esetleg szűkösebb utcákon nagy jelentőséggel bír. Szén és olajtüzelésű erőművek esetében – ami a villamos energia előállításának a leggyakoribb módja – a szennyezőanyagok nem a járókelők közvetlen környezetében történik, hanem a városi utaktól távol erre speciálisan kialakított helyeken, megfelelő tüzelő és szűrőberendezésekkel. Tehát a lakosok nincsenek kitéve a szennyezőanyagok belélegzésének a trolibusz közvetlen környezetében, mert az áram megtermelése máshol történik.

Hátrányként merül fel az a szempont, hogy a trolibusz kizárólag egy kiépített felsővezetékkel felszerelt kötött pályaszakaszon képes közlekedni. Ezzel szemben az autóbuszok szabad útvonalon közlekedhetnek kötöttségek nélkül közlekedhetnek. A trolibusz felsővezetéke kevésbé esztétikus megoldás, ám a közlekedésben környezetszennyező tulajdonságokkal nem rendelkezik.

Továbbá a villamos motor kevesebb zajt bocsát ki, mint a belsőégésű motor, de a kerekek gördülési zaja is valamivel kisebb a dízel és benzin üzemű autóbuszokéhoz képest.

Forgalmi szempontból számos előnnyel bír a városi villamosvasúttal szemben, mert ki tudja kerülni a forgalmi akadályokat (pl. szabálytalanul parkoló autósokat), amelyre a vágányhoz kötött jármű nem alkalmas.

Villamosgépészeti szempontokat is figyelembe véve a villamos motor a hálózatról túlterhelhető, míg a dízel és benzinmotor nem terhelhető túl. Induláskor tehát a trolibusz nagyobb v_i végsebességig képes állandó vonóerővel gyorsítani, azaz lendületesebb, mint a dízel-autóbusz. Éppen ezért a trolibusz kiváló terepe lehet a hegyes-dombos vidék. A budapesti XII. kerületi Hegyvidék egyik legnagyobb magasságkülönbséget megjáró 21-es autóbusza (Széll Kálmán tér M – Normafa - Csillebérc KFKI) például helyettesíthető lenne környezetbarát trolibuszokkal, amelyek nem csak, hogy nem szennyeznék az egyik "legzöldebb kerületet", de jelentős energia-megtakarítást is biztosítanak. A korszerű új illetve modernizált (utólag korszerűsített) régebbi trolibuszok a fékezéssel energiát nyernek vissza, amelyet a felsővezetékbe visszatáplálva ismét felhasználhatnak. Ha megnézzük ezen említett autóbuszvonal útvonalát, akkor láthatjuk, hogy a trolibusz lefelé "szinte ingyen" jöhetne.

Az új generációs trolibuszok önjáró üzemmódra is képesek. Ez azt jelenti, hogy egy esetleges áramkimaradás, vagy egy váratlan és hirtelen forgalomterelés nem okoz fennakadást a közlekedésben. Az akkumulátorral vagy dízel-aggregáttal felszerelt trolibusz tehát „kételtű járműként” is említhető, mert az alap működési struktúrájának hiánya ellenére egy másik alternatívával képes továbbhaladni (természetesen csak egy bizonyos ideig). Ezen kívül nagyobb köztereken egyes szakaszokon felsővezeték nélkül alakítható ki az útvonal, hogy esztétikai szempontból megfelelő megjelenést adjon környező területeken. Erre is kiváló alternatívaként szolgál az önjáró trolibusz.

A trolibusz egyes Nyugati országokban elavult üzemnek minősülnek. Több városban megszüntették [pl. Innsbruck (Ausztria), La Chaux de Fonds (Svájc)], és további gazdag francia és svájci városok követhetik példáját. Ha azonban a gazdaságosság és környezetvédelmi szempontok alapján nézzük meg a trolibuszt mint közlekedési formát, akkor láthatjuk, hogy Budapesten még ma is a leginkább környezetkímélő technológiának tekinthető, hiszen elegendő anyagi forrás hiányában nem lehet teljesen zéró emissziós autóbuszokban gondolkodni. Ugyanis egy elektromos jármű átlagos élettartama 6, maximum 8 év, utána új akkumulátorok vásárlása rákényszerítené a közlekedési társaságot majdnem egy új jármű vásárlásával. Ezzel szemben egy egyszer jól megépített trolibusz és hozzá tartozó infrastruktúra (itt a felsővezetékertve) 20-30 évig is képes üzemelni.* Tehát az elektromos busz üzemeltetésének ára többszörösét is jelentheti egy trolibuszszal szemben. Ez utóbbi technológia viszont nem a mai Nyugat-Európai technológiák legújabb rendszereként van nyilvánartva.

*Budapesten a régi szovjet trolibuszokat 2012 év végén 34-36 évesen selejтеzték le.

2.3.2.2. Akkumulátoros autóbuszok

Az akkumulátoros járművek olyan állandó egyenfeszültséggel táplált villamos hajtású járművek, amelyek az energiát saját energiaforrásból, a magukkal vitt akkumulátorból veszik.

Amíg Ázsiában már nagy szériában, sorozatban gyártják a tisztán elektromos meghajtású autóbuszokat és már sok ezer darab közlekedik az utakon, addig Európában még csak mostanában jelentek meg az első modellek. Természetesen kísérletek mindig voltak, de a szériagyártás közelsége csak az elmúlt néhány évben realizálódott. Az elektromos buszok végleges kifejlődéséig környezetkímélő járműként addig is a trolibuszt lehet javasolni.

Ha egy ilyen, tisztán elektromos működtetésű autóbuszt összehasonlítunk egy CNG hajtású autóbuszal, akkor előnyként a zéró emisszió fedezhető fel a működés során. Az elektromos buszok helyben nem szennyeznek, azonban az erőművi kibocsátás és egyéb hatások jelentősek lehetnek a környezet károsítása szempontjából.

Két tényező visz az elektromos hajtás felé a közúti járművek területén: a tisztább, energiahatékonyabb hajtási megoldások, technológiák igénye; valamint a könnyű anyagok, az energia tárolás és az energia átvitel területén történő jelentős fejlődése.

Az elektromos buszok és a trolibusz közös jellemzője, hogy a hajtás villanymotorokkal történik, akkumulátorokra, vagy a járművön termelt áramra építve alapozva, és a fékezési energia visszatáplálásra kerül. Összehasonlítva a korábban bemutatott belsőégésű motorral hajtott járművekkel, a villanymotor hatékonysága mintegy 90%-os, míg a belsőégésű, benzinmotornál ez csak 25%.

Az akkumulátoros járműveknek számos előnyük van, így a csendes üzem, könnyű kezelhetőség, a fékezési energia visszatáplálása folytán mérsékelt energiafelhasználás, és üvegház gáz kibocsátás, helyben nulla emisszióval. Lényegében kiküszöbölik a CO, NO_x, CH kibocsátást, természetesen függve az áram előállítás módjától. További előny az otthoni utántöltés lehetősége, és a jó gyorsulási képesség, különösen kis sebesség mellett.

Az alap-probléma az akkumulátorok kérdése, annak ellenére, hogy az elmúlt évtizedekben az akkumulátor technológia is lényegesen fejlődött, nikkkel-kadmium, nikkkel fém-hidrid, és lítium akkukat eredményezve. Ennek ellenére a költségek és a tömeg változatlanul jelentős akadályt képeznek. Előnyös lehetőség már ma is és a közeli jövőben azonban a kis térségekben, városokban való alkalmazás, kisebb sebesség és hatókör mellett.

Ha a világpiacon körültekintünk, akkor a kínaiak BYD nevű 12 méteres szóló autóbusza egyetlen feltöltéssel akár egész napos üzemre alkalmasságával hívta fel magára a figyelmet. A legfontosabb, hogy az akkumulátorok nagy mérete és tömege miatt jelentősen csökken az utastér befogadóképessége, és az egész napos üzem sem igaz még mindenütt. Az európai gyártók (pl. a lengyel Solaris, a holland VDL, a magyar Modulo) az elektromos berendezéseket szállító partnereikkel együtt a kisebb méretű akkumulátorok és a végállomáson történő gyorstöltést lehetővé tévő megoldások felé fordulva kínálnak alternatívát. Ezzel nagyobb, akár a dízelekével megegyező befogadóképességet és valóban egész napos üzemet tudnak garantálni.



22. ábra: Solaris Urbino electric (Kép forrása: www.vossloh-kiepe.com)

Az elektromos autóbuszok technológiája azonban sok nehézséget is okoz az vevő/üzemeltető számára. A járművek sokkal drágábbak, mint a dízel, a CNG vagy hibrid buszok; működtetésükhöz szükséges a töltési kapacitás kiépítése. Az akkumulátorok élettartama korlátozott: a sokszoros csere a busz élettartama során igen drága, továbbá a felhasznált anyagok igen korlátozottan állnak rendelkezésre a Földön, az utánpótlás, a jövőbeni világpiaci árak nehezen kiszámíthatók. Így ezen összehasonlítás fényében megállapíthatjuk: egyelőre a CNG mindkét technológiához képest sok előnyt tud felmutatni, és ez a közeljövőben úgy tűnik, nem is fog nagyon megváltozni, hacsak nem kerül piacra valamilyen forradalmian új akkumulátor-technológia.

2.3.2.3. Az elektromos autó

Bár Magyarországon még kevesen használnak elektromos járművet, egyre több a hibridautó, elektromos bicikli és moped. Budapesten alig van pár elektromos autó, ám több helyen kiépítésre került az elektromos autóhoz szükséges töltőállomás, amely lehetővé teszi, hogy 3-4 óra alatt az autó akkumulátorai teljesen feltölthetők legyenek. Egy töltés után 100-150 km-t képesek megtenni ezen gépkocsik. Mai árakon számolva 100 kilométer megtétele alig 600 Forintba kerül.

Az elektromos autók számára készült töltőállomásokat az elektromos művek, és a nemrégiben alakult, az elektromos közlekedést támogató társulás adta át. Az "Elektromos – Mobilitás" program keretében megvalósult beruházást a Fővárosi Önkormányzat és a Budapesti Közlekedési Központ is támogatta. Az elektromos közlekedést támogató társulás azért jött létre, hogy teret nyisson a környezetkímélő autózásnak. Tagjai tevékenységükhöz, működésükhöz elektromos autókat vásárolnak, töltőállomásokat telepítenek, illetve támogatják a társulás működését.

A számítások szerint országszerte 30-40 kilométerenként kellene e-töltőállomást létesíteni ahhoz, hogy folyamatosan lehessen közlekedni az elektromos járművekkel.

A nemzetközi autógyárak nagy feladatként tekintenek a jövő közlekedési járművére:



23. ábra: Az elektromos autó egy Budapesti töltőállomáson. (Kép forrása:www.tisztajovo.hu)

Dieter Zetsche, a Daimler vezérigazgatója egyenesen "autóipari aranykor" eljövételéről beszélt, ennek beköszönté előtt azonban még számos technológiai akadályt kell elhárítaniuk az autógyártóknak. Az alternatív hajtású járművek kifejlesztése és az elektromos járművek tömeggyártása érdekében az autóiparnak még sokat kell fejlődnie.

Budapesten jelenleg 2 db olyan tisztán elektromos hajtású taxi közlekedik, amely kedvezőbb hatással van a város levegőjére. Egy taxitársaságnak 4-5 év alatt megtérül egy elektromos autó beszerzése, így alternatíva lett az elektromos autó a hagyományos mellett. Jelenleg 37 töltőállomás van Budapesten, a melyeken egyelőre ingyenesen lehet tölteni az autót, de a kutak alkalmasak arra, hogy mérjék, majd kiszámlázzák a felhasznált energiát. Becslések szerint 2020-ra Magyarországon 10 ezer körül lehet majd az elektromos autók száma.

Az elektromos autók esetében lehetséges, hogy akár 100%-kal kevesebb üvegházhatást okozó gázt bocsássanak ki, mint a hagyományos társaik, ugyanis megújuló, tiszta energiából (például szélenergia, vízenergia) származó elektromos árammal is „tankolhatók”. Akkor is 40%-kal kevesebb káros gáz termelődik, ha háztartási áramot használunk az elektromos autók töltéséhez.

3. Fejlesztési javaslatok a környezettudatosság jegyében

A városi környezet levegőjét csak a közlekedési járművek továbbfejlesztésével, új technológiák bevezetésével lehet megtisztítani. A közösségi közlekedés újrászervezésével, továbbá versenyképessé tételével egyre több embert lehetne átvonzani a közösségi járművek igénybevételére. Új környezetbarát technológiák alkalmazása nem csupán környezetvédelmi szempont, de forgalomtechnikai fejlesztéseket is magába foglal. Speciális jelzőlámpa berendezések szintén sokat jelenthetnek egy város életére. Így ezen fejezeten keresztül a városi környezet hatásai melletti megoldások olvashatóak.

3.1. A füves vágány és a parkosítás

A füves vágány nem újkeletű megoldás a városi villamosvasút közlekedésében, ám a jelenlegi nagyobb Európai Uniós beruházások keretében Budapesten az 1-es és 3-as villamosok vonalán, Szegeden is több részen megtalálhatóak. Budapesten már az 1990-es évek elején volt próbálkozás egy rövid szakaszon a füves vágány létrehozására a Móricz Zsigmond körtér közelében a Villányi úton, ám öntözés és gondozás hiányában rövid idő múlva kipusztult.

Miért lehet szükséges a fűvel borított vágányszakasz egy város életében? Milyen előnyöket tapasztalhat meg egy itt élő, de ugyanakkor milyen hátrányok lehetnek velejáróak?



24. ábra: A füves vágány Szegeden. (Kép forrása: Horváth Ádám András)

A fák oxigént bocsájtanak ki, városi jelenlétük éppen ezért számos előnnyel jár, mert javítják a levegő minőségét. Hasonlóan a fű is bizonyos mértékig légminőségjavító hatással bír. Tekintve, hogy kis felületek nem képesek megoldani a városi környezet levegő-problémáit, éppen ezért kell a füves vágányt közös megoldásként alkalmazni a parkosítással. Ligetek, fasorok telepítése nem csupán esztétikumként szolgálhat az utcákon, de a füves vágány megköti a szálló, leülepedő port és mikroszemcséket, és esőzéskor elvezeti a talajba a nedvességet. A fűvel borított rész ugyanakkor nem forrósodik fel annyira, mint a beton, kevesebb hőt sugároz vissza, tehát a városi mikroklímára is jótékony hatással van.

A sínek közé telepített fűnek mindemellett statikai előnye is van, csökkenti a dilatációt, vagyis a sínek melegben, hidegben való deformálódását, és nem szabad elfeledkezni a fűnek otthont adó talajréteg rezgés-, és hangelnyelő tulajdonságáról sem.



25. ábra: A hosszgerendás pálya építése. (Kép forrása: www.innorail.hu)

A füves vágány az építőiparban ma már az ún. hosszgerendás vágány technológiájával készül. Ez azt jelenti, hogy a vágányok nem keresztaljakra épülnek, hanem hosszgerendára. Míg a keresztaljnál körülbelül 20 cm, addig a hosszgerendás kialakításnál 30-40 cm mélységű is lehet a humuszréteg. Ez lehetővé teszi azt, hogy a fűnek elegendő mennyiségű táptalaja legyen, és forró nyáron ne száradjon ki.

A fűvet ugyanakkor káros hatásként érheti a villamosvasút forgó részéből esetlegesen kicsepegő olajcseppek (olajozás vagy zsírozás a forgó alkatrészek kopása elkerülésére), de a fékezésnél a sós homok pályára jutása egyaránt okozhatja a zöldfelület károsodását. Sínpályára ezért csak speciális nagy környezeti hatásoknak ellenálló fűfajta telepíthető.

A füves vágány ugyanakkor folyamatosan igényel karbantartást, időszakonként nyírni kell a megnőtt fűvet, öntözni azonban naponta legalább egyszer kell, amennyiben csapadék nem

esik. Az öntözésre két lehetséges alternatíva létezik: vagy kiépítésre kerül egy automata locsoló-berendezés, vagy a közlekedési társaságnak kell ezt megoldania mechanikus úton: az első műszakos járathoz hozzácsatolnak egy külön erre a célra kifejlesztett öntözőkocsit, amely menet közben meglocsolja a füves ágyazatot.

Így tehát a füves vágány létesítése, folyamatos ápolása és karbantartása egy igen költséges munka és gazdaságilag érzékeny téma egy város közlekedésének életében, amennyiben környezeti értékeket is szem előtt akarunk tartani. Gépjárművek (pl. mentőautók) nem közlekedhetnek ilyen vágányszakaszon, mert a fűnek nincsen akkora teherbíróképessége, állékonysága, amit egy betonnal vagy aszfalttal borított vágányszakasznál, ahol ez nem jelent problémát.

Nem jelent ugyanakkor megoldást a műfű semmilyen mértékben, mert lehet, hogy olcsó, de semmilyen levegőminőség-javító hatása nincsen. Éppen ezért az csak az esztétikumot szolgálja.

3.2. Jelzőlámpák szabályozása és egyéb környezetvédelmi alternatívák

A jelzőlámpák szabályozása talán inkább forgalomtechnikai feladatnak tűnik, ám környezetvédelmi hatások itt sem küszöbölhetők ki. Ha csak egy piros lámpánál eltöltött hosszabb időtávra gondolunk, láthatjuk, hogy a közlekedésből milyen sok felesleges kipufogógáz kerül a levegőbe.

Budapesten az 1990-es években néhány helyre felszereltek a közlekedési jelzőlámpa mellé egy külön kiegészítő lámpát „MOTOR KI-BE” felirattal. Hosszabb várakozásnál a piros lámpa mellett kigyulladt a „MOTOR KI” felirat, és az autóvezetők a környezet kímélés érdekében kikapcsolhatták a motort, majd a „MOTOR BE” lámpa kigyulladásánál vissza. Budapesten nagyobb keresztezésekben még ma is láthatóak ezen lámpák: például a Szentmihályi út – Kerepesi út kereszteződésnél, valamint Csepelen a Weiss Manfréd út – Corvin út csomópontban. Viszont van olyan hely, ahol megszüntették már (pl. Szent János kórház), de vasúti átkelőknél akár vidéken is megtalálhatóak. A 26. ábra a H8/H9-es Gödöllői/Csömöri HÉV vonalán az első említett kereszteződésnél található.



26-27. ábra: A MOTOR KI-MOTOR BE jelzőlámpa. (Kép forrása: Google Earth)

Az imént említett ötlet önmagában dicséretes és követendő, ám ma már van ennél jobb megoldás is. Egy külföldi város (Wroclaw-Lengyelország) látogatásakor láttam több helyen a jelzőlámpa mellé közvetlen telepített visszaszámláló berendezést, amely egy előre beprogramozott rend szerint szabályozta a gépjárművek haladását nagyobb csomópontokban.

Magyarországon is van ilyen visszaszámláló berendezéssel ellátott jelzőlámpa, ám számuk elég csekély a közforgalmú közlekedésben. Nagyobb forgalmú városokban ezen kiegészítő jelzőberendezéssel ellátott lámpáknak alkalmazása előnyös lenne környezetvédelmi szempontból.



28. ábra: A visszaszámláló berendezéssel ellátott jelzőlámpa. (Kép forrása: Horváth Ádám András)

A képen látható kereszteződésben 82 másodpercet kellett várakozni ahhoz, hogy ismét továbbhaladhassunk. Ez nem kevés, ugyanakkor véleményem szerint ez a megoldás sokkal hasznosabb, mint az egyszerű KI-BE jelzőberendezéssel ellátott közúti jelzőlámpa, mert pontosabb információt szolgáltat.

Továbbá fontosnak tartom a jelzőlámpák forgalmas utakon való összehangolását, tehát például egy belvárosban legyenek folyamatos zöld-hullámok. A tömegközlekedési járművek lámpa-összehangolási projektje mellett hangsúlyt kellene fektetni az autós forgalom egyéb közlekedési-lámpáira is. Ebben az esetben egy jól összehangolt lámparendszer az útvonal hosszúságától függően akár 5-10 percet takaríthat meg a gépjárművezető. Ezzel nem csak a közlekedők járnának jól, de a környezetet sem terhelné ez idő alatt (piros lámpák ideje alatt) a károsanyag kibocsátás, illetve a lassítás és gyorsítás miatti emissziók.

3.3. A Budapesti közlekedéssel kapcsolatos szabályozások

A Budapesti autóbusz-közlekedés sokat fejlődött az utóbbi években, ám még közel nem mondható környezetbarátnak. Az Euro 6-os környezeti normának az egész járműállomány körülbelül 8,3%-a felel meg, 17,6 %-a az Euro 5 utáni EEV normának. Érkezett továbbá 245 db használt alacsonypadlós autóbusz is, amely körülbelül 19%-át jelenti az egész állománynak. Ezen autóbuszok az Euro 3-4 normát teljesítik, így lehetővé vált a régi Euro 0-1 kategóriába tartozó magaspadlós autóbuszokat lecserélni.



29-30. ábra: Az új Mercedes buszok sokkal környezetkímélőbbek. (Kép forrása: BKK Zrt.)

Az új autóbuszok egy régi Euro 0 vagy Euro 1-es normatívájú autóbuszhoz képest sokkal kisebb a károsanyag-kibocsátással rendelkeznek: közel 90%-al kevesebb szénmonoxid és szénhidrogén, több mint 80%-al kevesebb nitrogénoxid, és csaknem 100%-al kevesebb szilárd részecske kerül kibocsátásra. Pontos adatokat a 31. ábrán láthatunk.



31. ábra: Az új Mercedes buszok az EEV normával is közel 90%-al kevesebb szénmonoxidot bocsátanak ki az öreg Ikarusokhoz képest. (Kép forrása: BKK Zrt.)

A városba nemsokára további új autóbuszok érkeznek, amelyek a több mint 700 db cserérett környezetet kevésbé kímélő autóbuszokat is kiváltani fogják. Így a régi "füstös" buszok végleg eltűnhetnek Budapest közlekedéséből.

Folytatni kellene a használtbusz beszerzés programot is, hiszen eddigi példák alapján jó áron beszerezhetőek CNG hajtású autóbuszok, amelyek előnyeit korábban kifejtettem. Ezzel további Euro 0-1 kategóriájú autóbuszokat lehetne minél előbb kivonni a közforgalomból.



32. ábra: Mellettem az utódom: a környezetszennyező buszoktól nemsokára búcsút vehetünk. (Képek forrása: Horváth Ádám András)

Egy másik szempont lenne a járatok tudatos összehangolása. A 70-es 80-as években kialakított metróra ráhordó autóbuszjáratokat alakítottak ki, amelyeket nagyobb köztereken végállomásoztattak. Például a Széll Kálmán téren sok ellentétes irányú várakozó autóbust lehetne összekötni, és ezzel a hosszabbítással a Várfok utcában lakók sem panaszkodnának az autóbuszok által kibocsátott kellemetlen motor és kipufogógáz szagára. Ugyanakkor kevesebb autóbuszra is lenne szükség; a két várakozó autóbusz helyett egy áthaladó autóbusz helyettesítené őket. Ezt nevezném rációalapú gazdaságosságnak.

További fontos környezetvédelmi szempontként a végállomáson várakozó autóbuszok motorjának szigorú kikapcsolására tennék hangsúlyt. Sajnos a buszok motorja hideg télen sokszor bekapcsolva marad, arra hivatkozva, hogy máskülönben nem lehet akkor beindítani. Ez még az új Euro6-os vagy EEV szabványoknál elengedhető lenne. Külön figyelmet kellene fordítani nagy emissziós kibocsátású, régebbi gyártmányú autóbuszok esetében: szigorúbb, esetleg menetrendi módosítás alapú szabályt kellene alkalmazni várakozás kiküszöbölésére. Életszerű példaként most nyáron a Blaha Lujza téren a Népszínház utcai 99-es autóbusz megállójában várakozva többször megtapasztaltam, hogy a 8-10 percenként közlekedő autóbuszjárat beáll a megállóba, és járó motorral szennyezi az arra közlekedők tüdejét. Ezen a vonalon amúgy is jórészt öreg Ikarus 260-asok járnak. Erre lehetne egy olyan egyszerű megoldás: amennyiben a jármű 2-3 percen belül nem indul el, akkor a vezetők a közlekedési társaságtól központi utasításra kikapcsolt motorral várakozzanak az elindulásig.

A közösségi közlekedés versenyképességét a járművek állapota is komolyan meghatározza, de a jól kiépített infrastruktúra is. Egy városi közlekedésben az átszállásmentes közlekedés fontos lehet, ami azonban ennél is fontosabb: a járművek folyamatos haladásának lehetősége. Ma a buszsávok a legtöbb helyen adottak, ám az átszállásnál (például autóbusról villamosra) problémák adódhatnak a megállók eltérő elhelyezése miatt. Autóbuszok villamosvágányon történő vezetése, valamint a közös villamos-autóbusz megállóhelyek kialakítása tovább növelheti a komfortérzetet, továbbá az autós társadalom is egyre inkább meggyőzőhetővé válik a gépkocsi letételéről és ezen jól kiépített közlekedési rendszerek igénybevételéről.



33. ábra: Közös villamos és autóbusszmegálló Kőbányán. (Kép forrása: BKK Zrt.)

Kissé költségigényesebb megoldás a következő környezetvédelmi szempont. Autóbuszok kiváltása városi villamosvasúttal, vagy földalatti gyorsvasúttal. Egy új villamos vagy metróvonal megterveztetése komoly előkészületekkel jár. Egy új nyomvonalnál tanulmány terv, engedélyeztetési terv (hatósági engedélyek megszerzése), tenderterv, kiviteli terv és megvalósulási terv szükséges. Nagy költség megterveztetni egy új nyomvonalat, majd azt hatóságilag engedélyeztetni, végül megépíteni.

Hogy ezt példával is illusztráljam, 1-2 éven belül múlva megépül az 1-es villamos Kelenföld vasútállomás M-ig, amellyel a 103-as autóbust teljesen kiváltják. A 103-as autóbussz néhány megállón keresztül (Közvágóhíd H és Népliget M között) azonos nyomvonalon halad jelenleg a villamossal, és az autóbussz vonalának teljes villamos-vasúti kiépítése jótékony hatással lesz a környezetre. Elsőként a Fehérvári útig hosszabbodik meg az 1-es villamos, ennek kivitelezése már folyamatban van, de rövidesen a teljes nyomvonal (1+103) lefedetté válik városi gyorsvillamossal. Ezzel a lépéssel óránként 10 csuklós busz emissziójától lesz a városi környezet megkímélve.

De nem egy ilyen lehetőség van Budapest közösségi közlekedés fejlesztésében. Ha az M4-es metró az eredetileg tervezett Bosnyák téren tovább egészen Újpalotáig megépítenék, akkor a 7-es autóbusszcsalád (7, 7E, 107) némely tagjait meg lehetne szüntetni, vagy ritkítani, esetleg a felszíni közlekedés újratervezésével, más járatok bevonásával a rendszerbe megoldható lenne ez a kérdés is.

A városhatáron is sokat segít a környezet megóvásában egy kötőpályás városi villamosvasút. A 42-es villamos (Kispest, Határ út M – Tulipán utca) Gloriett lakótelepi meghosszabbításával Havanna lakótelep is egy új kapcsolatot kapna. Mégpedig a nap mint nap torlódásokban ácsorgó vagy araszolható autóbuszok kiváltásra kerülhetnének, és a környezetet ezzel még inkább kímélni tudnánk a szennyező kibocsátásoktól.

3.4. Gépjárművek szabályozása

A közutakon még mindig sok olyan gépjármű jelenik meg, amelyeknek nagyobb a kipufogógáz-kibocsátásuk, és a városi környezetet is erősen szennyezik (főként régi dízel-alapú járműveknél). Ennek kiküszöbölése érdekében fontos lenne szigorított környezetvédelmi elvárásokat létrehozni, és gépjármű-vezetőket annak betartására kötelezni. A gépjárművek forgalomba állásához tehát egy olyan komoly vizsga kellene, amely egy bizonyos környezeti elvárást teljesít. Így a régi Skoda, Trabant, Zsiguli, Lada és más hasonló környezetet erősen szennyező járművek teljesen eltűnnének a forgalomból.

Gyarapítani kellene a CNG sűrített földgáz alapú üzemanyag tankolás lehetőségét. Ezzel nem csupán a kibocsátás mértéke csökkenne, de jelentős zajszenyezés is elkerülhetővé válna.

4. Források, Felhasznált irodalom

- [1] Moldován Tamás, Rédei Tamás: Az omnibusztól a metróig; Idegenforgalmi Propaganda és Kiadó Vállalat, 1982
- [2] Dr. Mándoki Péter: Közlekedés és Társadalom jegyzet (Budapest, 2010)
- [3] <http://www.zoldauto.info/technologiak/suritett-foldgaz-%28cng%29>
- [4] <http://szegedcafe.hu/2011/06/23/gazos-buszok-szegeden/>
- [5] <http://www.cngport.hu/tudastar/a-cng-es-a-buszok.html>
- [6] <http://www.ngvaeurope.eu/worldwide-ngv-statistics>
- [7] <http://www.alternativenergia.hu/wp-content/themes/alternativenergia/tudjmegetobbet.php?catid=85>
- [8] http://www.eurotrade.hu/index.php?lokal=uj_jarmu_iveco_nyilvanos_cng_kutak&nyelv=hu
- [9] <http://iho.hu/hir/zoldbusz-zalaegerszezen-120316>
- [10] <http://www.vgfszaklap.hu/lapszamok/2013/junius/lng-a-mit-tudni-illik-a-cseppfolyos-foldgazrol>
- [11] http://www.southeast-europe.org/pdf/04/DKE_04_M_KECSE_LNG.pdf
- [12] <http://www.alternativenergia.hu/lng-buszokat-inditott-a-gazprom-lengyelorszagban/64490>
- [13] <http://www.alternativenergia.hu/2019-re-elkeszulhet-a-horvat-lng-terminal/68659>
- [14] <http://hu.wikipedia.org/wiki/Aut%C3%B3g%C3%A1z>
- [15] <http://iho.hu/hir/minden-masodik-buszat-lecserele-becs-130426>
- [16] http://www.eltis.org/index.php?id=13&study_id=1855
- [17] http://en.wikipedia.org/wiki/Alternative_fuel_vehicle
- [18] <http://e85.whipnet.net/alt.fuel/propane.faq.html>
- [19] <http://www.cng-autogaz.hu/cng-lexikon/>
- [20] Gábor Péter: Villamos Vasutak II. (Budapest, 2007)