



Az Európai Unió Európai Hálózatfinanszírozási
Eszköze által társfinanszírozott

PAN-LNG 4 DANUBE PROJEKT

TÁRSADALMI, SZERVEZETI ÉS ÜZLETI MODELL ALKOTÁSA AZ LNG, CNG, BIO-LNG HAZAI BEVEZETÉSÉRE ÉS FEJLESZTÉSI STRATÉGIÁJÁRA

I. SZ. TANULMÁNYKÖTET

Magyar Hajózási Zrt. részére

*a „PL4D Projekt keretében szociológiai-, közgazdasági-,
fenntarthatósági-, energetikai – környezetvédelmi - és
üzembiztonsági elemzés és megvalósíthatósági tanulmány
beszerzése” tárgyban lefolytatott közbeszerzési eljárás részeként*

Szent György.com

Oktatási Kft.

2020. február 11.

I. számú tanulmánykötet
PAN-LNG 4 DANUBE PROJEKT

TÁRSADALMI, SZERVEZETI ÉS ÜZLETI MODELL ALKOTÁSA AZ LNG, CNG, BIO-LNG HAZAI BEVEZETÉSÉRE ÉS FEJLESZTÉSI STRATÉGIÁJÁRA

Készítette:

Dr. Somogyi Andrea, gazdálkodás- és szervezéstudományok doktora

Dr. Simongáti Győző, közlekedéstudományok doktora

Dr. Tulipánt Gergely, közlekedéstudományok doktora

Kiss Csaba, okl. gépészmérnök

Vörös László, okl. bányamérnök, gázipari szakmérnök

Novák Nikolett, MSc. gépészmérnök

Béki Virág, MSc. biomérnök

Márkus Boglárka, BSc. környezetgazdálkodási mérnök

Budapest, 2020. február 11.

TARTALOMJEGYZÉK

I. FOGALOMTÁR, ALKALMAZÁSI DEFINÍCIÓK.....	22
II. VEZETŐI ÖSSZEFOGLALÓ.....	26
III. BEVEZETÉS	45
III.1 A rendelkezésre álló fosszilis energiahordozók.....	48
1.1 Nyersolaj.....	48
1.2 Szén.....	51
1.3 Földgáz	53
1.4 LNG	55
III.2 A fosszilis üzemanyagok összehasonlítása.....	57
2.1 Dízelgázolaj	57
2.2 Motorbenzin.....	59
2.3 Nehéz fűtőolaj - HFO.....	61
2.4 MGO	62
2.5 LNG	63
2.6 A hajózásban használt üzemanyagok összehasonlítása	65
III.3 A közlekedési ágazat energia igénye.....	68
IV. AZ EU ALTERNATÍV ÜZEMANYAGOKRA VONATKOZÓ JOGSZABÁLYAI	69
IV.1 Tiszta energia a közlekedésben: az alternatív üzemanyagok európai stratégiája COM/2013/017 final	69
IV.2 NRMM rendelet.....	71
IV.3 Alternatív üzemanyagok infrastruktúrájának bevezetéséről szóló 2014/94 / EU irányelv.....	72
IV.4 SEVESO III irányelv.....	74
IV.5 Egyéb jogszabályok, iránymutatások.....	75
5.1 Megújuló forrású energia támogatása.....	75
5.2 Motorbenzin és dízelüzemanyag minősége.....	75
5.3 Fehér Könyv - COM/2017/2025 final	75

5.4	P8_TA-PROV (2019)0131 határozat.....	76
5.5	IMO MARPOL VI. melléklet	76
V.	LNG HAJTÁSSAL KAPCSOLATOS HAJÓZÁSI PILOT PROJEKTEK AZ EU-BAN	77
V.1	LNG Masterplan	77
1.1	Töltőállomások.....	77
1.2	Hajók.....	78
1.3	A Duna régió megvalósult vagy megvalósítás alatt lévő projektei.....	80
V.2	Breakthrough LNG deployment in Inland Waterway Transport – LNG széleskörű elterjedését támogató projektek.....	81
V.3	Egyéb, kisléptékű projektek.....	81
V.4	Az első folyami Small scale LNG töltőállomás-Pitpoint, Köln	82
VI.	AZ LNG KÖRNYEZETVÉDELMI ASPEKTUSAI	87
VI.1	Közlekedésből származó ÜHG és lokális szennyezés.....	87
VI.2	A közlekedés okozta légszennyezés egészségügyi hatásai	91
2.1	A városi porszennyezés, SO _x és halálozási mutatók.....	91
2.2	Epidemiológiai kutatási eredmények.....	96
VI.3	A Párizsi ENSZ Klíma-Egyezményből eredő tagállami kötelezettségek	98
3.1	Helyzetkép az alternatív üzemanyagok szerepéről hazánkban	102
VI.4	AZ LNG ÜHG és károsanyag kibocsátására vonatkozó tudományos eredmények.....	110
4.1	Hajózás	110
4.1./1	Verbeek et al (2011) tanulmánya	112
4.1./2	Laugen (2013) tanulmánya.....	113
4.1./3	Lowell et al (2013) tanulmánya	114
4.1./4	Ricardo (2016) tanulmánya	114
4.1./5	Stenersen, Thonstad (2017) tanulmánya	114
4.1./6	Baresic et al (2018) tanulmánya.....	115
4.1./7	Sharafian et al (2019) tanulmánya	115
4.1./8	Az LNG hajózásban történő alkalmazásának kibocsátási értékeire vonatkozó konklúziók.....	116
4.2	Az LNG dunai hajózásban történő elterjedésének környezeti és környezetgazdasági hatása	117

4.2./1	A környezeti hatás számításának módszertana és eredményei.....	118
4.2./2	Az LNG üzemanyag környezetgazdasági hatás számítása	127
4.2./3	A károsanyag kibocsátás csökkentésének nemzetgazdasági jelentősége, externáliái 127	
4.3	Közúti áru fuvarozás.....	128
VI.5	Biometán, a valódi alternatíva	129
VI.6	Az LNG környezetvédelmi aspektusainak végkövetkeztetései	131
VII.	LNG HAJTÁS A KÖZLEKEDÉSI ÁGAZATBAN	133
VII.1	Motorikus jellemzők	133
1.1	Gázmotorok felosztása.....	134
1.2	Égésfolyamat és szabályozás.....	137
1.3	A földgáz és az LNG néhány fontos tulajdonsága a belsőégésű motorokban történő alkalmazás szempontjából.....	138
1.4	A korszerű gázmotorok általános jellemzése.....	139
VII.2	A gázüzem potenciális területei és nemzetközi trendjei.....	144
2.1	A nemzetközi logisztikai iparág helyzetképe	144
2.1./1	Ipari háztól-házig logisztika Magyarországon.....	151
2.2	Közösségi közlekedés.....	153
2.2./1	Nemzetközi és hazai példák	153
2.2./2	Budapest CNG alapú közösségi közlekedésének fejlesztési lehetősége	154
2.2./3	A PL4D projektből eredő további hazai lehetőség	156
2.3	Közúti áru fuvarozás.....	158
2.3./1	USA	158
2.3./2	Kína és India.....	159
2.3./3	Ausztrália	163
2.3./4	Közúti LNG töltés Európában.....	165
2.3./5	A spanyol közúti LNG példa	169
2.3./6	Magyar helyzetkép	171
2.3./7	Javaslat az LNG közúti áru fuvarozásban történő hazai meghonosítására	171
2.4	LNG hajtás a hajózásban	172
2.4./1	Tengerhajózás.....	172
2.4./2	A Duna-Majna-Rajna (DMR) víziút és korszerűsítése	178
2.5	Az LNG dunai hajózásban történő elterjedésének műszaki feltételei	179

2.5./1	Az átalakítás lépései	186
2.5./2	Jóváhagyás, engedélyezés	187
2.5./3	Műszaki megoldások	189
2.5./4	LNG Teherhajózás lehetősége a Dunán.....	196
2.5./5	Az LNG közösségi személyhajózás lehetősége a Dunán	199
2.6	LNG vasúti közlekedés a világban	206
2.6./1	USA	211
2.6./1	Oroszország	213
2.6./1	Kína	215
2.6./2	India.....	216
2.6./3	Spanyolország: LNG hajtású személyvonat fejlesztése	217
2.6./4	Az Egyesült Királyság kettős üzemanyagajtású mozdonya	218
2.6./5	Vasúti teheráru szállítás	219
2.6./6	A nemzetközi vasúti tapasztalatokból levonható következtetés	219
2.7	Javaslat az LNG vasúti járművek hajtási rendszerének hazai elterjesztésére	221
2.7./1	Vasútüzemi tapasztalatok a földgázmotoros járművekkel	221
2.7./2	Vasúti LNG hajtás lehetőségének vizsgálata	221
2.7./3	A hazai szabadkikötők területén a vasúti járművek LNG-s vontatásának alkalmazási vizsgálata.....	226
2.7./4	Az LNG-üzemű vasúti vontatásra történő átalakítások feladat és ütemterve	228
VIII.A PL4D PROJEKT TELEPHELYVÁLASZTÁSA.....		229
VIII.1	Az Analitikus hierarchia eljárás alkalmazásának indokoltsága	230
VIII.2	Az alkalmazás módjának összefoglalója	231
VIII.3	Eredmények.....	232
VIII.4	A PL4D projekt területének jelenlegi állapota	233
4.1	Északi területrész	234
4.2	Déli területrész	239
IX. A PL4D PROJEKT MŰSZAKI ASPEKTUSAI.....		243
IX.1	Állomás koncepció	243
1.1	Technológia	244
1.2	Főbb technológiai elemek.....	245
1.2./1	LNG tároló tartályok	245

1.2./2	Állomási LNG csővezeték rendszer.....	245
1.2./3	Lefejtő szivattyú	245
1.2./4	Mennyiség mérő.....	246
1.2./5	ESD rendszer.....	247
1.2./6	Biztonsági gyorscsatlakozó	248
1.2./7	LNG csatlakozó tömlő.....	248
1.2./8	Szigetelő karima leválasztás	248
1.2./9	Visszagázosító egység.....	249
1.2./10	Integrált vezérlő rendszer	249
1.2./11	Érzékelők, detektorok.....	249
1.2./12	Tűzvédelmi rendszer	250
1.2./13	Kamion töltő manifold egység.....	250
IX.2	Technológiai műveletek	251
2.1	A hajó és az LNG tároló összekötése előtt.....	251
2.2	LNG lefejtés-töltés közbeni munkafolyamat.....	252
2.3	LNG lefejtés-átadás befejezése	252
2.4	Üzemeltetési utasítások	253
IX.3	Villamosenergia ellátás.....	253
3.1	Állomási villamosenergia-ellátás	254
3.2	Villámvédelem és földelés.....	255
IX.4	A kikötői LNG töltőállomással kapcsolatos fejlesztési ütemek	255
4.1	Projekt lépések	256
4.1./1	Megvalósíthatósági tanulmány fázis	258
4.1./2	Szerződéses viszonyok.....	258
4.2	Projekt Management	259
4.2./1	Projekt Management felállítása	260
4.2./2	A Projekt Management javasolt struktúrája	260
4.2./3	Minőségellenőrzés (QMS)	261
4.2./4	Javasolt beszámolási rendszer a projekt előrehaladásáról	261
4.3	Technikai és költség ellenőrzések.....	261
IX.5	Kikötői LNG töltőállomás építése és telepítése.....	262
5.1	Technológiai alapok.....	262

5.2	Üzemi út, kezelő járda.....	263
5.3	Felszíni vízelvezetés	264
X.	A PL4D PROJEKT ÜZLETI, GAZDASÁGI ASPEKTUSAI	265
X.1	Gáz kereskedelmi trendek.....	265
1.1	Értékesített gázmennyiségek alakulása	266
1.2	Gázár alakulása	267
1.3	Hazai gáz kereskedelmi trendek	269
1.4	LNG import.....	270
X.2	A jármű átalakítások gazdasági feltételei Magyarországon.....	271
2.1	Közgazdasági elemzésekhez feldolgozott tanulmányok és azok értékelése	272
2.1./1	Kvantitatív elemzés a nyugat-európai belvízi hajóflotta LNG-potenciáljával kapcsolatosan (2016.)	272
2.1./2	Standard LNG konfigurációk üzleti modelljeinek ex-ante költség haszon elemzése (2017.)	272
2.1./3	Áttörés az LNG hajtóanyag belvízi szállítmányozásban történő felhasználásában (2017.)	272
2.2	A jármű átalakítás megtérülés elemzésének módszertana	273
2.2./1	Bevezetés.....	273
2.2./2	A megtérülési idő számításának alapja	273
2.2./3	Benchmark és statisztikai adatok korrekciói	274
2.2./4	A PL4D projekt szempontjából releváns hajó típusok.....	275
2.2./5	LNG hajtás többletköltségeinek becslése.....	276
2.2./6	LNG átalakítás/új építés beruházási (CAPEX) többletköltségtételei	277
2.2./7	LNG átalakítás üzemeltetési (OPEX) költségtételei	277
2.2./8	LNG hajtásból származó profit	277
2.3	Dunai hajótípusok átalakítási lehetőségeinek üzleti modellje.....	278
2.3./1	Mono LNG hajtás alapadatok	278
2.3./2	Mono LNG hajtás megtérülése – újonnan épített hajó és deck feletti elhelyezésű átalakított hajó esetén	281
2.3./3	Mono LNG hajtás megtérülése –deck alatti elhelyezésű átalakított hajó esetén...	282
2.3./4	Dual Fuel LNG hajtás alapadatok.....	282
2.3./5	Dual Fuel hajtás megtérülésére vonatkozó scenárióanalízis	284
2.3./6	50% dízelgázolaj – 50% LNG üzemanyag mix	285

2.3./7	30% dízelgázolaj – 70% LNG üzemanyag mix	286
2.3./8	15% dízelgázolaj – 85% LNG üzemanyag mix	288
2.3./9	5% dízelgázolaj – 95% LNG üzemanyag mix	289
2.4	Az ELJO-D (01772) átalakítási koncepciója	291
2.4./1	Retrofit hajó modellezése, kiválasztási kritériumok	291
2.4./2	ELJO-D (01772)	292
2.4./3	Megtérülési idő számítása.....	294
2.5	A dunai hajók és az ELJO-D LNG átalakításával kapcsolatos konklúzió	297
2.5./1	Régiós és városközi közlekedés	299
2.6	Az M43 típusú tolatómozdony és az M44 típusú vonali mozdony átalakítási koncepciója.....	301
2.6./1	Vasúti átalakítás konklúziói	304
X.3	A Csepeli Kikötőben létesítendő terminál közgazdasági és üzleti modellje 305	
3.1	A hazai alternatív üzemanyag forrásai, elérhetősége a főbb TEN-T folyosókon, várható európai uniós trendek.....	305
3.2	Közúti LNG árak trendje a környező TEN-T folyosókon.....	307
X.4	Csepeli töltőállomás üzleti modellje.....	309
4.1	Módszertan.....	310
4.2	Elterjedési scenáriók.....	311
4.2./1	Dunai hajók 2019. évi darabszámának meghatározása	312
4.2./2	A dunai hajók darabszámának növekedésére vonatkozó becslés.....	312
4.2./3	Nehézgépjárművek elterjedési scenáriója.....	314
4.2./4	CNG hajtású autóbuszok elterjedési scenáriója	314
4.3	Az üzleti elemzés alapvetései.....	315
4.3./1	Távolság/mennyiség.....	315
4.3./2	Hajó töltési módszer.....	316
4.3./3	LNG bunker állomással kapcsolatosan felmerülő költségek	317
4.3./4	LNG kiskereskedelmi árának meghatározása	318
4.3./5	Modellezéshez használt LNG molekula ár meghatározása	319
4.3./6	Szállítási/logisztikai költség	319
4.3./7	Szolgáltatás költségei	319
4.3./8	Értékcsökkenés.....	319

4.4	A csepeli töltőállomás bővítése.....	320
4.5	A PL4D projekt keretében megvalósuló töltőállomás megtérülési modellje	320
4.6	Jövőbeni fejlesztési irányok.....	321
4.7	A pilot projekt környezeti-társadalmi hasznossága.....	322
X.5	Alacsony elterjedési scenárió – 3%-os LNG penetráció a hajózásban	323
5.1	Beruházás.....	324
5.2	NPV	324
5.3	Modell számítás eredményei	324
5.4	Érzékenységvizsgálat.....	325
5.4./1	Beruházás árváltozás	325
5.4./2	Molekula árváltozás	326
5.4./3	Szállítási költség változása.....	327
5.4./4	Értékesítési ár változása	328
5.5	LNG meghajtású hajók használatával elérhető CO ₂ és annak monetizált megtakarítása	329
X.6	Közepes elterjedési scenárió – 6%-os LNG penetráció	330
6.1	Beruházás.....	331
6.2	NPV	331
6.3	Modell számítás eredményei	331
6.4	Érzékenységvizsgálat.....	332
6.4./1	Beruházás árváltozás	332
6.4./2	Molekula ár változása.....	333
6.4./3	Szállítási költség változása.....	334
6.4./4	Értékesítési ár változása	335
6.5	LNG meghajtású hajók használatával elérhető CO ₂ és annak monetizált megtakarítása	336
X.7	Magas elterjedési scenárió – 9%-os LNG penetráció	337
7.1	Beruházás.....	338
7.2	NPV	338
7.3	Modell számítás eredményei	338

7.4	Érzékenységvizsgálat.....	339
7.4./1	Beruházás árváltozás.....	339
7.4./2	Molekula ár változása.....	340
7.4./3	Szállítási költség változása.....	341
7.4./4	Értékesítési ár változása.....	342
7.5	LNG meghajtású hajók használatával elérhető CO ₂ és annak monetizált megtakarítása.....	343
X.8	Az elterjedési scenáriók NPV-jének összehasonlítása.....	344
XI.	A PL4D PROJEKT ENERGETIKAI HATÁSAI.....	345
XI.1	Az ország energia kitétségének csökkentése, több-utas gázellátás.....	345
XI.2	Energetikai hatások az import piacon.....	346
2.1	LNG import vizsgálata.....	347
2.2	Földgáz import vizsgálata.....	349
2.3	Dízelgázolaj import vizsgálata.....	350
XI.3	A hazai biogáz felhasználási lehetőségei.....	352
3.1	Javaslat hazai ösztönzők és támogatások bevezetésére.....	355
XII.	A PL4D PROJEKT EGYÉB ÁGAZATI HATÁSAI.....	358
XII.1	Hazai hajógyártási és karbantartási kapacitások.....	358
XII.2	A kriogén üzemanyag konténeres gyártás hazai lehetőségei.....	358
2.1	LNG szállító tartály főbb tulajdonságai.....	359
2.2	Üzemanyag töltő kútnál való felhasználás.....	360
2.2./1	Fix tartályos megoldás.....	360
2.2./2	ISO – LNG konténeres megoldás.....	361
2.3	ISO-LNG konténer főbb követelményei.....	362
2.4	Főbb tervezési és gyártási műszaki paraméterek.....	363
2.5	Gyártók által betartandó szabályozások a bizonylatoláshoz.....	364
2.6	Európai és török gyártók.....	365
2.6./1	Magyarországon nyomásálló, gáztartály gyártásban jelenleg működő vállalkozások, esetleges felkészülésük, felkészítésük.....	366
2.6./2	Kriogén tartály gyártásra való felkészülés feltételei, méretgazdaságosság kérdése	366
2.6./3	ISO-LNG konténer hazai igények.....	367

XII.3	Az infrastruktúra szakképesített üzemeltetésének feltételrendszere, szereplői.....	368
XII.4	A projekt hatása a turizmus fejlődésére	371
4.1	Hajóturizmus	371
4.2	Vasút.....	372
4.3	Helyi és helyközi buszok.....	374
XIII.A	CSEPELI TÖLTŐÁLLOMÁS ÜZLETI/SZAKMAI PARTNEREINEK VIZSGÁLATA.....	376
XIII.1	Potenciális üzleti partnerek.....	376
XIII.2	LNG termék forgalmazása	377
XIII.3	LNG értékesítói kör.....	377
XIII.4	LNG vásárlói kör	378
XIII.5	Terminál üzemeltetése terén	379
XIII.6	Oktatási intézményekkel általános együttműködés	379
6.1	Bunker állomás kezelő.....	380
XIII.7	LNG szállítási feladatok terén	380
XIV.A	MOTOROK ÁTALAKÍTÁSÁT, ILLETVE CSERÉJÉT TÁMOGATÓ ÁLLAMI ÉS UNIÓS FINANSZÍROZÁSI FORRÁSOK VIZSGÁLATA.....	382
XIV.1	Európai uniós támogatások	382
1.1	Elérhető pályázati támogatások	383
1.2	Elérhető banki finanszírozások.....	384
1.3	Az EU következő pénzügyi programozási időszaka	385
XIV.2	Hazai támogatások.....	386
2.1	Integrált Közlekedésfejlesztési Operatív Program (IKOP)	386
XV.	A PROJEKT EREDMÉNYEINEK SZÉLESÍTÉSE	390
XVI.	A PROJEKT ÚJ EREDMÉNYEINEK BEMUTATÁSA	393
XVII.	IRODALOMJEGYZÉK.....	396
XVII.1	internetes források jegyzéke	410
XVIII.	MELLÉKLETEK.....	413
XVIII.1	Objektív kritériumrendszer szerinti telephelyválasztás	413
1.1	Kiegészítő információk az alkalmazással kapcsolatban	417
1.2	Telephely választás szempontjainak hierarchiája és súlyozása.....	418

1.3	Telephely választás fő kritériumai	421
1.3./1	Biztonság kritériumai.....	423
1.3./2	Ingatlan 1 - Telek kritériumai	424
1.3./3	Ingatlan 2 - Ütemezés kritériumai	427
1.3./4	Ingatlan 3 - Logisztika kritériumai	430
1.3./5	Környezeti adottságok kritériumai	433
1.3./6	Környezetvédelem kritériumai	434
1.4	A lehetséges telephelyopciók leszűkítése.....	436
1.5	Telephely opciók szempontonkénti kiértékelése.....	437
1.5./1	Vizsgált kritérium: 250-350 m-es sugarú biztonsági terület lehetősége.....	437
1.5./2	Vizsgált kritérium: Hajók közötti biztonsági távolság betartásának lehetősége	439
1.5./3	Vizsgált kritérium: SEVESO jogszabály szerinti társadalmi kockázat mértéke	440
1.5./4	Vizsgált kritérium: Telephelyek kedvező elrendezése a beruházás megvalósításához 441	
1.5./5	Vizsgált kritérium: Ingatlan összes területe	442
1.5./6	Vizsgált kritérium: Épületek védettsége.....	443
1.5./7	Vizsgált kritérium: FRSZ/KSZT szerinti besorolás.....	444
1.5./8	Vizsgált kritérium: FRSZ szerinti beépíthetőség	444
1.5./9	Vizsgált kritérium: TSZT szerinti környezet	445
1.5./10	Vizsgált kritérium: Településkép változás kérdése.....	446
1.5./11	Vizsgált kritérium: Ingatlanok fajlagos költsége	447
1.5./12	Vizsgált kritérium: Földben található világháborús robbanófejek	448
1.5./13	Vizsgált kritérium: Árvízvédelem.....	448
1.5./14	Vizsgált kritérium: FRSZ módosításához szükséges időintervallum mértéke.....	449
1.5./15	Vizsgált kritérium: TSZT módosításához szükséges időintervallum mértéke.....	450
1.5./16	Vizsgált kritérium: Környezetvédelmi engedélyeztetéshez szükséges időintervallum 451	
1.5./17	Vizsgált kritérium: Tervezési és építési engedélyeztetéshez szükséges időintervallum 451	
1.5./18	Vizsgált kritérium: Villamos energia közmű	452
1.5./19	Vizsgált kritérium: Földgáz csatlakozás közmű.....	453
1.5./20	Vizsgált kritérium: Vízellátás közmű.....	454
1.5./21	Vizsgált kritérium: Csatornázás közmű.....	454
1.5./22	Vizsgált kritérium: Távhő csatlakozás közmű	455
1.5./23	Vizsgált kritérium: Hírközlés közmű	456

1.5./24	Vizsgált kritérium: Nemzetközi LNG termináloktól való távolság (Rusze)	457
1.5./25	Vizsgált kritérium: Milyen méretű hajók fogadására alkalmas a terminál.....	457
1.5./26	Vizsgált kritérium: Járműszervíz közelsége/kialakításának lehetősége	458
1.5./27	Vizsgált kritérium: Forgalmi csomóponthoz viszonyított elhelyezkedés	459
1.5./28	Vizsgált kritérium: Kereskedelmi útvonalakhoz viszonyított elhelyezkedés.....	460
1.5./29	Vizsgált kritérium: Nehéz motoros jármű forgalom.....	461
1.5./30	Vizsgált kritérium: Vasúti összeköttetés	461
1.5./31	Vizsgált kritérium: Hajó álláshely	462
1.5./32	Vizsgált kritérium: Lokális vállalatok árbevétele (2018).....	463
1.5./33	Vizsgált kritérium: Lokális vállalatok növekedése árbevétel szempontjából.....	464
1.5./34	Vizsgált kritérium: Hajózhatóság folytonossága	465
1.5./35	Vizsgált kritérium: Szél erőssége	465
1.5./36	Vizsgált kritérium: Áramlás erőssége	466
1.5./37	Vizsgált kritérium: Szeizmikus adottságok	467
1.5./38	Vizsgált kritérium: Vízsint váltakozásának mértéke	468
1.5./39	Vizsgált kritérium: Telephelyek levegőtisztaság-védelmi övezeti besorolása.....	469
1.5./40	Vizsgált kritérium: Zajvédelmi megkötések.....	469
1.5./41	Vizsgált kritérium: Natura 2000-es érintettség	470
1.5./42	Vizsgált kritérium: Környező védett területek	471
1.5./43	Vizsgált kritérium: Felszín alatti vizek érzékenysége.....	472
1.5./44	Vizsgált kritérium: Üzemelő sérülékeny vízbázis érintettsége	473
1.6	Analitikus Hierarchia eljárás felmerülő kritériumai.....	473
1.6./1	Lehetséges és kiválasztott szempontok listája	473

Ábrajegyzék

1. ábra LNG terminálok Európában 2019-ben	46
2. ábra Európa közúti LNG töltőállomás térképe 2019 májusi állapot szerint.....	47
3. ábra Globális energiafogyasztás megoszlása a fosszilis tüzelőanyagok szerint	48
4. ábra A nyersolaj R/P arányának változása 1988-2018 között régióként.....	50
5. ábra A nyers olaj R/P aránya a világ régiói szerint (év)	51
6. ábra A szén R/P aránya a világ régiói szerint (év).....	52
7. ábra A szén R/P arányának változása 1998-2018 között régióként	53
8. ábra A földgáz R/P aránya a világ régiói szerint (év)	54
9. ábra A földgáz R/P arányának változása 1988-2018 között régióként.....	55
10. ábra LNG export mennyiségének várható alakulása	56
11. ábra LNG import mennyiségének várható alakulása	57
12. ábra Üzemanyagok összehasonlítása kéntartalmuk alapján.....	66
13. ábra Üzemanyagok összehasonlítása sűrűségük alapján	66
14. ábra Üzemanyagok összehasonlítása lobbanási hőjük alapján.....	67
15. ábra A dízel, motorbenzin és LNG összehasonlítása fűtőértékük alapján	67
16. ábra A dízel, motorbenzin és LNG összehasonlítása öngyulladásuk alapján	67
17. ábra A közlekedésben felhasznált energia mennyisége az egyes típusok szerint 1990-2016 között	68
18. ábra Eiger nevű Dual-Fuel konténer szállító hajó.....	78
19. ábra Ecoliner nevű LNG hajó	79
20. ábra Sirocco nevű dual-fuel üzemű hajó.....	79
21. ábra Duna menti kisüzemű LNG projektek.....	80
22. ábra A kölni PitPont LNG hajó töltőállomás	83
23. ábra Kölni PitPont töltőállomáson készült fotók.....	86
24. ábra Az egyes szektorok ÜHG kibocsátása 2017-ben az Európai Unióban	87
25. ábra A közlekedési szektoron belül a ÜHG kibocsátás megoszlása	88
26. ábra Különböző hajtóanyagok WTW ÜHG emissziója az energiaigényük függvényében	89
27. ábra: Városi lakosok PM ₁₀ -kitettsége	90
28. ábra: Az emberi szervezetben lerakódó részecske méret és a veszélyeztetett szervek összefüggése, adaptálás	93
29. ábra: Részecskék emberi szervezetbe jutásának anatómiája	95

30. ábra Az életkor várható átlagos növekedése (hónapokban) a 30 éves korosztályban a PM2,5 átlagos éves 10 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ szintjére való csökkentés esetén.....	96
31. ábra: Elhalálozási arányok a főbb betegségcsoportok szerint 2018-ban.....	98
32. ábra Hazai személygépkocsi állomány megoszlása üzemanyag szerint 2013-2016 között.....	105
33. ábra Hazai autóbusz állomány megoszlása üzemanyag szerint 2013-2016 között.....	105
34. ábra Hazai tehergépkocsi állomány megoszlása üzemanyag szerint 2013-2016 között.....	106
35. ábra Hazai összgépjármű állomány megoszlása üzemanyag szerint 2013-2016 között.....	106
36. ábra: A globális hajózás üvegházhatást okozó gázkibocsátása 2015-ben. A teljes 932 millió tonna szén-dioxid- ekvivalens (CO ₂ e).....	112
37. ábra Az egyes tanulmányokban közölt WTW ÜHG kibocsátások összehasonlítása.....	116
38. ábra A szállítási teljesítmény alakulása 2017, 2030.....	122
39. ábra A teljes energiafogyasztás értékei a két forgatókönyvi változatra.....	122
40. ábra Az emissziós faktorok alkalmazott értékei a teljes folyamatra, WTT+TTP=WTP.....	124
41. ábra A teljes CO ₂ kibocsátás várható értékei a dunai hajózás viszonylatában.....	124
42. ábra Energia-technológiák a helyi, illetve a globális légszennyezési hatásuk szerint.....	126
43. ábra Az áruszállítás externális költségei szállítási módok szerint.....	128
44. ábra: A szintetikus földgáz előállításának lehetséges lépései és a használt alapanyagok.....	131
45. ábra A gázmotorok felosztása.....	135
46. ábra Az Otto-gázmotor működési elve.....	136
47. ábra A dízel-gázmotor alapvető működési elve.....	136
48. ábra A gáz-dízelmotor működési elve.....	137
49. ábra A szegény keverékű égésfolyamat jellemzői közötti összefüggés.....	140
50. ábra Belföldi szállítmányozás megoszlása az EU-ban 2012-2017 között.....	144
51. ábra Az EU tagállamok jellemző szállítási módjainak megoszlása %-ban.....	145
52. ábra A vasúti szállítások teljesítményének változás az egyes tagállamokban (millió tonnakilométerben) 2017 és 2018 között.....	146
53. ábra A vasúti teherfuvarozás a szállítás típusa szerint.....	147
54. ábra A belvízen szállított áruk típus szerinti megoszlása.....	148
55. ábra Az értékesítés árbevétele az egyes szállítmányozási ágazatokban.....	149
56. ábra Az áruszállítás teljesítménye 2005-2018 között.....	149
57. ábra Vasúti áruszállítási teljesítmények 2017-2018-ban.....	150
58. ábra Városi csomagszállításhoz használt e-bicikli.....	152
59. ábra BKK Salgótarjáni úti töltőállomás.....	155
60. ábra Töltőállomások száma az USA-ban.....	159
61. ábra A gázinfrastruktúra fejlesztése Kínában.....	160

62. ábra A gázinfrastruktúra fejlesztése Indiában.....	161	
63. ábra A „Pilot” útvonal terve LNG töltőállomásokkal.....	162	
64. ábra Az első LNG busz átadása, 2016. november 8. Kerala (India).....	163	
65. ábra CNG-vel hajtott buszok és tehergépjárművek száma Ausztráliában.....	163	
66. ábra LNG-vel hajtott tehergépjárművek száma Ausztráliában.....	164	
67. ábra Közúti LNG töltőállomások Európában.....	165	
68. ábra Kriogén szállítótartályok.....	168	
69. ábra Az LNG termináloknál megtöltött tartálykocsik célállomásainak száma 2015-ben.....	170	
70. ábra LNG-vel hajtott hajók száma.....	172	
71. ábra LNG-vel hajtott hajók mozgása (meleg színek: sűrű előfordulás).....	172	
72. ábra Gáz töltőállomások Oroszországban (jobbra egy mobil állomás).....	174	
73. ábra LNG töltőhálózat a főbb útvonalak mentén fog létrejönni.....	175	
74. ábra Deck feletti tartály elhelyezés	75. ábra Deck alatti tartály elhelyezés.....	190
76. ábra: Az MAN kompakt LNG rendszere, melyet az MAN Cryo leányvállalatán keresztül kínál	193	
77. ábra A megvalósíthatósági tanulmányban tervezett városi opció hálózata és kikötői.....	200	
78. ábra A megvalósíthatósági tanulmányban tervezett elővárosi opció hálózata és kikötői.....	202	
79. ábra A megvalósítási tervben szereplő látványtervek.....	203	
80. ábra A légnemű halmazállapotú üzemanyagú járművekkel kapcsolatos Észak-amerikai fejlesztések mérföldkövei.....	207	
81. ábra A kettős üzemanyagú motorok technológiájának áttekintése.....	208	
82. ábra GE Transportation kettős üzemanyagú vonali mozdonya.....	208	
83. ábra CN (Canadian National) vasúttársaság földgázüzemű mozdonya.....	210	
84. ábra HPDI kettős üzemanyagú motor működési elve (balra) és befecskendezési törvényei a hengerben megvalósuló nyomáslefutással.....	211	
85. ábra TEM18 sorozatú gázmotoros mozdony.....	213	
86. ábra TEM19 sorozatú gázmotoros mozdony.....	214	
87. ábra GT1h-002-t LNG-vel hajtott vasúti szerelvény tesztüzeme.....	215	
88. ábra: LNG-üzemű vonat a Mieres és a Figaredo közötti vonalon.....	218	
89. ábra M47 sorozatú, hidraulikus erőátvitelű tolatómozdony gépezeti elrendezése.....	223	
90. ábra Remotorizált M62-es mozdony gépezeti elrendezése.....	224	
91. ábra A technológia bevezetésének lépései.....	225	
92. ábra Az átalakítandó két mozdonytípus.....	225	
93. ábra Az üzemanyagtartályok elrendezése az átalakított járművön.....	225	
94. ábra A tervezett LNG töltőállomás területe.....	233	
95. ábra A tervezett LNG töltőállomás területének felszíni felvétele.....	234	

96. ábra Az északi terület ortomozaik felvételei	235
97. ábra Az 1-es és 3-as területek felszíni képei.....	236
98. ábra A betontörmelékek és a földhalmok a 2-es számú területen	237
99. ábra A 2-es terület (volt Mirelit) 3D-s keresztmetszeti képe	238
100. ábra Vasúti sín vége és tervezett tartály közti távolság	239
101. ábra Déli terület ortomozaik felvétele	240
102. ábra A déli terület felszíni és 3D-s keresztmetszeti képei	241
103. ábra Kriogenikus merülő szivattyú	246
104. ábra Kriogenikus centrifugál szivattyú	246
105. ábra Tengeri hajók töltését biztosító manifold	251
106. ábra Több beállásos töltőegység	251
107. ábra Terminál megvalósításának lépései	256
108. ábra Projekt megvalósítási ütemterv	257
109. ábra Szerződéses kapcsolatok a terminál megvalósítása során.....	259
110. ábra Javasolt projektmenedzsment struktúra	260
111. ábra Teljes európai gáztároló kapacitás telítettségének alakulása.....	266
112. ábra Holland TTF földgázkereskedelem mennyiségi változása	267
113. ábra Egyesült Királyság NBP földgázkereskedelem mennyiségi változása.....	267
114. ábra Referencia gáz ár rally a CEEGEX-en és a meghatározó európai piacokon	269
115. ábra CEEGEX spot gázárak és kereskedési mennyiségek alakulása	270
116. ábra Nettó LNG import mennyiség változása (F, B, NL, PL, GB).....	271
117. ábra Az import olaj árának változása 4 különböző scenárió mentén 2040-ig.....	274
118. ábra Mono LNG hajtás esetén elérhető éves megtakarítás mértéke a különböző dízelgázolaj ár scenáriók alapján az újonnan épített hajók, valamint az átépített deck feletti tartály elhelyezés esetén	280
119. ábra Várható megtérülési idő a mono LNG hajtású, deck feletti tank elhelyezése és újonnan épített hajók esetén (év).....	281
120. ábra Várható megtérülési idő a mono LNG hajtású, deck alatti tank elhelyezése esetén a C3L-B típusnál (év).....	282
121. ábra 50% dízelgázolaj – 50% LNG használt üzemanyag mix alapján elérhető éves megtakarítás (euró).....	285
122. ábra 50% gázolaj– 50% LNG használt üzemanyag mix alapján várható megtérülési idő a deck feletti tank elhelyezés és az újonnan épített hajók esetén (év)	285
123. ábra 50% dízelgázolaj – 50% LNG használt üzemanyag mix alapján várható megtérülési idő a deck alatti tank elhelyezése esetén a C3L-B típusnál (év).....	286

124. ábra 30% dízelgázolaj – 70% LNG használt üzemanyag mix alapján elérhető éves megtakarítás (euró).....	287
125. ábra 30% dízelgázolaj – 70% LNG használt üzemanyag mix alapján várható megtérülési idő a deck feletti tank elhelyezés és az újonnan épített hajók esetén (év).....	287
126. ábra 30% dízelgázolaj – 70% LNG használt üzemanyag mix alapján várható megtérülési idő a deck alatti tank elhelyezése esetén a C3L-B típusnál (év).....	288
127. ábra 15% dízelgázolaj – 85% LNG használt üzemanyag mix alapján elérhető éves megtakarítás	288
128. ábra 15% dízelgázolaj – 85% LNG használt üzemanyag mix alapján várható megtérülési idő a deck feletti tank elhelyezés és az újonnan épített hajók esetén (év).....	289
129. ábra 15% dízelgázolaj – 85% LNG használt üzemanyag mix alapján várható megtérülési idő a deck alatti tank elhelyezése esetén a C3L-B típusnál (év).....	289
130. ábra 5% dízelgázolaj – 95% LNG használt üzemanyag mix alapján elérhető éves megtakarítás (euró).....	290
131. ábra 5% dízelgázolaj – 95% LNG használt üzemanyag mix alapján várható megtérülési idő a deck feletti tank elhelyezés és az újonnan épített hajók esetén (év).....	290
132. ábra 5% dízelgázolaj – 95% LNG használt üzemanyag mix alapján várható megtérülési idő a deck alatti tank elhelyezése esetén a C3L-B típusnál (év).....	291
133. ábra Az ELJO D átalakításával elérhető éves megtakarítás az „A” útvonal mentén 50-50% dízelgázolaj-LNG esetén	295
134. ábra Az ELJO D átalakításával elérhető megtérülési idő az „A” útvonal mentén 50-50% dízelgázolaj-LNG esetén	295
135. ábra Az ELJO D átalakításával elérhető éves megtakarítás a „B” útvonal mentén 50-50% dízelgázolaj-LNG esetén	297
136. ábra Az ELJO D átalakításával elérhető megtérülési idő a „B” útvonal mentén 50-50% dízelgázolaj-LNG esetén	297
137. ábra A személyszállítás megoszlása Magyarországon és az EU-ban	299
138. ábra Az M44 tolatómozdony LNG többletköltségeinek megtérülési ideje	304
139. ábra Dél-Európa LNG termináljai	305
140. ábra Észak-Európa LNG termináljai	306
141. ábra Katowice cseppfolyósító állomás	306
142. ábra DMR vonalon elérhető LNG terminálok.....	307
143. ábra Környező TEN-T folyosók mentén található töltőállomások.....	308
144. ábra Egy főre jutó GDP változása, vásárlóerő-paritás alapján (USD)	312
145. ábra LNG hajtású hajó töltési módszerei	316

146. ábra A magyar földgáz rendszer hálózata	345
147. ábra Biogáz-gyártás folyamata	352
148. ábra Upgrade üzemek száma és azok földgázhálózathoz csatlakozottságuk Európában	353
149. ábra: Biometán termelési lehetőségek önköltség határértékek függvényében	356
150. ábra ISO LNG tartályok	359
151. ábra Fix tartályos LNG töltőállomás	360
152. ábra Konténeres LNG töltőállomás	361
153. ábra ISO-LNG konténer.....	362
154. ábra ISO konténeres tartály szerelvényezése, műszerezése.....	362
155. ábra ISO-LNG kamionos tartály	363
156. ábra A CEF által támogatott ágazatok	382
157. ábra Kötelező nyilvánossági elemek	395

Táblázatok jegyzéke

1. táblázat Az import terminálokra beérkező visszagázosított földgáz hálózatba táplálásának minőségi követelményei.....	65
2. táblázat Az üzemanyagok tengeri hajózás szerinti osztályozása.....	65
3. Táblázat Alternatív üzemanyagok közlekedési ágazat és hatótáv szerinti megoszlása	70
4. Táblázat Környezetbarát közlekedés megteremtését célzó intézkedések.....	103
5. Táblázat Alternatív üzemanyaggal hajtott járművek száma 2015-ben	108
6. Táblázat Alternatív üzemanyaggal hajtott gépjárművek számának előrejelzései	109
7. táblázat: A hajózási ágazat éves ÜHG- és légszennyezőanyag-kibocsátása.....	111
8. Táblázat WTT es TTW ÜHG emisszió különböző helyről származó LNG felhasználásával, hajók esetében.....	113
9. Táblázat Az LNG és a HFO üvegházhatású gázkibocsátásának összehasonlítása Laugen (2013) szerint	113
10. Táblázat Az LNG-ellátási láncok üvegházhatású gázkibocsátásának összehasonlítása.....	114
11. Táblázat Az LNG- és a HFO-ellátási láncok üvegházhatású gázkibocsátásának összehasonlítása	115
12. Táblázat A Duna Bizottság statisztikája a dunai flottát illetően 2016-ra.....	120
13. Táblázat Légszennyező anyagok emissziós faktorai a motor életkorának figyelembevételével ..	126
14. táblázat: A biometán előállítás üvegházhatást okozó gázkibocsátásának csökkentése, a kukorica közvetett földhasználat-változási (ILUC) értékeivel	130
15. Táblázat A gáz halmazállapotú nagymotor üzemanyagok jellemző százalékos, térfogati összetétele	139
16. Táblázat Az egyes alváltozatok fontos jellemzői (összefoglaló jelleggel).....	141
17. táblázat Tehergépjármű töltőállomások Nyugat-Európában és Lengyelországban	167
18. táblázat Spanyol LNG terminálok napi tehergépjármű tankolása	170
19. Táblázat A PROMINENT hajótípus-kategóriái.....	181
20. Táblázat Hajóflotta országoként a CO-WANDA adatok alapján.....	184
21. táblázat MAHART Container Center Kft. kapacitása és tevékenységi körei.....	197
22. Táblázat A tervezett hajók paraméterei.....	204
23. Táblázat Különböző meghajtási változatok összehasonlítása	206
24. Táblázat LNG tároló kialakítását meghatározó tényezők.....	243
25. Táblázat Az LNG töltőállomás működtetéséhez szükséges eszközök villamos energia igénye.....	254
26. táblázat Javasolt beszámolási rendszer.....	261
27. Táblázat A dunai hajóflotta átalakításának üzleti tervéhez figyelembe vett hajócsaládok és korrigált adatok.....	275

28. Táblázat Üzleti modellezéshez releváns hajó típusok	275
29. Táblázat Mono LNG hajtás beruházási költsége a hajó összköltségére vonatkoztatva	279
30. Táblázat Dunai hajózásban használható hajók mono LNG átalakításának többletköltségei	279
31. Táblázat Deck alatti tartály elhelyezésére alkalmas mono LNG konfiguráció.....	282
32. Táblázat Dual Fuel LNG hajtás beruházási költsége a hajó összköltségére vonatkoztatva.....	283
33. Táblázat Dunai hajózásban használható hajók Dual Fuel LNG átalakításának többletköltségei...	284
34. Táblázat Belföldi helyközi személyszállítás jellemzői 2017-ben.....	299
35. Táblázat M44 tolatómozdony átalakításához szükséges pénzügyi alapadatok	303
36. Táblázat Az M44 tolatómozdony LNG többletköltségei és megtérülési számításai	303
37. táblázat Környező országok CNG-t kiszolgáló töltőállomásai	309
38. Táblázat Dunai hajók darabszáma 2019-ben és várhatóan 2030-ban	313
39. Táblázat A 2031-ben várható össz dunai hajó darabszám alapján becsült LNG hajtású hajók darabszáma a különböző elterjedési scenáriók mentén	313
40. Táblázat Small Scale LNG töltőállomáson LNG hajtóanyagot vételező becsült hajók száma (db)	314
41. Táblázat Small scale LNG töltőállomás hajók számára értékesített, becsült üzemanyag mennyisége (m ³)	314
42. Táblázat LNG bunker állomás költségei a töltési módozattól függően	317
43. táblázat A magyar földgázrendszer főbb adatai 2015-2018 között	349
44. táblázat Hazai célú gázforgalmazás (1000 m ³ /év).....	349
45. táblázat Üzemanyag értékesítés Magyarországon (liter).....	350
46. táblázat Dízelgázolaj kiváltása LNG-vel	351
47. táblázat: Villamosenergia termelőüzemek Magyarországon.....	354
48. táblázat Főbb konténer gyártók	365
49. táblázat Konténer árak	366
50. táblázat Potenciális hazai gyártók	366
51. Táblázat 1978-2019 között villamosított vasútvonalak Magyarországon.....	373
52. Táblázat 2x25 kV-os rendszerű vasútvonalak.....	374
53. Táblázat A jövőben tervezett hálózatok villamosítása	374
54. Táblázat A CEF által finanszírozható projektek maximális intenzitásának megoszlása	383
55. Táblázat IKOP pályázati konstrukciója beruházási stratégiája	387

I. FOGALOMTÁR, ALKALMAZÁSI DEFINÍCIÓK

Annak érdekében, hogy az olvasók, értékelők, felhasználók átfogó és egyértelmű képet kapjanak az LNG mint alternatív hajtóanyag fogalomrendszeréről, elkészítjük, és minden

tanulmánykötet elején egységesen ismertetjük az e területen használatos kifejezések fogalomtárát. A betűrendbe szedett definíciók segítenek az eligazodásban.

Fogalom	Definíció
AdBlue	Vizes karbamid-oldat, az SCR (szelektív katalitikus redukció) rendszerrel ellátott gépjárművek nitrogén-oxid kibocsátásának csökkentésére szolgál.
Biogáz	A biogáz szerves anyagok mikrobák által anaerob körülmények között történő lebontása során képződő gázelegy. Körülbelül 45-70% metánt (CH ₄), 30-55% szén-dioxidot (CO ₂), nitrogént (N ₂), hidrogént (H ₂), kénhidrogént (H ₂ S), ammóniát és egyéb maradványgázokat tartalmaz (pl.: sziloxán, metil-merkaptánt (CH ₃ SH)).
Biometán	A biogáz forgalomképes tisztított változata.
CAPEX	felmerülő beruházási költség
Capital Value	tőkeérték
CEF-INEA	Európai Hálózatfejlesztési Eszköz - Innovációs és Hálózati Projektek Végrehajtó Ügynökség (Connecting Europe Facility - Innovation and Networks Executive Agency)
CNG – Sűrített földgáz	Nagy nyomás alatt tárolt szénhidrogén gázok elegye (metán, etán, propán, bután, szén-dioxid, nitrogén), amelyet gépjárművek üzemanyagaként, valamint fűtésre használnak
CO ₂ ekvivalens	Az ekvivalens szén-dioxid kibocsátás a különböző üvegházgáz kibocsátások összehasonlításának alapvető mértéke.
Depóniagáz	A depóniagáz a biogáz azon formája, mely a kommunális hulladéklerakókban keletkezik.
DF	kettős üzemanyagú hajómotor (Dual Fuel)
DMR korridor	Rajna–Majna–Duna közlekedési folyosó
DPF	dízelgázolaj részecskeszűrő (Diesel Particulate Filter)
EGR	kipufogógáz-visszavezetés
EMSA-2018 előírások	LNG/CNG terminálok működési biztonsági és jóváhagyási előírásai(European Maritime Safety Authority)
ESD	Emergency Shut Down rendszer. Gázszivárgás és minden lényeges beállított tankolási és egyéb paraméter eltérése, és/vagy funkcionális rendszerhiba esetén leállítja a rendszert, valamint automatikus adat-archiválást is végez.

ES-TRIN-2019 előírások	hajók LNG-vel kapcsolatos műszaki kialakítása
Externália	Egy gazdasági szereplő tevékenysége következtében felmerülő káros vagy előnyös, nem szántszándékkal okozott, hatás(ok), amely(ek) piaci ellentételezés nélkül befolyásolják egy másik gazdasági szereplő helyzetét. Az externália számítás nem önmagában szolgáltat eredményt, hanem mindig valamihez képest: azaz jelen esetben arra adunk a számítást, hogy milyen externális pénzüsszegek megtakarítása várható az LNG meghajtások várt terjedése során
Földgáz	Fosszilis eredetű, nagyrészt metán tartalmú gáz. Pontos összetevőit a gázmezők határozzák meg és befolyásolják azok az átadó pontok, amelyeken a földgáz keresztül halad
GDP	bruttó hazai termék (Gross Domestic Product)
HFO – nehéz fűtőolaj	15°C-on 900 kg/m ³ -nél nagyobb sűrűségű, vagy 50°C-on 180 mm ² /s-nál nagyobb kinematikus viszkozitású tüzelőanyag
HPDF	nagynyomású, kettős üzemű gázmotorok (high-pressure dual-fuel)
Kriogén tartály	Mélyhűtött cseppfolyós halmazállapotú gáz tárolására szolgáló hőszigetelt vagy vákuumszigetelt tartály.
LBSI	„lean burn spark” gyújtású motorok
LCNG töltőállomás	LNG tartályból CNG járműveket kiszolgáló töltőállomás. A cseppfolyósított földgázt nagynyomású elpárologtató berendezésen keresztül szivattyúval átpréselve, a földgáz hőmérséklet hatására felmelegszik (>-40°C) és táglás helyett első sorban nyomásnövekedésen megy keresztül, felvéve a CNG szabvány szerinti nyomását
LH2	Hidrogén meghajtás
LNG – Cseppfolyósított földgáz	Kriogén folyadék halmazállapotú földgáz, mely hőmérsékletének 1 bar nyomáson -161.7°C –ra csökkentésekor következik be. Ekkor az LNG mintegy 610-szeres sűrűséget ér el a normál gáz légköri nyomásához viszonyítva
LPDF	alacsony nyomású kettős üzemű gázmotorok (low-pressure dual-fuel)
LPG	cseppfolyósított propán-bután gáz – Liquefied Petroleum Gas
MF	tisztán gázüzemű hajómotor (Mono Fuel)
MGO – tengeri gázolaj	Olyan tengeri üzemanyag, amely kizárólag desztillátumokból áll. A desztillátumok azok a nyersolaj-alkotóelemek, amelyek frakcionált desztillációval elpárolognak, majd a gázfázisból folyékony frakciókká

	kondenzálódnak. A tengeri gázolaj általában különféle desztillátumok keverékéből áll
NOx	nitrogén-oxidok
NPV	beruházás nettó jelenértéke
OGV	óceánjáró hajó (ocean going vessel)
OPEX	üzemeltetési költség
PM	Kisméretű részecske (Particulate Matter). Egészségügyi szempontból a 10 és 2,5 µm átmérőjű szálló por részecskéknél van kiemelt jelentősége, (PM ₁₀ , PM _{2,5}).
PTS LNG-terminál	partról hajóba áttankolás
SCR	Dízelgázolaj meghajtás szelektív katalitikus redukcióját szolgáló berendezés
Small-scale LNG	kisüzemű LNG töltőállomás
SOx	kén-oxidok
STS LNG bunkereelés	hajóból-hajóba tankolás
Tank-to-Wheel (TTW)	„Tartálytól a kerékig” történő károsanyag kibocsátás
TCO	teljes életút költség (Total Cost of Ownership)
TEL	tetraetil-ólom vegyületek
TENT-T	transzeurópai közlekedési hálózat (Trans-European Transport Network)
TTS LNG-terminál	tankkocsiból hajó áttankolásra
ÜHG	Üvegházhatású gázok, amelyek elnyelik és kisugározzák az infravörös tartományban lévő fényt, létrehozva ezzel az üvegházhatást. Legfontosabbak a vízgőz, a szén-dioxid, a metán, a dinitrogén-oxid és az ózon.
Well-to-Tank (WTT)	„Kúttól a tartályig” történő károsanyag kibocsátás
Well-to-Wheel (WTW)	„Kúttól a kerékig” történő károsanyag kibocsátás

II. VEZETŐI ÖSSZEFOGLALÓ

A PAN LNG 4 DANUBE (PL4D) projekt megvalósíthatóságát alátámasztó 1. sz. tanulmánykötet fő célja

- annak megállapítása, hogy az LNG üzemanyag környezetvédelmi szempontból valóban jelent-e alternatívát a tradicionális dízelgázolaj hajtóanyaggal szemben,
- annak megállapítása, hogy az LNG és a bio-LNG hajtóanyagok milyen keretek között alkalmazhatók a közlekedésben, különös tekintettel a hajózásra és a vasútra
- annak megállapítása, hogy az LNG, CNG és bio-LNG hajtásmódok elterjedése, milyen hatással lehet a hazai közlekedési ágazatra,
- annak megállapítása, hogy az LNG, CNG és bio-LNG üzemanyagok elterjedésének milyen hatása lesz a hazai energia importra, különös tekintettel a közlekedésben használt dízelgázolajra
- mindezek hogyan befolyásolják a csepeli Szabadkikötőben létesítendő small scale LNG töltőállomás üzleti modelljét,
- az elterjedési scenáriók alapján a dízelgázolajról LNG-re történő átállás nemzetgazdasági szempontból jelentős környezeti externáliáinak monetizált értékének kimutatása.
- annak megállapítása, hogy az objektív értékelési kritériumok mentén felállított rangsor alapján melyik a terminál és a projekt szempontjából legalkalmasabb telephely.

A megvalósíthatósági tanulmány elkészítéséhez mintegy 300 releváns nemzetközi és hazai szakirodalmat dolgoztunk fel, részt vettünk az első, a folyami hajózás kiszolgáló kölni LNG bunkerállomás átadó rendezvényén és személyes interjúk keretében, elsőkézből gyűjtöttünk információt az LNG üzemanyag európai használatának tapasztalatairól.

Jelen Vezetői Összefoglalóban a megvalósíthatósági tanulmány megállapításait foglaljuk össze.

LNG

Az LNG cseppfolyós földgáz, melyet -161 Celsius-fokra való hűtéssel nyernek. A hűtés során a gáz térfogata hatszázad részére csökken, ezáltal sokkal gazdaságosabbá válik a nagy távolságokra történő szállítása akár hagyományos szállítási módszerekkel (hajó, vasút, tehergépjármű) is. A kitermelt földgáz – a származási helytől függően – jelentős részben metánt tartalmaz (80-90%), kisebb volumenben etánt, propánt, butánt, nehezebb szénhidrogéneket, valamint egy kevés nitrogént, oxigént, széndioxidot, kénvegyületeket, illetve vizet. Az LNG előállítás során a kitermelt földgázt először megtisztítják, melynek végeredménye egy 95-98%-ban metánt tartalmazó gáz, majd cseppfolyósító állomásokon ezt lehűtik, és cseppfolyósodik.

Az LNG iparág az 1960-70-es években indult, a földgáz hosszú távú és gazdaságos szállítására jött létre. Elsődleges célja volt azon területek földgázzal való ellátása, ahol a földgáz hálózat infrastrukturális kiépítése nem megoldható. A jellemzően az Egyesült Államokból és Katarból importált LNG mára stratégiai energiahordozó Európában, aminek köszönhetően a kontinens orosz gáztól való függősége mérsékelhető. Az Európába érkező LNG-t az import terminálokon LNG formájában tárolják, vagy visszagázosítás után a hálózatba táplálják.

Levegőszennyezés csökkentésére vonatkozó célkitűzések az EU-ban

A közlekedés jelenleg az Európai Unióban a második legnagyobb károsanyagkibocsátó szektor. 2017-ben 1,12 milliárd tonna CO₂ ekvivalens volt a közlekedésből származó kibocsátás, mely az összes üvegházhatású gáz (ÜHG) kibocsátási tevékenység 25%-a. Ennek érdekében az Európai Unió számos stratégiát dolgozott ki, jogszabályt alkotott a közlekedésből származó ÜHG és egyéb káros anyag kibocsátás mérséklésére. Ezek közül az egyik legjelentősebb az „Alternatív üzemanyagok európai stratégiája”, melynek egyik célja a közlekedésben használt kőolaj származékok fokozatos kiváltása egyéb, kevésbé szennyező alternatív üzemanyagokkal, másik célja a szükséges infrastruktúra kiépítésével a kőolaj kereskedelmi mérleg javítása, megtakarítás realizálása. **Annak érdekében, hogy a közlekedésből származó kibocsátások reális mértékben csökkenthetők legyenek, szükséges az alternatív üzemanyagok széleskörű alkalmazásának elősegítése.** Az ezt szolgáló - Tiszta Energia a Közlekedésben című stratégián alapuló - irányelvet az Európai Parlament és a Tanács 2014. szeptember 29-én fogadta el (Az alternatív üzemanyagok infrastruktúrájának bevezetéséről szóló 2014/94 / EU irányelv), mely a „tagállamok nemzeti szakpolitikai keretei révén teljesítendő minimumkövetelményeket állapít meg az alternatív üzemanyagok infrastruktúrájának kiépítésére vonatkozóan, ideértve az elektromos járművek töltőállomásait, valamint a földgáz- (LNG és CNG) és hidrogén-töltőállomásokat is”.

A megjelent stratégiák és a hatályos jogszabályok alapján **megállapítható, hogy a hosszútávú közúti áru fuvarozás, valamint a folyami szállítás egyetlen alternatívája az LNG hajtóanyag. Az LNG, mint üzemanyag rendkívül sokoldalúan felhasználható, hiszen mind közúton, mind vasúton, mind pedig vízben való közlekedésben is kiváló hajtóanyag alternatíva.**

Az LNG közlekedésben történő használatának környezeti hatásai

Az LNG közlekedésben történő elterjedésének növekvő trendje figyelhető meg Európa szerte. A közúti felhasználásban már bizonyított LNG, a tengeri hajózást követően a belvízi közlekedésben is helyet kapott. Az ok egyértelműen az LNG környezetre gyakorolt pozitív hatásban rejlik, melynek oka, hogy ez megoldás lehet az alacsony szén-dioxid-kibocsátású, alacsony szennyezőanyag-tartalmú (SO_x, NO_x, PM) közúti, tengeri (IMO 2020 rendelet), illetve folyami közlekedés eléréséhez. Az emisszió becslés

során, minden esetben figyelembe kell venni a motortechnológiát a környezeti hatások - elsősorban a ÜHG emisszió - értékelésekor más emissziók holisztikus megközelítésével együtt.

Számos nemzetközi tanulmány foglalkozik az LNG és a dízelgázolaj kibocsátási értékeinek összehasonlításával, amelyek ugyan egymástól eltérő eredményeket közölnek, azonban az világosan látszik, hogy az LNG metántartalma miatt az összesített CO₂ egyenértékre vetített ÜHG kibocsátási mutatója átlagosan csak 10%-kal jobb a dízelgázolaj értékeinél.

A helyi környezetszennyezés szempontjából azonban fontosabbak azon mérési eredmények, amelyek egyértelműen alátámasztják, hogy **az LNG a többi fosszilis üzemanyaghoz hasonlítva jóval kevesebb ként tartalmaz, használata során megközelítőleg 50%-kal kevesebb SO_x, egyáltalán nem vagy nagyon kismértékű szállópor (PM), valamint 80%-kal kevesebb NO_x kerül a levegőbe.** Ezért kijelenthető, hogy az LNG és a CNG közlekedésben történő alkalmazása a helyi levegő szennyezés csökkentésének egyik alapvető eszköze lehet.

A légszennyezésnek nagyon komoly epidemiológiai hatása van. A közlekedésből származó lokális szennyezőanyagok nevezik a helyi szennyezésért felelős gázokat és szálló port (PM₁₀ és PM_{2,5}).

A lokális szennyező anyagokat vizsgálva megállapítható, hogy a V4 országai és így Magyarország városi népessége is magasabb szállópor-mennyiségeknek van átlagosan kitéve, mint a nyugat-európai országok városaiban élők. A szállópor-szennyezés (PM) a levegőben, mint közegben diszpergált állapotban előforduló, folyékony vagy szilárd halmazállapotú részecskék következménye, amelyek a szervezetbe kerülve rákkeltő (karcinogén) hatással bírhatnak, különösen abban az esetben, ha a részecskék felületén egyéb káros anyagok is megtapadnak. A városokban található PM-szennyezés forrása a közlekedés, különösen a dízelüzemű járművek használata. Magyarországon a városban élők átlagosan 27,3 µg/m³ PM₁₀-et lélegeznek be, ez az érték Franciaországban 22,9 µg/m³, Németországban 20,3 µg/m³, míg az Egyesült Királyságban mindössze 17,8 µg/m³.

Az alábbi megbetegedések bizonyítottan összefüggésbe hozhatók a porszennyezéssel, illetve a szennyezett levegővel:

- korai halál szív- és tüdőbetegségben szenvedők esetén
- nem halálos kimenetelű szívroham
- szívritmus zavar
- súlyosbodó asztma
- csökkent tüdőfunkciók
- fokozott légúti megbetegedések (irritáció, köhögés, nehéz légzés)

Magyarországon az összes kibocsátáson belül a közlekedésből származik a szálló por (PM₁₀) kibocsátás 43%-a. A közlekedési alágazaton belül a közúti közlekedés felelős a részecske (PM₁₀ és PM_{2,5}) kibocsátás több mint 95%-ért. Ezért kijelenthető, hogy az egyik legfontosabb egészségkárosító

tényező a közlekedésből eredeztethető szálló por. A gépjárműállomány dinamikusan növekszik, ez alól a 2009. válság által meghatározott év csak kivétel, azonban a csökkenés nem releváns.

A levegőminőség valódi javulását a biometán komprimálásával vagy cseppfolyósításával nyert üzemanyag használat hozhatja, mert a biometán összesített ÜHG-kibocsátása jóval alacsonyabb, mint a fosszilis LNG kibocsátása. Nyugat és Észak Európában a szerves anyagok bomlásával keletkező biogázt a megfelelő tisztítási folyamatok után szinte tiszta biometán formájában a földgázhálózatba táplálják. Ezzel szemben **Magyarországon a mezőgazdasági hulladékból előállítható biometán megújuló alapanyagai (hulladékok, maradványok) korlátozott mennyiségben állnak csak rendelkezésre és fenntarthatóan nem méretezhetők.**

Mivel a biometán előállításához szükséges gáztisztító berendezés integrálása a kisebb biogáz üzemek szintjén gazdaságilag jelenleg nem megtérülő beruházás, ezért számos európai országban (S, FIN, DK, N) a kisebb biogáz üzemek által előállított gázt egy lokális központi állomáson begyűjtik, majd azt központilag tisztítva, biometánt állítanak elő.

Elemzésünkben megvizsgáltuk **a hazai depóniatelepekről elérhető biometán lehetőségeket.** Megállapítottuk, hogy a legalacsonyabb beruházási igény azokon a depóniatelepeken jelentkezik, amelyeken a depóniagáz kinyerése megoldott, hasznosítására azonban nem telepítettek gázmotort és így az összegyűjtött depóniagázt amúgy is elfáklázzák. **A depóniagáz ezeken a telepeken nulla használati értékkel rendelkezik, ami értelemszerűen viszonylag alacsony biometán önköltséget eredményez.**

Azokban a depóniagáz biometánként történő hasznosítás és hálózatra táplálás lehetőségének megteremtéséhez elengedhetetlen a hazai jogszabály módosítása.

A biometán energiahordozó társadalmi és gazdasági hasznossága megkérdőjelezhetetlen, az egyetlen rövid- középtávú üzemanyag alternatíva a hosszútávú áru fuvarozásban a vasúti villamos vontatás mellett. A bioLNG infrastruktúrába és eszközparkba történő befektetés nem csak a jogszabályban meghatározott céldátumig, 2030-ig értelmezhető, hanem annál jóval tovább, ugyanis a biometán forrásának változásával ugyanazon infrastruktúra jelentősebb ÜHG-megtakarítást is eredményezhet.

Hazánkban az európai átlaghoz képest lényegesen kevesebb biogáz üzem létezik, és csak a 2 nagyteljesítményű biogáz erőmű mellett működik tisztító kapacitás. **Mivel Magyarországon jellemzően kisméretű (2MW-nál kisebb beépített teljesítmény) biogáz üzemek találhatóak, üzemgazdasági méretüket és gazdasági szempontjaikat figyelembe véve kijelenthető, hogy önmaguktól nem tudnak és ezért nem is fognak egy költséges tisztító technológiát telepíteni és**

bevezetni. Ugyanakkor az is kijelenthető, hogy a **biogázból előállítható biometánnal hazánk képes lenne az importfüggőségén javítani. A hazai előállítású bio-CNG vagy bio-LNG közlekedésben történő alkalmazásával az import LNG és import dízelgázolaj kiváltható.**

Megállapítható, hogy az LNG és a CNG, mint üzemanyag valós és gyorsan bevezethető alternatíva a helyi emisszió csökkentésére. Ezért ezen üzemanyagok hazai elterjesztésének környezeti-társadalmi hasznossága elvitathatatlan, amelyet támogatásokkal és egyéb állami ösztönzőkkel szükséges motiválni. Támogatási formákra több európai példa is rendelkezésre áll. Belgium 2019-ben 25 000 euróval támogatja az új LNG hajtású tehergépjárművek beszerzését, Németország 2017-től 8 000 eurót ad új CNG és 12 000 eurót új LNG teherautók és tehergépjárművek vásárlására. A támogatás mértéke maximalizált, nem haladhatja meg az új jármű bekerülési költségnek 40%-át. Egy, a belga és német mintára kialakított ösztönző rendszer mentén az LNG üzemanyag hazai elterjedése biztosítható.

Megállapítottuk továbbá, hogy a hazai levegőminőség valódi javulását a biometán komprimálásával vagy cseppfolyósításával nyert bioCNG vagy bioLNG üzemanyag használat hozhatja. Azonban a biometán előállításához szükséges gáztisztító berendezés integrálása a kisebb biogáz üzemek szintjén gazdaságilag jelenleg nem megtérülő beruházás. A biometán hazai előállítás feltételei megteremtéséhez hazai támogatási források nélkülözhetetlenek, ugyanis az infrastruktúra kialakítása és üzemeltetése állami szerepvállalás nélkül nem életképes. Ezt támasztja alá más európai ország példája is. A biogáz és bioüzemanyag előállítás ösztönzésére Svédországban 21,8 millió korona forrást allokáltak 2018-2019. között, Dánia állami forrásból nyújt támogatást a biogáz közlekedési célú felhasználását biztosító, valamint a gázhálózatba történő betáplálást lehetővé tevő tisztító állomások infrastrukturális beruházásaihoz.

Az európai országok mintájára a bioCNG vagy bioLNG elterjedésének ösztönzését, ami kiterjed az előállításra, tárolásra és felhasználásra, a biometánnal megtakarítható CO₂ kvóta-keret terhére az államháztartási alrendszerekből lehet finanszírozni.

LNG használat a közúti közlekedésben

A közúti áru fuvarozásban a nehézgépjárművek esetén az LNG hajtás vonzó alternatívája a dízelüzemnek. Az LNG üzemanyag árban versenyképes a gázolajjal szemben, környezettudatosabb felhasználást tesz lehetővé nem csak alacsonyabb kibocsátásának, de alacsony zajszintjének köszönhetően is. Ebből eredően Nyugat-Európában 2015-től robbanásszerűen növekszik a cseppfolyós földgáz iránti érdeklődés és kereslet a közúti szállítmányozásban. Míg 2016 végén körülbelül 2000 LNG üzemű közúti áruszállító jármű volt Európában, 2017-re számuk majdnem megduplázódott. Ezzel párhuzamosan az LNG töltőállomások száma is növekszik Nyugat-Európában.

Az LNG-állomások európai hálózatának létrehozására irányuló projekt (LNG Blue Corridors) keretében 2017 közepére valamivel több, mint 100 töltőállomást regisztráltak. Különösen Hollandia, Egyesült Királyság, Spanyolország és Olaszország voltak azok az EU-s tagállamok, akik aktívan fejlesztették a helyi töltőállomás infrastruktúráját. 2018-ban német, francia és belga állami és európai ösztönzők hatására az LNG kereslet emelkedett, ez magával hozta a helyi töltő infrastruktúra számának növekedését is újabb 40 töltőállomással.

A hazai közúti áru fuvarozás az elmúlt 10 évben mutatott méretgazdaságossági növekedése alapján feltételezhető, hogy Magyarországon az LNG üzemanyag ebben az alágazatban fog leghamarabb megjelenni. Fontos hangsúlyozni a közúti áru fuvarozás, a vasúti és vízi szállítás logisztikai szinergiáját, melyre az LNG alágazati térnyerése rendkívüli hatással lesz.

Ugyanakkor az LNG környezeti és társadalmi hasznossága okán az LNG infrastruktúra kialakításában vállalt állami hozzájárulás alapvető feltétele a jogszabályi kötelezettségeink teljesítésének és az elterjesztés megalapozásának.

LNG használat a vasúti közlekedésben

Az LNG vasúti felhasználására számos országban van már kísérleti példa. A legelőrehaladottabb fejlesztések Oroszországban és az USA-ban találhatók.

Ugyanakkor Európa három országa Spanyolország, az Egyesült Királyság és Litvánia is jelentős erőfeszítéseket tesznek vasúti járművek LNG-re történő átalakítására.

A brit szolgáltató az Alstom Class 180 DMU kettős üzemanyaggal működő átalakított mozdonyának próbaüzemét 2019 májusában indította. Várakozásaik szerint az üzemanyagköltségben mintegy 30%-os megtakarítás érhető el.

A spanyol vasúttársaság (RENFE) 2017-ben megkezdte az LNG-vel hajtott önjáró személyvonat átalakítási lehetőségeinek vizsgálatát, majd az első, személyszállításra alkalmas LNG vasút prototípust (CAF 2600) 2019 nyarán kezdték el tesztelni.

Litvániában a balti-tengeri LNG-klaszter 2017-ben elkötelezte magát hibrid LNG tolatómozdonyok fejlesztése mellett. Az első mozdonyokat 2020 tavaszától már tesztelni fogják, és várhatóan ez év végén helyezik őket üzembe, a sikeres próbaüzemek után. Számításaik szerint körülbelül 30-40%-os üzemanyag megtakarítást érhető el a hibrid rendszer használatával.

Magyarországon az LNG-üzemre történő átalakítás a két vontatási feladatnak megfelelően tolató és vonali mozdonyok vonatkozásában valósítható meg.

A dízelvontatás szerepe az elmúlt évtizedek során jelentősen visszaszorult. Ezt az mutatja legjobban, hogy a magyarországi vasúti hálózat több, mint 40%-a villamosított, és ezen zajlik a forgalomnak több, mint a 80%-a. Emellett a hazai vasúti áruszállítási piac nagyon sok szereplőssé változott, nagyon sok eltérő technikai színvonalú, életkorú, energetikai és környezetterhelési jellemzőjű motoros

vontatójármű közlekedik a hálózaton. Ezen motoros járműveknél kétféle hajtásrendszer fordul elő: a hidrodinamikus és a villamos erőátvitel.

Alapvető problémaként leszögezhető, hogy a járművek meghatározó részénél az életkor jelenti a legnagyobb problémát. Egy vasúti vontatójármű pénzügyi élettartama hozzávetőlegesen 20 év, míg a műszaki élettartama meghaladja a 40 esztendőt is. Ez a tény a fentiek alapján sajnos már önmagában megnehezíti az átalakítást még, ha a pénzügyi források elő is teremthetők a fejlesztésre.

Egy kikötő területén az LNG-üzemű motoros vontatás akkor valósítható meg észszerűen, ha a vontatójárművet jól kihasználják, és folyamatosan ellátják feladatokkal. Ez jól tervezhető árumozgások esetén megvalósítható feladat. A kikötői elegyrendező tolatómozdony átalakítás vizsgálatakor az alábbi problémákat detektáltuk:

- műszaki vonatkozásban a vasúti vontatásban az LNG-motor még nem szerepel általánosan elfogadott és katalógusokban szereplő motorként, az LNG-tartály a vasúti vontatás szempontjából nem jelent problémát, az LNG-tartály elhelyezhető úgy, hogy a jármű súlypontja ne változzon;
- szabályozási szempontból a jármű engedélyeztetése viszont komoly problémát jelenthet (engedélyekkel már rendelkező LNG vasúti átalakításra Európában még nincs példa, ezért a hatóságok részére nincs egyértelmű útmutató az eljárás lefolytatásához), ami miatt megnövekedhet a folyamat időigénye és költsége (jelenleg a hazai jármű engedélyeztetési rendelet sem tér ki beépített erőforrású járművek esetén az LNG-s üzemre), szükség van kockázat értékelésre és független tanúsító szervezet jelentésére a jármű üzembehelyezéséhez;

LNG használat a hajózásban

Az LNG üzemanyag használata a tengeri hajózásban mára meghonosodott, a belvízi vagy folyami használata még csak most indul. A DNV GL (2018) adatai szerint jelenleg világszinten 171 LNG-vel hajtott hajó üzemel, 2026-ig a további 187 gyártása fejeződik be, és még 141 db kész az LNG-vel való hajtásra, de most nem LNG-vel működik. Ez összesen 499 hajót jelent. Érdekes tény továbbá, hogy a már üzemben levő hajók motorja 63%-ban kettős (dízel-LNG üzemű, Dual Fuel) technológiát használ, mely azt mutatja, hogy ez a technológia a legvonzóbb a tengeri hajók szegmensében. Ez lehet annak is a következménye, hogy az LNG üzemanyag tengeri elérhetőségének infrastruktúrája is alacsony kiépítettségű. A DNV GL (2018) alapján 60-70-re tehető azon földrajzi helyek száma, ahol valamilyen szolgáltatás LNG vonatkozásában elérhető. Emellett még további 60 helyen folyik előkészítési munka. Az Európai Unió a belvízi hajózást és a hozzá tartozó víziutak korszerűsítését szem előtt tartva, számos módon támogatja az LNG belvízi hajózásban való használatának és elterjedésének (akár mint üzemanyag, akár mint rakomány) elősegítését szolgáló közlekedéspolitikai irányelveket és az ezek megvalósításához szorosan kapcsolódó, jelentősebb, LNG-vel hajtott hajók illetve LNG töltőállomások

létrehozását, valamint az utántöltés egyre szélesebb körű biztosítását célzó projektek főbb célkitűzéseit.

A jelentős beruházási projektek annak a világméretű törekvésnek a részei, melynek során az LNG-t mint üzemanyagot promótálják úgy, mint a ma nagy léptékben is elérhető legtisztább hajtóanyagot, mely előfutára lehet más, még tisztább, de ma még mérhető jelentőséggel nem bíró üzemanyagoknak, mint pl. a hidrogén.

LNG Masterplan, azaz az LNG hajózás kézikönyve

Az LNG elterjesztésének érdekében az Európai Unió által megalkotott LNG Masterplan célja, hogy megkönnyítsék a belvízi hajózás számára az LNG mint üzemanyag és rakomány bevezetését és az ezzel kapcsolatban szükséges harmonizált európai szabályozási keretrendszer létrehozását. A projekt keretén belül kidolgozásra kerültek új és átépített hajókkal kapcsolatos olyan műszaki koncepciók, melyek az LNG üzemanyagként és rakományként való alkalmazását segítik elő. Az LNG Masterplan nézőpontjából az LNG vonatkozásában a belvízi hajózás egyrészt új piac lehet, másrészt lehetővé teszi azt is, hogy az LNG költséghatékony módon jusson el a tengeri kikötőtől a belvízi utak mentén fekvő nagyobb ipari területeken található felvevőpiachoz. A Masterplan az LNG-t fontos lehetőségnek tekinti a belvízi szállítási ágazat számára azzal, hogy mindez természetesen nem orvosolja a belvízi hajózás összes strukturális és gazdasági problémáját. **Az LNG Masterplan egyik víziója az, hogy a Duna- Majna- Rajna (DMR) tengely belvízi kikötői az LNG kulcsfontosságú elosztó központjaivá, csomópontjaivá válnak majd.** A projekt egyben széles körű megvalósítási tervek előkészítését is célul tűzte ki a CEF és más EU programok anyagi támogatásának bevonásával.

Jelenleg a DMR korridor mentén egyetlen fix telepítésű LNG töltőállomás van, a Kölnben 2019 októberének végén átadott PitPoint állomás, mely a rajnai LNG igényeket tudja kielégíteni. **A második töltőállomás lehet a PL4D projekt keretében kialakítandó dunai bunkerállomás, ami már nem csak az LNG hajók igényeit, hanem LNG hajtású nehézgépjárművek és CNG hajtású autóbuszokat is képes lesz kiszolgálni.**

Ugyanakkor az LNG üzemanyagra történő folyami hajó átalakítások üteme a vártnál lassabban halad az EU-ban. A „beragadás” okaiként az alábbiakat detektáltuk a rajnai tapasztalatok alapján:

- a folyami hajózásban nincs LNG üzemanyag vételezési lehetőség,
- a hajókat üzemeltető cégek számára elérhető üzemanyagárakat illetően kicsi az árkülönbség az LNG és a dízelgázolaj üzemanyag között – ennek megoldása volt D, B, NL, F, E, UK országokban: az LNG üzemanyagot nem terheli jövedéki adó,
- az LNG-vel kapcsolatos felszerelések, elemek költsége még mindig igen magas, ezért kevés ilyen beruházás történik, kevés az innováció, a méretgazdaságosság még nem jelenik meg – ennek megoldása volt NL, B, UK, D – LNG átalakításra vonatkozó állami támogatások,

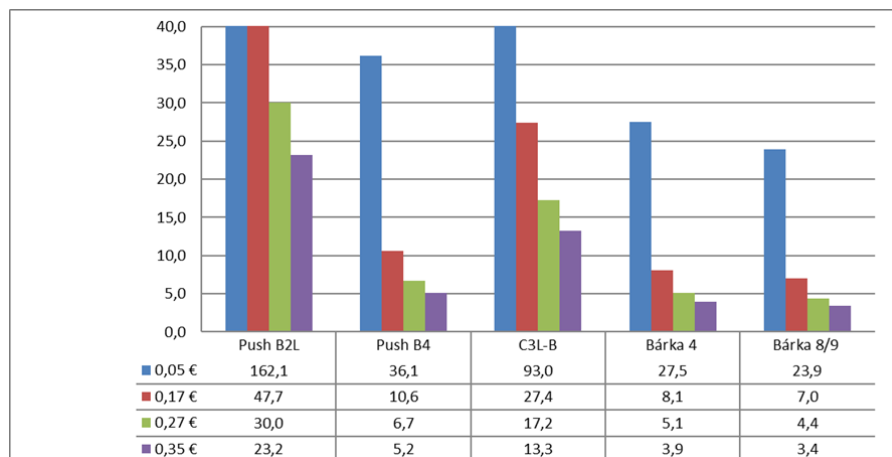
- a rendszerek engedélyeztetése még mindig nagyon szerteágazó és további járulékos költséggel is jár, mindez több terhet ró a hajótulajdonosokra, különösen egy hagyományos hajó engedélyeztetéséhez képest – ennek megoldása: NL – PitPoint nyilvánosságra hozta az engedélyeztetési eljárások ún. eljárási rendjét (Blue Print-jét), amely a többi tagország hatóságának iránymutatást nyújt az engedélyeztetési eljárásban,
- finanszírozás támogatása hiányos, a CEF, mely kifejezetten felhasználható ilyen célokra is, sok megkötéssel bír – ezért számos tagország egyedi támogatási formákkal finanszírozza a környezetvédelmi szempontból hatékonyabb LNG használatot,
- a kibocsátási határértékeket rögzítő NRMM rendelet felkészületlenül érte a belvízi hajózási szektort, a gázmotor-gyártók is nehezen tudják teljesíteni a szigorú kibocsátási előírásokat;
- az egyéb szállítási módokkal folytatott nagy piaci verseny miatt kicsi a haszonkulcs, kevés forrás jut cégen belül a fejlesztésekre – állami és regionális támogatások keretében finanszírozza B, NL, UK.

Dunai hajók átalakítási lehetőségei

A dunai hajók LNG-re történő átalakítása műszaki szempontból korlátozott. Európai benchmark adatokat figyelembe véve, a fogyasztási adatokat a helyi hajóállományra igazítva megállapítottuk, hogy a műszaki átalakítás a 2*1000 kW-os tolóhajó és bárka szerelvény, 3*1000 kW-os tolóhajók, valamint a 2*1000 kW-os önjáró hajók esetén lehetséges.

A műszaki adottságok figyelembevételével, valamint nemzetközi szakirodalom segítségével meghatároztuk azokat a hajócsaládokat, amelyek LNG átalakítását feltételezve számoltuk az LNG átalakításból eredő többletköltség megtérülési idejét. Ugyanakkor figyelembe véve azt a tényt, hogy a benchmark adatok alapvetően a Rajna vízi útvonalon közlekedő, valamint a Duna alsó szakaszán szállítmányozó hajó családok LNG átállására vonatkoznak, mi ezen adatokat a felső és közép dunai viszonylatok speciális adottságaival, valamint az újonnan életbe lépett (2019. január 1.) NMMR rendelet V. szakasz kötelezettségeivel korigáltuk.

Az átalakításra alkalmas, kiválasztott hajócsaládok fogyasztási adatainak alapján modelleztük, hogy ezen hajótípusok átalakítási költségeinek fényében az LNG üzemanyag által mutatott gazdasági előnyök milyen megtérülési időt eredményeznek különböző olajár scenáriók és hajtás technológia (mono- azaz csak LNG hajtás, dual fuel kettős hajtás, azaz dízel-LNG hajtás) mentén. Mono LNG hajtás esetén az LNG átalakítás többletköltségének megtérülési idejét mutatja az alábbi ábra.



Megállapítottuk, hogy egy dunai hajó LNG hajtásra történő átalakítása vagy új, LNG hajtású hajó beszerzése csak és kizárólag akkor lehet üzletileg megtérülő beruházás a dízel hajtással szemben, ha és amennyiben a meglévő hajóflotta tagja amúgy is motorcserére szorul.

A PL4D projekt keretében tett hajóátalakítási kötelezettséget figyelembe véve, valamint a benchmark adatok alapján a fenti hajókra elvégzett megtérülési elemzés alapján megállapítottuk, hogy a vizsgált hajó típusok átalakításának költsége messze meghaladja a Projektgazda, MAHART Zrt rendelkezésére álló, a hajó átalakítására vonatkozó költségsoron szereplő összeget.

Ezért kidolgoztunk egy új, az LNG hajtás átalakítására vonatkozó modellt, melynek segítségével arra kívántunk választ kapni, hogy egy kisebb, ezáltal kevésbé beruházásigényes átalakítással járó folyamat során előálló LNG hajó megtérülési mutatói alapján a projektben vállalt kötelezettség teljesíthető-e.

Eljo D nevű dunai hajó átalakítási lehetőségének vizsgálata

Ezek alapján kiválasztottunk egy olyan hajót, mely a fentieknél lényegesen kisebb méretű, teljesítményét 1 db főmotor adja, a motor cserére szorul, átregisztrálása az új NMRR V. szakasz szerint megoldható. Az adatok figyelembevételével a megtérülési számítást az ELJO-D (01772) elnevezésű hajóra végeztük el, mely jellemzően a Budapest-Regensburg és a Dunaújváros-Contanta útvonalon közlekedik. Az elemzést mindkét útvonal viszonylatában elvégeztük. Eredményként megállapítottuk, hogy a kisebb méretű ELJO-D átalakításának koncepcióterve, az elvégzett közgazdasági vizsgálatok azt mutatják, hogy a hajó méreténél és fogyasztási adatainál fogva nem alkalmas az átalakításra.

M43 típusú kikötői tolatómozdony és az M44 típusú vonali mozdony átalakításának modellezése

A CEF támogatásával megvalósuló PL4D projekt célkitűzéseinek maradéktalan megfelelése érdekében megvizsgáltuk az M43 típusú kikötői tolatómozdony és az M44 típusú vonali mozdony mono LNG átalakítási feltételrendszerét, megfogalmazzuk az átalakítás paramétereit és elvégeztük a vonatkozó közgazdasági számításokat.

Megállapítottuk, hogy a megvizsgált vasúti mozdonyok műszaki szempontból egyaránt alkalmasak az LNG hajtás befogadására. Megállapítható, ahogyan a dunai hajók esetében is, a vasúti LNG hajtás átalakítás gazdasági racionalitása is megkövetel egy minimális éves dízel gázolaj fogyasztást, amelynek LNG üzemanyaggal történő kiváltásával az LNG – dízel árkülönbözet mértéke szerint, megtérülő beruházásnak minősíthető. Az M44 típusú vonali mozdony LNG hajtásra történő átalakításának többletköltségei a legjobb ár scenárió szerint már 6,7 év alatt megtérülnek. **Megjegyezzük, hogy az első, átalakított prototípus M44 vonali mozdony üzembehelyezésének alapvető feltétele a mozdony kockázatértékelése és engedélyeztetése, amely további, becsléseink szerint egyszeri 300 000 euró költséget jelent.**

A gazdasági racionalitás mellett jelentős szerepet játszik az LNG üzemanyag dízel gázolajhoz viszonyított kedvezőbb kibocsátási értéke. Míg az M43 típusú tolatómozdony átalakításával az amúgy is ipari besorolású csepeli Szabadkikötő területére korlátozódik a helyi légszennyezettség csökkentésének lehetősége, addig **az M44 vonali mozdony LNG hajtásra történő átalakításával Pest központi kerületeinek és a dél-pesti kerületek levegőminőségének egyértelmű javulását lehet rövid időn belül elérni.**

Mindezek alapján **javasoljuk, hogy a projekt keretében az M44 típusú vonali mozdony LNG hajtásra történő átalakítása és homologációja történjen meg.**

Szintén javasoljuk a MÁV üzemeltetésében lévő, további 9 darab M44 típusú vonali mozdony átalakításának elindítását, amelyhez pénzügyi támogatást nyújthatnak az Európai Unió CEF 2020-as költségvetési forrásai. **Az így összesen 10 darab LNG hajtású vonali mozdony használata Budapest belvárosában akár 10-12 tonna CO_{2e}/MJ kibocsátásból származó légszennyező anyag megtakarítását jelentheti éves szinten, amellyel a helyi légszennyezettség mértéke a lakosság számára is érezhető módon javítható.**

A PL4D telephely választása

A helyszínválasztási folyamat során áttekintettük és objektív szempontok szerint értékeltük Magyarország területén lévő azon dunai kikötőket, amelyeken a tervezett feladat elvben végrehajtható. E körben megvizsgáltuk a beruházás potenciális megvalósításának helyeit, és leszűkítettük a nagyszámú lehetőségek körét megalapozott, számításokkal alátámasztott módon, majd végül meghatároztuk a megvalósításra leginkább érdemes helyszínt. A megvizsgált anyagok alapján világossá vált, hogy a témérdek, eddig is vizsgált szempont alapján, csak egy komplex, többszempontú döntéstámogató módszer figyelembevételével lehet megoldást találni és annak alapján javaslatot tenni a döntéshozók számára. Ezért az Analitikus Hierarchia Eljárást választottuk a vizsgálat módszereként. A kiindulásképpen kiválasztott 10 kikötő: Győr-Gönyű, Komárom, Budapest, Adony, Dunaújváros, Dunavecse, Dunaföldvár, Paks, Baja és Mohács. A mátrix típusú elemzés

eredményeképpen csak négy kikötő maradt versenyben, melyeket további kritérium rendszer keretében súlyoztunk. **A felállított rangsor természetesen nem abszolút érvényű**, csupán a vizsgált szempontok és súlyozás alapján kialakult eredmény, azonban ezáltal **a kérdés mögött húzódó információ-hierarchia vizsgálhatóvá és értékelhetővé vált.**

Az AHP folyamat eredménye értelmében a rangsorolt telephely opciók közül a Budapest-Csepel Szabadkikötő tekinthető a legkedvezőbbnek.

A csepeli terminál üzleti modellje

A helyszín kiválasztását követően elvégeztük az adott helyszínre telepítendő LNG töltőállomás gazdasági számításait.

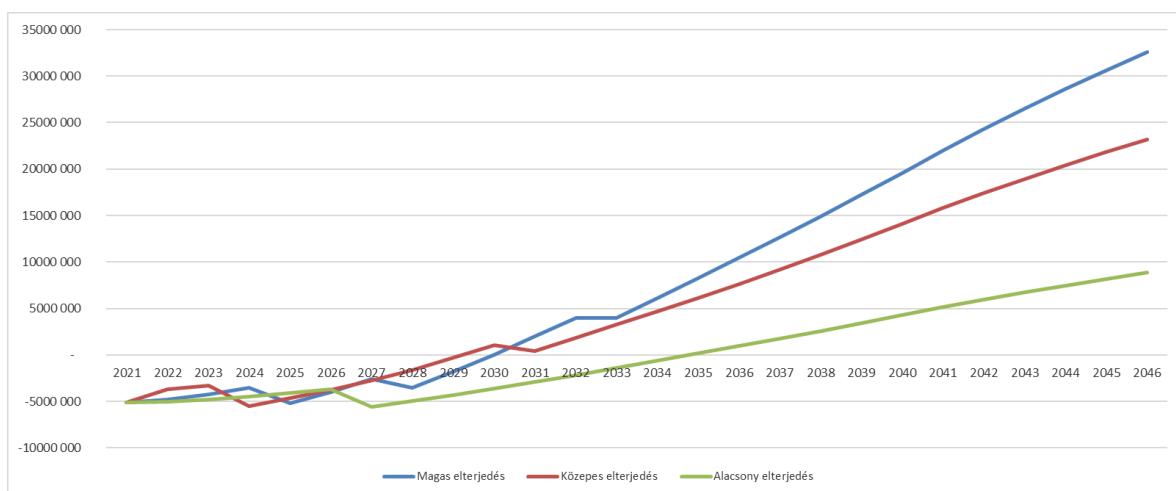
A hajók LNG átalakításának üteme és így, az LNG üzemanyagfogyasztás kapcsán scenáriókat építettünk fel közgazdasági elemzések alátámasztására. A scenárióelemzés során három különböző elterjedéssel számoltunk, alacsony (3%), közepes (6%) és magas (9%) a várakozásaink szerint 2031-ben működő (jelenlegi hajóflotta számhoz képest 8,5%-os bővüléssel korrigált számadat) hajószám alapján, illetve 2041-re 17%-os bővüléssel számoltunk.

Az üzleti modellben figyelembe vettük az LCNG töltési lehetőséget is, így a csepeli terminálon a közösségi közlekedést szolgáló jövőbeni CNG buszok töltését a 2020. évi buszstratégiára alapozzuk, melynek értelmében a busz és volántársaságok 2020-tól csak CNG vagy elektromos hajtású buszokat vásárolhatnak. Hipotézisünk szerint a BKV kötelező buszcseréinek során az állomány megújítását CNG hajtású buszokkal végzi el. Az alapvetésünk szerint a BKV megnövekedett CNG igényét nem fogja tudni kiszolgálni a telephelyein lévő, jelenleg is működő CNG töltőállomás. Ezért annak bővítésére vagy külső szolgáltatás vásárlására (pl. csepeli LNG/CNG töltőállomás) lesz szüksége. Jelen esetben azt feltételezzük, hogy az igényét részben a csepeli terminálról fogja kielégíteni. Ebből eredően a kút CNG és ebből LNG mennyiségi maximumát (100%) magas elterjedési scenárióban a 253 db, a közepes scenárióban (75%) 190 db, míg az alacsony elterjedési scenárióban (50%) 126 darab CNG hajtású autóbusz üzemanyag igénye adja.

A kikötőben megforduló nehézgépjárművek számáról konkrét adat nem áll rendelkezésre, azonban kiindulásképpen a MAHART Container Center Szolgáltató Kft közúti kiadásait vettük alapul. Így mintegy 6000 új nehézgépjármű megjelenésével számolunk, ami mentén az elterjedési scenáriókban (alacsony: 3%, közepes: 6%, magas: 9%) ezt a darabszámot vesszük az LNG nehézgépjárművek elterjedési alapjának.

Megállapítottuk, hogy az első ütemben tervezett 2*100 m³-es töltőállomás további bővítése szükséges a növekvő kereslet függvényében. Véleményünk szerint a közepes és magas elterjedési scenáriók során számolt keresletet műszaki szempontból kétséges lehet kamionról tartályba és onnan hajóra történő töltési módozattal kiszolgálni, ezért ezen esetekben mihamarabb javasolt alternatív szállítási

(vasút és tanker hajó) módozatok megvalósítása. Azonban a közgazdasági modellnek nem célja a műszaki kérdések megválaszolása, ezért a számításaink során következetesen a kamionról történő töltéssel számoltunk. A beruházás elemzés során hagyományos pénzügyi módszerekkel kívántunk a small scale LNG üzemanyag töltő infrastruktúrájának kialakításához szükséges beruházási döntésekhez szakmai alátámasztást adni. Az általunk alkalmazott pénzügyi módszerek alkalmasak voltak arra, hogy jelen körülmények között, a rendelkezésre álló input benchmark adatok, statisztikai alapadatok, valamint a kezdeti hipotéziseink alapján jól modellezzék a jövőbeni beruházás nettó jelenértékét, megtérülését, a megtérülés idejét, valamint képesek voltak megmutatni a beruházás eredményességét befolyásoló egyéb (elsősorban pénzügyi, adóügyi és másodsorban politikai) tényezők beruházásra gyakorolt hatását. A 3 elterjedési scenárió alapján számolt NPV-k összehasonlítását mutatja az ábra.



Mindhárom scenárióban vizsgáltuk az átalakított hajók, új LNG tehergépjárművek és CNG buszok üzemanyagfogyasztásából eredő nemzetgazdasági megtakarítási lehetőségeket.

- Externália-számítás megmutatja, hogy egy adott üzemanyag használatából eredően milyen értékű nemzetgazdasági kár keletkezik. A közlekedés/szállítás externáliái közül a legjelentősebb típusok a következők: zaj, zsúfoltság, globális felmelegedés, teljes életciklus, helyi légszennyezés és balesetek, melyeknek mind pénzben kifejezhető értéke van. Az ÜHG és lokális légszennyezés tekintetében jól értelmezhetővé válik a gázmotoros hajtás. **LNG alkalmazásával az ÜHG potenciált illetően a jelenlegi állapothoz képest kedvezőbb állapot érhető el, mely az externális költségek terén is megmutatkozik.**

CO₂ egyenértékre vetített ÜHG megtakarítás: a dízelgázolaj közlekedésben történő használatának környezeti kárai vitathatatlanok, az ÜHG kibocsátás mellett a helyi környezetszennyező (por, korom, zaj) hatása tudományosan is megalapozott.

A dízelgázolajról LNG-re történő átállás euróban kifejezett környezeti kár megtakarítások értékét, valamint az átállással elérhető CO₂ egyenértékre vetített megtakarítás mértékét mutatja a következő

ábra az elterjedési scenáriók (alacsony-közepes-magas) mentén. Az externális megtakarításokat vizsgálva látható, hogy az LNG 2022-2041. közötti évek vonatkozásában 3,5-15 millió euró megtakarítás érhető el, míg a CO₂ egyenértékben 58 600 – 268 000 tonna megtakarítás realizálható.

Alacsony elterjedés (3%)			Közepes elterjedés (6%)			Magas elterjedés (9%)		
	Gázolaj-LNG árállás externálisa (EUR)	Gázolaj-LNG megtakarítás (t CO ₂ e q)		Gázolaj-LNG árállás externálisa (EUR)	Gázolaj-LNG megtakarítás (t CO ₂ e q)		Gázolaj-LNG árállás externálisa (EUR)	Gázolaj-LNG megtakarítás (t CO ₂ e q)
2022	-	-	2022	-	-	2022	40 968	737
2023	24 098	433	2023	24 099	433	2023	81 936	1 473
2024	24 098	433	2024	55 272	994	2024	93 962	1 690
2025	31 172	581	2025	110 024	1 979	2025	187 041	3 384
2026	55 270	994	2026	134 123	2 412	2026	321 971	5 790
2027	78 850	1 418	2027	158 222	2 845	2027	374 964	6 743
2028	110 023	1 979	2028	189 395	3 408	2028	427 958	7 698
2029	110 023	1 979	2029	272 443	4 889	2029	589 141	10 235
2030	141 195	2 539	2030	303 616	5 460	2030	663 103	11 925
2031	141 195	2 539	2031	310 690	5 587	2031	788 208	13 815
2032	189 491	3 048	2032	310 690	5 587	2032	821 202	14 768
2033	193 589	3 481	2033	334 789	6 021	2033	821 202	14 768
2034	193 589	3 481	2034	341 863	6 148	2034	962 385	17 307
2035	224 243	4 033	2035	365 443	6 572	2035	1 015 378	18 280
2036	248 341	4 466	2036	424 912	7 641	2036	1 088 372	19 213
2037	248 341	4 466	2037	473 109	8 508	2037	1 181 452	20 888
2038	279 513	5 027	2038	504 282	9 069	2038	1 214 445	21 839
2039	307 809	5 535	2039	568 109	10 180	2039	1 348 493	24 250
2040	338 982	6 096	2040	597 281	10 741	2040	1 442 455	25 940
2041	338 982	6 096	2041	621 380	11 174	2041	1 536 416	27 629

Érzékenység vizsgálat keretében néztük meg, melyek azok a költségtételek, amelyek befolyásolják a projekt NPV-jét, azaz jövedelmezőségét. Megállapításaink:

- Alacsony elterjedési scenárió: Az alacsony scenárióban számított NPV legmarkánsabban az értékesítési ár változására reagál. Egy 8%-os értékesítési ár növekmény a projekt nettó jelenértékét megduplázza, de igaz a fordítottjára is, egy 8%-os értékesítési áresés az NPV-t negatívba viszi. Negatív NPV értékű beruházásba pedig nem szabad belevágni.
- Közepes elterjedési scenárió: A közepes scenárióban számolt NPV értékesítési árra vonatkozó érzékenységéről kijelenthető, hogy a modell az értékesítésben elérhető ár változására rendkívül érzékeny, az ár 1%-os változásával az NPV megközelítőleg 10%-ot csökken, illetve nő.

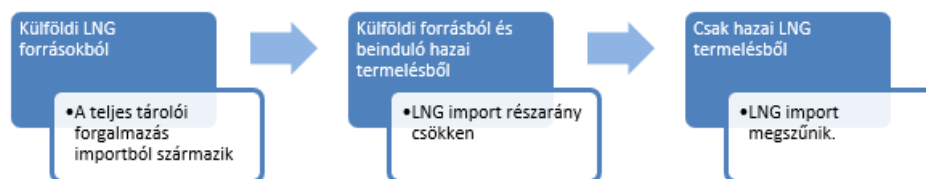
- **Magas elterjedési scenárió:** E szerint kijelenthető, hogy már egy kis árváltozás is nagymértékű NPV változást eredményez, így az értékesítési árra rendkívül érzékeny a projekt jövedelmezősége.

Megvizsgáltuk a projekt energetikai hatásait, a hazai közlekedés gázellátás biztosításával kapcsolatos együttműködési lehetőségeket, valamint az LNG tárolására alkalmas kriogén tartály gyártás hazai alternatíváját, valamint az LNG elterjesztését és a járművek átalakítását támogató uniós és hazai forrásokat.

A projekt energetikai hatásai az import piacon

Az energetikai hatások vizsgálatánál törekedtünk arra, hogy elemezzük a hazai LNG import változását, ami a PL4D töltőállomás üzembe helyezésével várhatóan gyökeresen megváltozik. Egyelőre nem látjuk reális esélyét annak, hogy hazai - földgázból vagy biogázból előállított - LNG középtávon belépjen a létesítendő töltőállomás ellátási láncába, mivel a földgáz átalakításához helyi cseppfolyósító állomás kialakítása szükséges, a biogáz előállítási feltételek Magyarországon korlátozottak.

Mindezek ellenére feltételezve azt az esetet, hogy a hazai LNG előállítás feltételei kialakulnak tulajdonképpen 3 különböző, az ellátási láncban történő hazai LNG termelés részarány mértékének megfelelő scenáriót lehet felvázolni.



Az azonban bizonyos, hogy a PL4D projekt keretében létesítendő small scale terminál 2022-es üzembehelyezésre nem lesz hazai termelés. Ezért az indulási és az azt követő években csak importtal számolhatunk.

Az LNG forgalom magyarországi földgáz importra való hatását konkrétan lehetett vizsgálni, hiszen a MEKH pontos adatbázist vezet az energiahordozók importjára vonatkozóan. Ha és amennyiben az LNG forgalom elérné az éves 200 ezer m³-t, az gázhalmazállapotban 120 millió m³-t jelent, az LNG-vel kiváltható mennyiség az importnak mindössze 1,6 %-a.

Azonban egy ilyen egyszerű összevetés sem lehet feltétlen irányadó, mert a földgáz és az LNG piaci szegmensei eltérnek.

- A földgáz hazai felhasználási területe ipari, erőművi, lakossági és közületi fűtési célú. A közlekedésben CNG részaránya alig mérhető.
- Az LNG felhasználás elsősorban közlekedési célú és a dízelgázolaj kiváltása érdekében tervezzük elterjeszteni.

Mindezeket figyelembe véve azt kell megállapítanunk, hogy a földgáz importra még hosszútávon sem lesz befolyással az LNG forgalom. Még akkor sem, ha a vizsgált 2040-es évekig visszaszorítjuk a földgáz felhasználásunkat, mert azt teljesen más hatások fogják befolyásolni.

A gázimport függőség mérséklésének egyik módja lehet a hazai földgázüzemű közlekedés üzemanyag-ellátásához a kiváló lehetőséget biztosító magyar földgázforrások igénybevétele, amely egy kifejezetten erre vonatkozó iparági fejlesztési stratégia keretében megvalósítható lehet. A földgázüzemű közlekedés üzemanyagigényének hazai biztosítása lehetőséget teremthet arra, hogy termelésbe vonjanak egyéb célra nem hasznosítható földgázmezőket, valamint szervezett keretek között megvalósuljon a mezőgazdaságban is a nem élelmiszcélú hulladékok biogáztermelés céljából történő hatékony begyűjtése, amely így megújuló energiaforrással láthatná el a ma elégtelen mértékű megújulót felvenni képes kőolajbázisú közlekedési szektort. Minden ilyen és ehhez hasonló intézkedés csökkentené Magyarország kőolajimport-kitettségét, ezáltal jelentős nemzetgazdasági pozitívumokat is generálna.

Az LNG hajtás bevezetése esetén az a dízel hajtású járműveket fogja érinteni, ezért az LNG dízelgázolaj importra történő hatását lehet megvizsgálni.

Hosszútávú, megbízhatónak tekinthető dízelgázolaj üzemanyag felhasználási, ezen belül is import statisztikát nem készítettek a piaci szereplők. Ugyanakkor a Nemzetközi Energia Ügynökség (International Energy Agency, IEA) 2024-ig kiadta saját előrejelzését 2019-ben, azt is összességében a kőolaj termelésre és igényre, amiben minimális igény növekményt mutat be. Ennek ellenére érdemes a jelenlegi hazai statisztikai adatokkal összevetni a prognosztizált LNG forgalmat, ha úgy tekintünk a jelenlegi fogyasztási adatokra, hogy az összességében állandó. A számításainkat a közepes scenárió LNG igény számaira végeztük el, melynek eredményét a következő táblázatban mutatjuk be.

	mértékegység	2026	2031	2041
LNG igény közepes scenárióból	tonna	17 850	34 348	61 647
	m ³	39 270	75 566	135 623
Kiváltható átlagos dízel mennyiség	liter	37 047	71 288	127 947
800 ezer literes dízel import %-a	%	5	9	16

Egyértelműen megállapítható, hogy a hazai dízelgázolaj felhasználásra szignifikánsan fog hatni az LNG belépése. Amennyiben kizárólag a dízelgázolaj importra vetítjük, (ahogy a fenti számításban szerepel) akkor az gyakorlatilag idővel teljes egészében kiváltható. Természetesen a valóságban nem fogja azt jelenteni, hogy ezzel megszűnik az import dízel, mivel a kút hálózatot tulajdonló cégek hazai dízelgázolaj és saját dízelgázolaj termelésük árai alapján döntenek a forgalmazásról főképp, ha saját tulajdonú finomítóból történik az ellátás. **A forgalom csökkenése tehát együttesen fog hatni a hazai és az import dízelgázolaj forgalomra.**

Hazai kriogén tartály gyártás lehetősége

A tanulmányban vizsgáltuk a hazai kriogén üzemanyag konténeres gyártás indításához és a hálózati ellátásra történő biztosításának kérdéseit. Az LNG konténeres szállítására az ISO típusú konténer keretbe építhető duplafalú vákuum szigetelésű nyomásálló tartályok alkalmasak, azonban, ISO konténeres kriogén tartály gyártás Magyarországon jelenleg nincs. A felkészüléshez alapvetően komoly beruházásra van szükség, megtérülésének kockázatait figyelembe kell venni.

A hazai igények becslése egyenőre nagy pontatlansággal bír, mivel egy teljesen új piaci szegmens beindításáról van szó, ami a magyarországi LNG töltőhálózat kiépítésének függvénye. A közúti ellátásban az indulás évétől számított 3 évben, ha 10 LNG kút kiépítésével számolunk, akkor a következőkkel lehet kalkulálni:

- A nyugat-európai tapasztalatok azt mutatják, hogy egy LNG kút töltőállomáson 50 m³ körüli külső LNG tárolót helyeznek el.
- Ennek a rendszeres töltéséhez 20 lábas ISO konténerrel számolva indulásnál 2, későbbi rendszeres utántöltésnél 1-2 konténeres szállítás szükséges, hetente, amennyiben feltételezzük a folyamatos felhasználást.
- A 10 kút heti ellátását 4-5 tartálykocsival meg lehet oldani, tehát ennyi ISO-LNG konténerrel számolhat az indulási években az új gyártó.

Viszonylag kis számú hazai értékesítésre lesz lehetőség a közúti hálózati igények ellátásához az első 3 évben, a megtérülése kétséges. Szakértői véleményünk szerint nagyobb volumenű gyártási lehetőség esetén fog csak hazai cég belevágni ebbe az üzleti vállalkozásba, de megítélésünk szerint akkor is csak a nemzetgazdasági érdekek mellett nyújtott állami anyagi szerepvállalással lehet jövedelmező tevékenység.

A projekt hatása a budapesti közösségi közlekedésre

Megvizsgáltuk a budapesti sűrített földgáz (CNG) buszos közlekedés és annak fejlesztési lehetőségeit, melynek egyik kulcspontja lehet a 1537/2019. (IX. 20.) Kormány határozat alapján létrejövő új buszstratégiai koncepció. **A stratégia kiemelten fontos célja a környezetbarát autóbuszok üzembe helyezése, ezzel is csökkentve a zajszennyezést, és a károsanyag-kibocsátást, valamint az üzemeltetési költségeket.** Ennek fényében a Magyar Állam ösztönzéseként 2020 és 2022 között kiemelten támogatja az alternatív meghajtású, CNG-s buszok vásárlását vagy átalakítását. Mivel a Buszbeszerzési Stratégiának köszönhetően várhatóan 2022-ig nagymértékben fog emelkedni a CNG

meghajtású buszok száma, így - amennyiben a csepeli kikötőben a CNG töltőállomás rendelkezésre áll - akkor a budapesti közösségi közlekedés járműveit is ki tudja szolgálni.

A közösségi személyhajózás továbbfejlesztése Budapesten szintén szerepet játszhat az LNG üzemanyag elterjesztésében. 2014-ben a BKK Zrt „A városi és elővárosi személyszállító hajók és kiszolgáló létesítmények fejlesztése” című megvalósíthatósági tanulmánya kétféle (városi és elővárosi) hajótípus koncepcióját tárgyalja, vizsgálja az elérhető üzemanyagforrásokat. Ennek konklúziójaként megállapítható, hogy ha és amennyiben lenne LNG vételezési lehetőség Budapesten, akkor az LNG hajtású elővárosi és városi hajó közösségi közlekedésben történő szerepvállalása jelentős társadalmi és gazdasági előnyökkel járna.

Az LNG töltőállomás(ok) kialakításában vállalt állami hozzájárulás alapvető feltétele a jogszabályi kötelezettségeink teljesítésének és az elterjesztés megalapozásának. Azonban a csepeli small scale terminál elhelyezkedése okán kiváló töltési hely a hajózási útvonal mentén, azonban a közúti fuvarozás számára nem ideális. Az autópályáktól, illetve az M0 körgyűrűtől való távolsága miatt nem számolhatunk vele a közúti TEN-T forgalom kiszolgálásakor.

Ugyanakkor a kikötőben, mint logisztikai központban rendkívül jelentős a hazai és nemzetközi kamion forgalom (2018-ban 121 926 db/év), ami alapot teremt arra, hogy a töltőállomás szabad kapacitásait a külföldi vagy az új hazai, a kikötőben megforduló LNG hajtású kamionok üzemanyaggal történő ellátására fordítsa.

Igénybe vehető pénzügyi támogatások

A projekt és annak továbbfejlesztése kapcsán a legcélravezetőbb támogatási forrás az európai uniós CEF által nyújtott pénzügyi hozzájárulások. Jelenleg 2021 márciusáig minden negyedévben lehetőség van benyújtani támogatási kérelmet az alternatív üzemanyagok infrastruktúrájának kiépítésére vonatkozólag. 2021 után is elérhető lesz a CEF az új (2021-2028) költségvetési időszakra kialakított uniós költségvetési struktúra mentén.

A Horizont 2020 Smart, Green and Integrated Transport elnevezésű konstrukciójában lehetőség van kutatás-fejlesztési projekt keretében támogatás elnyerésére, amely – az eddigi támogatott projekteket figyelembe véve- új, alternatív hajtások kifejlesztésére irányuló kezdeményezéseket támogat.

Ezenkívül az Európai Beruházási Bank rendelkezésre áll hitel, tőkeberuházás, banki garancia, tanácsadás és kombinált finanszírozás (kölsön és támogatás kombinációja) formájában.

Hazai forrásként megnevezhető az Integrált Közlekedésfejlesztési Operatív Program (IKOP), melyből hazai hálózatfejlesztési (közúti, vasúti, vízi) projektek támogathatók.

Konkrét nemzetközi együttműködési lehetőségek

A szlovák állam tulajdonában lévő Szabadkikötők Zrt (Verejné Prístavy, a.s.), a pozsonyi szabadkikötőben tervez kisléptékű LNG terminált létesíteni. A szlovák állami céggel történő jövőbeni együttműködésnek számos, a PL4D projektre vonatkozó pozitív hozadéka lehet, mint például:

- a két fél közös, együttes LNG beszerzése
- a dunai LNG szállítás feltételeinek megteremtésére egy, a határokon átívelő közös pályázat benyújtása LNG szállító hajó megtervezésére és megvalósítására, mely a jövőben képes lesz a Felső-Közép Duna LNG igényét akadálymentesen folyami LNG tankerhajóként kiszolgálni
- a két fél LNG/CNG szakképzési rendszerének összehangolásával, az LNG/CNG oktatási és képzési lehetőségek megteremtése Közép-Kelet Európában

A szlovák fél nyitottsága és a PL4D projektben rejlő lehetőségek kiaknázásának érdekében javasoljuk, hogy a projektgazdák vizsgálják meg az együttműködés lehetőségét, és a Connecting Europe Facilities (CEF) soron következő pályázati konstrukciójának keretében Magyarország és Szlovákia közösen nyújtsanak be egy, a dunai LNG szállítóhajó megvalósítására vonatkozó pályaművet az Európai Unióhoz.

III. BEVEZETÉS

A XXI. század legnagyobb kihívása az üvegházhatású gázkibocsátás (ÜHG) csökkentése, mely a fenntarthatóság és a fenntartható fejlődés egyik alapvető kritériuma. Az Európai Unió ÜHG kibocsátásának egynegyede a közlekedési ágazatból származik (Eurostat, 2019), mindemellett a közlekedési ágazat kőolajfüggősége (94%) elvitathatatlan.

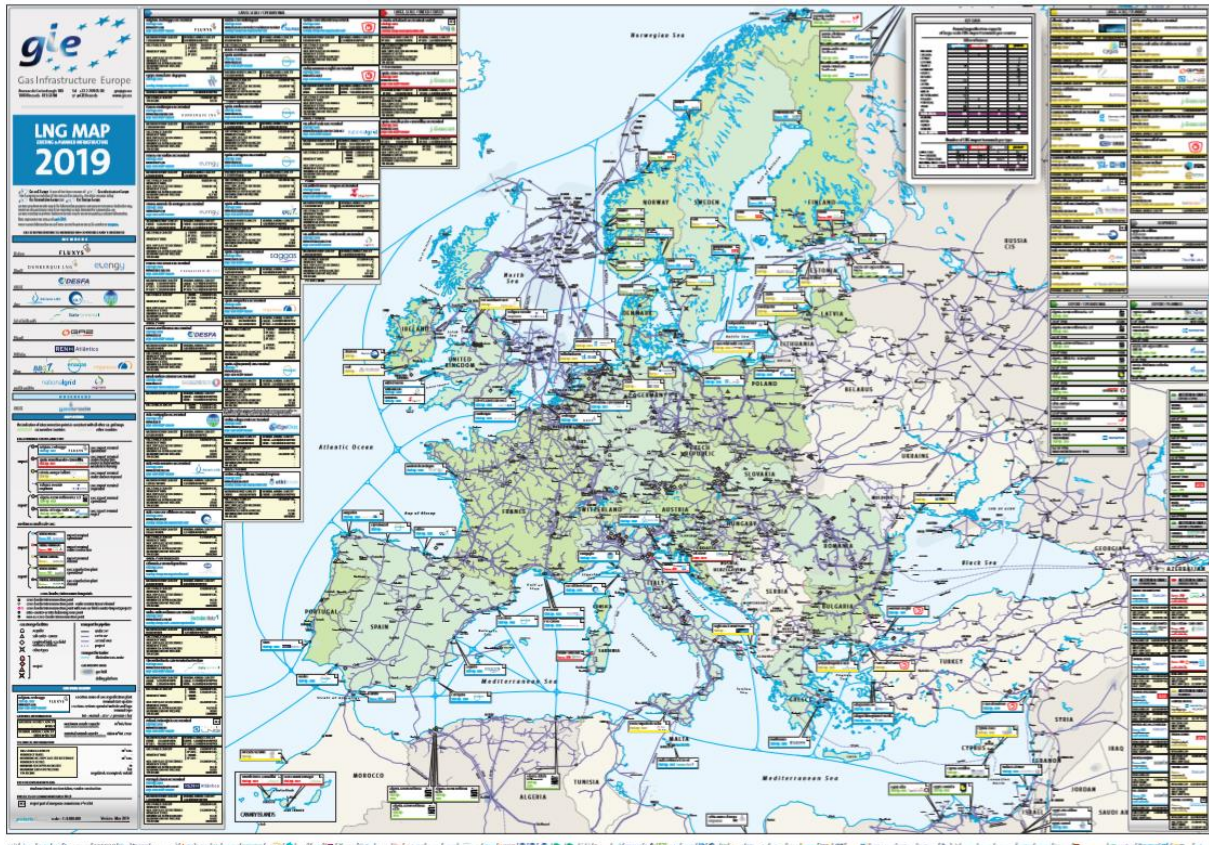
1990 és 2017 között az üvegházhatású gázok kibocsátása csökkenő tendenciát mutat, ugyanakkor az EU bővítésével együtt járó piaci bővülés a közlekedési ágazat növekedését hozta magával, mintegy 16%-os többlet ÜHG kibocsátást eredményezve (Eurostat, 2019).

Ezek a tények az Európai Unió döntéshozóinak figyelmét a kőolajfüggőség és az ÜHG kibocsátás csökkentésére irányította. Ezért alapvető és az összeurópai érdekeket is figyelembe vevő stratégiák készülnek a közlekedés alternatív hajtóanyagaira vonatkozóan, ilyen például a földgáz üzemanyagként történő felhasználására vonatkozó LNG Masterplan stratégia is, amely a belvízi, folyami közlekedésben használható cseppfolyós földgáz (LNG) üzemanyag elterjesztését tűzi ki célul a Rajna-Majna-Meuse-Duna viszonylatú hajózásában.

Az LNG iparág az 1960-70-es években indult, a földgáz hosszú távú, gazdaságos szállítására jött létre. Elsődleges célja azon területek földgázzal való ellátása volt, ahol a földgáz szállító hálózat infrastrukturális kiépítése nem megoldható. A jellemzően az Egyesült Államokból, Algériából és Katarból importált LNG mára stratégiai energiahordozó Európában, aminek köszönhetően a kontinens orosz gáztól való függősége mérsékelhető.

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. Az LNG tárolása normál légköri nyomáson történik. Az LNG különleges fizikai jellemzői miatt az előállító, tároló, szállító berendezéseket különös biztonsággal, extra acélananyagokból készítik, a rendszerek szerelvényezése, biztonsági elemei nagyobb mennyiségű gáz szabadba jutását is megakadályozzák. Ennek ellenére az LNG előállítása, szállítása és felhasználása különös gondosságot és odafigyelést igényel annak robbanásveszélye miatt.

Az **LNG interkontinentális szállító hajókon** történő biztonságos szállításának feltételei adottak, Európában az import LNG fogadására jelenleg 23 LNG terminál áll rendelkezésre, amelyek egyrészt tárolási funkciót, másrészt visszagázosító feladatot végeznek. Ezek az úgynevezett large scale, azaz nagyléptékű LNG terminálok, amelyek összes kapacitása 2019-ben 197 milliárd m³/év.



Forrás: gie.eu

1. ábra LNG terminálok Európában 2019-ben

A visszagázosított LNG-t aztán az európai csővezetékhalózathoz betáplálva lehet gáz formájában tovább szállítani vagy cseppfolyós formában az arra alkalmas járművekbe betölteni hajtóanyagként.

Az **LNG üzemanyagként történő felhasználása** a közúti fuvarozásban már elfogadott, számos gyártó (Volvo, Scania, Iveco) hoz forgalomba LNG üzemanyagfelhasználású tehergépjárművet. Az ehhez szükséges közúti töltőállomás infrastruktúra elsősorban Nyugat Európában kiépített, Magyarországon a töltőállomás térkép szerint egyetlen töltőállomás kínál LNG üzemanyag töltési lehetőséget.



Forrás: gasforenergy.com, 2019

2. ábra Európa közötti LNG töltőállomás térképe 2019 májusi állapot szerint

Megközelítőleg 15 évvel ezelőtt Európában megjelent az új LNG üzletág: **a small-scale LNG**, ami a kisüzemű LNG töltőállomás megoldásokat szorgalmazó projekteket foglalja magában. Ezek célja az LNG, mint európai üzemanyag meghonosítása az üzemanyag és energiaágazatban.

Ennek érdekében valamennyi EU-tagállamnak ki kellett dolgoznia az alternatív üzemanyagok infrastruktúrájának kiépítésére vonatkozó ütemtervét, ami illeszkedik az alternatív üzemanyagok infrastruktúrájának bevezetéséről szóló 2014/94 / EU irányelv teljesítéséhez.

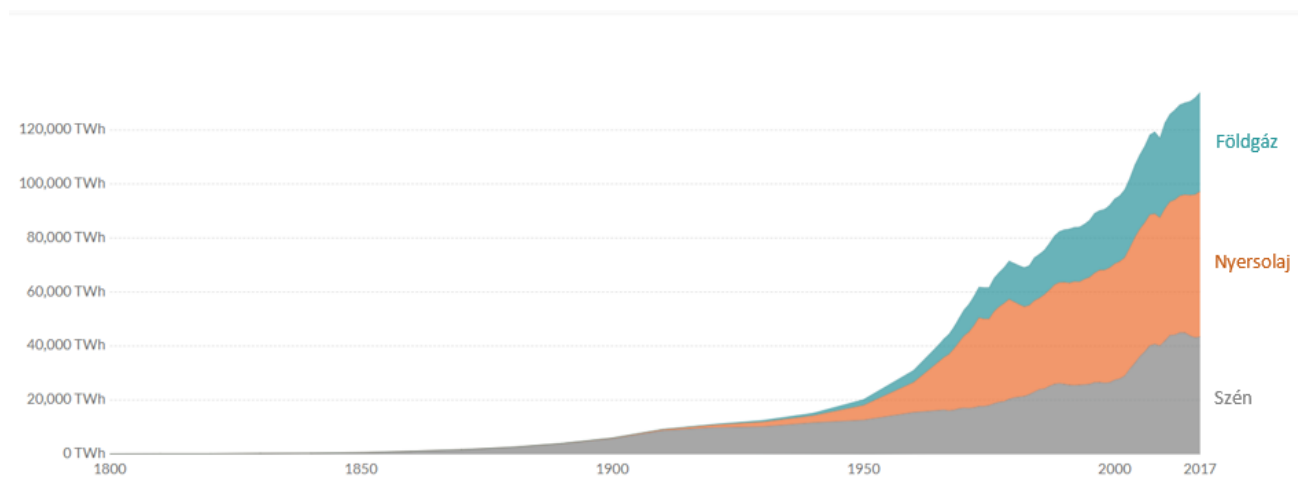
Az alternatív üzemanyagok ütemterve külön említi a földgáz, mint hajtóanyag alkalmazásának lehetőségét, mivel a fosszilis energiahordozók közül ez a leginkább környezetbarát energiaforrás, amely felhasználható az energiatermelési folyamatokban, valamint folyékony üzemanyagforrásként tehergépjárművek, hajók és vasúti szerelvények számára nyújt alternatívát.

Az Európai Unió társfinanszírozásában megvalósuló small scale LNG projektek célja az ellátási lánc folytonosságának megteremtése, az orosz csővezetékes gázzállítástól való függőség csökkentése azáltal, hogy a kisüzemű LNG terminálok azonnal rakodható, úgynevezett „spot cargo” gázt képesek tárolni és szükség szerint továbbítani valamely hiánnyal küzdő európai országba. Mivel ezen „spot cargo” gáznak a lehető leghatékonyabban és leggazdaságosabban kell a célországba eljutnia, így egyértelmű szállítási folyosót jelent az Európát átszelő Duna, melynek mentén kiépítendő small scale LNG terminálok várhatóan a Duna-térség LNG-logisztika csomópontjai lesznek.

III.1 A RENDELKEZÉSRE ÁLLÓ FOSSZILIS ENERGIAHORDOZÓK

A fosszilis energiaforrások, mint a szén, a kőolaj és a földgáz, napjainkban is kiemelkedő helyet foglalnak el az energiaellátásban, és továbbra jelentős szerepet fognak játszani a globális energiarendszerekben, hiszen az alacsony vagy akár zéró kibocsátású energiatermelésre való átállás egy hosszú és komplex folyamat, ahol az egyes alternatív, illetve megújuló energiaforrások nem tudják azonnal és egy az egyben helyettesíteni a már jól bevált, hagyományos fosszilis tüzelőanyagokat.

A XX. században a fosszilis energiafogyasztás nagymértékben diverzifikálódott: a 2000-es években a szén alapú energiahordozó felhasználás kevesebb, mint 30%-ra csökkent az össz energiahordozók arányában. Ma a kőolaj a legnagyobb mértékben használt energiaforrás, amely a fosszilis energia mintegy 39% -át teszi ki, ezt követi a szén, 33%-kal és a földgáz 28%-kal (Smil, 2017).



Forrás: Smil, 2017

3. ábra Globális energiafogyasztás megoszlása a fosszilis tüzelőanyagok szerint

1.1 Nyersolaj

Jelen fejezetben használt mértékegység:

- Mb/nap, azaz millió hordó/nap

2018-ban az olajárak hullámzó tendenciát mutattak az olajpiacon. Az év elejétől az árak folyamatosan emelkedtek, majd októberben elérték a csúcsnak mondható 85 dollár / hordós árat, mely ezután az utolsó negyedévben zuhanásnak indult, így az év végére már 50 dollár/hordó értékre csökkent. 2019 elején pedig már ismét 67 dollár/hordó értéken árusították.

Az olaj stabil, folyamatosan fejlődő felvevőpiaccal rendelkezett, 1,4 Mb/nap növekedéssel. Abszolút értelemben a kereslet növekedését Kína (0,7 Mb / nap) és India (0,3 Mb / nap) uralta, melyek összesen a globális keresletnövekedés csaknem kétharmadát adták. Az elmúlt tíz évhez viszonyítva azonban a legnagyobb növekedés az Egyesült Államokban volt tetten érhető, ahol az olajszükséglet 2018-ban 0,5 Mb/nappal növekedett, ami 10 éves viszonylatban nézve a legnagyobb növekedés.

Az olajkereslet növekedésében kiemelt jelentőséggel bírtak egyéb petrokémiai termékek (etán, benzin) iránt megnőtt igények, melyek a 2018-as év keresletének mintegy felét tették ki.

A folyamatos keresletnövekedés háttérében a globális termelés óriási, 2,2 Mb/nappal megemelkedett értéke áll, amely több mint kétszerese a múltbeli átlagnak. E növekedés túlnyomó többségét az amerikai termelés hajtotta. 2012 óta az Egyesült Államok termelése még tovább, több mint 7 Mb/nappal növekedett - ez nagyjából megegyezik a Szaúd-Arábia nyersolaj-kivitelével. Mindez pedig átalakította az amerikai gazdaság szerkezetét és a globális olajpiaci dinamikát (BP, 2019).

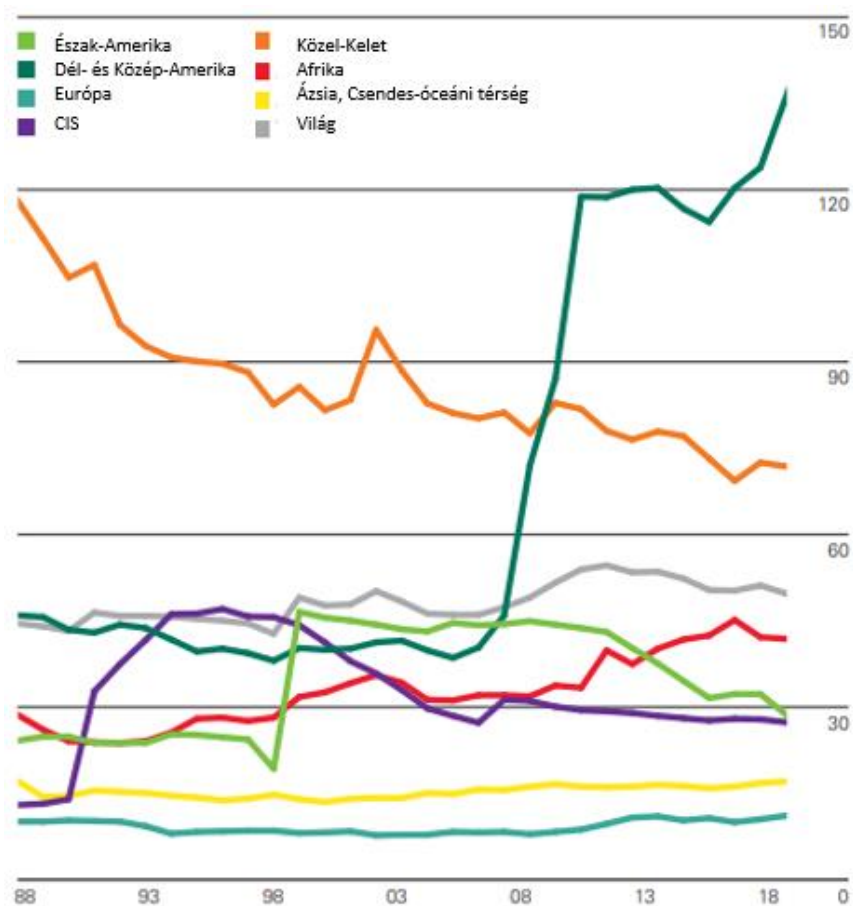
Az OPEC tagországok olaj kitermelése összeségében 0,3 Mb/nappal csökkent, hiába az erős szaúd-arábiai növekedés (0,4 Mb/nap), ezt ellensúlyozta a venezuelai és iráni visszaesés.

Ugyanakkor Líbia és Nigéria olajtermelése - amelyek egyike sem volt az OPEC + megállapodás tagja - tavaly június és november között több mint 500 ezer hordó/nappal növelte kitermelését. Ennek eredményeként az OECD készletei újra növekedni kezdtek (BP, 2019).

Ami az olajkészleteket illeti, 2018 végén az alábbi országok rendelkeztek a legnagyobb olaj tartalékokkal:

- Venezuela 48 milliárd tonna
- Szaúd-Arábia 40,9 milliárd tonna
- Kanada 27,1 milliárd tonna
- Irán 21,4 milliárd tonna

Ha megvizsgáljuk a tartalék/termelés (Reserve/Production - R/P) arányát, akkor megtudjuk, hogy a fennmaradó tartalékok mekkora időtartamra lennének elegendők, ha a kitermelés a jelenlegi ütemben folytatódna.

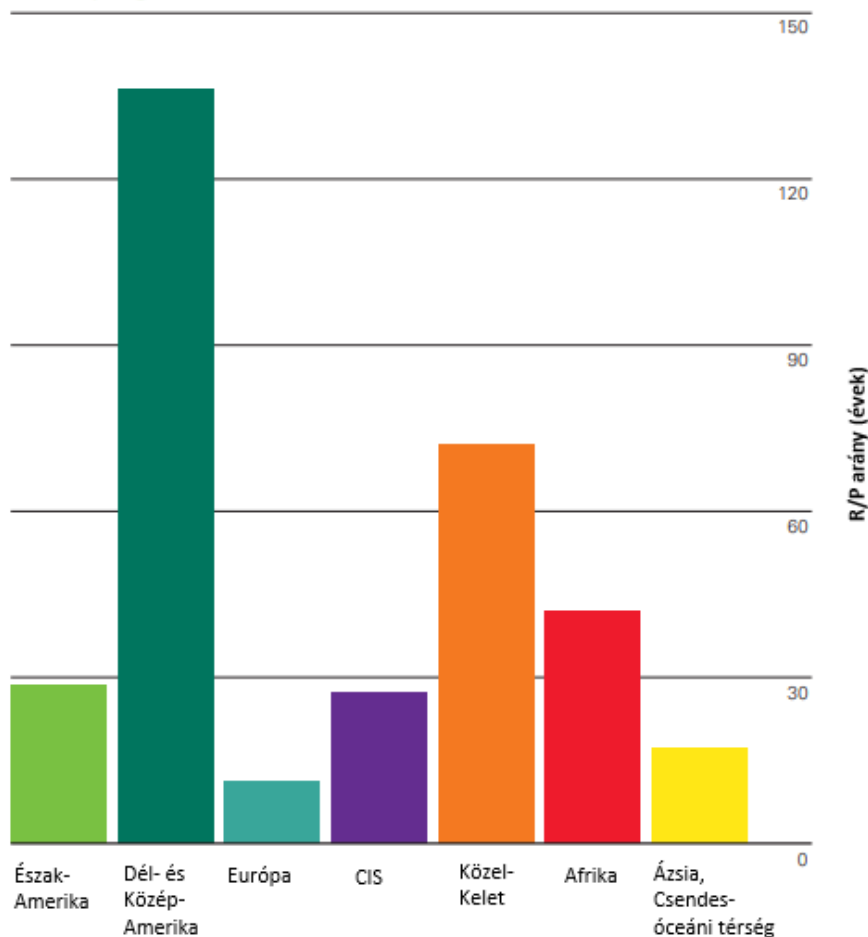


Forrás: BP, 2019

4. ábra A nyersolaj R/P arányának változása 1988-2018 között régióként

Az olajkészlet 2018 végén 1730 milliárd hordó volt, ami 2 milliárd hordóval volt kevesebb 2017-hez képest. A globális R/P arány azt mutatja, hogy a 2018-as olajkészletek a jelenlegi termelési szinten még 50 évig elegendők (BP, 2019).

Területileg Dél- és Közép-Amerikában a legmagasabb az R/P arány (136 év), míg Európában a legalacsonyabb (11 év).



Forrás: BP, 2019

5. ábra A nyers olaj R/P aránya a világ régiói szerint (év)

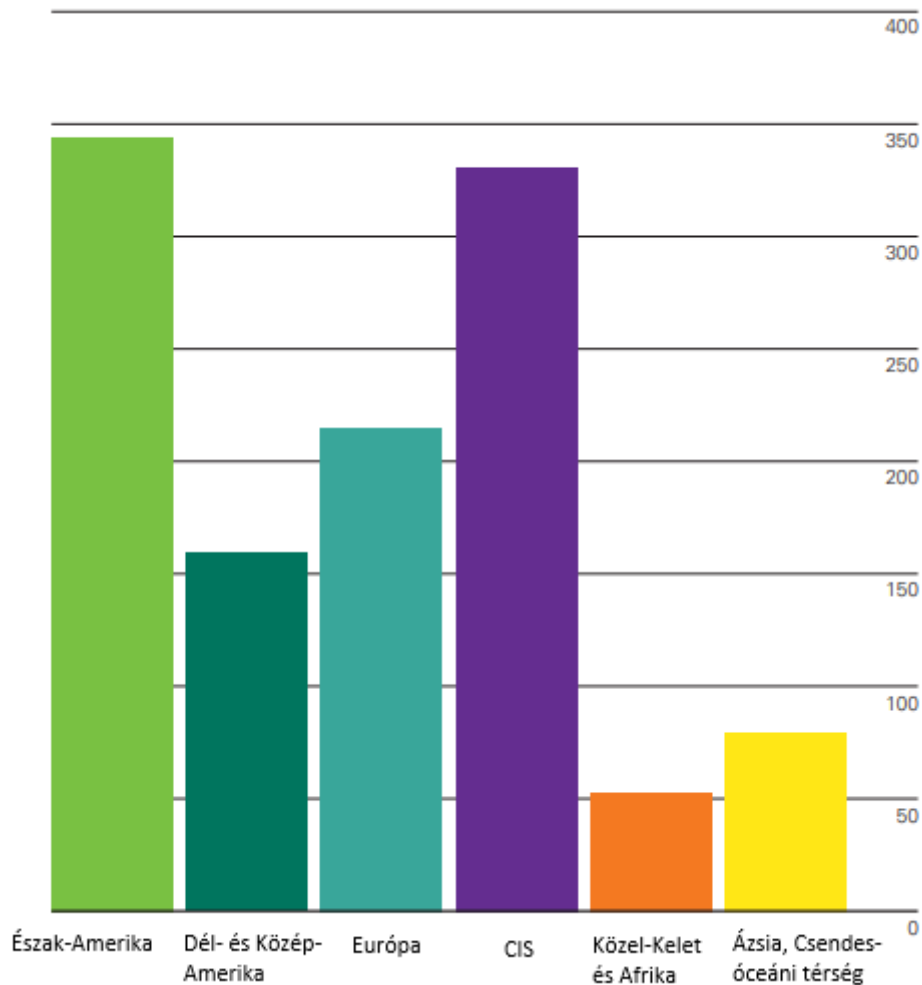
1.2 Szén

A 2018-ban a szén iránti igény újra növekedésnek indult mind a fogyasztói (1,4%), mind pedig a termelői (4,3%) oldalon. A növekedés elsősorban Ázsiára volt jellemző, azon belül is leginkább Indiában és Kínában történt a legnagyobb termelés és fogyasztás emelkedés.

A szénfogyasztás fellendülése elsősorban a növekvő villamos energia igénynek tulajdonítható, annak ellenére is, hogy a megújuló energiák folyamatos, erőteljes növekedése volt tapasztalható ezzel párhuzamosan. 2018-ban a megújuló energia felhasználása Indiában és Kínában több mint 25% -kal emelkedett, azonban még ez sem volt elegendő ahhoz, hogy kielégítse az egyre nagyobb ütemben fejlődő energiaigényt (BP, 2019). A megújuló energiák térnyerése ezen államokban a szén rovására történik.

Ez rávilágít egy nyilvánvaló, de fontos pontra: még ha a megújuló energia felhasználása valóban kivételesen is növekszik, az energiaigény növekedésének üteme, különösen az ázsiai fejlődő országokban, erősen korlátozza a zéró szén-dioxid kibocsátásra vonatkozó elképzeléseket.

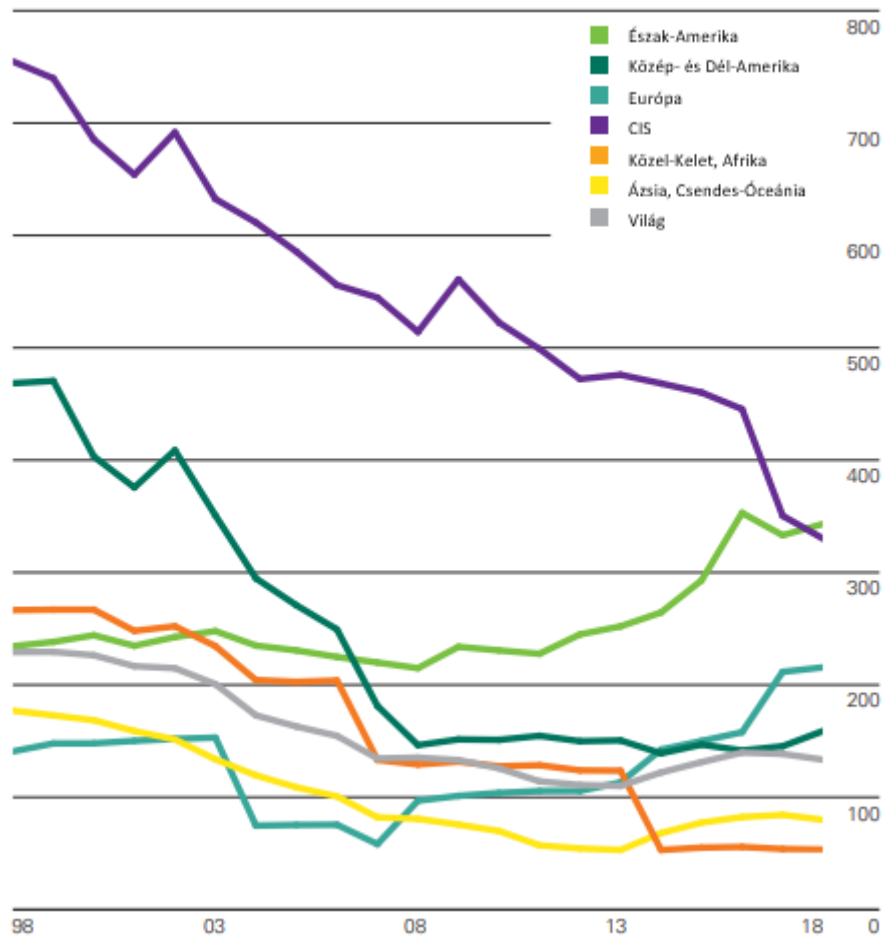
Ha megvizsgáljuk a világ teljes szén tartalékát (1055 milliárd tonna), akkor láthatjuk, hogy a legnagyobb potenciállal az USA (24%), Oroszország (15%), Ausztrália (14%) és Kína (13%) rendelkezik (BP, 2019).



Forrás: BP, 2019

6. ábra A szén R/P aránya a világ régiói szerint (év)

A jelenlegi globális R/P arány azt mutatja, hogy a szénkészletek a 2018-ban folytatott kitermelési ütemben további 132 évig lennének elegendők. Az R/P arány Észak-Amerikában (342 év) és a FÁK (CIS) államokban (329 év) volt a legmagasabb (BP, 2019).



Forrás: BP, 2019

7. ábra A szén R/P arányának változása 1998-2018 között régióként

A grafikonról leolvasható a világ egyes területein a szén R/P arányának változása az elmúlt 20 évben. A legnagyobb visszaesés Közép- és Dél-Amerikában figyelhető meg. Ezzel szemben Észak-Amerikában egy stagnáló időszak után, újra emelkedésnek indult 2013 környékén. Ez egyben azt is jelenti, hogy a kitermelés üteme valamelyest csökkent.

1.3 Földgáz

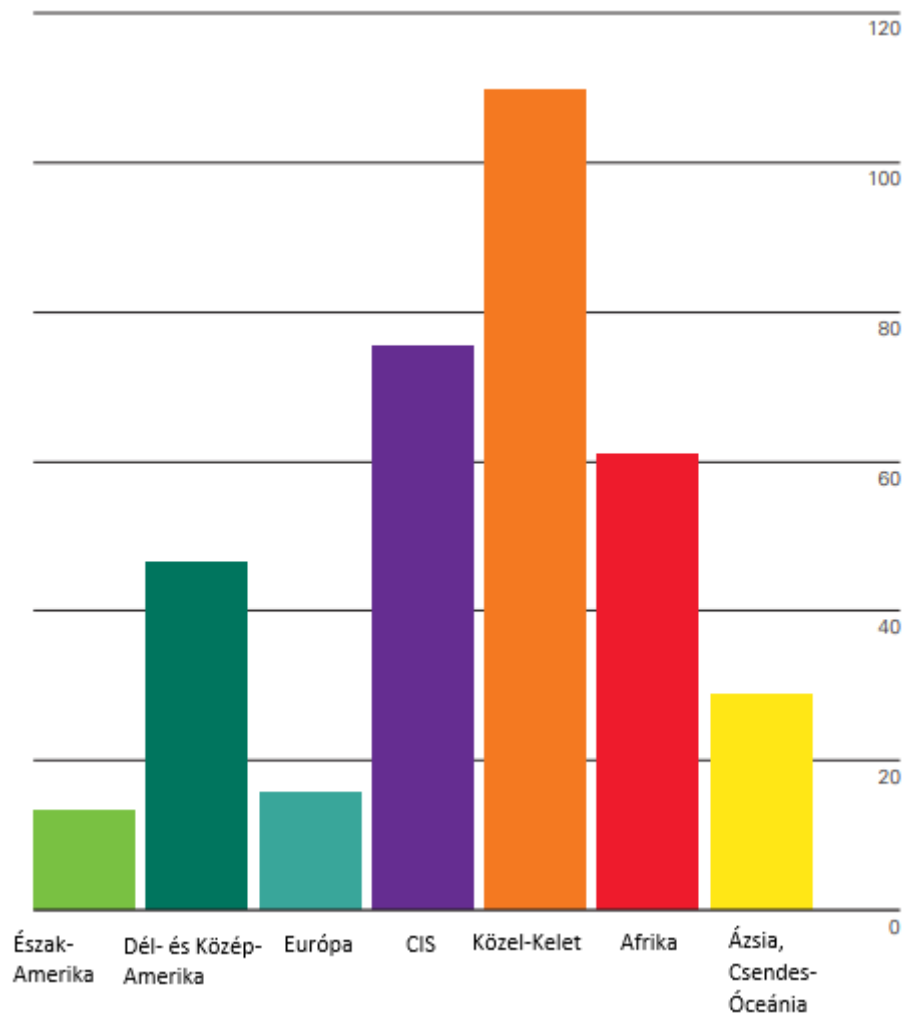
Jelen fejezetben használat mértékegység:

- Tcm (trillion cubic metre) – trillió m^3

A 2018-as év a földgáz szempontjából kiemelkedőnek számított, a globális termelés és fogyasztás több mint 5% -kal növekedett. A gázipar legnagyobb szereplője az Egyesült Államok volt, amely a globális kereslet növekedésének csaknem 40% -át, a termelés növekedésének több mint 45% -át tette ki. Az

amerikai gáztermelés 86 milliárd m³-rel növekedett, amelyhez csaknem 12%-kal járult hozzá a Marcellus, Haynesville és Permian területeken lévő palagáz kitermelés. A globális gáztermelés növekedéséhez továbbá Oroszország (34 milliárd m³), Irán (19 milliárd m³) és Ausztrália (17 milliárd m³) járult hozzá.

A gázfogyasztás bővülését az amerikai energiaszektorban tovább fokozta, hogy tavaly közel 15 gigawatt kapacitású szén-tüzelésű erőmű működését állították le. A kínai gázfogyasztás 2018-ban 18%-kal nőtt, ami az egyes környezetvédelmi irányelveknek és szabályoknak köszönhető, melynek célja a szén kiváltása az iparban, illetve a helyi levegőminőség javítása (BP, 2019).

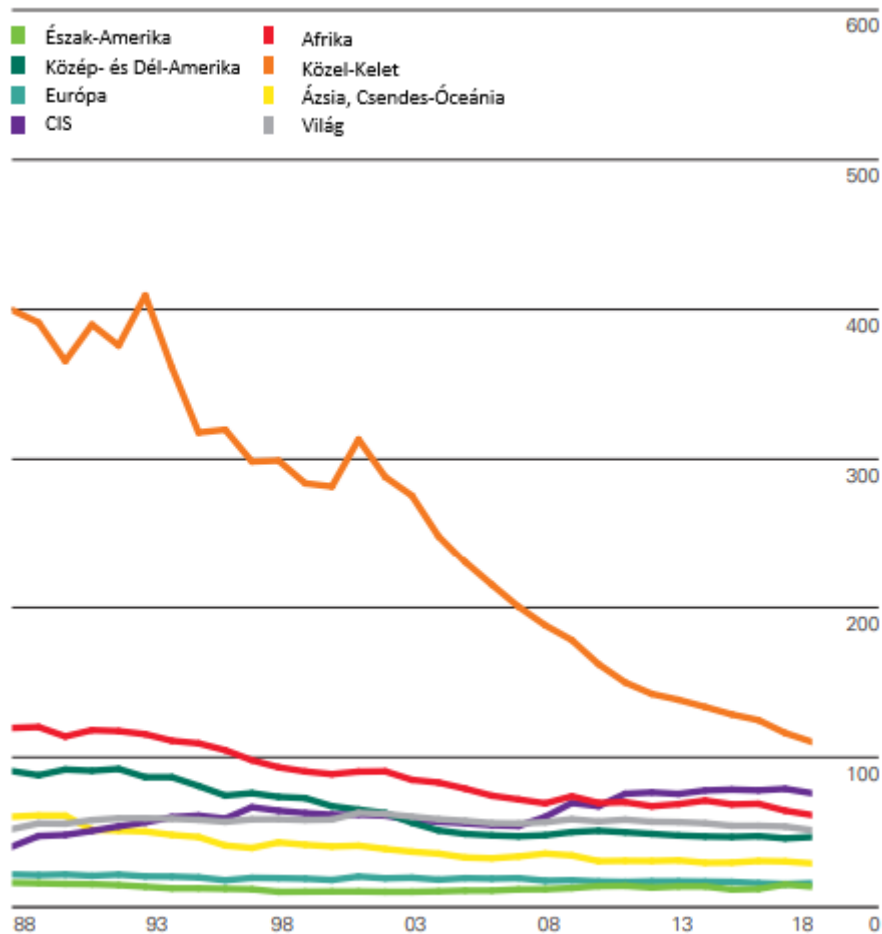


Forrás: BP, 2019

8. ábra A földgáz R/P aránya a világ régiói szerint (év)

A világ gázkészletei 2018-ban 0,7 Tcm-rel 196,9 Tcm-re növekedtek, elsősorban az Azerbajdzsánban felhalmozott tartalékok (0,8 Tcm) miatt. Oroszország (38,9 Tcm), Irán (31,9 Tcm) és Katar (24,7 Tcm) bírnak a legnagyobb tartalékokkal. A jelenlegi globális R/P arány azt mutatja, hogy a 2018-as termelési szintet tartva 50,9 évig elegendő földgáztartalékkal rendelkezünk, amely 2,4 évvel alacsonyabb, a

2017-es arányhoz képest. A Közel-Kelet (109,9 év) és a FÁK (CIS) (75,6 év) azok a régiók, ahol a legmagasabb a R/P arány.



Forrás: BP, 2019

9. ábra A földgáz R/P arányának változása 1988-2018 között régióként

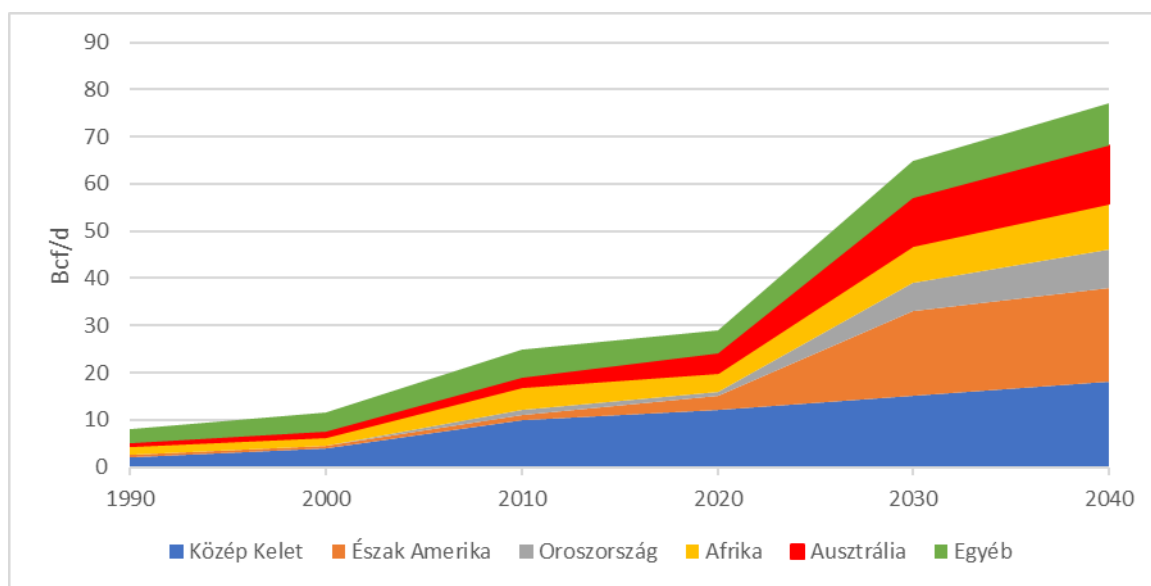
1.4 LNG

Általánosságban kijelenthető, hogy a földgázfogyasztás világszerte erőteljesen növekszik, amelynek alapja a növekvő és széles körű kereslet és a viszonylag alacsony költségű ellátási lánc. Emellett az LNG kínálat terjedése és ellátásbiztonsága is hozzájárul a földgáz globális elérhetőségének folyamatos javulásához.

A cseppfolyósított földgáz (LNG) termelés növekedése 2018-ban majdnem 10% -kal (37 milliárd m³-rel) emelkedett, mivel számos új cseppfolyósító üzem jött létre Ausztráliában, az Egyesült Államokban és Oroszországban is. A 2018-as év nagy részében a kínai gázigény vette fel a növekvő készleteket. Európa gázigénye tavaly valamivel több, mint 2% -kal (11 milliárd m³-rel) csökkent, ám a kereslet visszaesése ennél jóval magasabb (-13 milliárd m³) volt 2019 első felében. A 2019-es kínai kereslet visszaesés miatt

Európa lett a piacon megjelenő többlet felvevő piaca, de nem feltétlenül a növekvő piaci igényekből kifolyólag, hanem a téli időszakra történő felkészülés, tartalékképzési célból (BP, 2019).

Az LNG-t exportáló országok által a világgpiacra kerülő LNG mennyiségének emelkedő tendenciáját szemlélteti a 10. ábra. A 2040-ig tartó prognózis alapján megállapítható, hogy az LNG export nagyrészt alapvetően az USA és Katar bonyolítja, amely 2040-re az összes exportált LNG mennyiségnek majdnem a felét teszi ki. Az LNG cseppfolyósító üzemek számának növelésével Ausztrália a meghatározó LNG exportőr országokhoz fog csatlakozni, és a megkezdett beruházások befejezésével tekintélyes kereskedelmet végezhetnek Oroszország és Afrika egyes országai.

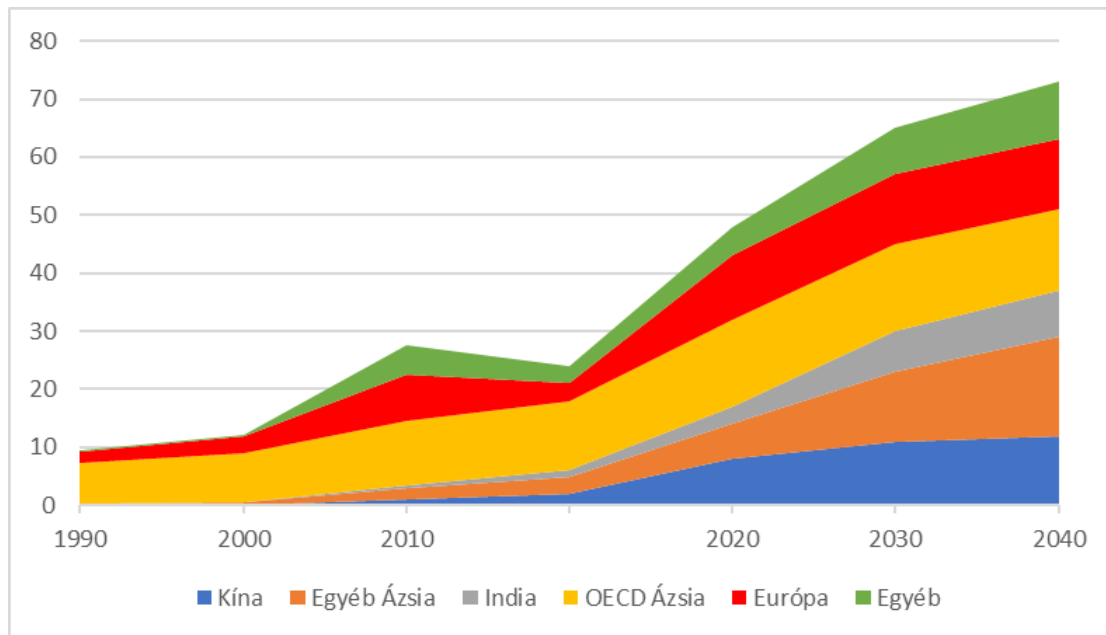


Forrás: BP, 2018

10. ábra LNG export mennyiségének várható alakulása

Európa továbbra is kulcsfontosságú piac marad a földgáz exportőr országok számára. A tárolásra és visszagázosításra szolgáló LNG import terminálok egyik célja, a tárolási kapacitásuk javítása, hogy a többlet LNG rakományok potenciális piacaként szolgálhassanak. Másrészt céljuk, mint értékesítési csomópontok, hogy a vezetékes gázpiaci verseny meghatározó szereplői lehessenek.

Ezek a csomópontok ugyanis gyorsan és könnyen képesek a gáz árakra reagálni a raktározott LNG mennyiségek mobilizálásával. A gáztőzsdéken forgalmazható, könnyen mozgatható LNG és az LNG-ből visszagázosított földgáz ára így a csővezetéken szállított, jellemzően orosz földgáz hosszú távú szerződéseiben fixált gáz árakkal szemben versenyképes (ezek a hosszú távú szerződések – habár titkosak – de elég sok indexálást tartalmaznak már). A csomópontok elosztási lehetőségeinek köszönhetően a small-scale LNG üzletágban a gázpiac rugalmassá tehető, hiszen a globális LNG 20% - át az azonnali (spot) piacokon, illetve rövid távú szerződésekkel lehet értékesíteni.



Forrás: BP, 2018

11. ábra LNG import mennyiségének várható alakulása

III.2 A FOSSZILIS ÜZEMANYAGOK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

Ebben a fejezetben bemutatjuk a közlekedésben használt üzemanyagokat, amelyeket közúti-, vízi- és vasúti közlekedés folyamán alkalmaznak. Ezek jellemzően a dízelgázolaj, motorbenzin, valamint a nehéz fűtőolaj (HFO), tengeri gázolaj (MGO) és LNG üzemanyagokra tér ki.

2.1 Dízelgázolaj

A dízelüzemanyagok létfontosságú szerepet játszanak a globális gazdaságban és a közlekedésben. A dízelüzemanyagok felhasználási területe széleskörű, a közúti-, vasúti- és vízi szállítmányozás, valamint a mezőgazdasági-, katonai járművek, és a terepjárművek (például bányászat, építőipar gépei) terén (Marquard, 2015).

A dízelgázolaj másodlagos kőolaj párlat és túlnyomórészt ásványi tüzelőanyag. A dízelgázolaj különféle nyersolaj szénhidrogénjeiből áll, amelyeket nyers desztillációval izolálnak. A frakció ezen részét, amelynek forráspontja 200°C és 360°C között van, dízelgázolajnak nevezik. A dízelüzemanyag tulajdonképpen finomított dízelgázolaj (Marquard, 2015).

A dízelüzemanyagokra vonatkozó minőségi követelményeket a DIN EN 590 szabvány határozza meg. A nagy hajtóművekben, különösen a tengeri dízelmotorokban főként nehézolaj kategóriájú dízelüzemanyagot használnak, jellemzően magasabb kéntartalommal, mint a közúti gépjárművek dízelolaja.

A dízelüzemanyag jellemző tulajdonsága az égési kamrában lévő üzemanyag levegő keverékének az öngyulladás. Az égési kamrában a levegőt először összenyomják, mielőtt befecskendezik, amelyet

ezután meggyújtanak. Ezért a dízelüzemanyagnak nagyon magas cetánszámmal kell rendelkeznie, ami a gyulladást jelzi (Marquard, 2015).

A motorbenzinhez képest a gépjárművekben használt, kereskedelembe kapható dízelüzemanyagok sűrűsége és literenkénti energiatartalma kb. 10% -kal nagyobb.

Legfontosabb tulajdonságai:

- A cetánszám

A cetánszám (CN) a dízelüzemanyagok gyulladásának mutatója. Információt nyújt a gyújtási késleltetésről, azaz a dízelgázolaj öngyulladásának sebességéről, amikor az üzemanyagot a befecskendezőn keresztül meleg levegőbe injektálják. A dízelgázolaj elven működő motorokban a cetánszám hiteles az égési folyamat minőségének leírására. A magasabb cetánszám rövidebb gyújtási késleltetést és ugyanakkor a dízelmotor jobb teljesítményét is jelentheti. Minél magasabb a befecskendezett tüzelőanyag cetánszáma annál egyenletesebben és teljesebben ég, ezáltal jobb minőségű kipufogó levegőt eredményez, különös tekintettel a koromra, a szálló porra és az el nem égett szénhidrogénekre (Marquard, 2015).

- Lobbanáspont

A lobbanáspont az a legalacsonyabb hőmérséklet, amelyen az illékony anyag elpárologhat, és így a levegőben gyúlékony keveréket képezhet. Ez a tűzveszély jellemzésére szolgál.

- Kéntartalom

A dízelmotorok élettartama a dízelgázolaj kéntartalmának függvényében változik. A dízelgázolaj kénvegyületet tartalmaz, ami korróziót okoz, és az elégés folyamán kén-dioxidra és kén-trioxidra alakul át. Ezáltal nő a részecske-emisszió és a lerakódó szulfátok mennyisége. A dízelgázolajban megtalálható kénvegyületek káros hatása adalékanyagok hozzáadásával csökkenthető, de teljes szűrése nem lehetséges (Link 1).

- Viskozitás

A viszkozitás a folyadék áramlási ellenállásának mértéke. A magas viszkozitás azt jelenti, hogy az üzemanyag nem folyós és nem áramlik könnyen. A rossz viszkozitású (túl magas vagy túl alacsony) tüzelőanyag a motor vagy az üzemanyag rendszer károsodását okozhatja, mivel a viszkozitás befolyásolja a porlasztást és az üzemanyag szállítási sebességét (MDEC, 2016).

- Fűtőérték, égéshő

A fűtőérték az energiatartalom jellemzője, amely megoszlik alsó- és felső fűtőértékre, amelyek a víz kondenzációs hőjében térnek el egymástól. Minél nagyobb az értéke, elméletileg annál több teljesítményt (energiát) lehet az adott energiahordozóból kinyerni. A dízelgázolaj égéshője kb. 46 MJ/kg, (alsó) fűtőértéke kb. 42,6 MJ/kg.” (Link 3).

- Sűrűség

A dízelüzemanyag tömegét szabvány szerint 15°C-on kell megadni (kilogrammban) literenként. A dízelgázolaj sűrűsége 820-860 kg/m³ (Link 2). A sűrűbb tüzelőanyagok magasabb energiatartalommal bírnak - ez nagyobb teljesítményt vagy nagyobb üzemanyag fogyasztást eredményez a dízelmotorokban (MDEC, 2016).

A dízelgázolaj felhasználás szempontjából fontosabb tulajdonságai:

- Viskozitása **2,0-6,0 mm²/s 20°C-on**
- Sűrűsége **820-860 kg/m³ 15°C-on**
- Lobbanási hőmérséklete **55°C**
- Öngyulladás **260-371°C**
- Égéshője **46 MJ/kg**
- Fűtőértéke **42.6 MJ/kg**
- Oxidációs stabilitása **25 g/m³**
- Cetánszáma **min. 48**
- CEPP nyáron: **max. +5°C**
- CEPP télen: **max. -12°C**
- Oxidhamu tartalma **min. 0,01%**

Forrás: DIN 51603-1 (Link 4)

2.2 Motorbenzin

A motorbenzin olyan üzemanyag, amely a DIN EN 228 szabvány szerint különféle szénhidrogénekből áll, amelyeket nyersolaj desztillálásával nyernek. A nyersolaj frakcióját, amelynek forráspont tartománya 35 °C és 210 °C között van, benzinnak nevezik. A speciális adalékanyagok mellett etanolt, illetve bioetanolt adnak hozzá. A motorbenzin E5 és E10 néven kerül forgalomba, a számok jelzik az etanol százalékát; a mai járművek többsége ezeket az üzemanyagokat probléma nélkül képes használni (Marquard,2015).

A motorbenzin legfontosabb kritériumai a kopogási ellenállás, és ehhez kapcsolódóan az oktánszám; a magas energiatartalom; és a minimális maradékképződés az üzemanyagrendszerben és a motorban (Marquard,2015).

A második világháború után az ólmozott és a szuper motorbenzin volt a legnépszerűbb a töltőállomásokon. Az EU-ban 2000 óta tilos az ólmozott motorbenzin értékesítése a töltőállomásokon. Ugyanakkor a repülő üzemanyagként használatos motorbenzin mentesül e tilalom alól (Marquard,2015).

Legfontosabb tulajdonságai:

- Oktánszám

A motorbenzinhez sok adalékanyag szükséges: pl. az alkoholok és éterek a leggyakrabban használt oxigénezett adalékanyagok a motorbenzinben, amelyek elősegítik az oktánszám növelését és jobb égési minőséget biztosítanak. Minél nagyobb az oktánszám, annál jobban ellenáll a motorbenzin a robbanásnak, és annál simábban jár a motor (M. Amine, Y. Barakat, 2019).

- Kéntartalom

A motorbenzin kéntartalmának csökkentése fontos tényező. A motorbenzinben található kén oxidjai az alkatrészek korrózióját okozzák, valamint ezen kívül nagy mértékben környezetszennyező. A motorbenzin teljes kéntartalmát megszüntetni nem lehet, azonban csökkentésére számos kísérlet zajlik. A modern leparlózemekben már nagyon alacsony kéntartalmú motorbenzint állítanak elő, amely megfelel az előírásoknak. Az MSZ EN ISO 20846:2012 szerint előírt megengedett kéntartalom 0,001% (Link 5).

- Fűtőérték

A fűtőérték jelenti a motorbenzin energiatartalmát. Fűtőérték esetén, ugyan úgy, mint a dízelgázolaj esetében megkülönböztetünk alsó- és felső fűtőértéket. Minél nagyobb fűtőértéssel rendelkezik, annál nagyobb teljesítményt tud produkálni. A motorbenzin égéshője 47,3 MJ/kg, (alsó) fűtőértéke 43 MJ/kg (Link 5).

- Gőznyomás

A gőznyomás a motorbenzin egyik legfontosabb paramétere, mivel a motorbenzin gőz állapotban ég. A gőznyomás azt jelzi, hogy van-e megfelelő könnyű frakció, amely alacsony hőmérsékleten elpárolog. A gőznyomás fontos tényező a párolgási kibocsátások szabályozásában. Európában a motorbenzin maximális gőznyomásának határértékeit jogszabályban rögzítették. Ezek az értékek Magyarországon nyáron 0,7 bar, míg télen 0,9 bar (M. Amine, Y. Barakat, 2019).

Motorbenzin felhasználás szempontjából fontosabb tulajdonságai:

- Összetétele:
 - etanoltartalma **max. 5%**
 - ólomtartalma **max. 5 mg/l**
 - kéntartalma **0,001%**
 - gyantatartalom **max. 5 mg/100 ml**
 - oxigéntartalom **max. 2,7%**
 - benzol **max. 1%**
- Illékonysága 70°C-on **nyáron 20-48%, télen 22-50%**
- Gőznyomása **nyáron 45-60 kPa, télen 50-80 kPa**
- Párolgáshője **380-500 kJ/kg** (hazai kutakon)

- Sűrűsége **720-775 kg/m³ 15°C-on**
- Fűtőértéke **43 MJ/kg**
- Égéshője **47,3 MJ/kg**
- Oktánszáma **min. 95** (ESZ-95), **min. 98** (ESZ-98)

Forrás: MSZ EN 228 (Link 6)

2.3 Nehéz fűtőolaj - HFO

A nehéz fűtőolaj (heavy fuel oil-HFO) általános kifejezés a mozgás előállításához használt tüzelőanyagokra, és olyan hőt előállító tüzelőanyagként ismert, amely különösen magas viszkozitással és sűrűséggel rendelkezik. Az 1973. évi MARPOL-i tengeri egyezményben a nehéz fűtőolajat úgy határozzák meg, hogy 15°C-on 900 kg/m³-nél nagyobb sűrűségű, vagy 50°C-on 180 mm²/s-nál nagyobb kinematikus viszkozitású. A nehéz fűtőolajok nagy százalékban tartalmaznak nehézmolekulákat, mint például hosszú láncú szénhidrogéneket és hosszú szénláncú aromás vegyületeket (Marquard, 2015).

A nehéz fűtőolajokat főként tengeri üzemanyagként használják, és legelterjedtebb a hajók körében, gyakorlatilag a tengeri dízelmotort nehéz fűtőolajhoz tervezték.

A nehéz fűtőolaj a nyersolaj desztillációja során keletkező maradék üzemanyag. A maradék tüzelőanyag minősége a finomítóban használt nyersolaj minőségétől függ. A különféle előírások és minőségi szintek elérése érdekében ezeket a maradék üzemanyagokat más tüzelőanyaggal keverik, mint például tengeri gázolaj. A kapott keverékeket köztes fűtőolajnak (IFO) vagy tengeri olajnak is nevezik. Ezeket a viszkozitásuk alapján osztályozzák. A leggyakrabban használt típusok az IFO 180 és az IFO 380, előbbinek viszkozitása 180 mm²/s, utóbbinak 380 mm²/s. Mivel ezek a nehéz fűtőolaj és a könnyebb üzemanyag keverékei, nehéz tengeri olajnak is nevezhetők. A nehéz fűtőolaj általában nem szivattyúzható 20°C hőmérsékleten, ezért elő kell melegíteni a hajó tartályaiban.

Az ISO 8217 nemzetközi szabvány a tengeri üzemanyagokat desztillációs üzemanyagokra és maradék üzemanyagokra osztja. Ez utóbbiakat együttesen nehéz fűtőolajnak nevezik. Kivétel a legalacsonyabb viszkozitású minőségi szint, az RMA 10, amelyet már nem tekintenek HFO-nak, mivel a nehéz fűtőolaj aránya olyan kicsi.

HFO felhasználás szempontjából fontosabb tulajdonságai:

- Összetétele:
 - szénmaradék **max. 20%**
 - kéntartalom **max. 5%**
 - hamu **max. 0,15%**
 - vanádium **max. 450 mg/kg**
 - víz **max. 0,5%**

- alumínium és szilikon **max. 60 mg/kg**
- Viskozitása **700 mm²/s 50°C-on**
- Sűrűsége **1,010 kg/m³ 15°C-on**
- Lobbanási hőmérséklete **65°C**
- Dermedéspontja **30°C**

Forrás: ISO 8217, ISO-F-RM, K700 (Link 7)

2.4 MGO

A tengeri gázolaj (marine gas oil-MGO) olyan tengeri üzemanyag, amely kizárólag desztillátumokból áll. A desztillátumok azok a nyersolaj-alkotóelemek, amelyek frakcionált desztillációval elpárolognak, majd a gázfázisból folyékony frakciókká kondenzálódnak. A tengeri gázolaj általában különféle desztillátumok keverékéből áll. A tengeri gázolaj hasonló a dízelüzemanyaghoz, de sűrűsége nagyobb. A nehéz fűtőolajjal (HFO) ellentétben a tengeri gázolajat tárolás közben nem kell melegíteni (Marquard, 2015).

A tengeri gázolaj és a standard fűtőolaj nagyjából ugyanazokkal a tulajdonságokkal rendelkezik. Az MGO esetében biztosítani kell, hogy a motortechnológia vagy a hajók bármelyik beépített kipufogórendszere kompatibilis legyen a fűtőolaj viszonylag alacsony kéntartalmával (Marquard, 2015).

Ha a tengeri üzemanyagot belvízi hajózásban használják, azt Solvent Yellow 124 festékkel kell megjelölni, a tengeri gázolajat viszont pirosra színezik. Ezen intézkedések célja az alacsony adójú és viszonylag olcsó fűtőolaj tengeri gázolajjal való visszaélésének megakadályozása vagy felderítésének lehetővé tétele a belvízi hajózásban (Marquard, 2015).

A tengeri gázolajat kisebb, közepes és nagy sebességű segédberendezésekben vagy segédmotorokban és hajómotorokban használják. Ez utóbbi jellemzően halászhajókon, kis kompokon vagy vontatóhajókon található (Marquard, 2015).

A tengeri üzemanyagokra vonatkozó alapvető követelményeket az ISO 8217 szabvány határozza meg, mely szerint a DMA minőségű üzemanyag maximális megengedett kéntartalom értéke 1%. Az alacsony kéntartalmú tengeri gázolaj (LS-MGO) kéntartalma kevesebb, mint 0,1%, és csak ez használható az EU kikötőiben. Ezért a legtöbb hajózási társaság alacsony kéntartalmú tengeri gázolajfajtát (DMA) használ Európában.

MGO felhasználás szempontjából fontosabb tulajdonságai:

- Összetétele:
 - szénmaradék **max. 0,3%**
 - kéntartalom **max. 1%**

- hidrogén-szulfid **max. 2 mg/kg**
- hamu **max. 0,01%**
- Viskozitása **2-6 mm²/s 40°C-on**
- Sűrűsége **max. 890 kg/m³ 15°C-on**
- Cetán indexe **min. 40**
- Lobbanási hőmérséklete **60°C**
- Dermedéspontja **nyáron 0°C, télen -6°C**
- Kenhetősége **max. 520 μm** (0,05% kéntartalom alatt)

Forrás: ISO 8217 2017 FUEL STANDARD (Link 8)

2.5 LNG

Az LNG, nem más, mint a hűtés közben folyékonyá alakuló földgáz. Az LNG főleg szénhidrogén-metánból áll, de származásából eredően számos más gázt is tartalmazhat, különösen szén-dioxidot, nitrogént, etánt, propánt, butánt és kis mennyiségű nemesgázt.

A földgáz cseppfolyósításának fő oka, hogy ebben a halmazállapotában a gazdaságosan szállítható akár földrészek között is. Mivel azonban cseppfolyósítás folyamat bonyolult és energiaigényes, ezért az LNG szállítása csak nagy mennyiségben és nagy távolságra kifizetődő.

Az LNG hajózási üzemanyagként történő felhasználása egyre növekszik. Különösen az LNG tankerhajók esetén, ahol LNG szállítmányukat saját motorjuk üzemeltetésére is használják. A hajózási ágazat kibocsátásának az elkövetkező néhány évben történő jelentős csökkentése érdekében tett erőfeszítéseknek köszönhetően az LNG vonzóvá válik más típusú hajók meghajtására is. A hajókon kívül az LNG-t tehergépjárművekben és egyéb nehézgépjárművekben is lehet üzemanyagként használni. Speciális LNG motorokat ma az Iveco, Scania és Volvo gyárt a kamionjaikba.

Legfontosabb tulajdonságai:

- Kémiai összetétel

Az LNG fosszilis tüzelőanyag. Az LNG kémiai összetétele a gázforrás és a feldolgozás típusának függvénye. Ez metán, etán, propán és bután keveréke kis mennyiségű nehezebb szénhidrogénekkal és szennyeződéssel, nevezetesen nitrogén- és komplex kénvegyületekkel, valamint vízzel, szén-dioxiddal és hidrogén-szulfiddal, amelyek előfordulhatnak a betápláló gázban, de eltávolításra kerülnek a cseppfolyósítás előtt. Az LNG fő alkotóeleme a metán, általában meghaladja a térfogat 82%-át (GIIGNL, 2014).

- Forráspont

A forráspont az LNG egyik legfontosabb tulajdonsága, mivel meghatározza, mikor válik a gáz cseppfolyóssá. A forráspontot úgy határozhatjuk meg, mint azt a hőmérsékletet, amelyen a folyadék

forrásban van, vagy amelyen atmoszferikus nyomáson gyorsan folyadékból gőzzé vagy gázzá alakul. Az LNG forráspontja alapvető összetételétől függ, de általában -161°C (GIIGNL, 2014).

- Öngyulladási hőmérséklet

Az öngyulladási hőmérséklet, az a legalacsonyabb hőmérséklet, amelyen a levegőben lévő gáz vagy gőz öngyulladást okozhat szikra vagy láng nélkül. Ez a hőmérséklet olyan tényezőktől függ, mint a levegő üzemanyag keverék és a nyomás. Körülbelül 10% metánt tartalmazó levegő üzemanyag keverékben az öngyulladás hőmérséklete körülbelül 540°C (GIIGNL, 2014).

LNG felhasználás szempontjából fontosabb tulajdonságai:

- Összetétele (származási országtól, kitermelés formájától függően a százalékos adatok eltérhetnek):
 - metán **82-95%**
 - nitrogén **0,1-1%**
 - kéntartalom **0,004%**
- Lobbanási hőmérséklete **-161°C**
- Öngyulladása **599°C**
- Sűrűsége **$430-470 \text{ kg/m}^3$**
- Fűtőértéke **$48,6 \text{ MJ/kg}$**
- Wobbie indexe **$13,066-16,328 \text{ kWh/Nm}^3$**

Forrás: Link 9&Link 10

Az alábbi táblázatban összegzésre került néhány európai ország LNG visszagázosításának és hálózatba táplálásának minőségi követelménye.

1. táblázat Az import terminálokra beérkező vizsgázósított földgáz hálózatba táplálásának minőségi követelményei

LNG		Spanyolország ¹	Portugália ²	Franciaország ³	Görögország ⁴	Oroszország ⁵
Wobbe index (kWh/m ³)	min.	13,37	13,38	13,40	13,066	
	max.	16,05	16,07	15,65	16,328	
Maximális kéntartalom (mg/Nm ³)		50	50	30	30	28
Metán (%)	min.		78,2		85	
	max.	95			97	85
Nitrogén (%)			max. 19,2		1,24	1
Hidrogén-szulfát (H ₂ S) (mg/m ³)		15	5	max. 5	5	4,8
Széndioxid (CO ₂) (%)		max. 2,5	max. 6,1	max. 2,5		
Propán (%)			max. 3,3		max. 4	max. 3
Bután (%)			max. 0,6			max. 2
Etán (%)			max. 10,7			max. 9,2
Petán (%)					max. 2	max. 0,10

2.6 A hajózásban használt üzemanyagok összehasonlítása

A hajózásban használt üzemanyagok áttekintésére szolgál az alábbi táblázat részletezve a HFO, MGO, LNG és keverék üzemanyagok összetételét és kéntartalmát.

2. táblázat Az üzemanyagok tengeri hajózás szerinti osztályozása

Megnevezés	ISO jelölés	Összetétel	Kéntartalom
HFO		100% maradék olaj	5%
IFO 380	MRG 35	88% maradék olaj 12% desztillált olaj	5%
IFO 180	RME 25	98% maradék olaj 2% desztillált olaj	5%
MDO	DMB	desztillált olaj, kismértékben maradék olajat tartalmaz	2%
MGO	DMA	100% desztillált olaj	1,5%
LNG		97% metán, 3% egyéb gázok	0,004%

Forrás: Link 11

¹ Enagas, 2011 (https://www.enagas.es/enagas/en/Gestion_Tecnica_Sistema/CalidadGas)

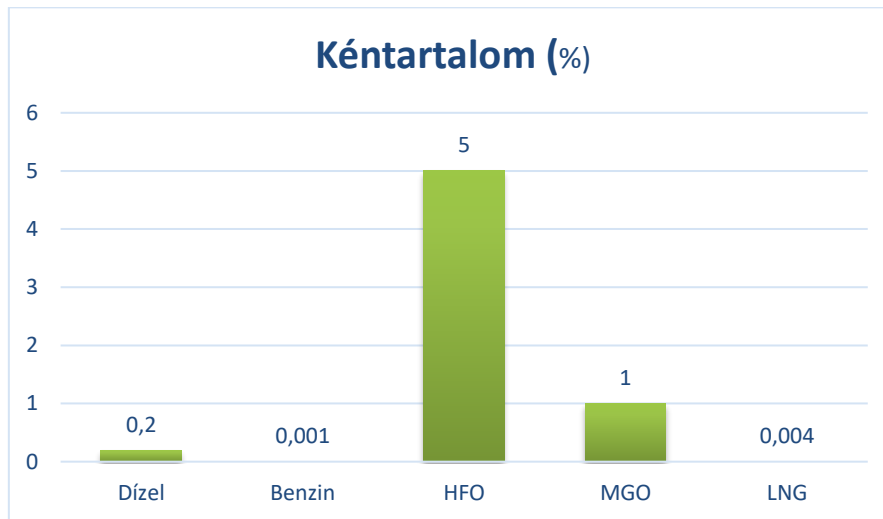
² REN, 2008 (<http://www.mercado.ren.pt/PT/Gas/InfoMercado/Documentacao/BibOutros/GasProperties.pdf>)

³ Fosmax, 2008 (https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2008_05_lng_facilities_part_1.pdf)

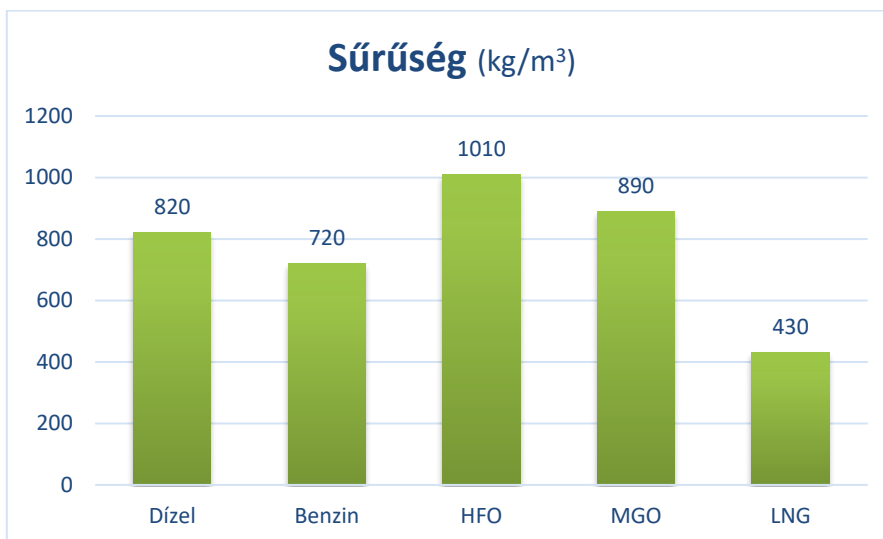
⁴ DESFA, 2018 (<https://www.desfa.gr/en/regulated-services/lng/users-information-lng/quality-specifications>)

⁵ TIIP, 2018 (<http://gbf-pooya.com/LNG%20specifications%20russian.pdf>)

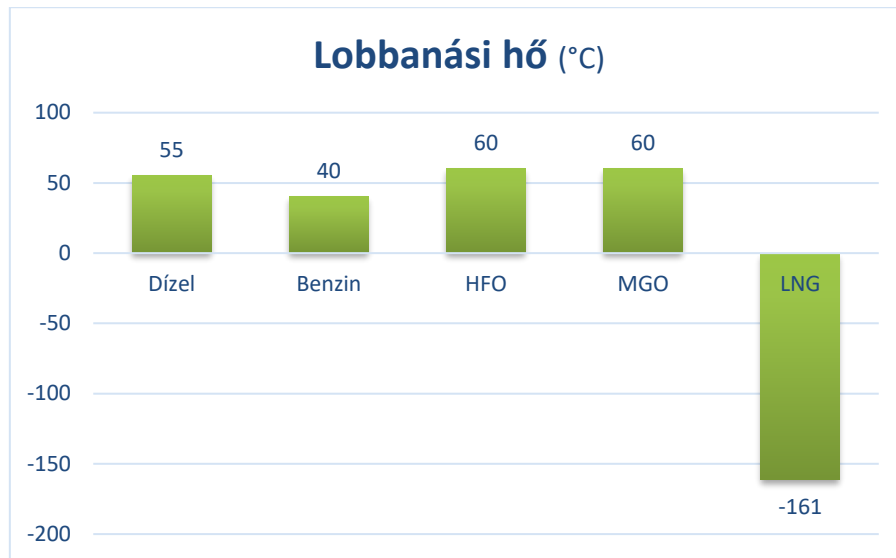
A korábban bemutatott üzemanyagok, mint a dízelgázolaj, motorbenzin, HFO, MGO és LNG az alábbiakban táblázat formájában kerülnek összesítésre a fejezetben megjelölt szempontok alapján.



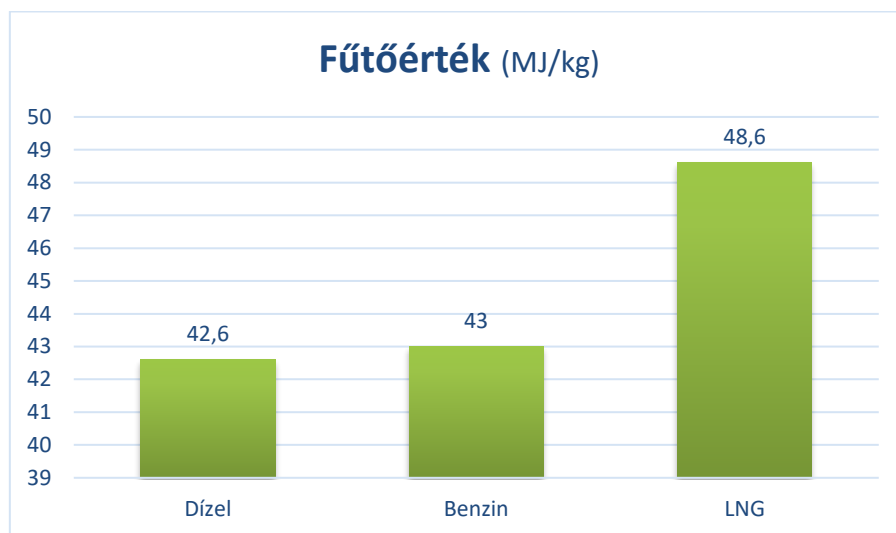
12. ábra Üzemanyagok összehasonlítása kéntartalmuk alapján



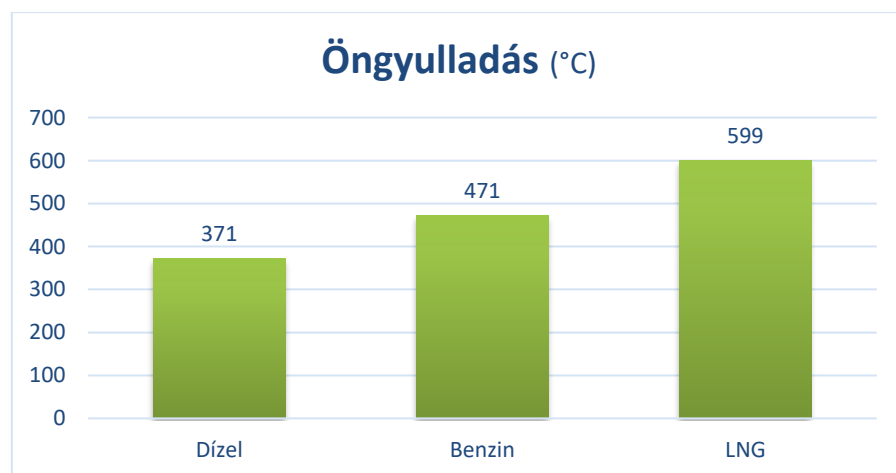
13. ábra Üzemanyagok összehasonlítása sűrűségük alapján



14. ábra Üzemanyagok összehasonlítása lobbanási hőjük alapján

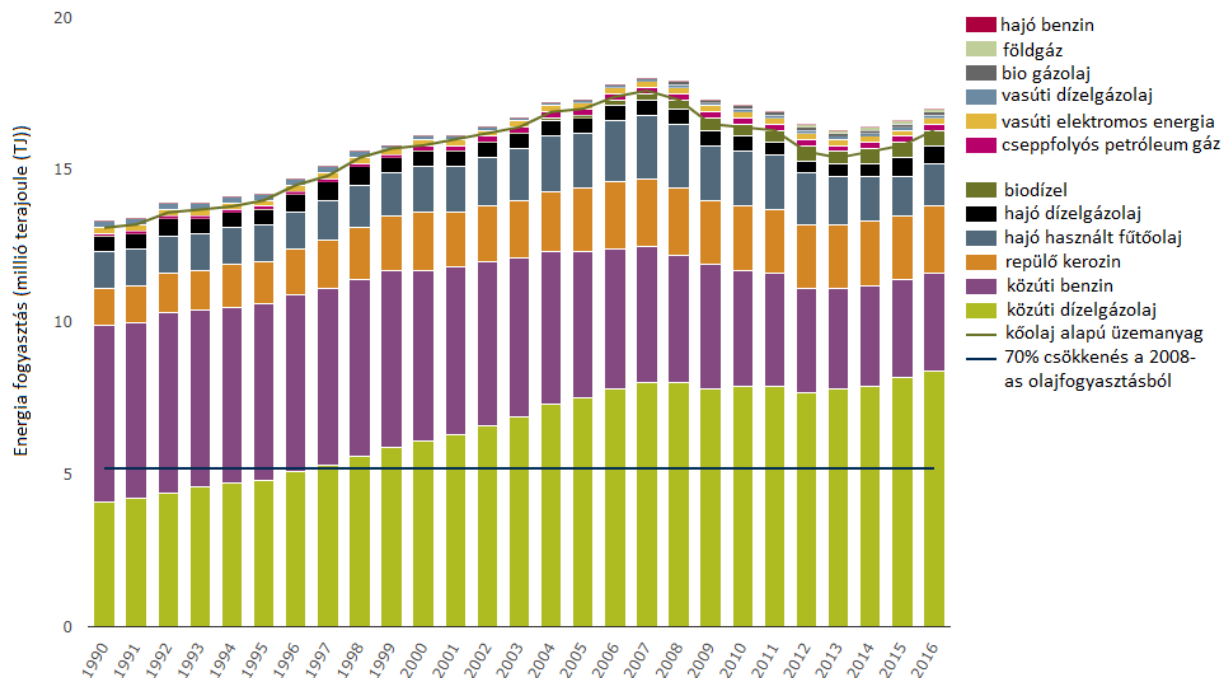


15. ábra A dízel, motorbenzin és LNG összehasonlítása fűtőértékük alapján



16. ábra A dízel, motorbenzin és LNG összehasonlítása öngyulladásuk alapján

III.3 A KÖZLEKEDÉSI ÁGAZAT ENERGIA IGÉNYE



Forrás: EEA, 2017

17. ábra A közlekedésben felhasznált energia mennyisége az egyes típusok szerint 1990-2016 között

Az EGT-33-ban a közlekedés éves energiafogyasztása 38% -kal nőtt 1990 és 2007 között. A gazdasági recesszió azonban a szállítási igény későbbi visszaesését okozta, amelynek eredményeként a kapcsolódó energiaigény 3% -kal csökkent 2007 és 2016 között. 1990 és 2016 között a közlekedés energiafogyasztása 34% -kal nettó mértékben nőtt az EGT-33-ban.

A hajózási ágazatban tapasztalható a legnagyobb visszaesés az energiafogyasztásban a gazdasági recesszió alatt; 2008 és 2009 között 11% -kal esett vissza, 2007 és 2016 között összesen 19% -kal, a közúti és vasúti közlekedésben pedig az összes energiafelhasználás 1% -kal, a vasúti közlekedésben pedig 13% -kal csökkent, míg a légi közlekedés 5% -kal nőtt 2007 és 2016 között. A közúti szállítás adja az energiafogyasztás legnagyobb részét, 2016-ban az EGT-33 teljes energiaigényének 74% -ával. Annak ellenére, hogy az energiafogyasztás a recesszió óta csökkent, a közúti közlekedés energiafogyasztása 2016-ban még mindig 32% -kal volt magasabb, mint 1990-ben. A közúti szállításban felhasznált dízel aránya tovább növekedett, 2016-ban a teljes üzemanyag-értékesítés 74% -át tette ki (EEA, 2017).

IV. AZ EU ALTERNATÍV ÜZEMANYAGOKRA VONATKOZÓ JOGSZABÁLYAI

Jelen fejezetben bemutatjuk azokat a főbb jogszabályokat, amelyek az LNG, mint alternatív üzemanyag használatára vonatkoznak, illetve lehetővé teszik a small scale LNG infrastruktúra fejlesztését. Ezen túlmenően összefoglaló jelleggel ismertetjük azokat a biztonsági követelményeket, amelyeket az LNG rakomány és/vagy üzemanyag célú felhasználásakor szükséges figyelembe venni. A fejezetnek nem célja tételes biztonsági követelményjegyzéket bemutatni, hiszen azzal a III. kötet, „A projekt megvalósításához kapcsolódó jogszabályi és a helyi környezet biztonságtechnikai elemzése. Az üzembiztonsági alapelvek megfogalmazása kiegészülve nemzetközi jó gyakorlatok bemutatásával, valamint az eredmények és hatások üzemeltetési feltételekbe történő beillesztésével” című tanulmány részletesen foglalkozik.

IV.1 TISZTA ENERGIA A KÖZLEKEDÉSBEN: AZ ALTERNATÍV ÜZEMANYAGOK EURÓPAI STRATÉGIÁJA COM/2013/017 FINAL

A közlekedésben használatos tiszta energia az Európai Unió alternatív üzemanyagokra vonatkozó stratégiájának része, melynek egyik célja a közlekedésben használt kőolaj származékok fokozatos kiváltása egyéb, kevésbé szennyező alternatív üzemanyagokkal, másik célja a szükséges infrastruktúra kiépítésével a kőolaj kereskedelmi mérleg javítása, megtakarítás realizálása. A stratégia ütemterve alapján 2020-ban ez évi 4,2 milliárd euró, míg 2030-ban már 9,3 milliárd euró megtakarítást eredményezhet (Európai Bizottság, 2013).

Ezen túlmenően az alternatív üzemanyagpiac fejlesztésének támogatása és ezek előállításához és kereskedelméhez szükséges európai infrastruktúra beruházási támogatása prognosztizálhatóan fellendíti a gazdasági növekedést és a munkahelyek számát az EU-ban. Az Európai Klíma Alapítvány által vezetett kutatás szerint a „zöldebb” járművek kb. 700 000 további munkahelyet teremtenek 2025-ig az Európai Unió tagállamaiban (EAF, 2015).

Az Európai Unió hosszútávú stratégiája az alternatív üzemanyagok ún. „üzemanyag mix”-én alapul valamennyi szállítási módra vonatkozóan. A stratégia a következőket tekinti alternatív üzemanyagoknak:

- cseppfolyósított propán-bután gáz - Liquefied Petroleum Gas (LPG)
- sűrített földgáz - Compressed Natural Gas (CNG)
- cseppfolyósított földgáz - Liquefied Natural Gas (LNG)
- villamos energia
- bioüzemanyagok (cseppfolyós)
- hidrogén

A 3. Táblázatban összefoglalva bemutatjuk a stratégia által meghatározott alternatív üzemanyagokat azok közlekedési ágazatban történő felhasználhatósága és az elérhető hatótáv függvényében.

Ebből megállapítható, hogy a belvízi hajózásban valóban használható, valódi alternatívát jelentő üzemanyagból kevés létezik. A folyami hajózásban használható alternatív üzemanyag lehet az LPG, az LNG és a hidrogén, valamint a reális környezetvédelmi alternatívát jelentő bioüzemanyagok, vagy az azokból előállított pl. bio-LNG.

Azonban a hajózás szempontjából releváns alternatív üzemanyagokat vizsgálva elmondható, hogy

- az LPG ugyan környezetvédelmi szempontból jobb értékeket mutat, mint a HFO vagy az MGO, azonban tökéletes égéséhez 25:1 oxigén:gáz keverési arány szükséges (míg az LNG esetén ez az arány 10:1), ezen túlmenően nem rendelkezik a többi megoldáshoz képest komparatív ökológiai előnyökkel,; az LPG előnye a kőolajhoz viszonyított alacsony ára (Atlantic Consulting, 2009).
- a hidrogén hajtás bár reális és a hajózásban teljesen kézenfekvő megoldásnak tűnhet, de a stabil üzemelésű hidrogén hajtás jelenleg nem megoldott. Ebből eredően a nehézgépjárművekben és a hajózásban történő alkalmazására biztosan kell 10-12 évet várni.

3. Táblázat Alternatív üzemanyagok közlekedési ágazat és hatótáv szerinti megoszlása

Üzemanyag	Közlekedési ágazat	Közúti személyszállítás			Közúti szállítmányozás			Légi	Vasút	Vízi		
	Hatótáv	rövid	közép	hosszú	rövid	közép	hosszú			folyami	rövid távú tengeri	tengeri
LPG												
LNG												
CNG												
Elektromos												
Bioüzemanyag												
Hidrogén												

Forrás: Európai Bizottság, 2013

Megállapítható, hogy a hosszútávú közúti áru fuvarozás, valamint a folyami szállítás egyetlen alternatívája az LNG hajtóanyag. Kiemelendő a közúti áru fuvarozás, a vasúti és vízi szállítás logisztikai szinergiája, melyre az LNG valamelyik közlekedési alágazatban történő térnyerése rendkívüli hatással lesz. A közúti áru fuvarozás, az elmúlt 10 évben mutatott méretgazdaságossági növekedése alapján feltételezhető, hogy az LNG üzemanyag ebben az ágazatban fog leghamarabb megjelenni.

A Tiszta Energia a Közlekedésben című stratégián alapuló irányelvet az Európai Parlament és a Tanács 2014. szeptember 29-én fogadta el (Az alternatív üzemanyagok infrastruktúrájának bevezetéséről szóló 2014/94 / EU irányelv).

IV.2 NRMM RENDELET

Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2016/1628 rendelete (2016. szeptember 14.) a nem közúti mozgó gépek belső égésű motorjainak a gáz- és szilárd halmazállapotú szennyezőanyag-kibocsátási határértékeire és típusjóváhagyására vonatkozó követelményekről

A cél a szennyezőanyag-kibocsátás fokozatos csökkentése és a legszennyezőbb motorokkal rendelkező berendezések fokozatos kivonása. Az NRMM rendelet meghatározza a nem közúti mozgó gépmotorok⁶ kibocsátási határértékeit különböző teljesítménytartományokhoz, a különböző alkalmazási területek figyelembevételével. Ezenkívül meghatározza azokat az eljárásokat is, amelyeket a motorgyártóknak be kell tartaniuk motorjaik típusjóváhagyásának megszerzése érdekében - ami előfeltétele a motorok EU piacán történő forgalomba hozatalához.

Ez a rendelet meghatározza továbbá a nem közúti mozgó gépekbe beépített vagy az azokba beépítésre szánt és EU-típusjóváhagyás hatálya alá tartozó, a 2. cikk (1) bekezdésében említett motorok piacfelügyeletére vonatkozó követelményeket is.

A motorok forgalomba hozatalának a mellékletben felsorolt időpontjaitól kezdve a motortípusok és motorcsaládok a II. mellékletben és az „V. szakaszként” említett kipufogógáz-kibocsátási határértékeket nem léphetik túl. A rendelet V. szakasza 2019. január 1-től hatályos, ennek megfelelően az EU egész területén alkalmazandó, a nemzeti joganyagba történő átültetés nélkül is érvényes.

Bár a rendelet előkészítése évek óta zajlik, hatálybalépése mégis váratlanul érte a nem közúti mozgó gép tulajdonosokat. A jelenlegi becslések szerint 2016 és 2025 között nagy számú, széles nyomtávú mozdony cseréje válik szükségessé az EU-ban. Az uniós piacon nincsenek forgalomban olyan nagyteljesítményű mozdonyok, amelyek alkalmasak az 1 520 mm-es nyomtávú vasúthálózaton való közlekedésre. Az egyedi megoldások jelentősen megnövelnék az új mozdonyok árát, és visszatartanák a vasúttársaságokat flottájuk megújításától. Az EU-típusjóváhagyási eljárások során ezért figyelembe kell venni az 1 520 mm-es nyomtávú vasúthálózattal kapcsolatos műszaki és gazdasági korlátokat. Az említett vasúthálózaton üzemelő mozdonyokat bizonyos követelményekre vonatkozóan ideiglenesen mentesíteni kell e rendelet hatálya alól annak érdekében, hogy az érintett tagállamok vasúti ágazatának környezetbaráttá tétele egyszerűbb legyen és felgyorsuljon, illetve, hogy a piacon forgalomban lévő legjobb megoldások kerüljenek alkalmazásra. Az ilyen mentesítés elősegítheti a vasúti közlekedés környezetre gyakorolt hatásának csökkentését.

A vasúti mozdonyokra vonatkozó derogációs lehetőség a hajóra viszont nem terjed ki.

⁶ Ebbe a kategóriába tartoznak a különböző teljesítményű belvízi és folyami hajók, mozdonyok, vasúti motorkocsik

IV.3 ALTERNATÍV ÜZEMANYAGOK INFRASTRUKTÚRÁJÁNAK BEVEZETÉSÉRŐL SZÓLÓ 2014/94 / EU IRÁNYELV

Ez „az irányelv az alternatív üzemanyagok uniós infrastruktúrájának kiépítésére irányuló közös intézkedési keretet hoz létre a közlekedés kőolajfüggőségének minimálisra csökkentése és környezeti hatásának enyhítése érdekében. Ez az irányelv a tagállamok nemzeti szakpolitikai keretei révén teljesítendő minimumkövetelményeket állapít meg az alternatív üzemanyagok infrastruktúrájának kiépítésére vonatkozóan, ideértve az elektromos járművek töltőállomásait, valamint a földgáz- (LNG és CNG) és hidrogén-töltőállomásokat is, valamint az említett elektromos és üzemanyag-töltőállomásokra vonatkozó közös műszaki előírásokat és a felhasználók tájékoztatására vonatkozó követelményeket határoz meg” (Európai Bizottság, 2014).

Az irányelv célja:

- a tagállamok nemzeti politikai kereteinek kidolgozása az alternatív üzemanyagok és azok infrastruktúrájának fejlesztésére vonatkozóan,
- közös műszaki előírások kidolgozása és alkalmazása az elektromos töltőállomásokra és az egyéb üzemanyag-töltő állomásokra vonatkozóan,
- az alternatív üzemanyagokkal kapcsolatos fogyasztói információk egyértelműsítése, beleértve a megalapozott ár-összehasonlítási módszertan létrehozásának módját.

Az irányelv útmutatása szerint

- a dízelgázolajat, motorbenzint és kerozint helyettesítő szintetikus üzemanyagokat különböző forrásokból elő lehet állítani, például biomassza, földgáz, szén vagy műanyag hulladék folyékony üzemanyaggá, metánná és dimetil-éterre történő átalakítása révén. A szintetikus paraffinos dízelgázolaj üzemanyagok – például a hidrogénezett növényi olajok és a Fischer-Tropsch eljárással előállított dízelolaj – helyettesíthetők egymással és magas keverési arányban keverhetők fosszilis dízelgázolaj üzemanyagokhoz, illetve önmagukban is használhatók minden létező vagy jövőbeli, dízelgázolaj üzemanyaggal hajtott gépjárműben. Lehetséges ezért ezeknek az üzemanyagoknak a meglévő infrastruktúrával történő elosztása, tárolása és használata. A motorbenzint helyettesítő szintetikus üzemanyagok – például a metanol és más alkoholok – keverhetők motorbenzinnel, és kisebb módosításokat követően műszaki szempontból alkalmazhatók napjaink járműtechnológiájával. A metanol a belvízi hajózás és a rövid távú tengeri fuvarozás keretében is használható. A szintetikus és paraffinos üzemanyagokkal csökkenthető a közlekedés energiaellátásában a kőolajforrások használata.

- A transzeurópai közlekedési hálózatra vonatkozó (TEN-T) iránymutatásokban megállapítást nyert, hogy az alternatív üzemanyagok – legalábbis részben – kiváltják a fosszilis üzemanyagokat a közlekedés energiaellátásában, hozzájárulnak annak dekarbonizációjához, és javítják a közlekedési ágazat környezeti teljesítményét. A TEN-T iránymutatások az új technológiák és az innováció tekintetében előírják, hogy a hálózatnak lehetővé kell tennie minden közlekedési mód dekarbonizációját, mégpedig az energiahatékonyságnak, valamint az alternatív meghajtórendszerek bevezetésének és a kapcsolódó infrastruktúra biztosításának ösztönzése révén.
- A TEN-T iránymutatások előírják továbbá, hogy az 1315/2013/EU európai parlamenti és tanácsi rendelettel létrehozott törzshálózat belvízi és tengeri kikötőiben, repülőterein és közútjain biztosítani kell az alternatív üzemanyagok rendelkezésre állását. Az Európai Hálózatfinanszírozási Eszköz keretében a TEN-T finanszírozási eszköz révén támogatható ezen új technológiáknak és innovatív megoldásoknak a TEN-T törzshálózatban való alkalmazása, az alternatív tiszta üzemanyagok infrastruktúráját is beleértve. Ezenkívül az eszköz keretében pénzügyi támogatásban részesíthető az alternatív tiszta üzemanyagok infrastruktúrájának kiépítése is a tágabb általános hálózatban, mégpedig közbeszerzés és pénzügyi eszközök formájában.
- *„A tagállamoknak nemzeti szakpolitikai kereteik révén gondoskodniuk kell a gépjárművek CNG-vel vagy sűrített biometánnal történő ellátását biztosító megfelelő számú nyilvánosan hozzáférhető töltőállomásból álló infrastruktúra kiépítéséről, hogy biztosított legyen a CNG-üzemű gépjárművek városi/elővárosi agglomerációkban és más sűrűn lakott területeken, minimálisan a meglévő TEN-T törzshálózatban való közlekedésben. A CNG-üzemű gépjárművek üzemanyag-ellátását biztosító hálózat kiépítése során a tagállamoknak gondoskodniuk kell arról, hogy a nyilvános töltőállomások elhelyezésére a CNG-üzemű gépjárművek minimális hatótávolságának figyelembevételével kerüljön sor. Irányadó jelleggel a töltőállomások között átlagosan hozzávetőleg 150 km távolságnak kell lennie. A piac megfelelő működése és az interoperabilitás biztosítása érdekében a gépjárműveket kiszolgáló valamennyi CNG-töltőállomáson olyan minőségű földgázt kell biztosítani, amely megfelel a jelenlegi és fejlett technológiát alkalmazó, CNG-üzemű járművekben történő használat tekintetében elvárt szintnek.*
- *Az LNG kedvező alternatív üzemanyag a hajók számára; használatával teljesíthető a 2012/33/EU európai parlamenti és tanácsi irányelvben előírt, a tengeri üzemanyagok kéntartalmának csökkentésére vonatkozó, az SO_x-kibocsátás-ellenőrzési területeken érvényes követelmény, amely a rövid távú európai tengeri szállításban részt vevő hajók felét érinti. A tengeri, illetve belvízi kikötőkben elhelyezett LNG-töltőállomások törzshálózatának legkésőbb*

2025, illetve 2030 végéig el kell készülnie. Az LNG-töltőállomások közé tartoznak többek között az LNG-terminálok, -tartályok, hordozható tárolók, tartályhajók és -uszályok

- A Bizottságnak és a tagállamoknak törekedniük kell a Genfben 2000. május 26-án megkötött, módosított, a Veszélyes Áruk Nemzetközi Belvízi Szállításáról szóló Európai Megállapodás módosítására annak érdekében, hogy lehetővé váljon az LNG nagy mennyiségben való belvízi szállítása. E módosításokat az Unió területén zajló minden szállítási tevékenységre alkalmazandóvá kell tenni a 2008/68/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv III. melléklete III.1. szakaszának kiigazítása révén. A 2006/87/EK európai parlamenti és tanácsi irányelvet szükség szerint módosítani kell, hogy lehetővé váljon az LNG-nek a belvízi hajók meghajtására való hatékony és biztonságos felhasználása. A javasolt módosítások nem ütközhetnek a Veszélyes Áruk Nemzetközi Belvízi Szállításáról szóló Európai Megállapodásnak a 2008/68/EK irányelv III. mellékletének III.1. szakasza értelmében az Unió területén alkalmazandó rendelkezéseivel.
- A tagállamoknak gondoskodniuk kell a tárolólétesítményeket és az LNG-töltőállomásokat összekapcsoló megfelelő elosztórendszerrel. A közúti közlekedés esetében a gazdaságilag fenntartható LNG-mobilitás kifejlesztése szempontjából alapvető fontossággal bír az LNG-tartályjárművek feltöltőpontjainak rendelkezésre állása, illetve földrajzi elhelyezkedése.
- Az LNG – és a cseppfolyósított biometán – ezenfelül költséghatékony technológiát kínálhat a nehézgépjárművek számára az 595/2009/EK európai parlamenti és tanácsi rendeletben említett Euro VI szabványok szennyező kibocsátásokra vonatkozó szigorú határértékeinek betartásához.
- 2025. december 31-ig megfelelő számú nyilvános CNG-töltőállomást kell üzembe helyezni legalább az azon időpontban meglévő TEN-T törzshálózat mentén, majd azt követően a TEN-T törzshálózatnak a forgalom előtt megnyitott további részein is”.

Az irányelvben foglaltak alapján kijelenthető, az LNG az egyetlen alternatív üzemanyag a hajózás kibocsátási kritériumainak teljesítésére. Az irányelv rámutat arra, hogy az LNG töltését kiszolgáló infrastruktúra megépítésével lehetővé válik ezen infrastruktúra jelentős átalakítás nélküli használata a jövőben megjelenő bio-LNG, illetve a szintetikus (szintén megújuló) LNG üzemanyagok disztribúciójára is.

IV.4 SEVESO III IRÁNYELV

Az Európai Parlament és a Tanács 2012/18/EU irányelve (2012. július 4.) a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek veszélyének kezeléséről, valamint a 96/82/EK tanácsi irányelv módosításáról és későbbi hatályon kívül helyezéséről

Ez az irányelv a veszélyes anyagokkal és keverékekkel kapcsolatos súlyos balesetek megelőzése és e baleseteknek az emberi egészségre és a környezetre gyakorolt következményeinek korlátozása érdekében állapít meg szabályokat, abból a célból, hogy az egész Unióban következetes és hatékony módon magas szintű védelmet biztosítson.

A Seveso irányelvek megalkotását olyan események bekövetkezése váltották ki, amelyek alapvetően változtatták meg a biztonság és veszélyes üzemek addig hitt közös fogalmát. A veszélyes üzemekben történt balesetek, mint külföldön (mint például 1976. augusztus 10. az észak-olaszországi Seveso; 1984. december 3. Közép-India, Bhopal) mint Magyarországon (2004. törökbálinti pirotechnikai raktárban történt robbanás, 2010. balatonfűzfői veszélyes hulladéklerakóban keletkezett tűz) arra kényszerítették a jogalkotókat, hogy olyan jogszabály megalkotása szükséges, mely nemcsak a hatóságok munkáját könnyíti meg az üzem engedélyezéssel, ellenőrzéssel és azonosítással kapcsolatosan, hanem a veszélyes üzemet létesítőknek és üzemeltetőknek is útmutatást ad azokról az anyagokról, veszélyekről és technológiákról melyekkel kapcsolatosan munkát végeznek az adott üzemben vagy létesítményben (Jeruska és Szakál, 2019).

A Seveso III. irányelv több ponton alkalmaz új definíciókat, illetve a korábbiak, már meglévők finomításra, pontosításra kerültek. Az irányelv hatálya már kiterjed a földalatti gáztárolás szabályozására is.

IV.5 EGYÉB JOGSZABÁLYOK, IRÁNYMUTATÁSOK

5.1 Megújuló forrású energia támogatása

Az Európai Parlament és a Tanács 2009/28/EK irányelve a megújuló energiaforrásból előállított energia támogatásáról, valamint a 2001/77/EK és a 2003/30/EK irányelv módosításáról és azt követő hatályon kívül helyezéséről.

5.2 Motorbenzin és dízelüzemanyag minősége

Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2015/1513 irányelve a motorbenzin és a dízelüzemanyagok minőségéről szóló 98/70/EK irányelv és a megújuló energiaforrásból előállított energia támogatásáról szóló 2009/28/EK irányelv módosításáról.

5.3 Fehér Könyv - COM/2017/2025 final

Fehér Könyv– Útiterv az egységes európai közlekedési térség megvalósításához – Úton egy versenyképes és erőforrás-hatékony közlekedési rendszer felé.

5.4 P8_TA-PROV (2019)0131 határozat

2019 február elején az Európai Parlament elfogadott egy határozatot, melyben egyértelmű támogatását fejezte ki a belvízi hajózás fejlesztését illetően, megerősítve azt a korábbi felismerést, hogy a belvízi hajózásban még mindig vannak kiaknázatlan potenciálok a közlekedés összességének fejlesztése, a környezetvédelem hatékonyabb szolgálata érdekében. Többek között hangsúlyozza, hogy a 2015. évi párizsi klíma egyezmény (COP21) célkitűzéseinek való megfelelés érdekében a közlekedési rendszer ellenálló képességét és dekarbonizációját az alacsony szén-dioxid-kibocsátású közlekedés, az erőforrás-hatékonyság és a tiszta hajtóerő felé való gyorsabb elmozdulás révén kell elérni. Ezen túlmenően rámutat, hogy ehhez az átálláshoz megfelelő szabványokra és finanszírozásra van szükség az innovatív vízi utak irányításának, a tiszta hajók szélesebb körű használatának és – amennyiben lehetséges – utólagos felszerelésnek ösztönzése, valamint a szükséges tankolási infrastruktúra kiépítésére céljából. Mindezekkel együtt a korábbi Naiades programok folytatására kéri a Bizottságot.

5.5 IMO MARPOL VI. melléklet

2020. január 1-jei hatállyal lép életbe az IMO (Nemzetközi Tengerészeti Szervezet) által előírt nemzetközi egyezmény, mely szerint a tengeri hajózásban használt üzemanyagok kéntartalma nem haladhatja meg a 0,50 %-ot. Ez vonatkozik minden olyan hajóra, melyek valamilyen európai tagállam fennhatósága alá tartozó vízben közlekednek.

V. LNG HAJTÁSSAL KAPCSOLATOS HAJÓZÁSI PILOT PROJEKTEK AZ EU-BAN

V.1 LNG MASTERPLAN

Az LNG Masterplan célja egy platform létrehozása a hatóságok és az iparág érdekelt feleinek együttműködésére azzal a céllal, hogy megkönnyítsék a belvízi hajózás számára az LNG mint üzemanyag és rakomány bevezetését és az ezzel kapcsolatban szükséges harmonizált európai szabályozási keretrendszer létrehozását. A projekt keretén belül kidolgozásra kerültek új és átépített hajókkal kapcsolatos olyan műszaki koncepciók, melyek az LNG üzemanyagként és rakományként való alkalmazását segítik elő. Az LNG Masterplan nézőpontjából az LNG vonatkozásában a belvízi hajózás egyrészt új piac lehet, másrészt lehetővé teszi azt is, hogy az LNG költséghatékony módon jusson el a tengeri kikötőktől a belvízi utak mentén fekvő nagyobb ipari területeken található felvevőpiachoz. A Masterplan az LNG-t fontos lehetőségnek tekinti a belvízi szállítási ágazat számára azzal, hogy mindez természetesen nem orvosolja a belvízi hajózás összes strukturális és gazdasági problémáját. Az LNG Masterplan egyik víziója az, hogy a Rajna-Majna-Duna tengely belvízi kikötői az LNG kulcsfontosságú elosztó központjaivá, csomópontjaivá válnak majd. A projekt egyben széles körű megvalósítási tervek előkészítését is célul tűzte ki a CEF és más EU programok anyagi támogatásának bevonásával.

A következőkben a projektben, vagy annak folyamatoként a megvalósulás küszöbén levő vagy már sikeresen le is zárult, a DMR folyosóhoz kapcsolódó projekteket mutatjuk be.

1.1 Töltőállomások

Jelenleg a DMR korridor mentén egyetlen fix telepítésű LNG töltőállomás van, a Kölnben 2019 októberének végén átadott Pitpoint állomás. A már üzemben levő LNG-vel hajtott hajók utántöltése emellett „truck-to-ship, TTS”, azaz mobil töltéssel, teherautók igénybevételével valósulhat még meg. 2019 végére várható az antwerpeni állandó telepítésű 400 m³-es LNG töltőállomás átadása az 526-528-os rakparton. A belvízi és kisebb tengeri hajókat kiszolgáló infrastruktúrát a Fluxys építi szoros együttműködésben a G&V Energy Csoporttal, amely ugyancsak itt épít egy LNG-töltőállomást tehergépjárművek számára. Addig is, amíg ez a projekt véglegesen befejeződik, a hajók a mobil, tehát teherautóról történő LNG-üzemanyag-töltő állomáson tankolhatnak, tehát a szolgáltatás folyamatosan (Link 15).

Az LNG Masterplan-ban szerepel a mannheim-i kikötőben egy fix LNG töltőállomás telepítése, de ennek megvalósítása nem indult el. Hasonló a helyzet a komáromi és pozsonyi LNG töltőállomással, mellyel kapcsolatban születtek koncepciók az LNG Masterplan megvalósítása során.

A romániai Galateaba és Konstantába gondolt kisméretű LNG terminál és töltőállomás koncepciója sem valósult meg egyelőre, itt a megvalósíthatósági tervek elkészítése folyik még (ProDanube, 2018). Ugyanakkor a bulgáriai Ruse-ban megépült tervezett kis töltőállomás a Bulmarket telephelyén, ugyan sajnálatos módon a hajóra történő üzemanyagátadás még nem kezdődött meg⁷. A telephely kapacitása: 4 függőleges 250 m³-es LNG tartály (összesen 1000 m³), melyen a tárolás, a hajók ki-, és berakodása, valamint teherautó- és hajó üzemanyagtöltés valósulhat majd meg.

1.2 Hajók

A projekt keretében több hajó koncepcióterve is elkészült, de a kivitelezés itt is csak néhány esetben történt meg, ezeket mutatjuk be.

„Eiger”

Ez a hajó volt az első olyan hajó Európában, mely a meglévő motorjai helyett gázzal hajtott (valójában kettős üzemanyagú-Dual Fuel) motorokat kapott. A 342 konténer szállítására alkalmas hajó 105m hosszú, 11.45 m széles, merülése teljes terhelésnél 3.55 m, 2 db Wärtsilä 6L20DF, 900 kW-os motor hajtja.



Forrás: Link 16

18. ábra Eiger nevű Dual-Fuel konténer szállító hajó

A hajóba 60 m³-es vákuum-szigetelésű LNG tartály került beépítésre, mely az LNG-t -162 °C-on tartja. A tartály a raktérben kapott helyet, ezzel a konténerszállító kapacitás 6 TEU-val csökkent (Link 17).

„Ecoliner”

A nagyhírű holland Damen hajógyár által készített, több más innovatív megoldást is alkalmazó teljesen új LNG-vel hajtott belvízi hajó 110m hosszú, 11.4 m, merülése 3.4 m, a hajtásról 4 db 280 kW-os Scania

⁷ <http://www.bulmarket.bg/>

SGI-16M gázmotor gondoskodik, melyek az előző hajóval ellentétben generátorokat hajtanak, nem közvetlenül a hajócsavart.



Forrás: Link 18

19. ábra Ecoliner nevű LNG hajó

A hajó tehát gáz-elektromos rendszerű, minden egyéb elektromos fogyasztót e 4 motor lát el. A hajó 3770 m³ folyékony rakomány szállítására alkalmas, LNG tankjai 2 x 26 m³ méretűek, melyek a hajó farában a fedélzeten kerültek elhelyezésre (Link 19).

„Sirocco”

Ez az első olyan belvízi hajó, amelynél az LNG üzemanyag-tartályokat a raktérben, a fedélzet alatt helyezték el, mely megoldás növeli az LNG üzemanyagként való hasznosításának biztonságát. A hajó tipikus rajnai tanker méretekkel rendelkezik, 110 m hosszú 11.4 m széles, 3.15 m –t merül, 2620 m³ rakomány szállítására képes.



Forrás: Link 20

20. ábra Sirocco nevű dual-fuel üzemű hajó

Ez a hajó is kettős üzemanyagú (Dual Fuel) motort kapott, 1 db 8L20DF Wärtsilä főgépet, melynek üzemanyagát egy 88 m³-es tartályban tárolják. A hajó Scania Sandfirden segédgépei tisztán gáz meghajtásúak (Link 21).

1.3 A Duna régió megvalósult vagy megvalósítás alatt lévő projektjei

A Duna régióban az LNG Masterplan (Rajna-Majna-Duna) zászlóshajó projekt (TEN-T 2013-2015) keretében megszerzett tapasztalatok lehetőséget teremtettek számos más, a régióon belül megvalósítandó ambiciózus LNG projekt számára, amelyeknek célja a small scale LNG, azaz a kis léptékű LNG ellátási láncban feltárt hiányosságok megszüntetése.

Az alternatív üzemanyagok infrastruktúrájának bevezetéséről szóló 2014/94 / EU irányelvvel összhangban Ausztria, Szlovákia, Magyarország, Románia és Bulgária a Duna régióba small scale LNG terminálokat tervezett, melyek egyrésze már megvalósult projekt, mások kivitelezés alatt vagy tanulmányterv stádiumában járnak (ProDanube, 2018).

- Felső Ausztria (Ennshafen): első LNG töltőállomás kamionok részére, távlati cél: LNG hajtású hajók töltése (konceptiótervezés alatt)
- Szlovákia: LNGAFT (LNG as Alternative Fuel for Transport), LNG hajtású busz töltőállomás (megvalósítás alatt – tervezett átadás: 2019. december)
- Magyarország: PAN-LNG Projekt, CNG Clean Fuel Box Projekt, PAN-LNG-4-Danube Projekt
- Románia: Constanta – kisméretű (5000 m³) LNG terminál import tárolóval, kisebb tengerjáró hajók kitárazására és töltésére; folyami hajók és tehergépjárművek töltésére is alkalmas (ezt a terminált várhatóan csak 2027-ben fogják üzembe helyezni); Galatea – 4000m³ LNG terminál, tengerjáró és folyami hajók töltésére, tehergépjárművek és helyi ipar kiszolgálására,
- Bulgária: Ruse – A PL4D hez hasonló kisüzemű LNG töltőállomás, amely hajók töltésére alkalmassá tehető, jelenleg csak tehergépjármű töltésére használják.



Forrás: Pro Danube, 2018

21. ábra Duna menti kisüzemű LNG projektek

V.2 BREAKTHROUGH LNG DEPLOYMENT IN INLAND WATERWAY TRANSPORT – LNG SZÉLESKÖRŰ ELTERJEDÉSÉT TÁMOGATÓ PROJEKTEK

A 2016-2018 között futott, az LNG Masterplan folytatásának tekintett projekt céljai a Masterplan végrehajtása során megszerzett tapasztalatok alapján a hajótulajdonosok előtt magasodó, a befektetéseket hátráltató akadályok csökkentése annak érdekében, hogy megkönnyítsék az LNG szélesebb körű bevezetését a belvízi hajózásban. Mindezzel, ahogy a projekt neve is sugallja, áttörést szeretnének elérni az LNG-piacon. Mindezt a beruházási költségek csökkentése érdekében nagyobb fokú standardizálás, új és célszerű finanszírozási módok létrehozása, valamint az LNG utántöltés szempontjából legcélszerűbb földrajzi helyek megtalálása révén igyekezne a projekt elérni. Ezen túlmenően mintaprojektek által kívánják igazolni a fenti elgondolások érvényességét, helyességét, ennek jegyében 6 új LNG hajó és 4 bunkerállomás kerül kialakításra.

Ez utóbbiak egyike a kölni kikötőben Németország első LNG töltőállomásának telepítése a PitPoint. LNG közreműködésével az EU CEF társfinanszírozásával. A Pit Point kölni töltőállomásának átadásáról szóló V.4 fejezetben részletesen bemutatjuk az állomást.

A hajókat illetően eddig 2 hajó elkészítése történt meg, egyikük a „Werkendam” nevű daruval is felszerelt kotróhajó. Az első LNG-vel hajtott belvízi munkahajó 68,4 m hosszú, 11.4 m széles, 700 m³-es hombárral rendelkezik és 20t-t tud emelni 20 m-en. A hajó 38 m³-es tankja a hajó hátsó részén, a fedélzeten kapott helyett, ezzel a hajó a Rajnán 14-napi üzemre alkalmas utántöltés nélkül (Link 22).

A másik, a projekt keretében átadott és a Rajnán üzembe állt hajó a Somtrans LNG, mely az eddig említettekhez képest nagyobb, 135 m-es hosszával, 5.1 m-es merülésével és 22.8 m-es szélességével még rajnai viszonylatban is nagynak számít. A 13461 m³-es raktérrel rendelkező hajót 2 db Wärtsilä W8L20 D típusú, egyenként 2012 LE-s LNG motor hajtja, melyekhez az üzemanyagot 90 m³-es tartályban tárolják (Link 23).

A projekt keretében kidolgoztak egy modellt is, mellyel a hajótulajdonosok számára nyújtanak segítséget annak megállapítására, hogy a saját hajóik LNG-re történő átalakításának van-e értelme és haszna tekintetbe véve a saját üzleti sajátosságait. A modellszámítás eredményei – a készítőik szerint - szilárd alapul szolgálhatnak a potenciális finanszírozókkal folytatott megbeszélések megkezdéséhez.

V.3 EGYÉB, KISLÉPTÉKŰ PROJEKTEK

Az eddig említett átfogóbbnak tekinthető projektek mellett látható több olyan egyedi megrendelésen alapuló megvalósult beruházás is, amelynek eredményeképpen új LNG-vel hajtott hajók készültek el.

Ezek közé tartoznak például a „Greenrhine” és „Greenstream” néven indult, ma „Ecotanker II” és „Ecotanker III” néven futó hajók, melyek az első holland LNG-elektromos rendszerrel épített nem kettős, hanem pusztán gáz üzemanyaggal működnek. Hasonló az Argonon nevű vegyianyag-szállító tanker, melynek 2011-es átadásával indult el az LNG-vel hajtott belvízi hajók korszaka (Link 24).

Az új hajók közé tartoznak az RPG Stuttgart, Stockholm, Bristol nevű tanker-hajók (Link 25), melyeket meg nem erősített információk szerint még 12 építése fog követni. Szintén itt említhető meg az „LNG London” bunkerhajó, mely 2019 nyarán kezdte meg a szolgálatot a Rajnán (Link 26).

Az említett hajók az LNG-vel foglalkozó nemzetközi sajtóban megjelentek, feltehetően azonban ezek mellett is van több jelenleg tervezés vagy kivitelezés alatt levő hajó. A statisztikai adatgyűjtés ezen a téren még nem kiforrott, az elérhető adatok nem feltétlenül a legaktuálisabbak.

Az LNG tankolással kapcsolatosan említésre érdemes még a Titan LNG, mely több helyen is biztosít TTS módon LNG utántöltést. 2019-től az ARA kikötőkben (Amszterdam, Rotterdam-Antwerpen) egy LNG tank bárkáról („FlexFueler”, melyet egyébként egy bármilyen tolóhajó továbbíthat) STS, azaz hajó-hajó közötti utántöltést is lehetővé tesz, ezzel még több helyen, de legalábbis rugalmasan elérhető a kikötői szolgáltatás (Link 27).

Rotterdamban egyébként már két helyen is lehetőség van mobil utántöltésre, és a Moerdijk-i kikötőben is megoldott a tankolás ilyen módja.

Szintén a németországi telepítésekkel kapcsolatos, hogy a CEF a Liquind cégen keresztül is támogatta volna a német töltőállomások kiépítését (Link 28). Az LNG Rollout in Central Europe – for a greener transportation sector (2017-DE-TM-0040-W) – Germany projekt keretében német területen 9, Csehországban 1 kisméretű LNG-terminál valósulhatott volna meg, de a CEF honlapján már látható, hogy nem született támogatás, a projektet ismeretlen okból törölték (Link 29).

A Daphne 2018-ban megjelent publikációja szerint Ausztriában az ennsi kikötőben van lehetőség teherautónak LNG-t tankolni, ugyanitt a gázhálózatból vett gáz cseppfolyósítása is történik, de a shore-to-ship tankolás még nem lehetséges.

V.4 AZ ELSŐ FOLYAMI SMALL SCALE LNG TÖLTŐÁLLOMÁS-PITPOINT, KÖLN

Annak érdekében, hogy jelen tanulmányfejezethez elsőkézből szerezzünk input adatokat, tapasztalatot és információt, hogy megismerjük a Small Scale LNG terminál tervezésének, építésének és működtetésének előnyeit és kihívásait, részt vettünk a PitPoint, kölni, Európa első LNG folyami töltőállomásának átadásán 2019. október 31-én.

A PITPOINT-ról

A PitPoint független piacvezető alternatív üzemanyag-szolgáltató Hollandiában, Belgiumban és Németországban, aki tiszta üzemanyag-megoldásokat kínál, CNG (beleértve a zöldgázt), LNG, hidrogén (H₂) és a villamos energia biztosítása által a közúti és a tengeri szállítás területén. A PitPoint eltökélt szándéka, hogy aktívan támogassa a tiszta üzemanyagok használatát a 2030-as célok elérése érdekében, és hogy jelentős piaci részesedést szerezzen az alternatív üzemanyag szolgáltatói között.

A PitPoint a 2020-as év végéig a Total Group-pal további 3 LNG kamion töltőállomást nyit Belgiumban és 5 kutat Németországban. A fúzió jellegzetessége az alternatív töltőállomások mai meglévő Total üzemanyag állomásokon történő kialakítása.

2019. október 31-én a PitPoint megnyitotta Európa első, shore-to-ship (partról hajóra) LNG folyami töltőállomását a kölni Niehl kikötőben, a belvízi hajózás támogatására. Ezen állomás megnyitása nagy előrelépést jelent a tiszta tengeri szállítás megkönnyítése felé. Az új LNG üzemanyag-állomás része a PitPoint LNG terveinek, amelynek célja az európai LNG-infrastruktúra fejlesztése a nagy teherbírású közúti és vízi szállításához, amelyet az Európai Unió társfinanszírozott. A kölni kikötő választásának fő oka az állomás stratégiai elhelyezkedése Bázel és Rotterdam között, valamint a helyszín megközelíthetősége volt.



22. ábra A kölni PitPont LNG hajó töltőállomás

CSÖKKENŐ EMISSZIÓ ÉS JOBB LEVEGŐMINŐSÉG

Az LNG a legtisztább üzemanyag, amely jelenleg elérhető a vízi szállításhoz. Az LNG használatának legnagyobb előnye a PM és az NO_x kibocsátásának csökkentésében rejlik. A PitPoint elindításakor (2015) érvényben lévő kibocsátási szabványok (CCNR II) alapján az LNG-üzemű motorok 10% -kal kevesebb CO₂-t, legalább 80%-kal kevesebb NO_x-t és 99% -kal kevesebb finom részecskét termelnek, mint a dízelüzemű motorok. Ezen káros anyagok jelentős csökkentése közvetlen pozitív hatással lesz a víz és a levegő minőségére. Az LNG-t átmeneti üzemanyagnak és a még tisztább, és szén-dioxid-mentes bio-LNG felé vezető lépésnek tekintik.

LNG ÜZEMANYAG GYORSABB ÉS BIZTONSÁGOSABB TÖLTÉSE

A Rajnán, Európa legforgalmasabb vízi útja mentén, az új, folyami töltőállomással pozitív előrelépés történt az LNG-infrastruktúra fejlesztésében, amely megkönnyíti az LNG, mint vízi szállítás üzemanyagának felvételét. Az új folyami töltőállomás jelentősen meggyorsítja a töltési folyamatot. A teljesen automatikus üzemeltetésű kölni töltőállomás a vételi szándék bejelentését követő fél órán belül készen áll a beérkező hajó töltésére az év 365 napján 0-24 órában.

Az LNG-bunker állomás megnyitása fontos előrelépés a vízi szállítás szempontjából. A töltőállomás a komplett ellátási lánc együttműködésének eredménye. Szállítókkal, kikötő társaságokkal, hajózási társaságokkal, szállító társaságokkal és az Európai Unió támogatásával együtt jött létre az állomás, az európai belvízi hajózás fenntarthatóbbá tétele érdekében.

A PitPoint célja az LNG használatának elterjesztése, a 100%-osan tiszta közlekedés megteremtéséhez 2030-ig.





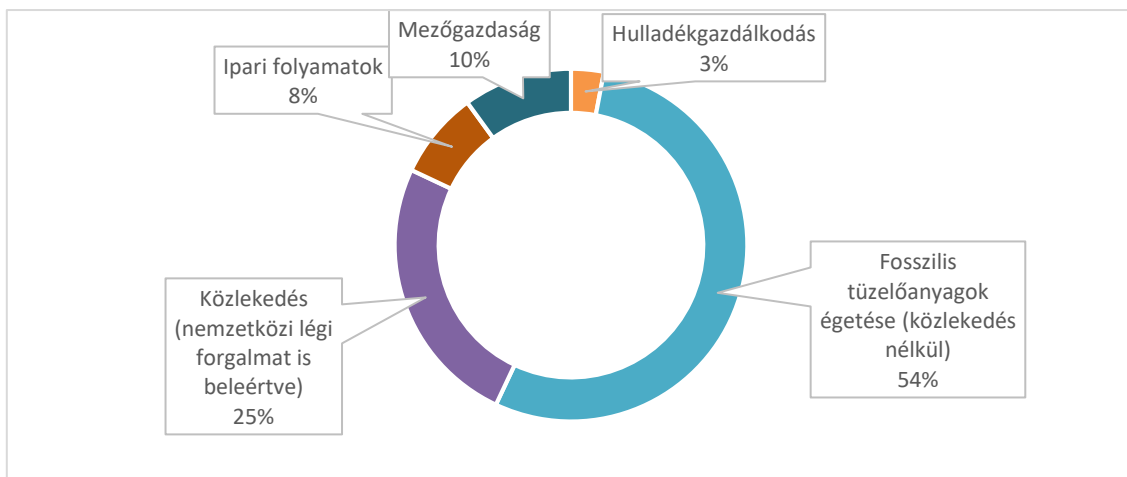
23. ábra Kölni PitPont töltőállomáson készült fotók

VI. AZ LNG KÖRNYEZETVÉDELMI ASPEKTUSAI

VI.1 KÖZLEKEDÉSBŐL SZÁRMAZÓ ÜHG ÉS LOKÁLIS SZENNYEZÉS

Jelen tanulmány szempontjából a közlekedésnek tulajdonított károsanyag-kibocsátások, valamint azok mérséklésére irányuló megoldások a relevánsak, így csak a közlekedésre vonatkozó adatokat vizsgáljuk.

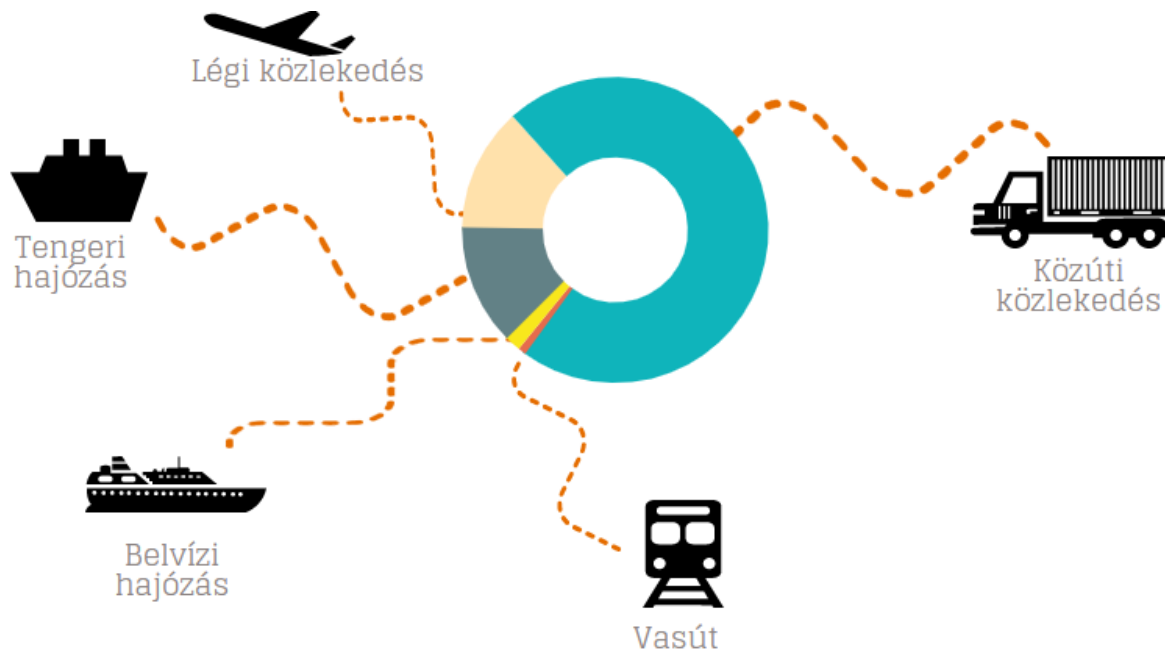
A közlekedés jelenleg az Európai Unióban a második legnagyobb károsanyagkibocsátó szektor. A 2017-es évben 1,12 milliárd tonna CO₂ ekvivalens volt a közlekedésből származó kibocsátás, mely az összes üvegházhatású gáz kibocsátási tevékenységek 25%-a (EUROSTAT, 2019).



Forrás: EUROSTAT, 2019

24. ábra Az egyes szektorok ÜHG kibocsátása 2017-ben az Európai Unióban

Ebből a tengeri hajók (melyek európai kapcsolattal rendelkeznek, tehát megfordulnak európai kikötőkben), valamint a folyami hajózás kibocsátása közel 16% (INE, 2018).



Forrás: INE, 2018

25. ábra A közlekedési szektoron belül a ÜHG kibocsátás megoszlása

Annak érdekében, hogy a közlekedésből származó kibocsátások reális mértékben csökkenthetők legyenek, szükséges az alternatív üzemanyagok széleskörű alkalmazásának elősegítése. Az LNG, mint üzemanyag rendkívül sokoldalúan felhasználható, hiszen mind közúton, mind vasúton, mind pedig vízben való közlekedésben is kiváló hajtóanyag alternatíva.

Az egyes üzemanyag környezeti hatásait sokféleképpen lehet értékelni. A gyakorlatban a well-to-wheel (WTW) és a tank-to-wheel (TTW) hatásfokok értelmezése alapján meghatározható az egyes közlekedési módok ÜHG emissziója.

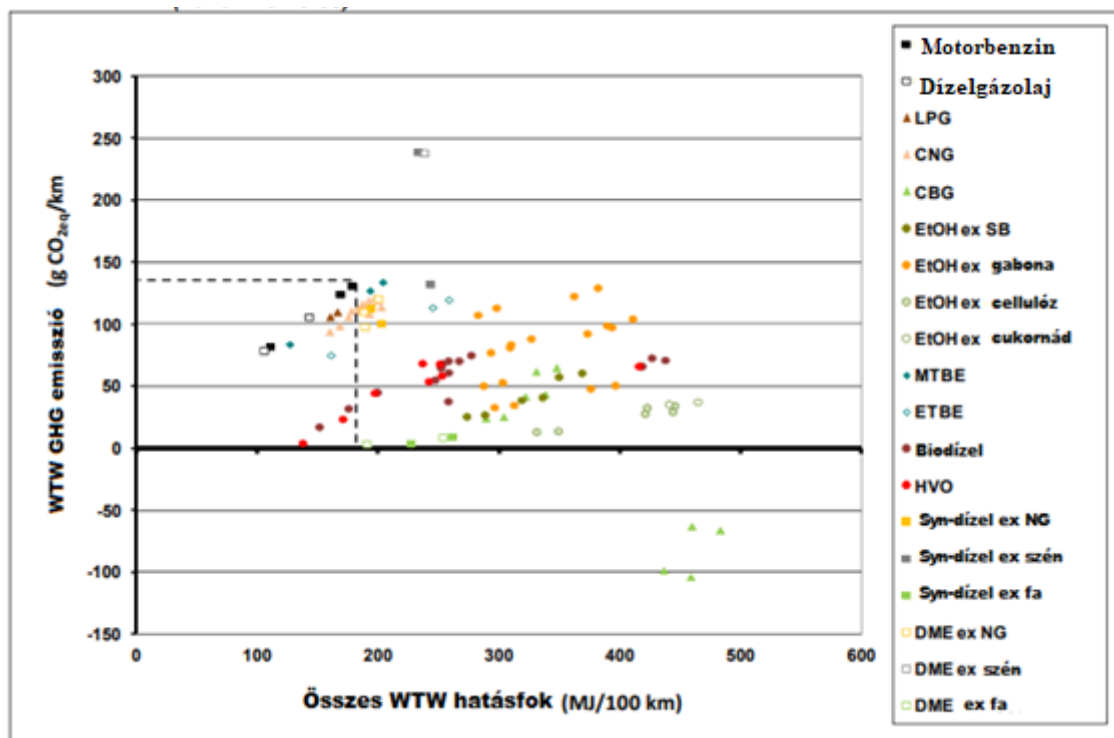
A well-to-wheel hatásfok azt fejezi ki, hogy a primer energiahordozóból milyen hatásfokkal lehet az energiát a jármű mozgási energiájává alakítani. A WTW figyelembe veszi az alábbi szempontokat (Edwards et al., 2014):

- fosszilis energiahordozók kinyerésének és feldolgozásának hatásfoka,
- a megújuló erőforrások hatásfoka,
- az energiahordozók szállításának hatásfoka,
- az energiahordozók átalakításának hatásfoka,
- a járműben történő felhasználásnak a hatásfoka.

A tank-to-wheel hatásfok a jármű hatásfokát fejezi ki, azaz, hogy a járműben a hajtóanyag milyen hatásfokkal alakítható át a jármű mozgási energiájává (Edwards et al., 2014).

A WTW és TTW hatásfokok értelmezése alapján meghatározható az egyes közlekedési módok (üzemanyagok) ÜHG kibocsátása is, mellyel egy objektív, összehasonlításra alkalmas mennyiséget kapunk a különböző hajtásrendszerekről. Ez azt jelenti, hogy az adott energiaforrás kinyeréséből, feldolgozásából, szállításából és felhasználásából egy összesített emisszió számolható. A WTW ÜHG emisszió általános mértékegysége a g/100 km (hajózásban g/ tkm), melyet CO₂-re vonatkoztatva adnak meg (Edwards et al., 2014).

A 24. ábrán az egyes tüzelőanyagok ÜHG kibocsátása látható a WTW energiaigényük függvényében. Megállapítható, hogy a dízelgázolaj és motorbenzin hajtóanyagok hatásfoka kedvezőbb, ugyanakkor messze ezen anyagok ÜHG kibocsátása a legmagasabb. Ebből az következik, hogy a legtöbb alternatív, köztük az LNG hajtóanyag WTW hatásfoka rosszabb, viszont a környezetre gyakorolt hatása kevésbé káros.



Forrás: Edwards et al., 2014

26. ábra Különböző hajtóanyagok WTW ÜHG emissziója az energiaigényük függvényében

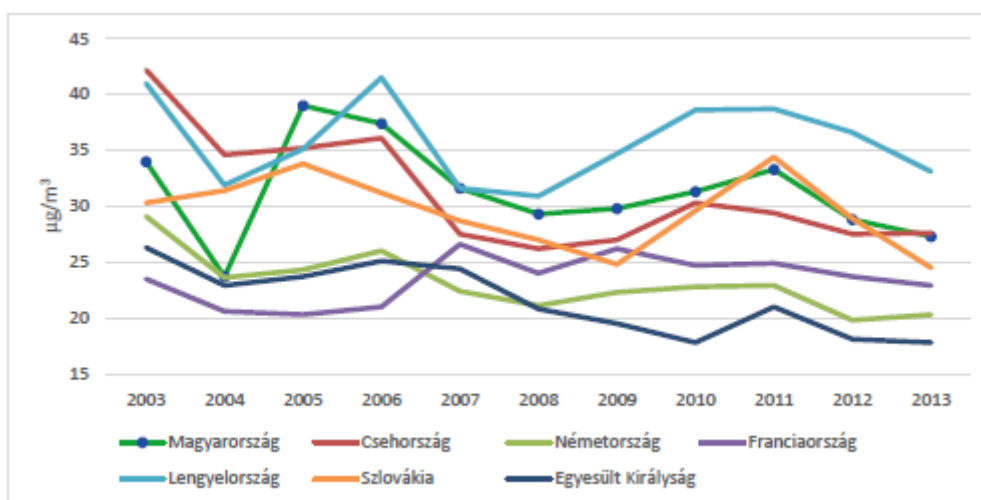
A földgáz (sűrített vagy cseppfolyós állapotban) WTW ÜHG emissziója egyértelműen alacsonyabb a konvencionális hajtási módokhoz képest.

A fentiek alapján elfogadható az a kijelentés, miszerint az LNG, mint hajtóanyag alkalmazása a közlekedésben bizonyítottan kevesebb ÜHG kibocsátással jár tökéletesebb égése és alacsonyabb széntartalma miatt.

A Nemzetközi Tengerészeti Szervezet (International Marine Organisation -IMO) 2018-as tanulmánya szerint a tengeri hajózásban az LNG alkalmazása mind a ÜHG , mind pedig a légszennyező anyagok (SO_x , NO_x , PM) kibocsátásának csökkenésével jár. Azonban a redukció mértéke nagyban függ az adott hajóban alkalmazott motortól. Ugyanis számos tengerjáróban (és folyami) hajóban is olyan motorokat alkalmaznak, melyeknél előfordulhat a metán nem tökéletes égése, így a kipufogón keresztül a légkörbe kerül. Mivel a metán a CO_2 -nél 21-szer károsabb gáz az üvegházhatás tekintetében, ezért jelentősen ronthatja az LNG felhasználásával járó környezeti előnyök mértékét (Transport & Environment, 2018).

A közlekedésből származó lokális szennyezőanyagok nevezük a helyi szennyezésért felelős gázokat és szálló port (PM_{10} és $\text{PM}_{2,5}$).

A lokális szennyező anyagokat vizsgálva megállapítható, hogy a V4 országai és így Magyarország városi népessége is magasabb szállópor-mennyiségeknek van átlagosan kitéve, mint a nyugat-európai országok városaiban élők. A szállópor-szennyezés (PM) a levegőben, mint közegben diszpergált állapotban előfordul, folyékony vagy szilárd halmazállapotú részecskék következménye, amelyek a szervezetbe kerülve rákkeltő (karcinogén) hatással bírhatnak, különösen abban az esetben, ha a részecskék felületén egyéb káros anyagok is megtapadnak. A városokban található PM-szennyezés forrása a közlekedés, különösen a dízelüzemű járművek használata. Magyarországon a városban élők átlagosan $27,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} -et lélegeznek be, ez az érték Franciaországban $22,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Németországban $20,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, míg az Egyesült Királyságban mindössze $17,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Forrás: PAN-LNG, 2016

27. ábra: Városi lakosok PM_{10} -kitettsége

VI.2 A KÖZLEKEDÉS OKOZTA LÉGSZENNYEZÉS EGÉSZSÉGÜGYI HATÁSAI

Bános (2012) tanulmányában kifejti, hogy „Az Európai Parlament és a Tanács 2008/50/EK szerint, hatályos levegőminőségi irányelve célkitűzéseket határoz meg a légszennyezettségnek az emberi egészségre és a környezet egészére gyakorolt káros hatásainak elkerülése, megelőzése vagy csökkentése érdekében. Az irányelv XI. melléklete tartalmazza a különböző légszennyező anyagokra, köztük a kisméretű szálló porra (PM₁₀-re) vonatkozó (éves és napi) határértékeket. Ezek betartása a 2005 utáni években (az EU több tagállamához hasonlóan) Magyarország több légszennyezettségi zónájában is gondot okozott, illetve okoz még napjainkban is. Az irányelv 22. cikke a határidők betartásának elhalasztásának, valamint bizonyos határértékek alkalmazásának kötelezettsége alóli mentességnek a lehetőségét adta meg azon célból, hogy azokban az országokban, ahol a folyamatban lévő intézkedések biztosítják a szennyezettség határérték alá szorítását 2011-re, ne induljon jogsértési eljárás. Hazánk is élt e lehetőséggel, a tizenegy levegőminőségi zónából nyolcra nyújtott be mentességi kérelmet (éves és napi határérték meghaladása miatt), amelyben bemutatta, hogy milyen intézkedések várhatóak a határidőig”. Magyarország elsődleges célja kell legyen a 2008/50/EK irányelvben rögzített kisméretű részecskére vonatkozó határértékek betartása az ország egész területén. A légszennyezettség csökkentésére nemcsak a jogsértési eljárás alatt álló, hanem a mentességet kapott zónákban is szükség van, mivel az átmeneti idő 2011. június 10-én lejárt, és ma sem garantált a határérték betartása, amelynek jelentős pénzbüntetés a következménye, annak ellenére, hogy folyamatosan hosszabbítást kért Magyarország a probléma megoldása érdekében.

2.1 A városi porszennyezés, SO_x és halálozási mutatók

Levegőszennyezés akkor áll fenn, amikor több szennyező anyag olyan mennyiségben és olyan hosszú ideig tartózkodik a környezeti levegőben, hogy az az élővilágra, illetve anyagi javakra káros hatást gyakorol, valamint az emberi közérzetet negatívan befolyásolja (WHO).

A légszennyezés lehet természetes (vulkánkitörés, porvihar) vagy mesterséges (közlekedés, ipar, mezőgazdaság) eredetű. A leggyakoribb légszennyező anyagokat halmazállapotuk szerint lehet csoportosítani (Link 12).

- gáznemű: kén-dioxid, nitrogén-oxidok, szén-dioxid, metán, talaj közeli ózon, policiklusos aromás szénhidrogének
- szilárd: szálló por (PM), korom
- aeroplankton: baktériumok, vírusok, gombák, spórák, pollenek

A szálló por az emberi egészségre leginkább ártalmas légszennyező anyag, mivel a kisebb méretű részecskék könnyen bejutnak a légzőrendszerbe. A porrészecskék baktériumokat, vírusokat, gombákat, valamint toxikus anyagokat kötnek magukhoz, ráadásul elősegítik azok bejutását a

szervezetbe (MFO, 2011). Maga a szálló por (particulate matter) a levegőben előforduló szilárd részecskék, melyek mérettartománya 0,001-100 μm között változik.

- A 100 μm -nél kisebb szemcsék már belélegezhetőek (inhalációsok), de ezek nem jutnak el a tüdőig, méretüknél fogva.
- A 10 mikronnál kisebbek már túljutnak a garaton (torakális frakció).
- A 4 mikron alattiak bejutnak a tüdőbe (respirabilis porok).
- A 2,5 μm -nél kisebbek pedig már egyáltalán nem, vagy nehezen ürülnek ki a tüdőből (akkumuláció).

Ezek alapján egészségügyi szempontból a 10 és 2,5 mikronos szálló pornak van kiemelt jelentősége, ezeket szokták mérni leginkább (PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$).

A szálló por koncentrációját számos környezeti tényező befolyásolhatja:

- Időjárási viszonyok
- Szél
- A levegő vertikális mozgása
- Turbulencia
- Csapadékképződés
- Domborzat
- Kéménymagasság és a kibocsátott gázok hőmérséklete

Főbb antropogén forrásai az alábbiak lehetnek (WHO, 2013):

- belső égésű motorok (motorbenzin, dízelgázolaj)
- fosszilis tüzelőanyagok égetése
- ipari energiatermelés
- egyéb ipari tevékenységek (építőipar, bányászat, kerámiagyártás, cementgyártás)

A PM_{10} és a $\text{PM}_{2,5}$ olyan belélegezhető részecskéket tartalmaz, amelyek elég kicsik ahhoz, hogy behatoljanak a légzőrendszer mellkasi részébe. Az inhalálható PM egészségügyi hatásait széleskörűen mérik és dokumentálják. Ezek mind rövid távú (órák, napok), mind hosszú távú (hónapok, évek) expozíciójának következményei az alábbiak lehetnek:

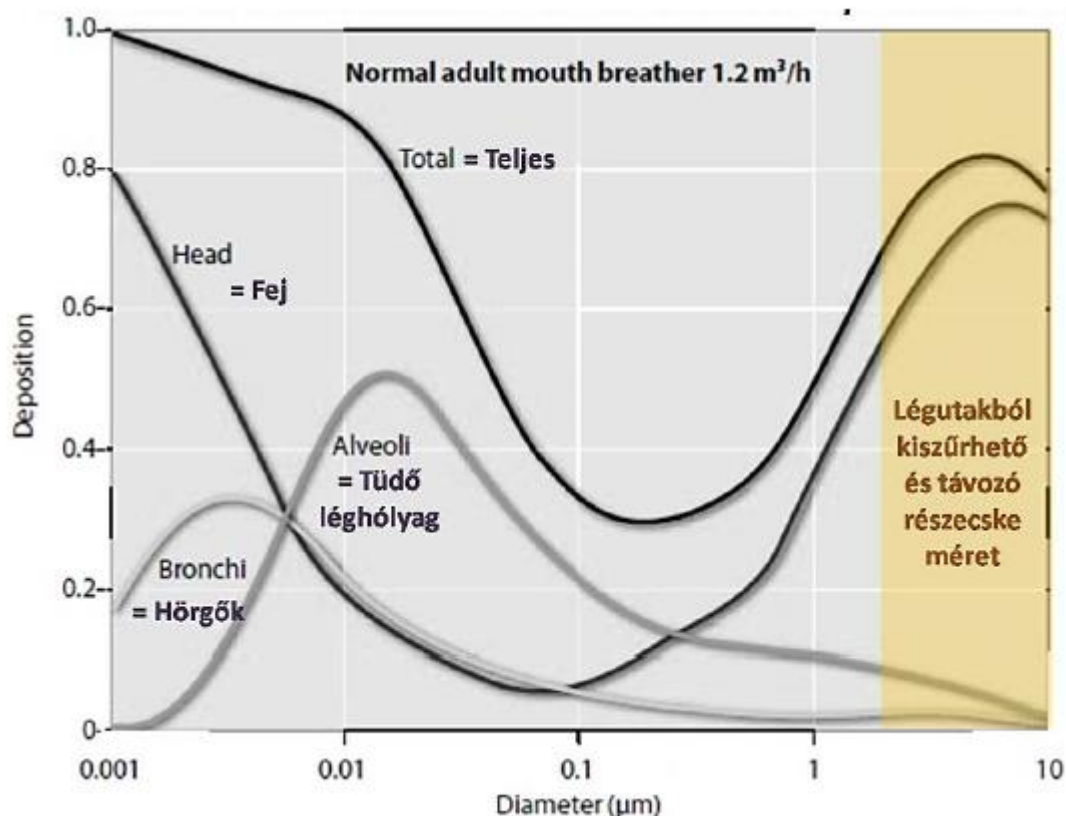
- légzőszervi és kardiovaszkuláris morbiditást, például az asztma súlyosbodása, légzőszervi tünetek és a kórházi befogadások számának növekedése;
- halálozás szív-, érrendszeri és légúti betegségek, valamint tüdőrák következtében.

Az alábbi megbetegedések bizonyítottan összefüggésbe hozhatók a porszennyezéssel, illetve a szennyezett levegővel (Link 13):

- korai halál szív- és tüdőbetegségben szenvedők esetén

- nem halálos kimenetelű szívroham
- szívritmus zavar
- súlyosbodó asztma
- csökkent tüdőfunkciók
- fokozott légúti megbetegedések (irritáció, köhögés, nehéz légzés)

A dízelgázolaj járművek okozta egészségügyi problémát jól illusztrálja az alábbi ábra, mely bemutatja egy modern motorból kiáramló részecskék (vízszintes tengely) méret-eloszlás (függőleges tengely) összefüggését és az emberi szervezet ezzel szembeni védekező képességét, illetve védtelenségét:



28. ábra: Az emberi szervezetben lerakódó részecske méret és a veszélyeztetett szervek összefüggése, adaptálás

A szálló por a kén-dioxid magas koncentrációja mellett lassú légmozgás és alacsony hőmérséklet esetén az ún. téli füstköd (szmog) előidézője.

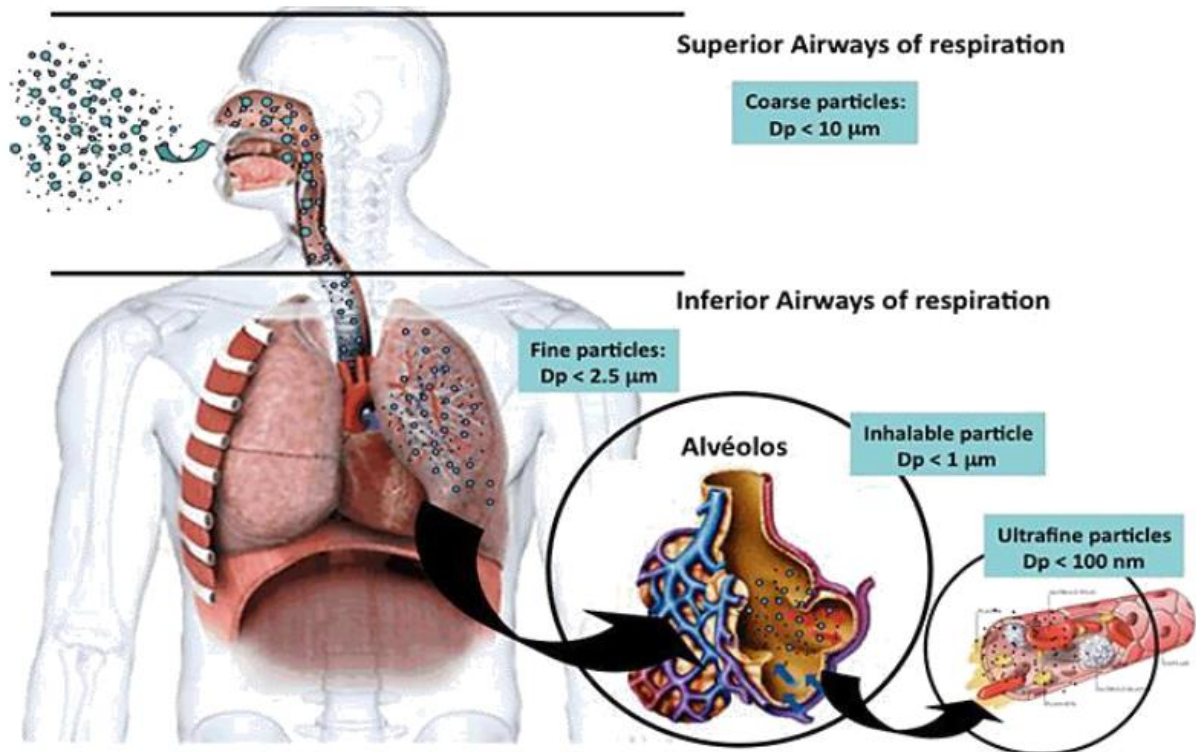
Magyarországon az összes kibocsátáson belül közlekedésből származik a szálló por (PM₁₀) kibocsátás 43%-a. A közlekedési alágazaton belül a közúti közlekedés felelős a részecske kibocsátás több mint 95%-ért. Az egyik legfontosabb egészségkárosító tényező a közlekedésből is eredeztethető szálló por. A gépjárműállomány dinamikusan emelkedik, ez alól a 2009. válság által meghatározott év csak kivétel, azonban a csökkenés nem releváns.

Az új járművek egyedileg egyre kevesebbet szennyeznek tömeg szerint (PM), hiszen a modern motortechnológia az egyre tökéletesebb égést teszi lehetővé. Ebből eredően a tömegben jelentős PM₁₀ részecskék kisebb mértékben kerülnek a levegőbe. Ezzel szemben viszont a PM_{2,5}, amely tömegét tekintve sokkal kisebb, ugyanakkor jóval nagyobb számban kerül ki a közlekedésben részt vevő gépjárművekből.

Az állomány és a futásteljesítmény növekedésén felül az a sajnálatos és a legújabb kutatások által bizonyított tény, hogy a modern motortechnológia egyre nagyobb arányban, egyre kisebb részecskéket juttat a levegőbe, aminek a hatása a korábbiakban említettek szerint rosszabb. Figyelemre méltó a tény, hogy 20-1000 nm tartományban kerül ki a dízelgázolaj és közvetlen befecskendezésű benzinmotorok szilárd részecske kibocsátásának meghatározó része. Emiatt a személygépjárműveknél a részecske kibocsátás az Euro6 emissziós kategóriában már darabszám szerint is korlátozott, a PM határértéke 600 milliárd részecske kilométerenként. *„Ugyanez a nehéz közúti kategóriában motorfékpadi mérésre vonatkozóan WHSC ciklus esetén 800 mrd 1/kWh, WHTC ciklusnál pedig 600 mrd 1/kWh.”* (PAN-LNG, 2016)

Tekintettel arra, hogy a részecskeszűrővel szerelt járművek esetén, normál üzemi körülmények között is csak ennek az értéknek alulról való megközelítése lehetséges, az az általánosan használt laikus kijelentés – miszerint a részecskeszűrős járműveknél már nincs részecske kibocsátás – teljességgel valótlan.

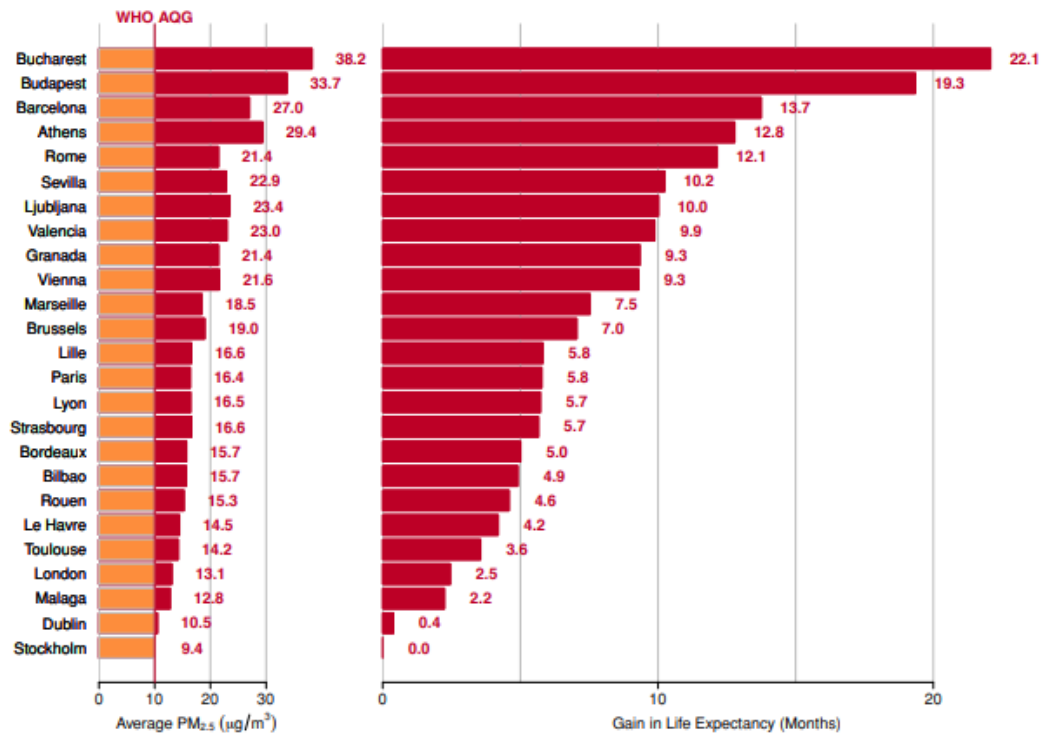
Számos összefüggést találtak és bizonyítottak már a PM₁₀ rövid távú kitettségének a légzőrendszerre gyakorolt hatásáról, de a halálozás szempontjából, és különösen a hosszú távú expozíció következményeként, a PM_{2,5} erősebb kockázati tényezőt jelent. A mindennapi okból bekövetkező napi mortalitás szintje a becslések szerint 0,2–0,6% -kal növekszik 10 µg / m³ PM₁₀ hatására. A PM_{2,5}-nek való hosszú távú kitettség esetén 6-13%-kal nő a kardiopulmonális rendellenességek okozta halálozás kockázata. Különösen kiszolgáltatottak azok a csoportok, ahol tüdő- vagy szívbetegség áll fenn, valamint az idősek és gyermekek. Például a szálló pornak kitettség befolyásolja a gyermekek tüdőfejlődését, ideértve az egyes tüdőfunkció hiányát, valamint a tüdő növekedésének krónikusan csökkent ütemét. Nincs bizonyíték a szálló pornak való kitettség biztonságos szintjére vagy olyan küszöbértékre, amely alatt nem léphetnek fel káros egészségügyi hatások.



29. ábra: Részecskék emberi szervezetbe jutásának anatómiája

A dízelgázolaj tökéletlen égése miatt kialakuló jelentős koromtartalom a $PM_{2.5}$ -ben a levegőminőséggel foglalkozó tudományos-szakmai közösség és civil szervezetek figyelmének kereszttüzebe került, mivel bizonyíthatóan hozzájárul az egészségre és az éghajlatra gyakorolt káros hatásokhoz. A korom mellett egyéb részecskék is felelősek eme káros hatásokért. Például egyes szerves anyagok (PAH-ok), amelyek ismert rákkeltő anyagok és közvetlenül mérgező hatásúak a sejtekre, valamint a fémek és a szervetlen sók (WHO, 2013).

Becslések szerint a szív- és tüdőrákos halálesetek nagyjából 3% -a és a tüdőrákos halálesetek 5% -a a szálló por káros hatásaira vezethető vissza világszerte. Az európai régióban ez az arány különféle térségekben 1–3%, illetve 2–5%. Lim SS et al. (2010) tanulmányának eredményei azt mutatják, hogy a környezeti levegőszennyezéshez kapcsolódó betegségek terhe még a becsültnél is nagyobb lehet. A tanulmány szerint 2010-ben a környezeti levegőszennyezés (éves $PM_{2.5}$) 3,1 millió ember halálát okozta. A $PM_{2.5}$ -nek való expozíció átlagosan körülbelül 8,6 hónappal csökkenti az adott régió lakosságának várható élettartamát. A hagyományos egészségügyi hatásvizsgálati módszereket alkalmazó, az európai környezetszennyezésről és egészségről szóló döntéshozatalhoz szükséges ismeretek és kommunikáció javítása (Aphekom) eredményei azt mutatják, hogy a legszennyezettebb városokban az átlagos élettartam kb. 20 hónappal meghosszabbodhat, ha a hosszú távú $PM_{2.5}$ koncentrációt csökkentik a WHO az Air Quality Guideline (AQG)-ban ajánlott éves szintjére (30. ábra). Az AQG tartalmazza azokat az ajánlott határértékeket, melyek betartásával mindenki számára elérhetővé válna a jó minőségű, egészségre kevésbé káros levegőminőség (WHO, 2013).



Forrás: Aphekom, 2011

30. ábra Az életkor várható átlagos növekedése (hónapokban) a 30 éves korosztályban a PM_{2,5} átlagos éves 10 µg / m³ szintjére való csökkentés esetén

2.2 Epidemiológiai kutatási eredmények

A fentiek alapján a társadalom jogos elvárása, hogy „A korszerű közlekedési rendszernek mind gazdasági, mind pedig szociális és környezetvédelmi szempontból fenntarthatónak kell lennie”. „Számos intézkedés megtételére és politikai eszköz bevetésére van szükség ahhoz, hogy megkezdődjék a fenntartható közlekedési rendszer kialakulásához vezető folyamat. Választanunk kell tehát a status quo, azaz a jelenlegi rendszer fenntartása és a változás szükségességének elfogadása között. Az előbbi - a könnyebbik lehetőség – elfogadása a forgalmi torlódások és a környezetszennyezés jelentős növekedéséhez vezet, és végső soron veszélyeztetni fogja Európa gazdaságának versenyképességét. A második választása - ez megelőző intézkedések megtételét igényli, amelyek némelyikét nehéz lesz majd elfogadtatni – a közlekedési kereslet kijelölt irányokba terelésére szolgáló és egész Európa gazdaságának fenntartható módon való fejlődését biztosító szabályozás új formáinak alkalmazásával jár” (Európai Bizottság, 2001).

Az epidemiológiai elemzés során mindig a rendelkezésünkre álló, legfrissebb statisztikákat elemezzük, azonban sok esetben ezek 2015. évi vagy azt megelőző korábbi adatok, így az elkövetkezendő részekben csak ezekre tudunk támaszkodni.

Az utóbbi időszak népegészségügy és közlekedés összefüggéseire vonatkozó kutatások alapján a szakértők között nemzetközi szinten is egyetértés alakult azon a téren, hogy a gépjárművek által kibocsátott levegőszennyező anyagok közül napjainkban a szálló por és a finom por (PM₁₀ és PM_{2,5}) jelenti a legnagyobb egészségügyi kockázatot.

Az EPA (2009) magas rákkockázatot tulajdonít a levegő szennyezettségének. A kutatás során 32 ismert toxikus levegőszennyező anyagot vizsgáltak (ebből 29 karcinogén) és a tanulmány szerint mintegy 20 millió nagyvárosban élő amerikai számára (közülük sokan Los Angelesben, illetve San Franciscóban élnek) a levegő szennyezettsége miatt a rák kialakulásának kockázata százszorosa az EPA által elfogadhatónak tartott szintnek.

Százezer amerikai közül 75 egy, a szennyeződés miatti rák kialakulásával kell, hogy számoljon, miközben az említett 20 millió, nagyvárosban élő kockázata hússzor akkora, azaz 1 az 5000-hez.

Ugyanakkor az Egészségügyi Világszervezet nem ad meg konkrét levegőminőségi határértéket a szálló porra (PM), mert álláspontja szerint nincs olyan alacsony koncentrációjuk, amely biztosan nem károsítaná az egészséget.

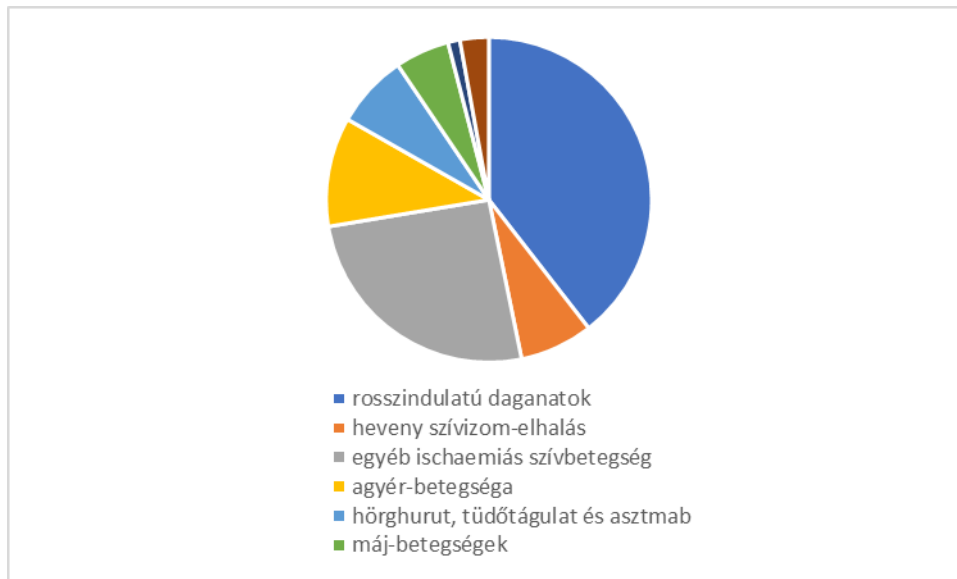
Az Európai Bizottság felkérésére – a Tiszta Levegőt Európának (Clean Air for Europe, CAFE) folyamat részeként – átfogó elemzés készült a légszennyezés környezetre és emberi egészségre gyakorolt hatásairól. A felmérés eredményei megdöbbentőek és egyben riasztóak: Kimutatták, hogy az Európai Unióban közel 400 ezer ember hal meg évente a 2,5 mikrométernél kisebb szennyező részecskék (PM_{2,5}) következtében. **Kiderült, hogy egy átlagos magyar ember, ha marad a jelenlegi szennyezési szint, több mint egy évet veszít az életéből a PM_{2,5} részecskeszennyezés miatt (Lukács et al, 2010).**

Hazánkban évente körülbelül 16 ezer ember hal meg a részecske-légszennyezés miatt. Ez az éves összes haláleset mintegy 12%-a. A friss kutatások szerint a lakosság számához viszonyítva Magyarországon halnak meg a legtöbben Európában a részecskeszennyezés miatt. Légúti, daganatos, valamint szív- és érrendszeri megbetegedésekért egyaránt felel a légszennyezés. Az EU által finanszírozott Francia Országos Közegészségügyi Intézet (InVS) által koordinált Aphekom kutatás kimutatta (Országos Környezetegészségügyi Intézet, 2011), hogy a részecskeszennyezés csökkentésével, az Egészségügyi Világszervezet (World Health Organization: WHO) ajánlásainak betartásával sok emberéletet menthetnénk meg.

Tizenkét ország 25 városát vizsgálták három éven keresztül. A kutatás szerint Bukarest után Budapesten a legmagasabb az életvesztés a részecskeszennyezés miatt. A gyermekkori asztmás megbetegedések 15-30 %-a a forgalmas utak közelségéhez köthető. Ha Budapesten a legapróbb részecskék (PM_{2,5}) koncentrációját a WHO által ajánlott szinten tartanánk, már azzal is átlagosan 19,3

hónappal, azaz több mint másfél évvel nőhetne a lakosok várható élettartama. A Levegő Munkacsoport azonnali és hathatós intézkedéseket vár a kormánytól és az érintett városok vezetésétől a lakosok egészségét károsító légszennyezés csökkentése érdekében.

A 2015. évi nemzetközi adatok szerint a magyarok százezer lakosra jutó halálozása Bulgáriát és Romániát követően a harmadik legkedvezőtlenebb az unióban. A nők halálozási gyakorisága Bulgária és Románia után a harmadik, a férfiaké Litvániát, Bulgáriát és Lettországot követve a negyedik legmagasabb (KSH, 2016).



Forrás: KSH, 2018

31. ábra: Elhalálozási arányok a főbb betegségcsoportok szerint 2018-ban

VI.3 A PÁRIZSI ENSZ KLÍMA-EGYEZMÉNYBŐL EREDŐ TAGÁLLAMI KÖTELEZETTSÉGEK

A 2015-ös, 195 ország által elfogadott Párizsi Klíma-Egyezmény globális cselekvési tervet határozott meg, mellyel a globális felmelegedés növekedése 2°C alatt tartható, de törekedni kell a hőmérséklet növekedés 1,5°C-on belüli korlátozására.

Számos forgatókönyv és cselekvési terv született annak érdekében, hogy ezt a célt uniós szinten is tartani tudjuk. Minden ilyen terv közös, elementáris pontja a közlekedésből származó kibocsátások csökkentése, illetve a karbonsemlegesség elérése.

Az egyik legfontosabb rendelet (EU 2018/1999) 2030-ra 30%-os ÜHG csökkentést ír elő – a 2005-ös állapothoz képest - a közlekedés, mezőgazdaság, háztartás, kisipari tevékenységek és a hulladékgazdálkodás területén, minden tagállamra vonatkozóan. Az EU egészére kiterjedő csökkentési értékeket kötelező nemzeti célokként osztják ki a tagállamok számára, 0 és 40% között. A rendelet

eredményeként a tagállamoknak politikákat kell kidolgozniuk az üvegházhatást okozó gázok csökkentésére vonatkozó kötelező célok elérése érdekében (Transport & Environment, 2018).

Mivel a közlekedés a felsorolt ágazat közül az egyik legszennyezőbb, így az ezen a területen lévő intézkedéseknek kiemelt jelentősége van. Például Finnország tervei szerint 2030-ra felére csökkenti a közlekedésből származó kibocsátásokat, hogy teljesítse a célkitűzést, Németország célja a közlekedésből származó kibocsátások 40–42% közötti csökkentése.

A közlekedési emissziók csökkentését számos módon lehet szabályozni. Ezek közé tartozik az alacsony szén-dioxid-kibocsátású alternatív üzemanyagok közlekedésben való alkalmazása és alkalmazásuk ösztönzése. A földgáz dízelgázolajhoz viszonyított alacsonyabb a szennyezőanyag-kibocsátási értékei miatt néhány tagállam (Olaszország, Csehország) kiemelten támogatja a földgáz, mint üzemanyag használatát (Transport & Environment, 2018).

Magyarországon az „Az alternatív üzemanyagok infrastruktúrájának kiépítéséről szóló irányelv által meghatározott nemzeti szakpolitikai keret” című program foglalja össze azon tevékenységeket, melyek összhangban állnak a Párizsi Klíma-Egyezményvel a közlekedésből származó kibocsátások csökkentésének tekintetében. Az alábbiakban bemutatjuk az egyes hazai jogi és politikai intézkedéseket, melyek a karbon-semleges közlekedés elérésének célját szolgálják.

a) Jogi intézkedések

- a. 2010. évi CXVII. törvény a megújuló energia közlekedési célú felhasználásának előmozdításáról és a közlekedésben felhasznált energia üvegházhatású gázkibocsátásának csökkentéséről.
- b. 343/2010. (XII. 28.) Korm. rendelet a fenntartható bioüzemanyag-termelés követelményeiről és igazolásáról.
- c. Az 5/1990. (IV. 12.) KÖHÉM rendeletet módosító 39/2015 (VI. 30.) és 40/2015. (VI. 30.) NFM rendeletek 2015. július 1-vel lehetővé tették, hogy a környezetkímélő járművek esetében zöld alapszínű rendszámot igényelhessen annak üzemeltetője. A zöld rendszámokkal kapcsolatos további intézkedéseket a 467/2015. (XII. 29.) Korm. rendelet tartalmaz.
- d. A 76/2015. (XII. 29.) NFM rendelet 2016. január 1-i hatállyal módosította a villamos energia egyetemes szolgáltatás árképzéséről szóló 4/2011. (I. 31.) NFM rendeletet annak érdekében, hogy az elektromos járművek töltésére szolgáló lakossági berendezések különböző zónaidős tarifával is üzemeltethetők legyenek.
- e. 122/2015. (V. 26.) Korm. rendelet az energiahatékonyságról szóló törvény végrehajtásáról

- f. A 369/2015. (XII. 2.) Korm. rendelet 2015. december 3-i hatállyal a Jedlik Ányos Terv keretében létesítendő, az elektromos járművek használatához szükséges alapvető töltő infrastruktúra telepítésével összefüggő közigazgatási hatósági ügyeket kiemelt jelentőségű üggyé nyilvánította.
- g. Az adózás rendjéről szóló 2003. évi XCII. törvény és egyes adótörvények módosításáról szóló 2015. évi CLXXXVII. törvény módosítva lett. 2016. január 1-jétől a környezetkímélő gépkocsik után nem kell fizetni visszterhes vagyonátruházási illetéket, gépjármű- és cégautóadót, és regisztrációs adót.
- h. 2/2016. (I. 5.) NGM rendelet a nyomástartó berendezések, a töltő berendezések, a kisteljesítményű sűrített gáztöltő berendezések műszaki-biztonsági hatósági felügyeletéről és az autógáz tartályok időszakos ellenőrzéséről. A rendelet hatálya kiterjed a nyomástartó berendezések, rendszerek és létesítmények műszaki-biztonsági hatósági felügyeletéről szóló 213/2019. (VIII. 27.) Korm. rendelet szerinti nyomástartó berendezések, rendszerek és létesítmények, a töltő berendezések, valamint a kisteljesítményű sűrített gáztöltő berendezések műszaki biztonságára. Így az LNG-töltőállomás (LNG-vel való ellátásra szolgáló, helyhez kötött vagy mobil állomásból, tengeri állomásból vagy egyéb rendszerekből álló töltőlétesítmény) kialakítására és műszaki biztonsági hatósági felügyeletére.
- i. 10/2016. (II. 9.) Korm. rendelet - az országos településrendezési és építési követelményekről szóló 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet, valamint a levegő védelméről szóló 306/2010. (XII. 23.) Korm. rendelet módosításáról - biztosítja, hogy az elektromos mobilitás elterjedését segítő szempontok figyelembevétele kötelező legyen.
- j. Az energiahatékonyságról szóló 2015. évi LVII. törvény 13. § (1) bekezdés b)-g) pontja szerinti szakpolitikai intézkedéssel megvalósuló energiamegtakarítás megállapításakor alkalmazandók:
- a) Energiamegtakarítás csak akkor írható jóvá, ha az meghaladja az alábbi szinteket:
 - aa) a könnyű haszongépjárművek szén-dioxid-kibocsátásának csökkentésére irányuló közösségi integrált megközelítés keretében az új személygépkocsikra vonatkozó kibocsátási követelmények meghatározásáról szóló, 2009. április 23-i 443/2009/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet, illetve az új könnyű haszongépjárművekre vonatkozó kibocsátási követelményeknek a könnyű haszongépjárművek CO₂-kibocsátásának csökkentésére irányuló uniós integrált megközelítés keretében történő

meghatározásáról szóló, 2011. május 11-i 510/2011/EU európai parlamenti és tanácsi rendelet végrehajtását követő uniós kibocsátási követelmények az új személygépkocsik és az új könnyű haszongépjárművek számára;

b) Politikai intézkedések

- a. Vásárlási támogatások: közvetlen ártámogatás a tisztán elektromos személygépjárművek vásárlására a vételár 21%-ig (legfeljebb 1,5 millió Ft/jármű).
- b. Regisztrációs adókedvezmények: az elektromos gépjárművek mentesülnek a regisztrációs adó fizetése alól.
- c. Tulajdonosi adókedvezmények: az elektromos gépjárművek mentesek az éves gépjárműadó fizetése alól.
- d. Cégauto adókedvezmények: az elektromos gépjárművek mentesülnek a cégauto adó fizetése alól, valamint különböző zónaidős tarifák igénybevételére van lehetőség.
- e. Helyi kezdeményezések: díjmentes parkolás elektromos gépkocsi töltésének idejére, díjmentes parkolás egyes városokban (pl.: Budapest, Debrecen, Hódmezővásárhely, stb.), szmog riadó esetén közlekedési kedvezmény; önkormányzatok elektromos töltőállomástelepítésének támogatása.
- f. Alternatív üzemanyagok elterjesztését támogató állami beruházási programok:
 - i. *PAN-LNG 4 Danube projekt*: A dunai LNG üzemanyagtöltés megvalósítása hajók számára Csepel Szabadkikötőnél. A töltőpont utat nyit az LNG alapú hajózás előtt és megteremti a későbbi vasúti alkalmazás számára is. A projekt 85%-os támogatási intenzitással valósul meg, melyet a CEF támogat.
 - ii. *Jedlik Ányos Terv – Elektromos töltőállomás alprogram helyi önkormányzatok részére*: Közcélú, diszkrimináció-mentesen és bármikor elérhető elektromos töltőállomások telepítésének támogatása a közlekedésből származó üvegházhatású gázok emissziójának csökkentése és az ország környezetkímélő gépkocsikkal történő átjárhatóságának megteremtése céljából. Ezek megvalósítására a GZR-T-Ö-2016 kódszámú pályázati felhívás keretein belül lehet jelentkezni. Itt a támogatás intenzitása 100%-os, tehát a töltőállomás kivitelezéséhez nincs szükség önrészre a pályázó részéről.
 - iii. *Jedlik Ányos Terv – közvetlen ártámogatás elektromos személygépjárművek vásárlására*: Közvetlen ártámogatás tisztán elektromos meghajtású gépjárművek vásárlásához (kb. 48,3 ezer EUR ár alatti járművek esetén). Hazánkban jelenleg maximum 1,5 millió Ft-os támogatás igényelhető az

újonnan megvásárolt, tisztán elektromos autók vásárlásához, melyek vételára nem haladja meg a bruttó 20 millió Ft-ot.

g. Beruházási programok (magán)

- i. *PAN-LNG projekt*: LNG töltőinfrastruktúra magyarországi kiépülésének előkészítése, az első töltőpontok fizikai megvalósítása és azok ellátásának megszervezése
- ii. *Clean Fuel Box projekt*: CNG töltőinfrastruktúra magyarországi kiépítésének előmozdítása a TEN-T folyosók mentén 39 innovatív Clean Fuel Box elhelyezésével, valamint a technológia hazai gyártására, nemzetközi értékesítésére szolgáló kapacitás kialakítása.
- iii. *LNG autóbusz fejlesztés*: LNG-üzemű Ikarus autóbusz fejlesztése. A projektet sajnos idő előtt leállították, mivel az nem érte el kívánt eredményeket.

3.1 Helyzetkép az alternatív üzemanyagok szerepéről hazánkban

Annak érdekében, hogy Magyarország teljesíteni tudja a 2014-ben elfogadott *2014/94/EU irányelvet az alternatív üzemanyagok infrastruktúrájának kiépítéséről*, szükség van az alternatív üzemanyagok elterjedésének segítésére, bevezetésére; nem csak a közúti, de vasúti és vízi közlekedés tekintetében is. A IV.1 fejezetben ismertetett jogszabály értelmében minden tagállamnak 2016 végéig kötelező volt elkészítenie egy nemzeti szakpolitikai keretet, melyben értékelni kellett a közlekedésben az alternatív üzemanyagok helyzetét és jövőbeli fejlődését, és meg kellett fogalmazni a konkrét célkitűzéseket, valamint a szükséges intézkedéseket is. Mindezen kereteknek összhangban kellett állniuk az Unió hatályos környezet- és éghajlatvédelmi jogszabályaival. A nemzeti szakpolitikában kidolgozandó koncepcióknak figyelembe kellett venniük a 2009/28/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv 3. cikk (4) bekezdésében meghatározott tagállami kötelezettséget is, mely előírja, hogy 2020-ra a közlekedési ágazatban 10%-os megújuló energiából előállított energiafogyasztást kell elérni. Ugyanakkor az EU 2015/1513 irányelve alapján a gabonafélékből és egyéb, keményítőben gazdag növényekből, cukor-, illetve olajnövényekből, valamint az energiakinyerés céljából mezőgazdasági területen fő terményként termesztett növényekből előállított bioüzemanyagok által képviselt energia-résarány nem haladhatja meg a végső energiafogyasztás 7%-át. Tehát a maradék 3% teljesítéséhez szükséges a megújuló alapú villamos energia, hidrogén, vagy LNG/CNG üzemanyagok támogatása és infrastruktúrájuk fejlesztése. Ennek értelmében Magyarországon 2020. december 31-ig gondoskodni kell megfelelő mennyiségű villamos energia töltőállomás kiépítéséről szerte az ország területén, kiemelten a sűrűbben lakott területeken. A CNG-töltőállomások telepítésére 2020. vége, a hidrogén- és a földgáz-töltőállomások telepítése esetén 2025. vége, míg a cseppfolyós LNG földgáz-töltőállomásokra a kikötőkben 2030. a véghatáridő (Link 55).

Az alábbi táblázat összefoglalóan mutatja be azokat a politikai intézkedéseket, valamint stratégiákat, amelyek a közlekedés zöldítéséhez szükséges keretrendszer megteremtésében tudnak iránymutatást és segítséget adni.

4. Táblázat Környezetbarát közlekedés megteremtését célzó intézkedések

Politikák, stratégiák és intézkedések a környezetbarát(abb) európai közösségi közlekedés fejlesztéshez szükséges keretrendszer megteremtéséhez	
Politikák, stratégiák és intézkedések, amelyek az európai városi mobilitással és a környezetbarát közlekedés gazdaságával kapcsolatos elképzelést tükrözik	Az új levegőminőségről szóló irányelv (2008/50/EK)
„Útiterv az egységes európai közlekedési térség megvalósításához – Úton egy versenyképes és erőforráshatékony közlekedési rendszer felé” közlekedésről szóló fehér könyv (COM(2011) 0144)	A nehéz tehergépjárművek kibocsátásai (Euro 6) tekintetében a gépjárművek és motorok típusjövahagyásáról szóló 595/2009 rendelet
„A városi mobilitás új kultúrája felé” című zöld könyv COM(2007) 551	Az energiabiztonság kezelését célzó politikák, stratégiák és intézkedések
A városi mobilitás cselekvési terve (COM (2009) 490)	A versenyképes, fenntartható és biztonságos energiaellátás és felhasználás stratégiája (COM(2010) 639)
Városi mobilitási csomag (2013)	„Egy biztonságos, fenntartható és versenyképes európai energiahálózat felé” című zöld könyv (COM (2008) 782)
Az alacsony szén-dioxid-kibocsátású, versenyképes gazdaság 2050-ig történő megvalósításának ütemterve, (COM (2011)112 végső változat)	Energiatakarékossági cselekvési terv: a lehetőségek kihasználása (COM(2006) 545)
Az Európai Parlament és a Tanács 2009/33/EK	A megújuló energiaforrások felhasználásával előállított energia felhasználásának előmozdításáról szóló irányelv (2018/2001/EK), módosítva, és azt követően

irányelve (2009. április 23.) a tiszta és energiahatékony közúti járművek használatának előmozdításáról	hatályon kívül helyezve a 2001/77/EK és 2003/30/EK irányelveket)
Az üvegházhatású gázkibocsátás csökkentését és a levegőminőség javítását célzó politikák, stratégiák és intézkedések	Megújulóenergia-útiterv. Megújuló energiák a XXI. században: egy fenntarthatóbb jövő építése” (COM(2006) 848)
„Útiterv az egységes európai közlekedési térség megvalósításához – Úton egy versenyképes és erőforráshatékony közlekedési rendszer felé” közlekedésről szóló fehér könyv (COM(2011) 0144)	A városi területek zajterhelésével kapcsolatos politikák és stratégiák
A környezeti levegő minőségéről szóló irányelvek (96/62/EK keretirányelv, az 1999/30/EK, 2000/69/ EK, 2002/3/EK és 2004/107/EK négy ún. származékos irányelv és a tanács 97/101/EK számú döntése).	A gépjárművek megengedett zajszintjére és kipufogórendszerére vonatkozó tagállami jogszabályok közelítéséről szóló 70/157/EGK irányelv (tovább módosítva a 2007/34/EK irányelvet)
A nemzeti károsanyag-kibocsátási határértékek irányelve (NECD) (2001/81/EK irányelv)	97/24/EK tanácsi irányelv, 194
A 2005-ös légszennyezésről szóló tematikus stratégia (COM(2005) 446)	A Bizottság a jövő zajvédelmi politikájáról szóló zöld könyve (COM(96)540)
Az EU légszennyezést a forrás helyén csökkentő szakpolitikai kerete	2001/43/EK irányelv és a Környezeti zaj irányelv (2002/49/EK)

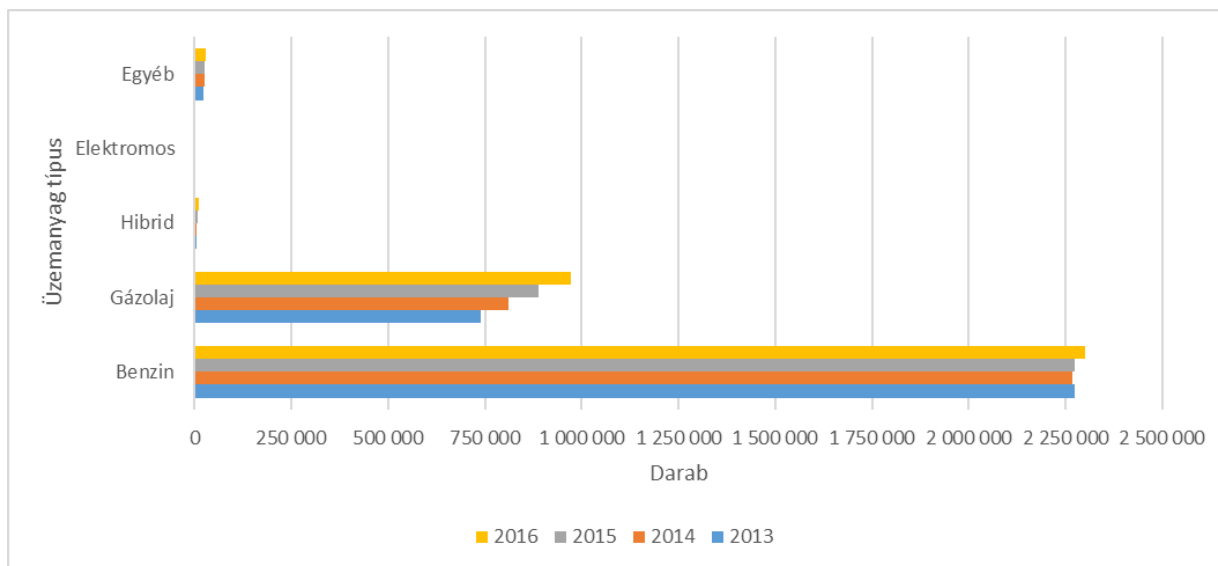
Forrás: Link 56

Helyzetkép az alternatív hajtások hazai alkalmazásáról

Tekintettel arra, hogy a gépjárművek üzemanyag szerinti bontására vonatkozó statisztikai adat rendkívül korlátozott, és a KSH is csak 2016-ig közöl adatokat, így a továbbiakban az adatok feldolgozásánál a KSH metaadataiból dolgozunk. A táblázatok az első alkalommal forgalomba helyezett járművek számát hasonlítják össze az egyes üzemanyagok típusa szerint. Tehát a használt járművekre a statisztika nem tér ki, így számuk nem reprezentált.

Magyarországon az első alkalommal forgalomba helyezett személygépkocsik száma 2014 óta növekvő tendenciát mutat, csaknem évi átlagos 18%-os emelkedéssel. A dízelgázolaj járművek tekintetében ez a trend 2013-ig tartott, onnantól kezdve fokozatos csökkenés figyelhető meg a dízelgázolaj és

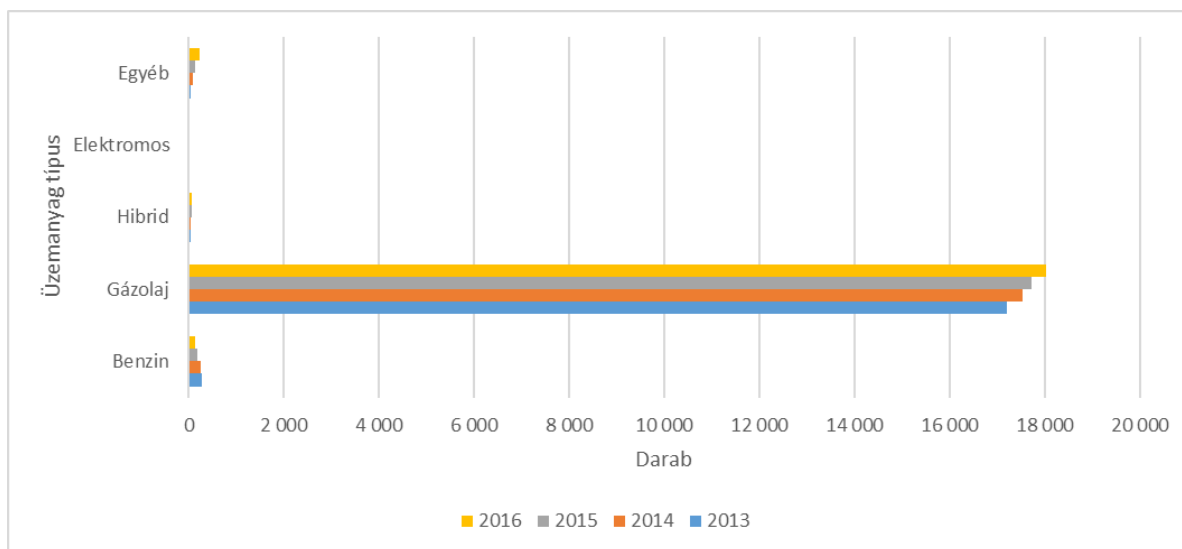
motorbenzin üzemű személy gépjárművek arányában. 2013 óta a környezetkímélő (Egyéb kategória) járművek aránya 2,3 százalékponttal emelkedett (KSH, 2017).



Forrás: KSH alapján saját szerkesztés

32. ábra Hazai személygépkocsi állomány megoszlása üzemanyag szerint 2013-2016 között

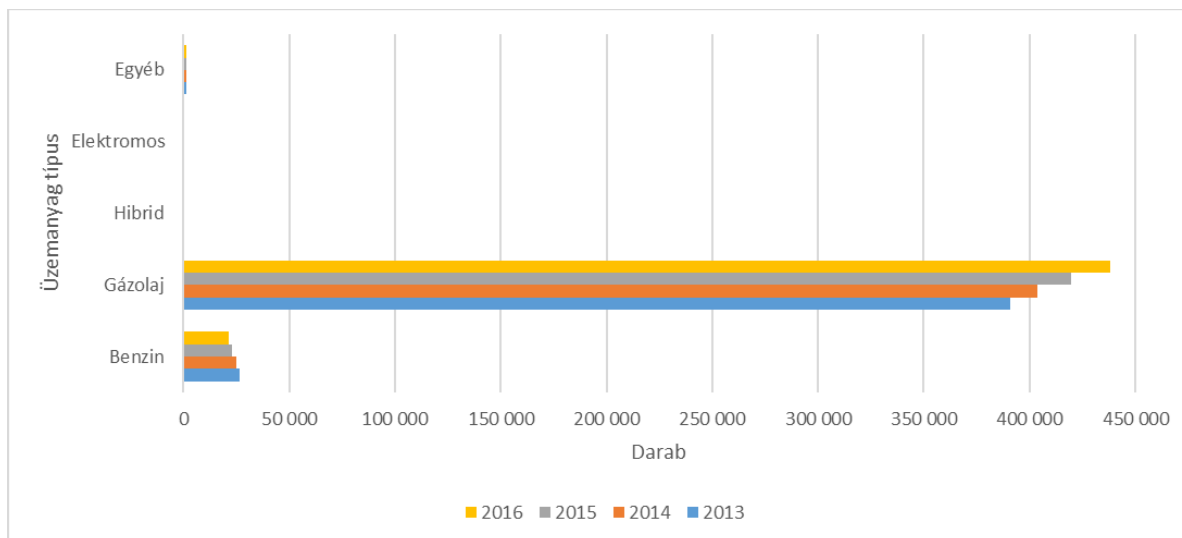
A hazai autóbusz állomány üzemanyag szerinti megoszlásából (33. ábra) jól látszik, hogy a buszok döntő többsége (98%) dízelgázolaj üzemű. A motorbenzinesek száma a vizsgált időtartam alatt jelentős mértékben csökkent. Ezzel szemben azonban az alternatív hajtásúak száma 2 db-ról 105-re növekedett 2016-ra.



Forrás: KSH alapján saját szerkesztés

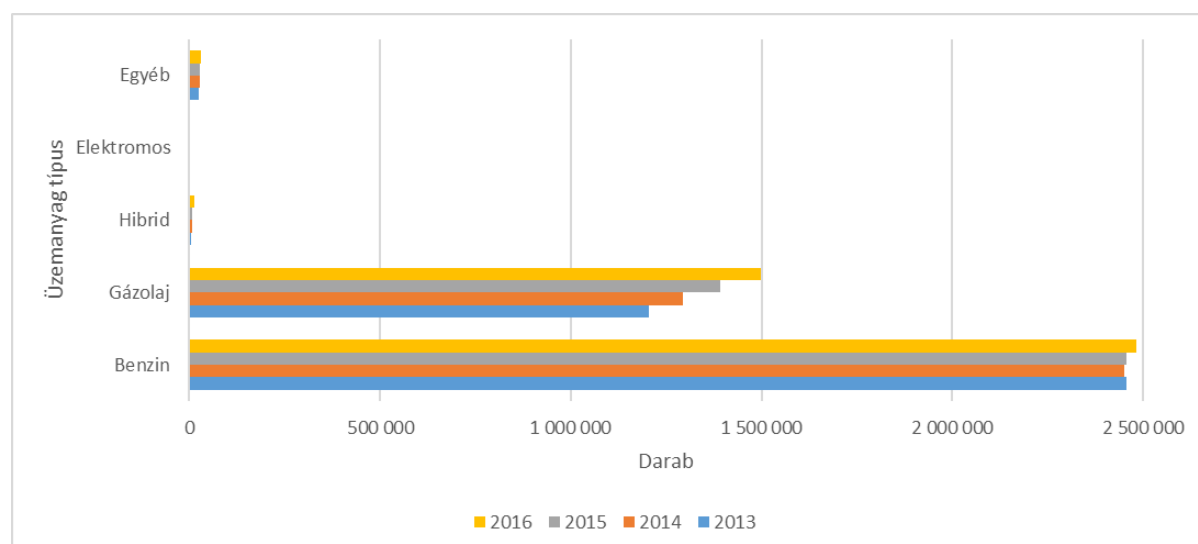
33. ábra Hazai autóbusz állomány megoszlása üzemanyag szerint 2013-2016 között

A tehergépkocsik esetében hasonló a helyzet, mint az autóbuszoknál, hiszen a dízelgázolaj meghajtás dominál, mely évről évre bővült. Ezzel párhuzamosan a motorbenzines tehergépkocsik aránya folyamatosan csökkent. Az egyéb kategóriában nem történt az említett időszak alatt jelentős változás.



Forrás: KSH alapján saját szerkesztés

34. ábra Hazai tehergépkocsi állomány megoszlása üzemanyag szerint 2013-2016 között



Forrás: KSH alapján saját szerkesztés

35. ábra Hazai összgépjármű állomány megoszlása üzemanyag szerint 2013-2016 között

A fenti ábrákból jól látható, hogy a közúti közlekedésben az alternatív üzemanyagok elterjedése kifejezetten lassú ütemben zajlik. Az „Egyéb” kategóriában találhatóak a bioüzemanyagok és földgáz (CNG⁸) hajtású járművek is. Látható az is, hogy a motorbenzin az elmúlt években csökkenő tendenciát mutat, míg a dízelgázolaj járművek száma emelkedik.

⁸ Az adat, regisztrált LNG hajtású jármű hiányában csak a CNG gépjárművekre vonatkozik

Valamivel pontosabb képet ad *Az alternatív üzemanyagok infrastruktúrájának kiépítéséről szóló irányelv által meghatározott nemzeti szakpolitikai keret* című program megvalósításához készített kormányzati adatösszesítő. Bár az abban foglalt adatok is csak a 2015. évi üzemanyagmegoszlást tükrözik, de az adatsor már külön kitér az alternatív hajtásmódokra. A 5. Táblázat tartalmazza az alternatív üzemanyagokkal hajtott gépjárművek számát.

5. Táblázat Alternatív üzemanyaggal hajtott járművek száma 2015-ben⁹

ALTERNATÍV ÜZEMANYAGGAL HAJTOTT GÉPJÁRMŰVEK	GÉPJÁRMŰVEK SZÁMA
	2015
Elektromos személygépjárművek	332 (FEV) ¹ + 8 388 (HEV) ²
Elektromos kis tehergépjárművek	40 (FEV) + 8 (HEV)
Elektromos nehéz tehergépjárművek	0
Elektromos buszok	23 (FEV) + 67 (HEV)
Elektromos motorkerékpárok	77 (FEV) + 2 (HEV)
CNG ³ személygépjárművek	1 742
CNG kis tehergépjárművek <3,5t	429
CNG nehéz tehergépjárművek >3,5t	81
CNG buszok	133
LNG ⁴ kis tehergépjárművek	0
LNG nehéz tehergépjárművek	0
LNG buszok	0
Hidrogénhajtású személygépjárművek	0
Hidrogénhajtású kis tehergépjárművek	0
Hidrogénhajtású nehéz tehergépjárművek	0
Hidrogénhajtású buszok	0
LPG ⁵ személygépjárművek	24 037
LPG kis tehergépjárművek	826
LPG nehéz tehergépjárművek	6
LPG buszok	3
Bioüzemanyaggal hajtott személygépjárművek	461
Bioüzemanyaggal hajtott kis tehergépjárművek	13
Bioüzemanyaggal hajtott nehéz tehergépjárművek	5
Bioüzemanyaggal hajtott buszok	0
Szintetikus és paraffinos üzemanyagokkal hajtott személygépjárművek	-
Szintetikus és paraffinos üzemanyagokkal hajtott kis tehergépjárművek	-
Szintetikus és paraffinos üzemanyagokkal hajtott nehéz tehergépjárművek	-
Szintetikus és paraffinos üzemanyagokkal hajtott buszok	-

Forrás: Link 57

A táblázatból látható, hogy elsősorban az elektromos, LPG és CNG hajtású járművek száma érdemes említésre. Fontos megjegyezni, hogy ezt 2019. november 30-ig elvileg felülvizsgálták, így a közeljövőben újabb célértékek publikálása várható 2020,2025- és 2030-ra.

⁹ 1 FEV = Full Electric Vehicle (tisztán elektromos hajtású gépjármű) 2 HEV = Hibrid Electric Vehicle (hibrid elektromos hajtású gépjármű) 3 CNG = Compressed Natural Gas, (sűrített földgáz) 4 LNG = Liquefied Natural Gas (cseppfolyós földgáz) 5 LPG = Liquefied Petroleum Gas (cseppfolyósított propán-butángáz)

Ugyanezen keretprogramhoz illeszkedően Magyarország 2030-ig történő alternatív üzemanyag elterjedésére vonatkozó elképzeléseket mutatja az alábbi ábra.

6. Táblázat Alternatív üzemanyaggal hajtott gépjárművek számának előrejelzései

Alternatív üzemanyaggal hajtott gépjárművek	Alacsony elterjedési forgatókönyv			Reális elterjedési forgatókönyv			Magas elterjedési forgatókönyv		
	2020	2025	2030	2020	2025	2030	2020	2025	2030
Elektromos személygépjárművek	12 000	38 400	59 600	21 000	81 600	181 900	53 778	205 699	450 099
Elektromos kis tehergépjárművek	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Elektromos nehéz tehergépjárművek	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Elektromos buszok	150	-	-	200	-	-	300	-	-
Elektromos motorkerékpárok	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CNG személygépjárművek	17 000	37 500	122 000	34 000	187 000	284 000	68 500	262 000	405 000
CNG kis tehergépjárművek	1 800	4 100	13 000	3 600	20 500	30 000	7 300	29 000	64 500
CNG nehéz tehergépjárművek	450	1 250	3 200	1 650	4 750	10 100	2 950	9 600	20 100
CNG buszok	500	700	1 000	750	1 500	2 700	1 500	2 800	4 100
LNG kis tehergépjárművek	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LNG nehéz tehergépjárművek	350	800	2 300	2 500	6 000	13 500	3 500	8 000	18 000
LNG buszok	0	150	350	50	300	700	150	1 100	2 000
Hidrogénhajtású személygépjárművek	0	15	30	15	30	80	25	60	120
Hidrogénhajtású kis tehergépjárművek	0	0	0	10	25	40	15	35	60
Hidrogénhajtású nehéz tehergépjárművek	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidrogénhajtású buszok	5	10	20	10	20	30	15	35	50
LPG személygépjárművek	22 000	16 250	10 500	22 000	35 000	45 000	22 000	46 000	70 000

Forrás: Link 57

A 2015-ben készült elterjedési scenáriók igen optimista elterjedéssel számoltak, hiszen az alacsony forgatókönyv esetén is mintegy 350 darab üzembehelyezett LNG tehergépjármű számot prognosztizál 2020-ra. 2019-ben, jelen dokumentum írásakor a valóság az, hogy LNG tehergépjárművet Magyarországon még nem állítottak forgalomba.

Az alternatív üzemanyagok elterjedésére vonatkozó jogszabályokat a korábbi fejezetekben részletesen ismertettük. Azonban itt kiegészítésként hívnánk fel a figyelmet a hazai busz stratégiára, melynek kiemelt célja a hazai buszgyártás megerősítése, illetve az előregedett buszállomány cseréje jellemzően új, alternatív meghajtású járművekkel.

A busz stratégiára vonatkozó **határozattervezet** szerint 2020. és 2022. között az alacsony energiafogyasztású, továbbá alacsony szén-dioxid- és szennyezőanyag-kibocsátású Euro-VI-os kibocsátási normával rendelkező vagy alternatív – elektromos vagy sűrített földgáz – meghajtású autóbuszok beszerzését teszik csak lehetővé, 2022 után pedig már csak elektromos buszokat vásárolhatnak a volántársaságok.

Várakozásaink szerint az LPG gépkocsik tekintetében aránylag kismértékű növekedés várható, elektromos járművek esetében pedig csak kizárólag személygépkocsikkal, illetve buszokkal számolhatunk középtávon.

A fentiek alapján javasoljuk az elterjedési scenáriók felülvizsgálatát, és a 2019-es gépjárműállomány összetételének figyelembevételével az értékek újragondolását, kiigazítását.

Amennyiben a megfelelő ösztönzők- hasonlóan az elektromos járművekhez – az LNG tehergépjárművek esetén is megjelenének, úgy a közúti fuvarozás ágazatban- figyelembevéve a gépjárműállomány átlagos életkorát (11 év, KSH, 2018.) az LNG átállás, ezáltal használat ugrásszerű növekedésnek indulhat már középtávon is.

VI.4 AZ LNG ÜHG ÉS KÁROSANYAG KIBOCSÁTÁSÁRA VONATKOZÓ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Az előzőekben ismertettük a közlekedés okozta légszennyezés hatásait a levegő minőségére, valamint annak epidemiológiai következményeit. A légszennyezés gyors és hatékony javítása érdekében, és így a klímavédelem elősegítésére kínálkozó alternatív megoldások közül – figyelembe véve a IV.1 fejezetben bemutatott dízelgázolaj helyettesítésére alkalmas üzemanyagokat – az LNG/CNG üzemanyagok elterjesztése az egyetlen megoldás. Ez az állítás különösen igaz a vízi szállításra, legyen az tengeri vagy folyami szállítás.

Ennek érdekében megvizsgáltuk a témakörben fellelhető nemzetközi tudományos eredményeket, melyeket szintetizálva az alábbiakban mutatunk be.

4.1 Hajózás

A hajózásból származó szennyezőanyag kibocsátás a globális energiarendszereket tekintve egyre nagyobb szerepet kap. Ide tartoznak az üvegházhatású gázok (ÜHG) és a különböző légszennyező anyagok, például a nitrogén-oxidok (NOx), a kén-oxidok (SOx) és a PM. Ugyanakkor a nagy hajók szennyezőanyag kibocsátásának csökkentése terén viszonylag lassú előrelépés történt, a hajózásból származó kibocsátások különösen nagy kihívást jelentenek.

A hajózás a globális CO₂-kibocsátás 2,5–3,5%-át teszi ki (Öko institute, 2016; EEA, 2018). A Nemzetközi Tengerészeti Szervezet (IMO) által kidolgozott forgatókönyvek szerint, a hajózási ágazat üvegházhatást okozó gázkibocsátása 2050-ig 50–250% között fog növekedni (EEA, 2018). A hajók üvegházhatást

okozó gázkibocsátásának növekedésének fő okai a nemzetközi kereskedelmet támogató hajózás iránti növekvő igények, valamint az alacsony széntartalmú üzemanyagokra való átállás kihívásai.

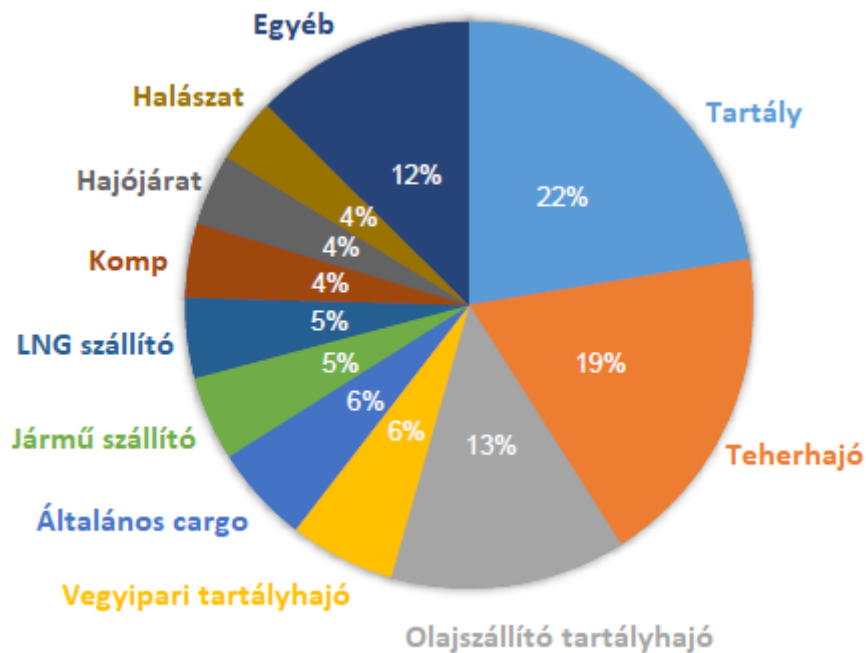
A lenti táblázat további információkat tartalmaz a globális hajózási ágazat 2007 és 2015 közötti kibocsátásairól (Transport & Environment, 2018).

7. táblázat: A hajózási ágazat éves ÜHG- és légszennyezőanyag-kibocsátása

	Emissziós forrás	3. IMO jelentés (millió tonna)						ICCT jelentés (millió tonna)		
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ÜHG	Nemzetközi szállítás	881	916	858	773	853	805	801	813	812
	Belföldi szállítás	133	139	75	83	110	87	73	78	78
	Halászat	86	80	44	58	58	51	36	39	42
NOx	Nemzetközi szállítás	19.93	20.64	19.07	16.71	18.00	17.00	-	-	-
	Belföldi szállítás	1.50	1.79	1.00	1.00	1.36	1.21	-	-	-
	Halászat	1.29	1.21	0.64	1.07	0.86	0.79	-	-	-
SOx	Nemzetközi szállítás	10.75	11.08	11.14	9.87	10.85	9.74	-	-	-
	Belföldi szállítás	0.32	0.29	0.23	0.26	0.32	0.26	-	-	-
	Halászat	0.52	0.52	0.26	0.45	0.45	0.26	-	-	-
PM	Nemzetközi szállítás	1.50	1.54	1.50	1.33	1.44	1.32	-	-	-
	Belföldi szállítás	0.05	0.06	0.04	0.04	0.06	0.04	-	-	-
	Halászat	0.08	0.07	0.04	0.06	0.06	0.04	-	-	-
CO	Nemzetközi szállítás	0.83	0.87	0.82	0.76	0.84	0.81	-	-	-
	Belföldi szállítás	0.10	0.11	0.05	0.08	0.08	0.08	-	-	-
	Halászat	0.07	0.07	0.05	0.06	0.05	0.05	-	-	-
BC	Globális szállítás	0.12	-	-	0.12-0.283 [3]	-	-	-	-	0.067

Forrás: Transport & Environment, 2018

A lenti ábra a globális üvegházhatást okozó gázkibocsátást mutatja hajótípus szerinti bontásban.



Forrás: Öko institute, 2016

36. ábra: A globális hajózás üvegházhatást okozó gázkibocsátása 2015-ben. A teljes 932 millió tonna szén-dioxid-ekvivalens (CO₂e)

A konténerszállító hajók, ömlesztettáru-szállító hajók és olajszállító tartályhajók teszik ki a 2015-ös hajózási üvegházhatást okozó gázkibocsátás 54%-át. Jelenleg a hajózási fő tüzelőanyag a maradék üzemanyag vagy a nehéz fűtőolaj (HFO), amely a 2015-ben felhasznált üzemanyag 72%-át tette ki (Öko institute, 2016). **A földgáz alternatív közlekedési üzemanyagként javasolt a hajózási ágazat kibocsátásainak csökkentésére.**

Azonban közlekedési szakértők és szakmai szervezetek között nézeteltérés van abban, hogy a földgáz képes-e jelentősen javítani a jelenlegi közlekedési rendszerből származó kibocsátásokat.

4.1./1 Verbeek et al (2011) tanulmánya

Verbeek et al. (2011) által készített tanulmányban vizsgálták az egyes hajók ÜHG- és légszennyezőanyag-kibocsátását Hollandiában. Három hajótípust értékelték, nevezetesen egy rövid távú tengeri hajót, egy kikötői hajót és egy 110 × 11,5 m-es folyami hajót. Az üvegházhatást okozó gázok kibocsátását g/MJ mértékegységben mérték, mivel feltételezték, hogy a gázmotorok hatékonysága a dízelmotorok 1% -án belül marad. A teljes WTW elemzéshez figyelembe vették az LNG származási helyét is:

- LNG-import: LNG-t tartályhajó szállítja Katarból (utazási távolság: 10 000 km)
- Északi-tengertől: földgáz csővezetéken az Északi-tengertől (csővezeték hossza: 250 km)

- Oroszországból: földgáz csővezeték útján Oroszországból (csővezeték hossza: 7000 km)

8. Táblázat WTT es TTW ÜHG emisszió különböző helyről származó LNG felhasználásával, hajók esetében

ÜHG emisszió (g CO _{2e} /MJ _{fuel})				
	LNG			HFO
	Katarból	Északi-tengertől	Oroszországból	
WTT CO ₂	9	7,5	17,2	9,1
WTT CH ₄ +N ₂ O	1,7	1,4	5,9	0,7
TTW CO ₂	56,1	56,1	56,1	77,3
TTW CH ₄ +N ₂ O	13,4	13,4	13,4	0,4
Összesen	80,2	78,4	92,6	87,5

Forrás: Verbeek et al., 2011

A táblázatból kiolvasható, hogy az LNG használata összeségében kedvezőbb kibocsátási értékeket mutatott, mint a HFO alkalmazása, kivéve az Oroszországból származó földgáz esetén. Erre a magyarázat, hogy a földgáz szállításából eredő CO₂ kibocsátás a nagy távolság miatt kifejezetten magas, így összeségében nézve a WTW ÜHG emissziót, rosszabb eredményt mutat.

4.1./2 Laugen (2013) tanulmánya

Laugen egy 2013-as tanulmányában elemezte az LNG előnyeit a HFO-hoz képest a Ro-Pax kompokban való felhasználás esetén. Laugen feltételezte, hogy a földgáz kitermelése, feldolgozása és cseppfolyósítása Norvégiában történik, majd onnan hajóval szállítják a hollandiai Rotterdamba. A HFO esetében a nyersolajat kitermelik az Északi-tengeren, finomítják, majd tartályhajókkal szállítják Rotterdamba. Az LNG- és HFO-ellátási láncok részletes üvegházhatást okozó gázkibocsátását a 9. Táblázat foglalja össze. Laugen arra a következtetésre jutott, hogy a Norvégiából Hollandiába behozott LNG-vel működő Ro-Pax komp ÜHG emissziója 2,4%-kal alacsonyabb, mint a HFO-val hajtott kompé.

9. Táblázat Az LNG és a HFO üvegházhatású gázkibocsátásának összehasonlítása Laugen (2013) szerint

ÜHG emisszió (g CO _{2e} /MJ _{fuel})		
	LNG (Norvégia-Hollandia)	HFO
WTT CO ₂	16,68	19,99
WTT CH ₄	9,04	2,19
WTT N ₂ O	2,92	0,54
TTW CO ₂	53,31	71,08
TTW CH ₄	9,52	0
TTW N ₂ O	0,38	0,49
Összesen	92,04	94,29

Forrás: Laugen, 2013

4.1./3 Lowell et al (2013) tanulmánya

Lowell et al. (2013) a belföldi és az import LNG hatásait vizsgálta a nemzetközi vízi szállítás tekintetében. Elemzésükben nyolc LNG-szállítási és hajóüzemanyag-felhasználási módot vettek figyelembe, melyet a 10. Táblázat illusztrál. Az alaphelyzetben nem vették figyelembe a motorhatékonyság különbségeit, így arra a konklúzióra jutottak, hogy az LNG bizonyos esetekben akár 18% -kal alacsonyabb kibocsátást eredményez, míg átlagosan számítva az LNG használata 8% -os csökkenést jelent a hajók WTW üvegházhatású gázkibocsátását tekintve. Az összehasonlítás alapját a fentebb említett Verbeek et al. (2011) által készített tanulmányban szereplő HFO kibocsátási értékek adták.

10. Táblázat Az LNG-ellátási láncok üvegházhatású gázkibocsátásának összehasonlítása

ÜHG emisszió (g CO _{2e} /MJ _{fuel})								
	Import LNG			Belföldi LNG				
Kibocsátás	Import oldalon	Tárolással elosztva	Tárolás nélkül elosztva	Előállítás	Tárolással elosztva	Tárolás nélkül elosztva	Előállítás - új	Tárolás nélkül elosztva - új
WTT CO ₂	11,5	11,8	11,8	19,2	19,5	19,5	11	11,4
WTT CH ₄	1,6	6,1	2,7	9,5	13,8	10,6	9,5	10,6
TTW CO ₂	48,4	48,4	48,4	48,4	48,4	48,4	48,4	48,4
TTW CH ₄	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6
Összesen	72,1	76,9	73,5	87,7	92,3	89,1	79,5	81

Forrás: Lowell et al., 2013

4.1./4 Ricardo (2016) tanulmánya

1,8%-os metán emisszióval számolva az LNG TTW ÜHG kibocsátása a nehéz fűtőolajhoz (HFO) képest 19%-kal, míg a tengeri gázolajhoz képest (MGO) 12%-kal alacsonyabb. Azonban, ha a metán kibocsátás a duplájára emelkedik (3,5%), akkor az üvegházgázok emissziója mindössze 7%-kal lesz kedvezőbb HFO-val hasonlítva, míg MGO esetében a kibocsátás még 1 %-kal meg is nőhet (Ricardo, 2016).

4.1./5 Stenersen, Thonstad (2017) tanulmánya

A Sintef, Skandinávia legnagyobb független kutatószervezete, 2017-ben azonosította a metánkibocsátási tényezőket valós körülmények között, mely szerint az átlag 31 g/kg, vagyis 3,1%. Figyelembe véve az adott jármű motorteknikai jellemzőit ez a faktor 23,2 g/kg (2,3%) Lean Burn Spark (LBSI) gyújtású motorok esetén, míg az alacsony nyomású kettős üzemű (LPDF) motoroknál ugyanez 40,9 g/kg (4,1%) (Stenersen & Thonstad, 2017).

4.1./6 Baresic et al (2018) tanulmánya

Baresic et al. (2018) megvizsgálta az LNG, mint hajó üzemanyag, ÜHG kibocsátását 2010 és 2050 között. Munkájukban négy forgatókönyvet állítottak fel, nevezetesen az átlagos gázigényt, a magas gázigényt, az átmeneti, valamint korlátozott mennyiségű gáz elérhetőséget. A szerzők az elégetett tüzelőanyag 1,1 g CO_{2e} / MJ állandó metánkibocsátási tényezőjét feltételezték, amely az LPDF motorok átlag CH₄ emissziójának felel meg. A 11. Táblázat az LNG- és a HFO-ellátási láncok üvegházhatást okozó gázkibocsátását mutatja be, ezen feltételezésekre alapozva. A táblázat értékeit leolvasva látható, hogy az LNG-üzemű hajók 11%-os kibocsátás csökkenést eredményeznek a dízelgázolaj társaikkal szemben.

11. Táblázat Az LNG- és a HFO-ellátási láncok üvegházhatású gázkibocsátásának összehasonlítása

ÜHG emisszió (g CO _{2e} /MJ _{fuel})		
	LNG	HFO
WTT ÜHG emisszió	6,9	11,1
TTW ÜHG emisszió	74	79,9
Összesen	80,9	91

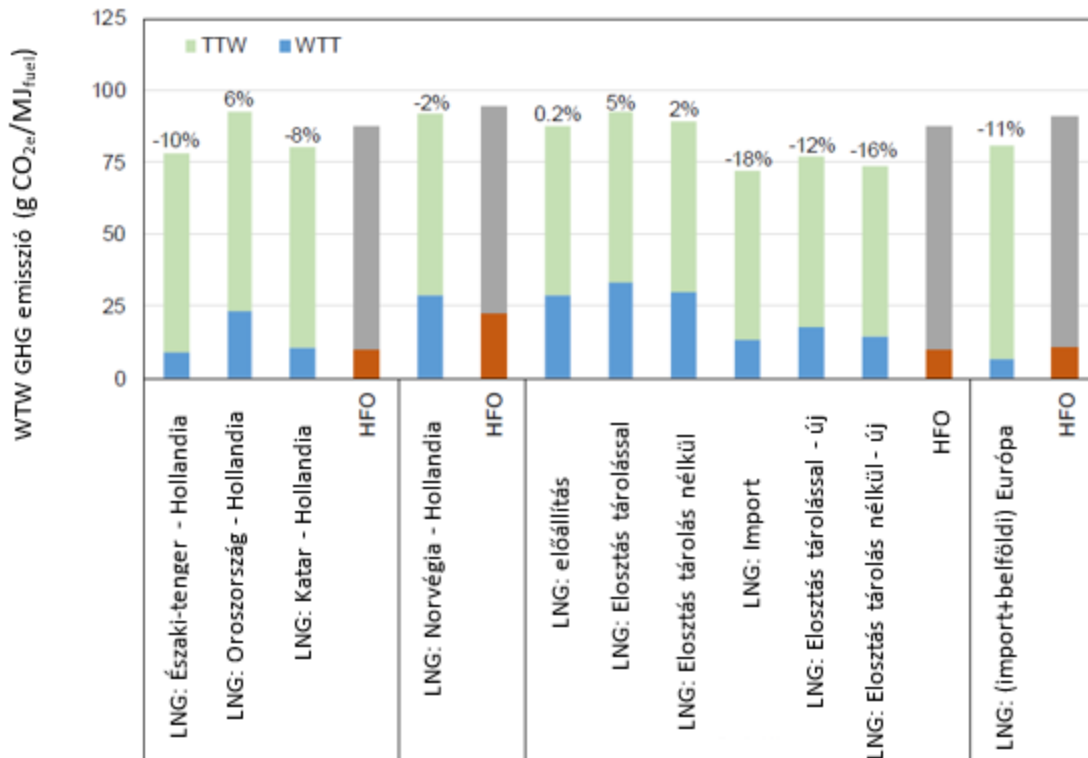
Forrás: Baresic et al., 2018

4.1./7 Sharafian et al (2019) tanulmánya

Sharafian et al. tanulmánya (2019) életciklus-analízist alkalmaz a háztartási és importált cseppfolyósított földgáz (LNG) és a nehéz fűtőolaj (heavy-fuel oil - HFO) kibocsátásának összehasonlítására a tengeri hajózás során. Az eredményei azt mutatják, hogy a nagynyomású, kettős üzemű (high-pressure dual-fuel - HPDF) motorok erősen csökkentik a well-to-wake üvegházhatású gázkibocsátást, méghozzá 10%-kal, összehasonlítva a HFO-üzemű társaikkal. Ez a motor-technológia csak az óceánjáró hajókban használt nagy, alacsony fordulatszámú motorokhoz (ocean-going vessels - OGV) érhető el. Kisebb hajók, például kompok esetében a közepes sebességű, alacsony nyomású, kettős üzemű (medium speed low-pressure dual-fuel - MS-LPDF) és a „lean burn” (lean burn spark ignition - LBSI) gázmotorok jelenlegi telepítése nem képes megbízhatóan csökkenteni az üvegházhatást okozó gázok kibocsátását. Ennek oka elsősorban az ezekből a motorokból származó magas metánszivárgás. A légszennyezés csökkentése érdekében, a gázmotorok hatékony eszköznek bizonyultak a nitrogén-oxidok, kén-oxidok és a részecskék csökkentésére a motor további utókezelése nélkül. A HPDF motoroknak azonban utókezelésre vagy kipufogógáz-visszavezetésre van szükségük, hogy megfeleljenek a Nemzetközi Tengerészeti Szervezet III. Szintű előírásainak. A kénre vonatkozó előírások, mint például a 2020. évi törvény, a kén világszerte 0,5%-ra korlátozzák. Ez azonban növeli a

legtöbb, OGV-k által használt HFO költségeit, javítva ezzel a földgázüzemanyag gazdasági szempontból releváns helyzetét.

A 37. ábra az LNG- és HFO-üzemű hajók WTW üvegházhatást okozó gázkibocsátását foglalja össze a fent említett tanulmányok összehasonlításával.



Forrás: Sharafian, 2019

37. ábra Az egyes tanulmányokban közölt WTW ÜHG kibocsátások összehasonlítása

A fenti ábra szemlélteti az LNG üzemanyag előnyeiről szóló tanulmányok következtetéseit. A kibocsátási értékeket nagyban befolyásolják a különböző motortechnológiák, azonban jelen esetben az elemzők az összehasonlíthatóság kedvéért egyféle motortípusra vetítették az értékeket a teljes hajóflotta vizsgálatokor. Így ezen eredmények iránymutatásként szolgálhatnak, azonban nem adnak pontos képet a kibocsátási adatokról.

4.1./8 Az LNG hajózásban történő alkalmazásának kibocsátási értékeire vonatkozó konklúziók

Számos EU-s szakértő, valamint az EU közlekedésért felelős döntéshozói egyetértenek abban, hogy az LNG, mint üzemanyag hosszú távon nem jelent egyértelmű megoldást környezetvédelmi szempontból, azonban középtávon az egyetlen hajtóanyag, ami az EU 2030-ig szóló időszakának kibocsátás csökkenésre meghatározott céljaihoz hathatósan hozzá tud járulni, illetve megfelelni az egyes kibocsátási szabályozásoknak rövid- és középtávon.

A hajózás esetén, legyen az folyami vagy tengeri, minden esetben figyelembe kell venni a motortechnológiát a környezeti hatások - elsősorban a ÜHG emisszió - értékelésekor más emissziók holisztikus megközelítésével együtt. Ebből eredően a különböző tanulmányokban bemutatott mérési eredmények – az LNG eredete, a mérési helyszín és a motorok különbözősége okán – nem összehasonlíthatók.

A különböző szakirodalmak eltérő eredményeket mutatnak be az üvegházhatást okozó gázkibocsátásra vonatkozóan, azonban mi a Baresic et al., 2018 tanulmányban foglalt értékeket vesszük alapul további számításainkhoz. Véleményünk szerint a szerzők által felállított 4 különböző scenárió mentén elvégzett számítások jó közelítést adnak az egyébként nem egzakt mérési eredmények tekintetében. Ebből eredően a továbbiakban a hajóközlekedésben üzemanyagként hasznosított LNG-re vonatkozó, 80,9 g CO₂e/MJ értékkel számolunk, amely 10%-os ÜHG-megtakarításnak felel meg, a HFO-hoz képest.

Ugyanakkor, az sem elhanyagolható, hogy az IMO által kiadott, 2020. január 1-jétől életbelépő IMO 2020 Sulphur szabályozás értelmében az üzemanyagok kéntartalmát az eddig megengedett 3,5%-ról 0,5%-ra kell csökkenteni. Ennek a szabályozásnak az LNG teljeskörűen elegend tud tenni.

Az mindenestre leszögezhető, hogy az eredmények általánosságban azt mutatják, hogy az LNG, a HFO és az MGO alternatívájaként csökkentheti a hajózásból származó NO_x, SO_x és PM kibocsátásokat.

4.2 Az LNG dunai hajózásban történő elterjedésének környezeti és környezetgazdasági hatása

Az LNG üzemanyagként való alkalmazására való átállás környezetre gyakorolt hatásainak elemzésével sokan, sokféle célból foglalkoztak már. Ilyen szakirodalom például az EU-s tengerhajózás vonatkozásában a Baresic et al., (2018) vagy a német belvízi hajózást illetően a Wurster et al., (2014) vagy éppen a holland specifikumokat figyelembe vevő Verbeek et al., (2011 és 2018) publikációja. Átfogóbb, több ország elemzését is tartalmazó anyag az (LNG MP D1.4.1, 2014), mely a végén azonban igen leegyszerűsíti a hatásvizsgálatot.

A hatásvizsgálatok elemzéseinek az alapja azonban végső soron mindig a felhasznált üzemanyag mennyiségének és az adott üzemanyag-típusra vonatkozó emissziós faktornak a szorzata. Ez utóbbira vonatkozóan a nemzetközi szakanyagok érthető okokból nagyjából egyeznek, a nagyobb gond mindig a pontos üzemanyag/energiafogyasztás meghatározása. Még ha vannak is minden országra/területre fogyasztási adatok, azok általában nem azonos alapon szerzett statisztikákból származnak, így egyidejű alkalmazásuk problémás. Ez mindig oda vezet, hogy kénytelenek vagyunk bizonyos, kisebb

vagy nagyobb közelítésekkel dolgozni, melyek könnyebbé teszik a számításokat, de egyben kevésbé megbízhatóvá az eredményeket. Éppen ezért mindig fontos meghatározni, hogy az adott számítás milyen metodológia szerint készült, ebből lehet következtetni a pontosságra és válik lehetővé egyes számítási eredmények összehasonlíthatósága is. Az adott metodológia kiválasztásánál fontos figyelembe venni a számítás célját is. A közvetlen fogyasztási adatok hiánya esetén alapvetően a szállított mennyiség és szállítási távolság ismeretében lehet energiafogyasztást meghatározni, minél több járulékos információ – mint pl. terhelési arány, üres utak száma, hegymenet-völgymenet, stb. – áll rendelkezésre, annál pontosabb fajlagos értékeket lehet figyelembe venni. Ez a megközelítés már mindenképpen tartalmaz magában becsléseket és átlagolást, mely az eredményeket pontatlanabbá teszi. Ugyanakkor elmondható, hogy az így kapott eredmények még számos célra kielégítő információt, a változások kellő indikációját hordozzák magukban.

Jelen tanulmányban a hatásvizsgálat célja, hogy a dunai régióban üzemelő hajók LNG üzemanyagra való bizonyos fokú átállása milyen környezetre gyakorolt hatást jelent, különös tekintettel az üvegházhatást okozó gázok és légszennyezőanyagok tekintetében. Éppen ezért a vizsgálat során Ausztriától lefelé eső országokat vesszük figyelembe. A számítás elvégzéséhez a következő fejezetben részletezett metodológiát alkalmaztuk.

4.2./1 A környezeti hatás számításának módszertana és eredményei

Jelen tanulmány számára részletes fogyasztási adatok nem elérhetők, így az elemzéshez a szállítási teljesítményből indulunk ki. Sajnálatos módon már itt beleütközünk az első problémába, mert az Eurostat oldalán értelemszerűen nincsenek adatok Szerbiára, Ukrajnára, Moldovára, a Duna Bizottság által készített statisztikák viszont nem tartalmaznak szállítási teljesítményre vonatkozó adatot (csak a szállított mennyiségre). Ezért a dunai régió elemzését csak 6 ország szállítási teljesítményre vonatkozó adatainak figyelembevételével dolgozzuk ki, ezek: Ausztria (AT), Szlovákia (SK), Magyarország (HU), Horvátország (HR), Románia (RO), Bulgária (BG) (Eurostat, IWW_GO_ATYVE).

A számítás referenciaéve 2017, a hatáselemzést a 2030-as évig végezzük. A 2030-ra becsült szállítási teljesítmény meghatározásához egyrészt használható a fenti adatbázis 2008-2018 közötti adatsora, mely alapján egyszerű lineáris trend segítségével 2030-ra kb. 17%-os növekedés prognosztizálható a szállítási teljesítményt illetően. Meg kell jegyezni, hogy a statisztikai idősorokat szemlélve éves szinten többször erős fluktuáció látható, így a tényleges helyzetet megjósolni nehéz. Az említett lineáris interpoláció ezért inkább túlságosan optimistának, mint realistának tekinthető. Figyelembe véve a dunai flotta öregedését és a szállítás volumenének stagnálását vagy inkább kismértékű csökkenését, a szállítási teljesítmény ilyen mértékű növekedése szinte elképzelhetetlen. A dunai régióra Käfer et al.,

(2009) tanulmányában ennél szofisztikáltabb megközelítést alkalmaz, ebben az elmúlt időszak szállítási trendjeit látva szakértői becslést adnak a növekedés mértékére. Ennek eredménye egy folyamatosan csökkenő növekedési ráta, mely a 2017-2030-as időtávon 8.5% növekedést prognosztizál. Mindezeket figyelembe véve a számításnál mi is ezzel dolgoztunk.

A következő lépés a szállítási teljesítményből az energiafogyasztás becslése. Mint ezt jeleztük, erre a befolyásoló bemenő adatok ismeretének függvényében pontosabb vagy inkább átlagos sarokszámok alkalmazhatók. Minthogy nem áll rendelkezésre részletes adatbázis a hajók gépteljesítményének, típusának, terhelési arányának figyelembevételére, így szakirodalmi adatokra vagyunk utalva. A Wurster et al., (2014) publikáció és a Via donau (2007), Manual on Danube Navigation is közöl ilyen fajlagos adatokat, ez utóbbi még meg is különböztet néhány hajótípust. Ezeket alapul véve a szállítási teljesítmény-energiafogyasztás összefüggésére a 9.4 g/tkm (0,404 MJ/tkm) átlagértékkel számolunk, hasonlóan az LNG MP D1.4.1, (2014) adataihoz. E fenti érték természetesen a jelenlegi állapotra, időszakra vonatkozik. Feltételezhető azonban, hogy az elkövetkező évtizedben a technológiai fejlődésnek köszönhetően (pl. új motorok beépítése, hidrodinamikai optimalizáció, az ún. „smart steaming”, stb.) lesz javulás a fajlagos fogyasztást illetően. Ezért a 2030-as évre számított energiafogyasztás értékének kalkulációjához már nem a fenti 9,4 g/tkm-es értékkel számítjuk a fogyasztást. A Movelt D 7.3-ban vizsgált retrofit opciók általában 2-15% fogyasztáscsökkenést eredményeztek az ottani számítások szerint. Egy (CCNR, 2012) vizsgálat szerint az összes üzemanyag-fogyasztásra irányuló technológiai fejlesztést figyelembe véve a 2010-2030 időszakra 10+5% a fogyasztás-csökkenés a műszaki megoldások és javított üzemeltetési metódusok miatt. Ezekre alapozva mi is 15%-os javulással számolunk. Ez ugyanakkor lehet, hogy optimista becslés a dunai régióra, hiszen itt az átalakításra való hajótulajdonosi szándék (és lehetőség) kisebb.

Ezek után az LNG-vel szerelt, és a továbbra is dízzel hajtott hajók számának meghatározása következhet. Az eddigi kutatások, megvalósíthatósági tanulmányok, mintaprojektek többnyire meghatározták, hogy az LNG alkalmazásával kapcsolatos eszközök és az LNG, mint üzemanyag jelenlegi árszínvonala mellett az LNG-re váltás milyen hajótípusoknál lehet potenciálisan gazdaságos. A (Panteia, 2013) szerint ide tartoznak elsősorban a nagyméretű, 110 m vagy afeletti hosszal és a nagy üzemidővel rendelkező, tehát sokat futó hajók, vagy olyanok, amelyeknek egyéb okok miatt (pl. nagy gépteljesítmény) nagy az üzemanyag-fogyasztása. Ilyenek a rajnai nagy hajók és a rajnai tankerek, a nagy szállodahajók, valamint a tolóhajók. Ezek a teljes EU flottának is csak egy részét teszik ki, így az LNG MP D1.4.1, (2014) scenáriója, melyben minden hajót úgy kezelnek, hogy LNG-re átalakítható, felettébb optimista, de kétségtelenül egyszerű megközelítés. A Wurster et al., (2014) szakirodalom ennél átgondoltabb, realiztikusabb módszert alkalmaz, figyelembe veszi nemcsak a fent említett

hajókat, de a hajók korát is. A kor tekintetében azzal a feltételezéssel él, hogy LNG-re elsősorban az új hajókat lehet tervezni vagy azokat lehet átalakítani, melyeknél a dízelmotorok cseréje amúgy is esedékes (mindkét esetben alapvetően csak a fenti hajótípusokban gondolkodva). Ez alapján az új és 2500 t hordképességnél nagyobb méretű hajók egy részével számol, mint LNG-re átalakítható hajókkal, és ebből vezeti le, hogy a 2030-ra meghatározott szállítási teljesítményből mekkora részt visznek ezek a hajók. A Wurster et al., (2014) cikkében csak a német viszonyokat elemzi, de erre rendelkezésükre állt a számításhoz minden szükséges statisztikai adat. A dunai régióra sem az Eurostat, sem a Duna Bizottság (DB) statisztikái (DB stat, 2016) nem tartalmaznak olyan bontásban, vagy a szükséges teljességgel adatot, így a fenti metódus csak elvében használható, az adatokat, arányokat becsléssel kell megállapítani.

12. Táblázat A Duna Bizottság statisztikája a dunai flottát illetően 2016-ra

Ország	Száraz árut szállító teherhajó						Összesen		
	Motoros hajó			Uszály			Hajók száma (egység)	Szállítási kapacitás (t)	Energia (kW)
	Hajók száma (egység)	Szállítási kapacitás (t)	Energia (kW)	Hajók száma (egység)	Szállítási kapacitás (t)	Energia (kW)			
UA	26	58400	43478	259	382330		285	440730	43478
MD (2008)	8	15917	0	26	24653		34	40570	0
RO	133	108185	61968	1076	1440681		1209	1548570	61968
BG (2015)	47	59482	35344	147	230692		194	290174	35344
RS	51	48798	22675	124	173572		175	222370	22675
HR	16	19019	9506	93	69215		109	88234	9506
HU	68	0	0	249	0		317	0	0
SK	7	6930	2840	94	154683		101	154683	0
AT	0	0	0	0	0		0	0	0
DE	50	71095	37908	62	123430	85293	112	194525	123301
Összesen	406	380896	210879	2130	2599256	85293	2536	2980152	296172
Ország	Folyékony árut szállító teherhajó						Összesen		
	Motoros hajó			Uszály			Hajók száma (egység)	Szállítási kapacitás (t)	Energia (kW)
	Hajók száma (egység)	Szállítási kapacitás (t)	Energia (kW)	Hajók száma (egység)	Szállítási kapacitás (t)	Energia (kW)			
UA	1	3130	883	8	12136		9	15266	883
MD (2008)	5	4199	0	0	0		5	4199	0
RO	24	33590	15965	69	52411		93	86001	15965
BG (2015)	9	8883	4692	10	16453		19	25336	4692
RS	23	33814	25133	13	18848		36	52662	25133
HR	7	8644	5933	21	23062		29	31706	5933
HU	2	0	0	1	0		3	0	0
SK	3	3435	1962	7	10206		10	13641	1982
AT	0	0	0	0	0		0	0	0
DE	3	5775	3155	0	0		3	5775	3155
Összesen	77	101470	57743	129	133116		206	234586	57743

Ország	Vontató hajó		Tolóhajó		Összesen	
	Hajók száma (egység)	Energia (kW)	Hajók száma (egység)	Energia (kW)	Hajók száma (egység)	Energia (kW)
UA	3	2316	53	88669	56	90985
MD (2008)	10	8977	1	1500	11	10477
RO	141	28704	153	167856	294	196560
BG (2015)	14	4955	39	41943	53	46898
RS	13	3475	33	30855	46	34330
HR	27	7640	9	4356	36	11996
HU	43	0	15	0	58	0
SK	4	1022	29	26363	33	27385
AT	0	0	0	0	0	0
DE	3	472	27	31775	30	32247
Összesen	258	57561	359	393317	617	450878

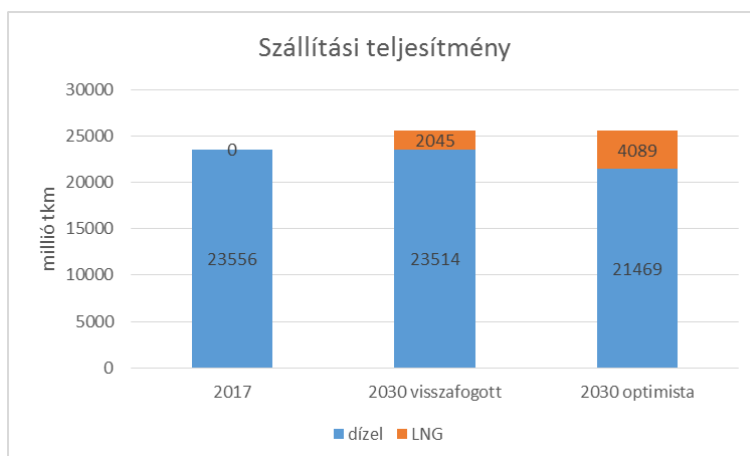
Forrás: DC stat, 2016

A dunai régióban a fent említett, LNG-re potenciálisan alkalmas hajótípusok közül csak a tolóhajók vannak, a dunai flottából – a nautikai viszonyok jellegzetes volta (sokszor kis vízmélység) és a hagyományok miatt – jellemzően hiányoznak a 110 m feletti és 2500 t hordképességnél nagyobb önjáró hajók. Másrészt elmondható, hogy a DB statisztikái szerint 2001-2010 között az összes dunai országban (Németországot és Ausztriát kivéve) mindössze 65 új hajó épült (ezek méretéről azonban már nincs információ), és 2010 után egyetlen egy sem. Ezek alapján a 2030-ra potenciálisan LNG-vel hajtott hajók számát a dunai flotta jelenlegi tolóhajóinak számából, az átalakítás mértékére különböző arányokat felvéve lehet meghatározni (az esetlegesen az elkövetkező évtizedben megépülő LNG tolóhajók száma az eddigiek alapján nem lesz számottevő befolyással az arányokra). Fontos azonban azt is megjegyezni, hogy a tolóhajók az önjárókhoz képest kisebb méretű hajók, így az LNG-vel kapcsolatos eszközök, felszerelések (pl. üzemanyagtank) elhelyezése a kisebb hajókon sok esetben nehézségekbe ütközik. A kisebb tolóhajók ugyanakkor kisebb motorteljesítménnyel, és általában kisebb éves üzemidővel, azaz összességében kisebb éves fogyasztással rendelkeznek, mely körülmények csökkentik egy esetleges LNG átalakítási beruházás gazdaságosságát (a nagy, 3 csavaros tolóhajókhoz képest). A szállítási teljesítményre vonatkozó, elmúlt 10 éves adatokat a hajótípusok függvényében elemezve a dunai országokra az látható, hogy a teljesítmény 78-80%-át a tolóhajózás adja.

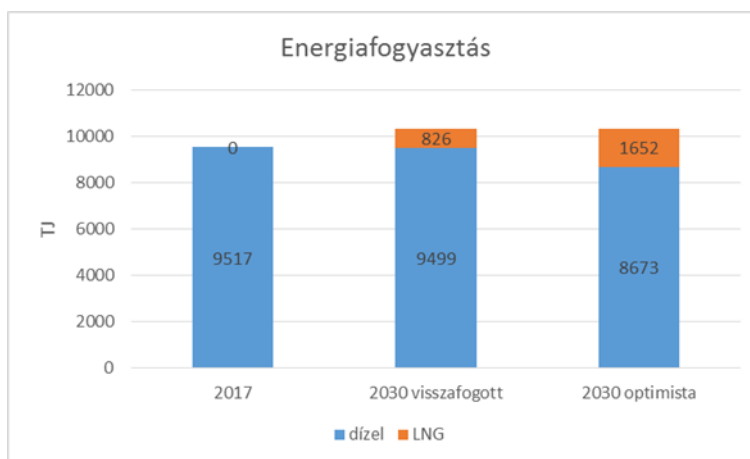
A DC stat (2016) alapján a dunai flottában a jelenleg kb. 3300 hajóból mintegy 360 tolóhajó van (a tolóvá átalakított vontatóhajókat is beleértve), vagyis a flotta mintegy 11%-a és a hozzá tartozó kb. 2100 db bárka képezi a teljesítmény több, mint háromnegyedét. Vizsgálatunkban két forgatókönyvek

elemzünk, egy visszafogott 10%-os és egy optimista 20%-os átalakítási rátát feltételezve. Mindez azt jelenti, hogy a 360 db tolóhajóból 36 ill. 72 kerül a 2030-ra átalakításra LNG-vel hajtott változatra. Nincs információnk ugyanakkor arra nézve, hogy a tolóhajó-flotta statisztikában megjelenő darabszámához képest, mely alapvetően a hajóregiszterben szereplő hajószámot mutatja, mennyi a ténylegesen üzemelő hajók száma. Feltételezve, hogy a tolóhajózás szállítási teljesítményt adó kb. 80%-os aránya nem változik, akkor az LNG-s tolóhajók a 2030-ban érvényes teljesítmény 80%-ának a 10 ill. 20%-át, vagyis a teljes szállítási teljesítmény 8 illetve 16 %-át viszik. Általános feltételezésünk továbbá, hogy az LNG-vel hajtott hajók utántöltése megoldható, a szükséges infrastruktúra valamilyen formában rendelkezésre áll. (Meg kell azonban jegyezni, hogy ez egy igencsak optimista feltételezés akkor, amikor jelenleg még a truck-to-ship megoldás sem széleskörűen elérhető, hiszen a régióban levő földgáz-cseppfolyósító telepek száma is minimális.)

Mindezeket figyelembe véve a két forgatókönyvre most már meghatározható az LNG részesedése mind a szállítási teljesítményből, a korábban meghatározott átlagértékkel pedig a szállítási teljesítményhez számítható a szükséges energia mennyisége TJ-ban (10^{12} J).



38. ábra A szállítási teljesítmény alakulása 2017, 2030

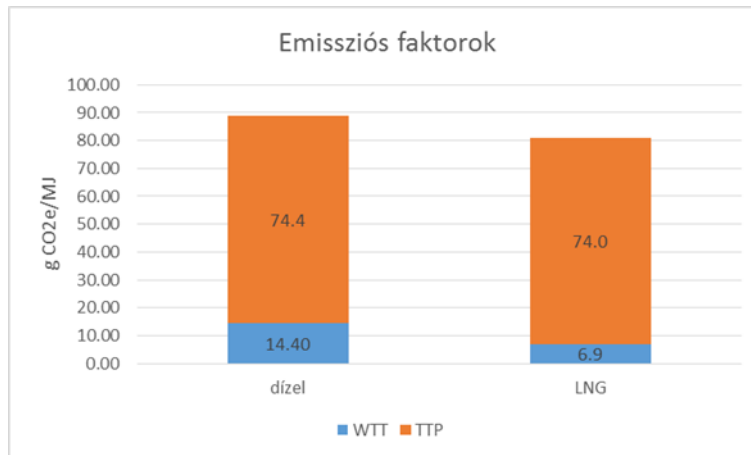


39. ábra A teljes energiafogyasztás értékei a két forgatókönyvi változatra

A kibocsátások mértékére vonatkozó emissziós faktorok közül először az üvegházhatást okozó gázokra vonatkozó értékeket elemezzük. Ebbe a kategóriába tartozik a CO₂, de a CH₄ és N₂O is. Ezeket a könnyebb számítás érdekében CO₂ egyenértékkel kalkuláljuk, melyekre a már hivatkozott szakirodalmak mindegyikében található információ. Az értékek CH₄: 25 g CO₂ egyenérték/g, N₂O: 298 g CO₂ egyenérték /g. Az elemzés során a teljes folyamatot számításba vesszük, vagyis figyelembe vesszük mind az üzemanyag előállítása (well-to-tank, WTT), mind pedig annak elégetése (tank-to-propeller, TTP) során keletkezett CO₂ egyenérték mennyiségét. A WTT-hez tartozó emissziós faktor függ a földgáz tankba kerülésének folyamatától, technológiájától, útvonalától, vagyis attól, hogy milyen módon állítják elő a folyékony LNG-t, mely végül is a tankba kerül. A (TNO, 2011)-ben található információk szerint egy katari forrásból származó LNG esetére 10,7 g CO₂ e/MJ használható hollandiai felhasználással, míg a dízelgázolaj üzemanyag előállításával kapcsolatos emissziós tényező 14,4 g CO₂e/MJ ugyanezen tanulmány szerint. A dunai régióban ugyanakkor ez nem feltétlenül valóságos útvonal, hiszen a gáz ideérkezésének vannak más, célszerűbb, így kisebb költséggel és károsanyag-kibocsátással járó változatai is. Vizsgálatunkban az AT-tól lefelé eső országokat tekintjük, ezek földrajzi elhelyezkedésük okán annak tekintetében, hogy mekkora a WTT fázishoz tartozó emissziós faktor, nagyon hasonlóak lehetnek. Ebből kiindulva a PAN LNG (2016) projekt keretében magyarországi útvonalakra kiszámított CO₂ egyenértékkel kalkulálunk. E dokumentumban a legrosszabb értékek a korábban említett katari-hoz hasonlóan távoli gázimportra vonatkoznak, értékük is a korábban említetthez esik közel. A hazai különféle típusú gázok felhasználásával azonban jóval kedvezőbb, 1,915-2,4 közötti értékek adódnak. Nem feltételezhetjük, hogy a dunai régióban minden jövőbeni tankállomáson saját termelésű gázból származó LNG-t lehet majd tankolni, de az elképzelhető, hogy nem a teljes mennyiség lesz távoli importból származó. Szintén bizonytalan, hogy a különböző forrásból származó gázok piaci ára hogyan viszonyul egymáshoz. Nem példa nélküli, hogy nem a legközelebbi forrás lesz a legolcsóbb, és ez nagyban befolyásolja a beszerzéseket. Fentiekből látható, hogy nehéz a valóságot pontosan tükröző értéket meghatározni. Mivel a teljes tanulmánykötetben több helyen is bemenő adatként szükséges az emissziós faktor értéke, ezért a koherencia érdekében jelen elemzésben is a (Baresic et al., 2018) féle 6,9 g CO₂ e/MJ értékkel számolunk.

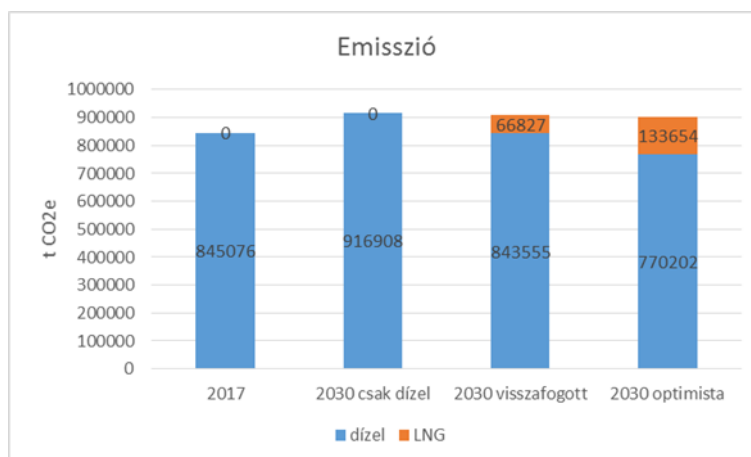
A kibocsátás másik fázisával (TTP) kapcsolatos CO₂ emissziós értékek közvetlenül az üzemanyag kémiai összetételéből vezethetők le. Az értékek dízelgázolaj üzemanyagra 74,4 g CO₂/MJ a már említett koherencia megtartása érdekében – a közel azonos, (Baresic et al., 2018) szerinti 74 g CO₂/MJ. A szintén ide tartozó metán és dinitrogén oxid kibocsátása kapcsán meg kell említeni a jelenlegi LNG motoroknál jelentkező metán-szökés (methane slip) jelenségét, mely sajnálatos módon jelentősebben növeli a LNG használatával kapcsolatos üvegházhatású gáz-kibocsátást. Az égési folyamatban részt nem vevő metán

a füstgázzal együtt távozik. A CO₂ egyenértékeknél láttuk, hogy a metán kb. 25-szörös hatással bír a CO₂-höz képest, így e folyamat megfékezése alapvetően fontos az LNG-nél, melynek alkalmazása pont a kibocsátások csökkentését szolgálja. A metán-szökés mértéke függ a motor által megvalósított folyamattól és az utókezelési technikáktól. Várható, hogy ezek fejlődésével egyre javul a helyzet, sőt az is, hogy a hajózásban is bevezetik a metán-kibocsátásra vonatkozó nehézgépjárműveknél már alkalmazott korlátozást (Panteia, 2013). Az N₂O mennyiségét illetően nem prognosztizálható változás. A következő ábra mutatja a fentiek figyelembe vételével meghatározható eredő emissziós faktort a kétféle üzemanyagra 2030-ban, mindkét fázisra.



40. ábra Az emissziós faktorok alkalmazott értékei a teljes folyamatra, WTT+TTP=WTP

Ezekkel már kiszámítható a teljes CO₂ egyenérték kibocsátás, melyet az alábbi ábra mutat.



41. ábra A teljes CO₂ kibocsátás várható értékei a dunai hajózás viszonylatában

A diagramban elhelyeztük azt az oszlopot is, mely a szállítási teljesítmény növekedését veszi figyelembe úgy, mintha egyáltalán nem kerülnének LNG-vel hajtott hajók a rendszerbe. Itt az összefüggések lineáris jellegéből adódóan a kibocsátás értékében is látható a 8,5%-os növekedés. Ehhez az értékhez képest a visszafogott scenárió esetén a teljes kibocsátás kevesebb, mint 1%-kal, az optimistább változat esetén pedig mintegy 1,5%-kal kisebb kibocsátás realizálható. Az eredmények a várakozásnak megfelelőek, hiszen a két üzemanyag emissziós faktora közötti minimális különbség

miatt a kibocsátásban sem lehetnek nagy eltérések. Az LNG ilyen mértékű alkalmazása a növekvő szállítási teljesítmény esetén gyakorlatilag egyáltalán nem tudja csökkenteni az ÜHG kibocsátást.

Számottevő csökkenés a bioüzemanyagok, akár biogáz, akár bio-dízelgázolaj szélesebb körű elterjedésével lenne megvalósítható.

Meg kell még jegyezni, hogy a fenti eredmények az adott hajóknál mono LNG használatot feltételeznek, de a kettős üzemanyagú motorok alkalmazása esetén (mely sok esetben kedvezőbb) típustól függően ez általában csak 85-95%, tehát az ÜHG kibocsátásának értékei némileg kisebbek.

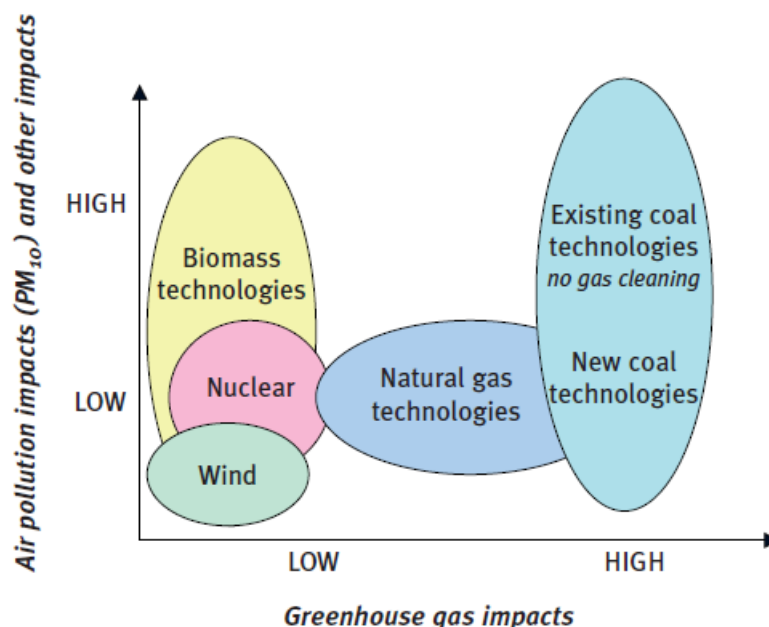
A légszennyező anyagok – itt nagyobb jelentőségük miatt csak az NO_x , PM és SO_2 -vel foglalkozunk – kibocsátása tekintetében a gázok lokális hatásai miatt a szakirodalmak csak a TTP fázist vizsgálják. A tényleges mennyiségek meghatározása nehezebb, mert az emissziós faktorok értékei alapvetően a beépített gép kWh-jára vannak vetítve. A tényleges kibocsátás meghatározásához tehát a tényleges üzemidőben leadott teljesítményre van szükség, mely közel sem azonos a névleges teljesítménnyel, hiszen a motorok sokszor járnak részterhelésen. Ezen túlmenően az üzemidőre vonatkozó adatok sem állnak rendelkezésre. Ugyanakkor ez a megközelítés nem is annyira szükséges amiatt, hogy a légszennyező anyagok kibocsátására vonatkozóan az előírások nem tesznek különbséget a LNG és dízelmotorok között. A már korábban említett NRMM rendelet (2016/1628 rendelet) határértékei tehát egyformán érvényesek mindkét motortípusra, vagyis ha egy hajóban motorcsere történik, akkor az új motornak, legyen az LNG vagy dízel, ugyanolyan határértékeknek kell megfelelni. Így – legalábbis a NRMM rendelet által szabályozott NO_x és PM vonatkozásában – elvész az elvben meglévő kibocsátás-csökkentési potenciálban levő különbség az LNG és dízelgázolaj hajtás között. Éppen ezért az LNG-dízelgázolaj összehasonlítás érdekében nincs különösebben értelme akár csak közelítőleg is kiszámolni az új motorokkal rendelkező hajók arányát és ebből fejtegetni a tényleges kibocsátást. Ennek csak akkor lenne létjogosultsága, ha pl. kibocsátási szintek elérésének megvalósíthatóságát elemeznénk, de e hatásvizsgálatnak nem ez a célja.

Mindemellett érdemes egy pillantást vetni az 13. Táblázatra, mely a motorok életkorának függvényében mutatja a fajlagos kibocsátási értékeket NO_x és PM vonatkozásában. A MoveIt D 7.3 alapján közölt táblázat a Wurster et al., (2014) adatait is felhasználva a relatíve új LNG motorok ide tartozó értékeit is tartalmazza összehasonlításként. Ebből látható, hogy dízelgázolaj üzemanyag alkalmazása mellett a jelenlegi szigorú előírásokat csak új motorokkal és/vagy füstgáz utókezelési technikákkal (pl. SCR szűrő alkalmazásával) lehet elérni, míg LNG üzemanyag esetén a határértékek lényegesen könnyebben tarthatók. Ez gazdasági oldalon jelent némi előnyt, vagy inkább nyereséget: az egyébként jóval nagyobb beruházási költségű LNG rendszerrel kisebb költséggel valósítható meg a motorok előírásoknak való megfelelése.

13. Táblázat Légszennyező anyagok emissziós faktorai a motor életkorának figyelembevételével

főgép gyártási éve	NO _x (g/kWh)	PM (g/kWh)
<1974	10.8	0.6
1975-1979	10.6	0.6
1980-1984	10.4	0.6
1985-1989	10.1	0.5
1990-1994	10.1	0.4
1995-2002	9.4	0.3
2003-2007	9.2	0.3
>2007	6	0.2
LNG motor, 2010	2	0.02

A SO_x kibocsátásról az NRMM nem rendelkezik, de a belvízi hajózásban használatos üzemanyagok kéntartalmára vonatkozóan 2011 óta a (FQD, 2009) előírás 10 ppm-ben ad meg maximum értéket. Az (IFEU 2012) szerint a valóságban az ennek megfelelő dízelgázolaj üzemanyag kéntartalma 8 ppm körüli, viszont az LNG ehhez képest is lényegesen kevesebb, kb. 3,5 ppm kéntartalommal rendelkezik (TNO 2011). Így az LNG mintegy 56%-os SO_x kibocsátás csökkenést jelent a dízelhez képest mindaddig, amíg a fenti adatokban változás nem történik.



Forrás: EC, 2003

42. ábra Energia-technológiák a helyi, illetve a globális légszennyezési hatásuk szerint

4.2./2 Az LNG üzemanyag környezetgazdasági hatás számítása

A csepeli terminál megépítésével nem jár feltétlenül együtt a dunai hajózásban használatos dízelgázolaj LNG-re történő cseréje, bár kétségtelen, hogy az LNG töltőállomás kialakítása egyértelmű löketet adhat a dunai hajók LNG hajtásra történő átállítására, melynek vállalatgazdasági előnyét a Közgazdasági és üzleti modellek fejezetben részletesen bemutatjuk.

Az LNG import terminállal rendelkező országok tekintetében számos publikáció tárgyalja az import LNG hatását az ország gázpiacára, a gázfüggőség csökkentésére és a több utas gázellátás biztonságára. Azonban ezek Magyarország földrajzi helyzetéből adódóan nem tartalmaznak releváns információt. A dunai hajózásban meghonosítható LNG üzemanyag középtávon, várhatóan egyetlen vételezési helye¹⁰ a Csepeli Szabadkikötőben megépülő small scale LNG terminál. Ahogy a neve is mutatja, a kis kapacitása (200 m³) miatt az LNG forgalmazásban betöltött szerepe az összes hazai gázigény viszonylatában igen csekély. A rotterdami kikötőben vagy a most átadott kölni small scale LNG töltőállomáson LNG-t vételező rajnai hajókat üzemeltető szállítványozó cégekkel összehasonlítva a dunai szállítványozásban részt vevő cégek anyagi lehetőségei, gazdasági potenciálja jóval rajnai társaik alatt marad. Az elterjedés ugyanakkor nem csak a hajótársaságok anyagi helyzetén múlik, hanem az adott állam alternatív üzemanyagokhoz való hozzáállásán is. Hollandiában, Belgiumban, Németországban, Spanyolországban az LNG üzemanyag használata meghonosodott. Ebből eredően a társadalmi elfogadottsága is jóval nagyobb. Az alternatív üzemanyagok használatára vonatkozó állami ösztönzők nem csak és kizárólag jogszabályi módosításokkal, könnyítésekkel követik le az LNG térnyerését, hanem jelentős anyagi támogatás formájában is ösztönzik az alternatív üzemanyagra történő átállást és használatot.

Az állomás LNG és CNG töltetési pontjai ugyanakkor lehetőséget teremtenek más közlekedési alágazatok járműveinek kiszolgálására, mint pl. a közösségi közlekedést szolgáló CNG hajtású autóbuszok, valamint a várhatóan hazánkban is megjelenő LNG tehergépjárművek és nehézgépjárművek kategóriájában.

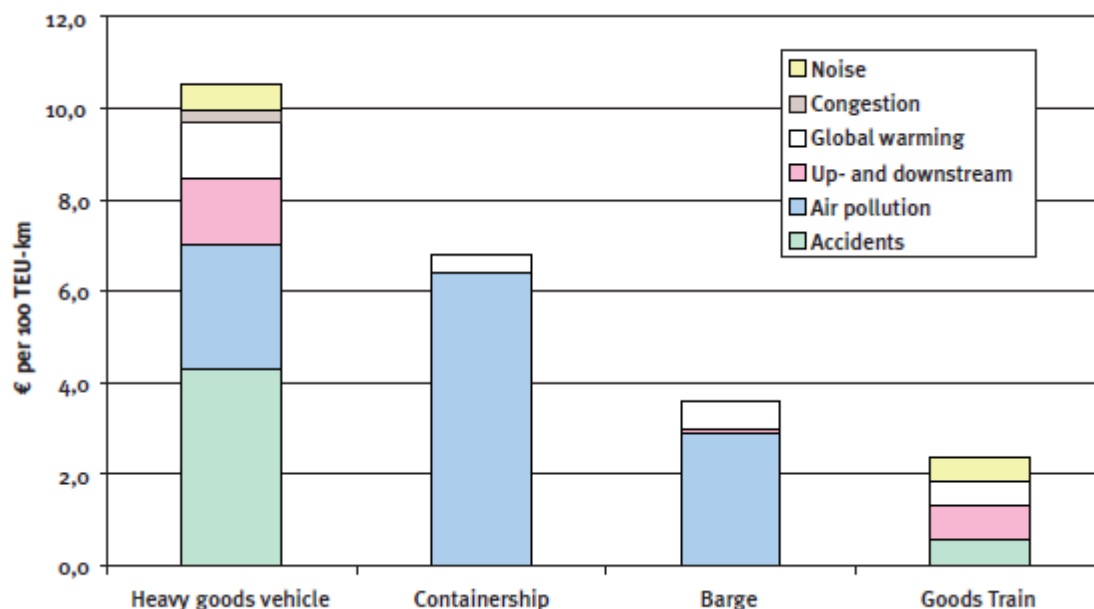
4.2./3 A károsanyag kibocsátás csökkentésének nemzetgazdasági jelentősége, externáliái

Az externália-számítás esetén a *status quo*-nak nagy jelentősége van: nem mindegy, hogy mihez képest van változás, s hogy az mekkora. A környezetértékelés (mely nélkül nincs externália-számítás) alapvetően relatív, s nem abszolút értékeket képes szolgáltatni. Ez érvényes valamennyi, általunk vizsgált dimenzióban is. Tehát kevésbé vállalkozhatunk az externáliák abszolút nagyságának számszerűsítésére, inkább a relatív változások valószínűsítésére van reális lehetőség (Marjainé, 2001).

¹⁰ Ausztria: Enns kikötőjében tervben van a jelenleg közúti töltőállomás bővítése, amellyel hajók töltésére (bunkerolására) is alkalmassá kívánják tenni.

Bulgária: A Ruse-i LNG töltőállomás is várhatóan megkapja a szükséges engedélyeket

A közlekedés/szállítás externáliái közül a legjelentősebb típusok a következők: zaj, zsúfoltság, globális felmelegedés, teljes életciklus (üzemanyag, jármű és infrastruktúra előállítása; *up and downstream*), helyi légszennyezés és balesetek. Az áruszállításra vonatkoztatva az Európai Unióban például az 43. ábra szerinti helyzet érvényes (átlagos externális költség: EUR / 20-láb ekvivalens kilométer). Látható, hogy a tervezett LNG beruházás egyik súlypontját képező nehézgépjárműves szállítás okozza a legnagyobb externális költségeket. A légszennyezés két típusa is megjelenik: egyfelől mint a *globális* üvegházhatást erősítő gázok (pl. CO₂, metán); másfelől mint *helyi* légszennyezők (por, korom, SO_x, NO_x, szénhidrogének stb.) formájában. E két légszennyezés-típus relációjában is kiválóan értelmezhető a gázmotoros meghajtás helyzete a különböző energia technológiák között. Eszerint a helyi légszennyezést tekintve (függőleges tengely) jól teljesít a gázos meghajtás, mint technológia, míg az üvegházgáz potenciált illetően is javulna a helyzet az elterjedéssel a jelen állapothoz képest. E helyt ismét feltétlenül ki kell emelnünk az LNG/CNG technológia kompatibilitását a biogáz előállítással.



Forrás: EC, 2003

43. ábra Az áruszállítás externális költségei szállítási módok szerint

A cseppfolyós földgáz hajózásban történő használatából eredő externáliákat a csepeli töltőállomás üzleti modelljének szenárióelemzéseiben tárgyaljuk.

4.3 Közúti áru fuvarozás

A közúti áru fuvarozás károsanyag kibocsátására vonatkozó megoldást az LNG biztosítja, hiszen az LNG égése tisztább, szinte nincs szállópor, 80% -kal alacsonyabb az NO_x-kibocsátás és 10% -kal alacsonyabb az ÜHG-kibocsátás. Az LNG hajtás megfelel az Euro 6 szabvány kibocsátási követelményeinek, költséges

utókezelés nélkül, gazdaságos és környezetkímélő módon. Az LNG motor 50%-kal csendesebb, mint a dízelmotor, lehetővé téve a csúcsmínősítést az indításnál és leállításnál (Link 33).

Tekintettel arra, hogy a közúti fuvarozásban az LNG üzemanyag penetráció jóval magasabb, mint a hajózásban, valamint a közúti fuvarozás mérési módszerei sokkal egzaktabbak, így bővebb tudományos kutatás nélkül alkalmazzuk a korábban publikált, homogén eredményeket.

VI.5 BIOMETÁN, A VALÓDI ALTERNATÍVA

A levegőminőség valódi javulását a biometán komprimálásával vagy cseppfolyósításával nyert üzemanyag használat hozhatja, mert a biometán összesített ÜHG-kibocsátása jóval alacsonyabb, mint a fosszilis gázé. A biometán megújuló alapanyagai (hulladékok, maradványok) azonban korlátozott mennyiségben állnak rendelkezésre és fenntarthatóan nem méretezhetők. Még ha feltételezzük is, hogy a maximális fenntartható potenciál megteremtésre kerül, és azt teljes egészében a közlekedésre fordítják - ez nagyon valószínűtlen, hogy megtörténik-, a biometán csak a közlekedés energiaszükségletének 6,2-9,5%-át fedezheti. Jelenleg az EU-ban az elfogyasztott gáz mindössze 4% -a megújuló, és ezt elsősorban olyan növényekből állítják elő, mint a kukorica.

A vezetékes gáznak mindössze 0,5%-a származik megújuló energiaforrásokból, szemben a megújuló energiaforrások csaknem 30%-ával a villamosenergia-termelésben. A termelt biogáz kevesebb mint 1%-át használják jelenleg a közlekedésben (Transport & Environment, 2018).

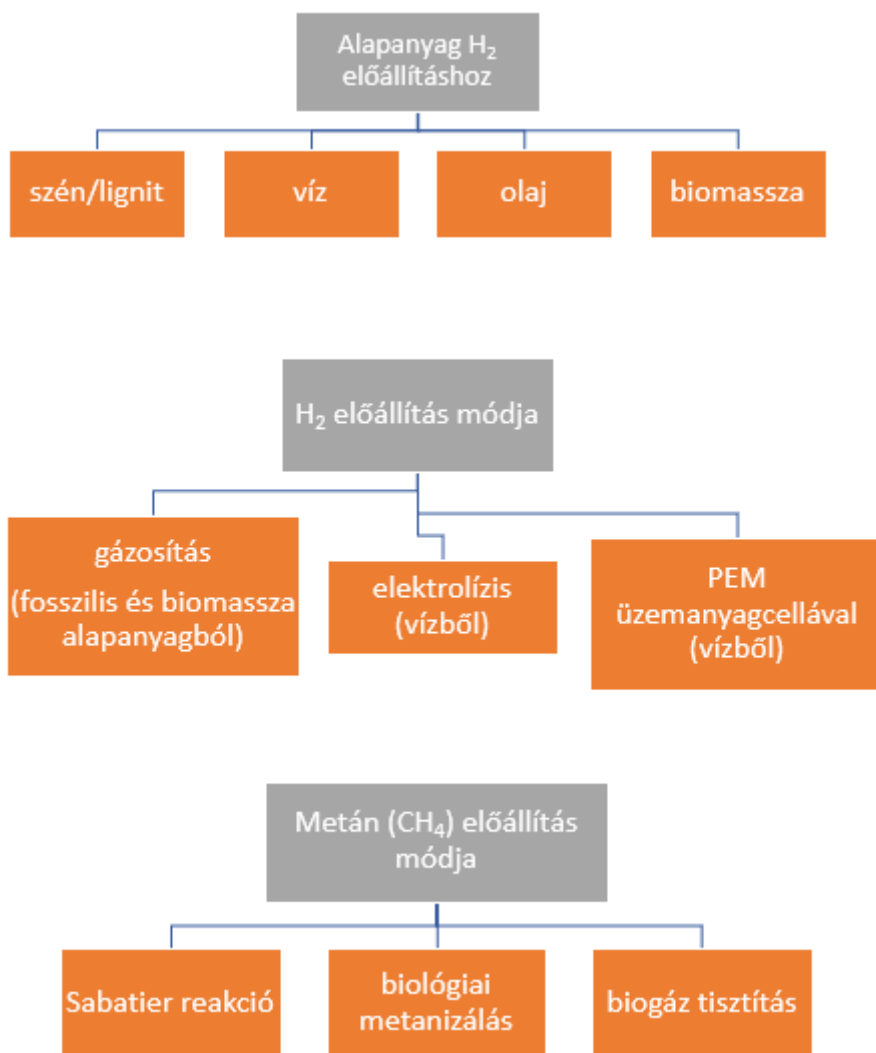
A növényi alapú biogáz (például kukoricából) jelentős közvetett földhasználat-változási kibocsátásokkal jár. Ezek a hatások kiküszöbölik az üvegházhatást okozó gázok előnyeinek nagy részét a fosszilis gázhoz képest. Az is kijelenthető, hogy a bioüzemanyag-előállítás átgondolatlan növelése a mai technológiai szint mellett az olajfüggőség helyett/mellett bioüzemanyag vagy élelmiszer-függőséget idézhet elő. (Popp, Somogyi, 2010). Ezért a megújuló energiaforrásokról szóló irányelv korlátozza a növényi eredetű biogáz felhasználást szállítási célokra.

14. táblázat: A biometán előállítás üvegházhatást okozó gázkibocsátásának csökkentése, a kukorica közvetett földhasználat-változási (ILUC) értékeivel

Biogáz nyersanyag	Gyártástechnológia	Üzemanyag ÜHG kibocsátás (g CO ₂ eq./MJ)	ÜHG megtakarítás a fosszilis üzemanyagokhoz képest	ILUC kibocsátás (Globiom modellezés) (g CO ₂ eq./MJ)	ÜHG megtakarítás összehasonlítva a fosszilis üzemanyagok ILUC kibocsátásával
nedves trágya	nyitott	-16	117%		117%
	fedett	-100	206%		206%
kukorica egész növény	nyitott	61	35%	21	13%
	fedett	30	68%	21	46%
biohulladék	nyitott	54	43%		43%
	fedett	13	86%		86%

Forrás: Valin et. al., 2015

A fosszilis földgáznál jobb ÜHG értékeket lehet elérni a szintetikus földgáz használatával. Azonban a szintetikus földgáz (synthetic natural gas) előállítása ma még nem hatékony és költséges (legalább ötször drágább, mint a földgázé), és jelentősen növeli villamos energia igényt. A megújuló villamos energiát először hidrogénné, majd metánná alakítják. A folyamat hatékonysága manapság megközelítőleg 40%, a jövőben potenciálisan 60%-ra növekszik, és jelentős kiegészítő megújuló villamos energiát igényel, amely jelenleg nem áll rendelkezésre a szükséges mértékben.



44. ábra: A szintetikus földgáz előállításának lehetséges lépései és a használt alapanyagok

VI.6 AZ LNG KÖRNYEZETVÉDELMI ASPEKTUSAINAK VÉGKÖVETKEZTETÉSEI

A fejezetben tárgyalt, az LNG környezetvédelmi vonatkozásait a következőképpen lehet összegezni. A tagállami kötelezettségünket, valamint az egyéb, nem kellően hatékony környezetvédelmi szempontú projekteket és az egyéb, villamos járművek elterjesztésére fordított támogatási erőfeszítések figyelembe véve megállapítható, hogy az LNG és a CNG, mint üzemanyag valós és gyorsan bevezethető alternatíva a helyi emisszió csökkentésére. Ezért ezen üzemanyagok hazai elterjesztésének környezeti-társadalmi hasznossága elvitathatatlan, amelyet támogatásokkal és egyéb állami ösztönzőkkel szükséges motiválni. Támogatási formákra több európai példa is rendelkezésre áll. Belgium 2019-ben 25 000 euróval támogatja az új LNG hajtású tehergépjárművek beszerzését, Németország 2017-től 8 000 eurót ad új CNG és 12 000 eurót új LNG teherautók és tehergépjárművek vásárlására. A támogatás mértéke maximalizált, nem haladhatja meg az új jármű

bekerülési költségnek 40%-át. Egy, a belga és német mintára kialakított ösztönző rendszer mentén az LNG üzemanyag hazai elterjedése biztosítható.

Megállapítható továbbá, hogy a hazai levegőminőség valódi javulását a biometán komprimálásával vagy cseppfolyósításával nyert bio CNG vagy bio LNG üzemanyag használat hozhatja. Azonban a biometán előállításához szükséges gáztisztító berendezés integrálása a kisebb biogáz üzemek szintjén gazdaságilag jelenleg nem megtérülő beruházás. A biometán energiahordozó társadalmi és gazdasági hasznossága ugyanakkor megkérdőjelezhetetlen, az egyetlen rövid- középtávú üzemanyag alternatíva a hosszútávú áru fuvarozásban a vasúti villamos vontatás mellett. A biometán hazai előállítás feltételei megteremtéséhez hazai támogatási források nélkülözhetetlenek, ugyanis az infrastruktúra kialakítása és üzemeltetése állami szerepvállalás nélkül nem életképes. Ezt támasztja alá más európai ország példája is. A biogáz és bioüzemanyag előállítás ösztönzésére Svédországban 21,8 millió korona forrást allokáltak 2018-2019. között, Dánia állami forrásból nyújt támogatást a biogáz közlekedési célú felhasználását biztosító, valamint a gázhálózatba történő betáplálást lehetővé tevő tisztító állomások infrastrukturális beruházásaihoz.

VII. LNG HAJTÁS A KÖZLEKEDÉSI ÁGAZATBAN

VII.1 MOTORIKUS JELLEMZŐK

A hajózásban és a vasúti közlekedésben fő erőforrásként a nehéz-üzemű (heavy-duty) dízelmotorokat használják. Ez azt jelenti, hogy az úszómű és a vasúti jármű egységnyi tömegre vetített teljesítménye jóval kisebb, mint egy személygépkocsi esetében. Egy személygépkocsinál ez az érték 50-100 kW/t nagyságrendű, míg egy jól kihasznált fővonalai dízelvontatójármű esetén ez 1-2 kW/t, egy hajónál ez még kisebb érték. Ez azt jelenti, hogy a főgépek jól kihasznált berendezések. Ugyanakkor rendkívül fontos a nagy megbízhatóság, mert a motor üzemképtelensége hajónál az úszómű irányíthatatlanságát, vasúti járműnél szolgálatképtelenséget eredményez.

Mind a hajózásnak, mind a vasúti közlekedésnek van három alapvető tulajdonsága, amit feltétlenül figyelembe kell venni minden jelentős technológiaváltásnál. Ezek a következők:

1. produktivitás: ez alatt azt értjük, hogy megfelelő közlekedési eszközökkel, jó közlekedésirányítással, megfelelő állapotú közlekedési infrastruktúrán rendkívül nagy áruszállítási teljesítmények valósíthatók meg;
2. energiahatékonyság: az egységnyi tolóerő, illetve vonóerő munkára jutó üzemanyag-fogyasztása igen kedvező;
3. tőkeigényesség: a hajózás esetén ez kevésbé jelentkezik, a vasúti közlekedés esetén azonban elég tekintélyes.

Ebből adódóan mind a két közlekedési mód esetén megállapítható, hogy a tulajdonosok/üzemeltetők nagyon körültekintően közelítenek a technológia jelentős módosulásához.

Fontos megjegyezni, hogy a két közlekedési mód esetén a fenntartható fejlesztés a kiszámítható, kis lépések módszerét jelenti. A részben vagy teljesen LNG-üzemre történő átállás jelentős technológiai fejlesztés, amiben nagy műszaki és pénzügyi kockázatok is rejlenek.

Mindezek alapján az alábbiakban fő vonalaiban áttekintjük a nehézüzemű gázmotorok típusait és alapvető jellemzőit.

A nehézüzemű (heavy-duty) gázmotorok története a hagyományos belsőégésű motorokhoz hasonlóan hosszú múltra tekint vissza.

Jean Joseph Étienne Lenoir 1860-ban fejlesztette ki gázüzemű, kétütemű elven működő motorját, mely az első belsőégésű motornak tekinthető. A gázmotorok története azóta meglehetősen változatos volt, azonban ma egyre fontosabb szerepet játszanak a közlekedési rendszerek energiaigényének biztosításában, különös tekintettel a mobil gépekre. Ezt a növekvő jelentőségeket az alábbi tényezők indokolják:

- a rendelkezésre álló és gazdaságosan kitermelhető kőolajforrásokkal kapcsolatos bizonytalanságok,
- az üzemanyagárak alakulása (mai árszinten számottevően olcsóbb üzemanyag az LNG, mint a dízelgázolaj vagy a motorbenzin),
- a hagyományos üzemanyagú (motorbenzin és gázolaj) belsőégésű motorokhoz viszonyítva jelentősen kisebb a károsanyag kibocsátásuk.

A fenti tényezők hatásai különösen erősen jelentkeznek a nagy teljesítményű gázmotorok területén (helyhez kötött energiaellátó berendezések hajtógépei, valamint a mobil gépek erőforrásai).

A korszerű gázmotorokkal kapcsolatosan elmondhatjuk, hogy a fejlesztéseknek köszönhetően a gépek effektív hatásfoka az 1990-es évek elejétől 37-38%-ról mintegy 47% körüli értékre növekedett. Ugyanezen idő alatt 12 bar-ról hozzávetőlegesen 22 bar körüli értékekre növekedett az effektív középnyomásuk. Az előbbi paraméter azt jelenti, hogy gyakorlatilag bő két évtized fejlesztésének következtében az effektív hatásfok, más szóval az energia hatékonyság 25%-kal növekedett és a korszerű gázmotoroknál az 50%-os hatásfok elérhető, így még további megközelítőleg 5%-os energiahatékonyság növelés valósítható meg.

Az effektív középnyomás tekintetében majdnem 100%-os növekedés azt jelenti, hogy a gépekből kinyerhető fajlagos hasznos munka növekedett ilyen arányban. Ez azt jelenti, hogy közel fele akkora lökettérfogatból is kinyerhető a szükséges teljesítmény (ez praktikusán azt jelenti, hogy kisebb hengerszámú motor képes szolgáltatni a teljesítményt). Megjegyezzük továbbá, hogy itt is van még kismértékű fejlesztési potenciál a gépekben.

Az üzemanyagárakban elmúlt években bekövetkező tendenciák alapján arra a következtetésre lehet jutni, hogy a gázalmazállapotú és folyékony halmazállapotú üzemanyagok árainak alakulása egymástól elválik. Továbbá az Egyesült Államokban a palagáz kitermelési technológia piac éretté válásával a kitermelés volumene nagyon megnőtt. Ez az árak jelentős csökkenéséhez vezetett, mely már összevethető a szén árával. Ezzel a cseppfolyósított földgáz kereskedelem nagyon erőteljesen bővült, 2012-re már a világkereskedelem 1/3-át cseppfolyós állapotban szállították. Ennek következtében a lokális gázpiacok egész egyszerűen összenőttek, és a gáznemű tüzelőanyagok ára várhatóan a jövőben is a folyékony üzemanyagok árai alatt marad.

1.1 Gázmotorok felosztása

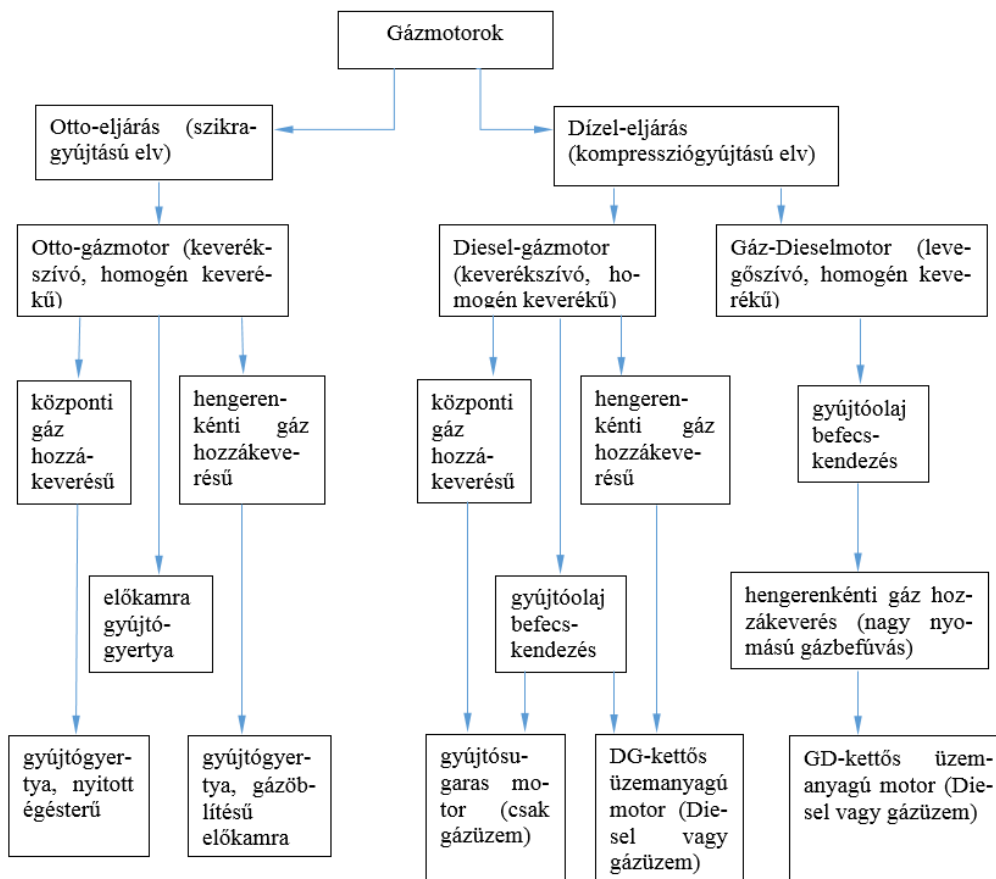
Merker et al., 2014 alapján

A gázmotorokban lejátszódó égésfolyamatot a gázhozzákeverés módja, valamint a gáz-levegő keverék gyújtásának módja alapján lehet jellemezni. Alapvetően az alábbi három csoportba besorolható

valamennyi változat. Az alábbi ábra mutatja a gázmotorok felosztását a gáz hozzavezetés és a gyújtás alapján.

Otto-gázmotorok az Otto égési folyamatnak megfelelően idegen gyújtásúak, ahol homogén gáz-levegő keveréket az égéstéren kívül állítjuk elő. Jelenleg a szinte kizárólag turbófeltöltéses motoroknál a keverékképzés vagy központilag a turbófeltöltő légsűrítője előtt vagy közvetlenül a szívószelep előtt történik. A keverék gyújtása az égéstérben elhelyezett gyújtógyertyával történik, melyet általában egy kapacitív gyújtóberendezésről táplálnak.

Az Otto-gázmotorok két változata alakult ki. Az egyik az úgynevezett sztöchiometrikus közeli levegő-üzemanyag keverékkel dolgozó gép, melynél a gyújtáshoz szükséges energiát kizárólag gyújtógyertya szolgáltathatja. Ebben az esetben a jellemző károsanyag összetevők jó hatásfokú átalakítása ártalmatlan összetevőkké enyhén gazdag keveréknél valósítható meg. Ezért ezeket a gázmotorokat gazdag keverékű motoroknak is nevezik.

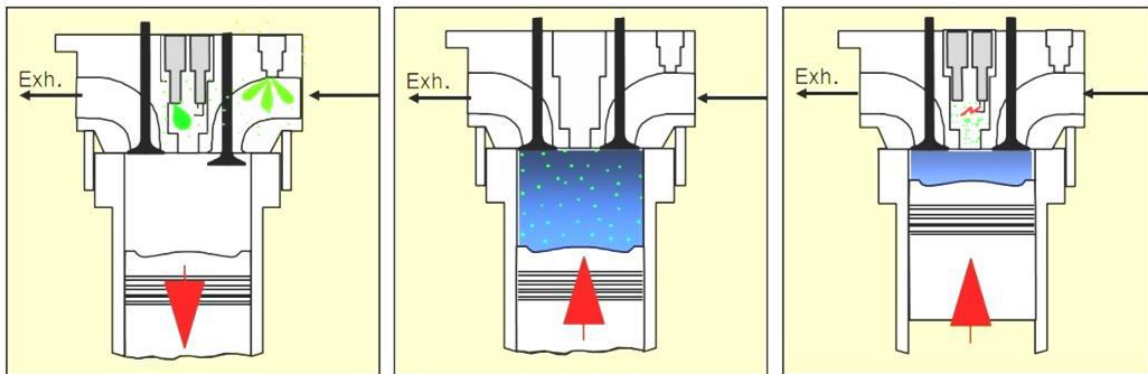


Forrás: Merker et al., 2014

45. ábra A gázmotorok felosztása

Ezzel szemben a szegény keverékű Otto-elven működő gázmotorok előkevert szegény keverékkel üzemelnek, melyeknél a gyulladáshoz szükséges energiát vagy gyújtógyertya vagy kis mennyiségű

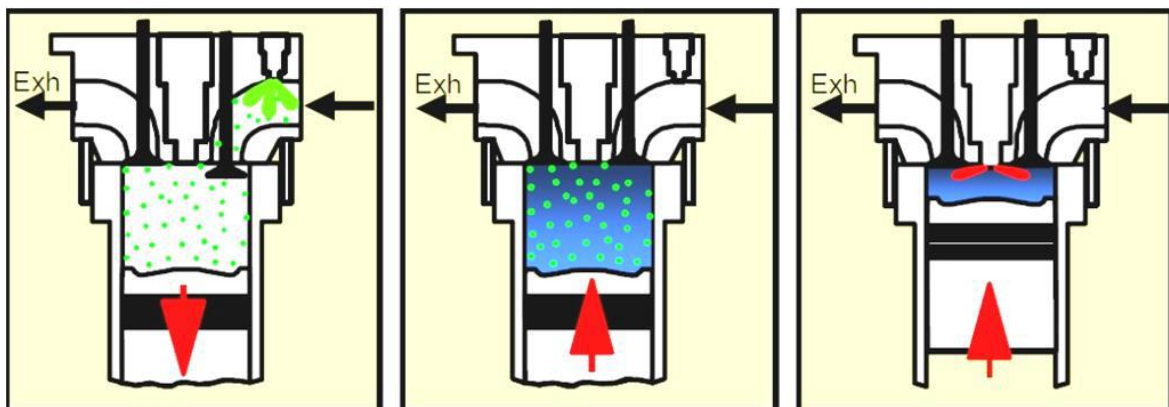
dízelgázolaj befecskendezése és azt követő elégése szolgáltatja. Az alábbi ábra mutatja az Otto-gázmotor fő működésfolyamatát.



Forrás: Bakas, 2015

46. ábra Az Otto-gázmotor működési elve

Dízel-gázmotorok az Otto-gázmotoroktól lényegében a gyújtás módjában térnek el, mely ezeknél a motoroknál dízelgázolajnak (gyújtó olaj) a homogén gáz-levegő keverékbe történő befecskendezésével történik. Ennél a koncepciónál alapvetően fennáll a lehetősége a folyékony üzemanyag részarányának 100 %-ra növelésére, így a motor lényegében dízelgázolaj üzemmódban is üzemeltethető. Az ilyen az üzemanyaggal szemben rugalmas motorokat kettős üzemanyagú motoroknak (dual-fuel engine) is nevezik. Ha a gyújtóolaj részaránya csak dízelüzemben a motor indítására szolgál, valamint a szükséges gyújtóolaj mennyiség teljes terhelésnél korlátozott, akkor beszélünk – a befecskendezett folyékony üzemanyag részarány összes energiamentiséghez viszonyított arányától függően – gyújtósugaras motorról illetőleg mikro-előadag befecskendezéses eljárásról. A lenti ábra szemlélteti a dízel-gázmotor működési elvét a jellemző fő folyamatokkal.

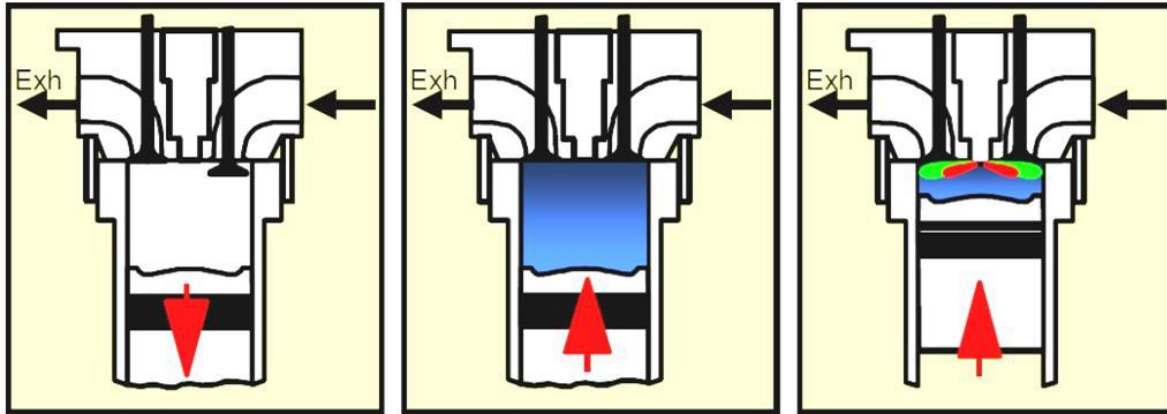


Forrás: Bakas, 2015

47. ábra A dízel-gázmotor alapvető működési elve

Gáz-dízelmotorok a dízelmotorikus égésfolyamatnak megfelelően alapvetően kompressziógyújtásúak, ahol a keverék létrehozása a gázok összesűrített levegőbe történő nagynyomású befúvásával valósul

meg. A befúvási nyomás több száz bar-ra tehető ennél a rendszernél. A gyújtás időpontjánál – ez egy kiegészítő mennyiségű dízelolaj befecskendezésével történik – az égéstérben inhomogén keverék áll rendelkezésre. A dízelmotorikus égésfolyamat alapján nem lép fel kopogásos égés. Ezzel a nagyon kis metánszámú gázok is elégethetők anélkül, hogy teljesítménycsökkenésre lenne szükség. A következő ábrán láthatjuk a gáz-dízelmotor fő működésfolyamatát.



Forrás: Bakas, 2015

48. ábra A gáz-dízelmotor működési elve

1.2 Égésfolyamat és szabályozás

Az előző fejezetben ismertetett gázüzemű motortípusok nagymértékben azonos alapokon működnek és van néhány közös jellemzőjük. Az égésfolyamat alapján a gázhozzákeverés, a gyújtás és a kopogás jelensége játszik lényeges szerepet. Stabil égésfolyamat megvalósításához a szabályozás alapvető jelentőségű. A szabályozás feladata a gáznyomás-szabályozásra, a keverékszabályozásra, a fordulatszám- és teljesítményszabályozásra, valamint a kopogás kialakulásának megakadályozására osztható fel.

A *gázhozzákeverés* vagy központilag közvetlenül a légszűrő után (Single Point Gas Admission) vagy hengerenként minden henger előtt (Multi Point Gas Admission) vagy közvetlenül az égéstérben történik (Direct Gas Admission → gáz-dízelmotor). Erre különböző szerkezeteket alkalmaznak. A központi gázhozzávezetés a Venturi-elv segítségével vagy gázkeverővel ellátott gázadagoló szeleppel történik, míg decentralizált gáz hozzávezetésnél hengerenkénti gázszelepek szolgálnak a gáz és levegő keverék előállításához. A hengerenkénti gázbevezetés hengerszelektív lambda-szabályozást tesz lehetővé. Mindkét eljárás előkevert égéssel dolgozik és kis nyomású gázellátást igényel a motor feltöltőnyomásától függően kb. 10 bar nyomásig. Ezzel szemben a gáz-dízelmotor nagy nyomású (kb. 300 bar-ig) gázellátást tesz szükségessé, mert a gázt az égés kezdete után nagy nyomással juttatjuk be a hengerbe és a gáz hozzávezetésre kevés idő áll rendelkezésre.

A keverékképzés után a *gyújtás* szolgál az égés bevezetésére. Itt a hagyományos gyújtógyertya (Otto-gázmotor) mellett a dízelgázolaj előadag befecskendezés jön szóba. Mivel egy egyedi gyújtógyertya gyújtási energiája egy nagy gázmotor égésterében nem elegendő, ezért gyújtás erősítőt alkalmaznak. A motormérettől függően egy előkamra gyújtógyertya elegendő vagy egy külön gázellátású előkamra szükséges. A jövőben más gyújtási eljárások, mint például a korona gyújtás vagy lézergyújtás játszanak majd várhatóan fontos szerepet.

A *kopogásos* égés során a túl gyors energiafelszabadulásból származó hőmérséklet- és nyomásemelkedés következtében az égéstérben túl gyorsan mozgó nyomáshullám hatására létrejöhet a kopogásos égés. Ez nagy frekvenciájú, nagy amplitúdójú nyomáshullámokat eredményez, amely rövid idő alatt nagy szerkezeti károsodást okozhat elsősorban az égésteret határoló szerkezeti elemeken. A kopogás korlátozza az elérhető terhelést, valamint a motorhatásfok szempontjából döntő kompresszióviszonyt. A kopogás elkerülése ezért a nagy gázmotoroknál, melyek többnyire teljes terhelés közeli terheléssel üzemelnek, az égési eljárás kialakításánál és optimalizálásánál az egyike a legfontosabb peremfeltételeknek. A kopogásérzékenység tekintetében a legfontosabb befolyásoló mennyiségek a keverék hőmérsékletek és gáznyomások a gyújtásnál, a keverékösszetétel, az alkalmazott gáz metánszáma, valamint az égésteret határoló szerkezeti elemek hőtároló képessége.

1.3 A földgáz és az LNG néhány fontos tulajdonsága a belsőégésű motorokban történő alkalmazás szempontjából

A szobahőmérsékleten és légköri nyomáson légnemű halmazállapotú üzemanyagok, belsőégésű motorokban történő alkalmazás szempontjából fontos jellemzője az úgynevezett metánszám, ami megadja a százalékos keverési arányt egy metánból és hidrogénből álló összehasonlító üzemanyagra, amelynek ugyanakkora a kopogástűrése egy egyhengeres vizsgáló motorban, mint a vizsgálandó gázkeveréké. 100-as metánszám tiszta metánt jelent, míg a 0 metánszám tiszta hidrogént jelent.

15. Táblázat A gáz halmazállapotú nagymotor üzemanyagok jellemző százalékos, térfogati összetétele

Gázfajta	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	H ₂	CO	CO ₂	N ₂	Más
Földgáz	75-98	-	0,6-7,2	0,2-1,3	0,1-0,6	-	-	0,1-1,6	-	-
Kőolaj kíséző gáz	60-90	-	2-20	3-15	2-10	-	-	-	-	-
Világítógáz	60-66	-	-	-	-	0-3	-	32-33	1-5	-
Biogáz	45-70	-	-	-	-	0-1	-	25-55	0,01-5	0-10
Depóniagáz	45-50	-	-	-	-	-	-	35-40	9-15	0-1
Fagáz	3-7	0-2	-	-	-	6-19	9-21	11-19	42-60	-
Kokszgáz	25-31	-	0-1,6	-	-	54-57	5,5-8	1,2-2,3	3,8-9,7	0-1
Kéménygáz	-	-	-	-	-	2-4	20-30	20-25	45-60	-
Bányagáz	25-60	-	-	-	-	-	0,1-0,4	1-6	4-40	7-17

Forrás: Merker et al., 2014

A légköri nyomású és környezeti hőmérsékletű földgáz, ilyen állapotban nem alkalmazható üzemanyagként. Ezek alapján a járművekben történő felhasználás szempontjából alapvető fontosságú a vizsgált üzemanyag térfogati energiasűrűségének vizsgálata, mert ez határozza meg a jármű hatósugarát.

A földgáz energiatartalmának fokozására két lehetőség van egyrészt a nyomás növelése (CNG), másrészt a hőmérséklet csökkentése a forráspont (LNG) alá. A cseppfolyósított földgáz energiasűrűsége 60 %-a a gázolajénak, míg a sűrített földgázé pedig csak mintegy 25 %-a. Ebből adódóan a CNG csak kivételes esetekben fordul elő vasútüzemben, a hajóknál meg egyáltalán nem.

1.4 A korszerű gázmotorok általános jellemzése

A mai gázmotorok szinte kizárólag turbófeltöltésű, többnyire kétlépcsős levegő-visszahúttal és az úgynevezett szegény keverékű égési eljárás alapján működnek. Az érvényes NO_x határérték betartása

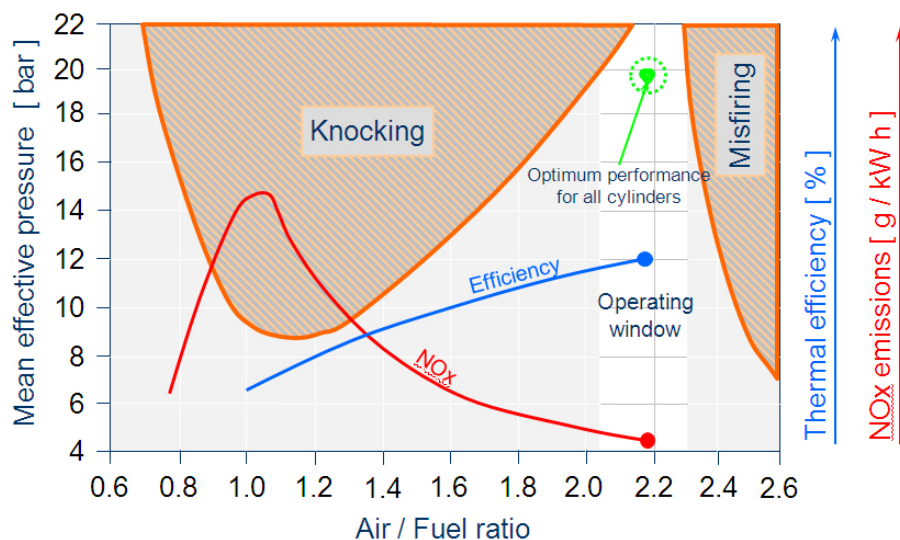
a legtöbb esetben motoron belüli módszerekkel kielégíthető. Ebből a szempontból a gáz-dízelmotor képez kivételt.

A legnagyobb kihívás a jó hatásfok biztosítása széles és stabil üzemeltetési tartományban a kopogási határ és a kialvási határ között az emissziós határértékek és a megengedett égési csúcshőmérséklet betartásával.

Az alábbi 49. ábra mutatja minőségileg az összefüggést a nitrogén-oxidok és az elégetlen szénhidrogének változásával együtt. Jól látható, hogy az üzemeltetési terület növekvő effektív középnyomással (fajlagos hasznos munka) folyamatosan szűkülő jelleget mutat. Ez fehér sávként jól kivehető az alábbi ábrán.

Megjegyezzük az alábbi ábrával kapcsolatban, hogy a zölddel jelzett üzemi tartomány azért kiemelkedően fontos, mert ebben vagy ennél nagyobb effektív középnyomások tartományában működnek a vasúti dízelmotorok. Ezért fontos ez a sajátosság az LNG-vel üzemeltetett motoros járművekkel szemben, hogy a teljesítőképességi jellemzőik ne maradjanak el az üzemben lévő dízelmotorokétól. Fontos megjegyezni, hogy az LNG égése során kevesebb ÜHG és szálló por kibocsátás keletkezik. Ebből következik, hogy a gázmotorok használata sokkal előnyösebb a dízelmotorokhoz viszonyítva.

Feltétlenül kedvező körülmény, hogy a fajlagos tüzelőanyagfogyasztás közeledve az optimális üzemi tartományhoz, együtt csökken a fajlagos NO_x emisszióval.



Forrás: Bakas, 2015

49. ábra A szegény keverékű égésfolyamat jellemzői közötti összefüggés

Az ábra ugyanakkor azt is mutatja, hogy a kopogásos égés területe meglehetősen nagy területet foglal el és a lángkialvási zónához közel van a nagy effektív középnyomások tartományában. A vízszintes tengelyen a légviszony szerepel és ez alapján látható, hogy a dízelmotoroknál teljes terhelésnél szokásos légviszony értékénél valamelyest nagyobb értékénél adódik az optimum.

16. Táblázat Az egyes alváltozatok fontos jellemzői (összefoglaló jelleggel)

	sztochiometrikus Otto- ciklusú	szegény keverékű, Otto- ciklusú	kettős üzemanyagú, vegyes ciklusú	Dízel-ciklusú
levegő/üzemanyag keverék állapota	előkevert	előkevert	előkevert	nem előkevert
eredő légviszony	sztochiometrikus	szegény	szegény	változó
meghatározó ciklus típus	Otto	Otto	Otto/Dízel	Dízel
technológia, gyújtás módja	<ul style="list-style-type: none"> gyújtó gyertya, osztatlan égéstér 	<ul style="list-style-type: none"> gyújtó gyertya, osztatlan égéstér gyújtó gyertya, előkamra dízelgázolaj mikro előadag, osztatlan égéstér dízelgázolaj mikro előadag, előkamra izzító gyertya, előkamra (korlátozott alkalmazás) 	<ul style="list-style-type: none"> dízelgázolaj előadag, osztatlan égéstér 	<ul style="list-style-type: none"> dízelgázolaj előadag, osztatlan égéstér izzítógyertya, osztatlan égéstér (kísérleti) gyújtó gyertya, előkamra (kísérleti)

károsanyag kibocsátás szabályozása, befolyásoló tényezők	<ul style="list-style-type: none"> • NO_x: kipufogógáz visszavezetés, gyújtás vezérlés • CH₄: égéstér réstérfogat, öblítés, zárt forgattyúsház szellőztetés • PM: olaj fogyasztás 	<ul style="list-style-type: none"> • NO_x: kipufogógáz utánkezelés, gyújtás vezérlés • CH₄: égéstér réstérfogat, öblítés, zárt forgattyúsház szellőztetés, égési veszteségek • PM: olaj fogyasztás 	<ul style="list-style-type: none"> • NO_x: kipufogógáz utánkezelés, dízelgázolaj előadag nagyság, gyújtás vezérlés • CH₄: égéstér réstérfogat, öblítés, zárt forgattyúsház szellőztetés, égési veszteségek • PM: dízelgázolaj előadag nagyság, olajfogyasztás 	<ul style="list-style-type: none"> • NO_x: kipufogógáz visszavezetés, gyújtás vezérlés • PM: ugyanaz, mint a dízelnél
kipufogógáz utánkezelő rendszerek	<ul style="list-style-type: none"> • TWC NO_x, CH₄, CO-ra • PM: külön utánkezelő berendezés nem szükséges 	<ul style="list-style-type: none"> • NO_x: SCR katalizátor • CH₄: néhány alkalmazásban 	<ul style="list-style-type: none"> • NO_x: SCR katalizátor • CH₄: néhány alkalmazásban 	<ul style="list-style-type: none"> • NO_x: SCR katalizátor • CH₄: jellemzően nem szükséges • PM: DPF (aktív regeneráció szükségessé teszi DOC-t + dízelgázolaj olaj)
elsődleges alkalmazások	<ul style="list-style-type: none"> • kis, közepes és nagy terhelés • helyhez kötött gép <~1 MW 	<ul style="list-style-type: none"> • helyhez kötött gép és hajózás 	<ul style="list-style-type: none"> • vasút és nagy nem közúti, dízelgázolaj átalakítások 	<ul style="list-style-type: none"> • nagy terhelésű, helyhez kötött és hajózás
hatásfok, hulladék hő hasznosítás nélkül	<ul style="list-style-type: none"> • <40 %, sorozatmotorok; ~45 % lehetőség 	<ul style="list-style-type: none"> • <50%, sorozatmotorok 	<ul style="list-style-type: none"> • <47 %, sorozatmotorok 	<ul style="list-style-type: none"> • nagy terhelésű: <46%; hatásfok növelési lehetőség a dízelhez hasonlóan ~50 % • lassú forgású hajógépek: <48%, sorozatmotorok, további hatásfoknövelési lehetőség

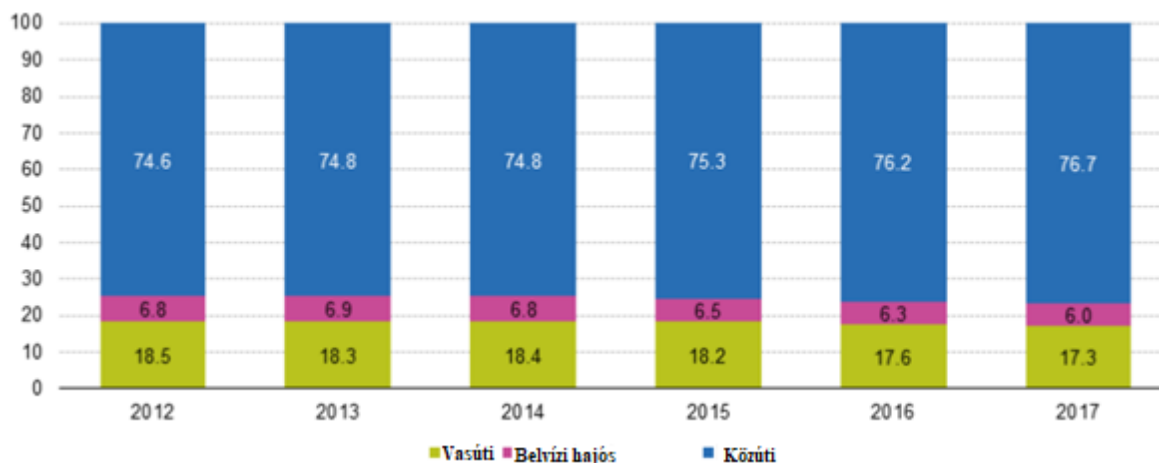
előnyök	<ul style="list-style-type: none"> • 100 % dízelgázolaj helyettesíthetőség • kis NO_x és CH₄ emisszió • egyszerű passzív kipufogógáz utánkezelő berendezés • CNG és LNG-vel is működik 	<ul style="list-style-type: none"> • jó hatásfok • elkerülhető a gyújtógyertya alkalmazása • csak dízelüzem lehetséges (csak kettős üzemanyag) • CNG és LNG-vel is működik • 100 %-os dízelgázolaj helyettesíthetőség (kivéve a dízelgázolaj mikro előadagot) • 99 %-ig lehetséges a dízelgázolaj helyettesítése mikro dízelgázolaj előadaggal 	<ul style="list-style-type: none"> • jó hatásfok • nem kell gyújtó-gyertya • csak dízelüzem lehetséges • meglévő dízelmotorok átalakítása lehetséges • CNG és LNG-vel is működik 	<ul style="list-style-type: none"> • nagy teljesítmény sűrűség • kopogásálló • jó hatásfok • gyújtógyertya nem szükséges • 95 %-os dízelgázolaj helyettesíthetőség • kis CH₄ emisszió • robusztus az üzemanyag gáz összetétel változásaival szemben
hátrányok	<ul style="list-style-type: none"> • gyújtógyertya élettartam • a dízelhez viszonyítva kisebb teljesítmény sűrűség • a dízelhez viszonyítva kisebb hatásfok • nagy terhelésű üzemet a kopogás határolja 	<ul style="list-style-type: none"> • gyújtógyertya élettartam (csak, ha van) • elégtelen CH₄ emisszió • nagy terhelésű földgázüzemet a kopogás határolja 	<ul style="list-style-type: none"> • dízelgázolaj helyettesíthetőség korlátozott 50-85 %-ra • gyulladás kimaradás kisterhelésű földgáz üzemben • elégtelen CH₄ emisszió • nagy terhelésű földgázüzemet a kopogás határolja 	<ul style="list-style-type: none"> • csak dízelgázolaj üzem nem lehetséges • LNG csak mobil alkalmazásokhoz. CNG szükségessé tesz nagy teljesítményű kompresszort nagy alapterülettel • nagy költség és bonyolultság • PM és NO_x teljes dízelgázolaj utánkezelő berendezést tesz szükségessé (nagy terhelésű)

Forrás: Link 62

VII.2A GÁZÜZEM POTENCIÁLIS TERÜLETEI ÉS NEMZETKÖZI TRENDJEI

2.1 A nemzetközi logisztikai iparág helyzetképe

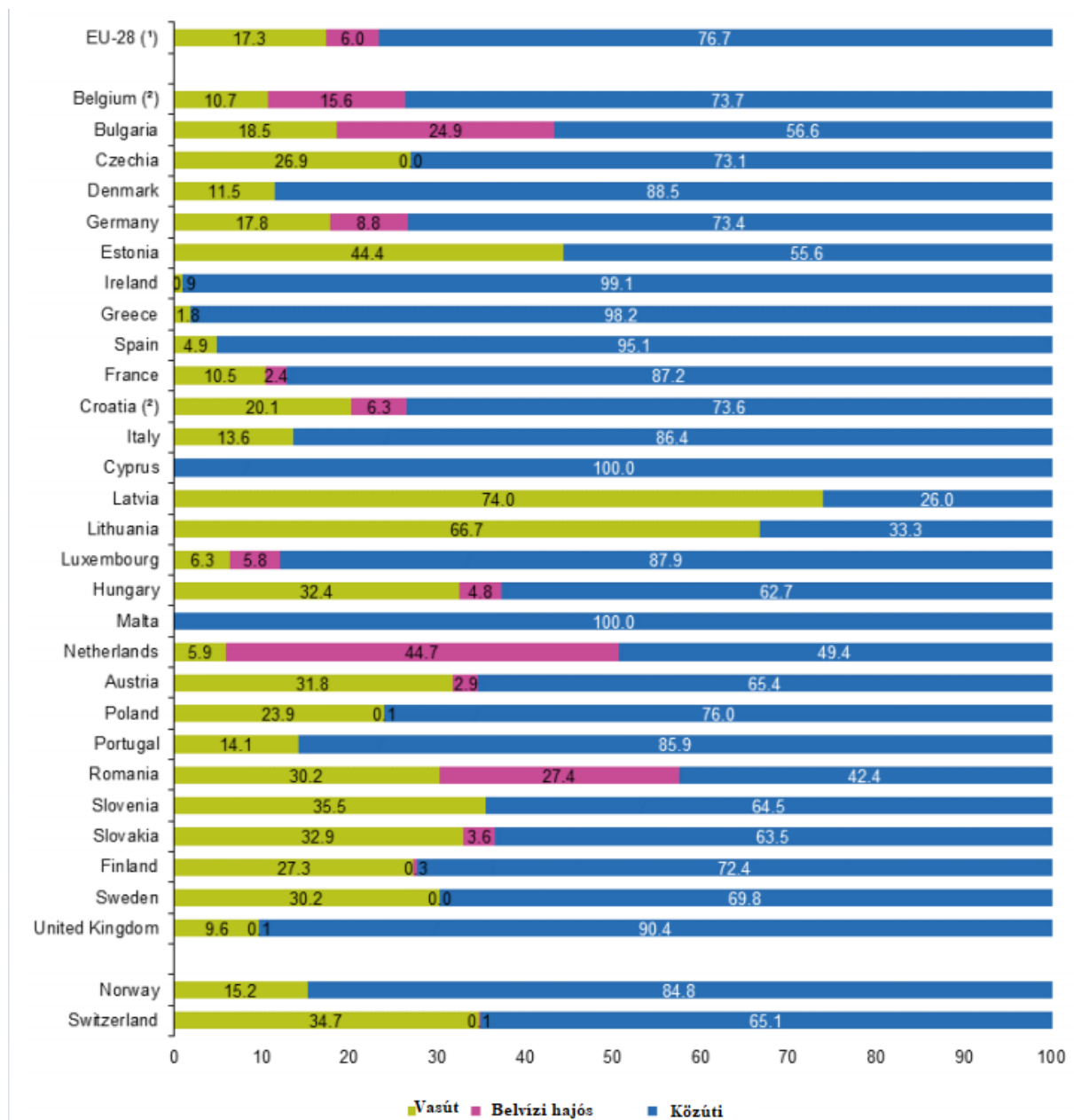
Az áruszállítási teljesítmények nagyobb részét, több mint háromnegyedét (76,7%) az EU-ban még mindig a közúti fuvarozás szolgáltatja. A közúti teherfuvarozás helyzete 2012-2017 között tulajdonképpen stabilan tartotta magát egy enyhe, relatív növekedés volt azonban megfigyelhető (50. ábra).



Forrás: EUROSTAT, 2019

50. ábra Belföldi szállítványozás megoszlása az EU-ban 2012-2017 között

Az egyes országokra lebontott szállítási módok megoszlását az alábbi ábra mutatja.



Forrás: EUROSTAT, 2019

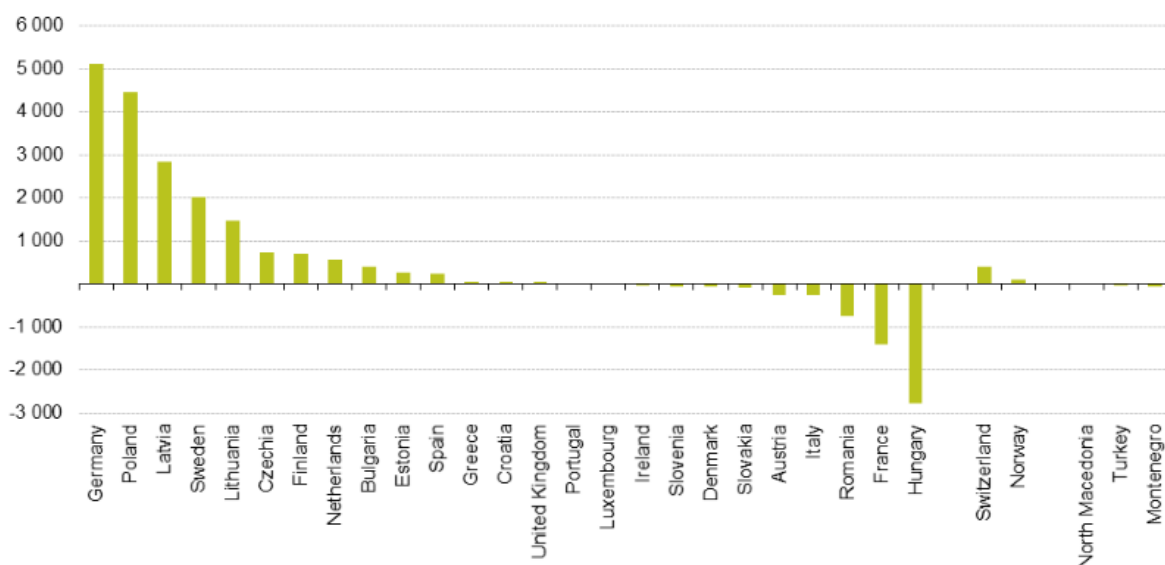
51. ábra Az EU tagállamok jellemző szállítási módjainak megoszlása %-ban

Az ábra alapján érdemes kiemelni a Balti államokat, ahol a vasúti közlekedés alapvető fontosságú. Ez lényegében az orosz energiatermékek balti kikötőkbe történő szállításával függ össze. Több éven át a vasút részesedése a teljes balti közlekedésben a 70–85%-os tartományban mozgott. Észtországban a vasúti részesedés folyamatosan csökkent 2012 és 2016 között, amikor is 50% alá esett vissza. 2017-ben kismértékű fellendülést figyeltek meg 1,5 százalékpontos növekedéssel az előző évhez képest. Mivel Észtországban nincs belvízi szállítás, a vasúti részesedés csökkenését közvetlenül a közúti részesedés ennek megfelelő növekedése tükrözte. 2012-től 2017-ig szintén megfigyelhető volt a vasúti részesedés jelentős csökkenése a másik két balti országban is: Lettorszában 7,5 százalékponttal, Litvániában pedig 5,3 százalékponttal esett vissza a vasúti szállítómányozás (EUROSTAT, 2019).

Vasúti szállítványozás az EU-ban

A vasúti teherszállítás teljesítménye az Unió tagállamaiban 2018-ban elérte a 430 milliárd tonnakilométert, mely 18%-kal haladta meg a 2008-as teljesítményt.

A szállítási teljesítmény változását mutatja 2017 és 2018 közötti az alábbi ábra.



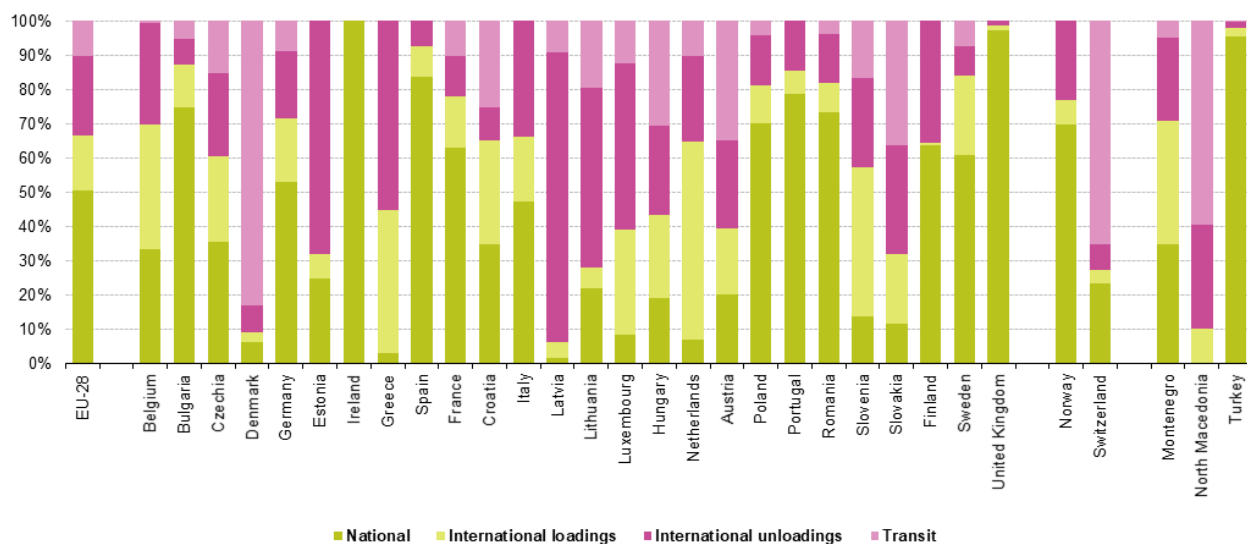
Forrás: EUROSTAT, 2019

52. ábra A vasúti szállítások teljesítményének változás az egyes tagállamokban (millió tonnakilométerben) 2017 és 2018 között

Abszolút értelemben Magyarország mutatta a legnagyobb csökkenést (-2,8 milliárd tonnakilométer), ezt követi Franciaország (-1,4 milliárd tonnakilométer) és Románia (-0,8 milliárd tonnakilométer).

Ezzel szemben öt ország számolt be az abszolút növekedésről, amely több mint 1 milliárd tonnakilométer volt ugyanazon időszak alatt, nevezetesen Németország (+5,1 milliárd tonnakilométer), Lengyelország (+4,5 milliárd tonnakilométer), Lettország (+8,8 milliárd tonnakilométer), Svédország (+2,0 milliárd tonnakilométer) és Litvánia (+1,5 milliárd tonnakilométer).

A vasúti árufuvarozás teljesítményét a szállítás típusa szerint (nemzeti, nemzetközi rakományok / kirakodások és tranzitok) a 53. ábra mutatja. Az egyes országokban a nemzetközi szállítás részesedése szorosan kapcsolódik földrajzi helyzetükhöz. Az EU egészében a nemzetközi rakományok aránya 2018-ban csaknem 16% -ra tehető, a nemzetközi kirakodások 23% -ra, az árutovábbítás 10% -ra és a belföldi szállítások 51% -ra becsülhetők.



Forrás: EUROSTAT, 2019

53. ábra A vasúti teherfuvarozás a szállítás típusa szerint

A nemzetközi szállítás kiemelkedő teljesítményű tagországai az európai piac kulcsfontosságú folyosóin helyezkednek el. Az európai piac szívében stratégiaileg elhelyezkedő Hollandia a teljes nemzetközi szállítási teljesítmény 58%-át adta. A rotterdami kulcsfontosságú importkikötő – amely az Európai Unión belül nagy tengeri / vasúti áru fuvarozással rendelkezik - erősen befolyásolja ezeket az adatokat.

Ezzel szemben a sajátos földrajzi jellemzőkkel rendelkező országokban (az Európai Unió periferiáján vagy a szigeteken) alacsony a nemzetközi vasúti szállítás aránya. Írországban 2018-ban nem regisztráltak nemzetközi szállítást. Kis részesedést figyelhetünk meg az Egyesült Királyságban (3%) és Dániában (11%) is. Az ilyen országokban a nemzetközi áru fuvarozás preferált módja a tengeri szállítás, az árut a rendeltetési helyükhöz legközelebbi kikötőbe szállítják, majd az országban elsősorban közúton továbbítják (belföldi szállításként számolják el).

Belvízi szállítmányozás az EU-ban

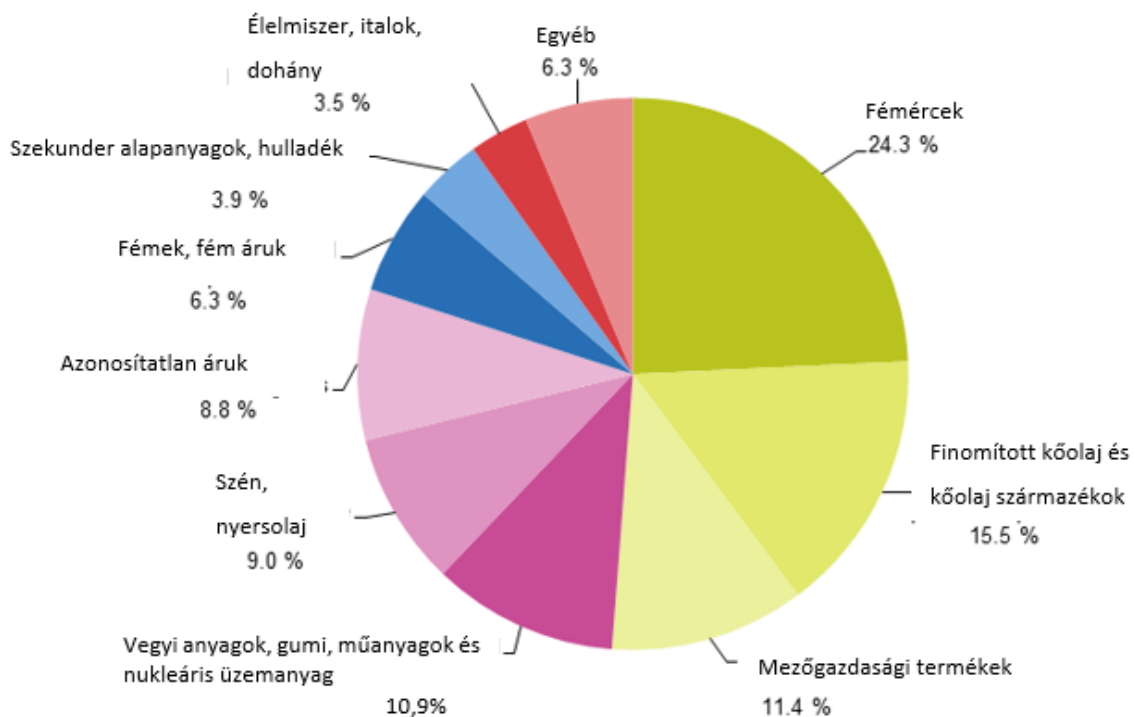
A belvízi áruszállítási teljesítmények 2015-ig ingadozó produktivitást mutattak, egyik évben egészen megnövekedett értékekkel, majd a következőben jelentős csökkenéssel. Az utóbbi 3 évben csak kismértékű (alig 1%-ot meghaladó) változások következtek be negatív, illetve pozitív irányba.

A Eurostat adatai alapján a 2017-es éven belül is megfigyelhetők voltak ezek tendenciák, ugyanis az első negyedévben 3,1%-os visszaesés következett be, melyet a második negyedévben egy 14,5%-os növekedés követett. Végül az év második felében már csak csökkenő trend mutatkozott, előbb 2,1%-kal, majd 0,7%-kal (EUROSTAT, 2018).

Az EU belvízi szállításának (tonnakilométerben) messze a legnagyobb teljesítményeit Németország és Hollandia adta. E két ország belvízi szállítása 2017-ben az EU belvízi szállításának több mint 71% -át tette ki. Ugyanakkor kilenc tagországban a szállítás volumene (tonnakilométerben) 2017-ben csökkent. A legnagyobb csökkenést Litvánia -92,5% -kal, majd Svédország -71,5% -kal és Csehország -30,0% -kal mutatta. Abszolút értékekben Franciaországban regisztrálták a legnagyobb mértékű -0,8 milliárd tonnakilométer-csökkenést az előző képest.

Ezzel szemben Belgiumban és Lengyelországban regisztrálták a legnagyobb növekedést 2017-ben, +7,4% -kal és +6,3% -kal. Abszolút értékben Németországban növekedett leginkább a belvízi szállítás 2016-hoz képest, csaknem +1,2 milliárd tonnakilométerrel (EUROSTAT, 2018).

A szállított áruk tekintetében a legtöbbet fuvarozott áruk a fémércek, a finomított kőolaj és származékok, valamint mezőgazdasági termékek voltak (54. ábra).



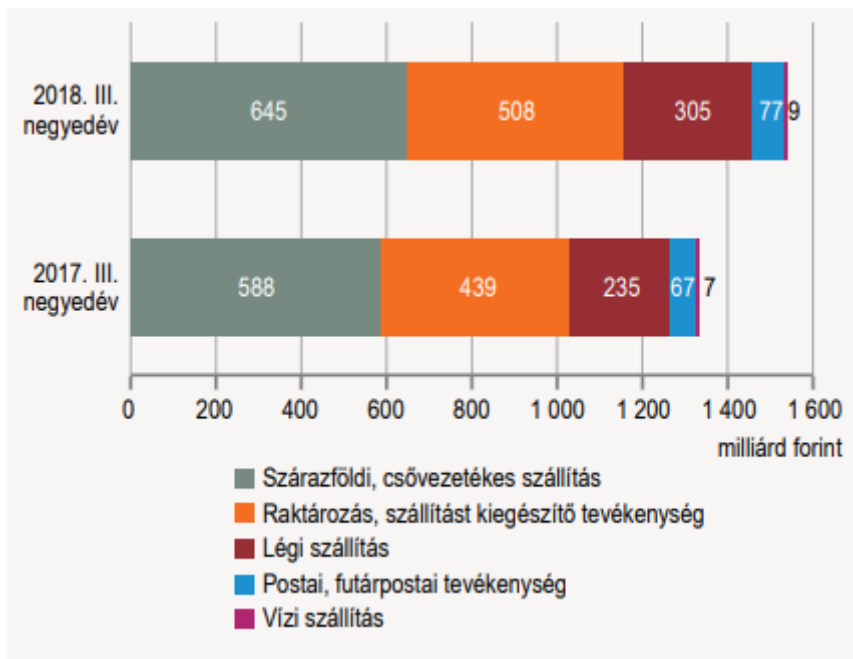
Forrás: EUROSTAT, 2018

54. ábra A belvízen szállított áruk típus szerinti megoszlása

Magyarország

Jelen rész a KSH (2018) által kiadott szállítmányozási körkép alapján készült, mely részletesen bemutatja a vasúti és belvízi áruszállítási teljesítményeket a 2018-as évre vetítve.

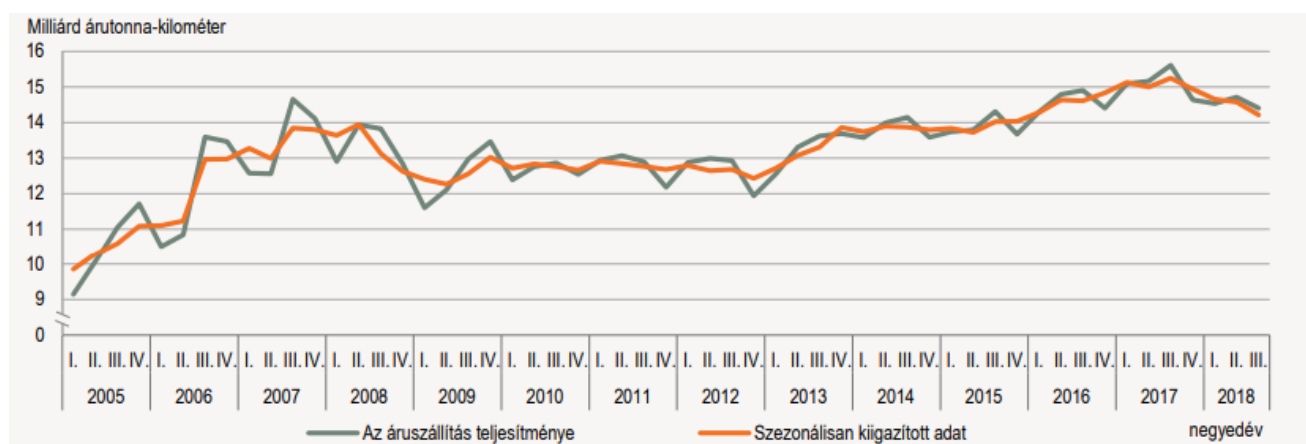
Magyarországon a KSH (2018) adatai szerint a szállítmányozás, mint nemzetgazdasági ág a 2018-as évben 1545 milliárd Ft-os értékesítési árbevételt realizált, mely 16%-kal meghaladta az előző évi teljesítményt (55. ábra).



Forrás: KSH, 2018

55. ábra Az értékesítés árbevétele az egyes szállítmányozási ágazatokban

Az árbevétellel szinte arányosan nőtt a szállított áruk mennyisége is, csaknem 7%-kal a korábbi évhez képest (56. ábra). Ugyanakkor az árukat elsősorban közúton (71%) szállították, míg vasúton csak a termékek 15%-t. Belföldi viszonylatban abszolút dominál a közúti fuvarozás, a belvízi és vasúti szállításnak szinte kizárólag nemzetközi értelemben van meghatározó részesedése.

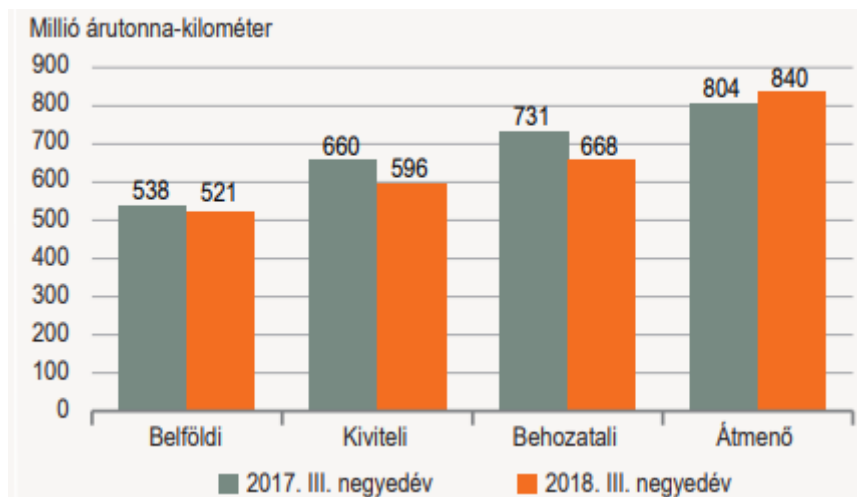


Forrás: KSH, 2018

56. ábra Az áruszállítás teljesítménye 2005-2018 között

A vasúti szállítást közelebbről elemezve kiderül, hogy a vasúton szállított áruk tömege (12,9 millió tonna) 2018 utolsó szakaszában 3,4%-kal csökkent 2017 azonos időszakához képest (57. ábra).

„A belföldi szállítás volumene nem változott, a nemzetközi szállításé 4,8%-kal csökkent a behozatali forgalom 7,5%-os visszaesésének következtében. A teljesítmény (2,6 milliárd árutonna-kilométer) 4,0%-kal mérséklődött a 2017. III. negyedévihez mérten. A nemzetközi forgalomban a behozatal teljesítménye 8,6, a kivitelé 9,8%-kal csökkent, az átmenő szállítási teljesítmény 4,4%-kal nőtt.” (KSH, 2018)



Forrás: KSH, 2018

57. ábra Vasúti áruszállítási teljesítmények 2017-2018-ban

A hajózásban a vasútnál is nagyobb visszaesés volt megfigyelhető 2018 III. negyedévében 2017-hez képest, ugyanis itt a fuvarozás teljesítménye 37%-kal csökkent. Melyre az alábbiak adhatnak magyarázatot:

„A hosszan tartó nyári forróság és a Duna teljes vízgyűjtő területén tapasztalható csapadékhiány következtében 2018 III. negyedévében extrém mértékben alacsony volt a Duna vízállása, ami nemcsak Magyarországon, hanem a Duna teljes hosszán jelentősen hátráltatta az áruszállítást. Az áruszállító hajók időnként csak harmad-negyed terheléssel tudtak közlekedni. A magyarországi szakaszon a tranzitforgalom a felére esett vissza. A belföldi szállítás még ennél is nagyobb mértékben, volumene 62, az árutonna-kilométerben mért teljesítménye 64%-kal csökkent. A berakások tömege 22, teljesítménye 30%-kal lett kevesebb. A behozatali forgalomban az árutonna-kilométer teljesítménye stagnált, a volumene 4,7%-kal emelkedett. A belvízi áruszállításban magyar lobogó alatt hajózó járművek részesedése az összes szállított áru tömegéből 11, az árutonna-kilométerben kifejezett összteljesítményéből 10% volt. 2018 III. negyedévében a magyarországi belvízi kikötőkben a be- és kirakodott áruk együttes tömege 1,5 millió tonna volt, 15%-kal kevesebb, mint 2017 azonos időszakában. Az összes rakodott áru tömegének 55%-át a berakodott áruk tették ki.” (KSH, 2018).

A jövő

Egységes, átfogó tanulmány nem áll rendelkezésre annak kapcsán, hogy a jövőben mi várható pontosan a logisztika, illetve a szállítmányozás területén Uniós szinten. Minden esetre az eddigi trendek alapján kijelenthető, hogy a szállítmányozási ágazat növekedése a jövőben is folytatódni fog, mind a szállított áruk mennyiségét, mind pedig a megtett kilométereket tekintve az EU egészére vetítve. Ugyanakkor egyelőre megjósolhatatlan módon az ágazatot befolyásolhatja a globális klímaváltozás mérséklése érdekében tett intézkedések, és azok kihatása a fogyasztói társadalomra, ezáltal az áruszállításra.

2.1./1 Ipari háztól-házig logisztika Magyarországon

Magyarországon a háztól-házig logisztikát, tehát a csomagküldést szinte kivétel nélkül közúton való szállítással valósítják meg. A legnagyobb csomagküldő, illetve futárszolgáltatók – a teljesség igénye nélkül - az alábbiakban láthatók:

- MPL
- GLS
- UPS
- DPD
- TNT
- Sprinter Futárszolgálat

A GLS Fenntarthatósági jelentéséből¹¹ kiderül, hogy a közel 27.000 autóból álló flottájukból, 250 jármű CNG-üzemű, míg további 33 LPG-s. 2015-ben 180 elektromos járművel is rendelkeztek. Ezenkívül 2018-tól a legtöbb fuvarszállító járműveik legalább EURO V-ös besorolásúak.

Az olaszországi GLS 2017-től 5 db LNG-üzemű szállítójárművet is alkalmaz. Emellett a GLS csoport a városi viszonylatban már több nagyvárosban – köztük Budapesten is – bevezette a rövid távú csomagkézbesítésekre az e-biciklik alkalmazását, csökkentve ezzel a lokális légszennyezettséget.

¹¹ https://gls-group.eu/HU/media/downloads/Nachhaltigkeitsbericht_A4_EN_2018-05-25.pdf



Forrás: GLS, 2018

58. ábra Városi csomagszállításhoz használt e-bicikli

A fentebb felsorolt szolgáltatók a környezetvédelmi jelentéseikben, illetve elkötelezettségeikben nem jelenítik meg, hogy flottájuk milyen üzemanyaggal üzemel. Ugyanakkor említik, hogy céljuk a károsanyag kibocsátás csökkentés az optimalizáció, a méretgazdaságosság révén. Részletes stratégiákkal, avagy járműkorszerűsítési terveik nem elérhetők.

Társadalmi érdek tehát minél szélesebb körben ösztönözni, kötelezni ezen vállalatokat, hogy flottájuk nagy részét korszerűsítsék, minimum EURO VI-os besorolású járműparkot tartsanak fent, emellett pedig növeljék az alternatív üzemanyagokkal meghajtott gépjárműveik számát.

2.2 Közösségi közlekedés

2.2./1 Nemzetközi és hazai példák

A CNG és LNG közösségi közlekedésben történő felhasználására számos nemzetközi, de hazai példa is rendelkezésre áll. Ezeket számba vettük és egyenként mutatjuk be az alábbiakban.

- Az USA-ban 1998-ban debütált az első LNG meghajtású alacsonypadlós busz, amelyet a magyar NABI Kft autóbuszgyártó társaság készített. Ezt követte a 2000-ben kiadott újabb LNG meghajtású autóbuszok, amely már kompozit anyag helyett rozsdamentes acélból készült. 2002-ben újabb típusú LNG meghajtású buszok gyártásába kezdtek (Link 60).
- A barcelonai tömegközlekedési szolgáltató, a TMB 2011-ben kezdte járműparkjának gázosítását, 80 új CNG buszt integrált a városi flottájába. Ez a TMB és a Gas Natural Fenosa közötti együttműködés és a város levegőminőségének javítására irányuló törekvés eredményeként jött létre (CleanBuses, 2014). 2016-ban már a TMB teljes állományának 38%-a CNG meghajtású járművekből állt, ami 411 CNG buszt jelentett (TMB USE CASE, 2016). Az Európai Beruházási Bank jóvoltából újabb buszokat vásárolnak, 2019 végéig 105 új buszt terveznek forgalomba állítani, amiből 75 CNG meghajtású, továbbá 2020-ban újabb 75 darab, 2021-ben pedig 74 darab új CNG busz érkezik majd (Electrec, 2019).
- 2012-ben öt lengyel városban (Torun, Gdynia, Olsztyn, Varsó és Katowice) egymást követően állították forgalomba a lengyel gyártású LNG-vel működő Solbus típusú buszokat. A kibocsátások a helyi jelentések alapján nagyon alacsonyak voltak, további szűrés nélkül, a szilárd részecske kibocsátás majdnem nulla volt. Az üzemanyag töltési idő szintén jelentősen lecsökkent, és az üzemanyag költsége pedig körülbelül 10%-kal kevesebb volt (CleanBuses, 2014).
- 2012 elején a pekingi tömegközlekedési csoport 100 darab LNG meghajtású, alternatív hajtású buszt mutatott be, FTP (Iveco) motorokkal felszerelve. A China National Petroleum Corporation (CNPC) üzemanyagtöltő állomásokat telepített a buszjáratok mentén. Az PetroChina szerint az LNG meghajtású járművek 90%-kal kevesebb szilárd részecskét bocsátanak ki, összehasonlítva a dízelgázolaj buszokkal. A jelenlegi 15 000 busz cseréje LNG hajtású buszokra nagyjából megegyezne azzal, hogy a kibocsátások szempontjából 750 000 autót távolítanak el az útról (CleanBuses, 2014).
- 2019-ben a Busword Europe 2019 kiállításon mutatták be a Scania új LNG meghajtású távolsági autóbuszát, amely 300 km hatótávolságú, és tartálya maximum 900 liter LNG-t tud tárolni (Link 61).

- Az alternatív hajtásmódok közösségi közlekedésben történő alkalmazhatóságának egyik jó példája a Kaposvári Tömegközlekedési Zrt, amelynek teljes flottája CNG hajtású. 2015-ben a Kaposvári Tömegközlekedési Zrt. 40 új MAN Lion's City CNG típusú autóbust vásárolt EU-s- és a város támogatásával. 25 darab szóló és 15 darab csuklós busz alkotja a közösségi flottát, amelyek mind alacsonypadlós kivitelűek és klimatizáltak (Link 32). Kaposvár példája is mutatja, hogy célzott uniós források állnak rendelkezésre a buszflotta modernizálásra és a környezetterhelő, káros kibocsátást csökkentő CNG hajtású közösségi közlekedési járműpark megújítására.
- Miskolcon¹² 2016-ban 75 db CNG-üzemű buszt állítottak forgalomba, melyek közül 40 szóló és 35 csuklós kialakítású volt. A buszok töltésére saját kutat CNG kutat is épített az MKV (Miskolc Városi Közlekedési) Zrt., mely töltőállomás nyilvános, így más felhasználók számára is elérhető.
- Nyíregyháza¹³: Pályázat keretein belül a nyíregyházi önkormányzat 41 db CNG-üzemű autóbust szerzett be, illetve épített hozzá megfelelő töltőállomást. A projekt vége 2019. december 31., tehát várhatóan ezután helyezik forgalomba a járműveket.
- Ugyan nem feltétlenül tekinthető best practise-nek, azonban mindenképp kiemelendő példa, hogy Szegeden már 1997-től jelen van a CNG az autóbuszos közlekedésben. Az 1999-nél régebben gyártott példányokat pedig korszerűbb Mercedes CNG buszokra cserélték az 2019-es év elején¹⁴.
- 2000 és 2009 között Debrecenben is üzemeltek CNG-s helyi, illetve helyközi buszok, azonban a 2009-es szolgáltatóváltás miatt, ahol az önkormányzat szerződést bontott a CNG busztulajdonos Hajdú Volán Zrt-vel ezek a járművek eladásra kerültek.

Látható tehát, hogy Magyarországon is több évtizedes múltra tekint vissza a gázüzemű közösségi közlekedés, ennek továbbfejlesztése mindenképpen kiemelkedő jelentőséggel bír hazánk közlekedésének fejlődésében.

2.2./2 Budapest CNG alapú közösségi közlekedésének fejlesztési lehetősége

A BKV honlapja szerint 2018-ban a saját autóbusz flotta összesen 965 járműből állt, amelyből 67 db CNG hajtású szóló busz volt. Ezenfelül a BKV alvállalkozójaként a VT-Arriva Kft (436) és a Volánbusz Zrt (134) összesen mintegy 570 buszt szolgált a főváros számára¹⁵.

2014-ben a Budapesti Közlekedési Központ (BKK) és Budapest Főváros Önkormányzata jóvoltából forgalomba állítottak 37 használt Van Hool New A330 típusú CNG hajtású autóbust. Ezek között volt

¹² <http://mvkzrt.hu/cng-projekt>

¹³ <https://www.nyiregyhaza.hu/ujbuszoknyiregyhazan>

¹⁴ <http://szegeder.hu/itt-az-ideje-elbucsuzni-ettol-a-latvanytol/>

¹⁵ <https://bkv.hu/>

szóló-, alacsonypadlós, és háromajtós autóbusz. 2016-ban ez a szám 71-re nőtt, és Mercedes-Benz O530 Citaro buszokkal bővült a flotta (Megj: a BKV honlapja szerint 2018-ban a CNG buszok száma már csak 68). A CNG buszflotta tankolási igényeinek kielégítése érdekében 2 db üzemi töltőállomás is kiépítésre került, az egyik a Salgótarjáni úton található BKV telephelyen, a másik pedig a Méta utcai telephelyen (BKV, 2016). Korábban az autóbuszok a Kőbányai úton található nyilvános CNG töltőállomást is használták, majd a Salgótarjáni úton található töltőállomás kibővítésével a BKK autóbuszain kívül már más flották CNG ellátását is biztosítja.



Forrás: BKK, 2014

59. ábra BKK Salgótarjáni úti töltőállomás

A CNG autóbuszok a városi és kis távolságú városi közlekedést szolgálják, elsősorban a budapesti peremkerületekben a 36-os, 54, 66, 68, 93-as, 93A, 95, 98-as, 98E, 99-es, 117, 119-es, 123, 123A, 135, 148-as, 162A, 166-os, 168E, 181, 182A, 183, 185, 193E, 194, 195, 217, 217E, 236, 236A, 266-os, 281, 282E, 284E, illetve a 900-as, 948-as, 979-es, 979A és a 999 vonalon közlekednek.

A gázüzemű közösségi járművek nagyszámú elterjedése a városi levegő minőségi javulását eredményezi.

Példaként a katalán főváros, Barcelona közösségi közlekedést mutatjuk be.

Barcelona lakosságának számát (beleértve az agglomerációs lakossági számot is) nagyságrendileg megegyezik a budapesti (és agglomerációs) lakosok számával. A két város buszparkja is megközelítőleg hasonló kaliberű (BKV teljes állomány 1535 db, melyből 68 CNG, Barcelona város közösségi közlekedési vállalatának (TMB) buszállománya 1140 darab, melyből 486 CNG). Barcelona az elmúlt 10 évben

tudatosan törekedett a városi levegőminőség javítására, így a TMB és a város 10-15 lejáratú éves európai hiteleket vett fel a buszpark megújítására.

Mindebből arra lehet következtetni, hogy a spanyol város példáját követve a BKV és a Fővárosi Önkormányzat számára is lehetőséget nyújtanak hitelintézeti konstrukciók, valamint különböző EU-s források (pl. CEF-INEA) további CNG buszok megvásárlására és üzembe helyezésére.

Másik példa a lengyel főváros, Varsó, ahol a lakosok száma nagyságrendileg azonos Budapest lakosságával. Varsóban a közösségi közlekedést a Városi Autóbuszvállalat (Miejskie Zakłady Autobusowe – MZA) biztosítja, illetve ez a buszflotta kiegészül még 4 bedolgozó alvállalattal. Így összesen 1782 busz alkotja a flottát, amelyből 1430-at a Városi Autóbuszvállalat üzemeltet. A teljes buszflottából jelenleg 145 darab CNG meghajtású (MAN Lion's City, Solaris Urbino 18, Scania Citywide LF), 35 busz pedig LNG-vel üzemel (Solbus Solcity 18). Ezen túlmenően pedig 2019-ben még 110 MAN Lion's City földgázüzemű autóbusz megrendelését kezdték meg.

Ha a barcelonai, illetve, ha a varsói CNG-s darabszámot vesszük alapul, miszerint Barcelona buszflottájának 43%-a, Varsónak pedig 8%-a CNG meghajtású, Budapest még így is elmarad, a teljes buszflottájának mindössze csak 4%-a földgázüzemű. Ha célkitűzésként fogalmazzuk meg ezeket az értéket a BKV előtt álló 10 évre, kijelenthető, hogy a BKV-s CNG flotta növekedésével, megnő azok üzemanyagigénye is. A BKV telephelyein található CNG busztöltő állomásokon található kút kapacitások jelenlegi méretükből kiindulva nem fogják tudni maradéktalanul kielégíteni a megnövekedett üzemanyag igényt. A csepeli kikötőben található CNG töltő kapacitás kihasználására a töltőállomás üzemeltető és a BKV közötti szerződés alapján nyílik lehetőség.

A budapesti közösségi közlekedésben részt vevő taxi társaságok közül a Budapest Taxi több CNG meghajtású gépjárművel rendelkezik. Jelenlegi gépparkjuk 48 darab Opel Zafirából és további 31 darab CNG meghajtású személygépjárműből áll, ám azok típusról elérhető információ nem található (Link 30). Ezen kívül a 6x6 taxi is rendelkezik CNG meghajtású járművekkel, azonban számuk nem elérhető. Budapesten a Fővárosi Közterület-fenntartó Zrt. 2014-ben beszerezett 63 darab hulladékszállító kamiont, amelyek Budapest szelektív hulladékgyűjtését végzik (Link 31). A járművek tankolási igényeit a BKK Salgótarjáni úton található töltőállomása szolgálja ki.

2.2./3 A PL4D projektből eredő további hazai lehetőség

Magyarország lakosságának több, mint fele él városokban, melynek következtében egyre erősebben jelentkeznek a közlekedési problémák a városi és elővárosi térségekben. Annak érdekében, hogy hatékony városon belüli, illetve agglomerációs közlekedés valósulhasson meg, szükséges a közlekedés- és területfejlesztés keretein belül összhangot teremteni. A közlekedési problémák kezelésére az alternatív, illetve környezetbarát közlekedési módok fejlesztése jelent megoldást, ezért törekedni kell

arra, hogy mind a városi, mind az elővárosi közlekedés fejlesztésének tervezésekor fő szempont legyen a fenntarthatóság, illetve a természetes és az épített környezet megóvása.

- A városi, illetve elővárosi közlekedés összekapcsolódásának lehetőségeit Budapest példáján keresztül szemléltetjük, a Budapesti Mobilitási Terv¹⁶ segítségével.

Ezen terv első és második pontja releváns a PL4D projekt keretében megvalósítandó LNG töltőállomás kapcsán. Az első szakasz a javuló kapcsolatok megteremtésére irányul, amely magában foglalja Budapest és agglomerációja közlekedési hálózatának fejlesztését. Ennek során megvalósítandó fejlesztéseket öt kategóriába sorolhatjuk:

1. A városi és az elővárosi kötőtpályás hálózatok integrálása
 - i. meglévő hévonalak rekonstrukciója, járművek cseréje
 - ii. bevezető utak mentén több és nagyobb kiterjedésű P+R parkolók létrehozása
 - iii. autóbushálózat felülvizsgálata a belváros átszállás nélküli elérése érdekében
2. A belvárosi kötőtpályás hálózat hiányzó összeköttetéseinek megteremtése
3. A kötőtpályás hálózat bővítése különösen a sűrű beépítésű külső övezetekben
 - i. villamoshálózat bővítése
 - ii. fel nem újított elővárosi vonalak korszerűsítése
 - iii. nagyvasúti vonalak felújítása
4. Haránt irányú kötőtpályás kapcsolatok kiépítése
5. Kötőtpályás és a gumikerekes szolgáltatások közötti megfelelő munkamegosztás megteremtése

A második szakaszban említik a környezetbarát járműtechnológia elterjedésének ösztönzését, ami az elektromos, illetve egyéb alternatív hajtású járművekre vonatkoznak, elsősorban buszokra, illetve trolibuszokra. Ez összhangban áll a korábban bemutatott 1357/2016 Korm. határozattal is.

Látható, hogy alternatív üzemanyaggal hajtott járművek kiemelt szerepet tölthetnek be, illetve fognak betölteni a városi és elővárosi közlekedésben.

- A 2020 és 2028 között megvalósuló 1537/2019. (IX. 20.) Kormány határozat alapján az új buszstratégiai koncepció és a Zöld Busz Mintaprojekt egyik célja, hogy az előregedett buszflottát újabb, korszerűbb buszokra cseréljék, valamint ebből eredendően a magyar buszgyártás stabilizálását is biztosítsák. Másik célja, hogy a

¹⁶

[http://budapest.hu/Documents/Budapesti%20Mobilitási%20Terv%202030/I_BMT_célrendszer%20és%20intézkedések_20190524_clear\(1\).pdf](http://budapest.hu/Documents/Budapesti%20Mobilitási%20Terv%202030/I_BMT_célrendszer%20és%20intézkedések_20190524_clear(1).pdf)

közösségi közlekedésben részt vevők egy magasabb színvonalú szolgáltatás keretében kevésbé szennyező járműveken utazhassanak.

Az MTI közleményében szereplő becslések alapján 2022 végéig 3060 új busz készülhet el magyar buszgyártók által. A közlemény arra is kitér, hogy Magyarországon 6000 új autóbuszra lenne szükség, amivel elérhető lenne az országos buszpark fiatalítása.

A stratégia külön kitér az iskolabusz rendszerre, amit szeretnének és szükséges is lenne bevezetni. A rendszer lényege a nyomkövetés, ami egy beléptető- és kamera rendszerből áll, így garantálják a diákok biztonságos közlekedését. 2019-től két városban, Kecskeméten és Debrecenben áll tesztelés alatt a rendszer, mely előreláthatólag 2020 közepéig tart. Ennek eredményeiről legkorábban 2020 őszén lehet tájékozódni.

A stratégia kiemelten fontos célja a környezetbarát autóbuszok üzembe helyezése, ezzel is csökkentve a károsanyag-kibocsátást, valamint az üzemeltetési költségeket. Ennek függvényében a Magyar Állam ösztönzésként 2020 és 2022 között kiemelten támogatja az alternatív meghajtású, sűrített földgázzal vagy elektromos meghajtással rendelkező buszok vásárlását vagy átalakítását.

Várakozásink szerint a fenti fejlesztési koncepció mentén várhatóan 2022-ig nagymértékben fog emelkedni a CNG meghajtású buszok száma, így a PL4D projekt keretében kialakítandó töltőállomás LCNG kútja ki fogja tudni szolgálni a budapesti közösségi közlekedés megnövekedett számú CNG hajtású járműveit.

2.3 Közúti áru fuvarozás

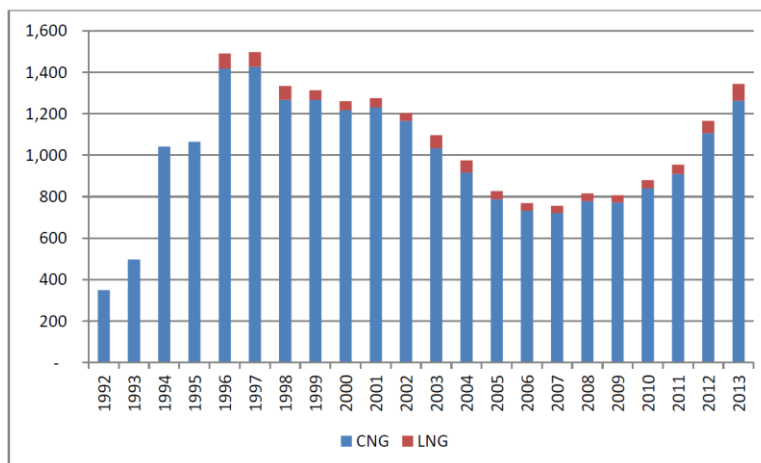
2.3./1 USA¹⁷

Az USA földgázfogyasztása a közlekedési ágazatban 2017-ben két milliárd m³ volt (Oxford, 2019), és a becslések szerint ennek nagy részét a nagy tehergépjármű-ágazat adta.

Az USA-ban jelenleg kb. 175.000 földgázzal hajtott jármű van (Link 42), ebből mindössze 15.000 a hosszú távú fuvarozásra használt nehézsúlyú jármű, melyből ismeretlen az LNG-vel hajtott járművek részaránya. Noha a kezdeti elképzelések szerint az LNG-üzemű járművek növekvő szerepet játszottak volna a távolsági áru fuvarozásban, ez a várakozás ma már nem látszik igaznak. Ahol még nincsenek meg a cseppfolyósító létesítmények, ott az LNG viszonylag drága a CNG-hez képest, és az LNG-t favorizáló adózás vagy egyéb ösztönzés nélkül nehéz gazdaságos beruházásokat megvalósítani. Mindemellett elmondható az is, hogy a CNG felhasználás, ha lassan is, de növekszik, valamint az is,

¹⁷ BNSF, 2007

hogy a CNG / LNG üzemanyagtöltő hálózat nagyrészt már működik, a legtöbb államközi autópálya 200 mérföldönként rendelkezik ilyen létesítménnyel (több, mint 1600 CNG és 140 LNG töltőállomás található az ország területén, ezek az arányok is mutatják, hogy a CNG felhasználás lényegesen nagyobb).



Forrás: ESAA, 2014

60. ábra Töltőállomások száma az USA-ban

Az (EIA, 2018) szerint 2050-ig 10 évente nagyjából 4-5 milliárd m³-es földgáz (CNG/LNG) fogyasztás-növekedéssel lehet számolni az országban, melynek legnagyobb részét a nehézgépjárművek és a vasút használja majd el. A prognózis nagyjából lineáris növekedéssel számol, de a Oxford (2019) szerint ez felettébb optimista, mert sok esetben a gazdaságosság bizonytalan lehet az üzemanyagárak közötti szűkülés és az egyéb tiszta megoldások (mint pl. a hidrogén, mint üzemanyag vagy az elektromos járművek) növekvő mértékű elterjedése miatt.

2.3./2 Kína és India

A kínai a legnagyobb gáz tüzelőanyagú közlekedési piac a világon. A gázfogyasztás a közlekedési szektorban 23 milliárd m³ volt 2015-ben (ez Kína teljes gázfogyasztásának a 12%-a, melyből több mint 20% Pekingben és csupán 3% Sanghajban).

A közlekedési szektor gáz szükséglete 2005-2014. között évente átlagosan 21%-kal emelkedett, mely lényegesen magasabb volt, mint a dízelgázolaj fogyasztás 7%-os emelkedése, valamint a motorbenzin felhasználás 12%-os emelkedése.

Kína Nemzeti Fejlesztési Reform Bizottságának előrejelzése azt mutatja, hogy a közlekedési gáz szükséglet 2020-ra 55 milliárd m³-re emelkedik. Más előrejelzések szerint ez nagyobb valószínűséggel

45-63 milliárd m³ lesz 2030-ra, és ez a növekvő szükséglet legnagyobb részt LNG formájában jelentkezik.

A motorbenzin és dízelgázolaj árának emelkedése a gázüzemű járművek – ezen belül az NGV – versenyképességét növelte a közelmúltban. Így ma már Kínában található a legtöbb LNG-vel üzemelő nehéztehergépkocsi és busz (HGV - Heavy Goods Vehicles), ez kb. 350.000 db-ot jelentett 2017-ben. Az NGV járműpark a 2004-ben mért 693 ezer db-ról 2015-re 4,5 millió db-ra növekedett. Az NGV járműpark 80%-a főleg a gáztermelő észak-nyugati tartományokban és a tengerparti nagyvárosokban figyelhető meg. Ezen kívül még kb. 250 ezer db LNG nehéz tehergépkocsi (HGV) van Kína útjain. A HGV számának nagymértékű emelkedése várható a jövőben, a dízelgázolaj teherautókkal szembeni megszorító intézkedéseknek köszönhetően. A járművek kiszolgálását jelenleg mintegy 7000 gáz töltőállomás végzi. Néhány társaság azt tervezi, hogy több mint 1000 LNG töltőállomást épít az elkövetkezendő 5 évben.

Az LNG-t a csővezetéki és egyéb infrastrukturális hiányosságok miatt a tengeri kikötőkből teherautókkal szállítják a felhasználás helyére. Az alábbi ábrán a kínai gázinfrastruktúra fejlesztési elképzelési láthatók.



Forrás: Link 44

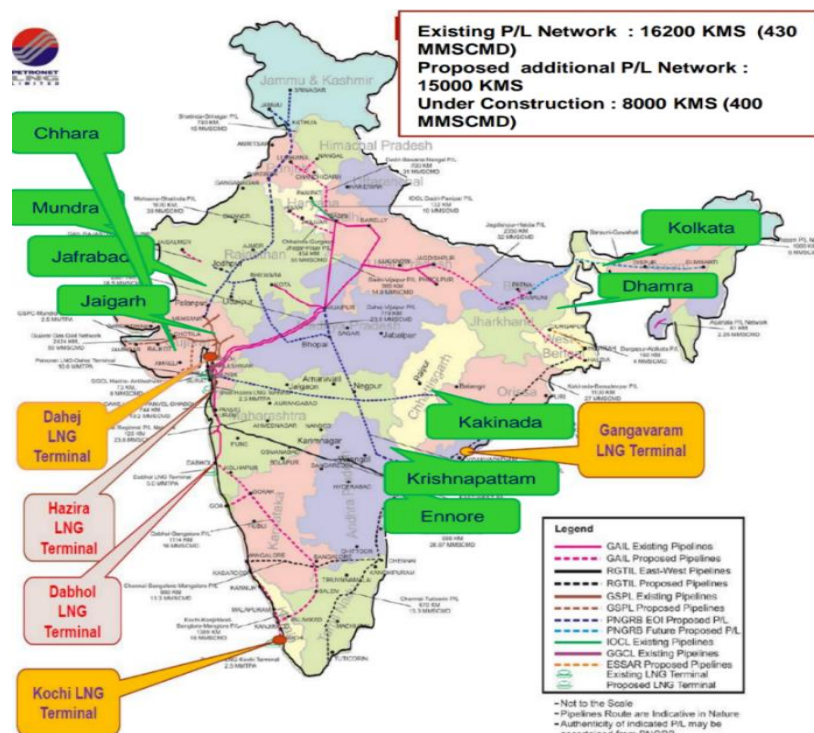
61. ábra A gázinfrastruktúra fejlesztése Kínában

Az LNG ára a keresletnek megfelelően változott, nagyobb mértékben emelkedett, mint a lakossági vagy az ipari gáz ára, mivel a közlekedésnél nincsenek kedvezmények/támogatások, mint a lakossági gázfelhasználásnál. Pl.: Hunan tartományban a gázüzemű taxik és buszok ártámogatásának felhagyása jelentős áremelést hozott a közlekedési vállalatoknál. A gáztermelő térségekben a kitermelt gáz ára jelentősen alatta maradt a nagyfogyasztó városokénak. Az árpolitika jelenleg az LNG-t támogatja, mivel a dízelgázolajnak és a motorbenzinnek az általános forgalmi adója sokkal magasabb, mint a közlekedési felhasználású gázé, melynek célja a légszennyezettség csökkentése (Oxford, 2019).

A közlekedési szektort jelentősen támogatja a Kínai Kormány is az NGV infrastruktúra fejlesztésével, a magánbefektetők is jelentős kormánytámogatást élveznek. A gázüzemű járművek gyártása 2013-ban érte el a csúcst, melyet főleg kínai gyártók állítottak elő. Jelenleg a hangsúlyt a HGV-re helyezik (LNG nehéz tehergépkocsik és buszok). 2017-ben elhatározták, hogy a légszennyezőanyagok kibocsátását csökkenteni kell. Az LNG ára 2017 végére csökkent, melynek következtében 2018-ban nagymértékben emelkedett az üzembe helyezett LNG teherautók száma.

A közlekedési szektorban a gáz felhasználásának jelentős növekedése akkor valósul meg, ha sikeres a töltőállomások széles körű kiterjesztése és az infrastruktúra fejlesztése. Várhatóan folyamatosan emelkedik a jövőben a közlekedési célú felhasználás, de a lakossági, kereskedelmi és erőművi fogyasztásnövekedés lényegesen nagyobb lesz a trendek szerint. A közúti közlekedési felhasználás korlátozott növekedését a villamos üzemű járművek várható terjedése okozhatja.

A gázfogyasztás Indiában (amely tartalmazza a lakossági, kereskedelmi és közlekedési kategóriákat) sokkal kisebb volt 2014-ben (5 milliárd m³), mint ugyanezen a területen Kínában. Ez közlekedési oldalról elsősorban a magas LNG import árral magyarázható (Oxford, 2018). Ettől függetlenül, több egyéb gazdasági és stratégiai szempontot figyelembe véve az indiai gázinfrastruktúra nagymértékű fejlesztését tervezik hosszútávon, melyet a következő ábra mutat be.

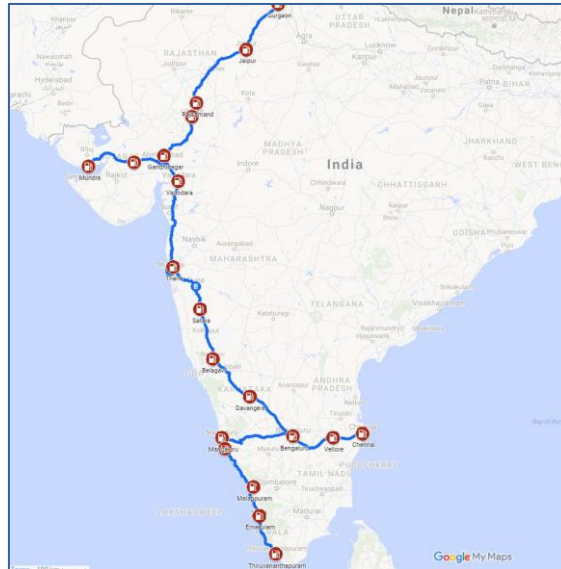


Forrás: Link 36

62. ábra A gázinfrastruktúra fejlesztése Indiában

Indiában valamivel több, mint 2,5 millió db gázüzemű jármű volt az utakon 2015-ben (elsősorban CNG), míg Kínában 4,5 millió db. A kiszolgálásban 1000 db töltőállomás vett részt Kína 7000 db töltőállomásával szemben. India közlekedési gázfogyasztása évente kb. 6%-kal emelkedett az utóbbi

években, de a szükségletek jelentősen nagyobb infrastruktúrát követelnének. Ennek kapcsán került előtérbe a „Pilot” útvonal fejlesztése, amely 20 db LNG töltőállomás létrehozásával történik. A fejlesztés a Tata Motors és az Ashok Leyland finanszírozásában valósul meg. Két állomás közötti átlagos távolság mintegy 250 km. A javasolt útvonal a következő térképen látható.



Forrás: Link 36

63. ábra A „Pilot” útvonal terve LNG töltőállomásokkal

A levegő minősége környezetpolitikai és környezetvédelmi szempont India városaiban, főleg azokban a nagyvárosokban, amelyek az ún. nemzeti nagyvárosi térségben és Maharashtra, valamint Gujarat államokban található. Az Indiai Kormány elsősorban a CNG üzemű és az elektromos járművek elterjedésének elősegítésében látja a légszennyezettség elleni harc megoldását. Az utóbbi években és várhatóan a jövőben is a CNG üzemű járművek infrastruktúráját fejlesztik (taxik, buszok, személyautók). A járműállomány növekedés a közepes és a nehéz tehergépkocsik esetében éves átlagban kb. 250 ezer db és a buszoknál kb. 85 ezer db. Cél, hogy a környezetvédelem érdekében ezen járművek minél környezetkímélőbbek legyenek, melynek egyik alternatívája az LNG üzem lehet.

Az Indiai Legfelsőbb Bíróság a közlekedési szektor fellendítése érdekében 2015-ben kiadta, hogy az összes taxinak Delhiben át kell állnia CNG üzemre, valamint a dízelgázolaj üzemű járművek használatát a városban betiltják.

A tendenciákat és az Indiai Kormány szándékait látva az indiai járműipar a gázüzemű járművek területén számos kutatást, fejlesztést végzett az utóbbi években. PI.: az LNG üzemű járművek fejlesztése kapcsán a Tata Motors sikeresen kifejlesztette Tata LNG Prima 4032 traktort és egy busz típust. Sok más járműgyártó cég dolgozik a saját LNG járműmodelljén és a közeljövőben várható a piacra kerülésük. Az első LNG busz forgalomba állítása 2016. november 8-án történt Keralában.

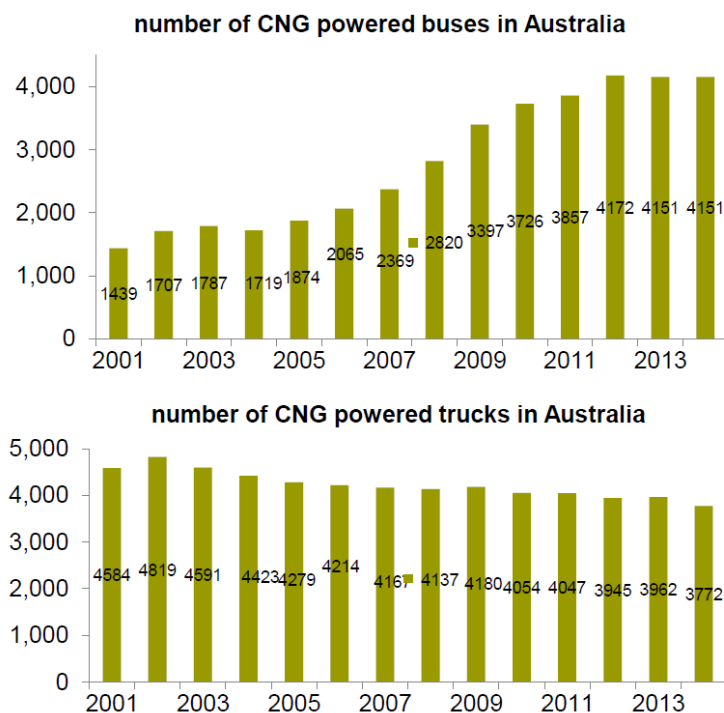


Forrás: Link 36

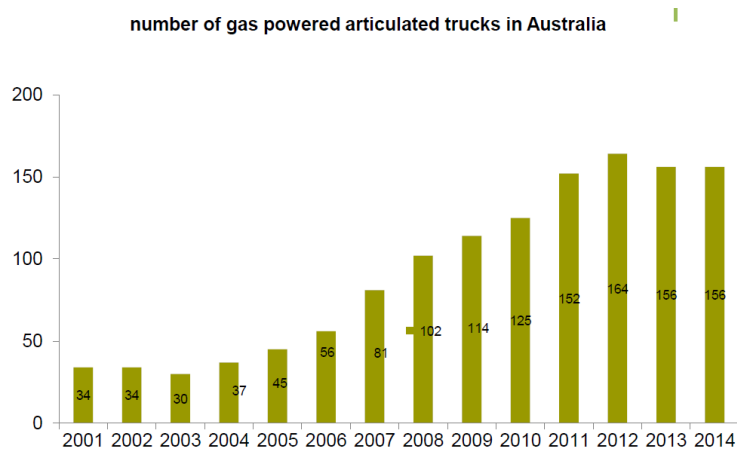
64. ábra Az első LNG busz átadása, 2016. november 8. Kerala (India)

2.3./3 Ausztrália

Ausztrália a közúti gázüzemű járműveket tekintve 2015-ben a világ országai között a 45. helyen állt. Szintén az Link 49 szerint a gázos járművek száma Ausztráliában a következőképpen alakul. A közösségi közlekedésben mintegy 4100 CNG busz található, mely a 2001-es 1500-hoz képest nagyon komoly és látványos növekedés. Ezzel szemben a CNG tehergépjárművek száma a 2001-es kb. 4600-ról 3800-ra csökkent, mindeközben azonban az LNG-vel hajtott társaik 34-ről 156-ra emelkedtek, amely abszolút értelemben nem túl nagy, de arányaiban ez is látványos növekedés.



65. ábra CNG-vel hajtott buszok és tehergépjárművek száma Ausztráliában



66. ábra LNG-vel hajtott tehergépjárművek száma Ausztráliában

Mindezen számok mellett a szakértők megállapítják, hogy a gáz üzemanyagként való felhasználása azért még mindig igen kismértékű Ausztráliában (ESAA, 2014). A dokumentumokból kiderül, az ausztrálok nagyon erősen és büszkén képviselik annak hirdetését, hogy a gáz nemcsak tisztább, olcsóbb, de teljesen hazai üzemanyagnak számít, hiszen jelenleg minden ilyen jellegű igényt ki tudnak elégíteni hazai forrásból. Ennek ellenére és a fogyasztás alacsony mértékének indokaként (ott is) a következő okokat látják:

- hiányos infrastruktúra – a töltőállomások elsősorban a nagykereskedelmi felhasználók stratégiai központjai körül találhatóak és nem elterjedt a nagyobb városokban, hogy a kisebb felhasználók számára is elérhetőek legyenek;
- technológia – a leírások szerint 2014-ben még csak egy LNG motor gyártó felelt meg az ausztrál előírásoknak, ez mindenképpen hátráltatja az LNG, mint üzemanyag elterjedését. Mindezt tetézi, hogy kettős üzemanyagú és retrofit motorok sem érhetőek el;
- biztonsági kérdések;
- gáz-dízelgázolaj árák viszonya – korábban a jelentős hazai készletek alapvetően hazai felhasználásúak voltak, de az egyes helyeken a készletek csökkenésével járó dráguló kitermelés és a gáz export-termékként való megjelenése a korábban jóval a nemzetközi szint alatt levő árakat megnövelte. A kezdetben meglévő jelentős árkülönbség tehát csökken, és többet fluktuál a világpiaci árakkal együtt;
- kedvezőtlenül alakuló fogyasztási adóterhek;
- magas beruházási költségek;
- az egyértelmű szakpolitika hiánya.

A növekedés a Energy Insider (Link 50) szerint megfogalmazott 8 általános lehetősége közül 5 a közlekedési területre vonatkozik. Ebben a NG teherautók és buszok, a nagy ausztrál bányákban használt LNG-s bányagépjárművek, LNG-s vasúti mozdonyok számának, valamint a partmenti hajózás számára szolgáltatott LNG üzemanyag mennyiségének növelését említik meg.

2.3./4 Közúti LNG töltés Európában

A közúti árufuvarozásban a nehézgépjárművek esetén az LNG hajtás vonzó alternatívája a dízelüzemnek. Az LNG üzemanyag árban versenyképes a dízelgázolajjal szemben, környezettudatosabb felhasználást tesz lehetővé, alacsonyabb kibocsátásának és zajszintjének köszönhetően.

Ebből eredően Nyugat-Európában 2015-től robbanásszerűen növekszik a cseppfolyós földgáz iránti érdeklődés és kereslet a közúti szállítmányozásban. Míg 2016 végén körülbelül 2000 LNG üzemű közúti áruszállító jármű volt Európában, 2017-re számuk majdnem megduplázódott.

Ezzel párhuzamosan az LNG töltőállomások száma Nyugat-Európában gyorsan növekszik. Az LNG-állomások európai hálózatának létrehozására irányuló projekt (LNG Blue Corridors) keretében 2017 közepére valamivel több, mint 100 töltőállomást regisztráltak. Különösen Hollandia, Egyesült Királyság, Spanyolország és Olaszország volt, akik aktívan fejlesztették a helyi infrastruktúrát. 2018-ban német, francia és belga állami és európai ösztönzők hatására az LNG kereslet emelkedett, ez magával hozta a helyi töltő infrastruktúra számának növekedését is újabb 40 töltőállomással.

Az alábbi ábrán látható, hogy Közép-Kelet Európában (SK, CZ, HU, HR, SRB, RO) 2018-ban egyetlen működő LNG töltőállomás sem volt regisztrálva. Az 2018-as adatahoz képest a horvát számadatban történt változás, 2019-ben Zágrábban és Rijekában is megnyitott és működik az LNG töltőállomás. Magyarországon 2019-ben adták át az első LNG töltőállomást Szigetszentmiklóson.



Forrás: LNG Blue Corridors, 2018

67. ábra Közúti LNG töltőállomások Európában

2019-ben további két franciaországi LNG kút létesítése kezdődött meg, amelyek még fejlesztés alatt állnak. Fos Cavaou-ban épülő töltőállomást 2 kútoszloppal tervezik, kapacitása 40 bár, a Dunkerque-i

töltőállomás egy kútoszloppal fog rendelkezni, amelynek kapacitása 18 bar lesz. A már két meglévő és működő töltőállomás egy kútfőjéről három kútfőre való bővítéséről a megvalósíthatósági tanulmányokat már készítik (GLE, 2019).

A görögországi Revithoussában épülő LNG töltőállomás befejezése 2020-ra várható, kapacitása 6-10 bár és egy kútoszlop szolgálja majd ki a tehergépkocsikat. Az Olaszországban lévő, Panigagliában található LNG töltőállomás megvalósíthatósági tanulmánya befejeződött, az építési munkálatok befejezésével előreláthatólag 2020 végével számolnak. Fontos kiemelni, hogy az említett fejlesztések mind már meglévő LNG terminálokhoz kapcsolódnak.

A már működő LNG tehergépkocsi töltőállomások kapacitását és további tulajdonságait az alábbi táblázat foglalja össze (GLE, 2019).

17. táblázat Tehergépjármű töltőállomások Nyugat-Európában és Lengyelországban

Ország	Belgium	Franciaország	Franciaország	Hollandia	Lengyelország	Portugália	Spanyolország	Spanyolország	Spanyolország	Spanyolország	Spanyolország	Spanyolország	Egyesült Királyság
Vállalat	Fluxys	Elengy	Elengy	Gate terminal	Polskie LNG S.A.	REN Atlantico	BBG	Enagas	Enagas	Enagas	Reganosa	Saggas	Grain LNG
Létesítmény helyszíne	Zeebrugge	Montoir de Bretagne	Fos Tonkin	Rotterdam	Swinoujscie	Sines	Bilbao	Barcelona	Cartagena	Huelva	Mugardos	Sagunto	Isle of Grain
Kapacitás: töltőoszlop száma/nap	32	18	34	44	32	36	15	50	52	54	36	36	36
	2 töltőoszlop	1 töltőoszlop	2 töltőoszlop	2 töltőoszlop	2 töltőoszlop	3 töltőoszlop	1 töltőoszlop	2 töltőoszlop	2 töltőoszlop	2 töltőoszlop	2 töltőoszlop	2 töltőoszlop	2 töltőoszlop
2011	No.	65				2 639		10 511	10 102	15 462	3 122	4 680	
	m ³ LNG	2 240				105 508		526 000	506 000	774 000	139 800	207 160	
2012	No.	316				2 568		9 718	9 761	16 681	4 429	4 268	
	m ³ LNG	10 590				102 754		486 000	489 000	835 000	198 900	188 638	
2013	No.	819	49			3 138		9 483	9 035	9 882	6 293	4 579	
	m ³ LNG	32 000	2 000			141 349		415 000	396 000	433 000	282 188	199 967	
2014	No.	1 670	424	18	174	4 260	58	6 440	7 077	8 167	9 729	4 563	
	m ³ LNG	66 100	21 200	900	7 099	183 811	2 430	278 255	311 718	359 530	436 000	200 236	
2015	No.	1 184	1 143	395	788	4 676	1 035	6 576	7 560	8 701	7 022	4 785	43
	m ³ LNG	46 000	52 000	16 000	30 400	197 665	44 974	286 484	335 204	382 082	311 432	217 054	1 814
2016	No.	1 480	1 764	920	1 137	514	4 629	1 671	7 266	7 011	9 326	6 565	5 968
	m ³ LNG	57 080	77 600	38 200	43 703	20 157	198 982	72 202	313 955	302 937	402 965	289 453	257 870
2017	No.	1 455	2 031	1 860	1 629	1 523	5 277	2 222	9 451	7 218	9 374	4 132	6 419
	m ³ LNG	55 260	91 400	76 300	66 024	59 538	227 976	95 721	402 059	307 747	410 021	178 518	279 284
2018	No.	1 453	2 370	3 473	2 808	1 794	6 072	2 841	10 664	9 115	9 335	4 364	3 743
	m ³ LNG	57 791	107 000	144 000	119 474	70 040	260 387	123 516	452 769	383 878	407 237	193 897	161 900

Forrás: GLE, 2019.

Az LNG töltőállomásokat jellemzően LNG-t szállító kamionról töltik fel, kivételt képez ez alól az ARA kikötő, ahol bunkerhajóról is lehetséges az LNG hajtású kamion töltése.

Az LNG szállítására alkalmazott tároló tartályok a kriogén tartályok. A kriogén szállítótartályokat úgy tervezték, hogy figyelembe veszik az LNG maximális tömegű szállításához szállítandó gáz sűrűségét, a következő tervezési feltételekkel (Link 34):

- Tervezési kód: EN 13530 - TPED + ADR
- Üzemi nyomás: 5-16 bar
- Tervezési hőmérséklet: 50 ° C / -196 ° C
- Környezeti hőmérséklet: 50 ° C / -50 ° C
- Anyag - Belső tartály: rozsdamentes acél
- Anyag - Külső tartály: Szénacél
- Szigetelés: Vákuum / szuper szigetelés



Forrás: Cryoteknik, 2019

68. ábra Kriogén szállítótartályok

Megjegyzendő, hogy a közúti LNG felhasználás terjedése Nyugat -Európában számos egyéb tényezőnek is köszönhető:

- az import LNG terminálok földrajzi elhelyezkedése okán az LNG ára a gázolajjal összevetve valóban versenyképes alternatíva, hiszen az LNG kiskereskedelmi árát nem terheli jelentős logisztikai költség,
- az LNG töltőállomások telepítése műszakilag viszonylag egyszerű, egy már meglévő töltőállomáson kialakítható az LNG töltés lehetősége
- ebből eredően egy már meglévő kúton az LNG töltési infrastruktúra kialakításának költsége töredéke egy új, zöldmezős töltőállomásnak
- Számos európai példa áll rendelkezésre a nagy olajtársaságok (TOTAL, Exxon Mobil, Agip) benzinkútjain megjelenő, LNG töltést biztosító kisebb vállalatok üzleti érdekeinek összefonódására (Pit Point Clean Fuels – Total (BE, NL) Clean Fuels Energy- Exxon Mobil (UK), Ekomobil -Agip (I)).

2.3./5 A spanyol közúti LNG példa

Az LNG import terminálok fejlesztése 1970-ben kezdődött Spanyolországban. Az első létesítményt Figures-ben (Gerona) hozták létre. Az LNG import terminál létrehozásával és az LNG további felhasználásával Spanyolország fő célja az volt, hogy biztosítsák a gázellátást azon területeken is, ahol a vezetékes gáz szolgáltatás nem elérhető, és ezt egyszerűen és gazdaságosan megvalósítható módon tegyék meg (UNECE, 2017).

Ezután további terminálokat építettek Cartagenában és Huelvában. Az 1980-as évek végén történt üzembehelyezésüket követően további új terminálokat telepítettek a spanyol tengerpart mentén (UNECE, 2017).

Ebből eredően kisüzemű LNG szolgáltatások Spanyolországban már évtizedek óta léteznek és rohamosan fejlődnek. A tengeri szállítás lehetőségének köszönhetően Spanyolország optimális helyzetben van az új LNG-piac fejlesztéséhez, Dél-Európa logisztikai platformjaként kialakult geostratégiai helyzetének, meglévő infrastruktúrájának és az LNG-tárolás és transzfer terén szerzett tapasztalatának köszönhetően. Ezen felül, Spanyolország rendelkezik a leghosszabb tengerparttal (8000 km) az EU-ban, amely lehetővé tette számára az integrált állami kikötői rendszer kifejlesztését, amely 43, általános érdekű operatív kikötőből áll, amelyek közül 13 a TEN-T törzshálózatának része (Segurado & Barquero, 2017).

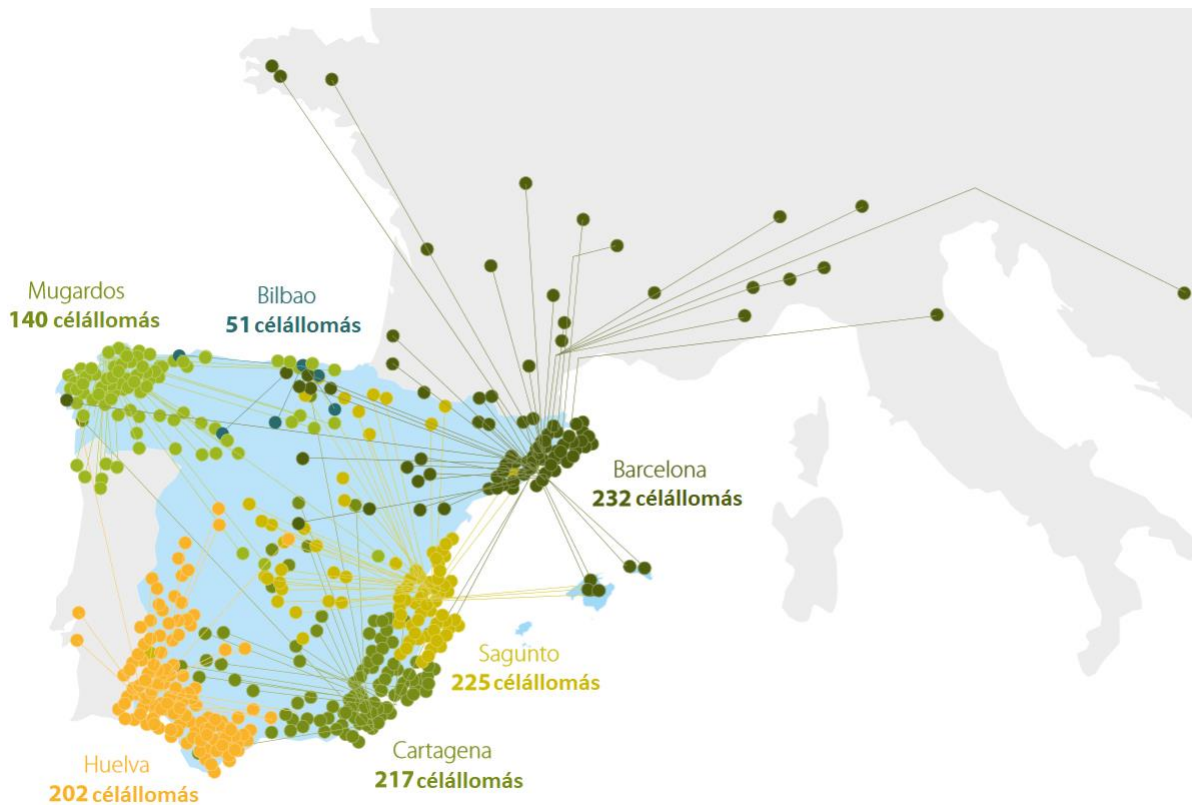
Az utóbbi években az LNG tehergépkocsi-töltő szolgáltatások iránti kereslet a spanyol gázrendszer hagyományos keresletének körülbelül 4-5% -át teszi ki (UNECE, 2017).

A spanyol LNG terminálokon töltési vagy szállítási céllal megforduló napi tehergépjárművek számát az alábbi táblázat mutatja (UNECE, 2017).

18. táblázat Spanyol LNG terminálok napi tehergépjármű tankolása

Barcelona	Cartagena	Huelva	Sagunto	Bilbao	Mugaridos
50	50	50	40	15	30

Forrás: UNECE, 2017



Forrás: Enagas, 2015

69. ábra Az LNG termináloknál megtöltött tartálykocsik célállomásainak száma 2015-ben

A közúti LNG használat dinamikus növekedését mutatja, hogy mára Spanyolország adja az LNG tehergépjármű-töltés közel 60%-át Európában. A 2011–2015 közötti időszakban csaknem 200 000 LNG teherautót töltöttek meg Spanyolországban, csak 2015 folyamán összesen 10 719 GWh-ot szállítottak el 34 400 LNG teherautón (UNECE, 2017).

Ezeknek a teherautóknak a rendeltetési helye nagyrészt üzemi volt, ezek többsége ipari vevőkhöz kapcsolódott. Ezek az ipari vásárlók ezután újból gázosították az LNG-t, és továbbították azt helyi elosztóhálózatokhoz, ipari ügyfelekhez, valamint kis- és középvállalkozásokhoz. Az LNG tehergépkocsin való szállítása különösen hasznos azokban az országokban, ahol a vezetékhálózat infrastruktúrája még nem érte el az összes felhasználót, vagy ahol a szóban forgó gázfelhasználók hálózathoz történő csatlakoztatásának beruházási költségei nem gazdaságosak. Az Enagas, mint a spanyol földgáz infrastruktúra üzemeltetője, az összes lépést felügyeli (UNECE, 2017).

2015-ben a szállítási helyek száma 869 helyszín, ami 10%-os növekedést jelentett az előző évhez képest. A terminálok közül kiemelkedik a barcelonai, amelyről a legtöbb desztinációt látják el, összesen 232 aktív úticéllal, majd Sagunto, Cartagena és Huelva következik, mindegyikük több mint 200 aktív úticéllal, a Mugardos-i terminál 140 és Bilbao 51 aktív úticéllal.

A 2015-ben végzett helyi országos szállításokon kívül a spanyol terminálokról távozó LNG teherautók más országoknak is szállítottak, például Franciaországnak, Olaszországnak, Portugáliának, Svájcnak és Macedóniának, mely új célállomásként jelent meg 2014-től.

2.3./6 Magyar helyzetkép

A dízelgázolaj ma Magyarországon a leggyakoribb üzemanyag a tehergépjárművek területén. A dízelüzem környezetterhelő hatását a korábbi fejezetben részletesen bemutattuk, ezért ezt itt nem részletezzük. A személy- és haszongépjárművekre 2014 szeptemberétől bevezetették az Euro 6 környezetvédelmi normát, amely új és költséges utókezelési technológiát igényel a dízelmotorok esetén. Ugyanakkor a CNG és az LNG hajtás már megfelel a javasolt Euro 6 kibocsátási követelményeknek.

A szigorú Euro 6 szabvány követelményei arra kényszerítik a gyártókat, hogy tiszta dízelmotorokat forgalmazzanak. Ezt az EGR (kipufogógáz-visszavezetés) és az SCR (szelektív katalitikus redukció) technológiával érhetik el. Az SCR katalizátor egy olyan dízelmotorral felszerelt jármű kipufogógázában lévő műszaki eszköz, amely átalakítja a kipufogógázban levő nitrogén-oxidot AdBlue (vizes karbamid-oldat) hozzáadásával. Az EGR technológiát a gyártók egy ideje alkalmazzák a nitrogén-oxid (NOx) kibocsátás csökkentésére. Az EGR-technológiával felszerelt gépjárművek azonban sok esetben – amelyek a gyártók szerint megfelelnek az Euro 6 szabvány követelményeinek – még mindig nem tiszták. Az Európai Bizottság ezért úgy döntött, hogy 2015. május 19-én bevezet egy új, valós közúti emissziós (RDE) mérési tesztet. Az új valós közúti emissziós tesztet 2017. szeptembertől alkalmazzák.

2.3./7 Javaslat az LNG közúti áru fuvarozásban történő hazai meghonosítására

Bár Magyarországon még nincs regisztrálva LNG hajtású nehézgépjármű, azonban Nyugat-Európában az LNG-t már számos helyen használják.

A kérdés, miszerint a tyúk vagy a tojás volt előbb, a közúti áru fuvarozásban az LNG elterjedése esetén is fellelhető.

Az LNG töltőállomás(ok) kialakításában vállalt állami szerepvállalás alapvető feltétele a jogszabályi kötelezettségeink teljesítésének és az elterjesztés megalapozásának. A csepeli small scale terminál elhelyezkedése okán kiváló töltési hely a hajózási útvonal mentén, azonban a közúti fuvarozás számára nem ideális. Az autópályáktól, illetve az M0 körgyűrűtől való távolsága miatt nem számolhatunk vele a közúti TEN-T forgalom kiszolgálásakor.

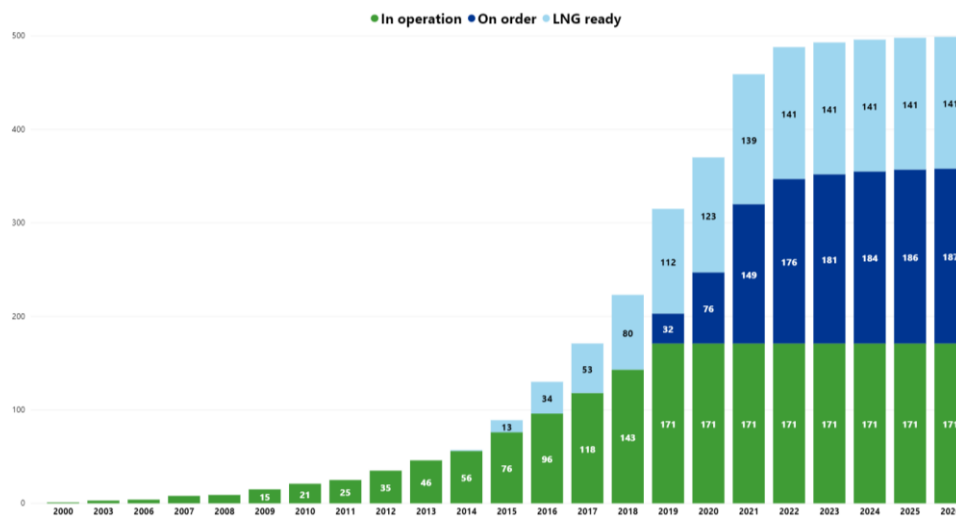
Azonban a kikötőben, mint logisztikai központban rendkívül jelentős a hazai és nemzetközi kamion forgalom (2018-ban 121 926 db/év), ami alapot teremt arra, hogy a töltőállomás szabad kapacitásait

a külföldi vagy az új hazai, a kikötőben megforduló LNG hajtású kamionok üzemanyaggal történő ellátására fordítsa.

2.4 LNG hajtás a hajózásban

2.4./1 Tengerhajózás

A DNV GL (2018) adatai szerint jelenleg világszinten 171 LNG-vel hajtott hajó üzemel, 2026-ig a rendelési könyvek szerint további 187 gyártása fejeződik be, és még 141 db kész az LNG-vel való hajtásra, de most nem LNG-vel üzemel. Ez összesen 499 hajót jelent.



Forrás: Link 53

70. ábra LNG-vel hajtott hajók száma

A DNV GL, 2018 anyagból kiderül továbbá az is, hogy a már üzemben levő 171 hajó kb. 67%-a európai vizeken hajózik, de a megrendelés/gyártás alatt levő 187 hajó piacra lépésével ez az arány némileg csökken, mely azt érzékelteti, hogy egyre több helyen, egyre nagyobb területen lesz elérhető az LNG, mint üzemanyag. Az LNG hajók üzemelésének jelenleg meglévő polarizáltságát a 71. ábra jól mutatja.



Forrás: Link 54

71. ábra LNG-vel hajtott hajók mozgása (meleg színek: sűrű előfordulás)

Érdekes tény továbbá, hogy a már üzemben levő hajók motorja 63%-ban DF technológiát használ, az újonnan rendelt hajók esetében ez viszont 78%-on van, mely azt mutatja, hogy ez a technológia a legvonzóbb a tengeri hajók szegmensében. Ennek több oka lehet, de az üzemanyag-ellátottság rugalmassága biztosan szerepet játszik.

Az LNG üzemanyag elérhetőségére vonatkozóan a DNV GL's Alternative Fuels Insight platform-on található információk alapján azt lehet kijelenteni, hogy a tengeri infrastruktúra kiépítettsége is alacsony szinten van. Az oldal aktuális adatai szerint (az adatok folyamatosan frissülnek) alig több mint 15 bunkerhajó üzemel, még kb. 35 db van a „megvalósítás eldöntve” fázisban illetve tárgyalás alatt. Ezek mellett kb. 50 helyen lehet már most teherautóról LNG-t tankolni, és ez idő szerint nagyjából 15 db ilyen hely van még tervbe véve. Közvetlenül parti tároló-tankból hajóba bunkerolni kb. 34 helyen lehet, ehhez jön még a közeljövőben 17 másik állomás, és tárgyalás alatt van kb. 20 db. Mivel egy helyen esetenként többféle szolgáltatás is elérhető, így a fenti számok összessége több, mint ahány helyen lehet valamilyen módon LNG üzemanyagot vételezni. A DNV GL (2018) alapján 60-70-re tehető azon földrajzi helyek száma, ahol valamilyen szolgáltatás LNG vonatkozásában elérhető. Emellett még további 60 helyen folyik előkészítési munka.

Mindezek a projektek annak a világméretű törekvésnek a részei, melynek során az LNG-t mint üzemanyagot promótálják úgy, mint a ma nagy léptékben is elérhető legtisztább hajtóanyagot, mely előfutára lehet más, még tisztább, de ma még mérhető jelentőséggel nem bíró üzemanyagoknak, mint pl. a hidrogén.

Oroszország

A sűrített és cseppfolyósított földgáz, mint jármű üzemanyag előállítás és forgalmazása a Gazprom legfontosabb prioritásai közé tartozik. Éppen ezért a földgázüzemű járművek (NGV) piacának fejlesztésére egy speciálisan ilyen célú társaságot – a Gazprom Gazomotornoye Topливо, GMT (gas-engine fuel) nevű céget – hoztak létre. A társaság stratégiai célja a földgáz közlekedésben való elterjesztése, és a cég ipari vezető pozíciójának megerősítése az oroszországi motorüzemanyagok piacán. Fő üzleti tevékenységek:

- földgáz-értékesítés motorüzemanyagként az EcoGas márkanév alatt,
- a „Gazprom” CNG-töltőállomások infrastruktúrájának kiépítése és üzemeltetése,
- kapcsolattartás mind a szövetségi, mind a regionális hatóságokkal és az autógyártókkal az integrált piacfejlesztés érdekében,
- a járművek földgázhasználatának előmozdítása.

Jelenleg a Gazprom GMT 234 CNG-töltőállomást üzemeltet Oroszország 61 régiójában, 17 mobil gáz-töltőállomást, valamint több földgáz-cseppfolyósító létesítményt (pl. Kalinyingrádban, Peterhofban). A Gazprom-GMT jelentőségét hangsúlyozza a következő adati is: az Orosz Föderáció területén a CNG-

töltőállomások teljes száma 407, ebből a Gazprom Csoport tulajdonában lévő 310 állomás. Ezen töltőállomások teljes kapacitása évente 2,2 milliárd köbméter (Link 37).

A földgáz jármű üzemanyagként történő felhasználása Oroszországban folyamatosan növekszik. Az orosz NGV-piac jelentős növekedési potenciállal rendelkezik. E növekedést szolgálják az óriási földgáztartalékok és fejlett gázelosztó hálózat (amely hosszútávon megbízható gázellátást biztosít jármű üzemanyagként) és olyan rendelkezések, melyek az energiahatékony üzemanyagok közlekedésben való bevezetését növelik (ilyen többek között a 100 000 embert meghaladó városokban a személyszállító és a városi járművek földgázos üzeművé alakítására vonatkozó tervek megvalósítását szolgáló intézkedések). Szintén a növekedést biztosítja a földgázüzemű berendezések egyre növekvő választéka és a bővülő töltőinfrastruktúra, valamint a hagyományos járművek üzemanyagaihoz képesti alacsony földgázárak.



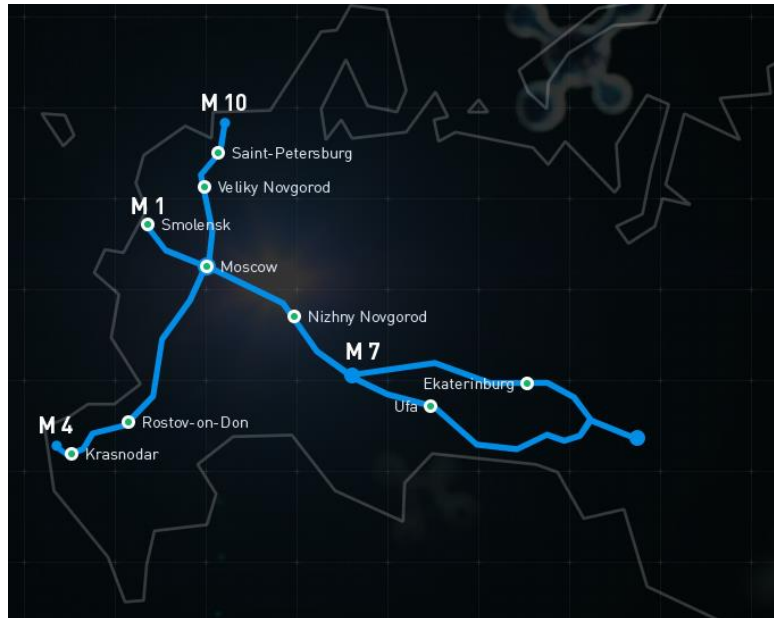
Forrás: Link 37

72. ábra Gáz töltőállomások Oroszországban (jobbra egy mobil állomás)

Az oroszországi kiskereskedelmi töltőállomás-lánc létrehozásának stratégiai megközelítése az NGV infrastruktúra gyors bővítését, valamint az NGV tranzit folyosók kialakítását irányozza elő több mint 50 prioritási régióban. Ennek keretében – az LNG motor üzemanyagként történő felhasználása céljából – folyamatban van egy kisüzemi (small scale) LNG termelési és -felhasználási infrastruktúra kiépítése is (kifejezetten ezt a célt szolgálja a Gazprom jóváhagyott 2016–2032-es fejlesztési programja). A kisméretű LNG-telepek gázelosztó terminálon, CNG-üzemanyag-állomásokon, valamint önálló létesítményeken kapnak majd helyet. Az oroszok az LNG kiskereskedelmi infrastruktúrájának több típusát is fejlesztik, ilyenek az:

- LNG töltőállomások;
- LCNG töltőállomások, amelyek CNG-t és LNG-t is biztosítanak;
- CNG-töltőállomások további LNG-tároló és üzemanyag-ellátó berendezésekkel.

Az LNG kiskereskedelmi lánc fejlesztésének első szakaszát a legnagyobb forgalmú autópályákon tervezik, mint például az A-181 Skandinávia: (finn határ - Szentpétervár), M10 (Szentpétervár - Moszkva), M7 (Moszkva - Ufa - Jekatyerinburg - Novoszibirszk, M1 (Fehéroroszország határa - Moszkva), M4 (Moszkva - Novorosszijszk).



73. ábra LNG töltőhálózat a főbb útvonalak mentén fog létrejönni

Ami az LNG jármű-infrastruktúrát illeti Oroszország komoly fejlesztési tervekkel rendelkezik. A Gazprom Gazomotornoye Toplivo, GMT honlapján (Link 38) található információk szerint a nehéz tehergépjárművek, a távolsági buszok, a mezőgazdasági gépek, a bányászati gépek, a vasúti és a tengeri szállítás lesznek a legfontosabb LNG-fogyasztók a közeljövőben. Az elképzelések alapján 2030-ra az LNG piaci részesedése várhatóan a nehéz tehergépjárművek és az intercity buszok terén 33%, a tengeri szállításban 27%, a bányászati gépeknél 23%, a vasúti közlekedésben 9% és a mezőgazdasági gépek esetében 8% lesz (Link 38).

Az Orosz Föderáció Közlekedési Minisztériumának Tengeri és Folyami Szállítás Föderációs Ügynöksége tájékoztatása szerint¹⁸ az Orosz Föderáció belvízi útjainak hálózata 101,67 ezer km-t tesz ki. A 2015-ös év során a garantált vízmélységgel rendelkező belvízi utak hossza a fenti értékhez képest annak kb. a fele volt, 49 014,4 km. A biztonságos navigációs feltételek biztosítása érdekében 2015-ben 20,9 millió m³ mederanyagot távolítottak el. Az országban a folyók hosszának ¼-e olyan, hogy ez adja az egyetlen összeköttetést, az áru és személyek különböző pontok közötti eljutásának egyetlen lehetőségét. A több mint 100.000 km-ből 16.000 km mesterséges víziút mintegy 100 zsilippel. A hajózási időszak a jegesedés miatt rövid, általában november és március között nincs hajózás, legrosszabb esetben mindössze 2.5 hónap csak a nyári időszak (Link31). A rövid hajózási „szezon” miatt a kifejezetten csak

¹⁸ <http://eng.morflot.ru/activities/vvt.html>

belvízi hajók gazdaságtalanul üzemeltethetőek, ezért a gazdaságosság érdekében Oroszországban igen jelentős az úgynevezett folyam-tengeri hajók flottája. Ezek jellemzően olyan 4-6000 t-ás hajók, melyek alkalmasak nemcsak a folyókon, de a part menti vizeken is közlekedni, mert rendelkeznek az ehhez szükséges felszereléssel és engedélyekkel. A flotta nagy része a jegesedés beálltával a part menti vizeken, főleg a balti területen, Kaszpi-, Fekete- vagy éppen a Földközi tengeren fuvaroznak.

A belvízi flotta nagyságára vonatkozóan nehéz megbízható adatot találni, az mindenesetre kitűnik, hogy több ezer hajóról van szó, melyek átlagéletkora több, mint több 36 év. 2011 óta a műszaki flotta hajóinak felújítását az „Oroszországi Közlekedési Rendszer fejlesztése (a 2010–2020-as időszakra)” szövetségi célprogram keretében hajtják végre, a „Belvízi szállítás” alprogram szerint. Ennek eredményeként 2015-ig 59 új hajót építettek és helyeztek üzembe (Link 39).

A tengeri flottát illetően elmondható, hogy 1000-s nagyságrendben vannak különböző típusú hajók a flottában, az átlagéletkor itt 20 év körül mozog. Több nagyvállalat van a piacon, ezek közül a 3 legnagyobb a Sovkomflot (100% állami tulajdonnal), a Novoship, és a PRISCO. A Sovcomflot Oroszország legnagyobb hajózási társasága, és a szénhidrogének tengeri szállításának, valamint a tengeri olaj- és gáztermelés kiszolgálásának és támogatásának világszinten is vezető szereplője.

A társaság (saját tulajdonú és bérelt) flottája a jeges körülmények közötti régiókból való szénhidrogének szállítására szakosodott, 147 hajót foglal magában, összesen 12 874 279 tonna hordképességgel. A hajók átlagos életkora igen alacsony, mindössze 9 év. Ebből a flottából az LNG-vel hajtott hajók részaránya kb. 10%. 2025-re a társaság azt tervezi, hogy az LNG-üzemű hajók a flotta 30%-át, vagy legalább 40 vagy több hajót tegyenek ki (Link 40). A belvízi és tengeri flotta e rövid áttekintéséből is látható, hogy Oroszországban a hajózásnak igen nagy pontenciálja van az LNG jövőbeni üzemanyagként alkalmazása területén.

USA

A közúti járművek mellett az USA-ban a (Link 43) szerint 2029-re a jelenlegihez képest mintegy 380 LNG-vel hajtott úszóművel lesz több, melyek között kb. 80-90 belvízi hajó várható (részben átalakított, de többségében új építésű). Ez a növekedés majd megközelítőleg 173.000 m³ éves LNG fogyasztást jelent azon a területen, amelyen a belvízi hajók közlekednek (a tengerparti sávokat és a nagy tavak vidékét itt nem veszik figyelembe, tehát a fogyasztás értéke alapvetően a 80-90 belvízi hajó várható fogyasztását jelenti). E becslések azonban feltételezik, hogy a gázellátás kielégítő mértékben biztosított lesz a belvízi utak mentén. Jelenleg az LNG tankolás alapvetően úszó állomásokról (tankuszályokról) történik inkább a nagyobb kereszteződési helyeken, mintsem a kikötőkben vagy a szokásos üzemanyag-vételezési helyeken (bunker-állomásokon). Ezek a mobil, úszó töltőállomások ugyanakkor nem csak az LNG-t, hanem a hajók számára szükséges egyéb szolgáltatásokat is kínálják, úgymint ivóvíz, kenőanyag, hulladékátvétel, stb.

Gladstein (2014) szerint a fejlődés területileg inkább a Mississippi alsó régiójára lesz várhatóan jellemzőbb, itt a helyi cseppfolyósító révén könnyebben biztosított a gázellátás. Európához hasonlóan az USA-ban is a tolóhajók játsszák a fő szerepet (itt különösen sok nagy teljesítményű van), de az átalakítás ott is ugyanolyan jellegű problémákat jelent, mint amit e dokumentum 2.5 alfejezeteiben európai vonatkozásban is megemlítünk.

Kína

A Kínai Közlekedési Minisztérium felhívással fordult a hatóságokhoz és a kínai cégekhez, hogy azok részesítsék előnyben az LNG üzemű tengeri hajózást. 2025-re megcélozzák egy olyan rendszer kialakítását, amely az LNG használatát előtérbe helyezi a tengeri és a belvízi hajózásnál egyaránt. Szintén cél egy tároló hálózati kapacitás létrehozása a vízi közlekedés számára. A minisztérium jelentése szerint LNG üzemanyagként való felhasználása jelentősen növekedett, az új építésű hajók esetében elérte a 15%-ot. Kínában az LNG üzemanyag felhasználása a belvizeken a Jangce folyó és a Pearl folyó deltájában, a Jangce folyó teljes hosszában, a Xijiang hajózási vonalon és a Peking-Hangzhou csatornán jelenleg mintegy 10%. A felhasznált LNG aránya új és kulcsfontosságú területeken, mint a Peking-Tianjin-Hebei és a környező térségekben pl.: a Jangce folyó deltájában közelít az 50%-hoz (Link 46).

India

A vízi közlekedés területén India tervezi, hogy a folyami teherszállítás elősegítésére egy LNG tároló létesítményt épít az észak indiai Ghazipurban. Az Indiai Belvízi Közlekedési Hatóság növelni szeretné a hajózási kapacitást a Ganga folyón Uttar Pradesh államban, ehhez kapcsolódóan egy LNG tároló létesítményt is építenek, mely várhatóan 2020 közepére készül el (Link 47).

Ausztrália

A belvízi hajózás Ausztráliában nem jellemző, és egyelőre a nagy LNG-vel hajtott tengeri hajók vagy éppen a part menti hajók sem tudnak könnyen LNG üzemanyagot vételezni. A gCaptain (Link 51) szerint 2017-ben volt az első LNG bunkerolás Ausztráliában, Dampier kikötőjében. Ezen kívül az EVOL LNG-nek még Fremantle kikötőjében van engedélye bunkerolásra.

A Manifold Timesban (Link 52) megjelent információk szerint Ausztrália erősen lemaradt más fejlett országok mögött az LNG tankolás, mint kikötői szolgáltatás biztosítása területén, annak ellenére, hogy ehhez Ausztrália több mint megfelelő adottságokkal rendelkezik. A nagy gázlelőhelyek, az LNG előállítás és a hozzá tartozó háttérpar fejlettsége többre elég, mégis a magas és változó gázár, a kormányzati támogatás hiánya és a szabályozások bizonytalansága hátráltatja LNG üzemanyagként terjedését. A Gas Energy Australia abban látja az előrelépés lehetőségét, ha az ország elfogadná a LNG tankolásról szóló nemzetközi szabványt (ISO 20519: Ships and marine technology: specification for

bunkering of liquefied natural gas fuelled vessels). Mindebből látható, hogy az infrastruktúra hiánya az LNG üzemanyagkénti elterjedését a partmenti és nemzetközi hajózásban is gátolja.

2.4./2 A Duna-Majna-Rajna (DMR) víziút és korszerűsítése

Egy víziút közlekedésének korszerűsítése számos módon megvalósítható.

Magának a víziútnak a korszerűsítése nyilvánvalóan közvetetten hozzájárul az azon folyó közlekedés fejlődéséhez is. Ide tartozhat a víziút paramétereinek (elsősorban a vízmélység és a szabad úrszelvény-magasság) javítása, ezzel összefüggésben a hajózható napok számának növelése, az egyes közlekedési módokhoz való kapcsolódási pontok számának növelése, színvonalának fejlesztése, a kikötői infrastruktúra javítása (pl. rakodási teljesítmény növelése, trimodálissá alakítás, kapcsolódó útvonalak fejlesztése akár a vágányszám vagy a sávok számának növelésével, stb.).

A közlekedés korszerűsítésének is több területe lehetséges, ilyenek a biztonság növelése, a szállítási volumen növelése, a vízi szállítás környezetvédelmi szempontú javítása (vagyis a levegőbe és vízbe történő káros anyagok kibocsátásának csökkentése), az információs vagy forgalomirányítási rendszerek fejlesztése, a víziúton közlekedő hajók fejlesztése (elsősorban az energiahatékonyság és károsanyag kibocsátás területén), az áruszállítással vagy éppen a hajók közlekedésével kapcsolatos szolgáltatások (pl. üzemanyag-, ivóvíz vételezése, mindenféle hulladék leadása, stb.) színvonalának növelése, a hajózás megbízhatóságának növekedés, hogy csak néhányat soroljunk fel a fontosabbak közül.

Az Európai Unió a belvízi hajózást és a hozzá tartozó víziutak korszerűsítését a fent említett területeket szem előtt tartva, számos módon támogatja. Ezek közül itt – a jelen projekttel való nyilvánvaló relevanciájuk miatt – csak az LNG belvízi hajózásban való használatának és elterjedésének (akár mint üzemanyag, akár mint rakomány) elősegítését szolgáló közlekedéspolitikai irányelveket és az ezek megvalósításához szorosan kapcsolódó, jelentősebb, LNG-vel hajtott hajók illetve LNG töltőállomások létrehozását valamint az utántöltés egyre szélesebb körű biztosítását célzó projektek főbb célkitűzéseit és azok eredményeit mutatjuk be.

A fenti leírásból és a hozzá tartozó kutatás eredményeképpen több érdekes dolog is megállapítható. Ezek között az egyik az, hogy szinte minden új LNG-vel hajtott hajó valamilyen belvízi tanker, tehát folyékony rakományt szállító hajó, kivétel a „Werkendam” munkahajó és az átalakított „Eiger”.

A másik megállapítás, mely egyfelől érdekes, de ugyanakkor szomorú is, hogy az előzetes elképzelésekhez, tervekhez képest az LNG belvízi hajózásban való elterjedése/elterjesztése lényegesen lassabb ütemben halad. Erre utal az Európai Parlament 2018. október 25-i állásfoglalása is, de ezt jelzi a több tervbe vett, de eddig meg nem valósult projekt is. A „beragadás” okaiként a szakemberek (Seitz, 2017) következőket azonosították:

- a hajókat üzemeltető cégek számára elérhető üzemanyagárakat illetően kicsi az árkülönbség az LNG és a dízelgázolaj üzemanyag között, az LNG világpiacon az árának nagyarányú csökkenése még nem jutott el a végfelhasználókhoz;
- az LNG-vel kapcsolatos felszerelések, elemek költsége még mindig igen magas, ezért kevés ilyen beruházás történik, kevés az innováció, a méretgazdaságosság még nem jelenik meg;
- a rendszerek engedélyeztetése még mindig nagyon szerteágazó és további járulékos költséggel is jár, mindez több terhet ró a hajótulajdonosokra, különösen egy hagyományos hajó engedélyeztetéséhez képest;
- finanszírozás támogatása hiányos – a CEF, mely kifejezetten felhasználható ilyen célokra is, sok megkötéssel bír;
- az említett NRMM rendelet felkészületlenül érte a belvízi hajózási szektort, a gázmotorgyártók is nehezen tudják teljesíteni a szigorú kibocsátási előírásokat;
- az egyéb szállítási módokkal folytatott nagy piaci verseny miatt kicsi a haszonkulcs, kevés forrás jut cégen belül a fejlesztésekre.

A jelzett dokumentumban nem került említésre, de nyilvánvaló az összefüggés a tankolási lehetőségek alacsony száma és nagyon egyenetlen eloszlása és az új hajók tervezése, gyártása között. A fent bemutatott hajók kizárólag a rajnai régió tengeri kikötőkhöz közeli részén, szinte mindig egyik végponttal valamilyen tengeri kikötőhöz hajózik, ahol az üzemanyag-ellátás még LNG-vel is megoldott. Egyéb helyeken, ahol nincs lehetőség még nagy biztonsággal LNG-t vételezni, ha minden egyéb körülmény kedvező is lenne, akkor sem várhatnánk nagyarányú hajófejlesztést addig, amíg a töltőállomások hálózata kielégítő sűrűségű nem lesz.

Wurster et al., (2014) szerint az LNG belvízi hajózásban való elterjedésének további komoly akadályozó tényezője, hogy nincs konszenzus a regisztráció és jóváhagyások jogi szabályozási keretrendszerét illetően, ezen belül is különös tekintettel az üzemanyag és annak vételezésével kapcsolatos biztonsági szabályokra vonatkozóan.

2.5 Az LNG dunai hajózásban történő elterjedésének műszaki feltételei

A belvízi hajók LNG hajtásrendszerének konfigurációjakor számos tényezőt szükséges figyelembe venni, az LNG rendszer elemek elhelyezését befolyásolja a hajó fedélzetének (deck) mérete, a hajótest, a hajó útvonala, valamint a motor részleges terhelésének és a teljes terhelési periódusainak megoszlása. Ma már több európai (alapvetően holland és belga) hajógyártó készít LNG fogadására alkalmas hajótesteket, és több LNG motor gyártó kínál különböző teljesítmény tartományú és meghajtású LNG motorokat a belvízi – szállítmányozási célú - hajók számára.

A PROMINENT projekt keretében egy igen részletes és átfogó, az LNG konverzió szempontjából is sok szükséges adatot tartalmazó elemzés készült a rajnai és dunai flottával kapcsolatban (PROMINENT D1.1, 2016). A 19. Táblázatban láthatók a különböző hajótípus-kategóriák a hozzájuk tartozó egyéb hasznos adatokkal. A korábban említett szakirodalmak ezek közül az előzetes CBA elemzések alapján a narancs színnel kiemelt típusokat tartják LNG hajtásra potenciálisan (de nem feltétlenül) alkalmasnak. Érdekes módon a külön kategóriaként megjelölt dunai tolt karavánok hajóit nem jelölték meg, pedig mind a motorteljesítmény, mind az átlagos üzemanyag-fogyasztás oldaláról alkalmasnak tekinthetők.

19. Táblázat A PROMINENT hajótípus-kategóriái

Flotta család	Hajó típus	Hosszúság (m)	Szélesség (m)	Merülési mélység (m)	Max hasznos teher (t)	Üzemórák/év	# motorok	Teljesítmény (kW)	Üzemanyag fogyasztás (m ³)
Utasszállító hajó (hotel/cruise)	PAX 135m	135	11.5	2	-	4318	2	1492	438
Tolóhajó <500 kW	PB <500 kW B04	85	8.2	2.7	1250	3360	1	400	82
Tolóhajó 500-2000 kW	PushB2L 500-2000kW	190	11.4	3	5000 / 352 TEU	8064	2	1249	141
Tolóhajó 500-2000 kW	PushBII-1, 500-2000kW	130	11.4	6	2800	4313	2	1249	178
Tolóhajó >=2000 kW	Push B4 > 2000 kW	190	22.8	4	11200	8064	3	4080	1107
Push B6 > 2000 kW		270	22.8	4	16800	8064	3	4080	2351
Száraz árut szállító motorhajó >=110m hosszú	MVS 110m	110	11.4	3.5	3043	4318	1	1527	311
MVS 135m		135	11.4	3.3	3300 / 268 TEU	7898	2	1492	477
Folyékony árut szállító motorhajó >=110m hosszú	MTS 110m	110	11.4	3.5	2908	4318	1.1	1550	360
MTS 135m (M11)		135	11.4	4	4290 (5320 m ³)	7898	2	2347	357

MTS 135M (M12)		135	17	3.8	6228	7898	2	2370	357
Száraz árut szállító motorhajó 80-109m hosszú	MVS 80m	80	8.2	2.7	1250	3499	1	700	111
MVS 86m		86	9.5	2.9	1522	3971	1.1	756	155
MVS 105m		105	9.5	3	2050	4013	1.1	1286	311
Folyékony árut szállító motorhajó 80-109m hosszú	MTS 86m	86	9.5	3.2	1680 (1918m3)	3971	1	1210	272
Motorhajó <80 m hosszú	MVS 67m	67	8.2	2.7	985	3778	1.2	445	81
MVS 55m		55	7.2	2.6	653	3874	1	319	48
MVS 50m		50	6.6	2.6	650	3830	1	300	34
MVS 38,5m		39	5.1	2.5	400	3265	1	220	23
Páros konvoj	C3L/B	110 + 80	11.4	3.4	5500	8064	2	2351	558
Dunai karaván	tolóhajó+4 bárka	178	22.8	2.7	6400	8064	2	2000	1533
	tolóha-jó+8/9 bárka	267	33	2.9	17400	8064	2	2000	1252

Forrás: Prominent, 2016

A Panteia (2013) tanulmánya különbséget tesz az új építésű és az átalakított hajók között, és azt javasolja, hogy új hajó esetén a 110 m hosszú és 2750 t kapacitást meghaladóan érdemes LNG hajtásban gondolkodni, átalakítás esetén viszont a határt 135 m-re és kb. 5000 t-ra teszi.

A táblázatban potenciálisan alkalmasnak megjelölt típusok esetén is a megtérülési idő nagyon változatos attól függően, hogy az olajár hogyan alakul az LNG árához képest. A Sluiman et al. (2019) elemzése szerint a megtérülési idő a legjobb esetben is 5-10 év, de a legkedvezőtlenebb scenárió esetén pedig akár 50-70 év is lehet. A nagy beruházási költségek melletti bizonytalan dízel-LNG árrés miatt akár az is előfordulhat tehát, hogy egy kezdetben előnyökkel kecsegtető beruházás esetén óriási tőkeberagadás történhet a piaci árak kedvezőtlen irányú változása révén. Tekintetbe véve, hogy az LNG rendszer becsült gazdaságos üzemideje 10 év és a maradványérték mindössze 30%, mindezek a számok megmagyarázzák, miért nem olyan robbanásszerű az az LNG-re átállás még a fejlett rajnai régióban sem. A számításokból az is kiderül, hogy legalább 500 m³ éves üzemanyag-fogyasztás mellett térülhet meg a beruházás, és természetesen minél nagyobb a fogyasztás és az olajárhoz képesti LNG árnyereség, annál rövidebb a megtérülési idő.

A dunai régió flottájának áttérése LNG-re mindezeket számításba kell vegye. Annak érdekében, hogy képet kaphassunk az LNG-re való átállással kapcsolatban, számba kell venni a régió flottájának jelenlegi összetételét.

A hajóflottára vonatkozóan több forrásból is lehet tájékozódni, de sajnos egyik sem tökéletes. A DB statisztikáiban (DC stat, 2016) AT nincs benne, de az megállapítható, hogy 2010 után nem épült új hajó a statisztika szerint. Biztosan van néhány, de ez számottevően nem befolyásolja a flotta összetételét és jellegét. A DB statisztikából ugyanakkor nem látható, hogy az egyes fent nevezett hajó kategóriákba hány hajó esik, mert csak hajószámot, össz-gépteljesítményt és össz-kapacitást tartalmaz. 2013-ban készült egy tanulmány a hajókon keletkező hulladékokat illetően CO-WANDA (2013), melynek során a projektben részt vevő országok képviselői az országuk hajóregisztereit alapul véve készítettek egy statisztikát a dunai régió hajóparkját illetően. Itt minden Duna-menti országból érkeztek adatok és bár az adatsor 2013-as állapotot rögzít, mégis érvényesnek tekinthető az egyéb statisztikákból látható minimális számú új hajó miatt. A hajópark összetételét a 20. Táblázat mutatja. A tanulmány további értékes pontja, hogy a szerzők nem csak a hajóregiszterekben szereplő hajók számát, hanem a valóban üzemben levő hajók számát is igyekeztek felmérni. Ennek eredményeképpen megállapították, hogy a flotta ténylegesen üzemben levő nagysága mintegy 8-900 hajót jelent, ebben benne vannak a személyhajók is és az adott országban minden más vízi úton (Magyarországon pl. a Balatonon) közlekedő hajók is. E tanulmányban az üzemelő hajókra vonatkozó adatoknál azonban nem található semmilyen utalás a gépteljesítményre, tehát a fenti kategóriákba való besorolás igen nehézkes.

20. Táblázat Hajóflotta országoként a CO-WANDA adatok alapján

Főgép teljesítmény (kW)	AT	SK	HU	HR	SR	RO	BG	MO	UA	ÖSSZESEN
<250	107	10	52	37	55	1096	27	1	30	1415
250-500	52	29	116	7	28	338	22	5	6	603
501-750	31	29	118	7	35	223	22	7	3	475
751-1250	19	74	29	5	10	123	19	6	5	290
1251-2000	7	38	0	2	10	102	18	3	80	260
2001-3000	3	0	0	0	3	38	4	0	8	56
>3000	1	0	0	0	0	102	0	0	0	103
ÖSSZESEN	220	180	315	58	141	2022	112	22	132	3202
üzemben lévő hajók becsült száma	100	65	160	30	141	299	na.	40	49	884

Bár a táblázat csak a főgép teljesítmény szerint differenciál, ismerve a dunai flotta jellegzetességeit elmondható, hogy a 1251-2000 kW-os kategóriába esnek a nagyobb méretű önjáró hajók, melynek száma relatíve alacsony, és a tolóhajók ill. toló-vontatóhajók. A 2000 kW feletti kategóriákba egyértelműen tolóhajók lehetnek, míg a 751-1250 kW-os sávba tartoznak az átlagos dunai önjáró hajók. A korábban várhatóan gazdaságosan LNG-re átalakítható hajókat kategóriákba így mindösszesen $260+56+103=419$ hajó tartozik. Ez azonban a hajóregiszterben levő, nem a ténylegesen üzemben álló hajók száma. Ha a fenti táblázatban szereplő kb. 25%-os arányt is figyelembe vesszük, akkor nagyjából 100 hajó marad, amely potenciálisan LNG üzemű lehetne a jövőben. Ezek nagy többsége a fentiek alapján valószínűsíthetően tolóhajó.

A DB statisztikából az is látszik, hogy a flotta átlagéletkora nagyjából 40 év körül van, és a fiatal 1990 után épült hajók darabszáma a teljes flotta kb. 10 %-át teszi csak ki. Nagy kérdés, hogy mekkora az átfedés a relatíve fiatal és a kellően nagy teljesítményű hajók csoportja között. Látható tehát, hogy a dunai flotta csak nagyon kis mértékben alkalmas az LNG-re való átállásra, legalábbis addig, amíg a beruházási költségek ilyen magasak és az üzemanyagárak között ilyen kicsi a különbség. Mindezeket tetézi a tény, hogy a meglévő tolóhajók átalakítása talán az egyik legnehezebb feladat, hiszen a hajók relatíve kis méretekkel rendelkeznek, viszont nagy fogyasztásukból következően nagy LNG tankra lenne szükség. Tekintetbe véve a szükséges biztonsági távolságokat is, ezek elhelyezése nagyon sok esetben megvalósíthatatlan, vagy éppen a tolóhajó olyan mértékű átalakítását igényelné (pl. a hajótest meghosszabbítása), mely az egyébként is bizonytalan megtérüléssel járó tőkeigényes beruházást még inkább ellehetetleníti.

Arra vonatkozóan ütemtervet készíteni, hogy milyen időtávon milyen mértékben jelenhetnek meg LNG-t igénylő folyami hajók, a fentiek alapján gyakorlatilag értelmetlen. Ennek ellenére Csepeli Szabadkikötő LNG töltőállomás üzleti modelljének elkészítéséhez felállítunk egy LNG penetrációs tervet, melyet a gazdasági számításoknál veszünk alapul.

Mára – több megvalósíthatósági tanulmány és konkrét megvalósult projekt után – teljesen elfogadott álláspont az, hogy gazdaságossági szempontból nem minden hajótípus alkalmas az LNG-re való átállításra. A gazdaságossági szempont mellett azonban az is nyilvánvaló, hogy a károsanyag-kibocsátás mérséklése, és a jelenlegi emissziós szabványok betartása sokkal könnyebben megvalósítható egy LNG üzemmel, tehát környezetvédelmi szempontból az LNG hasznossága nem kérdőjelezhető meg. Az is egyértelmű viszont, hogy egy egyébként sok tekintetben kedvező megoldásra való áttérés nehezen történik meg akkor, ha nem lehet mellé gazdasági hasznot társítani. Ez a ma még természetes jelenség figyelhető meg az LNG átalakításokkal kapcsolatban is.

A gazdasági haszon elmaradásának okai a Karaarslan (2017), Panteia (2013), TNO (2011) és a Wurster et al., (2014) alapján a következőkben foglalhatók össze:

- műszaki vonatkozású problémák:
 - a hajó egyszerűen kicsi az LNG rendszer elhelyezéséhez, mert az LNG kisebb energiasűrűsége miatt a dízelgázolaj üzemanyaghoz képest kb. 1,8-szoros üzemanyag-tároló helyre van szükség;
 - emellett figyelembe veendő, hogy a tartály névleges kapacitását a tervezett hatótáv alapján meghatározható tényleges fogyasztáshoz képest nagyobbra kell megválasztani abból kiindulva, hogy 10% maradékot célszerű tartani és a tartályt általában nem is lehet 90%-nál jobban megtölteni;
 - a nagyobb helyigényű tartályokat el lehet helyezni a hajótestben vagy a fedélzeten, ez utóbbi stabilitási szempontból kedvezőtlen, előbbi kialakítás pedig a rakománytól veszi el a helyet, csökkenhet a hasznos hordképesség;
 - ezek a kérdések egy új hajó tervezésénél könnyebben megválaszolhatók, de egy régi hajó átalakításánál – ahol az esetlegesen nagyméretű, használaton kívül kerülő dízelgázolaj tankok térfogata nem hasznosítható azok LNG szempontjából kedvezőtlen elhelyezkedése miatt – sokszor leküzdhetetlen problémába torkollanak.
- pénzügyi problémák:
 - a beruházás költsége magas, jelenleg is még kb. kétszerese az új dízelmotoros megoldásnak, mind a hajtómotorok, mind pedig az üzemanyagot tároló tankok/tartályok és a hozzá tartozó csőrendszer is drágább;

- ha a hajó üzemeltetési jellegéből vagy méretéből adódóan az éves üzemanyag-fogyasztás mértéke kicsi, akkor a dízel-LNG árkülönbségből származó haszon nagyon hosszú megtérülési időt eredményez;
- másik oldalról is megközelíthető a kérdés: az adott piaci viszonyok között a dízel-LNG árkülönbség kicsi ahhoz, hogy az adott üzemanyag-fogyasztással rendelkező hajónál értelmetesen megtérülhessen a beruházás.

2.5./1 Az átalakítás lépései

A hajótulajdonosnak vagy flotta üzemeltetőnek az alábbi lépések szükséges végig járniuk, amennyiben LNG-re való átállást terveznek megvalósítani:

- első konzultáció egy LNG telepítésben vagy átalakításban már tapasztalattal bíró tervező és kivitelező céggel, melynek során átbeszéljük, hogy milyen típusú, méretű hajó(k)ról lenne szó, milyen az üzemeltetés jellege, stb. Mindezek az információk szükségesek annak meghatározásához, hogy milyen jellegű LNG-rendszerrel kapcsolatos eszközök, berendezések telepítése lehet célravezető. A megbeszélés során áttekinthetők a különböző rendszerek előnyei és hátrányai, melyek ismeretében már a hajótulajdonos is bővebb képet kap a rendszer sajátosságait illetően, és a legjobbnak tűnő megoldás főbb elemei is kiválaszthatók. Ilyenek a motor típusa, a szükséges teljesítmény, a géptér kialakítása, tank típusa, mérete, stb.
- az első megbeszélés után kapott információk ismeretében meg kell vizsgálni – praktikusán az átalakítandó hajó fedélzetén – hogy milyen lehetőségek kínálóznak az LNG tank és a hozzá tartozó egyéb felszerelések elhelyezésére. Ennek során a hozzáértők számára felmérhető nagyjából az is, hogy milyen mértékű átalakításokra lenne szükség az új rendszer telepítéséhez.
- A lehetőségek számbavételekor a szakértők azt is figyelembe veszik, hogy a vonatkozó előírások kielégíthetők legyenek.
- Mindezek után egy durva költségbecslés és egy haszonelemzés is végezhető, melynek eredményeképpen az is eldönthető, hogy a műszakilag esetleg megvalósítható beruházás gazdaságilag is elfogadható-e.
- Az előzetes költség-haszon elemzés eredményét ismerve a hajótulajdonosnak döntést kell hozni a projekt tényleges megvalósítását illetően.
- Pozitív döntés után következik az előtervezési fázis, melynek során elkészül a hajó új, LNG-rendszerrel is magába foglaló általános elrendezési rajza. Ehhez a tervezők az összes alkalmazandó előírást is figyelembe veszik, különös tekintettel a tank elhelyezésére, szellőztető rendszerre, veszélyzónákra, légbeömlő és füstgázvezető csatornákra stb., valamint az ép és sérült hajó stabilitására vonatkozóan. Ezek mellett elkészül egy műszaki

leírás, mely az elvégzendő feladatokat is tartalmazza. Ezek ismeretében adható ki egy felelős árajánlat az átalakítási munkára.

- Az ajánlat elfogadása esetén a szerződéskötés fázisa következik. A szerződés általában tartalmazza a részletes műszaki leírást, néhány fontosabb rajzot, a beépítendő elemek típusát, gyártóját és egy ütemezést is.
- Esetenként a szerződést célszerű két részre bontani. Az első rész a részletes és a megbízó, a kiválasztott hajóosztályozó társaság és a hatóságok által jóváhagyott terveket tartalmazza, ezek alapján lehet véglegesíteni a beszerzendő eszközök listáját is és a projekt költségvetését is. A második rész a kidolgozott kiviteli tervek alapján a tényleges megvalósítás, gyártás, tesztek és jóváhagyás, majd a hajó átadása.
- A részletes tervek elkészülte után indulhat a gyártás, mely a főbb elemek és alapanyagok megrendelésével, valamint az egyes részrendszerek alvállalkozóinak bevonásával kezdődik. A rendszer kiépítése után kezdődhetnek a tesztek, melyek során az LNG tankot először általában meleg nitrogénnel kiszárítják, majd hideg később folyékony nitrogénnel kb. -120°C -ra hűtik. A tank LNG üzemanyaggal feltöltése csak ezután történhet meg.
- A rendszer üzemanyaggal és kenőanyaggal feltöltése után jöhetnek az előzetes tesztek, próbák, melyekre a gyár meghívja a hajótulajdonost és a hajót majdan üzemeltető műszaki személyzetet, szakembereket annak érdekében, hogy megismerkedhessenek a hajó rendszereivel és megfelelő tudást szerezzenek azok üzemeltetésével kapcsolatban. Az ez után következő kikötői próbákon a tulajdonos képviselői mellett az osztályozó társaság szakemberei is jelen vannak. Újabb próbák következnek, immár a folyón, melynek során a gyár a rendszerek finomhangolását végzi el. Ezt követi a hivatalos hatósági és osztályozó társasági futópróba majd a hajó átadása a hajó teljes dokumentációjának átadásával együtt.

2.5./2 Jóváhagyás, engedélyezés

Mint azt korábban említettük, a LNG üzemanyagként való alkalmazásával kapcsolatosan az egyik nagy hátráltató tényező a hajtásrendszer terveinek és kivitelezésének jóváhagyása, engedélyezése. Annak ellenére, hogy az elmúlt években sok előrelépés történt a területen, a jóváhagyási procedúra még mindig a legnehezebb fázisa a megvalósításnak.

10 évvel ezelőtt, a kezdetek kezdetén – legalább is, ami a belvízi hajózást illeti – a LNG mint üzemanyag alkalmazása az előírások szerint tilos volt (ld. a hatályát veszített 2006/87/EC rendeletet). 2015-re eljutottunk oda, hogy a Rajnai Hajózás Központi Bizottsága (CCNR) égisze alatt működő, a belvízi hajózás területére vonatkozó szabványok kidolgozásáért felelős európai bizottság, vagyis a CESNI (European Committee for drawing up Standards in the field of Inland Navigation) megalkotta az ES-TRIN (European Standard laying down Technical Requirements for Inland Navigation vessels vagyis a

belvízi hajók műszaki követelményeiről szóló európai szabvány) keretében az LNG-s üzemanyagú belvízi hajókkal kapcsolatos műszaki irányelveket. Ennek alkalmazását az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2016/1629 irányelve (2016. szeptember 14.) a belvízi hajókra vonatkozó műszaki követelmények megállapításáról, a 2009/100/EK irányelv módosításáról és a 2006/87/EK irányelv hatályon kívül helyezéséről című rendelete kötelezővé is teszi azzal a kitételrel, hogy „a Rajna folyón közlekedő hajókra vonatkozóan a Rajnai Hajózási Központi Bizottság (CCNR) határozza meg a műszaki követelményeket”.

Az ES-TRIN 2019/1 (ES-TRIN 2019) számú szabványban a 30. fejezet foglalkozik az 55 ° C vagy az alatti lobbanáspontú üzemanyagot használó hajókra vonatkozó követelményekkel, részletesebben is a 8. melléklet. Itt a következő fejezetek kerülnek tárgyalásra:

- 1. szakasz - cseppfolyósított földgáz (LNG):
 - A fedélzeten lévő veszélyes területek osztályozása (0., 1. és 2. zóna)
 - LNG-tároló rendszer
 - Géptér – ezen belül három lehetőség: Gázbiztos géptér; Robbanásbiztos géptér; ESD (vészleállítás)-vel védett motortér
 - Kettős falú csőrendszer
 - Szellőztető rendszer
 - LNG üzemanyag-vételező rendszer
 - Gázellátó rendszer
 - Tűzvédelmi rendszerek
 - Elektromos rendszer
 - Vezérlő, ellenőrző és biztonsági rendszerek

Mindezek mellett a hajók műszaki megfelelőségének ellenőrzésére és jóváhagyására osztályozó társaságokat szoktak bevonni. Ezek a társaságok nagy tapasztalattal rendelkeznek a műszaki megfelelőség tanúsítása terén, így az ezek által kiállított igazolásokat a nemzeti hatóságok elfogadják, és a hajóknak ez alapján adnak üzemelési engedélyt, hajóbizonyítványt. Az osztályozó társaságok belvízi hajókra vonatkozó előírásai között azonban egyelőre csak elvétve találunk LNG üzemanyaggal és az ehhez kapcsolódó rendszerekkel kapcsolatos passzusokat, az ES-TRIN-hez hasonló mélységben nem. Mivel az osztályozó társaságok, mint független szervezetek csak azt igazolják, hogy a hajók a saját előírásaiknak megfelelnek, de azok nem tartalmazzak LNG-specifikus fejezeteket, így a jóváhagyási procedúra – az ES-TRIN megléte ellenére – továbbra sem gördülékeny.

Azon belvízi hajókra vonatkozó előírások, amelyek egyáltalán foglalkoznak a kérdéssel, jellemzően a tengeri hajókra elkészült szabályozásokra hivatkoznak, illetve leírják, hogy a helyi hatóságok

jóváhagyása (is) szükséges¹⁹. Mivel az osztályozó társaságok, mint független szervezetek csak azt igazolják, hogy a hajók a saját előírásaiknak megfelelnek, de azok belvízi előírásai nem tartalmazzak LNG-specifikus fejezeteket, így a jóváhagyási procedúra – az ES-TRIN megléte ellenére – továbbra sem gördülékeny.

2.5./3 Műszaki megoldások

A VII.1 „Motorikus jellemzők” fejezetben részletesen bemutattuk az LNG motorok gáz és/vagy dízelgázolaj (Mono és Dual Fuel) működési elvét. Jelen fejezetben ezt meghaladóan adunk képet a dunai folyami hajózásban alkalmazható LNG hajtásrendszer elemeiről.

- Mono vagy Dual fuel motor
- Kriogén tartály: az LNG üzemanyag megfelelő (hőmérsékleti) körülmények közötti tárolásához szükséges tank. A szakirodalmi források adatai alapján a belvízi szállítmányozáshoz szükséges tartály minimum mérete 40 m³. Ugyanakkor a szállítmányozó cégek honlapján feltüntetett tank méretek 60m³-es kriogén tartályokat írnak, de említenek 90m³-es üzemanyag tartályt is (Somtrans LNG), mivel a folyami hajózásban 2019. október 30²⁰-ig nem volt kiépített folyami bunker állomás infrastruktúra, a belvízi szállítók csak az Amsterdam-Rotterdam-Antwerpen (ARA) tengeri kikötők valamelyikében tudtak LNG üzemanyagot vételezni.
- Tartály csatlakozás: A tartály csatlakozási helye a tartály csatlakozásait körülvevő fizikai tér. Ez különböző párologtatókat és szelepeket tartalmaz, mely része az üzemanyag-gázellátó rendszernek.
- LNG hajtás telepítése: A teljes LNG hajtás konfiguráció telepítése jelentős költség tényező az LNG hajtási rendszerben, különösen a bunkerolást, azaz a töltést biztosító csatlakozás, a tartály csatlakozás helyének kialakítása, ahol a motor nagy helyigényű csövei találhatóak, de itt kell megemlíteni a kriogén tartály beszerelését is, amelyet a korábbiakban leírtak alapján a deck alá és fölé lehet elhelyezni. A kriogén tartály deck alatti elhelyezése bonyolultabb, ezért költségesebb művelet, mivel felszereléséhez extra hegesztési és vágási tevékenységekre van szükség.

¹⁹ A DNV GL belvízi hajókra érvényes előírásában (Rules for classification: Inland navigation vessels - DNVGL-RU-INV-Pt4Ch1. Edition December 2015., Machinery and systems) például ez áll:

„2.1.3 Fuels

The use of liquid fuels shall comply with the requirements in Sec.1 [2.6]. Only internal combustion engines burning liquid fuels having a flash point of more than 55 °C may be installed. The use of gaseous fuels is subject to a further design approval. Guidance note: The International Code of Safety for ships using gases or other Low - flashpoint Fuels (IGF Code) is currently under development at IMO. Therefore, acceptance by the flag administration is necessary for each individual installation. ---e-n-d---of---g-u-i-d-a-n-c-e---n-o-t-e---,,

²⁰ 2019. október 30-án adták át Kölnben az első rajnai, LNG hajók töltésére létrehozott bunkerállomást (<https://www.pitpointcleanfuels.com/>)



74. ábra Deck feletti tartály elhelyezés



75. ábra Deck alatti tartály elhelyezés

Motorok

Az LNG üzemanyagrendszerre átálláshoz választható motorok között – mint azt korábban már említettük – megtalálhatók a kettős üzemanyaggal és a csak gázzal üzemelő motorok. A motor kiválasztásánál többek között szempont a motor teljesítménye, a hajtásrendszer jellege (propulzióra vagy generátor-hajtásra használható-e), az LNG korlátlan vagy korlátozott elérhetősége, és az, hogy a motor karbantartása, szervizelése egyszerűen megoldható legyen, lehetőség szerint legyen a gyártónak területi képviselője és szervize.

A dunai folyosón közlekedő belvízi hajók teljesítményszintje elég változó. A kisebb, 80 m alatti hosszúsággal rendelkező hajók (kis önjárók, szolgálati és munkahajók, kirándulóhajók, kompok, stb.) általában egy hajócsavarral rendelkeznek, és ezért egy főgéjük van, ennek teljesítménye a néhány-száz kW nagyságrendbe esik. A 85-110-135m hosszú önjárók általában egy vagy két csavarral szereltek és ennek megfelelően 1-2 motor van beépítve, ezek egység teljesítménye kb. 700-1500 kW között mozog. A tolóhajók általában 2 vagy 3 hajócsavarosak, a beépített gépek teljesítménye a kisebb hajókban 5-600 kW, a nagyobbakban 1200-1500 kW között van. Ebből látható, hogy a belvízi hajózás számára a kb. 1500 kW-nál nagyobb motorok már nem jönnek számításba.

A kettős üzemanyagú motorok terén kezdetben a Wärtsilä volt a meghatározó, mára azonban egyre több gyártó kínál DF motort. Igaz, sok esetben a motorok egység teljesítménye nagyobb a belvízi hajózás területén megszokott egység teljesítményeknél, ez a választási lehetőségeket leszűkíti.

A már említett Wärtsilä legkisebb motorja a 6L20DF, melynek legkisebb, 6 hengeres változata is 1100 kW névleges teljesítménnyel rendelkezik (Link17). E motor generátoros csomagban is elérhető. Az MAN legkisebb DF propulziós motorja kb. 3100 kW (MAN L35/44DF), mely igen nagy egy egységben a belvízi hajózás számára. Generátorhajtásra elérhető kisebb változat, itt a MAN L23/30DF 625 kW a legkisebb teljesítmény, mely egy gáz-elektromos hajtás számára már alternatíva lehet még egy belvízi hajóban is. A Caterpillar motorjai szintén elég elterjedtek Európában, de itt is kb. 3000 kW a legkisebb

motor (M34) (Link18). A Caterpillar egyik leányvállalata által forgalmazott EMD motorcsaládnak szintén van DF változata, a teljesítmény itt is 1250 kW-nál kezdődik (Link19). A Yanmar cég is megjelent két DF motorral, ezek között a kisebb 1200 kW (6EY26DF) (Link20). A Daihatsu Diesel is kínál hajtásra használható kisebb teljesítményű motort, a DE20DF teljesítménye 890 kW (Link21). A belga ABC cég legkisebb DF motorja, a 6DZD 1000 kW-os (Link22), de elérhetőek ennél nagyobbak is. Ezek a gyártók már most kínálnak DF motorokat, de a sorba egyre több cég csatlakozik be, kérdés azonban, hogy a kis motorok területén is fejlesztenek-e DF változatot.

A tisztán gáz üzemanyaggal működő motorok kínálata a kisebb teljesítménytartományban szélesebb, itt több motor elérhető. Ennek oka, hogy a nem hajós, hanem szárazföldi energiatermelési szektorban számos ilyen motor van már régebb óta. Itt a gázellátás biztosított folyamatosan, így nem kell DF motorban gondolkodni, ezeket a motorokat azonban generátorhajtásra használják. A motorok a gáz üzemanyag miatt általában minden további nélkül megfelelnek a hajózás számára előírt emissziós követelményeknek. A fentiekből azonban egyértelműen következik, hogy a tisztán gázmotorokat a hajós környezetben is energiatermelésre, vagyis generátorhajtásra lehet jellemzően használni. Közvetlen propulzióra kínált tiszta gázmotor csak a nagy tengeri hajókra jellemző teljesítménytartományban érhető el. Ezen túlmenően szükséges azt is megjegyezni, hogy általában a motorok kialakításából következően ezek nem gázbiztos kialakításúak, ezt a géptér kialakításánál figyelembe kell venni (ld. következő alfejezet)

E kategóriába tartozó motorok pl. a MAN Rollo motorjai, melyek már 37 kW-tól egészen 550 kW-ig elérhetőek (Link23). A Mitsubishi 300-1500 kW közötti teljesítménnyel kínál generátorhajtásra gázmotorokat. (Link24) Számos szakirodalom említi a Sandfirden Technics cég által fejlesztett, többnyire Scania alapú LNG generátorszettet, ilyenek kerültek a korábban már e tanulmányban is nevesített Greenstream/GreenRhine, vagy az Ecoliner hajókba, de a cég honlapján jelenleg nem elérhetőek információk ezekről a generátorokról. Más oldalakon még fellelhető információk alapján a generátorok teljesítménye 30-250 kW között van (Link25). A korábban a Rolls-Royce cégcsoport által fémjelzett, ma már a nem kisebb hírű másik óriáscég, a Kongsberg által forgalmazott Bergen gázmotorok és generátorok teljesítménye 1400 kW-nál kezdődik (Link26).

Géptér

Az ES-TRIN 2019 előírások szerint a géptér kialakítására három lehetőség adott:

- Gázbiztos géptér;
- Robbanásbiztos géptér;
- ESD (vészeállítás)-vel védett motortér.

Ahogy azt az előző fejezetben jeleztük, itt nem feltétlenül van szabad választás, hiszen a motor típusa megszabhatja, hogy melyik lehetőséget lehet csak választani.

Egy meglevő hajó átalakítása szempontjából a gázbiztos kialakítás jár általában a legkisebb járulékos többletmunkával, problémával és költséggel, de ez a megoldás csak abban az esetben alkalmazható, ha a motor maga is teljesen gázbiztos. A régi motor cseréjével mindenképpen együtt járó feladatok mellett ilyen esetekben csak a gázellátó csőrendszer gázbiztosságát kell megvalósítani, melyet általában szellőztetett, duplafalú csövekkel oldanak meg. A géptér és a benne levő eredeti berendezések – hacsak a kockázatelemzési vizsgálat, melynek elkészítését az ES-TRIN mindig előírja, mást nem állapít meg – maradhatnak a helyükön és az eredeti kivitelben. Az ilyen géptér nem minősül veszélyes területnek.

A robbanásbiztos géptér azt jelenti, hogy a kialakítás olyan, hogy a géptérben az LNG rendszer bármilyen meghibásodása esetén a gázkoncentráció a géptérre érvényes alsó robbanási határérték 20%-ának megfelelő gázkoncentrációt nem haladja meg. Ehhez az előző rendszerhez képest lényegesen komolyabb szellőző rendszert kell beépíteni, mely független az egyéb szellőző rendszerektől. Az ilyen géptér 2-es típusú veszélyes területnek minősül, ami azt jelenti, hogy normál üzemben a térben robbanékony gázkeverék nem valószínűsíthető, de ha mégis, akkor csak rövid ideig. Az ESD-vel védett géptér olyan kialakítású, mely normál körülmények között gázbiztosnak tekinthető, de bizonyos rendellenes helyzetekben gázveszélynek lehet kitéve. Az ilyen géptérben gázveszélyt magában foglaló rendellenes körülmények esetén a nem biztonságos, vagyis potenciálisan lángot, szikrát adó berendezések és a gázrendszerhez tartozó gépek vészleállítását automatikusan végre kell hajtani, míg az ilyen körülmények között is használt vagy aktív berendezéseknek tanúsítottan biztonságos típusnak kell lennie. Ezen túlmenően, ha a hajó egynél több meghajtómotorral van felszerelve, ezeket a motorokat legalább két különálló motortérben kell elhelyezni. Ezekben a motortérben nem lehet közös rész, csak akkor, ha dokumentálható, hogy egyetlen hiba következményei nem érintik mindkét gépteret. Az ilyen koncepciójú géptér jelenti a legnagyobb átalakítást egy hajóban, hiszen könnyen előfordulhat, hogy a géptérben elhelyezett egyéb gépi berendezések veszélyesnek, és így lecserélendőnek minősülnek. A géptér ebben az esetben 1-es típusú veszélyes területnek minősül, ami azt jelenti, hogy normál üzemben a térben robbanékony gázkeverék ritkán, de előfordulhat.

LNG tartály és TCS (Tank Connection Space)

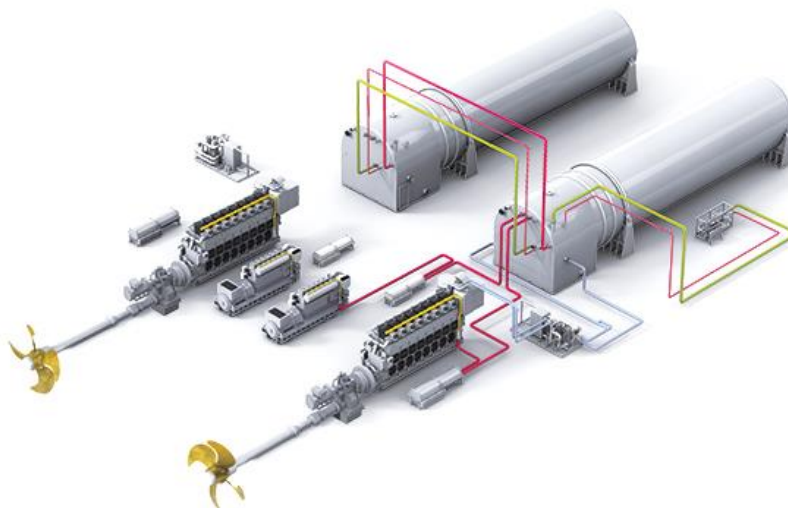
Az LNG-üzemanyag-tartálynak független tartálynak kell lennie, amelyet az EN 13530: 2002, EN 13458-2: 2002 európai szabványoknak vagy a tengerhajózásban használt IGC-kódnak (C típusú tartály) megfelelően terveztek.

A tartály és a kapcsolódó elemek elhelyezését illetően általában két fő lehetőség kínálkozik, fedélzet alatt és felett elhelyezni a tartályt. Akármelyik is a célszerű, az LNG-tartályt el kell választani a géptéri helyiségektől vagy más nagy tűzveszélyes területektől, és a lehető legközelebb kell elhelyezni a hajó

hosszanti középvonalához. A hajó falának és az LNG-üzemanyag-tartálynak a távolsága nem lehet kevesebb, mint 1,00 m. Ha LNG-üzemanyag-tartály a fedélzet alatt kerül elhelyezésre, akkor a hajónak dupla oldallal és fenékkal kell rendelkeznie legalább az LNG-üzemanyag-tartály helyén. A hajó falának és a hajó belső falának a távolsága nem lehet kevesebb, mint 0,60 m. A kettős fenék mélysége nem lehet kevesebb, mint 0,60 m. Ha az LNG-tartály nyitott fedélzeten van, a távolságnak legalább B/5-nek kell lennie a hajó oldala által meghatározott függőleges síktól. Mindezek az előírások megkötik a rendszer tervezőjének a kezét. Sok tekintetben egyszerűbbnek tűnik a fedélzet feletti elhelyezés, a természetes ventiláció kedvező, nincs feltétlenül raktérfogat-vesztés, de a hajó kielégítő stabilitását mindenképpen újra ellenőrizni és igazolni kell.

A tartály és az egész kapcsolódó rendszer elhelyezésének átgondolásakor nem szabad megfeledkezni arról, hogy a tartály és a szellőzőcsövek kivezetése miatt esetleg nőhet a fixpont-magasság, mely a hajó üzemét bizonyos vízállásoknál (vagy mindig) korlátozhatja. Ezen túlmenően fontos számításba venni a teljes rendszer tömegét. Ez a tartály méretétől és töltöttségétől függően 50-100 t nagyságrendbe esik, ez pedig egy 85 m-es önjáró belvízi hajó 500-600 t-ás önsúlyához viszonyítva mindenképpen számottevő. A többlet súly a hajó merülését és ilyen szempontból kedvezőtlen elrendezés esetén a trimmjét is károsan befolyásolhatja amellett, hogy a terhelt esetben a raksúly is kisebb lehet.

Az ES-TRIN a tartály és a kapcsolódó elemek kialakítására vonatkozóan további szabályokat is rögzít, ezeket azonban elsősorban a tartályok és TCS kialakításánál kell figyelembe venni. A rendszer és az előírások komplexitását is tekintetbe véve egyelőre célszerűbbnek látszik komplett rendszer beszerzése. Ilyet ma már nem csak a Wärtsilä (LNGPack) (Link27), de az MAN is kínál (Link 28)



76. ábra: Az MAN kompakt LNG rendszere, melyet az MAN Cryo leányvállalatán keresztül kínál

A tartály méretét az összes gépteljesítményből, a fajlagos fogyasztásból, átlagos motorterhelési tényezőkből és a hatósugárból lehet előzetesen meghatározni. DF motorok esetén a gázüzem aránya is figyelembe veendő. Az ez alapján számított térfogat a hajtáshoz szükséges nettó térfogat, melyet meg

kell növelni a töltési és kiürítési limitek figyelembe vételével. A belvízi hajók hatósugarát általában km-ben vagy üzemóraban szokták megadni, az átlagos sebességgel egyik a másiból számítható is. 200 h-t és 80%-os gázüzemet alapul véve az LNG tartály méretének számításához figyelembe veendő időalap 160 h. A Wärtsilä 6L20DF, 1100 kW-os gépével és 67.5%-os terhelési tényezővel számolva 743 kW a teljesítmény, melyből az összes LNG fogyasztás a fajlagos fogyasztási értéket figyelembe véve számítható. A fajlagos fogyasztás a motortípustól (közepes/magas fordulatszám), a motor terhelésétől, az üzemanyag minőségétől stb. függ. Előzetes számításokhoz a fajlagos üzemanyag-fogyasztásra a következő értékek feltételezhetők: 0,38-0,43 liter LNG/kWh (Link17). Az átlagértékkel számolva a hajó nettó LNG fogyasztására nem egész 50 m³ adódik. 95%-os max. töltéssel és a hajós gyakorlatban szokásos 10% maradékkal számolva durván 57 m³-es tartályra van szükség. (Az eddig megépült rajnai hajók adataiból 40-60 m³ látható szintén.)

Időigény

Egy hajó átalakításának eldöntésekor – amellett, hogy számba vesszük a beruházással kapcsolatos költségeket – fontos azt is figyelembe venni, hogy az átalakítás alatt a hajó kiesik az üzemből, mely az üzemeltető/tulajdonos számára bevételkiesést és így veszteséget jelent. A következőkben összefoglaljuk az átalakítással kapcsolatos feladatokat és ezek becsült időigényét.

Átalakítás, motorcsere során egyébként is szükséges, általános feladatok:

- dokkolás;
- szerkezeti javítások, átalakítás (pl. motoralap);
- a régi motorok és berendezések kivétele;
- tengelyvezeték, hajócsavar(ok), csapágyak stb. javítása;
- szivattyúk, csőrendszerek korszerűsítése;
- új motorok és kapcsolódó berendezések (pl. új hajtómű) beépítése;
- fedélzeti átalakítások motorkivételhez;
- lakótér módosítása;
- elektromos munkák és berendezések (pl. új generátorok és kapcsolótáblák);
- festés;
- teszt és kísérletek;
- a fenti munkák tervezése, jóváhagyása és felügyelete.

Az LNG rendszer telepítésével közvetlen összefüggésbe hozható speciális feladatok:

- részletes tervezés;
- kockázatelemzési vizsgálat;
- LNG rendszer fogadására a hajó szerkezetének (raktér, géptér, fedélzeti ház) átalakítása;

- LNG rendszer telepítése:
 - tartály telepítése;
 - TCS kialakítása;
 - vételezési hely kialakítása (ha külön van);
 - gáz csőrendszer elemeinek és vezetéseinek telepítése;
 - ellenőrző/felügyeleti rendszer (gáزدetektor, monitoring, riasztó rendszer, tűzvédelmi rendszer, stb.) kiépítése;
 - új motor(ok) és kapcsolódó elemek (hajtómű, tengely, csapágyak) beépítése;
 - nem gázbiztos géptér esetén a veszélyes gép berendezések cseréje, elektromos rendszer felülvizsgálata, megújítása;
- egyéb, kapcsolódó átalakítási munkák.

Természetesen, mivel minden hajó más és más, így egy átalakítás időbelisége nehezen általánosítható. Mégis, egy átlagos, dízelmotor cseréje a kapcsolódó tevékenységekkel együtt kb. 6-8 hónapot vesz igénybe, de ebből csak a fele idő az, amikor a hajó ténylegesen állni kényszerül. Az LNG rendszerre való áttéréssel kapcsolatos átalakítási munkák időszükségletének becslésénél több feladattal és azok nagyobb időigényével kell számolni. A tervezési és engedélyezési procedúra még mindig hosszadalmas, a hagyományos átalakítás időigényének többszöröse lehet és maga a gyártás is több időt vesz igénybe, pusztán a több munka miatt. Az eddigi egyetlen LNG-re átalakított belvízi hajó az Eiger-Nordwand konténerszállító önjáró+bárka együttes. A (Link5) leírása szerint a döntéstől (2012.02) a hajó átadásáig (2014.06) 28 hónap telt el, amiből a hajó 8 hetet töltött üzemen kívül. Ez a projekt az LNG belvízi hajókban üzemananyagként való megjelenésének a kezdetén volt, azóta több minden egyszerűsödött (a Rajnán biztosan), így egy átalakítás teljes időigénye ma 20-25 hónapra becsülhető.

2.5./4 LNG Teherhajózás lehetősége a Dunán

A teherhajózás területén Magyarország esetében a Dunán lebonyolított szállítmányozást érdemes részletesebben elemezni. A Danube Transnational Programme finanszírozási eszköz a Duna-térségben hívatott támogatni, illetve segíteni a hajózásban felmerülő adminisztratív akadályok megoldását és a hajóút fenntartását.

A dunai hajózás korántsem olyan egyszerű, mint a rajnai. Bár számos tanulmány született, mely az LNG folyami hajózásban történő meghonosítását ösztönzi, a valóság az, hogy a holland, német és belga szerzők dunai tapasztalata korlátozott, a Duna vízi út különböző szakaszainak (felső-Duna, közép-Duna, alsó-Duna) sajátosságait nem veszik figyelembe.

A dunai teherhajózásban részt vevő hajók átlagéletkora meghaladja a 40 évet, az üzemeltető cégek anyagi teljesítőképessége jelentősen korlátozott, a szállítmányok folyékony árura és szárazárura korlátozódik. A Rajnával ellentétben a Dunán konténerszállítás gyakorlatilag nincsen.

Az Interreg (2018) tanulmányából kiderül, hogy a Duna területén még számos nehézség akadályozza a konténerszállítást, bár a tanulmány konklúziója szerint az egyik legdinamikusabban fejlődő ágazat lesz a konténerszállítás a Dunán.

A „2.4./2-as A Duna-Rajna-Majna (DMR) víziút közlekedése és korszerűsítése” című fejezetben bemutattuk a Rajnán közlekedő LNG meghajtású hajókat. Tekintettel arra, hogy a Dunán tudomásunk szerint jelenleg nem közlekednek LNG meghajtású teherszállító hajók, így ezek elemzésére jelen tanulmány nem terjed ki.

A dunai hajók LNG átalakításának lehetőségét részletesen vizsgáljuk a későbbi fejezetekben, ezért itt csak annak következtetéseit mutatjuk be:

- A dunai hajózásban a felső és középső dunai szakaszon a 8/9 bárkás tolóhajós szerelvényekkel nem számolhatunk, mivel azok a Vaskapu zsilipen szétszerelés nélkül nem tudnak a Duna felsőbb szakaszaira átjutni,
- a dunai LNG hajtás a 4 bárkás tolóhajós szerelvényeknél és a 3 motoros nagy teljesítményű tolóhajóknál lehet elképzelhető, míg a 2 motoros önjáró hajók esetén csak korlátozottan megtérülő beruházás az LNG átalakítás
- a dunai szállítmányozásban 20%-ot képviselő Push2 tolóhajó LNG átalakítása, bár műszakilag megoldható, az átalakítással együtt járó beruházástöbblet – a kis fogyasztás okán – megtérülése kockázatos.

A „Study on Rhine - Danube TEN-T Core Network Corridor, Western Balkans Final Report 2017.” tanulmány adatait alapul véve, a konténerszállítás 2016-ban a Dunán mindössze 0,5%, ez viszont különösen alacsony szintű a rajnai 13,5%-hoz viszonyítva. Számos kísérlet indult Constanța-ból

konténervonalak létesítésére Beograd, Budapest, Bécs és Krems irányába, de a vasúti szállításhoz képest nem bizonyultak versenyképesnek.

A dunai teherhajózás jövőképe

A (Western Balkans, 2017) tanulmány célja a logisztikai infrastruktúra és a kombinált szállítás hosszútávú fenntartható fejlesztésének ösztönzése a Nyugat-Balkán országában. A tanulmány célkitűzései között szerepelt a piaci igények megértése, a fő logisztikai folyosók értékelése, a szűk keresztmetszetek elemzése és a lehetséges intervenciók azonosítása előzetes gazdasági elemzés segítségével. Véleményünk szerint a tanulmányban elemzett, fejleszteni kívánt kikötőket figyelembe véve a MAHART Container Center Kft. tevékenységi köre megfelelően illeszkedik az fejlesztési elképzelés koncepciójába.

A Mahart Container Center Kft. kikötői tevékenységei és kapacitásának alakulása az alábbi táblázatban került összefoglalásra.

21. táblázat MAHART Container Center Kft. kapacitása és tevékenységi körei

MAHART Container Center Kft. (Budapesti Kikötő / Magyarország)	
Főbb ipari tevékenységek a kikötő területén és környékén	MOL Raktárlogisztikai társaságok (EKOL, Láng Autó, Procargo, stb.) Ömlesztett áru fuvarozási terminálok (Stahl US) Acélipari vállalatok (Arcelor Mittal) Acél rakodócégek (Ferroport) Gabonatermékek (Gabonátárház, Agroterminal)
Konténer kezelés az elmúlt 5 évben	2013: 750 TEU 2014: 2480 TEU 2015: 1950 TEU 2016: 4880 TEU 2017: 8210 TEU

Forrás: Interreg, 2018

Az LNG hajtóanyag a folyami áru fuvarozásban történő, a közúti használathoz hasonló robbanásszerű elterjedésének legfőbb akadályát a tyúk vagy a tojás problematikája okozza.

A DMR folyosó a kontinentális európai országok közötti fő vízi összekötője kelet-nyugati viszonylatban, amely Franciaországot, Németországot, Ausztriát, Csehországot, Szlovákiát, Magyarországot, Horvátországot, Romániát és Bulgáriát összeköti a Duna mentén a Fekete-tengerig.

A Western Balkans (2017) a DMR folyosó Duna szakaszáról szóló tanulmány, melyben a fejlesztési lehetőségeket vázol fel a hajózási közlekedési alágazat számára a Duna mentén.

A tanulmány a számos dunai potenciál mellett a konténer szállításban rejlő lehetőségek taglalja, bár becsléseken alapuló számadatot sem közöl.

Az Európai Unió társfinanszírozásában számos projekt áll a tervezés vagy fázisában, vagy valósult meg a folyami közlekedési folyosó maradéktalan kihasználhatóságára. A projektek egyrészt a hajózhatóság feltételeinek javítását (pl. egységes vízállás mérő rendszer kidolgozása), másrészt a hajózási szereplők adminisztratív terheinek csökkentését, harmadrészt az alternatív üzemanyagok elterjesztését szolgálják.

A nemzetközi logisztika iparág növekedési trendjeiből kiindulva, a közlekedés károsanyagkibocsátási csökkentésére vonatkozó társadalmi és politikai ambíciókon alapulva várható az LNG, mint folyami üzemanyag térhódítása, de ennek a Duna magyarországi szakaszán bekövetkező volumenére és időpontjára vonatkozólag még csak becsülni sem lehet tekintettel arra, hogy a rendelkezésre álló statisztikai adatok is elszórtan, hiányosan és struktúrálatlanul állnak rendelkezésre.

Addig, amíg a Duna-Majna-Rajna hajóútvonalon nem áll rendelkezésre az LNG vételezésére alkalmas kiépített infrastruktúra, a hajózási szállítványozóknak nem érdeke egy teljesen új hajtóanyagra történő átállás, amely ráadásul a dízelgázolaj meghajtáshoz képest jelentős többlet kiadással is jár (pl. LNG hajtás kiépítésre, személyzet képzése). Az LNG hajtás többletköltségeit a későbbiekben ismertetjük.

Viszont amíg nem mutatkozik kereslet az LNG üzemanyagra, addig a kínálati oldalon sem fognak üzleti körök LNG töltőállomást létesíteni belvízi hajók számára.

Tekintettel arra, hogy az Európai Unió eltökélt célja, hogy 2030-ra a D-M-R víziút LNG bunkerolást lehetővé tevő infrastruktúrája kiépített legyen¹, az ehhez szükséges finanszírozást az Európai Bizottság Connecting Europe Facility (CEF) támogatási források allokációjával segíti¹. Az LNG belvízi alkalmazásában élen járó Shell LNG növekvő rajnai hajóflottáról számol be. Mindezek alapján várható, hogy az LNG hajtás a Rajna után a Dunán is meghonosodik, melynek a fejlődési potenciált jelentő konténerszállítás lehet az egyik alapja.

2.5./5 Az LNG közösségi személyhajózás lehetősége a Dunán

Fontos kiemelni, hogy a BKK 2014-ben megvalósíthatósági tanulmány készítettett a fővárosi vízi közösségi közlekedés teljes értékűvé tétele érdekében „A városi és elővárosi személyszállító hajók és kiszolgáló létesítmények fejlesztése” címmel. A tanulmányt egy hallgatói ötletpályázattal is kiegészítették a Moholy-Nagy Művészeti Egyetem részvételével. A tanulmány célja volt az alábbiak megvizsgálása, elemzése:

- Főváros Duna menti területeinek, valamint ezek mentén történő hajózásnak a részletes elemzése.
- A budapesti agglomeráció Duna menti területek közlekedési adottságainak felmérése.
- 2012-ben elindított vonaljáratok felújításának és továbbfejlesztésének vizsgálata.
- Illetve szükséges alátámasztani a következőket:
 - olyan vízi közösségi közlekedési szolgáltatás létrehozása, amely széleskörű igényeket tud kielégíteni.
 - A járművek kialakítása és a kikötők elhelyezése az év lehető leghosszabb időszakában és eltérő vízállásnál tegye lehetővé a szolgáltatás fenntartását.
 - A hajók és kikötők mind megjelenésüket, mind funkcióikat tekintve alkossanak összeillő, markánsan egyedi, de a városképbe illeszkedő egységet.

A tanulmány során 5 eltérő scenáriót vázoltak fel a készítők, melyből az alábbi kettő változatot elemezték teljeskörűen:

- a) A városon belüli hajójáratok fejlesztése és kiterjesztése a jelenleg ki nem szolgált külső kerületekre az elővárosi személyhajózás fejlesztése nélkül.
- b) Kétszintű városi-elővárosi személyhajózási rendszer kialakítása.

Az a) változatot a következők jellemzik:

„Hálózat: a változat a fővárosi Duna-szakasz mintegy egészére kiterjeszti a hajóközlekedést. A hálózat 4 viszonylatból áll, közülük 2 alapjárat a belső városrészek kikötőit tárja fel. A külső városrészekből a belváros átellenes széléig közlekedő gyorsjáratok csak a jelentős csomópontokban állnak meg.

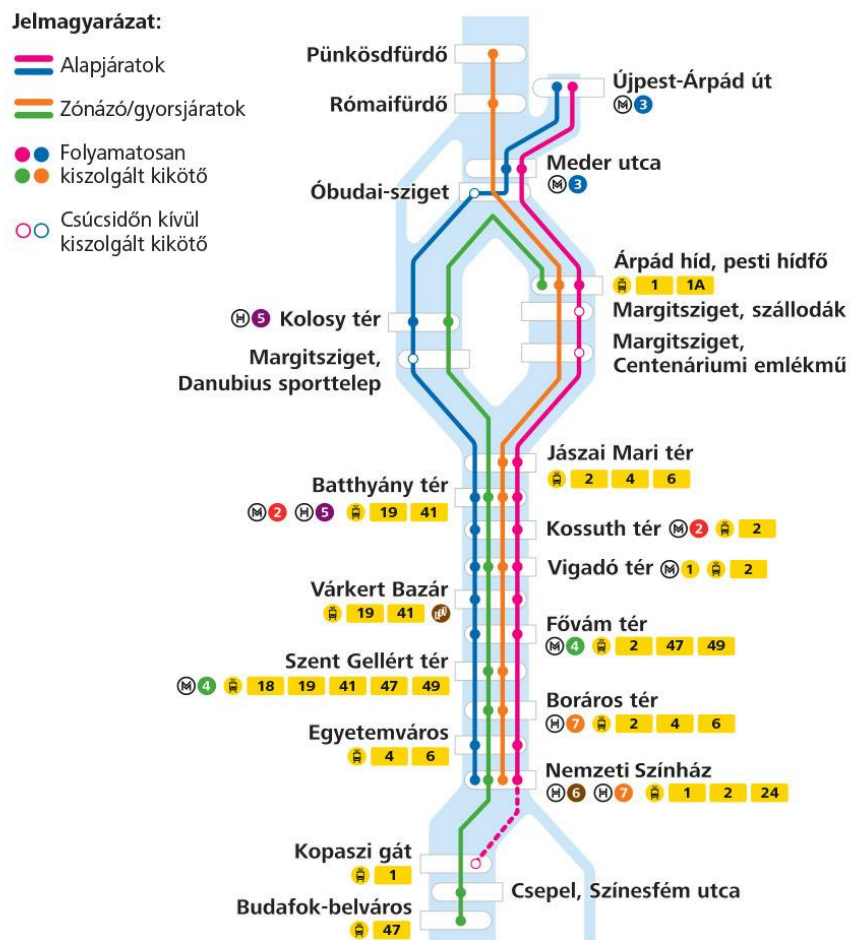
A követési idő csúcsidőben egyenként 20-20 perc (a közös belvárosi szakaszon 5 perc), ami csúcsidőn kívül 60 percre ritkul. Csúcsidőn kívül és hétvégén az alapjáratok érintik az Óbudai-sziget, a Kopaszi gát és a Margitsziget kikötőit is.

Flotta: a hálózat 17 + 1 db 40 km/h sebességre képes, városi jellegű hajóval működtethető.

Kikötők: a meglévő és a tervezett kikötőkön felül újabbak létesítése a következő helyszíneken: Rómaifürdő (áthelyezés), Kolosy tér, Jászai Mari tér (áthelyezés), Batthyány tér (áthelyezés), Vigadó tér

(áthelyezés), Fővám tér, Egyetemváros (szükség szerint áthelyezés), Nemzeti Színház, a csepeli Színesfém u. és Budafok-belváros.

Utasforgalom: napi 21.000 fő/irány, a legnagyobb forgalmú keresztmetszet a Batthyány tér–Vigadó tér között jelentkezik napi 3100 utas/irány értékkel. A ráhordó járatokon a kihasználtság növekedése várható, az észak–déli és a Dunát keresztező gerincjáratokon csökken az utasszám.” (BKK, 2014)



Forrás: BKK, 2014

77. ábra A megvalósíthatósági tanulmányban tervezett városi opció hálózata és kikötői

A b) verzió esetében az alábbiak mondhatók el:

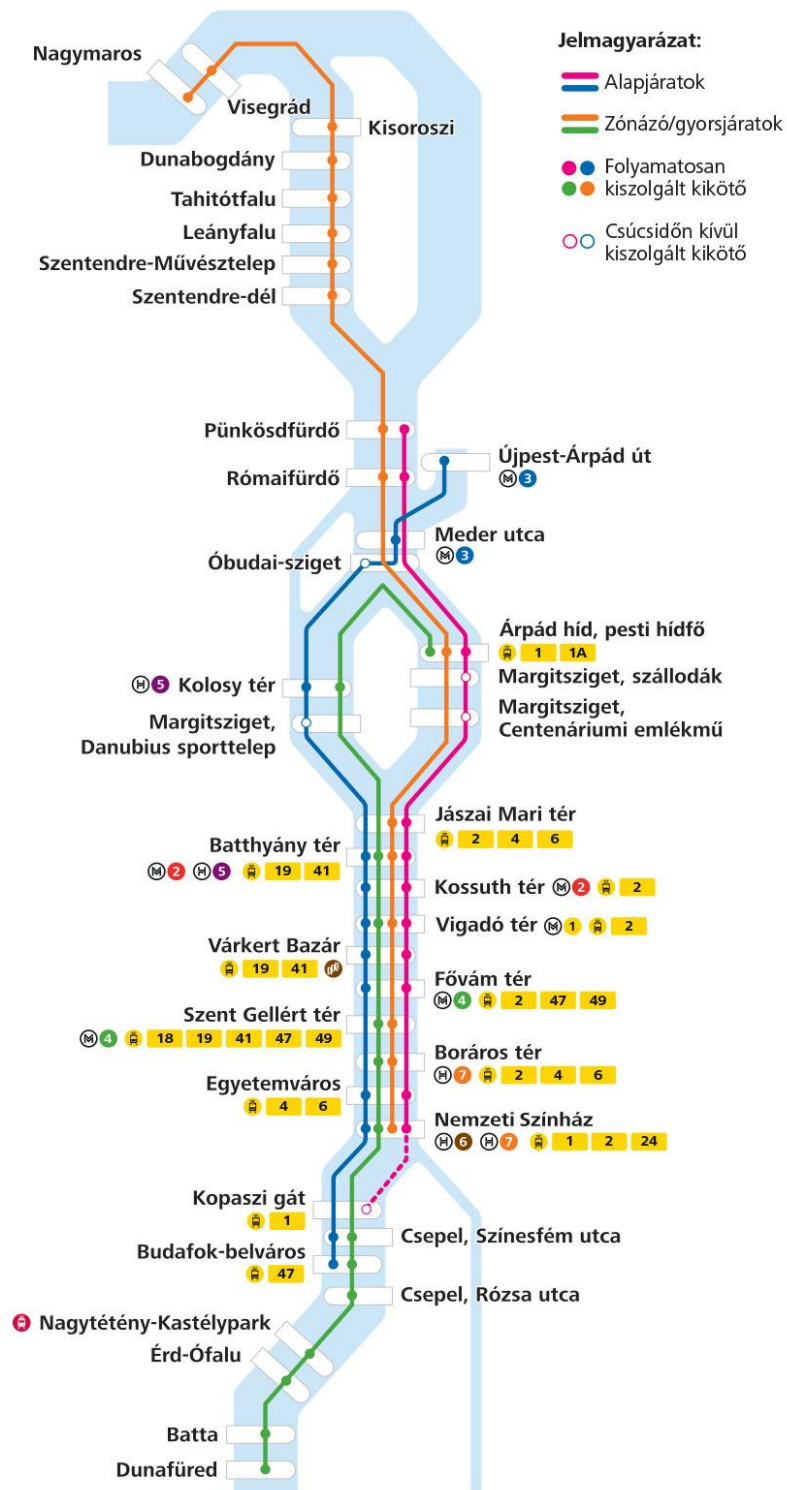
„Hálózat: a változat a fővárosi Duna-szakaszon túl déli irányban Százhalombattáig, észak felé a Szentendrei-ágon Nagymarosig terjeszti ki a hajóközlekedést. A váci ágon a hajózás nem versenyképes a vasúttal. A hálózat 4 viszonylatból áll, melyek közül a 2 alapjárat a belső városrészek kikötőit tárja fel. A külső városrészekből a belváros átellenes széléig közlekedő gyorsjáratok csak a jelentős csomópontokban állnak meg.

A követési idő csúcsidőben egyenként 20-20 perc (a közös belvárosi szakaszon 5 perc), ami csúcsidőn kívül 60 percre ritkul. Csúcsidőn kívül és hétvégén az alapjáratok érintik az Óbudai-sziget, a Kopaszi gát és a Margitsziget kikötőit is. Az északi agglomerációs járathoz Szentendrén csatlakozik a szigetmonostori, Leányfalunál a pócsmegyeri átkelőhajó.

Flotta: a városi és az északi agglomerációs járatok 17 + 1 db 40 km/h sebességre képes, városi jellegű hajóval működtethetők. A déli agglomerációs járat a távolság és az utasforgalom nagyságrendje okán 5 + 1 db 60 km/h sebességre képes gyorshajóval üzemeltethető.

Kikötők: a meglévő és tervezett kikötőkön felül újabbak létesülnek a következő helyszíneken: Római-fürdő (áthelyezés), Kolosy tér, Jászai Mari tér (áthelyezés), Batthyány tér (áthelyezés), Vigadó tér (áthelyezés), Fővám tér, Egyetemváros (szükség szerint áthelyezés), Nemzeti Színház, Csepel, Színesfém u., Budafok-belváros, Csepel, Rózsa u., Nagytétény-kastélypark és az összes városhatáron kívüli helyszín.

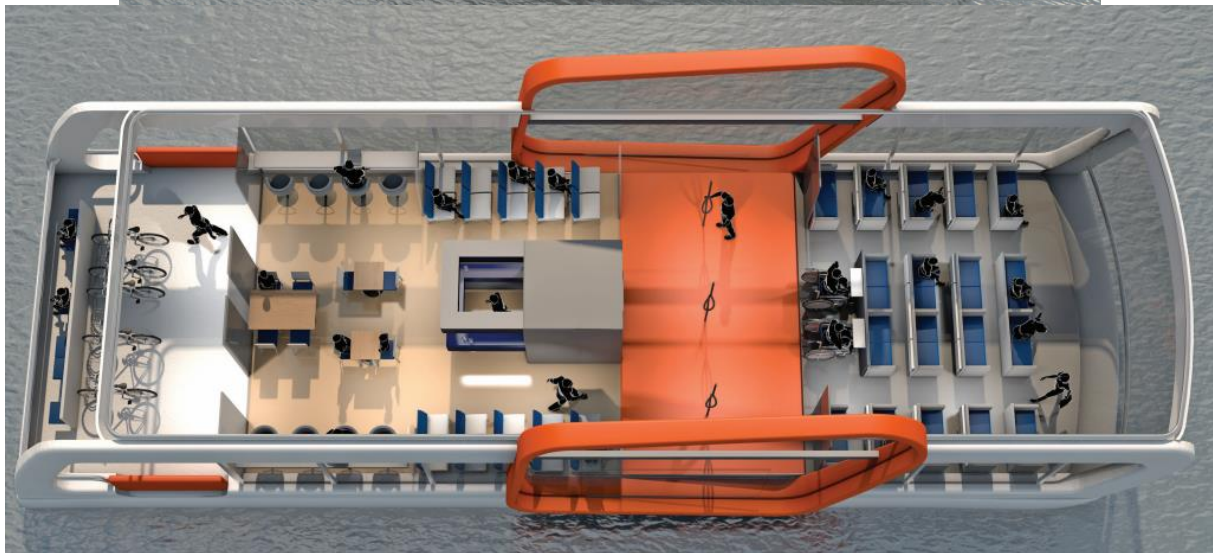
Utasforgalom: napi 24.000 fő/irány, a legnagyobb forgalmú keresztmetszet a Batthyány tér–Vigadó tér között napi 5200 utas/irány értékkel. A Budapest határát átlépő keresztmetszeti utasforgalom észak felé 1800, déli irányba pedig 2400 utas/nap.” (BKK, 2014)



Forrás: BKK, 2014

78. ábra A megvalósíthatósági tanulmányban tervezett elővárosi opció hálózata és kikötői

Ezen hálózat és utasforgalom ellátottságára elkészült egy jármű forma és design tervezet, valamint 6 különböző üzemanyag típust hasonlítottak össze.



Forrás: BKK, 2014

79. ábra A megvalósítási tervben szereplő látványtervek

Az elképzelések szerint a látványtervben szereplő hajók az alábbi főbb tulajdonságokkal bírnak a városi

(a) opció esetében (BKK, 2014):

- maximum 0,9 m merülési mélység (alacsony vízálláshoz alkalmazkodva)
- hajótest hossza 33 m (a kikötőhelyek miatt nem lehet hosszabb)
- 40 km/h-s utazási sebesség
- 110 fős befogadóképesség, 40%-os ülőhely kiosztással
- 18 hajóból álló flotta üzemeltetése

Az agglomerációs (b) opció esetében:

- maximum 1,3 m merülési mélység
- 60 km/h-s utazási sebesség

- 165 fős-s befogadóképesség, 100%-os ülőhely kiosztással, tekintettel a hosszabb távokra és utazási időre
- 6 hajóból álló flotta üzemeltetése

A 22. Táblázat összefoglalóan tartalmazza a tervezett hajók főbb paramétereit.

22. Táblázat A tervezett hajók paramétereit

Hajó paraméterek		
Típus	Városi hajó	Agglomerációs hajó
Méret	24,5 x 7,5 x 0,8-0,9 m	32,5 x 8,5-9 x 1,1-1,3 m
Férőhely	110	165
Ülőhely – állóhely aránya	40-60%	100%
Kerékpár szállítás	10 db	10 db
Mozgáskorlátozott férőhely	2 db	2 db
Maximum sebesség	40 km/h	60 km/h
Fogyasztás	120 l/h	190 l/h
Napi fogyasztás (16 h üzemóra)	2000 l/nap	3000 l/nap
Előállítási költség (becsült)	440 millió Ft/darab	550 millió Ft/darab
	PROTOTÍPUS: 616 millió Ft/darab	PROTOTÍPUS: 770 millió Ft/darab

Forrás: BKK, 2014

Jelen tanulmány szempontjából kiemelt jelentőséggel bír, hogy a tanulmány készítői részletes elemzést végeztek a hajók lehetséges üzemanyagairól az alábbi szempontok szerint (BKK, 2014):

- Gazdaságos üzemeltetési költségek
- Beszerzési ár, bekerülési költség
- Élettartam és megbízhatóság
- Környezeti terhelés, és az EU 2020 előírások
- Utaskomfort, és zajhatások
- Karbantartási igények
- Piaci elérhetőség

A vizsgált üzemanyagok típusok:

- Gázolaj
- Hibrid-dízel
- Tisztán elektromos

- Hidrogén tüzelőanyag cellás
- LNG, illetve CNG

A következőkben változtatás nélkül szeretnénk idézni a tanulmány elemzését az LNG/bio-LNG meghajtás kapcsán:

„Az LNG alkalmazás—amely lehet bio-LNG is—folyékony CH₄ amelyet -162-166°C-on tartanak és a tartály kettős-falú kriogén, amelyet kívül hőszigetelten beépítenek és esetünkben—a nagyobb hajóknál napi 6-8 m³ fogyasztásnál töltenek utána. A berendezések és beépítési technológiája mozgó alkatrészt nem tartalmaz, a tartályt hűteni nem kell, ha folyamatos üzemben van és napi töltést kap. A folyékony gáz az általa egy kis hőcserélőn átfolyó szabályozó elemen elpárologva gyújtó-lángot ad és a folyékony gázt a terhelés függvényének megfelelő időben begyűjtve működteti a motort. ... ennél a változatnál mind a hajó propulziója, mind a villamos termelése a gázmotorról üzemel. Emiatt a villamos terhelést a propulziós terhelésnek megfelelően kell szabályozni. A villamos áramot egy váltóáramú generátor állítja elő, amelyet egyenirányítva az akkumulátorokba tárolunk le. Onnan a villamos terhelés újra váltóáram formájában kerül ki a rendszerbe. Ebben az esetben a hajók “hideg indítása” a felső fedélzeten elhelyezett vészgenerátorról biztosított akkor is, ha az akkumulátorok lemerült állapotban vannak. A főmotorok indítása villamos motorral történik. Az LNG motorok hatásfoka mintegy 2-3 %-kal magasabb, mint a dízelmotoroké. Bekerülési költségük mintegy 5-7 %-kal magasabb a dízelmotorokénál, viszont EURO-VI besorolást adnak és porszennyezésük is az előírási határ alatti. Az EU célkitűzése szerint 2020-ra a folyami hajózásban minden motornál az LNG-üzemanyagot preferálja. Megemlítendő, hogy az LNG üzemanyag ára jelenleg mintegy 25-30%-kal olcsóbb a dízelnél, ami viszont várhatóan tovább fog csökkenni, és a bio-LNG esetén további gazdasági előnyök várhatóak. Ez az üzemanyag jelentősen megrövidíti a hajó-flotta gazdasági megtérülési idejét, mivel minden hasonló üzemvitelnél lényegesen olcsóbb üzemanyagot használ, ami a legnagyobb költség-tényezőt adja.

- *Ezen üzemanyagok az EU-által előírt hajózási üzemanyagok „tiszta meghajtását” szolgálják, miután emissziós hatások sem CO_x, NO_x, porszennyezésre nincsen.*
- *Várhatóan az évek múlásával a dízelhez képest árak egyre jobban csökken.*
- *Mind karbantartási, mind üzemeltetési szempontból gazdaságosságuk növekszik.*
- *A hajózás területén a világ nagy részén már sikeresen bevezetésre került.” (BKK, 2014)*

Annak érdekében, hogy az eredmények összehasonlíthatók legyenek a 23. Táblázat mutatja az egyes szempontok eredményeit a EURO-VI-os dízelhez viszonyítva (100), amely a legkönnyebben elérhető és üzemeltetése gazdaságilag reális. A 100 feletti értéket adó kombinációk költségesebb beruházást, üzemeltetést vonnak maguk után.

23. Táblázat Különböző meghajtási változatok összehasonlítása

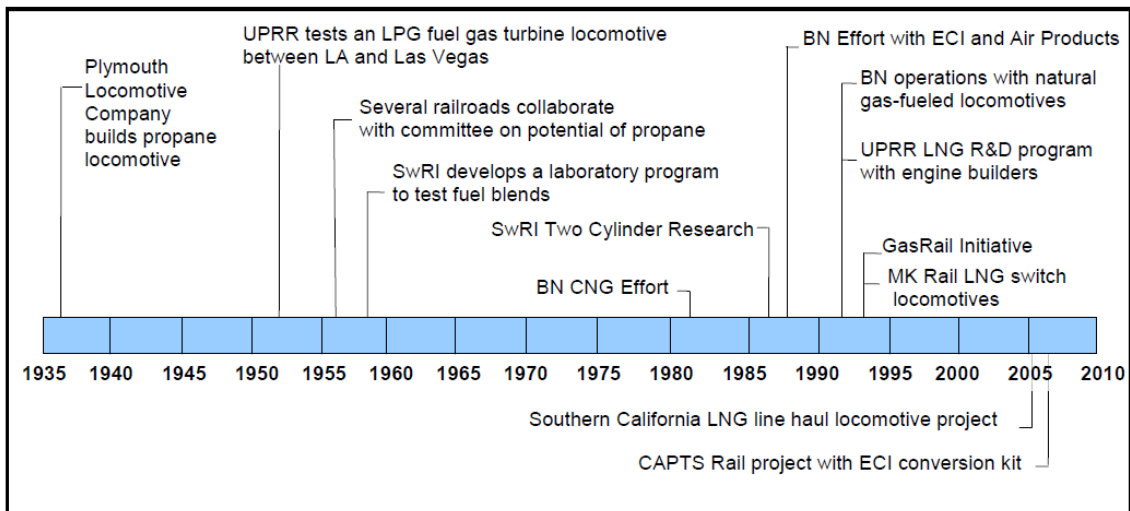
	EURO VI-os dízel	Hibrid dízel- elektromos	Tisztán elektromos	LNG	Hidrogén cellás
Energiafogyasztás	100	80	30	70	NA
Bekerülési költség	100	180	250	140	400
Élettartam	100	akkumulátor 8-10 év	akkumulátor 8-10 év	50	NA
Környezetterhelés	100	710	0	nincs CO és NO _x emisszió	0
Komfort, zaj szennyezés	100	60	10	70	20
Karbantartási igény	100	120	150	80	NA
Piaci elérhetőség	100	150	200 megálló kiépítése	teljes töltő infrastruktúra kiépítése	nincs kereskedelmi forgalomban

Forrás: BKK, 2014

Ezek alapján látható, hogy amennyiben elkészülne, illetve rendelkezésre állna az LNG töltő infrastruktúra, mely kellő biztonsággal ki tudná szolgálni a hajókat, akkor az LNG üzemanyag jelentené, az elektromos mellett, a fenntartható – mind gazdaságilag, mind környezetvédelmileg – megoldást a tervezett hajók számára.

2.6 LNG vasúti közlekedés a világban

Az alábbiakban röviden áttekintjük a két alapvető vontatójármű típust a földgáz, mint üzemanyag alkalmazása szempontjából. A két alapvető típus a tolatómozdony és a vonali mozdony. A különbségek a méretekben, a névleges teljesítményben, mely a járművet hajtó fő motor teljesítménye. A vontatójármű által kifejtett vonóerő, a vontatójármű terhelésállapotának jellege, az üzemanyag ellátó infrastruktúra, valamint a működési terület hatósugara jelentik még a különbséget.



Forrás: BNSF, 2007

80. ábra A légnemű halmazállapotú üzemanyagú járművekkel kapcsolatos Észak-amerikai fejlesztések mérföldkövei

A tolatómozdonyok jellemzően az úgynevezett elegyrendező, illetve vonatképző pályaudvarokon továbbá bizonyos áruszállítási végpontokon teljesítenek szolgálatot.

Ezzel szemben a vonali mozdonyok nagy távolságokat járhatnak be, nagy teljesítményűek, így adott időtartam alatt egy nagyságrenddel nagyobb mennyiségű üzemanyagot is elfogyaszthatnak, mint a tolatómozdonyok.

Ezeket a különbségeket feltétlenül figyelembe kell venni az elsődlegesen a károsanyag kibocsátás csökkentést célzó fejlesztéseknél.

Például egy szikragyújtású, LNG-üzemanyagú mozdony kis LNG-üzemanyag tároló kapacitással, hatósugárral és teljesítmény sűrűséggel rendelkezik, amely előnytelené teszi, ha éppen nem életképtelenné a vonali mozdonyként való alkalmazását. Azonban viszonylagos egyszerűségénél fogva praktikus lehet tolatómozdonyként, ha a jármű az üzemanyag vételezési hely közelében teljesít szolgálatot továbbá, ha a nagy teljesítőképesség kevésbé lényeges.

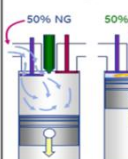
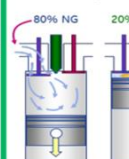
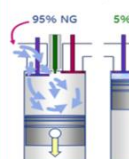
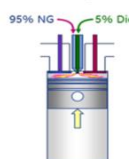
Az Egyesült Államokban és az elsődleges gazdasági érdekszférájában (Kanada, Dél-Amerika, Dél-afrikai Köztársaság, Ausztrália, Új-Zéland) a kettős üzemanyagú motorok fokozottabb térnyerésére lehet a közeljövőben számítani.

A fentieket az alábbi okok indokolják:

- a gyújtás „kényelmesen” valósítható meg dízelgázolaj befecskendezéssel,
- folyamatosan rendelkezésre áll egy „tartalék” üzemanyag rendszer, ha valamilyen meghibásodás lép fel a gázellátó rendszerben, akkor a rendszer a gázellátó rendszer leállítását követően automatikusan átkapcsol tisztán dízelüzemre, a jármű nem lesz szolgálatképtelen.

A 81. ábra ismerteti a különböző változatok és azok rövid jellemzői. Az Észak-amerikai mozdonygyárak közül jelenleg a General Electric rendelkezik a legnagyobb piaci részesedéssel.

Dual Fuel Technologies

	Fumigation	Port Injection	Micro-pilot	Direct Injection
				
Description	<ul style="list-style-type: none"> Single point gas injection upstream of intake manifold Full-size, standard diesel injector 	<ul style="list-style-type: none"> Gas injection at intake port of each cylinder Full-size, standard diesel injector 	<ul style="list-style-type: none"> Gas injection at intake port of each cylinder Smaller diesel injector 	<ul style="list-style-type: none"> Gas & diesel injection through same injector High gas pressure to overcome compression
Pros	<ul style="list-style-type: none"> Simple system Adaptable for retrofit Low pressure gas ~50% substitution 	<ul style="list-style-type: none"> Tier 3 NOx capable Low pressure gas 60% - 80% substitution 	<ul style="list-style-type: none"> Tier 4 NOx capable Improved control 95%+ substitution 	<ul style="list-style-type: none"> Diesel efficiency DOC not needed 95%+ substitution
Cons	<ul style="list-style-type: none"> DOC needed for CO High methane slip Knock control req'd Limited substitution 	<ul style="list-style-type: none"> DOC needed for CO Does not reach Tier 4 NOx w/o EGR Knock control req'd 	<ul style="list-style-type: none"> DOC needed for CO Not capable of 100% diesel Knock detection req'd 	<ul style="list-style-type: none"> Need EGR/SCR for Tier 4 NOx compliance 8,000 psi NG Not capable of 100% diesel



GE Proprietary

6

Forrás: Link 63

81. ábra A kettős üzemanyagú motorok technológiájának áttekintése

A GE Transportation kettős üzemanyagú technológiája a 80 % LNG és 20 % dízelgázolaj keverékének alkalmazásán alapul. Ez az arány lehetővé teszi a teljesen dízelüzemet, ha az LNG-ellátó rendszer meghibásodik vagy nem áll rendelkezésre helyhez kötött vagy mozgó üzemanyag feladó berendezés.

Natural Gas Dual Fuel Loco

Changes to base configuration... Tier 3 Baseline



Forrás: Link 63

82. ábra GE Transportation kettős üzemanyagú vonali mozdonya

Jelenleg tesztek zajlanak a 90 % LNG és a 10 % dízelgázolaj keverékével is, ebben az esetben a teljesen dízelüzem nem lehetséges (60. ábra, balról a harmadik oszlop). Ezeknek a járműveknek az LNG-vel

történő ellátása úgy történik, hogy két mozdony közrefog egy LNG-üzemanyagszállító kocsit, amely ellátja mind a két mozdonyt az energiahordozóval. Ezt jelenleg kétféleképpen oldják meg vagy egy 45 500 literes ISO tartállyal vagy egy 91 000-136 500 literes tartálykocsival. Az előzetes számítások azt mutatták, hogy egy 113 750 literes tartálykocsi üzemanyagával Los Angeles és Chicago között közbenő tankolás nélkül megtehető az út.

Az ISO tartály, bár kisebb befogadóképességű, nagyobb üzemi rugalmasságot biztosít és a kisebb költség lehetőségét. Az ISO tartály ráépíthető egy módosított, kétszintes intermodális teherkocsira és arról könnyen leszerelhető, ha üres és cserélhető egy tehergépkocsival szállított tele tartályra. Így nem merül fel a kijelölt LNG utántöltő állomás logisztikai kényszere és költsége. Egy ilyen tartálykocsi esetén a feltöltési idő 30-45 (1820 l/min töltési sebesség esetén) percre tehető, ami több, mint egy dízelgázolaj tartály esetén, de ritkábban szükséges.

A tartálykocsi esetén a biztonság nagyon fontos kérdés. Általában az LNG biztonságosabb, mint a dízelgázolaj vagy a motorbenzin. Folyékony állapotban nem gyullad meg, légnemű halmazállapotban pedig 537 °C körül gyullad csak meg. Ugyanakkor a metán erős üvegházhatású gáz, ezért mindenképpen meg kell akadályozni a légkörbe jutását.

Az eddig elvégzett próbák alapján, melyet a vasúttársaságok és a gyártók végeztek, megállapíthatjuk, hogy egy jármű átalakítása nem olcsó dolog. De a tartálykocsi, melynek ára egy új mozdony árának körülbelül 50 %-a, a mozdonyonként és évenként megtakarítható mintegy 200 000 dollár azt jelenti, amennyiben a próbák kedvező eredménnyel zárulnak, a szélesebb körű alkalmazás a közeljövőben megvalósulhat.

2016. évi Észak-amerikai adatok alapján meglévő jármű átalakításának költsége mozdonyonként (vonali mozdony) 500 000 dollár és egy LNG-tartálykocsi ára 1 000 000 dollár (83. ábra). A másik nagy Észak-Amerikai gyártó az EMD²¹-t és a Caterpillart is tömörítő Progress Rail Inc. vállalat.

²¹ EMD Electro Motive Diesel, az egykori General Motors Co. egyik tagvállalata volt, jelenleg a Progress Rail tagja.



Forrás: Link 64

83. ábra CN (Canadian National) vasúttársaság földgázüzemű mozdonya

Az EMD és a Caterpillar az elmúlt évek folyamán háromfajta technológiát fejlesztett ki az LNG vasúti dízelmotorokban történő használatára: szikragyújtás (100 % LNG), Dynamic Gas Blending^{TM22} (kettős üzemanyagú, 60 %-os LNG részarányig) és a High Pressure Direct Injection²³ (95 %-os LNG részarányig). Az EMD DGBTM eljárása során a földgázt a dugattyú alsó holtponthelyzete²⁴ körül juttatják be a hengerbe. Egy elektronikus vezérlésű szelep nyit az öblítőrészek környezetében, amely földgáz és levegő keverékét juttatja be a hengerbe, amit aztán összesűrítünk. A dugattyú felső holtpontja előtt gázolajat fecskendeznek be és ennek az öngyulladás után gyullad meg a földgáz is.

Mivel a dízelmotor levegőellátó rendszerében viszonylag kicsi a nyomás, ezért nem szükséges nagy nyomás a földgáz hengerbe juttatásához. Ugyanakkor a kisnyomású kettős üzemanyagú üzemnek egy nagy problémáját jelenti, hogy a keverék öngyulladása létre jöhet a kompresszió folyamat során kialakuló viszonylag nagy hőmérséklet miatt, ami korlátozza a gázolajat helyettesítő LNG részarányát. Jellemzően az ezzel a módszerrel működő kettős üzemanyagú motoroknál a földgáz maximális részaránya 50-60 % a terheléstől függően. A dízelmotor szerkezeti módosítása, mint például a kompresszióviszony csökkentése, javíthatja a földgáz üzemet és a földgáz részarányt növelheti. Ugyanakkor az ilyen változások csökkenthetik a hatásfokot, ha a motor csak gázolajjal üzemel és a motor hidegindítása is nehezzé válhat.

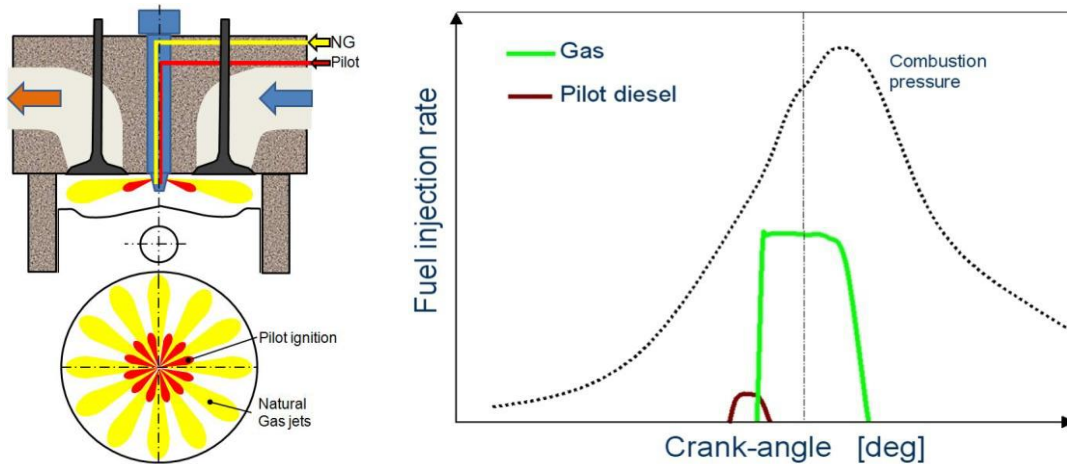
Ezzel szemben a HPDI jóval később befecskendezi be a földgázt a kompresszió ciklus során, ezzel elkerüli a kopogásos égés veszélyét továbbá lehetővé teszi a teljesen dízelgázolaj üzemet. Azonban a

²² Dynamic Gas Blending, dinamikus gáz hozzákeveréses eljárás, az EMD kis nyomású LNG hozzákeveréses eljárásának a neve.

²³ High Pressure Direct Injection, nagy nyomású közvetlen befecskendezés.

²⁴ Az EMD szóban forgó motorja egy kétütemű, egyenáramú öblítésű motor.

földgáznak le kell győznie a hengerben lévő nagy nyomást és rövid idő alatt kell bejuttatni a hengerbe a földgázt.



Forrás: Bakas, 2015

84. ábra HPDI kettős üzemanyagú motor működési elve (balra) és befecskendezési törvényei²⁵ a hengerben megvalósuló nyomáslefutással

Nagy nyomással és speciális befecskendező segítségével történik a földgáz bejuttatása a hengerbe. A befecskendező 5 % körüli mennyiségű gázolajat fecskendez az égéstérbe, amely meggyulladva a keveréket is meggyújtja.

A kisnyomású technológiát fejlesztette ki először a vállalat. Ezt egy 2240 kW teljesítményű, vonali dízelmozdonyba építették be, amely egy 300 mérföld hosszúságú fővonalon teljesített szolgálatot.

2.6./1 USA

A légnemű halmazállapotú fosszilis energiahordozókkal kapcsolatos vizsgálatok és próbák legnagyobb múltra az Egyesült Államokban tekinthet vissza. Az alábbi felsorolás szemlélteti ennek a munkának a mérföldköveit.

- 1935 az első kísérlet egy propán üzemanyagú mozdonyt helyeznek üzembe,
- 1950-es évek Union Pacific LPG üzemanyagú gázturbinás mozdony Los Angeles és Las Vegas között
- 1950-es évek vége több vasúttársaság működik együtt a propán lehetséges alkalmazásáról
- 1950-es évek vége SwRI²⁶ készít egy laboratóriumi programot üzemanyag keverék tesztelésére (ekkor jelenik meg először a kettős üzemanyagú működés)

²⁵ Befecskendezési törvénynek az üzemanyag befecskendezési sebesség forgattyústengely szögelfordulás függvényében történő változását nevezzük.

²⁶ SwRI: SouthWest Research Institute: Dél-nyugati Kutató Intézet, az egyik legjelentősebb kutatóintézet Kaliforniában

- 1980-as évek eleje BN²⁷ CNG vizsgálatok (ekkor jelenik meg először kimondottan a földgáz, ekkor a sűrített változata)
- 1980-as évek vége SwRI kéthengeres kísérlet
- 1980-as évek vége BN erőfeszítések ECI²⁸-vel és az Air Products²⁹-szal
- 1990-es évek eleje BN földgáz üzemanyagú mozdonyok üzeme, UPRR³⁰ LNG kutatás-fejlesztési program a dízelmotor gyártókkal
- 1990-es évek eleje GasRail vizsgálata
- 1990-es évek eleje MK Rail LNG tolatómozdonyok
- 2005-2010 között Dél-Kalifornia LNG fővonalai mozdony projekt
- 2005-2010 között Dél-Kalifornia LNG fővonalai mozdony projekt
- 2005-2010 között CAPTS³¹ Rail projekt ECI átalakítási készlettel

A kezdetektől a 2000-es évek első évtizedének végéig úgy látszott, hogy a dízelmotor gyártók a konstrukcióik továbbfejlesztésével meg tudják oldani azt, hogy a gépek teljesítőképessége és energiahatékonysága javuljon, károsanyag kibocsátásuk pedig csökkenjen. Ezért ekkor még a vasúttársaságok meglehetősen visszafogottan ítélték meg a földgáz üzemanyagú vasúti motorok alkalmazását.

Ezt követően azonban a földgáz növekvő mértékű kitermelése, valamint a tekintélyes (egységnyi energiatartalomra vetítve is) árkülönbség a földgáz javára újra előtérbe helyezte a földgáz vasúti alkalmazásának lehetőségét.

A Florida East Coast Railway-nek (FECR) Amerikában úttörő szerepe volt a dízelmotor alternatívájaként, LNG-re történő átállásában a vasúti ágazatban. A Florida East Coast Railway (FECR) volt az első észak-amerikai vasút, amely teljes mozdony-flottájához cseppfolyósított földgázt alkalmazott. Az Egyesült Államok Chart Industries által biztosított, célzottan üzemanyag előállítási pályázaton bemutatták a 24 GE ES44AC mozdonyának módosított változatát. Az EPA Tier 3-nak megfelelő mozdonyok ugyanúgy néztek ki, mint a standard ES44AC-k, de GEVO mozgókat a GE a NextFuel alacsony nyomású technológiájával modernizálta. A gyártó szerint a NextFuel rugalmasságot nyújt a vasutak számára, hogy mind dízelüzemanyaggal, mind LNG-vel járassanak akár 80% gázszubsztitúcióval vagy 100% dízelolajjal. A gázszubsztitúciós módszert megtartják a dízelüzem kompressziós gyújtása céljából. A

²⁷ BN: Burlington Northern: egy Észak-Amerikai Vasúttársaság, mely ma már BNSF Burlington Northern & Santa Fe Railway

²⁸ ECI: Energy Conversion Inc. vállalat, mely alternatív üzemanyagrendszerek alkalmazásával foglalkozik nagy teljesítményű motorok számára

²⁹ Air Products and Chemicals Inc., világszerte vezető, ipari gázokkal foglalkozó vállalat

³⁰ UPRR: Union Pacific Railroad, a legnagyobb Észak-amerikai vasúttársaság.

³¹ CAPTS Clean Air Partners Transportation System, Inc.

100%-os LNG motornak szikragyújtásra lenne szüksége, mint például a benzinmotoroknál (RailJournal, 2017).

2.6./1 Oroszország

Oroszországban a földgáz első vasúti alkalmazására 1990-ben került sor. Ezt megelőzően dízelmotorok gázüzeművé történő átalakítására már sor került, de azokat vasúti járművekben még nem alkalmazták.



Forrás: Ditmeyer, 2013

85. ábra TEM18 sorozatú gázmotoros mozdony

Először egy tolatómozdonyt alakítottak át kettős üzemanyagú mozdonyá. A jármű erőforrása egy 8-hengeres Kolomna gyártmányú motor volt. A járművet Moszkva környékén üzemeltették. Az üzemanyag ekkor még CNG volt, melyet egy külön tartályban tároltak.

Ezzel párhuzamosan egy vonali mozdony átalakítására is sor került, melynél egy külön tartálykocsin tárolták az LNG-tartalmazó tartályokat. Ennek vasútüzemi próbáira nem került sor.

Oroszországban a legutóbbi években újra nagy lendületet kapott a gázüzemű vasúti járművek építése. A Transmashholding oroszországi vállalatcsoport 2013-ban készítette el a TEM19 sorozatú gázmotoros mozdonyát, melynek erőforrása egy 880 kW-os motor. Ez a jármű 2014 óta üzemben van és tervezik a sorozatgyártást. Érdekességképpen megjegyezzük, hogy Oroszországban még LNG-üzemanyagú gázturbinás járművet is építettek fővonalis tehervonati szolgálat ellátására.



Forrás: Link 65

86. ábra TEM19 sorozatú gázmotoros mozdony

A Sinara Group részét képező Lyudinovsky dízelmozdony üzem 2019-ben megkezdte az új típusú, LNG-meghajtású tolatómozdony összeszerelését, ami várhatóan az év végére elkészül. A mozdonyt az orosz Gazprom energiaszolgáltató fogja üzemeltetni az Obskaya – Bovanenkovo vonalon, a világ legészakibb vasútvonalán.

Kriogén tartályának kapacitása 2600 kg. A teljesen feltöltött tartállyal a vonat akár öt napig is futhat. Az új mozdony 8200 tonna súlyú teherkocsik vontatására lesz képes. A gyorsabb összeszerelés érdekében a TEMG1 mozdonyt moduláris felépítés szerint fejlesztették ki. A Sinara Group 24 LNG hajtású mozdonyt fog gyártani a Gazprom számára (RailTech, 2019).

A GT1h-001 és GT1h-002 gázturbinás és a TEM19-001 gázmotoros vontatómozdonyok már a próbahasználaton is túlvannak. A 100 km/h sebességű GT1h-002-t a Sinara cég építette a Lyudinovsky dízelmozdony üzemében, ez a 2007-ben a Voronezh mozdonyművektől vásárolt GT1h-001 prototípus továbbfejlesztése. A gázüzemanyag-töltő pontok helyének meghatározására szolgáló tesztek során a 8,3 MW-os, két egységből álló mozdony egy 7000 tonnás szerelvényt vontatott a 636 km-es útvonal teljes hossza alatt, tankolás nélkül. Ezt néhány nappal később a Surgut – Limbey szakaszon végzett teszt követte, amely megmutatta, hogy a mozdony közbenső üzemanyag-vételezés nélkül képes egy 9000 tonnás szerelvényt vontatni az 532 km-es szakaszon. Ezek alapján az Orosz Vasút (RZD) szerint a Szurgut – Korotchaevó vonalon három üzemanyag-töltő állomásra lesz szükség a mozdonyok rendszeres használata során. Jelenleg azonban egyetlen ilyen létesítmény áll csak rendelkezésre, ez Jekatyerinburg közelében található.



87. ábra GT1h-002-t LNG-vel hajtott vasúti szerelvény tesztüzeme

2018 februárjában az RZD megállapodást írt alá a Gazprommal, a Sinara Csoporttal és a Transmashholdinggal az LNG-vontató- és üzemanyag-ellátási infrastruktúra fejlesztésében való együttműködésről azzal a céllal, hogy mozdonyokat fejlesszenek ki 9000 tonnás tehervonat vontatására a Sverdlovski vasút nem villamosított szakaszaira. Az RZD azt tervezi, hogy 2023-ig 3-ról 22-re növeli gázturbinás mozdonyainak flottáját. A Gazprom LNG-gyártóüzemeket és üzemanyag-töltő létesítményeket épít Tobolszkban és Szurgutban, az RZD pedig karbantartási és üzemanyag-töltő létesítményeket hoz létre a szurguti és voinovkai gázturbinás mozdonyok számára. Az RZD azt tervezi, hogy 2020 és 2022 között a Voinovka-Tobolsk közötti 222 km-es szakaszon megkezdje a gázturbinás vonali mozdonyok által vontatott 9000 tonnás szerelvények üzemeltetését, valamint az Egorshino, Voinovka és Tobolsk pályaudvarain a gázturbinás tolatómozdonyok használatát. Az RZD szerint gázturbina mozdonyuk megfelel az Európai Unió NRMM rendelet V. szakasz szerinti kibocsátási normáinak (Link 41). A közlemények szerint a gázturbinás mozdonyok használata által okozott környezetterhelés 2,5-szer alacsonyabb a hagyományos dízelmozdonyokhoz képest, és a karbantartási költségek szintén kisebbek.

Egyelőre Oroszországban sincs még LNG-üzemanyagú fővonalis motoros mozdony üzemben.

Európa más területein egyelőre kísérleti stádiumban vannak az LNG-üzemanyagú járművek fejlesztése.

2.6./1 Kína

A vasúti közlekedési alágazatban is megjelent az LNG szállítása és felhasználása, pl.: egy új LNG vasúti szállítási vonal létesül Kína és Kazahsztán között, amely egy nagy energiamennyiséget szállító közlekedési folyosó lehet Kína és Közép-Ázsia országai között. Ez jelentősen növeli Kína LNG ellátási biztonságát és kapacitását. A jelenlegi teherkocsi parkkal évente 300 ezer tonna LNG gáz szállítható ezen a vonalon, de ezt évente évi 800 ezer tonnára szeretnék növelni (Link 45).

2.6./2 India

Indiában 2015-ben mozdonyokat alakítottak át kettős üzemanyagúvá (dízelt, CNG) az Indiai Vasúti Alternatív Üzemanyagok Szervezete (IROAF) jóvoltából, egy olyan projekt részeként, amely olyan technológiát tartalmaz, amely csökkenti az indiai vasút üzemeltetésének környezeti hatásait. Az átalakításokat a Chennai Integral Coach Factory végezte, amely Vasúti Minisztérium alatt működő egység (Link 48).

A CNG-kísérletben összesen 21 vonat vett részt. A kettős üzemanyaggal közlekedő vonatok közül 20 India északi részén, az északi vasútban, egy pedig Vijayawada régióban, a déli vasútvonalon került tesztelésre. A CNG-vonalú kísérletek méretének növelését tervezték, ám az erre vonatkozó döntés a további üzemanyag-töltő állomások felállításától függ (BusinessLine, 2018).

A CNG használata elméletileg 8-11%-os megtakarítást eredményezett egy hasonló dízelüzemű vonattal szemben. A gáz- és dízelgázolaj üzemű vonatokban átalakítottak egy vagon, ahol kaszkád rendszerben olyan tárolóhelyeket alakítottak ki a CNG tárolásához, amely egy teljes kocsi egyharmadának megfelelő helyet foglal el. Az üzemanyag-tárolók beépítése ugyan bevételkiesést eredményez a vasút számára, hiszen a cseréjével üléseket távolítottak el, így kevesebb utast tud szállítani.

Jelenleg próba alatt áll az LNG, mint alternatív üzemanyag, hogy meg tudják becsülni a megtakarítások mértékét (BusinessLine, 2018). Az LNG eredmények több területen meghaladják a CNG-t, ideértve a tároláshoz szükséges helyet is, ami azt jelenti, hogy a vonat nagyobb távolságot tud megtenni ugyanannyi LNG-vel. A vonatokban a CNG-tárolásra elkülönített vagonban LNG-t tárolhatnak, amely háromszoros energiát képes tárolni. Tehát ebből az következik, hogy a CNG-hez szánt tartályban tárolt, azonos mennyiségű LNG sokkal hosszabb távolságra biztosítja a vonat működését újratöltés nélkül (IROAF, 2018).

A kísérletekben a mozdony mögé egy LNG-tartályt szállító kocsit csatlakoztattak, amely a célállomás elérésével újratölthető. Ezek a tesztek még jelenleg is folynak, így a költség-haszon elemzésre konkrét számadat még nem áll rendelkezésre. Azonban az előzetes becslések alapján megállapítható, hogy egy vasúti LNG-tartály telepítése kb. 30%-kal magasabb beruházási összeget igényel, mint a CNG esetén, ugyanakkor viszont az LNG hajtásból eredő költségmegtakarítás hozzávetőlegesen 40%. A legnagyobb kiadások az üzemanyag-töltő infrastruktúra kiépítésében jelentkeznek. Az üzemanyag-feltöltő infrastruktúrához tároló, kiskereskedelmi, dekantálási és tartálytöltési pontok szükségesek (Business Line, 2018).

2.6./3 Spanyolország: LNG hajtású személyvonat fejlesztése

A közlekedés a legnagyobb energiafelhasználó ágazat Spanyolországban, 2014-ben a teljes energiaigény 40,4%-ért volt felelős. A közúti szállítás a közlekedés energiaszükségletének 81,3%-át teszi ki, melyet az olajtermékek dominálnak (80,7 %). A kőolaj termékek nagy részét importálják (96,1%). Ez magyarázza Spanyolország energiaimport függőségét. A 2014-ben regisztrált mintegy 71%-os behozatal mértéke az európai átlagnál magasabb, ezzel az EU a nyolc leginkább energiaimportfüggő országai közé tartozik. Ez a függőség negatívan befolyásolta a kereskedelmi egyenleget: 2014-ben körülbelül 40 milliárd euróra becsülték, ami a GDP 3,8%-ának felel meg. E hatások enyhítése érdekében a közlekedési ágazat számára számos energia- és környezetvédelmi politika stratégiai célt fogalmaztak meg, különös figyelmet fordítva a személygépkocsikra, autóbuszokra és tehergépjárművekre (Segurado & Barquero, 2017).

Az alternatív üzemanyagok használata a közlekedésben az egyik eszköz, amely ellensúlyozhatja a közlekedés negatív hatásait, és hozzájárul Spanyolország energia- és környezetvédelmi politikájához. Emellett nem elhanyagolható módon üzleti lehetőséget kínál a spanyol autóipar számára is.

A DAFI (Directive for Alternative Fuels Infrastructure) közzététele óta Spanyolország jóváhagyta az alternatív energia alkalmazásának növelésére irányuló stratégiát (VEA) 2015-ben. Az alternatív üzemanyagok infrastruktúrájáról és a nemzeti cselekvési keretrendszerben meghatározott számok fényében a spanyol közlekedési ágazat alternatív üzemanyag infrastruktúrája (MAN) átalakításra került. Az infrastruktúra megújítás fókuszterületei közúti és tengeri szállításra irányulnak. Az intézkedések általánosságban három prioritási tengely köré épülnek: piac, infrastruktúra és iparosítás. Ezeket egy negyedik tengely - egy stabil szabályozási keret - köti össze, amely folytonosságot biztosít az elvégzett tevékenységek tekintetében, lehetővé téve a garancia vállalást a piac és a befektetők számára. A legtöbb energetikai intézkedés a közlekedési ágazatra irányul (Segurado & Barquero, 2017). Ezeket a fókuszterületeket egészítette ki a vasúti személyszállítás átalakítására megfogalmazott intézkedés sorozat, melynek keretében a spanyol vasúttársaság és a spanyol kormány a vasúti személyszállítás CO₂ egyenérték/utas értékek drasztikus csökkentését tűzte ki célul.

A spanyol vasúttársaság (RENFE) 2017-ben megkezdte az LNG-vel hajtott önjáró személyvonat átalakítási lehetőségeinek vizsgálatát. Majd megtervezték, modellezték és megépítették az első, személyszállításra alkalmas LNG vasút prototípusát, melynek első vontatási vizsgálatai már zajlanak. A tesztelés alatt álló szakasz az asztúriai Feve keskeny nyomtávú hálózata Trubia-tól Baiña és Figaredo felé (20 km), a vonat alapja a CAF által gyártott 2600-as sorozatú vonata (RailJournal, 2018).

A Mieres és a Figaredo közötti vonalon elvégzett tesztek során azokat a lehetséges környezeti és gazdasági előnyöket vizsgálják, amelyeket az LNG nyújthat a nem villamosított vonalakon történő

vasúti szállítás során. A RENFE, a Gas Natural Fenosa és Enagás közreműködésével, valamint a Bureau Veritas-szal megvalósuló projekt célja annak bizonyítása, hogy az LNG használat potenciális környezeti és gazdasági előnyökkel jár a spanyol vasúti forgalom számára.

A projekt része annak a dekarbonizációs és energiahatékonysági tervnek, amelyben a spanyol vasúttársaság (RENFE) és a vasúti pályahálózat működtető (ADIF) az alternatív energiahordozókkal működő járművek népszerűsítésén dolgozik Spanyolországban. A kibocsátáscsökkentési célok teljesítésében a spanyol vasút alapvető szerepet játszik.

Az átalakított jármű éles tesztjeit 2019 decemberében tartják, az erről szóló eredmények 2020. elején várhatók.



Forrás: Link 35

88. ábra: LNG-üzemű vonat a Mieres és a Figaredo közötti vonalon

2.6./4 Az Egyesült Királyság kettős üzemanyagajtású mozdonya

A brit szolgáltató, a Grand Central bemutatta az Alstom Class 180 DMU kettős üzemanyaggal működő átalakított mozdonyát, mely próbaüzeme 2019 májusában megkezdődött. Az átalakított vasúti jármű dízelgázolaj és LNG kombinációjú üzemanyag mix-szel működik. A projektet a Vasúti Biztonsági és Szabványügyi Testület (RSSB) támogatja, és a Grand Central együttműködik a G-Volution-nal, amely ezt a kettős üzemanyagú technológiát szabadalmaztatta. A próbaüzem egy korábbi, 2016. évi Vasúti Biztonsági és Szabványügyi Testület (RSSB) által finanszírozott megvalósíthatósági tanulmányra épül, amely arra a következtetésre jutott, hogy az üzemanyagköltségek 30%-os megtakarítását érhetik el a kettős üzemanyagú technológiák vasúton történő használatával. Ezt a tanulmányt további modellezéssel és elemzéssel bővítik, amelynek fókuszát kiterjesztik az ország minden dízelmozdony típusára (RailJournal, 2019).

Az LNG nemzetközi közlekedésbe, illetve az intercity gyorsközlekedésbe integrálása középtávon nem tűnik reális célkitűzésnek. Az intercity villamosított vonala inkább a hatékonyabb, gyorsabb mozdonyok fejlesztése révén kíván erőteljesebb piaci részesedést szerezni, nem reális ezen mozdonyok – a jelenleg bizonytalan és kísérleti fázisú – LNG hajtásmódjának adaptációja.

2.6./5 Vasúti teheráru szállítás

A német VTG Ag. nemzetközi vasúti kocsikölcsönző és vasúti logisztikai vállalat két prototípus kocsit fejlesztett ki annak érdekében, hogy demonstrálja az „LNG by Rail” koncepcióját, amelyet az elmúlt három évben fejlesztettek ki a kocsikat építő cseh Chart Ferox vállalat közreműködésével. A kocsik speciális szigeteléssel vannak felszerelve, amelyek lehetővé teszik, hogy a kriogén tartályban az LNG akár hat hétig is tárolható legyen, miközben a belső tartály és a külső tartály közötti vákuum segíti az optimális -162°C hőmérséklet fenntartását. Ezenkívül a kocsik speciálisan kifejlesztett felfüggesztéssel és csapágytechnikával van felszerelve, amely fenntartja a belső tartály helyzetét a külső tartályban (RailJournal, 2015).

A német szövetségi vasúti hatóság (EBA) kibocsátotta a kocsik működési engedélyét, miután a kocsik megfeleltek az összes átjárhatósági európai műszaki szabványnak (TSI) (RailJournal, 2015).

A VTG szerint hatalmas lehetőségek rejlenek Európában az LNG energiaforrásként történő felhasználása szempontjából, mivel a kriogéntartályban 600-szor csökkenhet a földgáz térfogata, összehasonlítva a vezetékkel szembeni szállítással. Egy LNG-kocsi öt teherautót és négy konténert tud helyettesíteni az úton (RailJournal, 2015).

2.6./6 A nemzetközi vasúti tapasztalatokból levonható következtetés

Az eddigi nemzetközi tapasztalatok azt mutatják, hogy az LNG-üzemanyagú vontatójárművek bevezetése kapcsán a következő megállapításokat tehetjük:

- a gázüzemű vontatási rendszer bevezetése rendszerszintű megközelítést tesz szükségessé, ez azt jelenti, hogy a technológiaváltás valamennyi befolyásoló tényezőjét együtt kell kezelni (a ma belátható jövőben várható elegyrendezési igények becslése, a járművet érintő műszaki tartalom pontos meghatározása, a járműüzemet kiszolgáló infrastruktúra fejlesztése, mindezek alapján végezhető el a műszaki, gazdaságossági és szabályozási megvalósíthatóság vizsgálata),

- a földgáz üzemanyag mozdony üzemanyagként való alkalmazásának gazdaságossága vonzó alternatíva, de csak bizonyos viszonylatokban, a hazai vasúthálózati jellemzők tulajdonságai (villamosított vonalhálózat aránya, a vasút áruszállítási részaránya közlekedési munkamegosztásban, számos magánvasút jelent meg az elmúlt évtizedekben, a vontatójármű állag minden jellemzőjét tekintve rendkívül „tarka”, eltérő gazdaságim lehetőségek jellemzik a vasúti szereplőket),
- a hosszabb távú LNG-üzem a vasutak számára a jövőbeli üzemanyag ár ingadozások hatásait próbálja csökkenteni, a mai ismereteink alapján a ma belátható időben rendelkezésre fog állni az LNG és kis áringadozások várhatóak, ezzel az LNG árelőnye legalábbis középtávon meg fog maradni,
- a technológia alapvetően működik, rendelkezésre állnak műszakilag, technológiailag és piacilag érett műszaki megoldások,

jelentős továbbképzési igény jelentkezik mindenkivel kapcsolatban, aki részt vesz a rendszer üzemeltetésében és működtetésében, az LNG-vel, mint üzemanyaggal kapcsolatosan nagyon kevés tervezési, üzemeltetési és fenntartási vasúti tapasztalat áll rendelkezésre.

2.7 Javaslat az LNG vasúti járművek hajtási rendszerének hazai elterjesztésére

2.7./1 Vasútüzemi tapasztalatok a földgázmotoros járművekkel

A beépített erőforrású vasúti vontatójárműveket a kezdeti néhány kivételtől eltekintve kizárólag dízelmotorokkal építették meg. A vasúti dízelmotorok az elmúlt évszázad során jelentős fejlődésen mentek keresztül mind az energiahatékonyság, mind a teljesítőképességi jellemzők és a környezetterhelési mutatók tekintetében is.

Ennek ellenére már a kezdetektől fogva történtek kísérletek alternatív üzemanyagok vasútüzemben történő alkalmazásának vizsgálatára. Elsősorban a földgáz, a metanol, a hidrogén és a különböző bioüzemanyagok alkalmazhatóságát vizsgálták.

A vasúti járműtechnikában jelenleg a földgáz lelőhelyek, valamint a kitermelés volumenének tekintélyes fokozása, valamint a földgázüzemanyag egységnyi energiára vonatkoztatott kedvező ára nyomán, összhangban az energiahatékonyság-, teljesítőképesség növelése és főképp a környezetterhelés csökkentése állandó igényével az utóbbi időben ismét előtérbe helyezte a földgáz vasúti alkalmazhatóságának vizsgálatát (megjegyzés: az elektrifikáció rendkívül költséges infrastruktúra beruházást igényel, ezért nyújt kedvező megoldást az LNG. Ld. Spanyolország és Egyesült Királyság).

Tágabb kitekintésben nagyon kedvező körülménynek minősíthető, hogy a ma ismert lelőhelyek száma és az ott kitermelhető mennyiségű földgáz alapján a ma belátható jövőben ez az üzemanyag rendelkezésre fog állni.

Meg kell jegyezni, hogy az e fejezet bevezetőjében a dízelmotorral kapcsolatban elmondottak alapján minden vasúttársaság nagyon alapos és szerteágazó vizsgálatokat végzett és végez a földgáz technológia bevezetése vonatkozásában. Ehhez jelentős lökést adott, hogy a folyamatosan szigorodó károsanyag kibocsátási normák egyre nagyobb feladatok elé állították a vasúti dízelmotorokat gyártó vállalatokat.

A vasút mindennapi üzemvitele szempontjából alapvető fontosságú a jármű hatásugarának megőrzése vagy legfeljebb minimális csökkenése. Ez azt jelenti, hogy az alkalmazandó üzemanyag energiasűrűsége alig maradjon el a gázolajétól vagy valamilyen életképes műszaki megoldással biztosítható legyen a kellő hatásugár. Ez feltétlenül szükségessé teszi, hogy a dízelmotor effektív hatásfoka ne romoljon. Ezen túlmenően a járművek üzemanyaggal történő utántöltésére is költség hatékony megoldásokat kell találni.

2.7./2 Vasúti LNG hajtás lehetőségének vizsgálata

Az LNG-üzemanyag bevezetése számos tényező alapvető vizsgálatát igényli (BMSF, 2007).

- Károsanyag kibocsátás: a teljesen vagy részben LNG-üzemanyagú motoros mozdony a károsanyag kibocsátás tekintetében milyen jellemzőket szolgáltat (üvegházhatású gázok, lokális környezetterhelést okozó összetevők). Ebben a tekintetben nem egyenértékűek a különböző elven működő gázmotorok, illetve a nehézüzemű gázmotorok esetében még nem kellően tisztázott a károsanyag kibocsátás kérdése. További kérdés ezzel kapcsolatban, hogy milyen kipufogógáz utánkezelő berendezés beépítése szükséges az előírt határértékek teljesítéséhez. Fontos kérdés, hogy rendelkezésre állnak-e ezek a technológiák, költséghatékonyak, megbízhatóak, tartósak és beépíthetők-e egységként a járműbe, továbbá mennyiben térnek el a dízelmotorhoz szükséges hasonló célú berendezésektől.
- Költséghatékonyság: Alapvető kérdés, hogy mekkora az LNG-üzemanyagú jármű összegzett élettartamköltsége (fedélzeti üzemanyag tárolás, külön tartálykocsi, üzemanyagellátó és feladó berendezések, az üzemanyag folyékony állapotban történő tartásához szükséges energia), illetve erre milyen becslés adható. Az üzemanyag ára figyelembe veszi-e az üzemanyag feldolgozás, szállítás, tárolás és feladás költségeit. Fontos tisztázni, hogy milyen minőségű gázra van szükség, hogyan lehet ezt összehasonlítani a gázolajköltséggel illetőleg milyen üzemanyag ármozgásokra lehet számítani a jövőben. Hogyan viszonyul a dízelmotor fejlesztésének költségigénye az LNG-üzem bevezetésének és alkalmazásának költségéhez.
- Teljesítőképességi követelmények: Alapvető fontosságú kérdés, hogy az LNG gázmotor technológia beépíthető-e a mozdonyba, illetve alkalmassá tehető-e széles üzemi tartományban történő üzemkövetelményeinek kielégítésére. Képes-e a földgázmotor az újabb dízelmotoros mozdony által nyújtott teljesítőképességi paramétereket szolgáltatni, elegendően megbízható és tartós-e a gázmotor. Rendkívül fontos a gázmotor energiahatékonyságának kérdése, hogyan mérhető ez és hogyan viszonyul a dízelmotoréhoz. Ezzel kapcsolatban felmerülhet kérdésként még az üzemanyag ellátás megbízhatósága is.
- Alkalmazástechnikai kérdések: Fontos tisztázni, hogy a technológia alkalmazható-e meglévő mozdonyhoz vagy csak újhoz, esetleg mindkettőhöz. Mi a tervezett vontatási feladat (tolató, vonali stb.) és a vontatási feladatból terhelésállapotok és terhelésállapot-változások hogyan befolyásolják az emissziót. Vannak-e a biztonsággal kapcsolatban felmerülő problémák (üzemanyagszállítás, feladás stb.). Milyen érdekek és ösztönzők vagy ellenérdekek jelennek meg a földgáz használatban rejlő lehetőségek maximalizálásához.

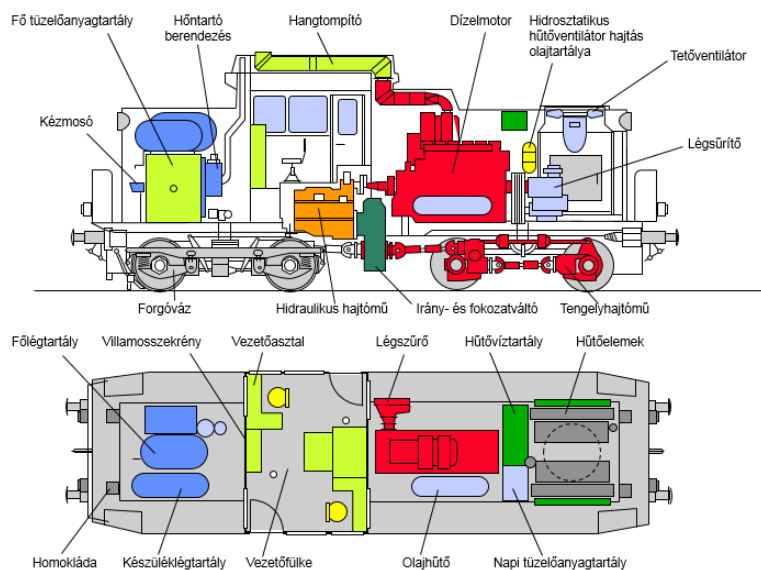
Az LNG-üzemre történő átalakítás a két vontatási feladatnak megfelelően tolató és vonali mozdonyok vonatkozásában valósítható meg.

A dízelvontatás szerepe az elmúlt évtizedek során jelentősen visszaszorult. Ezt az mutatja legjobban, hogy a magyarországi vasúti hálózat több, mint 40%-a villamosított és ezen zajlik a forgalomnak több, mint a 80%-a. Emellett a hazai vasúti áruszállítási piac nagyon sok szereplőssé változott, nagyon sok

eltérő technikai színvonalú, életkorú, energetikai és környezetterhelési jellemzőjű motoros vontatójármű közlekedik a hálózaton. Ezen motoros járműveknél kétféle hajtásrendszer fordul elő: a hidrodinamikus és a villamos erőátvitel.

Alapvető problémaként leszögezhető, hogy a járművek meghatározó részénél az életkor jelenti a legnagyobb problémát. Egy vasúti vontatójármű pénzügyi élettartama hozzávetőlegesen 20 év, míg a műszaki élettartama meghaladja a 40 esztendőt is. Ez a tény a fentiek alapján sajnos már önmagában megnehezíti az átalakítást még, ha a pénzügyi források elő is teremthetők a fejlesztésre.

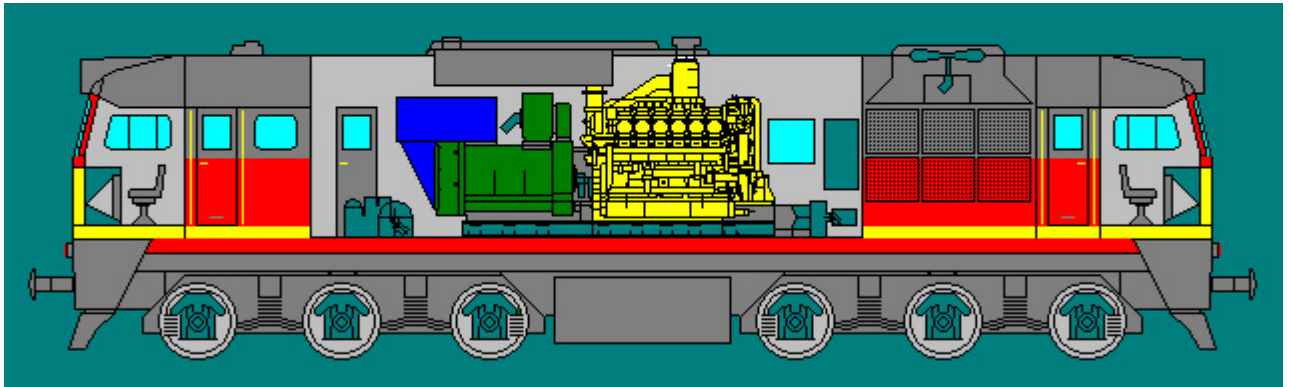
A 89. ábra egy hidraulikus erőátvitelű tolatómozdonyt mutat. A típusból hálózati szinten 74 darab van viszonylag egyenletes eloszlásban. A járművek az ezredforduló óta motorcserés felújításon estek át, mellyel az élettartamukat meghosszabbították és korszerűbb műszaki tartalmat kaptak a mozdonyok. A 89. ábra alapján jól látható, hogy LNG-tartályok elhelyezésére meglehetősen szűk hely áll csak rendelkezésre. A forgóvázak között hosszirányban lehet csak elhelyezni tartályokat a hidraulikus hajtómű kihajtó kardán tengelyei miatt. Ezen kívül a rövidebb készülékszekrényben áll még hely rendelkezésre, nagyon korlátozott mértékben. El lehet még helyezni tartályokat a készülékszekrényeken is, de csak olyan mértékben, amely a vezetőfülkéből való kilátást nem akadályozza, illetve nem lóg ki a jármű által elfoglalható keresztmetszeti szelvényből.



89. ábra M47 sorozatú, hidraulikus erőátvitelű tolatómozdony gépezeti elrendezése

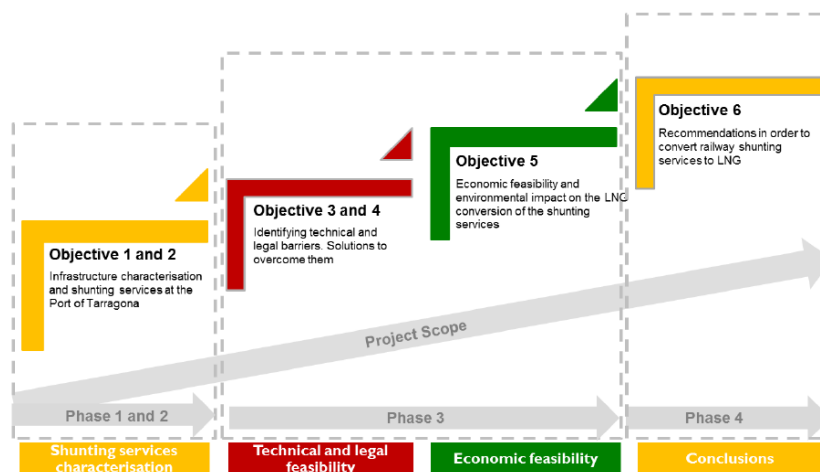
A teljes körűen ismert vontatási feladat alapján konkretizálható a műszaki tartalom, de az VII.1-es fejezetben foglaltaknak megfelelően csak a kettős üzemanyagú motor jöhet szóba, mert nem jár teljesítmény csökkenéssel, tekintetbe veszi, hogy a hálózaton mindenütt vannak dízelgázolaj vételezési helyek, ugyanakkor az LNG-hálózat egyelőre még nem áll rendelkezésre. Továbbá a kettős üzemanyagú motor átalakítása kisebb költséggel jár, mint a szikragyújtású gázmotor beépítése. A járműre épített földgáz ellátó rendszer meghibásodása esetén a jármű nem marad szolgálatképtelen, mert át tud

kapcsolni tiszta dízel-üzemre. Természetesen ebben az esetben két üzemanyagellátó rendszert kell kialakítani a járművön.



90. ábra Remotorizált M62-es mozdony gépezeti elrendezése

A vonali mozdonyok egyik példáját ábrázolja a 90. ábra. Itt van lehetőség a két forgóváz (a járművet alátámasztó, ennél a járműnél háromtengelyes keretszerkezet, mely közrefogja a jármű alatt, középen elhelyezkedő üzemanyagtartályt) között üzemanyagtartály elhelyezésére, de a vonali szolgálat jellegeből adódóan külön LNG-tartálykocsi alkalmazásával igen tekintélyes jármű hatósugár növekedés érhető el. Megjegyezzük, hogy ez akkor térül meg gazdaságilag elfogadható időintervallum alatt, ha a járművet nagyon jól kihasználják, azaz nagy terheléssel (hozzávetőlegesen 1-2 kW/t fajlagos tömeg mellett) üzemeltetik. Európában Spanyolország északkeleti részén végezték el Tarragona kikötőjében egy LNG-üzemanyagú tolató jármű átalakítására és az átalakítás megvalósíthatóságára vonatkozó vizsgálatokat. A 91. ábra szemlélteti az elvégzett vizsgálat lépéseit és az egyes lépések tartalmát. A vizsgálatban a tisztán gázüzemű és kettős üzemanyagú motor alkalmazását is megvizsgálták. Az alábbiakban összefoglaljuk az elvégzett, nagyon alapos és minden részletre kiterjedő vizsgálat sorozat eredményeit és végkövetkeztetéseit.



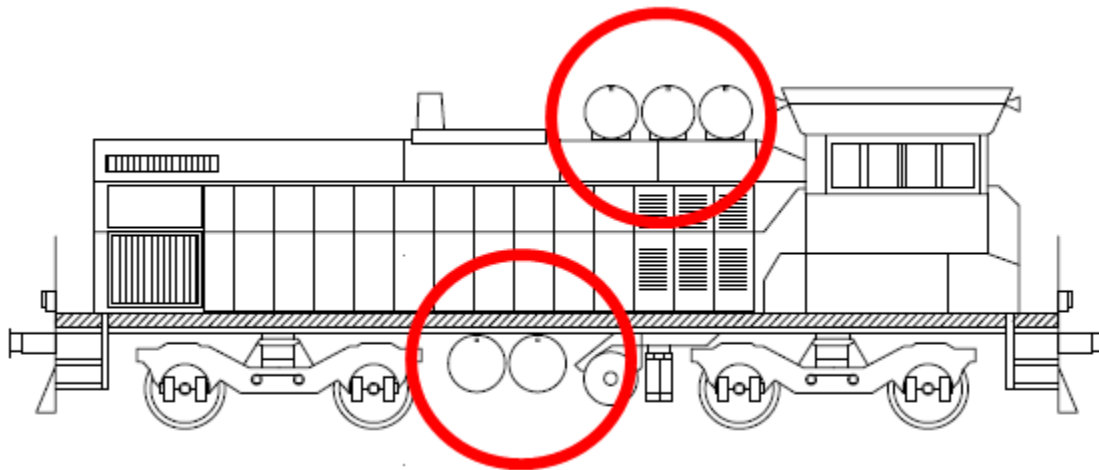
Forrás: Tarragona, 2018

91. ábra A technológia bevezetésének lépései**Műszaki megvalósíthatóság:**

- LNG motorra jelenleg nem vonatkoznak külön szabványok, egyelőre kevés gyártó van, aki a károsanyag kibocsátási határértékeknek megfelelő motort gyárt,
- az LNG-üzemanyagtartály beszerzése a vasúti vontatás számára nem jelentett problémát,
- az LNG-motor és a mélyhűtésű üzemanyagtartály legfeljebb 10% súlynövekedést eredményezett és gyakorlatilag nem változtatta meg a jármű súlypontját.



Forrás: Tarragona, 2018

92. ábra Az átalakítandó két mozdonytípus

Forrás: Tarragona, 2018

93. ábra Az üzemanyagtartályok elrendezése az átalakított járművön**Szabályozási megvalósíthatóság:**

- a tanúsítási folyamatban a fő szabályozási akadály, hogy az LNG-t egyelőre nem tekintik üzemanyagnak a vasúti szektor számára,
- ezt a tanúsítást most a mozdony tulajdonosa végezte el,

- az átalakítással kapcsolatos dokumentáció tekintetében a következő lépéseket javasolják: kockázatértékelés és egy független értékelő jelentését a kockázat elemzést és kiértékelési folyamatot.

Gazdaságossági megvalósíthatóság:

- több változat megvizsgálása után arra jutottak, hogy a minimális megtérülési idő 7 év, a gázszolgáltató esetén pedig 12 év,
- a dízelgázolaj üzemanyag-költség a legjelentősebb tényező és fontos megállapítás volt, hogy a megtérülési idő a vasúttársaság tekintetében a legkedvezőbb esetben sem csökkenthető 7 év alá.

2.7./3 A hazai szabadkikötők területén a vasúti járművek LNG-s vontatásának alkalmazási vizsgálata

Tarragona, 2018 nyomán

A kikötő területén LNG-üzemű motoros vontatás akkor valósítható meg észszerűen, ha a vontatójárművet jól kihasználják, és folyamatosan ellátják feladatokkal. Ez jól tervezhető árumozgások esetén megvalósítható feladat.

A kikötő vasúti hálózata adatai elemzéséből kitűnik, hogy előfordul jelentős emelkedő (5%) is, ami jelentős vonóerő igényt jelent a járművekkel szemben.

A vágányhálózat hossza alapján azt mondhatjuk, hogy a kikötő területén alapvetően elegyrendezési feladatok ellátására van szükség. Ez a feladatok dinamikus ellátása érdekében célszerűvé teszi a nagy vonóerejű vontatójárművek alkalmazását.

A hazai nagyvasúti hálózatról, a 150-es számú vonalról érhető el a kikötő területe. Ez a vasútvonal villamosított. Az utóbbi időben nagyon felértékelődött a szerepe, így rövid időn belül jelentős infrastruktúra fejlesztés várható.

Az áruszállítási feladatok ellátása így csak a kikötő vágányhálózatán igényli az LNG-üzemanyagú járművet.

Megjegyezzük, hogy hosszú távon is viszonylag jól kiszámítható árumozgásokra, illetve azok ismeretére van szükség az LNG-technológia elfogadható időn belül megtérülő alkalmazásához. Ehhez feltétlenül szükséges annak megállapítására, hogy milyen elegyrendezési igény prognosztizálható a jövőben.

A kikötői vontatás alkalmazásának vizsgálatánál abból indultunk ki, hogy egyelőre alig vannak a nemzetközi szakirodalomban megfelelő adatok a kérdés egzakt, nagyobb léptékű megalapozására.

Kikötői vasúthálózaton elegyrendezést ugyanakkor lehet tolatómozdonnyal és vonali mozdonnyal is végezni, a feladatoktól és a rendelkezésre álló járművektől függően.

A felvetett probléma gazdaságos megvalósíthatóságát az M43-M47 sorozatú mozdonyokkal kapcsolatban a járművek meglehetősen nagy életkora kérdésessé teszi.

A csepeli szabadkikötő vonatkozásában a címben említett spanyolországi kikötő példáját lehet párhuzamba állítani.

Az idézett tanulmányban a következő megállapításokat tették:

- műszaki vonatkozásban a vasúti vontatásban az LNG-motor még nem szerepel általánosan elfogadott és katalógusokban szereplő motorként, az LNG-tartály a vasúti vontatás szempontjából nem jelent problémát, az LNG-tartály elhelyezhető úgy, hogy a jármű súlypontja ne változzon;
- szabályozási szempontból a jármű engedélyeztetése jelenti a legnagyobb problémát, ami miatt megnövekedhet a folyamat időigénye és költsége (jelenleg a hazai jármű engedélyeztetési rendelet sem tér ki beépített erőforrású járművek esetén az LNG-s üzemre), szükség van kockázat értékelésre és független tanúsító szervezet jelentésére a jármű üzembehelyezéséhez;
- gazdaságossági szempontból minimális LNG-árral számolva (0,295 Euro/l), 3 mozdony átalakítása esetén, míg két mozdony átalakítása esetén (0,320 Euro/l LNG-ár) a legrövidebb megtérülési idő 7 év, a vasútállalat szempontjából a legnagyobb költséget a gázolajköltség jelenti. Ez Magyarországon is így van. A tanulmányban elmondottak alapján a fent idézett jelentésben a gázolaj árának alakulása döntő fontosságú tényező. A fenti jelentés azzal is számol, hogy a megtérülési idő megnövekedhet 13-14 évre is, ha a kétfajta üzemanyag közötti árkülönbség nem növekszik jelentősen.

A tisztán gázüzem rontaná a jármű teljesítőképességét a kisebb motorteljesítmény miatt, így ez a használhatóságot károsan befolyásolná. Az idézett jelentés hozzávetőlegesen átszámítva 50-60 millió (170 000 Euro) forint körüli motor árral számol. A szabályozási kérdéseknél említett kockázat értékelés és tanúsítás költségét átszámítva 90-100 millió (300 000 Euro) forint körüli értékre becsüli. A kockázatértékelés és tanúsítás költsége természetesen az első járműnél ekkora érték csak, de igen tekintélyes összeg.

Megjegyezzük, hogy a csepeli szabadkikötőben, mivel folyami kikötőről van szó, kisebb elegyrendezési igény várható, mint egy tengeri kikötőben

A fentiek alapján nagyon intenzív járműhasználatot alapul véve tartom elképzelhetőnek a gazdaságilag elfogadható időn belüli megtérülést.

A vasúti áruszállításban ugyanakkor az utóbbi időben megfigyelt tendenciák egyértelműen inkább a csökkenő elegyrendezési igény irányába mutatnak.

Ezek alapján a szükséges jármű darabszám (legfeljebb 2-3 jármű) és a becsült költségek figyelembevételével nagyon kockázatos a megtérülés szempontjából a beruházás.

2.7./4 Az LNG-üzemű vasúti vontatásra történő átalakítások feladat és ütemterve

Az LNG-üzemanyagú vasúti vontatásra történő átalakítás legfontosabb kérdése annak megállapítása, hogy az átalakítás költsége reális időn belül megtérül-e, azaz a megoldás gazdaságilag életképes-e. Természetesen nem mehetünk el a környezeti-társadalmi hasznosság kérdésköre mellett, ezért a remotorizációt nem csak üzleti szempontból értékelhetjük.

Ehhez fontos az átalakítás pontos műszaki tartalmának megállapítása. Ennél a kérdésnél a legnagyobb problémát az jelenti, hogy a vasútspecifikus szabályozási és szabványhátter ma még nem áll rendelkezésre. Ez alapvetően összefügg azzal a ténnyel, hogy értelemszerűen még nincs hazai vasútüzemi tapasztalatunk az LNG-üzemanyagú vontatásról.

Ebből kifolyólag feltétlenül indokolt a folyamatba a gyártó és a Hatóság (korábbi Nemzeti Közlekedési Hatóság, ma ITM Vasúthatósági Főosztály) bevonása és a folyamatos együttműködés a felek között. Ezek alapján célszerű gyakorlati próbaüzemet lefolytatni és a kapott eredmények alapján lehet megalapozott döntést hozni a megalkotandó szabályozásokról, a műszaki tartalom esetleges módosításáról és a későbbi bevezetés módjáról.

Az LNG-technológia bevezetése –a fentiekből adódóan – igényli a járműbe beépített motorral prototípus próbák elvégzését. A próbaüzem programját nagyon gondosan kell összeállítani, hogy az összes lehetséges terhelésállapot kellő súllyal jelenjen meg benne.

A technológiai átállás nagyobb darabszámú nullszéria megépítését is szükségessé teheti a próbaüzem eredményeitől függően. Ebben a két folyamatban kell a járművek és a járművek üzemét kiszolgáló rendszeres funkcionális csiszolását elvégezni.

Nagyon fontos alapelv, hogy a sorozatgyártás megkezdése csak minden szempontból kiérlelt rendszer esetén valósítható meg fenntartható módon, költséghatékonyan és a technológiában rejlő technológiai előnyök maximális kihasználásával.

Fontos hangsúlyozni, hogy a kikötőben létesítendő terminál a CEF-pályázati követelmények szerint a vasúti kapcsolatra is később továbbfejleszhető legyen. Ez lehetőséget biztosít arra, ha a vasúti retrofit projekt ezt alátámasztja, hogy a hazai vasúti ellátás központja legyen hosszabb távon egy konténeres vasúti árueosztással. Ezzel a kijelölt távoli pontokon lehetővé tennék a még nem villamosított vasúti vonalakon az LNG-s közlekedést.

VIII. A PL4D PROJEKT TELEPHELYVÁLASZTÁSA

Elemzésünk célja, hogy áttekintse és értékelje a Magyarország területén lévő azon dunai kikötőket, amelyeken a tervezett feladat elvben végrehajtható. E körben megvizsgáljuk a beruházás potenciális megvalósításának helyeit, és leszűkítjük a nagyszámú lehetőségek körét megalapozott, számításokkal alátámasztott módon, majd végül meghatározzuk megvalósításra leginkább érdemes helyszínt.

Jelen objektív kritériumrendszer szerinti telephelyválasztás fejezet célja tehát az, hogy – szintetizálva a rendelkezésünkre álló anyagokat, valamint az elvégzett kutatás eredményeit – objektív rangsort állítson fel a felmerülő helyszínek vonatkozásában.

A felhasznált dokumentumok listája a következő:

- Kerdoiv_kikotok_BSZL_kitoltott_vegleges.docx
- Kerdoiv_Eduvizig_20190318.docx
- Kerdoiv_kikotok_20190208_Paks.docx
- Kerdoiv_Baja_2019 02 06 v1.docx
- Kerdoiv_Adony_vegleges.docx
- Kerdoiv_Dunai_Kikoto_Kft_20190311.docx
- Kerdoiv_kikotok_20190227_Dunavecse.docx
- Kerdoiv_kikotok_Komárom_kitoltott_vegleges.docx
- Kerdoiv_Mohacs_20190214.docx

A megvizsgált anyagok alapján világossá vált, hogy a témérdek, eddig is vizsgált szempont alapján, csak egy komplex, többszemponú döntéstámogató módszer figyelembevételével lehet megoldást találni és annak alapján javaslatot tenni a döntéshozók számára.

Tekintettel arra, hogy az Európai Bizottság 2015/207-es rendeletének III. melléklete szerint szükséges elkészíteni a költség haszon elemzést (CBA-t), a rendelet alkalmazását támogató, Európai Bizottság által kiadott módszertani útmutatót vettük alapul. Ennek 346. oldalán, a többszemponú döntéshozatali módszertanok kapcsán (magyarra fordítva)³² a következő található:

„Ha a cél vektor meghatározásra került, a meglévő információk összesítésére szükséges kiválasztani egy megfelelő módszertant, és a célok - a szakpolitika alkotó szempontjait tükrözve - súlyozásra kerüljenek;”

Többféle többszemponú döntéshozatali módszertan is létezik (pl.: Best Worst Method, Aggregated Indices Randomization Method), azonban a legismertebb és legtöbb területen alkalmazott módszer az

³²Az eredeti angol szöveg: „Once the objective vector has been determined, a technique should be found to aggregate information and to make a choice; the objectives should have assigned weights to reflecting the relative importance given to them by the policy-maker;”

„Analytic Hierarchy Process”, melyet számos területen, köztük mérnöki, szociológiai és gazdasági területen is alkalmazták már.

A módszertan mögött álló terjedelmes szakmai irodalom³³ nemcsak az alkalmazásáról, hanem adott esetben a módszertan gyengeségeiről és tovább fejlesztéséről is szolgáltat tájékoztatást. Például a jelen dokumentumban is alkalmazott Alonso-Lamata féle konzisztencia érték számítás már a módszertan egy kiegészítése (a „Kiegészítő információk az alkalmazással kapcsolatban” című alcím alatt erről bővebb információk találhatók).

A szakirodalomban található sok alkalmazás és hivatkozás alapján került kiválasztásra az „Analytic Hierarchy Process” (AHP, magyarul Analitikus Hierarchia Eljárás), amely hatékony módszer az összetett, többváltozós döntések meghozatalának támogatására. Segítségével a rendelkezésre álló adatok értékelhetők, a kiválasztási kritériumok azonosíthatók és súlyozhatók, tehát a CBA útmutató által előírt szempontok ezáltal teljesülnek.

VIII.1 AZ ANALITIKUS HIERARCHIA ELJÁRÁS ALKALMAZÁSÁNAK INDOKOLTSÁGA

Az Analitikus Hierarchia eljárás lényege, hogy explicitté teszi az összetett, többszemponutú döntések során figyelembe vett tényezőket, melyek adott esetben csak a döntéshozó számára ismertek. Más szóval lehetőséget nyújt arra, hogy az adott, komplex döntés mögött húzódó információ-hierarchia modellezhető és vizsgálható legyen. A módszertan lehetővé teszi a kvalitatív és kvantitatív szempontok együtt történő értékelését.

Jelen projekt esetében a megismert anyagok alapján egy fontos döntés előtt áll a döntéshozó: ez az LNG kikötő telepítési helyszíne.

A kiindulásként figyelembe vehető telephelyekként a Magyar Dunai Kikötők Szövetségébe tartozó vállalatok 10 telephelyével számoltunk:

- Győr-Gönyű
- Komárom

³³ IRODALOMJEGYZÉK

Alonso, Lamata, (2006): Consistency in the analytic hierarchy process: a new approach. International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge based systems, Vol 14, No 4, 445-459

Forrás: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.108.4785&rep=rep1&type=pdf>

Ishizaka A., Labib A. (2011): Review of the main developments in the analytic hierarchy process, Expert Systems with Applications, 38(11), 14336-14345

Forrás: <https://pdfs.semanticscholar.org/1d9b/9b31d523b7ea6dce1b53b9d4a503e06ea144.pdf>

Saaty, T. (1980). The Analytic Hierarchy Process

Saaty, T. (1990). Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World

- **Budapest**
- **Adony**
- **Dunaújváros**
- **Dunavecse**
- **Dunaföldvár**
- **Paks**
- **Baja**
- **Mohács**

VIII.2 AZ ALKALMAZÁS MÓDJÁNAK ÖSSZEFOGLALÓJA

A módszertan abból indul ki, hogy adott egy döntéshozatali cél (jelen esetben a telephely kiválasztása), és a döntés meghozatalához számos kritériumot veszünk figyelembe (pl.: telephely beszerzési ára, környezetvédelmi engedélyeztetés, lakóépületek közelsége, stb.). A módszertan egyben azt is modellezni tudja, hogy egy döntéshozó az elődöntendő kérdésre vonatkozó kritériumokat nem feltétlenül tekinti egyenlő értékűnek, hanem egyes kritériumokat nagyobb mértékben, míg másokat kisebb mértékben vesz figyelembe.

Ennek megfelelően a lehetséges döntéshozatali kritériumokat hierarchiába rendezzük.

Az összes lehetséges megismert kritérium közül kiválasztott 44 döntéshozatali kritériumot helyezzük hierarchiába az átláthatóság és kezelhetőség céljából (a megismert, lehetséges kritériumok listája a dokumentum III.1. fejezetében, a „Lehetséges és kiválasztott szempontok listája” alcím alatt található). Ezen felül 6 fő szempontot határoztunk meg, ami alá besorolásra került a 44 kiválasztott kritérium (a 6 fő szempont: I. Biztonság, II. Ingatlan 1 - Telek, III. Ingatlan 2 – Ütemezés, IV. Ingatlan 3 – Logisztika, V. Környezeti adottságok, VI. Környezetvédelem.)

A telephely kiválasztás esetében kiértékelt 44 kritérium döntéshozatal szempontjából minimum számottevő (és olykor jelentős) különbséget mutattak a különböző lehetőségek között, ezért kiértékelésre kerültek.

A teljes, megismert és lehetségesnek tekintett szempontok listája a Mellékletben található.

VIII.3 EREDMÉNYEK

A telephelyek végső rangsora pedig a 44 részeredmény súlyának összeadásával kerül meghatározásra. Az összesítő táblázatokban látható az összes részeredmény (1. lépcső – technológiai konfiguráció opciók kiértékelésének összesítése és 2. lépcső – telephely opciók kiértékelésének összesítése).

A végeredmény a következő:

Rangsor	Opció	Súly
1	Budapest	33.73%
2	Győr-Gönyű	25.93%
3	Baja	21.55%
4	Paks	18.80%

Az eldöntendő kérdésre vonatkozóan matematikailag megalapozott rangsort állítottunk fel a különböző opciókból, ezzel reményeink szerint jelentősen támogatja a döntéshozatali folyamatot. A felállított rangsor természetesen nem abszolút érvényűek, csupán a vizsgált szempontok és súlyozás alapján kialakult eredmény, azonban ezáltal a kérdés mögött húzódó információ-hierarchia vizsgálhatóvá és értékelhetővé vált.

Az AHP folyamat eredménye értelmében a rangsorolt telephely opciók közül a Budapest-Csepel Szabadkikötő tekinthető a legkedvezőbbnek.

Győr-Gönyű a rangsorban a második helyet foglalja el, főként az ingatlan kedvező tulajdonságai miatt. A bajai telephely a lakossági övezet közelségéből eredő biztonsági kockázatainak köszönhetően csak a harmadik helyet foglalja el. Végső soron a paksi kikötő kedvezőtlen logisztikai és környezeti adottságai miatt került a rangsor végére.

Az értékelésből látható, hogy bár nincsen kimagaslóan kedvező döntés, de egyértelmű rangsor állítható fel a telephelyek között.

A kockázatok és biztonsági távolságok meghatározásakor szakértői és térképes becslést alkalmaztunk, a PL4D III., AZ ÜZEMBIZTONSÁGI ALAPELVEK MEGFOGALMAZÁSA KIEGÉSZÜLVE NEMZETKÖZI JOGGYAKORLATOK BEMUTATÁSÁVAL című tanulmányfejezete pontosan kiszámítva adja meg a társadalmi és alkalmazotti kockázatok, valamint a biztonsági távolságok kialakításának lehetőségét a konkrét, kiválasztott telephely vonatkozásában.

VIII.4 A PL4D PROJEKT TERÜLETÉNEK JELENLEGI ÁLLAPOTA

A PL4D projekt telephely jelenlegi állapotának vizsgálata során drónos felmérés történt. A drónos felmérés segítségével pontosan feltérképezhető a területet fedő növénytakaró, a felszín menti talajsínt egyenlőtlenségek és az épületek tetőszerkezete.

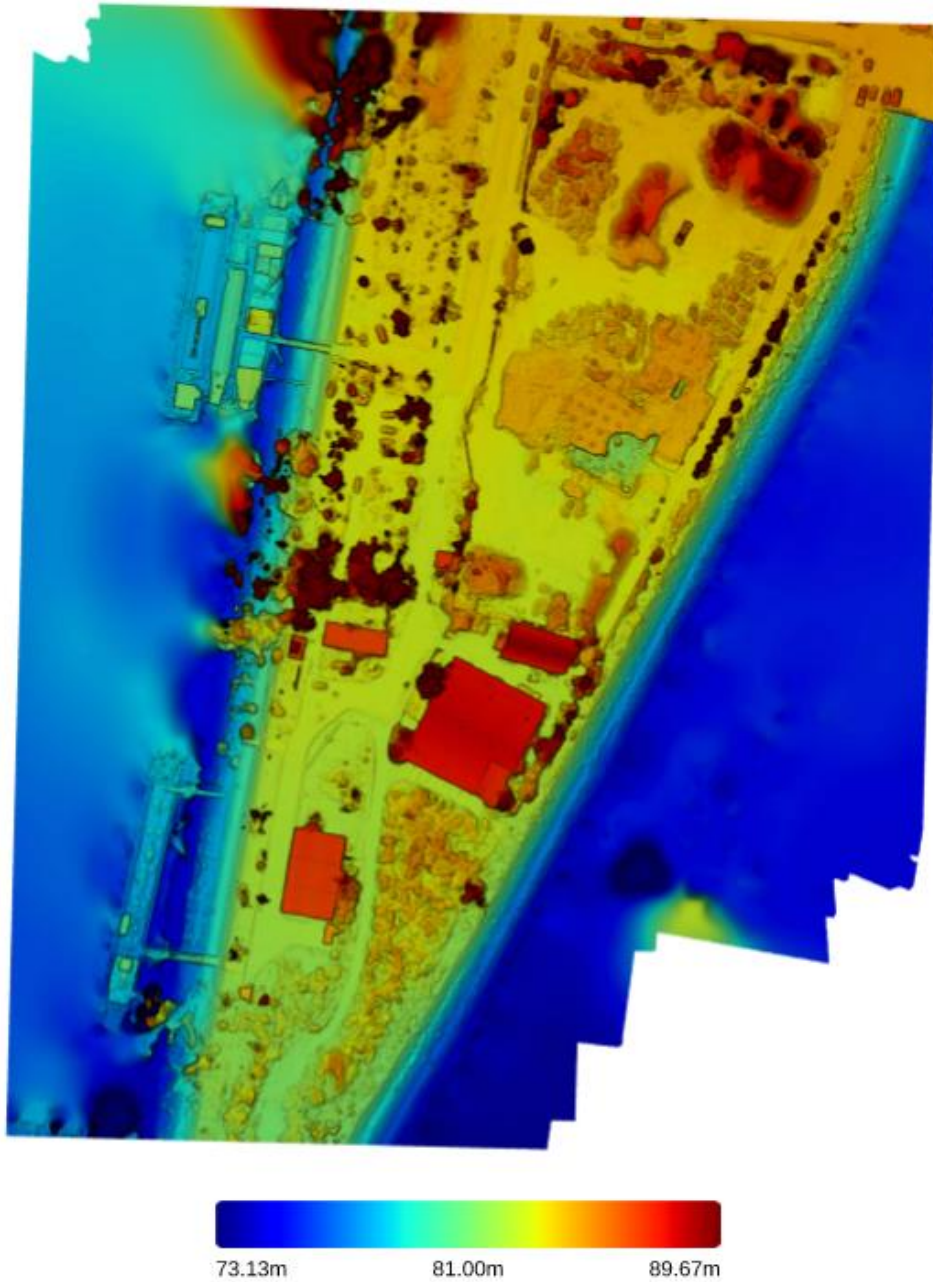
A felmérés során használt drón: DJI Mavic 2 PRO., A felmérés időpontja: 2019. november 26.

A drón képes 20MP felbontású állóképek készítésére, melyből egy összefüggő ortofotót állít össze a feltérképezett területről. A felbontásból és a magasságból adódóan az elkészült képen 1 pixel a valóságban 2 cm-nek felel meg. A képek a pontos ábrázolás érdekében 77%-os átfedéssel készültek. A nagyfelbontású képekből kiderül, hogy a beruházás megkezdéséhez, milyen változtatásokat kell elvégezni a területen (építési törmelék elhordása, fás területek arányának csökkentése).

A drón képes továbbá a talaj felszínének távolságérzékelőkkel való letapogatására, amiből szintén egy összefüggő 3D képet alkot. Az elkészült felvétel kétdimenziós formában is elérhető, ami pontosan bemutatja a felszíni magassági viszonyokat. Ezekből a felvételekből jó közelítéssel meghatározható, hogy milyen mértékű előzetes tereprendezési munkálatokra lehet szükség.



94. ábra A tervezett LNG töltőállomás területe



95. ábra A tervezett LNG töltőállomás területének felszíni felvétele

A vizsgált területet két fő részre osztottuk:

- A tervezett LNG kiszolgáló egységtől délre eső területek
- A tervezett LNG kiszolgáló egységtől északra eső területek

4.1 Északi területrész

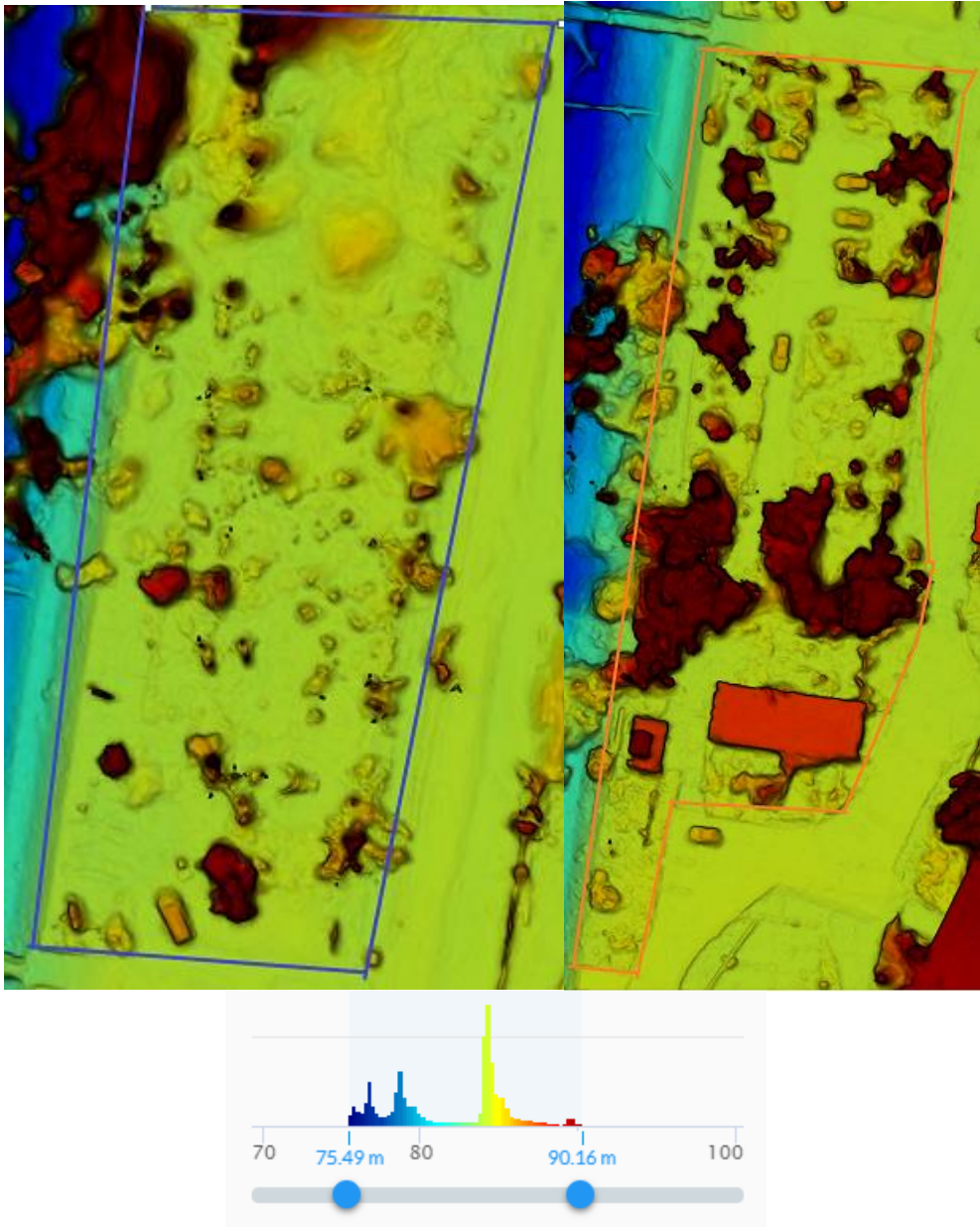
A drón által készített ortomozaik felvételeket DroneDeploy elemzőszoftver segítségével értékeltük ki. A szoftver segítségével pontos méréseket végezhetünk a feltérképezett területeken. Az északi részt 3 részletre osztottuk, nem számolva a területbe a meglévő utakat, valamint a bútorraktár épületét.



96. ábra Az északi terület ortomozaik felvételei

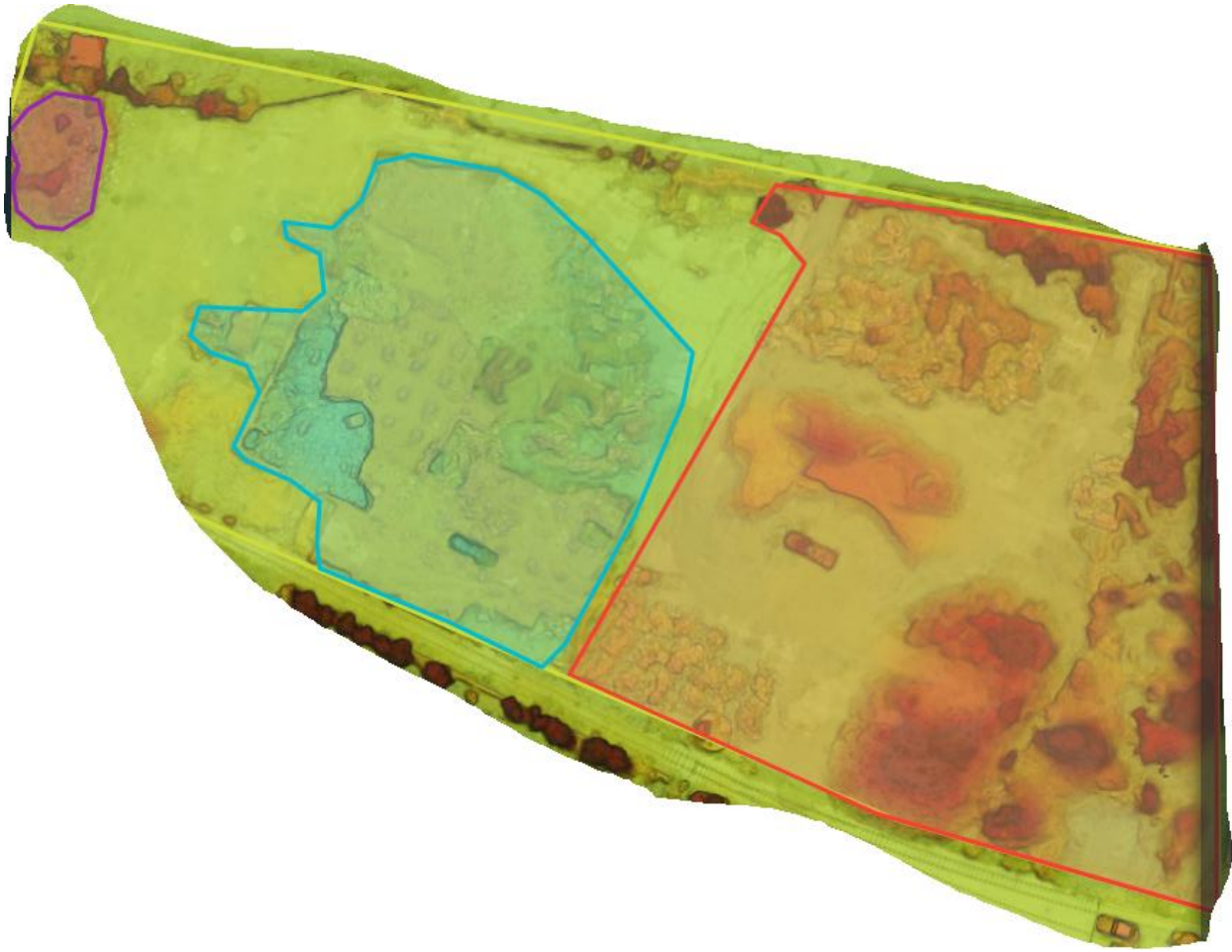
Az 1-essel jelölt, kék terület kiterjedése 0,47 ha, a 2-es sárga terület 1,35 ha, míg a 3-as narancssárga terület 0,48 ha.

A kék terület többnyire fákkal és cserjékkel borított felszín. Hasonlóan a narancssárga területhez, kiegészítve azzal, hogy itt egy parkoló és egy elhagyatott épület is áll.



97. ábra Az 1-es és 3-as területek felszíni képei

A 2-es számú, sárga területen található a volt Mirelit gyár maradványa, mely egy nagy kiterjedésű betontörmelék, illetve földhalom állapotú, így ez a rész tereprendezési munkákat igényel. A munkálatok meghatározására, a drónos felvételek segítségével, lemértük a törmelékhalom és a földhalom pontos térfogatát.



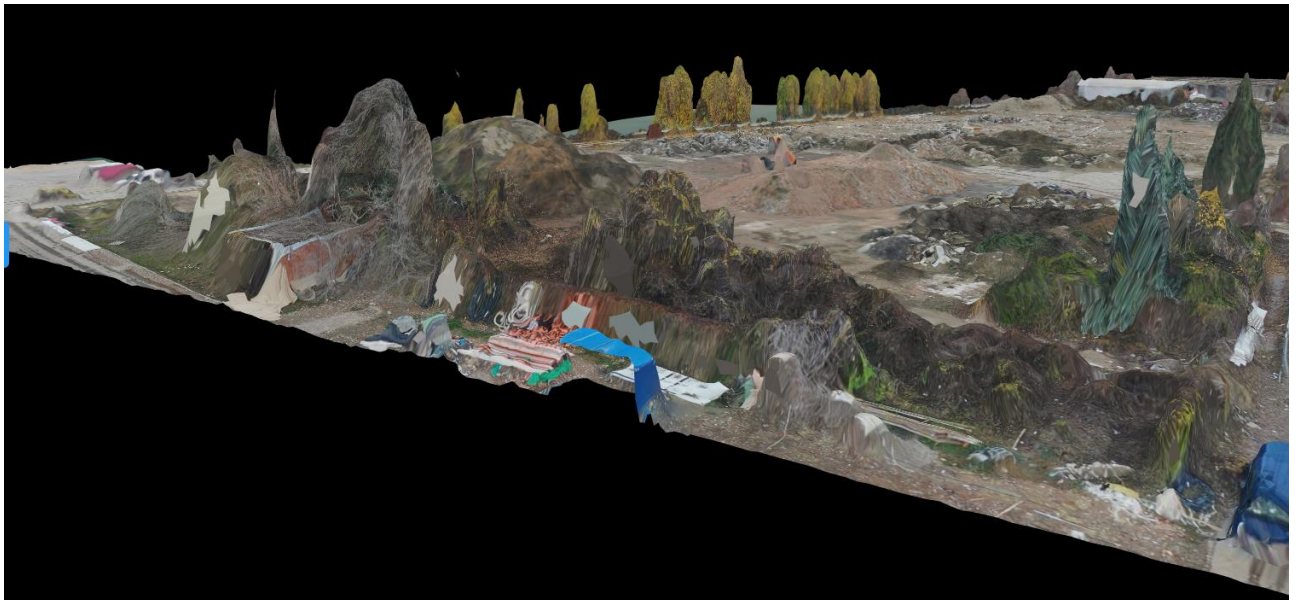
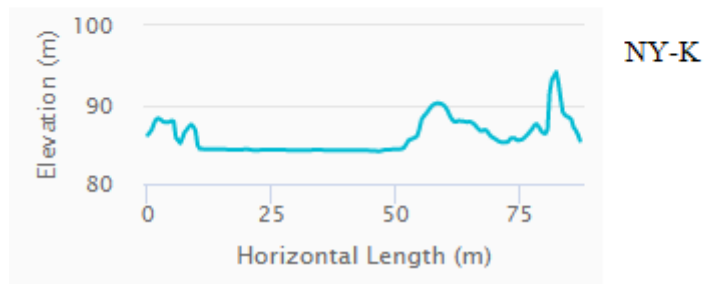
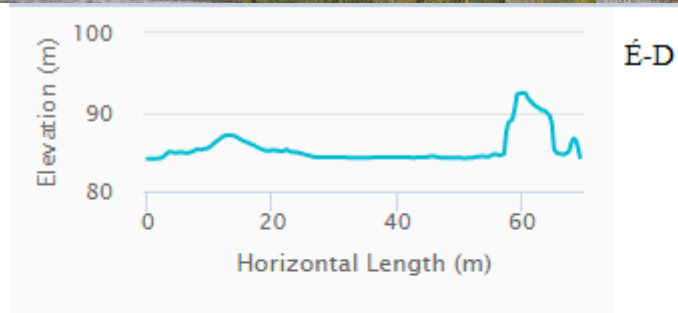
98. ábra A betontörmelékek és a földhalmok a 2-es számú területen

A térfogat mérésénél a drón által készített 3D-s domborzati képen végeztünk méréseket DroneDeploy elemzőszoftver segítségével.

A lilával jelölt rész térfogata: 208 m³

A kék terület térfogata: 1363 m³

A piros terület térfogata: 4197 m³

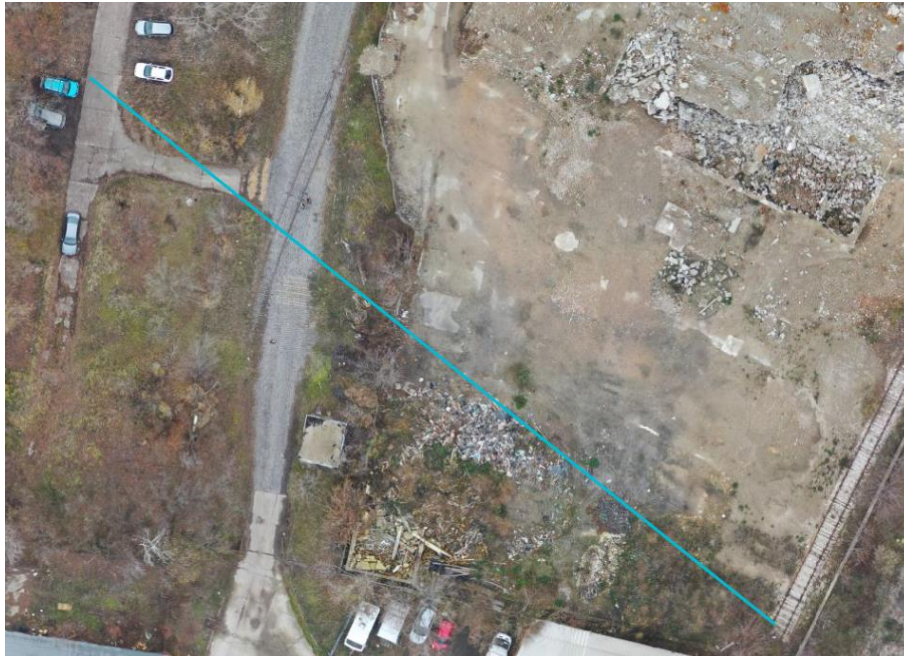


99. ábra A 2-es terület (volt Mirelit) 3D-s keresztmetszeti képe

A területen a földhalom elszállítását, az ott maradt betontörmelék és néhány kisebb fa és bokor eltávolítását kell megoldani.

A területéről tehát nagyságrendileg 5700 m³-nyi földet és törmelékhalmozatot kell elszállítani, amennyiben a terminál töltői (kamion töltőállomás) ezen a helyen kerülnek elhelyezésre.

Ami az LNG tartály elhelyezését illeti, annak várható helye a 3-as területen, a jelenlegi parkoló helyére tervezett. Itt fakivágásra, valamint területegyengetésre van szükség.



100. ábra Vasúti sín vége és tervezett tartály közti távolság

Amennyiben vasúton történne az LNG tartályok feltöltése, úgy a jelenlegi vasúti sínek vége és a tervezett tartály között közel 93 m lenne, mely jelentős távolságnak bizonyul, így véleményünk szerint szükséges lenne a síneket közvetlenül a tartályhoz vezetni mellékvágány kiépítésével, vagy a befejezetlen sínek folytatásával.

4.2 Déli területrész

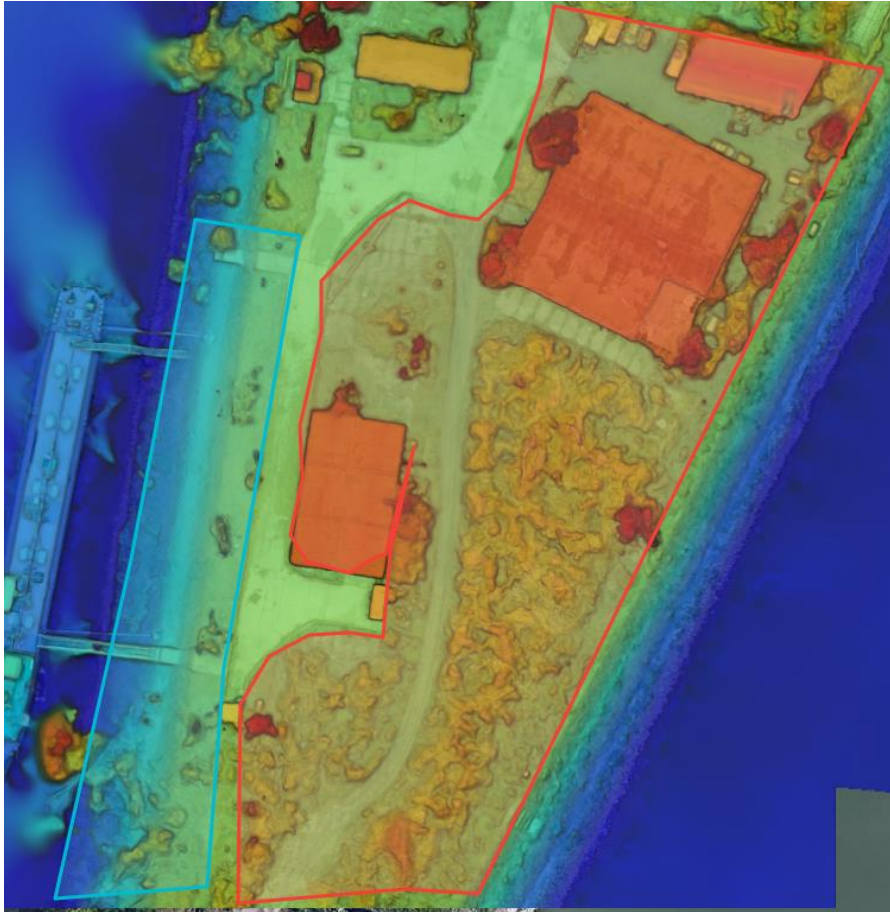
A déli terület részlet ortomozaik felvétele az alábbi ábrán látható. A drón által készített ortomozaik felvételeket DroneDeploy elemzőszoftver segítségével értékeltük ki. A szoftver segítségével pontos méréseket végezhetünk a feltérképezett területeken. A déli területeket két részre osztottuk.



101. ábra Déli terület ortomozaik felvétele

Az 1-es számú terület 0,853 ha (8530 m²) kiterjedésű, többnyire fákkal, cserjékkel, egy földúttal, a bútorraktár épületével, valamint egy fémszerkezetű épülettel ellátott terület.

A 2-es számú terület 0,228 ha (2280 m²) kiterjedésű partszakasz, fás és bokros részekkel borított, valamint látható az épp kikötött hajóhoz csatlakozó feljáró szerkezet is.



102. ábra A déli terület felszíni és 3D-s keresztmetszeti képei

Ezen a területen nem található nagyobb kiterjedésű földhalom, vagy törmelékhalmoz, melynek elszállításáról gondoskodni kell, mivel az előzetes tervek alapján ennek a területnek nem lesz nagy jelentősége az LNG terminál kivitelezésében.

IX. A PL4D PROJEKT MŰSZAKI ASPEKTUSAI

A fejezetben bemutatjuk a small scale LNG töltőállomás koncepcióját, az alkalmazandó technológiát, majd részletesen ismertetjük a töltőállomás főbb technológiai elemeit.

A gázipari és import LNG terminál tervezésének és építésének tapasztalatai alapján részletezzük az üzemeltetés során végzett technológiai műveleteket. Mindezek alapján javaslatot teszünk az állomás kiépítésére és telepítésére, valamint a szükséges villamosenergia-ellátórendszerekre. Jelen tanulmánykötetben nem foglalkozunk a töltőállomás biztonságtechnikai kérdéseivel, mivel annak összetettsége és speciális témája miatt egy külön kötet foglalkozik ezzel, a III. kötet, melynek címe *A projekt megvalósításához kapcsolódó jogszabályi és a helyi környezet biztonságtechnikai elemzése*.

IX.1 ÁLLOMÁS KONCEPCIÓ

Az LNG töltőállomás kialakításának módja alapvetően az LNG-vel végzendő műveletektől, illetve a töltési és lefejtési lehetőségektől függ. Az állomás koncepció kialakításához az alábbi kérdésekre szükséges egyértelmű választ adni:







- Hogyan érkezik az állomásra az LNG?
- Milyen járművek töltését kell elvégezni?
- Hogyan történik az LNG átadása a járműveknek?
 - LNG állapotban
 - CNG állapotban
 - LNG és CNG állapotokban

A kérdések megválaszolásával meghatározhatók az LNG töltőállomás folyamatához illesztett technológiai egységek.

Amennyiben a folyadék halmazállapotú LNG mellett olyan járműveket is szándékoznak ellátni, amely CNG gázzal megy, akkor szükséges egy mini visszagázosító és kompresszor beépítése is az állomásra. Emellett meg kell határozni, hogy egyszerre egy vagy több tartálykocsi töltést kívánnak-e végezni, mert ehhez kell illeszteni a közúti töltést lehetővé tevő „manifold” szelep rendszert, a beállításokat.

24. Táblázat LNG tároló kialakítását meghatározó tényezők

LNG fogadása	Jármű töltések	Üzemanyag állapot
Hajó 	Hajó 	LNG

	Tartálykocsi 	LNG és CNG
	Vonat 	LNG
Tartálykocsi 	Hajó 	LNG
	Tartálykocsi 	LNG és CNG
	Vonat 	LNG

1.1 Technológia

Az LNG hajtóanyag

Az LNG kezelésével kapcsolatosan fontos megérteni a kriogén anyaggal kapcsolatos óvintézkedések fontosságát. Az LNG-t mint folyadékot, nem szabad úgy felfogni, mint egy ún. „hideg gázolaj”.

Az LNG rendkívül hideg, -162°C -on létezik, nagyon súlyos égési sebeket, elfagyásokat okozhat az emberi testben. A kriogén hőmérsékleten a normál acél rideggé, törékennyé válik, súlyos személyi sérülés okozója lehet. Emiatt a használt csőrendszerek, szerelvények, tartályok és általában a biztonsági kérdések teljesen mások, mint a megszokott dízelgázolaj üzemnél. Különös gondot kell fordítani a szivárgásokra, amik elsősorban karimás kötéseknel fordulhat elő, mert ezek sérüléseket idézhetnek elő, és a szivárgó gáz robbanási elegyet alkothat a levegővel.

Állomás technológiai változatok

A technológiai rendszer 3 különböző kiépítésben is megvalósítható:

- **Parton:** Ekkor a tároló tartályok és töltő, lefejtő rendszerek (karok) elhelyezése is itt történik és mellé kikötött hajóról, vagy tartálykocsikról tölthető fel LNG-vel az állomás.
- **Hajón:** A tároló tartályok és töltő, lefejtő rendszerek (karok) elhelyezése, kiépítése is a hajón van. A tartályok feltöltése egy mellé beálló LNG szállító hajóról, vagy a part felől tartálykocsikról történhet.
- **Bárkán:** Ez tulajdonképpen megegyezik a hajóval, csupán nem rendelkezik saját meghajtással.

Lehet a fentieket kombinálni is, ami azt jelenti, hogy pl. a hajóról lefejtő, illetve hajót töltő rendszert egy hajóra vagy uszályra telepítenek, míg a tartályokat a partra.

A továbbiakban bemutatásra kerülő technológiai elemek minden kiépítési változatban szükségesek.

1.2 Főbb technológiai elemek

Az LNG tároló és töltő-lefejtő állomás főbb technológiai elemei, szerelvényei a következők.

1.2./1 LNG tároló tartályok

Az itt megvalósítandó small scale LNG állomáson tipikusan dupla falú, kriogenikus vákuum tartályokat kell használni, nyomásálló kivitelben, melyben 6-8 bar a szokásos nyomás. A duplafal közötti vákuum réteg általában perlittel van kitöltve. A belső tartály saválló, a külső szénacél kivitelben is készülhet.

Ilyen célra 100 – 500 m³-es méretek készülnek, bár épült már 1000 m³-es tartály is. Az állomáson beépítendő méretek megválasztása a tervezett forgalom függvényében történik. Elsődleges cél, hogy lefejtést követően minél előbb teljes legyen feltöltés a párolgási veszteség csökkentése érdekében.

Alkalmaznak azonban olyan megoldást is, ahol hűtés rásegítést végeznek nitrogén vagy oxigén gázzal és úgymond mellőzik a boil-off gas (BOG) képződést. Megj: Ilyen rendszert használnak a kölni PitPoint LNG állomáson.

LNG töltésnél ügyelni kell, hogy a tartály folyadék töltési határértéke maximum 98 % lehet.

A csepeli kikötőben megvalósítandó 200 m³-es kapacitáshoz 2 db. 100 m³-es tartály kerül tervezésre. A kapacitás később bővíthető, így az elhelyezésnél további tartályok mellé figyelembe kell venni azok telepítési lehetőségét is.

1.2./2 Állomási LNG csővezeték rendszer

Az összes LNG csővezeték rendszer elemének, amely érintkezésbe kerülhet az LNG-vel, alkalmasnak kell lennie kriogén hőmérsékletekre. Ez magában foglalja az összes csövet, szelepet, szerelvényt stb. A lehető legkevesebb csőcsatlakozást kell létrehozni, hogy minimalizáljuk a szivárgás lehetőségét. Ezek a csövek általában rozsdamentes acélból készülnek, és a tervezési hőmérséklettől hidegebb hőmérsékleten történő hideg ütés teszt bizonylattal rendelkeznek. A tervezési hőmérsékletnek minimum -165 °C-nak kell lenni. A csővezeték rendszer szigetelt, kemény szigetelő habbal, legtöbb esetben szigetelt védőcsőbe kerül elhelyezésre.

1.2./3 Lefejtő szivattyú

Két különböző, illetve különböző típusú kriogenikus szivattyúval oldható meg a lefejtés, töltés a bunker állomáson.

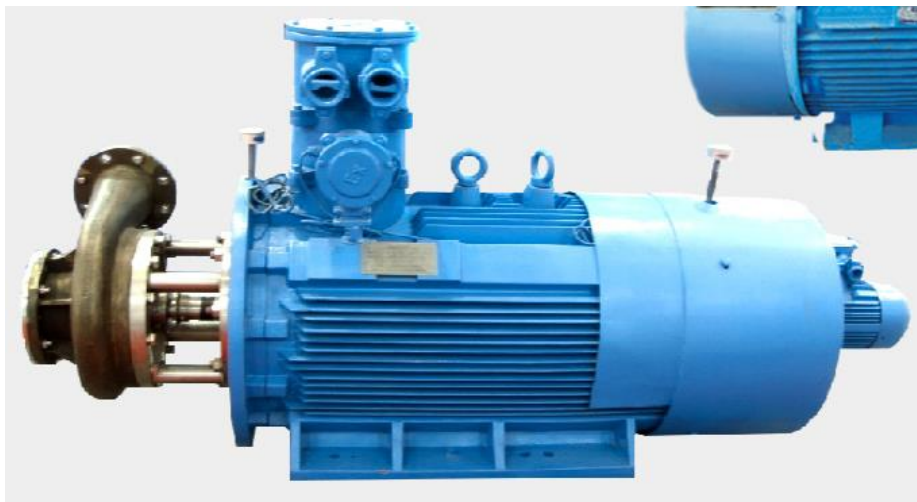
- Amikor egy hajóról történik a bunker állomásra történő lefejtés, akkor a hajó merülő szivattyúja végzi a munkát, a lefejtést.

Ugyanúgy merülő szivattyú is alkalmazható a bunker állomáson lévő tartály(ok) átfajtásánál is.



103. ábra Kriogenikus merülő szivattyú

- Amikor a bunker állomás felől történik a töltés hajóra, vagy tartályok felé, akkor általában centrifugál szivattyút alkalmaznak



104. ábra Kriogenikus centrifugál szivattyú

1.2./4 Mennyiség mérő

Az LNG hajón lévő tartályokhoz mind a lefejtés, mind a töltés esetére szükséges LNG folyadék mennyiségmérőt használni. A mennyiség mérése az eladó és a vevő között nem mindig ugyanazon mérőn történik. Ez a hajó-hajó, és tartálykocsi-hajó közötti viszonylatban különböző lesz.

LNG átvétele

LNG beszállító jármű	Fogadó hely	Elszámolási mérés helye
Hajó	Fogadó bárka vagy állomás	Szállító hajó mérő
Tartálykocsi	Fogadó bárka vagy állomás	Állomási mérő

LNG értékesítése

Értékesítés helye	Fogadó hely	Elszámolási mérés helye
Állomás töltő	Kamion töltő	Kamion töltő mérő
Állomási bárka vagy tartály	LNG üzemű hajó	Állomási mérő

Az LNG elszámolása energia mennyiség alapján történik, melyhez több paraméterre is szükség van.

Az LNG átadás-átvételkor mérni kell a következő paramétereket:

- LNG átáramlott térfogat áram
- LNG sűrűsége
- LNG fűtőértéke

Lefejtéskor a gáztér áramló mennyiségét is mérni kell.

Az elszámolási mérés kialakításának meg kell felelnie az EU MID irányelvnek (Measuring Instruments Directive), azaz a mérő eszközök gyártójának kell megfelelnie ezen direktívának és csak ezen műbizonylattal (certificate) rendelkező eszköz építhető be és használható elszámolási méréshez.

A mérés kialakítására 3 féle módszer létezik:

- Coriolis mérés: Bevált technológia a kis méretű LNG állomásokon.
- Ultrahangos mérés: Nagyobb LNG állomásokon használatos nagyobb mennyiségekre. 3-4" átmérő felett használható.
- Turbinás mérés: Gázfázis mérésre használatos.

A mérést és mintavételezést az EN 12838 szabvány szerint kell kiépíteni. A hőérték számítást az ISO 6976 szerint kell elvégezni.

1.2./5 ESD rendszer

Az Emergency Shut-Down (ESD) rendszer egy biztonsági leállító rendszer, ami működési hiba esetén leállítja a töltési vagy lefejtési folyamatot. A rendszernek vagy eszköznek képesnek kell lennie automatikusan észlelni a hibát, és leállítani a folyamatot. Emellett manuálisan is aktiválhatónak kell lennie.

Az ESD rendszernek kétfajta aktiválási módszere van.

- egy működési zavar miatt érkező jel esetén a folyamat megállítása,
- az LNG-t átadó és a kikötő tároló összekötő lefejtő vezetékének a gyors szétkapcsolása, amihez egy aktív szelep van beépítve a „biztonsági gyorscsatlakozó (kuplung)” leválasztására.

A megfelelő működéshez természetesen érzékelők, szintjelzők, detektorok épülnek be a rendszerbe és elektronikusan be vannak kötve az ESD vezérlőbe.

A következő tipikus esetekben lép működésbe a biztonsági leállító rendszer:

- Hajó határérték feletti elmozdulása,
- áramkimaradás,
- fogadó tartály határértékek változása,
 - nyomás emelkedése
 - tartály szint túllépés
- lefejtő rendszerben nyomás határértékek túllépése,
- tűzérzékelés,
- gázérzékelés,
- kézi leállítás,
- egyéb okok, amit az üzemeltető meghatároz.

1.2./6 Biztonsági gyorscsatlakozó

Az LNG lefejtő vagy átadó vezetékbe kerül beépítésre az ESD rendszer működéséhez. Ez általában lehet az átadó hajón, vagy a kikötői állomási szakaszba beépítve. Jelen esetben a kikötői tároló állomás nemcsak lefejtésre, hanem egyéb járművek töltésére is szolgál, emiatt mindenképpen az állomási vezetékben lennie kell egy ilyen csatlakozónak.

1.2./7 LNG csatlakozó tömlő

Ez a különlegesen kiképzett, szigetelt, több rétegű termo-plasztik flexibilis tömlő az egyik legfontosabb eleme a lefejtő-töltő rendszernek. Ezzel lehet flexibilisen rácsatlakozni a tároló mellé beérkező hajóra. A gyorscsatlakozó karimája ISO/TS 18683:2015 szabvány szerinti, hogy minden hajó és tároló csatlakozása megvalósítható legyen. A 2x100 m³-es kapacitású tartályokhoz 4"-os flexibilis átmérő szükséges.

1.2./8 Szigetelő karima leválasztás

A tároló és a hajó közötti elektrosztatikus töltés különbség miatti esetleges gyulladás-robbanásveszély elkerülése céljából szükséges az összekötő vezetéken elhelyezni.

1.2./9 Visszagázosító egység

A visszagázosító egység lehetővé teszi, hogy gázhalmazállapotban is felhasználható, illetve értékesíthető legyen a földgáz. A visszagázosítás tulajdonképpen az LNG elpárologtatásával történik víz vagy levegő áramoltatásával. A visszagázosító egységről táplálható meg a CNG töltés.

1.2./10 Integrált vezérlő rendszer

Az integrált vezérlő rendszer magában foglalja a következőket:

- Üzemmenetek elektronikus kapcsolatokon keresztüli irányítása, szerelvények működtetése,
- LNG mennyiségek mérése, rögzítése,
- ESD rendszer működése
- Érzékelők, detektorok jeleinek fogadása
- Kommunikációs rendszer működése
- Üzemmenetek, események naplózása

A vezérlés ma már PLC alapú, programozható számítógépes rendszeren keresztül történik. Megvalósítható „szinte” a teljes automatizálás, minden szerelvény és üzemmenet távirányítással működtethető. A PLC vezérlő kimenete össze van kötve egy vagy több HMI-vel (számítógéppel), ami a kezelő, távirányító diszpécser vagy cég telephelyén kerül elhelyezésre. Ezeken keresztül irányíthatják, ellenőrizhetik a folyamatokat akár távolról is. A lefejtő karok kapcsolása-kapcsolódása a hajóhoz, járműhöz ugyanakkor kézi beavatkozást vagy ellenőrzést igényel.

1.2./11 Érzékelők, detektorok

A gázipari létesítmények veszélyes üzemnek minősülnek. Minden ilyen létesítménynél az üzemeltetéshez kapcsolódó fizikai paraméterek detektálása mellett kiemelt szerepe van a gáz és tűz érzékelésnek.

Az állomásra a következő mérésekre érzékelőket kell beépíteni, és az integrált irányító rendszerbe bekötni:

Tartályok	<ul style="list-style-type: none"> ▪ folyadék szintjelzés ▪ gáztér nyomás mérés ▪ hőmérséklet mérése alsó, felső térben
Csővezeték rendszer	<ul style="list-style-type: none"> ▪ nyomások mérése ▪ hőmérsékletek mérése
Mennyiségmérő	<ul style="list-style-type: none"> ▪ mennyiség mérés ▪ sűrűség mérés ▪ nyomáskülönbség mérés

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ hőmérséklet mérés
Gázérezékelők /ISO 18683 szerint/	<ul style="list-style-type: none"> ▪ tartályoknál ▪ csővezetékeknél ▪ lefejtő manifoldnál ▪ + hordozható
Tűzjelzők	<ul style="list-style-type: none"> ▪ tartályoknál ▪ csővezetékeknél ▪ lefejtő manifoldnál
Nitrogén tartály és csővezeték	<ul style="list-style-type: none"> ▪ szintjelző ▪ nyomás mérés ▪ hőmérséklet mérés

Mindezek felül ma már CCTV kamerákkal is kiegészülnek mind a detektálások, mind a biztonsági berendezések.

1.2./12 Tűzvédelmi rendszer

A biztonsági rendszer fontos elemei az állomási tűzoltó rendszerek.

Az állomáson víz és kémiai tűzoltó rendszereket kell telepíteni.

- Vízrel a gáz tüzek nem olthatók, a szerepe ebben az esetben más.

Az állomáson esetlegesen előforduló tűz a környezetében rendkívüli mértékben emeli a hőmérsékletet. A hőmérséklet emelkedés az LNG folyadék fázis gyors gáz fázisba történő átmenetet eredményez, ami tovább növeli a problémát, akár robbanást is előidézhet.

Emiatt a környezet, szerelvények, csőszakaszok stb. hűtésére fix telepítésű vízpermetező rendszert kell kiépíteni.

- A gáz égése miatti tüzet csak kémiai anyagot használó tűzoltó készülékekkel lehetséges oltani.

A kémia anyagok a különböző bikarbonátok. Emellett haboltó rendszer is használható a kiömlő folyadék levegő elől történő elzárására, de az LNG tüzet a hab önmagában nem oltja el.

Gázipari létesítményeken emellett porral oltó készülékek is alkalmazhatók egyéb tűzvédelmi célból.

1.2./13 Kamion töltő manifold egység

A manifold több irányú leágazást, vagy szelepcsoportot jelent. Az LNG állomásokon két helyen fordul elő manifold egység.

- töltő lefejtő kar csatlakozásnál,
- töltő állomás beállításnál

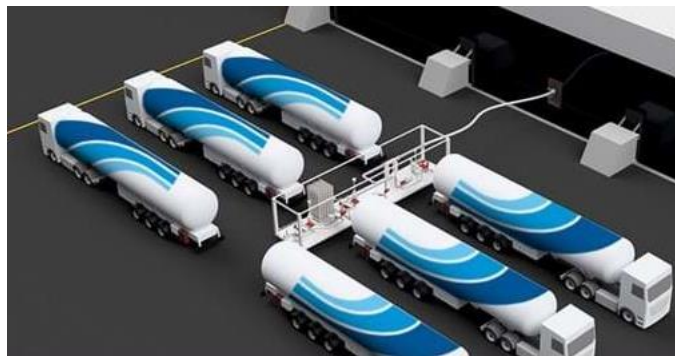
Az első a hajó lefejtésnél több csatlakozási pontot tesz lehetővé a gyorsabb lefejtés miatt. Ez inkább tengeri nagy termináloknál használatos.



Forrás: Klaw LNG system

105. ábra Tengeri hajók töltését biztosító manifold

A másik amikor több beállásos tartálykocsik töltő egység működik:



Forrás: Linde

106. ábra Több beállásos töltőegység

IX.2 TECHNOLÓGIAI MŰVELETEK

2.1 A hajó és az LNG tároló összekötése előtt

Első lépésben egy ún. kommunikációs protokollt kell végrehajtani, és az állomásnak dokumentálni.

Ez a protokoll ugyanúgy érvényes a kitérítés céljából beérkező hajóra és a töltés céljából beérkező hajóra is.

Megjegyzés: Amennyiben az összekapcsolás nem hajóval, hanem tartálykocsival történik, ugyanezen protokollt értelemszerűen kell elvégezni.

Az ellenőrzésnek a következőkre kell kiterjednie:

- rögzíteni a szállított (átadandó) LNG mennyiségét és fizikai-kémiai paramétereit;
- ellenőrizni a biztonságos és stabil kikötést / rögzítést;

- az ESD rendszerek kompatibilitása, tesztelése
- a folyamatos kommunikációs rendszer működése;
- a gyorscsatlakozó manifold karimák kompatibilitása;
- a szigetelő karima elválasztás megléte;
- a működési folyamat vizuális ellenőrizhetősége;
- az időjárési viszonyok megfelelése;
- a szellőzés mindkét oldali biztosítása;
- kifolyás elleni védelmi rendszerek;
- a biztonsági irányítási rendszerek kompatibilitása;
- a biztonsági zónák egyeztetése;
- a kommunikációs eljárások és a protokollok kompatibilitása;
- mindkét oldali felelős személy kijelölése;
- egyéni védőeszközök megléte (felvétele);
- gázérzékelők ellenőrzése

A kompatibilitási ellenőrzést mindkét félnek alá kell írnia még a technológiai műveletek előtt!

2.2 LNG lefejtés-töltés közbeni munkafolyamat

A szivattyúzás működését biztonságosan és folyamatosan ellenőrizni kell az erre kijelölt személyzet felügyelete mellett, ideértve, de nem kizárólag a következőket:

- A biztonsági zónába csak a felhatalmazott személyzet engedhető be;
- Szükség szerint állítsák be és kössék össze a tartálytömlőket és a karokat.
- Inert gázzal (nitrogénnel) az összes összekötő vezetékét át kell öblíteni, a bennük lévő levegőt kiszorítani;
- Figyelemmel kísérik a tartály (ok) szintjét;
- Figyelemmel kísérik a tartály (ok) nyomását és hőmérsékletét;
- Folyamatosan ellenőrzik a szivattyú átviteli sebességét;
- Szükség szerint kell beállítani a szivattyú áramlási sebességét, átfolyási kapacitását;
- A tartály nyomásának szabályozásához szükség szerint be kell állítani a gőztér felső és alsó töltési arányát.

A lefejtés vagy töltés során kizárólag az állomás üzemeltetési és biztonságtechnikai utasításában rögzített engedélyezett egyidejű műveleteket lehet végrehajtani!

2.3 LNG lefejtés-átadás befejezése

Az LNG átvételi-átadási folyamat leállítását követően elvégzendő műveletek a következők:

- az LNG-átadás leállítása, szivattyú lekapcsolása
- a szétkapcsolt vezeték szakaszban maradt LNG-t hagyjuk elpárologni;
- az összekötő vezetéket, tartálytömlőt inert gázzal átöblíteni;
- ESD és elektromos leválasztás hajó rendszerétől;

2.4 Üzemeltetési utasítások

A gázipari létesítmények, és lefejtő-tankoló eszközök üzemeltetésére, a személyzet részére üzemeltetési utasításokat kell az üzemeltetőnek készíteni, amely a részletes kiviteli tervek felhasználásával készülnek.

Általában 3 különböző utasítást kell készíteni, melyek a következők:

- Állomás üzemeltetési utasítás

Ez normál üzemmenetekre, a kikötés-lefejtés-tankolás műveletek során elvégzendő technológiai tevékenységi sorokat, szerelvények, vezérlők használatát írja le részletesen.

Tartalmazza a szerelvény állásokat, biztonsági előírásokat, munkavédelmi követelményeket és minden olyan előírást, amit a személyzetnek be kell tartani.

„Check listákat” is tartalmaz minden egyes fő folyamat megkezdése előtti ellenőrzés elvégzéséhez és dokumentálásához. Ezeket az ellenőrzéseket még akkor is el kell végezni, ha az állomás teljesen automatizált irányítása-működése biztosított.

- Vészhelyzeti utasítások

Minden lehetségesen előforduló meghibásodás, (pl. szivárgás, tűz, baleset, stb.) esetére tartalmazza az azonnali teendőket, az állomás leállítás menetét (az automatikus leállást is).

Súlyos hiba esetére az ún. „havária” értesítéseket felügyeleti, ellenőrző, katasztrófa védelmi szervek felé.

- Karbantartási kézikönyv

Az állomáson elvégzendő rendszeres és időszaki karbantartási ciklusokat, teendőket tartalmazza.

Alapvetően a szerelvényeket és eszközöket érinti, a gyártók előírásai alapján készül.

IX.3 VILLAMOSENERGIA ELLÁTÁS

A technológia, térvilágítás, műszerezés villamos energia ellátására kettős ellátó rendszert is ki lehet építeni.

Az LNG visszagázosító egységére telepítendő gázmotor-generátor szett az elsődleges ellátó, és más megoldást kell tartaléknak felvenni, mivel nem minden esetben fog rendelkezésre állni LNG-ből

visszanyert gáz. Üres, vagy leürült tartályok esetén is fenntartás, világítás, egyéb célból is szükség lehet, tehát egyéb biztosításra is szükség lesz.

Az állomásra betárolt LNG rendkívül értékes áru. Folyamatosnak tekinthető üzemmenet esetén, amikor már heti rendszerességgel történik a tárolók feltöltése, lefejtések rendszeresek, CNG értékesítés rendszeres, akkor állandóan szükség van visszagázosított gáz halmazállapotú termékre. Ilyenkor a gáz rendelkezésre áll gázmotorral hajtott generátor részére is. A gáz felhasználása villamos energia céljából nem kifizetődő. Amikor ritkábbak az üzemmenetek, vagy folyamatos CNG igény még nem lép fel, akkor csak emiatt működtetni a visszagázosítót és elhasználni az „LNG árut” készenléti állapotban világításra, műszerek, számítástechnika működtetésre nem célszerű. Emiatt szükséges a jelenlegi villamos hálózathoz való csatlakozás a gázmotor-generátor szett mellett.

3.1 Állomási villamosenergia-ellátás

Az állomás zavartalan ellátásához egy trafó állomáson keresztül kell csatlakozni a meglévő 400 VAC hálózathoz. A villamos energia igény becsléséhez meg kell becsülni az elektromos működtetésű rendszerek egyenkénti igényeit. A kiviteli tervezés folyamán már a konkrét beszerzendő eszközök gyártói által megadott igények alapján meg lehet határozni a pontos értéket, és a betáplálást ahhoz igazítani. Az állomás működtetéséhez szükséges eszközök igény becslése az alábbi.

25. Táblázat Az LNG töltőállomás működtetéséhez szükséges eszközök villamos energia igénye

Megnevezés	Becsült névleges teljesítmény	Névleges feszültség
	kW	VAC
Motoros szelepek vezérlők	6	24 VDC
Térvilágítás	3	230
Katódvédelem	2	230
Kriogenik szivattyú 45 m³/h	45	400
Merülő szivattyú 30 m³/h	30	400
LNG töltő kút szivattyú	2	230
CNG kompresszor 300 m³/h	4	400
24 V-os rendszer (ESD actuator, on-off vezérlők)	2	24 VDC
Műszer helyiség (világítás, klíma, fűtés, stb.)	5	230

230 V-os UPS rendszer (CCTV, Tűz-és gázvédelem, SCADA, egyenáramú berendezések, flow control, vezérlőszekrény, stb.)	15	230
Becsült összteljesítmény	114	
Load factor	0,85	
Egyidejű teljesítményigény	96,9	

Összességében egy kb. 100-120 kW-os trafó állomás és lecsatlakozásán keresztül építhető ki a villamos rendszer.

3.2 Villámvédelem és földelés

A tervezőnek fel kell mérni a villámcsapás kockázatát az IEC 62305-3 kockázatelemzéssel összhangban és biztosítani kell a védelmet, a következő besorolások szerint:

Kültéri üzemeltetői hely szerinti osztályozás a 9/2008 szerint. (II.22.) rendelet:

- R4 - M2 - T2 - K2 - H3
- Villámvédelem a kültéri üzemeltető helyiségében:
- V5d - L4d - F4 / rk - B3
- Műszeres konténer besorolása:
- R2 - M2 - T2 - K2 - H4
- Épületek, tartózkodók osztályozása
- R2 - M2 - T2 - K2 - H4

A fenti passzív villámvédelmet 10 + 4 m-es betonoszlopok biztosítják a védett tárgyak körül (kezelőtér, tartály, épület). Acél földelési csövet (4mx50 mm) kell felszerelni az oszlopok mellett, és acélrúddal kell csatlakoztatni a földelési hálózathoz. Az érzékeny elektronikus berendezéseket védeni kell a tranziens földi bilincsek (TEC) beszerelésével, amelyek megakadályozzák a veszélyes földpotenciálkülönbségeket a villámcsapás során. Az elektromágneses túlfeszültségek elleni védelemnek meg kell felelnie az MSZ IEC 1312-1 előírásnak. A túlfeszültségre érzékeny elektronikus berendezésekhez az összes tápellátást és a jelkábeleket szekunder túlfeszültség-eszközökön keresztül kell csatlakoztatni, az MSZ EN 61000-4-5 elektromágneses megfelelés (EMC) 1-4. szintjének előírása szerint.

IX.4 A KIKÖTŐI LNG TÖLTŐÁLLOMÁSSAL KAPCSOLATOS FEJLESZTÉSI ÜTEMEK

A végrehajtási ütemtervet az alábbi ábra szemlélteti, amelynek célja átfogó áttekintést nyújtani a csepeli terminál építésének folyamatairól.

Ez a tervezéssel, az engedélyezéssel, a beszerzéssel, az építésével és üzembe helyezésével kapcsolatos feladatok időben történő befejezését mutatja.

Bemutatja a tevékenységek sorrendjét, valamint azokat a tevékenységeket, amelyeket párhuzamosan vagy részben párhuzamosan lehet végrehajtani.

A javasolt megvalósítási ütemtervekben az építés folyamatos munkát feltételezve terveztük, egy átlagos technológia és a kivitelező felkészültsége alapján.

4.1 Projekt lépések

A terminál sikeres megvalósításának műszaki támogatása a teljes megvalósításra, annak minden fázisára ki kell, hogy terjedjen, tehát a

- tervezésre,
- létesítés engedélyeztetésre,
- kivitelezésre,
- üzembehelyezésre.

Ezek műszaki támogatása a Megrendelő részéről a projekt folyamatos felügyelete és szerződött független műszaki ellenőrökkel történő együttműködés keretében valósul meg.

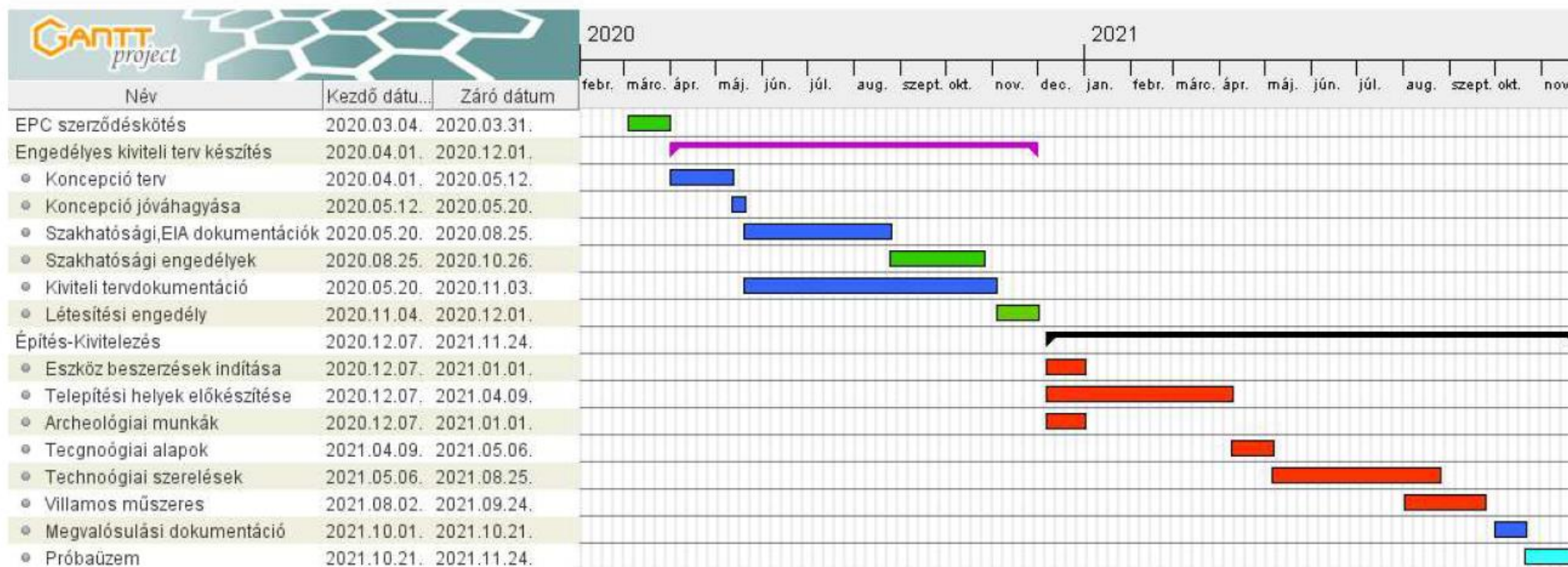
Ahhoz, hogy azonosítsuk a műszaki támogatási pontokat, először megfogalmazzuk a megvalósítással kapcsolatos főbb lépéseket, tevékenységi köröket.

A terminál megvalósításának életciklusának fő lépéseit az alábbi ábra szemlélteti.

Az ábra nem mutatja a döntési pontokat, azokat minden lépés között meg kell tenni.



107. ábra Terminál megvalósításának lépései



108. ábra Projekt megvalósítási ütemterv

4.1./1 Megvalósíthatósági tanulmány fázis

A Megvalósíthatósági Tanulmány fázisa a jelenlegi fázis, melynek műszaki támogatása egyrészt a Megrendelő által végzett együttműködés, koordinációs munka, másrészt a Tanulmány független szakértő általi szakmai véleményezése.

Mind a koordinációkon felmerült, mind a szakértői vélemények beépítése elősegíti a sikeres megvalósítást.

Az EPC vállalkozó főbb feladatkörei

A főbb feladatkörök alatt nem a tervek megnevezését értjük, hanem azokat a tevékenységeket, amelyek biztosítása elengedhetetlen a biztonságos munkavégzéshez, létesítési, környezetvédelmi engedélyek megszerzéséhez.

Tervezéssel kapcsolatban

- Részletes műszaki tervek elkészítése
- Környezeti Hatástanulmány
 - HAZOP és HAZID elkészítése engedélyeztetése (veszély kezelés, azonosítás, stb.)
 - IPPC elkészítése, engedélyeztetése (környezet szennyezés megelőzés, ellenőrzés)
- Építési engedély megszerzése
- Dokumentációk biztosítása szakhatóságok részére

Közbeszerzéssel kapcsolatban

- Főbb berendezések versenyeztetéssel történő beszerzése

Kivitelezéssel kapcsolatban

- Minden felszerelés, anyag, eszköz, szállítás, autók stb. a saját személyzet számára is
- Építési menedzsment és irányítás (építési vezetés, építési napló)
- Minőségirányítás, minőség-ellenőrzés az építés során
- Egészségügyi és biztonsági menedzsment; dolgozók munkavédelme
- Az anyagok szállításának és átvételének koordinációja
- Vámkezelési ügyintézés

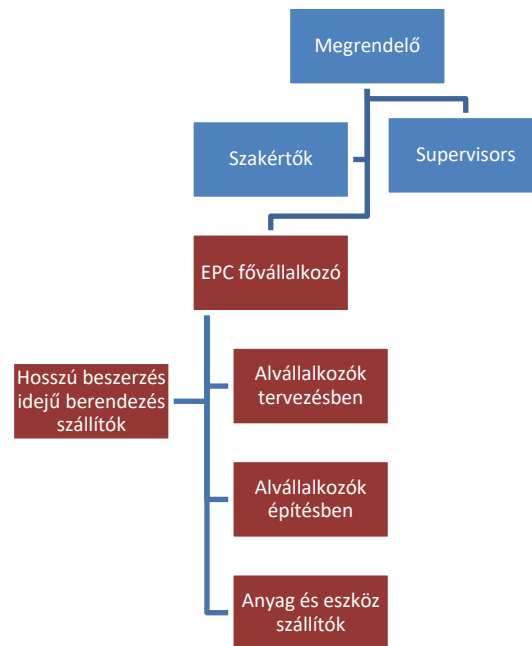
4.1./2 Szerződéses viszonyok

A megvalósításban nemcsak a Megrendelő és EPC vállalkozó közötti egyetlen szerződés létezik, hanem azon belül, és annak támogatására több szerződő fél lesz. Összességében ezek a következők:

- Megrendelő

- EPC vállalkozó, mint fővállalkozó
- Alvállalkozók (tervezésben, kivitelezésben)
- Hosszú szállítási idejű nagy berendezések, anyagok szállítói
- Anyagok és eszközök szállítói
- Supervisorok (műszaki ellenőrzés, költség ellenőrzés)
- Esetleges tanácsadók, szakértők

A lehetséges szerződéses kapcsolatokat a következő ábra mutatja.



109. ábra Szerződéses kapcsolatok a terminál megvalósítása során

4.2 Projekt Management

A Projekt Irányítás Megrendelő általi felállítása a műszaki támogatás legfőbb biztosítója.

Egy komoly projekt megvalósítása során a legnagyobb hiba, amikor a fővállalkozóval megkötött szerződést követően csak a műszaki átadás-átvételkor szembesül mindenki az elkészült művel.

A projekt menedzsment a tervezés-kivitelezés teljes időtartamában, és kialakított rendszeres ütemezésben felügyeli a munkákat, információ visszacsatolást végez az EPC fővállalkozó felé.

Alapvetően a projekt menedzsment sikere azt jelenti, hogy az EPC vállalkozó be tudja tartani a költségvetést és a határidőket, és szükség esetén csak minimális szankciókat kell alkalmazni.

Ezen alapvető feladat mellett néhány fontos elemre van szükség a sikeres projektmenedzsmenthez.

- Kivitelezés során a HSSE (Egészségbiztonsági Biztonsági Környezet) környezet megvalósítása, erős munkavédelem stb.
- Minimalizálni a javításokat a projekt végrehajtása után elkerülve későbbi pluszkiadásokat
- Ahol indokolt, teljesítményteszt végzése, próbaüzemi követelmények felállítása
- Megfelelő szintű projektdokumentáció átadása, a megvalósult állapot pontos adataival
- A médiával való körültekintő kapcsolattartás
- Jelentési rendszer kidolgozása az EPC fővállalkozó – Megrendelő viszonylatra

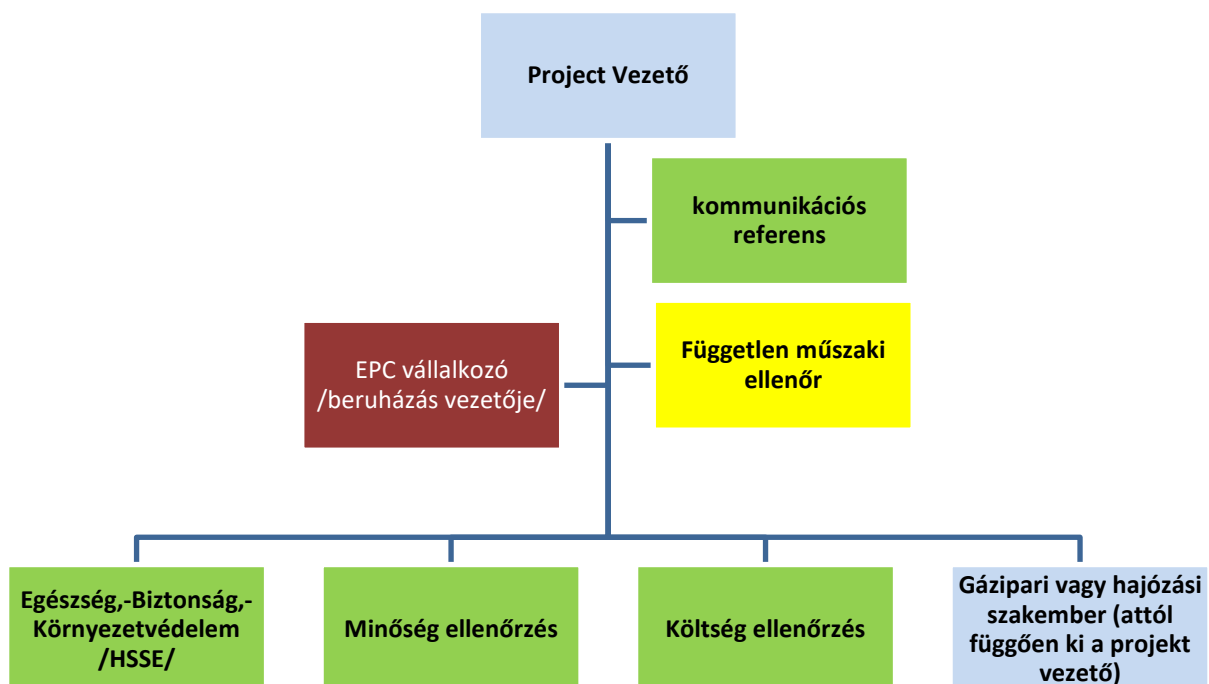
4.2./1 Projekt Management felállítása

A Projektmenedzsment „csak” egy team, nem társaság.

Kulcsfontosságú lépés egy sikeres projekthez egy alkalmas Projektvezető kiválasztása, aki kapcsolatot teremt a Megrendelő, EPC fővállalkozó, szakhatóságok, média, lakosság stb. tekinteteiben. A Projektvezető a Megrendelő alárendeltségében végzi a szakmai munkát, de nem szükségszerűen Megrendelő alkalmazottja. A projekt vezetőjének megfelelő tapasztalattal kell rendelkeznie a beruházási munkák terén, különös tekintettel gázipari vagy kikötői létesítmény megvalósításában. A gázipar egyes projektjeiben az úgynevezett SPA koncepciót alkalmazzák a projekt vezetője számára. Ez azt jelenti, hogy a vezető egyszemélyű elszámoltathatóságú személy.

A Projekt Menedzsment Csoport felállítása a Projektvezető felelőssége, a Megrendelővel folytatott konzultáció mellett.

4.2./2 A Projekt Management javasolt struktúrája



110. ábra Javasolt projektmenedzsment struktúra

A zölddel jelölt kockákban célszerű a MAHART szakember állományából kinevezni team tagot.

4.2./3 Minőségellenőrzés (QMS)

A Projektmenedzsment egyik legfontosabb feladata a minőségirányítási rendszer működtetése.

Feladata, hogy a vonatkozó iparági (mind a hajózás, mind a gázipar) szabályozások, ISO szabványoknak megfeleljen a kivitelezési folyamat és a megépítésre kerülő létesítmény, valamint alkalmas legyen a biztonságos munkavégzésre, a hosszú távú üzemeltetésre.

4.2./4 Javasolt beszámolási rendszer a projekt előrehaladásáról

26. táblázat Javasolt beszámolási rendszer

		Jelentést átvevő						
		Jelentés típusa	Gyakorisága	Megrendelő (MAHART)	Project Management	EPC Fővállalkozó	Műszaki és Költség ellenőrök	Hitelező
j e l e n t é s t k é s z í t ő	Project Management	Költség jelentés a megvalósulásról	negyedéves	x				x
		Előrehaladási jelentés a megvalósulásról	havi	x				
	EPC Fővállalkozó	Előrehaladási jelentés a tervekészítésről	havi		x			
		Előrehaladási jelentés a nagyobb eszköz beszerzésekről	negyedéves		x			
		Előrehaladási jelentés a kivitelezésről	két heti		x		x	
	Műszaki ellenőr	Műszaki felülvizsgálati jelentés a tervekről	1-1 minden szakterületi tervkötettről			x	x	
		Előrehaladási jelentés a kivitelezésről	két heti			x		
		Minőség ellenőrzési jelentés	két heti			x	x	
	Költség ellenőr	Költség felhasználás jelentés kivitelezésről	havi			x		

4.3 Technikai és költség ellenőrzések

A Megrendelő és a Műszaki ellenőr közötti szerződés a projekt sikeres végrehajtásának nagyon fontos eleme.

A befejezett létesítmény minőségi és későbbi biztonságos üzemeltetése a részletes és kellően szigorú műszaki ellenőrzésektől függ.

Kétféle ellenőrzésre van szükség:

- EPC vállalkozótól (és alvállalkozóitól is) független műszaki ellenőr
- Költség ellenőr, aki általában a Megrendelő képviselője

IX.5 KIKÖTŐI LNG TÖLTŐÁLLOMÁS ÉPÍTÉSE ÉS TELEPÍTÉSE

Jelen fejezetben bemutatjuk az állomás építés-telepítés főbb paramétereit és jogszabályi követelményeit. Tekintettel arra, hogy az LNG állomás gázipari létesítménynek minősül, így jelen fejezetben az erre vonatkozó előírásokat vesszük figyelembe.

A telepítés a következő technológiai rendszer változatot tartalmazza:

- Az állomás 1. fázisában az LNG rendszer a partra épül, a tartályok, lefejtő, vezérlő rendszerek, tartózkodó is itt kerülnek elhelyezésre. A parton kerül kiépítésre a hozzá kapcsolódó flexibilis csővezeték, amelyről a tartálykocsi töltő manifold rendszer kerül megtáplálásra. A beálló 4 db. kamion egyidejű töltésére alkalmas.

A töltőállomás kiadási mennyiség mérése kútoszlopon helyben történik.

- A bővítésként elhelyezendő további 2 db. 200 m³-es vákuum tartály elhelyezése figyelembevételre került.
- A kamion beálló bővítését további két beállással feltételezzük. A telepítés első fázisában már ezt célszerű figyelembe venni, így a technológiai manifold rendszer is már az első fázisban erre tervezhető.
- Az új parti tartályok töltő vezetéke a hajóról, valamint ezen tartályok lefejtő vezetéke a kútoszlopok felé szintén figyelembevételre került.
- A parti tartályokhoz nem szükséges tetőszerkezet építése. Hővédelem ellen fehér festés szükséges, védőtető csak a Megrendelő igénye esetén. Tetőszerkezetet a kamiontöltő állomás fölé be kell tervezni.

Az állomás elrendezése megvalósítási tervezésénél a következő előírásokat kell figyelembe venni:

- Országos Településrendezési és Építési Követelmények /OTÉK/
- 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet Országos Tűzvédelmi Szabályzat
- MSZ EN 60079-10-1:2009 Térségbesorolás. Robbanóképes gázközegek
- 79/2005. (X.11.) GKM rendelet

5.1 Technológiai alapok

Az első fázisban az LNG technológia a parton kerül elhelyezésre, így el kell készíteni a tartály alapokat és a kapcsolódó szivattyú és szerelvényalapokat.

A 4 beállásos kamion töltőhöz kiépítendő manifold-elosztó szelepcsoporthoz is szükséges technológiai alapokat készíteni.

5.2 Üzemi út, kezelő járda

Mind a kikötő, LNG-t vételező hajó megközelítéséhez, mind a töltőkhöz üzemi utat kell kiépíteni. Második fázisban az újabb parti tartályokhoz is kiépül az üzemi út.

Két részben szükséges megvalósítani, mivel a meglévő üzemi út egy része is használatba kerül ebből a célból is, viszont az nem alkalmas a 40 tonnás kamionok és az LNG-t mint töltő tartálykocsik fogadására. Emiatt a konténer rakodótól kb. 300 m hosszban (előzetes felmérés alapján) meg kell erősíteni a pályát. Gázipari célú üzemi utak az alábbi követelményekkel épülnek.

Az üzemi utak szikramentes betonburkolattal készülnek, „C” forgalmi terhelési osztálynak megfelelő pályaszerkezettel.

Burkolatszélességük 4,0 m, 1,0-1,0 m kétoldali mészkőzúzalékos (FZKA 0/32) padkával.

A burkolat 2,5%-os egyirányú oldalesésű.

A padkák oldalesése 5,0%.

Az üzemi út pályaszerkezete az alábbi

- 18 cm vtg. CP4/2,7-XF4-22-F2 szikramentes pályaburkolati beton
- 1 rtg. Polietilén elválasztó fólia
- 15 cm vtg. Ckt cementstabilizációs alapréteg
- 30 cm vtg. Homokos kavics védőréteg $Tr_{\gamma}=96\%$, $E_2=65 \text{ MN/m}^2$

Elektrosztatikus feltöltődés ellen a burkolat közepébe $\varnothing 10/500 \times 500$ acélhálót kell beépíteni robbanási övezeten belül. A hálóvasalást hegesztéssel folytonossá kell tenni és be kell kötni a földelő hálózatba a kamion töltő, a tartályok és a kikötő hajó 15-15 m-es megközelítésében.

A töltőállomáson lévő, és a tartályokhoz kapcsolódó gépészeti szerelvények kezelésének, karbantartásának biztosításához kezelőtereket és kezelőjárdákat kell építeni, melyek a terepszinthez illeszkednek. A kezelőterek és járdák kerti szegéllyel megtámasztott, előregyártott szikramentes betonlapokból, illetve zútottkőből épülnek. A kezelőterek és járdák oldalesése 1,0-2,0% közötti. A járdák szélessége 1,2 m.

Gyalogos forgalomra tervezett szerkezeti felépítés:

- 40x40x10 cm előregyártott szikramentes betonlapok, cementhabarcs kiöntéssel, 100x5x20 cm előregyártott beton kerti szegély megtámasztással (C12/15-XF1-16-F1 betongerendába ágyazva)
- 30 cm vtg. homokos kavics védőréteg $Tr_{\gamma}=90\%$

5.3 Felszíni vízelvezetés

A töltő állomás és a tartályok körüli burkolt területre hulló csapadékvizek a tervezett felületi lejtések kialakításával a nem burkolt területekre, illetve meglévő árkokba kerülnek elvezetésre. Ahol lejtéssel nem biztosítható a csapadékvíz elvezetés, ott víznyelőkn/rácsos folyókákön keresztül kell bekötni meglévő árkokba.

X. A PL4D PROJEKT ÜZLETI, GAZDASÁGI ASPEKTUSAI

Jelen fejezetben bemutatjuk az európai és a hazai gázkereskedelmi trendeket, kitekintést adunk az LNG Európában betöltött gazdasági szerepéről.

Annak érdekében, hogy az üzleti modelleket felállíthassuk elemezni fogjuk a csepeli töltőállomás üzemanyag forrásainak lehetőségét, megnevezve az import terminálokat, ahonnan az LNG racionálisan beszállítható a töltőállomásra. Mivel a csepeli töltőállomáson tehergépjármű és személygépjármű töltése is tervezett, ezért külön kitérünk a környező országok TEN-T útvonalai mentén vételezhető közúti LNG és CNG árakra.

A fenti fejezetek megállapításaiból kiindulva számba vesszük a dunai hajózásban LNG átalakításra alkalmas hajócsaládokat, majd azok LNG átalakítását feltételezve számoljuk az LNG átalakításból eredő többletköltség megtérülési idejét.

Azon hajócsaládokat, amelyek méretüknél vagy fogyasztásukból kiindulva nem alkalmasak vagy gazdaságilag kockázatosak az LNG hajtásra, a számítások további részében nem érintjük. Azonban egy konzervatív becslésen alapuló hajóflotta prognózis és elterjedési scenáriók mentén számoljuk az LNG hajtás becsült éves mennyiségét, amely a csepeli terminál üzleti modelljének alapját képezi. A csepeli terminál tároló kapacitását, valamint az elterjedési scenáriók mentén meghatározott LNG fogyasztási igény alapján bemutatjuk a releváns beruházási számításokat, amelyek részletes módszertanát az alfejezet elején tételesen ismertetünk.

X.1 GÁZ KERESKEDELMI TRENDEK

Általánosságban elmondható, hogy a földgáz ára megközelítőleg 9 hónapos késéssel követi a kőolaj árváltozását. Ugyanakkor a földgáz ára a középtávú kereskedési jegyzések során még szorosabban igazodik a kőolajéhoz, ugyanis a nagy földgázimportőrök jelentős kapacitásokat építettek és építenek ki a cseppfolyósított földgáz tárolására (Somogyi, 2012&Gonzales, 2019).

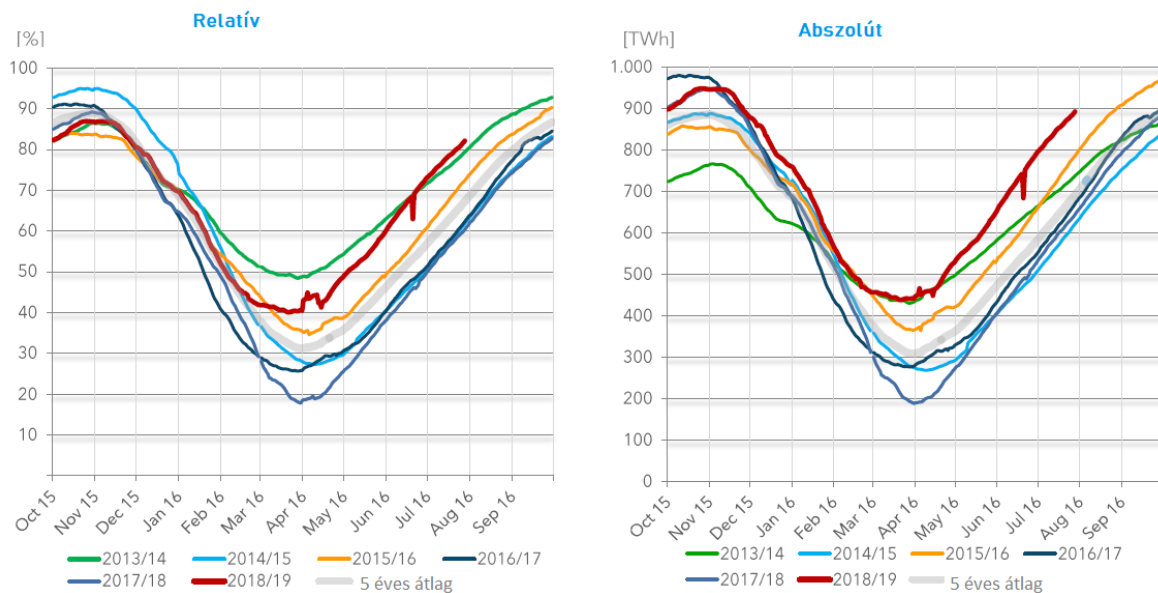
Világviszonylatban a kőolaj árától függetlenül is, a gáz árát rendkívül sok tényező befolyásolja, amiknek köszönhetően vagy drágulás lép életbe, vagy pedig árcsökkenés.

Ezek a tényezők nagyon sokfélék lehetnek, kezdve a kitermeléssel, a szállítással és a tárolással, folytatva a szabadpiaci kereskedelemmel és az időjárás előrejelzésekkel egészen addig, míg a gáz ténylegesen elfogyasztása kerül. Mindezek mellett Európában számos jogi szabályozás befolyásolja a piaci körülményeket, illetve egy elfogadott, statikus szabályrendszer is meghatározza a gáz árának alakulását. A földgáz értékesítési árát a piac is meghatározza, és fontos megkülönböztetni, hogy lakossági, ipari vagy energiatermelésben felhasznált gázzal van-e szó, ugyanis ez mind-mind másfajta árképzést jelent.

Tekintettel arra, hogy jelen tanulmány alapvető célja a közlekedésben, azon belül is a hajózásban felhasználható földgáz lehetőségeinek vizsgálata, így a továbbiakban a földgáz, mint energia hordozó szerepére koncentrálunk.

1.1 Értékesített gázmennyiségek alakulása

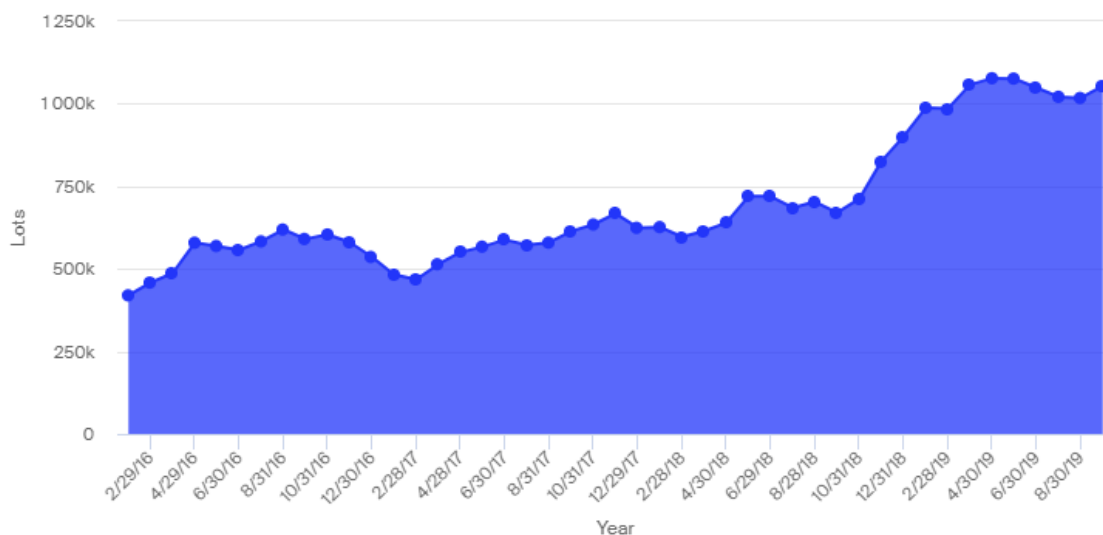
A német Wingas 2019-ben publikált statisztikai adataiból készített diagramon látható, hogy alakultak az európai gáztárolókban található mennyiségek havi bontásban. A tárolókat az üzemeltetők minden év októberére igyekeznek a maximális szintre feltölteni, hogy a téli időszakra elegendő mennyiségű gáz álljon rendelkezésre. A tárolók feltöltése jellemzően a késő tavaszi és nyári időszakban történik alacsonyabb jegyzésű gázárak mellett. A tárolók feltöltése Európa nyugati és északi országaiban visszagázosított LNG vagy vezetékes földgázból lehetséges, míg Közép Európában ez a vezetékes földgázra koncentrálódik.



Forrás: Wingas, 2019

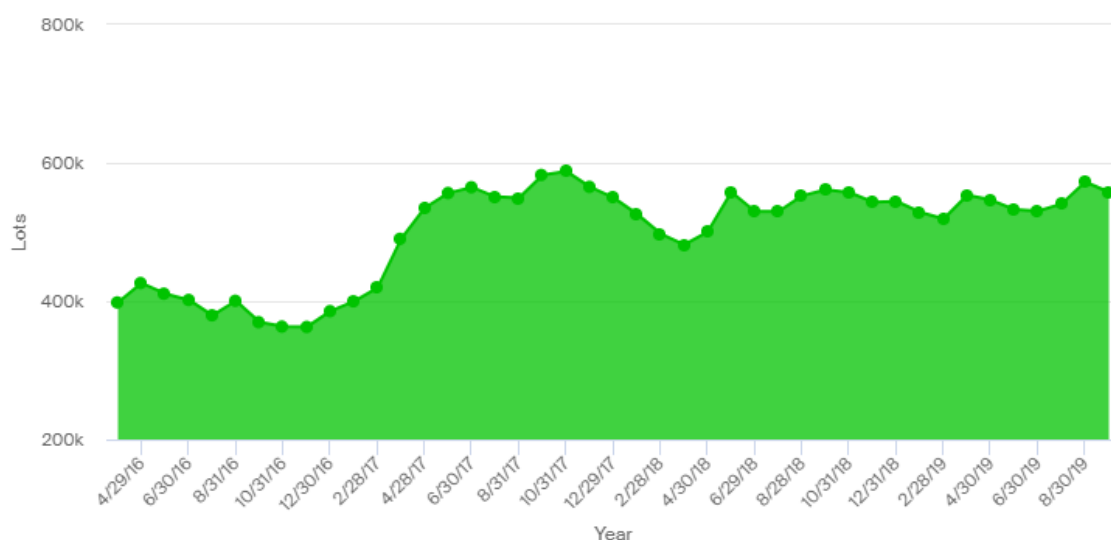
111. ábra Teljes európai gáztároló kapacitás telítettségének alakulása

Európában a két nagy gáztőzsde, a holland TTF és a brit NBP adatait tekinti a gázipar relevánsnak. Az alábbi ábrákról egyértelműen látszódik a tőzsdei mennyiségek alakulása: a holland tőzsde majdnem duplázott, a brit gáztőzsde mennyisége másfélszeresére növekedett az elmúlt 3 évben.



Forrás: ICE, 2019

112. ábra Holland TTF földgázkereskedelem mennyiségi változása



Forrás: ICE, 2019

113. ábra Egyesült Királyság NBP földgázkereskedelem mennyiségi változása

1.2 Gázár alakulása

A szabadpiacon történő gázkereskedelemre és gázárra a korábban bemutatott tényezőkhöz kívül a legnagyobb hatással az adott régiót érintő időjárási viszonyok vannak.

2018-ban például jelentősen emelkedtek a nagykereskedelmi gázárak, mivel az év eleji hideg kritikus szintre csökkentette az Európában található gáztárolók készleteit, ami hatással volt Magyarországra is. Ráadásul a 2018 nyarán ismét beköszöntő rekord meleg növelte az áramfogyasztást, ezért a tárolókba

szánt gázt inkább áram előállítására használták fel. A kereslet kínálat törvénye szerint a kereslet növekedése rohamosan növelte a gáz árát.

Ennek ellenkezőjeként a 2019. elején tapasztalt enyhe téli időjárásból eredően a tárolókban felhalmozott gáz nem fogyott el, ami magával hozta a gázárak természetes csökkenését.

A természetes csökkenésen túlmenően a 2019 nyarán tapasztalt gázárésés a kereslet -kínálat törvényének alapvető igazságát cáfolta meg. 2019 júliusában rekord meleg hőmérsékletet mértek Németországban, Hollandiában, az Egyesült Királyságban és Belgiumban, a spot árak a gázár korrekciót követően mégis csökkenni kezdtek. Ugyanebben az időszakban a Franciaországban regisztrált hőmérsékleti csúcsok miatt a francia atomenergia termelés mennyiségét vissza kellett szabályozni megközelítőleg 35 GW-ra 12 érintett reaktorban. Így a kieső nukleáris alapú villamos energia helyettesítésére szolgáló villamos energia igényt is földgáz felhasználásával kellett megoldani, ami a kereslet egyértelmű növekedését, így a gázár növekedését kellett volna előirányozza. Ehhez képest, mindezen körülmények ellenére a holland gáz tőzsdén az azonnali jegyzésű ár 5%-kal csökkent.

Ennek okát csak egyféleképpen lehet magyarázni: Az enyhe tél okozta kereslet csökkenés, valamint a beáramló nagy mennyiségű LNG mennyisége arra ösztönözte a csővezetékes importőr érdekcsoportokat, hogy a gáz ár további csökkentésével ösztönözzék a betárolást. Ennek hatására az európai tárolók június végére átlagosan 73%-os töltöttségi szinten álltak, 260 TWh-val (24,5 Mrd m³) meghaladva a tavalyi év hasonló időszakában megfigyelt töltöttségi szintet.

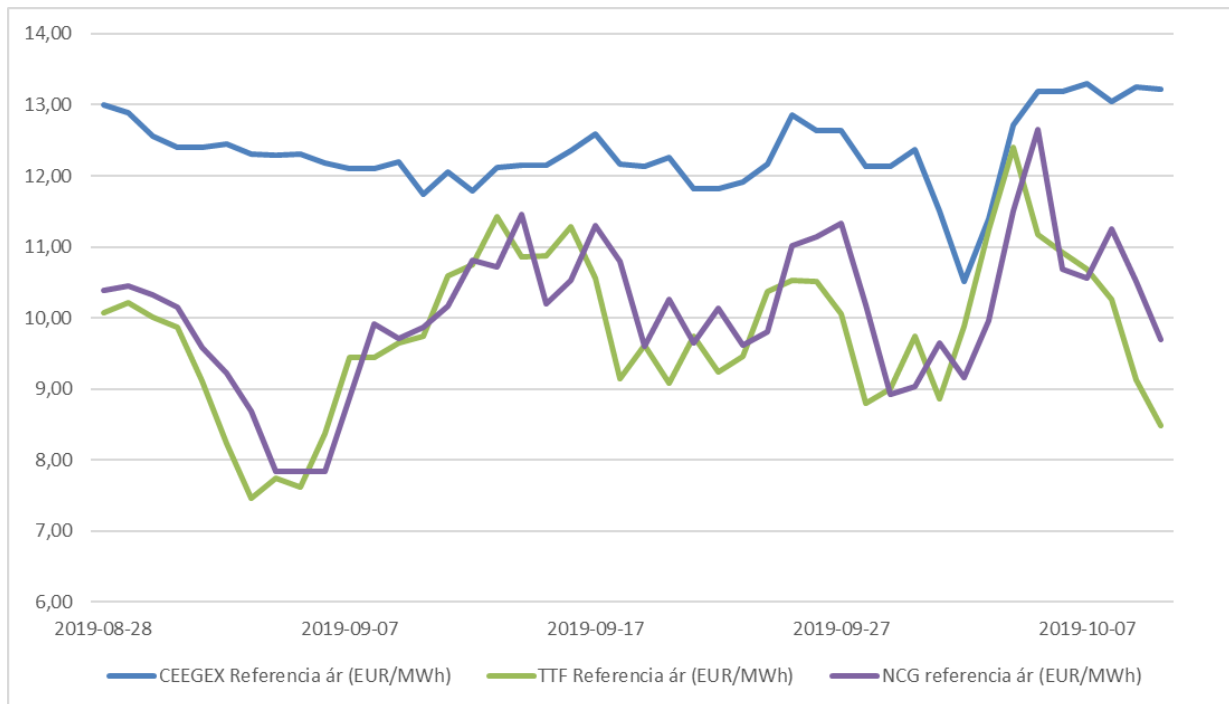
A tárolásra emellett az orosz-ukrán gáztranzit szerződés megújításának bizonytalansága, valamint a nyugat-európai piacokon a tárolói bezárások és a rugalmas kitermelés csökkenése miatt mérséklődött kínálati rugalmasság is jelentősen kihatott. A tárolás iránti piaci igényt is jelző mutató, a téli-nyári spread értéke a korábbi évekre jellemző 1 €/MWh szintről január óta fokozatosan emelkedett, a régiókat meghatározó osztrák piacon a július havi termék 7 €/MWh-val olcsóbb volt júniusban, mint a téli szállítású földgáz, így a tárolás jelentős értékkel bír.

A holland TTF-en még ennél is nagyobb, 8 €/MWh fölött volt a júliusi ár és a téli szezon ára közötti különbség. A 2019. nyarán tapasztalt keresleti-kínálati rally eredményeképpen a 2019. decemberi jegyzésű gáz instrumentumok befektetési egységára az évben eddig nem látott magasságban zárt, 27,85 EUR/tonna értékben (Wingas, 2019).

A 2019 nyarán/őszén tapasztalt gáz ár rallyt szemlélteti a 114. ábra, mely a közép-európai (CEEGEX), a holland (TTF) és a Pegas által üzemeltetett tőzsdei platform (NCG) rendkívül volatilis spot gáz árait tükrözi.

Tekintettel arra, hogy az LNG a földgáz cseppfolyósított halmazállapotának piaci terméke, így a földgázárakkal azonosan értelmezhető, jegyzési árai megegyeznek a földgáz tőzsdei árakkal³⁴.

³⁴ Az LNG molekula ára megegyezik a földgáz molekula árával, azonban az LNG árát egyéb, a logisztikával és visszagázosítással együtt járó költségtényezők növelik.



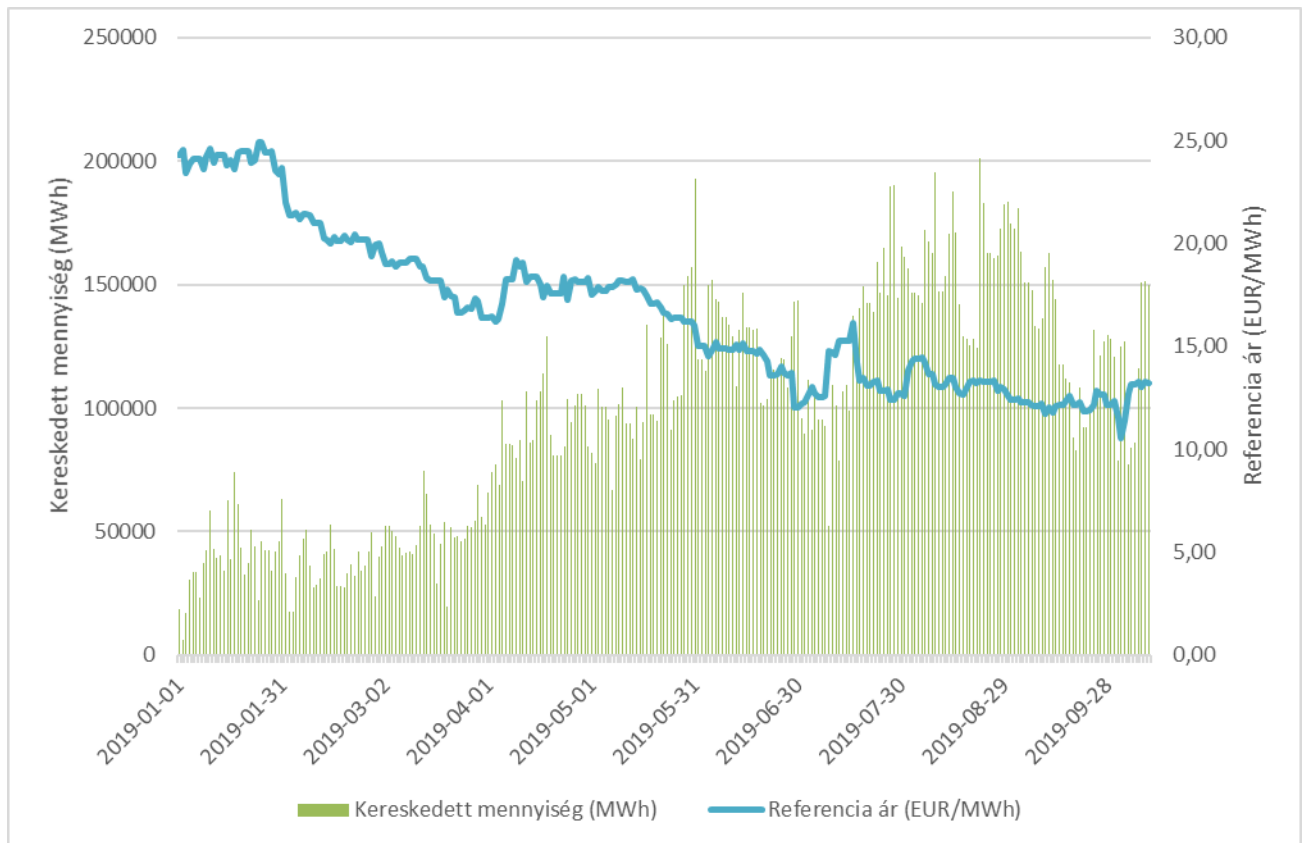
Forrás: PEGAS alapján saját szerkesztés, 2019

114. ábra Referencia gáz ár rally a CEEGEX-en és a meghatározó európai piacokon

1.3 Hazai gáz kereskedelmi trendek

Magyarország teljes mértékben integrálódott a regionális, európai és világszintű gázkereskedelembé. Mind a környező, mind pedig a hazai gáztőzsdéken aktívan megjelennek a legnagyobb és legbefolyásosabb szereplők, ennek köszönhetően a velük folytatott kereskedelem mindennapinak számít. Hazánk kifejezetten jó kapcsolatot ápol a külföldi partnerekkel, de az országot leginkább a nyugat-európai és az oroszországi piaci szereplőkkel kapcsolatos fejlemények érintik legjobban. A legnagyobb európai és régiós eladónak az orosz Gazprom és annak leányvállalatai számítanak.

A közép-európai gáztőzsde (CEEGEX) kereskedési mennyiségének és spot árainak változását szemlélteti a 115. ábra. Korábbi, az európai gázkereskedelmi trendekről szóló kijelentésünket, miszerint a tőzsdei kereskedések a tavaszi és nyári betárolások miatt július-augusztus folyamán tetőznek a CEEGEX mennyiségei is visszatükrözik. Ugyanakkor az is nyilvánvaló, hogy a nyugat-európai gáztőzsdék volatilitását a CEEGEX nem, vagy csak részben követi le, ezáltal kisebb a tőzsdei vásárlással realizálható haszon mértéke.



Forrás: CEEGEX alapján saját szerkesztés, 2019

115. ábra CEEGEX spot gázárak és kereskedési mennyiségek alakulása

1.4 LNG import

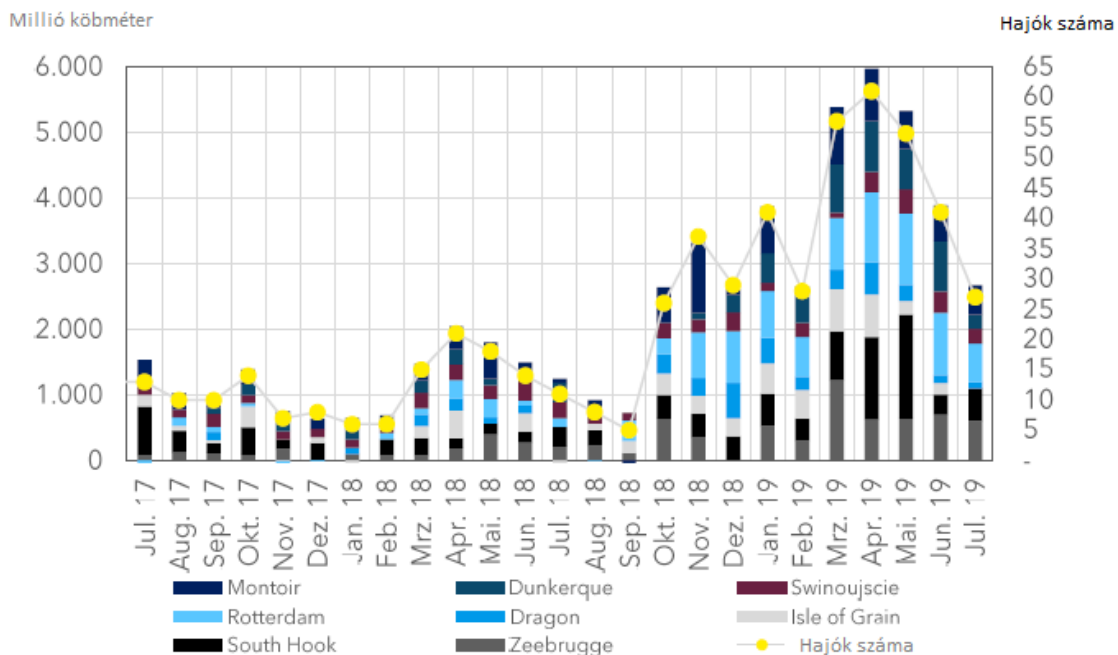
Az európai piacokon 2019. elejétől tapasztalható rendkívüli árcsökkenéshez a viszonylag enyhe téli időjárás mellett nagy mértékben járultak hozzá az Európán kívüli folyamatok is:

- egyrészt több új cseppfolyósító terminált helyeztek üzembe (Ausztrália, Oroszország, USA), növelve az LNG világpiaci kínálatát,
- másrészt az ázsiai piacokon esett a kereslet (4%)³⁵ - alapvetően Japán nukleáris alapú energiatermelő kapacitásainak újbóli elindítása miatt - így a világszinten kialakult LNG-többlet felvevő piaca Európa lett.

A globális LNG-piac egyre összetettebbé és nehezen kiszámíthatóvá válik. Ahogyan azt a földgáz kereskedelmi trendeknél bemutattuk, a földgázhoz hasonlóan számos tényező hat az LNG kereslet-kínálat összefüggéseire is. A világban továbbra is növekszik az LNG előállítási mennyiség, azaz növekszik a kínálat; ezzel párhuzamosan növekszik a vásárolt mennyiség, ebből következően növekszik a vásárlók száma, nő a keresleti oldal. Mindebből eredően következtethetünk az LNG szállítványozókra nehezedő nyomás növekedésére is.

³⁵ Wingas, 2019

Az Európába érkező LNG 2019. áprilisban tetőzött (116. ábra) 106 TWh-ás szinten, míg egy évvel korábban még csak 42 TWh mértékű volt az LNG import mennyisége. 2019 áprilisa óta csökkent ugyan a beérkező LNG mennyisége, de a korábbi évekhez képest még mindig jelentős mértékű, júniusban 85 TWh volt. Így jelenleg az Európába érkező energiahordozó alapanyag import 23%-a LNG áru, míg ez az arány 2018-ban átlagosan 13% volt.



Forrás: Wingas, 2019

116. ábra Nettó LNG import mennyiség változása (F, B, NL, PL, GB)

X.2 A JÁRMŰ ÁTALAKÍTÁSOK GAZDASÁGI FELTÉTELEI MAGYARORSZÁGON

Számos európai projekt foglalkozott az LNG hajtás belvízi szállítmányozásban történő használatához kapcsolódó műszaki kihívásokkal, elemezték az LNG hajtás közgazdasági, környezetvédelmi szempontú előnyeit, illetve a projektek eredményeképpen sokesetben fogalmaztak meg LNG hajtás elterjedését segítő ösztönzőket. A projektek eredménytermékeiként létrejött publikációk feldolgozásával, adataik elemzésével készítettük el a PL4D projekthez kapcsolódó, Duna és dunai hajóflotta specifikus közgazdasági és üzleti modelljeinket, és tettük meg javaslatainkat a jellemző dunai hajó típusok átalakítására.

2.1 Közgazdasági elemzésekhez feldolgozott tanulmányok és azok értékelése

2.1./1 Kvantitatív elemzés a nyugat-európai belvízi hajóflotta LNG-potenciáljával kapcsolatosan (2016.)

Az elemzést az STC-NESTRA és az EICB (2016) végezte a holland Infrastruktúra- és Környezetvédelmi Minisztérium számára. Az elemzésben először publikáltak 4 különböző megtérülési forgatókönyvet, amely megtérülés a dízelgázolaj árának 2030-ig várható szenárióiból és az LNG tőzsdén jegyzett spread áraiból származtat megtérülési mutatókat. Megjelenésétől kezdve az összes LNG-vel kapcsolatos üzleti modell ezt a számítási módszertant követi. A PL4D projekt keretében, az összehasonlíthatóság végett mi is ezt a számítási módszert fogjuk alkalmazni.

A Rajnán közlekedő hajókból 3627 hajót vettek figyelembe, amelyek 80 méternél nagyobbak, jellemzően önjáró hajókból, tolóhajókból és a kapcsolt kötelékekből állnak. Az elemzést az egyes hajókra, a fajlagos tüzelőanyag-fogyasztásukra vonatkoztatva végezték, ahelyett, hogy az átlagos üzemanyag-fogyasztásra koncentráltak volna hajótípusonként.

2.1./2 Standard LNG konfigurációk üzleti modelljeinek ex-ante költség haszon elemzése (2017.)

A PROMINENT projekt keretében elvégzett értékelések a rajnai és a dunai szállítmányozás reprezentatív hajóflottáinak típusait vette alapul. Vizsgálta a hajó beruházására és üzemeltetésére vonatkozó átlagos költségszerkezetet. Az üzemeltetési költségszerkezet meghatározásánál figyelembe vette a szállítmányozás reprezentatív útvonalait, azokra „alapvonal” becslést végeztek.

A hajókra és az útvonalakra vonatkozó költség típusok és paraméterek kiigazításával becsülték meg az LNG, mint hajtóanyag alkalmazásával elérhető gazdasági teljesítményt. Az elemzésben a beruházási költségek három különböző motorkonfiguráción alapulnak, a tartály elhelyezésére is kétféle módozattal (fedélzet-deck alatt és felett) számolnak. Az üzleti modellben a dízelgázolaj és LNG közötti árkülönbség-szenáriókhoz az STC NESTRA-EICB (2016) által publikált „Kvantitatív elemzés a nyugat-európai belvízi hajóflotta LNG-potenciáljával kapcsolatosan” című dokumentumban foglaltakat vették alapul.

2.1./3 Áttörés az LNG hajtóanyag belvízi szállítmányozásban történő felhasználásában (2017.)

A „Breakthrough LNG Deployment in Inland Waterway Transport” című, az INEA-CEF által társfinanszírozott projekt keretében elkészült az LNG, mint a belvízi szállítmányozásban felhasználható alternatív üzemanyag költség – haszon elemzése.

A költség-haszon elemzés során a PROMINENT projektben (2017) modellezett hajótípusokat vették alapul, és a rajnai, valamint a dunai szállítmányozás során használt, kilenc legjelentősebb hajótípusra

végezték el a költségek és a hasznok elemzését. Az elemzés során a projekt keretén belül elvégzett szakértői, gyártói interjúkon elhangzott költségbecsléseket vették a beruházási költségek alapjáent. A dízelgázolaj és LNG közötti árkülönbség-szenáriókhöz az STC NESTRA-EICB (2016) által publikált „Kvantitatív elemzés a nyugat-európai belvízi hajóflotta LNG-potenciáljával kapcsolatban” című dokumentumban foglaltakat vették alapul.

2.2 A jármű átalakítás megtérülés elemzésének módszertana

2.2./1 Bevezetés

Ahhoz, hogy a PL4D projekt keretében megvalósuló LNG bunkerállomás üzleti modelljét fel tudjuk állítani, először meg kell vizsgálni az LNG hajtásra alkalmas hajóflottát.

Jelen fejezetben ismertetjük a dunai hajózásban használatos hajó típusokat, azok átalakítási lehetőségeit, az átalakítás költségeit, ebből eredően az üzleti megtérülésüket. Majd meghatározzuk azokat a hajó típusokat, amelyek potenciálisan – méretükből és felhasznált üzemanyag mennyiségükből eredően - alkalmasak az LNG átalakításra, és amelyek számával az elterjedési szenáriók modellezésénél számolni fogunk.

A folyami LNG hajtás még nem terjedt el Európában, azonban, ahogy azt az előző fejezetben bemutattuk számos kutatási projekt és szakértő foglalkozott a témával, amelyek eredményeképpen alapvető benchmark adatok fellelhetők a tudományos adattárakban. Így az üzleti modellezés során mi is ezeket a benchmark adatokat fogjuk használni.

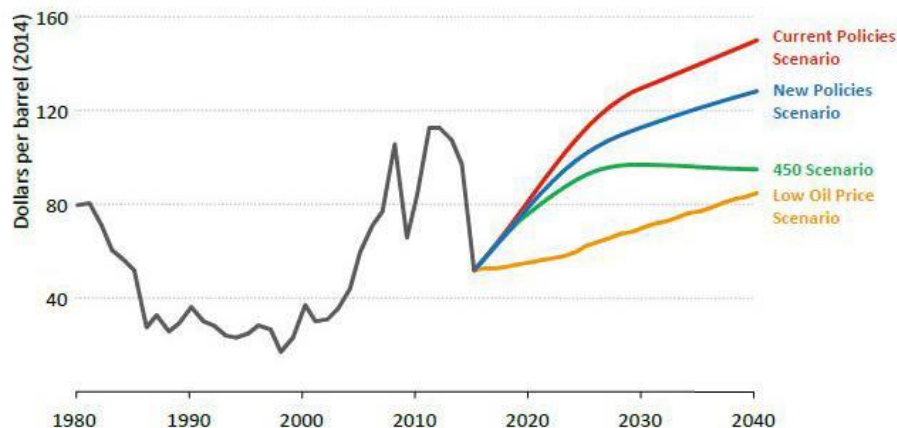
Ugyanakkor figyelembe véve azt a tényt, hogy a benchmark adatok alapvetően a Rajna vízi útvonalon közlekedő, valamint a Duna alsó szakaszán szállítmányozó hajó családok LNG átállására vonatkoznak, mi ezen adatokat a felső és közép dunai viszonylatok speciális adottságaival, valamint az újonnan életbe lépett (2019. január 1.) NMMR rendelet V. szakasz kötelezettségeivel korigáljuk. A korrekciókat külön szerepeltetjük.

2.2./2 A megtérülési idő számításának alapja

Az eddig megjelent, az LNG üzleti modelljére vonatkozó publikációk mindegyike a dízelgázolaj és LNG közötti árkülönbség-szenáriókhöz az STC NESTRA-EICB (2016) által publikált „Kvantitatív elemzés a nyugat-európai belvízi hajóflotta LNG-potenciáljával kapcsolatban” című dokumentumban foglaltakat vette alapul. Annak érdekében, hogy a rajnai és a dunai hajózás üzleti modelljei összehasonlíthatók legyenek, ezáltal releváns képet kapjunk a dunai hajóflotta LNG-re történő átalakításának üzleti modelljéről és megtérülési idejéről jelen tanulmányban is a 2016-ban publikált ár szenáriót fogjuk alkalmazni.

Az LNG használatot illetően akkor beszélünk árelőnyről, ha ugyanolyan energiatartalomra vonatkozó LNG ára alacsonyabb, mint egy liter dízelgázolaj ára. Jelen közgazdasági modellezéshez az STC-NESTRA, EICB (2016) cikkben ismertetett alábbi forgatókönyvet használtuk.

A dízelgázolaj árának várható alakulását a 2015-ös World Energy Outlook ismerteti.



Forrás: World Energy Outlook, 2015

117. ábra Az import olaj árának változása 4 különböző scenárió mentén 2040-ig

Ezen olajár változatok mentén és az LNG tőzsdei spread árakon alapulva az STC-NESTRA a következő árkülönbségeket feltételezi (az LNG árelőnye a dízelgázolajhoz képest):

1. „Alacsony olajár” esetén: LNG-dízelgázolaj árkülönbség: 0,05 € (1 liter dízelgázolajra vetítve);
2. „450 forgatókönyv” esetén: LNG-dízelgázolaj árkülönbség: 0,17 € (1 liter dízelgázolajra vetítve);
3. „Új politikák forgatókönyv” esetén: LNG-dízelgázolajárkülönbség: 0,27 € (1 liter dízelgázolajra vetítve);
4. „Jelenlegi politikák forgatókönyv” esetén: LNG-dízelgázolaj árkülönbség: 0,35 € (1 liter dízelgázolajra vetítve)

Az üzleti modellezés során az árelőnyt állandó, átlagos értéként feltételezzük a modell teljes időtartamára. Azonban meg kell jegyezni, hogy a valóságban az árelőny mértéke gyakran változik. Ebből következően lehetséges, hogy a modell időtartama alatt lesznek olyan időszakok is, amikor az LNG árelőnye magasabb, mint 0,35 euró, vagy adott esetben alacsonyabb, mint 0,05 euró.

2.2./3 Benchmark és statisztikai adatok korrekciói

A Duna Bizottság által 2016-ban publikált statisztikai adatok azon hajókat rögzíti, amelyeket a hajóregiszterben eddig regisztráltak. Azonban a statisztikai adatokból nem kapunk képet arról, hogy az a hajó valóban működik-e, végez-e szállítmányozási feladatot. Nem szolgáltat adatot arról sem, milyen a hajó fogyasztása, sem pedig a működők jellemző szállítmányozási útvonaláról.

Ezért a „Kvantitatív elemzés a nyugat-európai belvízi hajóflotta LNG-potenciáljával kapcsolatosan” című dokumentum hajóflottájára vonatkozó adatokat alapul véve, valamint a PROMINENT projekt ex-ante költség elemzésében foglalt üzleti modellt a működő dunai hajóflotta sajátságai miatt kellett korrigálnunk.

Ezen módszertan mentén a következő, szakértői becslésen és egyéb, kutatási eredményeken alapuló korrekciókat végeztük el:

- a dunai hajóflottából számba vettük azon hajókat, amelyek a legjellemzőbbek a dunai szállítmányozásban,
- a többi, esetleg rajnai hajó típusal vagy kisszámú dunai hajó típusal nem számoltuk
- a Duna Bizottság statisztikai adatát a Co-Wanda (2013) projekt eredményeivel korrigáltuk a dunai működő hajók darabszámára vonatkozóan
- az éves üzemidőt a PROMINENT projekt eredményeire alapozzuk,
- ugyanakkor az üzemanyag fogyasztás tekintetében saját szakértői becsléseinket vesszük alapul, tekintettel arra, hogy a dunai hajóflotta átlagéletkora 40 év, így a rajnai hajócsalád tagjaihoz képest a dunai hajók korukból adódóan jóval többet fogyasztanak.

27. Táblázat A dunai hajóflotta átalakításának üzleti tervéhez figyelembe vett hajócsaládok és korrigált adatok

Dunai hajóflotta jellemzői						Adat forrása
Hajócsalád	Tolóhajó, PUSH BII-1	Tolóhajó -PUSH B4	Önjáró hajó konvoj C3L-B	Dunai bárka 4 egységes	Dunai bárka 8/9 egységes	
darabszám 2016-ban Duna Bizottság alapján	179	180	483	188	11	Duna Bizottság statisztika, Prominent, 2016
korrigált darabszám szakirodalom alapján (valóban működő, üzemképes hajók)	45	45	121	na	na	Co-Wanda, 2013
Éves üzemidő (óra)	4313	8064	8064	8064	8064	Prominent projekt eredmény, 2016
Beépített motor teljesítmény (kW)	1249	4080	2351	2000	2000	Prominent projekt eredmény, 2016
Üzemanyag fogyasztás (m ³)/év	220	1500	450	1533	1800	Szakértői becslés BME, Hajózási Tanszék

2.2./4 A PL4D projekt szempontjából releváns hajó típusok

Az 28. Táblázatban mutatjuk be a kiválasztott és a modellezésbe bevont hajótípusokat. A dunai hajóflotta értékelésébe beletartoznak azok a hajók is, amelyek átlagos üzemanyag-fogyasztása – ellentétben a rajnai modellekkel – nem haladja meg a 300 m³, mivel ez a típus (Push B2L) a dunai szállítmányozás megközelítőleg 20%-át teszi ki. A releváns hajó típus kategóriába tartoznak ezen felül a 2*1000 kW-os (Bárka 4 és Bárka 8/9), 3*1000 kW-os (Push B4) tolóhajók, valamint a 2*1000 kW-os önjáró hajók (C3L-B).

28. Táblázat Üzleti modellezéshez releváns hajó típusok

Hajócsalád	Push B2L	Push B4	C3L-B	Bárka 4	Bárka 8/9
Beépített motor teljesítmény (kW)	1249	4080	2351	2000	2000

Motorok száma	2	3	2	2	2
Üzemanyag fogyasztás (m ³ /év)	220 ³⁶	1500 ³⁷	450 ³⁸	1533	1800 ³⁹
Éves üzemidő (óra)	4313	8064	8064	8064	8064

2.2./5 LNG hajtás többletköltségeinek becslése

Az LNG alkalmazásának többletköltség-kalkulációját a PROMINENT projekt (2017) keretében publikált „Standard LNG konfigurációk üzleti modelljeinek ex-ante költség haszon elemzése” című dokumentum alapján végezzük, figyelembe véve, hogy Magyarországon sem LNG hajtású hajó gyártásra, sem pedig LNG átalakításra vonatkozó helyi információ nem áll rendelkezésre.

Fontos megjegyezni, hogy az összes tanulmányban, így jelen PL4D projekthez köthető elemzésben is a megadott beruházási (CAPEX) költségek az LNG alkalmazásának többletköltségeit jelentik a normál dízelmotor cseréhez képest. A 2019. elejétől életbe lépett NRMM rendelet V. szakasz szigorú kibocsátási határértéket határoz meg a folyami hajózásban, amelyet a IV.2 fejezetben részletesen ismertettünk.

A hajó LNG hajtásra történő átalakítása vagy új, LNG hajtású hajó beszerzése véleményünk szerint csak és kizárólag akkor lehet üzileg megtérülő beruházás a dízel hajtással szemben, ha és amennyiben a meglévő dízelüzemű hajóflotta tagja amúgy is motorcserére szorul.

Ekkor a tulajdonosnak döntést kell hoznia, hogy egy LNG hajtású motort vagy egy dízel hajtású motort választ. Az új dízel üzemű hajtásnak azonban meg kell felelnie az NRMM rendelet határértékeinek. Ez csak úgy valósítható meg, ha a dízelmotor mellé egyéb kiegészítőket (SCR+DPF) vásárol, melyek a dízelgázolaj hajó árát tovább növelik, ezzel arányosan csökken az LNG alkalmazás többletköltsége. A mono LNG hajtással a rendelet határértékei maradéktalanul betarthatók.

Mivel a rendelet 2019 elejétől hatályos, így a korábbi tanulmányok az SCR és DPF induló beruházási többletköltségeit nem veszik alapul. Jelen elemzésben az SCR és a DPF CAPEX költségeivel⁴⁰ korrigáltuk az LNG hajtás CAPEX többletköltségeit.

A költségkalkulációk nem veszik figyelembe az üzemeltetési (OPEX) költségeket, mivel az LNG hajtás folyami felhasználásával kapcsolatosan nem áll rendelkezésre megfelelő mennyiségű adat, melyből megbízható OPEX költségbecslést lehetne végezni. Azonban meg kell jegyezni, hogy az LNG hajtásmód üzemeltetési költségei várhatóan meghaladják a jelenleg használatos dízelgázolaj hajtás üzemeltetési

³⁶ A dunai hajók átlagos életkorával korrigált fogyasztási adat (Dr. Simongáti Győző PhD, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vasúti Járművek, Repülőgépek és Hajók Tanszék)

³⁷ A dunai átlagos éves futásteljesítmény alapján korrigált adat (Dr. Simongáti Győző PhD, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vasúti Járművek, Repülőgépek és Hajók Tanszék)

³⁸ A dunai átlagos éves futásteljesítmény alapján korrigált adat (Dr. Simongáti Győző PhD, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vasúti Járművek, Repülőgépek és Hajók Tanszék)

³⁹ Dunaföldvár nevű tolóhajó éves futásteljesítménye alapján korrigált adat (261 millió tonna/km)

⁴⁰ Multronic et al, 2015

költségeit, melyek a szakképzett személyzet és kenés adalékanyagainak többletköltségeit jelentik. Ugyanakkor a motorcsere esetén beépítésre kerülő új dízel motorhoz kötelezően beszerelendő SCR és DPF üzemeltetése szintén többletet jelent a jelenlegi hajtás költségeihez képest, azonban ezek arányának becslésére sincs megfelelő megbízhatóságú adat.

2.2./6 LNG átalakítás/új építés beruházási (CAPEX) többletköltségtételei

A beruházási (CAPEX) költségeket elsősorban a hajótulajdonos által választott LNG-konfiguráció fajtája határozza meg. Az LNG konfiguráció (mono vagy kettős hajtású motor; tank a fedélzeten vagy a fedélzet alatt) az alábbi főbb tételek, dízelhajtáshoz viszonyított beruházási többletköltségéből áll össze:

- motor;
- tartály (beleértve a csatlakozókat);
- tartály csatlakozási hely;
- telepítési költségek
- kettős-hajtás (dual fuel) esetén az SCR és DPF beruházási költségei

2.2./7 LNG átalakítás üzemeltetési (OPEX) költségtételei

Releváns adatok hiányában üzemeltetési költségekkel jelen elemzésben nem számolunk, azonban jelezzük, hogy az LNG hajtású hajók üzemeltetéséhez megfelelően kvalifikált szakemberekre van szükség, illetve az LNG hajtású hajók karbantartási munkáit Magyarországon nem lehet elvégeztetni.

2.2./8 LNG hajtásból származó profit

Az energiahatékonyabb és környezetkímélőbb hajózáshoz használt költségmodellben a profitot az üzemanyagok (dízelgázolaj-LNG) árkülönbszetéből származó költségmegtakarítás jelenti.

1. „Alacsony olajár” esetén: LNG-dízelgázolaj árkülönbség: 0,05 € (1 liter dízelgázolajra vetítve);
2. „450 forgatókönyv” esetén: LNG-dízelgázolaj árkülönbség: 0,17 € (1 liter dízelgázolajra vetítve);
3. „Új politikák forgatókönyv” esetén: LNG-dízelgázolaj árkülönbség: 0,27 € (1 liter dízelgázolajra vetítve);
4. „Jelenlegi politikák forgatókönyv” esetén: LNG-dízelgázolaj árkülönbség: 0,35 € (1 liter dízelgázolajra vetítve)

Az LNG hajtás költségtöbbletének megtérülési idejét az árkülönbszetből származó költségmegtakarítás mértékével arányosan számoljuk az alábbi megtérülési idő képlete szerint, ami azt fejezi ki, hogy az LNG beruházás többletköltsége a dízelgázolaj és LNG közötti árkülönbség nyereségből hány év alatt

térül meg. Ez a számítási módszer nagyvonalú becslésre alkalmazható, azonban torzításokat tartalmazhat. Pontosabb számításokhoz a dinamikus megtérülési idő használata lenne célravezető.

$$\text{Megtérülési idő (év)} = \frac{C_0}{C_i}$$

ahol:

C_0 - kezdeti beruházási költség (€)

C_i – éves szinten megtakarítható összeg (€)

amelyben a kezdeti beruházási költségek jelentik az LNG hajtás kialakítását (motor, tartály, tartály csatlakozási helyének és a felszerelés költségeinek, valamint az SCR és DPF összege), az éves szinten megtakarítható összeg az (átlagos) éves üzemanyag-fogyasztás szorozva az árkülönbséggel (a négy forgatókönyv mentén).

2.3 Dunai hajótípusok átalakítási lehetőségeinek üzleti modellje

A dunai hajó típusok átalakítási lehetőségeinek vizsgálatokor kiinduló adataink forrása a PROMINENT projekt 2017-ben publikált „Standard LNG konfigurációk üzleti modelljeinek ex-ante költség haszon elemzése” című dokumentum az VII.3.3./3 fejezetben bemutatott korrekciók átvezetésével.

Ebben a fejezetben bemutatjuk az LNG-konfigurációk alkalmazásának többletköltségeit és a gázolaj-LNG árkülönbséggel elérhető megtérülési időt. A számításokat az előző alfejezetben ismertetett módszertan szerint végezzük. Megvizsgáljuk a mono LNG hajtás és a kettős, gázolaj-LNG dual fuel hajtás különböző konfigurációinak (átalakítás vagy új hajó; tartály a deck felett vagy a fedélzet alatt) beruházási volumenjét, és a megtérülési idő számításakor a négy árkülönbség forgatókönyvet vesszük figyelembe.

2.3./1 Mono LNG hajtás alapadatok

Kiinduló adatként a PROMINENT projekt keretében meghatározott beruházási költségeket vettük alapul. Az 29. Táblázatban szereplő hajó típusok közül csak néhány közlekedik a Duna felső és középső szakaszán, a 135 méteres hajók a bösi zsilip befogadó méretei okán nem tudnak végigmenni a Dunán. A 8/9 egységes bárkák a Duna alsó szakaszára (Constanta – Vaskapu) jellemzőek (megj: a nagyméretű szerelvények, mint pl. a 8/9 egységes bárkák a Vaskapu zsilipen szétszerelés nélkül nem tudnak átjönni).

A Capital Value oszlopban látható az új LNG hajtású hajó ára, az új hajó árára vetítetten százalékos formában kifejezve a mono LNG hajtás konfigurációjának ára deck feletti és deck alatti tartály elhelyezés esetén.

Egyes hajótípusok esetén, például a szárazáru-szállításra szolgáló önjáróhajók (C3LB) és a négy bárkával rendelkező dunai tolóhajók esetében a beruházási költségek meghaladhatják a hajó tőkeértékének 50% -át. A motoros tartályhajók, a nagyobb tolóhajók esetében ez az arányszám alacsonyabb.

29. Táblázat Mono LNG hajtás beruházási költsége a hajó összköltségére vonatkoztatva

Vessel types	Capital value	Costs as percentage of capital value (above deck)	Costs as percentage of capital value (existing vessel, under deck)
PAX 135m	€ 7,000,000	29%	33%
Push B4	€ 9,300,000	34%	n/a
Push B6	€ 12,700,000	25%	n/a
MVS 110m	€ 2,457,200	77%	83%
MVS 135m	€ 3,576,667	54%	59%
MTS 110m	€ 5,027,240	38%	41%
MTS 135m (M11)	€ 9,065,668	24%	26%
MTS 135M (M12)	€ 11,100,817	20%	21%
C3L/B	€ 3,635,758	65%	70%
Push Barge, 4 units, Danube	€ 4,000,000	59%	n/a
Push Barge, 8/9 units, Danube	€ 6,000,000	40%	n/a

Forrás: PROMINENT projekt, 2017

A PROMINENT táblázatában szereplő hajócsaládokból kiválasztottuk a releváns dunai hajócsaládokat, azok deck feletti és deck alatti tartályelhelyezésre vonatkozó LNG konfiguráció alapján, majd a CAPEX költségeket a saját táblázatunkban az SCR és DPF beruházási árával korrigáltunk.

A 30. Táblázatból látható, hogy az átalakított mono LNG hajtás esetén a deck feletti tartály elhelyezés konfigurációjának beruházási költségtöbblete (új dízelmotor és SCR, DPF felszerelés költségéhez képes) megegyezik az újonnan épített hajó LNG konfigurációjának, az új dízelhajtású hajóhoz viszonyított többletköltségével. Az átalakított mono LNG hajtású hajókon a deck alatti tartály elhelyezése különösen megdrágítja az LNG beruházás többletköltségeit, ráadásul nem is mindegyik hajó alkalmas erre. A vizsgált dunai hajóflottából csak a C3LB önjáró hajón lehet a deck alatt elhelyezni az üzemanyag tartályt.

30. Táblázat Dunai hajózásban használható hajók mono LNG átalakításának többletköltségei

Mono LNG átalakítás többlet költségek (dízelgázolaj megújításhoz képest)					
Hajócsalád	Push B2L	Push B4	C3L-B	Bárka 4	Bárka 8/9
Átalakított – tank a decken ⁴¹	1 782 989 €	2 711 205 €	2 092 379 €	2 111 600 €	2 151 600 €
Újonnan épített hajó ⁴²	1 782 989 €	2 711 205 €	2 092 379 €	2 111 600 €	2 151 600 €

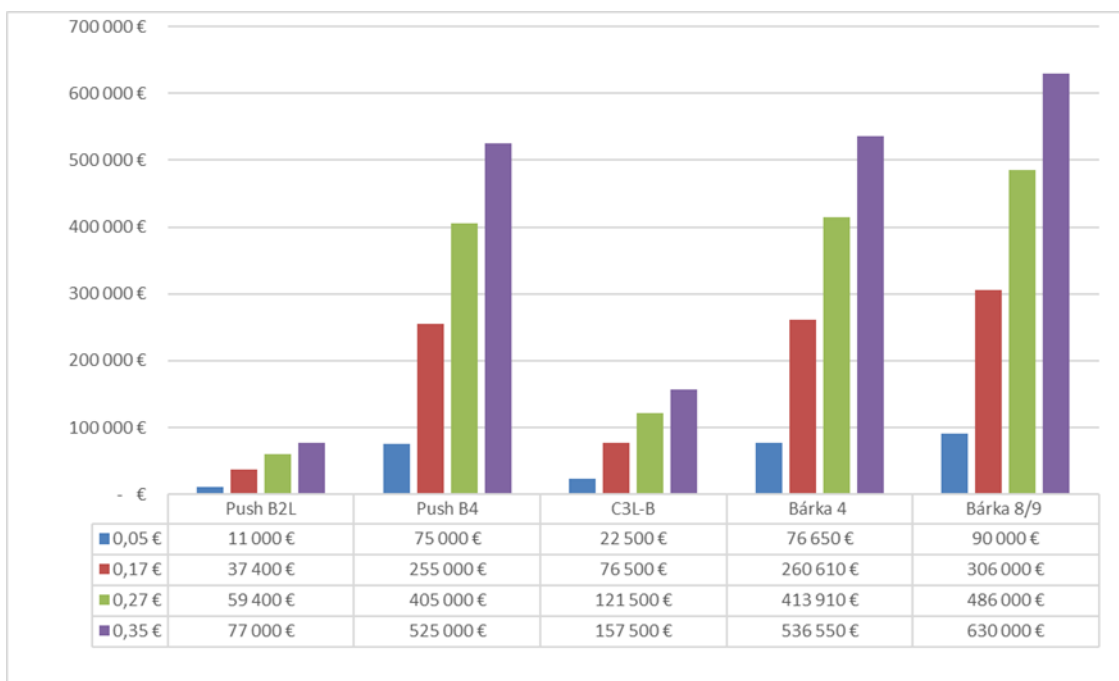
⁴¹ NRMM V. szakasz alapján korrigált beruházási érték

⁴² NRMM V. szakasz alapján korrigált beruházási érték

Átalakított – tank a deck alatt ⁴³	na ⁴⁴	na	2 536 380 €	na	na
Dízelgázolaj NRMM V. Stage kötelezettség ⁴⁵	200 336 €	441 720 €	270 864 €	248 400 €	248 400 €

Mivel a Dunán egyelőre nincs LNG vételezési lehetőség, a PL4D projekt keretében 2021-re megépülő Csepeli Szabadkikötőben megvalósuló LNG kisüzemű (Small Scale) töltőállomás lesz az első, engedéllyel rendelkező bunkerállomás. Mivel az LNG üzemanyag vételezés így egy helyre, Csepelre korlátozódik a Duna viszonylatában, ezért feltételezzük, hogy a jellemző szállítási útvonalon a nemzetközi publikációkban leírt és hivatkozott, standard 40m³-es LNG tartály nem tudja biztosítani az oda-vissza út üzemanyag igényét, így a mono LNG hajtás átalakítás többletköltségének megtérülési ideje torzításokat tartalmazhat.

A megtérülési idő számításához első lépésként minden hajótípusra kiszámítjuk az éves szinten elérhető, üzemanyag árkülönbsézből nyerhető profitot, melyet az alábbi ábra alatti táblázat tartalmaz. A 118. ábra grafikonjának segítségével szemléltetjük az elérhető éves megtakarítás mértékét. Látható, hogy a legnagyobb megtakarítás a nagyméretű és nagy üzemanyag fogyasztású hajók (Push B4, Bárka 4, Bárka 8/9) esetén érhető el. Ezzel szemben a Push B2L típusú tolóhajónál az éves megtakarítás mértéke egyik scenárió esetében sem éri el a 100 000 eurót.



118. ábra Mono LNG hajtás esetén elérhető éves megtakarítás mértéke a különböző dízelgázolaj ár scenáriók alapján az újonnan épített hajók, valamint az átépített deck feletti tartály elhelyezés esetén

⁴³ NRMM V. szakasz alapján korrigált beruházási érték

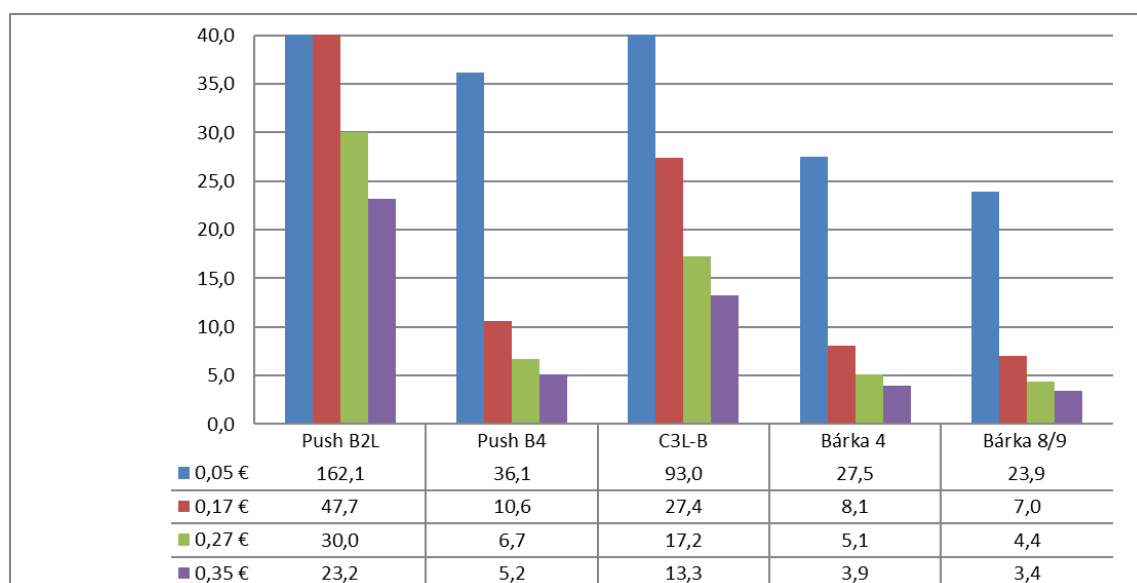
⁴⁴ na: az átalakítás nem megvalósítható a hajó adottságaiból eredően

⁴⁵ Multronic et al., 2015 alapján

2.3./2 Mono LNG hajtás megtérülése – újonnan épített hajó és deck feletti elhelyezésű átalakított hajó esetén

A kezdeti beruházási költséget elosztva az éves profittal, megkapjuk az egyes hajótípusok, különböző dízelgázolaj ár-szenáriók mellett elérhető megtakarítás mértékéből adódó megtérülési időt.

A számításunk alapján a 119. ábra mutatja az LNG beruházás többletköltségeinek megtérülési idejét a mono LNG hajtású, deck feletti tank elhelyezése és újonnan épített hajók esetén. A grafikon – figyelembe véve a dunai hajóflotta átlagos életkorát - 40 évre korlátozódik. A grafikon alatt táblázatos formában is megmutatjuk a várható megtérülési idő számadatát.



119. ábra Várható megtérülési idő a mono LNG hajtású, deck feletti tank elhelyezése és újonnan épített hajók esetén (év)

A megtérülési idők számadatából levonható következtetés alapján a Push B2L hajótípusnál egyértelműen kizárjuk a mono LNG hajtás lehetőségét.

0,05 eurós árkülönbözet esetén az önjáró C3LB hajótípus megtérülési ideje számításaink szerint 93 év. Azonban, ahogyan azt a korábbi fejezetben ismertettük az árkülönbözet az évek folyamán kisebb-nagyobb mértékben folyamatosan változik, így a modellezés során kapott 93 éves megtérülési idő rendkívül pesszimista feltételezés mellett tekinthető csak reálisnak.

Az összes többi hajótípus kategóriában a beruházási költség 40 éven belül megtérül még a legrosszabb gáz-LNG árkülönbőség mellett is.

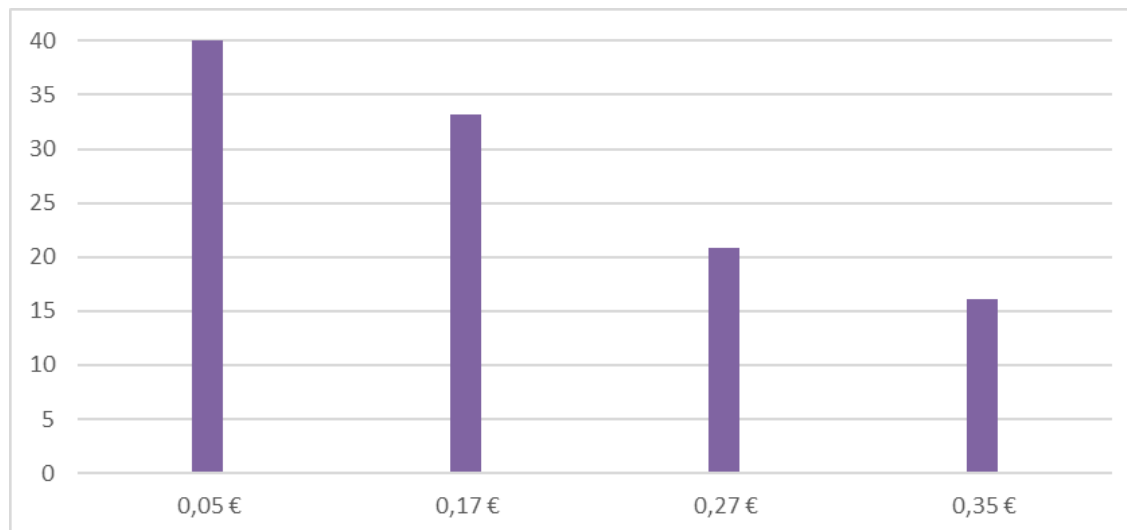
A legjobb megtérülési mutatókkal a 8/9 egységből álló dunai bárka rendelkezik, aminek megtérülési ideje 4-25 év között várható.

2.3./3 Mono LNG hajtás megtérülése –deck alatti elhelyezésű átalakított hajó esetén

A megtérülési idő számításához első lépésként a deck alatti tartály elhelyezésére alkalmas hajótípusra kiszámítjuk az éves szinten elérhető, üzemanyag árkülönbözetből nyerhető profitot, melyet az alábbi ábra alatti táblázat tartalmaz. Tekintettel arra, hogy a dunai hajócsaládok közül csak az önjáró C3L-B hajótípus alakítható át deck alatti tartály elhelyezéssel, így a 31. Táblázat ezen egy hajótípus elérhető megtérülési idejét tartalmazza, a várható megtérülési idő gázárakkal szemben elérhető LNG árnyereségeket a 120. ábra grafikonján is szemléltetjük. Látható, hogy a hajótípusnál a 0,05 eurós árkülönbözet esetén a megtérülési idő hossza miatt nem érdemes ebben gondolni, ugyanakkor egy 0,35 eurós árkülönbözetet feltételezve az átalakítási költségek körülbelül 16 év alatt megtérülnek.

31. Táblázat Deck alatti tartály elhelyezésére alkalmas mono LNG konfiguráció

LNG - dízelgázolaj közötti árkülönbség 1 l gázoljra vetítve	Mono LNG hajtás esetén elérhető éves megtakarítás az átépített deck alatti tartály elhelyezés esetén				
	Push B2L	Push B4	C3L-B	Bárka 4	Bárka 8/9
0,05 €	na	na	112,7	na	na
0,17 €	na	na	33,2	na	na
0,27 €	na	na	20,9	na	na
0,35 €	na	na	16,1	na	na



120. ábra Várható megtérülési idő a mono LNG hajtású, deck alatti tank elhelyezése esetén a C3L-B típusnál (év)

2.3./4 Dual Fuel LNG hajtás alapadatok

Ebben az elemzésben összehasonlítjuk a kettős üzemanyagú (Dual Fuel) LNG-motor különböző konfigurációinak beruházási költségtöbbletét, mely tartalmazza a Dual Fuel hajtás összes részelemét, valamint a beszerelési költségeket, az üzemanyag ár előnyből származó éves megtakarításokat, és ezek

segítségével kiszámítjuk az átalakítás vagy az új hajó vásárlásával együtt járó beruházási költségnövekmény megtérülési idejét.

Kiinduló adatként a PROMINENT projekt keretében meghatározott beruházási költségeket vettük alapul. A 32. Táblázatban szereplő hajó típusok közül csak néhány közlekedik a Duna felső és középső szakaszán, a 135 méteres hajók a bőszi zsilip befogadó méretei okán nem tudnak végig menni a Dunán. A 8/9 egységes bárkák a Duna alsó szakaszára (Constanta – Vaskapu) jellemzőek (megj: a nagyméretű szerelvények, mint pl. a 8/9 egységes bárkák a Vaskapu zsilipen szétszerelés nélkül nem tudnak átjönni).

A Capital Value oszlopban látható az új LNG hajtású hajó ára, az új hajó árára vetítetten százalékos formában kifejezve a Dual Fuel LNG hajtás konfigurációjának ára deck feletti és deck alatti tartály elhelyezés esetén.

Látható, hogy az LNG hajtással kapcsolatos beruházási költségek a tőkeérték (Capital Value) kevésbé jelentős részét teszik ki, mint a mono LNG konfigurációi esetén. A legtöbb hajótípus esetében, kivéve a 110 méteres motoros hajót és a csatolt köteléket) a kiegészítő beruházási költségek kevesebb, mint a hajó tőkeértékének 50% -a.

32. Táblázat Dual Fuel LNG hajtás beruházási költsége a hajó összköltségére vonatkoztatva

Vessel types	Capital value	Costs as percentage of capital value (above deck)	Costs as percentage of capital value (existing vessel, under deck)
PAX 135m	€ 7,000,000	26%	30%
Push B4	€ 9,300,000	24%	n/a
Push B6	€ 12,700,000	17%	n/a
MVS 110m	€ 2,457,200	60%	66%
MVS 135m	€ 3,576,667	41%	45%
MTS 110m	€ 5,027,240	29%	32%
MTS 135m (M11)	€ 9,065,668	20%	22%
MTS 135M (M12)	€ 11,100,817	16%	17%
C3L/B	€ 3,635,758	50%	55%
Push Barge, 4 units, Danube	€ 4,000,000	46%	n/a
Push Barge, 8/9 units, Danube	€ 6,000,000	30%	n/a

Forrás: PROMINENT projekt, 2017

A PROMINENT táblázatában szereplő hajó családokból kiválasztottuk a releváns dunai hajócsaládokat, azok deck feletti és deck alatti tartályelhelyezésre vonatkozó LNG konfiguráció alapján, majd a CAPEX költségeket a saját táblázatunkban az SCR és DPF beruházási árával korrigáltuk. Mivel a Dual Fuel üzemmód dízelgázolaj hajtást is lehetővé tesz, ezért a dízelgázolaj üzemnek is biztosítania kell az NRMM rendelet V. szakaszában foglalt kibocsátási határértékeket, ezért ebben az esetben a

dízelgázolaj üzem miatt szükséges SCR és DPF beszerelésével együtt járó induló költségeket az átalakítás vagy az új hajó LNG beruházási többlet költségeihez szükséges hozzáadni.

A 33. Táblázatból látható, ahogy a mono LNG hajtásnál, úgy a Dual Fuel LNG hajtás esetén is a deck feletti tartály elhelyezés konfigurációjának beruházási költsége megegyezik az újonnan épített hajó LNG konfigurációjának többletköltségével. Ennek okát a 2.2./5fejezetben ismertettük.

33. Táblázat Dunai hajózásban használható hajók Dual Fuel LNG átalakításának többletköltségei

Dual fuel LNG átalakítás többlet költségek (dízelgázolaj megújításhoz képest)					
Hajócsalád	Push B2L	Push B4	C3L-B	Bárka 4	Bárka 8/9
Átalakított – tank a decken ⁴⁶	2 183 661 €	2 673 720 €	2 088 743 €	2 088 400 €	2 048 400 €
Újonnan épített hajó ⁴⁷	2 183 661 €	2 673 720 €	2 088 743 €	2 088 400 €	2 048 400 €
Átalakított – tank a deck alatt ⁴⁸	na ⁴⁹	na	1 999 667 €	na	na
Dízelgázolaj NRMM V. Stage kötelezettség ⁵⁰	200 336 €	441 720 €	270 864 €	248 400 €	248 400 €

2.3./5 Dual Fuel hajtás megtérülésére vonatkozó scenárióanalízis

A rajnai hajózással összehasonlítva jelentős hátránnyal indul a dunai LNG hajtás elterjesztése. A holland import LNG terminál helyben el tudja látni a rotterdami hajókikötőben megforduló hajókat LNG üzemanyaggal. A Fekete tengeren, várhatóan 2027-re megépülő román import LNG terminál lehet a dunai LNG hajózás üzemanyag beszállítója.

Igaz ugyan, hogy Ruse-ban (BG) megépült egy bunkerolásra alkalmas (vagy alkalmassá tehető) LNG kisüzemű töltőállomás, de az műszaki hiányosságai miatt engedéllyel nem rendelkezik. A mono hajtásnál bemutatott módszertant követve itt is feltételezzük, hogy a jellemző szállítási útvonalon a nemzetközi publikációkban leírt és hivatkozott, standard 40m³-es LNG tartály nem tudja biztosítani az oda-vissza út üzemanyag igényét. Ebből eredően a rajnai közlekedésben használt hajtóanyag mix arányaitól eltérőt alkalmazunk számításaink során, és scenárió analízis keretében kívánunk rávilágítani a tyúk vagy a tojás problematikájára.

Minél több helyen lehet LNG üzemanyagot tankolni a dunai szállító hajókba, annál nagyobb LNG arány érhető el az üzemanyag mixen belül, annál nagyobb lesz az átalakítás során megtakarítható dízelgázolaj üzemanyag költsége, és annál rövidebb a megtérülési idő.

⁴⁶ NRMM V. szakasz alapján korigált beruházási érték

⁴⁷ NRMM V. szakasz alapján korigált beruházási érték

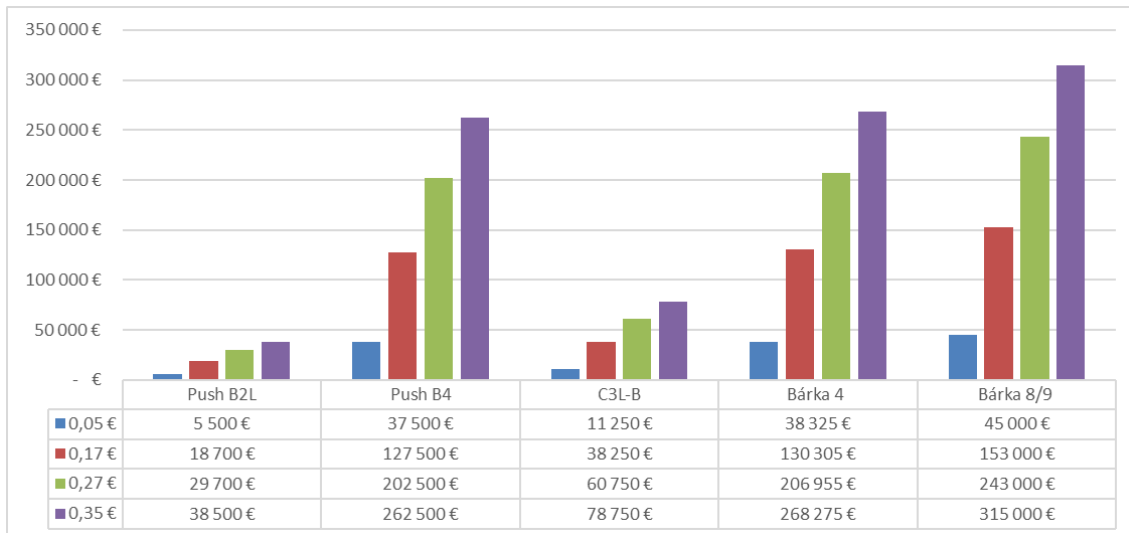
⁴⁸ NRMM V. szakasz alapján korigált beruházási érték

⁴⁹ na: az átalakítás nem megvalósítható a hajó adottságaiból eredően

⁵⁰ Multronic et al., 2015

2.3./6 50% dízelgázolaj – 50% LNG üzemanyag mix

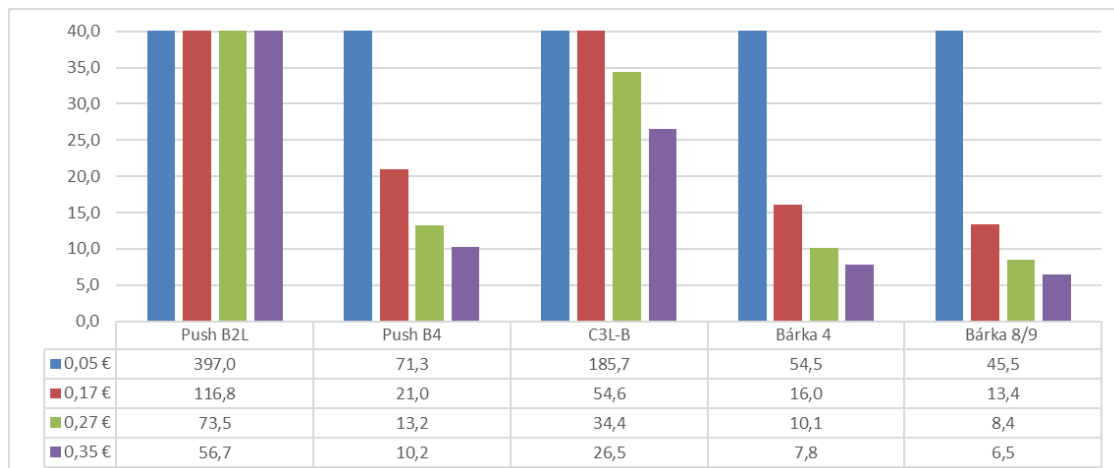
A megtérülési idő számításához első lépésként minden hajótípusra kiszámítjuk az éves szinten elérhető, üzemanyag árkülönbözetből nyerhető profitot, melyet a 121. ábra alatti táblázat tartalmaz. Látható, hogy a legnagyobb megtakarítás, ahogy a mono LNG konfigurációknál is, a nagyméretű és a nagy üzemanyag fogyasztású hajók (Push B4, Bárka 4, Bárka 8/9) esetén érhető el. Ezzel szemben a Push B2L típusú tolóhajónál az éves megtakarítás mértéke egyik scenárió esetében sem éri el az 50 000 eurót.



121. ábra 50% dízelgázolaj – 50% LNG használt üzemanyag mix alapján elérhető éves megtakarítás (euró)

A kezdeti beruházási költséget elosztva az éves profittal (megtakarítással), megkapjuk az egyes hajótípusok, különböző dízelgázolaj ár scenáriók mellett elérhető megtakarítás mértékéből adódó megtérülési időt.

A számításunk alapján a 122. ábra mutatja az LNG beruházás többletköltségeinek megtérülési idejét a Dual Fuel LNG hajtású, deck feletti tartály elhelyezése és újonnan épített hajók esetén. A grafikon – figyelembe véve a dunai hajóflotta átlagos életkorát (42 év) 40 évre korlátozódik. A grafikon alatt táblázatos formában is megmutatjuk a várható megtérülési idő számadatát.

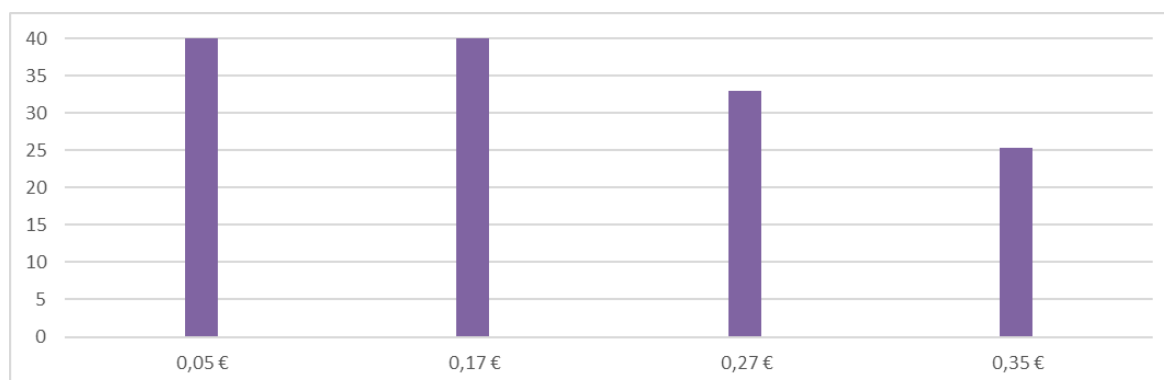


122. ábra 50% gázolaj– 50% LNG használt üzemanyag mix alapján várható megtérülési idő a deck feletti tank elhelyezés és az újonnan épített hajók esetén (év)

A megtérülési idő számadatából levonható következtetés alapján a Push B2L hajótípusnál egyértelműen kizárjuk a Dual Fuel LNG hajtás lehetőségét.

A megtérülési idő 0,05 eurós árkülönbözet mellett az összes hajó típus esetén meghaladja a 40 évet. Ugyanakkor a legoptimistább árkülönbözetet vizsgálva elmondható, hogy a dunai 4 és 8/9 egységes bárka megtérülési ideje beruházási szempontból már optimálisnak tekinthető (7,8 illetve 6,5 év).

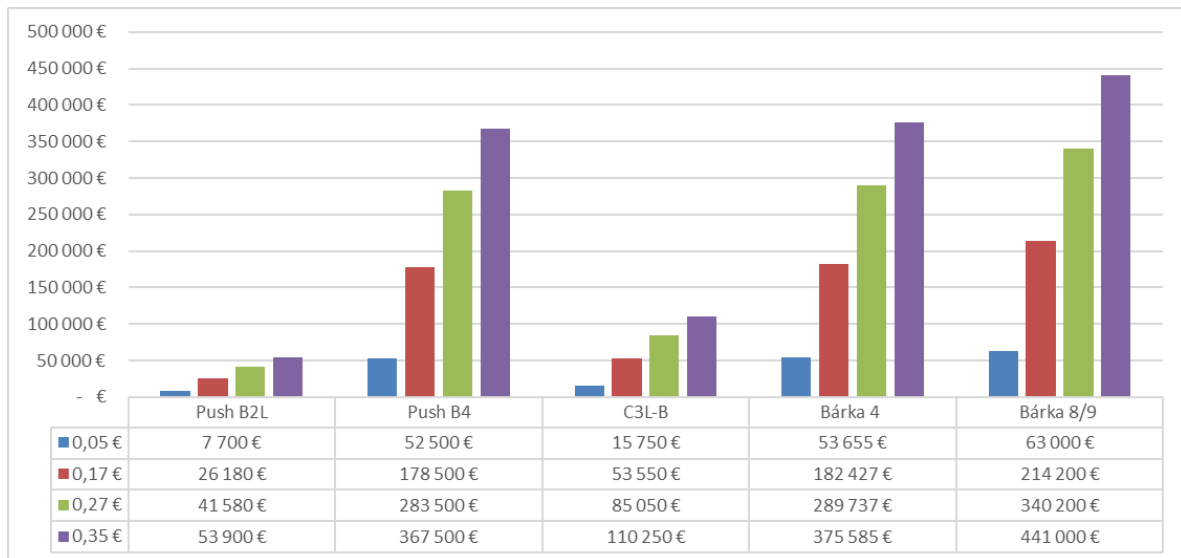
A scenárió analízisen belül ugyanezt a vizsgálatot elvégeztük a deck alatti tartály elhelyezésére is, amelyet a korábbi fejezetben ismertetett módon csak a C3LB hajótípuson lehet megvalósítani. Az eredmények alapján kijelenthető, hogy ez az LNG konfiguráció egy 50-50%-os energiamixet feltételezve olyan gazdasági kockázatot hordoz magában, amiért nem érdemes ebbe a beruházásba belevágni.



123. ábra 50% dízelgázolaj – 50% LNG használt üzemanyag mix alapján várható megtérülési idő a deck alatti tank elhelyezése esetén a C3L-B típusnál (év)

2.3./7 30% dízelgázolaj – 70% LNG üzemanyag mix

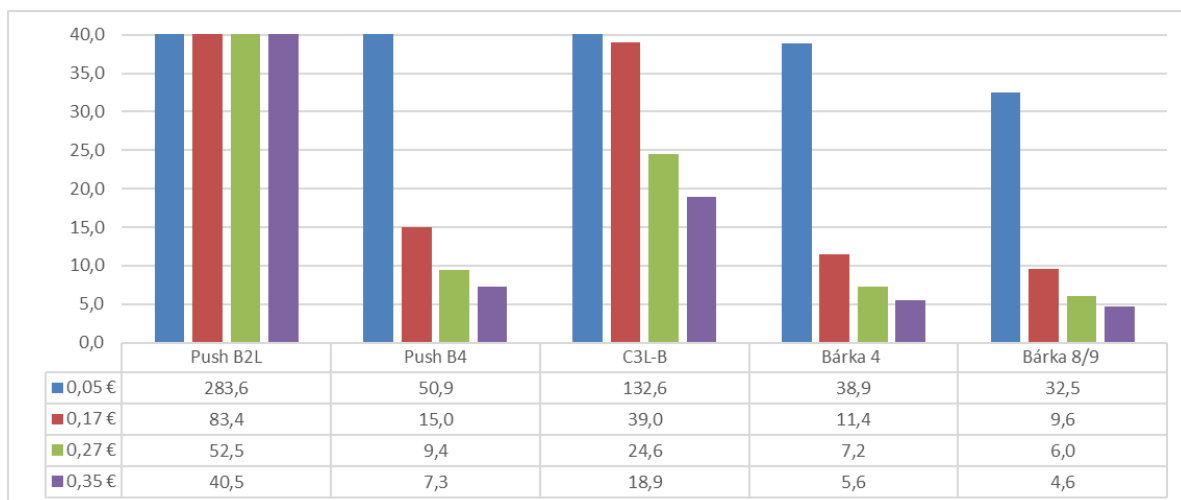
A 30%-os dízelgázolaj és 70%-os LNG üzemanyag használati arány a megtérülési idő számításakor kedvezőbb képet mutat. Ezzel feltételezhetjük, hogy minimum kettő LNG bunkerállomás működik a Dunán, ahol a hajók LNG üzemanyagot tudnak vételezni. Erre az üzemanyag arányra nézve is kiszámítottuk az éves szinten elérhető, üzemanyag árkülönbözetből nyerhető profitot, melyet a 124. ábra alatti táblázat tartalmaz. Várható volt, hogy a legnagyobb megtakarítás a nagy üzemanyag fogyasztóknál, azaz Push B4, Bárka 4, Bárka 8/9 jelentkezik. A Push B2L típusú tolóhajónál az éves megtakarítás mértéke csak a legoptimistább forgatókönyv esetén éri el az 50 000 eurót.



124. ábra 30% dízelgázolaj – 70% LNG használt üzemanyag mix alapján elérhető éves megtakarítás (euró)

A Dual Fuel LNG hajtás és az SCR, DPF kezdeti beruházási költségeit elosztva az éves megtakarítással, megkapjuk az egyes hajótípusok, különböző dízelgázolaj ár scenáriók mellett elérhető megtakarítás mértékéből adódó megtérülési időt.

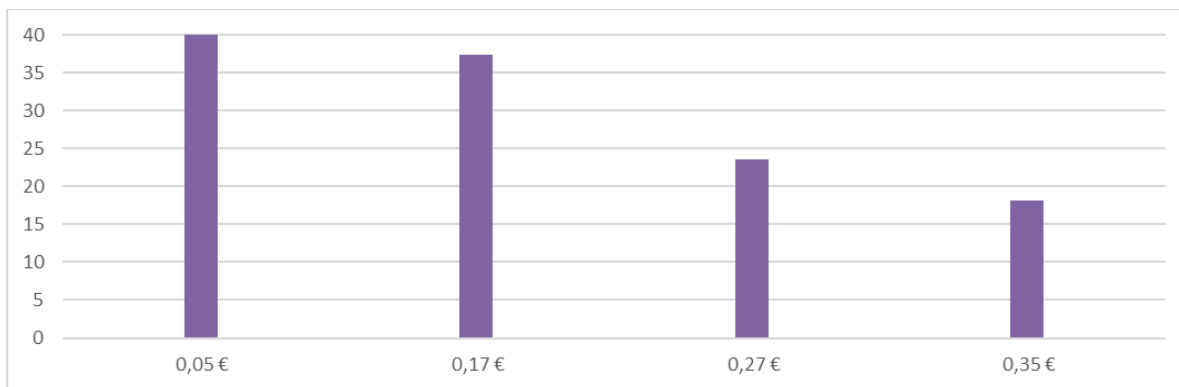
A számításunk alapján a 125. ábra mutatja az LNG beruházás többletköltségeinek megtérülési idejét a Dual Fuel LNG hajtású, deck feletti tartály elhelyezése és újonnan épített hajók esetén.



125. ábra 30% dízelgázolaj – 70% LNG használt üzemanyag mix alapján várható megtérülési idő a deck feletti tank elhelyezés és az újonnan épített hajók esetén (év)

A megtérülési idő 0,05 eurós árkülönbözet mellett csak a dunai 4 és 8/9 egységes bárka esetén nem haladja meg a 40 évet. A 0,35 eurós árkülönbözetet feltételező scenárió esetén a dunai 4 és 8/9 egységes bárka megtérülési ideje már csak 5,6 illetve 4,6 év.

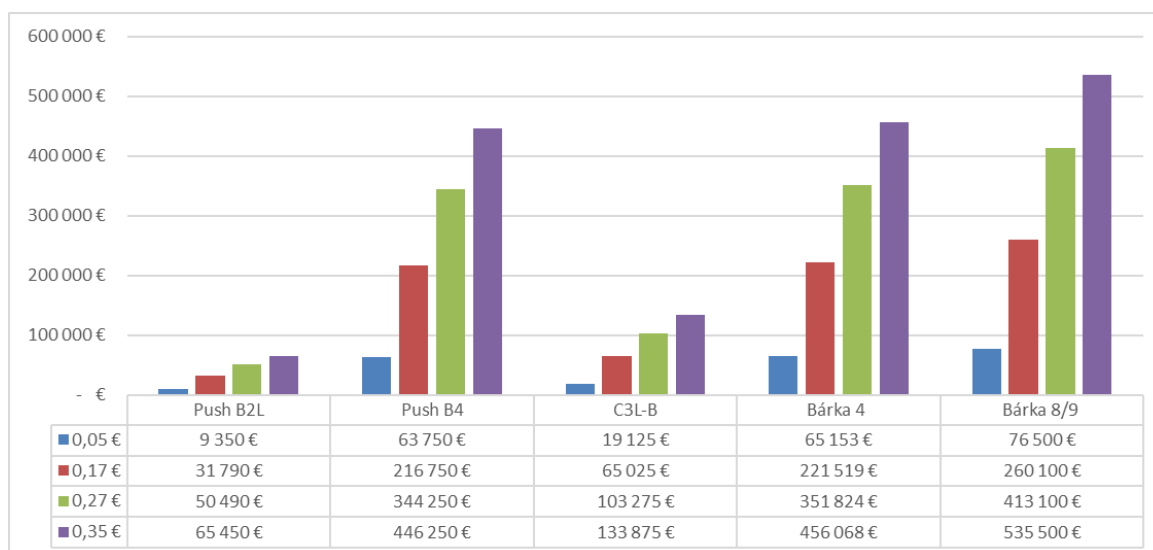
A 30-70%-os üzemanyag mix arány scenárió analízisén belül ugyanezt a vizsgálatot elvégeztük a deck alatti tartály elhelyezésére is. Az eredmények alapján kijelenthető, hogy ez az LNG konfiguráció is rendkívül kockázatosnak tekinthető.



126. ábra 30% dízelgázolaj – 70% LNG használt üzemanyag mix alapján várható megtérülési idő a deck alatti tank elhelyezése esetén a C3L-B típusnál (év)

2.3./8 15% dízelgázolaj – 85% LNG üzemanyag mix

A 15%-os dízelgázolaj és 85%-os LNG üzemanyag mix a rajnai és az ARA kikötők hajózásában elfogadott használati aránynak számít. Bizonyos Dual Fuel LNG motor gyártók (Caterpillar/Pon Power⁵¹) kifejezetten erre a használati arányra optimalizálják az üzemanyagfogyasztást. Az LNG arány növekedésével a dízelgázolaj megtakarítás mértéke nő, ezáltal csökken a megtérülési idő. A 85%-os LNG használati üzemanyag arányra nézve is kiszámítottuk az éves szinten elérhető, üzemanyag árkülönbözetből nyerhető profitot, melyet a 127. ábra mutat be. A Push B2L típusú tolóhajónál az éves megtakarítás mértéke már a két legjobb forgatókönyv esetén is eléri az 50 000 eurót. Ezzel szemben a nagyfogyasztók éves megtakarítása jelentős majdnem mindegyik árkülönbözet scenárió esetén.

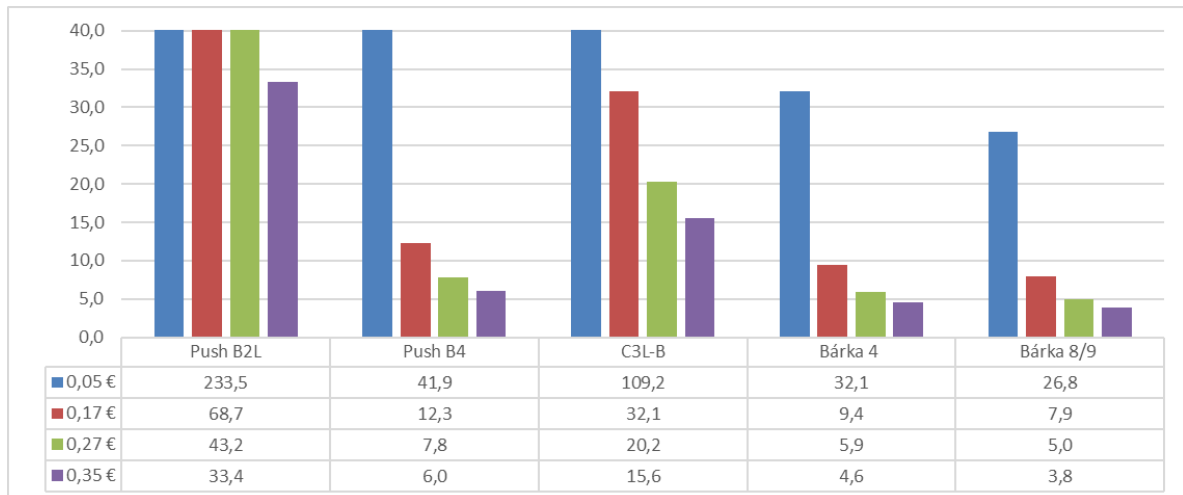


127. ábra 15% dízelgázolaj – 85% LNG használt üzemanyag mix alapján elérhető éves megtakarítás

⁵¹ https://www.cat.com/en_US/products/new/power-systems/marine-power-systems.html?page=4

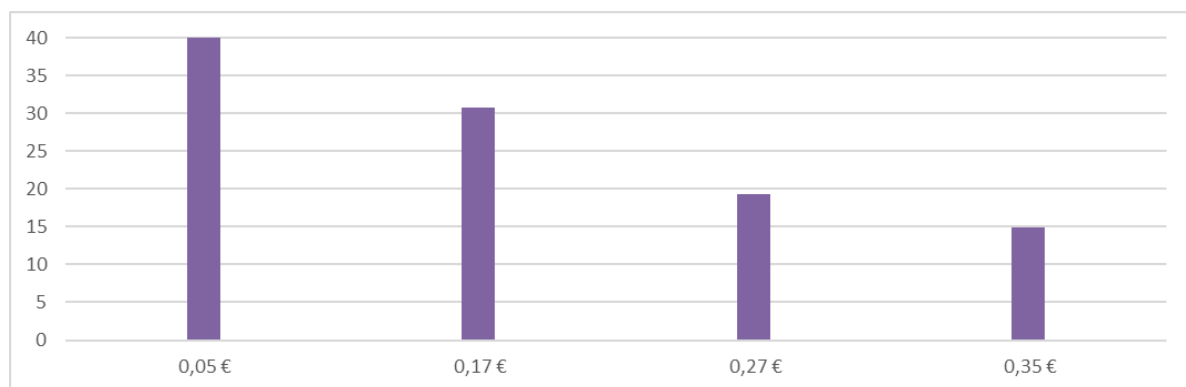
A Dual Fuel LNG hajtás és az SCR, DPF kezdeti beruházási költségeit elosztva az éves megtakarítással, megkapjuk az egyes hajótípusok, különböző dízelgázolaj ár scenáriók mellett elérhető megtakarítás mértékéből adódó megtérülési időt.

A számításunk alapján a 128. ábra mutatja az LNG beruházás többletköltségeinek megtérülési idejét a Dual Fuel LNG hajtású, deck feletti tartály elhelyezése és újonnan épített hajók esetén a 15% gázolaj-85% LNG üzemanyag mix esetén. Látható, hogy a Push B2L kategória még ezen üzemanyag arány mellett sem számít jó beruházásnak.



128. ábra 15% dízelgázolaj – 85% LNG használt üzemanyag mix alapján várható megtérülési idő a deck feletti tank elhelyezés és az újonnan épített hajók esetén (év)

A módszertant végig követve a 129. ábra mutatja a deck alatti tartály elhelyezésű konfiguráció megtérülési idejét.



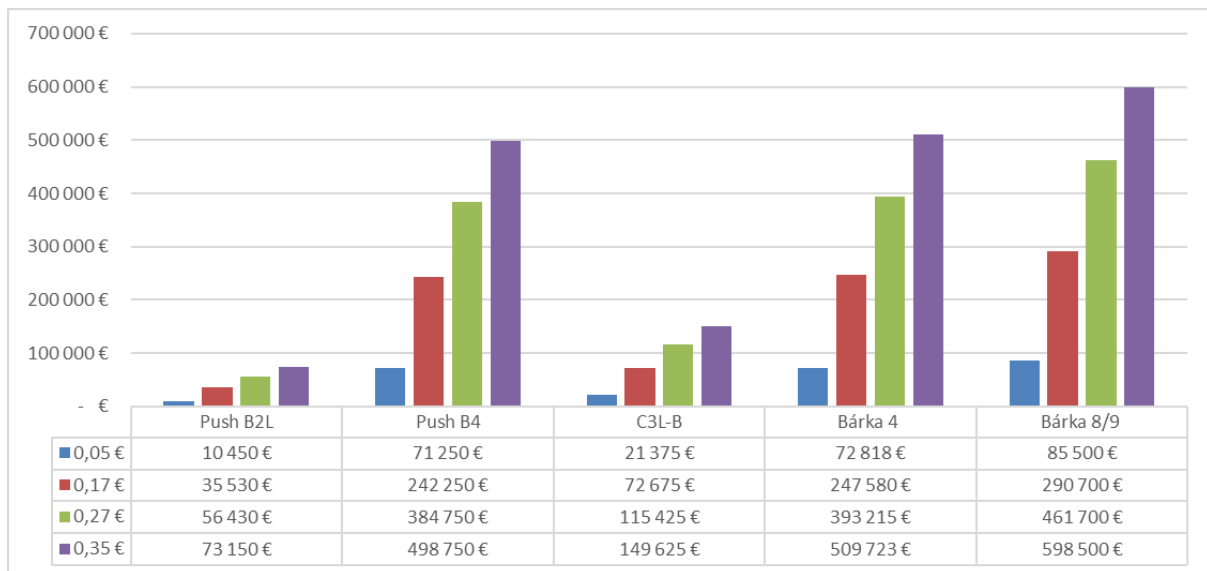
129. ábra 15% dízelgázolaj – 85% LNG használt üzemanyag mix alapján várható megtérülési idő a deck alatti tank elhelyezése esetén a C3L-B típusnál (év)

2.3./9 5% dízelgázolaj – 95% LNG üzemanyag mix

A rajnai hajózásban használatos szállító hajók legelterjedtebb üzemanyag aránya. Ez egyrészt annak köszönhető, hogy az ARA kikötőkben biztosan tudnak LNG üzemanyagot tankolni, ezen túlmenően a

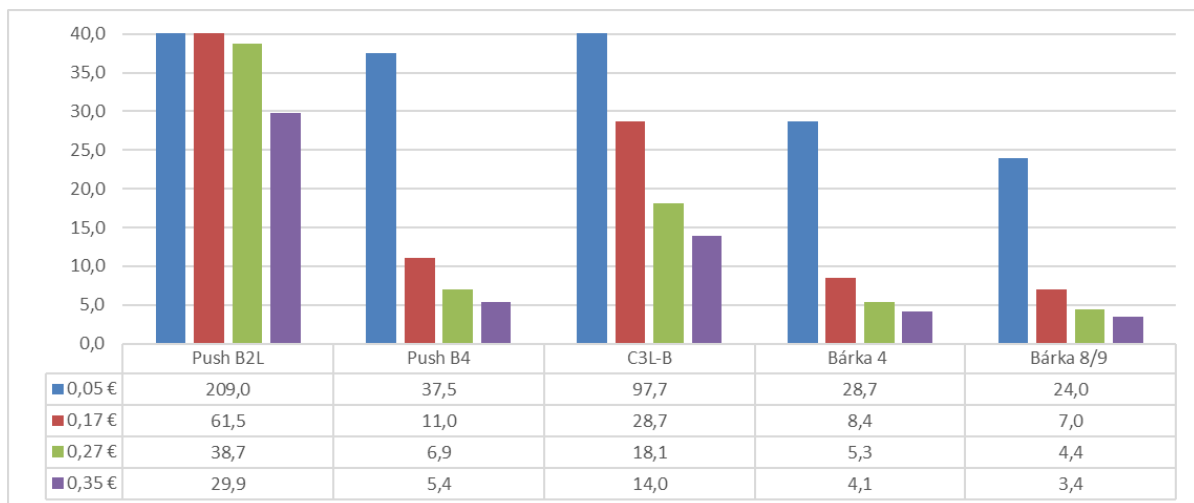
PitPoint kölni bunkerállomásán november végétől kezdetben heti 2-3 hajó, majd későbbiekben az LNG hajtás terjedésével heti 4-5 hajó tankolás prognosztizálható.

Ezen üzemanyag mix mellett lehet a legjobb megtakarításokat elérni, és ezen üzemanyag mix esetében lehet a legrövidebb megtérülési időt várni. Alátámasztásul a 130. ábra szemlélteti részletesen az elérhető éves megtakarítást, azaz a profitot, amely a 3 nagy fogyasztó esetén már nagyon jelentősnek mondható.



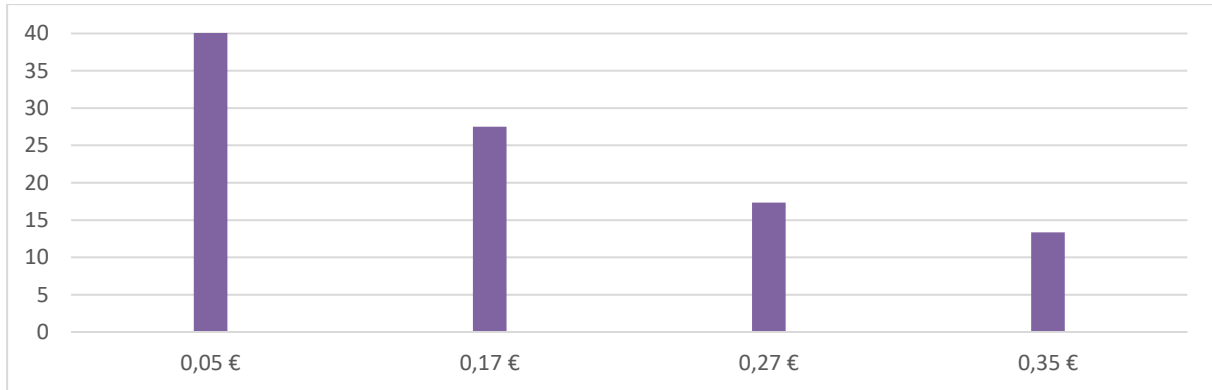
130. ábra 5% dízelgázolaj – 95% LNG használt üzemanyag mix alapján elérhető éves megtakarítás (euró)

Ha a fenti adatokból kiindulva megvizsgáljuk a vonatkozó megtérülési időket elmondható, hogy a hajókatóriák mindegyike (kivéve a Push B2L kategóriát) üzletileg és műszakilag vállalható kockázatok mellett rendkívül rövid megtérülési idő átlagot hoz.



131. ábra 5% dízelgázolaj – 95% LNG használt üzemanyag mix alapján várható megtérülési idő a deck feletti tank elhelyezés és az újonnan épített hajók esetén (év)

Ugyanez nem mondható el a deck alatti tartály elhelyezés konfigurációjáról, ezért a továbbiakban a fedélzet alá helyezett LNG üzemanyag tartály konfigurációval nem számolunk a dunai LNG hajtású hajózásban.



132. ábra 5% dízelgázolaj – 95% LNG használt üzemanyag mix alapján várható megtérülési idő a deck alatti tank elhelyezése esetén a C3L-B típusnál (év)

2.4 Az ELJO-D (01772) átalakítási koncepciója

A fenti fejezetekben tárgyalt átalakítási koncepciókban felvázoltuk azokat a hajókat, amelyek a Dunán jelenleg működnek, és potenciálisan számba vettük várható darabszámukat és LNG átalakítási lehetőségeiket.

Megállapítottuk, hogy a hajó típusok átalakításának költsége messze meghaladja a Projektgazda, MAHART Zrt rendelkezésére álló, a hajó átalakítására vonatkozó költség soron szereplő összeget.

Ezért kidolgoztunk egy új, az LNG hajtás átalakítására vonatkozó modellt, melyet az alábbiakban ismertetünk.

A modellel arra kívánunk választ kapni, hogy egy kisebb, ezáltal kevésbé beruházásigényes átalakítással járó folyamat során előálló LNG hajó megtérülési mutatói alapján a projektben vállalt kötelezettség teljesíthető-e.

2.4./1 Retrofit hajó modellezése, kiválasztási kritériumok

A PAN-LNG4 Danube projekt Támogatási Szerződése (Grant Agreement) több változatban jelöli meg a lehetséges megvalósítási irányokat--tolóhajó, önjáró bárka vagy más önjáró teherhajó.

Ezért olyan hajót szükséges az átalakítás céljából kiválasztani:

- aminek beépített teljesítményét 1 főmotor adja
- a hajó acélszerkezete alkalmas a retrofit végrehajtására
- a főgépet a retrofit projekten belül két változatra is át lehet alakítani:
 - az új, nagyobb teljesítményű LNG motor (min. 760 kW) egyben a segédüzemet is ellátná

- a jelenlegi főmotor teljesítmény megtartásával LNG Dual Fuel motor cseréje
- A főüzemet ellátó 2 db LNG 20ft konténert--egyenként 6500-7000 kg üzemanyaggal a kormányállás előtti átjáróban lehet elhelyezni, amelyek felső síkja a kapitányi állás első szélvédő alsó éle alá kerülne. Ezt a raktártérbe süllyesztve lehet biztosítani. Ezzel az üzemanyaggal a hajó-a motor típusa és teljesítményétől függően—akciórádusza nagyjából 50%-kal csökken
- aminek DNV-GL előírások szerinti felkészítése megoldható, a hajó átregisztrálása az új NMRR V. szakasz szerint megoldható

2.4./2 ELJO-D (01772)

A fenti kiválasztási kritériumok mentén a választás az ELJO-D megnevezésű hajóra esett.

Adatai

Hajó neve: ELJO-D (01772)

Fő méretek (LxBxH-Fm): 73,54m x 8,99m x 2,02m

Hajó gyártási éve és gyártója: 1937, Weserwerft, Minden (Németország)

Utolsó szemléje a parton: 2016.05.13.

Regisztrációja és ellenőrző intézménye: 01772, Budapest, NKH

Érvényes hatáskörzete: "3" zóna + "R" zóna

Beépített főmotor teljesítménye: 382 kW/520 LE (KW/HP és max. ford.)1800 1/min

Beépített segédmotorok adatai (telj/ford,gyártó) 15 kW,/1500 1/min, Hatz 2M40H

Beépített segédmotorok adatai (telj/ford,gyártó) 15 kW,/1500 1/min, Hatz 3L30C

Motor gyártási éve és gyártó/típus:2007, Caterpillar 3412DITA

Propeller adatai (ford/p, szárnyszám, és D: 1 db, 460 1/min, 3 szárny, d=?

Orrsugár hajtómű adatai (telj,-d): MAN2530, 261kW, 1500 1/min, 1964 gyártási év

Redukciós hajtómű adatai (gyártó/ típus-kivitel: Reintjes WAF 340 1:3,57 áttételi arány

A hajó jellemző útvonalának adatai:

A útvonal: Budapest (HU) – Regensburg (D),

B útvonal: Dunaújváros (HU) – Constanta (RO)

Jellemző áru fajta: száraz, ömlesztett és darabáru

„A” útvonal

Típus útvonal: (A-B-C-D)	Útvonal	Dízelgázolaj fogyasztás (l)	Állásidő (h)	Terhelés a raktárban (t)

Völgymenet	Budapest/ Regensburg (D)	55-60 l/h	2 nap, forduló idő, összesen 1 hét	teljes terhelésnél
Hegymenet	Budapest/ Regensburg (D)	80-100 l/h	2 nap, forduló idő, összesen 1 hét	teljes terhelésnél, de magas vízállásnál gyenge motor miatt leállások
Csatornában	n.a.			
Éves ciklusok száma: (típusok szerint)	20-25 ciklus/év			

„B” útvonal

Völgymenet	Dunaújváros/ Constanta	50-60 l/ó	Dunaújváros/ Constanta	teljes terhelésnél
Hegymenet	Dunaújváros/ Constanta	80-90 l/ó	Dunaújváros/ Constanta	teljes terhelésnél
Csatornában	nincs adat			
Éves ciklusok száma: (típusok szerint)	23-24 ciklus/év			
<i>Szöveges értékelés az útvonal/rakományhoz</i>	<i>„A” útvonal esetében főként szén és más ömlesztett áru, „B” útvonal esetében főként kukorica, más gabona és mezőgazdasági termék.</i>			<i>A jelenlegi motorteljesítmény magas vízállásnál alig alkalmas a felső-Duna területi teljes rakomány fuvarozására. Min 40-50% növelés szükséges.</i>

2.4./3 Megtérülési idő számítása

Az átalakított ELJO-D hajó esetében a megtérülési idő számításának a módszertana ugyanaz, mint a korábban bemutatott dunai hajók esetében.

A hajó adatlapjából kiindulva a hajó jellemzően két útvonalon közlekedett, amelyeknek eltérő a hossza, illetve a ciklusideje, és éves ciklusszáma.

Annak érdekében, hogy megállapítható legyen a hajó átalakítás gazdasági életképessége, illetve, hogy kiválaszthassuk az optimális útvonalat, mindkét útvonalra („A” és „B” útvonal) elvégeztük az LNG átalakítással járó többletköltségek megtérülési idejének elemzését.

Figyelembe véve, hogy:

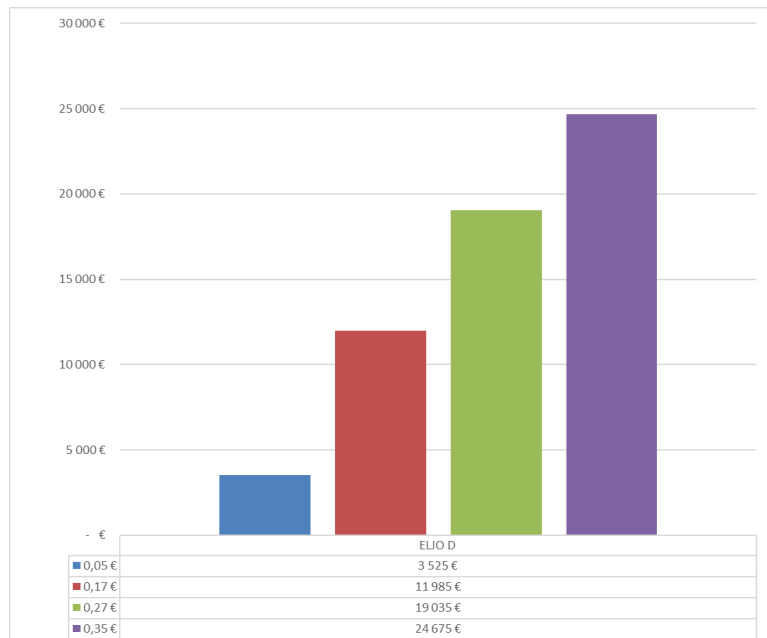
- a mono fuel hajtással a hajó akciórádusza majdnem a felére csökken,
- valamint LNG vételezésére csak a Csepeli Szabadkikötőben van lehetőség, és így a tervezett LNG üzemanyag mennyisége nem lesz elegendő a mono fuel meghajtású LNG hajó útvonalának teljesítéséhez,

ezért csak dual fuel meghajtásban gondolkozhatunk. Mivel a hajó fedélzete nem alkalmas a tartályok elhelyezésére, így a hajómérnök elképzelése szerint az LNG üzemanyagtartályok elhelyezése süllyesztett módon megoldható. Ez a megoldás a raktártér átalakítását is magával hozza a gépház átalakítása mellett.

„A” útvonal alapadatok: Budapest-Regensburg – Budapest

		ELJO D
Átalakítási költségnemek		
Gépészet	Gáz generátor szett 3 db (240 kVA), gáz vezeték, K-Sim Engine Diesel Electric Dual Fuel LNG DE21	285 000 €
Villamosság	Motorvezérlők, elektro motor, kapcsolótáblák	295 000 €
Beszereles munkadíj		200 000 €
Tartály, 20 lábas	2 db	70 000 €
Gépház előkészítés, egyéb átalakítás		95 000 €
ELJO D adatok		
Beépített motor teljesítmény (kW)	kW	720
Motorok száma		1
Üzemanyag fogyasztás (éves átlag)	m ³ /év	141
Éves üzemi idő átlag	óra	1920

LNG átalakítás többlet költségek (dízel megújításhoz képest)		
Hajócsalád		ELJO D
Retrofit		945 000 €
Dízel NRMM V. Stage kötelezettség		106 280 €



133. ábra Az ELJO D átalakításával elérhető éves megtakarítás az „A” útvonal mentén 50-50% dízelgázolaj-LNG esetén

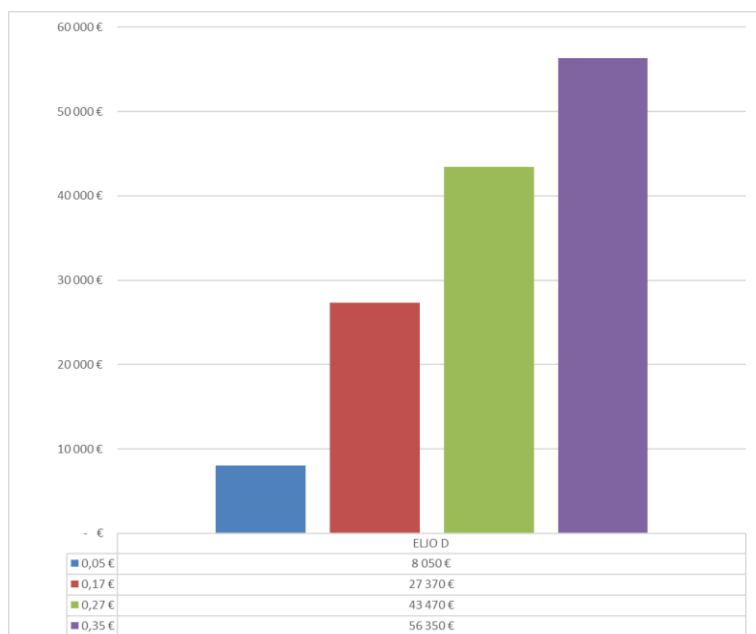


134. ábra Az ELJO D átalakításával elérhető megtérülési idő az „A” útvonal mentén 50-50% dízelgázolaj-LNG esetén

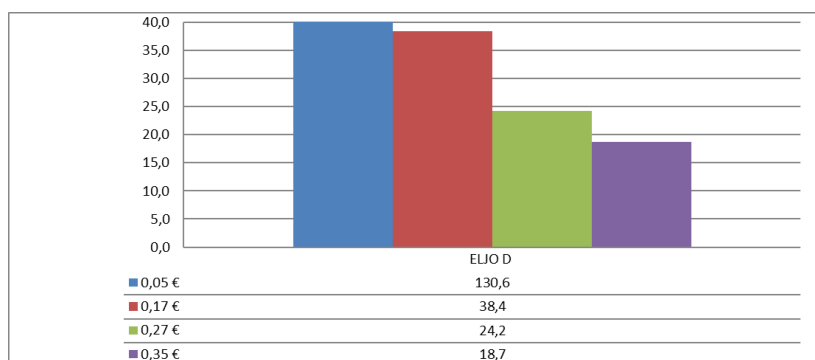
„B” útvonal alapadatok: Dunaújváros-Constanta-Dunaújváros

		ELJO D
Átalakítási költségnemek		
Gépészet	Gáz generátor szett 3 db (240 kVA), gáz vezeték, K-Sim Engine Diesel Electric Dual Fuel LNG DE21	285 000 €
Villamosság	Motorvezérlők, elektromotor, kapcsolótáblák	295 000 €
Beszereles munkadíj		200 000 €
Tartály, 20 lábas	2 db	70 000 €
Gépház előkészítés, egyéb átalakítás		95 000 €
ELJO D adatok		
Beépített motor teljesítmény (kW)	kW	720
Motorok száma		1
Üzemanyag fogyasztás (éves átlag)	m ³ /év	322
Éves üzemi idő átlag	óra	4416

LNG átalakítás többlet költségek (dízel megújításhoz képest)		
Hajócsalád		ELJO D
Retrofit		945 000 €
Dízel NRMM V. Stage kötelezettség		106 280 €



135. ábra Az ELJO D átalakításával elérhető éves megtakarítás a „B” útvonal mentén 50-50% dízelgázolaj-LNG esetén



136. ábra Az ELJO D átalakításával elérhető megtérülési idő a „B” útvonal mentén 50-50% dízelgázolaj-LNG esetén

2.5 A dunai hajók és az ELJO-D LNG átalakításával kapcsolatos konklúzió

Megállapítottuk, hogy a vizsgált nagy hajó típusok átalakításának költsége messze meghaladja a Projektgazda, MAHART Zrt rendelkezésére álló, a hajó átalakítására vonatkozó költségcsoron szereplő összeget.

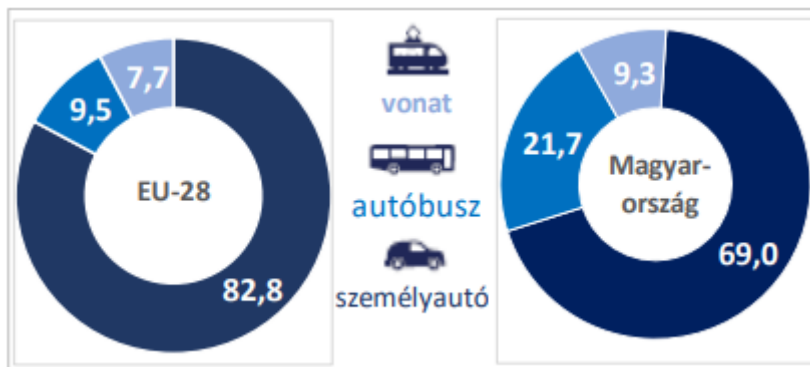
A kisebb méretű ELJO-D átalakításának koncepcióterve, az elévzgett közgazdasági vizsgálatok azt mutatják, hogy a hajó méreténél és fogyasztási adatainál fogva nem alkalmas a fizikai átalakításra.

Ezért a CEF támogatásával megvalósuló PL4D projekt célkitűzéseinek maradéktalan megfelelése érdekében javasoljuk a kikötői tolatómozdony átalakítási feltételrendszerének megvizsgálását, az átalakítás megvalósításának megfogalmazását és a vonatkozó közgazdasági számítások elvégzését.

Javasoljuk továbbá az M47 1300 sorozat tolatómozdony, valamint az M41Z300 sorozat vonali mozdony LNG átalakítási lehetőségeinek vizsgálatát műszaki és közgazdasági aspektusból.

2.5./1 Régiós és városközi közlekedés

A személyszállításban 2016-ban hazánkban összesen 82,2 milliárd utaskilométert tettek meg az utazók, melynek 62%-a gépkocsival, 31%-a pedig vasúton, illetve közúton (busszal) történt. Ami a vasúti és autóbuszos teljesítményt illeti, szembetűnő, hogy az autóbuszos utaskilométerek (17,8 milliárd km) kétszer akkora, mint a vasúti utaskilométerek (7,7 milliárd km). Az Unióban ez a különbség mindössze 23%-os, míg idehaza 233% (Böröcz et al., 2019).



Forrás: Böröcz et al., 2019

137. ábra A személyszállítás megoszlása Magyarországon és az EU-ban

A hazai adatokat tovább elemezve látható, hogy az autóbuszos utazás dominál, hiszen 3,5-szer annyi utas szállítanak, mint a vonatok, melyet az alábbi táblázat is jól illusztrál.

34. Táblázat Belföldi helyközi személyszállítás jellemzői 2017-ben

2017	Vonat	Autóbusz	Hajó	Összesen
Szállított utasok (ezer fő)	143 828	487 194	680	631 707
Teljesítmény (millió utas km)	7 305	12 106	10	19 421
Átlagos utazási távolság (km)	50,8	24,8	14,2	-

Forrás: Böröcz et al., 2019

A táblázat alapján elmondható, hogy hazánkban az autóbuszos közlekedés dominanciája vitathatatlan. Ez – többek között – abból ered, hogy a közlekedési hálózatba kapcsolt települések háromnegyede csak regionális autóbuszok révén érhető el. Ezen felül a települések közül (3155) 3147 csatlakozik a közel 34.000 km hosszú autóbusz hálózathoz, míg vasúti összeköttetéssel csupán 1271 település rendelkezik.

A Széll Kálmán Terv 2.0-ban, valamint a Nemzeti Közlekedésfejlesztési Stratégiában is megjelenik az a gondolat, hogy a korszerűsítés, modernizálás jegyében szükséges a közlekedés környezetterhelését nagy mértékben csökkenteni, mely egyébként további gazdasági előnyökkel is járna az energiahatékonyság mellett. Kiemelt jelentőségűek tehát az olyan közlekedési eszközök, melyek alternatív hajtásúak (Böröcz et al., 2019).

Ehhez elsősorban az elavult, átlagéletkorukat tekintve 14 éves autóbusz flották cseréjét kell ösztönözni, mind a helyi, mind pedig a helyközi járatok esetében. A kormány 2016-ban meghirdetett nemzeti buszgyártási cselekvési programja azonban nem a tervek szerint alakult, nem sikerült 1000-1200 új autóbuszt legyártani, amelyek pedig sikerültek, minőségben és környezeti kibocsátási mutatókban nem számítottak előnyösebbnek a nemzetközi gyártók modelljeihez képest. Ugyan a KSH alapján 2013-2017 között hazai volántársaságok 7366 buszt helyeztek elsőként forgalomba, azonban ezek közül csak 3047 (41%) volt az új jármű. Továbbá, ezen üzembe helyezett autóbuszok nem járultak hozzá jelentősen az autóbuszos közlekedés zöldítéséhez, hiszen döntő többségük (97,6%) dízelgázolaj meghajtású (Böröcz et al., 2019). Ebből tehát az is következik, hogy a stratégiákban előírányzott, járműpark zöldítésére vonatkozó törekvések nem hozták meg az elvárt eredményeket, így a jövőben ennél átfogóbb, támogatottabb, ugyanakkor megvalósítható stratégiákra van szükség.

A helyközi, illetve távolsági buszok tekintetében hazánkban mindeközéig nem terjedtek el a nyugati országok trendjei. A Volánbusz Zrt. és a Volán Buszpark Kft. a hírek szerint 2020 tavaszáig 352 új buszt állítanak üzembe, melyek mindegyik hatályos környezetvédelmi előírásoknak megfelelő, EURO-VI-os besorolással rendelkezik. Ebből következtethetünk arra, hogy ezek mindegyike dízelgázolaj meghajtású lesz.

A vasút tekintetében hazánkban – egyelőre – a villamosítás jelenti a dízelgázolaj meghajtású mozdonyok alternatíváját. Azt a korábbi, fenti fejezetben már tárgyaltuk, hogy milyen vonalakon történt már meg a villamosítás. Most kiemelnénk néhány, a MÁV és a GYSEV által beszerzett motorvonatot, illetve villamos-dízelgázolaj hibrid vonatot, melyek üzemeltetésével hozzájárulnak a közlekedés környezetterhelésének csökkentéséhez.

- 8 db tram-train jármű beszerzése, amely villamos-dízelgázolaj hibrid meghajtású, és a Szeged-Hódmezővásárhely vonalon fognak közlekedni⁵²

⁵²

<https://www.mavcsoport.hu/mav-start/bemutatkozas/tram-train-jarmubeszerzes-szeged-hodmezovasarhely-viszonylatra>

- 40 db Stadler KISS motorvonat beszerzése, amelyek a Budapest–Vác–Szob és Budapest–Cegléd–Szolnok vonalon fognak közlekedni, várhatóan a 2019 végétől⁵³

Összefoglalásképp elmondható, hogy hazánkban a helyközi, illetve távolsági autóbuszos és vasúti közlekedés területén az alternatív hajtások még nem képviseltetik magukat olyan arányban, ahogy az az EU részéről előirányzott.

2.6 Az M43 típusú tolatómozdony és az M44 típusú vonali mozdony átalakítási koncepciója

Figyelembe véve, hogy a megvizsgált dunai hajótípusok LNG hajtásra történő átalakítása műszaki vagy gazdasági aspektusból jelen projekt keretében nem kivitelezhető, ezért a hajó átalakításnál bemutatott módszertan mentén megvizsgáltuk az állami vállalat kezelésében lévő egyéb, jelentős környezeti terhelést okozó dízel hajtású vasúti mozdonyok átalakításának lehetőségét.

Ennek keretében elemeztük a csepeli Szabadkikötőben kikötői elegyrendezésre használatos M43 tolatómozdony, valamint az M44 típusú, Ferencváros – csepeli Szabadkikötő relációban alkalmazható vonali mozdony LNG hajtásra történő műszaki megvalósíthatóságát és átállításának üzleti modelljét. Mindkét esetben a kiindulási alapadatokat Tarragona 2018-as publikációjára alapozzuk.

Az M43 típusú tolatómozdony a csepeli Szabadkikötőben elegyrendezési munkálatokat végez. A mozdony felépítésében és szerkezetében alkalmas az LNG hajtásmód befogadására, a tolatómozdony LNG hajtását mono LNG hajtásnak feltételezzük, figyelembe véve, hogy a kikötői small scale terminál közelsége miatt az üzemanyag vételezés helyben megoldott. A tolatómozdony éves üzemanyag igénye a kikötői elegyrendezési feladatok ellátására mintegy 50.000 liter dízel gázolaj. A hajó átalakításnál alkalmazott módszertan alapján elvégzett gazdasági számításainkból levonható következtetések:

- az éves szintű 50 000 liter dízelgázolaj fogyasztás kiváltása LNG üzemanyaggal gazdasági értelemben nem rentábilis
 - az M43 típusú tolatómozdony esetében elérhető megtakarítás volumene a dízel-LNG árak közötti különbség alapján legrosszabb scenárió szerint 2.500 euró, legjobb scenárió szerint 17.500 euró éves szinten,
 - az M43 típusú tolatómozdony esetében az LNG hajtásmódra történő átállítás többlet költségének megtérülési ideje a legrosszabb scenárió esetén 66 év, míg a legjobb scenárió szerint 10 év.

⁵³ <https://www.mavcsoport.hu/kiss>

- az éves szintű 50 000 liter dízelgázolaj LNG üzemanyaggal történő kiváltásával nem mutatható ki pozitív környezetvédelmi haszon (g CO₂e/MJ értékben kifejezve)
- az M43 tolatómozdony LNG hajtásra történő átalakításával elérhető monetizált externália mindösszesen 786 EUR/év.

Az M44 típusú vonali mozdony Ferencváros rendező pályaudvar és Kőbánya felső, Kelenföld, valamint a Soroksári út állomás között végez elegyrendező feladatokat. A Ferencvárosi pályaudvar déli irányú vágányainak Szabadkikötői összekötésével a vonali mozdony LNG vételezi lehetősége a small scale LNG terminálon megoldható.

A mozdony felépítésében és szerkezetében jóval alkalmasabb az LNG hajtásmód befogadására, mint az M43 típusú tolatómozdony. Az M44 vonali mozdony jelenlegi átlagos, éves üzemanyag igénye 150.000 liter dízel gázolaj. A vonatkozó közgazdasági számításaink eredményei az alábbiak:

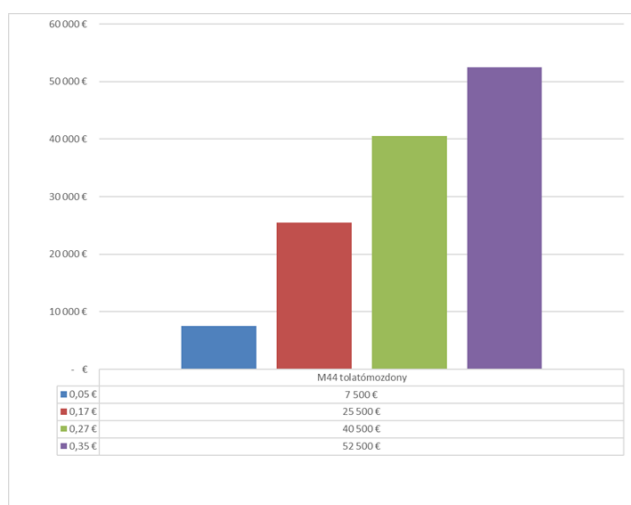
- A mono LNG hajtás kialakításának költségét az alábbi táblázat szemlélteti. Előzetes kalkulációink szerint az LNG átalakítás költsége mintegy 720.000 euró. Ugyanezen vonali mozdony dízel hajtású remotorizációs költsége meghaladja a 362.000 eurót.
- Az LNG hajtás átalakításával előálló első, prototípus M44 vonali mozdony üzembehelyezésének alapvető feltétele a mozdony kockázatértékelése és engedélyeztetése, amely további, becsléseink szerint egyszeri 300 000 euró többlet költséget jelent.
- az éves szintű 150 000 liter dízelgázolaj fogyasztás kiváltása LNG üzemanyaggal gazdaságilag megtérülő beruházásnak értékelhető
 - o az M44 típusú vonali mozdony esetében elérhető megtakarítás volumene a dízel-LNG árak közötti különbség alapján legrosszabb scenárió szerint 7.500 euró, legjobb scenárió szerint 52.500 euró éves szinten,
 - o az M44 típusú vonali mozdony esetében az LNG hajtásmódra történő átállás többlet költségének megtérülési ideje a legjobb scenárió szerint 6 év, míg a legrosszabb scenárió esetén 47 év, ami megfelel a vonali mozdonyok jelenlegi elvárt átlagéletkorának (50 év).
- az M44 típusú vonali mozdony éves szintű 150 000 liter dízelgázolaj LNG üzemanyaggal történő kiváltása már egyértelműen kimutatható környezetvédelmi hasznot jelent (g CO₂e/MJ értékben kifejezve). Kiemelendő a helyi légszennyezettség csökkentésének mértéke, az LNG átalakítással elérhető szálló por, NO_x és SO_x mértékének csökkenése az amúgy is zsúfolt belvárosi térségben.
- az M44 típusú vonali mozdony LNG hajtásra történő átalakításával elérhető monetizált externália mindösszesen 2 358 EUR/év.

35. Táblázat M44 tolatómozdony átalakításához szükséges pénzügyi alapadatok

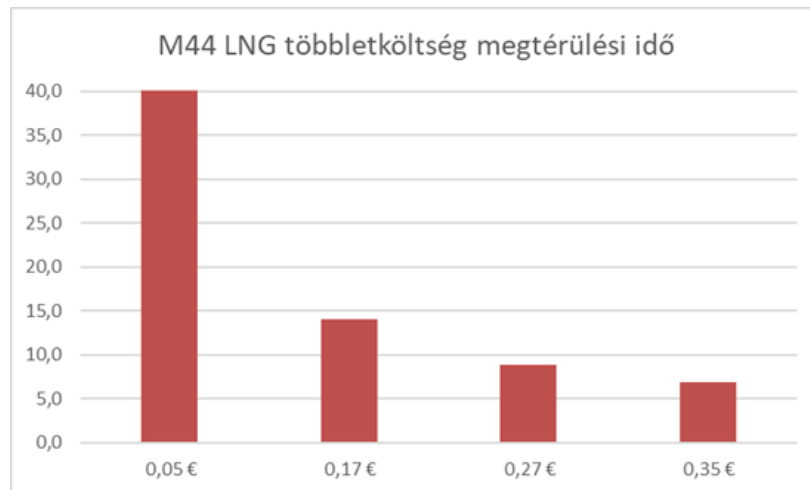
M44 tolatómozdony		
LNG átalakítási költségnemek		
LNG motor, 440 kW		380 000 €
Motor átépítés , tartály beépítés, üzemanyagrendszer kiépítése		260 000 €
Tartály (vasúti)		80 000 €
LNG átalakítás összesen		720 000 €
Dízel remotorizáció költségnemek		
Dízel motor, Liebherr D976, 440 kW		150 000 €
SCR+DPF		82 200 €
Beszereles munkadíj		130 000 €
Dízel remotorizáció összesen		362 200 €
Fogyasztási adat		
Üzemanyag fogyasztás	I/év	150 000

36. Táblázat Az M44 tolatómozdony LNG többletköltségei és megtérülési számításai

LNG átalakítás többlet költségek (dízel megújításhoz képest)	
M44 tolatómozdony	
Átalakítási költség különbözet	357 800 €
LNG - dízel közötti árkülönbség 1 l gázoljra vetítve	LNG megtakarítás dízel-LNG ár közötti különbség alapján
M44 tolatómozdony	
0,05 €	7 500 €
0,17 €	25 500 €
0,27 €	40 500 €
0,35 €	52 500 €



LNG - dízel közötti árkülönbség 1 l gázoljra vetítve	Megtérülési idő (év) LNG hajtás többletköltségei
M44 tolatómozdony	
0,05 €	47,7
0,17 €	14,0
0,27 €	8,8
0,35 €	6,8



138. ábra Az M44 tolatómozdony LNG többletköltségeinek megtérülési ideje

Az M44 típusú vonali mozdony jelen projekt keretében történő LNG hajtás átalakítása, engedélyeztetése és üzembe állítása lehetőséget teremt a MÁV által üzemeltetett, a pályaudvarok közötti elegyrendezési feladatokat ellátó további 9 darab M44 típusú vonali mozdonyok átalakítására is. Az összesen 10 darab LNG hajtású vonali mozdony használata Budapest belvárosában akár 10-12 tonna CO_{2e}/MJ kibocsátásból származó légszennyező anyag megtakarítását jelentheti éves szinten, amellyel a helyi légszennyezettség mértéke a lakosság számára is érezhető módon javítható.

2.6./1 Vasúti átalakítás konklúziói

A megvizsgált vasúti mozdonyok műszaki szempontból egyaránt alkalmasak az LNG hajtás befogadására. Megállapítható, ahogyan a dunai hajók esetében is, a vasúti LNG hajtás átalakítás gazdasági racionalitása is megkövetel egy minimális éves dízel gázolaj fogyasztást, amelynek LNG üzemanyaggal történő kiváltásával az LNG – dízel árkülönbözet mértéke szerint, megtérülő beruházásnak minősíthető. A gazdasági racionalitás mellett jelentős szerepet játszik az LNG üzemanyag dízel gázolajhoz viszonyított kedvezőbb kibocsátási értéke. Míg az M43 típusú tolatómozdony átalakításával az amúgy is ipari besorolású csepeli Szabadkikötő területére korlátozódik a helyi légszennyezettség csökkentésének lehetősége, addig **az M44 vonali mozdony LNG hajtásra történő átalakításával Pest központi kerületeinek és a dél-pesti kerületek levegőminőségének egyértelmű javulását lehet rövid időn belül elérni.**

Mindezek alapján **javasoljuk, hogy a projekt keretében az M44 típusú vonali mozdony LNG hajtásra történő átalakítása és homologációja történjen meg.**

X.3 A CSEPELI KIKÖTŐBEN LÉTESÍTENDŐ TERMINÁL KÖZGAZDASÁGI ÉS ÜZLETI MODELLJE

A fejezet első részében számba vesszük a jelenleg már üzemelő, illetve tervezett LNG import terminálokat, ahonnan az LNG közúton, vasúton vagy tankerhajón szállítható Csepelre. A fejezetben azon LNG import terminálokat nevesítjük, amelyek a gazdaságos szállítási racionalitás okán maximum 1000-1200 km-es távolságban találhatóak a csepeli kikötőtől. A második alfejezetben megvizsgáljuk a környező országok közötti forgalom számára elérhető LNG árakat.

3.1 A hazai alternatív üzemanyag forrásai, elérhetősége a főbb TEN-T folyosókon, várható európai uniós trendek

Magyarországtól délre három LNG import terminállal számolhatunk:

- Krk (HR): tervezett üzembe helyezése 2021., távolsága a csepeli smart scale LNG töltőállomástól: kb. 530 km.
- Porto Levante (I): már működő terminál, távolsága a csepeli smart scale LNG töltőállomástól: kb. 770 km.
- Ravenna (I): tervezett üzembe helyezése 2021., távolsága a csepeli smart scale LNG töltőállomástól: kb. 840 km.



Forrás: Gas Infrastructure Europe, 2019

139. ábra Dél-Európa LNG termináljai

Magyarországtól északra található LNG import terminálok:

- Świnoujście (PL): már működő terminál, távolsága a csepeli smart scale LNG töltőállomástól: kb. 1100 km.
- Kaliningrad (RUS): tervezett üzembe helyezése 2019. vége., távolsága a csepeli smart scale LNG töltőállomástól: kb. 1200 km



Forrás: Gas Infrastructure Europe, 2019

140. ábra Észak-Európa LNG termináljai

Szárazföldi cseppfolyósító állomás:

Európa több országában is elkezdtek foglalkozni saját LNG előállításával, azaz belföldi, helyi cseppfolyósító állomáson állítják elő az LNG-t. Ennek jellemzően stratégiai és gazdasági okai is vannak, mint például az ellátó – elsősorban tengeren túli – országtól való függetlenedés, valamint a távoli földrésről beszállított, ezáltal drága LNG kiváltása helyi, olcsóbb energiahordozóval.

A csepeli ellátási lánc szereplője lehet a katowicei termelő cég, LNG Silesia Lengyelországban.

Érdekessége, hogy szénből állítják elő a metángázt és abból az LNG-t. Napi 40-45 m³ LNG termelésre képesek, értékesítés rövid és hosszútávú szerződések alapján lehetséges.

- Katowice (PL): már működő cseppfolyósító, távolsága a csepeli smart scale LNG töltőállomástól: kb. 580 km



Forrás: Gas Infrastructure Europe, 2019

141. ábra Katowice cseppfolyósító állomás

Duna-Majna-Rajna vonalon hajóról elérhető terminálok:

- Északi irányból Rotterdam lehet az elméleti forrás, ahonnan hajóval a DMR útvonalon szállítható lenne az LNG. A távolság rendkívül nagy, gazdaságossága megkérdőjelezhető.
- Többször felmerült egy Romániában létesítendő tengerparti terminál, azonban a kompetens szakmai cégek európai egyesülete (melynek a román gázszállító is tagja) még középtávon sem számol vele (jelenleg tervezett időpontja: 2027).



Forrás: Gas Infrastructure Europe, 2019

142. ábra DMR vonalon elérhető LNG terminálok

3.2 Közúti LNG árak trendje a környező TEN-T folyosókon

Magyarország kedvező infrastruktúrával rendelkezik, több Kelet- és Nyugat-Európát összekötő közúti és vasúti útvonal is átszeli. Az egyik fő közúti TEN-T folyosó a Berlin – Prága – Bécs – Budapest – Konstancia útvonal, amely érinti Budapestet. A másik közúti TEN-T folyosó, amely átszeli Budapestet a Vence – Trieszt/Koper – Ljubljana – Budapest – Ungvár útvonal.



Forrás: Gas Infrastructure Europe, 2019

143. ábra Környező TEN-T folyosók mentén található töltőállomások

Ennek függvényében készítettünk egy összehasonlító elemzést, ha és amennyiben a csepeli töltőállomás közüti célra szánt LNG és CNG töltőállomásként is fog üzemelni, a környező országokhoz viszonyítva milyen eladási árakkal számolhat. Az alábbi táblázat összefoglalja a környező TEN-T folyosó mentén lévő országok töltőállomásain kínált CNG és LNG árait, amellyel becslésünk szerint a csepeli töltőállomás is számolhat. A legközelebbi töltőállomás az ausztriai Enns, ami kb. 420 km-re található Csepeltől, a legtávolabbiak pedig az olasz Villafalletto 1200 km-re, a lengyelországi Varsó 870 km és a németországi Berlin 880 km távolságra.

A táblázatban a CNG üzemanyagot értékesítő töltőállomásokat tüntettük fel, ahol LNG-t is értékesítenek, külön jelöltük az LNG árakat.

37. táblázat Környező országok CNG-t kiszolgáló töltőállomásai

CNG-t kiszolgáló kutak	Árak (euro/kg)
SZLOVÉNIA⁵⁴	
Jesenice	1,1
OLASZORSZÁG⁵⁵	
Padova	1,007
Bologna	0,959
Modena	0,969
Parma	0,985
Piacenza	0,949
Villafalletto	0,960
Livorno	1,028
Corridonia	0,987
AUSZTRIA⁵⁶	
Enns	1,098
	LNG: 0,943
LENGYELORSZÁG⁵⁷	
Matuszewo	1,08
	LNG: 1,11
Warsaw	0,78
NÉMETORSZÁG⁵⁸	
Ulm	1,133
Berlin	1,208

X.4 CSEPELI TÖLTŐÁLLOMÁS ÜZLETI MODELLJE

Jelen fejezetben ismertetjük a PL4D projekt keretében megvalósuló small scale LNG töltőállomás kiépítésével járó beruházás közgazdasági alapjait, életképességét.

⁵⁴ <http://cngueurope.com/countries/slovenia/> (2019.11.20.)

⁵⁵ <https://www.prezzibenzina.it/regioni/emilia-romagna> (2019.11.20.)

⁵⁶ <https://www.oeamtc.at/spritapp/AdvancedSearch.do?spritation=showAdvanced> (2019.11.20.)

⁵⁷ <http://pgk.srem.pl/Stacja-CNG-LNG/Ceny-paliwa/Aktualne-ceny-gazu-ziemnego-na-stacji-w-Matuszewie> (2019.11.20.)

<http://pgnig.pl/documents/10184/1621160/Cena+CNG+od+2019-08-14/58fb835b-2049-4c61-b058-139c68e10877> (2019.11.20.)

⁵⁸ https://www.clever-tanken.de/tankstelle_liste?lat=48.3974003&lon=9.99343364&ort=89073+Ulm&spritsorte=8&r=5 (2019.11.20.)

4.1 Módszertan

Az üzleti modell elemzés első lépéseként a 2.2./4 fejezet eredményeire támaszkodva megvizsgáljuk melyek azok a hajótípusok, amelyek gazdaságilag racionálisan átalakíthatók, és amelyek a csepeli töltőállomás potenciális ügyfelei lehetnek.

A PAN-LNG projekt (2016) megvalósíthatósági tanulmányában megfogalmazott elterjedési scenáriók módszertanát követve, a hajók LNG átalakítása és az új LNG hajtás megjelenése kapcsán is scenáriókat építünk fel közgazdasági elemzések alátámasztására. A scenárióelemzés során három különböző elterjedéssel számolunk, alacsony (3%), közepes (6%) és magas (9%) a várakozásaink szerint 2031-ben működő (jelenlegi hajóflotta számhoz képest 8,5%-os bővüléssel korrigált számadat) hajószám alapján. A csepeli terminálon a közösségi közlekedést szolgáló buszok CNG töltését a 2020-as, korábban bemutatott buszstratégiára alapozzuk, melynek értelmében a busz és volántársaságok 2020-tól csak CNG vagy elektromos hajtású buszokat vásárolhatnak, valamint a spanyol város, Barcelona kapcsán felállított összehasonlításunkra, amelyben látható, hogy a BKV a spanyol TMB-vel szemben mintegy 400 darabos CNG busz hátrányt mutat. Hipotézisünk szerint a BKV kötelező buszcseréinek során az állomány megújítását CNG hajtású buszokkal végzi el. A BKV megnövekedett CNG igényét nem fogja tudni kiszolgálni a telephelyein lévő, jelenleg is működő CNG töltőállomás. Ezért annak bővítésére vagy külső szolgáltatás vásárlására (pl. csepeli LNG/CNG töltőállomás) lesz szüksége. Jelen esetben azt feltételezzük, hogy az igényét részben saját bővítésével, részben a csepeli terminálról fogja megoldani. Ehhez megvizsgáltuk a lehetséges csepeli CNG technológiák műszaki paramétereit, a már üzemben lévő CNG buszok éves futásteljesítményét (átlagosan 65 000 km) és fogyasztását (átlagosan 57,53 kg CNG/100 km) és megállapítottuk, hogy a CNG töltés korlátját az állomás elméleti gázkapacitása fogja jelenteni. Ezért feltételezzük, hogy a kúton maximum évente 253 autóbusz töltése oldható meg. Ebből eredően a kút CNG és ebből LNG mennyiségi maximumát magas elterjedési scenárióban a 253 db, a közepes scenárióban (75%) 190 db, míg az alacsony elterjedési scenárióban (50%) 126 darab CNG hajtású autóbusz üzemanyag igénye adja.

A csepeli Szabadkikötő területén a kikötőben található logisztikai cégek jelentős kamionforgalmat bonyolítanak. A kikötőben megforduló nehézgépjárművek számáról konkrét adat nem áll rendelkezésre. Azonban a MAHART Container Center Szolgáltató Kft rögzíti a konténeres szállításainak közúti kiadásait, és egyéb számszerűsített adat hiányában becsléseinket erre alapozzuk. 2018-ban a közúti kiadások száma 121 926 volt, amelynek mintegy 20%-nál a kamion azonos. Feltételezzük továbbá, hogy a kamion forgalom növekedése, ezáltal a kamion számok az elkövetkezendő 10 évben 5%-ot növekednek. Így mintegy 6000 új nehézgépjármű megjelenésével számolunk. Az elterjedési scenáriókban (alacsony: 3%, közepes: 6%, magas: 9%) ezt a darabszámot vesszük az LNG elterjedés alapjának.

A közgazdasági elemzéshez először nettó jelenérték (Net Present Value-NPV) számítást végzünk. Az NPV számítás a dinamikus beruházásgazdaságossági számítások egyik alapvető eszköze. A beruházások általában egy kezdeti befektetéssel kezdődnek, majd kisebb-nagyobb újabb ráfordításokat igényelnek míg a beruházás megtérülése megkezdődik. A különböző ráfordítások és pénzhozamok azonban nem egy időpontban jelentkeznek, így hagyományosan nem lehet őket összegezni. A nettó jelenérték számítás ezt küszöböli ki, és számításba veszi a pénz időértékét, hogy a beruházásunk megkezdése előtt kiszámolhassuk a várható ráfordítások és hozamok ismeretében a teljes nyereséget. Ezen közgazdasági számítási modell alapja lesz az átalakítható (és feltételezésünk szerint átalakított) hajótípusok átlagos, éves LNG fogyasztása, mely a jelenlegi fogyasztási adatokkal korrelál. A közgazdasági modellezés során elkészítjük a 3 egymástól eltérő elterjedési scenárióra vonatkozó beruházáselemzést, számoljuk a belső megtérülési rátáikat, valamint érzékenységvizsgálat keretében elemezzük a beruházás nettó jelenértékének (NPV) változását.

A beruházás-elemzés során hagyományos pénzügyi módszerekkel kívánunk small scale LNG üzemanyag töltő infrastruktúrájának kialakításához szükséges beruházási döntésekhez szakmai alátámasztást adni. Az általunk alkalmazott pénzügyi módszerek alkalmasak arra, hogy jelen körülmények között, a rendelkezésre álló input benchmark adatok, statisztikai alapadatok, valamint a kezdeti hipotéziseink alapján jól modellezzék a jövőbeni beruházás nettó jelenértékét, megtérülését, a megtérülés idejét, valamint képesek megmutatni a beruházás eredményességét befolyásoló egyéb (elsősorban pénzügyi, adóügyi és másodsorban politikai) tényezők beruházásra gyakorolt hatását.

Ennek érdekében a 2021-re megvalósítandó beruházást 3 elterjedési scenárió mentén hajók, nehézgépjárművek és CNG hajtású, közösségi közlekedést szolgáló autóbuszok töltésére szolgáló terminálként értelmezzük. Számoljuk minden egyes esetben az adott technológiai beruházás nettó jelenértékét, megtérülését, valamint különböző scenáriók mentén érzékenység vizsgálat keretében mutatunk rá az adott beruházást befolyásoló (vagy éppen nem befolyásoló) tényezőkre.

4.2 Elterjedési scenáriók

Annak érdekében, hogy a létesítendő small scale LNG töltőállomás LNG hajtású hajók töltéséből származó éves bevételét meg tudjuk határozni, elterjedési scenáriókat határoztunk meg.

Mivel a csepeli Szabadkikötőben megépítendő LNG töltőállomást 2021-ben fogják – előreláthatólag – átadni, ezért a hajó átalakítási scenáriókat 2022-2041. közötti időszakra számszerűsítetten tervezzük, az NPV számítás során a 2042-2046. közötti időszakra a hajó számokat állandónak feltételezzük.

Az üzleti modell alapját, a 2019-ben működő hajótípusok Dunán közlekedő darabszáma határozza meg.

4.2./1 Dunai hajók 2019. évi darabszámának meghatározása

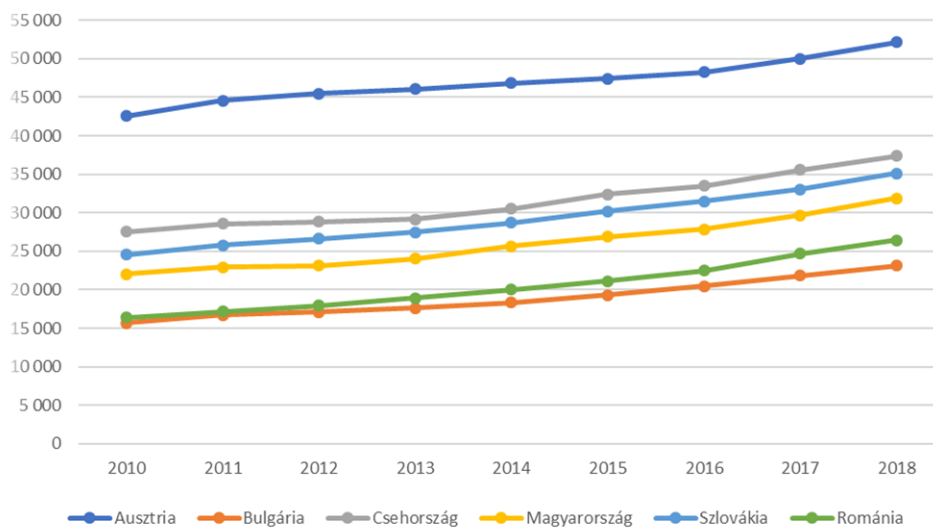
A Duna Bizottság 2016-ban publikált számadatait a Co-Wanda projekt (2013) eredményeivel volt szükséges korrigálni, mivel Duna Bizottság statisztikai adatai minden olyan hajót tartalmaznak, amely a hajóregiszterben regisztrálva lett, de nem biztos, hogy azok üzemben vannak.

4.2./2 A dunai hajók darabszámának növekedésére vonatkozó becslés

A dunai szállítmányozásban rejlő potenciállal és volumen növekedés becslésével foglalkozik a Study on Rhine - Danube TEN-T Core Network Corridor, Wester Balkan című 2017-ben publikált dokumentum, valamint Kafer et al, 2009. munkája. A dunai szállítmányozásban rejlő esélyek alapján jogosan feltételezhetjük a szállítási mennyiségek növekedését, a szállítmányozott áru fajták diverzifikációját, ebből eredően az ehhez szükséges hajóflotta növekedését.

Ugyanakkor a hajóflotta konkrét növekményére vonatkozóan csak szakértői becslésre tudunk hagyatkozni az alábbiak szerint:

- Statisztikai adatok: a hazai és a közép európai GDP statisztikai adatok növekvő trendje alapján feltételezhető a 2031-ig várható GDP növekmény, ami százalékos formában indikációt adhat a hajó darabszámok növekedési ütemére is.



Forrás: Eurostat, 2019

144. ábra Egy főre jutó GDP változása, vásárlóerő-paritás alapján (USD)

- Az éves GDP növekmény éves átlagos mértéke a diagramon feltüntetett országokban jelentős szórást mutat. Ausztriában a vizsgált időszak átlagos éves GDP növekedés 2,82%, míg Romániában ez 7,67%-ot mutat. Magyarországon az adatok alapján 5,6%-os éves GDP növekedést regisztráltak.

- Szakértői és kormányzati kommunikáció: Számos szakértői és kormányzati kommunikáció során elhangzott véleményben találkozhatunk GDP növekedésre vonatkozó prognózisokkal. A megállapítások a statisztikai adatokkal szemben már sokkal szélsőséesebbek, a 2030-ig terjedő időszak átlagos, éves, hazai GDP növekményét 2,5⁵⁹-15⁶⁰%-ra teszik. Ebből eredően a dunai hajóflotta 2030-ig történő növekedését ezen adatok alapján is meg lehet becsülni.

Elemzésünkben konzervatív megközelítést alkalmazunk, ezért a dunai szállítmányozási potenciál növekedését figyelembe véve, 2022-2031. között 8,5%-ra, majd 2032-2041. között újabb 8,5%-ra becsüljük a hajóflotta össznövekményt.

38. Táblázat Dunai hajók darabszáma 2019-ben és várhatóan 2030-ban

Üzleti modell alapját képező dunai hajócsaládok					
Jelenleg működő hajócsalád típusok és darabszámuk	Tolóhajó - PUSH B4	Önjáró hajó konvoj C3L-B	Dunai bárka 4 egységes	Dunai bárka 8/9 egységes	Adat forrása
2019-ben működő, üzemképes hajók a Dunán	45	121	188	11	Co-Wanda, 2013 alapján korrigált Duna Bizottsági (2016) adatok
Várható darabszám 2031-ben 8,5%-os bővüléssel számolva Co-Wanda alapján	49	131	204	12	Käfer et al., 2009

Az elterjedéssel kapcsolatosan nagyon óvatos scenáriókat állítottunk fel, figyelembe véve a dunai hajózási társaságok gazdasági teljesítőképességét és hajlandóságát.

Ezért az alacsony elterjedési scenárióban 3%, a közepes esetén 6% és a magas elterjedés esetén 9%-os LNG részarányal kalkulálunk az össz, 2031-es darabszámra vetítve.

39. Táblázat A 2031-ben várható össz dunai hajó darabszám alapján becsült LNG hajtású hajók darabszáma a különböző elterjedési scenáriók mentén

LNG elterjedési scenáriók/LNG meghajtású darabszám változás 2031-ig	Tolóhajó - PUSH B4	Önjáró hajó konvoj C3L-B	Dunai bárka 4 egységes	Dunai bárka 8/9 egységes	összesen LNG hajó Dunán
alacsony (3%)	1	4	6	0	11
közepes (6%)	3	8	12	1	24
magas (9%)	4	12	18	1	35

Figyelembe véve a dunai hajóflotta életkorát, a dunai szállítmányozás volumenjét, illetve az ágazat gazdasági racionalitását óvatos megközelítés mellett az alábbi, a small scale LNG töltőállomást használó hajó darabszámokat és értékesítési mennyiségeket feltételezzük 2026-ra és 2031-re a

⁵⁹ <https://www.gki.hu/wp-content/uploads/2019/01/2030-Mire-el%C3%A9g-12-%C3%A9v.pdf>

⁶⁰ Nagy Márton (MNB): <https://www.portfolio.hu/bank/20180418/szinte-hihetetlen-ami-az-mnb-szerint-2030-ig-varhat-rank-282748>

különböző elterjedési scenáriók mentén (40. Táblázat és 41. Táblázat). A feltüntetett értékesítési mennyiség az átalakított hajók éves LNG fogyasztásával megegyező adat.

Azt is feltételezzük, hogy nem a Csepeli Szabadkikötőben építendő small scale LNG töltőállomás lesz az egyetlen, hajók számára elérhető bunkerállomás a Dunán az elkövetkezendő 10 évben.

40. Táblázat Small Scale LNG töltőállomáson LNG hajtóanyagot vételező becsült hajók száma (db)

		Tolóhajó - PUSH B4	Önjáró hajó C3L-B	Dunai bárka 4 egységes	Dunai bárka 8/9 egységes	összesen LNG hajó Dunán
2026	Alacsony	0	1	2	0	3
	Közepes	1	2	4	0	7
	Magas	1	3	6	0	10
2031	Alacsony	1	4	6	0	11
	Közepes	3	8	12	1	24
	Magas	4	12	18	1	35

41. Táblázat Small scale LNG töltőállomás hajók számára értékesített, becsült üzemanyag mennyisége (m³)

		Tolóhajó - PUSH B4	Önjáró hajó C3L-B	Dunai bárka 4 egységes	Dunai bárka 8/9 egységes	Éves üzemanyag fogyasztás (m ³) LNG
2026	Alacsony	-	386	2 628	-	3 014
	Közepes	1 286	771	5 256	-	7 313
	Magas	1 286	1 157	7 884	-	10 327
2031	Alacsony	1 286	1 543	7 884	-	10 713
	Közepes	3 857	3 086	15 768	1 543	24 254
	Magas	5 143	4 629	23 652	1 543	34 966

4.2./3 Nehézgépjárművek elterjedési scenáriója

A scenárióelemzés alapadatainak releváns oszlopa tartalmazza az LNG hajtású nehézgépjárművek évenként darabszámát.

4.2./4 CNG hajtású autóbuszok elterjedési scenáriója

A scenárióelemzés alapadatainak releváns oszlopa tartalmazza a CNG hajtású autóbuszok évenként darabszámát.

4.3 Az üzleti elemzés alapvetései

4.3./1 Távolság/mennyiség

Ahhoz, hogy meghatározzuk a bunker állomás LNG értékesítési árát számos tényezőt kell figyelembe venni az LNG import terminál és az LNG-vel üzemelő, a bunkerállomáson töltendő toló- vagy önjáráshajó között, így például:

- az LNG import terminál és a toló- vagy önjáráshajó közötti szállítási módszert
- a toló- vagy önjáráshajó által igényelt, töltendő LNG mennyiségét
- az LNG import terminál és a small scale LNG bunkerállomás közötti távolságot

A csepeli Szabadkikötőben tervezett small scale LNG bunkerállomáshoz legközelebb eső, jelenleg működő LNG import terminál a lengyelországi Świnoujścieben található, mintegy 1130 km távolságra közúton. Świnoujścieből a szállítás történhet közúton (kamionon) vagy vasúton.

A Budapesthez legközelebb eső Krk szigeti LNG import terminál megnyitása 2021-re várható, azonban ennek bizonytalansága okán a modellezés során nem ezzel kalkulálunk. A szállítási távolság változása a szállítási költség változását is magával hozza, melyet érzékenységvizsgálat keretében szemléltetünk. Bár nem számít LNG import terminálnak, de a csepeli LNG töltőállomás ellátási láncának részét képezheti a bolgár Ruse városában található LNG bunker állomás, mely Csepeltől megközelítőleg 900 km távolságra található, ahonnan akár vasúton akár közúton is szállítható az LNG. Mivel a rusei töltőállomás szintén a kisüzemű LNG bunker állomások közé tartozik, így a small scale LNG piacon kiskereskedőként lép fel, ebből eredően árai feltételezhetően nem versenyképesek az import LNG terminálok által ajánlott molekula értékesítési árral szemben. Ezért az üzleti modellben ezzel a lehetőséggel nem számolunk.

Azonban megjegyezzük, hogy a dél-kelet európai országok együttműködésének keretében lehetséges a rusei bunkerállomással együtt fellépni a LNG kereskedelmi piacon, így az LNG üzemanyag előállító terminálok a vételi árkedvezményekre vonatkozó érdekvérvényesítési helyzet javítható.

Szállítási módszer: mivel a csepeli Szabadkikötő területén a vasúti közlekedési infrastruktúra ugyan kiépített, azonban a small scale LNG töltőállomás helyszínéig a vasúti sínpálya meghosszabbítása szükséges, így az üzleti elemzést a kamionról történő töltésre alapozzuk, így az LNG szállítási módszernek a közúti szállítást választjuk.

A csepeli Szabadkikötőben tervezett bunkerállomás tároló kapacitása: $2 \cdot 100 \text{ m}^3$ LNG

Töltendő mennyiség: Az európai szakirodalmak és projekt eredményekről született publikációk egyöntetűen 40 m^3 -es LNG tartályokról szólnak, ezért az összehasonlíthatóság okán, mi is 40 m^3 -es hajó deck fölé szerelt tartályokat veszünk alapul.

LNG import terminál és a small scale LNG bunkerállomás közötti távolság: A legközelebbi LNG import terminál Swinoujścieben található, a szállítási útvonal 1130 km.

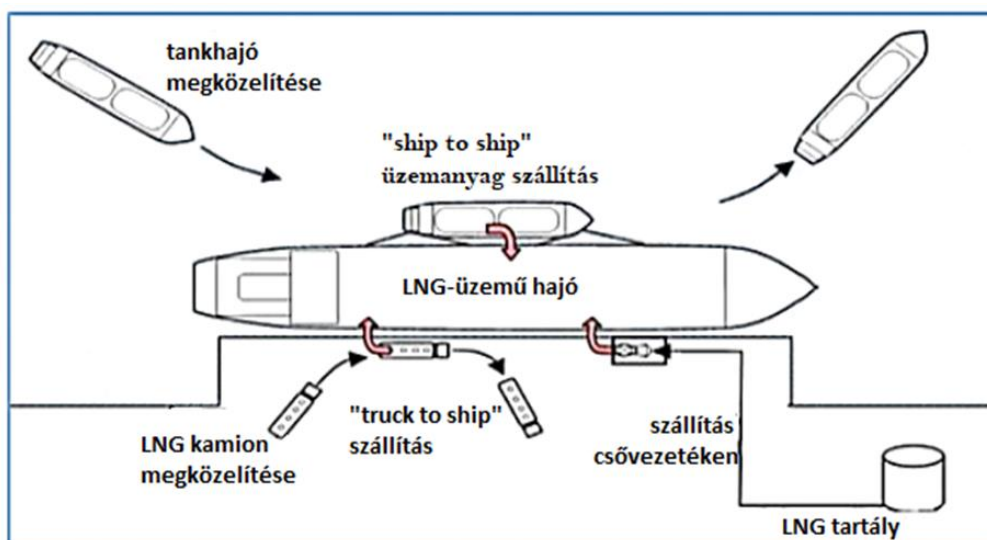
4.3./2 Hajó töltési módszer

Az LNG üzemanyag állomásról toló- vagy önjáró hajóba történő töltésének költségeit további kritériumok mentén szükséges alosztályokba sorolni. A töltés történhet:

- hajóról hajóra töltési módszer (STS)
- kamionról hajóra töltési módszer (TTS)
- small scale LNG töltőállomásról hajóra csővezetéken keresztül (PTS)
- small scale LNG töltőállomásról hajóra kisméretű bunker hajón keresztül (ez a módszer az STS és a PTS kombinációja)

A töltési módszer különböző tényezőktől függ, mint például a távolságtól, a hajóforgalomtól, a szükséges LNG mennyiségétől, a töltési szükséglet gyakoriságától, biztonságtól, más LNG töltőállomások közelségétől és a szárazföldi kereslettől. A small scale LNG töltőállomások gyakran a hajós kiszolgálás mellett a helyi közúti közlekedés LNG/CNG igényét is képesek kielégíteni. A PL4D projekt üzleti modelljében ezért mi is kalkulálunk ezekkel.

A cseppfolyós üzemanyagot az LNG import terminálon töltik be bunker hajóba, tanker hajóba, kamionba vagy vasúti szállításra alkalmas kriogén tartályokba, amelyet közvetlenül az LNG üzemanyagot felhasználó toló- vagy önjáráshajóba töltenek vagy a small scale LNG töltőállomásra szállítanak. Az LNG üzemű toló- vagy önjáráshajót tehát közvetlenül a bunker hajóból, a small scale LNG töltőállomásról csővezetéken keresztül vagy alternatív módon kamionról lehet feltölteni.



145. ábra LNG hajtású hajó töltési módszerei

A tartályokat közvetlenül a kikötő közelében szükséges elhelyezni, mivel a töltési művelethez használt csővezetékekkel kapcsolatosan műszaki, üzemeltetési és gazdasági szempontokat is figyelembe kell venni. Pl. a környezeti hőmérsékleten lévő hosszú csővezeték rendszeren átfertett -162°C -ról kitarazott

folyékony üzemanyag a rendszer addicionális hűtése nélkül túlzott párolgási veszteséget eredményezhet, amely műszaki és gazdasági kockázattal járhat.

Jelen elemzésben a small scale LNG töltőállomásról hajóra csővezetéken keresztüli (PTS) töltési módozatot vesszük alapul.

4.3./3 LNG bunker állomással kapcsolatosan felmerülő költségek

Az előző fejezetben bemutatott töltési módszerek más és más infrastrukturális beruházást és működési formát igényelnek. Így természetesen a felmerülő beruházási költség (CAPEX) típusok és az üzemeltetési (OPEX) költség típusok is változnak. Ezt szemlélteti a 42. Táblázat.

42. Táblázat LNG bunker állomás költségei a töltési módozattól függően

	Hajóról hajóra STS	Kamionról hajóra TTS	Small scale LNG töltőállomásról csővezetéken PTS	Small scale LNG bunkerhajón keresztül
Beruházási költségek	LNG bunker felszerelés	LNG bunker felszerelés	LNG bunker felszerelés	LNG bunker felszerelés
	Bunker hajó	LNG kamion (beleértve a megtöltéséhez szüksége felszerelést)	Szárazföldi (tároló) tartály	Szárazföldi (tároló) tartály Bunker hajó
	Engedélyezési költségek / Biztonsági intézkedések / személyzet képzése	Engedélyezési költségek / Biztonsági intézkedések / személyzet képzése	Engedélyezési költségek / Biztonsági intézkedések / személyzet képzése	Engedélyezési költségek / Biztonsági intézkedések / személyzet képzése
	Szárazföldi felszerelések (opcionális)	Szárazföldi felszerelések (opcionális)	Szárazföldi felszerelések (opcionális)	Szárazföldi felszerelések (opcionális)
				Szárazföldi (tároló)tartályok
Működési és logisztikai költségek	Bunker hajó működési költsége	Kamion működési költsége	Csővezeték működtetési költsége	Bunker hajó működési költsége
	LNG terminál kitárolási díj	LNG terminál kitárolási díj	LNG terminál kitárolási díj	LNG terminál kitárolási díj
	Import állomás átfejtési díjai	Import állomás átfejtési díjai	Import állomás átfejtési díjai	Import állomás átfejtési díjai

Forrás: Európai Bizottság, 2017

Az LNG bunkerállomások beruházási (CAPEX) költségei rendkívüli mértékben szórnak, az európai small scale LNG töltőállomások beruházási költsége 2,5–7 millió EUR között változik, a működési költségek pedig átlagosan a CAPEX 8-12%-a/év között mozognak⁶¹.

A beruházást drágítja a bunkerállomás melletti egyéb töltési technológia kialakítása, pl. LNG töltőállomás nehézgépjárművek számára, vagy CNG töltőállomás személygépjárművek számára. Szintén költségnövelő tétel a bunkerállomás helyszínének földrajzi és vízügyi sajátosságainak történő megfelelés, pl. természetes partvonal melletti kikötés nem lehetséges, ezért ponton bárka telepítése szükséges.

Az üzemeltetési költségek közé tartozik az importtermináltól származó LNG üzemanyag logisztikai költsége is, ezt jelentősen befolyásolja a szállítási útvonal hossza, a szállított mennyiség, a tárolásból adódó gázképződés miatti veszteség, vagy a közvetett költségként jelentkező földterület bérleti díja, stb.

Mindebből eredően a bunkerállomás megtérülési idejét meghatározni csak modellek alapján lehetséges, hiszen a megtérülés nagyban függ az LNG hajtású hajók számától, azok tankolási gyakoriságától, azaz az állomás forgalmától, az LNG mindenkori molekula árától (ezt előre 10 évre meghatározni nem lehetséges), valamint a kisegítő technológiák üzemeltetési költségétől.

Ezért ezen körülményekben bekövetkezett változások hatását érzékenységvizsgálat keretében szimuláljuk.

4.3./4 LNG kiskereskedelmi árának meghatározása

A bunker LNG üzemanyag ára négy fő részből tevődik össze:

1. LNG molekula ára (LNG import terminálon, tőzsdei ár)
2. Szállítási/logisztikai költség (LNG import terminálról szállítási és átfejtési költségek)
3. Szolgáltatás költségei (működési és adminisztrációs költség, haszonkulcs)
4. Helyi adottságokból eredő költségek (beruházás értékcsökkenése, földterület bérleti díja)

Az LNG molekula ára mindig a tőzsdei spot, következő napi, következő heti vagy következő havi árakhoz igazodik (CEEGEX, TTF), ami az árazás szempontjából meghatározó tényező. A molekula árának rendkívül nagy jelentősége van a dízelgázolajról LNG-re történő átállás ösztönzésében.

Kijelenthető, hogy egy alacsony és stabil árszinten tartott LNG molekula ár kedvezően hat a szállítmányozók LNG meghajtásra történő átállására.

⁶¹ Pit Point szakértői interjú során elhangzott adat. Az üzemeltetési (OPEX) költségek becsült aránya holland és belga LNG importterminállal kapcsolatos töltőállomás beruházásokra vonatkozik.

4.3./5 Modellezéshez használt LNG molekula ár meghatározása

A modellben használandó LNG molekula árának kalkulációjához a korábban már bemutatott, az STC-NESTRA 2016-ban publikált „Kvantitatív elemzés a nyugat-európai belvízi hajóflotta LNG-potenciáljával kapcsolatosan” című dokumentum árképzését vesszük alapul.

A korábbi, a hajó átalakításokhoz használt olajár forgatókönyvek alapján meghatározható az LNG molekula ára, melyet átlagoltunk. Így az üzleti modellezésünkben 321, 96 euró/m³ LNG molekula árat vesszünk alapul. Érzékenység vizsgálat keretében szemléltetjük a molekula ár változásának hatását a beruházás nettó jelenértékére.

4.3./6 Szállítási/logisztikai költség

Feltételezzük, hogy a csepeli Szabadkikötő tárolóit a legközelebb eső LNG import terminálról kamionról töltik fel.

Jelen fejezetben egy 50m³-es tartálykocsi szállítási költségeit vesszük alapul.

Mivel az LNG szállításra, felhasználásra Magyarországon, Szlovákiában, Csehországban és Szerbiában sincs példa, így konkrét tapasztalaton alapuló tényadatok nem állnak rendelkezésre. Ezért a számítás során az EICB 2017-es „Áttörés az LNG hajtóanyag belvízi szállítmányozásban történő felhasználásában” című dokumentum modelljét alkalmazzuk.

4.3./7 Szolgáltatás költségei

A szolgáltatás költségei soron csak a közvetlen üzemeltetési költségekkel számolunk, a közvetett költségként értelmezhető értékcsökkenéssel külön foglalkozunk.

Bár a fejlesztési terület helyszíne a projektgazda által bérelt terület, így közvetett költségsoron szükséges az ezzel kapcsolatos éves kiadásokat számba venni, a bérleti díj összegéről nincs tudomásunk, így az üzleti modell számításban nem szerepeltetjük.

4.3./8 Értékcsökkenés

Tekintettel arra, hogy a small scale LNG terminálok csekély száma miatt beruházási benchmark adatok egyáltalán nincsenek, a beruházási összeget szóbeli interjúkon elhangzott információra tudjuk alapozni.

Jelen projekt beruházási nagyságát 1 700 000 000 Ft, azaz egymilliárd hétszázmillió forintra becsüljük, a technológia főbb elemeire beszerezhető ajánlatok alapján.

Figyelembe véve, hogy a technológiai elemek értékcsökkenési leírási kulcsa 3-33% között változik, így a korábban ismertetett, az LNG üzleti modellezésével foglalkozó tanulmányokban foglalt egységes 10%-os értékcsökkenési leírási kulcsot alkalmazzuk, az összehasonlíthatóság okán.

4.4 A csepeli töltőállomás bővítése

Az elterjedési scenáriók mentén mindegyik esetben tételesen kiszámoltuk az átalakított vagy újonnan épített hajók, a BKV által beszerzett CNG autóbuszok vagy a csepeli kikötő területén megforduló LNG nehézgépjárművek feltételezhető fogyasztását. A fogyasztás mennyiségét a kereslet összmenyiségeként feltételezzük. Ennek alapján meghatározható scenáriónként a növekvő kereslethez igazított töltőállomás bővítés időzítése.

A bővítés időszerűségét az alábbi kritériumok mentén határoztuk meg:

- A jelenlegi 2*100 m³-es tárolókapacitással évi 24 000 m³ LNG értékesíthető gazdasági és műszaki racionalitással, ehhez megközelítőleg 3 naponta kell a tartályokat LNG szállító kamionról feltölteni. Tekintettel arra, hogy az ennél gyakoribb töltés a kiszolgálás zavartalanságát befolyásolhatja, ezért a növekvő kereslet figyelembevételével 24 000 m³-es LNG igény megjelenésével a töltőállomás bővítése szükséges.
- Feltételeztük, hogy a bővítéssel járó beruházás során – figyelembe véve az elterjedési scenáriók során számolt üzemanyag mennyiségeket – a kezdeti tartályoknál nagyobb kapacitású tárolókra lesz szükség, ezért a határértéket elérő évet követően bővítési beruházással kalkuláltunk, melynél 2*200 m³-es tartályokat és az ezekhez szükséges infrastruktúra fejlesztést vettük alapul. A közepes és magas elterjedési scenáriók során az NPV-ben vizsgált időszak alatt további bővítéseket is feltételezünk az értékesített mennyiségek függvényében.
- Véleményünk szerint a közepes és magas elterjedési scenáriók során számolt keresletet műszaki szempontból kétséges lehet kamionról tartályba és onnan hajóra történő töltési módozattal kiszolgálni, ezért ezen esetekben mihamarabb javasolt alternatív szállítási (vasút és tanker hajó) módozatok megvalósítása. Azonban a közgazdasági modellnek nem célja a műszaki kérdések megválaszolása, ezért a számításaink során következetesen a kamionról történő töltéssel számolunk.
- A bővítés költségeinek tervezésekor a kezdeti beruházási költség 60%-val kalkuláltunk

4.5 A PL4D projekt keretében megvalósuló töltőállomás megtérülési modellje

A small scale LNG terminál technológiájának részletes bemutatását jelen tanulmány IX.1 fejezete tartalmazza, ezért itt a bemutatás összefoglalására törekszünk.

A PL4D projekt keretében megvalósuló fejlesztés első lépésként egy szárazföldi létesítésű 2*100 m³-es small scale LNG töltőállomás épül, mely csővezetéken fogja az LNG üzemű toló és önjáró hajókat, és töltő manifold állomáson keresztül a CNG-s buszokat és a kikötőben megforduló nehézgépjárműveket kiszolgálni.

A PTS módozatú üzemanyag-töltés során a szárazföldön felépített és rögzített, összesen 200 m³-es kriogén tartályból az LNG átfajtása egy csővezetéken keresztül történik, mely egy rugalmas tömlővel kapcsolódik a ponton bárkához kikötött toló vagy önjáró hajóhoz.

A kriogén tartály feltöltéséhez az LNG szállítása többféle módon történhet. Az előző fejezetben bemutatott, a földrajzi elhelyezkedéshez legjobban illeszthető módok közül jelenleg az LNG szállító kamion jöhet szóba, tekintettel az alábbiakra:

- Dunán közlekedő LNG tankerhajóról nincs információnk, így a töltőállomás hajóról történő feltöltése egyelőre nem lehetséges
- A csepeli Szabadkikötőben a vasúti szállítási mód feltételei adottak ugyan, de a töltőállomás helyszínét a vasút nem éri el, a sínpálya meghosszabbítására van szükség a kriogén üzemanyag átfajtásához
- Jelenleg egyetlen alkalmas szállítási mód a közúti, amellyel az LNG import terminál és a csepeli small scale LNG töltőállomás összeköthető, ezért az üzleti modellünk számításait a kamionról az LNG töltőállomásra történő szállítás keretében végezzük.
- Alapadatok

Alapadatok		
Beruházás fajlagos költségei		
Beruházás bunkerállomás	5 151 515	EUR
	1 700 000 000	HUF
EUR/HUF árfolyam	330	
Adók		
Társasági adó (TAO alap ≤ 500.000.000 HUF)	9%	
Társasági adó (TAO alap > 500.000.000 HUF)	9%	
ÁFA	27%	
IPA	2%	
Ráták		
Diszkontráta	4,00%	
Értékcsökkenés		
Gépek, berendezések	14,50%	
Vezeték	8,00%	
Egyéb építmény	3,00%	
Tartály	14,50%	
Csővezeték	8,00%	
Csatlakozás	14,50%	
Informatikai rendszer	33,00%	
Választott amortizációs kulcs	10,00%	
Egyéb adatok		
Inflációs ráta	3,10%	
LNG molekula ár	321	EUR/t
LNG értékesítési ár	460	EUR/t

4.6 Jövőbeni fejlesztési irányok

- Az LNG iránti növekvő keresletet feltételezve szükséges lehet a töltőállomás további fejlesztése tároló kapacitások és a hozzá szükséges egyéb infrastruktúra kiépítésével,

- Az LNG iránti növekvő keresletet feltételezve a közúti szállítást kiválthatja a vasúti szállítás, melynek feltétele csepeli Szabadkikötőben már meglévő sínpálya meghosszabbítása az LNG töltőállomás helyszínéig,
- vagy egy jövőbeni LNG bunkerhajó megjelenésével lehetségessé válhat Rotterdam (Gate LNG import terminál) az LNG hajón történő szállítása a csepeli töltőállomásra. Ennek alapvető feltétele a jelenleg hatályos jogszabályok módosítása, melyek lehetővé tennék az LNG folyami szállításának megoldását. Bár az üzleti elemzés nem foglalkozik a hajóról bunkerállomásra és onnan hajóra töltési módozat közgazdasági hatásaival, de feltételezésünk szerint a közúti szállításhoz képest, de a vasúti szállításhoz képest is költséghatékonyabban lehetne megoldani az üzemanyag szállítását, amelynek következtében az üzemanyag ár versenyképesebb lehet. Ez magával hozhatja a dunai hajó átalakítás ütemének felgyorsulását és további LNG hajtású hajók megjelenését.
- A kereslet növekedésével további fejlesztési irány lehet egy helyi, kiskapacitású cseppfolyósító üzem létrehozása, amelyről a töltőállomás kriogén tartályai utántölthetők.

4.7 A pilot projekt környezeti-társadalmi hasznossága

A környezetvédelmi célkitűzéseket megvalósító projekteket, mint amilyen a csepeli small scale LNG terminál megépítése nem szabad pusztán üzleti szempontból vizsgálni. Egy, a városi levegő szennyezettségének mérséklését biztosító újfajta üzemanyag közlekedésben történő elterjesztésének környezeti-társadalmi hasznossága megkérdőjelezhetetlen a jelentős a pénzügyi hozam elérése mellett.

Ezért a csepeli töltőállomás megépítése csak megfelelő szintű támogatás mellett tud megvalósulni. Az üzemanyag elterjesztésében szerepet vállaló felhasználók (hajó tulajdonosok, közúti szállítványozók, busztársaságok) LNG hajtású átalakítása vagy LNG üzemű tehergépjárművek beszerzése csak állami hozzájárulással lehet életképes.

X.5 ALACSONY ELTERJEDÉSI SZCENÁRIÓ – 3%-OS LNG PENETRÁCIÓ A HAJÓZÁSBAN

Az alacsony elterjedési scenárió esetén a következő, a keresletet megalapozó jármű darabszámmal és fogyasztással kalkulálunk 2041-ig.

	Tolóhajó - PUSH B4	Önjáró hajó C3L-B	Dunai bárka 4 egységes	Dunai bárka 8/9 egységes	összesen LNG hajó Dunán	Tolóhajó - PUSH B4 LNG fogyasztása	Önjáró hajó C3L-B LNG fogyasztása	Dunai bárka 4 egységes LNG fogyasztása	Dunai bárka 8/9 egységes LNG fogyasztása	Összes hajó LNG igény	Kikötői konténerszállító tgk	BECSÜLT LNG kikötői konténerszállító tgk	LNG kikötői konténerszállító tgk becsült fogyasztás /év	BECSÜLT CNG autóbusz	CNG Autóbusz LNG üzemanyag becsült mennyiség	Összes LNG üzemanyag becsült mennyiség
	db	db	db	db	db	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	db	db	t	db	t	t
2022	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	98 370	17	638	30	1 113	1 750
2023	0	0	1	0	1	-	-	2 637	-	2 637	99 199	34	1 275	60	2 226	4 629
2024	0	0	1	0	1	-	-	2 637	-	2 637	100 028	51	1 913	75	2 782	5 823
2025	0	1	1	0	2	-	774	2 637	-	3 411	100 857	68	2 550	80	2 968	6 978
2026	0	1	2	0	3	-	774	5 273	-	6 047	101 686	85	3 188	85	3 153	8 929
2027	1	1	2	0	4	2 580	774	5 273	-	8 627	102 515	102	3 825	100	3 710	11 227
2028	1	2	3	0	6	2 580	1 548	7 910	-	12 038	103 344	119	4 463	110	4 081	13 696
2029	1	2	3	0	6	2 580	1 548	7 910	-	12 038	104 173	136	5 100	115	4 266	14 519
2030	1	3	4	0	8	2 580	2 322	10 547	-	15 449	105 002	153	5 738	120	4 452	16 801
2031	1	3	4	0	8	2 580	2 322	10 547	-	15 449	105 832	171	6 413	126	4 674	17 699
2032	1	3	4	1	9	2 580	2 322	10 547	3 096	18 545	106 661	188	7 050	126	4 674	19 661
2033	1	3	5	1	10	2 580	2 322	13 184	3 096	21 182	107 490	205	7 688	126	4 674	21 427
2034	1	3	5	1	10	2 580	2 322	13 184	3 096	21 182	108 319	222	8 325	126	4 674	22 065
2035	2	4	5	1	12	5 160	3 096	13 184	3 096	24 536	109 148	239	8 963	126	4 674	24 138
2036	2	4	6	1	13	5 160	3 096	15 820	3 096	27 172	109 977	256	9 600	126	4 674	25 904
2037	2	4	6	1	13	5 160	3 096	15 820	3 096	27 172	110 806	273	10 238	126	4 674	26 542
2038	2	5	7	1	15	5 160	3 870	18 457	3 096	30 583	111 635	290	10 875	126	4 674	28 639
2039	2	5	7	2	16	5 160	3 870	18 457	6 192	33 679	112 464	307	11 513	126	4 674	30 601
2040	2	6	8	2	18	5 160	4 644	21 094	6 192	37 090	113 293	330	12 375	126	4 674	32 924
2041	2	6	8	2	18	5 160	4 644	21 094	6 192	37 090	114 122	342	12 825	126	4 674	33 374

5.1 Beruházás

Az elterjedési szcenárióban az értékesített mennyiségek figyelembe vételével az átadást követő 6. évben szükséges az állomás további bővítése további, 2*200 m³-es tárolóinfrastruktúra kialakításával.

Futamidő	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	SUM 1-25 év
Éves pénzáramlások (EUR)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
A Total investment / Összes beruházás	5 151 515 €						3 090 909 €																				8 242 424 €
E1 Összes beruházási költség	5 151 515 €						3 090 909 €																				8 242 424 €
Induló beruházási költség	5 151 515 €																										5 151 515 €
Bővítő, megújító, pótló beruházás	- €						3 090 909 €																				3 090 909 €
Bővítés							3 090 909 €																				3 090 909 €

5.2 NPV

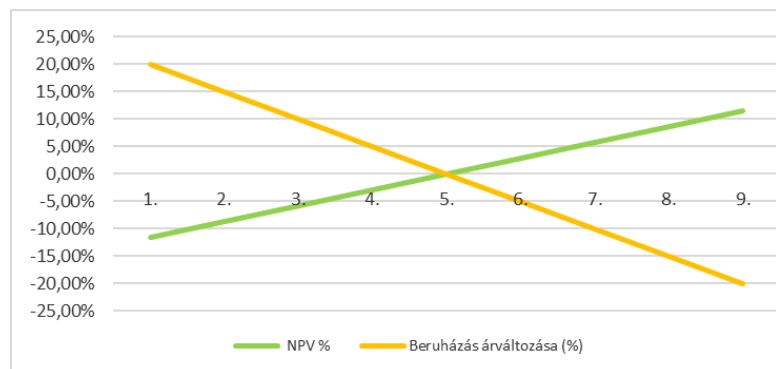
Futamidő	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	TOTAL	
Éves pénzáramlások (EUR)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	EUR	
Beruházás FLKD bank finanszírozás	5 151 515	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5 151 515	
Beruházás költségek	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3 090 909	
A Total investment / Összes beruházási költség	5 151 515	-	-	-	-	-	3 090 909	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8 242 424	
B Éves bevétel	-	806 199	2 129 511	2 678 735	3 209 695	4 107 383	5 164 558	6 299 956	6 678 530	7 728 804	8 141 493	9 044 284	9 856 647	10 149 897	11 103 483	11 915 846	12 209 096	13 173 845	14 076 636	15 144 884	15 351 884	15 351 884	15 351 884	15 351 884	15 351 884	15 351 884	245 729 587	
FA Total direct cost / Összes közvetlen költség	-	698 678	1 847 796	2 324 363	2 785 082	3 564 015	4 481 335	5 466 531	5 795 024	6 706 182	7 064 451	7 847 811	8 552 706	8 807 162	9 634 597	10 339 492	10 593 948	11 431 070	12 214 430	13 141 359	13 320 975	13 320 975	13 320 975	13 320 975	13 320 975	13 320 975	213 221 883	
FB Total indirect cost / Összes közvetett költség	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
V IPA	-	2 130	5 634	7 087	8 492	10 867	13 664	16 668	17 670	20 448	21 541	23 929	26 079	26 855	29 378	31 527	32 303	34 856	37 244	40 071	40 618	40 618	40 618	40 618	40 618	40 618	650 154	
B Éves bevételből következő EBITDA változás (III - IV)	-	106 520	281 714	354 371	424 612	543 368	683 222	833 425	883 507	1 022 421	1 077 043	1 196 473	1 303 941	1 342 736	1 468 886	1 576 354	1 615 148	1 742 775	1 862 206	2 003 525	2 030 909	2 030 909	2 030 909	2 030 909	2 030 909	2 030 909	32 507 705	
IV Társasági nyereségadó alap (III-4)	-	410 762	239 072	167 868	99 031	17 349	154 406	7 486	41 594	177 730	231 259	863 453	968 772	1 006 790	1 130 417	1 235 736	1 273 754	1 707 920	1 824 962	1 963 455	1 990 291	1 990 291	1 990 291	1 990 291	1 990 291	1 990 291	23 615 126	
VI Nettó bevétel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
III Csökkentő tételek összesen	-	517 282	520 786	522 239	523 644	526 019	528 816	840 911	841 913	844 691	845 783	333 020	335 170	335 846	338 469	340 618	341 394	34 856	37 244	40 071	40 618	40 618	40 618	40 618	40 618	40 618	8 892 578	
II Ertékelési módok hatása	-	515 152	515 152	515 152	515 152	515 152	515 152	824 242	824 242	824 242	824 242	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8 242 424	
VII Induló beruházás	-	5 151 515	5 151 515	5 151 515	5 151 515	5 151 515	5 151 515	5 151 515	5 151 515	5 151 515	5 151 515	5 151 515	5 151 515	5 151 515	5 151 515	5 151 515	5 151 515	5 151 515	5 151 515	5 151 515	5 151 515	5 151 515	5 151 515	5 151 515	5 151 515	5 151 515	5 151 515	
VIII Bővítés 1.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VIII Bővítés 2.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VI Társasági nyereségadó	-	-	-	-	1 561	13 897	-	3 743	15 996	20 813	77 711	87 189	90 611	101 738	111 216	114 638	153 713	164 247	176 711	179 126	179 126	179 126	179 126	179 126	179 126	179 126	2 208 541	
CI Vállalati adók utáni operatív pénzáram (adócsúsz)	-	106 520	281 714	354 371	424 612	541 807	669 326	833 425	879 763	1 006 426	1 056 229	1 118 763	1 216 752	1 252 125	1 367 148	1 465 138	1 500 510	1 589 063	1 697 959	1 826 814	1 851 783	1 851 783	1 851 783	1 851 783	1 851 783	1 851 783	30 290 164	
C2 Összes beruházási költség elszámolt értéke	5 151 515	-	-	-	-	-	2 442 790	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7 594 305	
D Total vállalati pénzáramok (CASH FLOW)	-	5 151 515	106 520	281 714	354 371	424 612	541 807	-	2 421 583	833 425	879 763	1 006 426	1 056 229	1 118 763	1 216 752	1 252 125	1 367 148	1 465 138	1 500 510	1 589 063	1 697 959	1 826 814	1 851 783	1 851 783	1 851 783	1 851 783	1 851 783	22 056 739
E Számszerűen vállalati pénzáramok (CASH FLOW)	-	5 151 515	102 423	260 461	315 035	362 960	445 326	-	1 913 813	633 334	642 834	707 101	713 551	726 727	759 980	751 984	789 484	813 539	801 135	815 782	836 161	867 684	845 130	812 625	781 370	751 317	722 420	8 889 068
D NPV (in €)	-	5 151 515	5 049 992	4 788 631	4 473 596	4 110 636	3 665 311	-	5 579 123	4 946 789	4 360 955	3 595 853	2 882 303	2 155 376	1 395 296	643 003	145 892	89 431	1 760 965	2 576 348	3 414 508	4 261 592	5 126 721	5 939 346	6 703 716	7 472 033	8 184 463	8 889 068
IRR	3,00	1,0400	1,0810	1,1240	1,1690	1,2160	1,2650	1,3160	1,3690	1,4230	1,4780	1,5350	1,5930	1,6530	1,7140	1,7770	1,8410	1,9070	1,9750	2,0450	2,1170	2,1910	2,2670	2,3450	2,4250	2,5070	2,5910	

5.3 Modell számítás eredményei

1	Σ NPV (25 év)	8 889 088 €
2	Megtérülési idő	13,8 év
3	EBITDA átlagos értéke	1 300 308 €
4	BCR	107,81%
5	IRR	6,85%

5.4 Érzékenységvizsgálat

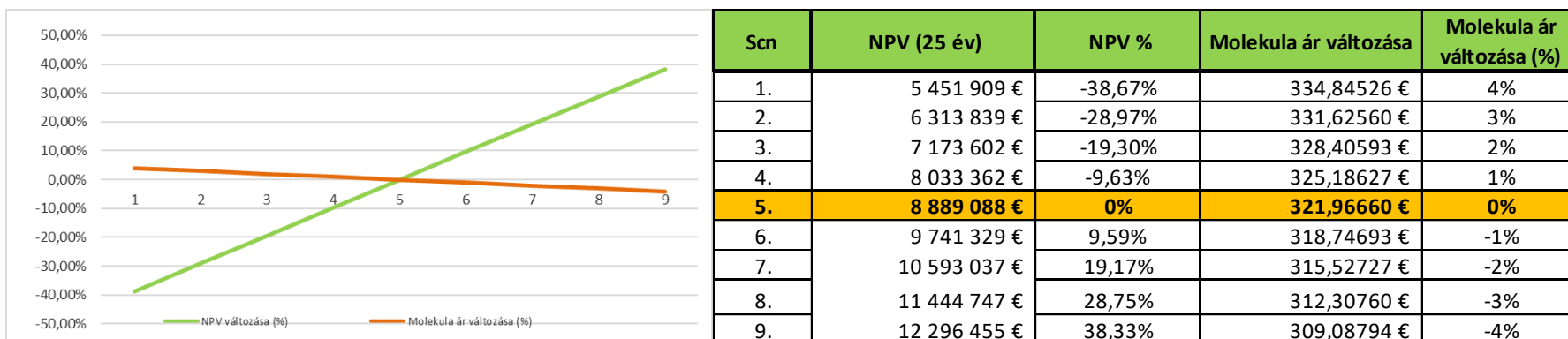
5.4./1 Beruházás árváltozás



Scn	NPV (25 év)	NPV %	Beruházás árváltozása	Beruházás árváltozása (%)
1.	7 858 785 €	-11,59%	6 181 818 €	20%
2.	8 116 361 €	-8,69%	5 924 242 €	15%
3.	8 373 936 €	-5,80%	5 666 667 €	10%
4.	8 631 512 €	-2,90%	5 409 091 €	5%
5.	8 889 088 €	0%	5 151 515 €	0%
6.	9 146 664 €	2,90%	4 893 939 €	-5%
7.	9 404 239 €	5,80%	4 636 364 €	-10%
8.	9 661 815 €	8,69%	4 378 788 €	-15%
9.	9 919 391 €	11,59%	4 121 212 €	-20%

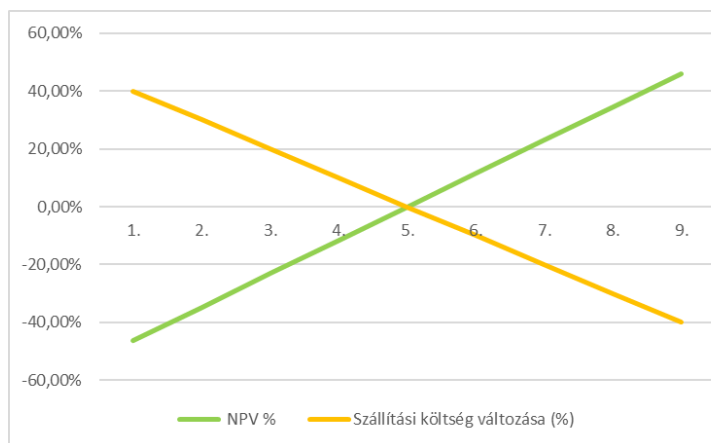
A diagramból látható, hogy a beruházás kezdeti összegének változására a projekt nettó jelenértéke alig érzékeny, tehát egy jelentős beruházási árváltozás (20%) esetében is csak 11,59%-kal csökken a nettó jelenérték.

5.4./2 Molekula árváltozás



A beruházási összeg változásával szemben a molekula árának változására a nettó jelenérték rendkívül érzékenyen reagál, aminek értelmében kijelenthető, hogy ha a feltételezett 321,96 EUR/t molekula árszint feletti összegért sikerül csak az LNG-t beszerezni, a projekt jövedelemtermelő képessége drasztikusan romlik.

5.4./3 Szállítási költség változása



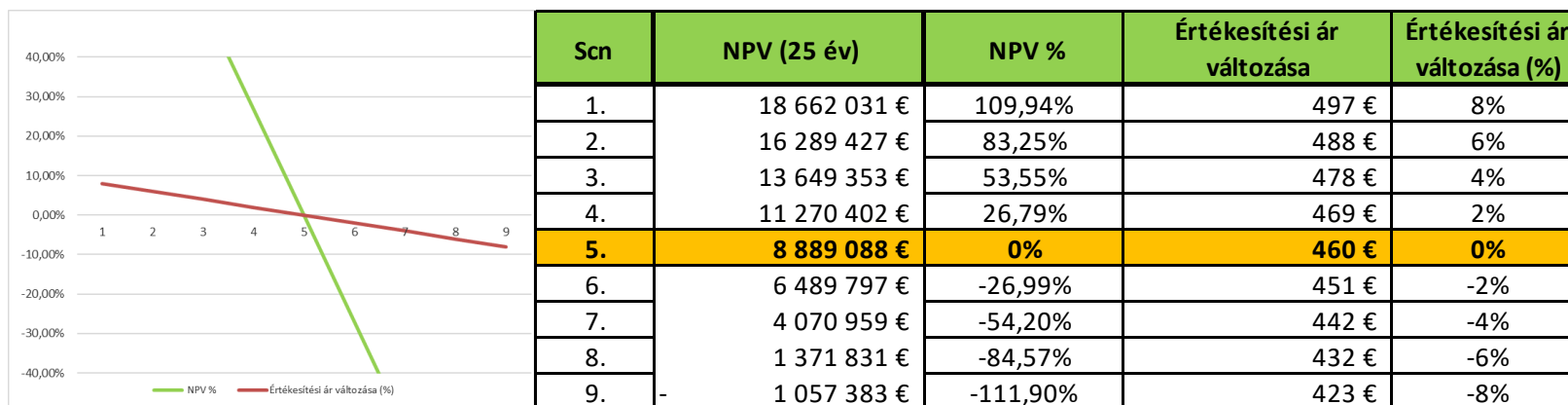
Scn	NPV (25 év)	NPV %	Szállítási költség változása	Szállítási költség változása (%)
1.	4 761 892 €	-46,43%	54,03 €	40%
2.	5 799 987 €	-34,75%	50,17 €	30%
3.	6 831 558 €	-23,15%	46,31 €	20%
4.	7 862 311 €	-11,55%	42,45 €	10%
5.	8 889 088 €	0%	38,59 €	0%
6.	9 910 657 €	11,49%	34,73 €	-10%
7.	10 931 756 €	22,98%	30,87 €	-20%
8.	11 952 855 €	34,47%	27,01 €	-30%
9.	12 973 451 €	45,95%	23,15 €	-40%

A NPV szállítási költsége vonatkozó érzékenységet vizsgálva elmondható, hogy a szállítási költség változásával megegyező mértékben romlik vagy javul a projekt nettó jelenértéke. Tehát minél kisebb a szállítási költség, annál jövedelmezőbb lesz a projekt.

A szállítási költség csökkenése számos több módon érhető el:

- szállítási mód változtatása (kamion helyett vasút vagy tanker hajó)
- szállítási távolság csökkenése – 2022-től a krk-i LNG import terminál is lehet beszállító

5.4./4 Értékesítési ár változása



Az alacsony scenárióban számított NPV legmarkánsabban az értékesítési ár változására reagál. Látható, hogy egy 8%-os értékesítési ár növekmény a projekt nettó jelenértékét megduplázza, de igaz a fordítottjára is, egy 8%-os értékesítési áresés az NPV-t negatívba viszi. Negatív NPV értékű beruházásba pedig nem szabad belevágni.

5.5 LNG meghajtású hajók használatával elérhető CO₂ és annak monetizált megtakarítása

Az alacsony elterjedésű scenárióban külön vizsgáltuk az átalakított hajók üzemanyagfogyasztásából eredő nemzetgazdasági megtakarítási lehetőségeket.

Gázolajról LNG hajtásra⁶² történő átállásakor externália számítás keretében számoltuk az üzemanyagok környezetre gyakorolt hatásainak monetarizált értékét⁶³ euróban kifejezve, valamint a dízelgázolaj és LNG üzemanyagok káros anyag kibocsátásának egyenlegét az üzemanyagváltással megtakarítható t/CO₂ egyenértékben éves bontásban.

	Gázolaj-LNG átállás externália (EUR)	Gázolaj-LNG megtakarítás (t CO ₂ eq)
2022	-	-
2023	24 098	433
2024	24 098	433
2025	31 172	561
2026	55 270	994
2027	78 850	1 418
2028	110 023	1 979
2029	110 023	1 979
2030	141 195	2 539
2031	141 195	2 539
2032	169 491	3 048
2033	193 589	3 481
2034	193 589	3 481
2035	224 243	4 033
2036	248 341	4 466
2037	248 341	4 466
2038	279 513	5 027
2039	307 809	5 535
2040	338 982	6 096
2041	338 982	6 096

⁶² A számításhoz a mono LNG hajtás értékeit vettük alapul, dual fuel módban az externális különbség, valamint megtakarítható CO₂ egyenérték összege értelemszerűen csökken.

⁶³ Ricardo AEA (2014) External Costs of Transport alapján

X.6 KÖZEPES ELTERJEDÉSI SZCENÁRIÓ – 6%-OS LNG PENETRÁCIÓ

A közepes elterjedési szcenárió esetén a következő, a keresletet megalapozó jármű darabszámmal kalkulálunk 2041-ig.

	Tolóhajó - PUSH B4	Őnjáró hajó C3L-B	Dunai bárka 4 egységes	Dunai bárka 8/9 egységes	összesen LNG hajó Dunán	Tolóhajó - PUSH B4 LNG fogyasztása	Őnjáró hajó C3L-B LNG fogyasztása	Dunai bárka 4 egységes LNG fogyasztása	Dunai bárka 8/9 egységes LNG fogyasztása	Összes LNG (m ³)	Kikötői konténerszállító tgc	BECSÜLT LNG kikötői konténerszállító tgc	LNG kikötői konténerszállító tgc becsült fogyasztás /év	BECSÜLT CNG autóbusz	ONG Autóbusz LNG üzemanyag becsült mennyiség	Összes LNG üzemanyag becsült mennyiség
	db	db	db	db	db	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	db	db	t	db	t	t
2022	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	98 370	34	1 275	60	2 226	3 501
2023	0	0	1	0	1	-	-	2 637	-	2 637	99 199	68	2 550	80	2 968	6 646
2024	0	1	2	0	3	-	774	5 274	-	6 048	100 028	102	3 825	100	3 710	10 123
2025	1	2	3	0	6	2 580	1 548	7 910	-	12 038	100 857	136	5 100	120	4 452	14 704
2026	1	2	4	0	7	2 580	1 548	10 547	-	14 675	101 686	170	6 375	140	5 194	17 850
2027	1	2	5	0	8	2 580	1 548	13 184	-	17 312	102 515	204	7 650	150	5 585	20 624
2028	1	3	6	0	10	2 580	2 322	15 821	-	20 723	103 344	238	8 925	160	5 936	23 730
2029	2	4	7	1	14	5 160	3 096	18 457	3 096	29 809	104 173	272	10 200	170	6 307	29 265
2030	2	5	8	1	16	5 160	3 870	21 094	3 096	33 220	105 002	306	11 475	180	6 878	32 371
2031	2	6	8	1	17	5 160	4 644	21 094	3 096	33 994	105 832	340	12 750	190	7 049	34 348
2032	2	6	8	1	17	5 160	4 644	21 094	3 096	33 994	106 661	374	14 025	190	7 049	35 623
2033	2	6	9	1	18	5 160	4 644	23 731	3 096	36 631	107 490	408	15 300	190	7 049	38 027
2034	2	7	9	1	19	5 160	5 418	23 731	3 096	37 405	108 319	442	16 575	190	7 049	39 633
2035	3	7	9	1	20	7 740	5 418	23 731	3 096	39 985	109 148	476	17 850	190	7 049	42 012
2036	3	8	10	2	23	7 740	6 192	26 368	6 192	46 492	109 977	510	19 125	190	7 049	46 072
2037	3	8	12	2	25	7 740	6 192	31 641	6 192	51 765	110 806	544	20 400	190	7 049	49 604
2038	3	9	13	2	27	7 740	6 966	34 278	6 192	55 176	111 635	578	21 675	190	7 049	52 339
2039	4	11	14	2	31	10 320	8 514	36 915	6 192	61 941	112 464	612	22 950	190	7 049	56 509
2040	4	12	15	2	33	10 320	9 288	39 551	6 192	65 351	113 293	646	24 225	190	7 049	59 244
2041	4	12	16	2	34	10 320	9 288	42 188	6 192	67 968	114 122	680	25 500	190	7 049	61 647

6.1 Beruházás

Az elterjedési scenárióban az értékesített mennyiségek figyelembe vételével az átadást követő 3. és 10. évben szükséges az állomás további bővítése további, 2*200 m³-es tárolóinfrastruktúra kialakításával

Futamideő	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	SUM
Éves pénzáramlások (EUR)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	1-25 év
A Total investment / Összes beruházás	5 151 515 €			3 090 909 €							3 090 909 €																11 333 333 €
E1 Összes beruházási költség	5 151 515 €			3 090 909 €							3 090 909 €																11 333 333 €
Induló beruházási költség	5 151 515 €																										5 151 515 €
Bővítő, megújító, beruházás	- €			3 090 909 €							3 090 909 €																6 181 818 €
Bővítés, megújítás				3 090 909 €							3 090 909 €																6 181 818 €

6.2 NPV

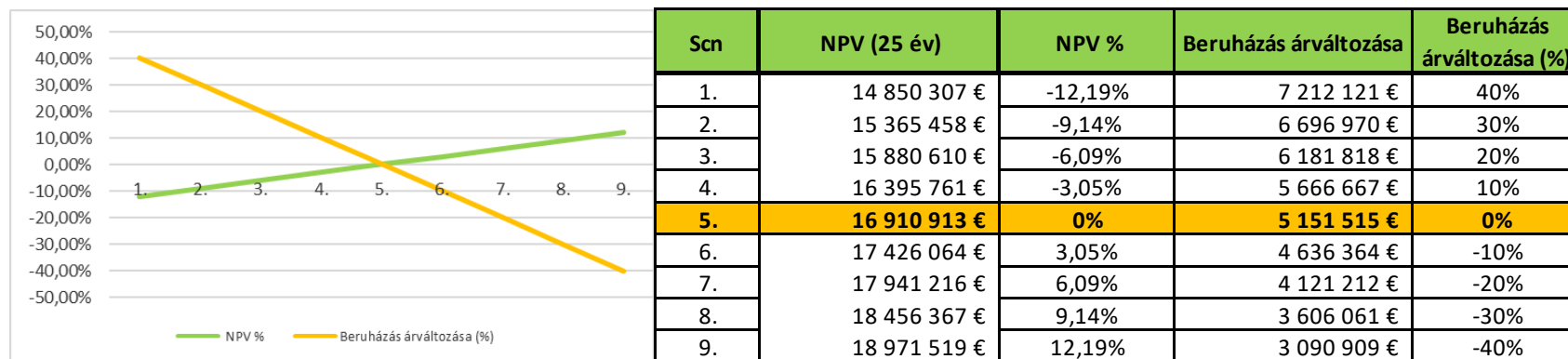
Futamideő	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	TOTAL	
Éves pénzáramlások (EUR)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	EUR	
I Beruházás PI AD bunkerátlómás	5 151 515	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5 151 515	
Bővítő beruházás	-	-	3 090 909	-	-	-	-	-	-	-	3 090 909	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6 181 818	
A Total investment / Összes beruházás	5 151 515	-	3 090 909	-	-	-	-	-	-	-	3 090 909	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11 333 333	
III Éves bevétel	-	1 610 387	3 057 321	4 656 631	6 763 891	8 210 815	9 467 090	10 915 750	13 461 900	14 890 560	16 800 095	16 386 595	17 492 220	18 231 105	19 325 556	21 193 107	22 817 657	24 075 868	25 994 214	27 252 224	28 357 650	28 357 650	28 357 650	28 357 650	28 357 650	28 357 650	461 770 294	
IVA Total direct cost / Összes közvetlen költség	-	-	2 628 629	4 003 686	5 815 469	7 059 508	8 156 825	9 385 161	11 574 295	12 802 630	13 584 631	14 088 893	15 039 480	15 674 770	16 615 758	18 221 444	19 618 375	20 699 989	22 349 348	23 430 962	24 381 558	24 381 558	24 381 558	24 381 558	24 381 558	24 381 558	387 039 210	
IV B Total indirect cost / Összes közvetlen költség	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
V IPA	-	32 208	8 574	13 059	19 968	23 026	26 605	30 612	37 752	44 309	46 954	49 055	51 127	54 196	59 433	63 990	67 518	72 897	76 425	79 526	79 526	79 526	79 526	79 526	79 526	79 526	79 526	1 294 622
B Éves megtakarításból következő E	-	1 610 387	428 693	652 945	948 422	1 151 307	1 330 264	1 530 589	1 887 606	2 087 930	2 215 464	2 297 702	2 452 731	2 556 336	2 709 798	2 971 663	3 199 483	3 375 879	3 644 866	3 821 262	3 976 291	3 976 291	3 976 291	3 976 291	3 976 291	3 976 291	3 976 291	64 731 084
V Törlesztési nyereségszámítás (0-4-6)	-	1 063 038	95 033	124 735	165 211	304 039	479 417	675 734	1 025 911	1 221 929	1 346 912	1 633 566	1 785 494	1 887 027	2 346 511	2 603 139	2 826 402	2 999 270	3 262 878	3 435 746	3 587 675	3 696 766	3 696 766	3 696 766	3 696 766	3 696 766	52 103 129	
4 Névszámítás	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5 Csökkentő tételek összesen	-	547 359	523 725	528 210	843 211	847 269	850 848	854 854	861 995	866 001	868 552	864 136	867 236	869 309	863 287	868 524	873 081	876 608	881 988	885 516	888 617	79 526	79 526	79 526	79 526	79 526	79 526	12 627 955
6 Erőforráskénti leírás	-	515 152	515 152	515 152	824 242	824 242	824 242	824 242	824 242	824 242	824 242	618 182	618 182	618 182	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	-	-	-	-	-	-	11 333 333
7 Névszámítás	-	915 152	915 152	915 152	915 152	915 152	915 152	915 152	915 152	915 152	915 152	915 152	915 152	915 152	915 152	915 152	915 152	915 152	915 152	915 152	915 152	915 152	915 152	915 152	915 152	915 152	915 152	915 152
8 Bővítés 1	-	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091
9 Bővítés 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VI Törlesztési nyereségszámítás	-	98 672	-	11 226	9 469	27 363	43 147	60 816	92 305	109 974	121 222	147 021	160 694	169 852	211 166	234 262	254 376	269 934	293 659	309 217	322 891	350 709	350 709	350 709	350 709	350 709	350 709	4 687 835
C1 Vállalati adók utáni operatív pénzáram	-	1 514 724	428 693	641 719	938 953	1 123 944	1 287 117	1 469 773	1 795 301	1 977 956	2 094 241	2 150 681	2 292 036	2 386 503	2 498 612	2 737 380	2 945 107	3 105 945	3 351 207	3 512 045	3 653 401	3 625 583	3 625 583	3 625 583	3 625 583	3 625 583	3 625 583	60 033 249
C2 Összes beruházási költség díszítő	5 151 515	-	-	2 747 807	-	-	-	-	-	-	2 088 107	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9 987 429	
D Total vállalati pénzáramok (CASH F)	5 151 515	1 514 724	428 693	2 449 190	938 953	1 123 944	1 287 117	1 469 773	1 795 301	1 977 956	2 094 241	2 150 681	2 292 036	2 386 503	2 498 612	2 737 380	2 945 107	3 105 945	3 351 207	3 512 045	3 653 401	3 625 583	3 625 583	3 625 583	3 625 583	3 625 583	48 699 916	
F Díszítőváltási pénzáramok (CASH F)	5 151 515	1 456 465	396 350	2 177 321	602 621	923 800	1 077 227	1 116 906	1 311 609	1 389 686	1 431 599	1 431 599	1 431 599	1 431 599	1 431 599	1 431 599	1 431 599	1 431 599	1 431 599	1 431 599	1 431 599	1 431 599	1 431 599	1 431 599	1 431 599	1 431 599	1 431 599	23 159 279
G E NPV (n év)	- 5 151 515	- 3 695 050	- 3 299 700	- 5 476 021	- 4 673 400	- 3 749 600	- 2 732 373	- 1 615 467	- 303 658	1 086 028	412 715	1 809 756	3 241 355	4 674 627	6 117 513	7 637 484	9 209 900	10 804 409	12 458 659	14 125 625	15 792 889	17 384 017	18 913 851	20 384 845	21 799 262	23 159 279		
Díszítőváltás	1,00	1,0400	1,0816	1,1249	1,1699	1,2167	1,2653	1,3159	1,3686	1,4233	1,4802	1,5395	1,6010	1,6651	1,7317	1,8009	1,8730	1,9479	2,0258	2,1069	2,1911	2,2788	2,3699	2,4647	2,5633	2,6658		

6.3 Modell számítás eredményei

1	Σ NPV (25 év)	23 159 279 €
2	Megtérülési idő	10 év
3	EBITDA átlagos értéke	2 589 243 €
4	BCR	111,34%
5	IRR	14,04%

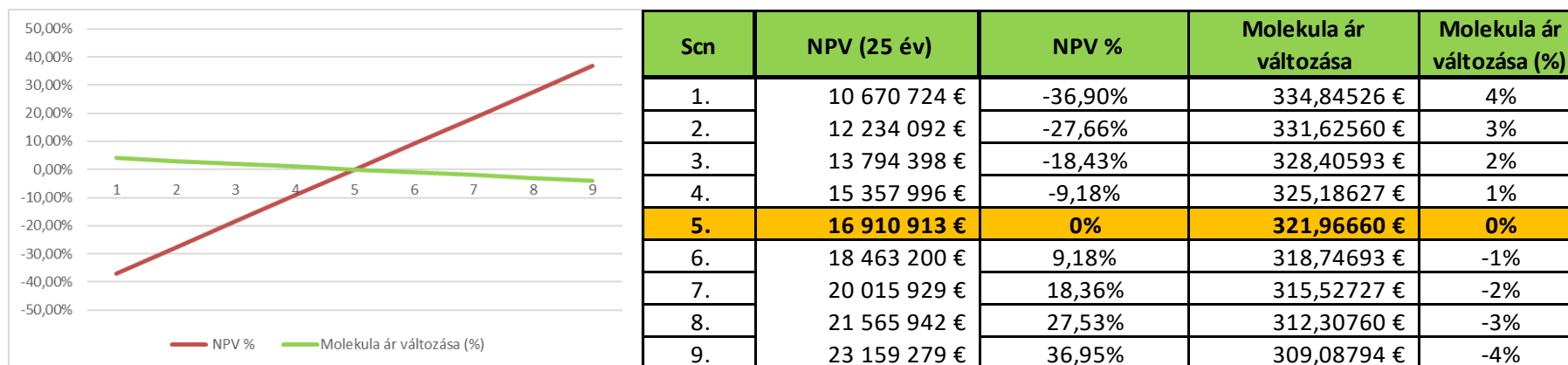
6.4 Érzékenységvizsgálat

6.4./1 Beruházás árváltozás



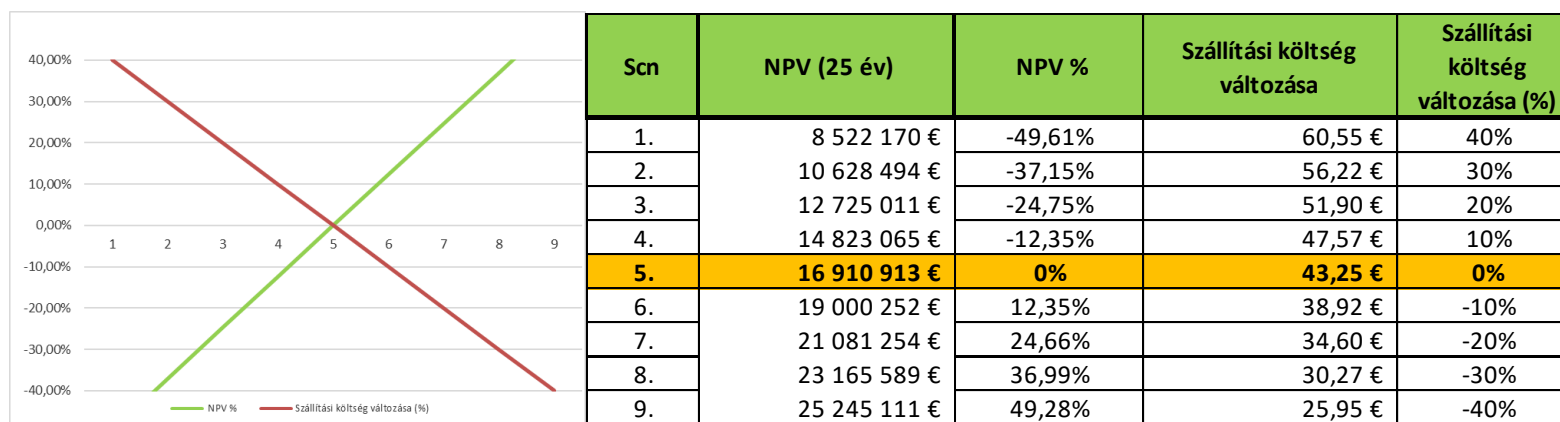
A diagramból látható, hogy a beruházás kezdeti összegének változására a projekt nettó jelenértéke alig érzékeny, tehát egy jelentős beruházási árváltozás (40%) esetében is csak valamivel több, mint 12%-kal csökken a nettó jelenérték.

6.4./2 Molekula ár változása



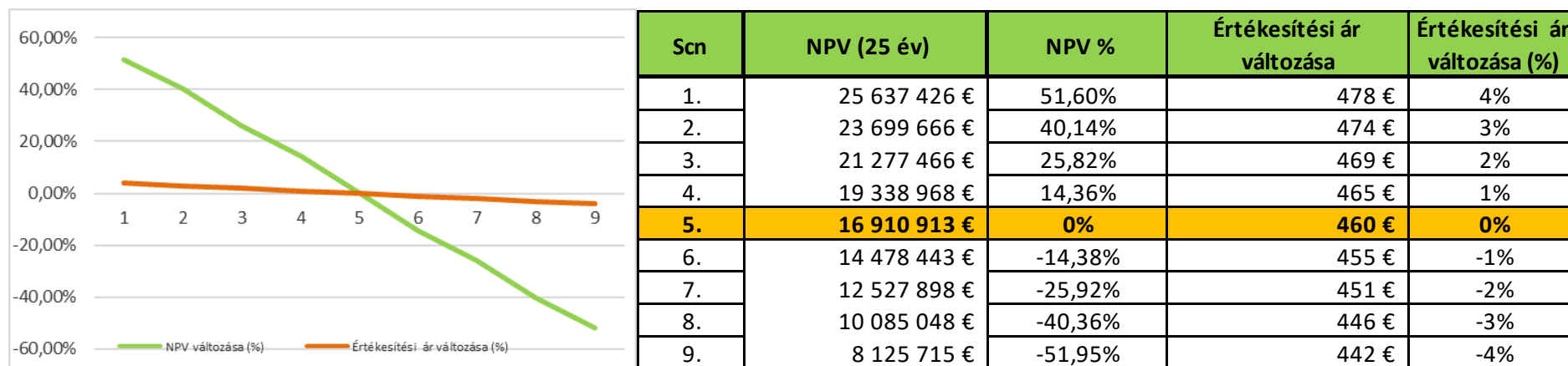
A molekula árának változása viszont jelentősen befolyásolja a nettó jövedelemtermelő képességet. A molekula beszerzési ár 1%-os növekedése mintegy 10%-os NPV csökkenést fog előidézni.

6.4./3 Szállítási költség változása



A közepes scenárió NPV-jét a szállítási költség változása érzékenyen érinti, a költségelem csökkenésével a projekt jövedelemtermelő képessége akár duplázható.

6.4./4 Értékesítési ár változása



A közepes scenárióban számolt NPV értékesítési árra vonatkozó érzékenységről kijelenthető, hogy a modell az értékesítésben elérhető ár változására rendkívül érzékeny, az ár 1%-os változásával az NPV megközelítőleg 14%-ot csökken, illetve nő.

6.5 LNG meghajtású hajók használatával elérhető CO₂ és annak monetizált megtakarítása

A közepes elterjedési scenárióban is vizsgáltuk az átalakított hajók üzemanyagfogyasztásából eredő nemzetgazdasági megtakarítási lehetőségeket.

Gázolajról LNG hajtásra⁶⁴ történő átálláskor externália számítás keretében számoltuk az üzemanyagok környezetre gyakorolt hatásainak monetarizált értékét⁶⁵ euróban kifejezve, valamint a dízelgázolaj és LNG üzemanyagok káros anyag kibocsátásának egyenlegét az üzemanyagváltással megtakarítható t/CO₂ egyenértékben éves bontásban.

	Gázolaj-LNG átállás externália (EUR)	Gázolaj-LNG megtakarítás (t CO ₂ eq)
2022	-	-
2023	24 099	433
2024	55 272	994
2025	110 024	1 979
2026	134 123	2 412
2027	158 222	2 845
2028	189 395	3 406
2029	272 443	4 899
2030	303 616	5 460
2031	310 690	5 587
2032	310 690	5 587
2033	334 789	6 021
2034	341 863	6 148
2035	365 443	6 572
2036	424 912	7 641
2037	473 109	8 508
2038	504 282	9 069
2039	566 109	10 180
2040	597 281	10 741
2041	621 380	11 174

⁶⁴ A számításhoz a mono LNG hajtás értékeit vettük alapul, dual fuel módban az externális különbség, valamint megtakarítható CO₂ egyenérték összege értelemszerűen csökken.

⁶⁵ Ricardo AEA (2014) External Costs of Transport alapján

X.7 MAGAS ELTERJEDÉSI SZCENÁRIÓ – 9%-OS LNG PENETRÁCIÓ

A magas elterjedési scenárió esetén a következő, a keresletet megalapozó jármű darabszámmal kalkulálunk 2041-ig.

		Tolóhajó - PUSH B4	Őnjáró hajó C3L-B	Dunai bárka 4 egységes	Dunai bárka 8/9 egységes	Összesen LNG hajó Dunán	Tolóhajó - PUSH B4 LNG fogyasztása	Őnjáró hajó C3L-B LNG fogyasztása	Dunai bárka 4 egységes LNG fogyasztása	Dunai bárka 8/9 egységes LNG fogyasztása	Összes LNG (m ³)	Kikötői konténerszállító t/gk	BECSÜLT LNG kikötői konténerszállító t/gk	LNG kikötői konténerszállító t/gk becsült fogyasztás /év	BECSÜLT CNG autóbusz	CNG Autóbusz LNG üzemanyag becsült mennyiség	Összes LNG üzemanyag becsült mennyiség
		db	db	db	db	db	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	db	db	t	db	t	t
2022	M	0	0	1	0	1	-	-	2 637	-	4 482	98 370	51	1 913	100	3 710	7 541
2023	M	0	0	2	0	2	-	-	5 274	-	8 966	99 199	102	3 825	150	5 565	13 227
2024	M	0	1	2	0	3	-	774	5 274	-	10 281	100 028	153	5 738	200	7 420	17 557
2025	M	1	2	3	0	6	2 580	1 548	7 910	-	20 466	100 857	204	7 650	210	7 791	24 200
2026	M	1	3	6	0	10	2 580	2 322	15 821	-	35 228	101 696	255	9 563	220	8 161	32 802
2027	M	1	4	7	0	12	2 580	3 096	18 457	-	41 027	102 515	306	11 475	225	8 347	37 381
2028	M	1	5	8	0	14	2 580	3 870	21 094	-	46 825	103 344	357	13 388	230	8 532	41 961
2029	M	2	6	9	1	18	5 160	4 644	23 731	3 096	62 272	104 173	408	15 300	240	8 903	50 856
2030	M	2	7	11	1	21	5 160	5 418	29 004	3 096	72 553	105 002	459	17 213	245	9 089	57 354
2031	M	3	9	12	1	25	7 740	6 966	31 641	3 096	84 053	105 832	510	19 125	253	9 386	64 486
2032	M	3	10	13	1	27	7 740	7 740	34 278	3 096	89 852	106 661	561	21 038	253	9 386	68 880
2033	M	3	10	13	1	27	7 740	7 740	34 278	3 096	89 852	107 490	612	22 950	253	9 386	70 792
2034	M	4	11	14	2	31	10 320	8 514	36 915	6 192	105 299	108 319	663	24 863	253	9 386	79 316
2035	M	4	12	15	2	33	10 320	9 288	39 551	6 192	111 097	109 148	714	26 775	253	9 386	83 710
2036	M	4	13	16	2	35	10 320	10 062	42 188	6 192	116 896	109 977	765	28 688	253	9 386	88 105
2037	M	5	14	17	2	38	12 900	10 836	44 825	6 192	127 080	110 806	816	30 600	253	9 386	94 376
2038	M	5	15	18	2	40	12 900	11 610	47 462	6 192	132 878	111 635	867	32 513	253	9 386	98 770
2039	M	6	16	20	2	44	15 480	12 384	52 735	6 192	147 545	112 464	918	34 425	253	9 386	106 960
2040	M	6	17	22	2	47	15 480	13 158	58 009	6 192	157 825	113 293	969	36 338	253	9 386	113 273
2041	M	6	18	24	2	50	15 480	13 932	63 282	6 192	168 107	114 122	1 020	38 250	253	9 386	119 585

7.1 Beruházás

Az elterjedési scenárióban az értékesített mennyiségek figyelembe vételével az átadást követő 4. és 7. és 12. évben szükséges az állomás további bővítése további, 2*200 m³-es tárolóinfrastruktúra kialakításával

2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	SUM	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	1-25 év	
5 151 515 €				3 090 909 €			3 090 909 €					3 090 909 €															14 424 242 €
5 151 515 €				3 090 909 €			3 090 909 €					3 090 909 €															14 424 242 €
5 151 515 €				3 090 909 €			3 090 909 €					3 090 909 €															9 272 727 €
- €				3 090 909 €			3 090 909 €					3 090 909 €															9 272 727 €

7.2 NPV

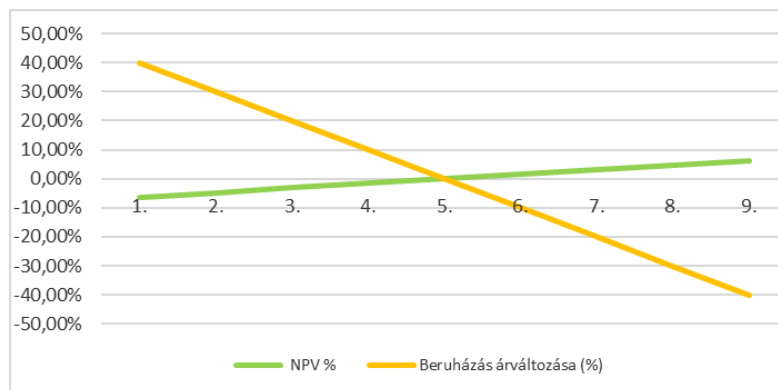
Futamidek	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	TOTAL
Eves pénzügyesek (EUR)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	EUR
I. Beruházás PIAD bunnadomlás	5 151 515	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5 151 515
Bővítés beruházások	-	-	-	-	3 090 909	-	-	-	-	3 090 909	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9 272 727
A. Total investment / Összes beruházási költség	5 151 515	-	-	-	3 090 909	-	-	-	-	3 090 909	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14 424 242
III. Éves bevétel (EUR)	-	3 468 758	6 084 269	8 076 321	11 131 804	15 088 797	17 195 440	19 302 082	23 393 784	26 382 939	29 653 347	31 684 655	32 564 415	36 485 467	39 506 785	40 528 102	43 412 936	45 434 253	49 201 600	52 105 431	55 009 261	55 009 261	55 009 261	55 009 261	55 009 261	55 009 261	859 786 761
IVA. Total indirect cost / Összes közvetlen költség	-	3 108 066	5 451 608	7 236 520	9 974 285	13 519 818	15 407 406	17 294 993	20 961 227	23 639 581	26 578 862	28 389 997	29 178 268	32 691 597	34 502 732	36 313 867	38 898 727	40 709 862	44 085 468	46 687 350	49 289 231	49 289 231	49 289 231	49 289 231	49 289 231	49 289 231	770 365 603
IV.B Total direct cost / Összes közvetlen költség	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V. IPA	-	7 214	12 653	16 796	23 150	31 380	35 761	40 142	48 651	54 868	61 690	65 893	67 723	75 877	80 061	84 265	90 284	94 488	102 323	108 362	114 401	114 401	114 401	114 401	114 401	114 401	1 788 023
B. Éves megtérülésből következő EBITDA vált	-	360 692	632 661	839 800	1 157 519	1 568 979	1 788 034	2 007 089	2 432 557	2 743 378	3 084 485	3 294 668	3 386 147	3 793 870	4 004 052	4 214 235	4 514 209	4 724 392	5 116 132	5 418 081	5 720 030	5 720 030	5 720 030	5 720 030	5 720 030	5 720 030	89 401 158
V. Társasági nyereségadó alap (B+D-5)	-	161 673	104 856	307 853	619 217	713 357	928 031	1 142 705	1 250 572	1 555 177	1 889 462	2 010 992	2 200 242	2 790 720	2 996 699	3 511 789	3 805 743	4 011 722	4 704 718	5 000 628	5 296 539	5 296 539	5 296 539	5 296 539	5 296 539	5 296 539	73 188 893
4. Növekvő létszám	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B. Csökkentendő költségek összesen	-	522 365	527 805	531 848	536 302	556 622	560 001	564 384	1 181 984	1 188 201	1 196 023	684 074	685 805	1 003 150	1 007 354	702 467	708 466	712 670	611 514	417 453	423 452	423 452	423 452	423 452	423 452	423 452	16 212 266
B. Értékpótlási költségek	-	515 152	515 152	515 152	515 152	824 242	824 242	824 242	1 133 333	1 133 333	1 133 333	618 182	618 182	927 273	927 273	618 182	618 182	618 182	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	14 424 242
Induló beruházás	-	515 152	515 152	515 152	515 152	515 152	515 152	515 152	515 152	515 152	515 152	515 152	515 152	515 152	515 152	515 152	515 152	515 152	515 152	515 152	515 152	515 152	515 152	515 152	515 152	515 152	515 152
Bővítés 1.	-	-	-	-	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091	309 091
Bővítés 2.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bővítés 3.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VI. Társasági nyereségadó	-	-	9 437	27 707	55 730	64 202	83 523	102 843	112 551	139 966	170 052	234 953	243 022	251 165	269 703	316 059	342 517	361 055	423 425	450 057	476 688	476 688	476 688	476 688	476 688	476 688	6 601 551
C1. Vállalati adók utáni operatív pénzáram (adózó)	-	360 692	623 224	812 094	1 101 789	1 504 777	1 704 511	1 904 246	2 320 005	2 603 412	2 914 433	3 059 714	3 143 125	3 542 705	3 734 350	3 998 176	4 171 092	4 363 337	4 692 707	4 968 024	5 243 342	5 243 342	5 243 342	5 243 342	5 243 342	5 243 342	82 799 607
C2. Összes beruházási költség diszkontált értéke	5 151 515	-	-	-	2 642 122	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D. Total vállalati pénzáramok (CASH FLOW)	5 151 515	360 692	623 224	812 094	1 101 789	1 504 777	1 704 511	1 904 246	2 320 005	2 603 412	2 914 433	3 059 714	3 143 125	3 542 705	3 734 350	3 998 176	4 171 092	4 363 337	4 692 707	4 968 024	5 243 342	5 243 342	5 243 342	5 243 342	5 243 342	5 243 342	82 799 607
F. Diszkontált vállalati pénzáramok (CASH FLOW)	5 151 515	346 619	576 205	721 948	1 000 308	1 236 817	1 347 100	1 501 767	1 695 205	1 829 123	1 968 887	1 987 532	32 614	2 127 657	2 156 494	2 164 519	2 227 300	2 240 020	2 316 452	2 358 035	2 392 993	2 390 954	2 212 456	2 116 075	2 034 688	1 956 430	32 592 734
G. Σ NPV in év	5 151 515	-4 804 698	-4 228 490	-3 506 542	-2 206 850	-3 970 033	-2 622 933	-3 524 709	-1 829 495	-372	1 968 515	3 956 047	3 988 661	6 116 317	8 272 811	10 437 330	12 664 630	14 904 651	17 221 103	19 579 138	21 972 131	24 273 085	26 485 541	28 601 616	30 630 304	32 592 734	
Diszkontálás	1,00	1,0400	1,0816	1,1249	1,1699	1,2167	1,2653	1,3159	1,3686	1,4233	1,4802	1,5395	1,6010	1,6651	1,7317	1,8009	1,8730	1,9479	2,0258	2,1069	2,1911	2,2788	2,3699	2,4647	2,5633	2,6656	

7.3 Modell számítás eredményei

1	Σ NPV (25 év)	32 592 734 €
2	Megtérülési idő	9 év
3	EBITDA átlagos értéke	3 576 046 €
4	BCR	108,20%
5	IRR	15,47%

7.4 Érzékenységvizsgálat

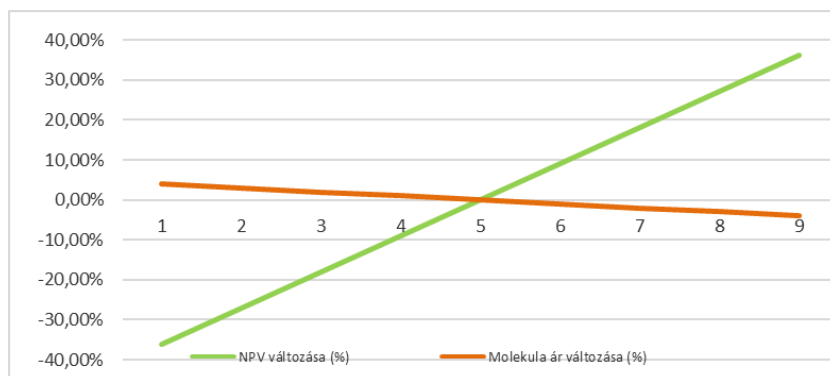
7.4./1 Beruházás árváltozás



Scn	NPV (25 év)	NPV %	Beruházás árváltozása	Beruházás árváltozása (%)
1.	30 532 128 €	-6,32%	7 212 121 €	40%
2.	31 047 279 €	-4,74%	6 696 970 €	30%
3.	31 562 431 €	-3,16%	6 181 818 €	20%
4.	32 077 582 €	-1,58%	5 666 667 €	10%
5.	32 592 734 €	0%	5 151 515 €	0%
6.	33 107 885 €	1,58%	4 636 364 €	-10%
7.	33 623 037 €	3,16%	4 121 212 €	-20%
8.	34 138 188 €	4,74%	3 606 061 €	-30%
9.	34 653 340 €	6,32%	3 090 909 €	-40%

A diagramból látható, hogy a beruházás kezdeti összegének változására a projekt nettó jelenértéke nem érzékeny, egy jelentős beruházási árváltozás (40%) esetében is csak 6%-kal csökken a nettó jelenérték.

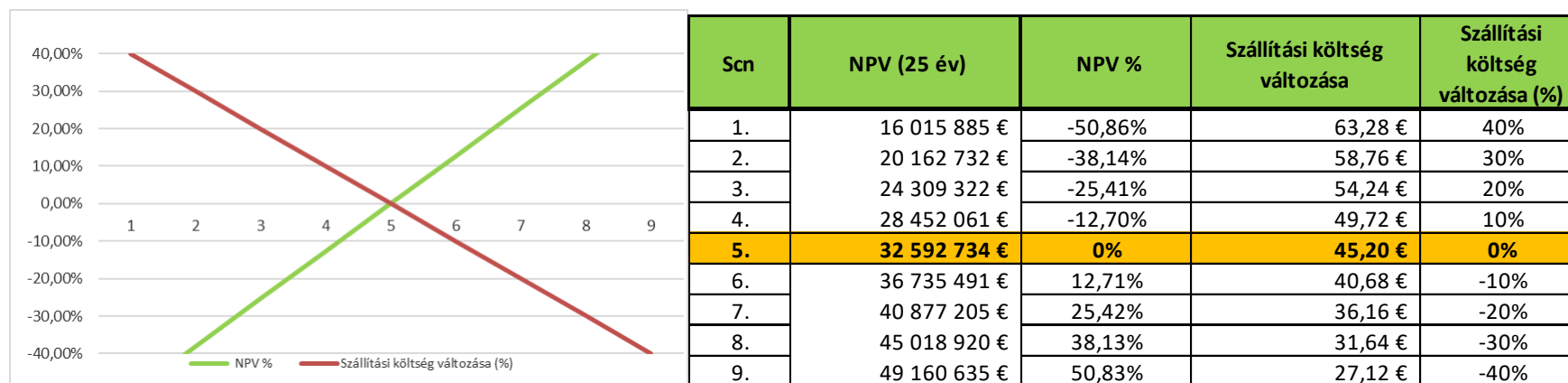
7.4./2 Molekula ár változása



Scn	NPV (25 év)	NPV %	Molekula ár változása	Molekula ár változása (%)
1.	20 782 455 €	-36,24%	334,84533 €	4%
2.	23 736 442 €	-27,17%	331,62567 €	3%
3.	26 688 653 €	-18,11%	328,40600 €	2%
4.	29 639 167 €	-9,06%	325,18633 €	1%
5.	32 592 734 €	0%	321,96667 €	0%
6.	35 540 194 €	9,04%	318,74700 €	-1%
7.	38 490 708 €	18,10%	315,52733 €	-2%
8.	41 441 221 €	27,15%	312,30767 €	-3%
9.	44 391 735 €	36,20%	309,08800 €	-4%

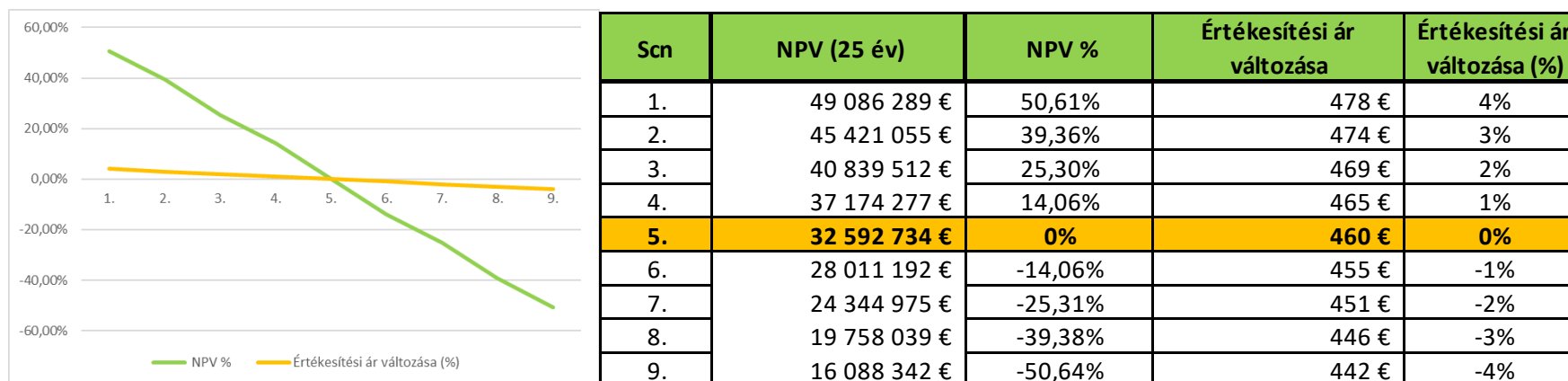
A molekula árának változása viszont jelentősen befolyásolja a jövedelemtermelő képességet. A beszerzési ár 1%-os növekedése 9%-os NPV csökkenést fog előidézni.

7.4./3 Szállítási költség változása



Az NPV a szállítási költség változásra érzékenyen reagál. A szállítási költség csökkentésével jelentős jövedelmezőség javulás várható.

7.4./4 Értékesítési ár változása



A diagramon látható, hogy már egy kis árváltozás is nagymértékű NPV változást eredményez, így az értékesítési árra rendkívül érzékeny a projekt jövedelmezősége.

7.5 LNG meghajtású hajók használatával elérhető CO₂ és annak monetizált megtakarítása

A magas elterjedési scenárióban is vizsgáltuk az átalakított hajók üzemanyagfogyasztásából eredő nemzetgazdasági megtakarítási lehetőségeket.

Gázolajról LNG hajtásra⁶⁶ történő átállásakor externália számítás keretében számoltuk az üzemanyagok környezetre gyakorolt hatásainak monetarizált értékét⁶⁷ euróban kifejezve, valamint a dízelgázolaj és LNG üzemanyagok káros anyag kibocsátásának egyenlegét az üzemanyagváltással megtakarítható t/CO₂ egyenértékben éves bontásban.

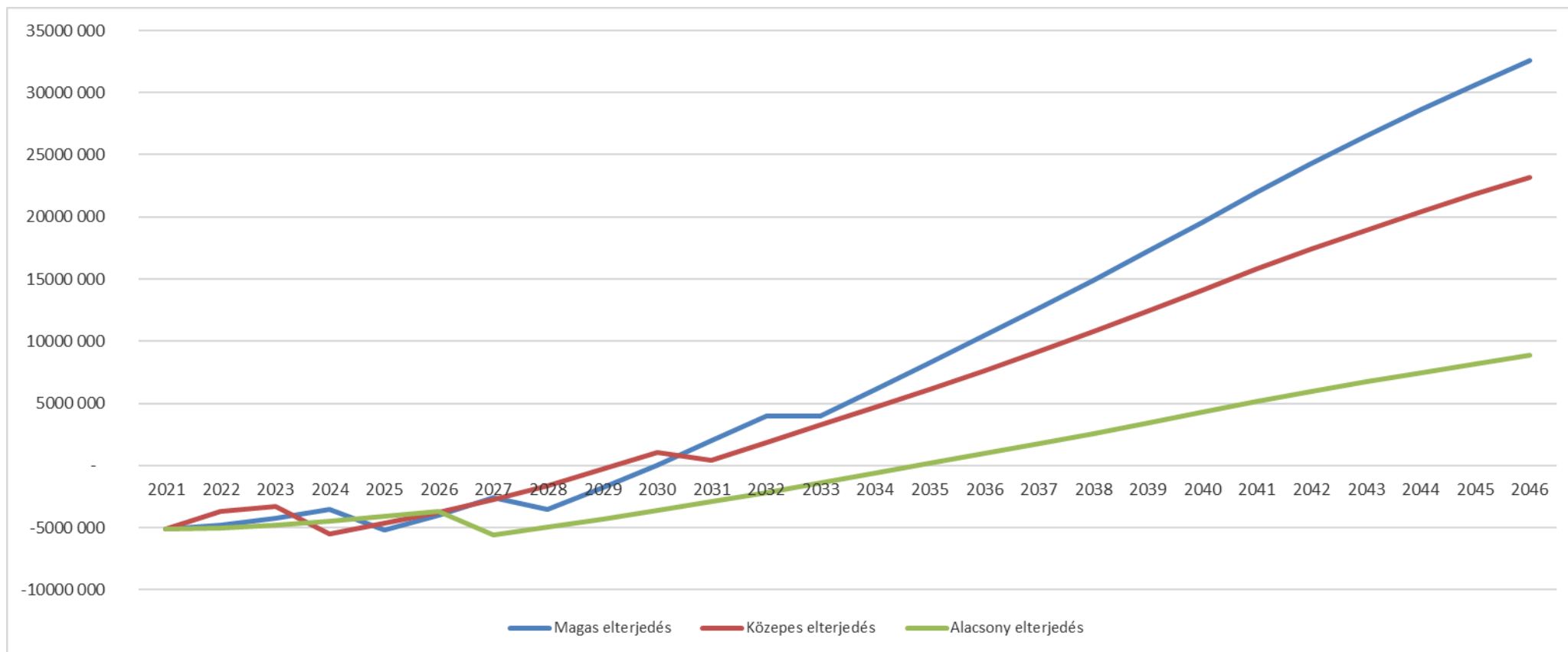
	Gázolaj-LNG átállás externália (EUR)	Gázolaj-LNG megtakarítás (t CO ₂ eq)
2022	40 968	737
2023	81 936	1 473
2024	93 962	1 690
2025	187 041	3 364
2026	321 971	5 790
2027	374 964	6 743
2028	427 958	7 696
2029	569 141	10 235
2030	663 103	11 925
2031	768 208	13 815
2032	821 202	14 768
2033	821 202	14 768
2034	962 385	17 307
2035	1 015 378	18 260
2036	1 068 372	19 213
2037	1 161 452	20 886
2038	1 214 445	21 839
2039	1 348 493	24 250
2040	1 442 455	25 940
2041	1 536 416	27 629

⁶⁶ A számításhoz a mono LNG hajtás értékeit vettük alapul, dual fuel módban az externális különbség, valamint megtakarítható CO₂ egyenérték összege értelem szerűen csökken.

⁶⁷ Ricardo AEA (2014) External Costs of Transport alapján

X.8 AZ ELTERJEDÉSI SZCENÁRIÓK NPV-JÉNEK ÖSSZEHALONLÍTÁSA

A kiinduló beruházási költségek mindhárom elterjedési szcenárió mentén azonosak voltak. Az alacsony elterjedés számításakor 1 további bővítést, a közepes szcenárió esetén további 2, míg a magas elterjedési forgatókönyv esetén további 3 bővítéses beruházásra van szükség a felmerülő üzemanyag igények kiszolgálására.



XI. A PL4D PROJEKT ENERGETIKAI HATÁSAI

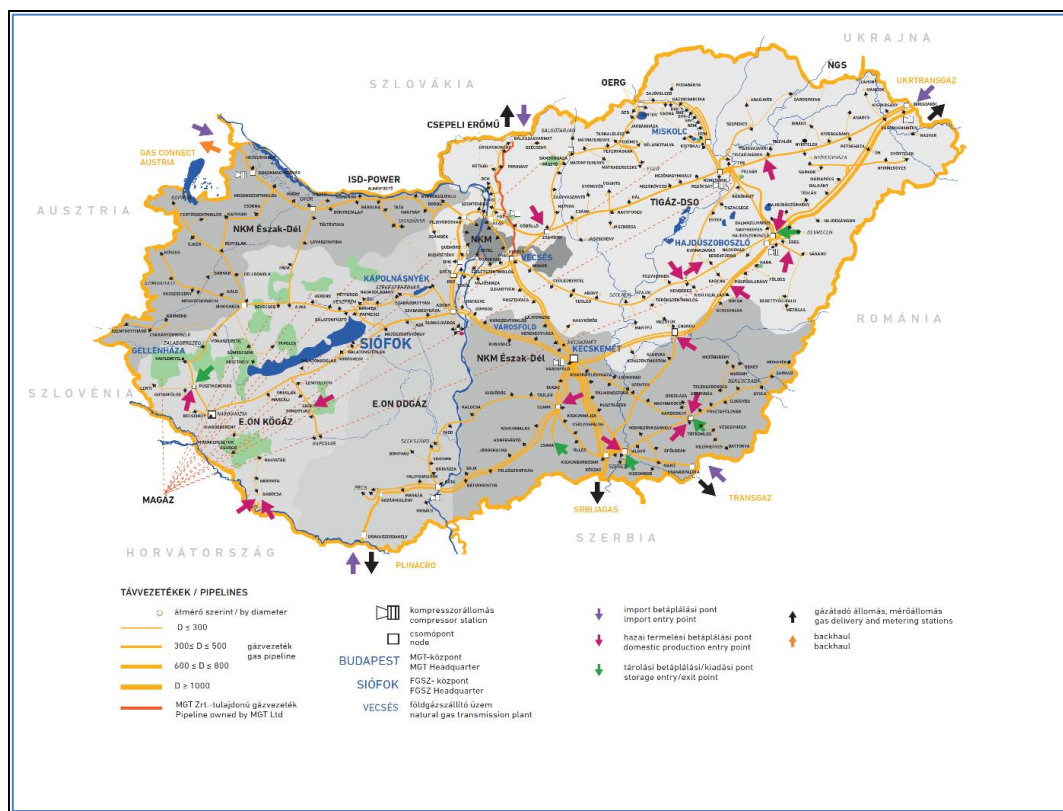
XI.1 AZ ORSZÁG ENERGIA KITETTSÉGÉNEK CSÖKKENTÉSE, TÖBB-UTAS GÁZELLÁTÁS

Az ország külső energia függőségének csökkentését lehet elemezni az ún. több-utas, vagy több irányú és forrású gázellátás lehetőségének feltárásával.

A több irányú gázellátás megteremtésére már a 90-es években megkezdődtek az erőfeszítések. Az addigi kizárólag orosz gáz Ukrajna felőli belépésével hazánk ellátása egyoldalú volt. Az akkori gázpiacon az orosz gáz mellett 20-30%-ban hazai kitermelésű gáz is jelen volt. A hazai jelentős gázmezők kitermelésének leállításával a helyzet megváltozott. Láthatóvá vált, hogy a kb. 90%-os import gáz függőség elkerülhetetlen, de az egyoldalú ellátás hazánk kitettségét idézi elő.

1996-ban elindult Ausztria felől a gáz betáplálása, igaz akkor még orosz gázmolekulával, de a két irányú megtáplálás nagyobb biztonságot jelenthetett az országnak.

Ma a következőképpen néz ki a betáplálás, amit az Földgázszolgáltató (FGSZ) Zrt. térképe jól mutat.



Forrás: MEKH „A magyar földgáz rendszer 2018 évi adatai”

146. ábra A magyar földgáz rendszer hálózata

2018-as adatok alapján látható, hogy az infrastrukturális feltételek Románia, Horvátország, Szlovákia felől is adottak. A rendszer összeköttetések önmagában még nem oldják meg a problémát, valódi új forrás is kell hozzá, melyek a következő 2-3 évben elérhetővé válnak:

- Horvátország felől várhatóan 2022-től beléphet a krk-i LNG import terminál, ahonnan földgázt vásárolhatunk visszagázosított halmazállapotban vezetékre táplálással, vagy cseppfolyós halmazállapotban, amelyek tartálykocsikkal szállíthatók.
- Románia felől a tervezett fekete-tengeri mezők feltárásával 4-5 éves távlatban új forrás beszállítható lesz.
- Szlovákia felől a megépített összekötő vezetékről egyelőre szintén orosz gáz, de szlovák és lengyel összeköttéseken keresztül később újabb lengyel forrás is megjelenhet.

A Magyar Energetikai és Közműszolgáltatási Hivatal 2018-ban is elkészítette a rendszerirányítóval a 10 éves fejlesztési tervet, melyben ezek a lehetőségek, hozzátartozó belföldi fejlesztési szükségletekkel részletesen kidolgozásra kerültek, és azt a Hivatal jóváhagyta.

XI.2 ENERGETIKAI HATÁSOK AZ IMPORT PIACON

A hazai energetikai import piacra vonatkozó hatásokat több aspektusból is lehet elemezni:

- LNG importra gyakorolt hatás
- Földgáz importra gyakorolt hatás
- Dízelgázolaj termék importra gyakorolt hatás
- A villamos energetikai importot ebből az aspektusból nincs különösebb értelme vizsgálni, mivel az atomenergia a tervezett növekményével mindent felülír.

Az LNG bevezetésének és elterjesztésének energetikai hatását a 2016-os PAN-LNG projekt részletesen tárgyalta, és a közlekedésben prognosztizálható LNG igényeket a projekt 1.2-es tanulmányfejezetében rendkívül részletesen kidolgozták. Az összesített igényeket 3 scenárióban dolgozták fel, alacsony, közepes és magas. A gázigényt (t) az alábbi táblázatban jelenítették meg 2016-2030 időszak vonatkozásában.

		2016	2020	2025	2030
L	CNG	6 150	43 318	86 728	216 060
	LNG	0	13 125	36 563	101 563
M	CNG	6 150	85 410	325 160	544 070
	LNG	0	95 938	238 125	536 875
H	CNG	6 150	168 250	519 085	925 925
	LNG	0	137 813	348 125	762 500

Forrás: Pan-LNG, 2016

Az akkori információk az indulásról és a felfutásról a mai tudásunk szerint évekkel eltolódik, ezért jelen elemzésünkben;

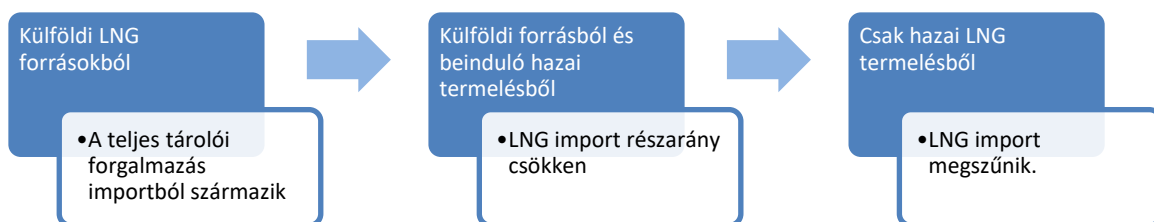
- a 2020-as becslést 2025-re,
- a 2025-ös becslést 2030-ra,
- a 2030-as becslést 2040-re prognosztizáljuk.

2.1 LNG import vizsgálata

A szigetszentmiklósi közúti LNG töltőállomás LNG mennyiségén túlmenően LNG importunk gyakorlatilag nincs.

A PL4D projekt keretében megépítendő terminál belépésével ez a helyzet megváltozik. Egyelőre nem látjuk reális esélyét annak, hogy hazai - földgázból vagy biogázból előállított - LNG középtávon belépjen a létesítendő töltőállomás ellátási láncába, mivel a földgáz átalakításához helyi cseppfolyósító állomás kialakítása szükséges, a biogáz előállítási feltételek Magyarországon korlátozottak.

Mindezek ellenére feltételezve azt az esetet, hogy a hazai LNG előállítás feltételei kialakulnak tulajdonképpen 3 különböző, az ellátási láncban történő hazai LNG termelés részarány mértékének megfelelő scenáriót lehet felvázolni.



Az azonban bizonyos, hogy a PL4D projekt keretében létesítendő small scale terminál 2022-es üzembehelyezésre nem lesz hazai termelés. Ezért az indulási és az azt követő években biztosan csak importtal számolhatunk. Az a tény, hogy tartálykocsikkal vagy hajóval történik-e a beszállítás az import vizsgálatától független. A fentieket, valamint az LNG forgalom három scenárióját (alacsony, közepes, magas) figyelembevéve a következő táblázatban foglaljuk össze. A számításban a hazai részarányt max. 90 %-ig engedjük fel.

Év	Scenáriók	Éves LNG forgalom (t)			
		Összes igény	100 % importból	50 % import 50 % hazai termelés esetén az import mennyisége	90 % hazai termelés esetén az import mennyisége
2022	Alacsony	1 750	1 750	875	175
	Közepes	3 501	3 501	1 751	350
	Magas	7 541	7 541	3 771	754
2023	Alacsony	4 629	4 629	2 315	463
	Közepes	6 646	6 646	3 323	665
	Magas	13 227	13 227	6 614	1 323
2024	Alacsony	5 823	5 823	2 912	582
	Közepes	10 123	10 123	5 062	1 012
	Magas	17 557	17 557	8 779	1 756
2025	Alacsony	6 978	6 978	3 489	698
	Közepes	14 704	14 704	7 352	1 470
	Magas	24 200	24 200	12 100	2 420
2026	Alacsony	8 929	8 929	4 465	893
	Közepes	17 850	17 850	8 925	1 785
	Magas	32 802	32 802	16 401	3 280
2027	Alacsony	11 227	11 227	5 614	1 123
	Közepes	20 624	20 624	10 312	2 062
	Magas	37 381	37 381	18 691	3 738
2028	Alacsony	13 696	13 696	6 848	1 370
	Közepes	23 730	23 730	11 865	2 373
	Magas	41 961	41 961	20 981	4 196
2029	Alacsony	14 519	14 519	7 260	1 452
	Közepes	29 265	29 265	14 633	2 927
	Magas	50 856	50 856	25 428	5 086
2030	Alacsony	16 801	16 801	8 401	1 680
	Közepes	32 371	32 371	16 186	3 237
	Magas	57 354	57 354	28 677	5 735
2031	Alacsony	17 699	17 699	8 850	1 770
	Közepes	34 348	34 348	17 174	3 435
	Magas	64 486	64 486	32 243	6 449
2032	Alacsony	19 661	19 661	9 831	1 966
	Közepes	35 623	35 623	17 812	3 562
	Magas	68 880	68 880	34 440	6 888
2033	Alacsony	21 427	21 427	10 714	2 143
	Közepes	38 027	38 027	19 014	3 803
	Magas	70 792	70 792	35 396	7 079
2034	Alacsony	22 065	22 065	11 033	2 207
	Közepes	39 663	39 663	19 832	3 966
	Magas	79 316	79 316	39 658	7 932
2035	Alacsony	24 138	24 138	12 069	2 414
	Közepes	42 012	42 012	21 006	4 201
	Magas	83 710	83 710	41 855	8 371
2036	Alacsony	25 904	25 904	12 952	2 590
	Közepes	46 072	46 072	23 036	4 607
	Magas	88 105	88 105	44 053	8 811
2037	Alacsony	26 542	26 542	13 271	2 654
	Közepes	49 604	49 604	24 802	4 960
	Magas	94 376	94 376	47 188	9 438
2038	Alacsony	28 639	28 639	14 320	2 864
	Közepes	52 339	52 339	26 170	5 234
	Magas	98 770	98 770	49 385	9 877
2039	Alacsony	30 601	30 601	15 301	3 060
	Közepes	56 509	56 509	28 255	5 651
	Magas	106 960	106 960	53 480	10 696
2040	Alacsony	32 924	32 924	16 462	3 292
	Közepes	59 244	59 244	29 622	5 924
	Magas	113 273	113 273	56 637	11 327
2041	Alacsony	33 374	33 374	16 687	3 337
	Közepes	61 647	61 647	30 824	6 165
	Magas	119 585	119 585	59 793	11 959

2.2 Földgáz import vizsgálata

Az LNG forgalom magyarországi földgáz importra való hatását már kicsit konkrétan lehet vizsgálni. A hazai energetikai importban a földgáz import részaránya ma már közel van az 50 %-hoz. A Magyar Energetikai és Közműszabályozási Hivatal kiadványából az alábbi táblázat mutatja a részletes értékeket az elmúlt 4 évre.

43. táblázat A magyar földgázrendszer főbb adatai 2015-2018 között

Év	2015	2016	2017	2018
Földgázimport (PJ)	237,8	302,6	467,39	444,69
Energiahordozó-import összesen (PJ)	734,3	786,2	993,41	1004,02
Földgáz import részaránya az energiahordozó importból (%)	32,4	38,5	47,05	44,29

Forrás: MEKH, 2018

A földgáz importunk értékét mutatja a következő táblázat.

44. táblázat Hazai célú gázforgalmazás (1000 m³/év)

	2015	2016	2017	2018
Belföldi földgáz felhasználás	8 907	9 594	10 297	9 883
Hazai termelés	2 132	2 260	2 501	2 362
Hazai célú import	6 775	7 334	7 796	7 521

Forrás: MEKH, 2018

Tulajdonképpen 2018-as, hazai célú import számával tudjuk összevetni a tervezett LNG forgalmat. Látható, hogy a 2018. évi 7,5 milliárd m³-es import mennyiséghez képest az LNG részaránya minimális lesz. Amennyiben az LNG forgalmunk elérné az éves 200 ezer m³-t, az gázhalmazállapotban 120 millió m³-t jelentene, így az LNG-vel kiváltható mennyiség az importnak mindössze 1,6 %-a.

Ráadásul egy ilyen egyszerű összevetést sem tehetünk, mert a földgáz és az LNG piaci szegmensei eltérnek.

- A földgáz hazai felhasználási területe ipari, erőművi, lakossági és közületi fűtési célú. A közlekedésben CNG részaránya alig mérhető.
- Az LNG felhasználás elsősorban közlekedési célú és a dízelgázolaj kiváltása érdekében tervezik elterjeszteni.

Mindezeket figyelembe véve azt kell megállapítanunk, hogy a földgáz importra még hosszútávon sem lesz befolyással az LNG forgalom. Még akkor sem, ha a vizsgált 2040-es évekig visszaszorítjuk a földgáz felhasználásunkat, mert azt teljesen más hatások fogják befolyásolni.

2.3 Dízelgázolaj import vizsgálata

Az LNG hajtás bevezetése esetén az a dízel hajtású járműveket fogja érinteni, ezért az LNG dízelgázolaj importra történő hatását lehet megvizsgálni.

Hosszútávú, megbízhatónak tekinthető dízelgázolaj üzemanyag felhasználási, ezen belül is import statisztikát nem készítettek a piaci szereplők. Ugyanakkor a Nemzetközi Energia Ügynökség (International Energy Agency, IEA) 2024-ig kiadta saját előrejelzését 2019-ben, azt is összességében a kőolaj termelésre és igényre, amiben minimális igény növekményt mutat be.

Ennek ellenére érdemes a jelenlegi hazai statisztikai adatokkal összevetni a prognosztizált LNG forgalmat, ha úgy tekintünk a jelenlegi fogyasztási adatokra, hogy az összességében állandó.

A Magyar Ásványolaj Szövetség 2019-ben kiadott beszámolója az alábbi adatokat tartalmazza.

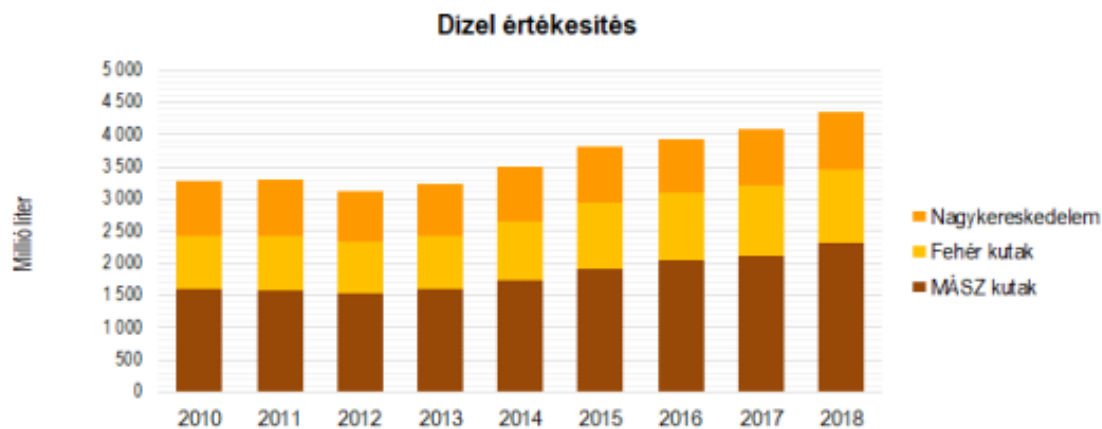
45. táblázat Üzemanyag értékesítés Magyarországon (liter)

Üzemanyag statisztika / Statistics of Motor fuels	2018 Január-December / January-December	2017 Január-December / January-December
95 motorbenzin / RON 95	1 324 339 972	1 267 555 912
98 motorbenzin / RON 98	202 724	242 892
Prémium motorbenzin / Premium Motor gasoline	93 804 756	83 431 559
Motorbenzin Összesen / Total Motor gasoline	1 418 347 452	1 351 230 363
Dízel / Diesel	2 107 304 329	1 923 342 167
Prémium dízel / Premium Diesel	198 706 269	194 630 270
Gázolaj összesen / Total Diesel	2 306 010 598	2 117 972 437
Üzemanyagok összesen / Total Motor fuel	3 724 358 050	3 469 202 800

Forrás: MÁSZ beszámoló 2019

Látható, hogy dízelből kb. 2 millió liter értékesítése történt az Ásványolaj Szövetséghez tartozó vállalkozások részéről. Ez azonban nem a teljes értékesített mennyiség, mert a nem MÁSZ-hoz tartozó vállalkozások is jelentős mennyiségű dízelt árusítottak. Összességében a NAV adatbázisa adja a pontosabb számot. A NAV adatbázisa szerint 2017-ben 4.076,4 millió liter 2018-ban pedig 4353,9 millió liter gázolajat helyeztek szabad forgalomba.

Ezt mutatja az alábbi diagramm, ami tartalmazza a kutakon történő kiskereskedelmi és a nagykereskedelmi (mezőgazdaság, vasút, közlekedési társaságok stb.) értékesítést is.



Forrás: MÁSZ beszámoló 2019

A dízelgázolaj csupán 79,4%-a kerül kútra és közel egyötödét közvetlenül a nagy felhasználókhoz szállítják. Dízelt importként szállítanak be a kúthálózatok Ausztriából, Szlovákiából, Romániából, Szerbiából és Ukrajnából. A NAV elemzése szerint a dízelgázolaj import 15-20 %-ot tesz ki. A bizonytalanság a szerb és ukrán beszállítási problémák, szabálytalanságok miatt adódik.

Az LNG a dízelgázolaj importra gyakorolt hatásához megvizsgáltuk, hogy a járművek megközelítőleg milyen mennyiségű LNG felhasználásával teszik meg ugyanazt az utat, mint a dízelgázolajjal.

Sok tényleges mérés és elemzés történt ezen a területen azon országokban, ahol már hosszabb ideje használják az LNG-t közúti közlekedésben. Ugyanilyen vizsgálatokat végeztek jármű gyártók is.

Ezek közül egy átlagosnak tekinthető összevetéssel kalkuláltunk, ami az alábbi táblázatban látható.

Item	Diesel engine	LNG engine
Driving distance	300,000 km	300,000 km
Fuel efficiency	25 L/100 km	26.5 m ³ /100km
Density	0.85 kg/L	0.716kg/m ³
Total mass	63,750 kg	56,922kg

Forrás: Link 59

A számítást a közepes scenárió LNG igény számaira, valamint a NAV által becsült dízelgázolaj import mennyiségével végeztük el, melynek eredményét a következő táblázatban mutatjuk be.

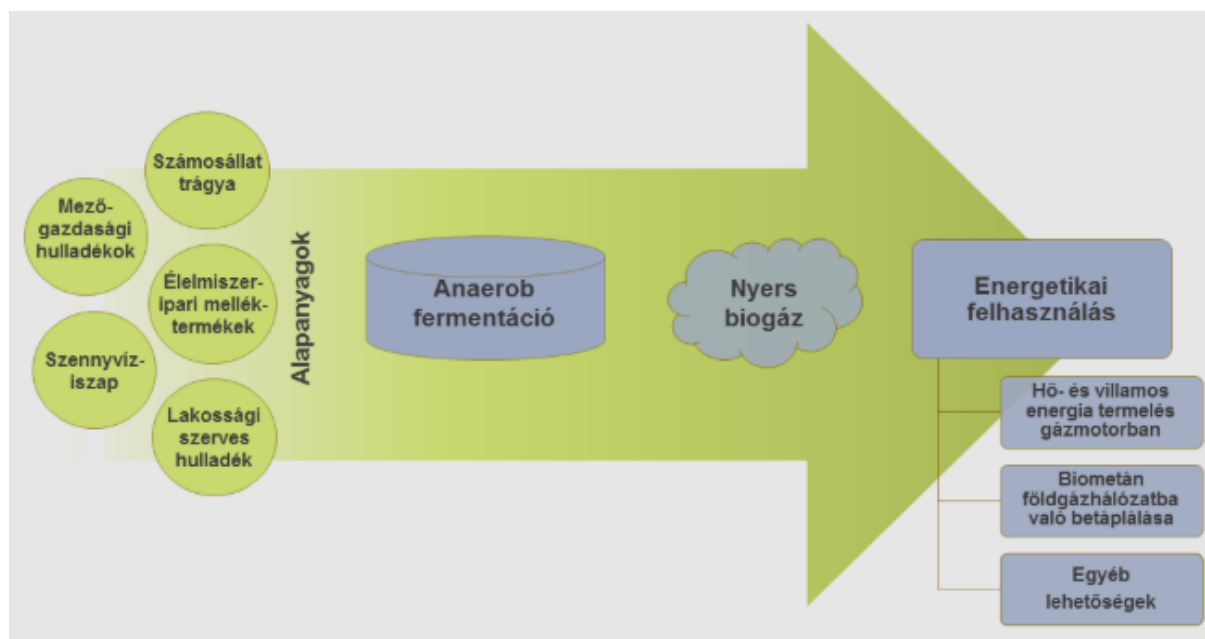
46. táblázat Dízelgázolaj kiváltása LNG-vel

	mértékegység	2026	2031	2041
LNG igény közepes scenárióból	tonna	17 850	34 348	61 647
	m ³	39 270	75 566	135 623
Kiváltható átlagos dízel mennyiség	liter	37 047	71 288	127 947
800 ezer literes dízel import %-a	%	5	9	16

Egyértelműen megállapítható, hogy a hazai dízelgázolaj felhasználásra szignifikánsan fog hatni az LNG belépése. Amennyiben kizárólag a dízelgázolaj importra vetítjük, (ahogy a fenti számításban szerepel) akkor az gyakorlatilag idővel teljes egészében kiváltható. Természetesen a valóságban nem fogja azt jelenteni, hogy ezzel megszűnik az import dízelgázolaj, mivel a kút hálózatot tulajdonló cégek hazai dízelgázolaj és saját dízelgázolaj termelésük árai alapján döntenek a forgalmazásról főképp, ha saját tulajdonú finomítóból történik az ellátás. **A forgalom csökkenése tehát együttesen fog hatni a hazai és az import dízelgázolaj forgalomra.**

XI.3 A HAZAI BIOGÁZ FELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGEI

A biogáz képződés feltétele a szerves anyagok anaerob körülmények között történő erjesztése. A keletkező gáz felhasználási funkciói sokoldalúak; alkalmazható hő- és villamos energia előállítására, üzemanyagként, avagy tisztítás után biometánként a földgázhálózatba táplálásra vagy LNG hajtóanyagként (Horváth&Schiller, 2014).

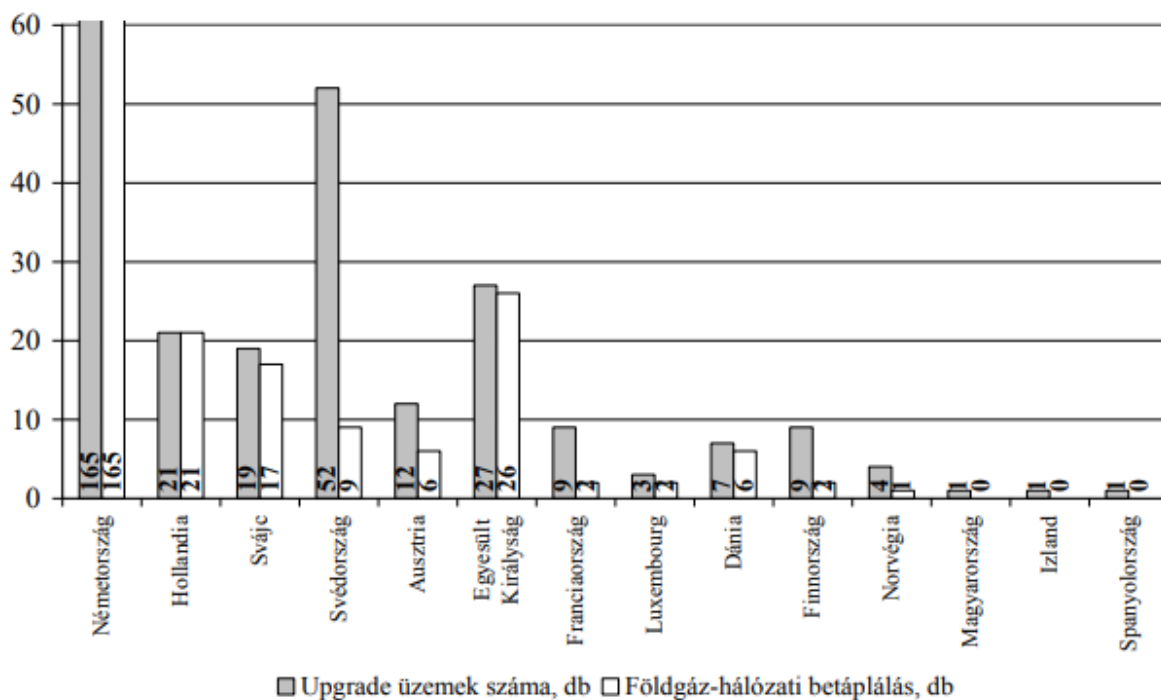


Forrás: Link 14

147. ábra Biogáz-gyártás folyamata

A biogáz legelterjedtebb felhasználási módja villamos, illetve hőenergia formájában történik. Ugyanakkor mindkét esetben a szállítás és átalakítás révén kisebb-nagyobb veszteségek léphetnek fel. Azonban lehetőség lenne arra, hogy a biogázt a megfelelő tisztítási folyamatok után szinte tiszta biometán formájában a földgázhálózatba táplálják. Azonban Magyarországon erre eddig igen kevés példa szolgál, pedig a Megújuló Energia Cselekvési Tervben, melynek kitűzött célját (14,65% a megújulók részaránya az energiatermelésben) 2020-ig teljesíteni kell, kiemelt szerep jut a biológiai

eredetű energiahordozóknak. Ugyanakkor hazánkban az európai átlaghoz képest lényegesen kevesebb biogáz üzem létezik, és még annál is kisebb mértékben kerül a gáz tisztításra. 2014-es adatok alapján Európában közel 560 PJ energiatartalmú biogáz került megtermelésre. Ennek nagy részét Németországban (281 PJ), Olaszországban (76 PJ) és az Egyesült Királyságban (76 PJ) állították elő. Magyarország hozzájárulása mindössze 3,44 PJ értékű volt. Mindezen mennyiséget európai szinten összesen 14.000 biogázüzemben termelték meg (Szunyog, 2015). Azonban, ha közelebbről megvizsgáljuk ezen üzemeket, láthatjuk, hogy mindössze 331, tehát az összes üzem 2,4%-a rendelkezik hozzákapcsolt tisztítóegységgel (upgrade üzem), mely lehetővé teszi a biogázból biometán elállítását és annak betáplálását a földgázhálózatba.



Forrás: Szunyog, 2015

148. ábra Upgrade üzemek száma és azok földgázhálózathoz csatlakozottságuk Európában

A biogáz üzemek fő forrása a mezőgazdaságból, az állattenyésztésből származó és az élelmiszeriparból hulladék. Szennyvíziszap és depónia-gáz hálózatra táplálása egyedül Hollandiában megengedett, a többi országban, ahol létezik előírás a betáplálásra vonatkozóan, a depónia-gáz hálózati feltáplálását a törvény megtiltja.

A 2016-os PAN-LNG projekt 1.7. kötetében felmérésre került a magyarországi biogáz termelés jelenlegi helyzete, mindhárom előállítási forrásra (depónia, szennyvíztisztítás, mezőgazdaság és élelmiszeripar) vonatkozóan. Tekintettel arra, hogy a hazai biogáz termelési kapacitása 2016 óta nem mutat eltérést, így a 2016-os PAN-LNG projekt eredményeire hivatkozunk.

Figyelemre méltó, hogy a műszaki fejlesztések révén a széndioxid leválasztására szolgáló eljárások („upgrading”) hatékonysága az utóbbi 5-10 évben jelentősen nőtt; ma már a 99% feletti metán koncentrációt a legtöbb technológia biztosítani tudja.

Azonban Magyarországon csak két biometánt termelő üzem működik, az egyik Zalaegerszegen, a másik Kaposváron. A hazai biogáz üzemek között különleges, egyedi helyet foglal el a Magyar Cukor Zrt. Kaposvári üzeme, amely 2015 decemberében megkezdte a biometán betáplálását a földgáz vezetékbe. A tanulmányban ismertetett feltételek mellett a kaposvári biogáz üzem biometán forrásként azonban csak hosszabb távon, a megkötött külföldi biometán értékesítési szerződéseinek lejáta után, évi 5,82-5,87 millió m³ mennyiséget tudna a hazai üzemanyag piacon értékesíteni.

A hazai biometán termelés növelésére vonatkozóan először azt kell vizsgálni, hogy a már működő biogáz üzemekben hogyan lehet a villamos energia előállításról a biometán termelésre átállni.

A villamos energiát termelő hazai biogáz ipar a következő számokkal jellemezhető:

47. táblázat: Villamosenergia termelőüzemek Magyarországon

		Depónia	Szennyvíz	Mezőgazdaság
Áramtermelő üzemek száma		20	20	41
Átlagos üzemméret	MWel	0,59	0,97	1,03
Üzemméret tartomány	MWel	0,2 - 2,0	0,1 - 4,2	0,2 - 4,5
Átlagos gáztermelési kapacitás*	TJ/év	39,8	61,1	60,3
Legnagyobb kapacitás*	TJ/év	135,0	264,6	280,8
Éves gáztermelő kapacitás összesen*	PJ/év	0,8	1,2	2,5

Forrás: PAN-LNG Projekt, 2016

A működő biogáz üzemekben a biogáz használati értékét elsődlegesen a villamosenergia kötelező átvételi ár határozza meg, az átállás lehetőségei áramtermelésről üzemanyag termelésre erősen korlátozottak:

- a depóniatelepeken a kinyert depóniagáz mennyisége és összetétele tág határok között változik, amihez a gázmotorok ugyan jól tudnak alkalmazkodni, azonban egy új tisztító üzem telepítése (a depóniagáz mennyiségének várható csökkenését is figyelembe véve) gazdaságilag nem megtérülő,
- a szennyvíztisztító telepek villamos- és hőenergia igénye általában magasabb, mint a termelt biogázból kapcsoltan előállítható mennyiségek; a helyszínen így hatékonyan hasznosítható biogáz kiváltása egyéb forrásból származó energiahordozókkal (annak érdekében, hogy a biogázból többlet beruházási- és üzemeltetési költségek révén biometánt állítsanak elő és azt kiszállítsák a telepről) csak bizonyos esetekben javasolható,
- a mezőgazdaság területén működő biogáz üzemekben beépített villamosenergia termelő kapacitás kihasználtsága – melyet az előző fejezetben tételesen ismertettünk – nagyon

alacsony fokú; a biogáz tisztító üzem beruházás gazdaságosságához szükséges biogáz mennyiség csak néhány mezőgazdasági üzemben áll(hat) rendelkezésre,

- a KÁT rendszerben működő biogáz üzemekben az átállás biometán termelésre csak a KÁT átvételi időszak lejártát követően fontolható meg.

A mennyiségi potenciálra vonatkozó lényeges megállapítások a következők:

- csak 2 olyan depóniatelep van, ahol a következő 15-20 évben kinyerhető depóniagáz mennyisége lehetővé teszi korszerű, kriogén technológiát alkalmazó tisztító üzem telepítését; mindazonáltal – a depóniagázt 0,05 EUR/m³ értéken számolva – ez a 2 projekt jelentené a legkedvezőbb biometán beszerzési forrást,
- kb. 20 új biogáz üzem építésére volna lehetőség olyan városokban, ahol a szennyvíziszap energetikai hasznosítása még nem megoldott; ezekben az esetekben azonban a biometán termelés önmagában – a kiugróan magas fajlagos beruházási költségek miatt – várhatóan nem lenne versenyképes,
- a mezőgazdasági alapanyagokra épülő biogáz üzemek alapanyag ellátása nem folyamatos, ezért a mezőgazdaságból származó alapanyagokra építeni a biometán termelést véleményünk szerint gazdaságilag kockázatos és nem megtérülő

3.1 Javaslat hazai ösztönzők és támogatások bevezetésére

A biometán előállításához szükséges gáztisztító berendezés integrálása a kisebb biogáz üzemek szintjén gazdaságilag nem megtérülő beruházás. **A biometán energiahordozó társadalmi és gazdasági hasznossága ugyanakkor megkérdőjelezhetetlen. Számos európai országban (S, FIN, DK, N) a kisebb biogáz üzemek által előállított gázt egy lokális központi állomáson begyűjtik, majd azt tisztítva, biometánt állítanak elő.**

Az utóbbi javaslat kivitelezéshez azonban **a jelenleginél több üzem létrehozása szükséges, hiszen az infrastruktúrát nagy számú telep esetén lehet költséghatékonyan telepíteni és racionálisan működtetni.**

Főbb javaslatok/megoldások a jövőre vonatkozóan:

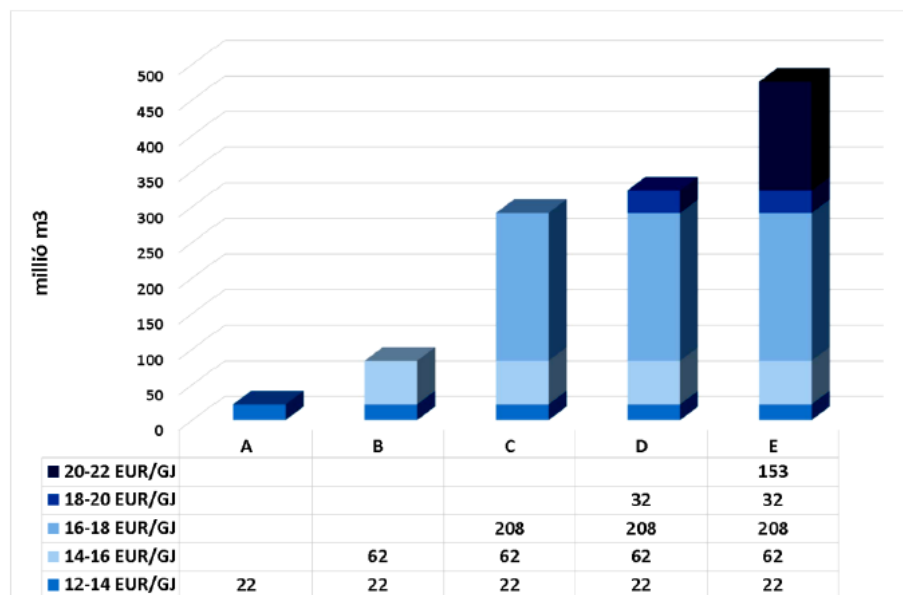
- szennyvíztelepeken lévő biogáz üzemek (melyek gázkihozatala magas és szinte állandó) átállása biometán termelésre (a jövőben a villamos energia ára várhatóan csökkenni fog, ugyanakkor a gázé nem)
- a KÁT támogatások lejárta után egyes biogáz üzemek átállítása biometán termelésre, amennyiben versenyképes áron állítható elő ott a biometán

- új üzemek létesítése kifejezetten biometán termelés céljából (ám ezt még nagymértékben befolyásolhatják az aktuális kőolaj és földgáz árak)
- biometán termelői nyilvántartás vezetése (más országok példája alapján), hiszen ennek környezetvédelmi előnye van a földgázzal szemben, melynek versenyelőnye lehet a piacon
- túllépve a lokális szempontokon pályázati konstrukciókon keresztül a kifejezett biometán üzemek létesítéseinek támogatása, segítve ezzel a technológia elterjedését, amíg az versenyképessé nem válik

Elemzésünk alapján a legalacsonyabb beruházási igény azokon a depóniatelepeken jelentkezik, amelyeken a depóniagáz kinyerése megoldott, hasznosítására azonban nem telepítettek gázmotort és így az összegyűjtött depóniagázt amúgy is elfáklyázzák. A depóniagáz ezeken a telepeken nulla használati értékkel rendelkezik, ami értelemszerűen viszonylag alacsony biometán önköltséget eredményez.

Azonban a depóniagáz biometánként történő hasznosítás és hálózatra táplálás lehetőségének megteremtéséhez elengedhetetlen a hazai jogszabály módosítása.

Az alábbi grafikon a beruházási- és működési költségek előrejelzésének eredményeit összegzi:



149. ábra: Biometán termelési lehetőségek önköltség határértékek függvényében

Összefoglalóan megállapítható, hogy <18 EUR/GJ önköltség határ mellett 92 telephelyen 291 millió m³ biometán termelés lenne megvalósítható, ahol állami ösztönzőkre és támogatásokra lenne szükség a közvetlen villamosenergia termelés helyett tisztító berendezések üzembehelyezését követő biometán előállításához.

A több irányú és forrású gázellátás egyik fenntartható alapanyaga lehet a biogáz előállításból származó biometán felhasználás. **Ezeket kiegészítve hozzátennénk, hogy a biogázüzemek mellé építendő tisztítóállomáson túlmenően a vezetékes infrastruktúra kiépítését is meg kell oldani, amin keresztül a megtermelt gázt a tisztítóba lehet továbbítani. Az infrastruktúra kiépítése legalább olyan beruházás igényű, mint maga a tisztítóállomás.** Mindazonáltal indokolt és célszerű lenne az ezirányú fejlődés beindítása néhány állami szerepvállalás mellett megvalósuló demonstrációs jellegű biometán üzem megépítésén keresztül.

XII. A PL4D PROJEKT EGYÉB ÁGAZATI HATÁSAI

XII.1 HAZAI HAJÓGYÁRTÁSI ÉS KARBANTARTÁSI KAPACITÁSOK

A hajógyártási kapacitásokkal kapcsolatosan meg kell jegyezni, hogy jelenleg Magyarországon korlátozottak a lehetőségek. Jelenleg aktív hajógyártási tevékenység csak néhány helyen folyik, és minden elmarasztalás nélkül kijelenthető, hogy ezen cégeknek sincs LNG átalakítással kapcsolatos tapasztalatuk, referenciájuk – ahogy szinte csak néhánynak van egész Európában. Az előző fejezetek alapján egyértelműen látható, hogy az LNG üzemanyag-rendszer annyira speciális, hogy annak telepítése új hajó esetén is, régi hajó átalakítása esetén is komoly szakmai ismereteket igényel. Ezen ismeretek egyelőre csak néhány helyen vannak meg Európában is, így egy ilyen projekt véghezviteléhez mindenképpen külső szakértők bevonására van szükség. Igaz ez az engedélyezés folyamatára és a kivitelezés minden fázisára is.

Mind az LNG motorok, mind a működésüket, az LNG üzemanyag vételezését, tárolását és az egész rendszer biztonságos üzemét kiszolgáló berendezések olyan „termékek”, hogy azok karbantartása, szervizelése csak az arra feljogosított szakcégek bevonásával végezhető el. Az ilyen termékek és rendszerek forgalmazásával foglalkozó nagy cégeknek (mint amilyen pl. a Wärtsilä) területileg, az igényekhez igazítottan vannak karbantartó központjaik, melyek bevonásával a szükséges feladatok elvégezhetők. Sem a dunai folyosón jelenleg meglévő LNG hajók, sem a jövőben várható hajók száma egyelőre nem indokolja egyéb, független karbantartó bázis létrehozását.

XII.2A KRIOGÉN ÜZEMANYAG KONTÉNERES GYÁRTÁS HAZAI LEHETŐSÉGEI

Ebben a fejezetben részletesen ismertetjük a hazai kriogén üzemanyag konténeres gyártás indításához és a hálózati ellátásra történő biztosításának kérdéseit.

Az LNG konténeres szállítására alkalmas tartályok esetében tulajdonképpen ISO típusú konténer keretbe építhető duplafalú vákuum szigetelésű nyomásálló tartályok. Emellett foglalkozunk azzal is, hogy nem csak ISO konténeres LNG tartálykocsik vannak, melyekkel Európában (még ha kis mennyiségben is) már szállítanak LNG-t.

Mindjárt az elején meg kell jegyeznünk, hogy ilyen, vagy akár ehhez kismértékben is hasonlító ISO konténeres kriogén tartály gyártás Magyarországon jelenleg nincs. Természetesen megvizsgáljuk azt a kérdést, hogy Magyarországon van-e megfelelő gyártó, illetve gyártó kapacitás ilyen mobil gáztartályok előállítására, illetve hazai környezetben erre való felkészülésnek milyen aspektusai vannak.

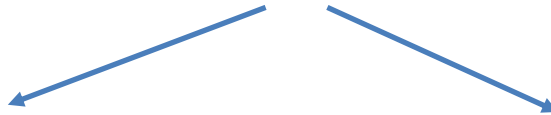
Ehhez az alábbi tényezőket kell alaposan elemezni:

- Az LNG tartály tulajdonságai, vele szemben támasztott követelmények, gyártással kapcsolatos feltételek, minőségbiztosítási-bizonylatolási dokumentálás stb.
- Európai ISO konténerbe szerelhető, vagy konténer nélküli tartály gyártók.
- Magyarországon nyomásálló, gáztartály gyártásban jelenleg működő vállalkozások.
- Kriogén tartály gyártásra való felkészülés feltételei, méretgazdaságosság kérdése.
- Hazai ISO-LNG tartály igények

2.1 LNG szállító tartály főbb tulajdonságai

Az ISO-LNG konténeres tartály kizárólag LNG tárolására, szállítására készül, közvetlen üzemanyag ellátási célból nem használható, de LNG üzemanyag ellátó kúton, mint tároló tartály beköthető.

Alapvetően két különböző funkciójú ISO LNG konténerről beszélhetünk.



LNG szállító tartály egység
biztonsági szerelvényezéssel, leürítővel



LNG szállító tartály egység
komplett lefejtővel, méréssel,
szerelvényezéssel. mobilizált tankállomási betáp.



Forrás: Global LNG ISO Tank Container Industry Key Manufacturers Analysis 2017-2022

150. ábra ISO LNG tartályok

Míg az ún. „sima” konténer általában több egységgel együtt csak LNG szállításra használják, szállító hajókon vagy közúton nagyobb LNG lefejtő állomásokra, kikötőkbe, stb., addig a másiknak teljesen más a szerepe, és számunkra ez az érdekesebb.

Ez a teljesen felszerelt LNG – ISO konténer alkalmas közúti üzemanyag tankoló állomásokon való elhelyezésre, és LNG – CNG kútoszlopok megtáplálására.

Kiürülést követően egyszerűen egy másikkal cserélhető.

Mindkettő változatot ugyanazon szigorú előírások szerint kell gyártani, ugyanazon biztonsági szerelvényezéssel és vész-leürítő-lefejtő rendszerrel, érzékelőkkel kell ellátni, a különbség az automatikában, vezérlő-mérő egységekben van.

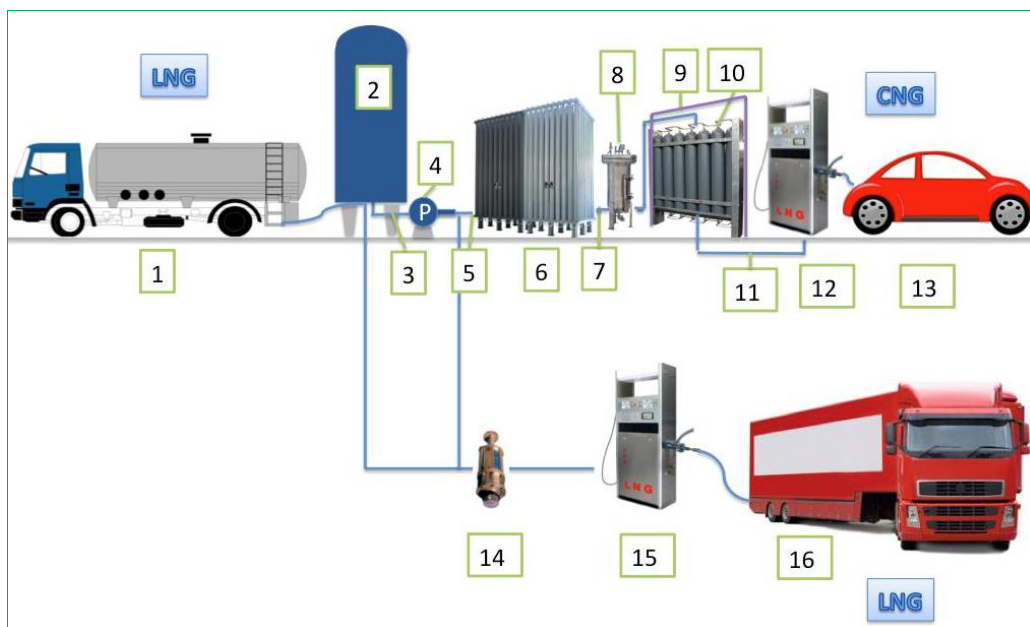
Magyarországon LNG üzemű folyami hajók megtáplálására nincs értelme ezzel foglalkozni, arra ott lesz a csepeli terminál LNG lefejtő-töltő pontja. Közúti közlekedésben hasznos lehet, ilyen konténereken keresztül akár a meglévő üzemanyag töltőállomások jelentős része is képes lehet LNG – CNG kútként is működni. Vasúti közlekedésben ugyanúgy a dízelgázolaj járművek töltő helyein való használata megvalósítható.

2.2 Üzemanyag töltő kútnál való felhasználás

A következő két ábrán bemutatott folyamat szemléletesen ábrázolja egy üzemanyag töltőállomáson az ISO – LNG konténerrel való működést egy állomási fix tartályos megoldással szemben.

2.2./1 Fix tartályos megoldás

A fix tartályos állomás megtáplálásához nem feltétlenül szükséges ISO konténert használni, normál kriogenikus tartálykocsikkal megoldható, sőt általában kimondottan ilyen tartálykocsikkal végzik a szállítást.



Forrás: IIC Istituto Internazionale delle Comunicazioni

151. ábra Fix tartályos LNG töltőállomás

Jelmagyarázat

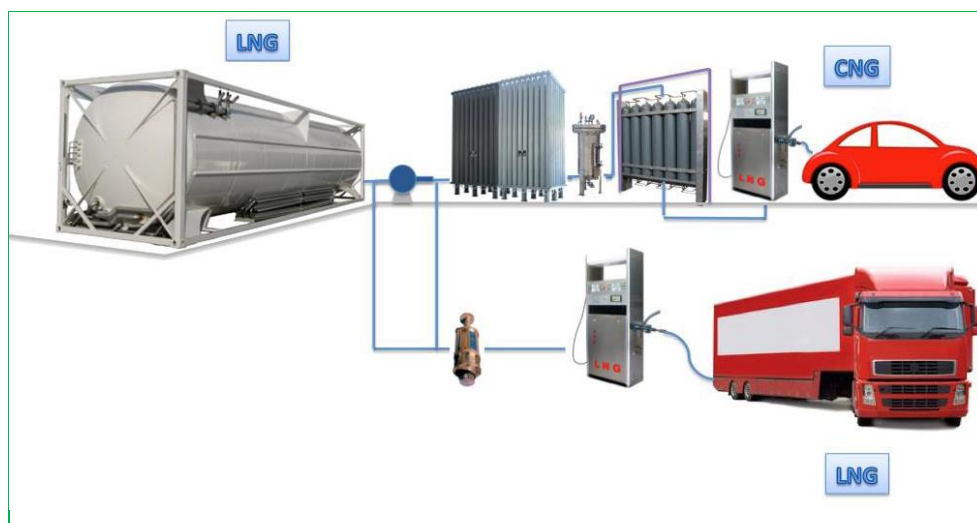
1. LNG szállító tartálykocsi;
2. LNG állomási tárolótartály;

3. LNG szivattyú vezetéke;
4. Nagynyomású kriogén szivattyú;
5. LNG párologtató bekötő vezeték;
6. LNG párologtató;
7. CNG vezeték;
8. Szagosító egység;
9. Első fokozatú nyomásvédő;
10. Hengeres tároló egység
11. CNG vezeték;
12. CNG adagoló kútoszlop;
13. CNG meghajtású jármű
14. Merülő szivattyú;
15. LNG adagoló kútoszlop;
16. LNG meghajtású kamion

2.2./2 ISO - LNG konténeres megoldás

A másik megoldás előnyei

- nem kell tartályt építeni a kutakat üzemeltetőknek, kisebb a költsége,
- nem kell tartálykocsi parkot fenntartani,
- nyerges vontatókkal megoldhatók a szállítások, konténer cserék
- nincs plusz átfertés a fix tartályba, így kisebb a veszteség is,
- nagyobb a biztonság



Forrás: IIC Istituto Internazionale delle Comunicazioni

152. ábra Konténeres LNG töltőállomás

Az ISO – LNG konténer felhasználásban a fentieket figyelembe véve, célszerűnek mutatkozik ezen második megoldás bevezetése, és az esetleges konténer gyártásban az erre való felkészülés.

2.3 ISO-LNG konténer főbb követelményei

Egy LNG ISO konténer nemcsak egy tartályból áll, hanem kriogenikus lefejtő-töltő rendszerből, mérő eszközökből, biztonsági szerelvényezésből, nitrogén öblítő rendszer csatlakozóból stb., azaz egy bonyolult felműszerezett, szerelvényekkel felszerelt irányítási rendszerből.

A következő képeken egy ilyen konténer látható kívülről annak oldalára szerelt szerelvényezéssel együtt.



Forrás: Global LNG ISO Tank Container Industry Key Manufacturers Analysis 2017-2022

153. ábra ISO-LNG konténer



Forrás: M1Engineering Ltd; United Kingdom

154. ábra ISO konténeres tartály szerelvényezése, műszerezése

Egy másik fajta szerelvényezés elhelyezés látható a következő képen:



Forrás: LNG ISO Tank Container Market 2019 Global Industry Analysis

155. ábra ISO-LNG kamionos tartály

2.4 Főbb tervezési és gyártási műszaki paraméterek

Mindkét főbb konténer típusra (csak szállításra és töltő állomási ellátóként is működőre) vonatkoznak az alábbiak.

Az LNG tartályos ISO konténer két szabványos méretben készül, az ISO IMDG általános előírásai szerint következő főbb jellemzőkkel kell, hogy rendelkezzen:

- „IMO-C” típusú tartály ISO kerettel
- Méret 20 láb és 40 láb
- Kapacitás 20,5 m³ és 43,5 m³
- Maximális bruttó súly 34 000 kg
- Nyomástartomány: 4-25 barg
- Tervezési hőmérséklet: -196 °C
- Saválló rozsdamentes nikkelt acél belső tartály
- Szénacél külső tartály
- Vákuumos gyűrűstér szigeteléssel egyetemben
- Előírt hőtartási időtartam legalább 60 nap
- Külső felület fehér festés
- Minden csőcsatlakozás és szerelvény rozsdamentes acél
- Kötelező szerelvényezések
 - Biztonsági lefúvató mind a külső mind a belső térhez
 - Hőcserélő-párologtató rendszer
 - Nyomás és hőmérséklet érzékelő duplikálva
 - Gázérezkelő
 - Szivárgás észlelő

- Vészjelző rendszer határértékekhez, szivárgáshoz, gázérzékeléshez
- Szelepek: visszacsapó (kézi és automatikus), nyomáscsökkentő, túlfolyó
- Leválasztó tengelykapcsolóval az LNG kiömlés védelemhez

Mindezekből látható, hogy itt nem egy egyszerű ISO konténeres tartály építéséről van szó, hanem egy lefejtő-töltő rendszerről is, nagy számú paraméter méréssel.

A korszerű tartályok a lefejtéshez ma már egy működtető vezérlő panelt is tartalmaznak teljes elektronikával, szerelvények működtetésével.

2.5 Gyártók által betartandó szabályozások a bizonylatoláshoz

A kriogén konténereknek meg kell felelniük a széles körű előírásoknak, amelyek a tartály különleges felhasználása miatt szükségesek.

Az alábbiakban csak azokat a szabályokat ismertetjük, amelyek az ISO-LNG konténer szárazföldi, közúti szállítására vonatkoznak.

Megjegyezzük, hogy a gyártási előírások betartásával természetesen meg fognak felelni a vízi és vasúti szállításnak is, de ott még további vizsgálati és bizonylatolási előírási kötelezettségek vannak.

Ez a fejezet nem foglalkozik a tároló üzemeltetőjére vonatkozó követelményekkel, csak a gyártó szempontjából vizsgáljuk a kérdést.

2010/35/EU - TPED Irányelv– Nyomástartó edények szállítása

Ezt általánosan használják azon hazai tartály gyártók is, akik nyomás alatti tartályokat gyártanak. Műbizonylatolása kötelező, ezzel való bárminemű tárolt anyag szállítása esetén is, de megemlítjük, hogy gázszállító tartálykocsi tartálya (mint pl. PB) sem készül Magyarországon. Tartalmazza a felhasznált anyagokkal, vizsgálatokkal, gyártással kapcsolatos kötelezettségeket. Ezen szabály az üzemeltetőre is előírja a rendszeres felülvizsgálatokra, időszaki engedélyeztetésre vonatkozó kötelezettségeket.

Direktíva 2008/68/EC – Veszélyes anyagok belföldi szállítása

Ez az irányelv közúton, hajón, vasúton történő szállításokra vonatkozik. A veszélyes áruk nemzetközi szállítását nemzetközi megállapodások szabályozzák: ADR, RID és ADN. A szabályok a nemzeti szállításra is kötelezők, annak érdekében, hogy az EU egész területén harmonizálják a veszélyes áruk szállításának feltételeit. Ezek tartalmazzák a veszélyes áruk listáját, jelezve, hogy szállításuk tilos-e, és meghatározzák a szállításra vonatkozó követelményeket. Adott országon belül ezt egyedileg szabályozzák, és listázzák az országban engedélyezett anyagokat.

ADR: Veszélyes anyagok szállítása közúton:

A direktívához kapcsolódik az ADR engedély. ADR alóli mentesség lehetséges, de a hazai szabályozás ezt LNG-re és CNG-re 1080 kg limitben tartalmazza, így az ISO konténerben már nem használható.

A tartály gyártónak az ADR-es bizonylatot is ki kell állítani. A bizonylatoláshoz a veszélyes anyag ellenállását bizonyító anyagvizsgálati-gyártói jegyzőkönyvek is szükségesek.

ISO 12991 LNG szállítási szabvány

A szabvány meghatározza a járművekben használt cseppfolyósított földgáz újratölthető üzemanyag-tartályaira vonatkozó előírásokat, valamint a szükséges vizsgálati módszereket annak biztosításához, hogy a tűz és a robbanás következtében ésszerű szintű védelmet biztosítsanak az életveszély és az ingatlankárok ellen. A szárazföldi járművekhez véglegesen rögzítendő üzemanyag tartályokra alkalmazható, de más szállítási módok számára útmutatóként felhasználható.

2.6 Európai és török gyártók

Európában több gyártó is foglalkozik kriogenikus tartályok gyártásával, így LNG tárolására is alkalmas tartályokkal.

A török piacon is már több éve elindult az LNG belföldi szállítása, így ott is kialakult a meglévő kriogenikus tartály gyártóknál az LNG-re alkalmas tartálygyártás.

Az alábbiakban néhány nagyobb gyártó céget ismertetünk.

48. táblázat Főbb konténer gyártók

Gyártó cég	Ország
M1 Engineering	Nagy Britannia
Van Rootselaar Group B.V	Hollandia
LINDE	Német
CRYOLOR	Francia
SIAP	Francia
VIGRA	Spanyol
FURUISE	Spanyol
KASAG Swiss AG.	Svájc
CRYOCAN	Török
CRYOTEKNIK	Török
Karbonsan-Pressure-Vessels-Trading-Co.	Török
Emas-Cryogenic-Basincli-Kaplar-Ltd.	Török

Forrás: LNG ISO Tank Container Market 2019 Global Industry Analysis

A gyártók által elérhető áradatokat elemezve megállapítható, hogy a piacon elérhető, különböző méretű LNG kriogenikus tartályok ára 30 000 – 60 0000 euró között alakul.

49. táblázat Konténer árak

20 láb	40 láb
30 000 – 35 000 Euro	50 000 – 60 000 Euro

Forrás: LNG ISO Tank Container Market 2019 Global Industry Analysis

Megjegyezzük, hogy az átlagolásban nem csak az európai gyártók árait, hanem az összes földrész nagyobb gyártóját figyelembe vettük. Az ár eltérések a felhasznált szerelvények, eszközök gyártói beszerzésétől is erősen függenek, nemcsak a tartály készítésétől.

Az új gyártású konténerek mellett használt konténerek is vásárolhatók a piacon. Ezenkívül több cég foglalkozik LNG konténerek bérbeadásával, elsősorban a német és holland piacon, ahol a szállítás már nagyobb volumenben történik.

2.6./1 Magyarország nyomásálló, gáztartály gyártásban jelenleg működő vállalkozások, esetleges felkészülésük, felkészítésük

Magyarországon az olaj-és gázipari gyártásban, valamint a kapcsolódó vegyipari gépgyártásban jelentős változások voltak, sajnos nem pozitív irányban. Olajipari és vegyipari gépgyárak szűntek meg. Így a hazai gáziparba ma már szinte minden eszköz, szerelvény külföldről kerül be.

Gázipar részére az alábbiak gyártanak itthon különböző tartályokat nyomásálló kivitelben szénacél és saválló anyagokból. Általában telepített, beszerelt tartályokat, tartály testeket készítenek, azonban gáztartályt vagy kriogénikus tartályt sem telepített, sem szállítási célra nem készítenek.

50. táblázat Potenciális hazai gyártók

Gyártó cég	Helység
OT INDUSTRIES-DKG Gépgyártó Zrt	Nagykanizsa
OILTECH Kft.	Lovászi
AWI-SZER Kft.	Kiskunfélegyháza
MÁTRASTEEL Kft.	Bátonyterenye

Ezenkívül vannak még kisebb tartálygyártók, de ebben a szegmensben nem relevánsak.

A fentiek elvileg alkalmassá tehetők kriogén tartály gyártására, természetesen jelentősebb beruházással, becslésünk szerint 4-4,5 Mrd forint induló beruházási költséggel.

Az ISO-LNG konténer azonban a kettős falú vákuum tartály mellett komplett kriogén szerelvényezést is igényel, így ezzel együttesen kell átgondolni a lehetőségeket.

2.6./2 Kriogén tartály gyártásra való felkészülés feltételei, méretgazdaságosság kérdése

A felkészüléshez alapvetően komoly beruházás kell, megtérülésének kockázatait figyelembe kell venni. Milyen főbb tényezőknek kell egy gyártónak megfelelnie egy ilyen komoly termék gyártásba történő felvételéhez?

- Megfelelő telephely
- *Alkalmos géppark, nagy teljesítményű automata hegesztő berendezések, saválló hegesztésre stb.*
- *Képzett szakember gárda, savállóra is alkalmas minősített hegesztőkkel, kriogén technológiai képzések, vizsgák*
- *Anyagvizsgálati laboratórium kriogén anyagra, hegesztésre (röntgen és ultrahangos), vákuumra, nyomáspróba állomás stb.*
- *Akkreditált ISO minőségbiztosítási rendszer, ADR, ATEX minősítések*
- *Kiváló beszállítói háttér rozsdamentes saválló kriogénnek megfelelő anyagokra, saválló edényfenékre*
- *Vákuum működtető rendszer, speciális szigeteléstechikával*
- *Szerződések kriogén hatósági, illetve független vizsgálatok elvégzésére*
- *Piaci kapcsolatok a gázipar és felhasználók felé*

Dólttel jelöltük az első pont kivételével a tényezőket, mert kihangsúlyoznánk, hogy az első kivételével minden egyes területen jelentős fejlesztésre, fejlődésre lesz szüksége az említett potenciális gyártóknak.

Ennek beruházásigénye több milliárdos, támogatás nélkül nem tud felkészülni erre a gyártásra egyik megjelölt hazai vállalkozás sem. A felkészülés becsült költsége 4,5 Mrd Ft nagyságrendű, amelyet állami, pályázati támogatás nélkül biztosan nem tudnak vállalni.

Az új gyártónak a piaci kockázata is magas lesz a következők miatt:

- Kik lesznek a felhasználók, vásárlók ISO-LNG konténer tekintetében?
- A jövőbeni potenciális üzemeltető nem ismert, a szállítást végző lehet hazai vagy külföldi vállalkozás is.
- A szállítást végzőnek nagy a veszélyes anyag miatti felelőssége, ezért megrendelőként nagyon körültekintő lesz.
- Ezen a téren (korábbi egyéb kriogenikus anyagra) nem tud referenciát felmutatni.
- A beépítendő anyagok szerelvények szinte minden egyes elemét külföldi gyártóktól, szállítóktól tudja beszerezni, még a saválló tartály edény feneket is.
- Erős verseny van már most is az európai piacon, ráadásul nemcsak az európai gyártóktól lehet ISO-LNG konténert beszerezni, hanem az olcsóbb török, indiai, kínai gyártóktól is.

2.6./3 ISO-LNG konténer hazai igények

A hazai igények becslése egyenőre nagy pontatlansággal bír, mivel egy teljesen új piaci szegmens beindításáról van szó, ami a magyarországi LNG töltőhálózat kiépítésének függvénye. A közúti

ellátásban az indulás évétől számított 3 évben, ha 10 LNG kút kiépítésével számolunk, akkor a következőkkel lehet kalkulálni:

- A nyugat-európai tapasztalatok azt mutatják, hogy egy LNG kút töltőállomáson 50 m³ körüli külső LNG tárolót helyeznek el.
- Ennek a rendszeres töltéséhez 20 lábás ISO konténerrel számolva indulásnál 2, későbbi rendszeres utántöltésnél 1-2 konténeres szállítás szükséges, hetente, amennyiben feltételezzük a folyamatos felhasználást.
- A 10 kút heti ellátását 4-5 tartálykocsival meg lehet oldani, tehát ennyi ISO-LNG konténerrel számolhat az indulási években az új gyártó.

Viszonylag kis számú hazai értékesítésre lesz lehetőség a közúti hálózati igények ellátásához az első 3 évben, a megtérülése kétséges. Szakértői véleményünk szerint nagyobb volumenű gyártási lehetőség esetén fog csak hazai cég belevágni ebbe az üzleti vállalkozásba, de megítélésünk szerint akkor is csak állami, uniós anyagi szerepvállalással.

XII.3.AZ INFRASTRUKTÚRA SZAKKÉPESÍTETT ÜZEMELTETÉSÉNEK FELTÉTELRENDSZERE, SZEREPLŐI

A létesítendő, kisüzemű LNG töltőállomás infrastruktúra megvalósításához és annak üzemeltetésében résztvevő cégek, szakemberek feltételrendszerének megadásához, a hazai jogszabályokban megfogalmazott követelményeket kell figyelembe venni.

A hazai jogszabályi környezettel, az LNG-CNG vonatkozásában azonban vannak hiányosságok.

Az LNG-vel mint gázellátásban használatos energiával és mint üzemanyaggal két alapvető EU Direktíva foglalkozik.

- Directive 2009/73/ec of the European Parliament and of the Council of 13 July 2009 concerning common rules for the internal market in natural gas

Ez a földgáz ellátó rendszerekhez kapcsolódóan határozza meg az LNG tárolás és visszagázosítás feltételrendszerét.

Az LNG-t, mint a kereskedők által szabadon hozzáférhető terméket, az LNG tárolók és visszagázosító terminálok kapacitását, mint gázkereskedők által leköthető és felhasználható létesítményt kezeli.

Kimondottan a gázszállító vagy gázelosztó rendszerekhez kapcsolódóan értelmezi az LNG felhasználást. Ebből következően meghatározza, hogy milyen gázipari engedélyes jogosultság tartozik az üzemeltetéséhez. Ez lehet a szállítói vagy elosztói vagy kimondottan csak LNG terminált üzemeltető engedélyes.

Ilyen létesítmény megvalósításához, üzemeltetéséhez rendkívül szigorú követelményrendszer tartozik. Ebbe beletartozik a szakember gárda megkövetelt végzettsége-képzettsége, adott éves tapasztalata minden fontos irányító és kezelő munkakörre.

- Directive 2014/94/eu of the European Parliament and of the Council of 22 October 2014 on the deployment of alternative fuels infrastructure

Ez a direktíva kimondottan a „belföldi”, azaz nem tengerparti LNG tárolók és kapcsolódó üzemanyag kiszolgáló rendszerek megvalósításával, azok elterjedésének elősegítésével foglalkozik.

Ebben kitérnek arra a hiányosságra is, ami az ilyen tároló, töltő létesítmények szabványosításában még nem valósult meg, és javaslatokat tesz tagállamok közötti együttműködésekre.

Ugyanakkor nem tárgyalja ezen létesítmények üzemeltetőivel szemben támasztott követelményeket. Az egész direktíva nagy hangsúlyt fektet a szomszédos országok és általában a tagállamok együttműködésére kimondottan azzal a céllal, hogy az alternatív üzemanyagok elterjedését elősegítsék.

Nem tekinthető olyan erősségű direktívának, mint az előző, mivel a piaci és üzleti szereplők szigorú műszaki és kereskedelmi követelményrendszerét, szakember gárdával szemben támasztott követelményeket nem fogalmazza meg.

A hazai jogszabály alkotás (elsősorban a Magyar Energetikai és Közmű Fejlesztési Hivatal) már több éve megkezdete az LNG-vel való foglalkozást, azonban ez a folyamat a jogalkotónál elakadt. A szabványosítás hiányában az ezzel kapcsolatos hazai jogharmonizáció még nem történt meg.

Ezen hiányosság ellenére mind a műszaki megvalósítás, mind az üzemeltetés feltételrendszere egyértelműen megfogalmazható, hiszen a kisüzemű, folyami LNG töltőállomás kölni folyamatának „Blue Print”-je, azaz a standardizálható folyamata írásos formában elkészült.

Az üzemeltetésnél két fontos ténytet kell figyelembe venni, így az ezzel kapcsolatos jogszabályt kell alkalmazni:

- gáztárolás történik egy nyomástartó edényben, ami tartalmaz folyadék fázist és gáz fázist is. A nyomástartó edények műszaki biztonsági szabályzata meghatározza az üzemeltetéssel és üzemeltető személyzettel szemben támasztott követelményeket.
- cseppfolyós és gáz halmazállapotú földgáz használata, forgalmazása történik, egy gázipari létesítményen, ami veszélyes üzem.

„12/2004. (II. 13.) GKM rendelet a földgázellátásban műszaki biztonsági szempontból jelentős munkakörök betöltéséhez szükséges szakmai képzésről és gyakorlatról” szóló rendelet mindennemű földgázzal, cseppfolyós propán butánnal kapcsolatosan határozza meg a személyi feltételeket. Maga az a szó, hogy LNG nem szerepel a rendeletben, mivel a jogszabály

megalkotásakor még nem gondoltak arra, hogy a földgáz cseppfolyós állapotban is felhasználásra kerülhet Magyarországon, de értelemszerűen alkalmazható. Az alkalmazhatóságát alátámasztja, hogy mint más gázipari létesítmény, a small scale LNG terminál is tartalmaz nyomás alatti gáztartályt, gázvezeték, gázmérőket, minőségmérőket, biztonsági szerelvényeket. Itt is a robbanásveszélyes közeggel való biztonságos munkavégzés a követelmény, ami speciális ismereteket és tapasztalatot kíván.

A small scale LNG terminállal szemben támasztott főbb személyi követelményt, a képesítés szintjét valamint a munkakör betöltéséhez szükséges gyakorlati időt részletesen a II. sz. OKTATÁSI, TOVÁBBKÉPZÉSI ÉS HUMÁN KOMPETENCIA FEJLESZTÉSI STRATÉGIA A HAZAI SZAKEMBEREK BIZTOSÍTÁSÁRA című tanulmányfejezet ismerteti.

Ki kell hangsúlyozni, hogy a munkakörök nem arra vonatkoznak, hogy az állomáson ilyen szakembereknek kell lenniük, hanem annak a vállalkozásnak, aki ezt üzemelteti, rendelkeznie kell ilyen szakemberekkel.

Sem a rendelet, sem a hazai gáztörvény nem határozza meg, hogy az ezt üzemeltető vállalkozásnak milyen speciális engedélyre kell, hogy legyen. Speciális követelményeket csak a földgáz szállító, tároló vagy elosztó engedélyes tevékenységgel kapcsolatban írnak a jogszabályok.

Mindebből az is következik, hogy az állomást elvileg bárki működtetheti, csak legyenek megfelelően kvalifikált szakemberei. Célszerűnek mutatkozik, hogy egy gázipari tevékenységet akár üzemeltető, akár karbantartó cég végezhetné, mert ők már rendelkeznek megfelelően képzett szakemberekkel, akiknek csak bizonyos tudáskiegtésítésre van szükségük.

A tulajdon viszonyra ez a fajta megkötés nem vonatkozik, kizárólag üzemeltetésre, karbantartásra, tehát akár szolgáltatásba is kiadható.

A felsőoktatásban az LNG-t megalapozó kapcsolódó alapképzést és mesterképzést végzett szakemberek vannak szép számban Magyarországon. Azonban az LNG-vel mint kriogenikus technológiával szakirányú továbbképzésen kell megismerkedniük. A trénereknek, a felsőoktatás oktatóinak külföldön fog kelleni felkészülni, majd később külföldi mentorálással itthon is lehet képeznie. A CNG/LNG képzettségekre, kompetenciákra vonatkozóan a tanulmány II. kötete ad pontos leírást.

A CNG/LNG képzettségekre, kompetenciákra vonatkozóan a tanulmány II. sz. OKTATÁSI, TOVÁBBKÉPZÉSI ÉS HUMÁN KOMPETENCIA FEJLESZTÉSI STRATÉGIA A HAZAI SZAKEMBEREK BIZTOSÍTÁSÁRA című tanulmányfejezete ad pontos leírást.

XII.4A PROJEKT HATÁSA A TURIZMUS FEJLŐDÉSÉRE

A közlekedés a turizmus kulcseleme, egyik alapfeltétele, így tehát a turizmus teljesítménye jelentősen függ a támogató erőforrásoktól, azon belül is a meglévő infrastrukturális kiépítettségtől, annak minőségétől, elérhetőségétől.

A közlekedési infrastruktúrának elsősorban a városokban van meghatározó szerepe a turizmus kapcsán. A városi turizmus az egyik legdinamikusabban fejlődő idegenforgalmi ágazat, 2018-ban a nemzetközi turistaérkezések számát 1,4 milliárd főre becsülték, globálisan. Számos országban az utazási motivációk körében első helyre kerültek a városlátogatások (Euromonitor, 2018). Ezt a trendet jól mutatja a Euromonitor (2018) statisztikája is, mely szerint a 100 legnépszerűbb városokba látogatók száma az előző évhez képest 7,5%-kal nőtt.

Budapest esetében is megfigyelhető egyfajta dinamikus növekedés már 2010 óta. 2018-ban a vendégéjszakák száma már meghaladta a 10 milliót a fővárosban (KSH, 2019).

Ezen megnövekedett forgalom, valamint a rövid látogatások (ún. city break turizmus) kiszolgálása érdekében előtérbe kell helyezni bizonyos infrastrukturális fejlesztéseket elsősorban a közlekedés kapcsán. Ugyanakkor fokozott figyelmet kell fordítani a környezetvédelemre és a fenntarthatóságra. Ez nem csak környezeti előnyökkel járna, hanem gazdaságiakkal is, hiszen egyre többen ismerik fel a klímaváltozás veszélyeit, így már a kikapcsolódásuk és szórakozásuk tekintetében is inkább a zöld megoldások felé fordulnak, és előnyben részesítik azon turisztikai célpontokat, amelyek hasonló értékekkel rendelkeznek. Ezek alapján tehát a közlekedés zöldítése feltételezhetően a „zöld” turizmus fellendülésével is járhat (Meler&Ham, 2012).

Budapest esetében a turizmus és jelen tanulmány kapcsolata a vasútban, a közösségi közlekedésben, valamint a sétahajózásban rejlik. Így az alábbiakban ezen területekre fókuszálunk, azon belül a potenciális CNG, LNG felhasználási területekre, tehát a többi alternatív hajtást (elektromos, hidrogén) figyelmen kívül hagyjuk.

4.1 Hajóturizmus

A hajóturizmus kapcsán elsősorban a korábban bemutatott megújuló BKK hajóra gondolunk, mely nem csak a városi, elővárosi közlekedés kapcsolatát könnyítené meg, hanem a turizmust is szolgálná. Emellett említésre méltók a sétálóhajók és szállodahajók is, de utóbbiak alapvetően német, holland és svájci tulajdonúak, azok LNG hajtás átalakításában a csepeli LNG terminál szerepet nem játszik.

Tekintettel arra, hogy bár személyszállításra is alkalmas LNG hajóátalakítások már történtek, de várakozásaink szerint az LNG dunai használata a személyszállításban rövid távon nem várható. Az előkészített vagy előkészítés alatt lévő projektek finanszírozási feltételeinek (elsősorban európai uniós források – CEF) megteremtésével lehetőség nyílik a dunai személyszállítási kapacitás növelésére és az LNG hajtásmód bevezetésére.

4.2 Vasút

A Nemzeti Turizmusfejlesztési Stratégia 2030 szerint a vasúti közlekedési fejlesztése jelentős ráhatással lehet a turizmusra, hiszen a gépjárművel rendelkező vagy épp légi szállítást gyakran igénybe vevő utasok számára környezetbarát és kényelmes alternatívát jelenthet. Ez kettős előnnyel bír, hiszen a „zöld marketingre” érzékeny turisták száma megnőne, illetve ezzel párhuzamosan csökkentené az autós forgalmat, mely által csökkenne a kibocsátás és a légszennyezés mértéke is. A stratégia említést tesz többek között arról is, hogy a jelenlegi járműállomány folyamatos cseréjére van szükség 2030-ig, illetve kiemelt hangsúlyt helyez az egyes nemzetközi vasúti vonalak hálózatfejlesztésére (Varsó-Budapest, München-Salzburg-Bécs-Budapest).

Mindezidáig, hazai viszonylatokban a vasúti személyszállításban a dízelgázolaj vonatokhoz képest az alternatív meghajtást a vasútvonalak villamosítása jelentette. Az alábbi táblázat mutatja be, hogy melyek azok a vasútvonalak, melyek villamosítása 2019-ig elkészült. Ezen vonalak közül az alábbiaknak van kiemelt szerepe a turizmus kapcsán:

- Győr-Sopron
- Balatonszentgyörgy-Keszthely
- Rákospalota-Vác
- Székesfehérvár-Várpalota
- Szombathely-Szentgotthárd
- Rákosrendező-Esztergom

51. Táblázat 1978-2019 között villamosított vasútvonalak Magyarországon

Év	Vonal-szám	Vonalszakasz	Feszültség, áramnem	Megjegyzés
1978	16	Hegyeshalom–Mosonszolnok	25 kV 50 Hz	
1979	150	Kunszentmiklós–Tass–Kelebia	25 kV 50 Hz	
1980	150	Kelebia–államhatár és Kiskunhalas deltavágány	25 kV 50 Hz	
1980	155	Kiskunhalas–Kiskunfélegyháza	25 kV 50 Hz	A Szovjetunió és Jugoszlávia közötti áruforgalom számára villamosított vasútvonal.
1980	140	Cegléd–Kiskunfélegyháza	25 kV 50 Hz	
1981	41, 60	Gyékényes–Gyékényes államhatár	25 kV 50 Hz	Szigetüzem, JŽ-vel közös üzemváltó állomásként.
1982	140	Kiskunfélegyháza–Szeged	25 kV 50 Hz	
1983	40	Budapest–Sárbogárd	25 kV 50 Hz	
1983	30a	Budapest–Déli pályaudvar–Kelenföld	25 kV 50 Hz	
1983	92	Sajóecseg–Kazincbarcika	25 kV 50 Hz	
1984	40	Sárbogárd–Dombóvár	25 kV 50 Hz	
1984	85	Vámosgyörk–Gyöngyös	25 kV 50 Hz	
1985	40	Godisa–Pécs	25 kV 50 Hz	
1985	87	Eger–Eger-Felnémet	25 kV 50 Hz	
1987	8	Győr–Sopron	25 kV 50 Hz	A GYSEV villamosította.
1988	8	Sopron–Sopron államhatár–Ebenfurt	25 kV 50 Hz	A GYSEV villamosította.
1988	40	Dombóvár–Godisa	25 kV 50 Hz	
1990	26	Balatonszentgyörgy–Keszthely	25 kV 50 Hz	
1991	1d	Rajka–Rajka államhatár–Oroszvár	25 kV 50 Hz	
1997	90	Felsőzsolca–Hidasnémeti–államhatár	25 kV 50 Hz	
1999	71	Rákospalota–Újpest–Vácrátót–Vác	25 kV 50 Hz	1911-ben ez volt az ország első villamosított vasútvonala.
1999	20	Székesfehérvár–Várpalota	25 kV 50 Hz	
2000	20	Várpalota–Szombathely	25 kV 50 Hz	
2001		Sopron–Sopronkeresztúr	25 kV 50 Hz	A GYSEV villamosította.
2002	15	Sopron–Szombathely	25 kV 50 Hz	A GYSEV villamosította.
2004	9	Nezsidó–Fertőszentmiklós	25 kV 50 Hz	A GYSEV villamosította.
2010	25	Bajánsenye–Boba	25 kV 50 Hz	
2010	21	Szombathely–Szentgotthárd	25 kV 50 Hz	A GYSEV villamosította.
2015	16	Csorna–Porpác	25 kV 50 Hz	A GYSEV villamosította.
2015	16	Mosonszolnok–Csorna	25 kV 50 Hz	A GYSEV villamosította.
2016	17	Szombathely–Zalaszentiván	25 kV 50 Hz	A GYSEV villamosította.
2018	2	Rákospalota–Esztergom	25 kV 50 Hz	
2019	80c	Mezőzombor–Sátoraljaújhely	25 kV 50 Hz	

Forrás: Link 58

A fenti táblázatot szükséges kiegészíteni a 2x 25 kV-os rendszerben villamosított hálózatokkal, amelyek az alábbiak.

52. Táblázat 2x25 kV-os rendszerű vasútvonalak

Év	Vonal-szám	Vonalszakasz	Feszültség	Megjegyzés
1987	30a,30	Kelenföld pályaudvar–Siófok	2 × 25 kV	Szabadbattyántól
1988	41	Dombóvár–Kaposvár	2 × 25 kV	Kaposulától
1989	30	Siófok–Fonyód	2 × 25 kV	
1990	30	Fonyód–Balatonszentgyörgy	2 × 25 kV	
1992	41	Kaposvár–Somogyszob	2 × 25 kV	
1994	41	Somogyszob–Gyékényes	2 × 25 kV	
1995	60	Gyékényes–Murakeresztúr	2 × 25 kV	
1998	30	Balatonszentgyörgy–Nagykanizsa	2 × 25 kV	
1998	60	Nagykanizsa–Murakeresztúr	2 × 25 kV	

Forrás: Link 58

A táblázatban foglalt vonalak egy része a Balaton környékén található, tehát turisztikailag kiemelt jelentőségűek.

A tervezett vonalak közül, szinte mindegyiknek lehet szerepe a belföldi turizmusban (53. Táblázat).

53. Táblázat A jövőben tervezett hálózatok villamosítása

Év	Vonal-szám	Vonalszakasz	Feszültség, áramnem	Megjegyzés
2020	101	Püspökladány–Biharkeresztes	25 kV 50 Hz	
2021	135	Szeged–Hódmezővásárhely	25 kV 50 Hz	Tram-train rendszer kiépítése
2021	29	Székesfehérvár–Tapolca	25 kV 50 Hz	Szabadbattyán–Balatonfüred
2022	17	Zalaszentiván–Nagykanizsa	25 kV 50 Hz	
	135	Hódmezővásárhely–Békéscsaba–Gyula	25 kV 50 Hz	
	10	Győr–Celldömölk	25 kV 50 Hz	
	142	Budapest–Lajosmizse–Kecskemét	25 kV 50 Hz	

Forrás: Link 58

A magyarországi teljes vasúti hálózatot tekintve 2018 év végi adatok alapján a GYSEV hálózatának 89%-a, míg a MÁV vonalainak 36,8%-a villamosított. Ebből kifolyólag, **az állami vasúthálózat kicsit kevesebb, mint 2/3-án a fő mozdony hajtóanyag a dízelgázolaj, aminek a kiváltására szolgálhat az LNG már középtávon a spanyol példa tapasztalatait szem előtt tartva.**

4.3 Helyi és helyközi buszok

Ebben a szektorban a fő hangsúly a stratégia⁶⁸ szerint a vasúti és buszos közlekedés összehangolására, a megálló korszerűsítésére, valamint a jegyértékesítésre és tájékoztatásra helyeződik. Ugyanakkor fontos, hogy a meglévő járműállományt környezetbarát típusokra cseréljék, melyet a busz stratégia irányelvvel kapcsolatosan ismertettünk. Ugyanakkor eddig is voltak pozitív előre lépések e

⁶⁸ https://www.kormany.hu/download/8/19/31000/mtu_kiadvany_EPUB_297x210mm%20-%20preview.pdf

tekintetben az ország egész területén, melyek közvetve és közvetlenül a turizmus ágazatát is szolgálhatják.

Az LNG, illetve CNG nagyobb arányú bevezetése a turizmusban, mint például városnéző autóbuszok tekintetében számos gazdasági és környezeti előnnyel járna, hiszen más üzemanyag hajtásúakhoz képest alacsonyabb beszerzési árai lehetnének (megfelelő kormányzati támogatottság mellett), amelyből a vállalkozók úgy profitálhatnak, hogy közben kisebb terhet rónak a környezetre. Mint az már korábbi fejezetekben is kifejtettük a földgáz meghajtású buszok helyi emissziója lényegesen kedvezőbb, emellett pedig alacsonyabb a zajszintjük is, mely a lakott övezetben való közlekedéskor szintén meghatározó jelentőségű.

Ami a helyközi, illetve távolsági buszokat illeti, hazánkban egyelőre nem találhatók üzembehelyezett, földgázzal hajtott modellek. Azonban a jövőben várhatóan az egyes volán társaságok is váltani fognak, hiszen a jelenlegi autóbusz flotta átlagosan EURO IV-es besorolású, tehát cseréjük elengedhetetlen.

Összefoglalóan elmondható tehát, hogy a közlekedési infrastruktúra alapfeltétele turizmusnak. Általánosan kijelenthető, hogy **minél fejlettebb és zöldebb egy adott célország közlekedése, annál vonzóbb a környezetbarát, zöld és öko túristák számára**

Manapság pedig még inkább felértékelődött a fenntarthatóság és a környezetvédelem, így azon desztinációk előnyben részesülhetnek, ahol már bevett módszerek vannak zöld közlekedésben. Ebből kifolyólag, az alternatív hajtások, valamint üzemanyagok szerepe kiemelt jelentőségű a turizmus szempontjából is.

XIII. A CSEPELI TÖLTŐÁLLOMÁS ÜZLETI/SZAKMAI PARTNEREINEK VIZSGÁLATA

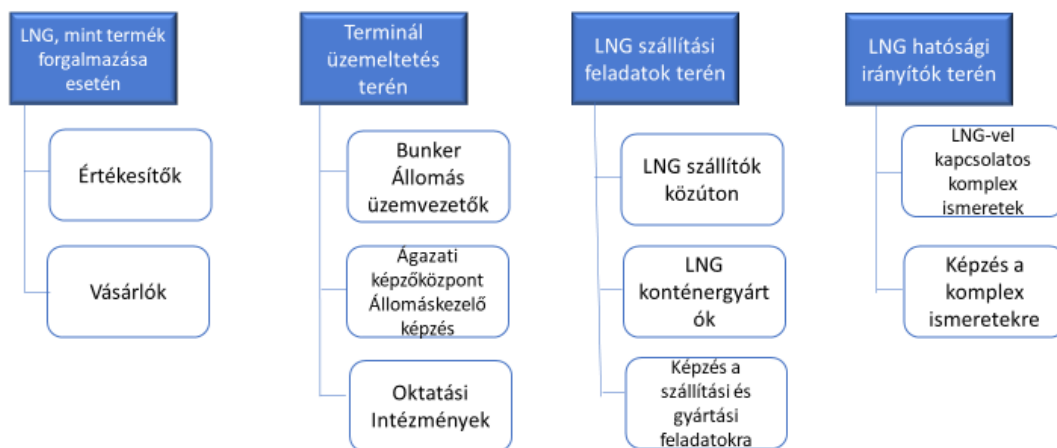
XIII.1 POTENCIÁLIS ÜZLETI PARTNEREK

Az LNG forrás lehetőségek fejezetben érintőlegesen felvetettünk üzleti kapcsolatokat, elsősorban az LNG vásárlásával kapcsolatban.

Emellett természetesen egyéb üzleti kapcsolatok, együttműködések kiépítésére is adódik lehetőség, nemcsak a Rajna-Majna-Duna útvonalhoz kapcsolódóan.

Itt most nem az eseti üzleti kapcsolatokról, úgymint tervező, kivitelező, anyagbeszerző cégekről, hanem az LNG forgalmazás, állomások üzemeltetéséhez kapcsolódó hosszabb távú üzleti partnerekről van szó. Az alábbi területeken lehet kapcsolatokat kiépíteni a belföldi és közeli országok hasonló tevékenységet végző vállalkozásaival.

Megjegyezzük, hogy a környező országokban is még csak most kezdődött el, vagy inkább fog elkezdődni az LNG forgalmazás, így velük együttműködésről beszélni csak jövőbeni lehetőségként lehet. Ez alól kivétel a lengyel már működő, és a horvát nagyon közeli terminál belépés.



A fentiek esetében azt lehet mondani, hogy a kereskedelemhez kapcsolódóan „csak” üzleti kapcsolatok, míg az üzemeltetés-szállítás területeken az üzlet mellett együttműködések is kiépíthetők.

Már a projekt tervezés időszakában felmerült a környező, közép-kelet-európai országok LNG témájú projektjeinek megismerése, a projektgazdák célkitűzéseinek összehangolására.

A szlovák állam tulajdonában lévő Szabadkikötők Zrt (Verejné Prístavy, a.s.), amely az állami kikötőket felügyeli és üzemelteti, a pozsonyi szabadkikötőben tervez kisléptékű LNG terminált létesíteni kifejezetten hajók töltésére szolgáló bunkerállomásként.

A szlovák állami céggel történő jövőbeni együttműködésnek számos, a PL4D projektre vonatkozó pozitív hozadéka lehet, mint például:

- a két fél közös, együttes LNG beszerzése
- a dunai LNG szállítás feltételeinek megteremtésére egy, a határokon átívelő közös pályázat benyújtása LNG szállító hajó megtervezésére és megvalósítására, mely a jövőben képes lesz a Felső-Közép Duna LNG igényét akadálymentesen folyami LNG tankerhajóként kiszolgálni
- a két fél LNG/CNG szakképzési rendszerének összehangolásával, az LNG/CNG oktatási és képzési lehetőségek megteremtése Közép-Kelet Európában

XIII.2 LNG TERMÉK FORGALMAZÁSA

Itt LNG-t közvetlenül terminálról, termelésből, gázkereskedőktől is lehet vásárolni, illetve számos üzleti partner felé értékesíteni.

XIII.3 LNG ÉRTÉKESÍTŐI KÖR

Ide azokat sorolhatjuk, akiktől az LNG-t vásárolni tudjuk.

Belföldön

Belföldi értékesítő egyelőre nem jöhet szóba a dunai terminál töltésére. Amennyiben Magyarországon akár a MOL, akár más gáztermelő LNG előállításba kezd akkor ez változni fog. Ugyanúgy a bio-LNG előállítók is jelenleg még hiányoznak.

Külföldön

Az LNG forrás lehetőségek fejezetben erre kitértünk, de most nézzük a konkrét cégeket.

- Horvátországban a Krk szigeti terminál a Plinacro horvát gázszállítóhoz tartozik. Emellett valószínűleg meg fognak jelenni LNG-t forgalmazó új horvát cégek is a piacon. Ezenkívül nagynevű cégek, akik már Európában végeznek LNG forgalmazást, mint pl. Linde, vagy a Primagáz is beléphet ide gázforgalmazóként.
- Olaszországi terminálról a Porto Levantei GNL Adriatico Srl céggel lehet kapcsolatba kerülni. Erről a terminálról közvetlen közúti tartálykocsis LNG töltés egyelőre nincs, ez később épül ki.
- Lengyelországi új terminálról hamarosan megkezdődik a cseppfolyós állapotú LNG kiszállítás is, nemcsak visszagázosítóként üzemel. Üzemeltető a Polski LNG SA.

- A szintén lengyel katowicei LNG üzem (ahol szénből állítják elő) már közelebb van, az LNG Silesia üzemeltetésében, aki értékesítésre szállít is.
- Délre Romániában és Bulgáriában később alakul ki az az LNG előállító (elsősorban török LNG beszerzését tervezik), illetve akár külföldre is értékesítést végző vállalkozói kör.

XIII.4 LNG VÁSÁRLÓI KÖR

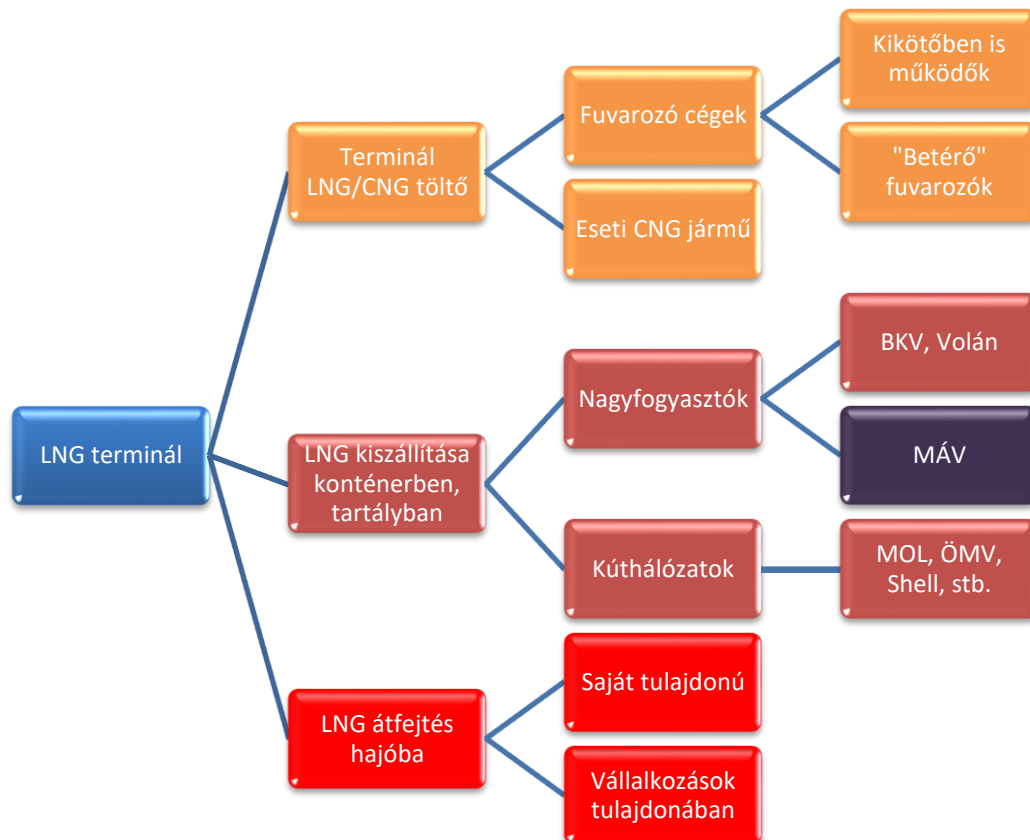
A hazai LNG vásárlói kör kiépülése gyakorlatilag most, illetve ezen terminál belépésével kezdődik. Innen esetleges későbbi külföldre történő értékesítési kapcsolatokkal most nem foglalkozunk.

Közúti és vízi közlekedéshez

Konkrét cégek megnevezése nem célravezető, ugyanis ezen a területen rendkívül nagy számban vannak jelen működő vállalkozások.

A közvetlen terminálon elhelyezett LNG/CNG kútról való töltés lehetősége adott, a későbbiekben pedig, nagyobb kapacitás esetén javasoljuk az LNG-felhasználókhöz történő kiszállítást.

A MÁV dízelgázolaj üzemű járműveinek töltését saját telephelyein végzi, így valószínűsíthető, hogy ezen telephelyeken gazdaságosan megoldható a kútról való töltés.



XIII.5 TERMINÁL ÜZEMELTETÉSE TERÉN

Együttműködés építhető ki azonos létesítményt üzemeltető cégekkel, ami ebben a régióban a következő években fog kialakulni.

Az együttműködő partner az a cég, aki elvállalja bérben ennek a létesítménynek az üzemeltetését. Meg lehet hirdetni, versenyeztetni, a szakmai-személyi feltételek ismertek. Magyarországon is van olyan gázipari, vagy olajipari cég, aki ezt tudná üzemeltetni, pl:

- MOL;
- Primagáz;
- E-ON;
- Gázkereskedő cégek.

Elsősorban külföldi bunker üzemeltetőkkel, oktatási intézményekkel ezen üzemeltető lesz kapcsolatban.

Természetesen a pilot program befejezésével, az indításhoz szükséges jogszabályi módosításokat el kell végezni.

XIII.6 OKTATÁSI INTÉZMÉNYEKEL ÁLTALÁNOS EGYÜTTMŰKÖDÉS

Négy szinten szükséges a képzést megoldani és az ehhez szükséges szakokat szakmákat létrehozni, melynek részleteit a II. sz. OKTATÁSI, TOVÁBBKÉPZÉSI ÉS HUMÁN KOMPETENCIA FEJLESZTÉSI STRATÉGIA A HAZAI SZAKEMBEREK BIZTOSÍTÁSÁRA című tanulmányfejezet ismerteti.



6.1 Bunker állomás kezelő

Középfokú OKJ szerinti közlekedés, a gépészeti szakmacsoportban levő képesítéssel rendelkezőket kell speciális LNG kiegészítő képzéssel ellátni.

Ilyen képzés van Hollandiában, Angliában stb. Számunkra viszont a legkedvezőbb a lengyel kiképző központ, amelyik egész Európára érvényes bizonyítványt nyújt a szakembereknek. Az European LNG Training Center-t 2010-ben Szczeceiben állították fel, a Maritime University intézményben. Elméleti és gyakorlati oktatás is folyik, ahol szimulációs tesztpályán be tudják gyakorolni a műveleteket.

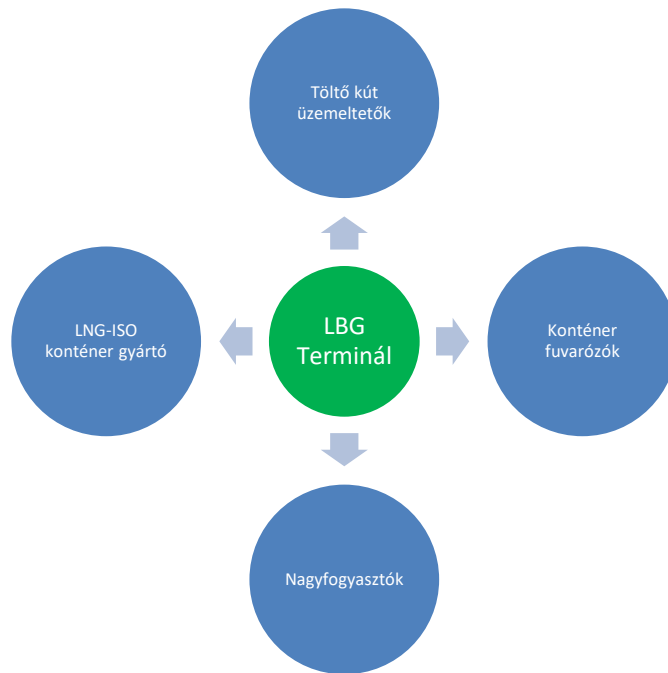
XIII.7 LNG SZÁLLÍTÁSI FELADATOK TERÉN

Az LNG szállítási tevékenységben való együttműködés terén szállítók együttműködése, szállítóknak alkalmas LNG konténer gyártása, LNG konténerről való kút üzemeltetések kijánlása, hozzá kapcsolódó tartály csere konstrukciók stb.

Milyen partnerek tudnak ebben részt venni, együttműködve a terminállal?

Az egyik legfontosabb az LNG-ISO típusú konténerekkel való kúthálózati ellátás, melyről részletesebben foglalkoztunk a konténer gyártási lehetőségek fejezetben.

Itt együttműködés alakítható ki a következő szereplők között:



A cégeket nevesíteni nem szükséges, fentebb ugyanezek megtalálhatók.

A small scale LNG terminálnak lehetősége adódik arra, hogy akár saját LNG-ISO konténer „flottával” felszerelve, saját maga váljon a kutak ellátójává, ugyanúgy, ahogy egy pébégáz forgalmazás működik, pl. a Primagáz mintájára.

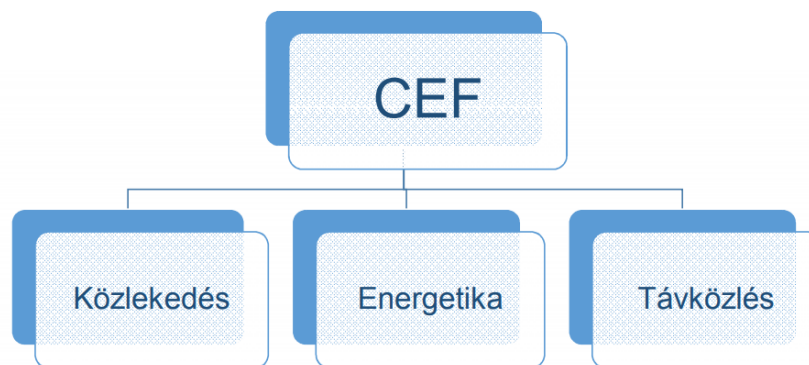
Ebben az esetben saját magának kell megszerveznie (vagy irányítani) a fuvarozást.

A terminálnak ez az üzleti konstrukció hosszú távú forgalmat tud generálni.

XIV. A MOTOROK ÁTALAKÍTÁSÁT, ILLETVE CSERÉJÉT TÁMOGATÓ ÁLLAMI ÉS UNIÓS FINANSZÍROZÁSI FORRÁSOK VIZSGÁLATA

XIV.1 EURÓPAI UNIÓS TÁMOGATÁSOK

Az Európai Unió a 2014-2020-as időszakra létrehozta az Európai Hálózatfinanszírozási Eszközt (CEF), annak érdekében, hogy a TEN-T fő törzshálózati folyósója mentén megvalósítandó projekteket támogatásban részesíthesse. A 156. ábra foglalja össze, hogy a CEF keretből milyen ágazatba besorolt projektek támogathatók.



Forrás: Horváth, 2015

156. ábra A CEF által támogatott ágazatok

A finanszírozással kapcsolatos hatályos jogszabályok az alábbiak:

- **TEN-T rendelet:** Az Európai Parlament és Tanács 1315/2013/EU rendelete a transzeurópai közlekedési hálózat fejlesztésére vonatkozó uniós iránymutatásokról és a 661/2010/EU határozat hatályon kívül helyezéséről
- **CEF rendelet:** Az Európai Parlament és Tanács 1316/2013/EU rendelete a az Európai Hálózatfinanszírozási Eszköz létrehozásáról, a 913/2010/EU rendelet módosításáról és a 680/2007/EK és 67/2010/EK rendelet hatályon kívül helyezéséről
- **A Bizottság 275/2014/EU** felhatalmazáson alapuló az Európai Hálózatfinanszírozási Eszköz létrehozásáról szóló 1316/2013/EU európai parlamenti és tanácsi rendelet I. mellékletének módosításáról

Az egyes területekre szánt források mennyisége a következők szerint alakul:

- a) Közlekedés (teljes uniós költségvetés): 26,250 milliárd EUR, melyből
 - 14,945 milliárd euró valamennyi tagállam részére
 - 11,305 milliárd euró a Kohéziós Alap tagállamainak

- b) Energetika: 5,850 milliárd euró energia infrastruktúrára
 c) Távközlés: 1,141 milliárd euró szélessávú és digitális szolgáltatásokra

A Kohéziós Alap tagállamainak szánt összegből Magyarországhoz delegált költségvetés 1 075 millió euró, amely 310,1 Ft-os euro árfolyamon átváltva nettó 392 milliárd Ft. A támogatás intenzitásának maximuma 85% lehet, 15%-os társfinanszírozás mellett.

54. Táblázat A CEF által finanszírozható projektek maximális intenzitásának megoszlása

	Általános „boríték”	Kohéziós „boríték”
(A) Tanulmányok	50%	85%
(B) kivételzés:		
Vasúti: határátkelő, szűk keresztmetszet, más közös érdekű projekt	40% / 30% / 20%	85%
Belvízi: határátkelő, szűk keresztmetszet, más közös érdekű projekt	40% / 40% / 20%	85%
Szárazföldi kikötő és reptér kapcsolat (vasút és közút)	20%	85%
Kikötők fejlesztése	20%	85%
Multimodális platformok fejlesztése	20%	85%
Zajcsökkentés a vasúti gördülőállomány fejlesztésével	20%	20% !!!
Árufuvarozási szolgáltatások	20%	20% !!!
Törzshálózati biztonságos parkolók	20%	20% !!!
Tengeri autópályák (továbbiakban MoS)	30%	85%
TMS rendszerek: SESAR, RIS, VTMS (földi / fedélzeti)	50% / 20%	85%
TMS rendszerek: ERTMS	50%	85%
TMS rendszerek: ITS közút	20%	85%
Közúti határkereszteső szakaszok	10%	85%
Új technológiák és innováció (minden közl. módra)	20%	85%

Forrás: Horváth, 2015

1.1 Elérhető pályázati támogatások

A) CEF

A jelenleg is nyitott CEF közlekedési pályázatokra való jelentkezés által lehetővé válik az egyes hajó, illetve mozdonyok átalakítására, valamint további infrastrukturális elemek létrehozására támogatást nyerni. Az EU eredeti tervei szerint 2019 után már nem lehetett volna pályázni, hiszen az egész CEF keret 2020-ig szól, azonban az Európai Bizottság az Európai Beruházási Bankkal (EBB) karöltve 2019 márciusában létrehozta az új CEF Transport Blending Facility-t⁶⁹, amely további 200 millió eurós összeköltséggel rendelkezik, és elsősorban az Európai Vasúti Forgalomirányítási Rendszerre (ERTMS) és az alternatív üzemanyagok infrastruktúrájának kiépítésére irányuló projekteket fogja támogatni. A

⁶⁹ <https://ec.europa.eu/inea/en/connecting-europe-facility/cef-transport/apply-funding/blending-facility>

rendelkezésre álló forrás és a kiosztott támogatások függvényében 2021 márciusáig minden negyedévben lehetőség lesz beadni a támogatási kérelmet.

B) Horizont 2020

Ez a támogatási keret kutatás-fejlesztési projekteket támogat, tehát a pályázóknak valamilyen újdonsággal, novummal bíró konstrukciót kell fejleszteniük. A motorfejlesztések és a retrofitting kapcsán külön kiírással rendelkezik a Smart, Green and Integrated Transport elnevezésű szekció, melynek összforrása 2014-2020 között 6,339 milliárd euró. Ugyanakkor figyelembe kell venni, hogy H2020 pályázatra (kivéve SME) nemzetközi konzorciumban kell pályázni, legalább 3 partnerrel együtt. A 'Mobility for Growth' munkaprogramban található a *Retrofit Solutions and Next Generation Propulsion for Waterborne Transport* célirány, melynek fő célkitűzése az alábbi kihívások megoldására irányuló projektek támogatása - a teljesség igénye nélkül -

- Olyan személyszállító hajó koncepciójának megtervezése, amelyet nagy teljesítményű üzemanyag cellák hajtanak kiegészítve más motorral vagy turbinával. 5 MW-ot meghaladó teljesítmény elérése és olyan koncepció létrehozása a cél, ahol LNG, LBG vagy CBG vagy szintetikus üzemanyagok felhasználásával alapozzák meg a hajtást, figyelembe véve a 100% - os hidrogénüzem működésének következményeit. Fő cél a hidrogéncellás technológia hajóra való integrálhatóságának előkészítése.
- TRL 5-ös új generációs meghajtórendszer hajózáshoz villamos energiát és/vagy tiszta üzemanyagot és/vagy megújuló energiaforrást használva.

1.2 Elérhető banki finanszírozások

Az Európai Beruházási Bank (EBB) az Európai Unió hitelezője. Az EBB-csoport két részből áll: az Európai Beruházási Bankból és az Európai Beruházási Alapból. Utóbbi elősorban a kis- és a középvállalkozások finanszírozására szakosodott.

Az EBB 4 kiemelten támogatott területtel rendelkezik:

- innováció
- kisvállalkozások
- infrastruktúra
- klíma- és környezetvédelem

Hitel, tőkeberuházás, banki garancia, tanácsadás és kombinált finanszírozással (kölcson és támogatás kombinációja) áll az egyes országokban működő vállalkozások rendelkezésére.

Jelen pályázat továbbfejlesztésén belül az itt felsorolt lehetőségek közül a hitel, valamint a kombinált finanszírozás igénybevétele javasolt, akár átalakítás (retrofitting), akár további infrastrukturális fejlesztésekre.

1.3 Az EU következő pénzügyi programozási időszak

Arra vonatkozólag, hogy a jövőben milyen Uniós forrásokat állnak majd rendelkezésre az LNG-re történő átállással kapcsolatban, iránymutatást ad az EU következő pénzügyi programozási időszakának struktúrája.

Az Európai Unió a 2021-2027-es időszakra előirányzott költségvetésének alapelvei:

- modern, dinamikus költségvetés a megfelelő egyensúllyal a közös politikák között, az EU hozzáadott értékére összpontosítva;
- az uniós költségvetés finanszírozásának átláthatóbb megközelítése és új bevételi források bevezetése a prioritások támogatása, valamint a nemzeti hozzájárulások terheinek csökkentése érdekében;
- nagyobb politikai koherencia, a finanszírozás és a politikai prioritások szorosabb összekapcsolása révén, valamint az EU költségvetésének a jogállamiság hiányaitól való védelmére szolgáló erősebb eszközök révén

A főbb hangsúlyok az alábbi területekre terjednek ki:

- a) Kohézió és értékek: Regionális fejlesztés, reformok támogatása, hamisítás elleni küzdelem, beruházás a humán kompetenciákba (társadalmi, oktatási, önkéntes és médiaprogramok), igazságosság, jogok, értékek.
- b) Természeti erőforrások és környezet: Mezőgazdaság, vidékfejlesztés, tengerek, halászat, környezet, klíma
- c) Egységes piac, innováció és digitalizáció: Egységes piac, beruházás, kutatás és innováció, adó, vám, kis- és középvállalkozások, versenyképesség, űrprogram, Euratom, **Európai Hálózatfinanszírozási Eszköz (CEF)**.
- d) Migráció és határigazgatás: Menekültügy, migráció, integrált határmenedzsment.
- e) Biztonság és védelem: Belső biztonság, nukleáris biztonság és leszerelés, védelem, válságkezelés.
- f) Szomszédság: Szomszédság, fejlesztés, nemzetközi együttműködés, humanitárius segély, előcsatlakozás, közös kül- és biztonságpolitika, források a tengerentúli országok / területek számára.

Látható tehát, hogy a CEF struktúrája megmarad a jövőben is. Ez és az eddigiekben finanszírozott projektek alapján elmondható, hogy a jövőben is lesz lehetőség hasonló felhívásokra pályázni, tehát a vasúti, illetve hajó motorátalakításokat, további LNG infrastrukturális fejlesztéseket várhatóan továbbra is CEF források fogják biztosítani.

XIV.2 HAZAI TÁMOGATÁSOK

A 2014–2020-as programozási időszakban megvalósítandó közúti közlekedésfejlesztési projekteket az 1696/2014. (XI. 26.) Korm. határozat, illetve az 1371/2016. (VII. 15.) Korm. határozat tartalmazza, amelyek finanszírozásához hazai és uniós (CEF, KÖZOP-IKOP) források állnak rendelkezésre.

Magyarország a 2019-ig közel 1,1 milliárd eurónyi támogatást kapott a CEF Közlekedési Alapból, mellyel összesen 45 projekt megvalósulásához/elindításához járultak hozzá, az IKOP keretből.

2.1 Integrált Közlekedésfejlesztési Operatív Program (IKOP)

„Az Integrált Közlekedésfejlesztési Operatív Program (IKOP) Magyarország (és az Európai Bizottság 2014-2020-as időszakra szóló) Partnerségi Megállapodásban megcélzott fenntartható, magas hozzáadott értékű termelésre és foglalkoztatás bővítésére épülő gazdasági növekedést szolgálja.

Az IKOP a 2014 és 2020 közötti EU támogatásokból megvalósuló közlekedésfejlesztések többségét tartalmazza, amelyek önmagukban az 1486/2014. (VIII.28.) Kormányhatározattal elfogadott Nemzeti Közlekedési Infrastruktúra-fejlesztési Stratégia beavatkozásainak csak egy részét jelentik. A közlekedési stratégiához hasonlóan összközlekedési szemléletű IKOP a párhuzamos támogatások elkerülése érdekében nem terjed ki:

- az Európai Hálózatfinanszírozási Eszközből (CEF) támogatható TEN-T törzshálózati folyosó és horizontális (pl. Duna hajózhatósága, alternatív üzemanyag-töltő infrastruktúra, SES légiforgalmi irányítás), valamint a többi operatív programból tervezett közlekedésfejlesztésekre*
- azon intézkedésekre, melyek EU támogatás nélkül is megvalósíthatóak (pl. e-Call). Ezen intézkedések arányának növelését az Európai Bizottság is elvárja.”*

Az IKOP beruházási stratégiáját az alábbi táblázat foglalja össze.

55. Táblázat IKOP pályázati konstrukciója beruházási stratégiája

Prioritási tengely	Alap	Unió támogatás (€)	Az operatív programhoz nyújtott összes uniós támogatás részaránya	Tematikus célkitűzés	Beruházási prioritások	A beruházási prioritáshoz kapcsolódó egyedi célkitűzések	Közös és programspecifikus eredménymutatók, amelyekre célértéket határoztak meg
1. Nemzetközi (TEN-T) közúti elérhetőség javítása	KA	863 122 401	25,91%	7. Fenntartható közlekedés támogatása és a szűk keresztmetszetek eltávolítása az alapvető fontosságú hálózati infrastruktúrából	7i - „a multimodális egységes európai közlekedési térség támogatása a TEN-T-be történő beruházás révén”	1.1. Az országhatárok elérésének javítása a magyarországi TENT úthálózaton	P111 Az országhatárt elérő gyorsforgalmi vagy emelt szintű utak száma
2. Nemzetközi (TEN-T) vasúti és vízi elérhetőség javítása	KA	1 259 035 159	37,79%		7i - „a multimodális egységes európai közlekedési térség támogatása a TEN-T-be történő beruházás révén”	2.1. A hazai TEN-T vasútvonalakon az utazási idő csökkentése	P2.1. Utazási idő a magyarországi TENT vasúthálózaton
						2.2. A dunai hajózás biztonságának javítása	P2.2. Dunai hajózási balesetek száma
3. Fenntartható városi közlekedés fejlesztése és elővárosi vasúti elérhetőség javítása	KA	578 551 389	17,36%	7ii - „környezetbarát (többek között alacsony zajkibocsátású) és alacsony szén-dioxid kibocsátású közlekedési rendszerek, többek között belvízi és tengeri hajózási	3.1. A Közép-Magyarország Régió városi-elővárosi közösségi közlekedési teljesítményének megőrzése	P311 A Közép-Magyarország Régió elővárosi vasúti és városi személyszállítási teljesítménye	

					útvonalak, kikötők, multimodális összeköttetések és repülőtéri infrastruktúrák fejlesztése és korszerűsítése, a fenntartható regionális és helyi mobilitás előmozdítása érdekében”		
3. Fenntartható városi közlekedés fejlesztése és elővárosi vasúti elérhetőség javítása	ERFA	327 625 419	9,83 %		7c - „környezetbarát (többek között alacsony zajkibocsátású) és alacsony szén-dioxid kibocsátású közlekedési rendszerek, többek között belvízi és tengeri hajózási útvonalak, kikötők, multimodális összeköttetések és repülőtéri infrastruktúrák fejlesztése és korszerűsítése, a fenntartható regionális és	3.2. A vidéki városielővárosi közösségi közlekedési teljesítmény megőrzése	P321 A vidéki elővárosi vasúti és városi személyszállítási teljesítmény

					helyi mobilitás előmozdítása érdekében”		
4. TEN-T hálózat közúti elérhetőségének javítása	ERFA	303 473 857	9,11%		7b - „a regionális mobilitás fokozása a másodrangú és harmadrangú csomópontok TEN-T infrastruktúrához – többek között a multimodális csomópontokhoz – történő kapcsolásával”	4.1 A Megyei jogú városok közúti elérhetőségének javítása	P411 Gyorsforgalmi vagy emelt szintű útkapcsolattal nem rendelkező megyei jogú városok száma

Forrás: palyazat.gov.hu

Az IKOP pályázat keretein belül 2014 és 2018 között 115 projekt került finanszírozásra a közúti hálózatfejlesztés kapcsán, 44 projekt a vasúti és vízi elérhetőség javítása érdekében, 14 projekt a fenntartható városi közlekedés fejlesztésére, 22 projekt a fenntartható városi közlekedés fejlesztésére kevésbé fejlett régiókban, valamint 6 projekt a TEN-T hálózat közúti elérhetőségének javítása céljából.

Arról egyelőre nem találhatók információk, hogy a 2020-as időszak után az IKOP keretei milyen irányba fognak változni, vagy megszűnni, de várható, hogy a CEF támogatási struktúráját fogja követni.

XV.A PROJEKT EREDMÉNYEINEK SZÉLESÍTÉSE

A hazai földgázüzemű közlekedés üzemanyag-ellátásához kiváló lehetőséget biztosítanak a magyar földgázforrások, amelyek egy kifejezetten erre vonatkozó iparági fejlesztési stratégia keretében megvalósítható. A földgázüzemű közlekedés üzemanyagigényének hazai biztosítása lehetőséget teremthet arra, hogy termelésbe vonjanak egyéb célra nem hasznosítható földgázmezőket, valamint szervezett keretek között megvalósuljon a mezőgazdaságban is a nem élelmiszercélú hulladékok biogáztermelés céljából történő hatékony begyűjtése, amely így megújuló energiaforrással láthatná el a ma elégtelen mértékű megújulót felvenni képes kőolajbázisú közlekedési szektort. Minden ilyen és ehhez hasonló intézkedés csökkentené Magyarország kőolajimport-kitettséget, ezáltal jelentős nemzetgazdasági pozitívumokat is generálna.

Fontos vizsgálni a régiós szintekre lebontott fejlesztési lehetőségeket is. A Kisalföldön és az Alföldön a mezőgazdaságból származó biogáz közlekedési célú felhasználása a helyi igényekhez illeszkedő fejlesztési lehetőséget jelenthet. Az ország déli régiójában a mecseki szénvagyon kínálhat kiváló lehetőséget a földgáz hazai forrásból történő beszerzésére, míg az ország keleti régióiban a kis méretű és inertes földgázmezőkből származó termelés ellensúlyozhatja az iparágban tapasztalt negatív termelési trendeket. Ezek a régiós fejlesztési lehetőségek akár nemzetközi együttműködések alapjaiként is szolgálhatnak.

Magyarország tovább erősíthetné a gépjármű- és motorgyártásban betöltött szerepét a földgázüzemű járművek és közlekedés melletti elköteleződésével. Egy olyan rendszerszintű stratégia, amelyben Magyarország az alternatív közlekedési szektorokon belül a földgázüzemű autózásra – a technológia egészségügyi előnyeit kihasználva – jelentős hangsúlyt fektet, egy erős üzenet a gyártók számára a közlekedés jövőjét meghatározó technológiák melletti elköteleződésről.

A gépjárműgyártás elengedhetetlenül fontos része a kutatás-fejlesztés és innovációs (K+F+I) folyamat, amelynek azonban a járműgyártási szektor mindössze egy részét adja. Mivel a jövő közlekedése – így a gázalapú is – az energetikailag fenntartható rendszerekbe kell illeszkedjen, ezért a gázüzemű közlekedés kapcsán számos olyan fejlesztési lehetőség merül fel, amely a bio- és földgáz, valamint a hidrogén hosszú távon is fenntartható használatára irányul.

Energetikai oldalon mindenekelőtt figyelemre méltó fejlesztési lehetőség a megújuló energiaforrások villamosenergia-többletéből, CO₂ elnyelésével szintetikus földgázt termelő Power-to-Gas technológia. A gépipar mellett vidékfejlesztési hozadékkal is jár a biogáztermelés intenzifikálása vagy akár tisztaszén-technológiaként a hazai szénvagyon hasznosítása a földgáztermelésben. Ezen útvonalak új és megtérülő K+F+I területeket nyitnak a magyar egyetemek, for-profit és non-profit kutatóhelyek és tudásközpontok számára, építve a járműipari és energetikai szektorokkal már kialakított együttműködésekre, hiszen a fejlesztési területeknek globális relevanciája van.

Az LNG-infrastruktúra kiépítése a CNG-hez hasonlóan a gépipari háttér-kapacitások kiépítését hozhatja magával. Ennek első markáns elemeként a Clean Fuel Box projekt által bevezetendő termék, a töltődoboz széles körű nemzetközi elterjesztése szolgálhat. Emellett szükséges egy hatékony kivitelezői, szolgáltatói háttér megteremtése is. Mindez jelentős mérnöki képességek erősödését eredményezheti, amely a következő legalább tíz-húsz évben stabil piaci igényt szolgálhat ki, hazánkban és a környező országokban egyaránt.

A PAN-LNG projekt keretében elindított LNG-üzemű Ikarus autóbusz fejlesztése egy jelentőségteljes lépés afelé, hogy Magyarországon ismét meghatározó jelentőségűvé válhasson az autóbuszgyártás. Az innovatív jellegének köszönhetően a városi, városközi, valamint akár a távolsági autóbuszok piacán ismét meghatározó szerepet tölthet be Európában az Ikarus.

A PAN-LNG-4-Danube Projekt keretében megvalósuló pilot töltőállomás lehetővé teszi, hogy a hajózásban, majd pedig a vasúton is megvalósulhasson a tiszta, gázüzem. A meglévő hajóállomány nagy arányban igényli a gépészet modernizálását, amelyet egy támogató jellegű program válthat ki. Figyelembe véve azt az egyre erősödő európai tudományos hangot, miszerint az LNG megalapozza a hidrogén hajtás jövőjét, aki ebbe az iparágba fektet a jelenben, a jövőben behozhatatlan komparatív előnyökre tehet szert a régióban.

A gázüzemű motorok nagyobb számú beépítéséhez egyidejűleg a hajójavító, hajógyári kapacitások részleges újjáélesztése is szükséges. A 2014/94/EU irányelv értelmében a közlekedést ellátó LNG-infrastruktúrát a határokon átnyúló hatások figyelembevételével szükséges kialakítani. Az irányelv előírja az LNG-disztribúciós infrastruktúra kiépítésének szükségességét, amely esetében a határon átnyúló lehetőségek kiaknázása különösen fontos a kelet-közép-európai térségben, ahol az országok egymáshoz viszonyított közelsége mindenképpen indokolja a közös infrastruktúra kiépítését.

Amennyiben Magyarország elköteleződik az LNG-alapú közlekedés mellett, a környező EU-s országok közlekedési célú LNG-ellátójává is válhat hazai biometán előállításával.

A földgáz beszerzési forrásai kapcsán is számos nemzetközi együttműködés alakítható ki, amelyekkel még inkább kiaknázzhatók azok a természeti erőforrások is a közlekedési célú földgáz biztosítására, amelyek átnyúlnak az ország határain. Az ilyen nemzetközi regionális együttműködések illeszkedhetnek meghatározott közlekedési folyosók fejlesztéséhez is, melyek beazonosíthatók Magyarország meghatározó régiós központjai (Miskolc, Győr, Debrecen) és a környező országok nagyvárosai között (Eszék, Nagyvárad, Kassa, Pozsony). Az LNG-infrastruktúra terén különösen fontos lehet a nemzetközi kooperáció, mivel a technológia elsősorban a távolsági közlekedésben válthatja ki igazán a kőolajalapú közlekedési módokat, ezért a Kárpát-medencében igény mutatkozhat az együttműködésekben megvalósítható fejlesztések iránt.

XVI. A PROJEKT ÚJ EREDMÉNYEINEK BEMUTATÁSA

A **terjesztés vagy disszemináció** olyan megtervezett folyamat, amelynek során a legfontosabb szereplők tájékoztatást kapnak a projekt és a projekt kezdeményezéseinek eredményeiről. Akkor kerül rá sor, amikor a projekt és kezdeményezések eredményei elérhetővé válnak. A PL4D projekt szélesebb körben történő megismertetése a jövőben más szervezetekre/intézményekre is hatást gyakorol, és hozzájárul a projektet végrehajtó szervezet/intézmény ismertségének növekedéséhez. Már a projekt kezdetekor meg kell tervezni az eredmények hatékony terjesztésének megfelelő folyamatát. Ennek a tervnek tartalmaznia kell, hogy mit fognak terjeszteni, illetve miért, hogyan, mikor, kinek és hol fogják terjeszteni az eredményeket a támogatási időszak során és után.

A **hasznosítás** egyfelől (a) olyan tervezett folyamat, amelynek során a PL4D projekt és kezdeményezések sikeres eredményei eljutnak a megfelelő döntéshozókhoz az ellenőrzött helyi, regionális, nemzeti vagy európai szintű rendszereken belül, illetve másfelől (b) olyan tervezett folyamat, amelynek során az egyéni végfelhasználókat meggyőzik arról, hogy fogadják el és/vagy alkalmazzák a kezdeményezések eredményeit. A hasznosítás a támogatott tevékenységekben rejlő lehetőségek maximális kiaknázását jelenti oly módon, hogy a tevékenységek eredményeit a projekt időtartamát követően is kamatoztatják. Az eredményeket oly módon kell létrehozni, hogy mások igényeihez is hozzáigazíthatók legyenek, más szektorokra is átvihetők legyenek, a támogatási időszak után is fenntarthatók legyenek, illetve hatással legyenek a jövő szakpolitikáira és gyakorlataira.

A terjesztés és hasznosítás céljai és célkitűzései

A terjesztés és hasznosítás első célja a PL4D projekt eredményeinek minél szélesebb körben történő ismertetése. A második cél a nemzeti és európai szakpolitikák és rendszerek megvalósításához és formálásához történő hozzájárulás. Ennek a célnak a megvalósításához a kedvezményezetteknek saját módszereket kell kidolgozniuk. A terjesztést és hasznosítást szolgáló tevékenységek típusának és intenzitásának azonban arányosnak kell lennie a kidolgozott projektekre jellemző sajátos igényekkel és a projekt típusával, és meg kell felelnie ezeknek. Figyelembe kell venni például, hogy a projekt folyamatorientált-e, vagy kézzelfogható eredmények létrehozására irányul-e; elszigetelten vagy egy nagyobb kezdeményezés részeként valósul-e meg; nagyobb vagy kisebb résztvevő szervezetek/intézmények hajtják-e végre stb. A résztvevő szervezetek/intézmények megvitatják a tevékenységek/projektterv céljait és célkitűzéseit, döntenek a legjobb tevékenységekről és megközelítésekről, és a projekt jellemzőinek figyelembevételével kiosztják a partnerek között a feladatokat.

A PL4D projekt eredmények bemutatásának célja:

- Tudatosság és láthatóság növelése
- Tevékenység/projekt népszerűsítése
- Kapcsolatot teremt az állampolgárokkal és stakeholderekkel
- Jelentés a támogatási összeg elköltéséről
- A döntéshozók számára bemutatja a befektetés hasznosságát
- Jogi kötelezettség

Átfogó kommunikációs terv készítése szükséges, amely meghatározza a közönséget.

A PL4D projekt eredmények bemutatásának módja:

- Publikációk (szórólapok, prospektusok)
- Weboldal
- Nyilvánosság (plakátok)
- Események
- Videók és fotók
- Kampányok
- Közösségi média
- Sajtóközlemények
- Konferenciák

A CEF-támogatás kedvezményezettjének jogi kötelezettsége az EU finanszírozásának elismerése és az EU emblémájának feltüntetése az összes információs és kommunikációs anyagban az alábbi logók alkalmazásával.



Az Európai Unió
finanszírozásával

Az Európai Unió
társfinanszírozásával



Ezt a projektet az Európai
Unió társfinanszírozza



Ezt a projektet az Európai
Unió finanszírozza

157. ábra Kötelező nyilvánossági elemek

XVII. IRODALOMJEGYZÉK

	Dokumentum címe	Szerzők	Publikáció dátuma
1	'Appendix D, Oil and gas resource and technology cases'	Annual Energy Outlook	2018
2	2010. évi összértékesítési értékelés hazánk levegőminőségéről az automata mérőhálózat alapján	Levegő Munkacsoport	2011
3	2015. évi összesítő értékelés hazánk levegőminőségéről az automata mérőhálózat adatai alapján	ÉLFO LRK Adatközpont	2016
4	2017. évi összesítő értékelés hazánk levegőminőségéről az automata mérőhálózat adatai alapján	LRK Adatközpont	2018
5	75 éves a nagyvasúti villamos vontatás Magyarországon - 1. rész A villamos vontatás szerepe a magyar vasút fejlesztésében, gazdaságossági és energetikai megfontolások. http://vasutgepeszet.hu/	Kisteleki, M. ny. MÁV igazgató	2019
6	A CEF pályázatok rendszere, projektek	Horváth, B.	2015
7	A CSEPPFOLYÓS FÖLDGÁZ, AZAZ AZ LNG SZEREPE EURÓPÁBAN	Kecse, Zs. R.	2010
8	A European Strategy for Low-Emission Mobility	European Commission	2016
9	A helyközi közösségi közlekedés	Böröcz, I.; Beke, A.; Nagy, A.	2019
10	A levegő 2,5 mikron alatti részecskeméretű szállópor-tartalma és a korai halálozás Magyarországon. Semmelweis Egyetem, Általános Orvostudományi Kar, Pulmonológiai Klinika, Budapest	Losonczy, Gy.	2012
11	A magyar földgázrendszer 2018 évi adatai	MEKH	2018
12	An Evaluation of Natural Gas-Fueled Locomotives Report, November 2007	BNSF	2007
13	A review of demand prospects for LNG as a marine transport fuel	The Oxford Institute for Energy Studies	2018
14	A review of prospects for natural gas as a fuel in road transport	Oxford Institute for Energy Studies	2019
15	A SEVESO III. IRÁNYELV ISMERTETÉSE ÉS AZ IRÁNYELV OKOZTA VÁLTOZÁSOK VIZSGÁLATA	Jeruska, J.; Szakál, B.	2019
16	A szálló por terheltség környezeti hatásai és csökkentésének gazdasági alternatívái	Bános, K.	2012
17	A tool for calculating external costs associated with transportation of goods	Fridell, E.; Jerksjö, M.; Wolf, C.; Belhaj, M.	2009

18	A városi és elővárosi személyszállító hajók és kiszolgáló létesítmények fejlesztésére - Megvalósíthatósági tanulmány I. és II. kötet	BKK Zrt.	2014
19	Air Quality Appraisal – Damage Cost Methodology	Interdepartmental Group on Costs and Benefits, Air Quality Subject Group	2011
20	Air quality damage cost guidance	NA	2019
21	Air quality: MEPs approve new national caps on pollutants	European Parliament	2015
22	Aktualisierung "Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schad-stoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960 – 2030 " (TREMODO, Version 5.3) für die Emissionsberichtserstattung 2013 (Berichtsperiode 1990 – 2011); Institut für Energie- und Umweltforschung (IFEU) Heidelberg; Im Auftrag des Umweltbundesamtes; Heidelberg	IFEU	2012
23	Allergies due to air pollution	American Thoracic Society	
24	Alternative fuels for sustainable mobility in Europe	European Commission	2016
25	An environmental life cycle assessment of LNG and HFO as marine fuels, Institut for marin technikk	Laugen, L.	2013
26	An Overview of LNG Import Terminals in Europe	King, S.	2018
27	Analyses of the potential role of hydrogen for Norway in the transition to a zeroemission society	Solheimslid, T.	2017
28	Analysis of the Strategic State LNG plan for Russia	Petrov, N.	2015
29	Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2017 and inventory report 2019	European Environment Agency	2019
30	Assessment of the fuel cycle impact of liquefied natural gas as used in international shipping	ICCT	2013
31	Assessment of the fuel cycle impact of liquefied natural gas as used in international shipping	Lowell, D.; Wang, H.; Lutsey, N.	2013
32	Audi e-gas-Projekt	Otten, R.; AUDI AG	2017
33	Az alternatív üzemanyagok infrastruktúrájának kiépítéséről szóló irányelv által meghatározott nemzeti szakpolitikai keret	Nemzeti Fejlesztési Minisztérium	2016
34	Az egyes légszennyezők legfontosabb egészségkárosító hatásai	WHO Air Quality Guideline - Global Update	2005
35	AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 2014/94/EU IRÁNYELVE - az alternatív üzemanyagok infrastruktúrájának kiépítéséről	Európai Bizottság	2014
36	Az OLM 2009. évi szálló por PM10 mintavételi programjának összesítő értékelése	MFO Levegőtisztaság-védelmi Referencia Központ	2011

37	Az OLM 2017. évi szálló por PM10 mintavételi programjának összesítő értékelése	MFO Levegőtisztaság-védelmi Referencia Központ	2018
38	Bessere Luft durch Umweltzonen	VCOE	2014
39	Betriebswirtschaftliche und umweltseitige Analyse der Leistungsmehrkosten und der Umwelteffekte anspruchsvoller Umweltstandards	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit	2010
40	Biogáz	Horváth, D.; Schiller, O.	2014
41	BIOMETÁN HASZNOSÍTÁS EURÓPÁBAN ÉS MAGYARORSZÁGON	Szunyog, I.	2015
42	Black carbon controls in California: emissions, abatement, and knowledge gaps	Ayala, A.; Chen, J.; Motallebi, N.	2009
43	Budapesti Mobilitási Terv Közlekedésfejlesztési Beruházási Program (Stratégiai) Környezeti Vizsgálat	Öko Zrt.	2019
44	Cancer Care: Assuring quality to improve survival	OECD Focus on Health	2013
45	Carbon and Sustainability Reporting Within the Renewable Transport Fuel Obligation	Renewable Fuels Agency	2009
46	Characteristics of the ultrafine particle fraction along motorways	ECN	2008
47	China's Long March to Gas Price Freedom: Price Reform in the People's Republic	Oxford Institute for Energy Studies	2018
48	Climate Change – Characterization of Black Carbon and Organic Carbon Air Pollution Emissions and Evaluation of Measurement Methods	Chow, J.C.; Watson, J.G.; Lowenthal, D. H.; Chen, A. L-W.	2009
49	CNG and LNG for vehicles and ships - the facts	Transport & Environment	2018
50	CNG and LPG for Transport in Germany – Environmental Performance and Potentials for Greenhouse Gas Emission Reductions until 2020	Schmidt, P.; Heidt, C.; Hardinghaus, M.; Knitschky, G.; Weindorf, W.; Naumann, K.; Majer, S.; Müller-Langer, F.; Seiffert, M.	2012
51	CO2 REDUCTION USING LNG COLD ENERGY	Ikeda, M.	2013
52	Comparison of Life Cycle Greenhouse Gases from Natural Gas Pathways for Medium and Heavy-Duty Vehicles	Tong, F.; Jaramillo, P.; Azevedo, I. M. L.	2009
53	Consistency in the analytic hierarchy process: a new approach	Antonio Alonso, J., Lamata, M. T.	2005
54	Conversion of Marine diesel engine into Dual fuel (Diesel + LNG)	Abdellaoui, A.	2018
55	Conversions dominate LNG strategy	Riviera Newsletters	2018
56	Cost calculations (WTW APPENDIX)	Well-to-wheels	2007

57	Dalibor Barta, Miloš Brezáni, Tomáš Kalina: LNG as alternative fuel for railway transport. Bezpieczeństwo i ekologia, 2016/6.	Barta, D.; Brezani, M.; Kalina, T.	2016
58	Danube Navigation Statistics in 2015-2016	Danube Commission	2017
59	Daphne - LNG as cargo in the Danube ports, project deliverable D.5.4.2	Setz, M.	2018
60	Deliverable 1.4.1 - Study on the impact of LNG as fuel and cargo for inland navigation on safety, ecology and socio-economic aspects	Trnka, M.; Kilianova, K.; Dorcik, M.; Ondrejka, R.; Ladislav, C.; Kajanek, P.; Mlichova, J., Palcak, L.	2014
61	Delivering TEN-T, Facts and Figures	European Commission	2017
62	Der neue Euro VI Erdgasmotor für mittelschwere Nutzfahrzeuge von Mercedes-Benz	Benz, M.; Hoffmann, K.; Weirich, M.; Herrmann, H-O.	2014
63	Description and detailed energy and GHG balance of individual pathways (WTT Appendix)	WELL-TO-TANK	
64	Design im Grenzbereich: CO ₂ -Potentiale konventioneller Technologien beim Otto- und Dieselmotor	Baumgartena, H.; Bicka, W.; Dohmena, J.; Uhlmann, T.; Thewesa, M.; Schwaderlappa, M.; Tomazic, D.	2014
65	Detailed California-Modified GREET Pathway for Liquefied Natural Gas (LNG) from Dairy Digester BioGas	Air Resources Board	2009
66	Detailed California-Modified GREET Pathway for Liquefied Natural Gas (LNG) from Landfill Gas	Air Resources Board	
67	Detailed California-Modified GREET Pathway for Liquefied Natural Gas (LNG) from North American and Remote Natural Gas Sources	Air Resources Board	
68	Developing a market for Natural Gas Vehicles in Australia, Discussion Paper	ESAA	2014
69	Diesel-to-Natural Gas Engine Conversions	Omnitek Group	
70	Discrepancies between type- approval and “real-world” fuel- consumption and CO ₂ values	ICCT	2012
71	Economic and Technological Analysis of Commercial LNG Production in the EU	Hönig, V.; Prochazka, P.; Obergruber, M.; Smutka, L.; Kucerová, V.	2019
72	Effect of oxygenates in gasoline on fuel consumption and emissions in three Euro 4 passenger cars	Martini, G.; Manfredi, U.; Krasenbrink, A.; Stradling, R.; Zemroch, P.J.; Rose, K. D.; Hass, H; Maas, H.	2013
73	Effects of Biodiesel Blending on Particulate and Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Emissions in Nano/Ultrafine/Fine/Coarse Ranges from Diesel Engine	Chien, S-M.; Huang, Y-N.; Chuang, S-C.; Yang; H-H.	2009

74	Effects of Concentrated Ambient Particles and Diesel Engine Exhaust on Allergic Airway Disease in Brown Norway Rats	Harkema, J. R.; Wagner, J.G.; Kaminski, N.; Morishita, M.; Keeler, G. J.; McDonald, J. D.; Barrett, E. G.	2010
75	EICB: Execution of ex-ante cost/benefit analyses for the best available LNG technologies for vessels, Rotterdam; The Netherlands	Karaarslan, S.	2017
76	El GNL Un combustible alternativo para un Ferrocarril aún más sostenible	Vía Libre Técnica	2017
77	Emerging LNG-fueled ships in the Chinese shipping industry: a hybrid analysis on its prospects	Wan, C.; Yan, X. P.; Zhang, D.; Shi, J.; Fu, S.; Ng, A. K. Y.	2015
78	Energetika I., EDUTUS	Bihari, Péter	2011
79	Energy efficiency and CO2 emissions in LNG chains	Neeraas, B. O.; Maråk, K. A.	2011
80	Energy Transitions: Global and National Perspectives. & BP Statistical Review of World Energy.	Smil, V.	2017
81	Environmental and economic aspects of using LNG as a fuel for shipping in the Netherlands, TNO-RPT-2011-00166	Verbeek, R.; Kadijk, G.; van Mensch, P.; Wulfers, C.; van den Beemt, B; Fraga, F.	2011
82	Erdgas	Heck, T.	2003
83	Erdgas und Biomethan im künftigen Kraftstoffmix.	Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)	2011
84	ESD ARRANGEMENTS & Linked Ship/ Shore Systems FOR Liquefied Gas Carriers	SIGTTO, Third edition	2018
85	EU ENERGY, TRANSPORT AND GHG EMISSIONS TRENDS TO 2050	EUROPEAN COMMISSION	
86	EU renewable energy targets in 2020: Revised analysis of scenarios for transport fuels	JRC	2014
87	European Standard laying down Technical Requirements for Inland Navigation vessels, Edition 2019/1 - European Committee for drawing up Standards in the field of Inland Navigation (CESNI),	ES-TRIN	2019
88	EVALUATING EXHAUST EMISSION PERFORMANCE OF URBAN BUSES USING TRANSIENT HEAVY-DUTY CHASSIS DYNAMOMETER	VTT; Erkkilä, K.	2004
89	Evaluation of duty cycles for heavy-duty urban vehicles	VTT; Nylund, N-O.; Erkkilä, K.; Clark, N.; Rideout, G.	2007
90	External Costs, Research results on socio-environmental damages due to electricity and transport	European Commission	2013

91	Fact Sheet Danube Transportation	Pro Danube Management GmbH	2018
92	Fehér Könyv Útiterv az egységes európai közlekedési térség megvalósításához - Úton egy versenyképes és erőforrás-hatékony közlekedési rendszer felé	Európai Bizottság	2011
93	Freight Railroad Energy: Alternatives & Challenges	Iden, M. E.	2013
94	Fuel Quality Directive (2009/30/EC)	FQD	2009
95	Fuelling Europe's Future How the transition from oil strengthens the economy	Cambridge Econometrics & Element Energy	2018
96	General Manager Pro Danube International, Batelia & D-ZIB Workshop, Natural gas for inland shipping, Strasbourg	Seitz, M.	2017
97	GHG and NOx emissions from gas fuelled engines: Mapping, verification, reduction technologies	Stenersen, D., Thonstad, O.	2017
98	Global LNG market intelligence, real-time analysis and supply forecasts	ICIS	2018
99	Green Fleet Technology Study for Public Transport	Carroll, S.	2015
100	Greenhouse gas emission statistics - emission inventories	Eurostat	2019
101	Greenhouse gas emissions from transport.	EEA	2018
102	Greenhouse Gas Intensity of Natural Gas	NGVA	2017
103	Greenhouse Gas Marginal Abatement Cost Curves for Heavy Duty Trucks including CNG and LNG as Fuel Alternatives	Shell Global Solutions - Kofod, M.; Joedicke, A.; Hartman, S.	2015
104	GREEN MARKETING FOR GREEN TOURISM	Meler, M., Ham, M.	2012
105	Grundlagen Verbrennungsmotoren Funktionsweise, Simulation	Merker, G. P.; Teichmann, R.	2014
106	Guidance on LNG Bunkering to Port Authorities and Administrations	EMSA	2018
107	Háttéranyag a levegő szállópor szennyezettségének környezetegészségügyi értékeléséhez	Dura, Gy.; Pándics, T.	
108	Health Congress Canada Report	Ministry of Health, Canada	2003
109	Health effects of particulate matter	WHO	2013
110	Helyzetkép a szállítási ágazatról, 2017	KSH	2017
111	How to do AHP Analysis in Excel	Khwanruthai Bunruamkaew (University of Tsukuba)	2012
112	Human Health and Environmental Effects of Emissions from Power Generation	Environmental Protection Agency, US	2009
113	In quest for a sustainable motorization: the CNG opportunity	MPRA; Andrea Stocchetti and Giuseppe Volpato	2010

114	Influence of Methane Emissions and Vehicle Efficiency on the Climate Implications of Heavy-Duty Natural Gas Trucks	Camuzeaux, J. R.; Alvarez, R. A.; Brooks, S. A.; Browne, J. B.; Sterne, T.	2015
115	Innovative Energy Project, DirectLink LNG	NA	2018
116	Internalising the External Costs of Road Freight Transport in the UK	Piecyk, M.; McKinnon, A.C;	2007
117	In-Use Emissions Testing of Light-Duty Diesel Vehicles in the United States	Center for Alternative Fuels, Engines & Emissions West Virginia University	2001
118	In-Use Emissions Testing of Light-Duty Diesel Vehicles in the United States	Center for Alternative Fuels, Engines & Emissions West Virginia University	2014
119	Investment Plan for Europe: EUR 150 million to finance green shipping	European Investment Bank	2017
120	IPCC, 2018: Annex I: Glossary	Matthews, J.B.R. (ed.)	2018
121	IWW_GO_ATYVE adattábla	Eurostat	2019
122	Jegyzet	Domanovszky, H.	2016
123	Környezetbarát közlekedés, "ZÖLD GAZDASÁGÉLÉNKÍTÉS - Környezetgazdászok kiútkeresése" tanulmány	Lukács, A.; Pavics, L.; Horváth, Zs.; Pál, J.	2010
124	Környezetegészségtan, Debreceni Egyetem	Sárváry, A.	2011
125	Környezeti helyzetkép	Központi Statisztikai Hivatal	2018
126	Kurzstudie zum CO2-Reduzierungspotenzial bei leichten Nutzfahrzeugen (N1) bis 2020	IKA	2009
127	Légszennyezés és obstructív légúti megbetegedések	Márk, Zs.	2014
128	Légszennyezés: egészségünk védelme még mindig nem elégséges	Európai Számvevőszék - Különjelentés	2018
129	Levegőszennyezés és közegészségügy Európában	Országos Környezetegészségügyi Intézet	2011
130	Liquefied Hydrogen Bunker Vessel Designed	Maritime Executive	letöltés: 2019
131	LIQUEFIED NATURAL GAS (LNG) A CONCEPT PAPER ON ALTERNATE FUELS FOR INDIAN RAILWAYS	MNISTRY OF RAILWAYS	2013
132	Liquefied Natural Gas (LNG) as a Freight Railroad Fuel: Perspective From a Western U.S. Railroad	Iden, M.E	2012
133	Liquefied Natural Gas: Understanding the Basic Facts	USADE	2013
134	List of operational profiles and fleet families, Identification of the fleet, typical fleet families & operational profiles on European inland waterways	Schweighofer, J.; Kelderman, B.; Gebraad, J.;	2016

135	LNG AS A MARINE FUEL – THE INVESTMENT OPPORTUNITY	SEA LNG	letöltés 2019.
136	LNG as a marine fuel in the EU - Market, bunkering infrastructure investments and risks in the context of GHG reduction	Domagoj, B., Smith, T., Raucci, C., Rehmatulla, N., Narula, K., Rojon, I.	2018
137	LNG as a marine fuel in the EU: Market, bunkering infrastructure investments and risks in the context of GHG reductions, University Maritime Advisory Services	Baresic, D.; Smith, T.; Raucci, C.; Rehmatulla; Narula, N.; Rojon, I.	2018
138	LNG as a Maritime Fuel: Prospects and Policy	Congressional Research Service	2019
139	LNG as an alternative fuel for the operation of ships and heavy-duty vehicles	Wurster, R.; Weindorf, W.; Zittel, W.; Schmidt, P.; Heidt, C.; Lambrecht, U.; Lischke, A.; Müller, S.	2014
140	LNG as cargo in the Danube ports	Interreg D.5.4.2	2018
141	LNG Conversion Summary	EPA	2012
142	LNG Cost Benefit Analysis Issaquah	NA	2019
143	LNG Framework and market analysis for the Rhine corridor, LNG Supply Analysis	European Commission	2014
144	LNG in Germany: Liquefied Natural Gas and Renewable Methane in Heavy-Duty Road Transport	DENA; von Rosenstiel, D. P.	2011
145	LNG in shipping – Perspectives for regional ports	Tetraplan AS	2015
146	LNG Masterplan for Rhine-Main-Danube , Engine technologies & concepts	European Commission	2014
147	LNG Masterplan for Rhine-Main-Danube , LNG Tank & equipment technologies	European Commission	2014
148	LNG Masterplan for Rhine-Main-Danube, Framework and market analysis for the Rhine corridor	European Commission	2014
149	LNG Masterplan for Rhine-Main-Danube, Impact Analysis: Safety, ecology & socio-economic aspects	European Commission	2014
150	LNG Masterplan for Rhine-Main-Danube, Status Quo Analysis & Trends	European Commission	2014
151	LNG Opportunities for Marine and Rail, prepared for ANGA	Gladstein	2014
152	LNG ship-to-ship transfer systems	Klaw LNG	

153	LNG terminals – land-based vs. floating storage and regasification technology	Norrgård, J.; Wartsila Technical Journal	2018
154	LNG vs. LPG – What’s the Difference?	Pioneer	2018
155	LNG WRAP-UP	NARUC LNG Group	2016
156	LPG’s Carbon Footprint Relative to Other Fuels A Scientific Review	Atlantic Consulting	2009
157	Magyar földgázrendszer 2017. évi statisztikai adatai	MEKH	2018
158	Manual on Danube Navigation	Via donau	2007
159	MÁSZ beszámoló - 2019	MÁSZ	2019
160	Medium-Term Gas Market Report	International Energy Agency	2018
161	MINIMIZING THE CO2 EMISSION FROM THE LIQUEFACTION PLANT	Kikkawa, Y.; Nakamura, M.	2013
162	MoVe IT project, WP 7: System Integration & Assessment, D 7.3 Environmental Impact, Final Report	Movelt, D.	2013
163	Natural Gas as a Ship Fuel: Assessment of Greenhouse Gas and Air Pollutant Reduction Potential	Sharafian, A.; Blomerus, P.; Mérida, W.	2019
164	Natural gas in transport - An assessment of different routes	TNO, ECN, CE Delft	2013
165	Natural Gas Locomotives TRB Mid-Year Meeting Session	Ditmeyer, S.	2013
166	Natural gas trends	WINGAS	2019
167	Nemzeti Közlekedési Stratégia - Helyzetelemzés	Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ	2014
168	New HEI report on exposure to traffic finds evidence of health effects in children near major roads, and continuing data gaps	HEI Health Effects Institute	2011
169	New is better in LNG propulsion, concludes major study	Parker, S.	2019
170	Norway's role within hydrogen in an international perspective	Dr. M.-Holst, S.	2019
171	NOX control technologies for euro 6 Diesel passenger cars	Yang, L.; Franco, V.; Campestrini, A.; German, J.; Mock, P.	2015
172	Operation Guidelines for Shore to Ship LNG Transfer	NA	letöltés: 2019
173	Operation Manual for Shore to Ship LNG Transfer	NA	letöltés: 2019
174	OPPORTUNITY OF DAFI TO ENSURE A MORE EFFICIENT AND SUSTAINABLE TRANSPORT IN THE EU. THE SPANISH CASE.	Segurado, A. P.; Barquero, C. G.	2017

175	Ökonomische Auswirkungen von LNG im Transportbereich	PWC	2011
176	Panteia: CONTRIBUTION TO IMPACT ASSESSMENT of measures for reducing emissions of inland navigation; financed by the European Commission; Zoetermeer, 10 June 2013	Panteia	2013
177	Possibilities for reducing fuel consumption and greenhouse gas emissions from inland navigation; Central Commission for the Navigation of the Rhine (CCNR); Report by the Inspection Regulations Committee for the 2012 Autumn Meeting	CCNR	2012
178	Potential power setups, fuels and hull designs capable of satisfying future EEDI requirements	Linstad, E.; Ingebrigtsen Bø, T.	2018
179	Practical Decision Making: An Introduction to the Analytic Hierarchy Process (AHP), using super decisions V2	Mu, E.; Pereyra-Royas, M.	2017
180	Preparing for life cycle CO2 Measure	Patterson, J.; Alexandria, M.; Gurr, A.	2014
181	Primer tren de pasajeros propulsado con GNL inicia pruebas en España	NA	letöltés: 2019
182	Propulsion and Power Generation of LNG driven Vessels	Bakas, I.	2015
183	REAL-WORLD EXHAUST EMISSIONS FROM MODERN DIESEL CARS	Franco, V.; Posada Sánchez, F.; German, J.; Mock, P.	2014
184	Reducing Co2 emissions in the EU Transportation Sector to 2050	European Gas Forum	2012
185	Reduction of vehicle noise emission - Technological potential and impacts	de Roo, F.; Dittrich, M.; Bosschaart, C.; Berry, B.	2008
186	Regulation No. 117 (Tyre rolling noise and wet grip adhesion)	Economic Commission for Europe	2014
187	Regulation No. 51 (Noise of M and N categories of vehicles)	Economic Commission for Europe Inland Transport Committee	2014
188	Regulation No. 59 (Replacement silencing systems)	Economic Commission for Europe	2014
189	Requirements concerning gas tankers	International association of classification societies	2018
190	Retrofitting and feasibility (technical and legal considerations) of a LNG-powered port locomotive in Tarragona	Tarragona	2018
191	Részletes háttér-információ a környezeti zaj értékeléséről és kezeléséről szóló 280/2004. Korm. rendelet végrehajtásához	Berndt, M.	2013

192	Részletes háttér-információ a környezeti zaj értékeléséről és kezeléséről szóló 280/2004. Korm. rendelet végrehajtásához, 2007	Berndt, M.	2007
193	Russia's largest LNG project kicks into high gear	NA	2018
194	Safety manual on LNG bunkering procedures for the Port of Helsinki	SSPA Report	2017
195	Second IMO GHG Study	Embankment, A.	2009
196	Second IMO GHG Study	International Maritime Organization	2010
197	Short-term diesel exhaust inhalation in a controlled human crossover study is associated with changes in DNA methylation of circulating mononuclear cells in asthmatics	Jiang, R.; J. Jones, M.; Sava, F.; S. Kobor, M.; Carlsten, C.	2014
198	Standardisation study on vessels, Activity 1.2 Development of standardised components for best available LNG technologies; project deliverable of Breakthrough LNG deployment in Inland Waterway Transport	Sluiman, L.; Snijders P.; Koedood, A.; Been J.; Kruyt, B.; Kooijman B.; Vrolijk P.; Snijders, P.; Karaarslan, S.; van der Ploeg, K.	2019
199	Storing Renewable Energy in the Natural Gas Grid, Methane via Power-to-Gas (P2G): A Renewable Fuel for Mobility	Golunovs, J.	2018
200	Summary report of the Aphekom project 2008-2011	Aphekom	2011
201	Szállítási teljesítmények, közúti közlekedési balesetek, 2018. III. negyedév	KSH	2018
202	Targets for the non-ETS sectors in 2040 and 2050	Öko institute	2016
203	Testing of particulate emissions from positive ignition vehicles with direct fuel injection system	Köhler, F.	2013
204	The Analytic Hierarchy Process." McGraw-Hill, New York.	Saaty, T.L	1980
205	The artemis european tools for estimating the transport pollutant emissions	Andre, M.; Keller, M. Sjödin, Å.; Gadrat, M. Mc Crae, I.; Dilara, P.	2012
206	The Cleanest LNG in the World? How to Slash Carbon Pollution From Wellhead to Waterline in British Columbia's Proposed Liquefied Natural Gas Industry	Glave, J.; Moorhouse J.	2013
207	The Future of LNG as a Fuel for U.S. Vessels	Youtt, S.; Beers, G.	2015
208	The Geopolitics of Natural Gas The Russian Gas Sector: A Political Risk Case Study	Johnston, R.	2014
209	The land use change impact of biofuels consumed in the EU - Quantification of area and greenhouse gas impacts p. 59	Valin, H.; Peters, D.; van den Berg, M.; Frank, S.; Havlik, P.; Forsell, N.; Hamelinck, C.; Pirker, J.; Mosnier, A.;	2015

		Balkovic, J.; Schmid, E.; Dürauer M.; di Fulvio, F.	
210	The LNG Shipping Forecast: costs rebounding, outlook uncertain	The Oxford Institute for Energy	2018
211	The role of natural gas and biomethane in the transport sector	Ricardo Energy & Environment	2016
212	The Science and Policy of Cumulative and Short-Lived Climate Pollutants	Myles, A.	2015
213	The world's widest range of dry quick couplings-a part of the future	Mann Tek	
214	ThinkGLS. ThinkResponsible.	GLS	2017
215	Towards higher efficiencies with Wärtsilä Modular Block	Rajewski, A.	2019
216	Tracing of Road Traffic Emissions, Natural Gas Vehicles Euro-4 and Euro-5 Standard Program	Alvarez, R.; Weilenmann, M.	2010
217	Traffic-Related Air Pollution, Characterizing the determinants of vehicle traffic emissions exposure	Health Effects Institute	2018
218	Traffic-Related Air Pollution, Chemical and physical characterization of non-tailpipe and tailpipe emissions	Health Effects Institute	2019
219	Traffic-Related Air Pollution, Enhancing models and measurements of traffic-related air pollutants for health studies using Bayesian melding	Health Effects Institute	2017
220	Traffic-Related Air Pollution, Health effects of air pollution components, noise and socioeconomic status	Health Effects Institute	2019
221	Traffic-Related Air Pollution, Intersections as hot spots	Health Effects Institute	2019
222	Traffic-Related Air Pollution, The Advanced Collaborative Emissions Study	Health Effects Institute	2017
223	Traffic-Related Air Pollution, Traffic-related air pollution and birth weight	Health Effects Institute	2019
224	Traffic-Related Air Pollution: A Critical Review of the Literature on Emissions, Exposure, and Health Effects (special RepoRt 17)	HEI Health Effects Institute	2013
225	Új korszak a budapesti tömegközlekedésben	BKK Zrt.	2014
226	Újabb feszültség a láthatáron az élelmiszer- és bioüzemanyag-ipar között?, Gazdálkodás, 54. évfolyam, 6. szám, pp. 592-603	Popp, J.; Somogyi, A.	2010

227	Vasúti szállítás és a tengeri szállítás összevetése: a Madrid-Jivu vasútvonal logisztikai és biztonságpolitikai szerepe – szállítási ágak közlekedés-stratégiai vizsgálata – I. Rész	Turcsányi, K.; Hegedűs, E.;	2019
228	VCÖ: Belastung durch Stickoxide ist in Österreich zu hoch	VCOE	2010
229	Verkehrsprognose Österreich 2025+, p.53.	Käfer, A.; Steininger, K.; Axhausen, K.; Burian, E.; Clees, L.; Fritz, O.; Fürst, B.; Gebetsroither, B.; Grubits, C.; Huber, P.; Kurzmann, R.; Molitor, R.; Ortis, G.; Palme, G.; Peherstorfer, H.; Pfeiler, D.; Schönfelder, S.; Siller, K.; Streicher, G.; Thaller, O.; Wiederin, S.; Zakarias, G.	2009
230	Vezetékes energiahordozók statisztikai évkönyve	Magyar Energia Hivatal	2010
231	Victoria Shipyard fully equipped to meet growing demand for LNG vessel engine conversions	Press Releases	2018
232	Waste to Wheels Building for Success	Richardson, G.	
233	Well to wheel efficiency for heavy duty vehicles Comparison of various biofuels in a long distance lorry and a city bus	Ahlvik, P.	2007
234	WELL-TO-TANK Appendix 1, Conversion factors and fuel properties	Edwards, R.; Larivé, J.-F.; Rickeard D.; Weindorf, W.	2014
235	WELL-TO-TANK Appendix 2, Summary of energy and GHG balance of individual pathways	Edwards, R.; Larivé, J.-F.; Rickeard D.; Weindorf, W.	2014
236	WELL-TO-TANK Appendix 4, Description, results and input data per pathway	Edwards, R.; Larivé, J.-F.; Rickeard D.; Weindorf, W.	2014
237	WELL-TO-TANK Report Version 4.a	Edwards, R.; Larivé, J.-F.; Rickeard D.; Weindorf, W.	2014
238	Well-to-wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the european context	WELL-to-WHEELS	2014
239	Well-to-Wheels Analysis of Landfill Gas-Based Pathways and Their Addition to the GREET Model	Mintz, M.; Han, J.; Wang, M.; Saricks, C.	2007

240	WELL-TO-WHEELS Appendix 1, Summary of WTW Energy and GHG balances	Edwards, R.; Hass, H; Larivé, J.-F.; Lonza, L.; Maas, J.; Rickeard D.	2014
241	WELL-TO-WHEELS Appendix 2, Reference List	Edwards, R.; Hass, H; Larivé, J.-F.; Lonza, L.; Maas, J.; Rickeard D.	2014
242	WELL-TO-WHEELS Report Version 4.a	Edwards, R.; Hass, H; Larivé, J.-F.; Lonza, L.; Maas, J.; Rickeard D.	2014
243	WHO Air Quality Guideline - Global Update	WHO	2015
244	Why railroads are against running locomotives on natural gas	Alice Friedemann	2017
245	World Energy Outlook 2018	International Energy Agency	2018
246	WTW Analysis of CNG in the EU and Germany Compared to Other Automotive Fuels	B. Ganeles, C.; Erdgas Mobil GmbH	2013

XVII.1 INTERNETES FORRÁSOK JEGYZÉKE

- Link 1 http://www.dp-automotive.hu/dpa_gazolaj.html
- Link 2 https://mol.hu/images/pdf/Vallalatiugyfeleknek/Uzemananyagok/mol_bunker_gazolaj_termeklap.pdf
- Link 3 http://www.dp-automotive.hu/dpa_gazolaj.html
- Link 4 https://mol.hu/images/pdf/Vallalatiugyfeleknek/Uzemananyagok/Bunkergazolaj_termeklap_HU.pdf
- Link 5 http://www.dp-automotive.hu/dpa_benzin.html#b2
- Link 6 https://mol.hu/images/pdf/Vallalatiugyfeleknek/Uzemananyagok/mol_motorbenzinek_termeklap.pdf
- Link 7 <https://powerplants.man-es.com/fuels/hfo>
- Link 8 <https://www.wfscorp.com/sites/default/files/ISO-8217-2017-Tables-1-and-2-1-1.pdf>
- Link 9 <https://www.desfa.gr/en/regulated-services/lng/users-information-lng/quality-specifications>
- Link 10 <https://www.nepia.com › publications › lng-as-a-marine-fuel>
- Link 11 http://dev.ulb.ac.be/ceese/ABC_Impacts/glossary/marinefuels.php
- Link 12 http://semmelweis.hu/nepegeszsegtan/files/2015/11/8_k%C3%B6rnyezet-pdf.pdf
- Link 13 <https://www.epa.gov/pm-pollution/health-and-environmental-effects-particulate-matter-pm>
- Link 14 <https://www.mvmpartner.hu/hu-HU/Szolgaltatasok/Villamos-energia/Erdekessegek/BiologiaalapuenergetikacelugaztermeleslehetesegsiranyvonalaiMagyarorszagon>
- Link 15 <https://www.portofantwerp.com/en/news/energy-transition-port-antwerp-new-impetus-lng-alternative-fuel-ships>
- Link 16 www.portofrotterdam.com
- Link 17 <http://www.danser.nl/en-gb/Fleet/Eiger-LNG-Refit>
- Link 18 <http://www.marasinews.com/technology/lng-powered-inland-tanker-delivers-innovation-and-savings>
- Link 19 https://www.damen.com/en/news/2015/03/lng_powered_ecoliner_delivers_dramatic_fuel_savings
- Link 20 <https://marine-service-noord.com/inland-en/>
- Link 21 <https://www.rivieramm.com/news-content-hub/sirocco-shows-inland-waterways-the-way-37460>
- Link 22 <https://lngbinnenvaart.eu/site-visit-inea-to-lng-driven-vessel-werkendam/>

- Link 23 <https://lngbinnenvaart.eu/inauguration-of-lng-driven-vessel-somtrans-lng/>
- Link 24 <https://www.ship-technology.com/projects/mts-argonon-chemical-tanker/>
- Link 25 <https://www.plouvier.be/en/fleet-2/>
- Link 26 <https://indanube.eu/2019/07/10/lng-london-bunker-vessel-begins-operations-in-europe/?lang=hu>
- Link 27 <https://www.titan-lng.com>
- Link 28 <https://www.ngvglobal.com/blog/ec-cef-funding-five-natural-gas-infrastructure-projects-1219>
- Link 29 <https://ec.europa.eu/inea/en/connecting-europe-facility/cef-transport/2017-de-tm-0040-w>
- Link 30 <https://www.budapesttaxi.hu/>
- Link 31 <https://www.nemzetikozmuvek.hu/Hirek/2019/06-26>
<https://www.bus.man.eu/hu/hu/az-man-vilaga/az-man-magyarorszagon/hirek-es-media/Negyven-uj-kornyezetkimelo-MAN-Lion-s-City-CNG-autobusz-allt-forgalomba-Kaposvaron--245254.html>
- Link 32 <https://www.pitpointcleanfuels.com/clean-vehicles/#cars>
- Link 34 <https://www.cryoteknik.com/LNG-TRANSPORT-TANKS>
- Link 35 <https://www.ngvglobal.com/blog/renfe-commences-lng-passenger-train-trials-spain-0109>
- Link 36 <http://indiaenergyforum.org/15th-petro-india/presentations/Current-scenario-&-future-prospects-for-LNG-as-a-transport-fuel-March-2018.pdf>
- Link 37 <https://www.gazprom.com/about/production/ngv-fuel/>
- Link 38 <http://lng.gazprom-gmt.ru/en/>
- Link 39 <http://eng.morflot.ru/activities/vvt.html>
- Link 40 <http://sovcomflot.ru/en/>
- Link 41 <https://www.railjournal.com/locomotives/russian-gas-turbine-locomotive-hauls-9000-tonne-train/>
- Link 42 <https://www.ngvamerica.org/vehicles/>
- Link 43 <https://bristolharbortgroup.com/wp-content/uploads/2018/09/lng-white-paper.pdf>
- Link 44 gastopowerjournal.com/media/k2/items/cache/e1e392fbc624edaa99ab01eab6d5c337_XL.jpg
- Link 45 www.en.people.cn/business/n3/2016/0731/c90778-9093233.html
- Link 46 www.lngworldnews.com/china-plans-to-boost-use-of-lng-as-marine-fuel/
- Link 47 www.shipandbunker.com/news/apac/953284-india-planned-inland-terminal-to-have-lng-bunkering-facility

- Link 48 <https://www.ngvglobal.com/blog/indian-railways-launches-cng-dual-fuel-demos-0115>
- Link 49 http://www.energymining.sa.gov.au/_data/assets/pdf_file/0007/265984/Michael_Carmody_Gas_Energy_Australia_SA_Gov_Group_7_Presentation_May_2015.pdf
- Link 50 <https://www.energynetworks.com.au/news/energy-insider/natural-gas-as-a-transport-fuel-the-economic-and-environmental-arguments/>
- Link 51 <https://gcaptain.com/milestone-first-lng-bunkering-in-australia/>
- Link 52 <https://www.manifoldtimes.com/news/d/gas-energy-australia-highlights-lng-bunkering-uptake-barriers>
- Link 53 <https://afi.dnvgl.com/Statistics?repld=1>
- Link 54 <https://www.dnvgl.com/article/uptake-of-lng-as-a-fuel-for-shipping-104195>
- Link 55 <https://www.levego.hu/kapcsolodo-anyagok/alternativ-uzemanyagok-terjedese-az-europai-unioban/>
- Link 56 http://civitas.eu/sites/default/files/civitas_policy_note_hun_v06_web.pdf
- Link 57 https://www.kormany.hu/download/a/0c/e0000/A%C3%9CINK_fin.pdf
- Link 58 https://www.innoteka.hu/cikk/a_nagyvasuti_villamos_vontatas_szerepe.1983.html
- Link 59 <https://researchgate.com>
- Link 60 https://sony872.blog.hu/2019/11/06/nabi_tortenet1
- Link 61 <https://sony872.blog.hu/2019/10/21/2019busworld7>
- Link 62 <https://www.dieselnet.com>
- Link 63 <https://www.gettransportation.com>
- Link 64 <https://www.railwayage.com>
- Link 65 <https://www.railtech.com/rolling-stock>

XVIII. MELLÉKLETEK

XVIII.1 OBJEKTÍV KRITÉRIUMRENDSZER SZERINTI TELEPHELYVÁLASZTÁS

A különböző fő és alszemponatok súlyozása párokban történő összehasonlítással kerül meghatározásra. A telephely választás esetében a fő szempontok súlyozása összesen 15 összehasonlítás révén készült el, mely során mindig két-két kritérium közül kiválasztásra került, hogy melyik fontosabb vagy kedvezőbb és milyen mértékben.

Például: a biztonság fontosabb, mint az ütemezés, hiszen az ütemezés vizsgálta nem számottevő olyan telephely esetén, mely az alapvető biztonsági követelményeket sem teljesíti, így nem jöhet létre a beruházás.

A 15 kritériumpáronkénti összehasonlítás megtalálható e dokumentum „Telephely választás fő kritériumai” alcíme alatt, melyből látható, hogy az egyes szempontokat hogyan értékeltük.

Ezt követően a 10 lehetséges telephely opció mind a 44 kiválasztott kritérium tekintetében való kiértékelése következett volna, azonban az elemzés elvégzéséhez nem állt rendelkezésünkre megfelelő részletességű adatmennyiség, így szűkítenünk kellett az elemzett helyszínek listáját általános megfontolások alapján, lényegében az előreláthatóan legmegfelelőbb opciókat kiválasztva. Ennek részletes kifejtése megtalálható e dokumentum „A lehetséges telephelyopciók leszűkítése” alcíme alatt.

A vizsgált opciók szűkítése után a következő négy telephely maradt fenn:

- **Győr-Gönyű**
- **Budapest**
- **Paks**
- **Baja**

Így a fennmaradó 4 lehetséges telephely opció mind a 44 kiválasztott kritérium tekintetében kiértékelésre került (például: vízállástól függő hajózhatóság tekintetében a bajai telephely bizonyult a legkedvezőbbnek).

A páronkénti összehasonlítások értékelése 1-9-ig terjedő skálán történnek. Az 1-es érték például azt jelenti, hogy a két szempont egymással egyenértékű (A skála egyes értékeinek részletezése a jelen dokumentum „Kiegészítő információk az alkalmazással kapcsolatban” alcíme alatt megtalálható).

A fő szempontok összehasonlításának eredményei egy mátrixba rendezendők. A páronkénti összehasonlítások eredményéből eigenvektor számítással került meghatározásra a kritériumok rangsora. (Az eigenvektor számítás részletei a jelen dokumentum „Kiegészítő információk az alkalmazással kapcsolatban” alcíme alatt megtalálhatók.)

A levezetésben az összehasonlított párok sorrendjének nincs jelentősége („II. Ingatlan 1 – Telek” - „III. Ingatlan 2 – Ütemezés” vagy „III. Ingatlan 2 – Ütemezés” - „II. Ingatlan 1 – Telek”), ahhoz, hogy a mátrix teljes legyen, a módszertannak megfelelően egy adott pár összehasonlítási értékének reciproka is bekerül.

Tehát, jelen esetben:

- Az „II. Ingatlan 1 – Telek” fő szempontot határozottan, „5”-tel, fontosabbnak ítéltük a „III. Ingatlan 2 – Ütemezés” fő szempontnál (sárga szöveghiemeléssel jelölve a mátrixban).
- A módszertannak megfelelően az „5” reciproka, „1/5” is bekerül a mátrixba, az eigenvektorok számítása miatt.
- Ennek az értékelés és rangsorolás szempontjából már nincs gyakorlati jelentősége (csak matematikai). Ugyanígy, a mátrixból tulajdonképpen az is kiolvasható, hogy minden fő szempont önmagával is összehasonlításra kerül. Természetesen ennek értéke, mindig „1” és csupán a mátrix teljessége miatt szükséges (és ugyanúgy matematikai okokból).

A kiértékelési táblákban csak az első összehasonlítás van végig vezetve (a reciprok és az egyenlőség magától generálódik).

Fő szempontok súlyozás mátrixa:

Mátrix		Biztonság	Ingatlan 1 – Telek	Ingatlan 2 - Ütemezés	Ingatlan 3 - Logisztika	Környezeti adottságok	Környezetvédelem	normalizált eigenvektor
		1	2	3	4	5	6	
Biztonság	1	1	3	5	3	4	2	34.35%
Ingatlan 1 - Telek	2	1/3	1	5	1/3	1/3	1/3	8.53%
Ingatlan 2 - Ütemezés	3	1/5	1/5	1	1/4	1/5	1/5	3.61%

Ingatlan 3 - Logisztika	4	1/3	3	4	1	2	1/3	15.28%
Környezeti adottságok	5	1/4	3	5	1/2	1	1/3	12.34%
Környezetvédelem	6	1/2	3	5	3	3	1	25.89%

Mivel az eredmények normalizálásra kerülnek, ezért a kritériumok súlyainak összege mindig 1, azaz 100% lesz.

Fő szempontok	Biztonság	Ingatlan 1 - Telek	Ingatlan 2 - Ütemezés	Ingatlan 3 - Logisztika	Környezeti adottságok	Környezetvédelem
Súlyozás	34.35%	8.53%	3.61%	15.28%	12.34%	25.89%

A leírtakból következik, hogy a fő szempontok alá sorolt alszempontok súlyozásának összesített súlya az adott fő szempont és alszempont súlyának szorzata lesz. Például: a „Biztonság” fő szempont súlya 34.35% (sárga szöveg kiemelővel jelölve a táblában), a három alszempont – 250m biztonsági terület kialakításának lehetősége, hajók közötti elvárt biztonsági távolság tartásának lehetősége és SEVESO társadalmi kockázat mértéke - pedig 31.08% - 49.34% - 19.58%-os értékelést kaptak (alszempontok súlya a „Telephely opciók szempontonkénti kiértékelése” című fejezetben található). Így a három alszempont súlya az összesített értékelésben, 10.68% - 16.95% - 6.73%.

Az összes kritérium rangsorolható összesített súly szempontjából:

Fő szempontok	Alszempontok (a 44 kiválasztott kritérium)	Kritérium Összesített súlya
I. Biztonság	250-350 m-es sugarú biztonsági terület kialakításának lehetősége	10.68%
	Hajók közötti biztonsági távolság betartásának lehetősége	16.95%
	SEVESO jogszabály szerinti társadalmi kockázat mértéke	6.73%
II. Ingatlan 1 - Telek	Telephelyek kedvező elrendezése a beruházás megvalósításához	0.35%
	Ingatlan összes területe	0.29%
	Épületek védettsége	1.21%
	FRSZ/KSZT szerinti besorolás	1.24%
	FRSZ szerinti beépíthetőség	0.68%
	TSZT szerinti környezet	0.51%
	Településkép változás kérdése	0.37%
	Ingatlanok fajlagos költsége	0.87%
	Földben található világháborús robbanófejek	0.31%
	Árvízvédelem	2.69%
III. Ingatlan 2 - Ütemezés	FRSZ módosításához szükséges időintervallum mértéke	0.88%
	TSZT módosításához szükséges időintervallum mértéke	0.88%

Fő szempontok	Alszezpontok (a 44 kiválasztott kritérium)	Kritérium Összesített súlya
	környezetvédelmi engedélyeztetéshez szükséges időintervallum	0.44%
	tervezési és építési engedélyeztetéshez szükséges időintervallum	0.41%
	Villamos energia közmű	0.36%
	Földgáz csatlakozás közmű	0.18%
	Vízellátás közmű	0.12%
	Csatornázás közmű	0.09%
	Távhő csatlakozás közmű	0.05%
	Hírközlés közmű	0.19%
IV. Ingatlan 3 - Logisztika	Nemzetközi LNG termináloktól való távolság (Rusze)	0.94%
	Milyen méretű hajók fogadására alkalmas a terminál	0.42%
	Járműszervíz közelsége/kialakításának lehetősége	0.35%
	Forgalmi csomóponthoz viszonyított elhelyezkedés	2.58%
	Kereskedelmi útvonalakhoz viszonyított elhelyezkedés	1.25%
	Nehéz motoros jármű forgalom	0.73%
	Vasúti összeköttetés	3.45%
	Hajó álláshely	1.71%
	Lokális vállalatok árbevétele (2018)	1.66%
	Lokális vállalatok növekedése árbevétel szempontjából	2.19%
V. Környezeti adottságok	Hajózhatóság folytonossága	5.74%
	Szél erőssége	0.77%
	Áramlás erőssége	1.41%
	Szeizmikus adottságok	0.54%
	Vízszint váltakozásának mértéke	3.88%
VI. Környezetvédelem	Telephelyek levegőtisztaság-védelmi övezeti besorolás	0.94%
	Zajvédelmi megkötések	5.02%
	Natura 2000-es érintettség	9.84%
	Környező védett területek	5.91%
	Felszín alatti vizek érzékenysége	1.20%
	Üzemelő sérülékeny vízbázis érintettsége	2.98%

Végezetül még egy példa egy kritérium szerinti rangsorolásra:

A lehetséges telephelyek minden szempont szerint kiértékelésre és ezáltal rangsorolásra kerülnek - például „Nemzetközi LNG termináloktól való távolság (Rusze)” szempontjából a Győr-Gönyű telephely a legkedvezőbb. Ezek a rangsorolások ugyanúgy százalékos eredményben kerülnek feltüntetésre, és mind a 44 kritérium esetében, a 4 telephely értékelésének összege mindig 1. Bizonyos kritériumok esetében rendelkezésünkre álltak kvantitatív adatok.

Ezek esetében a rangsorolás tükrözi az adott adatok szerinti rangsorolást - például az előbb említett kritérium szempontjából a rangsor a következő:

Rangsor	Opció	Km	Súly
1	Győr-Gönyű	1199	28.92%
2	Budapest	1096	26.44%
3	Paks	949	22.89%
4	Baja	902	21.75%

Értelemszerűen egy ilyen kritérium szerinti összehasonlítás során kizárólag az adott szempont szerint szabad csak értékelni az opciókat, **leegyszerűsítve: ez esetben a legtávolabbi a legjobb.**

1.1 Kiegészítő információk az alkalmazással kapcsolatban

A kiértékelések során az egyes összehasonlítások súlyainak meghatározása, soronkénti geometriai átlagszámítással történik. Egy adott páronkénti összehasonlító NxN mátrixban, ahol $\mathbf{A} = a_{ij}$. Tehát, a súlyok a következő képlettel kerülnek meghatározásra:

$$r^1 = \exp \left[\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \ln (a_{ij}) \right] = \left(\prod_{i=1}^N a_{ij} \right)^{1/N}$$

És azok normalizálása (hogy 1 azaz 100%, legyen az összegük) a következő képlettel kerül meghatározásra:

$$p_i = r_i / \sum_{i=1}^N r_i$$

Minden egyes mátrix eredménye az AHP módszertanának megfelelően konzisztencia ellenőrzésen esett át. A konzisztencia érték iteratív eigenvektor számítással került meghatározásra és a konzisztencia arány pedig az Alonso-Lamata féle konzisztencia érték számítással került meghatározásra⁷⁰:

$$CR = \frac{\lambda_{max} - N}{2.7699N - 4.3513 - N}$$

Minden kiértékelési mátrix megfelelt a módszertan által előírt 10% alatti konzisztencia arálynak.

Megjegyzés: itt a konzisztencia arány megtévesztőnek tűnhet, azon olvasók számára, akik nem ismerik mélységeiben az AHP módszertant. A konzisztencia arány az adott értékelési mátrix és az AHP

⁷⁰ Alonso, Lamata, (2006). Consistency in the analytic hierarchy process: a new approach. International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge based systems, Vol 14, No 4, 445-459

módszertanban meghatározott random mátrix közötti arányt mutatja. Tehát, az adott értékelési mátrix egy random mátrix-szal kerül összehasonlításra. Ahogy közeledik az érték az 1-hez, úgy egyre inkább véletlenszerűnek mondható a kiértékelt mátrix és ez által, döntéshozatal szempontjából nem megbízható. A módszertan alkotója, Thomas Saaty levezette, hogy 10% feletti konzisztencia aránynál, már nem elfogadható az értékelési mátrix eredménye.

Az összehasonlítások során alkalmazott Saaty-féle fontossági értékek táblázata:

Fontossági érték abszolút skálán	Értelmezés	Magyarázat
1	Egyformán preferált	Mindkét tényező egyformán fontos a cél szempontjából
3	Mérsékelten preferált	A tapasztalatok alapján az egyik tényező kis mértékben preferált a másikhoz képest
5	Erősen preferált	A tapasztalatok alapján az egyik tényező lényegesen preferált a másikhoz képest
7	Nagyon erősen preferált	Az egyik tényező olyannyira erősen preferált a másikhoz képest, hogy ez a gyakorlatban is világosan megmutatkozik
9	Rendkívüli módon preferált	A gyakorlati példák alapján az egyik tényező a lehető legnagyobb mértékben preferált a másikhoz képest
2,4,6,8	Köztes értékek	A fenti preferenciák közti kompromisszumos értékek

1.2 Telephely választás szempontjainak hierarchiája és súlyozása

Az alábbiakban látható a telephely választás szempontjainak hierarchiája és súlyozása.

Telephely választási szempontok hierarchiája:

Fő szempontok	Fő szempont súlya	Alszezpontok	Alszezpontok súlya
I. Biztonság	34.35%	250-350 m-es sugarú biztonsági terület kialakításának lehetősége	31.08%
		Hajók közötti biztonsági távolság betartásának lehetősége	49.34%
		SEVESO jogszabály szerinti társadalmi kockázat mértéke	19.58%
II. Ingatlan 1 - Telek	8.53%	Telephelyek kedvező elrendezése a beruházás megvalósításához	4.08%

Fő szempontok	Fő szempont súlya	Alszempontok	Alszempontok súlya
		Ingatlan összes területe	3.43%
		Épületek védettsége	14.14%
		FRSZ/KSZT szerinti besorolás	14.59%
		FRSZ szerinti beépíthetőség	8.01%
		TSZT szerinti környezet	5.98%
		Településkép változás kérdése	4.34%
		Ingatlanok fajlagos költsége	10.22%
		Földben található világháborús robbanófejek	3.68%
		Árvízvédelem	31.54%
III. Ingatlan 2 - Ütemezés	3.61%	FRSZ módosításához szükséges időintervallum mértéke	24.40%
		TSZT módosításához szükséges időintervallum mértéke	24.40%
		környezetvédelmi engedélyeztetéshez szükséges időintervallum	12.17%
		tervezési és építési engedélyeztetéshez szükséges időintervallum	11.44%
		Villamos energia közmű	10.05%
		Földgáz csatlakozás közmű	4.91%
		Vízellátás közmű	3.33%
		Csatornázás közmű	2.58%
		Távhő csatlakozás közmű	1.46%
		Hírközlés közmű	5.26%
IV. Ingatlan 3 - Logisztika	15.28%	Nemzetközi LNG termináloktól való távolság (Rusze)	6.14%
		Milyen méretű hajók fogadására alkalmas a terminál	2.76%
		Járműszervíz közelsége/kialakításának lehetősége	2.28%
		Forgalmi csomóponthoz viszonyított elhelyezkedés	16.89%
		Kereskedelmi útvonalakhoz viszonyított elhelyezkedés	8.17%
		Nehéz motoros jármű forgalom	4.78%
		Vasúti összeköttetés	22.58%
		Hajó álláshely	11.17%
		Lokális vállalatok árbevétele (2018)	10.89%
		Lokális vállalatok növekedése árbevétel szempontjából	14.35%
V. Környezeti adottságok	12.34%	Hajózhatóság folytonossága	46.53%
		Szél erőssége	6.24%

Fő szempontok	Fő szempont súlya	Alszempontok	Alszempontok súlya
		Áramlás erőssége	11.46%
		Szeizmikus adottságok	4.34%
		Vízszint váltakozásának mértéke	31.43%
VI. Környezetvédelem	25.89%	Telephelyek levegőtisztaság-védelmi övezeti besorolás	3.61%
		Zajvédelmi megkötések	19.39%
		Natura 2000-es érintettség	38.02%
		Környező védett területek	22.82%
		Felszín alatti vizek érzékenysége	4.64%
		Üzemelő sérülékeny vízbázis érintettsége	11.52%
		Opciók:	Négy telephely opció: Budapest-Csepel, Győr-Gönyű, Paks, Baja

1.3 Telephely választás fő kritériumai

Fő kritérium	Súly	Rangsor
I. Biztonság	34.35%	1
II. Ingatlan 1 - Telek	8.53%	5
III. Ingatlan 2 - Ütemezés	3.61%	6
IV. Ingatlan 3 - Logisztika	15.28%	3
V. Környezeti adottságok	12.34%	4
VI. Környezetvédelem	25.89%	2

Rangsor értelmezése:

Értelemszerűen az értékelési rangsor a kritérium kvantitatív értékei alapján került meghatározásra. Ez esetben a magasabb érték kedvezőbb.

Rangsor	Súly	Fő kritérium	Értékelés	Lehetséges kockázatok
1	34.35%	I. Biztonság	A beruházás természetéből adódóan kiemelkedően fontos figyelembe vennünk a havária esemény biztonsági kockázatait.	-
2	25.89%	VI. Környezetvédelem	A beruházás megnövekedett környezetterhelést vonz maga után, így fontos, hogy minél kevésbé veszélyeztetett területet érintsen.	-
3	15.28%	IV. Ingatlan 3 - Logisztika	Egyes telephelyek esetében forgalmi szűk keresztmetszetek merülnek fel, melyek a megnövekedett forgalmat már nem biztos, hogy el tudják látni.	Logisztikai szűk keresztmetszetek
4	12.34%	V. Környezeti adottságok	-	-
5	8.53%	II. Ingatlan 1 - Telek	-	-
6	3.61%	III. Ingatlan 2 - Ütemezés	Ütemezés szempontjából csak minimális különbségek jelentkezhetnek a telephelyek között, így a szempont súlyozása alacsony.	Engedélyeztetés időbeli csúszása

Kritérium súlyozás mátrixa:

Mátrix		Biztonság	Ingatlan 1 - Telek	Ingatlan 2 - Ütemezés	Ingatlan 3 - Logisztika	Környezeti adottságok	Környezetvédelem	normalizált eigenvektor
		1	2	3	4	5	6	
Biztonság	1	1	3	5	3	4	2	34.35%
Ingatlan 1 - Telek	2	1/3	1	5	1/3	1/3	1/3	8.53%
Ingatlan 2 - Ütemezés	3	1/5	1/5	1	1/4	1/5	1/5	3.61%
Ingatlan 3 - Logisztika	4	1/3	3	4	1	2	1/3	15.28%
Környezeti adottságok	5	1/4	3	5	1/2	1	1/3	12.34%

Kritérium súlyozás kiértékelése:

		Kritérium		Melyik kedvezőbb?	Skála
i	j	A	B	A vagy B	(1-9)
1	2	Biztonság	Ingatlan 1 – Telek	A	3
1	3	Biztonság	Ingatlan 2 – Ütemezés	A	5
1	4	Biztonság	Ingatlan 3 – Logisztika	A	3
1	5	Biztonság	Környezeti adottságok	A	4
1	6	Biztonság	Környezetvédelem	A	2
2	3	Ingatlan 1 - Telek	Ingatlan 2 – Ütemezés	A	5
2	4	Ingatlan 1 - Telek	Ingatlan 3 – Logisztika	B	3
2	5	Ingatlan 1 - Telek	Környezeti adottságok	B	3
2	6	Ingatlan 1 - Telek	Környezetvédelem	B	3
3	4	Ingatlan 2 - Ütemezés	Ingatlan 3 – Logisztika	B	4
3	5	Ingatlan 2 - Ütemezés	Környezeti adottságok	B	5
3	6	Ingatlan 2 - Ütemezés	Környezetvédelem	B	5
4	5	Ingatlan 3 - Logisztika	Környezeti adottságok	A	2
4	6	Ingatlan 3 - Logisztika	Környezetvédelem	B	3
5	6	Környezeti adottságok	Környezetvédelem	B	3

1.3./1 Biztonság kritériumai

	Kritérium	Súly	Rangsor
1	250-350 m-es sugarú biztonsági terület kialakításának lehetősége	31.08%	2
2	Hajók közötti biztonsági távolság betartásának lehetősége	49.34%	1
3	SEVESO jogszabály szerinti társadalmi kockázat mértéke	19.58%	3

Kritérium súlyozás mátrixa:

Mátrix	Töltőfejek körüli 250m sugarú biztonsági terület			normalizált eigenvektor
	1	2	3	
Töltőfejek körüli 250m sugarú biztonsági terület	1	1/2	2	31.08%
Hajók közötti biztonsági távolság	2	1	2	49.34%
SEVESO kockázat	3	1/2	1	19.58%

Kritérium súlyozás kiértékelése:

i	j	Kritérium		Melyik kedvezőbb?	Skála
		A	B	A vagy B	(1-9)
1	2	Biztonság	Ingatlan 1 – Telek	A	3
1	3	Biztonság	Ingatlan 2 – Ütemezés	A	5
1	4	Biztonság	Ingatlan 3 – Logisztika	A	3
1	5	Biztonság	Környezeti adottságok	A	4
1	6	Biztonság	Környezetvédelem	A	2
2	3	Ingatlan 1 - Telek	Ingatlan 2 – Ütemezés	A	5
2	4	Ingatlan 1 - Telek	Ingatlan 3 – Logisztika	B	3
2	5	Ingatlan 1 - Telek	Környezeti adottságok	B	3
2	6	Ingatlan 1 - Telek	Környezetvédelem	B	3
3	4	Ingatlan 2 - Ütemezés	Ingatlan 3 – Logisztika	B	4
3	5	Ingatlan 2 - Ütemezés	Környezeti adottságok	B	5
3	6	Ingatlan 2 - Ütemezés	Környezetvédelem	B	5
4	5	Ingatlan 3 - Logisztika	Környezeti adottságok	A	2
4	6	Ingatlan 3 - Logisztika	Környezetvédelem	B	3

5	6	Környezeti adottságok	Környezetvédelem	B	3
---	---	-----------------------	------------------	---	---

1.3./2 Ingatlan 1 - Telek kritériumai

	Kritérium	Súly	Rangsor
4	Telephelyek kedvező elrendezése a beruházás megvalósításához	4.08%	8
5	Ingatlan összes területe	3.43%	10
7	Épületek védettsége	14.14%	3
8	FRSZ/KSZT szerinti besorolás	14.59%	2
9	FRSZ szerinti beépíthetőség	8.01%	5
10	TSZT szerinti környezet	5.98%	6
11	Településkép változás kérdése	4.34%	7
12	Ingatlanok fajlagos költsége	10.22%	4
13	Földben található világháborús robbanófejek	3.68%	9
14	Árvízvédelem	31.54%	1

Kritérium súlyozás mátrixa:

Mátrix											normalizált eigenvektor
	Telephely elrendezésének kedvezősége	Teljes terület	Épületek védettsége	FRSZ/KSZT besorolás	Beépíthetőség	Környezet	Településkép változása	Fajlagos költség	Világháborús robbanófejek kockázata	Árvíz kitétség	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Telephely elrendezésének kedvezősége	1	2	1/3	1/4	1/3	1/3	1/2	1/2	2	1/4	4.08%
Teljes terület	1/2	1	1/3	1/4	1/3	1/3	1/2	1	1/2	1/5	3.43%
Épületek védettsége	3	3	1	1	3	4	2	3	4	1/4	14.14%
FRSZ/KSZT besorolás	4	4	1	1	4	3	2	2	6	1/5	14.59%
Beépíthetőség	3	3	1/3	1/4	1	3	4	1/3	2	1/5	8.01%
Környezet	3	3	1/4	1/3	1/3	1	2	1/4	3	1/5	5.98%
Településkép változása	2	2	1/2	1/2	1/4	1/2	1	1/4	1/2	1/5	4.34%
Fajlagos költség	2	1	1/3	1/2	3	4	4	1	3	1/5	10.22%
Világháborús robbanófejek kockázata	1/2	2	1/4	1/6	1/2	1/3	2	1/3	1	1/6	3.68%
Árvíz kitétség	4	5	4	5	5	5	5	5	6	1	31.54%

Kritérium súlyozás kiértékelése:

i	j	Kritérium		Melyik kedvezőbb?	Skála
		A	B	A vagy B	(1-9)
1	2	Telephely elrendezésének kedvezősége	Teljes terület	A	2
1	3	Telephely elrendezésének kedvezősége	Épületek védettsége	B	3
1	4	Telephely elrendezésének kedvezősége	FRSZ/KSZT besorolás	B	4
1	5	Telephely elrendezésének kedvezősége	Beépíthetőség	B	3
1	6	Telephely elrendezésének kedvezősége	Környezet	B	3
1	7	Telephely elrendezésének kedvezősége	Településkép változása	B	2
1	8	Telephely elrendezésének kedvezősége	Fajlagos költség	B	2
2	3	Teljes terület	Épületek védettsége	B	3
2	4	Teljes terület	FRSZ/KSZT besorolás	B	4
2	5	Teljes terület	Beépíthetőség	B	3
2	6	Teljes terület	Környezet	B	3
2	7	Teljes terület	Településkép változása	B	2
2	8	Teljes terület	Fajlagos költség	A	1
3	4	Épületek védettsége	FRSZ/KSZT besorolás	A	1
3	5	Épületek védettsége	Beépíthetőség	A	3
3	6	Épületek védettsége	Környezet	A	4
3	7	Épületek védettsége	Településkép változása	A	2
3	8	Épületek védettsége	Fajlagos költség	A	3
4	5	FRSZ/KSZT besorolás	Beépíthetőség	A	4
4	6	FRSZ/KSZT besorolás	Környezet	A	3
4	7	FRSZ/KSZT besorolás	Településkép változása	A	2
4	8	FRSZ/KSZT besorolás	Fajlagos költség	A	2
5	6	Beépíthetőség	Környezet	A	3
5	7	Beépíthetőség	Településkép változása	A	4
5	8	Beépíthetőség	Fajlagos költség	B	3
6	7	Környezet	Településkép változása	A	2
6	8	Környezet	Fajlagos költség	B	4

		Kritérium		Melyik kedvezőbb?	Skála
i	j	A	B	A vagy B	(1-9)
7	8	Településkép változása	Fajlagos költség	B	4
1	9	Telephely elrendezésének kedvezősége	Világháborús robbanófejek kockázata	A	2
1	10	Telephely elrendezésének kedvezősége	Árvíz kitettség	B	4
2	9	Teljes terület	Világháborús robbanófejek kockázata	B	2
2	10	Teljes terület	Árvíz kitettség	B	5
3	9	Épületek védettsége	Világháborús robbanófejek kockázata	A	4
3	10	Épületek védettsége	Árvíz kitettség	B	4
4	9	FRSZ/KSZT besorolás	Világháborús robbanófejek kockázata	A	6
4	10	FRSZ/KSZT besorolás	Árvíz kitettség	B	5
5	9	Beépíthetőség	Világháborús robbanófejek kockázata	A	2
5	10	Beépíthetőség	Árvíz kitettség	B	5
6	9	Környezet	Világháborús robbanófejek kockázata	A	3
6	10	Környezet	Árvíz kitettség	B	5
7	9	Településkép változása	Világháborús robbanófejek kockázata	B	2
7	10	Településkép változása	Árvíz kitettség	B	5
8	9	Fajlagos költség	Világháborús robbanófejek kockázata	A	3
8	10	Fajlagos költség	Árvíz kitettség	B	5
9	10	Világháborús robbanófejek kockázata	Árvíz kitettség	B	6

1.3./3 Ingatlan 2 - Ütemezés kritériumai

	Kritérium	Súly	Rangsor
15	FRSZ módosításához szükséges időintervallum mértéke	24.40%	1
16	TSZT módosításához szükséges időintervallum mértéke	24.40%	1
17	környezetvédelmi engedélyeztetéshez szükséges időintervallum	12.17%	2
18	tervezési és építési engedélyeztetéshez szükséges időintervallum	11.44%	3
42	Villamos energia közmű	10.05%	4
43	Földgáz csatlakozás közmű	4.91%	6
44	Vízellátás közmű	3.33%	7
45	Csatornázás közmű	2.58%	8
46	Távhő csatlakozás közmű	1.46%	9
47	Hírközlés közmű	5.26%	5

Kritérium súlyozás mátrixa:

Mátrix		Környezetvédelmi eng. Kiállításának időtartalma	Tervezési, építési engedélyeztetés időtartalma	Villamos közmű	Földgáz közmű	Víz közmű	Csatornázás közmű	Távhő közmű	Hírközlés közmű	FRSZ módosítás időtartalma	TSZT módosítás időtartalma	normalizált eigenvektor
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Környezetvédelmi eng. Kiállításának időtartalma	1	1	3	3	3	4	5	3	1/2	1/2		12.17%
Tervezési, építési engedélyeztetés időtartalma	2	1	1	3	3	3	4	5	3	1/3	1/3	11.44%
Villamos közmű	3	1/3	1/3	1	3	5	6	8	5	1/5	1/5	10.05%
Földgáz közmű	4	1/3	1/3	1/3	1	2	3	4	2	1/6	1/6	4.91%
Víz közmű	5	1/3	1/3	1/5	1/2	1	3	4	1/5	1/7	1/7	3.33%
Csatornázás közmű	6	1/4	1/4	1/6	1/3	1/3	1	5	1/3	1/7	1/7	2.58%
Távhő közmű	7	1/5	1/5	1/8	1/4	1/4	1/5	1	1/6	1/9	1/9	1.46%
Hírközlés közmű	8	1/3	1/3	1/5	1/2	5	3	6	1	1/6	1/6	5.26%
FRSZ módosítás időtartalma	9	2	3	5	6	7	7	9	6	1	1	24.40%
TSZT módosítás időtartalma	10	2	3	5	6	7	7	9	6	1	1	24.40%

Kritérium súlyozás kiértékelése:

i	j	Kritérium		Melyik kedvezőbb?	Skála
		A	B	A vagy B	(1-9)
1	2	Környezetvédelmi eng. kiállításának időtartalma	Tervezési, építési engedélyeztetés időtartalma	A	1
1	3	Környezetvédelmi eng. kiállításának időtartalma	Villamos közmű	A	3
1	4	Környezetvédelmi eng. kiállításának időtartalma	Földgáz közmű	A	3
1	5	Környezetvédelmi eng. kiállításának időtartalma	Víz közmű	A	3
1	6	Környezetvédelmi eng. kiállításának időtartalma	Csatornázás közmű	A	4
1	7	Környezetvédelmi eng. kiállításának időtartalma	Távhő közmű	A	5
1	8	Környezetvédelmi eng. kiállításának időtartalma	Hírközlés közmű	A	3
2	3	Tervezési, építési engedélyeztetés időtartalma	Villamos közmű	A	3
2	4	Tervezési, építési engedélyeztetés időtartalma	Földgáz közmű	A	3
2	5	Tervezési, építési engedélyeztetés időtartalma	Víz közmű	A	3
2	6	Tervezési, építési engedélyeztetés időtartalma	Csatornázás közmű	A	4
2	7	Tervezési, építési engedélyeztetés időtartalma	Távhő közmű	A	5
2	8	Tervezési, építési engedélyeztetés időtartalma	Hírközlés közmű	A	3
3	4	Villamos közmű	Földgáz közmű	A	3
3	5	Villamos közmű	Víz közmű	A	5
3	6	Villamos közmű	Csatornázás közmű	A	6
3	7	Villamos közmű	Távhő közmű	A	8
3	8	Villamos közmű	Hírközlés közmű	A	5
4	5	Földgáz közmű	Víz közmű	A	2
4	6	Földgáz közmű	Csatornázás közmű	A	3
4	7	Földgáz közmű	Távhő közmű	A	4
4	8	Földgáz közmű	Hírközlés közmű	A	2
5	6	Víz közmű	Csatornázás közmű	A	3
5	7	Víz közmű	Távhő közmű	A	4
5	8	Víz közmű	Hírközlés közmű	B	5
6	7	Csatornázás közmű	Távhő közmű	A	5
6	8	Csatornázás közmű	Hírközlés közmű	B	3

i	j	Kritérium		Melyik kedvezőbb?	Skála
		A	B	A vagy B	(1-9)
7	8	Távhő közmű	Hírközlés közmű	B	6
1	9	Környezetvédelmi eng. kiállításának időtartalma	FRSZ módosítás időtartalma	B	2
1	10	Környezetvédelmi eng. kiállításának időtartalma	TSZT módosítás időtartalma	B	2
2	9	Tervezési, építési engedélyeztetés időtartalma	FRSZ módosítás időtartalma	B	3
2	10	Tervezési, építési engedélyeztetés időtartalma	TSZT módosítás időtartalma	B	3
3	9	Villamos közmű	FRSZ módosítás időtartalma	B	5
3	10	Villamos közmű	TSZT módosítás időtartalma	B	5
4	9	Földgáz közmű	FRSZ módosítás időtartalma	B	6
4	10	Földgáz közmű	TSZT módosítás időtartalma	B	6
5	9	Víz közmű	FRSZ módosítás időtartalma	B	7
5	10	Víz közmű	TSZT módosítás időtartalma	B	7
6	9	Csatornázás közmű	FRSZ módosítás időtartalma	B	7
6	10	Csatornázás közmű	TSZT módosítás időtartalma	B	7
7	9	Távhő közmű	FRSZ módosítás időtartalma	B	9
7	10	Távhő közmű	TSZT módosítás időtartalma	B	9
8	9	Hírközlés közmű	FRSZ módosítás időtartalma	B	6
8	10	Hírközlés közmű	TSZT módosítás időtartalma	B	6
9	10	FRSZ módosítás időtartalma	TSZT módosítás időtartalma	B	1

1.3./4 Ingatlan 3 - Logisztika kritériumai

	Kritérium	Súly	Rangsor
19	Nemzetközi LNG termináloktól való távolság (Rusze)	6.14%	7
20	Milyen méretű hajók fogadására alkalmas a terminál	2.76%	9
21	Járműszervíz közelsége/kialakításának lehetősége	2.28%	10
22	Forgalmi csomóponthoz viszonyított elhelyezkedés	16.89%	2
23	Kereskedelmi útvonalakhoz viszonyított elhelyezkedés	8.17%	6
24	Nehéz motoros jármű forgalom	4.78%	8
25	Vasúti összeköttetés	22.58%	1
26	Hajó álláshely	11.17%	4
27	Lokális vállalatok árbevétele (2018)	10.89%	5
28	Lokális vállalatok növekedése árbevétel szempontjából	14.35%	3

Kritérium súlyozás mátrixa:

Mátrix	LNG termináloktól való távolság	Fogadható hajók mérete	Járműszervíz	Forgalmi csomóponthoz viszonyított távolság	Kereskedelmi útvonalhoz viszonyított távolság	Nehéz motoros járműforgalom	Vasúti bekötés	Hajó állomáshelyek	Környező telephelyeken bonyolított teljes árbevétel	Környező telephelyeken bonyolított teljes árbevétel növekedése	normalizált eigenvektor
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
LNG termináloktól való távolság	1	3	6	1/4	1/3	1/2	1/5	2	1/4	1/5	6.14%
Fogadható hajók mérete	1/3	1	3	1/5	1/4	1/2	1/5	1/4	1/5	1/6	2.76%
Járműszervíz	1/6	1/3	1	1/5	1/4	1/3	1/5	1/2	1/5	1/6	2.28%
Forgalmi csomóponthoz viszonyított távolság	4	5	5	1	2	3	1/3	2	2	3	16.89%
Kereskedelmi útvonalhoz viszonyított távolság	3	4	4	1/2	1	3	1/3	1/2	1/2	1/3	8.17%
Nehéz motoros járműforgalom	2	2	3	1/3	1/3	1	1/4	1/3	1/3	1/4	4.78%
Vasúti bekötés	5	5	5	3	3	4	1	3	2	2	22.58%
Hajó állomáshelyek	1/2	4	2	1/2	2	3	1/3	1	2	2	11.17%
Környező telephelyeken bonyolított teljes árbevétel	4	5	5	1/2	2	3	1/2	1/2	1	1/2	10.89%
Környező telephelyeken bonyolított teljes árbevétel növekedése	5	6	6	1/3	3	4	1/2	1/2	2	1	14.35%

Kritérium súlyozás kiértékelése:

i	j	Kritérium		Melyik kedvezőbb?	Skála
		A	B	A vagy B	(1-9)
1	2	LNG termináloktól való távolság	Fogadható hajók mérete	A	3
1	3	LNG termináloktól való távolság	Járműszervíz	A	6
1	4	LNG termináloktól való távolság	Forgalmi csomóponthoz viszonyított távolság	B	4
1	5	LNG termináloktól való távolság	Kereskedelmi útvonalhoz viszonyított távolság	B	3
1	6	LNG termináloktól való távolság	Nehéz motoros járműforgalom	B	2
1	7	LNG termináloktól való távolság	Vasúti bekötés	B	5
1	8	LNG termináloktól való távolság	Hajó állomáshelyek	A	2
2	3	Fogadható hajók mérete	Járműszervíz	A	3
2	4	Fogadható hajók mérete	Forgalmi csomóponthoz viszonyított távolság	B	5
2	5	Fogadható hajók mérete	Kereskedelmi útvonalhoz viszonyított távolság	B	4
2	6	Fogadható hajók mérete	Nehéz motoros járműforgalom	B	2
2	7	Fogadható hajók mérete	Vasúti bekötés	B	5
2	8	Fogadható hajók mérete	Hajó állomáshelyek	B	4
3	4	Járműszervíz	Forgalmi csomóponthoz viszonyított távolság	B	5
3	5	Járműszervíz	Kereskedelmi útvonalhoz viszonyított távolság	B	4
3	6	Járműszervíz	Nehéz motoros járműforgalom	B	3
3	7	Járműszervíz	Vasúti bekötés	B	5
3	8	Járműszervíz	Hajó állomáshelyek	B	2
4	5	Forgalmi csomóponthoz viszonyított távolság	Kereskedelmi útvonalhoz viszonyított távolság	A	2
4	6	Forgalmi csomóponthoz viszonyított távolság	Nehéz motoros járműforgalom	A	3
4	7	Forgalmi csomóponthoz viszonyított távolság	Vasúti bekötés	B	3
4	8	Forgalmi csomóponthoz viszonyított távolság	Hajó állomáshelyek	A	2
5	6	Kereskedelmi útvonalhoz viszonyított távolság	Nehéz motoros járműforgalom	A	3
5	7	Kereskedelmi útvonalhoz viszonyított távolság	Vasúti bekötés	B	3
5	8	Kereskedelmi útvonalhoz viszonyított távolság	Hajó állomáshelyek	B	2
6	7	Nehéz motoros járműforgalom	Vasúti bekötés	B	4
6	8	Nehéz motoros járműforgalom	Hajó állomáshelyek	B	3

i	j	Kritérium		Melyik kedvezőbb?	Skála
		A	B	A vagy B	(1-9)
7	8	Vasúti bekötés	Hajó állomáshelyek	A	3
1	9	LNG termináloktól való távolság	Környező telephelyeken bonyolított teljes árbevétel	B	4
1	10	LNG termináloktól való távolság	Környező telephelyeken bonyolított teljes árbevétel növekedése	B	5
2	9	Fogadható hajók mérete	Környező telephelyeken bonyolított teljes árbevétel	B	5
2	10	Fogadható hajók mérete	Környező telephelyeken bonyolított teljes árbevétel növekedése	B	6
3	9	Járműszervíz	Környező telephelyeken bonyolított teljes árbevétel	B	5
3	10	Járműszervíz	Környező telephelyeken bonyolított teljes árbevétel növekedése	B	6
4	9	Forgalmi csomóponthoz viszonyított távolság	Környező telephelyeken bonyolított teljes árbevétel	A	2
4	10	Forgalmi csomóponthoz viszonyított távolság	Környező telephelyeken bonyolított teljes árbevétel növekedése	A	3
5	9	Kereskedelmi útvonalhoz viszonyított távolság	Környező telephelyeken bonyolított teljes árbevétel	B	2
5	10	Kereskedelmi útvonalhoz viszonyított távolság	Környező telephelyeken bonyolított teljes árbevétel növekedése	B	3
6	9	Nehéz motoros járműforgalom	Környező telephelyeken bonyolított teljes árbevétel	B	3
6	10	Nehéz motoros járműforgalom	Környező telephelyeken bonyolított teljes árbevétel növekedése	B	4
7	9	Vasúti bekötés	Környező telephelyeken bonyolított teljes árbevétel	A	2
7	10	Vasúti bekötés	Környező telephelyeken bonyolított teljes árbevétel növekedése	A	2
8	9	Hajó állomáshelyek	Környező telephelyeken bonyolított teljes árbevétel	A	2
8	10	Hajó állomáshelyek	Környező telephelyeken bonyolított teljes árbevétel növekedése	A	2
9	10	Környező telephelyeken bonyolított teljes árbevétel	Környező telephelyeken bonyolított teljes árbevétel növekedése	B	2

1.3./5 Környezeti adottságok kritériumai

	Kritérium	Súly	Rangsor
29	Hajózhatóság folytonossága	46.53%	1
30	Szél erőssége	6.24%	4
31	Áramlás erőssége	11.46%	3
32	Szeizmikus adottságok	4.34%	5
33	Vízszint váltakozásának mértéke	31.43%	2

Kritérium súlyozás mátrixa:

Mátrix						normalizált eigenvektor
	Hajózhatóság	Szél erősség	Áramlás erősség	Szeizmikus adottságok	Vízszint változása	
	1	2	3	4	5	
Hajózhatóság 1	1	5	4	7	3	46.53%
Szélerősség 2	1/5	1	1/3	2	1/6	6.24%
Áramlás erősség 3	1/4	3	1	3	1/5	11.46%
Szeizmikus adottságok 4	1/7	1/2	1/3	1	1/6	4.34%
Vízszint változása 5	1/3	6	5	6	1	31.43%

Kritérium súlyozás kiértékelése:

		Kritérium		Melyik kedvezőbb?	Skála
i	j	A	B	A vagy B	(1-9)
1	2	Hajózhatóság	Szélerősség	A	5
1	3	Hajózhatóság	Áramlás erősség	A	4
1	4	Hajózhatóság	Szeizmikus adottságok	A	7
1	5	Hajózhatóság	Vízszint változása	A	3
2	3	Szélerősség	Áramlás erősség	B	3
2	4	Szélerősség	Szeizmikus adottságok	A	2
2	5	Szélerősség	Vízszint változása	B	6
3	4	Áramlás erősség	Szeizmikus adottságok	A	3
3	5	Áramlás erősség	Vízszint változása	B	5
4	4	Szeizmikus adottságok	Vízszint változása	B	6

1.3./6 Környezetvédelem kritériumai

	Kritérium	Súly	Rangsor
34	Telephelyek levegőtisztaság-védelmi övezeti besorolás	3.61%	6
35	Zajvédelmi megkötések	19.39%	3
36	Natura 2000-es érintettség	38.02%	1
38	Környező védett területek	22.82%	2
39	Felszín alatti vizek érzékenysége	4.64%	5
40	Üzemelő sérülékeny vízbázis érintettsége	11.52%	4

Kritérium súlyozás mátrixa:

Mátrix		Levegőtisztaság védelmi övezet	Zajvédelmi megkötések	Natura 2000	Védett területek	Felszín alatti vizek érzékenysége	Üzemelő sérülékeny vízbázis	normalizált eigenvektor
		1	2	3	4	5	6	
Levegőtisztaság védelmi övezet	1	1	1/8	1/7	1/5	1	1/4	3.61%
Zajvédelmi megkötések	2	8	1	1/3	1/3	5	3	19.39%
Natura 2000	3	7	3	1	3	5	3	38.02%
Védett területek	4	5	3	1/3	1	3	2	22.82%
Felszín alatti vizek érzékenysége	5	1	1/5	1/5	1/3	1	1/4	4.64%
Üzemelő sérülékeny vízbázis	6	4	1/3	1/3	1/2	4	1	11.52%

Kritérium súlyozás kiértékelése:

1	2	Levegőtisztaság védelmi övezet	Zajvédelmi megkötések	B	8
1	3	Levegőtisztaság védelmi övezet	Natura 2000	B	7
1	4	Levegőtisztaság védelmi övezet	Védett területek	B	5
1	5	Levegőtisztaság védelmi övezet	Felszín alatti vizek érzékenysége	B	1
1	6	Levegőtisztaság védelmi övezet	Üzemelő sérülékeny vízbázis	B	4
2	3	Zajvédelmi megkötések	Natura 2000	B	3
2	4	Zajvédelmi megkötések	Védett területek	B	3
2	5	Zajvédelmi megkötések	Felszín alatti vizek érzékenysége	A	5
2	6	Zajvédelmi megkötések	Üzemelő sérülékeny vízbázis	A	3
3	4	Natura 2000	Védett területek	A	3

3	5	Natura 2000	Felszín alatti vizek érzékenysége	A	5
3	6	Natura 2000	Üzemelő sérülékeny vízbázis	A	3
4	5	Védett területek	Felszín alatti vizek érzékenysége	A	3
4	6	Védett területek	Üzemelő sérülékeny vízbázis	A	2
5	6	Felszín alatti vizek érzékenysége	Üzemelő sérülékeny vízbázis	B	4

1.4 A lehetséges telephelyopciók leszűkítése

A kiindulásként figyelembe vehető telephelyekként a Magyar Dunai Kikötők Szövetségébe tartozó vállalatok 10 telephelyével számoltunk:

- Győr-Gönyű
- Komárom
- Budapest
- Adony
- Dunaújváros
- Dunavecse
- Dunaföldvár
- Paks
- Baja
- Mohács

Az előzetes felmérések során ellenőriztük, hogy a listázott telephelyek között megfelel-e a tervezett beruházás alapvető követelményeinek, vagy egy trimodális töltőállomás létesítéséhez szükséges feltételeknek.

Megvizsgálva, hogy az egyes telephelyek rendelkeznek-e vasúti bekötéssel, feltárult, hogy a **Dunaföldvár** és **Dunavecse** kikötőinek esetében ez a feltétel nem teljesül, így kizárásra kerültek.

Összesítettük, hogy az egyes telephelyekhez tartozó főbb útvonalakon/bekötő utakon milyen mértékű a nehéz motoros jármű forgalom. Amennyiben ennek mértéke alacsony, feltételezhető, hogy a terület nem érintett nagymértékű szárazföldi áruszállításban, illetve fenn áll annak az esélye, hogy a beruházás után megnövekedett járműforgalmat nem tudja kiszolgálni az úthálózat, közlekedési fennakadások keletkeznek. **Mohács** esetében megállapítottuk, hogy rendkívül alacsony a nehéz motoros jármű forgalom, ezért az előbb részletezett indoklással az opció kizárásra került.

Mint azt az LNG Masterplan for Rhine-Main-Danube elnevezésű projekt ismertetőjében olvasható, LNG töltőállomás kiépítés zajlik a komáromi kikötőben. A létesítmény üzembe helyezését 2020-ra tervezik, a területen még egy terminál létesítésének nincsen gazdasági megalapozottsága, ezért **Komáromot** kizártuk az opciók közül.

Alapvető tervezési szempontként van jelen a projekt kapcsán az, hogy a telephely olyan környezetben létesüljön, ahol megfelelő vásárlóerejű, helyi vállalkozások és az ipari szereplők is jelen vannak. Ezáltal a töltőállomás jobb piaci lehetőségekkel néz szembe, valamint hozzájárul a terület energiahatékonyságának fejlődéséhez. Adony esetében nincsen lokális fejlett ipar és nagyvállalati kör,

ami rövid és hosszútávon meghatározó ügyfélkör kieséséhez vezethet. A hiányosság miatt kizártuk **Adony** kikötőjét.

Legvégül pedig **Dunaújváros** kikötője is kizárásra került abból adódóan, a rendelkezésre álló terület kis méretéből és a potenciális helyi ügyfélkör hiányából adódóan.

Tehát az előzetes vizsgálatok alapján a telephelyválasztási elemzés opcióit 4 telephelyre redukáltuk, amelyek:

- **Győr-Gönyű**
- **Budapest**
- **Paks**
- **Baja**

1.5 Telephely opciók szempontonkénti kiértékelése

1.5./1 Vizsgált kritérium: 250-350 m-es sugarú biztonsági terület lehetősége

Ezen kritérium esetében az került felmérésre, hogy az egyes telephelyek és a környező területek elrendezése milyen mértékben teszi lehetővé, hogy a kialakítandó töltőállomás 250m sugarú biztonsági körzete úgy kerüljön kialakításra, hogy abba ne essen bele lakóterület. Másodlagos értékelési szempont, hogy a töltőállomás közelében lehetőleg minél kevesebb munkaállomás legyen. A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés 1-10-es skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
9	5	5	1

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
45.0%	25.0%	25.0%	5.0%
Globális prioritás			

Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
4.80%	2.67%	2.67%	0.53%

Szöveges értékelés

A legkedvezőbb telephely elrendezés tekintetében a Csepel, mert Gönyű és Paks esetében bár lakóövezet nem esik bele a 250-350 m-es körzetbe, de több vállalkozás telephelye megtalálható azon belül. A bajai telephely közvetlen szomszédságában található a veszélyeztetett lakóterület, így ez a legelőnytelenebb opció ebből a szempontból.

1.5./2 Vizsgált kritérium: Hajók közötti biztonsági távolság betartásának lehetősége

Egy kikötőnek, illetve hajóállomásainak különleges kritériumoknak kell megfelelniük, hogy alkalmasak legyenek az ADN hatálya alá tartozó áruk (mint az LNG) fogadására. Ezen szempont keretein belül azt vizsgáljuk, hogy az egyes telephelyek biztonsági tanúsítványaikban leírtak alapján megfelelnek-e ezen tevékenység végzéséhez.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés 1-10-es skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
6	5	1	3

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
40.00%	33.33%	6.67%	20.00%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
6.78%	5.65%	1.13%	3.39%

Szöveges értékelés

A legkedvezőbb telephely a biztonsági tanúsítványok alapján Csepel, itt az üzemelő 18 hajóállás közül több megfelel az ADN árufogadás szigorú körülményeinek. Gönyű telephelyen a 6 hajóállás közül 2 hasonlóan alkalmas hajóállás található, ezzel szemben Pakson és Baján nincsen ilyen szigorú követelményeknek megfelelő hajóállás, de a bajai telephelyen több kikötőhely található, mint Pakson, ezáltal egyszerűbb a magasabb biztonsági fokozatnak megfelelő változtatások implementálása.

1.5./3 Vizsgált kritérium: SEVESO jogszabály szerinti társadalmi kockázat mértéke

E kritérium esetében az került felmérésre, hogy az egyes telephelyek elrendezése mennyire kedvező a beruházás minél egyszerűbb megvalósítása szempontjából.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés 1-10-es skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
5	6	5	1

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
29.41%	35.29%	29.41%	5.88%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
1.98%	2.37%	1.98%	0.40%

Szöveges értékelés

Mind a négy telephely esetén a SEVESO jogszabály szerinti társadalmi kockázat mértéke elfogadható. A különbséget a lakosság közelsége és a számossága jelenti, a gönyői telephely a legkedvezőbb, a településtől viszonylag távoli ipari telephelyen található. A csepeli és paksi opciók hasonló kockázattal rendelkeznek, Csepel esetében a lakott terület távolsága előny, a telephely közelében dolgozók magas száma hátrány. Ez Paks esetében pontosan ellentétes, Baján pedig rendkívül közel található a sűrűn lakott lakóövezet. Az ipari területen az alkalmazotti kockázatok szintje 10^{-6} szintnél kisebb.

1.5./4 Vizsgált kritérium: Telephelyek kedvező elrendezése a beruházás megvalósításához

E kritérium esetében az került felmérésre, hogy az egyes telephelyek elrendezése mennyire kedvező a beruházás minél egyszerűbb megvalósítása szempontjából.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés 1-10-es skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
8	5	3	3

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
42.11%	26.32%	15.79%	15.79%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
0.15%	0.09%	0.05%	0.05%

Szöveges értékelés

A legkedvezőbb telephely elrendezés tekintetében a Csepel, mert Gönyű esetében a területe mérete nem elegendően nagy a tervezett feladatra, Paks és Baja esetében pedig jelentős átalakítások szükségesek a feladat befogadására.

1.5./5 Vizsgált kritérium: Ingatlan összes területe

E kritérium esetében az került felmérésre, hogy mely ingatlan a legkedvezőbb teljes terület szempontjából.

Az összehasonlított adatok értelemszerűen numerikus adatok, így a nagyobb tekinthető kedvezőbbnek.

Értékelés 1-10-es skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
1,530,000	1,400,000	12,000	208,795

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
48.56%	44.43%	0.38%	6.63%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
0.14%	0.13%	0.00%	0.02%

Szöveges értékelés

A csepeli telephely összterülete 1,530,000 m², és ezáltal a legnagyobb a lehetősége közül így az tekinthető a legkedvezőbbnek. Gönyű a második legkedvezőbb 1,400,000 m²-rel a másik két lehetséges telephely területe töredéke a csepeli és gönyői telephelyhez viszonyítva.

1.5./6 Vizsgált kritérium: Épületek védettsége

E kritérium esetében az került felmérésre, hogy mely telephely áll védettség alatt (építészeti örökségvédelmi teher).

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés abszolút skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
5	10	10	10

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
14.29%	28.57%	28.57%	28.57%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
0.17%	0.34%	0.34%	0.34%

Szöveges értékelés

Egyedül a csepeli telephely egy részén található műemléki besorolású terület (nem a tervezett kialakítási területen), a többi telephely nincsen semmilyen védettséggel terhelve. Ezek alapján védettség szempontjából a csepeli telephely a legkedvezőtlenebb.

1.5./7 Vizsgált kritérium: FRSZ/KSZT szerinti besorolás

E kritérium esetében az került felmérésre, hogy az adott telephely szabályozási terve szerint van-e olyan telephely melynek besorolása előnytelen a tervezett feladat szempontjából.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés abszolút skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
10	5	10	5

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
33.33%	16.67%	33.33%	16.67%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
0.41%	0.21%	0.41%	0.21%

Szöveges értékelés

Mind a 4 terület gazdasági besorolása, a csepeli és paksi terület ipari besorolása is, ezért ez a kettő tekinthető a legelőnyösebbnek.

1.5./8 Vizsgált kritérium: FRSZ szerinti beépíthetőség

E kritérium esetében az került felmérésre, hogy az adott telephely szabályozási terve szerint van-e olyan telephely melynek besorolása előnytelen a tervezett feladat szempontjából.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés abszolút skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
5	5	1	1

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
41.67%	41.67%	8.33%	8.33%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
0.28%	0.28%	0.06%	0.06%

Szöveges értékelés

A csepeli és gönyői telephelyeken a van engedélyezve az üzemanyagtöltő létesítése, így a kettő tekinthető a legelőnyösebbnek.

1.5./9 Vizsgált kritérium: TSZT szerinti környezet

E kritérium esetében az került felmérésre, hogy az adott telephely szabályozási terve szerint van-e olyan telephely melynek besorolása előnytelen a tervezett feladat szempontjából.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés abszolút skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
3	3	2	1

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
33.33%	33.33%	22.22%	11.11%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
0.17%	0.17%	0.11%	0.06%

Szöveges értékelés

A 4 telephely közül Csepel legelőnyösebb, mert az nem beépített, jellemzően ipari terület, gönyúi és paksi terület szolgáltató gazdasági terület, a paksi terület mellett rekreációs tér is található, a bajai pedig nem csak gazdasági terület, hanem egyben falusias lakóövezet is egyben. Így Csepel és Gönyű tekinthető a legkedvezőbbnek.

1.5./10 Vizsgált kritérium: Településkép változás kérdése

E kritérium esetében az került felmérésre, hogy az adott telephely szabályozási terve szerint van-e olyan telephely melynek besorolása előnytelen a tervezett feladat szempontjából.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés abszolút skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
10	9	4	7

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
33.33%	30.00%	13.33%	23.33%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja

0.12%	0.11%	0.05%	0.09%
-------	-------	-------	-------

Szöveges értékelés

A csepeli telephelyen több hasonló infrastruktúra is található, így nem jelent jelentős változást a beruházás a településképben, hasonlóképpen Gönyű esetében. A bajai telephely is ipari telephely, de városközpont közel van, míg a Paksi a település központjához közel van, kevés hasonló infrastruktúrával a környéken, így jobban rontva a település képet.

1.5./11 Vizsgált kritérium: Ingatlanok fajlagos költsége

E kritérium esetében az került felmérésre, hogy az adott telephely szabályozási terve szerint van-e olyan telephely melynek besorolása előnytelen a tervezett feladat szempontjából.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés abszolút skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
1	5	4	5

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
6.67%	33.33%	26.67%	33.33%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
0.06%	0.29%	0.23%	0.29%

Szöveges értékelés

Gönyű és Baja a legolcsóbb fajlagos költséget tekintve, Paks is hasonlóan olcsó, míg Csepel a legdrágább így az a legelőnytelenebb e kritérium szempontjából.

1.5./12 Vizsgált kritérium: Földben található világháborús robbanófejek

E kritérium esetében az került felmérésre, hogy az adott telephely szabályozási terve szerint van-e olyan telephely melynek besorolása előnytelen a tervezett feladat szempontjából.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés abszolút skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
1	4	5	2

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
8.33%	33.33%	41.67%	16.67%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
0.03%	0.10%	0.13%	0.05%

Szöveges értékelés

Paks a legelőnyösebb terület e tekintetben, itt nem történt bombázás, Baján a csak híd volt lebombázva, Gönyűnél sem történt bombázás, de van aktív lőtér 2 km-re a telephelytől. Csepelen jelentős bombázás volt, így az a legelőnytelenebb e kritérium tekintetében.

1.5./13 Vizsgált kritérium: Árvízvédelem

E kritérium esetében az került felmérésre, hogy az adott telephely szabályozási terve szerint van-e olyan telephely melynek besorolása előnytelen a tervezett feladat szempontjából.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés abszolút skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
10	10	5	10

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
28.57%	28.57%	14.29%	28.57%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
0.77%	0.77%	0.38%	0.77%

Szöveges értékelés

A 4 terület közül egyedül Paks fakadó vízzel veszélyeztetett, a többi terület árvízi elöntés szempontjából nem minősül veszélyeztetettnek.

1.5./14 Vizsgált kritérium: FRSZ módosításához szükséges időintervallum mértéke

E kritérium esetében az került felmérésre, hogy az adott telephely szabályozási terve szerint van-e olyan telephely melynek besorolása előnytelen a tervezett feladat szempontjából.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés abszolút skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
10	10	10	10

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
-------------------	--	--	--

Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
25.00%	25.00%	25.00%	25.00%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
0.11%	0.11%	0.11%	0.11%

Szöveges értékelés

Mind a 4 terület esetében ugyanolyan idő időintervallumra lehet számítani (fél év és 2 év között).

1.5./15 Vizsgált kritérium: TSZT módosításához szükséges időintervallum mértéke

E kritérium esetében az került felmérésre, hogy az adott telephely szabályozási terve szerint van-e olyan telephely melynek besorolása előnytelen a tervezett feladat szempontjából.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés abszolút skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
5	10	10	10

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
14.29%	28.57%	28.57%	28.57%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
0.06%	0.12%	0.12%	0.12%

Szöveges értékelés

A főváros esetében lehet komolyabb különbség, ezért a csepeli telephely a legelőnytelenebb, a többi telephely esetében nincs különbség.

1.5./16 Vizsgált kritérium: Környezetvédelmi engedélyeztetéshez szükséges időintervallum

E kritérium esetében az került felmérésre, hogy az adott telephely szabályozási terve szerint van-e olyan telephely melynek besorolása előnytelen a tervezett feladat szempontjából.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés abszolút skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
10	10	10	10

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
25.00%	25.00%	25.00%	25.00%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
0.09%	0.09%	0.09%	0.09%

Szöveges értékelés

Mind a 4 terület esetében ugyanolyan idő időintervallumra lehet számítani.

1.5./17 Vizsgált kritérium: Tervezési és építési engedélyeztetéshez szükséges időintervallum

E kritérium esetében az került felmérésre, hogy az adott telephely szabályozási terve szerint van-e olyan telephely melynek besorolása előnytelen a tervezett feladat szempontjából.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés abszolút skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
10	10	10	10

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
25.00%	25.00%	25.00%	25.00%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
0.04%	0.04%	0.04%	0.04%

Szöveges értékelés

Mind a 4 terület esetében ugyanolyan idő időintervallumra lehet számítani.

1.5./18 Vizsgált kritérium: Villamos energia közmű

E kritérium esetében az került felmérésre, hogy az adott telephely szabályozási terve szerint van-e olyan telephely melynek besorolása előnytelen a tervezett feladat szempontjából.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés abszolút skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
10	10	10	10

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
-------------------	--	--	--

Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
25.00%	25.00%	25.00%	25.00%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
0.03%	0.03%	0.03%	0.03%

Szöveges értékelés

Mind 4 terület esetében rendelkezésre áll.

1.5./19 Vizsgált kritérium: Földgáz csatlakozás közmű

E kritérium esetében az került felmérésre, hogy az adott telephely szabályozási terve szerint van-e olyan telephely melynek besorolása előnytelen a tervezett feladat szempontjából.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés abszolút skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
4	4	1	1

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
40.00%	40.00%	10.00%	10.00%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
0.04%	0.04%	0.01%	0.01%

Szöveges értékelés

Csepel és Gönyű esetében rendelkezésre áll, Paks és Baja esetében szükséges bekötni.

1.5./20 Vizsgált kritérium: Vízellátás közmű

E kritérium esetében az került felmérésre, hogy az adott telephely szabályozási terve szerint van-e olyan telephely melynek besorolása előnytelen a tervezett feladat szempontjából.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés abszolút skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
5	5	1	5

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
31.25%	31.25%	6.25%	31.25%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
0.02%	0.02%	0.00%	0.02%

Szöveges értékelés

Paks kivételével minden telephelyen van vízellátás.

1.5./21 Vizsgált kritérium: Csatornázás közmű

E kritérium esetében az került felmérésre, hogy az adott telephely szabályozási terve szerint van-e olyan telephely melynek besorolása előnytelen a tervezett feladat szempontjából.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés abszolút skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
1	3	1	1

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
16.67%	50.00%	16.67%	16.67%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
0.03%	0.09%	0.03%	0.03%

Szöveges értékelés

Csatornázási rendszer csak Gönyű esetében áll rendelkezésre.

1.5./22 Vizsgált kritérium: Távhő csatlakozás közmű

E kritérium esetében az került felmérésre, hogy az adott telephely szabályozási terve szerint van-e olyan telephely melynek besorolása előnytelen a tervezett feladat szempontjából.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés abszolút skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
5	10	5	5

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja

20.00%	40.00%	20.00%	20.00%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
0.18%	0.35%	0.18%	0.18%

Szöveges értékelés

Távhő csatlakozás rendszer csak Gönyű esetében áll rendelkezésre.

1.5./23 Vizsgált kritérium: Hírközlés közmű

E kritérium esetében az került felmérésre, hogy az adott telephely szabályozási terve szerint van-e olyan telephely melynek besorolása előnytelen a tervezett feladat szempontjából.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés abszolút skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
10	10	10	10

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
25.00%	25.00%	25.00%	25.00%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
0.22%	0.22%	0.22%	0.22%

Szöveges értékelés

Mind 4 terület esetében rendelkezésre áll.

1.5./24 Vizsgált kritérium: Nemzetközi LNG termináloktól való távolság (Rusze)

A következő szempontban azt vizsgáljuk, hogy az egyes kikötők milyen távol esnek a legközelebbi nemzetközi LNG termináltól, Rusze-kikötőjétől. Pozitív, ha a telephely minél több folyamkm-re található Rusze-től, mivel ez az ellátási lánc nagyobb geográfiai kiterjedtségét fogja eredményezni.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek a távolsággal arányosan kaptak értékelést, a legtávolabbi kikötő lesz a legkedvezőbb. Az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés abszolút skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
1096	1199	949	902

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
26.44%	28.92%	22.89%	21.76%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
0.25%	0.27%	0.21%	0.20%

Szöveges értékelés

Rusze kikötőtől Gönyű van a legtávolabb, ezután sorban egyre közelebb található Csepel, Paks és Baja.

1.5./25 Vizsgált kritérium: Milyen méretű hajók fogadására alkalmas a terminál

A következő szempontban azt vizsgáljuk, hogy az egyes kikötők és azok hajóállomásai méretükből elrendezésükből és további meghatározó adottságaikból következően mekkora méretű hajók fogadására alkalmasak. Természetesen logisztikai szempontból a minél nagyobb méret lesz az előnyös.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés 1-10-es skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
3	6	1	3

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
23.08%	46.15%	7.69%	23.08%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
0.10%	0.19%	0.03%	0.10%

Szöveges értékelés

Gönyű adatszolgáltatása alapján a csepeli és bajai telephelyeknél kétszer-háromszor nagyobb méretű hajók befogadására is alkalmas (4000-4500 t), a paksi kikötő adatszolgáltatásában ez az információ nem került megadásra.

1.5./26 Vizsgált kritérium: Járműszervíz közelsége/kialakításának lehetősége

A megnövekedett közúti járműforgalomban növekedni fog a jármű meghibásodások száma is, előnyös, ha egy LNG-terminál telephelyén, vagy annak közvetlen közelében lehetséges a járművek szervizelése, javítása.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés 1-10-es skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
3	3	5	1

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
25.00%	25.00%	41.67%	8.33%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
0.09%	0.09%	0.15%	0.03%

Szöveges értékelés

Paks opció bizonyul a legelőnyösebbnek, itt a telephely közelében nagyméretű gépjárműszervíz található, nem szükséges új létesítése. A csepeli és gönyői telephelyek közvetlen közelében nem található szervíz, de a telephelyek elrendezéséből adódóan azokon kialakítható javítóállomás. A bajai telephelyen nincs lehetőség hasonló állomás létesítésére, legfeljebb a szomszédos területeken.

1.5./27 Vizsgált kritérium: Forgalmi csomóponthoz viszonyított elhelyezkedés

Logisztikai szempontból elengedhetetlen, hogy a töltőállomás minél közelebb helyezkedjen el disztribúciós gócpontokhoz. Ezek például lehetnek nagyvárosok, amelyekből a kereskedelmi útvonalak indulnak.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény. A közúti szűk keresztmetszetek kialakulásának kockázata miatt ebben az esetben részletesebben osztottuk be az értékelési skálát.

Értékelés 1-10-es skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
9.3	9	2	1

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
43.66%	42.25%	9.39%	4.69%

Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
1.13%	1.09%	0.24%	0.12%

Szöveges értékelés

A csepeli és gönyői telephelyek bizonyultak a két legelőnyösebb választásnak ebből a szempontból. A két másik telephely nagyságrendileg eltérően nagyobb távolságokban helyezkedik el.

1.5./28 Vizsgált kritérium: Kereskedelmi útvonalakhoz viszonyított elhelyezkedés

Logisztikai szempontból az is fontos, hogy a töltőállomás közel helyezkedjen el disztribúciós gócpontokhoz vezető főútvonalakhoz. Ezek például lehetnek autópályák, főutak.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény. A közúti szűk keresztmetszetek kialakulásának kockázata miatt ebben az esetben részletesebben osztottuk be az értékelési skálát.

Értékelés 1-10-es skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
9.3	9	9.5	7.7

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
26.20%	25.35%	26.76%	21.69%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
0.33%	0.32%	0.33%	0.27%

Szöveges értékelés

A csepeli, gönyői és paksi telephelyek hasonlóan jól lokalizáltak, ettől a bajai kikötő is csak kis mértékben marad el.

1.5./29 Vizsgált kritérium: Nehéz motoros jármű forgalom

Ebben a szempontban azt vizsgáljuk, hogy a telephelyhez vezető, azt kiszolgáló bevezető út mennyire kihasznál, milyen fontos útvonal. Azok az útvonalak előnyösebbek, amelyeken több nehéz motoros jármű közlekedik, mivel nagy valószínűséggel ezek az útvonalak a beruházást követően is képesek lesznek a forgalom kiszolgálására.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek a nehéz motoros járművek (jármű/nap) számával arányosan kaptak értékelést, a legtávolabbi kikötő lesz a legkedvezőbb. Az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés abszolút skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
1351	411	1004	557

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
40.66%	12.37%	30.21%	16.76%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
0.30%	0.09%	0.22%	0.12%

Szöveges értékelés

A csepeli telephelyhez kapcsolódó úthálózat a legfejlettebb és ez bonyolítja le a legnagyobb nehéz motoros jármű forgalmat. A csepeli forgalom nagyságrendjéhez hasonló a paksi út forgalma, ezekhez képest pedig feleakkora forgalmat bonyolít le a bajai és a gönyői telephelyekhez kapcsolódó útszakasz.

1.5./30 Vizsgált kritérium: Vasúti összeköttetés

Alapvető követelmény, hogy a telephely trimodális legyen, így minden vizsgált kikötő rendelkezik vasúti bekötéssel. A szemponton belüli rangsor kialakításában azt vizsgáljuk, hogy milyen méretű szerelvények kezelésére, rendezésére képesek az egyes jelenlegi infrastruktúrák.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés 1-10-es skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
4	4	1	4

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
30.77%	30.77%	7.69%	30.77%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
1.06%	1.06%	0.27%	1.06%

Szöveges értékelés

A telephelyek adatszolgáltatásából kiderül, hogy Paks kivételével minden telephelyen, vagy annak közelében lehetséges vasúti vagyonok rendezése.

1.5./31 Vizsgált kritérium: Hajó álláshely

Logisztikai szempontból előnyös, ha egy kikötő minél nagyobb számú hajóállással rendelkezik, ekkor a párhuzamos folyamatok miatt gyorsul a telephelyen végzett anyagmozgatás.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek a hajóállások számával arányosan kaptak értékelést, a legtávolabbi kikötő lesz a legkedvezőbb. Az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés abszolút skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
18	5	3	9

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
51.43%	14.29%	8.57%	25.71%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
0.88%	0.24%	0.15%	0.44%

Szöveges értékelés

A csepeli kikötő egyidejű befogadókapacitásában kiemelkedik, sorrendben utána következik a bajai kikötő, ezeket követik a gönyői és a paksi kikötők.

1.5./32 Vizsgált kritérium: Lokális vállalatok árbevétele (2018)

A telephelyek környezetében működő vállalatok fontos ügyfelei lesznek a töltőállomásnak. A területre jellemző gazdasági potenciál meghatározására többek között jó indikátor az éves árbevétel.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek közvetlen környezetének ipari vállalatának 2018-as árbevétele alapján kaptak értékelést, a legtávolabbi kikötő lesz a legkedvezőbb. Az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés abszolút skálán (milliárd Ft)			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
59,660	86,940	24,564	4,801

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
33.90%	49.41%	13.96%	2.73%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja

0.56%	0.82%	0.23%	0.05%
-------	-------	-------	-------

Szöveges értékelés

Ebben az esetben a legnagyobb árbevétellel rendelkező terület Gönyű. Ezzel összehasonlítható a csepeli területre jellemző árbevétel, de a paksi és a bajai telephely árbevétele ezt jelentősen alulmúlja.

1.5./33 Vizsgált kritérium: Lokális vállalatok növekedése árbevétel szempontjából

A telephelyek környezetében működő vállalatok fontos ügyfelei lesznek a töltőállomásnak. A területre jellemző gazdasági potenciál meghatározására jó indikátor az éves árbevétel változása.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés 1-10-es skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
7	10	4	1

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
31.82%	45.45%	18.18%	4.55%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
0.70%	1.00%	0.40%	0.10%

Szöveges értékelés

Ebben az esetben a legnagyobb árbevétel növekedést Gönyű produkálta, emellett a csepeli terület is növekedést mutatott. A paksi lokációra enyhe recesszió, míg a bajai telephelyre való tekintettel volt jellemző. Ezzel összehasonlítható a csepeli területre jellemző árbevétel, de a paksi és a bajai telephely árbevétele ezt jelentősen alulmúlja.

1.5./34 Vizsgált kritérium: Hajózhatóság folytonossága

Fontos döntéshozatali kritérium az, hogy állandó vízi közlekedést és a kikötő használatát minél kevésbé befolyásolja a rendkívüli (leginkább alacsony) vízállás.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés 1-10-es skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
3	1	4	7

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
20.00%	6.67%	26.67%	46.67%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
1.15%	0.38%	1.53%	2.68%

Szöveges értékelés

A hajózhatóság szempontjából a legjobb Baja, és a legrosszabb a négy kikötő közül Gönyű. Főleg Budapest környékén más a folyó szakaszjellege, Paksnál pedig jelentős az oldalazó erózió, és ott ebből kifolyólag a meder szűkület miatt alakulhat ki nehézség a hajózásban.

1.5./35 Vizsgált kritérium: Szél erőssége

Számottevő környezeti adottság a szél erőssége. Az erős légmozgás megnehezíti a közlekedést és a hajózók számára különösen nagy kihívásokat jelenthet a manőverezés és kikötés során.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés 1-10-es skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
4	1	5	7

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
23.53%	5.88%	29.41%	41.18%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
0.18%	0.05%	0.23%	0.32%

Szöveges értékelés

A gönyúi terület közel található a „viharsarokhoz” ahol átagosan szelesebb időjárás a jellemző. A Közép-magyarországi régióban északról délre egyre kevésbé erős széljárás jellemző, így a legelőnyösebb ebből a szempontból Baja.

1.5./36 Vizsgált kritérium: Áramlás erőssége

A folyó áramlási erőssége – hasonlóan a szélerősséghez- nehezíti a közlekedést, a hajózók számára különösen nagy kihívásokat jelenthet a manőverezés és kikötés során.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés 1-10-es skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
2	4	2	1

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
-------------------	--	--	--

Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
22.22%	44.44%	22.22%	11.11%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
0.31%	0.63%	0.31%	0.16%

Szöveges értékelés

A telephelyekre jellemző áramlási körülmények között nincsenek nagyságrendi különbségek. Ebből a szempontból legoptimálisabb gönyűi telephely esetében egyértelműen kisebb az áramlási sebesség, ami a meder lokális tulajdonságaival hozható összefüggésbe.

1.5./37 Vizsgált kritérium: Szeizmikus adottságok

A szeizmikus mozgásokból eredő kockázatok inkább telephely biztonsági szempontú kritériumnak tudható be. Minél kisebb a tapasztalt földrengések száma és intenzitása, annál biztonságosabbnak tekinthető egy adott telephely.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés 1-10-es skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
5	1	6.5	2.5

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
33.33%	6.67%	43.33%	16.67%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
0.18%	0.04%	0.23%	0.09%

Szöveges értékelés

A paksi és csepeli telephelyek egyértelműen kedvezőbb tapasztalati tényezőkkel rendelkeznek a bajai és a gönyúi telephelyez képest.

1.5./38 Vizsgált kritérium: Vízzint váltakozásának mértéke

Ezen kritérium vizsgálatakor az elmúlt évek vízállásának változékonyságát elemeztük az egyes telephelyek esetén. A gyorsan változó vízállási körülmények kevésbé optimálisak a hajózási logisztika és tervezés szempontjából, valamint biztonságtechnikai kockázatokat is magával hordoz.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés 1-10-es skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
10	5	2	1

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
55.56%	27.78%	11.11%	5.56%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
2.16%	1.08%	0.43%	0.22%

Szöveges értékelés

A csepeli kikötőre jellemző vízállás változékonysága egyértelműen a legkisebb intenzitású, ami a jól szabályozott medertulajdonságoknak is köszönhető. A legnagyobb változékonyság a bajai kikötőhöz rendelhető, ehhez a keskeny, alapvetően nagyobb mélységű medertulajdonság is hozzájárul.

1.5./39 Vizsgált kritérium: Telephelyek levegőtisztaság-védelmi övezeti besorolása

A levegőtisztaság-védelmi szempontú vizsgálat bizonyos esetekben rámutathat arra, ha egy telephely környezete túlterhelt, ekkor járműforgalom megnövekedéséből következő többletterhelés elkerülendő.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés 1-10-es skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
10	10	10	10

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
25.00%	25.00%	25.00%	25.00%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
0.23%	0.23%	0.23%	0.23%

Szöveges értékelés

A területek mindegyikén a mért levegőszennyezettség jóval a határérték alatt van, nem szükséges különbséget tenni.

1.5./40 Vizsgált kritérium: Zajvédelmi megkötések

A kritérium vizsgálata során összegyűjtésre kerültek a területre vonatkozó, jogszabályban megkötött zajvédelmi határértékek. A tevékenység intenzitásának növekedése megnövekedett zajterheléssel jár, így előnyös, ha minél magasabbak a lokális határértékek.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés 1-10-es skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
3	3	3	1

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
30.00%	30.00%	30.00%	10.00%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
1.51%	1.51%	1.51%	0.50%

Szöveges értékelés

A csepeli, gönyői és paksi telephelyeken megegyező zajvédelmi határérték van érvényben, míg baján, a lakóterület közelségének betudhatóan egy szinttel szigorúbb reguláció van érvényben.

1.5./41 Vizsgált kritérium: Natura 2000-es érintettség

A Natura 2000 besorolás alatti területeken tilos egyes tevékenységek elvégzése, az ilyen területeken végzett gazdasági tevékenység sokkal szigorúbb megkötéseknek mellett történhet, ezért előnyös, amennyiben a telephely érintettsége minél kisebb a Natura 2000-es területekkel.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés 1-10-es skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
2	1	2	7

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
-------------------	--	--	--

Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
16.67%	8.33%	16.67%	58.33%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
1.64%	0.82%	1.64%	5.74%

Szöveges értékelés

A Duna medre kevés kivétellel Natura 2000 területnek minősül, így van ez a csepeli és paksi kikötők esetében is. Gönyű esetében a folyópart is védett területen fekszik, ezért ez a legkevésbé kedvező opció. A bajai telephely a kevés kivétel egyike, így ez a legelőnyösebb ebből a szempontból.

1.5./42 Vizsgált kritérium: Környező védett területek

Ezen kritérium azt vizsgálja, hogy az egyes telephelyek a Natura 2000 területen felül milyen további természetvédelmi területekre vannak hatással.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés 1-10-es skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
5	1	2	2

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
50.00%	10.00%	20.00%	20.00%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
2.95%	0.59%	1.18%	1.18%

Szöveges értékelés

A gönyői telephely partszakasza közvetlenül védelmi (védett és védő) erdőterületen fekszik, ez a legkevésbé optimális választás ezen szempont szerint. A bajai kikötővel átellenben a Duna-Dráva Nemzeti Part területe található, a paksi terület mellett pedig „tájképvédelmi szempontból kiemelten kezelendő” terület helyezkedik el. Egyértelműen kijelenthető, hogy ezen szempont szerint a csepeli telephely a legoptimálisabb döntés.

1.5./43 Vizsgált kritérium: Felszín alatti vizek érzékenysége

Ezen kritérium az egyes telephelyekhez tartozó „felszín alatti víz érzékenység szerinti besorolást” vizsgálja. Minél kisebb érzékenységgű a terület, annál optimálisabb választásnak minősül.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés 1-10-es skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
2	2	1	2

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
28.57%	28.57%	14.29%	28.57%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
0.34%	0.34%	0.17%	0.34%

Szöveges értékelés

Felszín alatti víz érzékenység szerinti besorolás alapján egyedül a paksi terület tartozik „II. Kiemelten érzékeny” kategóriába, a további opciók a kevésbé érintettek minősülők „I. Különösen érzékeny” kategóriába vannak sorolva.

1.5./44 Vizsgált kritérium: Üzemelő sérülékeny vízbázis érintettsége

A megnövekedett ipari tevékenység talajszennyezéssel járhat, jelen esetben legfőképp a szárazföldi járművek karbantartásából és tisztításából adódóan. Feltételezve az adott mértékű szennyezést, a legideálisabb telephely az, ahol a vízbázis legkevésbé érintett a felszíni talajszennyezésnek.

A kritérium szempontjából a lehetséges telephelyek 1-től 10-es skálán kerültek kiértékelésre majd ezt követően az eredmények százalékos eredménnyé lettek normalizálva, hogy az Analitikus hierarchiával történő kiértékelésben alkalmazható legyen az eredmény.

Értékelés 1-10-es skálán			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
9	8	6	4

Értékelés a hierarchiában elhelyezve

Lokális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
26.44%	28.92%	22.89%	21.76%
Globális prioritás			
Budapest-Csepel	Gönyű	Paks	Baja
0.99%	0.88%	0.66%	0.44%

Szöveges értékelés

Csepel és Gönyű esetében a telephelyopciók lokálisan távol helyezkednek el vízbázistól. Ez nem mondható el Paksról és Bajáról, sőt Baja esetében a vízbázis egyszerű talajvíz, amely sérülékenyebb, mint egy mélyebben elhelyezkedő rétegvíz.

1.6 Analitikus Hierarchia eljárás felmerülő kritériumai

1.6./1 Lehetséges és kiválasztott szempontok listája

Az alábbiakban végig vesszük az összes szóba jöhető döntéshozatal szempontjából relevánsnak tekinthető kritériumot, melyek közül az értékelési szempontjai kiválasztásra kerülnek.

Vizsgálati szempont	Szükséges-e a kritérium döntéshozatal szempontból való vizsgálata	Indoklás	Információforrás
250-350 m-es sugarú biztonsági terület kialakításának lehetősége	Igen	Lásd: 4. fejezet	Térképes becslés
Hajók közötti biztonsági távolság betartásának lehetősége	Igen	Lásd: 4. fejezet	Kikötők biztonsági jelentései
SEVESO jogszabály szerinti társadalmi kockázat mértéke	Igen	Lásd: 4. fejezet	Szakértői becslés
Telephelyek kedvező elrendezése a beruházás megvalósításához	Igen	Lásd: 4. fejezet	Szakértői becslés térképes információk alapján
Ingatlan összes területe	Igen	Lásd: 4. fejezet	Kikötők adatszolgáltatása
Ingatlan jelenlegi felhasználása	Nem	A területek mindegyike kikötőként és raktárként működik jelenleg. Ez lényegében alapfeltétel, nincsen értelme további elemzésnek.	Kikötők adatszolgáltatása
Épületek védettsége	Igen	Lásd: 4. fejezet	Vonatkozó TSZT ⁷¹
TSZT szerinti besorolás	Igen	Lásd: 4. fejezet	Vonatkozó TSZT
TSZT szerinti beépíthetőség	Igen	Lásd: 4. fejezet	Vonatkozó TSZT
TSZT szerinti környezet	Igen	Lásd: 4. fejezet	Vonatkozó TSZT
Településkép változás kérdése	Igen	Lásd: 4. fejezet	Vonatkozó TSZT
Ingatlanok fajlagos költsége	Igen	Lásd: 4. fejezet	Szakértői becslés
Földben található világháborús robbanófejek	Igen	Lásd: 4. fejezet	Irodalmi források ⁷²
Árvízvédelem	Igen	Lásd: 4. fejezet	Vonatkozó TSZT
FRSZ módosításához szükséges időintervallum mértéke	Igen	Lásd: 4. fejezet	Szakértői becslés
TSZT módosításához szükséges időintervallum mértéke	Igen	Lásd: 4. fejezet	Szakértői becslés
környezetvédelmi engedélyeztetéshez szükséges időintervallum	Igen	Lásd: 4. fejezet	Szakértői becslés
tervezési és építési engedélyeztetéshez szükséges időintervallum	Igen	Lásd: 4. fejezet	Szakértői becslés

⁷¹ TSZT: Településszerkezeti Terv, de a hivatalos dokumentum neve településenként változik, például: Budapest XXI. kerület Csepel Önkormányzat képviselő-testülete 35/2017. (XII.20.) önkormányzati rendelete Csepel településkép-védelméről és alakításáról

⁷² Horváth Csaba: Bombázások és rombolások a második világháborúban, Püedlo Kiadó

A magyar területek elleni szövetséges légitámadások

<https://www.arcanum.hu/hu/online-kiadvanyok/2vhSzakkonyv-magyarok-a-ii-vilagaboruban-2/bombazasok-es-rombolasok-a-masodik-vilagaboruban-6C79/az-europai-hadszinter-6CAC/a-magyar-teruletek-elleni-szovetseges-legitamadasok-6D81/>

Az 1944. Április 13-i győri terrorbombázás

<https://regigyor.hu/vegyes/az-1944-aprilis-13-gyori-terrorbombazas/>

Légiháború Magyarországon (Múlt-Kor, 2005)

<https://mult-kor.hu/cikk.php?id=9242>

Vizsgálati szempont	Szükséges-e a kritérium döntéshozatal szempontból való vizsgálata	Indoklás	Információforrás
Villamos energia közmű	Igen	Lásd: 4. fejezet	Országos E-közmű adatbázis ⁷³
Földgáz csatlakozás közmű	Igen	Lásd: 4. fejezet	Országos E-közmű adatbázis
Vízellátás közmű	Igen	Lásd: 4. fejezet	Országos E-közmű adatbázis
Csatornázás közmű	Igen	Lásd: 4. fejezet	Országos E-közmű adatbázis
Távhő csatlakozás közmű	Igen	Lásd: 4. fejezet	Országos E-közmű adatbázis
Hírközlés közmű	Igen	Lásd: 4. fejezet	Országos E-közmű adatbázis
Mederkotrási munkálatok szükségessége	Nem	Az adatszolgáltatásban nem kaptunk a szemponthoz kapcsolódó információt, valamint nincsen a kikötői folyószakaszok medrének jellemzőit leíró adatforrásunk. A vizsgált kikötők esetében feltételezzük, hogy az egyes kikötők medermélysége figyelembe vett szempont volt a „legnagyobb fogadható hajóméret” kritérium adat megadásakor.	n.a.
Nemzetközi LNG termináloktól való távolság (Rusze)	Igen	Lásd: 4. fejezet	Térképes becslés
Milyen méretű hajók fogadására alkalmas a terminál	Igen	Lásd: 4. fejezet	Kikötők adatszolgáltatása
Járműszervíz közelsége/kialakításának lehetősége	Igen	Lásd: 4. fejezet	Térképi információk alapján
Forgalmi csomóponthoz viszonyított elhelyezkedés	Igen	Lásd: 4. fejezet	Térképes becslés
Kereskedelmi útvonalakhoz viszonyított elhelyezkedés	Igen	Lásd: 4. fejezet	Térképes becslés
Nehéz motoros jármű forgalom	Igen	Lásd: 4. fejezet	2018-as OKKF kiadvány ⁷⁴
Vasúti összeköttetés	Igen	Lásd: 4. fejezet	Kikötők adatszolgáltatása
Hajó álláshely	Igen	Lásd: 4. fejezet	Kikötők adatszolgáltatása
Lokális vállalatok árbevétele (2018)	Igen	Lásd: 4. fejezet	OPTEN adatbázis (utolsó hozzáférés: 2019.09.26.)
Lokális vállalatok növekedése árbevétel szempontjából	Igen	Lásd: 4. fejezet	OPTEN adatbázis

⁷³ <https://ekozmu.e-epites.hu/alkalmazas/lakossag/menu/terkep/tajekoztatas>

⁷⁴ Az országos közutak 2018. Évre vonatkozó keresztmetszeti forgalma – Az országos közúthálózat átlagos napi forgalma - Összesítő táblázatok (országos és kezelőnkénti bontás), Magyar Közút Nonprofit Zrt., 2019

Vizsgálati szempont	Szükséges-e a kritérium döntéshozatal szempontból való vizsgálata	Indoklás	Információforrás
			(utolsó hozzáférés: 2019.09.26.)
Hajózhatóság folytonossága	Igen	Lásd: 4. fejezet	Országos Vízjelző Szolgálat adatbázisa, kikötők adatszolgáltatása
Szél erőssége	Igen	Lásd: 4. fejezet	Országos Meteorológiai Szolgálat, általános éghajlati jellemzés ⁷⁵
Áramlás erőssége	Igen	Lásd: 4. fejezet	Országos Vízjelző Szolgálat adatbázisa
Szeizmikus adottságok	Igen	Lásd: 4. fejezet	MTA CSFK Geodéziai és Geofizikai Intézet Kövesligethy Radó Szeizmológiai Observatórium adatbázisa ⁷⁶
Vízszint váltakozásának mértéke	Igen	Lásd: 4. fejezet	Országos Vízjelző Szolgálat adatbázisa
Telephelyek levegőtisztaság-védelmi övezeti besorolása	Igen	Lásd: 4. fejezet	Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat adatbázisa
Zajvédelmi megkötések	Igen	Lásd: 4. fejezet	27/2008 (XII.3) Kvm EÜM rendelet
Natura 2000-es érintettség	Igen	Lásd: 4. fejezet	Natura 2000 adatbázis ⁷⁷
Környező védett területek	Igen	Lásd: 4. fejezet	A Magyar Állami Természetvédelem Hivatalos honlapja ⁷⁸ , vonatkozó TSZT
Felszín alatti vizek érzékenysége	Igen	Lásd: 4. fejezet	33/2000 (III.17.) Kormányrendelet 2/1. melléklete I/b.
Üzemelő sérülékeny vízbázis érintettsége	Igen	Lásd: 4. fejezet	Belügyminisztérium Vízügyi Főigazgatóságának adatbázisa ⁷⁹

⁷⁵ https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/szel/

⁷⁶ <http://www.seismology.hu/index.php/hu/szeizmicitas/szeizmicitas-es-foeldrengesveszely>

⁷⁷ <http://natura2000.eea.europa.eu/>

⁷⁸ <http://termeszetvedelem.hu/>

⁷⁹ https://www.vizugy.hu/uploads/csatolmanyok/285/keop_svb_modositott_lista_2011_06_01.pdf

