

MIKOVINY SÁMUEL
földtudományi doktori iskola

A doktori iskola vezetője:
Dr. h.c.mult.Dr.Kovács Ferenc
akadémikus

**A FÖLDGÁZSZÁLLÍTÓ RENDSZER IRÁNYÍTÁSÁNAK
MÓDSZERTANI ALAPJAI**

Doktori (PhD) értekezés tézisei

Írta:
Zsuga János
okl. gázmérnök

Kutatóhely:
Miskolci Egyetem
Műszaki Földtudományi Kar
Kőolaj- és földgáz Intézet

Tudományos vezető:
Dr.habil Tihanyi László CSc, PhD
intézetvezető egyetemi tanár

2002.

I.**A kitűzött kutatási feladat rövid összefoglalása**

Napjainkban a gázipar területén leggyakrabban elhangzó szó a liberalizáció. Hosszú előkészületi idő után 2000. augusztus 10-től az Európai Unió területén megkezdődött a földgázpiac liberalizációja és máig számos megoldatlan műszaki-jogi-gazdasági kérdéssel terhelt megindult a verseny az európai földgáz piacon. Az Európai Unióba felvételt kérelmező országok, így Magyarország is komoly erőfeszítéseket tesznek annak érdekében, hogy a liberalizációt szabályozó 98/30/EC Irányelvet érvényre juttassák a hazai piacokon.

Az Európai Unió csatlakozás közeledtével alapjaiban módosítani kell a jelenlegi jogszabályi környezetet és ez új pályára állítja a hazai földgázpiac szereplőit. Megszűnnek az eddigi monopóliumok, szabad hozzáférést kell biztosítani a szállítói és elosztói vezetékhálózatokhoz és a föld alatti gáztárolókhoz.

Azért vállaltam a tudományos feladatokat, mert a fentiek miatt a hazai gázpiac, és ezen belül a földgázellátó rendszer irányítási módszere fordulópont előtt áll. A közeljövőben már egy új típusú, liberalizált földgázpiacon kell tevékenykedni, amelyen a korábbi irányítási tapasztalatok csak részben hasznosíthatók. Szükségképpen át kell gondolni a régi, illetve az előre látható új folyamatokat, és meg kell alapozni az új irányítási szabályokat.

Nem volt könnyű a konkrét napi feladatok sűrűjében megtalálni a rendszerirányítás szempontjából fontos és alapvető kérdéseket és további nehézséget jelentett, hogy a témának nincs komoly hazai vagy nemzetközi szakirodalmi előzménye. Munkám során három kérdéskört emeltem ki, és megpróbáltam a tényadatokból és a múltbeli tapasztalatokból kiindulva általánosítható következtetéseket levonni. Ezek a kérdéskörök az alábbiak:

- a bizonytalanságok forrása, nagysága és hatása a rendszer működésére;
- hidraulikai törvényszerűségek a rendszeregyensúlyozás folyamatában;
- a szállítókapacitások nagysága és meghatározási módja.

Az elmúlt években a földgázellátás területén számos nehezen kezelhető helyzet alakult ki, például az átlagostól jelentősen hidegebb tél 1996-ban, az átlagosnál lényegesen enyhébb tél 2000-ben, az elmúlt 30 év leghidegebb decembere 2001-ben, vagy tél végén hirtelen és jelentős lehűlés. Számos esetben előfordult, hogy az Országos Meteorológiai Szolgálat több fokot is tévedett a következő napi hőmérséklet-előrejelzésben. Az ilyen eseteket lehet szubjektív módon is kezelni, de nagy segítség, ha az ilyen helyzetek előfordulási valószínűsége becsülhető, és kezelésükre megfelelő módszer áll rendelkezésre.

Az egységes európai földgázpiac kialakításával kapcsolatos szakmai ismeretek legmagasabb szintű összefoglalása az un. Madridi Fórum előadásaiban és kiadványaiban található. A Fórum (European Gas Regulatory Forum of Madrid) felállítását az Európai Bizottság (European Commission) 1999-ben kezdeményezte azzal a céllal, hogy a leendő gázpiaci résztvevők évente találkozzanak Madridban, és megvitassák az egységes földgázpiac létrehozásához szükséges műszaki, kereskedelmi és szabályozási kérdéseket. A Fórum üléseinek napirendjén összefoglaló tanulmányok és átfogó előadások megvitatása szerepel. Az ülések anyagait röviddel a rendezvény után felrakják az Európai Bizottság honlapjára, így külső érdeklődők számára is hozzáférhetők.

Értekezésem elkészítésénél támaszkodtam a Madridi Fórum összefoglaló tanulmányaira, amelyek tudományos alapossággal tárgyalják a legfontosabb kérdéseket, de a Fórum célkitűzésének megfelelően nem maradnak meg elméleti síkon, hanem eljutnak a gyakorlati alkalmazás feltételeinek a megfogalmazásáig.

II.

Az elvégzett vizsgálatok rövid leírása, az adatgyűjtés módszerei

A gázszállító rendszer a forgalmazott energia mennyiségét tekintve a legnagyobb vezetékes energiaellátó rendszer Magyarországon. Nagysága, komplexitása és a szigorú ellátásbiztonsági követelmények miatt a rendszeren kísérleteket elvégezni nem lehetséges. Az előzőek miatt a tudományos munkám során két módszert választottam a rendszer vizsgálatának céljára:

- a fogyasztás-forrás egyensúlyt befolyásoló bizonytalanságok feltárására és számszerűsítésére az órai és napi adatok statisztikus feldolgozását végeztem el, és azok végeredményéből vontam le az általánosítható megállapításokat a rendszerirányítás módszerére.
- A meteorológiai adatszolgáltatásból eredő bizonytalanságok feltárására az Országos Meteorológiai Szolgálat által szolgáltatott adatok statisztikus feldolgozását használtam fel.
- A gázellátó rendszer „viselkedését” hidraulikai szimulációs módszerrel vizsgáltam. Tudatosan egyszerű hidraulikai mintapéldákat használtam, amelyek jól szemléltetik az általános törvényszerűségeket. A tényleges hálózat vizsgálatát azért vettem el, mert nagysága miatt az eredmények nehezen jeleníthetők meg és a nagyszámú információ elfedte volna a jellemző változásokat.

A statisztikus feldolgozásoknál a bizonytalanságok valószínűségi eloszlásának meghatározását tekintettem fő feladatommak, mert ennek alapján lehet becsülni adott bizonytalanság valószínűségét, illetve a maximális bizonytalanságokat. Mindkét jellemző érték alapvető fontosságú a rendszerirányítás szempontjából.

A hidraulikai szimulációs vizsgálatokhoz a Miskolci Egyetem Kőolaj- és Földgáz Intézetében kidolgozott, és a MOL Rt. - Földgázszállításnál üzemszerűen alkalmazott TGASWIN hálózat szimulációs szoftvert használtam. Az értekezésben vizsgált kérdésektől függően állandósult és tranziens mintapéldát egyaránt vizsgáltam. Az eredményeket szemléletes sémavázlatokon, illetve diagramokon ábrázoltam.

A mintapéldákat célirányosan állítottam össze és arra törekedtem, hogy a kapott eredményekből a rendszeregyensúllyal összefüggő gyakorlati kérdésekre hidraulikailag megalapozott, általánosítható választ tudjak adni, és ebből megfelelő következtetést tudjak levonni a rendszerirányítás módszerére.

III.

**A tudományos eredmények összefoglalása,
a tézisek megfogalmazása, az eredmények hasznosítása**

1. tézis: Elemezve a gázszállító rendszer jelenlegi irányítási rendszerét megállapítottam, hogy egy hatékonyan működő liberalizált gázpiachoz jelentős mértékű technikai, módszertani és informatikai fejlesztésre lesz szükség. Új elemként meg kell jelennie a hazai gázpiacon a szállítatói megrendelésnek, az ún. nominálásnak. Ráműtattam arra, hogy a piacnyitás időszakában, a ma előre látható technikai feltételek között az egy napra vonatkozó nominálást indokolt választani, mert a jelenlegi technikai-technológiai feltételek mellett ezzel garantálható az ellátásbiztonság.

A tézis kifejtése:

A földgázszállító rendszer jelenlegi irányítási rendszerét a most fennálló háromszereplős piaci modell határozza meg. A gázértékesítői engedéllyel rendelkező MOL Rt. saját szervezetén belül végzi a földgáz nagykereskedelmét, föld alatti tárolását és szállítását. A szervezetek közötti kapcsolat nem jogi alapokon nyugszik, hanem a cég szervezeti-működési szabályzata határozza meg. Nincs egyértelműen megosztva a felelősség a szervezetek között, hiszen csak egy működési engedély létezik, amely feltételeinek valamennyi szervezet közös munkájával kell megfelelni. Az új Gázellátási Törvény életbe lépését követően az új engedélyesek egyértelműen meghatározott feladat és felelősségi körrel fognak rendelkezni. A szállítói és rendszerirányítói engedélyes kétoldalú szerződéses viszonyba kell, hogy kerüljön a piac szereplőivel. Annak érdekében, hogy feladatait hatékonyan el tudja látni és megfeleljen a törvényben előírt kötelezettségeinek (pl. fogyasztás forrás egyensúlyozás, adat és információ szolgáltatás, korlátozások, megszakítások elrendelése és végrehajtása) a jelenlegi technológiai, információs rendszerét jelentős mértékben fejlesztenie kell. Ki kell dolgozni azokat a módszertani megoldásokat, amelyek lehetővé teszik, hogy a szállítói és rendszerirányítói engedélyes diszkrimináció mentesen biztosítsa a vezetékrendszerhez való hozzáférést és a fogyasztás-forrás egyensúlyozást. A szállítóvezeték rendszer kapacitás lekötésének szerződéses alapokon kell nyugodnia. Ezen szerződések részét majdan képező ún. szállítatói megrendelések (nominálások) ma még ismeretlenek a hazai gyakorlatban. Olyan nominálási módszert kell választani a hazai gáziparnak, amely megfelel a gázellátó rendszer elemei által biztosított jelenlegi technikai-technológiai színvonalnak, valamint a meglévő kereskedelmi szerződéseknek. Mivel a hazai források – hazai termelés és a föld alatti gáztárolók-terhelésváltási lehetősége korlátozott (nem alkalmasak napon belüli többszöri és több irányú terhelésváltásra) és az import szerződések előírásai is rendkívül merevek a napi szintű nominálást, valamint ennek megfelelően a napi szintű fogyasztás-forrás egyensúlyozást javaslom előírni a liberalizált magyar gázpiacra.

2. tézis: A jelenlegi hazai fogyasztási szerkezet mellett a napi szintű országos eredő fogyasztási görbén két lokális maximum jelentkezik, és az átlagos órai értéktől való eltérés $\pm 7 \dots 10$ %-os változási sávval jellemezhető. A rendszerirányítónak ennek megfelelő gázforgalomra és nyomásingadozásra kell felkészítenie naponta a szállító rendszert és a csúcsórai kapacitást is ennek megfelelően kell méretezni.

A tézis kifejtése:

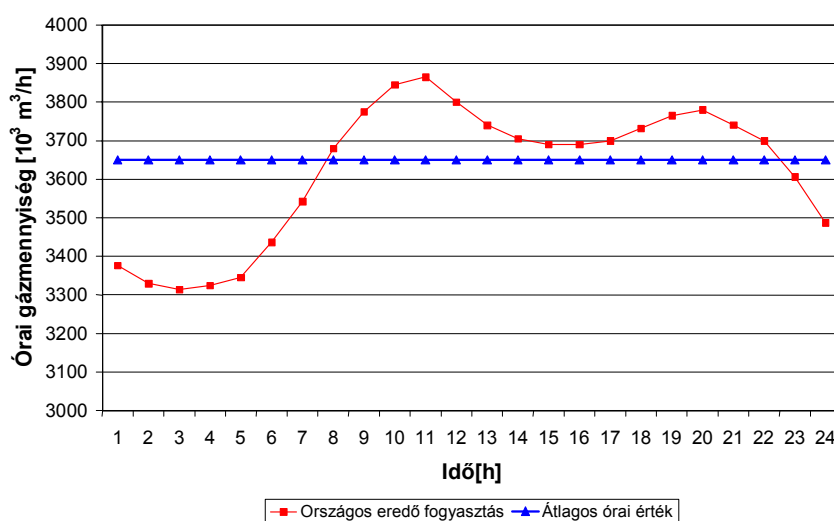
A magyar földgázrendszer kialakulásának kezdeti időszakában az erőművek, és egyes ipari nagyfogyasztók gyorsabban készültek fel a gázfogyasztásra, mint a lakossági és kommunális szektor, emiatt a földgázfogyasztásban a nagyfogyasztói jellegzetességek domináltak. Azonban az 1980-as éveket követően, amikor a „gázgazdálkodás” korszakában egyértelműen a területi gázszolgáltatók váltak a gázértékesítő legfontosabb vásárlóivá a földgázfelhasználás szerkezete

alapvetően megváltozott. A nagy ipari fogyasztók részesedése az országos földgázfelhasználásban folyamatosan csökkent, ugyanakkor nagymértékben megnövekedett a kommunális felhasználás. A gázszolgáltatók nagyszámú háztartási fogyasztó földgázellátását biztosították, amelyek elsősorban fűtési célra használták a földgázt. Az arányok eltolódása nagymértékű fogyasztásingadozást eredményezett. A hazai gázfogyasztás jellegzetessége a havi, a napi és a napon belüli „szezonális” azaz fogyasztás ingadozás. Ezek a jellegzetességek szükségessé tették a gázgazdálkodást és a föld alatti gáztárolást. A rendszeregyensúlyozás szempontjából a napon belüli fogyasztás ingadozásnak kiemelt jelentősége van.

A napon belüli fogyasztásingadozást elsősorban a fogyasztói szokások, a munkaidő és a pihenőidő változása határozza meg. A napon belüli gázfogyasztásnak a jelenlegi fogyasztói szerkezet mellett két fő jellemzője van: a reggeli és az esti csúcs. A téli időszakban a napi gázigények szoros összefüggésben vannak a napi középhőmérséklettel. A kiegyensúlyozott földgázellátás érdekében minden nap az időjárás előrejelzéséből kiindulva prognosztizálni kell a következő napra vonatkozó gázigényt. Az időjárás és a gázigény prognózisok bizonytalansága jelenti az alapvető nehézséget a rendszeregyensúlyozás és irányítás szempontjából.

Megvizsgáltam az elmúlt fűtési szezonban a napon belüli fogyasztásingadozás jellegét. Az elemzéshez 52 jellemző napon az országos eredő gázigény órási adatait választottam ki (2496 adat). A 2001. december 10. és 2002. február 1. közötti időszak órási fogyasztási adatait elemezve azt találtam, hogy az éjszakai alacsonyabb mértékű fogyasztás után minden nap következik egy reggeli csúcs, majd egy kora délutáni fogyasztáscsökkenés. Ezt követi az esti csúcs, és a fogyasztás ismételt visszaállása. A vizsgált időszak adatait elemezve összefoglalóan megállapítható, hogy a reggeli és az esti csúcspontok közötti fogyasztáscsökkenés mértéke jellemzően 3-5%-os. A mai fogyasztói szerkezet mellett a reggeli csúcs 7 órától kezdődik, a maximális értékét délelőtt 9-órakor éri el. Ezt követően folyamatosan csökken a fogyasztás, majd 14 óra körül éri el a minimumot. Az esti csúcs 18 órakor kezdődik és jellemzően 22 óráig tart. Ekkor nagymértékben csökken a lakossági fogyasztás. Ebben a napszakban az országos villamos energia igény is csökken, emiatt az erőművek fogyasztása is jelentősen visszaesik.

Összefoglalva megállapítható, hogy a téli fűtési időszakban a napon belüli fogyasztásingadozást egy „kétpupú” görbével lehet jellemezni, amely az T.2-1 ábrán látható. A görbe maximális pontjai délelőtt 10 és 11 óra, illetve este 19 és 20 óra között találhatók.



T.2-1 ábra Tipikus napi terhelési görbe

A rendszeregyensúlyozást végző szervezetnek a fenti fogyasztási csúcsok kielégítésére kell felkészítenie naponta a gázszállító rendszert.

3. tézis: Az előző évek prognosztizált és tényleges napi középhőmérsékleti adatokból meghatároztam az előrejelzési bizonytalansághoz tartozó gyakorisági görbét. Ennek segítségével rámutattam, hogy $\pm 2,5$ °C-os előrejelzési bizonytalansághoz 5 %-os gyakoriság tartozik. A vizsgált 151 napos téli időszakra vetítve az előző gyakoriságot azt kaptam, hogy tíz esetben várható $\pm 3,5$ °C-os, vagy annál nagyobb mértékű eltérés a napi középhőmérséklet előrejelzésében. A rendszerirányítás szempontjából ez azt jelenti, hogy 10 olyan nappal lehet számolni, amikor a napi középhőmérséklet előrejelzésének a bizonytalansága maximálisan $\pm 6 \dots 8 \cdot 10^6$ m³/d-os, azaz a napi gázigény 8-10 %-ának megfelelő nagyságú bizonytalanságot eredményez a tárgynapi felkészülésben. Ennek a bizonytalanságnak a kezeléséhez a rendszerirányítónak megfelelő eszközökkel kell rendelkeznie, azaz napi szinten az opciós források/fogyasztások mértékét ennek megfelelően kell meghatározni és rendelkezésre bocsátani.

A tézis kifejtése:

A magyar fogyasztói szerkezet sajátosságai miatt, az időjárásváltozás döntő mértékben befolyásolja a fogyasztást. Megállapítható, hogy a meteorológiai előrejelzések pontatlansága rendkívül komoly kockázatot jelent a fogyasztás-forrás egyensúlyozása szempontjából. Az Országos Meteorológiai Szolgálat (továbbiakban OMSZ) nem vállal felelősséget az általa elkészített prognózisokért, és ráadásul a gáziparon kívüli „szolgáltató”. Ugyanakkor a gázpiaci szereplők részére az OMSZ által adott hőmérséklet előrejelzés tekinthető szakmailag leginkább megalapozottnak.

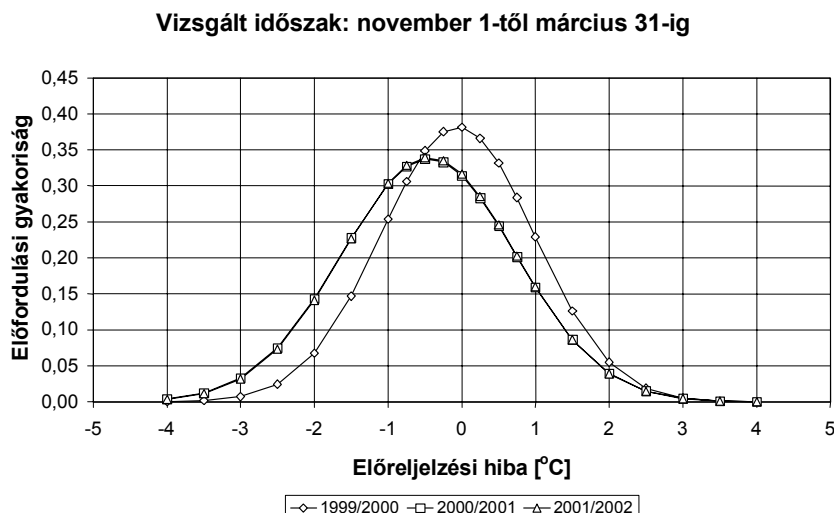
Megvizsgáltam az 1998-2002 fűtési szezonokra vonatkozó meteorológiai adatokat, összehasonlítva az OMSZ által adott napi középhőmérséklet előrejelzést a tényleges napi értékkel. Évenkénti bontásban meghatároztam, hogy milyen gyakran fordult elő különböző nagyságú eltérés a prognosztizált és a tényleges napi középhőmérséklet között. A feldolgozás eredménye látható a T.3-1 táblázatban.

Fűtési szezon	Eltérés mértéke ≥ 1 °C	Eltérés mértéke ≥ 2 °C	Eltérés mértéke ≥ 3 °C	Eltérés mértéke ≥ 4 °C	Megjegyzés
1998/1999	35 esetben	7 esetben	0 esetben	1 esetben	max. 4,14 °C
1999/2000	70 esetben	11 esetben	2 esetben	0 esetben	max. 3,14 °C
2000/2001	78 esetben	13 esetben	1 esetben	2 esetben	max. 4,32 °C
2001/2002	71 esetben	13 esetben	3 esetben	1 esetben	max. 4,32 °C

T.3-1 táblázat Különböző mértékű előrejelzési különbségek előfordulási gyakorisága

A táblázatban szereplő adatokat elemezve látható, hogy a rendszeregyensúlyozást végző szervezetnek jelentős kockázatot kell vállalnia, hogy a fogyasztásnak megfelelő nagyságú forrás a bizonytalanságok ellenére az ellátó rendszerbe betáplálásra kerüljön. A rendszerirányítónak minden nap reggel az időjárás előrejelzésre alapozva kell meghoznia a döntést, hogy milyen nagyságú forráskapacitások igénybevételét rendeli el. Az 1. Tézisben leírtak alapján azonban a források csak meghatározott módon, időben és mértékben mozgathatók, így napközben korrekcióra csak korlátozottan van lehetőség, így az időjárásjelentés bizonytalansága jelentős kockázatot visz a rendszeregyensúlyozás folyamatába.

Megvizsgáltam, hogy milyen az eloszlása a prognosztizált és a tényleges napi középhőmérsékletek különbségének.

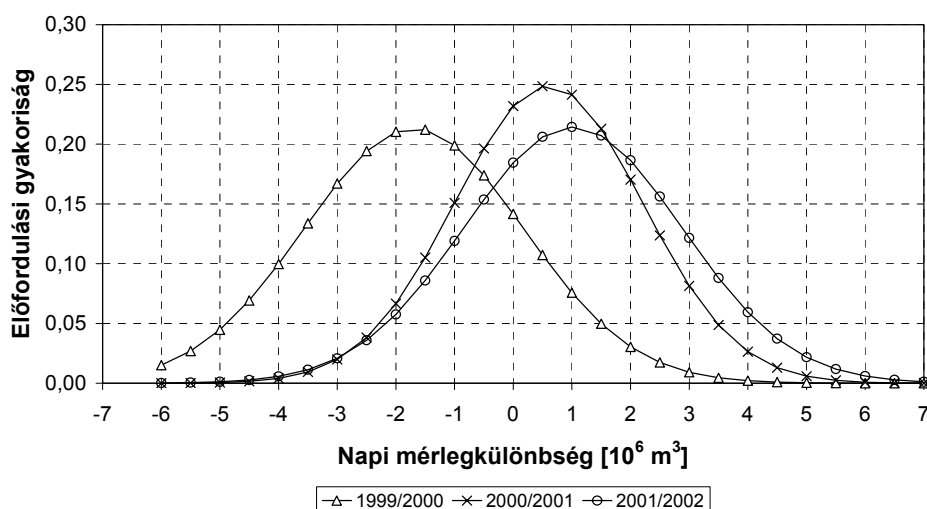


T.3-1 ábra A napi középhőmérséklet-prognózisok hibájának előfordulási gyakorisága

Három téli időszak november 1. és március 31. közötti előrejelzési eltéréseinek az előfordulási gyakorisága látható az T.3-1 ábrán. Az ábrán szembejövő, hogy az 1999/2000-es téli időszak görbéje eltér a másik két téli időszak görbéjétől. Mivel az utolsó két téli időszak görbéje igen jó egyezést mutat, valószínűsíthető, hogy az 1999/2000-es és a 2000/2001-es időszak között megváltozott az előrejelzés módszere. Az ábráról megállapítható, hogy az előrejelzés pozitív és negatív irányba egyaránt eltér a tényleges értéktől. A várható érték zérustól különböző nagysága véleményem szerint azzal magyarázható, hogy a vizsgált adatpontok nem képeznek statisztikailag megfelelő nagyságú halmazt. Az ábrából látható, hogy szélső esetben ± 4 °C-os eltérés is lehetséges a prognosztizált és a tényleges napi középhőmérséklet között. Leolvasható továbbá tetszőleges előrejelzési bizonytalansághoz tartozó előfordulási gyakoriság is. Példaként említhető, hogy $\pm 1,5$ °C-os előrejelzési bizonytalansághoz 15 %-os, $\pm 2,5$ °C-os előrejelzési bizonytalansághoz 5 %-os, és $\pm 3,5$ °C-os előrejelzési bizonytalansághoz 1 %-os gyakoriság tartozik. A vizsgált 151 napra vetítve az előző gyakoriságok azt jelentik, hogy két napon várható $\pm 3,5$ °C nagyságú eltérés a napi középhőmérséklet előrejelzésben. A napi középhőmérséklet előrejelzési bizonytalansága közvetlen hatással van a napi felkészülésre, mivel a napi gázfogyasztás hőmérsékletfüggési együtthatójának figyelembe vételével maximálisan $\pm 6 \dots 8 \cdot 10^6$ m³/d bizonytalanságot eredményez a tárgynapi felkészülésben. Ez a bizonytalanság már olyan mértékű, amelynek kezeléséhez a rendszerirányítónak megfelelő eszközökkel kell rendelkeznie. A napi nominálásban megadott opciós forrás/fogyasztások mértékét ezért ennek megfelelően kell meghatározni.

A gázszállító rendszer napi forrás-fogyasztás mérlegének napi különbségét a napi középhőmérséklet előrejelzés bizonytalansága mellett más tényezők is befolyásolják. A T.3-2 ábrán a napi forrás-fogyasztás mérleg különbségének előfordulási gyakorisága látható a legutóbbi három téli időszakban. Az ábrán megfigyelhető, hogy a görbék maximumpontja, azaz a mérlegkülönbség legvalószínűbb értéke pozitív, illetve negatív irányba eltér a zérus értéktől. A jelenség oka a rendelkezésre álló adatok statisztikai feldolgozásából nem állapítható meg. Az ábrából az azonban látható, hogy az egy napon belüli beavatkozások (forrásértékek változtatása, tüzelőanyag csere, megszakítható fogyasztás, korlátozás) hatását is tükröző napi fogyasztás-forrás mérlegkülönbségek minden téli időszakban $\pm 6 \dots 7 \cdot 10^6$ m³/d maximális értéket mutatnak. Az ábráról leolvasható bármely, tetszőleges nagyságú mérlegkülönbség előfordulási gyakorisága is. Ezek az értékek a rendszeregyensúly biztosításához szükséges eszközök és módszerek meghatározását alapozzák meg.

Vizsgált időszak: november 1-től március 31-ig

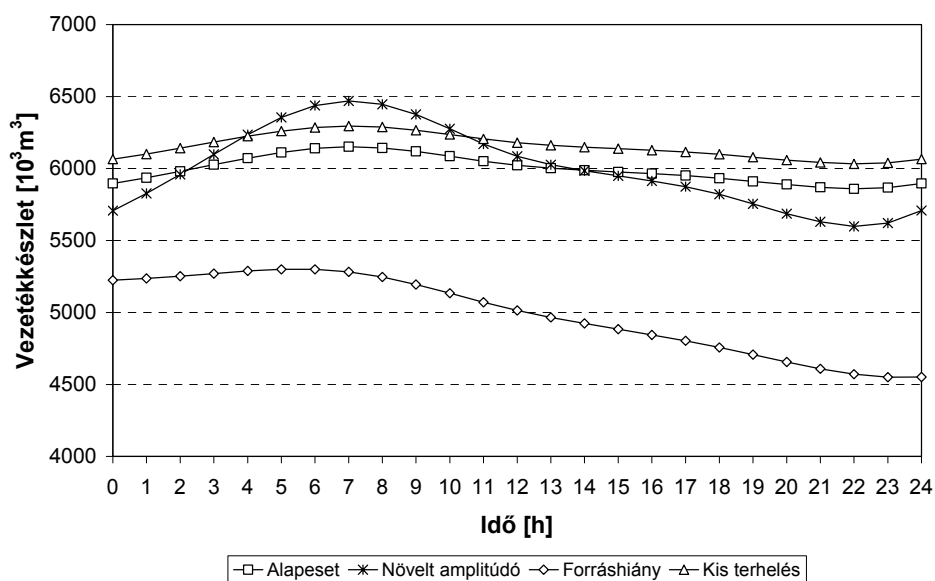


T.3-2 ábra A napi forrás-fogyasztás mérleg különbségének előfordulási gyakorisága

4. tézis: Hidraulikai vizsgálatok alapján rámutattam, hogy a rendszeregyensúlyozásnál a nominálási hiány sokkal súlyosabb következményekkel jár, mint az országos eredő fogyasztási görbe ± 10 %-os amplitúdójú ingadozása, tehát a nominálási szabályok között meg kell követelni azt, hogy a várható fogyasztásnak megfelelő mértékű forrás adjon meg a szállítató, azaz biztosítsa az ún. kereskedelmi egyensúlyt.

A tézis kifejtése:

Hidraulikai mintapéldák segítségével mutattam be azokat a hatásokat, amelyek egy napon belül alapvetően befolyásolják a rendszeregyensúlyozást. Az egyszerű mintapéldák jól szemléltették a rendszerben lejátszódó általános folyamatokat



T.4-1 ábra A vezetékkészlet változásának összehasonlítása a vizsgált esetekben

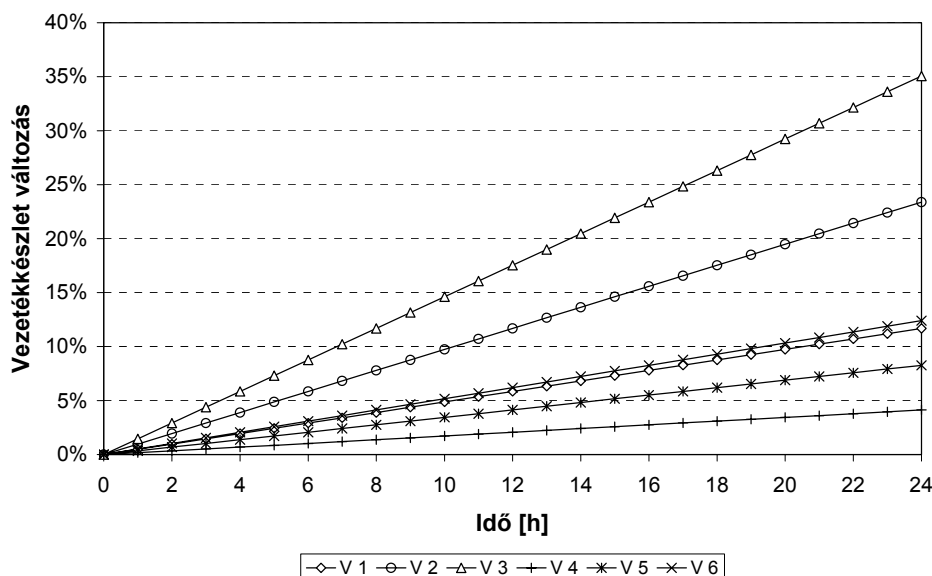
A T.4-1 ábra segítségével összehasonlíthatók az értekezésben vizsgált esetekben a rendszer egyik fontos indikátor értékének, a vezetékkészletnek az időbeni változása. Az ábra alapján egyértelműen megállapítható, hogy a nagyobb amplitúdójú fogyasztásingadozás, korrekt nominálás esetén, nem okoz olyan gondot, mint a téves nominálás miatt kialakuló forráshiányos hidraulikai helyzet. Már néhány százalékos nominálási hiány is jelentős mértékű nyomásváltozást eredményezhet. Megfigyelhető az a kedvezőtlen tendencia is, miszerint a nagyobb terhelésű alapesetben kisebb a vezetékkészlet abszolút nagysága, mint a 90 %-os terhelésű esetben.

A nominálási hiány hatását részletesebben is vizsgáltam céltávvezeték esetén. Feltételeztem, hogy a végponti elvétel az előzőek szerinti kezdő- és végponti nyomásokból meghatározott gázárammal egyenlő, és időben állandó. A nominálási hiány abból adódik, hogy a betáplálási ponton a fogyasztásnál rendre 2, 4 és 6 %-kal kisebb, állandó nagyságú betáplálást tételeztem fel. A hiányt a vezetékkészlet fedezte. A számítási eredmények a T.4-1 táblázatban láthatók.

Megnevezés	V1	V2	V3	V4	V5	V6
Névleges átmérő	600	600	600	600	600	600
Vezetékhossz, km	100	100	100	200	200	200
Belső csőtérfogat, m ³	27432	27432	27432	54865	54865	54865
Végponti elvétel, 10 ³ m ³ /h	370,2	370,2	370,2	261,8	261,8	261,8
Betáplálás, 10 ³ m ³ /h	362,8	355,4	348,0	256,6	251,3	246,1
Nominálási hiány	2%	4%	6%	2%	4%	6%
Vezetékkészlet kezdőértéke, 10 ³ m ³	1520	1520	1520	3040	3040	3040
Vezetékkészlet óránkénti csökkenése, 10 ³ m ³	7,4	14,8	22,2	5,2	10,5	15,7
Vezetékkészlet napi csökkenése, 10 ³ m ³	177,7	355,4	533,1	125,7	251,3	377,0
Vezetékkészlet napi csökkenése	11,7%	23,4%	35,1%	4,1%	8,3%	12,4%

T.4-1 táblázat A nominálási hiány hatása különböző feltételek esetén

A táblázatból látható, hogy 100 km-es vezetékhossz esetén nagyobb végponti elvétel, és kisebb vezetékkészlet adódott, mint 200 km-es vezetékhossz esetén. A V1 ... V3 változatokban a nagyobb végponti elvételből nagyobb órai és napi hiány adódott, amit egy kisebb vezetékkészlet egyenlített ki. Emiatt a vezetékkészlet napi csökkenése nagyon jelentős mértékű volt. A V4 ... V6 változatoknál az előzőeknél kisebb napi hiányt egy nagyobb vezetékkészlet egyenlített ki. Az eredményekből egyértelműen látható, hogy a nominálási hiánynak nagyon jelentős kihatása van a rendszeregyensúlyra.



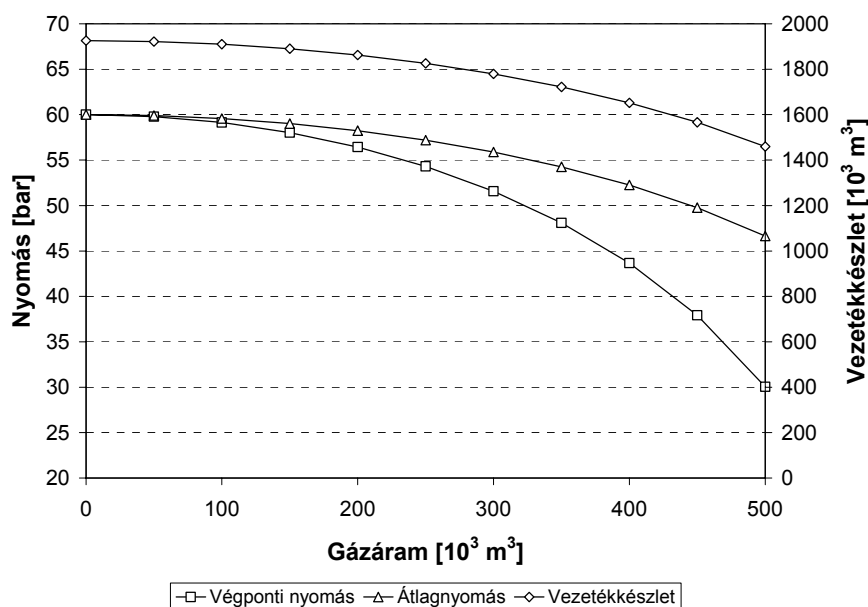
T.4-2 ábra A nominálási hiány hatása különböző feltételek esetén

A T4-2 ábra a T4-1 táblázatban szereplő változatok esetében szemlélteti a nominálási hiány hatására bekövetkező vezetékkészlet változást az idő függvényében. Az ábrából látható, hogy napi nominálás esetén sem szabad csak a vezetékkészlet spontán kiegyenlítő hatására hagyatkozni, mert a vezetékkészlet 10 %-nál nagyobb mértékű csökkenése rendszerirányítási vészhelyzetet eredményez. A rendszerirányítónak ilyen esetben a tárgynapon belül be kell avatkozni, és pótlólagos forrásokkal kell a rendszeregyensúlyt visszaállítani.

5. tézis: Rámutattam arra a hidraulikai törvényszerűségekre, miszerint a távvezetékek, illetve a gázszállító rendszer terhelésének a növekedése a vezetékkészlet abszolút nagyságának és mobilizálható részének a csökkenését eredményezi. Ez éppen a legnagyobb terhelésű napokon a rendszerirányító mozgásterének a beszűkülését eredményezi, amit az ellátásbiztonság érdekében más eszközökkel (többlet forrás, megszakítható fogyasztó, stb.) kompenzálni kell.

A tézis kifejtése:

A gyakorlati tapasztalatok azt mutatták, hogy a vezetékkészlet kiegyenlítő hatása rendszerszinten a legnagyobb terhelésű napokon, illetve lokálisan egy-egy szállítási útvonal erős leterheltsége esetén jelentősen csökken. A kérdés tisztázása érdekében hidraulikai mintapélda segítségével vizsgáltam a jelenség okát..

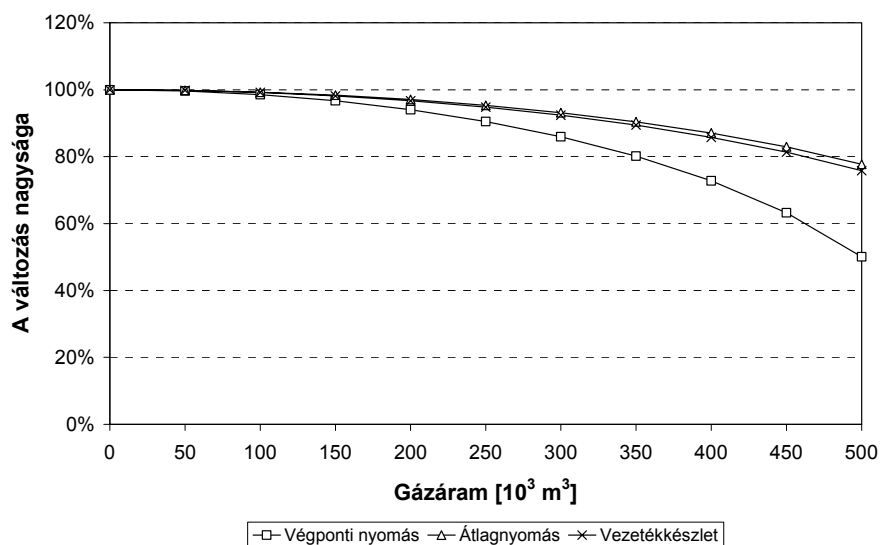


T.5-1 ábra A nyomás és a vezetékkészlet változása a terhelés függvényében

A vizsgálat eredménye a T.5-1 ábrán látható: minél nagyobb a gázáram, vagyis a távvezeték terhelése, annál nagyobb nyomásvesztés alakul ki. A növekvő nyomásvesztés csökkenő végponti nyomást, és csökkenő átlagnyomást eredményez. Az ismert hidraulikai törvényszerűség azt jelenti, hogy minél nagyobb a terhelés, annál kisebb a vezetékkészlet abszolút nagysága, és annál kisebb a vezetékkészlet mobilizálható része.

A T.5-2 ábra százalékosan is szemlélteti a T.5-1 ábrán bemutatott változásokat. Látható, hogy egy erősen terhelt távvezeték vezetékkészlete akár 20 %-kal is kisebb lehet, mint kis terhelés esetén. Ez azt jelenti, hogy éppen a legnagyobb terhelésű napokon a távvezetékben lévő vezetékkészlet abszolút nagysága, és mobilizálható része egyaránt kisebb, mint a kis terhelésű napokon. Az előzőek szerinti hidraulikai jelenség a rendszeregyensúlyozás szempontjából súlyos

következménnyel jár. A leghidegebb napokon, amikor fokozott mértékben kellene igénybe venni a vezetékkészletet kiegyenlítési célra, erre hidraulikai okok miatt nincs lehetőség. Ezeken a napokon más eszközökkel és eljárásokkal kell biztosítani a gázzállító rendszer forrás-fogyasztás mérlegkülönbségének a kiegyenlítését.



T.5-2 ábra A nyomás és a vezetékkészlet százalékos változása a terhelés függvényében

6. tétel: Hidraulikai mintapéldák segítségével bemutattam, és összehasonlítottam a szakirodalomban fellelhető szállítókapacitás meghatározási módszereket, és ennek alapján megállapítottam, hogy a szállítókapacitást a rendszeralkotó elemek technikai paraméterei önmagukban nem határozzák meg, számos további pillanatnyi feltétel figyelembe vétele szükséges, és nincs olyan általános érvényű szám, amellyel minden esetben jellemezni lehet a szállítókapacitást.

A tétel kifejtése:

A földgázpiac liberalizációs folyamatában egyre élesebben vetődnek fel a földgázzállító rendszer tényleges, illetve szabad kapacitásával kapcsolatos kérdések. A nyitott gázpiac működését szabályozó EU Földgáz Direktíva előírja, hogy az engedéllyel rendelkező földgázkereskedők az energiahordozó szállítása céljából – megfelelő tarifa ellenében - korlátozás nélkül igénybe vehetik a csővezetékes infrastruktúrát. Az Irányelv szerint a rendszer üzemeltetőjének – megkülönböztetés nélkül - biztosítani kell a szabad hozzáférést a csővezetékes rendszer szabad kapacitásához. Az egyszerű és világos jogi feladat végrehajtása során azonban nem várt nehézségekbe ütközik az, aki megpróbál módszert kidolgozni a kapacitás abszolút nagyságának, vagy a szabad (tartalék) kapacitás mértékének a meghatározására.

A szállítókapacitás meghatározására különböző hidraulikai mintapéldákat építettem fel. Megvizsgáltam céltávvezeték és az Európai Unió Gas Transmission Europe szervezete által ajánlott sugaras hálózat esetén a szállítókapacitás kérdését. A vizsgálatok során az alábbi megállapításokat tettem.

Egy csőtávvezeték rendszer szállítókapacitását az alábbi feltételek befolyásolják:

A/ Fix vagy lassan változó tényezők:

- Csőtávvezetékek hossza, átmérője,
- Kompresszorállomások beépített gépegységeinek teljesítménye,
- Betáplálások és elvételek helyének és nagyságának területi (földrajzi) megoszlása,

B/ Változó tényezők:

- A csőtávvezetékes szállítórendszer alkotóelemeinek kapcsolódása,
- A betáplálási pontoknak és a kompresszorállomások kimeneti pontjainak a nyomása,
- Az elvételi pontokban a terhelések nagysága, jellemző értéke,
- A betáplálási pontok terhelésének a nagysága.

Az értekezésemben bemutatott mintapéldákban megváltoztattam az elvételi pont helyét, az indítónyomást és a szállítási irányt. A vizsgált egyszerű hálózatokon már a felsorolt néhány tényező változása is elegendő volt ahhoz, hogy a kapacitás nagyságára vonatkozó kérdést ne tudjuk megválaszolni. A több száz betáplálási és elvételi ponttal rendelkező országos gáztávvezeték hálózat esetén további szabadságfokok miatt a szállítókapacitás nagyságára, vagy a szabad kapacitásra vonatkozó kérdés megválaszolása csak az összes létesítményre és az összes csomópontra vonatkozó aktuális feltételek megadásával egyidejűleg lehetséges. A rendszeren egyetlen paraméter megváltozása maga után vonja a szállítókapacitás lokális vagy teljes megváltozását, tehát nem szabad statikus számokkal jellemezni a rendszer tetszőleges két pontja között az elszállítható mennyiséget.

Az eredmények alapján megállapítottam, hogy egy gáztávvezeték rendszer szállítókapacitása egy adott üzemeltetési feltételrendszerhez, azaz egy szállítási feladat csomaghoz tartozik, és nem létezik olyan általános érvényű mutatószám, amely minden esetben megadja egy komplex gázszállító rendszer kapacitását.

7. tézis: A szállítókapacitás kereskedelmi értelmezése hidraulikai számításokkal nem kezelhető bizonytalanságot visz be a gázpiaci szereplők együttműködésébe.

A tézis kifejtése:

A 6. Tézisben tett megállapítások közös jellemzője volt, hogy a kapacitás értelmezését a létesítmény oldaláról, azaz technikai szempontból közelítette. Ettől alapvetően eltér a kereskedelmi értelmezés, amelynél nem a technikai, hanem a kereskedelmi feltételrendszer az elsődleges.

A kereskedelmi értelmezés abból indul ki, hogy a gázszállítási szerződésekben rögzített szállítási feladatok nem határozzák meg automatikusan a tényleges gázáramok nagyságát és az áramlási irányokat. Könnyen előfordulhat olyan eset, hogy X kereskedő A helyről B helyre akar szállítani meghatározott gázmennyiséget, ezzel egyidejűleg Y kereskedő B helyről A helyre történő szállításra szerződik. Ugyanazon a csőtávvezetéken nem lehet egyidejűleg egyik és a másik irányba is szállítani, a tényleges áramlás a két feladat eredője lesz. A gázkereskedőknek a szállítókapacitást is csak az eredő szállítási igény nagyságának megfelelően kell lekötni. Ilyen esetben azonban X és Y kereskedőknek meg kell állapodniuk egymással a „kereskedelmi lecserélés”-ben. Ebben a megállapodásban kell szabályozni azokat az eseteket, amikor X vagy Y kereskedő nem tudja betáplálni az igényeknek megfelelő mennyiséget, és a fogyasztók gázigénye nem, vagy csak részben elégíthető ki. Rögzíteni kell azt is, ki viseli az előző esetek megoldása során fellépő többletköltségeket is. A lecserélésnél követelmény, hogy minden betáplálási ponton azonos minőségű, szabványos gázt tápláljanak be, vagy pénzügyileg kompenzálják a betáplált, és a fogyasztó által vételezett földgáz minősége közötti különbséget. Amennyiben bármely kereskedő ragaszkodik ahhoz, hogy az általa ellátott fogyasztó minden esetben megkapja a szerződésben rögzített mennyiséget, akkor azzal egyenlő nagyságú szállítókapacitást kell lekötnie.

A kereskedelmi megközelítés azt jelenti, hogy a szállítási szerződésben foglaltakat nem formálisan, hanem lényegét tekintve teljesítik. Azonban a szállítókapacitás kereskedelmi értelmezése olyan bizonytalanságot visz a rendszerbe, amely hidraulikai számításokkal nem kezelhető.

Az eredmények hasznosítása

A többéves tudományos munka végén úgy érzem, hogy a hazai gázszállító rendszer napi irányítása során, illetve a piacnyitás előkészítésének a folyamatában felmerült kérdések egy részét sikerült szigorú tudományos módszerekkel elemezni, és a továbblépést megalapozó eredményeket elérni. Az értekezés témája komplex műszaki, jogi és gazdasági probléma. A földgáz liberalizációból adódó kihívásokra új, rendszerszemléletű válaszokat kell kialakítani, és gyakorlati kérdésekre elméleti alapokon nyugvó megoldásokat kell találni. Munkakörömből adódóan elsősorban a jelentős gyakorlati kihatású kérdésekre összpontosítottam figyelmemet.

Mindenekelőtt a napi nominálással kapcsolatos bizonytalanságok jelentik a legnagyobb problémát a rendszerirányító számára. A napi gázfogyasztás előrejelzés szoros kapcsolatban van a napi időjárási, elsősorban a középhőmérséklet előrejelzéssel. Nem várható el nagyobb pontosság a gázfogyasztás előrejelzéstől, mint a kiindulási adatként szolgáló napi középhőmérséklet pontossága. Tényadatokra épülő elemzéseimben meghatároztam a napi középhőmérséklet előrejelzés hibájának az eloszlását. Ez a napi munkában közvetlenül hasznosítható.

A hidraulikai törvényszerűségek a gázszállító rendszerben végbemenő fizikai folyamatok alapját jelentik. Tényleges napi fogyasztási típusgörbe segítségével vizsgáltam a vezetékkészlet kiegyenlítő hatását különböző amplitúdójú ingadozások, illetve egyensúlyi és nem-egyensúlyi nominálás esetén. A vizsgálatok elősegítették a hidraulikai folyamatok jobb megértését, és lehetővé tették közvetlenül hasznosítható, általános következtetések levonását.

A szállítókapaacitások kérdése alapvető fontosságú mind a jelenlegi helyzetben, mind pedig a jövőbeni, liberalizált gázpiacon. A szállítórendszer üzemeltetője, és a rendszerirányító csak akkor tudja eldönteni, hogy a szállítatók által megrendelt szállítási feladatok teljesíthetők-e, ha megbízható módszer áll rendelkezésére a szállítókapaacitások meghatározására. Munkám során ebben a kérdésben azzal az illúzióval kellett leszámolni, hogy egyetlen számmal lehet jellemezni a szállítókapaacitást. Úgy érzem, eredményeim fontos lépést jelentenek a cél felé, de nem biztos, hogy sikerült a végső szót kimondani.

Értekezésemben igyekeztem közérthetően fogalmazni, és egyszerű mintapéldákkal alátámasztani gondolatmenetemet. Céлом volt az is, hogy a gázpiaci résztvevők, a leendő gázkereskedők, és minden érdeklődő számára összefoglaljam a témakört, és természetesen saját nézőpontomon keresztül láttassam az érdekes, és nemzetgazdasági szempontból is fontos kérdéseket. Bízom benne, hogy a közvetlen eredmények mellett sikerült az érdeklődést is felkelteni szakmám izgalmas kérdései iránt.

IV.**A kutatás témakörében készült publikációk és előadások jegyzéke****Publikációk:**

- [1] Tihanyi L.-Zsuga J. (2002): A gázszállító rendszer kapacitása a gázpiac alapkérdése
Magyar Energetika, 2, 20-24

Előadások:

- [E1] Zsuga J. (2002): A rendszerirányító helye a liberalizált piacon.
2002.08.29. Budapest, Rendszerirányítói engedélyes team ülés
- [E2] Zsuga J. (2002): A rendszerirányítás nominálási kérdései
2002.09.05, Budapest, Rendszerirányítói engedélyes team ülés
- [E3] Zsuga J. (2002): A rendszerirányító engedélyes szerepe
2002, Győr, ETE konferencia
- [E4] Zsuga J. (2002): A rendszerirányítás módszertana gáznapon belül
2002.09.19, Budapest Rendszerirányítói engedélyes team ülés
- [E5] Zsuga J. (2002): A rendszerirányítás- kapacitás meghatározás és lekötés kérdései
2002.09.26, Budapest Rendszerirányítói engedélyes team ülés
- [E6] Zsuga J. (2002): A rendszerirányító engedélyes adatszolgáltatási feladatai
2002.09.10, Budapest Rendszerirányítói engedélyes team ülés
- [E7] Zsuga J.-Leskó P. (2002): A rendszeregyensúlyozás módszertana jelenleg és a liberalizált piacon
XXV. Nemzetközi Olajipari Konferencia, V22, Balatonfüred, Október 10-12.
- [E8] Zsuga J. (2002): A rendszerirányítói engedélyes kapcsolat tartásának rendje
2002.09.17, Budapest Rendszerirányítói engedélyes team ülés