

Zavarkó Máté

Energetikai diszruptív technológiafejlesztés által indukált
változásvezetési modellek

Vezetéstudományi Intézet
Vezetés és Szervezés Tanszék

Témavezető: Dr. habil. Csedő Zoltán, PhD

© Zavarkó Máté

BUDAPESTI CORVINUS EGYETEM
GAZDÁLKODÁSTANI DOKTORI ISKOLA

**Energetikai diszruptív technológiafejlesztés által indukált
változásvezetési modellek**

Doktori értekezés

Zavarkó Máté

Budapest, 2021

TARTALOMJEGYZÉK

1	BEVEZETÉS	11
2	ELMÉLETI KERETRENDSZER	18
2.1	Elméleti fókusz.....	18
2.2	Szervezetelméleti alapvetések.....	19
2.2.1	<i>Előfeltevések a társadalomtudományról és a társadalom természetéről</i>	20
2.2.2	<i>Pozitivist tudomány és funkcionalista szervezetelmélet</i>	22
2.2.3	<i>Interpretatív tudomány és szervezetelmélet</i>	23
2.2.4	<i>A szervezetelméleti alapvetések hatása a kutatómódszertanra</i>	24
2.2.5	<i>A szervezetelméleti alapvetések hatása a változásvezetés kutatására</i>	24
2.3	A változás és az innováció kapcsolatának stratégiai háttere.....	30
2.3.1	<i>Erőforrásalapú elméletek, mint a vizsgálódás alapjai</i>	30
2.3.2	<i>Változás és tudásmenedzsment a stratégiai kettős képesség szemüvegén keresztül</i>	35
2.3.3	<i>Innováció és innovációmenedzsment</i>	41
2.3.4	<i>Technológiafejlesztés, innováció, diszrupció</i>	46
2.3.5	<i>Stratégiai együttműködések</i>	50
2.4	Változásvezetés.....	52
2.4.1	<i>A szervezeti változás jelensége</i>	52
2.4.2	<i>A szervezeti változás kontextusa – megújulási dilemmák</i>	56
2.4.3	<i>A szervezeti változás átfogó folyamatmodellje – a megújulási dilemmák tükrében</i>	58
2.4.4	<i>A változásvezetési folyamat lépései</i>	59
2.4.5	<i>Az egyedi változásvezetés és a folyamatos szervezeti tanulás integrálása</i>	63
2.5	Az elméleti keretrendszer összefoglalása.....	65
3	A KUTATÁS IPARÁGI KÖRNYEZETÉNEK BEMUTATÁSA A SZAKIRODALOM ALAPJÁN	67
3.1	Energiaszektor.....	68
3.1.1	<i>Globális átalakulás</i>	68
3.1.2	<i>A power-to-gas technológia bemutatása</i>	70
3.1.3	<i>A power-to-gas iparág bemutatása</i>	72
3.1.4	<i>A kutatás fókuszában lévő technológia jellemzői</i>	81
3.2	Az empirikus kutatás fókuszpontjainak meghatározása a P2G-hez kapcsolódó szakirodalomban azonosítható kutatási részek alapján.....	82
3.2.1	<i>Az innovációmenedzsment és a hálózati aspektusok kutatásának jelentősége a P2G technológiafejlesztéssel kapcsolatban</i>	82
3.2.2	<i>A műszaki-gazdasági elemzések kiegészítése stratégiai szempontokkal</i>	84

4	KUTATÁSI KERETRENDSZER.....	89
4.1	Kutatási stratégia.....	89
4.1.1	<i>A kutatási stratégia megalkotását befolyásoló tényezők.....</i>	<i>89</i>
4.1.2	<i>Módszertani választások és indoklásuk.....</i>	<i>90</i>
4.2	Kutatási modell.....	94
4.2.1	<i>Akciókutatás.....</i>	<i>94</i>
4.2.2	<i>Esettanulmányok.....</i>	<i>96</i>
4.2.3	<i>A kutatási alkérdések felmerülése az adatgyűjtés és az elmélet iterációja alapján.....</i>	<i>101</i>
4.2.4	<i>A kutatási kérdésekhez tartozó előfeltevések.....</i>	<i>103</i>
4.3	Az esettanulmányokat megelőző empirikus kutatások módszertana.....	106
4.3.1	<i>Előzetes dokumentumelemzés.....</i>	<i>106</i>
4.3.2	<i>Dokumentumok kvalitatív tartalomelemzése.....</i>	<i>107</i>
4.4	A kiterjesztett esettanulmány készítése a technológiafejlesztő vállalatnál és ennek módszertana.....	109
4.4.1	<i>A vállalat bemutatása.....</i>	<i>109</i>
4.4.2	<i>A technológia bemutatása.....</i>	<i>110</i>
4.4.3	<i>Adatgyűjtés és adatelemzés.....</i>	<i>111</i>
4.5	A periférikus esettanulmányok készítése a potenciális telephelyeknél és ezek módszertana.....	114
4.5.1	<i>Adatgyűjtés.....</i>	<i>114</i>
4.5.2	<i>Az adatbekérők és az interjúk tartalma.....</i>	<i>116</i>
4.5.3	<i>Adatelemzés.....</i>	<i>117</i>
4.6	Elméletépítés a grounded theory kódolási technikájával.....	117
4.7	Összegzés.....	121
4.7.1	<i>Módszertani keretrendszer.....</i>	<i>121</i>
4.7.2	<i>Interjúk, specifikus adatok, empirikus és más modellek tanulmányozása a modellalkotáshoz.....</i>	<i>122</i>
4.7.3	<i>Érvényesség, megbízhatóság és általánosíthatóság.....</i>	<i>123</i>
5	EREDMÉNYEK.....	125
5.1	Stratégiai és innovációs lehetőségek vizsgálata a külső környezet alapján.....	125
5.1.1	<i>Az innovációs potenciál és stratégiai illeszkedés vizsgálata.....</i>	<i>125</i>
5.1.2	<i>Az iparág vállalatainak erőforrás-alapú vizsgálata.....</i>	<i>126</i>
5.2	Periférikus esettanulmányok: A technológiai innováció széles körű, kereskedelmi szintű elterjedéséhez és diszruptivitásához szükséges változások vizsgálata.....	130
5.2.1	<i>A technológiai innováció standardizációs lehetőségeinek vizsgálata.....</i>	<i>130</i>
5.2.2	<i>A technológiai innováció diszruptivitásának vizsgálata.....</i>	<i>134</i>
5.3	Kiterjesztett esettanulmány: Változások a szervezeten belül és a szervezetközi hálózatban.....	148
5.3.1	<i>A technológiafejlesztésben rejlő innovációs lehetőségek és kihívások.....</i>	<i>148</i>
5.3.2	<i>Innovációmenedzsment a lehetőségek megragadása és a kihívások leküzdése érdekében.....</i>	<i>153</i>
5.3.3	<i>Szervezeti változások a diszruptív technológiafejlesztésben érintett szervezetekben.....</i>	<i>165</i>

5.4	A diszruptív technológiafejlesztés által indukált változásvezetési modellek	171
5.4.1	<i>Egydimenziós és többdimenziós változásvezetési modell, zárt és nyitott szervezeti változás</i> <i>171</i>	
5.4.2	<i>Elméleti proposíciók a többdimenziós változásvezetés modelljeire</i>	<i>175</i>
5.4.3	<i>A többdimenziós változásvezetés és a nyitott szervezeti változás szervezetelméleti vizsgálata</i>	<i>179</i>
6	KONKLÚZIÓ.....	182
6.1	Tézisek bemutatása és az újdonságtartalom vizsgálata	182
6.1.1	<i>1. kutatási alkérdés, előfeltevés és tézis.....</i>	<i>183</i>
6.1.2	<i>2. kutatási alkérdés, előfeltevés és tézis.....</i>	<i>185</i>
6.1.3	<i>3. kutatási alkérdés, előfeltevés és tézis.....</i>	<i>188</i>
6.1.4	<i>Fő kutatási kérdés, előfeltevés és tézis</i>	<i>190</i>
6.2	A fő következtetések újdonságának és újszerűségének bemutatása.....	192
6.2.1	<i>A szervezeti változások és a változásvezetés területe</i>	<i>192</i>
6.2.2	<i>Az energetikai innovációmenedzsment területe</i>	<i>196</i>
6.3	Korlátok és további kutatási irányok.....	197
6.3.1	<i>A változásvezetési modellek további vizsgálata.....</i>	<i>197</i>
6.3.2	<i>P2G-specifikus kutatási területek</i>	<i>197</i>
7	FÜGGELÉK.....	199
1.	Rövidítések jegyzéke	199
2.	Tudás- és innovációmenedzsment elméleti modellek szervezetelméleti elemzése	199
3.	Telephely-specifikus kérdések.....	202
4.	Energiatárolási potenciál egy átlagos szennyvíztisztító üzem esetében	202
5.	Egy 1 MW _{el} P2M üzem beruházási költsége	204
6.	Kereskedelmi méretű P2M egységek teljesítménypotenciálja különböző telephelyeken	206
7.	Szenáriók a Carbon Capture költségcsökkenésére (2025 és 2030).....	210
8	HIVATKOZÁSOK JEGYZÉKE.....	214
9	SAJÁT PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE	237

TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. táblázat: Az előfeltevések legfőbb elemei.....	21
2. táblázat: Elméleti modellek értelmezése funkcionalista és interpretatív nézőpontból.....	29
3. táblázat: A dinamikus képességek stratégiai, innovációs és változásvezetési vetületei.....	32
4. táblázat: A kettős képesség tudásmenedzsment aspektusai	41
5. táblázat: A digitális tudásmenedzsment megoldások funkciói.....	46
6. táblázat: Az adaptáció típusai.....	52
7. táblázat: Inkrementális és radikális változás	55
8. táblázat: Top-down és bottom-up elemek integrálása a változásvezetési stratégiákba.....	63
9. táblázat: Kiemelkedő nemzetközi power-to-gas projektek	75
10. táblázat: Figyelemre méltó power-to-gas projektek szereplői és a szükséges kompetenciák.....	80
11. táblázat: Propozíció a power-to-gas diszruptivitására az elmélet és gyakorlati párhuzam alapján.....	88
12. táblázat: A módszertani választásokat alátámasztó néhány korábbi kutatás, hasonló témában.....	93
13. táblázat: A kutatási alkérdések felmerülése a kutatás során.....	102
14. táblázat: Az adatgyűjtés struktúrája a periférikus esettanulmányok esetében.....	116
15. táblázat: Módszertani keretrendszer	121
16. táblázat: Kiegészítő képességek és tevékenységek energetikai nagyvállalatok és P2G technológiafejlesztő startupok közt (relatív állítások).....	128
17. táblázat: Különbségek az energetikai nagyvállalatok és a P2G technológiafejlesztő startupok szervezeti jellemzői között (relatív állítások).....	129
18. táblázat: A P2M attribútumcsomagja és alternatív technológiák a potenciális üzemeltetők értékelése és korábbi tanulmányok alapján	139
19. táblázat: A legnagyobb P2M üzemméretek telephelytípusokként, az empirikus adatgyűjtés alapján	141
20. táblázat: Egy 1 MW _e P2G egység teljesítménymutatói	149
21. táblázat: Elektrolízis technológiák és az alkalmazott technológia (PEMEL)	149
22. táblázat: Metanizációs technológiák és az alkalmazott technológia (biológiai metanizáció).....	150
23. táblázat: A P2G technológia-specifikus kihívásai és az ezek kezeléséhez szükséges akciók.....	153
24. táblázat: A diád-szintű nyitott innováció és a szervezetközi innovációs hálózat a P2G technológiafejlesztés esetében, az empirikus adatok alapján.....	159
25. táblázat: A digitális platform modulkapcsolatai a technológiai know-how fejlesztés és hasznosítás érdekében.....	162
26. táblázat: Felfedező és kiaknázó tanulás a P2G szervezetközi innovációs hálózatban	163
27. táblázat: Eddig megfigyelt és további szükséges szervezeti változások	168
28. táblázat: Egydimenziós és többdimenziós változásvezetés	173
29. táblázat: Innovációmenedzsment modellek értelmezése funkcionalista és interpretatív nézőpontból	200
30. táblázat: Tudásmenedzsment modellek értelmezése funkcionalista és interpretatív nézőpontból.....	201
31. táblázat: A beruházási költségek kiszámításának az alapesete.....	205
32. táblázat: Beruházási költségek becslése egy biológiai metanizációs P2G üzem számára	208
33. táblázat: Kereskedelmi méretű P2M üzemek adatai, évi 8.000 h működés esetén	209
34. táblázat: Szenáriók a különböző Carbon Capture költségszintek szerint, 2025-re és 2030-ra.....	211

ÁBRÁK JEGYZÉKE

1. ábra: PhD kutatásom elméleti, gyakorlati és módszertani pillérei	14
2. ábra: A stratégia, a tudás, az innováció és a változás összefüggései	35
3. ábra: A diszruptív technológia azonosítása	48
4. ábra: Innováció és változás a szervezeten belül és kívül	51
5. ábra: A szervezeti változás sebessége és tárgya	55
6. ábra: A szervezeti változás kontextusa	57
7. ábra: A szervezeti változás átfogó folyamatmodellje	59
8. ábra: Schlesinger (1992), Kotter (1995) és Lewin (1947) folyamatmodelljei.....	60
9. ábra: Integrált változásvezetési modell.....	61
10. ábra: A folyamatos szervezeti tanulás párhuzamos eseti változásvezetés	64
11. ábra: PhD kutatásom elméleti keretrendszere.....	65
12. ábra: Kutatásom környezete és fókusza.....	67
13. ábra: A power-to-gas folyamat koncepciója.....	71
14. ábra: A power-to-gas technológia hozzáadott értéke és felhasználása	73
15. ábra: A power-to-methane szegmens helye az iparági életgömbben	79
16. ábra: Kutatási stratégia	91
17. ábra: A P2M folyamat megvalósulása különböző telephelyeken	99
18. ábra: Az esettanulmányok készítésének logikája	100
19. ábra: Adatelemzés az esettanulmány-készítés során	113
20. ábra: Az elkészült interjúk és egyéb adatforrások összefoglalása	122
21. ábra: A diszruptivitás vizsgálatának kutatási modellje.....	135
22. ábra: P2M attribútumcsomag mint egy új értékgörbe (relatív értékek).....	145
23. ábra: Lehetséges szinergiák az oxyfuel Carbon Capture és a P2M rendszer között.....	146
24. ábra: A P2M technológia általi lehetséges diszrupció	147
25. ábra: Innováció és változás a szervezeten belül és kívül a P2G technológiafejlesztés során.....	166
26. ábra: Többdimenziós változásvezetéssel és nyitott változással generált diszruptív innováció szervezeten belüli innovációs hálózatban.....	175
27. ábra: A többdimenziós változásvezetés átfogó folyamatmodelljének koncepciója, dinamikus (együttműködési) képességeket azonosítva	177
28. ábra: Integrált változásvezetési modell a többdimenziós változásvezetés tevékenységcsoportjaival	178
29. ábra: A (szervezeten belüli innovációs hálózatban történő) folyamatos szervezeti tanulás párhuzamos (többdimenziós) változásvezetés jelentősége	179
30. ábra: A dekarbonizáció és a megújuló gáztermelés (mint a szezonális energiatárolás előfeltételének) egységköltsége kereskedelmi méretű P2M üzemeknél különböző telephelyeken	207
31. ábra: A Carbon Capture költségcsökkenés szerepe bizonyos telephelyek és üzemméretek preferálásában, dekarbonizációs és megújuló gáztermelési célokat szem előtt tartva	212

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Mindenekelőtt szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, Dr. habil. Csedő Zoltán tanszékvezető egyetemi docensnek kivételes szakmai támogatásáért és útmutatásáért PhD tanulmányaim és kutatásaim során. Témavezetőmmel számos közös kutatásban és publikáció készítésében vehettem részt, melyek számomra a tudományos előrehaladásom egy-egy mérföldkövét jelentették. Azonban ezek a publikációk nemcsak mérföldkövek, hanem doktori értekezésem alappilléreit is jelentik: a változásvezetés, mint központi terület stratégiával, innovációval, tudással, technológiával való összefüggései és az energetikai technológiafejlesztéshez kötődő gyakorlati tapasztalataim vezettek el a véleményem szerint elméleti és gyakorlati szempontból is fontos kutatási kérdés vizsgálatához.

Köszönöm a Vezetéstudományi Intézet és a Vezetés és Szervezés Tanszék támogató szakmai és szellemi környezetét, amely nemcsak inspirációt, de biztos alapot nyújtott kutatási témám, a változásvezetés és az innováció legújabb vetületeinek kutatására. Az Intézet és a Tanszék számos kiemelkedő tudományos munkája közül e biztos alapot tekintve két korábbi disszertációt szeretnék kiemelni. Dr. habil. Csedő Zoltán tanszékvezető egyetemi docens *a szervezeti változás és változásvezetés* témájában írt értekezése, és Dr. Dobák Miklós professzor emeritus *az innováció és a nagyvállalati szervezet* témájában írt értekezése nagyon inspiráló volt számomra. Mindkettőjük személyes támogatását is még egyszer köszönöm.

Szeretnék továbbá köszönetet mondani PhD-s évfolyamtársaimnak, a power-to-gas technológiafejlesztésben érintett szakértőknek, kollégáknak, kutatótársaimnak és az interjúalanyoknak szakmai segítségükért; illetve családomnak a biztatásért és az érzelmi támogatásért.

PhD kutatásomat támogatta továbbá *a Kooperatív Doktori Program Doktori Hallgatói Ösztöndíj**, továbbá *az MNB Kutatási Kiválósági Díj (Magyar Nemzeti Bank; Budapesti Corvinus Egyetem)*, melyekért szintén köszönetet mondok.

**A KUTATÁS AZ INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI MINISZTERIUM KOOPERATÍV DOKTORI PROGRAM DOKTORI HALLGATÓI ÖSZTÖNDÍJ PROGRAMJÁNAK A NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI ÉS INNOVÁCIÓS ALAPBÓL FINANSZÍROZOTT SZAKMAI TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT.*

1 BEVEZETÉS

Az energiaszektor globális átalakuláson megy keresztül. Az átalakulás főbb trendjei közé tartozik például a fenntarthatóságra való törekvés (Ergüden & Çatlioglu, 2016), a megújuló technológiák térnyerése (Bollino & Madlener, 2016), a decentralizált megoldások terjedése (Adil & Ko, 2016), a digitális eszközök egyre szélesebb körben való használata (Alagoz & Kaygusuz, 2016) és az energiahatékonyságra és -biztonságra való fókuszálás (Costa-Campi, et al., 2014). Ez a változó környezet – a kontingenciaelmélet alapjaihoz illeszkedve (Burns & Stalker, 1961) – a szektor vállalatait adaptációs, megújulási nyomás alá helyezi. A megújuláshoz innovációra van szükség, azonban az innovációval összefüggő szervezeti változások vezetését stratégiai (March, 1991; Duncan, 1976; Burgelman, 1991), strukturális (Dobák, 2002; Bartlett & Ghosal, 2002; Csedő, 2006), képesség-alapú (Grant, 1996; Teece, et al., 1997) és vezetői (Beer & Nohria, 2000; Dobák, 2002) dilemmák is nehezíthetik (Csedő & Zavarkó, 2019b). Mindezekon túl e komplexitást két tényező még tovább növeli. Egyrészt, bár a diszruptív technológiák újszerű értékteremtésükkel képesek megváltoztatni egy-egy iparág dinamikáit, mégis, az ismert technológiákhoz mért kezdeti teljesítményelmaradás miatt a technológiába való befektetés kevésbé tűnik vonzónak a (nagy)vállalatok számára (Christensen, et al., 2015). Másrészt, a megújulást az energiaszektorban számos további külső és belső tényező korlátozza:

- a) szigorú külső szabályozás, mely főként a (korábban) nemzetállami szinten kritikus energiaellátási tevékenységből, illetve esetenként az állami tulajdonlásból fakad (Nisar, et al., 2016; Cullmann, et al., 2016);
- b) nagy szervezeti méret és bürokrácia, mely az innovációhoz kapcsolódó döntések meghozatalát nehezíti (Costa-Campi, et al., 2014),
- c) a jelenlegi technológia és erőforrások dominanciája, melyek nehezítik az új technológiákra való fókuszálást (OECD, 2011; Markard & Truffer, 2006; Salies, 2010).

Mivel külső és belső tényezők egyaránt akadályozzák az innovációval és technológiafejléssel összefüggő célok elérését, ezáltal veszélyeztetik a hosszú távú

eredményességet, képességfejlesztésre, illetve szervezeti változásokra és változásvezetésre van szükség (Csedő, et al., 2018). Másképp fogalmazva: egy diszruptív technológiafejlesztés komoly akadályokba ütközhet még annak ellenére is, hogy az egyértelműen szükséges lenne a környezeti adaptációhoz. Következésképp fontos olyan új vagy kiegészített szervezeti és vezetési modelleket alkotni az energiaszektor vállalatainak felsővezetői számára, amelyek képesek a változásvezetést támogatni a diszruptív technológiafejlesztések érdekében.

PhD tanulmányaim megkezdése előtt tanácsadóként testközelből láthattam egy-egy energetikai nagyvállalat megújulási kihívásait: azokat a szervezeti akadályokat, melyek az új vállalati és innovációs stratégia megvalósításának útjába álltak. A szakirodalom áttekintése és témavezetőmmel történt beszélgetéseim alapján született meg végül a szervezeti változásra és változásvezetésre fókuszáló, de azt az innovációmenedzsmet és a tudásmenedzsmet szempontjából vizsgáló elméleti keretrendszer, melyek a megújulás tudományos kutatását számomra megalapozzák. E sarokpontok egymáshoz való kapcsolódása a szakirodalomban mára már széles körű megegyezés tárgya (például az innováció egyik inputtényezője a tudás), személyes meggyőződésem ugyanakkor, hogy a változó környezetből nemcsak új vállalati magatartásminták kell hogy következzenek, hanem ezeket tanulmányozó és ezekre építő új vagy kiegészített elméleti modellek is.

Ha a változásokat az energiaszektorban a konkrét lehetőségekhez és kihívásokhoz néhány lépéssel közelebről vizsgáljuk, több olyan új technológiával találkozhatunk, amelyek a gyakorlati szakemberek szerint és a szakirodalom alapján is a jövő energiaszektorának meghatározó megoldásai lehetnek. Egyik ilyen a „power-to-gas” (P2G) technológia, melynek lényege, hogy a (csúcsidőszakban, megújulók által termelt) többlet villamos energia olyan gáztermékké alakítható, mely a földgázrendszerben hatékonyan szállítható vagy akár tárolható későbbi felhasználásra (Götz, et al., 2016; Csedő, 2019). A P2G technológia ezáltal megoldást jelent az energiaszektor egyik nagy kihívására, a csúcsidőszakban termelt megújuló villamosenergia eltárolására. A túltermelés energiatárolás nélkül egyrészt piaci probléma a megújulók nagyobb volumenű integrálásában, mivel lenyomja a villamos energia árakat; másrészt műszaki probléma is, mivel a hálózatüzemeltetők számára az üzemeltetési-karbantartási feladatok megnövekedéséhez vezet a hálózat túlterheltsége és a kiegyensúlyozás szükségessége (Csedő, 2019; Schiebahn, et al., 2015). PhD kutatásom során, akciókutatás keretében

magam is részt vettem a magyarországi power-to-gas technológiafejlesztés K+F+I tevékenységeiben, és erre épül doktori értekezésem is.

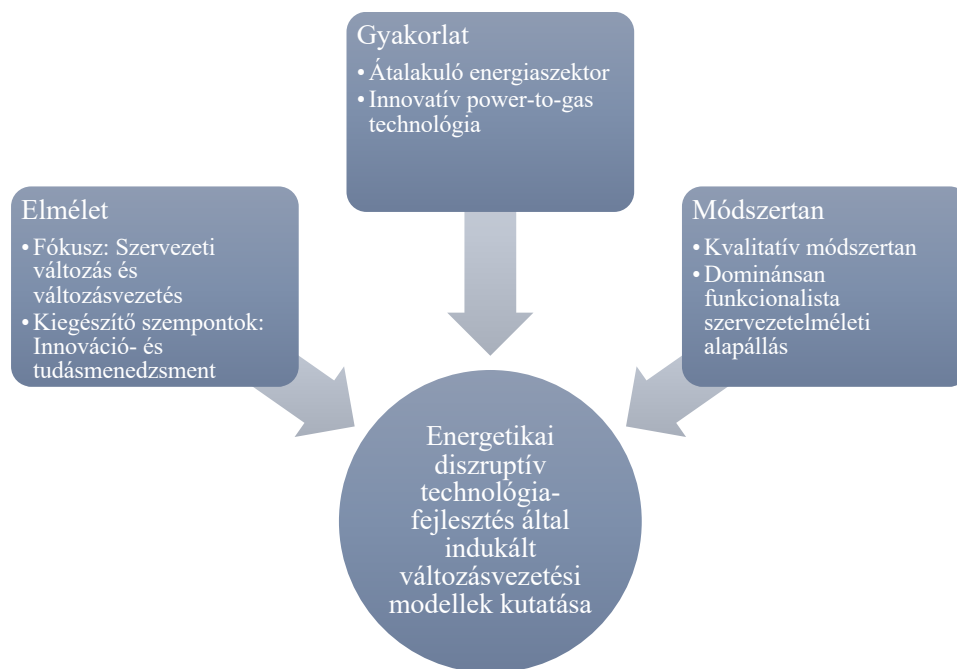
Személyes érdeklődésem, motivációim, illetve a téma környezeti, társadalmi, gazdasági kontextusa alapján a következő kutatási kérdést fogalmaztam meg:

Milyen szervezeti változásokat indukál egy diszruptív energetikai technológiafejlesztés (a power-to-gas technológiafejlesztés), és milyen modellek szerint lehet ezeket a változásokat vezetni a technológia széles körű, kereskedelmi szintű alkalmazása érdekében?

A kérdés implicit tartalmaz némi „megértés”-re való törekvést, mely előrevetíti PhD kutatásom kvalitatív módszertanát. Ugyanakkor, a kutatási kérdés dominánsan gyakorlati, funkcionalista alapállású, mivel a meglévő „rendszer” javítását célozza. A kutatási kérdés szerkezete is tudatos alakítás eredménye, mivel részben interpretatív megközelítéssel szerettem volna támogatni a funkcionalista célok elérését (erről később részletesebben írok). Fontos kiemelnem azt is, hogy kvalitatív módszertant követő PhD kutatásommal a meglévő elméletek bővítését céloztam a szervezeti változás és változásvezetés témakörében, az energetikai környezetben szerzett új empirikus kutatási eredményeim és a korábbi szakirodalmi megállapítások szintetizálásával.

Újjonnan megalkotott és átdolgozott modelljeim nagy mintán nem kerültek tesztelésre, így pozitivisták értelemben következtetésem nem általános érvényűek. Módszertani választásaimmal (grounded theory adatelemzési technika alkalmazása, kiterjesztett esettanulmány készítése) azonban korlátozott társadalmi környezetben érvényes, szubsztantív elmélet (Glaser & Strauss, 1967) létrehozására törekedtem.

Kutatásom elméleti, gyakorlati és módszertani fő pilléreit az 1. sz. ábra mutatja.



1. ábra: PhD kutatásom elméleti, gyakorlati és módszertani pillérei

Forrás: saját szerkesztés

Az akciókutatásból következően PhD kutatásom elméleti és gyakorlati jellegű célokat is szolgált, mivel motivációm hozzájárulni a power-to-gas technológiában rejlő potenciál kiaknázásához és így a nemzeti és regionális energiaszektor fenntarthatóvá válásához. E célkitűzésem a P2G gyakorlati jelentőségét és fejlettségi szintjét tekintve is fontos. Egyrészt, a megújuló energiák felhasználásához és a dekarbonizációs törekvésekhez egyaránt illeszkedő P2G technológia (Schiebahn, et al., 2015; Csedő, 2017) fejlesztési és alkalmazási lehetőségei kisebb és nagyobb nemzetközi szereplők érdeklődését is felkeltette (Bailera, et al., 2017). Másrészt, bár az innovatív P2G technológia energiaszektorra gyakorolt potenciális hatásaival és eddigi kutatás-fejlesztési eredményeivel a nemzetközi szakirodalom az utóbbi években egyre intenzívebben foglalkozik (Blanco & Faaij, 2018; Zavarkó, et al., 2018), a gyakorlatban az ígéretes metanizációs technológia széles körű, kereskedelmi szintű implementációja még várat magára (Ghaib & Ben-Fares, 2018).

Továbbá, PhD kutatásom menedzsment-fókuszú megközelítésével néhány ponton túllépek a P2G-specifikus nemzetközi kutatásokon is. Ez részben az értekezésem címében is szereplő „diszruptív” jelzőhöz kapcsolódik. A P2G technológia a szakirodalmi jellemzők alapján „első látásra” diszruptívnek tűnik, mivel

- a) a P2G technológia a leginkább költséghatékony hosszú távú energiatárolási megoldás, mely a megújulók további terjedésével lesz igazán releváns (Thema, et al., 2019)
- b) képes összekapcsolni a villamosenergia-rendszert és a földgázrendszert (Götz, et al., 2016)
- c) nagyvolumenű és hosszú távú energiatárolást tesz lehetővé, és ezáltal elősegíti a megújuló energiaforrások magasabb volumenű integrálását az energiarendszerbe (Schiebahn, et al., 2015)
- d) a metanizációs folyamatban szén-dioxidot hasznosít újra, ezáltal dekarbonizálja az energiarendszert (Bailera, et al., 2017);

ugyanakkor, a technológia diszruptivitásával a nemzetközi szakirodalom eddig nem foglalkozott, így a gyakorlati jelentőség miatt a diszruptivitás vizsgálatára értekezésemben sor került. Ezzel kapcsolatban arra mutatok rá az elmélet alapjait és empirikus, kvalitatív és kvantitatív adatokat is vizsgálva, hogy a P2G technológia napjainkban egy értékinnovációnak számít, azonban a jövő diszruptív technológiája lehet (1) a szén-dioxid-leválasztási (Carbon Capture) technológiák költségeinek csökkenése, (2) a dekarbonizációs ösztönzők és (3) a megújuló energiatermelés növekedése, illetve (4) a támogató szabályozási környezet esetén.

Továbbá, Blanco and Faaij (2018) áttekintése alapján a P2G kutatások fajlagos energiaköltségekkel, folyamattervezéssel, idősoros elemzésekkel, üzleti modellekkel, technológiai áttekintésekkel, költségoptimalizálással, életciklus elemzéssel és projektek áttekintésével foglalkoznak, de nem fókuszálnak a P2G technológiafejlesztés és implementáció menedzsment kihívásaira. Tehát kutatási témám, a P2G technológiafejlesztés változásvezetési és innovációmenedzsment vetületeinek tudományos vizsgálata még a szakirodalom által le nem fedett, így ezen a területen produkált kutatási eredményeim elméleti és gyakorlati kontribúciót is jelentenek.

A diszruptivitás vizsgálatán túl rámutattam a szervezeti innovációs hálózatok és a technológiai know-how áramlás jelentőségére is, amelyeket eddig a nemzetközi P2G szakirodalom figyelmen kívül hagyott.

Kutatásom fő gyakorlati jelentősége, hogy hangsúlyozza a P2G technológiafejlesztés sikere érdekében a hálózatosodás, a digitális tudás- és innovációmenedzsment, az együttműködő szervezetek közötti technológiai know-how áramlás, illetve a tudatosan irányított és összehangolt szervezeti változások fontosságát.

Végül, PhD kutatásom a változásvezetés elméletét tekintve a meglévő elméletek szervezetelméleti vizsgálatát, rendszerezését, szintetizálását és ezek kiegészítését célozta az energiaszektorban szerzett empirikus eredmények alapján. Mivel az általános megújulási kihívások és a diszruptív technológiafejlesztés sajátos vezetői kihívásai a nyitott innovációhoz vezetnek (vezettek) (Chesbrough, 2003), kutatásom fő elméleti jelentősége, hogy a nemzetközi szakirodalmat tekintve is új perspektívát kínál a diszruptív technológiafejlesztés, a nyitott innováció és a változásvezetés kapcsolatának vizsgálatához az egydimenziós és a többdimenziós változásvezetési modell, illetve a zárt és nyitott szervezeti változás megkülönböztetésével.

Értekezésem felépítése a következő:

- PhD tanulmányaimat szervezet- és vezetéselmélet specializáción folytattam. Ehhez illeszkedően a *2. Elméleti keretrendszer* című fejezetben tisztázom a kutatás elméleti fókuszát, saját szervezetelméleti alapvetéseimet és azt is, hogyan hatnak ezek a követendő módszertanra, illetve a változásvezetés kutatására. Ezen kívül bemutatom, hogy milyen „szemüvegen” keresztül vizsgálom, értelmezem a változásvezetést és a kapcsolódó korábbi elméleteket.
- A *3. A kutatás iparági környezetének bemutatása a szakirodalom alapján* című fejezet megalapozza PhD kutatásom gyakorlati relevanciáját és aktualitását, illetve kijelöli azokat a kutatási réseket a nemzetközi szakirodalomban, amelyek betöltését saját elméleti keretrendszerem és empirikus kutatásom alapján részben vagy egészben betölteni kívánok.
- A *4. Kutatási keretrendszer* című fejezetben olvasható kutatási stratégia és modell a szervezetelméleti alapvetések, az elméleti keretek és az iparági környezetelemzés tanulságai alapján alakult ki. Itt mutatom be a kutatási

alkérdéseket, a szakirodalom alapján az ezekre vonatkozó előfeltevéseket, továbbá módszertani választásaimat és ezek alkalmazását is.

- Az *5. Eredmények* című fejezetben kutatási eredményeimet részletesen bemutatom.
- Végül a *6. Konklúzió* című fejezetben összefoglalom a kutatási alkérdésekre és a fő kutatási kérdésre kapott válaszokat, megfogalmazom téziseimet az előfeltevések tükrében, bemutatom a tézisek újdonságtartalmát, illetve kitérek a korlátokra és a további kutatási irányokra is.

2 ELMÉLETI KERETRENDSZER

Ebben a részben bemutatom kutatásom szempontjából leginkább releváns elméleti alapokat, definíciókat és a témában született legfrissebb szakirodalmi eredményeket. A szakirodalmi megállapításokat saját kutatási kérdésem nézőpontjából is interpretálom, kifejtem saját értelmezéseimet és a szakirodalom szintetizálása alapján következtetéseket is megfogalmazok. A szakirodalom kritikai elemzése alapján elméleti keretrendszert alkottam, mely irányt mutatott PhD kutatásaimnak és kontextusba helyezi kutatásaim eredményeit.

2.1 Elméleti fókusz

PhD tanulmányaim során, témavezetőmmel végzett közös kutatásaink és az ezekből készült publikációk alapján elmondható, hogy kutatásaink alaptétele, hogy a minket körül vevő változásnak a környezetben és a szervezetben illeszkednie kell egymáshoz hosszú távú eredményesség érdekében. PhD kutatásom elméleti fókusza szintén a szervezeti változások és azok tudatos irányítása, a változásvezetés volt, melyet az erőforrásalapú stratégiai iskola főbb elméleteire építve (Barney, 1991; Teece et al., 1997; Grant, 1996) az innováció- és a tudásmenedzsment szempontjából vizsgáltam.

Kutatásomban elsősorban változásvezetéssel és nem változásmenedzsmenttel foglalkoztam. A két kifejezés megközelítésében világosan elkülönül, hasonlóképp Gill (2002) „Change Leadership” és „Change Management” fogalmaihoz és az „általános” leaderi és menedzseri szerepek különbségéhez (Kotter, 1995; Kotter, 1990). A változásvezetés kutatásomban felsővezetői (leaderi) feladat, célja a hosszú távú eredményesség biztosításához szükséges nagyobb változások *vezetése*, míg a változásmenedzsment inkább a nagyobb változások kisebb részegységeinek kontrollált eszközökkel, jól definiált folyamatokkal történő megvalósítása. Ily módon a változásvezetés elkülönül a változásmenedzsmenttől, de még inkább a válságmenedzsmenttől, mellyel kutatásomban egyáltalán nem foglalkoztam.

2.2 Szervezetelméleti alapvetések

A fejezetben olvasható megállapítások és következtetések célja, hogy PhD kutatásom mögötti előfeltevéseimet, megfontolásaimat bemutassa.

A következőkben tehát a szervezetelméleti alapvetéseimet fejtem ki, mivel a kutatói munka során fontos a paradigma-reflexivitás (Végh & Primecz, 2016). Ehhez Burrell és Morgan (1979) által definiált társadalomtudományra, illetve a társadalom természetére vonatkozó egyes kutatói előfeltevéseit és paradigmáit, továbbá a funkcionalista és az interpretatív tudomány és szervezetelmélet legfontosabb szakirodalmi megállapításait hívom segítségül. A szervezetelméleti alapvetéseim feltárása előtt szükséges röviden kifejtennem kutatói motivációm és a számomra kiemelt fontosságú elméleti összefüggéseket.

PhD kutatásom gyakorlati jellegű célokat is szolgált, motivációm a P2G technológiában rejlő potenciál kiaknázásához és a fenntarthatósági célokhoz való hozzájárulás kiegészített, átdolgozott, más megvilágításba helyezett koncepciókkal. Mindez a gyakorlatban azért releváns, mivel az (energetikai) nagyvállalatoknak egyszerre kell a jelenben hatékonyan működniük a jelenlegi üzleti területeiken (kiaknázás) és új üzleti területeket keresni, innoválni (felderítés) (Duncan, 1976; March, 1991). A kiaknázás stabilitást igényel, a felderítés és az innováció viszont változást generál a szervezetben (Csedő, 2006), így a változásvezetés és az innovációmenedzsment egymással összekapcsolódik a megújulásban (Csedő, et al., 2018). Emellett, a tudás központi elem az innovációban (Fejes, 2015), a folyamatos megújulásban (Grant, 1996) és a szervezeti tanulás pedig a változásban (Bakacsi, 2004), ezért a tudás menedzsmentje sem kerülhető meg az innováció és a változás témakörében. (Csedő, et al., 2018)

PhD kutatásom pozitivista alapállású, mivel általános jellegű elméleti meghatározások, összefüggések feltárását célozta. Továbbá, a kutatás a funkcionalista szervezetelmélethez kapcsolódik, mivel célja a hatékonyabb és eredményesebb technológiafejlesztést támogató koncepcióalkotás. Ugyanakkor empirikus kutatásaimat kvalitatív módszertanra építettem, mely az interpretatív paradigmához esik közelebb (Burrell & Morgan, 1979), ezért ebben a fejezetben az interpretatív tudomány és szervezetelmélet szakirodalmi megállapításait is összegzem a pozitivista tudomány és funkcionalista szervezetelmélet mellett. Ez azt is jelenti, hogy a kritikai elméletekhez kapcsolódó megközelítésekkel nem

foglalkozom. Sem a Burrell és Morgan által definiált másik két paradigma (radikális strukturalizmus és radikális humanizmus), sem pedig a posztmodern elméletek nem relevánsak számomra, mivel ezek a megközelítések abszolút eltérő társadalmi célt szolgálnak, mint az interpretatív és a funkcionalista megközelítés¹.

2.2.1 Előfeltevések a társadalomtudományról és a társadalom természetéről

Burrell és Morgan (1979) a társadalomtudományról és a társadalom természetéről szóló kutatói előfeltevések azonosításával, e két dimenziót alapul véve egy mátrixot alkotott. A mátrixban négy, egymással nem átfedő és egymással kommunikálni nem képes, inkommenzurábilis paradigmát határoztak meg. Az egyik rendszerező dimenzió végpontjai a szubjektivista és az objektivista kutatói alapállások, melyek ontológiai², episztemológiai³, emberi természetéről alkotott⁴ és módszertani⁵ előfeltevések kombinációjára alapulnak. A másik dimenzió két végpontja a rend (vagy szabályozottság)⁶ és a radikális változás szociológiája⁷. A két dimenzió által meghatározott négy paradigma a következő: funkcionalista paradigma, interpretatív (interpretív) paradigma, radikális strukturalista paradigma és radikális humanista paradigma. Itt csak a funkcionalista és az interpretatív paradigmával foglalkozom, mivel ezek összhangban vannak kutatásom alapvető céljával, azaz a menedzseri tevékenységek

¹ A radikális strukturalizmus elnyomó struktúrák létét, a radikális humanizmus pedig elnyomó gondolati minták létezését feltételezi, a posztmodern elméletek pedig elutasítják a meta-narratívákat.

² lételmélet, melynek fő kérdése itt, hogy a vizsgált valóság vajon „kívül” van-e az egyén tudatához képest, vagy az egyén tudatának terméke.

³ ismeretelmélet, melynek fő kérdése itt, hogy a valóságról szerzhető-e kézzel fogható és továbbítható tudás, vagy maga a tudás ennél sokkal szubjektívebb jellegű és ezért csak tapasztalás útján érhető meg a valóság.

⁴ A kapcsolat vizsgálata az ember és környezete között, melynek fő kérdései itt, hogy a környezet determinálja-e az emberi válaszadást, vagy az ember a saját környezetének megalkotója és ekképpen szabad akarata van döntéseiben.

⁵ A tudásszerzés módja a valóságról, melynek fő kérdése itt, hogy a társadalomtudomány a természettudományhoz hasonló alapokra helyezhető-e módszertanilag, vagy sem.

⁶ Célja a domináns társadalmi rendszer (kapitalizmus) megértése és fejlesztése.

⁷ Célja a domináns társadalmi rendszer elnyomó gondolati mintáinak felfedése, illetve a társadalmi rendszer radikális megváltoztatása.

megértésével és támogatásával a megújulási folyamatban. Ezzel ellentétben a radikális strukturalista és humanista paradigma kritikával illeti a kapitalista társadalmi berendezkedést, így a téma e paradigmák szerinti elemzése nem eredményezhet hozzáadott értéket a meglévő rendszer – párhuzamosan történő – megértésében és fejlesztésében (Burrell & Morgan, 1979). Az előfeltevések Burrell és Morgan által leírt és általam összegzett legfőbb elemeit az 1. sz. táblázatban ismertetem:

Előfeltevések a társadalomtudományról	Ontológia	Nominalizmus	Nincs az egyéntől független, valódi struktúrája a valóságnak. Az elnevezések mesterséges alkotások a valóság strukturálására.
		Realizmus	Van az egyéntől független külső valóság, relatív állandó és megragadható struktúrával.
	Episztemológia	Anti-pozitivizmus	Nem lehet a valóságot általános szabályosságok, ok-okozati kapcsolatok mentén megérteni, csak egy bizonyos kontextusban és szempontból.
		Pozitivizmus	A valóság ok-okozati kapcsolatok, általános szabályosságok mentén magyarázható, így a jelenségek előre is jelezhetők.
	Emberi természet	Voluntarizmus	Az emberi cselekvést az autonóm emberi akarat határozza meg.
		Determinizmus	Az emberi cselekvést a környezet, a szituáció határozza meg.
	Metodológia	Ideografikus	Egy jelenség természetes kontextusban, közvetlen adatgyűjtéssel, a terepen, kvalitatív eszközökkel ismerhető meg.
		Nomotetikus	Egy jelenség rendszerszerű kutatási technikát követve ismerhető meg, hipotézisek kvantitatív eszközökkel való tesztelésével.
Előfeltevések a társadalom természetéről (szociológiáról)	Szabályozottság	Status quo, társadalmi rend, konszenzus, integráció és kohézió, szolidaritás, szükségletkielégítés, aktualitás	
	Radikális változás	Radikális változás, strukturális konfliktus, dominancia, ellentmondás, emancipáció, hiány, lehetőség	

1. táblázat: Az előfeltevések legfőbb elemei

Forrás: Burrell és Morgan, 1979 alapján saját szerkesztés

2.2.2 Pozitivistá tudomány és funkcionista szervezetelmélet

A pozitivistá tudományhoz kapcsolódik a funkcionista szervezetelméleti paradigma, mivel ezek azonos előfeltevéseken alapulnak. A funkcionista paradigmára episztemológiai szempontból pozitívizmus a jellemző, ontológiai szempontból realista, emberi természetről alkotott képe szerint determinista, metodológiai szempontból pedig nomotetikus a megközelítése; és a rend szociológiájához tartozik (Burrell & Morgan, 1979). Donaldson (2003) szerint a pozitivistá tudomány a funkcionista, azaz létező rendszer működését a szükségletkielégítés javításának irányába módosító megközelítéssel együtt domináns igazán.

A pozitivistá, funkcionista megközelítések célja a rend, a stabilitás, az egyensúly megértése és ezek fenntartása hatékony és eredményes szabályozással (Burrell & Morgan, 1979); ezek leírása általános elméletekkel, mely révén a tudás növelhető (Donaldson, 2003). Továbbá, a pozitivistá és funkcionista munkák célja előre jelezni és kontrollálni a jelenségeket (Chia, 2003). A paradigma munkái tanulmányozzák a rendszerek, a folyamatok, a – nem radikális – változás jellemzőit (Morgan & Smircich, 1980) a rendszeren belül történő fejlődés érdekében (Cunliffe, 2011).

E megközelítések metafizikai gyökerei Parmenidész filozófiai iskolájáig nyúlnak vissza, mely szerint a valóság egy állandó és relatív változatlan, tőlünk független és megragadható struktúrával rendelkezik (Chia, 2003). A valóságban, mint konkrét struktúrában, az ember nem alakítója a környezetnek, hanem egyszerűen egy válaszadó vagy egy adaptálódó elem (Morgan & Smircich, 1980). Ez azt jelenti, hogy a magatartás a környezet által meghatározott (Cunliffe, 2011). A stabilitásra és a tőlünk független külső struktúrára vonatkozó előfeltevés a modern tudomány alapja, hiszen a változatlan struktúra lehetőséget ad arra, hogy azt elemeire bontsuk, és azokat elkülönülten vizsgáljuk. A hangsúly a létezésen (being) és nem a valamivé váláson (becoming) van, azaz a folyamatszemplélet nem domináns, bármilyen megfigyelt változás pedig az elemek stabil struktúrában belül történő helyváltoztatása, s nem átalakulás. Elfogadva ezeket az alapfeltevéseket van értelme az általános elméletek megalkotásának, így a tudás értékét annak általánosíthatósága adja (Chia, 2003). A pozitivistá tudomány az értékmentességet szem előtt tartva a világ működését magyarázza (Donaldson, 2003), a már létező társadalomról univerzálisan gondolkodik (Cunliffe, 2011), és természettudományos és mechanikai analógiákat használ (Burrell & Morgan, 1979). E megközelítésben a

szervezetek (csakúgy, mint az emberek), a környezet által vezéreltek, a környezet változása pedig a kontingencia-elmélet alapján adaptációs kihívásként, a szelekciós elmélet alapján túlélési kihívásként jelentkezik, melyre történő válasz a szervezeti változás. E változás előidézője az optimális megoldásra törekvő, hatékonyságot és eredményességet szem előtt tartó vezetői döntés (Donaldson, 2003).

2.2.3 Interpretatív tudomány és szervezetelmélet

Burrell és Morgan (1979) interpretatív paradigmája szintén a rend szociológiájához tartozik, de ontológiai szempontból nominalista, episztemológiai szempontból antipozitivistá, az emberi természet tekintetében voluntarista, illetve ideografikus módszertani előfeltevésekre épül. Az interpretatív megközelítés célja mélységében megérteni a valóságot, a szubjektívan, társadalmilag konstruált és folyamatosan változó világot (Burrell & Morgan, 1979), ezzel feltárni a jelenségek hátterét, az egyéni és közösségi jelentéstartalmakat (Hatch & Yanow, 2003). Továbbá, az interpretatív kutatások célja hangot adni a különböző interpretációknak, érdekeknek, meggyőződéseknek (Kelemen & Rumens, 2008), feltárni a lehetséges narratívákat (Cunliffe, 2011), megérteni a szimbolikus diskurzusokat és a valóság megkonstruálásának folyamatát (Morgan & Smircich, 1980).

Ellentétben a funkcionalista megközelítés metafizikai gyökerével, az interpretatív alapállás szerint a világ folyamatosan változik. Nincsenek állandó, az egyéni és közösségi tudattól független struktúrák (Chia, 2003), a valóság az interakciók során megalkotott közösségi konstrukció (Kelemen & Rumens, 2008). Szélsőséges nézetben a valóság csak az egyén tudatának kivetülése, aki szimbólumok létrehozója, interpretálója (Morgan & Smircich, 1980). Mindez azt is jelenti, a társadalmi világ nem érthető meg ugyanúgy, mint a természeti vagy a fizikai világ, és nem lehetséges általános elméletek, szabályosságok megalkotása (Hatch & Yanow, 2003). Következésképp minden tudás kontextus-specifikus, hiszen különböző emberek különbözőképpen konstruálják a valóságot (Hatch & Yanow, 2003). Az emberek interakcióik révén közös jelentéstartalmakat alakítanak ki, a szubjektíven észlelt időben és térben (Cunliffe, 2011). A szervezetek e megközelítésben immár nem fekete dobozok inputokkal és outputokkal, hanem inkább kultúrák, közös jelentések halmazai (Kelemen & Rumens, 2008), folyamatosan változó társadalmi-közösségi konstrukciók (Cunliffe, 2011).

Itt fontos kiemelni, hogy ellentétben a funkcionalista felfogásban megjelenő külső környezettel, mely változásokat generál, és melyhez alkalmazkodnia kell a szervezetnek, interpretatív megközelítésben a szervezeti változás a társas-közösségi valóságdefiníciók megváltozásából is fakadhat, például új szervezeti öndefinícióból vagy külső környezetértelmezésekből (Gelei, 2006). Ez a kétirányú kapcsolat (környezet-szervezet) még komplexebbé válik a szervezeti változás során, mivel „bizonytalan helyzetben előtérbe kerül a szervezeti valóság többértelműsége” (Bokor, 2000, p. 49). Továbbá, ez a többértelműség a szervezeti változás során sem statikus, hanem a szervezeti tanulás során folyamatosan alakul, mivel az interpretatív megközelítésben „a szervezeti tanulás a közös jelentésvilág formálódásának folyamata” (Gelei, 2002, p. 104).

2.2.4 A szervezetelméleti alapvetések hatása a kutatómódszertanra

Látható, hogy a funkcionalista és interpretatív szervezetelméleti paradigma egymással ellentétes előfeltevésekre épül, emiatt szükségesnek látszik a saját kutatói alapállásomról is röviden szót ejteni.

1. Először, elfogadom Gioia és Pitre (1990) azon tételét, mely szerint a multiparadigmikus megközelítés teljesebb elméletépítést tesz lehetővé a komplex szervezeti jelenségekről, mint az egyetlen paradigmában történő kutatás.
2. Másodsor, az alapvetően ellentétes tudományelméleti előfeltevések (Burrell & Morgan, 1979) szimultán nem, de szekvenciálisan megjelenhetnek egy kutatáson belül.

Jelen esetben az interpretatív, kvalitatív megközelítés a tágabb funkcionalista kutatási célokat és kérdések megválaszolását támogatta. Az ellentmondások feloldásához módszertani eszközeimet is hozzáigazítottam (kiterjesztett esettanulmány módszer, grounded theory kódolási technika).

2.2.5 A szervezetelméleti alapvetések hatása a változásvezetés kutatására

A vezetés- és szervezéstudomány szakirodalmát széles körű egyetértés jellemzi a tekintetben, hogy a gyorsan változó környezetben a szervezeti megújulásra, adaptációra

való képesség kritikus feltétel az eredményes működéshez, a szervezet életben maradásához (Lawrence & Lorsch, 1967; Duncan, 1976; Teece, 1986; March, 1991; Grant, 1996). Ez az állítás a gyors technológiai fejlődés korában még inkább releváns (Teece, 2016; Davenport & Westerman, 2018; Hortoványi & Vilmányi, 2018). Az elmúlt évek szakirodalma arra is rávilágít, hogy a szervezeti megújulás integráns része az innováció és a szervezeti változás vezetése is (Dobák, et al., 2012; Hortoványi & Balaton, 2016; Csedő, et al., 2018), melyet a tudásmenedzsment és szervezeti tanulás is támogat (Fejes, 2015; Galeitzke, et al., 2017; Hortoványi, 2016).

A fenti összefüggések mellett a szervezeti megújulással kapcsolatban még számos egyéb menedzsmentterületről is beszélhetnénk (például projektmenedzsment, folyamatmenedzsment) (McDermott, 2002; Jørgensen & Ulhøi, 2010; Bagnó, et al., 2017), de ezeket a szervezeti megújulásban jól láthatóan az innováció jelentősége kapcsolja össze. Az innováció és az innovációmenedzsment tudományos vizsgálata korántsem új dolog: az adaptáció- és megújulás-központú irodalom már az 1960-as évek óta aktívan foglalkozik az innovációval. A strukturális megoldások elemzésétől kezdve (Burns & Stalker, 1961), a külső környezeti elemzésen alapuló stratégiai döntéshozáson át (Porter, 1980), majd a szervezeti képességekre helyezve a hangsúlyt (Teece, et al., 1997) egészen napjaink digitális innovációmenedzsment koncepciójáig (Nambisan, et al., 2017) az innováció számos aspektusból elemzett. Úgy vélem azonban, hogy a változásvezetés, vagy tágabban értelmezve a szervezeti megújulás modelljeinek felülvizsgálata időről-időre fontos az útfüggőség jelensége miatt. (Csedő & Zavarkó, 2019a)

Az útfüggőség/path dependency (Wilsford, 1994) elmélet szerint a múlt meghatározza a jövőt, a múltbéli döntések hatással vannak a jelenbéli döntésekre. Az útfüggőség koncepció jelen esetben elsősorban nem a szervezetek útfüggőségére vonatkozik, hanem sokkal inkább a szervezeti megújulásról történő gondolkodásunkra. Sydow és társai (2009) szervezeti, illetve Sherrer (2005) közgazdasági és intézményi útfüggőség leírásait ebben a kontextusban értelmezve, a kezdeti döntések önmegegerősítő folyamatokat indítanak el (ilyen lehet például egy-egy elméleti modell megalkotása és empirikus bizonyítása), melyek újabb döntéseket (kutatásokat vagy vállalati gyakorlatokat) mozdítanak ugyanebbe az irányba. Emellett a kezdeti befektetett erőforrások és a megoldás elsajátításához szükséges tanulás „költsége” egyaránt elvezethetnek a kritikus

fordulathoz, amikor a gondolkodók és döntéshozók figyelmét egyre inkább a domináns irány (például egy paradigma) eseményei, mintái, akciói kötik le, és kevésbé foglalkoznak más alternatívákkal. Bár még vannak elérhető opciók, ezek tere egyre szűkül, mely egészen a bezáródási pontig tart. Itt a folyamat egy zárt útra (például egy domináns elméleti keretrendszerbe) kerül, amitől nagyon nehéz elszakadni, mivel a racionális döntéshozó csak akkor szakad el az úttól, ha a szuboptimális megoldásból fakadó hatékonysági veszteségek nagyobbak, mint valami új megalkotásának költsége (Scherrer, 2005). Úgy vélem, nemcsak egy technológiánál (Noble, 1984) vagy egy politikai intézménynél (Scherrer, 2005) nehéz meghatározni objektív módon a hatékonyságot vagy annak veszteségét, hanem egy-egy vezetéstudományi modellnél is. Megközelítésem párhuzamba állítható Thomas Kuhn nézeteivel is, mely szerint egy paradigma (vagy egy elméleti keretrendszer) az abban gondolkodók számára olyannyira koherens és meggyőző lehet, hogy korlátozza alternatív koncepciók fejlődését (Bird, 2000). (Csedő & Zavarkó, 2019a)

Fontos látni viszont, hogy az útfüggőség elmélete nem egyenlő a történelmi determinizmussal, mivel teret hagy az eddigi út elhagyására, azaz itt inkább „történelmi kontingenciáról” beszélhetünk (Wilsford, 1994, p. 275). Esetemben ez azt jelenti, hogy érdemes visszatekinteni, mely megközelítések határozzák meg mai gondolkodásunkat a szervezeti változásról és változásvezetésről, illetve elemezni is szükséges a múltbéli modelleket, mert a minták egyszerű követése új környezetben (például a digitalizálódott vagy hálózatos társadalomban, gazdaságban) szuboptimális megoldásokhoz is vezethet (Wilsford, 1994).

A fentiek alapján, és igazodva szervezetelméleti alapállásomhoz, feltehető a kérdés: Milyen értelmezései lehetnek a szervezeti változás vezetésének a funkcionista és interpretatív megközelítések explicitté tett előfeltevései alapján?

A változásvezetés elméleti modelljeinek lehetséges értelmezéseit a funkcionista és az interpretatív tudomány és szervezetelmélet nézőpontjából vizsgáltam témavezetőmmel (Csedő & Zavarkó, 2019a)⁸, Burrell és Morgan paradigmáinak előfeltevései (illetve ezek

⁸ A következőkben e kutatás eredményei olvashatók és ebből kifolyólag többszámban írok a kutatásunkról.

egyszerűsítése) alapján. Az eredmények természetesen nem lehettek természetesen teljes körűek: (1) célunk volt olyan lehetséges értelmezések azonosítása, melyek az előfeltevésekből logikusan következhetnek, de (2) nem volt célunk minden lehetséges értelmezés feltárása, mivel ez túlmutat egy kutatói csoport kapacitásain, illetve egy tanulmány terjedelmén. Az elemzés során nem teljes egészében funkcionalista vagy interpretatív alapállású megállapításokat kerestünk, hanem olyanokat, melyek implicit módon ezekre utalnak, utalhatnak (2. sz. táblázat).

Ily módon nem tudományelméleti inkonzisztenciákat kutattunk a modellekben, hanem olyan lehetséges értelmezéseket, amelyek előremutatóak lehetnek a vizsgált fogalmak további kutatásában.

A változás és változásvezetés lehetséges funkcionalista előfeltevései:

- a) Realizmus: Ha a valóság relatív stabil, állandó struktúra, akkor a változást elő kell idézni vagy valami/valaki előidézi, így a változásvezetés egyedi vagy ciklikus feladat. (Angyal, 2009, p. 6)
- b) Pozitivizmus: Ha a jelenségek általánosan leírhatók és előre jelezhetők, akkor a változás jellemzői is előre jelezhetők. A lehetséges és követendő változásvezetési stratégiák minden szervezetre vonatkozóan egyformán megadhatók. (Kotter, 1995, p. 60)
- c) Determinizmus: Ha a magatartás és így a magatartásváltozás szituatív tényezőkkel magyarázható, akkor a változásvezetésnek a környezet, a szituáció módosítására kell fókuszálnia. (Beer & Nohria, 2000, p. 136)
- d) Nomotetikus metodológia: Ha a jelenségek, így a változás jellemzői is akcióreakció vizsgálattal megismerhetők, nem szükséges az egyéni magatartás háttérét mélyen vizsgálni. A változásvezetés sikeressége rendszerszintű elemek vizsgálatával mérhető. (Beer & Nohria, 2000, p. 136)

A változás és változásvezetés lehetséges interpretatív előfeltevései:

- a) Nominalizmus: Ha nincs állandóság és folyamatos a változás, a változást nem kell előidézni, így a változás menedzselése is folyamatos feladat. (Kanter, 1983, p. 64)
- b) Anti-pozitivizmus: Ha a jelenségeket nem lehet előre jelezni, akkor változás jellemzői sem jelezhetők előre, és csak utólag érthetők meg adott szervezeti-

környezeti kontextusban. (Van De Ven & Poole, 1995, p. 522) *Követendő változásvezetési stratégiák csak adott szervezeti kontextusban határozhatók meg. A változásvezetés az egyének támogatása a – nem kontrollálható – változásban.*

- c) Voluntarizmus: Ha a magatartás és így a magatartásváltozás szituatív tényezőkkel nem (teljesen) magyarázható, az egyén befolyásolhatja a változást. (Angyal, 2009, pp. 2, 15) *A változásvezetésnek a változással összefüggő egyéni (és csoportos) akaratok, tudások, értelmezések megismerésére kell fókuszálnia.*
- d) Ideografikus metodológia: Ha a jelenségek, így a változás jellemzői is csak természetes kontextusban, közvetlen adatgyűjtéssel, a terepen, az egyéni (és csoportos) magatartást befolyásoló hátteret mélyen vizsgálva ismerhetők meg, akkor a változásvezetés sikeressége személyes jelenléttel és a motivációk feltárásával állapítható meg. (Kotter, 1995, p. 62)

Szerző, évszám, oldalszám	Kiemelt meghatározás/modell	Példa funkionalista előfeltevésre utaló elemre	Példa interpretatív előfeltevésre utaló elemre
Kanter, 1983, p.64	Az eseti külső környezeti változásra a folyamatos belső szervezeti változás a válasz.	Feltételezi a megragadható külső környezetet. (Realizmus)	A szervezeten belül folyamatos változásról beszél. (Nominalizmus)
Van de Ven & Poole, 1995, p. 511, 532	A változás túl komplex jelenség egyetlen elmélettel való magyarázásra, de az elméleti modellek összekapcsolásával jobban megérthető.	Saját keretrendszert alkot az elméletek tisztázására. (Pozitivizmus)	Elutasítja az egyetlen magyarázó szervezeti változás és -fejlődés elméletet. (Anti-pozitivizmus)
Kotter, 1995, p. 59,66	Változásvezetési modell (folyamatlépések), melynek egyik eleme az is, hogy foglalkozni kell az ellenállókkal.	Általános modellel magyarázza a változásvezetés sikerességét. (Pozitivizmus)	Adott szervezeti szituációban különböző attitűddel rendelkező egyének (támogatók és ellenállók) akkor létezhetnek, ha az adott szituációt az egyének eltérően interpretálják. (Nominalizmus)
Beer & Nohria, 2000, p.136	Az integrált változásvezetési modellben egyszerre kell foglalkozni rendszerszintű tényezőkkel (E típusú változás) és egyéni tényezőkkel, például a motivációkkal és kultúrával (O típusú változás).	Azt feltételezi, hogy a munkavállaló a magatartását adaptálni fogja a megváltoztatott szervezeti rendszerekhez. (Determinizmus)	A motivációk és kultúra feltárásához személyes jelenlét szükséges. (Ideografikus metodológia)
Angyal, 2009, p. 2, 11, 15	Az elsöre irányíthatatlannak tűnő változások (például válságok) más tudományterületek, tapasztalatok vagy a folyamatok természetéről szóló ismeretek alapján előre jelezhetők és akár kezelhetők is.	Az irányíthatatlan változások bizonyos elméleteket követve előre jelezhetők és kezelhetők. (Pozitivizmus)	Ha a változásokat a vezető (esetenként) kezelheti, irányíthatja, akkor a szituáció nem egyoldalúan határozza meg a magatartást. (Voluntarizmus)

2. táblázat: Elméleti modellek értelmezése funkionalista és interpretatív nézőpontból

Forrás: Csedő – Zavarkó, 2019a

A rend szociológiája, funkionalista alapállásunk (mely szerint a cél a meglévő rendszer továbbfejlesztése) és a fenti előfeltevések alapján a következő egységesített definíciók adhatók a változásvezetésről:

- a) Funkcionalista megközelítés: A változásvezetés szerepe az időről időre szükséges szervezeti változás megvalósítása a szervezeti működés környezethez történő jobb illeszkedésének céljából, a szervezeti rendszerek és a környezeti tényezők módosítása révén.
- b) Interpretatív-funkcionalista megközelítés: A változásvezetés szerepe a folyamatos szervezeti és környezeti változás során az egyének és csoportok támogatása, a változás háttérében lévő tényezők és a változás jellemzőinek (motivációk, közös jelentések) személyes vezetés révén történő mélyebb megértése és ezen tényezők adott szervezeti céloknak megfelelő módosítása érdekében. (A „módosítás” által lesz funkcionalista a definíció.)

Fontos rámutatni, hogy az ellentétes előfeltevések keresésével és feltárásával nem az elméleti modellek konzisztenciájának kritikája volt a cél. Épp ellenkezőleg: a gondolkodásunkat meghatározó elméleti modellekben fontos szerepe lehet(ett) az egy-egy paradigma szempontjából ellentétesnek mondható előfeltevéseknek, mert ezek eredményeznek kielégítő megoldást (1) a komplex szervezeti valóság megértéséhez és (2) útmutatást a menedzseri feladatok jobb ellátásához. (Csedő & Zavarkó, 2019a)

E megállapítást nemcsak a változásvezetés, de a kutatásomban kiegészítő szempontokat jelentő tudás- és innovációmenedzsment elméleti modelljeinek hasonló elemzési eredményei is támogatják, melyeket a 2. sz. függelékben ismertetek.

2.3 A változás és az innováció kapcsolatának stratégiai háttere

2.3.1 Erőforrásalapú elméletek, mint a vizsgálódás alapjai

Kutatásom a kontingencia-elmélet alapjaira építve (Lawrence & Lorsch, 1967; Pugh, et al., 1969) a környezeti adaptációs kihívás és a stratégiai kettős képesség (Duncan, 1976; March, 1991) szemüvegén keresztül közelíti a megújulás, az innováció- és tudásmenedzsment, illetve a kapcsolódó szervezeti változás témakörét. A megújulás eszközeként interpretált innovációban (Csedő, et al., 2018; Zavarkó, et al., 2017) a tudás, a kreativitás és a vállalkozói szemlélet (Hortoványi, 2010; Fejes, 2015), a változásban

pedig a tanulás az egyik kulcstényező (Bakacsi, 2004). Ebből következően az egyéni és szervezeti képességek, illetve ezek fejlődése, továbbá a tudás, mint a tartós versenyelőny forrása a folyamatos környezeti adaptációban (Szabó, 2008) az erőforrás-alapú megközelítés felé irányítják figyelmünket.

Az erőforrás-alapú stratégiai menedzsment elméletek a porteri külső fókuszú (piaci környezet, iparági szerkezet elemzése és az abban való pozicionálás) megközelítéssel ellentétes szemlélettel jöttek létre. Főként azon a megállapításon alapulnak, hogy a külső környezet rendkívül gyors változásai miatt a szervezeti erőforrások biztosabb alapot jelentenek a stratégiai tervezéshez és a tartós versenyelőny megszerzéséhez, mint az ipari, iparági tényezők elemzéséből következő stratégiai akciók (Mészáros, 2010; Grant, 1996). Az erőforrás-alapú elméletek másik alapvetése, a vállalati erőforrások kombinációjaként létrejött innováció (mint teljesítmény) is visszahat a piaci környezetre, és nemcsak a környezet hat a vállalatra (Teece, 2007). Az erőforrás-alapú megközelítés szerint a tartós versenyelőny forrása olyan erőforrások birtoklása, melyek ritkák, értékesek, nem másolhatók és nem teljesen helyettesíthetők, illetve a szervezeti működésbe integráltak (Barney, 1991). Fontos megjegyezni, hogy a külső és belső elemzéseknek komplementerként kell működniük (Balaton, et al., 2009) a különbség a „kívülről befelé” vagy a „belülről kifelé” felfogásban van (Fejes, 2015). (Csedő, et al., 2018; Csedő, et al., 2019)

2.3.1.1 A dinamikus képességek keretrendszere és interpretálása

Az adaptáció, az innováció és a változás értelmezésében a dinamikus képességek keretrendszerében is összekapcsolódik (Teece, 2016; Teece, et al., 1997), mely az erőforrás-alapú stratégiai megközelítés kiemelkedő elmélete. A dinamikus képességek keretrendszere azon a megállapításon alapul, hogy a vállalatoknak a gyors környezeti változások követése érdekében olyan képességekre van szükségük, melyek révén az új üzleti lehetőségek érzékelhetők (sensing), a lehetőség megragadására képes üzleti modellek alakíthatók ki és a szükséges erőforrások mozgósíthatók (seizing), illetve a szervezet ennek megfelelően működését átalakítani lesz képes (transforming). (Teece, et al., 1997; Teece, 2016)

Teece munkáit saját kutatási témám szemszögéből interpretálva (3. sz. táblázat), a dinamikus képességek stratégiai jelentőségét az indokolja, hogy a (nagy)vállalatoknak külső kihívásként gyorsan változó környezettel, növekvő startupokkal kell versenyezniük, mindeközben az adaptációra való idejük egyre rövidebb. A stratégiai cél a minél gyorsabb környezeti adaptáció, mely a lehetőségek felismerésével (sensing) és új üzleti modellek kifejlesztésével lehetséges. Az üzleti modell megvalósításához innovációra van szükség. A dinamikus képességek az innováció feltételei, mivel azok nemcsak a piaci lehetőségek felismerésére, hanem a másolható, nem egyedi, inkább a hatékony működést lehetővé tevő erőforrások mozgósítására, fejlesztésre, újszerű összehangolására (seizing) is alkalmasak. Ez a gyakorlatban konkrét szegmensek, technológiák kiválasztását, termékek kifejlesztését és bevezetését jelentheti. Az innováció és a versenylőny létrehozásához a változó környezetben viszont szervezeti változásra is szükség van. Új folyamatok, organikus struktúra és a változást támogató szervezeti kultúra jelentheti a siker kulcsát, mely a változás irányának felismerésekor vállalkozói kompetenciákat, az átalakuláskor pedig leadership kompetenciákat igényel (Teece, et al., 1997; Teece, 2016). (Csedő, et al., 2019a)

	Cél		Eszköz / Feladat
Stratégia	Gyors környezeti adaptáció, kettős képesség, üzleti környezet formálása	➡ ⬅	Új üzleti lehetőségek azonosítása és új üzleti modellek fejlesztése
Innováció	Új típusú értékteremtés a technológiai és a piaci lehetőségek alapján	➡ ⬅	Rendes képességek fejlesztése, erőforrások újszerű kombinálása és összehangolása
Változás	Új célok, szervezeti tehetetlenség leküzdése, rugalmas strukturális megoldások, támogató kultúra	➡	Vállalkozói és leadership szerep betöltése

3. táblázat: A dinamikus képességek stratégiai, innovációs és változásvezetési vetületei

Forrás: Csedő, Zavarkó & Sára, 2019a

Napjainkban a vállalatok új piaci lehetőségei a külső környezetből kifolyólag összefüggenek a digitalizációval (sensing), melyek kiaknázásához új digitális megoldások, képességek fejlesztése, mozgósítása és ezek újszerű összehangolása szükséges (seizing), de a hatékony megvalósításhoz az új technológiák alapján a folyamatok átalakítása és a változásvezetés is elengedhetetlen (transforming). A dinamikus képességek a gyors technológiai változásra való válaszadást segítik, „összhangban a fogyasztói igényekkel és a technológiai lehetőségekkel” (Teece, 2007, p. 1343). A gyors technológiafejlesztési ciklusok korában a dinamikus képességek jelentősége még tovább nőtt, ezért érdemes mélyebben is megvizsgálni ezek szervezeti megvalósulását Teece (2007) alapján:

- a) Az üzleti lehetőségek felismerése vagy megteremtése nemcsak az egyéni kreativitás következménye lehet. Az érzékeléshez olyan szervezeti folyamatokra, elemző rendszerekre van szükség, melyek támogatják (1) a belső kutatás-fejlesztést és az új technológiák kiválasztását, (2) a külső technológiák és tudások becsatornázását, (3) az együttműködést más vállalatokkal az „open innovation” (Chesbrough, 2003) jegyében, (4) a fogyasztói igények jobb megértését és a releváns szegmensek kiválasztását.
- b) A lehetőség megragadása „szinte mindig befektetést igényel a fejlesztés vagy a forgalomba hozatal kapcsán” (Teece, 2007, p. 1326), de az erről szóló döntés meghozatala érett vállalatokban gyakran korlátokba ütközik az útfüggőség, a kiaknázó tevékenység dominanciája miatt (Szabó, 2014; March, 1991; Hortoványi, 2010; Burgelman, 1991). Ennek elkerülésére Teece (2007) kiemeli a döntéshozatali protokollok és az ösztönzők felülvizsgálatát, illetve a leadership szerepét, melyek segítik az új üzleti modellek kialakítását és a szervezetközi együttműködések is.
- c) Mivel a külső környezet folyamatosan változik, ezért az erőforrások folyamatos vagy időről időre történő átszervezésére van szükség a dinamikus képességek segítségével. Ennek megvalósítása a decentralizációval, megfelelő vállalati kormányzással (ösztönzőrendszer, kontroll, vállalkozó vezetés), a különböző erőforrások összehangolt fejlesztésével, továbbá a folyamatos tudásmenedzsmenttel és szervezeti tanulással (Grant, 1996; Nonaka & Takeuchi, 1995) támogatható (Teece, 2007, 2016). (Csedő, et al., 2019a; Csedő & Zavarkó, 2019b)

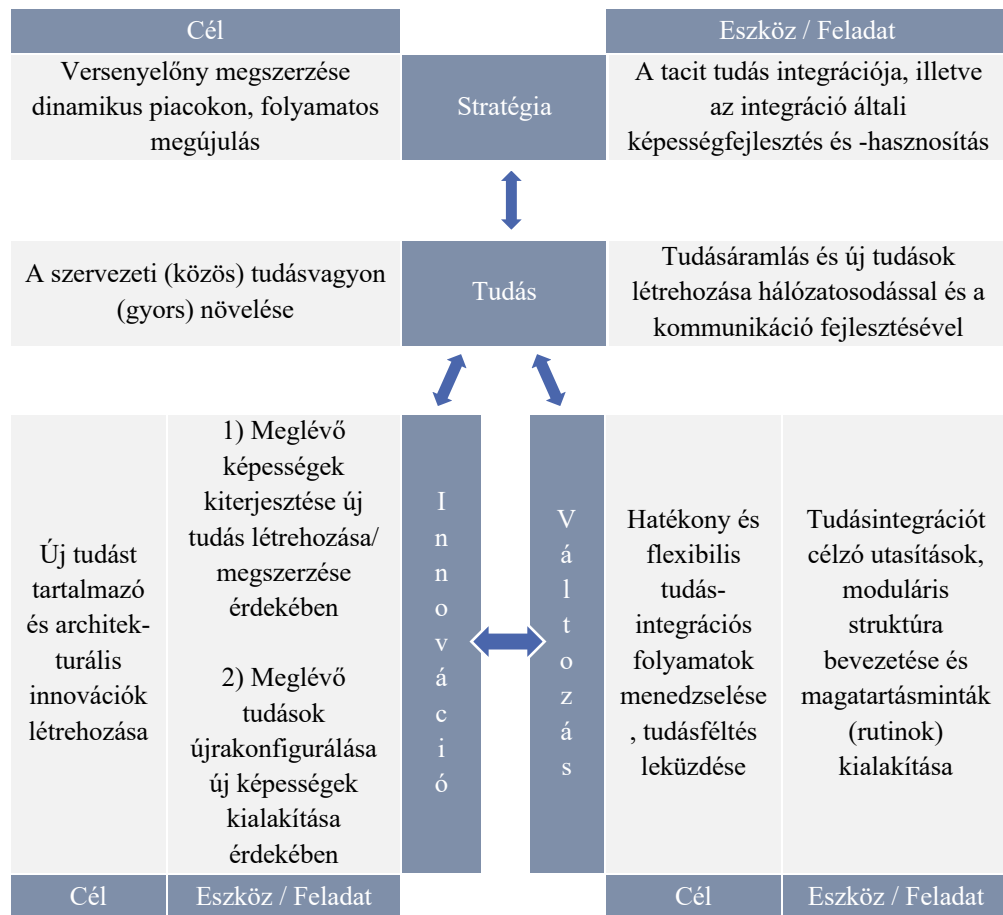
2.3.1.2 Tudásalapú elmélet és interpretálása

Az erőforrás-alapú elméletek közül Teece dinamikus képességek keretrendszere mellett Grant (1996) tudásalapú megközelítése is kiemelkedik. A tudásalapú megközelítés azon az előfeltevésen alapul, hogy a vállalat legfőbb erőforrása a turbulens környezetben az alkalmazottak specifikus, tacit tudása, mivel ez nem másolható a versenytársak által, így a versenyelőny forrása lehet. A tacit tudásban rejlő versenyelőny-potenciál kiaknázása érdekében a legfőbb feladat ezek hatékony és rugalmas integrálása a szervezeti működésbe. (Grant, 1996)

Grant munkáját saját kutatási témám szerint interpretálva (2. sz. ábra), a tudásalapú megközelítésben a stratégiai, innovációs és szervezeti változási elemek összekapcsolódását azonosítom a tudásmenedzsmenten keresztül. A tudásalapú megközelítés stratégiai jelentősége az innovációkból és intenzív versenyből következő bizonytalan piaci szerkezetből fakad, mely a jelenlegi technológiai környezetben rendkívül releváns. A megközelítés célja olyan alapokat lefektetni, melyek révén a szervezeti válaszképesség nő és versenyelőny érhető el a dinamikus piacokon. Ehhez folyamatos megújulásra, a munkavállalók feladat- és cégspecifikus tacit tudásának integrációjára van szükség, mivel ezek az erőforrások, kompetenciák lassabban évülnek el és kevésbé hozzáférhetők a versenytársak számára, mint az explicit tudások.

A folyamatos megújuláshoz innovációkra van szükség, melynek egyik típusa új tudáson, másik típusa viszont meglévő tudások kombinációján alapszik (architekturális innováció). Az innovációhoz vagy (1) a meglévő képességek újszerű kombinálásával új tudás létrehozása, vagy (2) a meglévő tudások újszerű kombinálásával új képességek létrehozása vezet.

Mivel a szervezet célja a folyamatos megújulás, így a belső működési mechanizmusoknak is időről időre változniuk kell. A kombinációs feladatok megvalósításához hatékony (mely a szükséges tudástartalom egy munkavállaló általi könnyű elérhetőségét jelöli) és flexibilis (mely egy szervezeti képesség által elérhető és felhasználható tudástartalmak egymással való rugalmas kombinálhatóságára utal) tudásintegrációs folyamatok, modulárisan felépülő struktúra, utasítások és magatartásminták szükségesek. Ezek kialakítása vagy átalakítása egy nagyvállalaton belül felsővezetői beavatkozást, változásvezetést igényel (Grant, 1996). (Csedő, et al., 2019b; Csedő & Zavarkó, 2019b)



2. ábra: A stratégia, a tudás, az innováció és a változás összefüggései

Forrás: Csedő, Zavarkó & Sára, 2019b

2.3.2 Változás és tudásmenedzsment a stratégiai kettős képesség szemüvegén keresztül

2.3.2.1 Stratégia, innováció és változás

A (nagy)vállalatok a hosszú távú eredményességet belső és külső kihívások leküzdésével érhetik el. Belső kihívás, hogy a szervezeti méret növekedésével megnő a koordináció és a szabályozottság iránti igény, mely által a szervezet tovább növekedhet, ugyanakkor a szervezet növekedési határának elérésekor megújulási krízissel szembesül, melyet a külső partnerekkel történő kollaboráció révén is csak ideiglenesen képes kezelni. Ennek oka, hogy a kívülről érkező impulzusok is kimerülnek, melynek eredményeként a szervezet

(1) hanyatlani kezd, (2) stagnálni fog, vagy (3) visszatér az eredeti tevékenységéhez (Greiner, 1972; Balaton, et al., 2009).

Külső kihívás, hogy környezeti változások a szervezetek stratégiájában, struktúrájában, magatartásában változást tesznek szükségessé a teljesítmény fenntartása vagy növelése érdekében (Burns & Stalker, 1961; Lawrence & Lorsch, 1967; Pugh, et al., 1969; Teece, 1986). Ugyanakkor, egy szervezet minél inkább alkalmazkodik a jelenlegi külső tényezőkhöz, annál inkább csökken a jövőre vonatkozó adaptációs képessége (Burgelman, 1991). A felderítés és kiaknázás között feszülő szűkös erőforrások ellentétéből szintén az következik, hogy a nagyvállatoknak kihívást jelent egyszerre működni hatékonyan a jelenben, a jelenlegi üzleti területeken, illetve a jövőre fókuszálva új üzleti területeket keresni (Duncan, 1976; March, 1991). Az erőforrás-elosztás dilemmái az egyes piacokat illetően érintik az innovációt is, hiszen azzal, hogy egyes üzletágak, piacok megszüntetése vagy fejlesztése mellett dönt a szervezet, egyúttal determinálja az innovációs irányokat és beruházásokat is. Az innováció a kettős képesség mindkét területén értelmezhető: míg a diszruptív, piacteremtő (Christensen, et al., 2015) és radikális (Hámori & Szabó, 2012) innovációk jellemzően a hosszú távú eredményesség miatt fontosak, addig az inkrementális, lépésről lépésre történő fejlesztések gyakran a hatékonyságnövelést célozzák (Chikán, 2008; Hámori & Szabó, 2012). A hatékonyság-eredményesség és stabilitás-változás dilemma másként is megjelenik az innováció szintjén is, mert egyensúlyt kell teremteni a jelenlegi megoldások maximális kihasználása és az új megoldások kifejlesztése között is (Sára, et al., 2014). Ezt az egyensúlyt az innovációs-növekedési stratégiák időbeli és adott vállalati kontextushoz illeszkedő alakításával lehet támogatni: egyes időszakokban magas erőfeszítéseket kell tenni a vállalatoknak, hogy innovációt valósítsanak meg és vezessenek be, de mivel az ilyen radikális innovációk jelentős változást generálnak a szervezetben, szükség van stabil, nyugodtabb időszakokra is, mely az innovációs képességek fejlesztését helyezi középpontba (Dobák, et al., 2012). (Csedő, et al., 2018)

Az adaptációs kihívásra a stratégiai kettős képesség jelenthet választ (Szabó, 2010), melynek a szakirodalomban két legmélyebben tárgyalt témája a strukturális és a kontextuális kettős képesség (Taródy, 2016). A strukturális kettős képesség (Tushman & O'Reilly, 1996) során a szervezet eltérő szervezeti egységben valósítja meg a felderítő és kiaknázó tevékenységet. Ezzel ellentétben a kontextuális kettős képesség azt jelenti

(Gibson & Birkinshaw, 2004), hogy a két tevékenység egyéni szinten, a két tevékenységet összeegyeztető magatartással megvalósítható. A nagyvállalatok vezetői számára a strukturális szeparáció vagy a kontextuális fejlesztés egyaránt a változásvezetés tárgya lehet (Csedő, et al., 2018). Ez a változásvezetési folyamat Kotter (2012) alapján egy duális szervezet kialakítását is jelentheti, amelyben a tradicionális hierarchia mellett egy hálózat működik az innováció támogatására.

A szakirodalom alapján tehát az innováció és a szervezeti változás között lehetnek összefüggések. A szervezeti változás azért szükséges, mert ahogyan a stratégiának illeszkednie kell a külső környezethez és a belső adottságokhoz, úgy az innovációs stratégiának is illeszkednie kell a belső adottságokhoz. Mivel a külső környezet és/vagy a vállalati stratégia kijelöli az innovációs célokat, a belső adottságokat kell módosítani, fejleszteni. Ez szervezeti változások és változásvezetés szükségességét jelenti. Az innovációs tevékenységek számára a szervezeti változások által teremtett kedvező belső környezet akár olyan diszruptív innovációkat eredményezhet, mely visszahat a külső környezetre (Teece, 2007; Christensen, et al., 2015).

A változásvezetés azért is kritikus, mert a megújulással együtt járó változással szemben (mely jelentős strukturális vagy akár kulturális átalakításokat, illetve új magatartásminták elsajátítását jelentheti) az alkalmazottak idegenkednek, ellenállnak. A szervezeti ellenállás miatt az új magatartásminták elsajátítása és követése elmaradhat. Sull (1999) azt a jelenséget, amikor a szervezet a drasztikus környezeti változások ellenére is a meglévő mintákat követi, aktív tehetetlenségnek hívja. Ez egy komoly versenyképességi (megújulási) probléma, hiszen – a kontingencia-elmélet alapján – hiába illeszkedik a formális stratégia és a struktúra a környezethez; ha a kultúra illeszkedése nem megfelelő, a teljesítmény alacsony lesz (Antal & Dobák, 2004). Másképpen: hiába helyesek az innovációhoz kapcsolódó döntések; ha az innováció implementációja korlátozott mértékű, a megújulási krízis fennmarad, és a szervezet hanyatlani kezd (Szabó, 2014).

Összefoglalva, a stratégiából következő innovációs célok eléréséhez olykor lényeges szervezeti jellemzők megváltoztatására van szükség, és a változtatással együtt járó szervezeti ellenállást is kezelni kell. Mindebből az következhet, hogy a változásvezetés a nagyvállalati innováció implementációjának elengedhetetlen eszköze. Másik megközelítésben nemcsak az innováció megvalósítása, de annak megvalósulása is generálhat változást a szervezetben (pl.: egy új gyártási technológia miatt átalakulnak a

folyamatok) (Hammer, 2004), melynek elfogadását szintén támogatni szükséges. (Csedő, et al., 2018)

2.3.2.2 Felfedezés, kiaknázás és tudásmenedzsment

Mivel a kettős képesség központi eleme a szervezeti tanulás (March, 1991), a tudásmenedzsment feladatok is előtérbe kerülnek. A szakirodalmi eredmények alapján a kettős képesség tanulási kontextuális, magatartási aspektusaiban domináns elem a felsővezetők tudása és tanulása, melyet a leadership alapú kettős képesség megjelenése (Raisch & Birkinshaw, 2008) is mutat. A kutatások kiemelik a felsővezetői csapat heterogén jellegű tudásának szükségességét a kettős képesség érdekében (Oehmichen, et al., 2017; Koryak, et al., 2017), melyet esetenként más vállalattól visszatérő felsővezetők támogathatnak új külső tudásukkal (Lee & Roberts, 2015). A kontextuális fejlesztés része lehet olyan funkcionális egységeket átívelő tudásáramlási folyamatok kialakítása, melyek a felsővezetői tudásbázis heterogenitását, így a kettős képesség fejlesztését szolgálják (Venugopal, et al., 2017). A kettős képesség felsővezetői vonatkozásában a heterogén tudás mellett kevésbé a kiaknázó jellegű, inkább az innovációt támogató, felfedező jellegű magatartás, tudáskeresés jelenik hangsúlyosan meg a szakirodalomban. Ez összefügg Kotter (1990) menedzseri és leaderi szerepeinek szétválasztásával, mely alapján a menedzser inkább a jelenbeli stabilitásért, míg a leader a megújulásért felelős, s ennek az innováció a feltétele. Adegbile és társai (2017) az innovációs teljesítmény fő faktoraként a vezetők stratégiai előrelátási képességeit azonosították. Li és társai (2013) eredményei alapján a felsővezetői csapat figyelmének fókuszát kevésbé a már ismert területekre, inkább az ismeretlen és jelenlegitől minél inkább különböző területekre kell fókuszálni, ahol alacsonyabb intenzitású, de állandó tudás- és lehetőségkeresést kell folytatni az új termékbevezetések növelése érdekében. Ugyanakkor mindez a vezetők részéről jövőorientáltságot és kíváncsiságot igényel (Hortoványi & Balaton, 2016). A felsővezetői réteg mellett a középvezetői réteg is kulcsfontosságú az innovációs és megújulási projekteknél (Tabrizi, 2014), így a fenti magatartásmintáknak olykor a menedzseri szerep jellemzőinek helyébe kell lépnie.

Az innovációs teljesítményre a fentiek alapján tehát hatással van az új tudások mennyisége és annak keresési módja vezetői szinten, de ez nincs másként alkalmazotti

szinten sem. Garriga és társai (2013) rámutattak, hogy az innovációs célok függvényében eltérő tudáskereső magatartás szükséges, mivel a – kiaknázó tevékenységet, hatékonyságnövelést támogató (Hámori & Szabó, 2012) – inkrementális innováció megvalósítására sokkal inkább alkalmas eszköz a külső tudás felkutatása, mint a radikális innováció esetében, mely inkább egy innovátor különleges ötletén alapul. Garriga és társai (2013) megállapították azt is, hogy a belső erőforrás-felhasználási korlátok alacsony mennyisége (azaz az innovációs célok megvalósításához szükséges vállalati erőforrások nagy volumene) a külső tudáskereső mélységét, míg a magas korlátok a tudáskereső szélességét növelik. A külső tudáskereső módszerének megválasztása azért kritikus, mivel Hortoványi (2016) rámutatott, hogy a folyamatosan és tudatosan külső forrásokból tanuló vállalatok innovációs teljesítménye magasabb, ennek érdekében pedig külső tudást felszívó szervezeti rutinok kialakítása szükséges (Hortoványi & Balaton, 2016)

A strukturális kettős képességgel kapcsolatban nem az ellentétes fókuszú tevékenységek egyéni szinten történő összeegyeztetése a fontos, hanem azok a szervezési megoldások, melyek a felfedező és kiaknázó tevékenység elkülönített megvalósítását szolgálják, s melyek főleg a szervezeti és szervezetközi hálózatokkal vannak összefüggésben a szakirodalmi eredmények alapján. Wang és társai (2014) az innováció duális beágyazottságát vizsgálták: a vállalatban egyszerre létezik (1) egy tudáselem-hálózat és egy (2) közösségi (szociális) hálózat, melyek elkülönülnek egymástól. Kutatásuk alapján e hálózatok strukturális adottságai, (1a) a más tudáselemekkel való kiaknázatlan kombinálási lehetőséget jelző, illetve (1b) a közösségi elszeparáltságot jelző strukturális lyukak és (2a) a központi tudáselemhez, illetve (2b) központi személyekhez való kapcsolódás centralitási foka meghatározza a kutatók (egyének) operatív innovációs fókuszát, azaz a felderítő és a kiaknázó tevékenység közötti választást is. A szerzők megállapították, hogy erős belső szociális hálózat mellett a tudáshálózatban lévő strukturális lyukak a felfedező, vállalaton kívüli fókuszú tudáskeresőt csökkentik (mert vannak még könnyen kiaknázható belső kombinációs lehetőségek). Ezzel ellentétben a közösségi hálózatban lévő strukturális lyukak növelik a felfedező kutatást, mivel kevesebb a kutató belső társas kapcsolata. Ebből az következik, hogy a belső hálózatok erősítése olykor inkább a kiaknázó tevékenységet támogatja.

A belső hálózatok fejlettsége Funk (2014) kutatása alapján is hátráltathatja a felderítő tevékenységet. A szerző a vállalat földrajzi elhelyezkedését vizsgálta az új külső tudások becsatornázása és a belső struktúra szempontjából, és megállapította, hogy olyan vállalatok esetében, melyeknek földrajzi elhelyezkedése miatt kevés a lehetősége az új külső tudások elérésére, a szervezeti innovációs teljesítmény magasabb, ha az alkalmazottak kevésbé kapcsolódnak egymáshoz. Ennek oka, hogy a korlátozott mértékű elérhető (belső) tudásbázis erős társas kapcsolatok mentén történő kombinálása és a túlságosan homogén szemlélet gyakran szuboptimális megoldások elfogadásához vezet, s ennél jobb alternatíva a nagyobb elkülönültség, az új tudások felfedezésével járó egyéni megoldáskeresés és a diverzitás megőrzése.

A kontextuális és strukturális kettős képesség tanulási és tudásmenedzsment aspektusait összegezve egyértelműen megállapítható, hogy a megújulás feltétele a heterogén felsővezetői tudás és a felderítő jellegű tudáskeresés, melyet az erős belső alkalmazotti hálózatosodás nem minden esetben, de a felsővezetői szintű intenzív tudásáramlás egyértelműen támogat. A szakirodalmi eredményeket interpretálva az alábbi összefoglaló következtetések, megállapítások tehetők a stratégiai kettős képesség tanulási és tudásmenedzsment aspektusában (4. sz. táblázat). (Csedő, et al., 2019b)

	Felfedezés	Kiaknázás	Kapcsolódó szakirodalom
Szervezeti eredmény	Megújulás, új üzleti területekre való belépés	Működési hatékonyság növelése jelenlegi üzleti területeken	March, 1991
Időhorizont	Jövő	Jelen	
Innováció	Radikális (vagy diszruptív)	Inkrementális	Garriga et al., 2013; Hámori – Szabó, 2012
Problémamegoldók száma	Kevés	Sok	Garriga et al., 2013; Funk, 2014
A megoldáskeresés módja	Stratégiai előrelátás, kíváncsiság, egyedi ötlet	Széles körű kooperáció	Hortoványi – Balaton, 2016; Adegbile et al., 2017
Tudáskeresés fókusza	Ismeretlen üzleti területek (külső)	Ismert üzleti területek (külső és belső)	Li et al., 2013; Garriga et al., 2013;
Tudásbázis	Heterogén	Homogén	Oehmichen et al., 2017; Koryak et al., 2018
Strukturális lyukak az alkalmazotti tudáselemek hálózatában	Kevés	Sok	Wang et al., 2014; Funk, 2014
Strukturális lyukak az alkalmazottak hálózatában	Sok	Kevés	
Strukturális lyukak a felsővezetők hálózatában	Kevés	Sok	Venugopal et al., 2017
Kapcsolódás külső tudásforrásokhoz	Sok	Kevés	Lee - Roberts, 2015; Hortoványi, 2016

4. táblázat: A kettős képesség tudásmenedzsment aspektusai

Forrás: Csedő, Zavarkó & Sára., 2019b

2.3.3 Innováció és innovációmenedzsment

2.3.3.1 Az innováció menedzselésének jelentősége és tartalma

Az innováció jelentését a szakirodalom különböző megközelítésekből szerint definiálja. Schumpeter (1934; 1939) a termelési tényezők új kombinációjaként tekintett az innovációra, és öt alaptípusba rendezte a megvalósulásának lehetőségeit. Az utóbbi évek szakirodalma a változás szerepét is kiemeli az innováció során (Csedő, et al., 2018). A

szakirodalom az innováció különböző típusait is megkülönbözteti, így beszélhetünk termék-, technológiai-, szervezeti- és folyamat-, és stratégiai innovációról is (Chikán, 2008; Csizmadia, 2015), melyek több szempontból össze is kapcsolódnak: például az új technológiai lehetőségek folyamatinnovációt tesznek lehetővé.

Szervezeti megközelítésben az innováció jelentősége a hosszútávú eredményesség elérésében is kitűnik (Hortoványi, 2016; Hortoványi & Balaton, 2016). A külső környezet változására reagálva, az innováció a fogyasztói szükségletek magasabb szinten történő kielégítését jelenti (Chikán, 2008), míg Fejes (2015) a különböző szakirodalmi meghatározásokat megvizsgálva és összegezve az innováció fő tartalmaként a haladást és a fejlődést azonosította. Ezek alapján értelmezésben az innováció választ jelent az adaptációs kihívásokra, azaz az innováció a megújulás eszköze lehet, függetlenül annak tárgyától és jellegétől. Ennek oka, hogy például egy inkrementális folyamatinnováció bár jellemzően a belső hatékonyság növelését célozza, így kevésbé kapcsolódik szorosan az eredményességgel összefüggő környezeti adaptációhoz, mint egy termékinnováció; tartalmát illetően akár támogathatja az ügyfélközpontúságot a gyorsabb átfutási idő révén. Következésképp nem indokolt korlátozást alkalmazni az innováció tartalmára vonatkozóan, amikor a szervezeti megújulás eszközeként interpretáljuk. Így az innovációmenedzsment a szervezeti megújulás (egy részének) vezetését jelentheti, amiből az innovációval összefüggő változások vezetésének szükségessége is következik. Ugyanakkor, ezzel kapcsolatban tudásmenedzsment, projektmenedzsment, folyamatmenedzsment tevékenységek is felmerülnek (McDermott, 2002; Jørgensen & Ulhøi, 2010; Sára, et al., 2014; Fejes, 2015). Mindebből láthatjuk, hogy az innováció menedzsment a menedzsmenttudományokon belül interdiszciplináris tevékenység, tartalma pedig – hasonlóképp a sokszínű innováció-meghatározásokhoz – számos eltérő megközelítésből definiált (Bagno, et al., 2017). A megközelítésemhez leginkább illeszkedő definíció szerint az innovációmenedzsment olyan vezetési tevékenység, melynek fő eleme a szervezeti változás irányítása a versenyképesség növelése érdekében (Sára, et al., 2013), s melynek tartalma három fő megközelítés szerint határozható meg a friss szakirodalmi áttekintés alapján:

1. Az innováció menedzsment tartalma leírható az ellátandó gyakorlati feladatok (IMPs = Innovation Management Practices) azonosításán keresztül, melyet Tidd és Thuriaux-Alemán (2016) az alábbi főbb tevékenységcsoportokba sorolt,

szakirodalmi áttekintésük alapján: (1) innovációs stratégiaalkotás, (2) külső üzleti környezet vizsgálata (pl.: benchmarking), (3) ötletmenedzsment, (4) termékportfólió menedzsment, (5) technológiai portfólió menedzsment, (6) fejlesztés és bevezetés, (7) bevezetés utáni tanulás, (8) erőforrás és kompetencia menedzsment.

2. Az innováció menedzsment tartalmának definiálása a környezeti változások miatt új alapokra helyezhető. Nambisan és társai (2017) a technológiai fejlődésből, digitalizációból fakadó alapvető iparági és szervezeti változások felől közelíti az innováció menedzsment. A digitális innováció menedzsmentre azért van szükség, mert megváltoztak a kihívások: (1) fellazultak a strukturális, időbeli és térbeli határok az innovációs folyamatban, (2) az innovációban résztvevő szereplők köre sokkal szélesebbé vált, a tevékenységek decentralizálódtak és hálózatos formában valósulnak meg, (3) az innovációs tevékenységek, folyamatok és outputok rendszere komplexebbé vált. Következésképp az innováció menedzsment fókuszába (1) a problémák és megoldások (piaci igények és technológiák) gyors, dinamikus párosítását, (2) a folyamatban résztvevők innovációról szóló közös értelmezésének kialakítását, (3) a technológiai infrastruktúra elemzését és fejlesztését, illetve (4) mindezek összehangolását kell helyezni.
3. Az innováció menedzsment tartalma meghatározható elméleti modellek által, melyeket Bagno és társai (2017) az alábbi kategóriák szerint csoportosítanak: (1) lineáris modellek (pl.: szekvenciálisan végrehajtott funkcionális feladatok irányítása: piackutatás, termékfejlesztés, tesztelés, finomhangolás, bevezetés); (2) tölcser modellek (az ötletgenerálási szakasz széles lehetőségeinek leszűkülése már csak egy-két projektre a termékfejlesztési szakaszhoz érve); (3) interakció fókuszú modellek (a környezeti és a szervezeti tényezők egymásra hatása határozza meg az innovációt és annak menedzselését); (4) képesség-fókuszú modellek (elsődleges fókusz a szervezeti erőforrásokon és a szervezeti megújuláson).

A fenti modellek felsorolása kronológiai rendet is jelöl közöttük. Míg a lineáris modellek főként a 90-es évek elején jöttek létre, addig képesség-fókuszú modellek már 2005 utániak. A képesség-fókuszú innovációmenedzsment modellek és az erőforrás-alapú stratégiai elmélet közötti összefüggés egyértelmű, ez később bemutatandó elméleti keretrendszerem relevanciáját támasztja alá.

Meglátásom szerint az innovációmenedzsment tartalma az innováció jellemzőinek (Fejes, 2015) és a menedzsment funkciók párosításával is megadható. Dobák és Antal (2004) által bemutatott vezetési funkciókat követve az innovációmenedzsment olyan vezetési tevékenységek összességékként írható le, mely magában foglalja

- a) az innovációs irányok kijelölését, az innovációs stratégia megalkotását (tervezés),
- b) az innovációs folyamatok, rendszerek kialakítását, a rendelkezésre álló erőforrások, képességek újszerű kombinálását és a hiányzó erőforrások, képességek megszerzését (szervezés),
- c) az innovációt támogató szervezeti kultúra és magatartás kialakítását (személyes vezetés),
- d) az innovációs képességek és eredmények ellenőrzését (kontroll);

az inputokat és outputokat – szakirodalmi áttekintés után – vizsgálva pedig az innováció menedzsment alapja a vállalatban felhalmozott, versenyelőnyt biztosító tudás felderítése, bővítése és felhasználása (tudásmenedzsment), és eredménye olyan új szervezeti, technológiai, piaci megoldás létrehozása, mely révén a vevők és a tulajdonosok számára teremtett érték nő. (Csedő, et al., 2018)

2.3.3.2 Digitális innováció- és tudásmenedzsment

A digitalizáció a nagyvállalatok adaptációs, transzformációs folyamataiban jelentős szerepet képes betölteni (Lerch & Gotsch, 2015) és az IT által támogatott tudásmenedzsment a szinergiák, illetve az információ-feldolgozó képesség révén a működési hatékonyság és az innovációs képességek fejlesztését és kiaknázását is lehetővé teszi (Nonaka, et al., 2014; Kettinger, et al., 2015).

A tudásmenedzsment tudást feltérképező és értékelő, átadó- és felhasználó, illetve fejlesztő folyamataival kapcsolatban a stratégiai, humán erőforrás és szervezeti kérdések mellett a technológiai támogatás kérdései is felvetődnek, mely a tudásmenedzsment vállalati térnyerésének egyik katalizátora volt az 1990-es évektől kezdődően (Fehér, 2007). A tudásmenedzsment rendszerek olyan információs rendszerek, melyek a tudás létrehozását, kodifikációját, tárolását, visszakeresését és alkalmazását, azaz a szervezeti tudásmenedzsment folyamatokat támogatják (Alavi & Leidner, 2001). A

tudásmenedzsment rendszerek szerepe azért kritikus a vállalati működésben, mert a folyamatosan változó környezetben a versenyképesség megszerzésének és fenntartásának egyik eszköze a kollaboratív hálózatok kialakítása. A hálózatban fontos az egyének közötti kooperatív tanulás (Hortoványi & Szabó, 2006), e célra pedig a tudásmenedzsment rendszerek alkalmasak (Cao, et al., 2017). E rendszerek mára tehát túlmutatnak az adatbázisszerű, dokumentumtár fókuszú tudásmenedzsment rendszereken. A hálózat-alapú és az interakciókat támogató koncepció mellett a tudásmenedzsment rendszerek esetében – hasonlóan az innováció digitalizációs aspektusaihoz – a folyamatalapú megközelítés is domináns napjainkban, mely a tudásintenzív folyamatok támogatására fókuszál (Fehér, 2007; Sarnikar & Deokar, 2017). Galeitzke és társai (2017) koncepcionális szinten is összekapcsolják a technológia, a tudás és az innováció menedzsmentjét a Nonaka és Takeuchi (1995) SECI modelljén keresztül. Modelljük szerint a technológiai menedzsment a szocializációs és az externalizációs folyamatban a tacit és explicit tudás megszerzéséért és elosztásáért, míg az innováció menedzsment a kombináció és az internalizáció által a tudás fejlesztéséért és tárolásáért felelős.

Kontingencia-elméleti alapjainkhoz illeszkedően, egy tudásmenedzsment rendszer hatása a munkateljesítményre nemcsak a rendszertől (rendszerfunkcióktól) függ. A beható rendszerismeret és rendszerhasználat, illetve a munkateljesítmény között pozitív kapcsolat azonosítható, melyet viszont befolyásol a feladat rutinszerűsége, a felhasználó tudásfelszívó képessége, a rendszer és az implementációhoz kapcsolódó leadership is (Zhang, 2017). A tudatos és mély rendszerhasználat azonban nem alapvetés, a rendkívül komplex és széles funkcionalitású rendszerekben is az alkalmazottak többnyire csak néhány funkciót használnak (Zhang, et al., 2011). A tudásmenedzsment rendszerek használatát (és ezáltal a teljesítményjavulást) a szociális folyamatok is befolyásolják, például a felettes, a munkatárs vagy a beosztott rendszerhasználatának módja (Wang, et al., 2013) és a közöttük lévő szociális interakciók is (Zhang & Venkatesh, 2017). A szociális interakciók a tudásmenedzsmentben elsősorban a tudásmegosztást jelölik, melyre a rendszer alapfunkcionalitásán kívül hatással van annak továbbfejlesztése is. Dong és társai (2016) rámutattak, hogy a tudásmegosztási hajlandóságot növeli a tudásmenedzsment rendszer folyamatos fejlesztése a felhasználói élmény növekedése által. Mindez nemcsak a felhasználói felület javítását, de az adatok, információk kezelését végző logikák, adatbázisok továbbfejlesztését vagy új megoldások kifejlesztését,

implementálását is szükségessé teszi (Hancock, 2017). Zhang és Venkatesh (2017) e kérdéskörben azonosította szakirodalmi áttekintés alapján a potenciális szoftverfunkciókat, illetve kvalitatív, majd kvantitatív kutatásuk alapján meghatározta az alkalmazottak számára legfontosabbakat (5. sz. táblázat). (Csedő, et al., 2019b)

Kiemelt funkciók	Tudásanyag, kérdés vagy ötlet posztolása; Kommentelés; Keresés; Tudástartalom értékelése
Periférikus funkciók	Jegyzetkészítés; Hitelesség elbírálása; Vitaindítás; Email vizualizáció; Rész tudások felvitele és későbbi javítása; Tartalmak és részek megjelölése kritikusként; Munkatársak képesség- és tudáslistája; Egyedi felhasználótípusok kezelése; Profil kedvencnek jelölése; Értesítések; Könyvjelző létrehozása címkékből vagy kulcsszavakból; Tematikus tartalom megjelenítés; Videólejátszás

5. táblázat: A digitális tudásmenedzsment megoldások funkciói

Forrás: Zhang és Venkatesh, 2017

Egyes kutatások ugyanakkor egymásnak ellentmondó eredményeket is mutatnak az egyéni teljesítményjavulás tekintetében (Zhang – Venkatesh, 2017), így a gyakorlatban alkalmazandó tudásmenedzsment rendszerek funkcionalitásának meghatározása további kutatásokat indukál. (Csedő, et al., 2019b)

2.3.4 Technológiafejlesztés, innováció, diszrupció

Mivel PhD kutatásom egy „diszruptív technológiafejlesztés” által generált szervezeti változásokkal foglalkozik, fontos tisztáznom e fogalom értelemezését is.

Mindenekelőtt Christensen és Bowen (1995) által bevezetett „diszruptív technológia” és „fenntartó technológia” fogalmakat fontos elemeznünk. Az elmélet 20 év alatt komoly hatással volt a menedzsmentkutatásra és a gyakorlatra is, melyet az is jelez, hogy maga a fogalom is szélesebb, mint eredetileg: 2015-ben Christensen és társai már diszruptív innovációról beszélnek. A szerzők azonban rámutatnak arra is, hogy az elmélet elterjedtsége nem várt hátrányokkal is járt, mivel

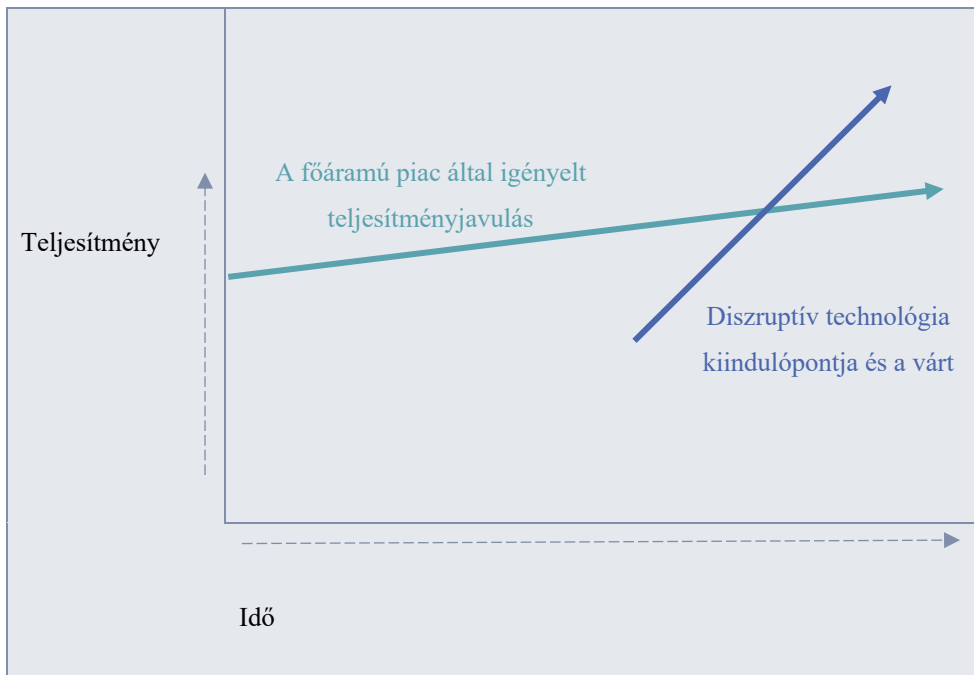
„számos kutató, író és tanácsadó a „diszruptív innováció”-t használja bármilyen olyan helyzet leírására, amely egy iparágat felrázott és ahol korábban sikeres nagyvállalatok bukácsolnak”
(Christensen, et al., 2015, p. 2; saját fordítás)

A szerzők szerint a pontos fogalomhasználat azért fontos, mert a különböző típusú (például nem diszruptív) innovációk eltérő stratégiai megközelítéseket igényelnek. Ebből következően saját fogalomhasználatomat a leghitelesebb forrásokra, az eredeti Christensen és Bower (1995) által írt cikkekre, illetve a fent is idézett Christensen – Raynor – McDonald (2015) cikkekre építem, mely utóbbi az eredeti elméletet pontosítja is.

2.3.4.1 Diszruptív technológiák és innovációk

Christensen és Bower (1995) alapján két technológiát különíthetünk el. A „fenntartó” új technológiák hasonlítanak az eddigi, főáramú megoldásokhoz és folyamatos (inkrementális) kis előrelépéseket jelentenek a fogyasztói igény kielégítésében. A fenntartó technológiák fejlesztésébe való beruházást a vállalatokban alapos piackutatás előzi meg a jelenlegi fogyasztók szükségleteiről, és az új technológia ezekre ad választ. Ezzel szemben a diszruptív technológiák egészen új megoldások, más konfigurációval („attribútumcsomaggal”) teremtenek értéket, mint a megszokott megoldások, és kezdetben nem felelnek meg a főáramú fogyasztói igényeknek. Bár a diszruptív technológia által a kisebb vállalat olcsóbban tudja a terméket vagy a szolgáltatást kínálni, a „mainstream” fogyasztók kivárnak egészen addig, amíg a diszruptív technológiával versenyző kisebb vállalat a termék/szolgáltatásminőséget (a teljesítményt) a fenntartó technológiafejlesztéseket végző nagyvállalat szintjére hozza, majd ekkor váltanak az olcsóbb alternatívára – ezáltal valósul meg a diszrupció, a technológia átalakítja a piacot (3. sz. ábra). A diszrupció tehát nem egy pillanat, hanem egy folyamat⁹. (Bower & Christensen, 1995; Christensen, et al., 2015)

⁹ A szerzők rámutatnak arra is, hogy a „diszruptív innováció” félrevezető kifejezés, mivel nem fejezi a folyamatszémleletet. Véleményem szerint a „diszruptív technológia” sem fejezi ki eléggé ezt, ezért szerepel PhD kutatásom címében a „diszruptív technológiafejlesztés”.



3. ábra: A diszruptív technológia azonosítása

Forrás: Bower - Christensen, 1995

A nagyvállalatok általában azért nem tudnak időben reagálni a diszruptív technológiákra, mert ezek kezdetben a bevett piackutatási, piacelemzési gyakorlataik alapján pénzügyileg kevésbé vonzóak. Fontos, hogy igazából nem is lehetnek vonzóak a piacelemzés alapján, hiszen a meglévő fogyasztók igényeihez képest a kezdeti teljesítmény elmarad a jelenlegi megoldásoktól. Az is lehet, hogy maga a piac még nem is létezik, amit a diszruptív innováció ki tudna szolgálni. Ebből következően a diszruptív megoldások két helyen jelenhetnek meg:

- a) alacsony profitabilitással rendelkező szegmensekben, amelyeket a nagyvállalat figyelmen kívül hagy, mivel csak a magas profitabilitású szegmensekre koncentrálnak;
- b) a diszruptív innováció által megteremtett új piacon, azaz a diszruptív vállalat a nemfogyasztókat fogyasztókká „váltóztatja”. (Christensen, et al., 2015)

2.3.4.2 A diszruptív innováció a stratégiai háttér tükrében

Ha a kérdéskört szervezet „belsejéből” elemezzük, láthatjuk, hogy egy diszruptív technológia egy szervezetet számos szempontból érinthet. Ha a diszruptív technológiafejlesztést, mint tevékenységet összevetjük

- 1) a technológiai innovációval, a folyamatok támogatása kerülhet a középpontba. Az OECD (1997) definíciója alapján a technológiai folyamatinnováció olyan új vagy jelentősen fejlesztett termelési (értékteremtési) módszer, mely változásokat jelent az eszközök, humán tőke és munkamódszerek vonatkozásában, s új vagy továbbfejlesztett termékeket vagy hatékonyabb előállítás eredményez.
- 2) az üzleti modellezés koncepciójával (Osterwalder & Pigneur, 2010), akár üzletimodell-innovációról is beszélhetünk. Ennek oka, hogy az üzletimodell-innováció Amit és Zott (2012) alapján a vállalkozás új tevékenységeinek megszervezését vagy a rendszer módosítását célzó folyamat, melyben egy-egy új technológia kulcserőforrás lehet. Egyes megközelítések szerint ebben a bevételi- és költségtényezők megváltozása is kulcselem (Horváth, et al., 2018).
- 3) a szervezeti változással, egyrésztől láthatjuk, hogy a technológia lényeges szervezeti jellemző lehet, ezáltal a technológia megváltozása már önmagában szervezeti változás lehet. Ha egyúttal innovációról is beszélünk, akkor az további szervezeti változásokat igényelhet vagy generálhat (Dobák, 2002; Csedő, et al., 2018).
- 4) a képesség-alapú megközelítéssel, a dinamikus képességek keretrendszere kell, hogy eszünkbe jusson. Ebben ugyanis összekapcsolódik a technológiai változásokhoz történő adaptáció, az innováció és a belső átalakulás (Teece, et al., 1997; Teece, 2016; Teece, 2007).
- 5) a kettős képességgel (Duncan, 1976; Gibson & Birkinshaw, 2004), a fenntartó innovációk inkább a kiaknázó tevékenységekhez, míg a diszruptív innovációk inkább a felfedezéshez kapcsolódhatnak. Maga Christensen és Bower is foglalkozik a kettős képességgel az 1995-ös cikkükben, bár ezt a kifejezést nem használják. Megközelítésükben a diszruptív technológiára épülő üzleti tevékenységet nem lehet egy szervezetben megvalósítani a meglévő üzleti tevékenységeket, amely egyértelműen a Tushman és O'Reilly-féle (1996) strukturális kettős képesség kialakításának szükségességére utal. (Csedő, et al., 2019a)

2.3.5 Stratégiai együttműködések

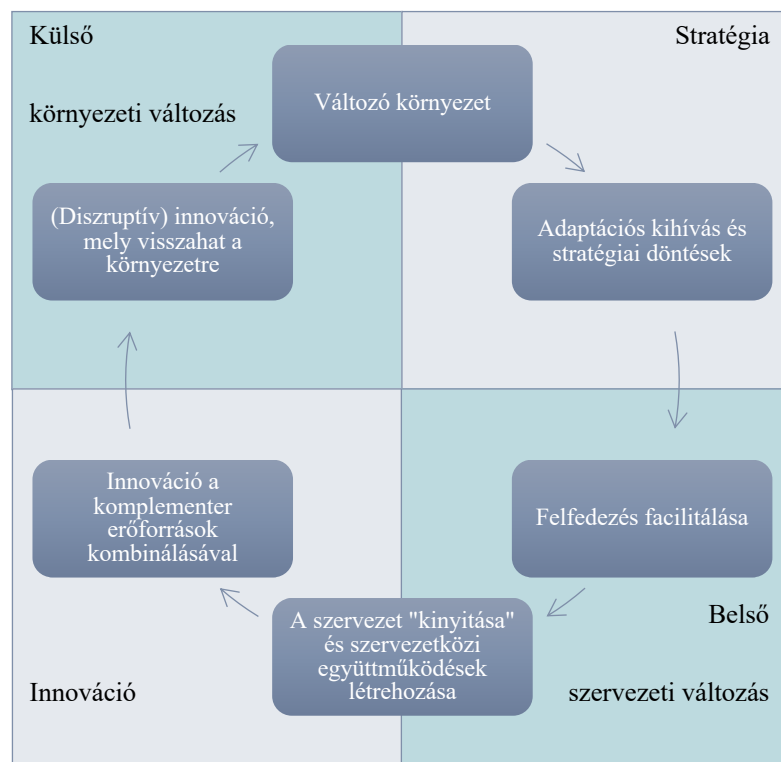
2.3.5.1 *Adaptáció és innováció együttműködésben más szervezetekkel*

A kontingencia-elmélet alapján, ha a környezet változik, a szervezetnek is módosítania kell stratégiáját, struktúráját, magatartását, hogy fenntartsa vagy javítsa a teljesítményét (Burns & Stalker, 1961; Lawrence & Lorsch, 1967; Pugh, et al., 1969; Teece, 1986). Ezzel egyidőben pedig hatékonyan kell működniük a jelenlegi üzleti területeiken, de ugyanakkor új üzleti területeket is fel kell fedezniük és innoválniuk is kell (Duncan, 1976; March, 1991). A szervezetek ugyanakkor hajlamosak inkább a kiaknázó rutinokat követni az útfüggőség miatt (Sydow, et al., 2009; Burgelman, 1991), és a stratégiai kettős képesség megvalósítása sem egyszerű, hiszen a felfedezés és a kiaknázás ugyanazon erőforrásokért versenyez és egymással ellentétes gyakorlatokat igényel (Gibson & Birkinshaw, 2004). A megújulás azonban külső partnerkapcsolatok által elősegíthető (Greiner, 1972), mely a nyitott innovációs paradigmához vezet minket. A nyitott innovációs paradigma szerint magasabb innovációs teljesítménnyel jár, ha az innovációs folyamatok nem maradnak vállalaton belül, hanem az innovációs tevékenységekbe külső aktorok is bekapcsolódnak, például fogyasztók vagy beszállítók, akár másik iparágból is (Chesbrough, 2003). Ez a megközelítés illeszkedik Teece (1986) megállapításához, mely szerint a komplementer erőforrások biztosítása kritikus a technológiai innovációkból történő profitáláshoz, de ezeket nem szükségszerűen kell az technológiai innováció létrehozójának birtokolnia. Következésképp már egy hálózatalapú innovációs megközelítésről beszélhetünk, ahol több szervezet együttműködik az innováció érdekében a közös tudásmegosztásra, technológiatranszferre és tanulásra építve (Millar, et al., 1997). (Csedő & Zavarkó, 2020)

2.3.5.2 *Változás a szervezeten belül és kívül*

Mint azt már többször láthattuk, az innováció és a változás szorosan összefügg (Teece, 2007; Hammer, 2004), és változásvezetés megközelítése elsősorban az erőforrásalapú stratégiai iskolára épül (Barney, 1991; Grant, 1996; Teece, et al., 1997). Az erőforrásalapú iskola fontos megállapítása, hogy a szervezet képességeinek dinamikus újrakonfigurálása és az ebből fakadó stratégiai akciók és innovációk visszahatnak a külső

környezetre, formálják a versenyt. Ha mindehhez hozzávesszük az előző fejezetben foglaltakat, akkor a szervezeti képességek kombinálhatók együttműködő szervezetek képességeivel is, és ennek eredményeként olyan diszruptív innovációk (Christensen, et al., 2015) jöhetnek létre, melyek egy teljes iparágban változást idézhetnek elő. Az alábbi ábra összefoglalja a szervezeten belüli és kívüli változás jelentőségét: a szervezetközi (innovációs) hálózatok segítik a szervezetek saját adaptációját a környezeti változásokhoz, de egyúttal lehetőséget teremtenek az iparág és a versenykörnyezet megváltoztatására is (4. sz. ábra). (Csedő & Zavarkó, 2020)



4. ábra: Innováció és változás a szervezeten belül és kívül

Forrás: Csedő & Zavarkó, 2020

2.4 Változásvezetés

A kutatás változásvezetés megközelítése egyrészt az előző fejezetben bemutatott stratégiai összefüggésekre épül. Másrészt építkezik a bevezetésben kifejtett azon gondolatra is, hogy a tudományelméleti szempontból egymással ellentétes álláspontok integrálása hozzájárulhat a komplex szervezeti jelenségek jobb megértéséhez és irányításához. Ezzel összhangban, a szervezeti változás és változásvezetés tárgyalásában nemcsak tudományelméleti szinten, de a változásvezetéshez kapcsolódó szakirodalomban fellelhető ellenpontok szintjén is integrálása is fontos lehet (például felülről-alulról építkező változás megvalósítása). (Csedő & Zavarkó, 2019b)

2.4.1 A szervezeti változás jelensége

2.4.1.1 A szervezeti változás szükségessége és vezetése

Már évtizedekkel ezelőtt számos kutatás bizonyította, hogy azok a szervezetek képesek életben maradni, melyek működésüket környezetükhöz képesek illeszteni (lásd például Burns és Stalker, 1961; Lawrence és Lorsch, 1967; Teece, 2007). A változó környezethez való alkalmazkodás azonban nem egyszerű feladat, mivel minden szervezet törekszik egyfajta stabilitásra, tehát a változásvezetést a szervezeti inerciával szemben kell tudni megvalósítani (Dobák, 2002). A szervezeti változás tehát a környezethez történő adaptáció miatt szükséges, mely három típusú lehet (6. sz. táblázat).

Adaptáció típusa	Ismérv
Reaktív	A külső környezetben bekövetkezett változások után történő változás
Preaktív	A környezet változásait megelőző változások eszközölése
Proaktív	Kísérlet a környezeti feltételrendszer megváltoztatására

6. táblázat: Az adaptáció típusai

Forrás: Dobák, 2002 alapján

A szervezetekben egyszerre nagyon sok és sokféle változás történhet (Dobák, 2002). Mivel Burnes (2014) rámutat, hogy „a változásvezetés nem egy szigorú és világosan

definiált határokkal elkülönülő terület” (Burnes, 2014, p. 8), fontos saját definíciókat explicitté tenni a változásvezetés mélyebb tárgyalása előtt. Jelen értelemzés szerint a változásvezetés a *környezeti adaptáció* és a *szervezeti megújulás* érdekében történő szervezeti változások vezetését jelenti. Fontos rámutatni, hogy a változásvezetés nemcsak a külső tényezők változása miatt szükséges, mivel a belső tényezők is változást generálhatnak a szervezetben. Ebből következően: A változásvezetés olyan vezetői tevékenység, melynek célja a környezeti adaptáció és szervezeti megújulás érdekében szükséges változások felismerése, előkészítése, tervezése, megvalósítása és fenntartása. A belső tényezők miatt szerepel változásvezetés definícióinkban a *környezeti adaptáció* mellett a belső tényezőkre is utaló *szervezeti megújulás* is. (Csedő & Zavarkó, 2019b)

2.4.1.2 A szervezeti változás és az irányított változás tartalma

Dobák (2002) alapján, a szervezeti változások esetén a szervezet lényeges jellemzőiben megfigyelhető változásokról beszélünk, melyek adott környezeti és szervezeti szituációban értelmezhetők. Ezek különböző intenzitással egyidejűleg is változhatnak, továbbá egymásra jelentős kölcsönhatást fejthetnek ki. A lényeges jellemzők általában a következők lehetnek:

- 1) Stratégia
- 2) Struktúra
- 3) Kultúra
- 4) Magatartás
- 5) Technológia
- 6) Működési folyamatok
- 7) Outputok
- 8) Hatalmi viszonyok.

Kutatásom fókuszában az irányított szervezeti változás áll, melynek tartalma Dobák (2002) alapján a következő:

- 1) a lényeges jellemzők közül legalább egy megváltozik;
- 2) a változás mértéke az adott környezeti-szervezeti kontextusban jelentősnek mondható (a szervezeti változás típusaival részletesen a következő részben foglalkozunk);

- 3) a vezetés tudatosan irányítja vagy befolyásolja a változást, annak irányát és folyamatát.

2.4.1.3 Szervezeti változás belülről és kívülről

A szervezet nyitott rendszerként való értelmezése alapján – mely szerint a szervezet folyamatos kapcsolatban van külső környezetével (Dobák, 2002) –, a szervezeti változást külső és belső tényezők egyaránt okozhatják. A változást szükségessé tevő külső tényezők a stratégiai menedzsment eszköztárával meghatározhatók (például PESTEL, a porteri „öt erő” modell). Ilyen változást generáló tényezők lehetnek például az alábbiak:

- a) Globális trendek (például digitalizáció, fenntarthatóságra való törekvés)
- b) Az iparági életgömbén történő előrehaladás
- c) Az iparági belüli verseny megváltozása (akár a makrotrendek, akár az iparági szereplők stratégiai akciói, akár a szabályozói környezet változása miatt)
- d) Termék-életgömbén történő előrehaladás
- e) Új invenciók és innovációk. (Cummins & Worley, 2001; Balaton, et al., 2009)

A külső környezetnek megfelelő, stratégiai szintű tényezők szintén szervezeti változásokat generálhatnak, mely az alábbiak lehetnek:

- a) Növekedés, egyaránt mennyiségi (például alkalmazotti létszám) és minőségi (például K+F+I, új termékfejlesztés) értelemben;
- b) Felvásárlások és összeolvadások;
- c) Változás a felsővezetői csapatban;
- d) Új vízió vagy küldetés. (Cummins & Worley, 2001; Balaton, et al., 2009)

A szervezeti változást belülről vizsgálva, Dobák (2002) alapján különbséget tehetünk inkrementális és radikális változás között (7. sz. táblázat).

Inkrementális változás	Szemponatok	Radikális változás
Egy vagy néhány lényeges szervezeti jellemző változik	A változás terjedelme	Számos vagy az összes lényeges szervezeti jellemző változik
A megváltozó szervezeti jellemző kismértékű módosulása	A változás mértéke	A szervezeti jellemzők nagy mértékű változása
Adott szervezeti egységre korlátozó változások	A változás hatóköre	A szervezet egészét érintő változások
A szervezet egy vagy néhány hierarchikus szintjét érintő változások	A változás szintje	A szervezet minden hierarchikus szintjén ható változások
Lépésről lépésre bekövetkező kevésbé látványos változások	A változás módja	Nagyobb, látványos ugrások révén bekövetkező változások
Viszonylag lassan bekövetkező változások	A változás sebessége	A változások viszonylag gyorsan következnek be
A szervezet külső alkalmazkodásának előmozdítása és/vagy a szervezeti alrendszerek, struktúrák és folyamatok belső illeszkedésének továbbfejlesztése	A változás alapvető célja	A szervezet külső alkalmazkodásának előmozdítása és/vagy a szervezeti alrendszerek, struktúrák és folyamatok új konfigurációjának létrehozása
Az alsóbb szintű vezetők vagy a felső vezetés irányítja	A változás irányítása	A felsővezetés irányítja

7. táblázat: Inkrementális és radikális változás

Forrás: Dobák, 2002

Burnes (2014) a változás sebességét a változás mértékétől elkülönítve vizsgálja, mely alapján a változás lehetséges tárgya másként is meghatározható (5. sz. ábra):



5. ábra: A szervezeti változás sebessége és tárgya

Forrás: Burnes, 2014

Az ábra arra mutat rá, hogy míg a lassú változásnál lehetséges a magatartás és a szervezeti kultúra átformálása, addig a gyors változásnál csak a rendszerek (struktúra és folyamatok) átalakítására van lehetősége a vezetésnek. (Csedő & Zavarkó, 2019b)

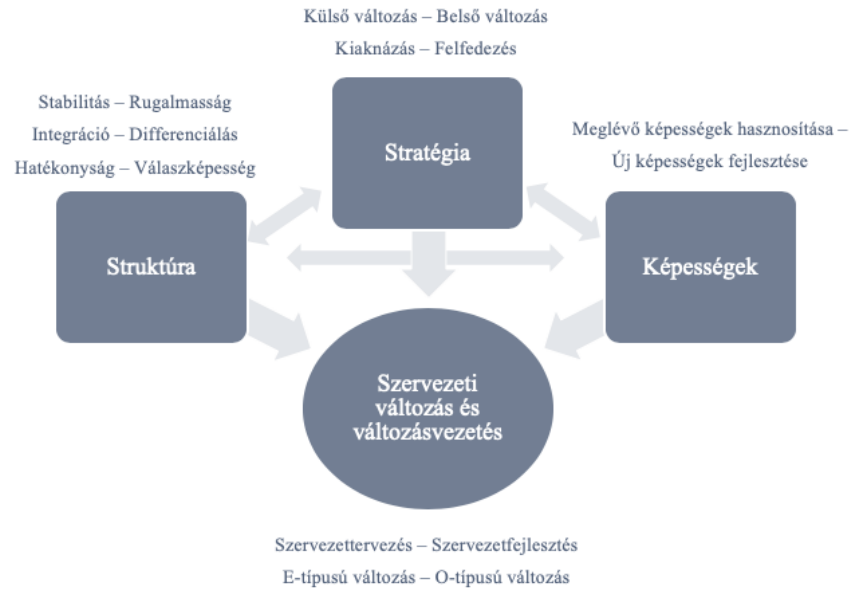
Ha változást a külső környezethez történő kapcsolódás szerint vizsgáljuk, Burke és Litwin (1989) modellje emelhető ki, amiben tranzakciós és transzformációs változókat különböztetett meg, ok-okozati összefüggések feltárásával. A környezet változása először a transzformációs változókon keresztül hat a tranzakciós változókra, melyek végül a szervezeti teljesítményt meghatározzák (Csedő, 2006). A transzformációs változók, melyek a külső környezettel közvetlen kapcsolatban állnak, Burke és Litwin szerint a következők:

- 1) stratégia
- 2) leadership
- 3) kultúra.

A transzformációs változások az egész szervezetet jelentős mértékben érintik, és alapjaiban változtatják meg a szervezet jellemzőit. Burke és Litwin (1989) alapján tehát azt mondhatjuk, hogy a szervezeti változás háttérében elsősorban külső környezeti változás áll. (Csedő & Zavarkó, 2019b)

2.4.2 A szervezeti változás kontextusa – megújulási dilemmák

Változásvezetés megközelítésünk szerint (Csedő & Zavarkó, 2019b) a szervezeti megújulásra, az innovációval összefüggő szervezeti változásra számos „erő” hat és a változásvezetés koncepció a szervezeti változás háttérében álló „erők” azonosítására építhető. Mivel ezek az erők sokszor ellentétes irányból jönnek és/vagy ellentétes irányba mutatnak, így megújulási és egyensúlyi dilemmákat azonosíthatunk. Ezeket a 6. sz. ábra mutatja.



6. ábra: A szervezeti változás kontextusa

Forrás: Csedő – Zavarkó, 2019b

A változásvezetés mögött álló egyensúlyi és megújulási dilemmák a következők:

1) Stratégiai nézőpont:

A külső környezeti változás miatt belső változásra van szükség, viszont a túl nagy fokú alkalmazkodás újabb környezeti változás esetén már hátránnyá válhat (Burgelman, 1991)¹⁰. Így olyan szervezeti változásokat kell megvalósítani, melyekkel egyensúly teremthető vagy tartható fenn a kiaknázás és a felfedezés (Duncan, 1976) között.

2) Strukturális nézőpont:

A szervezeti változás eredményeként létrejött struktúrájának egyszerre kell megfelelnie a stabilitás és rugalmasság (Dobák, 2002), a differenciálódás és integráció (Lawrence és Lorsch, 1967), illetve a (globális) hatékonyság és (lokális) válaszképesség (Bartlett & Ghosal, 2002) szempontrendszerének.

3) Képesség-alapú nézőpont:

A változásvezetésnek egyszerre kell foglalkoznia meglévő szervezeti képességek hasznosításával és azok dinamikus képességek általi újrakonfigurálásával, illetve

¹⁰ Ez az ún. adaptációs paradoxon.

új képességek és dinamikus képességek fejlesztésével. (Teece et al., 1997; Teece, 2016; Grant, 1996)

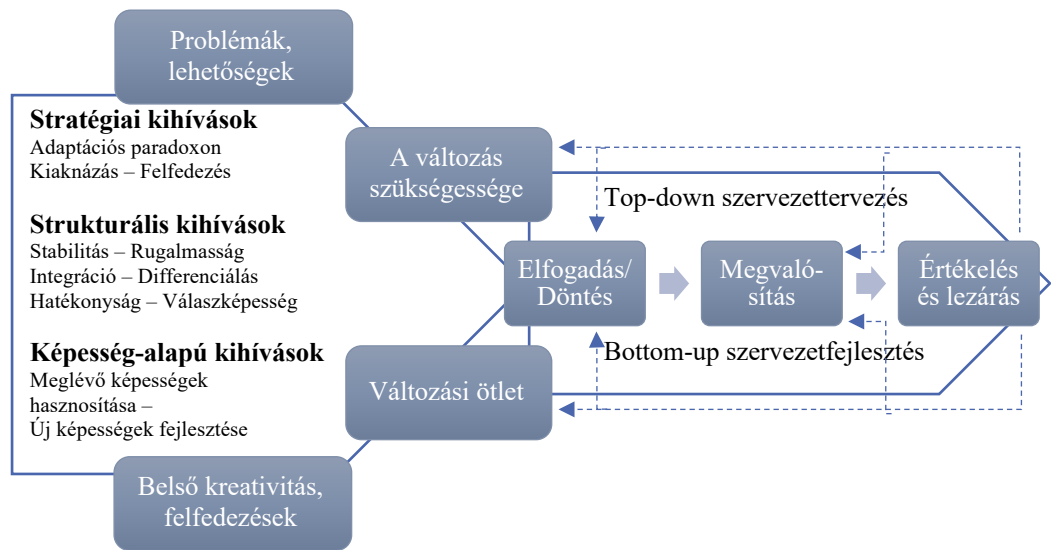
4) Vezetői nézőpont:

A változásvezetés fontos kihívása, hogyan integrálja a top-down szervezettervezés (Dobák, 2002) és E-típusú változás folyamatába (Beer & Nohria, 2000) a bottom-up szervezetfejlesztés és az O-típusú változás szempontjait.

2.4.3 A szervezeti változás átfogó folyamatmodellje – a megújulási dilemmák tükrében

Az előző fejezetben bemutatott ellentétes erőket integráló folyamatmodellt a 7. sz. ábra mutatja. Az eredeti modell Daft (1989) munkája, a fenti modellhez pedig ennek Dobák (2002) által értelmezett változatát dolgoztuk át, egészítettük ki a megújulási dilemmák aspektusából témavezetőmmel. (Csedő & Zavarkó, 2019b)

A modell alapeleme, hogy a változás szükségességének felismerése és a változási ötlet megszületése egyaránt peremfeltétel a változás elindításához. Szintén kiemelendő a visszacsatolási funkció, mely nemcsak a megvalósításra, hanem a célkijelölésre is vonatkozhat, illetve újabb változásokat vagy továbbfejlesztéseket generálhat. A kiegészítés lényege, hogy a szervezeti változás háttérében stratégiai, strukturális és képesség-alapú dilemmák állhatnak, illetve a sikeres változásvezetés integrálja a top-down és a bottom-up megközelítéseket. (Csedő & Zavarkó, 2019b)



7. ábra: A szervezeti változás átfogó folyamatmodellje

Forrás: Csedő – Zavarkó, 2019b

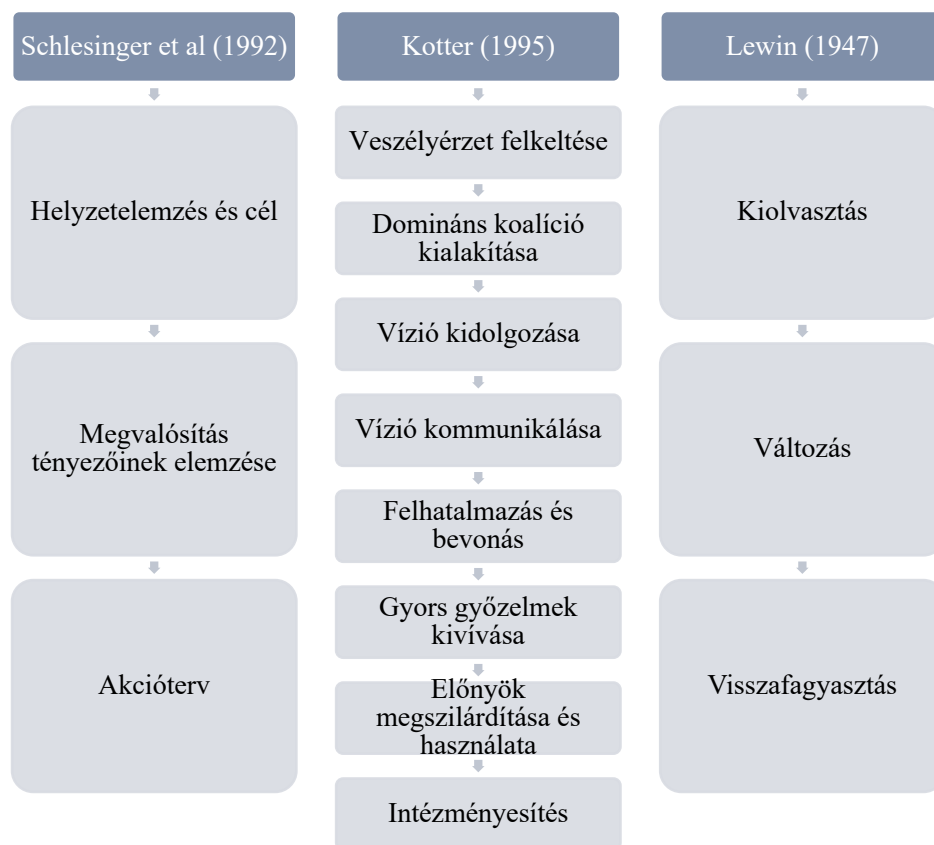
2.4.4 A változásvezetési folyamat lépései

A következőkben először korábbi kiemelkedő folyamatmodelleket, majd az ezeket integráló, illetve további szakirodalmi megállapításokat is magába foglaló integrált változásvezetési folyamatot ismertetek.

2.4.4.1 Visszatekintés

Cummings és Worley (2001) alapján az érzékenyítés a belső változások elindulásának feltétele. Az érzékenyítés célja, hogy a külső környezet változásai „megugorják azt a lécezt”, melyre a vezetők már felfigyelnek. Amennyiben a lécezt túl magasan van, a változásokra már nem lehet időben reagálni, ezért arra kell törekedni, hogy a vezetők kapcsolataik (például tanácsadók) vagy az alkalmazott teljesítménymérési módszerek (például versenytársak teljesítményének monitorozása) révén „külső” szemmel is ránézessenek a vállalatra.

A változási igény felmerülése utáni folyamatlépéseket a szakirodalom sokféleképpen tárgyalja, melyek közül Schlesinger és társai (1992), Lewin (1947) és Kotter (1995) modelljei különböző szempontokból lényegesek (8. sz. ábra).



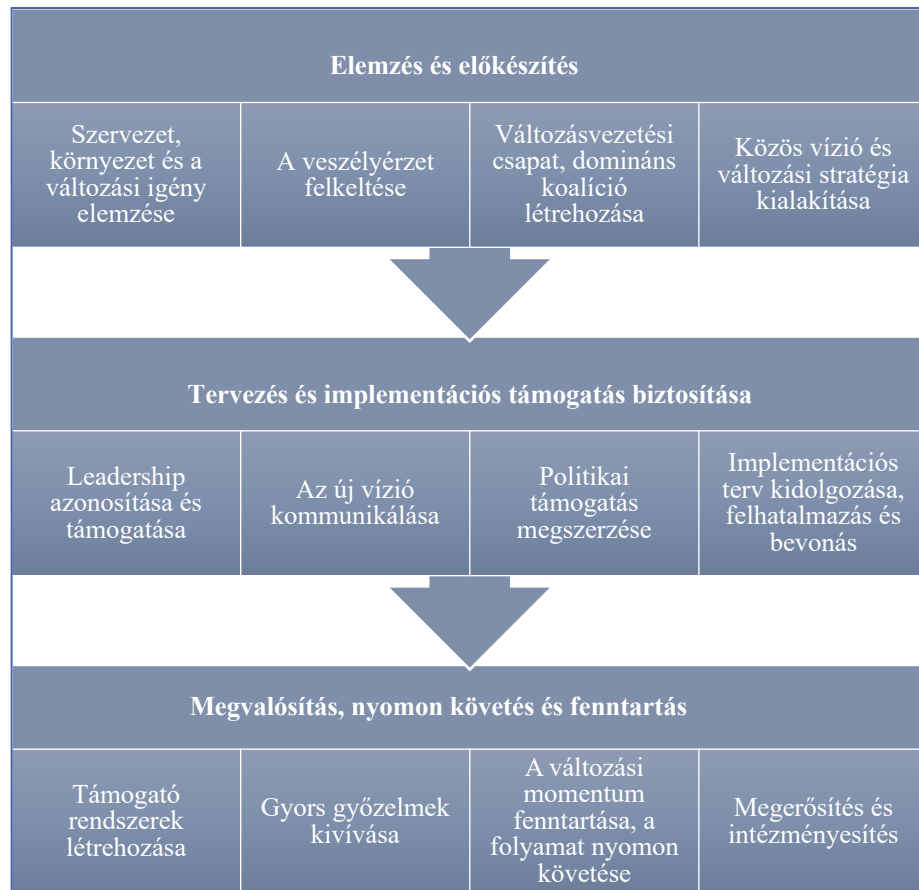
8. ábra: Schlesinger (1992), Kotter (1995) és Lewin (1947) folyamatmodelljei

Forrás: Csedő – Zavarkó, 2019b

Schlesinger és munkatársai (1992) szerint minden változási folyamatnak helyzetelemzéssel kell kezdődnie, mely során világosan kirajzolódik a probléma jelentősége, megoldásának sürgőssége és a szükséges változás meghatározása. Lewin (1947) rámutat a változást megelőző, ún. kiolvasztási fázis fontosságára, melynek középpontjában a változás szükségességének széleskörű érzékeltetése áll, és a régi, rutinná vált szervezeti jellemzők hitelessége és fenntarthatósága megkérdőjeleződik. Szintén kiemelendő a visszafagyasztási fázis, mely tartóssá teszi a véghez vitt változásokat. Kotter (1995) modelljének értéke az előző modellek nagyobb fázisainak szétbontása és ötvözése a leadership (vízió és kommunikáció), a politikai (domináns koalíció) és a bottom-up megközelítéssel (felhatalmazás és bevonás). (Csedő & Zavarkó, 2019b)

2.4.4.2 Az ellentétes megközelítéseket integráló változásvezetési modell

A következőkben egy integratív modellt mutatok be részletesen, melyben mindhárom fenti modell főbb megfontolásai és további szakirodalmi megállapítások is megjelennek. A változásvezetési folyamat három fő fázisból áll, melyek egyenként négy-négy átfogóbb tevékenységet tartalmaznak (9. sz. ábra).



9. ábra: Integrált változásvezetési modell

Forrás: Csedő - Zavarkó, 2019 ¹¹

A szakirodalom nem egységes a szervezeti változás folyamatlépéseinek egymásra épülésében. Az integrált modell fontos tulajdonsága, hogy a fázisokon belüli átfogóbb tevékenységek felsorolása logikailag többé-kevésbé egymásra épül, de a modell közöttük nem definiál szigorú szekvencialitást. Egy-egy tevékenységpár fordított sorrendben is elvégezhető, vagy egyszerre is történhetnek. Például a változásvezetési csapat

¹¹ (Lewin, 1947) (Schlesinger & Kotter, 1992) (Kotter, 1995) (Cummings & Worley, 2001) (Jick & Peiperl, 2003) (Luecke, 2003) (Burnes, 2014) (Smith, et al., 2014) (Hayes, 2018) alapján

megalkotása megelőzheti a veszélyérzet felkeltését, főleg, ha egy nagyobb szervezetről beszélünk, ahol egyetlen karizmatikus leader nem képes egyszemélyben közvetíteni az üzenetet a változás életbe vágó fontosságáról. Ezt a felcserélhetőséget illusztrálja a tevékenységek egymás melletti felsorolása. Szintén egyedi a modellben, hogy a megvalósítást, nyomon követést és a fenntartást nem elkülönült fázisonként, hanem együtt kezeli. Ennek két oka van. Egyrészt nagyobb szervezeti változások és nagyobb szervezetek esetén a változás előrehaladottsága a szervezetben eltérő lehet: míg egyes szervezeti egységekben már átalakult a rendszer és intézményesíteni kell az új magatartást, előfordulhat, hogy máshol még csak az első projektek zajlanak. Másrészt, ha integráljuk a bottom-up szervezetfejlesztés és az O-típusú változás megfontolásait a változásvezetésbe, észre kell vennünk, hogy az átalakulás egy tanulási folyamat, mely során a szervezeti magatartás folyamatosan alakul, így nem beszélhetünk sorrendiségről a szervezeti magatartás megváltozása és a rutinok beágyazódása között. Ezzel ellentétben viszont az Elemzés és előkészítés egyes elemei (például a közös vízió kialakítása), illetve a Tervezés és implementációs támogatás egyes elemei (például az operatív tervezésbe való bevonás vagy a vízió kommunikálása) az alulról építkező megközelítést integrálva is egymásra épülnek (hiszen a közös vízió hiányában nem lehet annak megfelelően viselkedni vagy a víziót kommunikálni). (Csedő & Zavarkó, 2019b)

2.4.4.3 A változásvezetési stratégiákba integrálható ellentétes elemek

Chin és Benne (1985) a változás megvalósítására négy stratégiát dolgozott ki:

- 1) *Normatív-reedukatív,*
- 2) *Racionális-empirikus,*
- 3) *Akció-centrikus,*
- 4) *Erőviszonyok által meghatározott.*

A változásvezetési stratégiák első három típusába – a változásvezetés szakirodalomban fellelhető eszközöket felhasználva – integrálható top-down és bottom-up elem is, melyek a következők (8. sz. táblázat):

	A változásvezetés jellege (Dobák, 2002; Beer-Nohria 2000 alapján)	
Stratégia (Chin – Benne, 1985)	Top-down elem	Bottom-up elem
Normatív-redukatív	Leadership, példamutatás és kommunikáció (Kotter,1995; Smith, et al., 2014; Hayes, 2018)	Bevonás és részvétel (Cummings és Worley, 2001)
Racionális-empirikus	Változásügynökök általi befolyásolás (Cummings és Worley, 2001)	Csoportos problémamegoldás és tanulás (Hughes, 2010; Argyris és Schön; 1978; Senge, 1999; Burnes, 2014)
Akció-centrikus	Erőforrás-allokáció a projektek között (Turner, 2009; Jarocki, 2011)	Interakció a projekt és az alapszervezet között (Csedő, 2006; Parker et al., 2012)
Erőviszonyok által meghatározott	Vezetői jutalmazás vagy büntetés (Nutt, 1986)	

8. táblázat: Top-down és bottom-up elemek integrálása a változásvezetési stratégiákba

Forrás: Csedő – Zavarkó, 2019b alapján

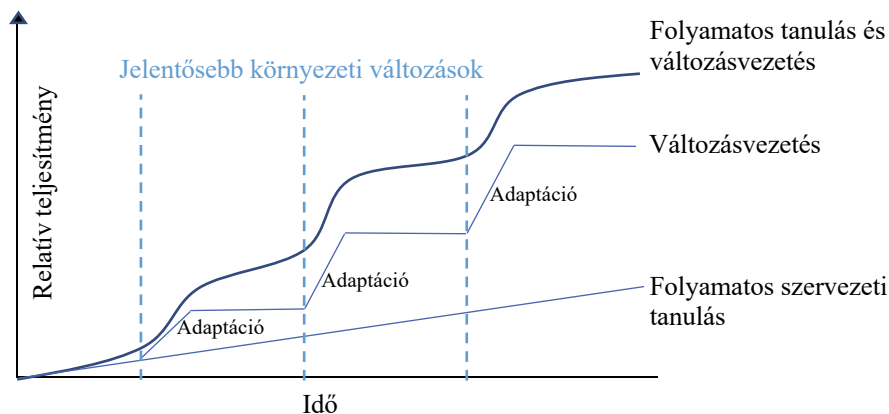
2.4.5 Az egyedi változásvezetés és a folyamatos szervezeti tanulás integrálása

Az eddigiek során a változást egyedi jelenségként és a változásvezetést lineárisan modelleztük, ebben a fejezetben viszont a folyamatos változás koncepciójával foglalkozunk. Eszerint a folyamatos, kismértékű változás (melyet még nem tekintünk a változásvezetés tárgyának) jelen van a szervezet mindennapos működésében (Dobák, 2002).

A kismértékű szervezeti változás azért folyamatos, mivel a külső környezet sem teljesen stabil, és a szervezet nyitott rendszerként kölcsönhatásban van a folyamatosan változó környezetével (Dobák, 2002). Másrészt a szervezet egésze folyamatosan tanulhat,

hiszen a szervezet tevékenysége akció-eredmény kapcsolatokra bontható, a tapasztalatokból történő (legalább egyhurkos) tanulás pedig állandó jelenség.

A szervezeti tanulás számos definíciója közül a környezeti adaptációs megközelítéshez a legközelebb a következő áll: „A szervezeti tanulás az akciók javításának *folyamatát* jelenti magasabb szintű tudás és megértés révén.” (Fiol és Lyles, 1985, p.803)



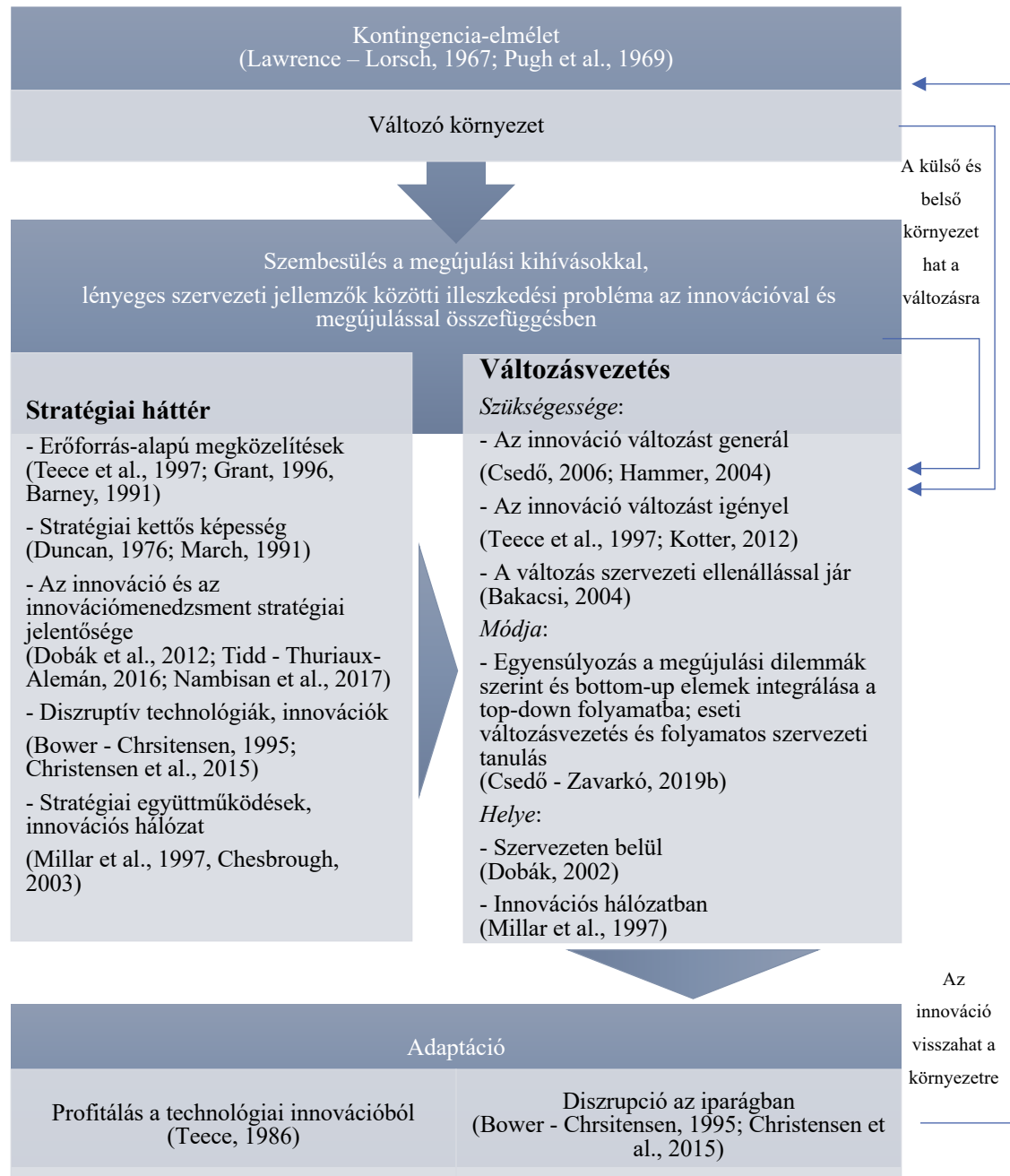
10. ábra: A folyamatos szervezeti tanulással párhuzamos eseti változásvezetés

Forrás: Csedő – Zavarkó, 2019b

A diagram függőleges tengelyén a „relatív teljesítmény” látható és nem az abszolút teljesítmény. Ennek megkülönböztetése azért fontos, mivel a környezeti változáshoz történő adaptáció nem szükségszerűen jelenti az abszolút teljesítmény (például a profit) növekedését; hiszen az is lehet, hogy az adaptáció „csak” a teljesítmény fenntartásához elég. A relatív teljesítmény növekedése azt jelenti, hogy a szervezet jobban teljesít ahhoz képest, mintha nem tanulna tudatosan, és nem adaptálna a megváltozott környezethez (9. sz. ábra). Amennyiben a folyamatos változás a szervezeti tanulásba történő befektetésekkel párosul és szervezeti mechanizmusok támogatják a többhurkos tanulást, úgy a teljesítmény változó környezetben is fenntartható vagy növelhető. Mivel a környezeti változás elérhet egy olyan mértéket, mely az útfüggőség miatt meghaladja a folyamatos tanulás általi adaptáció lehetőségeit, a változásvezetés szerepe egy-egy nagyobb szervezeti változással a nagyobb környezeti változásokhoz történő adaptáció megvalósítása. A folyamatos szervezeti tanulás katalizálhatja is az eseti változásvezetés eredményét. (Csedő & Zavarkó, 2019b)

2.5 Az elméleti keretrendszer összefoglalása

A fejezetben ismertetett szakirodalmi elemzés alapján a következő elméleti keretrendszert alkottam kutatásom kontextusba helyezésére és fókuszának tisztázására (11. sz. ábra).



11. ábra: PhD kutatásom elméleti keretrendszere

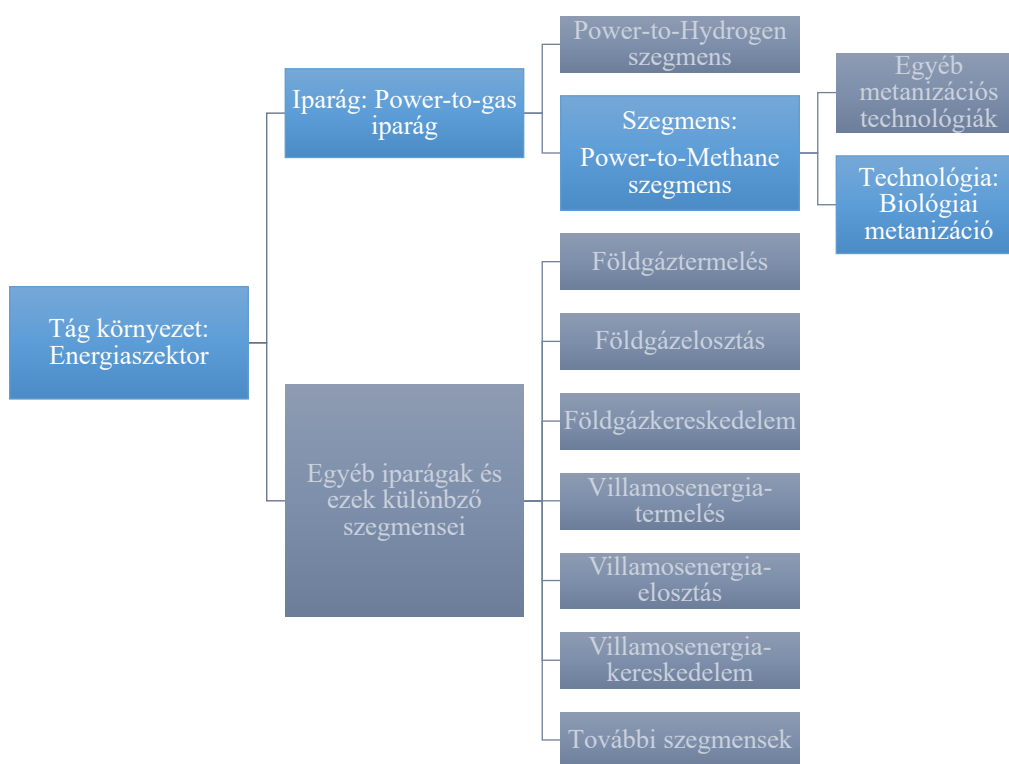
Forrás: saját szerkesztés

Az ábra arra mutat rá, hogy elméleti keretrendszerem a kontingencia-elméletre épül, és így a változó környezetben a vállalatok számára szükséges az adaptáció. Az adaptációhoz stratégiai döntéseket kell hozni, melyek mögött megközelítem szerint a stratégiai kettős képesség biztosításának célja kell, hogy legyen. A gyorsan változó környezet miatt a stratégiai döntéseket a belső erőforrásokra építve (azokat fejlesztve, újrakombinálva) kell meghozni. Továbbá elfogadom, hogy a diszruptív technológiák alapvetően képesek megváltoztatni az iparági versenyt.

A stratégiai irányok kijelölése után a felsővezetés szembesül(het) azzal, hogy a lényeges szervezeti jellemzők nem illeszkednek a stratégiai célokhoz, a képességeket fejleszteni, újrakombinálni lenne szükséges a (technológiai) innováció érdekében. Ez szervezeti változást és változásvezetést tesz szükségessé. Elfogadom, hogy nemcsak az innováció megvalósítása igényel változást, de az innováció megvalósulása (például egy új technológia bevezetése) is változással jár és változásvezetést igényel a szervezeti ellenállás miatt. A változásvezetést stratégiai, strukturális, képesség-alapú és vezetői jellegű megújulási dilemmák közötti egyensúlyozással kell megvalósítani. Megközelítemben az innováció érdekében történő változásvezetés fontos eszköze a tudásfejlesztés és az együttműködés más szervezetekkel. Amennyiben az innovációs tevékenységek együttműködésben történnek, nemcsak egyetlen szervezeten belül történhet szervezeti változás. Mivel a folyamat célja a profitálás a technológiai innovációból, melyhez gyakran szükségesek az együttműködő partnerek komplementer erőforrásai is, az innováció náluk is változással járhat. A megvalósult technológiai innováció az erőforrás-alapú iskola alapvetései alapján visszahat a környezetre, és ha az új megoldás diszruptív, alapvetően befolyásolhatja az iparági versenyt.

3 A KUTATÁS IPARÁGI KÖRNYEZETÉNEK BEMUTATÁSA A SZAKIRODALOM ALAPJÁN

PhD kutatásom környezete tágan értelmezve a magyarországi energiaszektor, ezen belül a power-to-gas (P2G) iparág, ezen belül pedig a power-to-methane (P2M) szegmens (biometán előállítása). A P2M szegmensben pedig az újabb és innovatívabb biológiai metanizációs technológiára fókuszálok majd (12. sz. ábra).



12. ábra: Kutatásom környezete és fókusza

(kékkel a releváns, szürkével a nem releváns területek)

Forrás: saját szerkesztés

A következőkben a fenti struktúra szerint ismertetem kutatásom környezetének főbb jellemzőit a szakirodalom alapján.

3.1 Energiaszektor

3.1.1 Globális átalakulás

Az energiaszektor globális átalakuláson megy keresztül, melynek főbb trendjei a fenntarthatóságra való törekvés (Ergüden & Çatlioglu, 2016), a megújuló energiák térnyerése (Bollino & Madlener, 2016), a decentralizált megoldások terjedése (Adil & Ko, 2016), az okos eszközök egyre szélesebb körben való használata (Alagoz & Kaygusuz, 2016) és az energiahatékonyságra és –biztonságra való fókuszálás (Costa-Campi, et al., 2014). Schaeffer (2015) a változás hajtóerői közé általános makrokörnyezeti tényezőket (például globális gazdasági válságok, geopolitikai feszültségek, klímaváltozás), illetve iparági jelenségeket sorol (például a fejlődő országok növekvő energiaszükséglete, az Egyesült Államok palaolaj és palagáz kitermelésének hirtelen növekedése, az atomenergia háttérbe szorulása, az olaj piaci árának és jelentőségének folyamatos változása, a megújuló energia technológiák drasztikusan csökkenő költsége). E változások, illetve bevezetésben említett iparági trendek megújulási kényszert jelentenek, melyekhez speciális menedzsment kihívások is kapcsolódnak:

1. A fenntarthatóság összeegyeztetése a kettős értékteremtéssel: Høgevold és Svensson (2012) hangsúlyozzák, hogy a vállalati fenntarthatósági törekvés nem a növekedés és a profitmaximalizálás alternatívája, inkább kiegészítő cél.
2. Politikai szabályozásnak való megfelelés: A fenntarthatósági kezdeményezések, egyezmények és irányelvek az energetikai vállalatok piaci és fejlesztési tevékenységeinek alakítása szempontjából meghatározóak, például az Európai Uniónak jelentősen fel kell gyorsítania a helyi naperőművek üzembe helyezésének az ütemét ahhoz, hogy 2050-ig teljes mértékben karbonsemleges legyen a villamosenergia-ellátás (Jäger-Waldau, 2019), és a megújuló energiák energiarendszerbe történő integrációja során jelentkező kihívásokkal is meg kell küzdeni (Sarkar & Odyuo, 2019).
3. Infrastruktúrával kapcsolatos kihívások: Az energetikai vállalatoknak az iparági változás kihívást jelent egyrészt a fizikai infrastruktúra vonatkozásában, mivel a decentralizált megoldások nem teljes mértékben kompatibilisek a meglévő fizikai rendszerekkel; illetve üzleti téren is, mivel új típusú üzleti, tulajdonlási és

működtetési modellekre van szükség: például (1) fogyasztói rendszerek, (2) kisebb közösségi rendszerek, (3) vegyes rendszerek az energetikai cégek közreműködésével vagy (4) önkormányzati rendszerek kialakítására (Adil - Ko, 2016). Luthra és társai (2014) rámutatnak, hogy a növekvő energiaszükségletet és energiahatékonyság iránti igényt a hálózatok működtetésének optimalizálásával elégíthetik ki az energetikai vállalatok, mindehhez pedig az okos eszközök használatára van szükség. Schaeffer (2015) ezzel kapcsolatban pedig arra mutat rá, hogy a szükséges és terjedő új ICT megoldások új kontroll rendszereket és stratégiákat is igényelhetnek. (Csedő, et al., 2018)

E kihívásoknak való megfelelést az általános menedzsment kihívásokon túl energiaszektor speciális történeti helyzetéből fakadó sajátosságok is nehezítik. Nisar és társai (2016) a napjainkban gyakran alkalmazott nyitott innovációs szemléletet támogató szervezeti struktúra megvalósulását vizsgálta energetikai cégek esetében. A szerzők rámutatnak, hogy a szervezeti nyitottság (és ezáltal az innovációs képesség) nemcsak belső szervezeti tényezőktől függ. Az energiaszektor a legtöbb fejlett országban részletes és szigorú szabályozás, merev intézményi keretrendszer jellemzi, s a külső környezet szervezeti lecsapódása a nyitottságot, együttműködést, innovációt kevésbé támogató struktúrákat eredményez (Nisar et al, 2016). A szerzők arra is utalnak, hogy a rugalmatlan szabályozási és szervezeti környezet abból fakad, hogy történelmileg az energia közjónak minősül, illetve az energiaellátás kontrollálása és biztosítása nemzetállami szinten kritikus tevékenységnek számít(ott). Ebből a jelenségből következett a korábban domináns állami szerepvállalás és tulajdonlás az energiaszektorban, melyet az 1990-es években jelentős privatizációs hullám, majd napjainkban az állami tulajdon részesedésének újbóli növekedése követett (Cullmann et al, 2016). A külső szigorú szabályozás mellett belső rugalmatlanság is jellemzi az energetikai nagyvállalatokat. Costa-Campi és társai (2014) megállapították, hogy a vállalat nagy mérete a kutatás-fejlesztés hátráltató tényezője lehet, elsősorban a beruházás indokoltságát és célját, tárgyát érintő kérdésekben való döntés hosszadalmassága, nehézségei miatt; ráadásul ez a jelenség az energiaszektorban még relevánsabb, mivel jellemzően az iparág erősen koncentrált (Costa-Campi et al, 2014). (Csedő, et al., 2018)

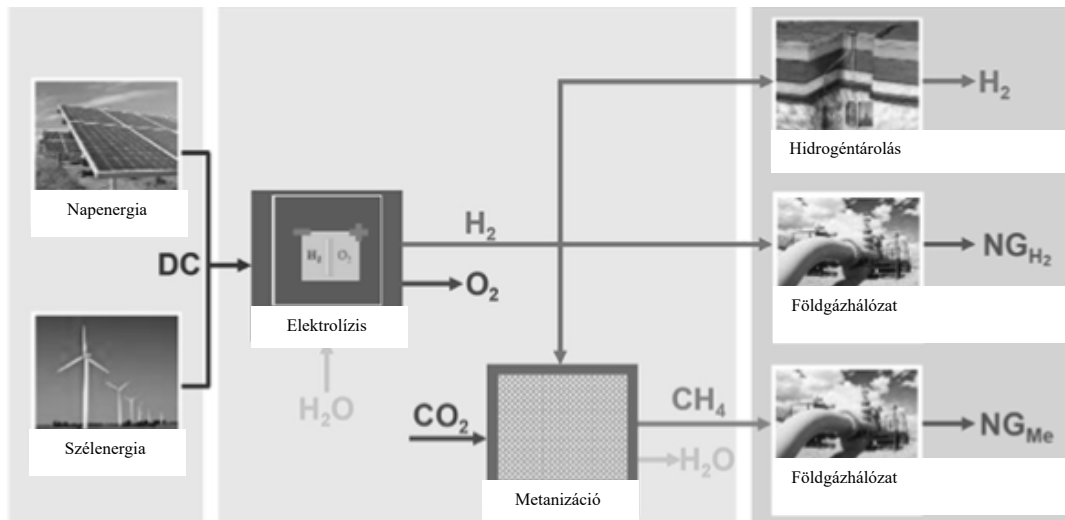
Végül, a kutatások alapján a hagyományos technológiák és erőforrások használata is a megújulást nehezíti. Az OECD (2011) kutatásai szerint a meglévő, hagyományos technológiák dominanciája nehezíti az innovációs folyamat megkezdését új területeken, de negatív hatással van az innovációs tevékenységekhez kapcsolódó eredményelvárások konszenzusának létrejöttére is. Markard és Truffer (2006), illetve Salies (2010) a fosszilis és nukleáris energia technológiák létét és használatát a megújuló energiákkal kapcsolatos radikális innovációk akadályának minősítik. A vállalati méret, a piaci koncentráció és a meglévő technológiák dominanciája egyaránt a szervezeti tehetetlenséget és az útfüggőséget erősítik. (Csedő, et al., 2018)

3.1.2 A power-to-gas technológia bemutatása

A power-to-gas fogalom egyszerű fordításban a villamos energiából gázt előállító technológiákat jelöli, ugyanakkor a szakirodalmi meghatározások részleteikben eltérőek. A power-to-gas nemzetközi irodalmát áttekintő tudományos munkákban a következő definíciók születtek:

1. Schiebahn és társai szerint a power-to-gas kifejezés kémiai energiahordozók előállítását jelenti, csúcsidőszakban termelt villamos energia felhasználásával. (Schiebahn, et al., 2015)
2. Götz és társai szerint a power-to-gas folyamat lényege a felesleges villamos energia átalakítása olyan gázzá, mely a gázhálózatba injektálható (Götz, et al., 2016).
3. Baleira és társai szerint a power-to-gas rendszer villamos energiából szintetikus földgázt állít elő. (Bailera, et al., 2017)
4. Ghaib és Ben-Fares szerint a power-to-gas egy olyan energiatárolási technológia, mely kémiai folyamatokkal dolgozik. (Ghaib & Ben-Fares, 2018)
5. Blanco és Faaij szerint a power-to-gas technológia a villamos energia átalakítását jelenti hidrogénné, azzal a lehetőséggel, hogy később szén-dioxiddal kombinálva metántermelés történjen. (Blanco & Faaij, 2018)

A power-to-gas folyamat főbb lépéseit a 13. sz. ábra mutatja.



13. ábra: A power-to-gas folyamat koncepciója

Forrás: Schiebahn, et al., 2015

A power-to-gas folyamat vázlatos leírása:

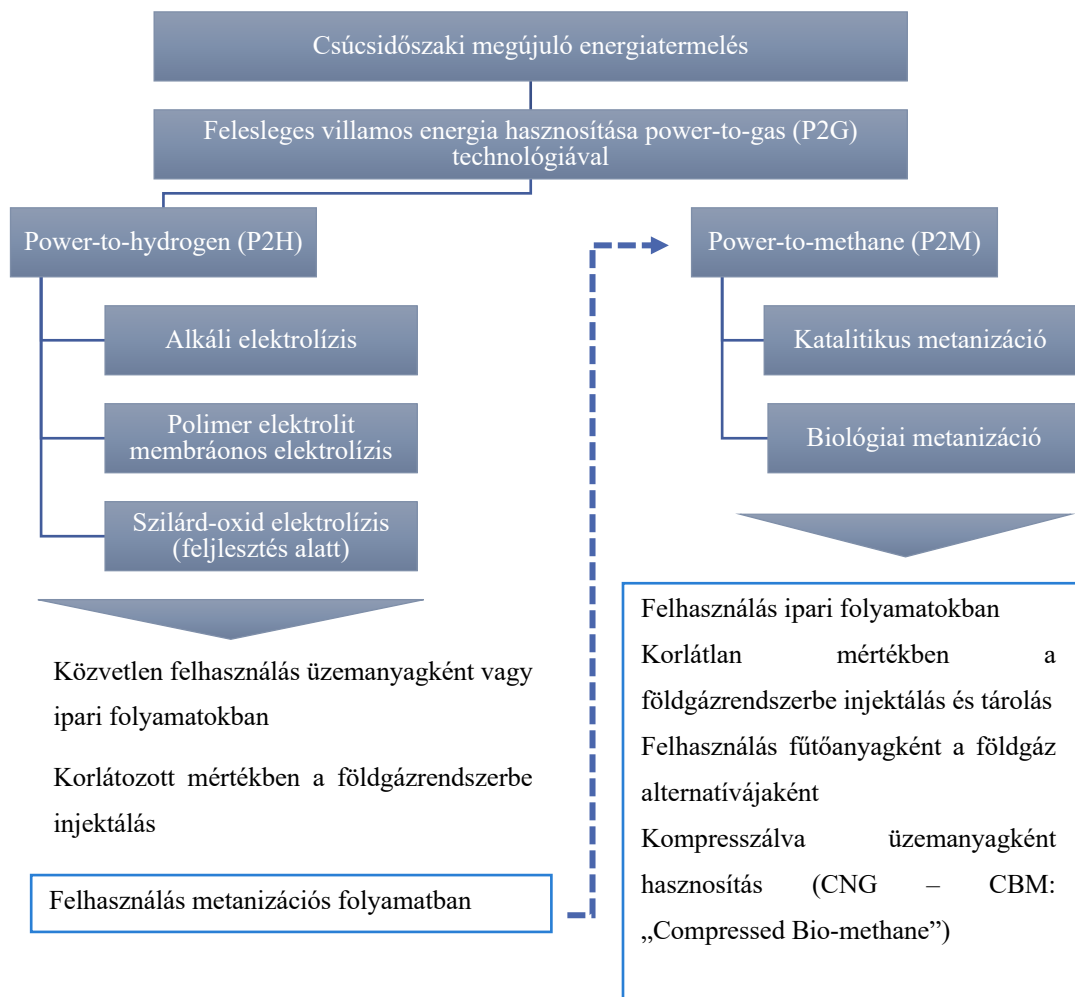
- a) A felesleges megújuló energia elektrolízishez kerül felhasználásra, és a vízbontás eredményeként hidrogén és oxigén keletkezik.
- b) Az elektrolízis képlete: $4H_2O \rightarrow 4H_2 + 2O_2 + H\ddot{o}$
- c) Az oxigén az elektrolízis mellékterméke, a hidrogén pedig
 - a. tárolható és felhasználható például üzemanyagként
 - b. korlátozott mértékben, a határértékek szerint a földgázrendszerbe injektálható
 - c. felhasználható a metanizációs folyamatban, metán előállítására.
- d) A metán előállításához a hidrogén mellett szén-dioxidra is szükség van
- e) A metanizáció képlete: $CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$
- f) A metanizációs folyamat mellékterméke víz, a metán pedig, mint a földgáz legfőbb összetevője, a földgázhálózatba injektálható.
- g) Amennyiben a villamos energia és/vagy a szén-dioxid megújuló forrásból származik (például biogázból, melynek kb. 40%-a metán, 60%-a szén-dioxid), úgy a végtermék esetében biometánról beszélhetünk. (Ferry, 1998; Fontaine, et al., 2017; Schiebahn, et al., 2015; Sinóros-Szabó, et al., 2018)

3.1.3 A power-to-gas iparág bemutatása

3.1.3.1 A power-to-gas iparág határai és technológiái

Blanco és Faaij (2018) power-to-gas definíciója jól kifejezi a power-to-hydrogen (P2H) és a power-to-methane (P2M) folyamatok egymásra épülését. Ez illeszkedik a megtermelt hidrogén alkalmazási területeihez is (Schiebahn, et al., 2015): közvetlen felhasználás (például üzemanyagként), a határértékek mellett korlátozott mértékű injektálás a földgázrendszerbe, kombinálás szén-dioxiddal metántermeléshez (Ikaheimo, et al., 2018; Galyas, 2018).

A P2H és a P2M esetében is különböző technológiák versenyeznek egymással. A legfrissebb szakirodalmi eredmények alapján a P2H folyamatot megvalósító elektrolízis három formáját alkalmazzák és kutatják. A széles körben alkalmazott alkáli elektrolízis és PEM (polimer elektrolit membrános) elektrolízis mellett (Götz, et al., 2016; Bailera, et al., 2017; Ghaib & Ben-Fares, 2018) új kutatási terület a magas hőmérsékletű (vagy szilárd oxid) elektrolízis, mely képes lehet integrálni a H₂O/CO₂ közös elektrolízist és metanizációs reakciókat (Luo, et al., 2018; Wang, et al., 2018). Azonban ez a technológia még csak fejlesztési szakaszban van, ellentétben a már kereskedelmi léptékben hasznosított alkáli elektrolízissel és PEM elektrolízissel (Ghaib & Ben-Fares, 2018). A P2M szegmensben a katalitikus (vagy Sabatier) és a biológiai metanizációs technológiák „versenyeznek” egymással (Götz, et al., 2016). A Sabatier folyamatban nikkell és ruténium alapú katalizátorokat használnak (Schiebahn, et al., 2015), míg a biológiai metanizáció során a metanogén mikroorganizmusok funkcionálnak biokatalizátorként (Götz, et al., 2016). Utóbbi magasabb teljesítményre képes, mivel a biológiai metanizációval 95% feletti hatékonyság, míg a katalitikussal csak 70-85%-os hatékonyság érhető el (Blanco & Faaij, 2018). A magas metántartalmú termékgáz a földgázhálózatba injektálható, és a földgáz alternatívájaként fűtőanyagként, kompresszálnva üzemanyagként, vagy egyéb ipari folyamatokban felhasználó (Ghaib & Ben-Fares, 2018). A biogáz feljavítás, mely során a CO₂ leválasztásra kerül a termékgázból, így növelve annak metántartalmát, abban az értelemezésben nem számít power-to-gas technológiának, melyben a villamos energia eltárolása és a szén-dioxid átalakítása feltétel (Bailera, et al., 2017). A bemutatott szakirodalmi megállapításokat a 14. sz. ábra összegzi. (Zavarkó, 2019a)



14. ábra: A power-to-gas technológia hozzáadott értéke és felhasználása
(a szakirodalmi áttekintés alapján)

Forrás: Zavarkó, 2019a

3.1.3.2 Nemzetközi power-to-gas fejlesztési projektek és tanulságaik

A következőkben a P2M szegmens projektjeivel foglalkozom, mivel a jelenlegi infrastrukturális adottságok mellett inkább a metanizációs technológiában rejlik magas energiatárolási potenciál (Blanco & Faaij, 2018). Amint az fentebb ismertetésre került, a P2M szegmensben a katalitikus és a biológiai metanizációs technológia kerül alkalmazásra. Baleira és társai (2017) alapján a katalitikus metanizáció magasabb projektszáma (22 katalitikus és 12 biológiai metanizációs projekt), a technológia 20.

század elején történt kifejlesztése és 1970-es évek óta tartó egyre gyakoribb alkalmazása (Götz, et al., 2016), illetve – esetenként szabadalmaztatott – szelektív mikroorganizmusokkal dolgozó, újabb és magasabb hatékonyságra képes biológiai metanizációs technológia kifejlesztése (Sinóros-Szabó, et al., 2018) arra utal, hogy utóbbi innovációtartalma magasabb. Fontos azonban hozzátenni, mindkét technológiával kapcsolatban folynak kutatások (Zavarkó, et al., 2018).

A következőkben a nemzetközi P2M projektek közül azok kerülnek bemutatásra szakirodalmi és publikus vállalati adatok alapján, melyek (1a) teljesítményük vagy (1b) technológiájuk alapján kiemelkedőnek (újítónak) számítanak a P2M szegmensben, és (2) elegendő információ elérhető róluk az elemzési szempontoz: A fókusz az elméleti keretrendszerem alapján a technológiai megoldásokon és a projektben résztvevők tevékenységén van, mint a kiemelkedő K+F teljesítményhez és az ipari méretű üzemlétesítéshez szükséges azon kompetenciákon, melyek a nyitott innováció korában (Chesbrough, 2003) stratégiai együttműködések révén biztosíthatók (Bakacsi, 2011). Az elemzett projektek alapadatait a 9. táblázat mutatja.

Projekt	Lokáció	Elektrolizátor technológia	Elektrolizátor teljesítménye (kWe)	Metanizációs technológia	Elemzési relevancia
ETOGAS – Audi e-gas üzem	Werlte, Németország	Alkáli	6000	katalitikus	Kiemelkedő teljesítmény
Sunfire HELMETH	Kalsruhe, Németország	Magas hőmérsékletű	15	katalitikus	Innovatív elektrolízis technológia
MicrobEnergy – BioPower2Gas	Allendorf, Németország	PEM	300	biológiai	Első kereskedelmi szintű üzem biológiai metanizációval
Electrochaea - BioCat	Avedøre, Dánia	Alkáli	1000	biológiai	Szabadalmaztatott mikroorganizmus, legnagyobb biológiai metanizációs üzem
RAG - Underground Sun Storage	Pilsback, Ausztria	Alkáli	500	biológiai	Földrajzilag legközelebbi projekt

9. táblázat: Kiemelkedő nemzetközi power-to-gas projektek

Forrás: Zavarkó, 2019a

A katalitikus metanizáció terén az Audi e-gas projektje és a HELMETH projekt emelhető ki. Az Audi werlte-i üzeme 2013 óta működik és 6 MW_{el} teljesítményével a világ legnagyobb power-to-gas üzeme. A hidrogénelőállításához szükséges villamos energia az Északi-tengernél elhelyezkedő szélörvény parkból származik, a szén-dioxid egy szomszédos biogázüzem által előállított nyers biogázból kerül leválasztásra. Az üzem 54%-os hatékonyságú power-to-gas folyamattal SNG-t (szintetikus földgázt/metánt) állít elő, mely Werlte földgázrendszerébe kerül beinjektálásra. A melléktermékként termelt hulladékhő a biogáz üzem és a szén-dioxid leválasztás folyamataiban kerül újrahasznosításra. Az üzem létesítését számos K+F fázis előzte meg, köztük nyers biogáz metanizációjának tesztelése és egy 250 kW-os tesztüzem létesítése Stuttgart közelében. A projekt elsősorban az ETOGAS technológia-fejlesztésére épült, de a projekt különböző fázisaiban részt vett több energetikai kutatóintézet (ZSW, Fraunhofer IWES), az EWE Biogas, mint a biogáz üzem tulajdonosa, és az Audi, mint finanszírozó. (Ghaib & Ben-

Fares, 2018; Bailera, et al., 2017; Német Energia Ügynökség: Power to Gas Stratégiaplatform, 2019) Az Audi e-gas projekt tanulsága, hogy egy iparági szinten kiemelkedő méretű üzem létrehozásához széles körű összefogás szükséges, melyben a kutatóintézetnek, a stratégiai befektetőknek és az inputtényezőket biztosító kulcspartnerek is meg kell jelenniük.

A HELMETH (High-Temperature Electrolysis and Methanation) projekt 2014 és 2017 között valósult meg részben az Európai Unió 2,5 millió eurós finanszírozásával, mely egy magas hatékonyságú power-to-gas folyamatot demonstrált a magas hőmérsékletű (szilárd oxid) elektrolízis és a katalitikus szén-dioxid metanizáció technológiáját kombinálva. Ez a megoldás még kísérleti jellegű és jelentős kutatás-fejlesztést igényel, ezt mutatja az elektrolizátor 15 kW-os teljesítménye is. A már lezárt, de a területen előrelépést jelentő 76%-os hatékonyságú technológiafejlesztést a Kalsruhe-i Technológiai Intézet vezette, de részt vett benne a Sunfire technológia-fejlesztő vállalat, a Torinói Műszaki Egyetem, az Európai Katalízis Kutatóintézet, az Athéni Nemzeti Műszaki Egyetem és a Német Gáz- és Vízügyi Technikai és Tudományos Egyesület is (Bailera, et al., 2017; Ghaib & Ben-Fares, 2018; Európai Bizottság, 2018; Kalsruhe Institute of Technology, 2018). A HELMETH projekt tanulsága, hogy a kiemelkedő K+F+I teljesítmény eléréséhez egyetemek, kutatóintézetek, non-profit szervezetek és vállalkozások együttműködése mellett egy állami vagy nemzetközi szervezet pénzügyi támogatása is szükséges lehet.

A biológiai metanizáció esetében a Viessmann Csoporthoz tartozó MicrobEnergy hozta létre az első kereskedelmi szintű biológiai metanizációs üzemet Allendorfban. A BioPower2Gas üzem 2015 óta működik és injektál SNG-t a földgázhálózatba, melyhez a Viessmann Csoport két közeli biogáz üzeméből biztosítják a szén-dioxid forrást. Az üzem két 150 kW-os PEM elektrolizátorral állítja elő a folyamathoz szükséges hidrogént. A projektben az ipari, hűtő és fűtő berendezéseket gyártó nemzetközi Viessmann Csoport mellett az EnergieNetz Mitte hálózatüzemeltető, az EAM EnergiePlus energiaszolgáltató és a CUBE mérnöki tanácsadó vállalat, illetve a Decentralizált Energia Technológiák Intézet (iDe) és a Német Biomassza Kutatóközpont (DBFZ) is részt vett. A projekt finanszírozásához a Szövetségi Gazdasági és Energiaügyi Minisztérium is hozzájárult. A kereskedelmi szintű üzem létesítését négy kutatás-fejlesztési fázis előzte meg: laboratóriumi kutatás, tiszta források biológiai metanizációja (55 kW-os elektrolizátor), nyers biogáz metanizációja (120 kW-os elektrolizátor) és szennyvízből származó biogáz

metanizációja (180 kW-os elektrolizátor). Fontos arra is rámutatni, hogy a MicrobEnergy a power-to-gas technológia fejlesztés mellett a technológia energia szektorba való integrációjára is törekszik, ezért a különböző rendszereket összekötő IoT rendszert fejlesztett (Bailera, et al., 2017; Viessmann Werke GmbH & Co. KG, 2019; IdE gGmbH, 2019; Viessmann Werke GmbH & Co. KG, 2019). A BioPower2Gas projekt tanulsága, hogy a projekt szereplői között széles energetikai szaktudással rendelkező energiaszolgáltató és hálózatüzemeltető is megtalálható, továbbá a power-to-gas technológia fejlesztés és implementáció összekapcsolódhat a támogató digitális megoldások fejlesztésével is.

Az Electrochaea GmbH BioCat üzeme a dániai Avedøre-ban a legnagyobb kereskedelmi szintű biológiai metanizációs technológiával működő power-to-gas üzem 1 MW-os elektrolizátor teljesítményével. Az Electrochaea folyamatának kulcsa az a metanogén archea törzs, mely 98,6%-os hatékonysággal képes a szén-dioxid és hidrogén keverékét metánná alakítani. A szén-dioxid forrása nyers biogáz és hagyományos biogáz feljavító rendszer is lehet, mely utóbbi tiszta szén-dioxidot biztosít. A lokálisan keletkező szélenergia-többlet kerül felhasználásra a folyamatban, továbbá a melléktermékként keletkező oxigént is újrahasznosítják a közeli szennyvíztisztítási folyamatban. A termék-gáz az elosztóhálózatba kerül, ezzel növelve a dán energiarendszer energiatárolási képességeit. A projektben részt vett a dán villamosenergia- és gázrendszer üzemeltető Energinet, az elektrolizátort szállító Hydrogenics, a NEAS Energy energetikai eszközkészítő, az HMN Gashandel A/S gázszolgáltató, a Biofos A/S szennyvíztelep-üzemeltető, az Inero energetikai tanácsadó és fejlesztő vállalat, illetve az Audi is. Hasonlóképp a Microbenergy és az Audi üzeméhez, itt is megelőző K+F fázisokra került sor, beleértve egy laboratóriumi és egy 250 kW-os üzemet is. Az Electrochaea GmbH által vezetett technológia-fejlesztés finanszírozásában stratégiai befektetők (energie 360°, Caliza Holding) és kockázati tőkealapok (b-to-v, Munich Venture Partners, Sirius Venture Partners) is részt vesznek (Bailera, et al., 2017; Electrochaea.dk ApS, 2019; Electrochaea GmbH, 2019; Electrochaea GmbH, 2019). A BioCat projekt tanulsága, hogy a technológia fejlesztésben és implementációban stratégiai és pénzügyi befektetőkre is szükség van, és az inputforrás biztosítója szennyvíztisztító-telep is lehet, mely közelsége az oxigén melléktermék újrahasznosítását is lehetővé teszi.

Hazánkhoz legközelebb az ausztriai Underground Sun Storage projekt valósul meg, mely 4,9 millió euró állami finanszírozást is kapott az Osztrák Klíma és Energia Alapból. A technológia megújuló energiából (elsődlegesen napenergiából) egy 500 kW teljesítményű elektrolizátorral hidrogént és oxigént állít elő. A hidrogént egy 1000 méterrel a föld alatt levő gyűjtőmedencében tárolják, amelyhez biogén forrásból származó szén-dioxidot adnak. Itt a természetes módon előforduló mikroorganizmusok rövid időn belül a hidrogént és a szén-dioxidot biometánná alakítják, mely a földgázrendszerbe injektálható. A projekt az RAG tulajdonában van. A RAG egy osztrák energiaipari részvénytársaság, amely az olaj- és földgáz hatékony tárolásával és előállításával foglalkozik. A projektben részt vesz továbbá a Loeben-i Egyetem, a bécsi Természetes Erőforrások és Élettudományok Egyetem, az Osztrák Ipari Biotechnológia Központ, és a Linz-i Egyetem is. Az Underground Sun Storage elsősorban egy kutatás-fejlesztési projekt, mely tervezetten 2020-ig tart. (RAG Austria AG, 2017; RAG Austria AG, 2018). Az Underground Sun Storage projekt tanulsága, hogy állami források mellett egy profitorientált energetikai vállalat koordinálja a projektet, mely számos egyetem és kutatóközpont közreműködésével valósul meg. (Zavarkó, 2019a)

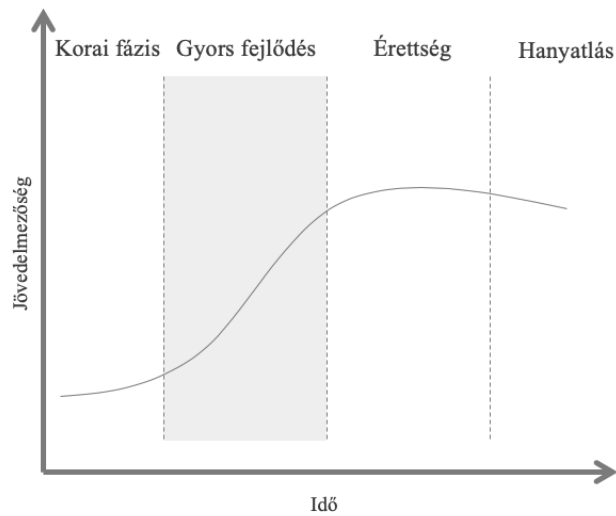
3.1.3.3 Az iparág érettsége

Egy iparág klasszikusan négy fázison megy keresztül:

- 1) a kezdeti próbálkozások, ahol még kevésbé tiszták az iparági határok és normák;
- 2) a felfutás és konszolidáció, ahol egyes technológiák elterjednek és egyes szereplők dominánssá válnak;
- 3) az érettség, ahol már magasak a belépési korlátok és a növekedési lehetőségek lassan kimerülnek;
- 4) a hanyatlás, ahol a csökkenő profitszint miatt az iparági szereplők váltásra kényszerülnek (Foster, 1986; Balaton, et al., 2009).

A szakirodalmi áttekintés eredményei alapján a power-to-gas iparág nemzetközi szinten gyorsan fejlődik. A P2M szegmens határai már világosak, de még nem került sor egyes technológiák iparági szabvánnyá válására és nincsenek még rendkívül domináns szereplők (15. sz. ábra). Az iparágban néhány kereskedelmi szintű üzem mellett egyelőre még számos K+F projekt fut. Az iparágon belül power-to-hydrogen és power-to-methane

szegmens különíthető el, melyek egymásra épülnek és melyeken belül két-három technológia versenyez egymással.



15. ábra: A power-to-methane szegmens helye az iparági életgörbén

Forrás: Zavarkó, 2019a

3.1.3.4 Kompetenciák és szereplők a power-to-gas projekteknél

Minden figyelemre méltó power-to-gas projekt számos szereplő együttműködésével valósul(t) meg:

- 1) Technológiafejlesztő startupok
- 2) Nagy energetikai vállalatok
- 3) Kutatóközpontok és/vagy egyetemek
- 4) Stratégiai befektetők
- 5) Pénzügyi befektetők

kombinálták kompetenciáikat a magas K+F teljesítmény vagy működési teljesítmény eléréséhez, illetve olykor állami intézmények támogatták az innovációs erőfeszítéseket.

Az eredmények alapján négy kompetencia azonosítható, mint a power-to-gas technológiafejlesztési projektek sikertényezői:

- 1) Innovatív alaptermés
- 2) Pénzügyi támogatás vagy befektetés
- 3) Széles iparági tudás, anyagi erőforrások

4) Tudományos kutatás, akadémiai tudás. (Zavarkó, 2019b)

E kompetenciákat különböző partnerek biztosították egy-egy fejlesztési projekteken (10. sz. táblázat).

Projekt	Alap-technológia	Pénzügyi támogatás/ finanszírozás	Széles iparági tudás, anyagi erőforrások	Akadémiai, tudományos tudás
Audi e-gas plant	Etogas	Audi	EWE Biogas, Audi	ZSW, Fraunhofer IWES
HELMETH	Sunfire	Európai Unió (2,5 millió EUR)	Német Gáz- és Vízügyi Műszaki és Tudományos Egyesület	Polytechnic University of Turin, European Research Institute of Catalysis, National Technical University of Athens
BioPower2Gas	Microbenergy	Szövetségi Gazdasági és Energiaügyi Minisztérium	Viessmann Group EAM EnergiePlus, EnergieNetz Mitte	iDe (Institute of Decentralized Energy Technologies), DBFZ (German Biomass Research Centre)
BioCat	Electrochaea	energie 360°, Caliza Holding, b-to-v, Munich Venture Partners, Sirius Venture Partners	Energinet, Hydrogenics, NEAS Energy, HMN Gashandel A/S, Biofos A/S, Audi, Insero	University of Chicago
Underground Sun Storage	RAG	Ausztriai Klíma- és Energiaalap (4,9 millió EUR)	Verbund, Axiom	University of Leoben, University of Natural Resources and Applied Life Sciences Vienna, Energy Institute at the Johannes Kepler University

10. táblázat: Figyelemre méltó power-to-gas projektek szereplői és a szükséges kompetenciák

Forrás: Zavarkó, 2019b

3.1.3.5 *Kutatásfejlesztés a power-to-gas iparágban*

A szakirodalmi áttekintés alapján a power-to-gas iparágban zajló kutatások egy része a technológia operatív részleteinek javítására fókuszál, másik része rendszerszintű vizsgálatokkal foglalkozik (Zavarkó, et al., 2018).

Operatív szinten kutatásfejlesztés az alábbi területeken zajlik:

- 1) magas hőmérsékletű elektrolízis (Ghaib & Ben-Fares, 2018),
- 2) in-situ hidrogén betáplálás a biogáz feljavítás során (Lovato, et al., 2017),
- 3) katalizátorok teljesítménye (Bacariza, et al., 2018),
- 4) biokatalizátorok táplálása (Sinóros-Szabó, et al., 2018),
- 5) a megfelelő reaktorfelépítés (Götz, et al., 2016) és egyéb reaktorjellemzők (Inkeri, et al., 2018).

A power-to-gas technológiához kötődő rendszerszintű kérdések a következők:

- 1) a power-to-gas üzemek telephelyeinek kiválasztása (a magas szén-dioxid szükséglet miatt) és méretezése (Blanco & Faaij, 2018; Simonis & Newborough, 2017),
- 2) a hálózatkiegyenlítő potenciál kiaknázása (Zoss, et al., 2016)
- 3) a technológia szennyvíztisztító telepeken történő alkalmazása (Patterson, et al., 2017).

3.1.4 **A kutatás fókuszában lévő technológia jellemzői**

A kutatásom fókuszában lévő P2G technológia fő jellemzői a következők:

- a) egy szabadalmaztatott biokatalizátort, egy robosztus, rendkívül szelektív archea törzset tartalmaz (Methanothermobacter thermautotrophicus), melyet a Chicagói Egyetemen fedezett fel Laurens Mets professzor.

- b) ez a biológiai metanizációs megoldás hatékonyabb lehet a katalikus metanizációnál, mivel kb. 98%-os konverziót valósít meg¹², amely a versenytárs technológiánál (katalitikus metanizáció) általában csak 70-85%.
- c) a biológiai metanizáció rugalmasabban képes alkalmazkodni az ingadozó megújuló energiatermeléshez, mint a versenytárs technológiák, mivel a baktériumok „alvó” állapotból néhány másodperc alatt újra képessé válnak a metántermelésre a tápanyagok és egyéb inputtényezők biztosítása után (például hőmérséklet, keverés a reaktorban).

(Mets, 2012; Martin, et al., 2013; Csedő, 2019; Blanco & Faaij, 2018; Sinóros-Szabó, et al., 2018; Zavarkó, 2019; Bailera, et al., 2017)

Magyarországon és az egész KKE régióban ezt a biometanizációs technológiát a Power-to-Gas Hungary Kft. fejleszti tovább és alkalmazza.

3.2 Az empirikus kutatás fókuszpontjainak meghatározása a P2G-hez kapcsolódó szakirodalomban azonosítható kutatási rések alapján

A következőkben két olyan terület kutatásának fontosságát mutatom be, amelyek a P2G-vel foglalkozó nemzetközi szakirodalomban is „kutatási rés”-nek számítanak. Ezen kutatási rések alapjaiban határozták meg empirikus kutatásaim iparág-specifikus fókuszát, annak érdekében, hogy – motivációimmal összhangban – PhD kutatásom a P2G technológiafejlesztés sikerességéhez is hozzájáruljon.

3.2.1 Az innovációmenedzsment és a hálózati aspektusok kutatásának jelentősége a P2G technológiafejlesztéssel kapcsolatban

Az átalakulóban lévő energiaszektor egyik legmeghatározóbb trendje a megújuló energián alapuló technológiák terjedése (Bollino & Madlener, 2016). A megújuló energiát hasznosító technológiákra vonatkozó friss kutatások (Johannsen, et al., 2020;

¹² Szén-dioxidból metán létrehozása hidrogén jelenlétében.

Østergaard & Maestosi, 2019; Johannsen & Østergaard, 2019) nagy hangsúlyt fektetnek olyan kutatási területekre, mint az energiaellátás és költséghatékonyság (Bai, et al., 2020; Nielsen, et al., 2020), régiós szintű integráció és koordináció (Bergaentzle, et al., 2020; Dahlke, 2020) vagy a rendszermodellezés és adatelemzés (Ben Amer, et al., 2019; Grundahl & Nielsen, 2019). Szintén kiemelt szerepet játszanak az energiaipar átalakulásában az olyan témák kutatásai is, mint például: a megújuló erőforrások energiarendszerbe történő integrációjával kapcsolatos kihívások (Sarkar & Odyuo, 2019), technológiai befektetések és implementáció (Singh, et al., 2019), különböző elméletek és eszközök ezen kihívások leküzdéséhez (Gohari & Larssæther, 2019; Lybæk & Kjær, 2015), illetve egy-egy esetben ezek vállalati (Tricarico, 2018) és innovációs perspektívái (Ianakiev, et al., 2017).

A P2G-vel kapcsolatban a szervezeti és innovációmenedzsment aspektusok eddig kevésbé kerültek előtérbe, annak ellenére, hogy napjainkban a P2G technológiákat is egyre nagyobb figyelem övezi mind az iparági szereplők, mind az akadémiai és a közszféra részéről, nemcsak nemzeti, hanem globális szinten is. Például az Európai Unió Horizon 2020 kutatási és innovációs programja által finanszírozott STORE&GO projekt keretein belül a power-to-gas megvalósításának három lehetséges módjára fókuszálnak, három különböző országban – de még csak kísérleti helyszíneken. 2016 óta 27 európai partner vett részt a projektben (STORE&GO, 2020), mely a szervezatközi innovációs hálózatok kritikus szerepére utal a power-to-gas technológia fejlesztésének esetében.

Az energiátárolással foglalkozó tudományos szakirodalom részletesen tárgyalja a P2G technológiákban rejlő lehetőségeket az átalakulóban lévő energiaszektorra nézve (Zoss, et al., 2016; Zhang, et al., 2017; Varone & Ferrari, 2015; Vandewalle, et al., 2015), illetve ennek a különböző technológiai kutatás-fejlesztési aspektusait (Luo, et al., 2018; Wang, et al., 2018; Bacariza, et al., 2018; Inkeri, et al., 2018). Blanco and Faaij összefoglalója (2018) alapján a P2G-t vizsgáló kutatások elsősorban az energiatermelés egységköltségére, a folyamattervezésre, az idősoros adatok elemzésére, az üzleti modellekre, a technológiai áttekintésre, a költségoptimalizálásra, az életciklus becslésre és a projektekre koncentrálnak, viszont a technológia fejlesztéséhez és kereskedelmi forgalomba hozatalához kapcsolódó menedzsment kihívások eddig háttérbe szorultak. Mivel a P2G technológia még nem került széles körben iparági szintű alkalmazásra (Ghaib & Ben-Fares, 2018), ezért egy-egy olyan kutatás, amely az

innovációmenedzsment szemszögéből közelítené meg a P2G technológia fejlesztését, jelentős mértékben hozzájárulhatna a technológia szélesebb körben történő alkalmazásához, továbbá benchmarkként szolgálhat más (esetlegesen) diszruptív technológiák számára is.

Míg a P2G területén végzett kvantitatív kutatások fontos operatív (pl. hatékony reaktor struktúra) vagy rendszerszintű (pl. az energiaszektorban érzékelhető hatás), ok-okozati kapcsolatokra világítottak rá eddig a kulcsváltozók között, egy menedzsment aspektusokra fókuszáló kvalitatív kutatás értékes betekintést nyújthatna a P2G technológia egy meghatározott kontextusban (Magyarországon) megvalósuló fejlesztéséről, emellett olyan befolyásoló tényezőket (lehetőségek, korlátok, érdekek, észlelt kockázatok) azonosíthatna, amelyek elősegíthetik a fentebb említetthez hasonló szervezetközi P2G innovációs hálózat kialakulását. Kutatásom empirikus része e szempontokat is figyelembe véve valósult meg. (Csedő & Zavarkó, 2020; Csedő, Sinóros-Szabó & Zavarkó, 2020; Pörzse, Csedő & Zavarkó, 2021)

3.2.2 A műszaki-gazdasági elemzések kiegészítése stratégiai szempontokkal

A P2G technológia energiaszektorban játszott ígéretes szerepét az utóbbi években végzett kutatások több oldalról is alátámasztották (pl. a hosszú távú energiatárolás (Blanco & Faaij, 2018), rendszerelemzési (Schiebahn, et al., 2015) vagy egyéb műszaki és gazdasági tényezők szempontjából (Götz, et al., 2016). Továbbá, a P2G technológiák különböző módszerekkel történő műszaki-gazdasági értékelésére is voltak példák az elmúlt évek szakirodalmában. A befektetés megtérülését illetően például Ameli és társai (2017) elemezték az akkumulátoros energiatárolás és a P2G rendszerek eltérő kapacitásainak a szerepét Nagy-Britanniában a Kombinált Gáz- és Elektromos Hálózat modellel (Combined Gas and Electricity Networks – CGEN). A hálózat kiegyensúlyozásához kapcsolódó kihívások vizsgálatakor arra a következtetésre jutottak, hogy a P2G tőkeköltségének el kell érniük a £0.5 m/MW értéket ahhoz, hogy indokoltá, megtérülésképpé váljon a befektetés. Összehasonlító megközelítésként Collet és társai (2017, 192) a biogáz feljavítás és a P2G öt lehetséges forgatókönyvét elemezték, és arra a következtetésre jutottak, hogy a P2G technológiák „38 EUR MW h⁻¹ áron versenyképesek a feljavítási technológiákkal szemben” [p. 293]. A termelési költségeket illetően, többek között Peters és társai (2019) kutatását említhetjük meg, melynek

keretében a szerzők nyolc scenáriót értékelték a H₂ és CO₂ források különböző kombinációi alapján, és ennek eredményeképp 3.51–3.88 EUR/kg közötti metánkölséget állapítottak meg a P2G esetén. Collet és társai, illetve Peters és társai a műszaki-gazdasági elemzést kiegészítették ökológiai és környezeti szempontokkal is, különös tekintettel az üvegházhatású gáz kibocsátásra.

A fentiek alapján a P2G műszaki-gazdasági értékelése több megközelítés alapján is elvégezhető. E a tanulmányok által inspirálódva, de figyelembe véve a menedzsment aspektusok fontosságát is (az előző fejezet alapján), a diszruptivitás vizsgálata is releváns lehet.

Mint arra korábban rámutattam, a P2G technológiák nemcsak a laboratóriumi vagy prototípus szinten relevánsak. Például a legnagyobb P2G üzem a világon már 2013-ban megkezdte a működését (AUDI e-Gas project, 6 MW_{el}) katalitikus metanizációs technológiát használva, míg a biológiai metanizáció területén a legnagyobb üzem 2016 óta üzemel Dániában (BioCat project, 1 MW_{el}) (Götz, et al., 2016). Továbbá, egy újabb kereskedelmi méretű (700 kW_{el}) biometanizációs üzem indult el 2019-ben a STORE&GO projekt keretében, Svájcban (STORE&GO, 2021). Ráadásul, az ipari szintű alkalmazás nemcsak lehetséges, de a szakirodalmi adatok alapján ígéretes is. A P2G potenciális hatásának elemzése a P2G szakirodalom fontos területe, mely – amint azt az előző bekezdésben bemutatottam – műszaki és gazdasági jellegű tanulmányokkal egyre bővül (Bailera, et al., 2017; Guilera, et al., 2018; Peters, et al., 2019), továbbá az is megállapítást nyert, hogy a P2G kritikus technológia lesz a jövő energiaszektorában (Európai Bizottság, 2020; Bailera, et al., 2017).

Ha figyelembe vesszük, hogy a 3.2.1. fejezet alapján az innovációmenedzsment aspektusoknak is van relevanciája a P2G kutatásokban, világossá válik, hogy a „diszruptív technológia” mint fogalom és a „diszruptió” mint jelenség a felsorolt három tématerület metszetében kap helyet (1: jövőbeli hatás, 2: műszaki-gazdasági szempontok, 3: innováció). A „diszruptív technológia” és a „diszruptió” a nemzetközi P2G szakirodalomban eddig még szintén figyelmen kívül hagyott téma, annak ellenére, hogy a technológiafejlesztők és a technológia leendő alkalmazói számára fontos gyakorlati szempont. Egy technológia diszruptivitása különösen fontos befektetési szempontból, hiszen a diszruptív technológiák kezdetben alulteljesítenek egy bizonyos aspektusban a már jól ismert megoldásokhoz képest, azonban később képesek megváltoztatni egy egész

szektor dinamikáját. Másként fogalmazva, a P2G-be történő befektetés vállalati vagy állami szinten hatással lehet a szervezeti vagy szektorális versenyképességre, amelynek az innováción keresztüli képességépítést (Cantwell, 2005), a környezeti változásokhoz történő adaptációt (Feurer & Chaharbaghi, 1994), illetve a tartós és fenntartható növekedést is magába foglalnia (Schwab, 2019).

A diszruptív technológia elméletét viszonylag gyakran alkalmazzák az üzleti és az innovációmenedzsment kutatásokban, és kevésbé gyakran alkalmazzák műszaki kontextusban vagy új energetikai technológiák vizsgálatára. Tágabb kontextusban a technológia- és diszrupció-fókuszú legújabb szakirodalom a digitális megoldásokkal foglalkozik, például az IoT-vel (Internet of Things) (Almutairi & Aldossary, 2021) vagy az új megoldások diszruptív hatásait vizsgálja olyan szektorokra nézve, mint például: a digitális transzformáció a bankszektorban (Diener & Špaček, 2021), a 3D technológiák orvosi területen (Servi, et al., 2021), vagy a blockchain technológia az oktatásban (Ullah, et al., 2021). A néhány energetikai és diszrupció-fókuszú tanulmányt tekintve, az új kutatások az irodai energiamenedzsmenttel (Moreno Santamaria, et al., 2020), az okos városokkal (Radu, 2020; Yigitcanlar, et al., 2020), a blockchain technológiával és a napelemes rendszerekkel foglalkoznak (Enescu, et al., 2020). Például Ullah és társai (2020) a blockchain technológia energiamenedzsment területére történő befogadását fejlődő országokban vizsgálta, az elosztott főkönnyvi technológiát a diszruptív jelzővel illetve. Zeng és társai (2018) arra mutattak rá, hogy a hagyományos technológiák dominánsak az energiaszektorban, és a megújuló energiák elterjedéséhez az alacsony ár, a konzisztens és gyors fejlődési ütem lesz a kulcstényező. Ezzel a tágabb vizsgálati fókusszal szemben, Müller és Kunderer (2019) egy szűkebb megközelítést követve az akkumulátorokkal foglalkoztak, és azt jelezték előre kvantitatív módszerekkel, hogy a redox folyadékáramos akkumulátorok diszruptívak lehetnek a lithium-ion akkumulátorokkal szemben. Ezen korábbi kutatások alapján, a P2G esetében egy középső elemzési szint lenne követhető, arra fókuszálva, hogy milyen attribútumai vannak a P2G-nek, de úgy, hogy diszruptivitását ex-ante nem rögzítjük, sőt, a potenciálisan versenytárs technológiákat is csak empirikus adatgyűjtéssel és -adatelemzéssel azonosítjuk.

Természetesen a P2G diszruptivitására vonatkozóan vannak utalások a szakirodalomban. Például a P2G makrogazdasági kontextusban lehetőséget jelent a szezonális energiátárolásra és a dekarbonizációra is, mivel a szén-dioxidot hidrogén jelenlétben

metánná alakítja (Schiebahn, et al., 2015). Továbbá, a P2G képes összekötni a villamosenergia- és gázesektorokat (Schäfer, et al., 2020), új üzleti lehetőségeket generálni vállalati szinten (Breyer, et al., 2015), de új kihívásokat is a szabályozók számára (Csedő & Zavarkó, 2020). Következésképp a P2G diszruptívnek tűnhet az elsőre, de az elméleti keretek alapján további kérdések is felmerülnek a diszruptivitást illetően. Ráadásul, míg a diszruptív technológiákra általános példaként szolgál a Netflix streaming szolgáltatása (Christensen, et al., 2015), érezhető, hogy a P2G esetében a diszruptivitás értelmezése bonyolultabb, mint olyan szektorokban, ahol több millió potenciális fogyasztóról beszélhetünk. Az elmélet és a Netflix példája alapján párhuzam vonható a P2G-vel is, amelyet a 11. sz. táblázat ismeret. Ugyanakkor, ez csak egy proposíciónak tekinthető a diszruptivitás empirikus vizsgálatához.

Összegezve, a P2M diszruptivitásának műszaki-gazdasági elemzésekkel történő vizsgálata indokoltnak tűnik, amely során érdemes figyelembe venni az elmélet alapjait is. (Csedő & Zavarkó, 2020; Csedő, Sinóros-Szabó & Zavarkó, 2020; Pörzse, Csedő & Zavarkó, 2021)

Szempont	Elmélet	Példa Christensen és társai (2015) alapján – Netflix (amerikai online médiaszolgáltató vállalat)	P2G szakirodalom
Induló teljesítmény	A diszruptív innovációk teljesítménye kezdetben elmarad a főáramú „mainstream” fogyasztók elvárásaitól	1997-ben az online rendelés, a DVD technológia még új és kiforratlan, illetve kevésbé preferált volt a legtöbb fogyasztónál a megbízhatóbb videotékás rendszerhez képest	A power-to-gas folyamat hatékonysága akkumulátorok hatékonyságához képest alacsonyabb
Indulás	Indulás az iparág nagy része által kevésbé profitábilisnak tartott szegmens megcélzásával	1997-ben még alacsony számú online vásárlók és a DVD lejátszók korai befogadóiak megcélzása, akik nem feltétlenül a legújabb filmekre kíváncsiak és elfogadják, hogy több napot kell várni a kiszállításra	Rövid távú energiatárolás helyett hosszú távú és nagyvolumenű energiatárolás a fókuszban
Változás	Változás történik a környezetben, a technológiákban	Az internet lehetővé tette a folyamatos online multimédiás tartalomszolgáltatást (streaming) A Netflix fejleszti online kompetenciáit	A megújuló energiaforrások növekedése, az integráció szükségessége és hálózatüzemeltetési feladatok a kereskedelmi méretű és hosszú távú energiatárolásra is igényt teremtenek A power-to-gas technológia demonstrálja működőképességét kereskedelmi méretekben
Diszrupció	Az alacsonyabb teljesítmény – részben a környezeti változások, részben a megoldás továbbfejlesztése miatt – vonzóvá válik széles tömegek számára	Az alapvetően online alapú működésből a Netflix képes volt gyorsan átállni az online tartalomszolgáltatásra, széles választékkal, kedvező árral	A power-to-gas technológia, azon belül is a biológiai metanizációs megoldás rugalmasan képes alkalmazkodni a csúcsidőszaki energiatermeléshez, és a felesleges villamosenergiát gázzá alakítva a földgázrendszerben hatékonyan tárolhatóvá teszi

11. táblázat: Propozíció a power-to-gas diszruptivitására az elmélet és gyakorlati párhuzam alapján

Forrás: Christensen et al., 2015 alapján, kiegészítve, saját szerkesztés

4 KUTATÁSI KERETRENDSZER

Ebben a fejezetben ismertetem a kutatási stratégiámat és a kutatási modellt, amely megalapozta és irányította az empirikus adatgyűjtést és adatelemzést. Bemutatom továbbá az alkalmazott módszereket, illetve az érvényesség, a megbízhatóság és az általánosíthatóság fejlesztése érdekében tett lépéseimet.

4.1 Kutatási stratégia

4.1.1 A kutatási stratégia megalkotását befolyásoló tényezők

A kutatási stratégiámat meghatározó legfontosabb tényezők a következők:

- 1) Szervezetelméleti alapállásom alapján részben interpretatív eszközökkel funkcionalista célokat szeretnék támogatni.
- 2) Mivel a jelenben történő események megértése a célom (a „Milyen...?” és „Hogyan...?” típusú kérdések megválaszolásával), indokolt a kvalitatív módszertan választása (Yin, 2003).
- 3) Bár kutatási kérdésem általános jellegű, ennek elméleti szintű megválaszolása kvalitatív adatelemzéssel, esettanulmány módszerrel, illetve grounded theory kutatási stratégiával részben vagy teljesen lehetséges (Pataki, 2000). Ebből következően a kvalitatív módszertanomba beépítem a kvalitatív tartomelemzés, az esettanulmány és a grounded theory módszereket részben vagy egészben.
- 4) Mivel kutatásom erőteljes gyakorlati motivációval bír (a power-to-gas technológiában rejlő potenciál kiaknázása), és az elmélet és a gyakorlat összekapcsolásával olyan új tudást szeretnék létrehozni, mely változást generál (az energiaszektorban), kutatási stratégiám elemeit a kvalitatív módszertanon belül az akciókutatás módszernek kell összefoglalnia. (Lewin, 1946; Reason, 2001; McNiff, 2013)
- 5) Kutatásom egyik elméleti alappillére a dinamikus képességek keretrendszere, amivel kapcsolatban fontos megjegyezni, hogy az esettanulmányos közelítés

előremutató eszköznek számít, és „erőteljes betekintést nyújthat” (Teece, 2012, p. 1400) egy-egy szervezeti jelenség képesség-aspektusú megértéséhez.

- 6) A power-to-gas iparágban a projektek számos szereplő közreműködésével valósultak, valósulnak meg (Bailera, et al., 2017), ezért indokolt az érintett szereplőkre fókuszálva kiegészítő periférikus esettanulmányok készítése is.

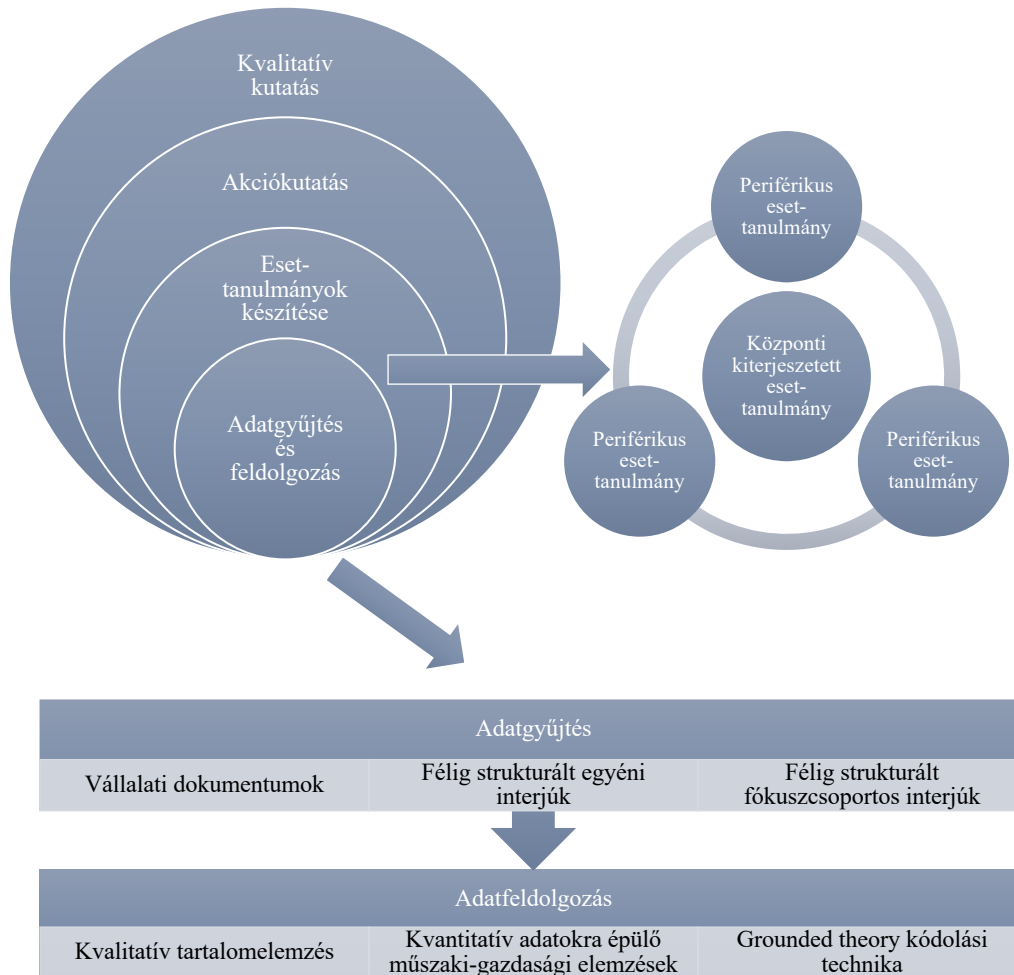
4.1.2 Módszertani választások és indoklásuk

Mason (2006) ajánlása szerint több kvalitatív módszer ötvöztem, mely lehetővé teszi az egy perspektívából csak korlátozottan megismerhető jelenségek mélyebb megértését. A pluralista megközelítés támogatja egy komplex jelenség holisztikus megértését és leírását is (Frost, et al., 2010). Továbbá, kutatói meggyőződésem, hogy a többoldalú közelítés a kérdéskör elméleti szintű továbbfejlesztését is elősegíti.

Kutatási stratégiám elemei (16. sz. ábra):

- 1) PhD kutatási stratégiámat kutatásomat kvalitatív kutatómódszertanra építettem.
- 2) Akciókutatás keretében több esettanulmányt készítettem.
- 3) Az esettanulmányok készítése során
 - a. vállalati dokumentumok gyűjtésére,
 - b. félig strukturált egyéni és fókuszcsoportos interjúk készítésére került sor.
- 4) Az adatok feldolgozásához
 - a. kvalitatív tartalomelemzést alkalmaztam, az előzetes induktív megértés érdekében,
 - b. kvantitatív adatokra épülő műszaki-gazdasági elemzéseket végeztem a funkcionalista alapálláshoz illeszkedően,
 - c. a grounded theory kódolási technikáját alkalmaztam, hogy empirikus adatokból elméletet építhessek vagy egészíthessek ki.
- 5) Kutatásomban volt egy *központi eset*, ahol *kiterjesztett esettanulmányt* készítettem. Ez az esettanulmány egyik típusa, mely során egy vállalat mélységi elemzésére historikus megközelítéssel kerül sor (Burawoy, 1998; Danneels, 2010)

- 6) A központi eset mellett *kiegészítő jellegű periférikus esettanulmányok* is készültek, amelyek új szempontok alapján erősítették meg vagy árnyalták a kiterjesztett esettanulmány következtetéseit.



16. ábra: Kutatási stratégia

Forrás: saját szerkesztés

A választott módszereket szervezetelméleti megfontolásaim és témában végzett korábbi kutatások indokolják:

- a) A módszertani választások tükrözik a funkcionalista és az interpretatív elemek párhuzamos jelenlétét a kutatásban: a félig strukturált interjú, a grounded theory kódolási technika elméleti háttere és a kiterjesztett esettanulmány-típus az ellentétes szervezetelméleti alapvetések összehangolását segítik (ezekről később részletesen is írok). Arra is fontos rámutatni, hogy e módszerek erősen építenek egymásra, például

a kiterjesztett esettanulmány-készítés elméleti oldalról (Burawoy, 1998) és gyakorlati oldalról (Tripsas & Gavetti, 2000) is sokat merít a grounded theory tételeiből.¹³

- b) Susman és Evered (1978) rámutat, hogy az akciókutatás alkalmazható a szervezetkutatásban, Blichfeldt és Andersen (2006) pedig kiemeli, hogy számos kutató szerint az akciókutatásnak az esettanulmány módszerre kell támaszkodnia, mely megerősíti számomra a két módszer egymásra építését.

Fontos ugyanakkor látni a hasonlóságokat és a különbségeket a két módszer esetében:

- Hasonlóság, hogy mindkét módszer az elmélet és a gyakorlat összekapcsolása megjelenik a terepen történő adatgyűjtés által, és hogy a kutató számára mélységi betekintést enged egy társadalmi kontextus megértéséhez.
- Különbség, hogy az akciókutatók a gyakorlati probléma és a megoldás definiálásában aktívan részt vesznek, míg az esettanulmány módszernél ez nem jelenik meg. Továbbá, az a tapasztalat, hogy az akciókutatók olykor a gyakorlati tevékenységeket az elméleti keretrendszer alapos kidolgozásának illetve az elméleti kontribúció kárára végzik. (Blichfeldt & Andersen, 2006)

Úgy vélem, a hasonlóságok megalapozzák az akciókutatás és az esettanulmány módszer egymásra építését PhD kutatásomban, a különbségek között említett két kockázatot pedig megfelelően kezelem

- i. a bemutatott elméleti keretrendszeremmel,
- ii. a grounded theory kódolási technikájának alkalmazásával, amely megköveteli a kutatási folyamat során az adatgyűjtési és adatelemzési jegyzetek készítését is, és lehetővé teszi az elméleti kontribúciót.

¹³ Például: iteráció az adatok és az elmélet között, az elméleti telítődés elérésnek kritériuma (Glaser & Strauss, 1967)

- c) A kutatási témához kapcsolódóan vannak a módszertani választásaimat indokló kutatások is, melyeket nemzetközi szinten kiemelkedő folyóiratokban publikáltak (12. sz. táblázat).

Szerzők és évszámok	Módszer	Téma	Folyóirat neve	Scimago minősítés
Lüscher és Lewis (2008)	Akciókutatás	Szervezeti változás és a középvezetők szerepe	Academy of Management Journal	Q1
Blair és társai (2019)	Akciókutatás	Energetika: Villamos energia ellátás fejlesztése, döntéshozók támogatása	Sustainability	Q2
Baker és Jayaraman (2012)	Akciókutatás	Energetika: Nukleáris üzemanyag gyártása, információ- és készletmenedzsment	International Journal of Production Research	Q1
Tripsas és Gavetti (2000)	Kiterjesztett esettanulmány	Szervezeti tehetetlenség	Strategic Management Journal	Q1
Danneels (2010)	Kiterjesztett esettanulmány	Dinamikus képességek és megújulás	Strategic Management Journal	Q1
Bingham és társai (2015)	Kiterjesztett esettanulmány	Dinamikus képességek és tanulás	Strategic Management Journal	Q1
Mishra és Bashkar (2011)	Grounded theory	Tudásmenedzsment folyamatok, tanuló szervezet	Journal of Knowledge Management	Q1
Klingebiel és Joseph (2016)	Grounded theory	Innovációs stratégia	Strategic Management Journal	Q1
Ordanini és társai (2018)	Grounded theory	Technológia és innováció	Journal of Service Management	Q1
Cassia és társai (2012)	Esettanulmány és grounded theory	Stratégiai innováció és termékfejlesztés	International Journal of Entrepreneurial Behaviour & Research	Q1
Carrero és társai (2000)	Esettanulmány és grounded theory	Radikális innováció, tanulás és adaptáció	European Journal of Work and Organizational Psychology	Q1

12. táblázat: A módszertani választásokat alátámasztó néhány korábbi kutatás, hasonló témában

Forrás: saját szerkesztés

4.2 Kutatási modell

4.2.1 Akciókutatás

4.2.1.1 Az akciókutatás célja

Az akciókutatás egy részvételen alapuló és empirikus folyamat, mely folyamatos iterációt jelent a társadalmi akciók és ezen akciók kutatása, elemzése között, így az akciókutatás összekapcsolja az elméletet és a gyakorlatot, illetve új tudást és változást generál komplex problémák megoldásához. (Lewin, 1946; Reason, 2001; McNiff, 2013)

Amint arra fentebb rámutattam, a szakirodalom alapján az akciókutatás hasznos eszköz a menedzsmentkutatásban (Lüscher & Lewis, 2008; Susman & Evered, 1978), és az energiaszektorban is alkalmazható (Blair, et al., 2019; Baker & Jayaraman, 2012).

Akciókutatásom közel áll a kollaboratív kutatási koncepcióhoz (Heron, 1996), mivel elsősorban témavezetőmmel, másodsorban energetikai, műszaki, informatikai kutatókkal és gyakorlati szakemberekkel együtt kapcsoltam össze az elméletet és a gyakorlatot a power-to-gas területén. Akciókutatóként teljesen bekapcsolódtam a power-to-gas technológiafejlesztés és saját PhD kutatásom fókuszában lévő szervezeti változások folyamatába, melynek célja a korábban bemutatott, elméleti, propozíciós tudás fejlesztése a gyakorlaton és tapasztalatszerzésen keresztül.

McNiff (2013) iránymutatását tekintve, meg kell határoznom, hogy

a) mit teszek?

Szervezeti változással, változásvezetéssel és innovációval foglalkozom az energiaszektorban.

b) hogyan teszem?

A power-to-gas technológia fejlesztésére fókuszálok.

c) miért teszem?

Célom, hogy hozzájáruljak a fenntarthatósági törekvésekhez nemzeti és akár regionális szinten.

Átfogó célom a power-to-gas technológia iparági szintű felskálázásának támogatása. A cél komplexitásánál fogva a fókuszot szűkítenem kellett, így PhD kutatásom során a power-to-gas technológiafejlesztés által indukált szervezeti változás vezetési modelljeit vizsgáltam.

4.2.1.2 Az akciókutatás folyamata

Mivel kutatásom a menedzsmenttudományok közül elsősorban a szervezeti változásra és változásvezetésre fókuszál, Lüsher és Lewis (2008) Academy of Management Journal folyóiratban publikált, szervezeti változásra fókuszáló kutatásának háromfázisú modelljét vettem alapul. PhD kutatásom esetében az akciókutatás három fázisa a következő volt:

1. Az *előzetes terepmunka* fázisban a nemzetközi energiaszektor átalakulásáról szóló szakirodalmi áttekintés tanulságait, a P2G iparág nemzetközi szereplőit, projektjeit és magyarországi lehetőségeit vizsgáltam dokumentumelemzéssel és kvalitatív tartalomelemzéssel.

A kutatás ezen fázisának eredményei publikálásra kerültek 2018-ban és 2019-ben.

2. A *beavatkozás* fázisban a power-to-gas technológiafejlesztés és a kapcsolódó szervezeti változások kerültek fókuszba. Ebben a fázisban készült a központi kiterjesztett esettanulmány, melynek tárgya a technológiafejlesztő vállalat, a Power-to-Gas Hungary Kft. Szintén ebben a fázisban került sor a kiegészítő periférikus esetek feltárására. Az esettanulmányok készítéséhez
 - a. félig strukturált interjúk kerültek lebonyolításra;
 - b. publikus és bizalmas vállalati dokumentumok elemzésére került sor, az interjú-adatok triangulációja érdekében;
 - c. iteráció történt az elmélet és az adatok között, előkészítve a harmadik fázist.

A kutatás ezen fázisa 2018 és 2020 között zajlott, az eredmények publikálásra kerültek 2019-ben, 2020-ban és 2021-ben.

3. Az *elméletépítési* fázisban szintetizáltam az empirikus eredményeket a korábbi elméletekkel. Az érvényesség és megbízhatóság javítása érdekében a

következtetéseket az akciókutatásban résztvevő mérnöki-, biotechnológiai-, menedzsment- vagy informatikai területen tevékenykedő további kutatóknak és gyakorlati szakembereknek, érintetteknek prezentáltam. Visszajelzéseiknek megfelelően kerültek véglegesítésre a konklúziók.

A kutatás ezen fázisa 2020-ban indult és 2021-ben fejeződött be, azaz a módszertanhoz illeszkedően a beavatkozás és az elméletépítés egy ideig párhuzamosan zajlott.

4.2.2 Esettanulmányok

4.2.2.1 Kiterjesztett esettanulmány

A központi technológiafejlesztő vállalat esetében kiterjesztett esettanulmányt készítettem. A kiterjesztett esettanulmányról Burawoy (1998) és Daneels (2010) alapján a következő főbb megállapítások tehetők:

- a) Egy vállalat mélységi megismerésére fókuszál, hangsúlyosan a vállalat korábbi tevékenységeit is, nemcsak jelenét elemezve.
- b) Kvantitatív és kvalitatív adatforrások, továbbá nemcsak aktuális, hanem archív vállalati dokumentumok is elemzésre kerülnek.
- c) Az interjúk során hangsúlyos a visszatekintés, az események kronológiai áttekintése és azok körülményeinek feltárása.
- d) Egy hosszabb vizsgálati időszakból származó adatok elemzésre és összevetésre kerülnek az elmélettel, az adatokból elméleti konstrukciók születnek. Ezek az adatok újraértelmezésével és a meglévő elméletekkel összevetve, új adatok gyűjtésével és új konstrukciók megalkotásával kerülnek véglegesítésre, amikor az adatok és az elméleti keretrendszer pontjai erős illeszkedést mutatnak.

A kiterjesztett esettanulmány-készítés tehát egy vállalat mélységi, történeti elemzéséről szól, melyben folyamatos a váltás, kölcsönhatás (1) az elmélet és az empirikus adatok elemzése, illetve (2) az empirikus adatelemzés és az empirikus adatgyűjtés között (Burawoy, 1998; Danneels, 2010). Összevetve a grounded theory-val, a folyamatos iteráció és az ehhez szükséges elméleti-elemzési jegyzetek készítésének követelménye hasonlóság a két módszerben. Különbség azonban, hogy a kiterjesztett esettanulmány egy

vállalat mély és historikus feltárására építi az elméletet, míg a grounded theory-nál nincs ilyen feltétel, hanem az empirikus adatokból történő építkezés a hangsúlyos (a) Strauss és Corbin (1998) alapján abduktív módon, jól strukturált folyamatban és összevetve az elmélettel; (b) Glaser (1992) alapján csak induktív módon, szabadon és a meglévő elméleteket (szakirodalmi kategóriákat) nem használva (Mitev, 2012; Kucsera, 2008).

Miles és Huberman (1994) szempontrendszer alapján a központi technológiafejlesztő vállalat az információ-intenzitás alapján releváns. Ezt két tényező is indokolja:

- a) Módszertani relevancia: Kiterjesztett esettanulmányt csak elegendő és historikus adatokat is tartalmazó információ birtokában lehet készíteni.
- b) Iparági relevancia: A nemzetközi power-to-gas projektek alapján van általában van központi technológiafejlesztő vállalat, aki e projektek „motorja”.

Mivel a kiterjesztett esettanulmány módszert az akciókutatás keretében alkalmazom, ezt azt jelenti, hogy nemcsak az interjúkból és dokumentumokból sikerült betekintést nyernem a vállalat korábbi tevékenységeibe, hanem ezek többségének magam is részese voltam.

4.2.2.2 A kiegészítő, periférikus esetek kiválasztása

A kiegészítő, periférikus esetek kiválasztásakor Miles és Huberman (1994) alapján a következő szempontok kerültek előtérbe:

- a) A kritikus eset és az elméleti indíttatású választás gyakorlati, funkcionalista kutatói alapállásom miatt releváns, mivel cél a meglévő elméletek bővítése és logikai összefüggések feltárása is, nemcsak egy-egy jelenség mély megértése. A gyakorlati szempontok meghatározásához a power-to-gas szakirodalomra támaszkodtam.
- b) A trianguláció és a többoldalú megközelítés érdekében kombinált, kevert szempontú esetválasztást indokolt.

- c) A homogenitás és a tipikus esetek szempontja abban az értelemben jelenik meg az esetválasztásban, hogy a periférikus esetek eredményei összesíthetők legyenek, így támogatva a funkcionalista jellegű elméletépítést.¹⁴

Mindezek alapján vizsgált periférikus esetek eredményeit egymással összesítve és összehasonlítva, illetve a következtetéseket a korábbi szakirodalmi eredményekkel, elméleti modellekkel összevetve és szintetizálva elemeztem.

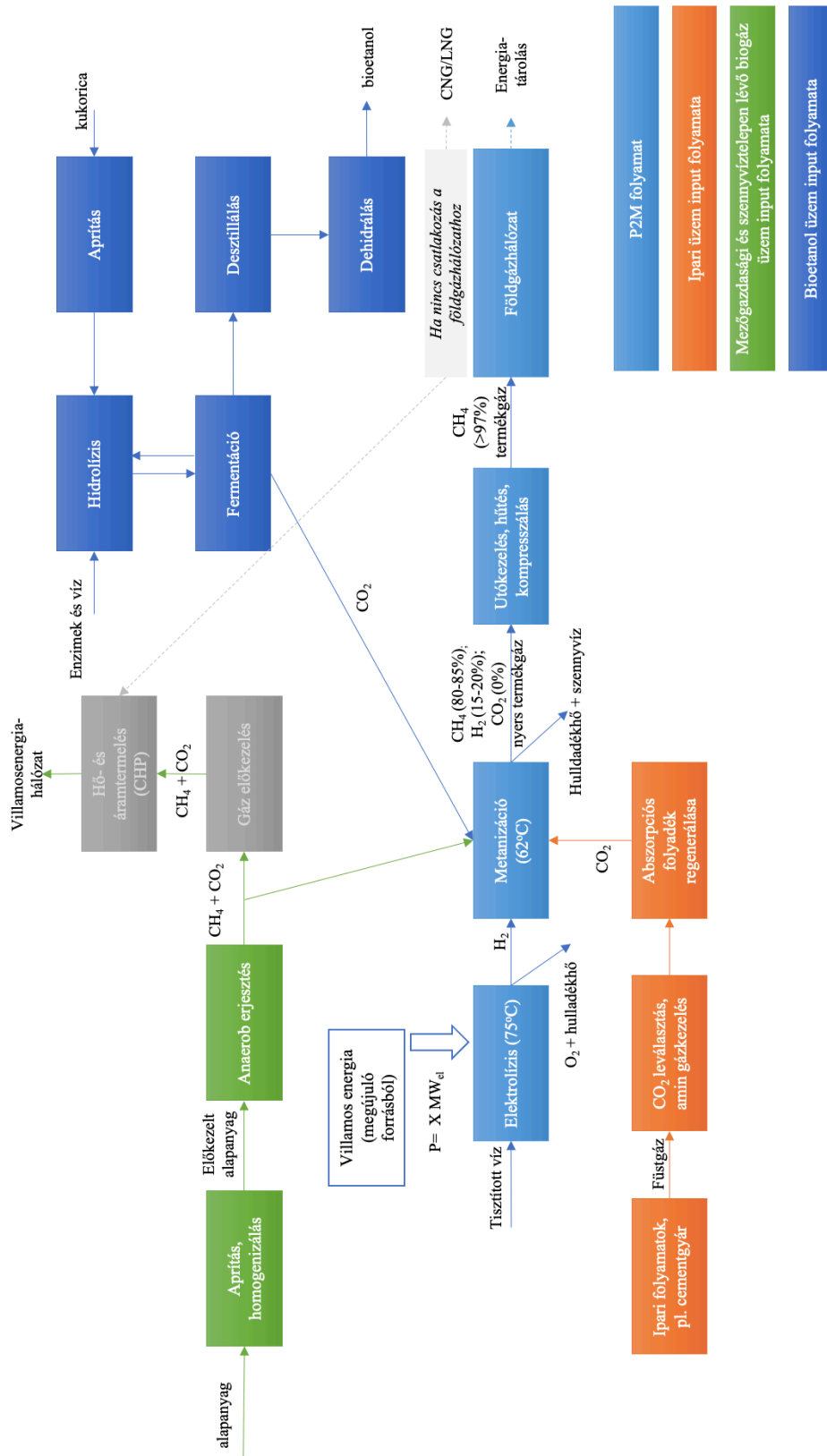
A kutatási kérdés gyakorlati vetületeit szem előtt tartva, melyek a P2G technológia kereskedelmi méretű alkalmazására vonatkoznak, a periférikus esetek kiválasztásakor a potenciális telephelyekre fókuszáltam. 2018 és 2020 között a következő lehetséges telephelyekkel vettem fel – kutatótársaimmal együtt – a kapcsolatot:

- a) mezőgazdasági biogázüzemek
- b) szennyvíztisztító telepek biogáz üzemmel
- c) bioetanol üzemek
- d) ipari üzemek CO₂ kibocsátással (például áramtermelés, petrokkémia, cementgyár).

Azért ezeket az üzemeket kerestük fel, mivel a biogázüzemek esetében és a bioetanol üzemek esetében a CO₂ input a metanizációhoz könnyen és hatékonyan használható forrásból biztosítható (a biogáz szén-dioxidot tartalmaz, a bioetanol gyártás fermentációs lépéséből pedig a tiszta CO₂ nyerhető ki (Laude, et al., 2011)). Továbbá, az ipari üzemek esetében a szén-dioxid-ot a füstgázból kell kinyerni Carbon Capture (CC) technológiával, például egy cementgyárnál (Chauvy, et al., 2020).

A 17. ábra a telephelyválasztási szempont alapján mutatja a periférikus esettanulmányok környezetét. Az ábrán az látható, hogy az egyes telephelyek miként tudják biztosítani a metanizációhoz szükséges szén-dioxidot a power-to-methane folyamat számára.

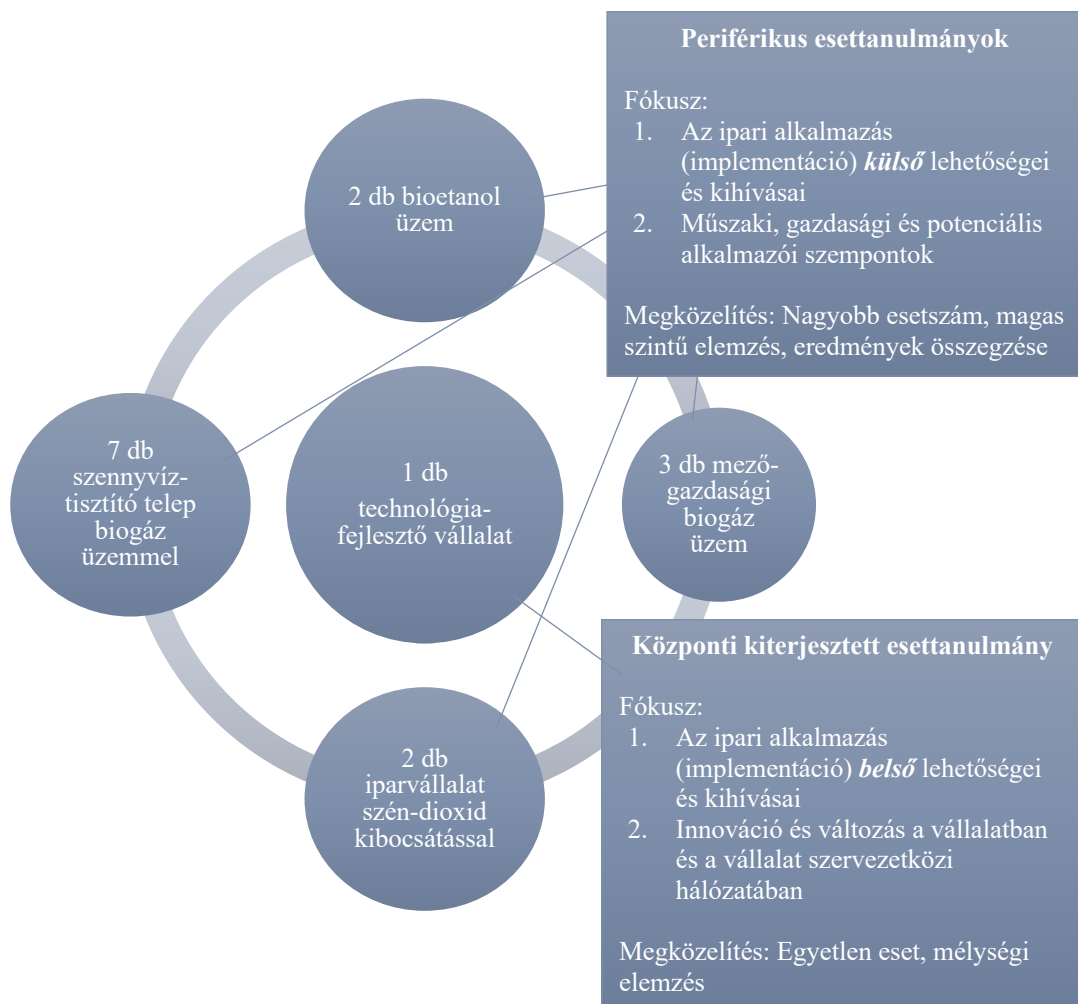
¹⁴ A kutatás lebonyolításakor egyáltalán nem volt releváns szempont számomra a *politikai szempontból fontos esetek* választása, mert nem volt célom az ilyen jellegű figyelemfelhívás; a *véletlenszerűség*, mivel kutatásom a statisztikai érvényességet nem célozza; sem a *kényelem*, mivel kutatásomat az elméleti telítődés (Glaser & Strauss, 1967) észleléséig folytattam. (Miles & Huberman, 1994)



17. ábra: A P2M folyamat megvalósulása különböző telephelyeken
 Forrás: (Pörzse, et al., 2021)

4.2.2.3 Az esettanulmányok száma és helye

Kutatói alapálláshoz igazodva az esettanulmány-készítés során ötvöztem egyetlen vállalat mélységi megismerését (P2G technológiafejlesztés) 14 vállalat magas szintű elemzésével (a P2G potenciális telephelyei) (18. sz. ábra). Míg a P2G technológiafejlesztő vállalat esetében a témát szervezeti és menedzsment aspektusokból tudtam megismerni, addig a 14 potenciális telephely inkább P2G implementációs lehetőségek és kihívások mentén nyújtott fontos adatokat, amely lehetőségekre és kihívásokra a központi technológiafejlesztő vállalatnak valamiképp reagálnia kell. Ez azt jelenti, hogy a kiterjesztett esettanulmánnyal „belülről-kifelé”, a periférikus esettanulmányokkal „kívülről-befelé” logikával tudtam megismerni a kutatási területet.



18. ábra: Az esettanulmányok készítésének logikája

Forrás: saját szerkesztés

4.2.3 A kutatási alkérdések felmerülése az adatgyűjtés és az elmélet iterációja alapján

Richard (2005) rámutat, hogy a kvalitatív kutatás sem kezdődhet terv nélkül, így valamilyen koncepcionális kérdésre (például annak megválaszolására, hogy mit szeretnék megtudni a kutatásból) szükség van (Agee, 2009). Másrészt, Creswell (2007) alapján a kvalitatív kérdések folyamatosan merülnek fel és változnak. E két szempontot egyesítve a kérdésstruktúrát Agee (2009) ajánlásait követve dolgoztam ki:

1. Átfogó kutatási kérdés, mely a bevezetésben ismertetett kutatási kérdés volt. Ez irányt mutatott az egész PhD kutatásomnak.
2. „Dialógus” az elmélet, az empirikus kutatás és a kutatási kérdések között, azaz az elméleti keretrendszer formálja a kérdéseket. Ez illeszkedik az adatelemzési módszereimhez (a grounded theory Strauss és Corbin által leírt kódolási folyamata, illetve a kiterjesztett esettanulmány készítése).

A power-to-gas szakirodalom kutatási rései és az elméleti keretrendszerem alapján

1. a megelőző terepmunka fázisban két témában induktív megértést céloztam, melyek eredményei orientálhatják az esettanulmányok készítését;
2. az esettanulmányok készítését három kutatási alkérdés orientálta (K1-3), amelyek hozzájárulnak a fő kutatási kérdés (K4) megválaszolásához (13. sz. táblázat).

A kutatás során célom volt, hogy a központi témát és a fő kutatási kérdést az elméleti keretrendszer és a P2G-specifikus szakirodalom több nézőpontjából is empirikusan megvizsgáljam a kutatási alkérdések mentén, így támogatva az elméletépítést.

		P2G-specifikus kutatási rések		Az akciókutatás fázisai
		Műszaki-gazdasági elemzések kiegészítése stratégiai szempontokkal	Menedzsment aspektusok vizsgálata	
Elméleti keretrendszer fő elemei	Környezeti változás és az erőforrásalapú elméletek	Téma 1: A vizsgált technológiai innováció szempontjából releváns külső környezeti adottságok és változások Magyarországon	Téma 2: A kisebb és a nagyobb vállalatok erőforrásai és más szervezeti jellemzői az iparágban	Előzetes terepmunka: Eset-tanulmányok at megelőző empirikus kutatások
	Technológia-fejlesztés, innováció, diszrupció	K1: Milyen változásokra van szükség a vizsgált technológiai innováció széles körű, kereskedelmi szintű elterjedéséhez és diszruptivitásához?		Beavatkozás: Periférikus eset-tanulmányok
	Innováció és innováció-menedzsment		K2: Milyen innováció-menedzsment feladatok ellátása szükséges a potenciálisan diszruptív technológia széles körű, kereskedelmi szintű alkalmazásához, a felfedező és a kiaknázó tevékenységek közötti viszonyrendszerben?	Beavatkozás: Kiterjesztett eset-tanulmány
	Változás és tudás-menedzsment a stratégiai kettős képesség szemüvegén keresztül		K3: Milyen szervezeti változásokat indukál a vizsgált innovatív technológia fejlesztése az érintett szervezetekben?	
Stratégiai együttműködések				
Elméleti fókusz	Változás-vezetés	<i>K4: Milyen szervezeti változásokat indukál egy diszruptív energetikai technológiafejlesztés (a power-to-gas technológiafejlesztés), és milyen modellek szerint lehet ezeket a változásokat vezetni a technológia széles körű, kereskedelmi szintű alkalmazása érdekében?</i>		Elmélet-építés

13. táblázat: A kutatási alkérdések felmerülése a kutatás során

Forrás: saját szerkesztés

Természetesen az alkérdéseknél specifikusabb kérdések is felmerültek az esettanulmányok készítése során, ezeket a következő fejezetekben ismertetem.

4.2.4 A kutatási kérdésekhez tartozó előfeltevések

A kvalitatív módszertanhoz és az akciókutatáshoz illeszkedve nem hipotéziseket, hanem elméleti, proposíciós tudásokat (a továbbiakban: előfeltevéseket) határoztam meg a kutatási alkérdésekhez és a fő kutatási kérdéshez. Ennek oka, hogy az akciókutatás során fontos a meglévő elméletekkel támogatni a gyakorlatot, de új elméleteket is kell képezni, amelyek a gyakorlati tapasztalatokra épülnek. (Ezen új elméletek vagy következtetések jelentik majd értékezésem téziseit.) (Coghlan & Brydon-Miller, 2014)

A következőkben a kutatási kérdésekként (K1-4) ezen előfeltevéseket (E1-4) mutatom be röviden, melyek alapját a 2. és a 3. fejezetben bemutatott szakirodalmi megállapítások jelentik.

Az esettanulmányok készítését egyrészt az előzetes eredmények, másrészt a fő kutatási kérdés minden aspektusának megvizsgálása, harmadrészt pedig a P2G-specifikus szakirodalomban azonosított kutatási rések orientálták. A periférikus esettanulmányok így a széles körű, kereskedelmi szintű alkalmazás nemcsak műszaki és gazdasági, de stratégiai és diszruptivitásra vonatkozó szempontjaira fókuszáltak, a következő kutatási alkérdés szerint:

K1: Milyen változásokra van szükség a vizsgált technológiai innováció széles körű, kereskedelmi szintű elterjedéséhez és diszruptivitásához?

A kutatási alkérdés megválaszolása 14 periférikus esettanulmány készítésével és összegzésével valósul meg, és a következő előfeltevés tartozott hozzá:

E1: A vizsgált technológia a szakirodalmi adatok alapján diszruptívvá válhat (Christensen, et al., 2015). Egy ilyen potenciálisan diszruptív technológia széles körű, kereskedelmi szintű alkalmazásához szervezeti változásra van szükség a vizsgált technológiát alkalmazó vállalatoknál. Ennek oka, hogy a vizsgált szervezeti kontextusban a technológia egy lényeges szervezeti jellemző lehet (Dobák, 2002), amely az implementációval megváltozik (meg kell, hogy változzon) és ez befolyásolja a többi lényeges szervezeti jellemzőt is.

Miután a vizsgált technológiafejlesztéshez kapcsolódó szükséges változásokat a periférikus esettanulmányokkal „kívülről befelé” szemlélettel vizsgáltam, a technológiafejlesztő startupnál elkészített kiterjesztett esettanulmány „belülről kifelé” szemlélettel készült, melyhez két kutatási alkérdést határoztam meg. A kiterjesztett esettanulmányhoz kapcsolódó egyik kutatási alkérdés a következő volt:

K2: Milyen innovációmenedzsment feladatok ellátása szükséges a potenciálisan diszruptív technológia széles körű, kereskedelmi szintű alkalmazásához, a felfedező és a kiaknázó tevékenységek közötti viszonyrendszerben?

A kutatási alkérdéshez kapcsolódó előfeltevés meghatározásához – elméleti keretrendszeremhez illeszkedően – erősen építettem a felfedező és kiaknázó tanulás, illetve a digitális innováció- és tudásmenedzsment fontosságára is:

E2: Az innovációs lehetőségek megragadásához és a kihívások kezeléséhez az innovációmenedzsment feladatok ellátása, különösen az ötletmenedzsment, a fejlesztés, a tanulás, illetve erőforrás- és kompetenciamenedzsment lehet szükséges (Tidd & Thuriaux-Alemán, 2016), amelyek hatékonyságát a digitális innováció menedzsment (Nambisan, et al., 2017) és a nyitott innováció (Chesbrough, 2003), a komplementer erőforrásokkal rendelkező startupok (innovatív alaptechnológia) és nagyvállalatok (kiterjedt infrastruktúra és erőforrásbázis) közötti tudás- és technológiatranszfer növelheti (Millar, et al., 1997). A tanulás, illetve az erőforrás- és kompetenciamenedzsment meghatározói a kiaknázást és/vagy a felfedezést erősítő tudásmenedzsment mechanizmusok (March, 1991; Grant, 1996), ezek pedig a tudás kodifikálását, rendszerezését, megosztását és hasznosítását lehetővé tévő digitális megoldásokkal támogathatók (Alavi & Leidner, 2001; Zhang & Venkatesh, 2017).

A harmadik kutatási alkérdés fókuszáltan a szervezeti változásokkal foglalkozott:

K3: Milyen szervezeti változásokat indukál a vizsgált innovatív technológia fejlesztése az érintett szervezetekben?

A szakirodalom alapján az innováció megvalósítása (mint folyamat) és az innováció megvalósulása (mint eredmény) is szervezeti változásokat generálhat, illetve az adaptációt a más szervezetekkel történő együttműködések segíthetik:

E3: Az érintett szervezetek között lesznek olyanok, amelyeknek az innovációs célok érdekében szervezeti változásokra van szüksége (Teece, et al., 1997; Kotter, 2012), míg a(z) – részben nyitott innovációs folyamatok által (Chesbrough, 2003) – elért innovációs cél egyes szervezetekben szervezeti változásokat fog generálni (Csedő, 2006; Hammer, 2004).

A bemutatott három kutatási alkérdés mentén kutatási témámat több oldalról is megközelítem:

- 1) környezeti változás és stratégiai illeszkedés
- 2) erőforrás-alapú vizsgálat;
- 3) műszaki, gazdasági, stratégiai kérdések és a diszruptivitás vizsgálata;
- 4) technológia-specifikus innovációs lehetőségek és kihívások,
- 5) innovációmenedzsment feladatok;
- 6) szervezeti változások.

A többoldalú közelítés célja, hogy a fő kutatási kérdésre kapott válasz (elmélet) megfelelően árnyalt legyen és meghatározható legyen az a kontextus, amelyben a szubsztantív elmélet érvényes (Glaser & Strauss, 1967).

Fő kutatási kérdés (K4): Milyen szervezeti változásokat indukál egy diszruptív energetikai technológiafejlesztés (a power-to-gas technológiafejlesztés), és milyen modellek szerint lehet ezeket a változásokat vezetni a technológia széles körű, kereskedelmi szintű alkalmazása érdekében?

A változásvezetés elméletek vizsgálata és ezek saját értelmezése alapján a következő előfeltevést rögzítem, mely az esettanulmányok alapján és a grounded theory kódolási technikáját alkalmazva kiegészítésre kerülhet:

E4: A diszruptív energetikai technológiafejlesztés (a power-to-gas technológiafejlesztés) inkrementális és/vagy radikális szervezeti változásokkal járhat. A technológiafejlesztés által indukált változások a következő modellek szerint vezethetők: (1) top-down szervezettervezéssel és „E” típusú változással, (2) bottom-up szervezettervezéssel és „O” típusú változással, (3) kombinált modellel (egy-egy top-down és egy-egy bottum-up elem) vagy (4) integrált modellel (bottom-up elemek integrálása a dominánsan top-down folyamatba). (Dobák, 2002; Beer & Nohria, 2000; Csedő & Zavarkó, 2019b)

4.3 Az esettanulmányokat megelőző empirikus kutatások módszertana

Az esettanulmányokat megelőző empirikus vizsgálatok célja a következő kutatási témák induktív, előzetes megértése volt:

A vizsgált technológiai innováció szempontjából releváns külső környezeti adottságok és változások Magyarországon

A kisebb és a nagyobb vállalatok erőforrásai és más szervezeti jellemzői az iparágban

4.3.1 Előzetes dokumentumelemzés

A dokumentumelemzést a környezet megismerésére és a trianguláció részeként alkalmaztam (Bowen, 2009), azaz más módszerek mellett dokumentumelemzéssel is tanulmányoztam a vizsgált jelenségeket (Denzin, 1970) annak érdekében, hogy növeljem kutatásom hitelességét (Eisner, 1991). Az előzetes dokumentumelemzés során az európai és a magyarországi energiaszektort ismertető trendekre, célokra és adottságokra fókuszáltam, olyan adatokat keresve, amelyek meghatározhatják a P2G innovációs potenciálját Magyarországon.

Dokumentumelemzést alkalmazó kutatóként tisztában kellett lennem a dokumentumelemzés előnyeivel és hátrányaival is. Bár a dokumentumelemzés idő- és költséghatékony megoldás, könnyen elérhető, stabil és pontos adatforrást jelent, illetve számos terület vagy jelenség megismerését lehetővé teszi, hátránya, hogy gyakran nem tartalmaz elég részletet. A dokumentum elérhetősége megszűnhet, és szervezeti környezetben akár torzított következtetésekre is vezethet, ha egy-egy dokumentum tartalma a vállalati irányelvek és érdekek szerint került kialakításra (Bowen, 2009). E hátrányokból következik, hogy a vállalati dokumentumok mellett egyéb adatforrásokra is szükség volt a *beavatkozás* fázisban.

4.3.2 Dokumentumok kvalitatív tartalomelemzése

A célom a kvalitatív tartalomelemzéssel az volt, hogy előzetesen feltárjam, hogy milyen innovációmenedzsment jellegű erőforrásai és szervezeti adottságai lehetnek egy kisebb technológiafejlesztő startupnak és egy energetikai nagyvállalatnak, mivel az elméleti keretrendszer alapján ezek együttműködése meghatározó lehet az innováció szempontjából.

A kvalitatív tartalomelemzés csak az adatokból építkezve olyan következtetéshez vezethet (Cho & Lee, 2014), amelyek orientálhatják a további empirikus kutatásokat.

Illeszkedve a kiterjesztett esettanulmány vállalatának technológiájához, a kutatás ezen részéhez olyan kis- és nagyvállalatokat választottam, amelyek részt vesznek bármilyen biológiai metanizációs technológia fejlesztésében és implementációjában.

Három olyan innovatív startupot azonosítottam a Power-to-Gas Hungary Kft-n kívül, amelyek részt vesznek a biológiai metanizációs technológia fejlesztésében: Electrochaea, MicrobEnergy és Krajete. Azonban ez a kutatásnak csak az egyik oldala, mivel a szakirodalom áttekintése alapján a power-to-gas technológia fejlesztése és implementációja megvalósítható kisebb és nagyobb energetikai vállalatok között történő együttműködési kezdeményezések által. Ezen kívül tehát az előzetes elemzés után öt olyan energetikai nagyvállalatot választottam ki az elemzéshez, amelyek jelentős piaci szereplők azokban a regionális energetikai szektorokban, amelyekben a power-to-gas startupok működnek és amelyek, a stratégiájuk és korábbi tevékenységeik alapján érdekeltek lehetnek a megújuló technológiákban és a biológiai metanizációban. Kvalitatív

tartalomelemzést végeztem a felsorolt vállalatok több, mint 250 oldalnyi nyilvános vállalati dokumentumain és kommunikációin (éves jelentések, stratégia, weboldal, online kommunikáció és cikkek). Az elemzés során a Zhang és Wildemuth (2009) által leírt folyamatot követtem:

- 1) Az adatok előkészítése: nyilvánosan elérhető dokumentumokat elemeztem, tehát az adatgyűjtést és kiválasztást követően további előkészületek nem voltak szükségesek.
- 2) Az elemzési egység meghatározása: a cél olyan szavak, kifejezések és mondatok azonosítása volt, melyek az innovációmenedzsment kontextusára utalnak (például: célok, tevékenységek, erőforrások), mivel az innovációmenedzsment a kutatás egyik központi témája.
- 3) A kódolási rendszer kifejlesztése: induktív kódolási logikát követtem, ami azt jelenti, hogy az adatok alapján határoztam meg kategóriákat és kódokat. Mindazonáltal, később a kódok és kategóriák finomítva lettek az elméleti háttérnek megfelelően.
- 4) Első kódolási fázis: egy kisebb power-to-gas technológia fejlesztő vállalat dokumentumait kódoltam.
- 5) A kódolási rendszer tesztelése és finomhangolás: ezután teszteltem a kategorizálást és a kódolási rendszert egy energetikai nagyvállalat és még egy kisebb power-to-gas technológia fejlesztő vállalat dokumentumain. Újra felmerülő kategóriákat és kódokat találtam, valamint néhány ellentmondás is előfordult a kódolási rendszerben, ezért ezt átdolgoztam és finomítottam.
- 6) Az összes dokumentum kódolása: Ezt a kódolási rendszert felhasználva kódoltam az összes dokumentumot, valamint újrakódoltam az előzőeket.
- 7) A kódolás konzisztenciájának felmérése: A kódok között számos hasonlóság és átfedés volt, ezért meg kellett szüntetnem az ismétlődést.
- 8) Következtetések levonása a kódolt adatokból: a kódolási folyamat során nyilvánvaló kapcsolatokat azonosítottam a két fő kategória és a kódok között, ezért egyértelműen elkülönítettem a kisebb és nagyobb vállalatok kódjait is. A véglegesített eredmények, fő kódok és kategóriák az Eredmények fejezetben bemutatásra.

A kvalitatív tartalomelemzést azzal a céllal alkalmaztam, hogy kutatásom fókuszában lévő kulcsfogalmakról az adott szervezeti kontextusban létrejött jelentéstartalmakat azonosítsam. Meggyőződésem szerint a jelentések minél alaposabb megértése támogatja a jelenségek megértését, így az összefüggések feltárását is. (Zavarkó, et al., 2018)

4.4 A kiterjesztett esettanulmány készítése a technológiafejlesztő vállalatnál és ennek módszertana

4.4.1 A vállalat bemutatása

A kiterjesztett esettanulmány környezetéül szolgáló vállalat főbb jellemzői az alábbiak:

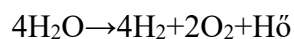
- a) A Power-to-Gas Hungary Kft. 2016-ban létrejött startup vállalat.
- b) A vállalat az Electrochaea német biotechnológiai céggel együttműködve 2018-ban létrehozta saját P2G (P2M) prototípusát.
- c) A prototípus polimer elektrolit membrános elektrolízissel (PEMEL) és biológiai metanizációs technológiával működik.
- d) A biológiai metanizáció egy szabadalmaztatott biokatalizátor által valósul meg, amely egy robosztus, rendkívül szelektív archea törzs (*Methanothermobacter thermautotrophicus*). Ezt az archea törzset Chicagói Egyetemen fedezte fel Laurens Mets professzor (Mets, 2012).
- e) A prototípus struktúrája megegyezik a világ eddigi legnagyobb biológiai metanizációs P2G üzemével (1 MW_{el}), amelyet szintén Electrochaea nevű német biotechnológiai cég fejlesztett. Ez az üzem 2016-ban kezdte meg működését Avedøre-ban (Dánia). Ezen kívül az Európai Unió által finanszírozott STORE&GO projekt egyik helyszínén, Solothurn-ban (Svájc) is ezzel a technológiával működik egy 2019-ben átadott 700 kW_{el} teljesítményű üzem.
- f) A Power-to-Gas Hungary Kft. egész Közép-Kelet-Európára kiterjedően ipari méretű P2G üzemek tervezési feladataiban vesz részt.
- g) A vállalat 2018 óta üzemelteti prototípusát, amellyel tudományos és ipari K+F+I tevékenységeket is végez. (Csedő, 2020)

A vállalat további tevékenységei az Eredmények fejezetben kerülnek ismertetésre a kutatási szempontok alapján.

4.4.2 A technológia bemutatása

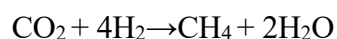
A Power-to-Gas Hungary Kft. prototípusa egy olyan lekicsinyített működési egység, amely a P2G kereskedelmi szintű alkalmazásával arányos energia- és tömegáramokkal dolgozik, de emellett saját kutatás-fejlesztési funkciókkal is rendelkezik. A kereskedelmi szintű P2G egységekben egy olyan gázkeverék előállítása valósulhat meg, amely megfelel a földgázra szabványoknak, így betáplálható a földgázrendszerbe. Az ehhez szükséges folyamat három fő lépésből áll. (Csedő, et al., 2020)

(1) Az első lépés a villamos energia hidrogénné alakítása (elektrolízis), amely során a P2G egység az elektromos hálózathoz tartozó többlet villamos energiát használja fel (Mazza, et al., 2018) hidrogén előállítására (melléktermékként oxigén keletkezésével), az alábbi kémiai reakció formájában:



A hidrogén a P2G folyamat következő fázisában (metanizáció) kerül felhasználásra. Az oxigén melléktermék is felhasználható, például egy szennyvíztisztító üzem levegőztető rendszerébe injektálva növelheti annak hatékonyságát (Schäfer, et al., 2020).

(2) A metanizáció fázisában a biogáz CO_2 tartalma (általában 30–50%) vagy a füstgázból kinyert CO_2 alapvető kémiai reakciókon keresztül, egy egyedi enzimblokkot alkalmazó biokatalizátor segítségével metánná alakul (Ferry, 1998):



Amennyiben biogáz kerül felhasználásra, a biogáz feljavítással ellentétben (Lovato, et al., 2017) a metán és a szén-dioxid gáz komponensei nem választódnak szét a folyamat során, illetve a biogázt hidrogénnel együtt injektálják a folyamatos keverésű tartályreaktorba. A tömegáram ráták a hidrogén és a szén-dioxid sztöchiometriai arányának megfelelően vannak meghatározva (a gyakorlatban kissé növelve, 4.1:1 arányban, mert a hidrogén 23-szor kisebb mértékben oldódik vízben, mint a szén-dioxid).

(3) Az utolsó lépésben a kémiai folyamat termékeként képződő, több mint 97%-os metántartalmú gáz egy tisztítási folyamatot követően (a keletkező hidrogén-összetevő elkülönítése, a vízgőz eltávolítása és hűtés után) injektálható a földgázrendszerbe. (Csedő, et al., 2020)

4.4.3 Adatgyűjtés és adatelemzés

A kiterjesztett esettanulmány készítéséhez félig strukturált interjúkat készítettem és dokumentumelemzést végeztem.

Az interjúkat és a dokumentumelemzést a korábbiakban ismertetett következő kutatási alkérdések orientálták:

Milyen innovációmenedzsment feladatok ellátása szükséges a potenciálisan diszruptív technológia széles körű, kereskedelmi szintű alkalmazásához, a felfedező és a kiaknázó tevékenységek közötti viszonyrendszerben?

Milyen szervezeti változásokat indukál a vizsgált innovatív technológia fejlesztése az érintett szervezetekben?

A konkrétabb kérdések az akciókutatás során folyamatosan merültek fel.

4.4.3.1 Félig strukturált interjúk készítése és elemzése

A lehetőségek és kihívások megértésének fontos eszköze számomra a félig strukturált interjúk készítése. Barriball és While (1994) rámutat, hogy a félig strukturált interjúk

- a) segítségével több információ szerezhető, mint a kérdőívekkel
- b) alkalmasak az értékek, hiedelmek, motivációk és attitűdök azonosítására
- c) lehetőséget adnak a válaszok hitelességének értékelésére (a válaszadó nonverbális jeleit figyelve)
- d) valóban az egyén véleménye tárható fel, mivel az adott pillanatban elhangzott kérdés
- e) megválaszolásában nem tudja kérni más segítségét.

A félig strukturált interjúknak vannak potenciális veszélyei is, melyekre egy kutatónak oda kell figyelnie. Ilyen például, hogy a kutató másra következtethet az adatokból, mint amit a válaszadó sugallni vagy felfedni akar. Következésképp fontos a visszakerdezés, puhatolózás a részletekre vonatkozóan, a háttérinformációk vizsgálása, mely révén további értékes információk szerezhetők, és meglátható a valódi szervezeti probléma, de azonosíthatók a válaszok esetleges ellentmondásai is. (Barriball & While, 1994)

Mivel PhD kutatásomat az akciókutatás keretezi, így a kiterjesztett esettanulmány készítésekor lehetőségem nyílt nemcsak a technológiafejlesztő vállalat alkalmazottjaival, hanem számos potenciális vagy meglévő partnerrel, és egyéb érintettekkel (pl. beszállítóval) is kapcsolatba lépni, kutatótársaimmal együtt:

- 1) nagy energetikai vállalatok
- 2) más területen működő technológiai vállalatok (például informatika)
- 3) pénzintézetek
- 4) egyetemek, kutatóközpontok és más nonprofit intézmények.

Mindez illeszkedik a 3.2.1. fejezetben kiemelt, szakirodalmi és iparági szempontból is alátámasztott, illetve az elméleti keretrendszeremben is megjelenő megállapításhoz, miszerint az együttműködések és a hálózatok kulcsfontosságúak lehetnek egy-egy innovációs folyamatban. Mindezek alapján a kiterjesztett esettanulmány nemcsak egyetlen vállalat változásának és tevékenységeinek feltárását jelentette, hanem a más szervezetekkel való kapcsolatok fejlődésének vizsgálata is lehetségessé vált.

A külső érintettekkel történő félig strukturált interjúk alanyainak kiválasztásában a legfontosabb szempont az elméleti mintavétel, a minél magasabb szintű döntési jogkör, üzletági vagy funkcionális vagy kutatási terület vezetése volt, így az érintett szervezetek felsővezetésének tagjaival készültek interjúk. Az interjúk hossza általában 1 óra volt. Az interjúkon hangfelvétel készítése nem volt lehetséges, így az elhangzottakról saját feljegyzéseket készítettem. Mivel ez az 1 óra nem adott minden esetben lehetőséget a témák teljes körű feltárására, szintén a szakirodalmi mintákat követve egyes értelmező jellegű kérdéseket esetenként emailben tisztáztam az interjúalanyokkal és kutatótársaim segítségét is igénybe vettem (Daneels, 2010; Bingham et al., 2015).

Az adatokat – a kiterjesztett esettanulmány módszertanhoz illeszkedően – az elmélettel iterálva elemeztem, mely befolyásolta a további adatgyűjtést is. Az adatelemzés logikáját a kiterjesztett esettanulmány-készítés esetén a 19. sz. ábra mutatja:



19. ábra: Adatelemzés az esettanulmány-készítés során

Forrás: Danneels, 2010

A félig strukturált interjúk esetén a kihívást jelentő egyensúlyozást a rugalmasság és konzisztencia között a több kérdezővel segíthető elő (May, 1989), mely esetben biztosított volt, mivel kutatásaim és publikációim társszerzőségben születtek, a külső kutatói szempontok bevonása pedig az adatfelvétel, adatelemzés és az eredmények megvitatása során is megvalósult.

4.4.3.2 Dokumentumelemzés

A dokumentumelemzés esetében elsősorban a bizalmas vállalati dokumentumok megszerzésére és vizsgálatára törekedtem, de publikus anyagok is relevánsak voltak, mivel a dokumentumelemzést a trianguláció részeként, kiegészítő adatforrásként kezeltem. Ez több mint 300 oldalnyi nyilvánosan elérhető és bizalmas dokumentum vizsgálatát jelentette, melyekkel az elsődlegesnek számító interjúadatokat egészítettem ki, illetve orientálták az elmélettel történő iterációt. A következő típusú dokumentumok elemzésére volt lehetőségem:

- 1) Innovációs, technológia-fejlesztési projektek előkészítő dokumentumai
- 2) Megvalósíthatósági tanulmányok
- 3) Projektbeszámolók
- 4) Technológiai dokumentációk
- 5) Feljegyzések technológiai problémákról és megoldási lehetőségekről
- 6) Megbeszélés emlékeztetők. (Csedő & Zavarkó, 2020)

4.5 A periférikus esettanulmányok készítése a potenciális telephelyeknél és ezek módszertana

A periférikus esettanulmányok készítését a következő kutatási alkérdés orientálta:

Milyen változásokra van szükség a vizsgált technológiai innováció széles körű, kereskedelmi szintű elterjedéséhez és diszruptivitásához?

4.5.1 Adatgyűjtés

Ebben a részben a lehetséges telephelyektől gyűjtöttem adatokat, hogy azonosítsam

- a) azokat a telephelyeket, ahol megfelelőek az infrastrukturális, bemeneti és kimeneti feltételek arra, hogy ott egy biometanizációs üzem létesüljön kereskedelmi méretben,
- b) a telephelyek vezetőinek, mint potenciális alkalmazók P2M-re és a versenytárs megoldásokra (ha vannak ilyenek) vonatkozó értékelési szempontjait,
- c) azon telephely-specifikus tényezőket, amelyek fejlesztése növelhetné egy kereskedelmi szintű P2M egység megvalósíthatóságát.

Az adatgyűjtés az *előzetes terepmunka* fázis után kezdődött, és 2018-tól 2020-ig tartott.

4.5.1.1 Félig strukturált, fókuszcsoporthoz tartozó interjúk

14 potenciális telephely esetében volt lehetséges az infrastrukturális lehetőségek és a felsővezetők nyitottsága alapján, kutatótársaimmal együtt félig-strukturált interjúkat lebonyolítani a vezetőkkel és a telephelyen történő egyeztetéseken részt venni a szakértői szintű telephely-üzemeltetőkkel.

Az adatgyűjtési folyamat a következő elemekből állt:

- a) A P2G relevanciájának előzetes becslése a műszaki vezérigazgató-helyettes vagy a műszaki igazgató közreműködésével;
- b) A technológia részletes bemutatása és a kereskedelmi lehetőségek feltárása a vezérigazgató vagy a felsővezető csapat segítségével;
- c) Az elérhető műszaki-gazdasági adatok és dokumentációk összegyűjtése;

- d) Helyszíni műszaki-gazdasági adatgyűjtés és konzultáció szakértői szintű munkavállalókkal. (Csedő, et al., 2020)

Az alsóbb szintek bevonása a korábbi, hasonló témájú és módszerű kutatásokban is megjelent, mint a felsővezetők stratégiai kérdésekben való megnyilatkozásait kiegészítő nézőpont (Mishra & Baskhar, 2011; Klingebiel & Joseph, 2016; Tripsas & Gavetti, 2000; Bingham et al., 2015, Ordanini et al., 2018), de esetemben a konkrét műszaki adottságok felmérése miatt is releváns volt.

Néhány esetben több vezetővel vagy szakértővel egyszerre történt az interjú. Ilyen esetekben a fókuszcsoportos interjúk módszertani megfontolásait is figyelembe vettem Kitzinger (1995) és Vicsek (2006) alapján különösen:

- a) Azokat a szereplőket kerültek bevonásra, akik csak a projekt érintettjei (például gazdasági igazgató, műszaki igazgató, telephelyvezető).
- b) Amikor egy műszaki területen jártás kutatótársammal együtt vettem részt az interjúm, igyekeztem facilitátori szerepet is betölteni, támogatva a gazdasági és menedzsment aspektusokhoz tartozó műszaki kérdések megvitatását is, melyek az implementáció alapfeltételei.
- c) A főbb kérdéseket tartalmazó telephely-specifikus adottságokra vonatkozó vezérfonal strukturálta a beszélgetéseket és lehetővé tette az összehasonlíthatóságot az interjúk között.

Interjúalkalmak és a helyszíni bejárások általában 1-1 órák voltak.

A szennyvíztisztító telepek eseteit, a nagyobb elemszámuk (7 db) miatt külön is ismertetem az Eredmények fejezetben, rámutatva a P2G implementáció standardizációs lehetőségeire.

4.5.1.2 Adatbekérők

Az interjúk mellett Excel formátumú adatbekérőket küldtem ki a potenciális telephelyeknek, amelyek a technológia implementálhatóságának műszaki elemzésére fókuszáltak.

4.5.2 Az adatbekérők és az interjúk tartalma

A periférikus esettanulmányok adatgyűjtési struktúráját a 14. sz. táblázat mutatja be. A titoktartás miatt a megkérdezettek specifikus pénzügyi adatokat csak trendek formájában vagy a lehetőségek és kihívások kiemelésén keresztül bocsátottak rendelkezésre.

Adatok	Technikai, technológiai, infrastrukturális	Gazdasági, kereskedelmi, befektetéssel kapcsolatos
Általános (Vezér-igazgatói/Ügyvezetői és igazgatói szint)	<ul style="list-style-type: none"> Technológia- és infrastruktúra-fejlesztési tervek és ezek motivációi Egyéb felmerült technológiák, mint opciók és ezek várt értékteremtése 	<ul style="list-style-type: none"> Nyitottság a technológiai innovációk és együttműködések felé A P2G értékteremtési potenciálja e terveket tekintve
	<ul style="list-style-type: none"> Villamosenergia-ellátás hálózatról, a jelenleg meglévő vagy tervezett fotovoltaikus kapacitásokról Vízellátás CO₂ input A P2M egység leendő helyszíne és a helyi infrastrukturális kapcsolódási pontok (például a biogáz üzemhez vagy a szennyvíztisztító üzemhez) Csatlakozás a fölgázrendszerhez Melléktermékek hasznosításának potenciálja (hulladékhő, oxigén) 	<ul style="list-style-type: none"> Pénzügyi helyzet Biogáz üzemek esetében jelenlegi biogáz hasznosítás Jelenleg folyó vagy tervezett infrastrukturális fejlesztések, potenciális szinergiák a P2G technológiával
Specifikus (igazgatói és szakértői szint)	<ul style="list-style-type: none"> Áramhálózathoz csatlakozás (pl. elektromos feszültség) Földgázrendszerhez csatlakozás (pl. üzemtől való távolság) Víz és szennyvíz (pl. tisztítási technológia) Technológiai és infrastrukturális kapcsolatok (pl. a hulladékhő már folyó vagy tervezett felhasználása) Bővítési potenciál (pl. földrajzi környezet, közlekedési kapcsolatok). Telephely-specifikus kérdések (Részletezve a 3. sz. Függelékben) 	<ul style="list-style-type: none"> Befektetésekre mozgósítható szabad tőke Az energiaköltségeket meghatározó jelenlegi szerződések Jelenleg termelt árbevétel vagy biogáz üzemek esetében a biogáz használatával megspórolt költségek

14. táblázat: Az adatgyűjtés struktúrája a periférikus esettanulmányok esetében

Forrás: Csedő, et al., 2020 alapján

4.5.3 Adatelemzés

Míg a kiterjesztett esettanulmányoknál a kvalitatív adatok voltak hangsúlyosak, addig a periférikus esettanulmányoknál a kvantitatív jellegű, műszaki-gazdasági elemzések kerültek jobban előtérbe. Ez illeszkedik szervezetelméleti alapállásomhoz és kutatási stratégiámhoz is, amely alapján egyrészt a vizsgált szervezetet és kapcsolatait mélységében vizsgálom, viszont a konkrét megvalósítással kapcsolatban nagyobb mintán kvantitatív tényezőket is vizsgálok. Ennek keretében műszaki és gazdasági elemzésekre, illetve szenárióelemzésekre került sor, melyek leginkább releváns részei a Függelékben találhatóak.

Hasonlóan a kiterjesztett esettanulmány során gyűjtött kvalitatív adatokhoz, a periférikus esettanulmány során gyűjtött kvalitatív adatokat is az elmélettel iterálva, azzal összehasonlítva elemeztem, ez alapján fogalmaztam meg következtetéseket és így ismertetem őket az Eredmények fejezetben is.

4.6 Elméletépítés a grounded theory kódolási technikájával

Az elméletépítéshez a grounded theory hármaskódolási rendszerét választottam. Az esettanulmányokat megelőző empirikus kutatásnál használt kvalitatív tartalomelemzés és a grounded theory között hasonlóság van abban, hogy egyaránt a terepen történő vizsgálatra alapulnak, lehetővé teszik több adatforrás használatát, rendszerszerű adatelemzést írnak elő, kategóriák és témák azonosítására fókuszálnak a kódolás során. A fő eltérés, hogy a kvalitatív tartalomelemzés az anyagok jelentésének, a fogalmak, a szóhasználat háttérének mély megértését, míg a grounded theory az empirikus adatokból történő elméletépítést célozza (Glaser & Strauss, 1967; Cho & Lee, 2014).

A grounded theory kódolási technikájának választásának egyik indoka, hogy a grounded theory sikeresen alkalmazható a menedzsmentkutatásban (Locke, 2001), illetve az innovációval (Lowe, 1995) és a vezetői beavatkozásokkal, változásvezetéssel (Partington, 2000) összefüggésben. Bár Partington (2000), Douglas (2003) és Mitev (2012) is rámutat, hogy a grounded theory a menedzsmentkutatásban egyelőre nem túl elterjedt eszköz, a hivatkozott szerzőkkel egyetértve támogatom a grounded theory megfontolásainak integrálását a vállalati jelenségek kutatásába, mint a kvalitatív kutatásból építkező elméletépítés eszközt. A kutatási kérdések megválaszolása a

Douglas (2003) által bemutatott, üzleti jellegű kutatásokban alkalmazandó grounded theory leírásra épül. A grounded theory kódolási technikával szisztematikus módszert alkalmaztam, melynek hangsúlyos eleme az adatok és a kategóriák folyamatos összehasonlítása (Glaser & Strauss, 1967). Ennek kulcsa, hogy nemcsak az adatgyűjtés, de az adatelemzés során is elméleti jegyzeteket készítettem, melyek lehetővé tették a felmerülő ötletek, kategóriák és koncepciók újbóli és többszöri összehasonlítását az adatokkal (Mitev, 2012).

A Douglas (2003) által leírt, és az általam követett folyamat – a markánsan kettévált grounded theory megközelítések közül – inkább Strauss és Corbin (1998) megközelítéséhez áll közelebb: követett kódolási szakaszok (nyílt, axiális és szelektív kódolás), a korábbi szakirodalmi fogalmak használatának megengedése (Mitev, 2012). A nyílt kódolás az adatokból történő kódok azonosítását jelenti, az axiális kódolás során e kódok csoportosítására kerül sor, míg a szelektív kódolás a központi kód (fogalom, elmélet) szerint szűri és értelmezi újra a kódokat (Douglas, 2003). E kódolási folyamat követését az teszi szükségessé, hogy a grounded theory kódolási technikájának alkalmazásában – kutatói alapállásom alapján – a meglévő elméleteket is figyelembe kívántam venni, ezért a Strauss és Corbin (1998) által előírt szakaszok jelenthetnek számomra megfelelő módszertani alapot, Glaser (1992) csak adatokra támaszkodó folyamata nem (Mitev, 2012). Mivel a grounded theory sokkal inkább adatelemzési, mint adatfelvételi stratégia (Mitev, 2012), a kategóriák meghatározásakor és az elméletépítéskor építettem nemcsak az interjúk, de a dokumentumelemzések következtetéseire is, ezzel erősítve az empiria alapú elméletépítést (Glaser – Strauss, 1967).

Az adatelemzés nem vált el szigorúan időben az adatgyűjtéstől, és a kezdeti eredmények hatással voltak a további interjúk kérdéseire, egészen az elméleti telítődés eléréséig. Ennek része az is, hogy a jegyzetek készítése nemcsak az adatgyűjtés során, hanem az adatelemzés során is folyamatos volt, mely számos kezdetleges elméleti koncepciót, szakirodalmi összefüggést tartalmazott. Fontos rámutatnom arra is, hogy a grounded theory kódolási módszerét követve szubsztantív, korlátozott társadalmi kontextusban érvényes elméletet hozhattam létre, nem absztraktabb, formális, általános elméletet (Glaser – Strauss, 1967). Céлом a grounded theory kódolási módszer szerint érvényes összefüggések feltárása volt, elfogadva azon megállapítást, hogy a szisztematikus

végzett kvalitatív kutatás alapján elmélet építhető (Mitev, 2012). Ebből következik, hogy pozitivista értelemben az új elmélet nem érvényes, mivel statisztikai módszerekkel (általánosan) nem kerül tesztelésre és bizonyításra, azonban ez új kutatási irány lehet.

Összhangban Strauss és Corbin (1998), illetve Douglas (2003) munkáival, a következő folyamatot követtem a grounded theory kódolási technikájának alkalmazása során:

1. Nyílt kódolás

a. Első szakasz

- i. A feljegyzéseimből, a kérdésekre kapott válaszokból kiválogattam azokat az (in vivo) kódokat, amelyek a tágabb értelemben menedzsment aspektusúak voltak, ugyanis az akciókutatásból és a témából következően igen hangsúlyosak voltak a műszaki jellegű adatok is. Példák: „technológia”, „innováció”, „kockázat”, „elemzés”, „energiatárolás”, „befektetési költségek”, „biometán”, „fejlesztés”, „pénzügyi háttér”, „szabályozás”
- ii. Az interjúk alapján meghatároztam 1-2 fő üzenetet, az interjú lényegét, akár rejtett tartalmát. Példa: „A bizonytalan szabályozási környezet megnehezíti a pénzügyi tervezést”

b. Második szakasz

- i. Ekkor az adatok újrakódolása történt meg, melynek keretében már csak egyetlen új kódot, esetenként „open label” kódot határoztam meg, vizsgálva az előző szakaszban rögzített kódot is. Példa: „szabályozási környezet”
- ii. Ezután újból meghatároztam a fő tanulságot az előbbi és az új kódok összehasonlítása alapján, de immáron magára a kutatási kérdéshez kapcsolódó kódot definiáltam. Ezek segítettek orientálni a következő fázisú kódolást. Példa: „A támogató intézményi háttér kulcsfontosságú lehet az innováció kiaknázásában”

2. Axiális kódolás

- a. Ebben a kódolási folyamatban a kódokat egymás alá felsoroltam, majd a kódok mellé egy másik, átfogóbb jellegű kódot határoztam meg. Példa: a „közös fejlesztés”, „partner”, „egyeztetés” szavakhoz az „együttműködés” szó

- b. Azokat a kódokat, amelyek nagyon eltérőek a többitől, és a kutatási kérdésem szempontjából semmilyen átfogó kategóriába nem besorolhatóak, kiszűrtem. Az irreleváns kódok kiszűrésével az elméleti fókusz erősödött.
 - c. Végül néhány kategóriát határoztam meg az átfogó jellegű kódok alapján, illetve a kategóriákba ezeket az átfogó kódokat is besoroltam táblázatos formában. Példák: „változás a szervezeten belül”, „változás a szervezeten kívül”, „innovációs hálózat”, „nyitott innováció”
3. Szelektív kódolás és elméletépítés
- a. A nyílt és axiális kódolás eredményeit összevettem a szakirodalmi eredményekkel, korábbi elméleti modellekkel.
 - b. Ez egy iterációs folyamat volt, melyben felhasználtam az adatgyűjtés és adatelemzés során készített feljegyzéseket is, nemcsak a kódokat és kategóriákat.
 - c. A cél egy olyan összegző modell megalkotása volt, mely szintetizálja a korábbi elméleti modelleket és az új empirikus eredményeket. (Ezek értékezésem fő következtetései)
4. A modell validálása és finomhangolása
- a. A modell érvényességének és megbízhatóságának szempontjából fontos lépés a volt következtetések validáltatása és finomhangolása a visszajelzések alapján.
 - b. E lépésben a már megjelent publikációink során kapott bírálói megjegyzések figyelembevételére, és a mérnöki, biotechnológiai, menedzsment és informatikai területen tevékenykedő kutatótársaimat és szakembereket kérdeztem az következtetések helyességéről, és visszajelzéseik alapján finomítottam a konklúziót.

4.7 Összegzés

4.7.1 Módszertani keretrendszer

Kutatásmódszertani megfontolásaim alapja, hogy multiparadigmikus kutatás hasznos a komplex jelenségek megismeréséhez, mely jelen esetben a következőképp jelenik meg:

1. Kutatásomban építék a korábbi, pozitivista értelemben érvényes kutatási eredményekre és szintetizálom azokat saját, kvalitatív módszertan követésével szerzett empirikus eredményeimmel.
2. Szekvenciális módon, részben interpretatív, de hangsúlyosan funkcionalista megközelítéssel funkcionalista kutatási célokat szeretnék elérni.

Kutatásmódszertanom legfontosabb elemeit a 15. sz. táblázat foglalja össze:

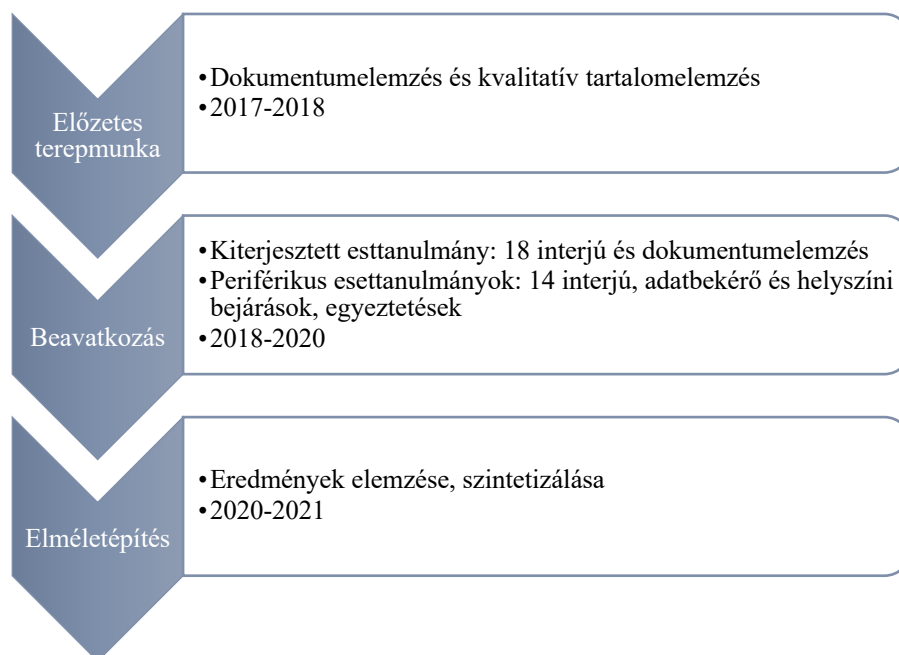
	Releváns szervezettelméleti megközelítések	
	Interpretatív	Funkcionalista
Kutatási kérdés	<i>Milyen szervezeti változásokat indukál egy diszruptív energetikai technológiafejlesztés (a power-to-gas technológiafejlesztés) és milyen modellek szerint lehet ezeket a változásokat vezetni a technológia széles körű, kereskedelmi szintű alkalmazása érdekében?</i>	
Kutatási stratégia	Akciókutatás keretében egy központi kiterjesztett esettanulmány és több periférikus esettanulmány készítése	
	Megelőző induktív megértés két témában	Három kutatási alkérdés megválaszolása
Adatforrások	Vállalati dokumentumok, félig strukturált egyéni és fókuszcsoporthozos interjúk	
Adatelemzés	Megelőző módszer: Dokumentumelemzés, kvalitatív tartalomelemzés	Megelőző módszer: Kvantitatív adatokra épülő műszaki-gazdasági elemzések készítése
		Fő módszer: A kiterjesztett esettanulmány és a grounded theory kódolási technikája
Tudományosság	Érvényesség, megbízhatóság, általánosíthatóság kvalitatív értelemezésben Szubsztantív elmélet alkotása	

15. táblázat: Módszertani keretrendszer

Forrás: saját szerkesztés

4.7.2 Interjúk, specifikus adatok, empirikus és más modellek tanulmányozása a modellalkotáshoz

Az összegyűjtött adatok forrásait az akciókutatás fázisai szerint rendezve a 20. sz. ábra foglalja össze. A dokumentumelemzés és az adatbekérők mellett 32, kb. 1 órás interjú lebonyolítására került sor, melynek többségén kutatótársaimmal együtt vettem részt.



20. ábra: Az elkészült interjúk és egyéb adatforrások összefoglalása

Forrás: saját szerkesztés

Az elméletépítéshez szükséges adatgyűjtést az elméleti telítődésig folytattam (Glaser & Strauss, 1967). Ez az interjúszám illeszkedik a szakirodalmi mintákhoz, ugyanis a kiterjesztett esettanulmány módszert alkalmazó, hasonló témájú és elismert nemzetközi folyóiratban publikált kutatásokban Danneels (2010) 17, Bingham és társai (2015) 31, Tripsas és Gavetti (2000) 20 interjút bonyolított le.

Fontos, hogy a műszaki-gazdasági elemzések specifikus adatokra épülnek, köztük az Power-to-Gas Hungary Kft. prototípusa által 2018 óta generált több mint 30.000 mérési eredményre, illetve az előfeltevések meghatározásához a friss szakirodalmi eredményeket vettem alapul, amelyek részletei a Függelékben található.

Végül, érdemes megemlíteni, hogy bár PhD kutatásom során a központi téma a változásvezetés és az innováció kapcsolata volt, a megbízhatóbb, precízebb modellépítés érdekében a vizsgálatomat kiterjesztettem (1) vezetési szempontból a diszruptivitás vizsgálatára és a diszruptív innovációk modelljének tanulmányozására, (2) illetve ezt empirikus adatokra épülő műszaki-gazdasági számításokkal magam is használtam a power-to-gas technológiafejlesztés kontextusában.

4.7.3 Érvényesség, megbízhatóság és általánosíthatóság

Kvale (1996) alapján az érvényesség, a megbízhatóság és az általánosíthatóság szempontjai szolgálnának a kutatás elfogadhatóságának megítélésére tudományos szempontból (Mitev, 2006). Ugyanakkor, mint azt korábban bemutattam, az interpretatív szervezetelméleti paradigmához közelebb eső kvalitatív kutatómódszertan esetében a pozitívista értékelési szempontok nem megfelelőek. A kvalitatív kutatás értékelésében nem a végpontok ellenőrzésére, hanem a kutatás folyamatának ellenőrzésére esik a hangsúly (Kvale, 1996; Csedő, 2006; Mitev, 2006). A kvalitatív megközelítésben ezért ezen értékelési szempontok újraértelmezésére van szükség, mely

- a) az érvényesség esetében a kontextus, jelenségek, jelentések alapos feltárását jelenti,
- b) a megbízhatóság esetében hasonló következtetések megfogalmazását jelenti más kutatók által,
- c) az általánosíthatóság esetében az elméleti modellek más kontextusban történő alkalmazhatóságát jelenti. (Gelei, 2002; Mitev, 2006)

A fentiekkel összhangban a következő lépéseket tettem kutatásom érvényességének, megbízhatóságának és általánosíthatóságának növelésére:

- 1) Érvényesség:
 - a. Mind az adatgyűjtési, mind az adatelemzési eszközök esetében triangulációt alkalmaztam.
 - b. Figyelembe vettem a kiemelkedő nemzetközi folyóiratokban publikált kutatások módszertani gyakorlatait és ajánlásait.
 - c. Az empirikus adatgyűjtést az elméleti telítődésig folytattam.
- 2) Megbízhatóság

- a. Kutatásaim és publikációim a témában társszerzőségben születtek a következtetések megbízhatóságának növelése érdekében.
- b. Kutatótársaim és témavezetőm segítségét az adatfelvétel, az adatelemzés és az eredmények megvitatása során is igénybe vettem.

3) Általánosíthatóság

- a. Az általánosíthatóság kérdésében kvalitatív kutatási megközelítéssel csak a belső (esetekre vonatkozó) és az analitikus általánosíthatóságot céloztam.
- b. Ehhez a kontextus körültekintő, mély feltárása és leírása, az alternatív magyarázatok azonosítása, saját kutatói előfeltevéseim és a kutatás korlátozó tényezőinek explicitté tétele szükséges (Miles & Huberman, 1994). Ezt segítették alkalmazandó módszereim is: míg az előzetes megértéshez kvalitatív tartalomelemzést alkalmaztam, az empirikus adatok kiterjesztett esettanulmány készítésével és a grounded theory kódolási technikáját követve is összevetésre kerülnek a korábbi szakirodalmi eredményekkel, elméleti modellekkel.

Az érvényesség, megbízhatóság és általánosíthatóság hármasan túl Miles és Huberman (1994) az objektivitás és a felhasználhatóság kritériumával is foglalkozik. Az objektivitás a kvalitatív kutatásokban a módszerek, adatok, következtetési folyamat, személyes előfeltevések és lehetséges egyéb értelmezések explicitté tételét jelenti, míg a felhasználhatóság az eredmények közzétételét és az új kutatások ösztönzését jelenti (Miles & Huberman, 1994; Csedő, 2006). Ennek fényében az elméleti keretrendszer rögzítette személyes előfeltevéseimet, értelemzéseimet az elméleti fókuszban lévő fogalmak, jelenségek kapcsolódásáról. Továbbá, az értekezés végén bemutatom a korlátokat és további kutatási irányokat is felvázolok.

5 EREDMÉNYEK

A következőkben – illeszkedve a választott módszertan követelményeihez - szakirodalmi hivatkozásokkal kiegészítve mutatom be az eredményeket, amelyeket az empirikus adatok elmélettel és korábbi szakirodalmi megállapításokkal történő iterálása eredményeképp kaptam.

Az eredmények bemutatása illeszkedik a kutatási alkérdések és az akciókutatás fázisainak sorrendjéhez.

Jelen fejezetek egy jelentős része a témavezetőmmel és kutatótársaimmal írt, nemzetközi folyóiratokban már publikált cikkek eredményeit tartalmazza (Csedő & Zavarkó, 2020; Csedő, Sinóros-Szabó & Zavarkó, 2020; Zavarkó, Csedő & Sinóros-Szabó, 2018; Pörzse, Csedő & Zavarkó, 2021).

Az eredmények ismertetésekor a „P2G” kifejezés alatt a Power-to-Gas Hungary Kft. technológiáját értem, és csak akkor teszek különbséget a metántermelés (P2M) és a hidrogéntermelés (P2H) között, ha ez indokolt, és ezt lábjegyzetben külön jelezni is fogom.

5.1 Stratégiai és innovációs lehetőségek vizsgálata a külső környezet alapján

5.1.1 Az innovációs potenciál és stratégiai illeszkedés vizsgálata

A meglévő infrastruktúra és az iparági trendek jó alapot biztosítanak a P2G technológiák Magyarországon megvalósuló fejlesztéséhez. A Nemzeti Energiastratégia 2030 alapján a következő években telepítésre kerülő, villamos energia előállítására képes fotovoltaiikus egységek kapacitása a 2018-as, nagyjából 1.000 MW körüli értékhez képest 2030-ra meg fogja haladni a 6.000 MW-ot (ITM, 2020). E 6.000 MW napelemes kapacitás többségének (kb. 85%-ának) a volatilitását, illetve a nukleáris kapacitások tervezett növelését figyelembe véve megállapítható, hogy az energiatárolási technológiák fejlesztése kiemelten fontos a hazai energiaszektorban. Még ha az akkumulátorok tárolási kapacitása el is érheti ma már a 100 MW-ot (Keck, et al., 2019), ez még mindig rendkívül

alacsonynak számít a magyarországi földgázrendszer 6,33 milliárd köbméteres tárolási kapacitásához képest (ITM, 2020).

A P2G folyamathoz szükséges szén-dioxid szempontjából Magyarország P2G potenciálja 1 GW_{el} körülire becsülhető, csak az anaerob erjesztésű üzemek (a nyers biogáz szén-dioxidot tartalmaz) és a bioetanol üzemek (szén-dioxid keletkezik melléktermékként) szén-dioxid-kibocsátásából adódóan (Sinóros-Szabó, 2019). Ezen kívül fontos figyelembe venni, hogy Magyarország a földgázkészletének 80%-át külföldről importálja (ITM, 2020), tehát a P2G technológiák kiemelten fontos szerepet játszhatnak az energia eltárolásában, valamint a földgázimporttól való függőség csökkentésében. (Csedő & Zavarkó, 2020)

5.1.2 Az iparág vállalatainak erőforrás-alapú vizsgálata

Az energiaszektor-specifikus szakirodalom alapján megállapítást nyert, hogy az energetikai nagyvállalatok innovációs és megújulási kihívásokkal néznek szembe, míg az elméleti keretrendszer alapján láthattuk, hogy a megújulást a külső partnerkapcsolatok támogathatják. Mindez az energetikai nagyvállalatok és a P2G technológiafejlesztők esetleges együttműködését irányozza elő. A kvalitatív tartalomelemzés alapján, a kisebb P2G technológiafejlesztő vállalatok és az energetikai nagyvállalatok esetében kiegészítő tevékenységek és képességek azonosíthatók.

A komplementaritásokat illetően az látható, hogy a startupok tevékenységi köre nyilvánvalóan szűkebb, ők a power-to-gas technológia operatív fejlesztésére és a pilot implementációjára fókuszálnak. A dokumentumaikban általában azt hangsúlyozzák ki, hogy „kifejlesztettek” „diszruptív megoldásokat”, annak érdekében, hogy „megoldást találjanak az egyik legsürgetőbb kihívásra”; vagy, hogy „a folyamat irányítására specializálódnak”, „tudományos kutatást” folytatnak, valami innovatívát „hoznak létre” vagy „optimalizálnak” „a kémiai, biológiai, (bio)folyamatmérnöki, mérnöki területek szakértőivel”, ami egy „piacvezető biológiai metanizációs módszert” eredményez.¹⁵

¹⁵ Az idézetek jelentős része angolról magyarra fordítás, mivel külföldi vállalatok is szerepeltek a mintában.

Ezek az idézetek a fókuszált kutatási és fejlesztési tevékenységeikre utalnak, valamint a kis létszámú csapatok háttérének bemutatása kiemeli a heterogenitást és a tudásintenzitást. Mindazonáltal, az energetikai nagyvállalatokkal ellentétben, ők nem írnak komoly erőforrásokról és infrastruktúráról. A nagyvállalatok viszont kiemelik a jelentős pénzügyi erőforrásaikat, a „komplex portfóliót”, a befektetési tevékenységeiket a „jövőbeli, jövedelmező növekedésbe”, vagy „az energetika jobb jövőjébe”. Megemlítik a kiterjedt infrastruktúrájukat, a „jelentős piaci részesedést” és a szerepüket a „gazdasági növekedés támogatásában”, a „versenyképes megoldások” és a „fogyasztók támogatására való odafigyelés” által annak érdekében, hogy „növeljék a piaci és részvényesi értéket”. Összefoglalva, az energetikai nagyvállalatok a nyilvános dokumentumaikban és kommunikációs üzeneteikben a komplex tevékenységeikre, többféle értékes erőforrásaikra és a gazdasági és társadalmi környezetre való hatásukra fókuszálnak.

A szervezeti jellemzőkre vonatkozóan az látható – a szakirodalommal megegyezően (pl. Greiner, 1972, Teece, 2016) –, hogy a P2G technológiát fejlesztő startupok és az energetikai nagyvállalatok különböző strukturális megoldásokkal, magatartással, kontroll mechanizmusokkal és külső erőforrásokra vonatkozó igényekkel működnek. Az eredmények újszerűségét azok a kifejezések jelentik, melyek ezeket a különbségeket jelzik. A P2G technológiafejlesztő startupok gyakran írnak „kutatási projektekről”, „fejlesztési csapatokról” és „projektesapatokról” a „dinamikus startup vállalat” részeként, míg az energetikai nagyvállalatok „testületekkel” és „igazgatóságokkal” rendelkeznek, akik „kijelölik a stratégiai irányokat” és „meghatározzák az irányelveket”. Továbbá rendelkeznek „bizottságokkal”, funkcionális címkével ellátott számos „részleggel”, melyek „lefedik a teljes energia szektort”, kizárólag „az EU előírásai szerint” és „hatékony és felelősségteljes” módon.

Ezek az eredmények, a startupok esetében rugalmas, horizontális kapcsolatokra, az energetikai nagyvállalatok esetében pedig hierarchikus, „top-down” tervezésre és szabályozásra utalnak. Ez a nagyvállalatok esetében meghatározza a szigorú irányítást és a profitorientációt is, melynek célja az „optimalizálás, költséghatékonyság” által megteremteni a „vonzó osztalékot a részvényesek számára”.

Ezzel szemben, a P2G startupok a technológiafejlesztés eredményeire fókuszálnak, mint például „a hatékonyság, a termelékenység, a robusztusság és a reakciókészség demonstrálása”, „szabadalmaztatott biokatalizátor”, „szabadalmaztatott folyamat”,

„szabadalmi bejelentés”. Azonban, amíg az energetikai nagyvállalatok ritkán írnak a „stratégiai együttműködéseikről külső startupokkal”, addig a startupok gyakran megemlítik, hogy „partnerségben” más szereplőkkel együtt, vagy egy „iparági és egyetemi partnerekből álló hálózat” részeként tevékenykednek, illetve, hogy „finanszírozást kaptak” befektetőktől.

Ezen eredmények alapján megalkottam a kategóriákat, alkategóriákat és kódokat, amelyek a szakirodalmi háttér alapján lettek véglegesítve. Ezek jellemzik a lehetséges együttműködést, valamint utalnak a technológiai innovációt vagy egy teljes üzleti modell innovációt célzó P2G technológia fejlesztésének és megvalósításának alapvető feltételeire és dinamikáira. Az eredményeket az 16. sz. és a 17. sz. táblázatok mutatják be. (Zavarkó, et al., 2018)

Alkategóriák	Kódok	
	P2G technológiafejlesztő vállalatok (startupok)	Energetikai nagyvállalatok
Tevékenységek	Technológiára fókuszáló kutatás-fejlesztés Technológia tesztelése és optimalizálása Pilot implementációja Együttműködés más intézményekkel	Komplex és széles körű tevékenység (pl. energiatermelés, -ellátás, infrastruktúra-fejlesztés, a végfelhasználók igényeinek kielégítése, beruházások, digitalizálás)
Humán erőforrások	Alacsony alkalmazotti létszám és heterogén háttér (vállalkozók, üzletfejlesztési szakértők, természettudományi kutatók, menedzsment kutatók, mérnökök)	Magas alkalmazotti létszám és óriási tapasztalat az egyes funkcionális területeken
Tudás	Speciális ismeretek a megújuló energiaforrásokról és a természettudományos háttérről; holisztikus menedzsment ismeretek	A hagyományos energiarendszerrel kapcsolatos széles körű és mély ismeretek; mély és elkülönülő funkcionális menedzsment ismeretek
Anyagi erőforrások és infrastruktúra	Kevés: Laboratóriumi és kapcsolódó eszközök, kísérleti üzemek	Sok: Pénzügyi források, befektetési képességek, kiterjedt infrastruktúra, iparágvezetői tapasztalatok és dominancia, termelési szint
Fő külső kapcsolatok	Egyetemek, kutatóintézetek, ipari cégek	Állam, pénzügyi befektetők, startupok

16. táblázat: Kiegészítő képességek és tevékenységek energetikai nagyvállalatok és P2G technológiafejlesztő startupok közt (relatív állítások)

Forrás: Zavarkó, et al., 2018

	Kódok	
Alkategóriák	P2G technológiafejlesztő vállalatok (startupok)	Energetikai nagyvállalatok
Stratégiai cél	Diszruptív innováció Versenyelőny Szabadalmak, licencelhető technológia Új megközelítések és megoldások Tudományos eredmények és publikációk	Nyereséges növekedés Tulajdonosi érték maximalizálása Fenntartható és felelősségteljes működés A nemzeti és regionális energia-, gazdasági és társadalmi szabályozások fenntartása Stabil és hatékony működés Nemzetközi üzletfejlesztés
Struktúra	Projekt- vagy csapat-alapú	Hierarchikus, világosan felépített és szabályozott
Magatartás	Rugalmas és dinamikus	Rugalmatlan, „top-down” módon tervezett, szigorúan ellenőrzött
Kontroll	Célorientált (a technológia hatékonysága, a projekt eredményei)	Szabályorientált és profitorientált
Külső tudás és erőforrások szükségessége	Magas (elsősorban tőke, infrastruktúra, széleskörű iparági ismeretek)	Alacsony (elsősorban új ötletek és innovatív megoldások)

17. táblázat: Különbségek az energetikai nagyvállalatok és a P2G technológiafejlesztő startupok szervezeti jellemzői között (relatív állítások)

Forrás: Zavarkó, et al., 2018

A kvalitatív tartalomelemzés alapján megállapítható, hogy léteznek olyan kiegészítő képességek és tevékenységek, melyek által a P2G ipari szintű alkalmazása támogatható. Emellett szinte teljesen ellentétes szervezeti jellemzőkkel rendelkeznek: a startupok rugalmas, csapatorientált és ebből kifolyólag dinamikus struktúrája és magatartása ellentétben áll az energetikai nagyvállalatok „top-down” módon irányított, erősen szabályozott működésével. Fontos látni viszont azt is, hogy nem csak az erőforrásbázis, a struktúra és a magatartás különbözik, hanem a stratégiai célok között is jelentős eltérések azonosíthatók: míg a technológiafejlesztő startupok elsősorban a saját szervezetre vonatkozó stratégiai célokat határoznak meg, addig a nagyobb energetikai vállalatok tágabb, társadalmi célokat is explicit módon megfogalmazznak, amely a kockázatkerülés és a nagyfokú stabilitásra való törekvés okának tekinthető.

5.2 Periférikus esettanulmányok: A technológiai innováció széles körű, kereskedelmi szintű elterjedéséhez és diszruptivitásához szükséges változások vizsgálata

A periférikus esettanulmányokkal a következő kutatási alkérdést szerettem volna megválaszolni:

K1: Milyen változásokra van szükség a vizsgált technológiai innováció széles körű, kereskedelmi szintű elterjedéséhez és diszruptivitásához?

E viszonylag tágan értelmezhető alkérdés az akciókutatás során két további, specifikusabb kérdéskörhöz vezetett, amelyek a fő kutatási kérdés megválaszolását szintén segítik:

- 1) egyrészt a *standardizáció* fontos stratégiai, illetve műszaki és gazdasági szempont lehet a P2G a széles körű, kereskedelmi méretű alkalmazásban;
- 2) másrészt a lehetséges *diszrupció* mint stratégiai fogalom műszaki-gazdasági vizsgálatával a szervezeti változásokra és változásvezetésre vonatkozó következtetések megfelelő kontextust kaphatnak.

5.2.1 A technológiai innováció standardizációs lehetőségeinek vizsgálata

5.2.1.1 A szennyvíztelepek ígéretes szerepe

A power-to-gas (P2G) szakirodalmon, különösen a power-to-methane (P2M) szakirodalmon belül, illetve az iparági szereplők között széles körű egyetértés tapasztalható arról, hogy a szennyvíztisztító üzemek lényeges szerepet játszhatnak a P2G technológia felskálázásában. A nagyobb szennyvíztisztító telepek, amelyek biogázt is előállítanak, biztosítani tudják a biometán előállításához szükséges legfontosabb inputtényezőt, vagyis a hatékonyan felhasználható szén-dioxid forrást (Bailera, et al., 2017).

A P2G technológia energiaszektorban játszott ígéretes szerepét az utóbbi években végzett kutatások több oldalról is alátámasztották (pl. a hosszú távú energiatárolás (Blanco & Faaij, 2018), rendszerelemzési (Schiebahn, et al., 2015) vagy egyéb műszaki és gazdasági tényezők szempontjából (Götz, et al., 2016)), emellett viszont a szennyvíztisztító üzemek

szerepét is egyre több kutatás vizsgálja, tekintettel a megújuló energiákra való áttérés és a power-to-X technológiák különböző aspektusaira is. Schäfer és társai (2020) rámutattak arra, hogy a szennyvíztisztító üzemek figyelemreméltó szinergiapotenciállal rendelkeznek különböző szektorok összekapcsolását illetően, például a hidrogén és metán (P2G technológiák által megvalósuló) előállítása közben, ráadásul az elektrolízis melléktermékeként keletkező oxigén felhasználható a szennyvíztisztítási folyamatok során. Gretzschel és társai (2020) kutatása a power-to-hydrogen (P2H) technológiára, valamint a szerves mikroszennyezők szennyvíztisztító üzemekben történő eltávolítására fókuszált, figyelembe véve egy rendszerszintű szolgáltatás: az automatikus frekvenciahelyreállítási tartalék (automatic frequency restoration reserve – aFRR) nyújtásának a lehetőségét is, ami rövid távú rugalmasságot tud biztosítani a rendszerüzemeltetők számára. Ceballos-Escalera és társai (2020) egy bioelektrokémiai elektrometanogenezis rendszerrel (EMG-BES) működő prototípus energiatárolási tulajdonságait vizsgálták egy szennyvíztisztító üzemnél, ami egy egészen új, még fejlesztés alatt álló technológia a P2M szegmensen belül a kémiai és a biológiai metanizáció mellett. Az említett kutatásban ezen kívül bemutatásra került a megújuló energia túltermelés, a biometán előállítás és a szennyvízkezelés összekapcsolásának potenciálja is. (Csedő, Sinóros-Szabó & Zavarkó, 2020)

5.2.1.2 Szennyvíztisztító telepek Magyarországon

A magyarországi szennyvíztisztító üzemek a regionális vagy települési vízművek részét képezik, és jellemzően a vízellátásért, a szennyvízelvezetésért és a szennyvíztisztításért felelősek. 2016-ban 826 szennyvíztisztító üzem működött Magyarországon, amelyeknek nagyjából a 96%-a 100.000 lakosegyenérték (LE) alatti volt (Belügyminisztérium, 2018). Figyelembe véve, hogy a P2M technológia ipari szintű megvalósítása komplex infrastrukturális és input feltételek mellett lehetséges (Csedő & Zavarkó, 2020), a P2G kereskedelmi méretű implementálásában csak 100.000 LE feletti szennyvíztisztító üzemek relevánsak. (Csedő, Sinóros-Szabó & Zavarkó, 2020)

5.2.1.3 Elméleti és gyakorlati P2G potenciál

A fentiek alapján kutatótársaimmal meghatároztuk nemcsak egy átlagos szennyvíztelep elméleti P2G potenciálját (az elektrolizátor-kapacitás szerint), de a periférikus esettanulmányok között szereplő, egyaránt 100.000 LE feletti 7 szennyvíztelep empirikus

adataira építve a gyakorlati P2G potenciált is. A konkrét számításokat a 4. sz. Függelék tartalmazza.

Az elméleti potenciál tekintetében két számítási lehetőséget is elvégezve és összevetve megállapítható, hogy bár a P_{P2G} kétszer nagyobb (4,26 MW_{el}), mint a P'_{P2G} (2,06 MW_{el}), azonban helyszíni körülmények fizikai korlátai miatt csak a P'_{P2G} alatti értéken tartottuk reálisnak a P2G potenciált. A helyszíneken begyűjtött információk és a szennyvíztisztító telepek üzemvezetői által biztosított adatkészletek alapján csak egy 1 MW_{el} elektrolizátor kapacitású P2G üzem lenne általánosan hozzáilleszhető a 100.000 lakosegyenértéknél nagyobb terhelésű szennyvíztisztító üzemekhez, mivel

- a. a tényleges metántartalom általában magasabb (körülbelül 60–65%) a szakirodalmi adatok alapján vártnál, ami ugyan a biogáz előállításra nézve ugyan előnyös, a P2G szemszögéből nézve viszont nem, mivel így kevesebb CO₂ áll rendelkezésre (körülbelül 35–40%) a biometánná való átalakításhoz;
- b. a nyers biogázáram az empirikusan vizsgált, 100.000 lakosegyenértéknél nagyobb terhelésű szennyvíztisztító üzemekben általánosságban 130 Nm³/h körüli értékre tehető, azonban az országosan kb. 20 releváns üzemből van 9 olyan üzem, amely ellátóképessége a 250.000 lakosegyenértéket is meghaladja (ezek nyilvánvalóan azon telephelyek köréhez tartoznak, ahol releváns a P2G technológia telepítése);
- c. több szennyvíztisztító üzem esetén beszélhetünk bizonyos mértékű szezonálisról (pl. a Balaton környékén), amely befolyásolja a biogáz előállítását. A magasabb értékek általában nyáron jelentkeznek, ami illeszkedik a szezonális energiatárolás koncepciójához.

Az 1 MW_{el} P2G üzemméret megfelel a technológia jelenlegi fejlettségi szintjének, az Electrochaea ugyanis ebben a méretben hozta létre a dániai Avedøre-ban a világ eddigi legnagyobb biológiai metanizációval működő P2G üzemét. Mivel Magyarországon körülbelül 20 olyan releváns szennyvíztisztító üzem található, amely 100.000 LE feletti, illetve termel biogázt, ezek teljes P2G potenciálja 20 MW_{el} körülire tehető. (Csedő, Sinóros-Szabó & Zavarkó, 2020)

5.2.1.4 Felsővezetői szempontok

Az 1 MW_{el} méretű P2G üzem telepítésére egy szennyvíztelepnél kiszámításra került a beruházási költség (részletezve az 5. sz. Függelékben). A 4.806.000 EUR beruházási költség meglehetősen magas egy olyan szennyvíztisztító üzem számára, amely hozzávetőlegesen 20.000.000 EUR (szemléltető példa) éves bevételre tesz szert. Arról nem is beszélve, hogy némely nagy, vidéki szennyvíztisztító üzem veszteségesen vagy szinte nullszaldós év végi eredménnyel működött az előző években, és még azon üzemek felsővezetői is, amelyek évi több mint 500.000 EUR profitot termeltek, amellet érveltek, hogy ezt érdemes inkább céltartalékként félretenni nem várt karbantartási feladatok fedezésére, semmint K+F+I befektetésekre fordítani. Az egyik műszaki vezető így fogalmazott:

„Jelenleg több kihívással is küzdünk. Egyrésztől küzdünk a szennyvíziszap hasznosításával, a mennyiség a csökkentésével, de az üzemeltetéshez rendelkezésre álló forrásaink is szűkösek.[...] Nyersanyagot tudnánk biztosítani a technológiához, de forrást vagy egyéb erőforrást nem.”

A szennyvíztisztító üzemek – jelenlegi pénzügyi háttérük alapján – a kereskedelmi szintű üzemeltetés és a P2G üzleti-szabályozói környezetének bizonytalanságaiból fakadó, észlelt kockázatok vállalására nem motiváltak. Ez a bizonytalanság főként a szennyvíztisztító üzemek felsővezetőinek körültekintő kockázatkezeléséből fakad, hiszen még nem találtak ilyen technológiával, kiváltképp nem Magyarországon. A technológia iránt azonban komoly érdeklődés is tapasztalható volt, melyet az egyik telephely vezetőjének kérdése is jelzett:

„Megoldható lenne a prototípust idehozni, hogy kipróbáljuk a biogázunkkal?”

Következésképp a technológia magyarországi demonstrációja valódi, akár fél-üzemi környezetben a technológia elterjedésének feltétele lehet.

5.2.1.5 Következtetések

Összegezve, az eredmények azt mutatják, hogy egy standardizált 1 MW_{el}-os P2G technológia a legtöbb üzemnél működőképes lenne (műszaki szempont). Ez megfelel a

P2G jelenlegi technológiai fejlettségi szintjének, ugyanakkor a villamosenergia-árak emelkedése, valamint a szennyvíztisztító üzemek korlátozott pénzügyi erőforrásai csökkenthetik a P2G technológia telepítésének kereskedelmi vonzerejét (gazdasági szempont), így a támogató szabályozói környezet is fontos lehet a P2G-ben rejlő potenciál kiaknázásához (stratégiai szempont). (Csedő, Sinóros-Szabó & Zavarkó, 2020)

5.2.2 A technológiai innováció diszruptivitásának vizsgálata

5.2.2.1 Kutatási (al)modell a diszruptivitás vizsgálatához

A diszruptív technológia ellentéte a fenntartó technológia. A fenntartó technológiák inkrementális fejlesztéseket foglalnak magukba és illeszkednek a főáramú fogyasztó igényekhez. Ezzel szemben a diszruptív technológiák teljesen új megoldások, és egy teljesen új attribútumcsomaggal teremtenek értéket, amelyek kezdetben nem illeszkednek a főáramú fogyasztói igényekhez (Bower & Christensen, 1995). Következésképp a diszruptív technológiák egy szűk („niche”) vagy egy alacsony profitabilitású („low-end”) szegmensben életképesek először, vagy akár egy eddig nem létező piacot hozhatnak létre a nemfogyasztókat fogyasztóvá változtatva (Christensen, et al., 2015). Mindezek alapján egy fontos kérdés (D1¹⁶) a P2M¹⁷ diszruptivitását vizsgálva, hogy *melyek a P2M legfontosabb attribútumai a potenciális üzemeltetők számára és ezeket hogyan értékeli más, esetlegesen fenntartó technológiákhoz képest?*

A P2M és az energiaszektor sajátosságából fakadóan érdemes az empirikus vizsgálatokat az üzemeltetők száma helyett a lehetséges üzemméretre fókuszálni különböző telephelyeken. Ez összhangban van Böhm és társai (2020) kutatásával, miszerint a több MW-os P2G üzemek iránti igény nőni fog, mivel az elektrolízis és a metanizáció iránti szükséglet globális szinten az 1000 MW-ot is jóval meghaladhatja. Következésképp egy másik fontos kérdésnek tűnik (D2), hogy *mekkora a legnagyobb P2M üzemméret különböző telephely típusoknál és mely telephelyek kedvezőbbek a kereskedelmi méretű*

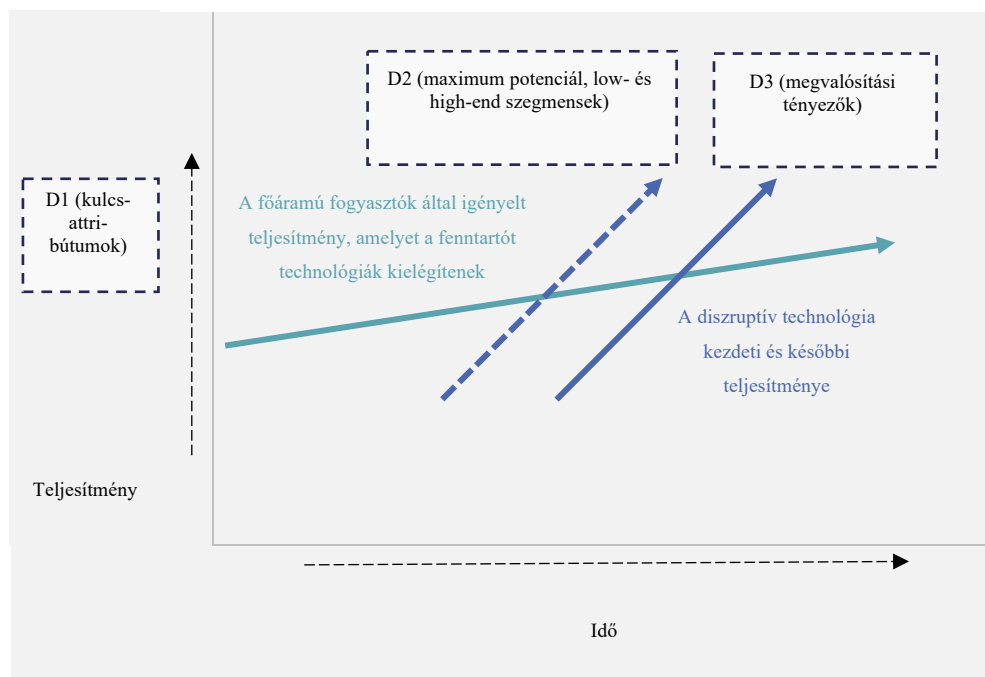
¹⁶ Diszruptivitáshoz kapcsolódó első kérdés

¹⁷ A következő részben az átfogóbb „P2G” helyett a „P2M” kifejezést használom, ugyanis releváns lesz a különbségtétel a P2G-n belül a metánelőállítás (P2M) és a hidrogénelőállítás (P2H) között.

P2M beruházásra? A telephelyek összehasonlítása egyúttal a P2M „low-end” és „high-end” szegmenseit is feltárhatja.

Végül, fontos figyelembe venni azt az elméleti jelenséget, hogy idővel a környezet változásai és a diszruptív technológia további fejlődése a fenntartó technológiákénál magasabb teljesítményhez vezet, így a főáramú fogyasztók már a diszruptív megoldást fogják választani (Govindarajan & Kopalle, 2006). Így releváns kérdés az is (D3), hogy *milyen környezeti tényezők és technológiai előrelépések vezethetnek magasabb teljesítményhez a (talán fenntartó) technológiákhoz képest és a P2M elterjedésének felgyorsulásához?*

A 21. ábra a diszruptivitás vizsgálatára alkalmas kutatási (al)modellt mutat, amely alapján a fenti kérdések felmerültek. Ez a modell a P2M-et csak *potenciálisan* diszruptív technológiaként kezeli és nem rögzíti ex-ante a P2M-et mint diszruptív technológiát. Ez azt jelenti, hogy a modell teret enged annak, hogy empirikus úton kerüljön azonosításra, hogy a P2M diszruptivitására vonatkozó propozíció helyes-e, és ha igen, miért. (Pörzse, Csedő & Zavarkó, 2021)



21. ábra: A diszruptivitás vizsgálatának kutatási modellje

Forrás: Pörzse, Csedő & Zavarkó, 2021

5.2.2.2 Főáramú igények és a P2M alternatívái különböző telephelyeken

A potenciális telephelyek felsővezetőivel készített interjúk alapján az átfogó, főáramú igény, amely a P2M implementáció szempontjából releváns, az a megújuló energiatermelés növelése és nagyobb léptékű felhasználása. Az egyik vezérigazgató-helyettes így fogalmazott:

„A telephelyen lenne lehetőség napelempark létesítésére, gondolkodtunk is a megvalósításon, azonban jelenleg nincs forrásunk a beruházásra”

„Célunk, hogy nagyobb volumenben termeljünk biogázt, majd ebből villamosenergiát, és a hálózatba való visszatáplálással csökkentjük az energiamérleget.”

Az is több esetben felmerült, hogy a biogázból olykor felesleg is keletkezik:

„Ezen a telephelyen nincs gázmotor, itt kazánban hasznosítjuk fűtésre és melegvíz-előállításra (a biogázt). Néha felesleg is van, amit elfáklázunk.”

Ugyanakkor e főáramú igényt tekintve a P2M-nek különböző versenytárs technológiái vannak a különböző telephely-típusoknál. A 18. sz. táblázat a specifikus lehetőségeket és versenytárs technológiákat mutatja a potenciális üzemeltetők (telephelyek) számára értékes jellemzők szerint rendszerezve. A táblázat nem tartalmaz minden lehetséges technológiát, sem minden olyan szempontot, ami versenyelőnyt jelenthet valamelyik technológia számára, mivel a táblázat az empirikus adatokra, az interjúalanyok értékelési szempontjaira épül. Az adatok azonban iterálásra kerültek a szakirodalmi megállapításokkal:

- a) A biogáz üzemek esetében (akár mezőgazdasági környezetben, akár szennyvíztisztító telephelyen), a biogáz feljavítás merült fel versenytárs technológiaként a megújuló gáz (biometán) termelésére. Mivel több mint 400 biogáz-feljavító üzem volt 2015-ben a világon (Angelidaki, et al., 2018), és Magyarországon is van kettő (Gabnai, 2017), a biogáz feljavítás érettebb technológiának tekinthető a P2M-nél. Ez a magasabb technológiai készültségi szint (TRL = Technology Readiness Level), amely alacsonyabb kockázati szinttel

jár, egy fontos tényezőnek tűnt a döntéshozók elmondása alapján, mivel az alapos kockázatkezelés számukra stratégiai feladatnak számít. Ez különösen a szennyvíztisztítótelepeknél merült fel. Az attribútumcsomag más elemeit vizsgálva a P2M technológia egy külön reaktorral és egy szabadalmaztatott archea törzssel magasabb dekarbonizációs hatású lehet, mivel néhány biogáz feljavítási technológia egyáltalán nem tartalmaz CO₂ konverziót, csak leválasztást. Továbbá, még ha hidrogén betáplálására is kerül sor az ún. „in-situ” biogáz feljavítási folyamatban, hogy az az endogén CO₂-vel reagálva metántermelést eredményezzen, az átlagos CO₂ eltávolítási ráta 43-100% között mozog, a reaktor típusától és a szubsztrátumtól függően (Angelidaki, et al., 2018). Azt is érdemes megemlíteni, hogy a tiszta archea kultúra magasabb rugalmasságot biztosíthat a megújuló forrásból termelt hidrogén felhasználására, mint az in-situ biogáz feljavítás. Ezt a működési módok közti gyors váltás lehetősége teszi lehetővé a Power-to-Gas Hungary Kft. prototípusainak adatai alapján (Csedő, et al., 2020).

- b) A CO₂-t kibocsátó iparvállalatok esetében a P2M mellett, amely az inputtényezőktől függően megújuló vagy alacsony szén-dioxid-tartalmú gázt tud termelni (van Melle & al., 2018), a power-to-liquid (P2L) technológia merült fel alternatívaként. A P2L szintén ígéretes a jövő energiaszektorát tekintve, különösen a közlekedés esetében (szén-hidrogén alapú folyékony üzemanyaggyártás), de az első kereskedelmi méretű P2L üzemről szóló tervet csak nemrég publikálták (Sunfire, 2020).
- c) A megújuló metán termelésének első fázisa, a power-to-hydrogen (P2H) önmagában is alkalmazható megoldás. A polimer elektrolit membrános (PEMEL) és az alkáli (AEL) elektrolízis is képes lehet a gyors a hálózat-kiegyensúlyozásra („grid-balancing”) (IRENA, 2018) (Buttler & Spliethoff, 2018), amely a hálózatüzemeltetők számára értékes szolgáltatás lehet. Bár a megújuló energia (gáz) termelése és a hálózat-kiegyensúlyozás alacsonyabb befektetési költséggel (CAPEX) érhető el a P2H esetében, a biometanizációs lépés hozzáadása a folyamathoz szintén rugalmas metántermelést tenne lehetővé, amivel elkerülhetők a nagyvolumenű hidrogéntárolás problémái (Yong, 2019). Továbbá, a metanizációs lépés piaci rugalmasságot is jelent, amely itt azt jelenti, hogy az üzemeltető válthat a végtermékek között (hidrogén vagy metán) azok piaci kereslete szerint. Az egyik ipari üzem műszaki igazgatója a következőképp fogalmazott:

„Amennyiben saját felhasználásra villamos energia nem szükséges, akkor hidrogént termelhetnénk a power-to-gas rendszerrel, amit akár a saját technológiához a fűtőgázba is bekeverhetünk; nem muszáj metánt termelni.”

- d) Amennyiben a megkérdezett telephelyek rendelkeztek nagyobb napelemparkkal vagy terveztek ilyet a megújuló villamos energiatermelés érdekében, az akkumulátoros energiatárolási rendszerek merültek fel életképes opcióként. (Jelen kutatásban többnyire ipari üzemek, mezőgazdasági biogáz üzemek és bioetanol üzemek említették ezt az opciót.) Az akkumulátoros rendszerek fő előnye ebben az esetben a lokális energiatárolás, a gyors válaszképesség, a földrajzi függetlenség és további energiamenedzsment funkciók (Yang, et al., 2018), de alkalmasak a hálózat-kiegyensúlyozásra is (Faessler, et al., 2017). Az egyik műszaki vezérigazgató-helyettes így vázolta fel a prioritásokat:

„Abszolút prioritás lenne egy megbízható akkumulátor park a felesleges termelés tárolásához, de nagyon figyelni kell a megfelelő méretezésre és a redundanciákra.”

Míg az akkumulátoros rendszer hatékonysága rövid távon magasabb lehet a P2M-nél (ami 55-60%), a P2M biztosítani tudja a villamosenergia- és gázszektorok összekapcsolását és ezzel a szezonális energiatárolást. Ezutóbbi támogatást kaphat az államigazgatási rendszertől, hiszen a szezonális energiatárolás célja megjelent a Nemzeti Energiastratégia 2030-ban (ITM, 2020).

- e) Végül, a közvetlen dekarbonizációt tekintve a szén-dioxid-leválasztási (a továbbiakban rövidebben: „Carbon Capture” vagy „CC”) technológiák relevánsak. Például a tüzelés utáni („post-combustion”) leválasztás már technológiailag érettnek számít (Gibbins & Chalmers, 2008), de a tüzelés előtti („pre-combustion”) leválasztás, az „oxyfuel” tüzelés és a „chemical-looping” eljárás szintén ígéretes a CO₂ füstgázból történő megragadására (Leung, et al., 2014). A CO₂ megragadására füstgázból a P2M nem képes önmagában, míg a biogáz, amely szintén tartalmaz CO₂-t, be is táplálható a P2M bioreaktorba. Ugyanakkor, a P2M képes felhasználni a CO₂-t megújuló energia termelésére, szemben a Carbon Capture megoldásokkal.

P2M attribútum-csomag	Versenytárs technológiák	Releváns telephelyek az empirikus adatok alapján	A P2M fő előnye	A versenytárs technológia fő előnye
Megújuló gáz vagy más energiahordozó termelése, ami nem villamos energia	Biogáz feljavítás, CO ₂ eltávolítás vagy konverzió hidrogenotróf metanogénekkel	Mezőgazdasági biogázüzemek Szennyvíztelepek biogázüzemmel	Magas CO ₂ konverzió és műszaki rugalmasság	Magasabb technológiai-készültség
	Power-to-liquid (P2L)	Ipari üzemek	Magasabb technológiai-készültség	Alkalmazhatóság más szektorban is (közlekedés, üzemanyaggyártás)
	Power-to-hydrogen (P2H) önmagában	Ipari üzemek	Piaci rugalmasság	Kisebb CAPEX a megújuló energiatermelésre és rugalmassági szolgáltatások nyújtására
Hálózat-kiegyensúlyozás biztosítása	Akkumulátoros energiatárolási rendszerek	Ipari üzemek Mezőgazdasági biogázüzemek Bioetanol üzemek	Alkalmazhatóság szektorok összekapcsolására és hosszú távú energiatárolásra	Magas hatékonyság a rövid távú energiatárolás területén
Rövid távú és hosszú távú energiatárolás				
Közvetlen dekarbonizáció	Carbon Capture (CC) technológiák	Ipari üzemek	CO ₂ újrahasznosítás	Dekarbonizáció füstgáz esetében

18. táblázat: A P2M attribútumcsomagja és alternatív technológiák a potenciális üzemeltetők értékelése és korábbi tanulmányok alapján

Forrás: Pörzse, Csedő & Zavarkó, 2021

Az empirikus adatok és korábbi tanulmányok bemutatott iterációja alapján négy fő következtetés vonható le:

1. Nincs más olyan technológia, amely ugyanolyan attribútumcsomaggal rendelkezne, mint a P2M (megújuló energia termelése, hálózat-kiegyensúlyozás, energiatárolás, dekarbonizáció).
2. A leginkább egyedi attribútum a P2M csomagban a párhuzamos képesség a hosszú távú energiatárolásra és a CO₂ újrahasznosítására. Ennek oka például, hogy megújuló gáz termelése lehetséges biogáz-feljavítással is,

vagy a P2L szintén megfelelő a szektorok összekapcsolására (megújuló villamos-energiatermelés és közlekedés). Továbbá, a P2L is bír piaci rugalmassággal (hidrogén vagy szén-hidrogén alapú üzemanyag termelése) és közvetlen dekarbonizációs hatása is van, de kevésbé megfelelő a hosszú távú, szezonális energiatárolásra. A biogáz feljavítással és a P2L technológiával való összehasonlításban a P2M érettsége is előnyös: újabb, mint a biogáz feljavítás, de már ipari méretben is alkalmazott, szemben a P2L technológiával.

3. A P2M legkevésbé egyedi attribútuma a hálózat-kiegyensúlyozásra való képesség, ugyanis ez a P2H technológiával és az akkumulátoros energiatárolási rendszerrel is hatékonyan megvalósítható.
4. A felsorolt alternatív technológiák talán versenytársnak tűnnek a P2M értékteremtésének egyik dimenziójában (a P2M attribútumcsomagjának egyik eleme szerint), azonban ki is egészíthetik egymást egy holisztikus megközelítésben. Ráadásul ez a komplementaritás nemcsak egy nemzeti energiarendszer szintjén, de egy potenciális üzemeltető szintjén is releváns. Például, ha a dimenziókat nem egy önálló vagy abszolút igényként, hanem egy igénycsoportként vagy egy skálaként tekintjük, akkor az akkumulátoros energiatárolás és a P2M együtt tudja biztosítani a hatékony rövid- és hosszú távú energiatárolást. A dekarbonizáció szintén speciális terület: bár a Carbon Capture technológiák alkalmasak erre, emellett a metanizáció egyik fő inputtényezőjét (CO₂) biztosítják. Hasonlóképp a P2H is elengedhetetlen a P2M szempontjából, ha a szezonális energiatárolást célozzuk (hiszen a hidrogéntermelés az első lépés a többlet villamos energia felhasználásában), annak ellenére, hogy ezek versenytársak lehetnek a megújuló gáztermelés vagy a hálózat-kiegyensúlyozás területén.

Összegezve, a potenciális üzemeltetők értékelése és a versenytárs technológiák alapján, a szezonális energiatárolás és a dekarbonizáció párhuzamos megvalósítása a P2M attribútumcsomag egyedi elemének számít, és a látszólag versenytárs technológiák egy-egy értékteremtési dimenzióban inkább kiegészítő megoldások egy holisztikus megközelítés szerint. (Pörzse, Csedő & Zavarkó, 2021)

5.2.2.3 A kereskedelmi méretű P2M implementáció telephelyei

A 14 telephely alapján azonosítottam típusokként a legnagyobb biológiai metanizációs P2M egységek lehetséges telephelyeit. A lehetséges üzemméret meghatározása a CO₂ forrás alapján történt, figyelembe véve a hidrogén és a szén-dioxid sztöchiometriai arányát (4.1:1). Következésképp, az P2M egység elektrolizátorának maximális kapacitása (az üzemméret indikátoraként) azzal az előfeltevéssel lett kiszámítva, hogy 1 Nm³ biometán termeléséhez 4.7 kWh villamos energiára van szükség (Csedő, et al., 2020):

$$P_{P2Mmax} = \dot{V}_{H_2} \cdot 4.7 \frac{\text{kWh}}{\text{Nm}^3} = \dot{V}_{CO_{2max}} \cdot 4.1 \cdot 4.7 \frac{\text{kWh}}{\text{Nm}^3}$$

A 19. sz. táblázat mutatja telephely-típusokként a legnagyobb üzemméreteket, mely az empirikus adatgyűjtésre és a fenti egyenletre épül. Praktikus okokból a számítások során figyelembe vettük a telephelyek autonóm (P2M-től független) fejlesztési terveit is a következő 2-3 évre. Például az egyik biogáz üzem a biogáztermelési kapacitások növelését tervezi, amely a magasabb P2M üzemméretet is jelentene.

	$\dot{V}_{CO_{2max}}$ Max. havi átlagos CO ₂ input (kb., Nm ³ /h)	P_{P2Mmax} Max. üzemméret (kb., MW _{el})
Mező- gazdasági biogáz üzem	700	12,5
Bioetanol üzem	850	15
Szennyvíztis- ztító üzem biogáz üzemmel	300	5
Ipari üzem	1650	30

19. táblázat: A legnagyobb P2M üzemméreteket telephelytípusokként, az empirikus adatgyűjtés alapján (kerekített értékek a titoktartási követelmények miatt)

Forrás: Pörzse, Csedő & Zavarkó, 2021

Ezen empirikus adatok és számítások alapján az ipari üzemeknél lehetne a legnagyobb P2M egységeket telepíteni. Ugyanakkor, ezt a megállapítást két tényező árnyalja:

1. A CO₂ termelésben némi szezonális változás figyelhető meg az éves adatokon. Bizonyos telephelyeknél a CO₂ input 30-50%-kal is alacsonyabb lehet egyes hónapokban, mint a maximum havi átlag. Például, a szennyvíztisztító telepek és a

mezőgazdasági biogáz üzemek estében az év eleje és vége általában alacsonyabb biogáztermelési volumennel jár, azaz kevesebb szén-dioxid is alakítható metánná. Ez a jelenség feszültséghez vezethet a megújuló gáztermelés (és a szezonális energiatárolás), illetve a dekarbonizáció között: míg a dekarbonizációs aspektusból fontos lenne a lehető legtöbb szén-dioxidot metánná alakítani, addig a CO₂ kibocsátás szezonális csökkenése csökkenti az üzem maximális kibocsátási szintjéhez történő felskálázásának pénzügyi vonzerejét.

2. Míg a mezőgazdasági biogáz üzemeknél, a bioetanol üzemeknél és a szennyvíztisztító telepeken lévő biogáz üzemeknél a szén-dioxid könnyen és hatékonyan felhasználható, addig az ipari üzemek esetében, ahol a legnagyobb P2M egységet lehetne telepíteni, szükség van a Carbon Capture (CC) technológiákra, hogy azok a CO₂-t a füstgázból megragadják. Ez jelentősen megnöveli a műszaki komplexitást, továbbá a beruházási és a működési költségeket is. (Pörzse, Csedő & Zavarkó, 2021)

5.2.2.4 A diszruptivitás vizsgálata a legnagyobb P2M potenciál alapján

A P2M egységek költség-haszon elemzésére került sor a legnagyobb lehetséges üzemméretet biztosító telephelyeken. Ezeket az elemzéseket az 6. és 7. sz. Függelék tartalmazza. A következőkben az eredmények a diszruptivitás szempontjából kerülnek értelmezésre, figyelembe véve a vizsgálati almodellben meghatározott kérdéseket és a legújabb tanulmányok eredményeit is.

Az első kérdés (D1) arra fókuszált, hogy melyek a P2M kulcsfontosságú attribútumai a potenciális üzemeltetők értékelése alapján és ez hogyan viszonyul más, esetleg fenntartó technológiákéhoz. Az elmélet alapján a diszruptív technológiák egy újabb attribútumcsomaggal teremtenek értéket, mint a fenntartó technológiák, és kezdetben nem illeszkednek a főáramú igényekhez. Ahhoz, hogy ezt a feltevést a P2M-re nézve igazoljuk, azonosítani kell, hogy vannak-e fenntartó és diszruptív technológiák ebben a szektorban. Mivel a fenntartó technológiák folyamatos inkrementális javításokat kapnak a fogyasztói igények kielégítése érdekében, ez feltételezi a technológiák széleskörű használatát és magas technológiai készültségi szintjét (TRL, melynek maximuma 9). A potenciális P2M üzemeltetők főáramú igényét tekintve (több megújuló energia termelése és használata) és az újabb szakirodalmi eredményeket is figyelembe véve, a biogáz feljavítás és az akkumulátoros energiatárolási rendszerek fenntartó technológiáinak

tűnnek. Ennek oka, hogy a biogáz feljavítás és az akkumulátoros rendszer ma már gyakran alkalmazott és magas a technológiai készültségük szintje (Wenge, et al., 2020) (Sitompul, et al., 2020). Ugyanakkor vannak újabb módjai a biogáz feljavításnak (TRL3-7) (Bienert, et al., 2019), illetve vannak törekvések az akkumulátorok optimalizálására és hatékonyságjavításra is (Nguyen & Kim, 2021), ezek pedig inkrementális fejlesztésekre utalnak.

Ezzel szemben a P2H, a CC és a P2L technológiák inkább demonstrációs fázisban vannak és használatuk is még ritkább.

1. A P2H esetében, míg az alacsony hőmérsékletű elektrolizátorok 9-es TRL szinten vannak (készültség a teljes implementációra), addig a magas hőmérsékletű elektrolizátor folyamatok a TRL6-8 szinten vannak (Drünert, et al., 2020). Ugyanakkor, egy új tanulmány arra is rámutatott, hogy „a P2H pilot projektek mérete nagyon alacsony” (Hu, et al., 2020, p. 1369), és ezek igazából demonstrációs projektek, még akkor is, ha valamelyik eléri a 100 MW-ot is (Hybridge).
2. A Carbon Capture esetében TRL2-3-as szinttől a TRL8-9-es szintig beszélhetünk technológiákról (például van egy kereskedelmi szintű üzem Kanadában – „The Boundary Dam” projekt) (Kapetaki & Miranda Barbosa, 2019).
3. Végül, a P2L esetében csak tervezés alatt álló kereskedelmi szintű üzemekről beszélhetünk (Sunfire, 2020), és a P2L is inkább demonstrációs fázisban van a TRL5-6-os szintje alapján (Bauen, et al., 2020), így a P2L sem tekinthető fenntartó technológiának.

Mindezek alapján, holisztikus megközelítésben, a P2M a biogáz feljavítással és az akkumulátoros rendszerekkel szemben lehet diszruptív. Ez az állítás a P2M egyedi attribútumcsomagjával igazolható (megújuló energia termelése, hálózat-kiegyensúlyozási szolgáltatás nyújtása, energiatárolás, dekarbonizáció), amely különbözik a biogáz feljavítás és az akkumulátoros rendszerek jellemzőitől. Míg a biogáz feljavítás kevésbé rugalmas, hogy hálózat-kiegyensúlyozásra alkalmas legyen, addig az akkumulátoros rendszer nem termel megújuló energiát. Ugyanakkor az is látható, hogy a P2M induló teljesítménye gyengébb ezeknél bizonyos szempontok szerint. Például a hagyományos biogáz feljavítási technológia beruházási költségei alacsonyabbak lehetnek, mivel ezeknél nincs szükség elektrolizátorokra (nincs hidrogéntermelés)

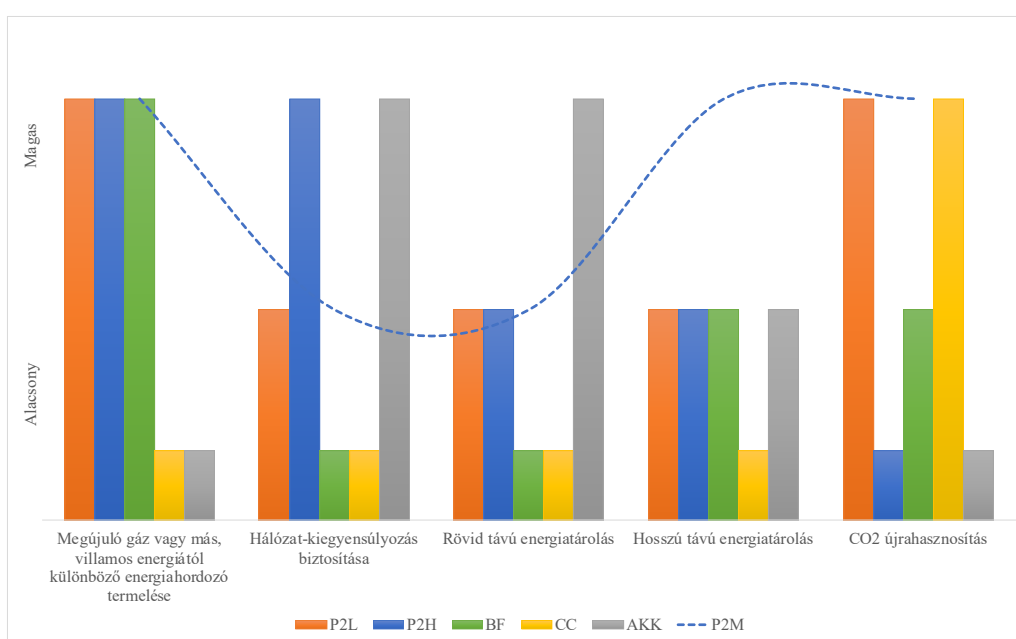
(Khan, et al., 2017). Továbbá, a Lithium-Ion akkumulátorok akár 95-98%-os hatékonyságúak is lehetnek (Kucevic, et al., 2020). Feltéve, hogy a főáramú igény természetesen integrálja a költséghatékony megújuló energiatermelést és a magas hatékonyságú energiátárolást (rövid távon) a biogáz, bioetanol, szennyvíztisztító vagy ipari üzemeknél, a P2M-ben van diszrupciós potenciál a gyengébb induló teljesítmény miatt. Ugyanakkor, az elmélet alapján ez a kezdeti hátrány magasabb teljesítménnyé fog átalakulni később, a környezeti változások és az egyedi attribútumcsomag miatt. Tekintettel a megújulók növekvő arányára az energiamixban, az ingadozó termelés volumene meghaladhatja az akkumulátoros rendszerek kapacitásait, és hosszú távú, szezonális, nagy volumenű energiátárolásra lesz szükség. Ennek ösztönzése pedig az esetleges állami beavatkozás következményeképp jobb üzleti lehetőségekhez is vezethet (például magas biometán átvételi ár) (Csedő, et al., 2020). Ez indokolhatja a befektetést egy drágább projektbe P2H és P2M technológiával (a biogáz feljavítással szemben) vagy kiterjeszheti az akkumulátorok által dominált energiátárolási rendszereket P2M-mel, profitot realizálva az olcsó többlet villamos energiából történő metánelőállítás által.

Az empirikus kutatás a D2 kérdés alapján arra is rámutatott, hogy az igazán kereskedelmi méretű P2M egységek ipari üzemeknél lennének telepíthetők (Magyarországon). Mégis, ezek a nagy P2M egységek Carbon Capture technológiával felszerelve csak akkor jobb költség-haszon arányúak a kisebb, biogáz vagy bioetanol üzemek mellé telepített P2M egységeknél, ha a CC költségei jelentősen csökkennének (részletezve a 6. és 7. sz. Függelékben). Figyelembe véve, hogy az ipari üzemekhez telepített P2M egységek nemcsak a méretükből kifolyólag, de a számuk és a kibocsátott CO₂ alapján is relevánsak¹⁸, az ipari üzemeknél a P2M alapú energiátárolás és szén-dioxid-újrahasznosítás diszrupcióhoz vezethet, de csak akkor, ha a CC költségei lecsökkennek.

Míndezek alapján azt mondhatjuk, hogy az ipari üzemek számíthatnak a „high-end” szegmensnek a P2M számára, mivel nagyobb a potenciál egy P2M egység méretét illetően és a létesíthető P2M egységek száma is magasabb (piacpotenciál). Ezzel szemben a szennyvíztisztító telepek, a mezőgazdasági biogáz üzemek és a bioetanol üzemek „low-end” szegmensként megfelelőbbek a P2M implementációra iparági szinten. Ugyanakkor

¹⁸ Az energiatermelés és az ipar összesen az üvegházható gázkibocsátás 48,3%-ért volt felelős Európában 2014-ben, míg a mezőgazdaság csak 11,3%-ért (European Environmental Agency, 2016)

azt is látni kell, hogy a Christensen és társainak finomhangolt elmélete a diszruptív innovációról (nem technológiáról) korlátozottan alkalmazható, mivel nem azonosíthatók olyan nagyvállalatok fenntartó technológiákkal, amelyek esetleg figyelmen kívül hagynák ezt a „low-end” szegmest és a diszruptió által fenyegetve lennének. Valószínűsíthető, hogy ennek az az oka, hogy ez még a fenntarthatósági törekvések által létrejött új piacnak számít. Összegezve, az egyedi attribútumcsomagból fakadóan a P2M ma inkább egy értékinnovációnak számít (Kim & Mauborgne, 1997), és a jövő potenciális diszruptív technológiája. A 22. ábra a P2M egyedi attribútumcsomagját egy értékgörbéként mutatja, mely az értékinnovációt jelöli.

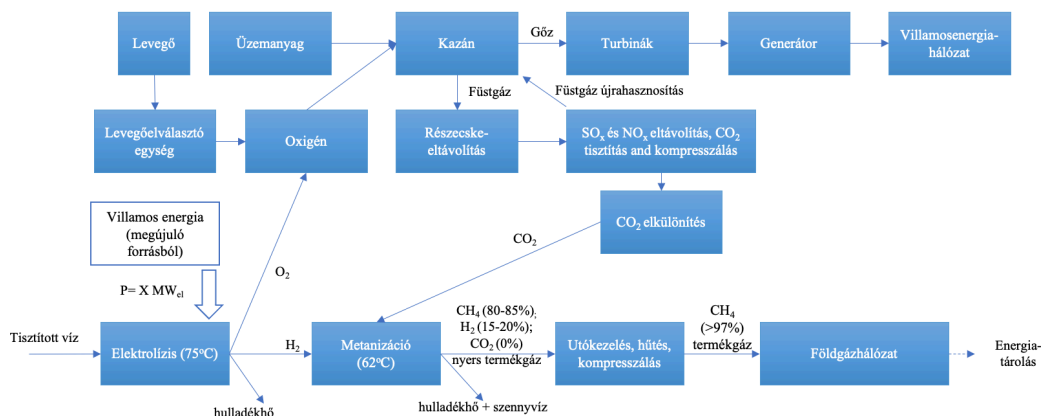


22. ábra: P2M attribútumcsomag mint egy új értékörbe (relatív értékek)

Forrás: Pörzse, Csedő & Zavarkó, 2021

P2L: Power-to-liquid, P2H: Power-to-hydrogen, BF: Biogáz feljavítás, CC: Carbon Capture (széndioxid leválasztás), AKK: akkumulátoros energiatárolási rendszer, P2M: Power-to-methane

A P2M és a CC idővel együtt válhat diszruptívvá, ahogy a CC költségei csökkenni kezdenek, illetve a volatilis megújuló energiatermelés és a dekarbonizációs nyomás tovább növekszik. A CC technológiák tekintetében az oxyfuel tüzelés egy ígéretes és költséghatékony módszerként szerepel a szakirodalomban (Wu, et al., 2018), de a P2M elektrolízis lépésében keletkező oxigén melléktermék alapján a két technológia ennél még nagyobb szinergiát jelenthet elméletben (23. sz. ábra).



23. ábra: Lehetséges szinergiák az oxyfuel Carbon Capture és a P2M rendszer között

Forrás: saját szerkesztés Wu, et al., 2018 és Sinóros-Szabó, 2019 alapján

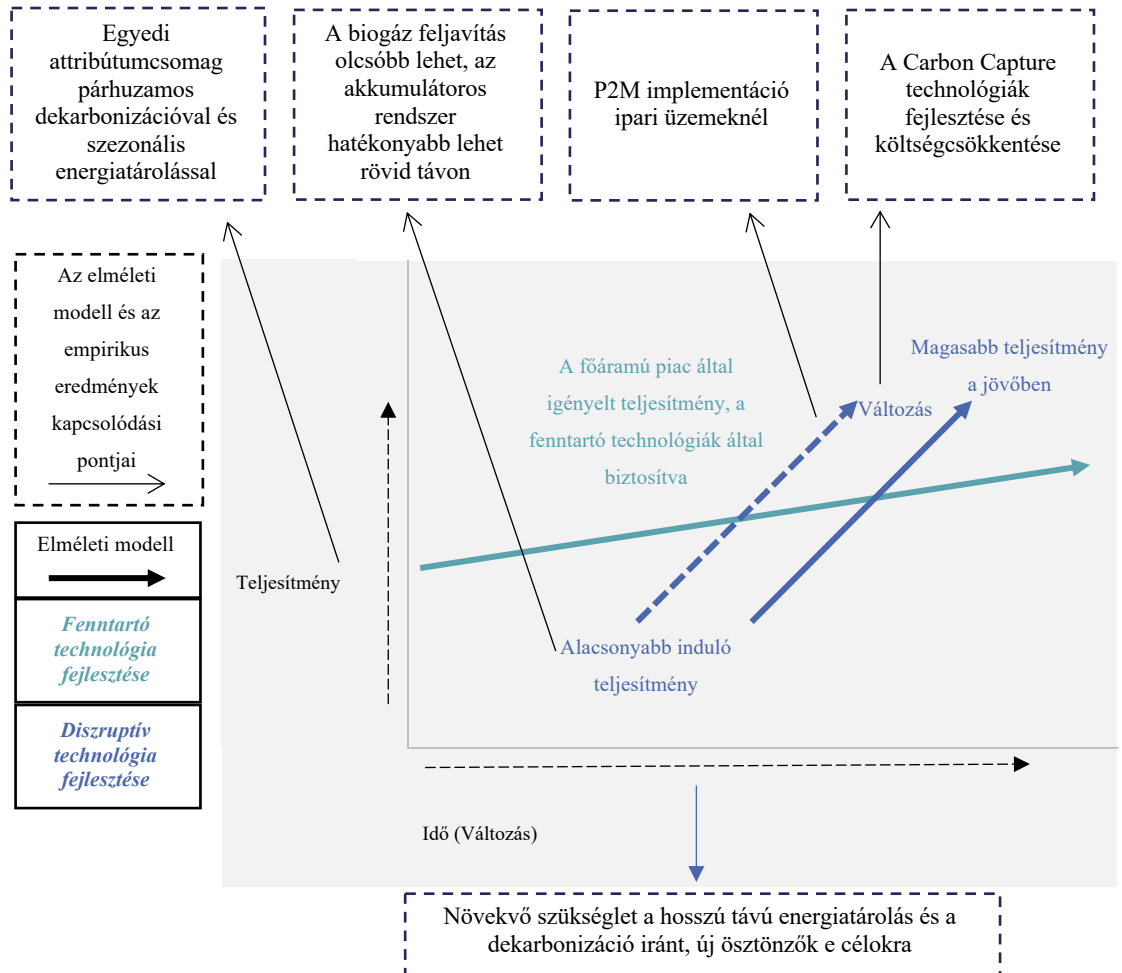
Végül két további eredményre kell felhívni a figyelmet az empirikus eredmények alapján.

1. Ellentétben egy mögöttes előfeltevéssel, diszruptív nézőpontból nincs releváns verseny a katalitikus és a biológiai metanizáció, sem az AEL és a PEMEL technológiák között.
2. Az eredmények alapján a P2H, a P2M és a P2L, és még az akkumulátoros rendszer is része lehet egy olyan integrált rendszernek egy nagy iparvállalatnál, amely biztosítja a rövid- és hosszú távú energiatárolást, a megújuló energiatermelést piaci rugalmassággal (hidrogén, metán vagy szén-hidrogén alapú üzemanyag), és képes a hálózat-kiegyensúlyozásra is. (Pörzse, Csedő & Zavarkó, 2021)

5.2.2.5 Következtetések

Jelen periférikus esettanulmányok kiindulópontja az volt, hogy a P2M akár diszruptív technológiának tekinthető az energiaszektorra gyakorolt várt hatása és az általa generált új lehetőségek és kihívások miatt, de a diszruptivitás megerősítéséhez további kérdéseket is meg kell válaszolni. Három ilyen kérdés (D1-D3) került meghatározásra a diszruptív technológia elmélete alapján, melyek alapján azonosíthatóvá vált, hogy a P2M inkább egy értékinnováció napjainkban az egyedi attribútumcsomagja miatt (párhuzamos szezonális energiatárolás és a közvetlen dekarbonizáció). Emellett, a P2M diszruptív technológiává válhat a CC technológiákkal együtt, ha utóbbiak költsége radikálisan lecsökken és a megújuló energiatermelés továbbra is növekedni fog, mivel a legnagyobb P2M potenciál olyan ipari üzemeknél mutatkozik, ahol a szén-dioxidot füstgázból kell kinyerni. Ezen megállapításnak gyakorlati jelentősége is van, ugyanis annak érdekében,

hogy a P2M technológiában rejlő potenciál teljesen kiaknázásra kerülhessen, szükség van a CC technológiák fejlesztésére is. A 24. sz. ábra összegzi a következtetéseket a kutatási almodell szerint.



24. ábra: A P2M technológia általi lehetséges diszrupció

(A kutatás empirikus eredményeinek egy része a vizsgálati almodell szerint rendezve)

Forrás: Pörzse, Csedő & Zavarkó, 2021

Gyakorlati szempontból az eredmények arra utalnak, hogy a mezőgazdasági biogázüzemek és a bioetanol üzemek a hatékonyan felhasználható szén-dioxid forrásukkal, továbbá az ipari üzemek Carbon Capture megoldással egyformán megfelelők lehetnek arra, hogy Magyarországon felépüljön akár a világ legnagyobb P2M egysége (6 MW_{el} feletti méret). (Pörzse, Csedő & Zavarkó, 2021)

5.3 Kiterjesztett esettanulmány: Változások a szervezeten belül és a szervezetközi hálózatban

A kiterjesztett esettanulmánnyal a következő két kutatási alkérdést szerettem volna megválaszolni:

K2: Milyen innovációmenedzsment feladatok ellátása szükséges a potenciálisan diszruptív technológia széles körű, kereskedelmi szintű alkalmazásához, a felfedező és a kiaknázó tevékenységek közötti viszonyrendszerben?

K3: Milyen szervezeti változásokat indukál a vizsgált innovatív technológia fejlesztése az érintett szervezetekben?

A következőkben – illeszkedve a kiterjesztett esettanulmány historikus megközelítéséhez – az időben korábban felmerült, szűkebb technológiai innovációs témáktól haladok a később felmerült innovációs és változási témák felé.

5.3.1 A technológiafejlesztésben rejlő innovációs lehetőségek és kihívások

A Power-to-Gas Hungary Kft. 2017 és 2019 közötti intenzív technológiafejlesztési és piackutatási tevékenysége alapján láthatóvá vált, hogy a technológia olyan új jellemzőkkel rendelkezik, amelyek operatív szinten igen ígéretesek és versenyképesek más technológiákkal szemben, azonban mikro-, mezo- és makro-szinten is kihívásokkal jár az implementáció. Ezeket a következőkben ismertetem.

5.3.1.1 Technológiai lehetőségek és teljesítménymutatók

Mindenekelőtt érdemes hangsúlyozni, hogy a metanizáció során az archea törzs képes a CO₂ kb. 99%-át is metánná alakítani, ami igen ígéretes jellemző a dekarbonizációs törekvéseket tekintve.

P2G egység teljes hatékonysága 55–60% közötti értéket mutathat. (Csedő, et al., 2020)

Egy 1 MW_{el} méretű üzem (amely megegyezik a világ eddigi legnagyobb biometanizációs P2G üzemének méretével) további teljesítménymutatóit a 20. sz. táblázat ismerteti.

Teljesítménymutató	Alapértékek, egy 1 MW _{el} biometanizációs üzemre vetítve
CO ₂ input (mint a dekarbonizáció alapja)	Kb. 53 CO ₂ Nm ³ /h.
CH ₄ termelés	Kb. 52 Nm ³ /h (kb. CO ₂ input 97-98%-a)
Energiatárolás	Szinte korlátlan, ha a csatlakozás biztosított a földgázhálózathoz
H ₂ output (P2H) és input (P2M)	Kb. 212 Nm ³ /h (figyelembe véve a 4:1 vagy 4.1:1 arányt a H ₂ és a CO ₂ között)
Villamosenergia fogyasztás (mint a hálózat-kiegyensúlyozás alapja)	Kb. 4,7 kWh / Nm ³ H ₂

20. táblázat: Egy 1 MW_{el} P2G egység teljesítménymutatói

Forrás: Pörzse, Csedő & Zavarkó, 2021

A 21. és 22. sz. táblázatok az elektrolízis és a metanizáció területén elérhető technológiák fő tulajdonságait ismerteti, köztük kiemelve a Power-to-Gas Hungary Kft. prototípusának technológiáit.

Elektrolízis technológiák	Ipari méretű alkalmazás	Rugalmasság a többlet villamosenergia-termelés felvételéhez	Forrás
Alkáli elektrolizátor (AEL)	Igen	1-10 perc is lehet	(Wang, et al., 2018; Bailera, et al., 2017; Schmidt & Weindorf, 2016; IRENA, 2018)
Polimer elektrolit membrános elektrolizátor (PEMEL)	Igen	Néhány másodperc	
Szilárd-oxid elektrolizátor (SOEL)	Fejlesztés alatt	-	

21. táblázat: Elektrolízis technológiák és az alkalmazott technológia (PEMEL)

Forrás: saját szerkesztés

Metanizációs technológiák	Ipari méretű alkalmazás	Rugalmasság a metántermelés leállításához, újraindításához	Egyéb jellemző	Forrás
Kémiai (katalitikus) metanizáció	Igen	Alacsonyabb	Több száz °C is szükséges lehet, hogy magas legyen a szén-dioxid konverziós hatékonyság, ami lehet 50-60%-os, de megfelelő körülmények között akár 80-90%-nál is magasabb	(Bailera, et al., 2017; Ghaib & Ben-Fares, 2018) (Leeuwen, 2018;
Biológiai metanizáció	Igen	Magasabb	A reakció alacsonyabb nyomáson és hőmérsékleten (kb. 60-70 °C) megy végbe, mint a katalitikus metanizációnál; 95% feletti CO ₂ konverzió	Electrochaea GmbH, 2019) (Frontera, et al., 2017)
Elektro-metanogenezisre épülő bioelektrokémiai rendszer (EMG-BES)	Fejlesztés alatt	Alacsonyabb	Elektro-aktív mikroorganizmusok alkalmazása; 25-35 °C-on végbemenő reakció	(Ceballos-Escalera, et al., 2020)
Hidrogén betáplálása a biológiai biogáz feljavítás során	Fejlesztés alatt	Alacsonyabb	Hidrogenotróf metanogének általi metanizáció, nem tiszta baktériumkultúrával, nincs szükség külön bioreaktorra	(Ács, et al., 2019)

22. táblázat: Metanizációs technológiák és az alkalmazott technológia (biológiai metanizáció)

Forrás: saját szerkesztés

A táblázatok alapján látható, hogy a fókuszban lévő két technológia kombinációja a rugalmasság, a magas szén-dioxid konverzió és a technológiai érettség alapján is ígéretes implementációs szempontból, nemcsak önmagában, de más technológiákhoz viszonyítva is.

5.3.1.2 A technológiához közvetlenül kapcsolódó kihívások

A biometanizációs technológiához kapcsolódóan – magas hatékonysága ellenére – két hatékonysági kihívás is azonosítható két különböző szinten:

- 1) *A szektor szinten* fennálló hatékonysági probléma forrása az, hogy a villamos energia betáplálható mennyisége korlátos, miközben a megújuló energiaforrások telepítése és kihasználása egyre gyorsabb ütemben fokozódik (a keresletnövekedés mértékén túlmenően felesleges villamos energia keletkezik) és némely területen ez elérheti a maximum potenciált. Ennek következtében megnövekednek az átviteli rendszerirányítók fenntartási költségei is, amit a P2G üzemek méretének és földrajzi elhelyezkedésének körütekintő meghatározásával lehetne kiküszöbölni.
- 2) *Technológiai szinten* növelni lehetne a *teljes energiakonverzió hatékonyságát*. Például a P2G folyamat során keletkezett hulladékhő hasznosítása villamosenergia-termelésére a biometán-termelés újabb forrása (inputja) lehet. A termelt hulladékhő azonban csupán a 70 °C-ot éri el, ami jelenleg túl alacsony a hatékonyan villamosenergia-termeléshez, és ez új technológiai megoldások fejlesztését indukálja (Györke, et al., 2019). A biometanizáció terén még számtalan felderítésre váró kutatási terület, innovációs irány azonosítható: a reaktorok típusai, a keverés módja, a biokatalizátorok táplálása szintén befolyásolhatja az energiakonverzió általános hatékonyságát.

A skálázhatósággal kapcsolatban két kulcstényezőt szükséges kiemelniük:

- 1) *Finanszírozás*: Mivel a vizsgált új technológiák jelentős költségvonzattal járnak, nehéz biztosítani a rövid vagy még elfogadható megtérülési időt. A befektetés megtérülése (főként az elektrolizátorok magas ára miatt) legalább 10 év körüli lehet. Az ipari szintű P2G üzemeknek olcsó villamos energiára van szükségük, mivel ezek a költségek teszik ki az egy kg metánra jutó teljes gyártási költség legnagyobb részét (43%). Ez 0,83 € villamos energia költséget jelent egy kg metánra vetítve. (Leeuwen & Zauner, 2018)
- 2) *CO₂ elérhetőség*: A P2G üzemek kialakításához megfelelő helyszín megtalálása is kihívást jelentő lehet, hiszen a folyamathoz nagy mennyiségben szükséges a szén-dioxid: például egy 2 MW_{el}-os P2G üzem nagyjából 105 Nm³ szén-dioxidot igényel óránként. Megfelelő (egy helyen gyűjtött, hatékonyan felhasználható, a biokatalizátorra veszélyes

szennyezőanyagokat nem tartalmazó) szén-dioxid forrásokhoz jutni viszont nem egyszerű¹⁹. Szén-dioxidot ilyen mennyiségben főleg csak nagy szennyvízkezelő üzemek, mezőgazdasági biogáz üzemek vagy bioetanol üzemek tudnak biztosítani, mivel a szén-dioxid-leválasztás és -tárolás jelenlegi költségei magasak. Mindemellett egy P2G üzem számára ideális helyszín keresésekor figyelembe kell venni a földgázrendszerhez való csatlakoztatás követelményét is. Abban az esetben, ha nincs a közelben kapcsolódási pont a földgázrendszerhez, az előállított biometán kompresszió után CNG üzemanyagként hasznosítható, ez azonban új befektetéseket és ebből kifolyólag magasabb működési költségeket jelentene (Götz, et al., 2016; Blanco & Faaij, 2018).

A P2G technológia hozzájárulhat a nemzeti és regionális energiapolitikai célok eléréséhez, továbbá az energiahálózat kiegyensúlyozásához (Schiebahn, et al., 2015). A technológia alkalmazóinak ugyanakkor számos jogi és szabályozási korláttal kell szembenéznie.

- 1) A hidrogén előállításának, tárolásának és földgázrendszerbe injektálásának egyes országokban (pl. Spanyolországban) komoly biztonsági és adminisztratív előírásoknak kell megfelelnie, más országokban (pl. Belgiumban) viszont az állam ösztönzi ennek termelését vagy használatát (Dolci & Thomas, 2019). A biometán előállításának ösztönzése érdekében több EU tagállamban (pl. Franciaországban, Németországban) is kötelező átvételi árak kerültek bevezetésre (Koonaphapdeelert, et al., 2020). Ezen kívül számos jogi és szabályozási kérdés vár még megválaszolásra a technológiával kapcsolatban, például a P2G technológia jellegének tisztázása (energiatárolás és/vagy gáztermelés), a minőségi követelmények összehangolása, vagy egy hálózati díjrendszer kialakítása az energiatároláshoz (Kreeft, 2017).
- 2) Az említett kötelező átvételi árak és energiatárolási díjak mint lehetséges bevételi források szabályozása elengedhetetlen a villamos energia és a biometán közötti árszint-különbségekből adódóan. A pénzügyi

¹⁹ Ez a kihívás indukálta a periférikus esettanulmányok helyszíneinek kiválasztását.

fenntarthatóság függ a beszerzett szén-dioxid árától is (Brynolf, et al., 2018), tehát ha ezen a területen kialakul egy kedvezőbb trend, az elősegítheti a P2G technológia terjedését. Amennyiben a „szén-dioxid-adó” (Dolci & Thomas, 2019) és a CO₂-kibocsátás egyéb költségei tovább emelkednek, a nagy szén-dioxid-termelő üzemek érdekeltek lesznek az alternatív megoldások keresésében, ez pedig növeli a P2G technológiafejlesztők és üzemeltetők alkuerejét. (Csedő & Zavarkó, 2020)

5.3.2 Innovációmenedzsment a lehetőségek megragadása és a kihívások leküzdése érdekében

5.3.2.1 A kihívások leküzdéséhez szükséges akciók

A 23. sz. táblázat rendszerezi az előzőekben részletezett komplex kihívásokat, illetve az ezek leküzdéséhez szükséges akciókat.

	Területek	Példák az alterületekre	Szükséges akciók
Mikro-szint	Technológia: A teljes energia-konverzió hatékonysága	A hulladék hő újrahasznosítása Reaktor struktúra Biokatalizátor táplálása	További kutatás-fejlesztés
Mezo-szint	Hatékonyság szektor szinten	Megújuló energiaforrások gyors ütemű telepítése Maximum potenciál	Szcenárió-elemzés, a méret és a földrajzi elhelyezkedés körültekintő megválasztása
	Skálázhatóság	Finanszírozás: Befektetési volumen CO ₂ elérhetőség: Szén-dioxid beszerzés Disztribúciós csatornák megtalálása	Tőke bevonása Szakértők bevonása más energiapiaci szegmensekből
Makro-szint	Jogi és szabályozási környezet	Világos definíciók és szabályozások Pénzügyi ösztönzés a megújuló energia tárolására Pénzügyi ösztönzés a „zöld gáz” előállítására	A jogi környezet változása

23. táblázat: A P2G technológia-specifikus kihívásai és az ezek kezeléséhez szükséges akciók

Forrás: Csedő & Zavarkó, 2020

A 2018-2020-as időszakban a vállalat tevékenységi köre a szűkebb technológiafejlesztésről (2017-2018) némiképp kiszélesedett, és a fentebb ismertetett lehetőségekre és kihívásokra reagálva három szervezeti akció volt hangsúlyos:

- 1) Együttműködő partnerek keresése, hálózatépítés
- 2) A saját tudásbázis fejlesztése (mélységében és szélességében is), külső partnereket is bevonva, digitális eszközökkel támogatva
- 3) Hálózati csomópontként a P2G fejlesztés és implementáció teljes értékláncán projektmenedzsment.

A következőkben e három területet részleteiben is ismertetem.

5.3.2.2 Az innováció korlátjainak leküzdése a szervezetközi innovációs hálózatokon keresztül

Az együttműködő partnerek jelentősége

A Power-to-Gas Hungary Kft. üzleti modelljét tekintve elmondható, hogy a cég alapvető értékajánlatai (Osterwalder & Pigneur, 2010) az innovatív energiatárolási megoldás biztosítása és a biometán, mint a földgáz környezetbarát alternatívájának előállítása. Az értékteremtéshez felhasznált kulcserőforrások közé tartozik a tudástőke, amelyre a K+F tevékenységek és a prototípus működtetése során tett szert a vállalat, illetve az üzemek létrehozásához szükséges pénzügyi és technikai erőforrások. Mivel a Power-to-Gas Hungary Kft. egy 2016-ban alapított technológiai startup, amely az alapvető üzleti tevékenységére (technológiafejlesztés és ehhez kapcsolódó projektmenedzsment) fókuszál, a szükséges erőforrások megszerzése kulcspartnerek bevonása által biztosítható.

Mint azt a szakirodalmi áttekintésnél bemutattam, a kulcspartnerekkel való együttműködés egy jellemző gyakorlat a P2G iparágban. Bailera és társai (2017) több mint 40 P2G projekt elemzésének eredményei alapján az látható, hogy egy projektben átlagban 3-4 partner működik együtt. Az újabb és hatékonyabb biometanizációs technológia (Blanco & Faaij, 2018) pedig ez a szám még magasabb lehet. Például az Electrochaea, a Power-to-Gas Hungary Kft. stratégiai partnere, vagy a MicrobEnergy, a Viessmann Group leányvállalata a biometanizációs üzemeiket hét másik szervezet közreműködésével hozták létre, ezek között pedig voltak stratégiai és pénzügyi

befektetők, professzionális szolgáltatók, állami intézmények, hagyományos energiavállalatok és kutatóközpontok is (Bailera, et al., 2017).

A kutatás során sikerült azonosítani azokat a motivációkat és feltételeket, amelyek meghatározzák a potenciális partnerekkel való együttműködés kereteit.

- a) A P2G technológia fejlesztő vállalatok nem rendelkeznek a technológia iparági szintre történő felskálázásához szükséges pénzügyi és infrastrukturális erőforrásokkal, de rendelkeznek olyan diszruptív „core”²⁰ megoldásokkal, amelyekre sikeres üzleti modellek építhetők. Amennyiben ezek a vállalatok a komplementer erőforrásokhoz (ipárgspecifikus tudás, infrastrukturális felszereltség és ezekhez kapcsolódó beruházások) hozzá tudnak jutni stratégiai és pénzügyi befektetők bevonása által, az alábbi innovációs és üzleti lehetőségek válnak realizálhatóvá:
 - a. Profitszerzés a P2G fejlesztő vállalatok számára;
 - b. Szinergiák az alaptevékenységgel a stratégiai befektetők számára;
 - c. Kiváló megtérülés a pénzügyi befektetők számára;
 - d. Pozitív hatás a lokális energiarendszer menedzsmentjére és a fenntarthatósági célokra.
- b) A technológiával kapcsolatban még számos kutatásra és fejlesztésre váró terület határozható meg (pl. a melléktermékek hasznosítása, a biokatalizátor táplálása, a reaktorstruktúra megváltoztatása), amelyeknek nagy szerepe lehet a technológia hatékonyságának a növelésében. Ezeket a területeket viszont egy korlátozott erőforrásokkal és egyértelmű stratégiai fókusszal rendelkező startup egyedül nem képes kutatni. A kutatóközpontok, más startupok vagy tanácsadó vállalatok hozzájárulhatnak ezeken a területeken a technológia további fejlesztéséhez. (Csedő & Zavarkó, 2020)

A szervezeti innovációs hálózat hatása a szabályozói környezetre

A hazai energiaszektorban szigorú szabályozások vannak érvényben, emellett pedig a rugalmatlan intézményi háttér és a stabilitás-fókuszú, rövid távra vonatkozó ösztönzők sem segítik elő a diszruptív innovációk fejlesztését (Csedő, et al., 2018). Ebből kifolyólag

²⁰ Központi, minden további fejlesztés alapját képező

az államigazgatás és a szabályozói oldal kulcsfontosságú érintettnek számít a P2G technológia iparági szintű kereskedelmi forgalomba hozatalát illetően. A jogi környezet kedvező irányba történő változása az alábbi két módon érhető el:

- a) Az együttműködő partnereknek be kell bizonyítaniuk a helyi üzleti modellek életképességét, illetve a P2G technológia jövőbeli fejlesztésében rejlő lehetőségeket a helyi kutatás és fejlesztési kapacitások bevonásával és a kisléptékű üzemlétesítés által.
- b) Egy szabályozói tesztkörnyezet kialakítása kedvező első lépésként szolgálna annak vizsgálata során, hogy a helyi üzleti modellek mennyire életképesek a tényleges üzleti környezetben. A szabályozói tesztkörnyezet egy innovatív vagy akár diszruptív technológiákra szabott, egyedi jogi keretrendszerrel jelent, amelyben bizonyos jogszabályok és kötelezettségek módosítva vonatkoznak az üzemre a technológia tesztelésének ideje alatt. A koncepció az Egyesült Királyságból származik, ahol a FinTech megoldások számára kellett kidolgozni speciális feltételeket. 2019-ben globálisan már több mint 50 szabályozói tesztkörnyezet kialakítása valósult meg/volt tervben különböző szektorokban, például a telekommunikáció, az adatvédelem és a környezetvédelem területén (Martin & Balestra, 2019). Az energiaszektoron belül például a szingapúri Energiapiaci Hatóság létrehozott egy szabályozói tesztkörnyezetet az új energiaipari termékeknek és szolgáltatásoknak annak érdekében, hogy biztosítsák az új technológiák fejlesztését és kihasználását (Energy Market Authority, 2018; The Business Times, 2017), de Hollandiában is kialakítottak egy helyi kísérleti környezetet az innovatív energiaipari szolgáltatások számára (van der Waal, et al., 2020). Bár a szabályozói tesztkörnyezet modellje viszonylag új, és csak korlátozottan állnak rendelkezésünkre adatok, ezért a kiváltott hatások mérése nehéz, a várakozások alapján a szabályozók és az innovátorok közötti nyílt és aktív párbeszéd kedvezőbb feltételeket teremthet az innovációknak, továbbá csökkentheti a bizonytalanságot a befektetők számára (Martin & Balestra, 2019).

A magyarországi jogi és szabályozási környezet eddig kevésbé tartalmazott ösztönzőket az innovatív energiatárolási technológiák fejlesztésére és működtetésére vonatkozóan, a 2020 januárjában bemutatott, új Nemzeti Energiastratégia 2030 viszont célként tűzi ki

egy olyan szabályozási környezet kialakítását, amely támogatja a P2G technológia hasznosítását és felskálázását. Emellett egyéb olyan, pénzügyileg támogatható akciók is kijelölésre kerültek, mint például:

- a) Egy olyan P2G üzem létrehozása, amely képes az előállított biometánt a földgázrendszerbe injektálni
- b) Egy 2,5 MW_{el} teljesítményű P2G üzem kialakítása
- c) Egy nemzeti kötelező biometán-átvételi rendszer kiépítése a biometán-előállítás ösztönzése érdekében (ITM, 2020).

Az akciókutatás során így azt azonosítottam, hogy a P2G technológia megjelenése az új nemzeti energiastratégiában jelentős előrelépést, illetőleg a P2G technológia magyarországi fejlesztésével foglalkozó szervezetközi hálózatok munkájának az elismerését jelenti.

Tovább lépés a diád-szintű nyitott innovációról a szervezetközi innovációs hálózatra

A speciális archea törzssel elért első kutatás-fejlesztési eredmények gazdasági és környezeti lehetőséget is teremtettek (Sarasvathy, et al., 2003), ez pedig egy kétszereplős (diádikus) nyitott innovációhoz vezetett, mely során kifejlesztésre került egy P2G prototípus egy szabadalmaztatott biokatalizátorral, illetve demonstrálásra került az üzleti modell életképessége. Figyelembe véve Vanhaverbeke (2006) megállapítását, miszerint a nyitott innováció elemzése történhet diád-szinten és szervezetközi hálózat szinten is, a P2G technológiában rejlő innovációs lehetőségek teljes mértékű kiaknázásához immár viszont a diád szintű nyitott innovációnál többre, egy szervezetközi innovációs hálózatra van szükség. A P2G kereskedelmi forgalomba hozatala a komplementer erőforrások jelentős mennyiségét, a kapcsolódó területeken a technológia további fejlesztését, valamint a helyi (magyarországi) jogi környezet változását igényli.

Az empirikus eredményekből az látható, hogy a kétszereplős együttműködések és a szervezetközi innovációs hálózatok a nyitott innováció eltérő sajátosságaival rendelkeznek. A kétszereplős együttműködés ideiglenesen, rövidebb időre jött létre, egy konkrét probléma megoldására vagy egy új megoldás létrehozására. Ezzel szemben a szervezetközi innovációs hálózatok hosszú távú elköteleződést vagy folyamatos együttműködést jelenthetnek a partnerek között annak érdekében, hogy a már meglévő „core” megoldásokhoz kapcsolódó komplex területeken további fejlesztéseket

végezzenek. A szervezetközi innovációs hálózatok nem csupán a technológia kereskedelmi forgalomba hozatalának a mozgatórugói, hanem – amint azt az előző alfejezetben bemutatam – a jogi és intézményi környezet változásában is fontos szerepet játszhatnak.

A 24. sz. táblázat a P2G technológiák fejlesztése és kereskedelmi forgalomba hozatala alapján szemlélteti a nyitott innováció jellemzőit, a technológia hatékonyságának biztosításához és felskálázásához szükséges inputokat (az egyes együttműködő partnerek részéről), illetve a potenciális outputokat. A táblázat az interjúkból származó empirikus adatokra épül, tehát nem tartalmazza a résztvevők és az inputok/outputok minden lehetséges kombinációját, de kiemeli az együttműködés fontosságát a szektoron belül. Fontos rámutatni továbbá, hogy ez egy leíró és nem egy előíró táblázat, mivel azt mutatja, hogy minek *kellett* történnie az intézményi környezet megváltozásához. (Csedő & Zavarkó, 2020)

		Kétszereplős együttműködés (diád)		Szervezetközi innovációs hálózat			
Elméleti szempontok	Együttműködő partnerek száma	2					
	Időbeliség	Több mint 2					
	Megoldandó fejlesztési problémák	Folyamatos/Hosszú távú					
	Megoldandó fejlesztési problémák száma	Nem konkrét, szerteágazó					
A fejlesztés általános célja	Sok						
Helyszín	Magyarországon kívül						
Együttműködő partnerek	Egyetem / Kutatóközpont	Biotechnológia - P2G fejlesztő cég	P2G technológia fejlesztő cég	Stratégiai befektető (pl. átviteli rendszer-irányító)	Pénzügyi befektető	Egyetem / Kutatóközpont	Más startupok, Vezetési tanácsadó cégek
Fejlesztési célok a P2G technológia fejlesztésén belül	1) A szabadalmaztatott biokatalizátor felfedezése		2) A prototípus kifejlesztése	3) A technológia felskálázása és kereskedelmi forgalomba hozatala A technológia hatékonyságának növelése Kedvező jogi és intézményi környezeti változások elérése			
Input	K+F tudás és kapacitások	Alaptechnológia	Helyi szakértői tudás, üzletfejlesztés	Innovatív technológia és projekt menedzsment	Pénzügyi erőforrások	K+F tudás és kapacitások	Szakértői tudás, szolgáltatások, kapcsolati tőke
Az egyes szervezetek outputjai	Publikálható kutatási eredmények, szabadalom	Piac-képes szabadalom	Innovatív technológia	Innováció és profit	Profit (exit)	Publikálható kutatási eredmények	Támogató jogi környezet
Tágabb értelemben vett output	Gazdasági és környezeti lehetőség			Kiajánzott technológiai innováció (kiajánzott lehetőség), hatással az energiaszektorra			

24. táblázat: A diád-szintű nyitott innováció és a szervezetközi innovációs hálózat a P2G technológiafejlesztés esetében, az empirikus adatok alapján

Forrás: Csedő & Zavaró, 2020

A táblázat alapján jól látható, hogy a technológiai innováció kiaknázása olyan komplementer erőforrásokat igényel, amelyekhez több különböző külső érintett bevonásán keresztül lehet hozzájutni. Abban az esetben, ha egy vagy több érdekelt hiányzik a hálózatból,

- 1) megnövekedhetnek a beruházási költségek (pl. ha nincs olyan stratégiai befektető, amely hajlandó megosztani az infrastruktúráját is jövőbeli szinergiák reményében),
- 2) kiaknázatlan maradhat egy lehetőség (pl. ha nem végeznek tudományos kutatást, amely növelheti a hatékonyságot),
- 3) továbbá kivitelezhetetlenné válhat az innovációs projekt (pl. ha nincs alaptermológia, támogató jogi és szabályozási környezet vagy nem állnak rendelkezésre a szükséges pénzügyi erőforrások). (Csedő & Zavarkó, 2020)

5.3.2.3 Digitális tudásmenedzsment a know-how fejlesztés és a nyitott innováció érdekében

A vállalat stratégiai prioritásai közé tartozott a 2018-2020-as időszakban az is – a hálózatépítéshez illeszkedve –, hogy a technológia jelentős innovációtartalma miatt még számos területen nemzetközi szinten is hiányos tudásbázist fejlessze. Ennek keretében a vállalat három fő irányba épített ki kapcsolatokat:

- 1) Egyetemi kutatóközpontok felé (például mérnöki, biológiai, kémiai, energiagazdálkodási területeken), melyek révén a felfedező jellegű tanulás vált lehetővé, a hozzáférés az új tudományos eredményekhez a kapcsolódó technológiai területeken.
- 2) Nagyobb vállalatok felé, elsősorban energetikai, mezőgazdasági és ipari területeken²¹, amelyek az ipari know-how és alkalmazott kutatás-fejlesztési célokat szolgálnak, és inkább a meglévő technológiai megoldás kiaknázására vonatkoztak.

²¹ E kapcsolatok a periférikus esettanulmányokban is megjelentek.

- 3) Nonprofit szervezetek és a szabályozói oldal érintettjei, amelyek érdekeltek az innovatív energiatárolási megoldások fejlesztésében és ipari szintű alkalmazásában is.

A vállalat egyrészt a saját kutatásokra épülő technológiai know-how fejlesztés érdekében, másrészt az akadémiai, tudományos és az ipari know-how kombinálása érdekében egy digitális nyitott innovációs platformot hozott létre. A platform célja, hogy

- a) a szervezeten belüli innovációs hálózatban biztosítani tudja a hatékony technológiai know-how áramlást az érintettek között;
- b) a vállalat saját tudásbázisa is strukturáltan és gyors ütemben fejlődjön;
- c) előkészítse a tudásbázist a létrehozandó kereskedelmi szintű P2G egységek üzemeltetéséhez.

E célokat szem előtt tartva négy fő modul került kifejlesztésre a platformon:

- a) ötletgenerálás, innovációs problémamegoldás
- b) prototípusmenedzsment (a későbbi üzemirányítást megalapozva)
- c) digitális know-how fejlesztés
- d) e-learning. (Sára, 2019)

Amellett, hogy a modulok elszigetelten is képesek működni (például van lehetőség önálló know-how elem kidolgozására), közöttük a tudásáramlás is megvalósítható, melynek módját a 25. táblázat ismerteti.

		Output modul (tudáselem felhasználása)			
		Prototípus menedzsment / üzem-irányítás	Ötlet-generálás, innovációs probléma-megoldás	Digitális know-how fejlesztés	E-learning
Input modul (tudás-elem forrása)	Prototípus menedzsment / üzemirányítás		Kérdés a fejlesztéssel vagy az üzemeltetéssel kapcsolatban	Tudás-fejlesztés monitoring adatok alapján	
	Ötletgenerálás, innovációs probléma-megoldás	Ötletgenerálás alapján prototípus-fejlesztés vagy hatékonyabb üzemeltetés		Megválaszolt innovációs kérdés	
	Digitális know-how fejlesztés		Kérdés egy hiányzó tudáselem alapján		Új képzési anyag a know-how alapján
	E-learning	Kezdeti / továbbfejlesztett üzemeltetési tudás (nem kodifikált)	Kérdés egy e-learning tananyag alapján		

25. táblázat: A digitális platform modulkapcsolatai a technológiai know-how fejlesztés és hasznosítás érdekében

Forrás: saját szerkesztés

A funkcionalitáson túllépve azt is sikerült feltárni a dokumentumelemzés és az interjúk alapján, hogy miként kapcsolódik össze

- a felfedező és a kiaknázó jellegű tanulás,
- a vállalat kapcsolati hálója
- a technológiai know-how tartalma. (26. sz. táblázat)

	A tudáshálózat szereplői	A technológiai know-how áramlás fő témái (példák)
Kiaknázó tanulás	Nagy energetikai vállalatok, potenciális telephelyek, infrastruktúra-biztosítók Szabályozói és államigazgatási érintettek	P2H - AEL, PEMEL ipari méretű üzemeltetése P2M – biológiai metanizáció ipari méretű üzemeltetése
	Power-to-Gas Hungary Kft.	
Felfedező tanulás		P2H – SOEL technológiafejlesztés
	Nonprofit szakmai szervezetek Egyetemek, kutatóközpontok	Új P2M technológiák (EMG-BES) P2L – szénhidrogén alapú üzemanyaggyártás Hatékonyságnöveléshez kapcsolódó megoldások (pl. hulladékhő hasznosítása) Carbon Capture technológiák fejlesztése és összekapcsolása P2G üzemekkel

26. táblázat: Felfedező és kiaknázó tanulás a P2G szervezetenkénti innovációs hálózatban

Forrás: saját szerkesztés

A táblázat rámutat, hogy a Power-to-Gas Hungary Kft. a hálózat felfedező és kiaknázó „oldalán” is tanul, és ezzel összeköti az egymástól egyébként elszigetelt érintetteket.

5.3.2.4 A technológiai fejlesztő vállalat mint hálózati csomópont és mint az innováció „motorja”

A kiterjesztett esettanulmánykészítés időhorizontjának végén (2020) fenti a hálózatépítési és tudásmenedzsment tevékenységeknek köszönhetően a Power-to-Gas Hungary Kft. egyfajta hálózati csomóponttá vált, amely összeköti egymással

- a) az egyetemeket, kutatóközpontokat
- b) az energetikai nagyvállalatokat

- c) más területen működő vállalkozásokat
- d) a szabályozói oldal érintettjeit, az államigazgatást
- e) a nonprofit szakmai szervezeteket.

Az innovatív technológiának, a tudatos kiaknázó és felfedező jellegű tanulásnak és a hálózati csomóponti szerepnek köszönhetően a vállalat a P2G fejlesztés és implementáció teljes értékláncában kompetens és P2G projektmenedzsment feladatokat lát el.

Továbbá, visszacsatolva a kvalitatív tartomelemzés eredményeire, az empirikus adatok alapján az is világossá vált, hogy nemcsak a P2G technológiafejlesztő vállalatnak van szüksége a komplementer erőforrások miatt a nagyvállalatokra, hanem fordítva is: az energiaipar általános megújulási kihívásai a magyar energetikai nagyvállalatok esetében is relevánsak. Az iparág fogalma jelen esetben csak a gáz- és villamosenergia-szolgáltatás szegmenseit tartalmazza (így az olajipari vállalatokat például már nem). A P2G szempontjából ez a két szegmens mondható a legrelevánsabbnak, mivel ezeken keresztül valósulhat meg az villamosenergia- és a földgázrendszer összekapcsolása. Az innovációt korlátozó belső nagyvállalati tényezők között az interjúk alapján a következőt sikerült azonosítani:

- a) Erős hierarchia és kontroll
- b) Zárt gondolkodás
- c) Stabilitásra és a rövid távú teljesítményre fókuszáló ösztönzők
- d) Kockázatkerülés
- e) Hiányzó tudás a magas innováció-tartalmú projektek irányítását illetően.

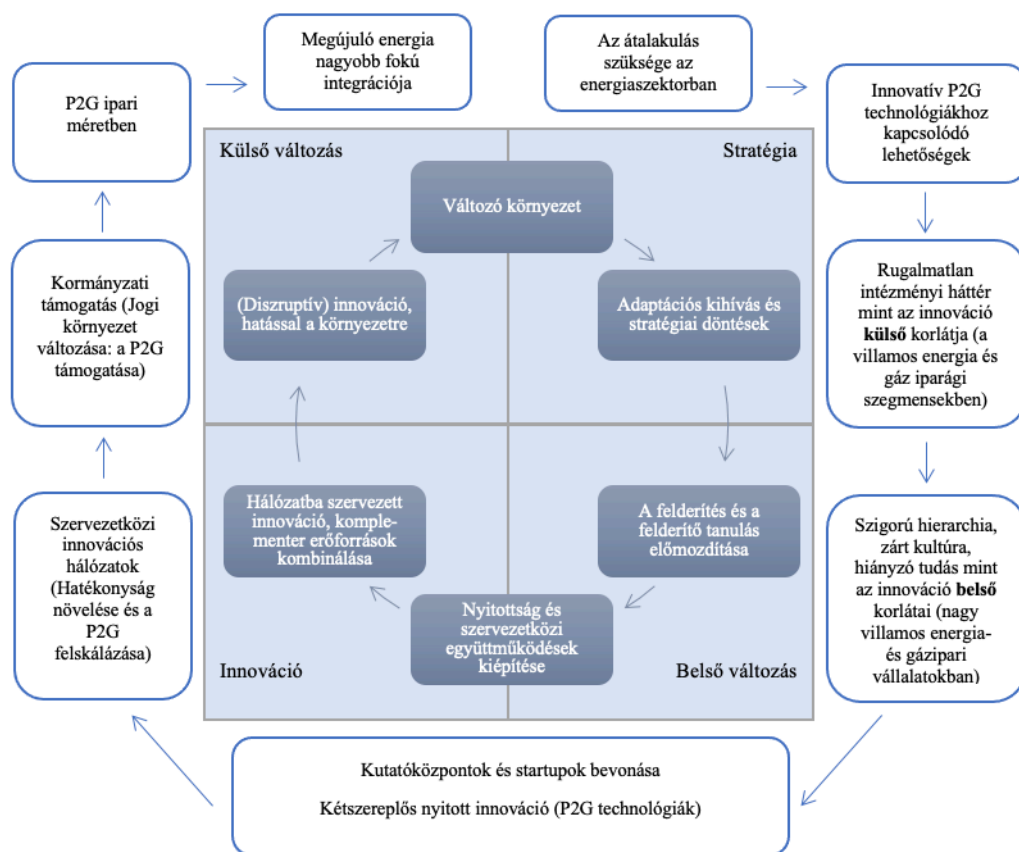
Az interjúalanyok arra is utaltak, hogy több hátráltató tényező adódik az iparág rugalmatlan intézményi háttéréből. Egy olyan piaci környezetben, ahol ekkora igény mutatkozik a rövid távú stabilitásra, a nagyobb iparági szereplők nincsenek ösztönözve arra, hogy erőforrásaikat a felderítésbe és a diszruptív innovációk fejlesztésébe fektessék. Ebből fakadóan is volt fontos a szervezetközi innovációs hálózatban történő együttműködés, és a technológiafejlesztő hálózatépítő szerepe. (Csedő & Zavarkó, 2020)

5.3.3 Szervezeti változások a diszruptív technológiafejlesztésben érintett szervezetekben

5.3.3.1 Innováció és változás a szervezeten kívül és belül

A kiterjesztett esettanulmány készítése során részletesen elemeztem a szervezetközi hálózatok és az innováció menedzsment szerepét a P2G technológia fejlesztésében és kereskedelmi szintű alkalmazásában. A vizsgálat eredményei alapján elmondható, hogy két különböző, kétszereplős együttműködésen keresztül kifejlesztésre került egy innovatív P2G prototípus, amely komoly lehetőséget jelent az ipari szinten megvalósuló energiatárolásra, a hálózat kiegyensúlyozására és a megújuló energiaforrások nagyobb fokú integrálására. Ugyanakkor bemutatásra került számos olyan iparág- és technológia-specifikus kihívás is, amely korlátozhatja a diszruptív technológiában rejlő innovációs potenciál kiaknázását. Ezen akadályok leküzdéséhez a kétszereplős nyitott innováció nem tűnik elegendőnek. A kutatási eredmények viszont rámutattak arra, hogy egy szervezetközi innovációs hálózatoknak kulcsszerepe lehet a P2G technológiák hatékonyságának növelésében és felskálázásában, illetve a technológia értékteremtő képességének demonstrálásában a helyi döntéshozók számára. Ezek az akciók mind szükségesek ahhoz is, hogy pozitív változások menjenek végbe a P2G technológiára vonatkozó jogi környezetben. A rugalmatlan szabályozási környezet és a rövid távú teljesítményre fókuszáló ösztönzők jelentik a további innováció és a kereskedelmi forgalomba hozatal legnagyobb akadályait. Ezeket a megállapításokat a korábban bemutatott külső és belső változási modell szerint a 25. ábra rendszerezi.

Egy lineáris helyett egy ciklikus modellt kell felrajzolnunk az eredmények alapján, mivel a P2G technológia megjelenése a Nemzeti Energiastratégiában egy egészen új lehetőségként fogható fel. Ez azt jelenti, hogy a szervezetközi innovációs hálózat hatással volt az intézményi környezetre, a megváltozott környezet pedig új lehetőségeket fog teremteni az energiaszektor szereplői számára (és esetlegesen új kihívásokat másoknak).



25. ábra: Innováció és változás a szervezeten belül és kívül a P2G technológiafejlesztés során

(A kutatás empirikus eredményeinek egy része az elméleti modell szerint rendezve)

Forrás: Csedő & Zavarkó, 2020

A kutatás ezen eredményei kiemelik a szervezetközi innovációs hálózatok jelentőségét egy kedvezőbb társadalmi-gazdasági környezet kialakításában, amely elősegítheti a P2G technológia fejlesztését és kereskedelmi szintű alkalmazását.

5.3.3.2 Szervezeti változások az együttműködő partnereknél

A projektmenedzsment feladatok hálózatban történő megvalósulása révén az vált láthatóvá, hogy ezek a P2G technológiafejlesztéshez és -implementációhoz kapcsolódó projektek – illeszkedve a változásvezetés szakirodalmához – az együttműködő partnerek szervezeteiben is kisebb-nagyobb szervezeti változásokat indukálnak és indukálnának. Továbbá, nemcsak a projektek által generált szervezeti változás releváns, hanem a tágabb értelemben a P2G-ben rejlő potenciál kiaknázásához szükséges szervezeti változások is. A 27. táblázat az eddig megfigyelt szervezeti változásokat mutatja és a továbbiakban szükséges szervezeti változásokat is felvázolja.

Szereplő	Eddig megfigyelt főbb szervezeti változások ²² a projektek által generálva	A teljes P2G potenciál kiaknázásához szükséges további szervezeti változások
Power-to-Gas Hungary Kft.	<p>Outputok: Egy új technológia mellett immár szakértői szolgáltatások nyújtása a P2G értékláncban</p> <p>Működési folyamatok: Az egyedi prototípusfejlesztés után a prototípus üzemeltetés, és a folyamatos K+F eltérően került megszervezésre (pl. digitális know-how fejlesztés bevezetése)</p> <p>Stratégia: A P2G mellett a P2L technológia előtérbe kerülése</p>	<p>Outputok, szervezeti méret és struktúra: A technológia felskálázása és széles körű alkalmazása új feladatokat fog igényelni (pl. implementációs tanácsadás, szakemberképzés, üzemeltetés támogatása), amelyek a létszámbővítéssel járhatnak</p>
Nagy energetikai vállalat / Stratégiai befektető	<p>Stratégia: Megújuló energia / Innovációs befektetési stratégiába a P2G és kapcsolódó technológiák bekerülése</p>	<p>Kultúra, magatartás és struktúra: A bekapcsolódás a K+F+I tevékenységekbe új szemléletet vagy új egységet (projektteam) igényel új szemlélettel (kontextuális fejlesztés vagy strukturális szeparáció)</p> <p>Hatalmi viszonyok: A P2G felskálázáshoz és széles körű alkalmazásához szükséges kiterjedt infrastrukturális és pénzügyi erőforrások biztosításához jelentős felsővezetői támogatás szükséges</p>
P2G üzemeltető, telephely	<p><i>Jelentősnek mondható szervezeti változások eddig nem történtek</i></p>	<p>Technológia, működési folyamatok: Kiegészül a telephelyi technológiai rendszer egy új megoldással, a fizikai folyamatok megváltoznak</p> <p>Szervezeti struktúra: Az új technológia üzemeltetéséhez, felügyeletéhez erőforrásokat kell allokálni</p>

Folytatás a következő oldalon

²² A felsoroltakon kívül is történhetnek változások a lényeges szervezeti jellemzőkben, hiszen ezek egyszerre is változhatnak.

Szereplő	Eddig megfigyelt főbb szervezeti változások a projektek által generálva	A teljes P2G potenciál kiaknázásához szükséges további szervezeti változások
Egyetem, kutatóközpont	Szervezeti struktúra: Új, P2G-vel és kapcsolódó technológiákkal foglalkozó kutatócsoport létrehozása	Outputok: Új tudományos és gyakorlati hasznossággal bíró eredmények produkálása a P2G-ről és a kapcsolódó új technológiákról
Pénzügyi befektető	<i>Jelentősnek mondható szervezeti változások eddig nem történtek (a P2G miatt)</i>	<i>Jelentősnek mondható szervezeti változások nem várhatók (a P2G érdekében)</i>
Kapcsolódó technológiákat fejlesztő vállalkozások (pl. ICT vagy Carbon Capture (CC) technológiafejlesztés)	Stratégia: (ICT) A megújuló energiák integrációját és más energetikai folyamatokat támogató szoftverfejlesztések előtérbe kerülése	Működési folyamatok: Szorosabb együttműködés a P2G fejlesztő vállalatokkal és az egyetemekkel, például (ICT) a P2G üzemeltetés és az ingadozó megújuló energiatermelés informatikai támogatásához; vagy (CC) a P2G és Carbon Capture folyamatok összhangjának érdekében
Szakértő vállalkozások (pl. üzletfejlesztési tanácsadók, műszaki minőség-biztosítók)	<i>Jelentősnek mondható szervezeti változások eddig nem történtek (a P2G miatt)</i>	Magatartás, működési folyamatok: Az eddig ismeretlen technológia miatt szükséges a speciális szakterületi tudás felszívása az implementáció támogatása során

27. táblázat: Eddig megfigyelt és további szükséges szervezeti változások

Forrás: saját szerkesztés

Az eredmények alapján az érintett szereplők többségénél szervezeti változásokat generáltak az eddigi P2G technológiafejlesztéssel kapcsolatos projektek. Ezek a szervezeti változások inkább inkrementálisnak mondhatók, semmint radikálisnak. Ugyanakkor, a P2G technológiában rejlő teljes potenciál kiaknázásához további szervezeti változásokra lehet szükség az együttműködő partnereknél, amelyeknek nem feltétlenül kell radikálisnak lenni ahhoz, hogy elősegítsék a technológia felskálázását, de egy irányba kell mutatniuk és illeszkedniük kell a többi szereplő szervezeti változásaihoz.

Az akciókutatás során a következő *összehangolt, összehangolódó* szervezeti változásokat sikerült azonosítani:

- a) egy olyan potenciális ipari telephely stratégiájában, amely egyben stratégiai befektetője is lehet a további P2G technológiafejlesztéseknek, helyett kapott – a szintén P2G folyamatra épülő – P2L folyamat is (stratégiai változás). A P2L szerepét az egyik vezérigazgató-helyettes így vezette fel:

„Elnézve a kiterjedt portfóliónkat, érdemes lenne a power-to-gas kapcsán is messzebb tekinteni, vagy inkább oldalra, hogy mit lehet még kezdeni a hidrogénnel és a metánnal. [...] Az üzemanyaggyártás például abszolút portfólióba illene, és a szén-hidrogéneket azért sokféleképpen fel lehet használni.”

Erre reagálva a P2G technológiafejlesztő vállalat maga is elkezdte kiterjeszteni saját meglévő képességeit az új technológia fejlesztésének irányába, hiszen ez is lehetővé teheti a P2G technológia kereskedelmi szintű alkalmazását (stratégiai változás). A vállalat technológiai igazgatója erről így beszélt:

„A power-to-liquid folyamatban több irányba is elindultunk, ugyanis a Fischer-Tropsch szintézist is ismerjük, de P2G2L-nek hívhatjuk azt is, amikor a metánból csinálunk LNG-t egy plusz cseppfolyósítási lépéssel.”

- b) a P2G technológiafejlesztő vállalat a stratégiai fókuszának megőrzése érdekében, a teljes folyamat hatékonyságfejlesztésében fontos, de speciális területnek számító hulladék hő-hasznosítással nem foglalkozik, de ez a feladat egyetemi kutatóközpontnál indukálta egy specializált kutatócsoport létrejöttét (strukturális változás).

Továbbá, az interjúk során a további esetlegesen szükséges változások illeszkedési igényeire is felmerültek példák:

- a) a füstgáz hasznosítás ígéretessége miatt az egyetemi kutatóközpont(ok)ban a szén-dioxid-leválasztás és a P2G üzemi kapcsolatainak vizsgálata szintén új feladatokat, és ezzel módosított erőforrásallokációt indukálhat.
- b) a P2G kereskedelmi szintű alkalmazása például egy szennyvíztisztító üzemnél vagy egy mezőgazdasági biogáz üzemnél alapjaiban változtatná meg a fizikai

folyamatokat, de ezzel a munkaszervezés logikájának is változnia kell. Az egyik biogáz üzemet működtető vállalat műszaki vezérigazgató-helyettese alapján ez folyamat-újraszervezéssel járna:

„Feltételezem, a P2G egységet felügyelni, biztosítani, napi szinten karbantartani kellene. [...] Ha ez tényleg csak támogató feladat, és a speciális szakértelem biztosítható kívülről, akkor ezeket a meglévő munkaerőállománnyal is meg tudjuk oldani, de ehhez át kell szerveznünk a munkát a telepen.”

- c) egy energetikai nagyvállalat bekapcsolódása a P2G akár fél-üzemi szintű fejlesztésébe hasonlóképp már infrastrukturális beavatkozással járna, amelyek miatt a szabályzatok módosítására lehet szükség. E szabályozások és ezzel a folyamatok módosítását viszont a P2G technológiafejlesztő és más partnerek által biztosítható megoldások és a technológiai adottságok fényében kell elvégezni. További szervezeti változást generál, ha egy energetikai nagyvállalat nemcsak infrastruktúrát biztosít, de saját projektteam-et hoz létre és kiegészítő fejlesztéseket tervez végezni, ami struktúrában és az outputokban történő változtatást jelenthet (illetve – a szakirodalom alapján – kulturális változást is generálhat a projektteam és az alapszervezet kapcsolata). Az egyik ilyen kiegészítő technológiafejlesztési koncepcióval kapcsolatban az egyik energetikai nagyvállalat vezérigazgatója a kölcsönös függőségre is rámutatott:

„Már elkezdtük a (kiegészítő) technológia tervezését házon belül egy külön csapattal, azonban pontosabban látni kéne, hogy a telephely milyen adottságokkal rendelkezik most és az infrastruktúra hogyan fog változni a power-to-gas implementációval. Jó lenne, ha ezek a folyamatok a jövőben felgyorsulnának.”

Összegezve, az empirikus adatok, és különösen az interjúk alapján a P2G szervezatközi innovációs hálózatban együttműködő partnereknek igazodniuk kell egymáshoz, és ahhoz, hogy az együttműködés hatékony legyen, akár szekvenciálisan, akár párhuzamosan szervezeti változásokra van (lenne) szükség.

5.4 A diszruptív technológiafejlesztés által indukált változásvezetési modellek

A következőkben az elméletépítési fázis eredményei olvashatók, melyek a fő kutatási kérdésre adnak választ:

Fő kutatási kérdés (K4): Milyen szervezeti változásokat indukál egy diszruptív energetikai technológiafejlesztés (a power-to-gas technológiafejlesztés), és milyen modellek szerint lehet ezeket a változásokat vezetni a technológia széles körű, kereskedelmi szintű alkalmazása érdekében?

5.4.1 Egydimenziós és többdimenziós változásvezetési modell, zárt és nyitott szervezeti változás

Az empirikus kutatásom eredményei alapján az értekezés „Elméleti keretrendszer” részének „Változásvezetés” fejezetében bemutatott modellek valójában az „*egydimenziós változásvezetés*”-ről és a „*zárt szervezeti változás*”-ról szólnak, ami azt jelenti, hogy a felsővezetők által végzett változásvezetés csak a saját szervezet kontextusát és lényeges jellemzőit veszi figyelembe, és csak a saját szervezet lényeges jellemzőinek megváltoztatására irányul.

Ugyanakkor, a P2G technológiafejlesztés kontextusában azt azonosítottam, hogy a (potenciálisan) diszruptív technológiák szervezatközi innovációs hálózatban történő fejlesztésekor a különböző érintetteknek zajló, innováció által *generált vagy szükséges* szervezeti változások vezetését össze kell hangolni, hogy a hálózat tagjai minél gyorsabban, minél nagyobb mértékű hasznot realizáljanak közös fejlesztéseik, erőforrásbefektetéseik révén. Ez azt jelenti, hogy az egyes szervezetek felsővezetésének figyelembe kell venni

- a) az együttműködő partnerek adottságait,
- b) a párhuzamosan zajló, esetleges szervezeti változásokat a partnereknél,
- c) az együttműködő partnerek közös céljait,

és ezeket össze is kell hangolniuk, amellet, hogy

- a) saját szervezetük stratégiai és innovációs céljai, illetve lényeges szervezeti jellemzőik mentén vezetik a belső változást,
- b) és ezzel lehetővé teszik a szervezet autonóm megújulását és a környezeti adaptációját.

Ha az egydimenziós változás az egyetlen (saját) szervezetet jelöli, akkor egyetlen együttműködő partnerhez igazított szervezeti változások esetén kétdimenziós változásvezetésről, két partnerhez igazított változás esetén háromdimenziós változásvezetésről kell beszélnünk, és így tovább. Mivel a *többdimenziós változásvezetés*

- a) a nyitott innováció szükségessége miatt releváns a vizsgált diszruptív technológia esetében,
- b) által az egyes szervezetek változásai illeszkednek a hálózat céljaihoz, a partnerszervezetek adottságaihoz és változásaihoz,

így már nem zárt szervezeti változásról, hanem – a nyitott innováció analógiájára – *nyitott szervezeti változásról* kell beszélnünk. Fontos, hogy a képesség a saját szervezet megváltoztatására alapvető feltétel az együttműködésekhez igazított változásoknak, azaz többdimenziós változásvezetés *nem képzelhető el* egydimenziós változásvezetés nélkül.

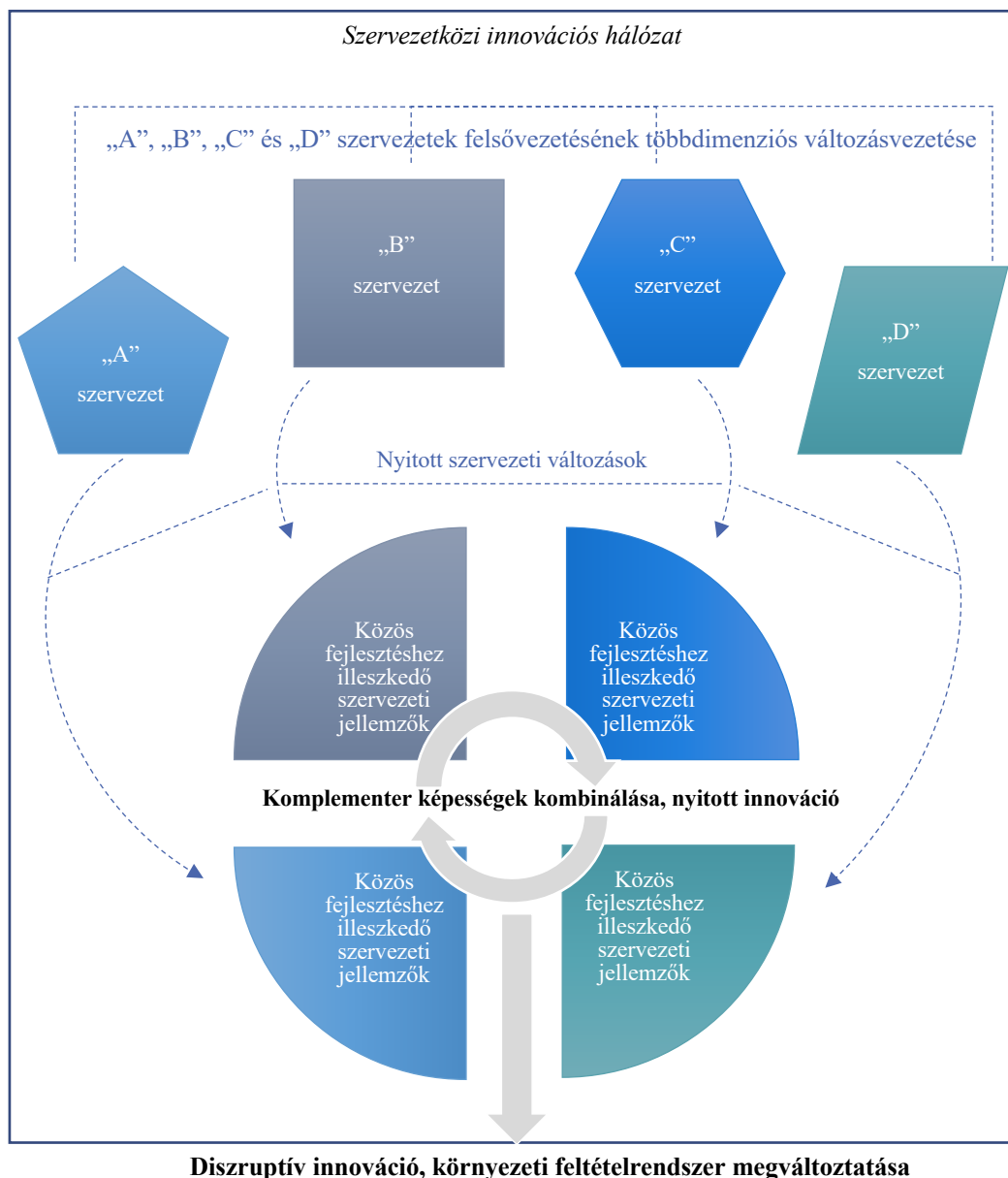
Az egydimenziós és a többdimenziós változásvezetés fő jellemzőit a „Változásvezetés” fejezetben ismertetett elméleti modelleket alapul véve és kiterjesztve a 28. sz. táblázatban ismertetem.

	Egydimenziós változásvezetés	Többdimenziós változásvezetés
Kiváltója	Környezet-szervezet illeszkedés megszűnése vagy ennek veszélye	Környezet-szervezet illeszkedés megszűnése vagy ennek veszélye Nyitott innováció diszruptív technológiafejlesztést célozva
Célja	Szervezeti megújulás, környezeti adaptáció Környezet-szervezet illeszkedés biztosítása (proaktív, preaktív vagy reaktív adaptáció)	Szervezeti megújulás, környezeti adaptáció Környezet-szervezet illeszkedés biztosítása, jelentős hatás a külső környezetre , a környezeti feltételrendszer megváltoztatása (proaktív adaptáció)
Kontextusa	Stratégiai, strukturális, képesség-alapú és vezetői dilemmák	Stratégiai, strukturális, képesség-alapú és vezetői dilemmák mellett együttműködési dilemmák is (pl. a rövid távú szervezeti hasznok elengedése a hálózat hasznainak maximalizálása érdekében)
Tartalma	Zárt szervezeti változás vezetése: A szükséges változások felismerése, előkészítése, tervezése, megvalósítása és fenntartása a saját szervezetre vonatkozóan	Nyitott szervezeti változás vezetése: A szükséges változások felismerése, előkészítése, tervezése, megvalósítása és fenntartása szervezetközi (innovációs) hálózatban, együttműködésben más szervezetekkel, összhangban az együttműködő hálózat céljaival és tagjainak szervezeti adottságaival és/vagy változásaival
A megújulás kulcsa folyamatosan változó környezetben	Dinamikus képességek: a) lehetőség érzékelése, b) megragadása c) átalakulás. Hatékony és flexibilis tudásintegrációs folyamatok menedzselése, tudásfeltés leküzdése a szervezeten belül.	Dinamikus együttműködési képességek: a) (együttműködési) lehetőség érzékelése b) a lehetőség (közös) megragadása c) összehangolt átalakulás. Hatékony és flexibilis tudásintegrációs folyamatok menedzselése, tudásfeltés leküzdése szervezetközi innovációs hálózatban.

28. táblázat: Egydimenziós és többdimenziós változásvezetés

Forrás: saját szerkesztés

A többdimenziós változásvezetési koncepciója szerint a külső környezetre jelentős hatást gyakorló, a környezeti feltételrendszert megváltoztató, diszruptív innovációhoz egy szervezetközi innovációs hálózatra van szükség; és mivel az innováció szervezeti változással jár, ezek vezetését a hálózatban össze kell hangolni a szervezetek felsővezetésének egymással. A 26. ábra azt illusztrálja, hogy az összehangolt szervezeti változások teszik lehetővé, hogy a komplementer képességekkel rendelkező szervezetek ezeket a képességeket úgy kombinálják, hogy annak eredménye a külső környezetre jelentős hatást gyakorló diszruptív innováció legyen. Fontos kiemelni azonban, hogy a szervezetközi innovációs hálózatban történő többdimenziós változásvezetés *nem szükségszerűen jelenti, hogy minden résztvevő szervezetnek egyszerre vagy biztosan változnia kell*, hanem inkább azt, hogy az egyes szervezeteknek a saját változásuk során tekintettel lenniük más szervezetek adottságaira és a közös célokra, és a partnerek *esetleges* aktuális vagy jövőbeli változásaira.



26. ábra: Többdimenziós változásvezetéssel és nyitott változással generált diszruptív innováció szervezetközi innovációs hálózatban

Forrás: saját szerkesztés

5.4.2 Elméleti proposíciók a többdimenziós változásvezetés modelljeire

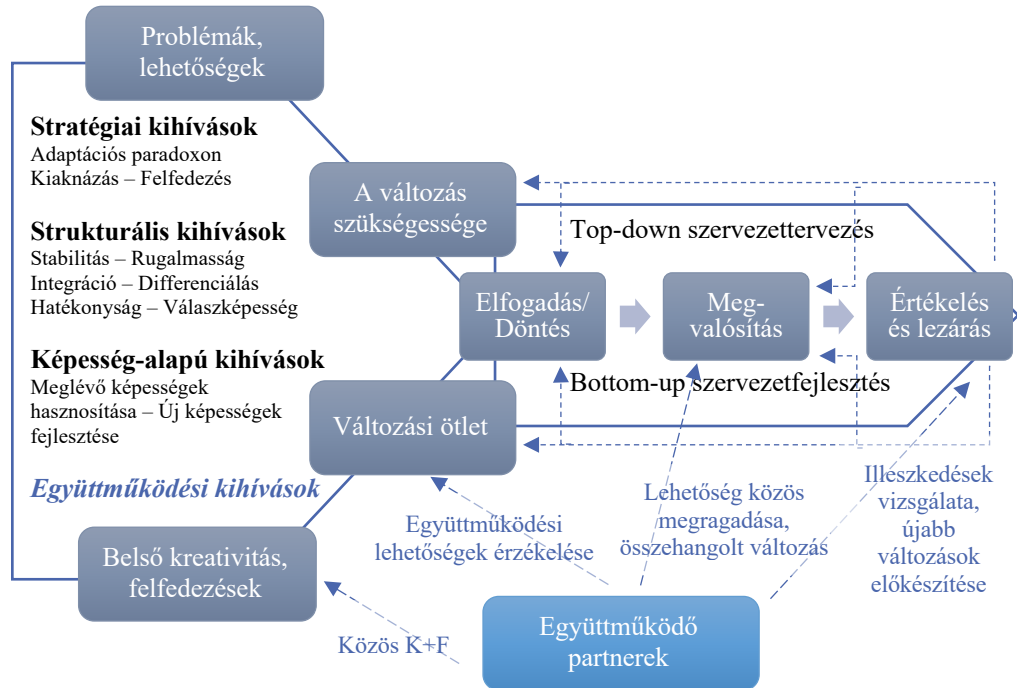
A „Változásvezetés” fejezetben bemutatott, szakirodalmi eredmények szintetizálásával elkészített modellek az empirikus adatok alapján felépített többdimenziós

változásvezetési modell szerint átdolgozhatók, kiegészíthetők, illetve ezek új kutatási irányokat is kijelölnek.

Jelen fejezetben tehát olyan modelleket mutatok be, amelyek kizárólag elméleti proposíciók további kutatásokra. Ennek oka, hogy e proposíciók bár PhD kutatásomból logikusan következnek, a kutatás környezetében ezen elméleti modelleket nem lehetett még tesztelni, hiszen a P2G technológia alkalmazása Magyarországon még nem érte azt a szintet, hogy ezeket igazolni vagy cáfolni lehessen. Ugyanakkor, e proposíciók megfelelő iránymutatást jelenthetnek ahhoz *gyakorlati szempontból*, a P2G technológia alkalmazása Magyarországon elérje azt a szintet, amikor ezeket az elméleteket már lehet tesztelni is.

Ilyen például a változásvezetés átfogó folyamatmodellje, amelyet az együttműködési kihívásokkal és a partnerektől érkező hatásokkal kell kiegészíteni, figyelembe véve – erőforrásalapú megközelítem alapján – a dinamikus képességek keretrendszerét is. Az erre vonatkozó proposíciót mutatja be a 27. sz. ábra, mely szerint az együttműködő partnerek hatással lehetnek

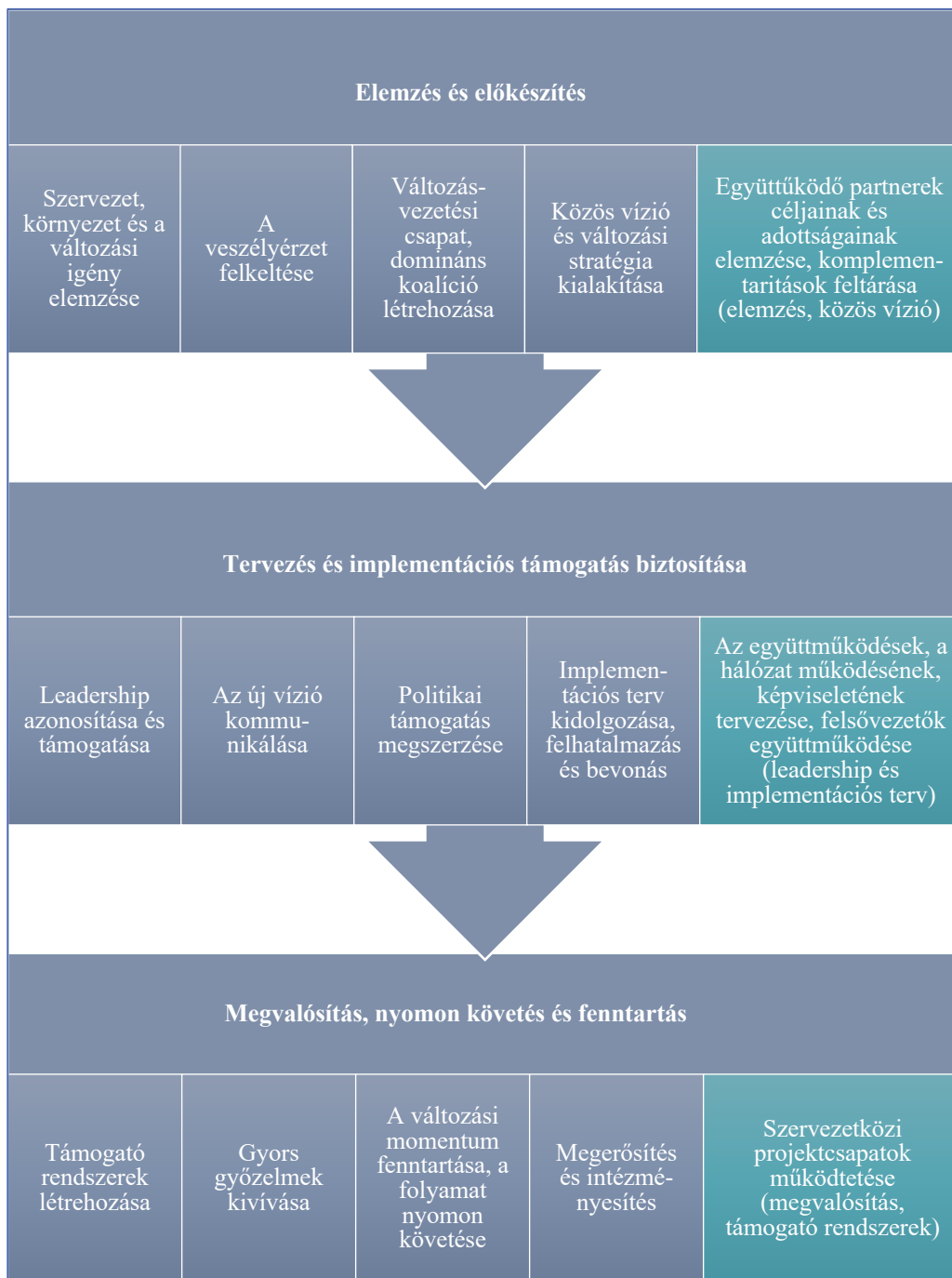
- a) a közös K+F révén a felfedezésekre, a kreativitásra;
- b) a változási ötletre, amennyiben az együttműködési lehetőségeket érzékelik;
- c) a megvalósításra, hiszen a lehetőségeket közösen ragadják meg, a nyitott innováció szemléletében fejlesztenek egy diszruptív technológiát;
- d) továbbá az értékelés és a lezárás vonatkozhat az adottságok és a szervezeti változások egymáshoz való illeszkedésére a szervezetközi hálózatban, amelyek újabb változásokat generálhatnak.



27. ábra: A többdimenziós változásvezetés átfogó folyamatmodelljének koncepciója, dinamikus (együttműködési) képességeket azonosítva

Forrás: saját szerkesztés

Továbbá, e koncepció szerint a változásvezetés integrált folyamatának fázisai is kiegészülhetnek új tevékenységcsoportokkal, amelyek az egydimenziós változás egyes tevékenységcsoportjainak sajátos verziói lesznek a többdimenziós változásvezetés esetén. Ezeket például mutatja a 28. sz. ábra az akciókutatás során azonosítottak alapján.

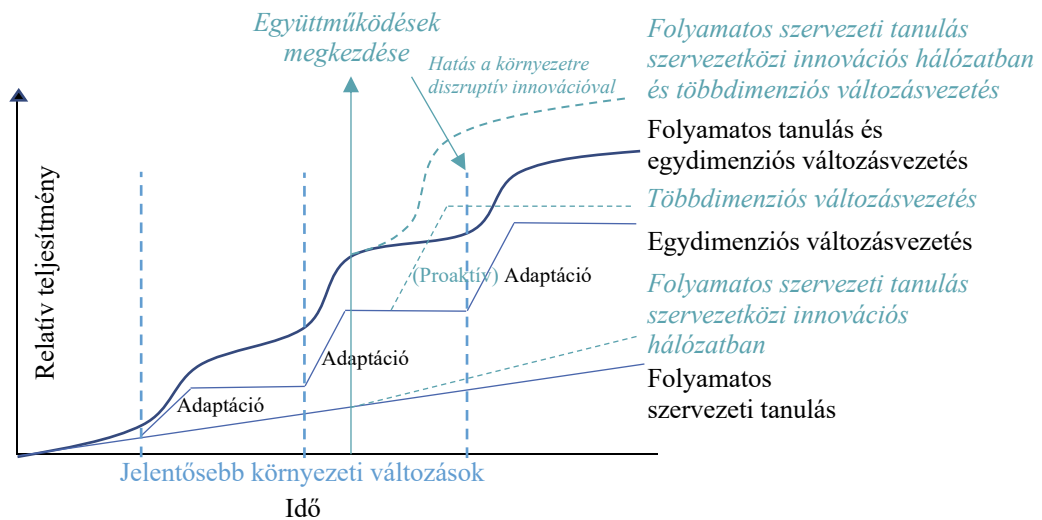


28. ábra: Integrált változásvezetési modell a többdimenziós változásvezetés tevékenységcsoportjaival (zölddel kiemelve)

Forrás: saját szerkesztés

Végül, a „Változásvezetés” fejezet utolsó modellje a folyamatos szervezeti tanulás és az eseti változásvezetés kapcsolatát tanulmányozta. Megállapította, hogy az eseti változásvezetés az útfüggőség miatt szükséges lehet, de ennek eredményeit a folyamatos

szervezeti tanulás támogatása katalizálhatja. Mindez a többdimenziós változásvezetés, a szervezeten belüli innovációs hálózatok és a potenciális diszruptív technológiafejlesztés kontextusában úgy egészíthető ki, hogy azzal, hogy egy szervezet együttműködésbe lép más szervezetekkel, és egy innovációs hálózatban tanul a partnerektől diszruptív innovációt célozva, maga a szervezet okozhatja (proaktívan) azt a jelentősnek mondható környezeti változást, amelyhez hasonló változásoknak eddig csak „elszenvedője” volt (29. sz. ábra).



29. ábra: A (szervezeten belüli innovációs hálózatban történő) folyamatos szervezeti tanulással párhuzamos (többdimenziós) változásvezetés jelentősége

Forrás: saját szerkesztés

5.4.3 A többdimenziós változásvezetés és a nyitott szervezeti változás szervezetelméleti vizsgálata

Az elméleti keretrendszer bemutatásának elején a kutatásban releváns szervezetelméleteket ismertettem, illetve a szakirodalom kiemelkedő változásvezetési modelljeit elemezve rámutattam, hogy a tudományfilozófiai szempontból egymással ellentétes elemek kombinálása hasznos lehet a komplex menedzseri feladatok ellátását támogató elméletek megalkotásához.

Ez a tanulság a többdimenziós változásvezetés és a nyitott szervezeti változás modelljeinek további kutatásában is releváns tényezőnek tűnik, és a szervezetelméleti elemzést a fő következtetés tekintetében is érdemes elvégezni.

A nyitott szervezeti változás és a többdimenziós változásvezetés lehetséges funkcionalista előfeltevései:

- a) Realizmus: Van olyan „külső” környezeti feltételrendszer (stabil struktúra), amire a többdimenziós változásvezetés által létrejött diszruptív innováció hatni tud.
- b) Pozitivizmus: Általános ok-okozati kapcsolat, hogy a többdimenziós változásvezetés nyitott szervezeti változáshoz vezet egy szervezeten belüli innovációs hálózatban, ezek együtt pedig lehetővé tehetik a diszruptív innovációt.
- c) Determinizmus: Az adaptációs kényszer mint szituáció meghatározza a hálózatban résztvevő szervezetek és felsővezetők (mint egyének) elköteleződését a közös innovációs tevékenység és az összehangolt változások iránt.
- d) Nomotetikus metodológia: A nyitott változás jellemzői hálózati szinten, akcióreakció vizsgálattal megismerhetők, nem szükséges az autonóm szervezeti valóságokat mélységében vizsgálni. A többdimenziós változásvezetés sikeressége az együttműködő hálózat mint rendszer elemeire (szervezeteire) való lebontásával, a rendszerelemek autonóm és kollektív teljesítményének vizsgálatával mérhető.

A nyitott szervezeti változás és a többdimenziós változásvezetés lehetséges interpretatív előfeltevései:

- a) Nominalizmus: Ha a stratégiai és innovációs célokat a változások befolyásolják, és e célok elérése érdekében további változásokra van szükség, illetve a diszruptív innováció és a proaktív adaptáció további változást generál, akkor a változás folyamatosnak tekinthető, azaz, nincs stabilitás és állandóság, és így megragadható „külső” struktúra sincs.
- b) Anti-pozitivizmus: A többdimenziós változásvezetés adott szervezetre vonatkozó autonóm változásvezetési stratégiája univerzálisan nem megállapítható, csak adott szervezeti kontextusban határozható meg.

- c) Voluntarizmus: Ha az egyének és a szervezetek saját maguk megváltoztatásával és közös (diszruptív) innovációs tevékenységeikkel hatni tudnak a környezetre, akkor a szituáció nem határozza meg egyoldalúan a magatartást.
- d) Ideografikus metodológia: A nyitott változás jellemzői csak az autonóm szervezeti változás természetes kontextusában, közvetlen adatgyűjtéssel, a terepen, az autonóm szervezeti magatartást befolyásoló háttérrel mélyen vizsgálva ismerhetők meg.

Továbbá, a szintetizált funkcionista és interpretatív-funkcionista (egydimenziós) változásvezetés definíciók kiterjeszthetők a többdimenziós változásvezetésre is:

- c) Funkcionista megközelítés: A többdimenziós változásvezetés szerepe a diszruptív innovációhoz szükséges nyitott szervezeti változások megvalósítása a proaktív adaptáció érdekében, az autonóm szervezeti rendszerek együttműködő szervezetekhez illeszkedő módosítása által.
- d) Interpretatív-funkcionista megközelítés: A többdimenziós változásvezetés szerepe a folyamatos szervezeti és környezeti változás során az együttműködő szervezetek támogatása, a változás háttérében lévő tényezők és a nyitott szervezeti változás jellemzőinek (motivációk, közös jelentések) személyes vezetés révén történő mélyebb megértése és ezen tényezők módosítása a szervezetközi innovációs hálózat céljainak érdekében. (A „módosítás” által lesz funkcionista a definíció.)

6 KONKLÚZIÓ

6.1 Tézisek bemutatása és az újdonságtartalom vizsgálata

PhD kutatásom elméleti fókusza a szervezeti változások és azok tudatos irányítása, a változásvezetés, melyet az erőforrásalapú stratégiai iskola főbb elméleteire építve az innováció- és a tudásmenedzsment szempontjából vizsgáltam.

PhD kutatásom környezete tágan értelmezve a magyarországi energiaszektor volt, ezen belül a power-to-gas (P2G) iparág, ezen belül pedig a power-to-methane (P2M) szegmens (bio- vagy karbonsemleges metán előállítás). A P2M szegmensben az újabb és innovatívabb biológiai metanizációs technológiára fókuszáltam.

Fő kutatási kérdésem a következő volt:

Milyen szervezeti változásokat indukál egy diszruptív energetikai technológiafejlesztés (a power-to-gas technológiafejlesztés), és milyen modellek szerint lehet ezeket a változásokat vezetni a technológia széles körű, kereskedelmi alkalmazása érdekében?

A kérdés megválaszolásához kvalitatív kutatómódszertant követtem, akciókutatás keretében pedig megelőző dokumentumelemzést végeztem, kiterjesztett esettanulmányt készítettem egy P2G technológiát fejlesztő startup vállalatnál, illetve 14 periférikus esettanulmányt készítettem a potenciális telephelyeknél. Illeszkedve a kiterjesztett esettanulmány és a grounded theory kódolási technikájának alapelveihez, a több mint 3 éves kutatást végigkísérte az elmélet és az adatgyűjtés, illetve adatelemzés közötti iteráció. Fő kutatási kérdésemet három kutatási alkérdésre bontottam, és ezekre külön-külön is választ adtam.

Mivel kvalitatív kutatómódszertant és akciókutatást alkalmaztam, hipotézist nem, de a szakirodalom alapján elméleti, propozíciós „tudásokat”, azaz előfeltevéseket határozhattam meg a kutatási kérdésekhez (Coghlan & Brydon-Miller, 2014). Az akciókutatás *megelőző terepmunka* fázisában, az előzetes megértést célozva dokumentumelemzéssel és kvalitatív tartalomelemzéssel rávilágítottam, hogy a vizsgált

technológia fejlesztése Magyarországon innovációs potenciállal rendelkezik, és a fejlesztési folyamatban a kisebb technológiafejlesztő startupok és az energetikai nagyvállalatok komplementer erőforrásokkal (pl. innovatív alaptechnológia – kiterjedt infrastruktúra és erőforrásbázis) és ellentétes szervezeti jellemzőkkel (pl. dinamikus, projekt-alapú működés – erős hierarchia, nagyfokú szabályozottság) rendelkezhetnek. E megállapítások orientálták a *beavatkozás* fázis esettanulmányait, melyhez tartozó kutatási alkérdéseimhez (K1-3) és az *elméletépítés* fázishoz tartozó fő kutatási kérdéshez (K4) előfeltevéseket határoztam meg a szakirodalom alapján (E1-4). **Az előfeltevéseket téziseim (T1-4) új szempontokkal árnyalják és egészítik ki, azokat nem cáfolják.** Ez az eredmény összhangban van a választott módszertannal, az elmélet és a gyakorlat, a szakirodalom és az empirikus adatgyűjtés és -elemzés közti iterációval.

6.1.1 1. kutatási alkérdés, előfeltevés és tézis

A periférikus esettanulmányokkal a vizsgált technológiafejlesztéshez kapcsolódó környezeti és szervezeti változásokat „kívülről befelé” megközelítéssel kutattam, és részletesen foglalkoztam a vizsgált technológia diszruptivitásával, mely a nemzetközi technológia-specifikus szakirodalomban kutatási résnek számít. Az első kutatási alkérdés a következő volt:

K1: Milyen változásokra van szükség a vizsgált technológiai innováció széles körű, kereskedelmi szintű elterjedéséhez és diszruptivitásához?

Az alkérdésre vonatkozó előfeltevés is figyelembe vette a fő kutatási kérdésben megjelenő diszruptivitást vizsgálatát, nemcsak a szervezeti változást és változásvezetést:

E1: A vizsgált technológia a szakirodalmi adatok alapján diszruptívvá válhat (Christensen, et al., 2015). Egy ilyen potenciálisan diszruptív technológia széles körű, kereskedelmi szintű alkalmazásához szervezeti változásra van szükség a vizsgált technológiát alkalmazó vállalatoknál. Ennek oka, hogy a vizsgált szervezeti kontextusban a technológia egy lényeges szervezeti jellemző lehet (Dobák, 2002), amely az implementációval megváltozik (meg kell, hogy változzon) és ez befolyásolja a többi lényeges szervezeti jellemzőt is.

A kutatási alkérdés empirikus megválaszolásához periférikus esettanulmányokat készítettem a potenciális telephelyeknél. A biometanizációs P2G technológia kb. 1 MW_e méretű standardizált implementálása műszaki szempontból ígéretes a nagyobb magyarországi szennyvíztisztító telepeknél, azonban a gazdasági szempontok miatt a támogató szabályozói környezet is fontos lehet a P2G-ben rejlő potenciál kiaknázásához. A technológia napjainkban egy értékinnovációnak számít az egyedi attribútumcsomagja miatt (párhuzamos szezonális energiátárolás és a közvetlen dekarbonizáció), míg a diszruptivitás feltétele a megújuló energiatermelés volumenének további növekedése és a szén-dioxid-leválasztás (Carbon Capture) költségeinek jelentős csökkenése is. E tényezők azért fontosak, mert ekkor a technológia a füstgázt kibocsátó ipari üzemeknél is kedvező költség-haszon aránnyal, nagyobb méreteken implementálhatóvá válna.

Az eredmények alapján a technológia kereskedelmi méretű, széles körű alkalmazásához nemcsak a telephelyek szervezeti változásai szükségesek. A kutatási alkérdésre kapott válasz betölti a technológia-specifikus kutatási réseket és hozzájárul az elméletépítéshez is, mivel a potenciális diszruptió előrevetíti a sikeres technológiafejlesztés általi proaktív adaptációt, a környezeti feltételrendszer megváltoztatását.

T1: A vizsgált technológia napjainkban egy értékinnovációnak számít, azonban további komplementer technológiafejlesztések és szervezeti változások függvényében a jövő diszruptív technológiája lehet. Egy ilyen potenciálisan diszruptív technológia széles körű és kereskedelmi méretű alkalmazásához viszont nemcsak szervezeti változásokra van szükség. A komplementer technológiafejlesztés szervezetközi hálózatok kialakításával és a környezeti (intézményi) feltételrendszer megváltoztatásával érhető el, és a belső szervezeti változásokon túlmutató változásvezetési feladatokat tesz szükségessé a diszruptív technológiák esetében.

Az első tézis egyik újdonságtartalma, hogy a nemzetközi szakirodalomban elsőként értékeli a P2G technológia diszruptivitasát, illetve a műszaki és gazdasági szempontok mellett stratégiai szempontokat is integrál a technológiai innováció vizsgálatába. A menedzsmenttudományok szempontjából a tézis újdonságértéke, hogy explicitté teszi a diszruptivitas komplementer technológiák fejlődésétől és a szabályozói környezet változásától való függőségét, (1) amely az eredeti modellben (Christensen, et al., 2015)

inkább csak implicit jelenik meg²³, (2) és amely túlmutat az (autonóm) szervezeti változások vezetésének szükségességén is, rámutatva a szervezeten belüli hálózatok és egy-egy innovációs ökoszisztéma vezetésének fontosságára.

6.1.2 2. kutatási alkérdés, előfeltevés és tézis

Miután a vizsgált technológiafejlesztéshez kapcsolódó szükséges változásokat a periférikus esettanulmányokkal „kívülről befelé” szemlélettel vizsgáltam, a technológiafejlesztő startupnál elkészített kiterjesztett esettanulmány „belülről kifelé” szemlélettel készült, melyhez két kutatási alkérdést határoztam meg. A kiterjesztett esettanulmányhoz kapcsolódó egyik kutatási alkérdés a következő volt:

K2: Milyen innovációmenedzsment feladatok ellátása szükséges a potenciálisan diszruptív technológia széles körű, kereskedelmi szintű alkalmazásához, a felfedező és a kiaknázó tevékenységek közötti viszonyrendszerben?

A kutatási alkérdéshez kapcsolódó előfeltevés meghatározásához – elméleti keretrendszeremhez illeszkedően – erősen építettem a felfedező és kiaknázó tanulás, illetve a digitális innováció- és tudásmenedzsment fontosságára is:

²³ Az elmélet fontos eleme az, hogy a diszrupció egy folyamat, amelyhez idő (és változás) kell. A szerzők példaként megemlítik, hogy az új technológiák tették lehetővé a Netflix számára a diszrupciót. Ezen „új technológiák” fejlesztése nem tartozott az alapvető üzleti modellhez, tehát komplementer fejlesztésnek tekinthető.

E2: Az innovációs lehetőségek megragadásához és a kihívások kezeléséhez az innovációmenedzsment feladatok ellátása, különösen az ötletmenedzsment, a fejlesztés, a tanulás, illetve erőforrás- és kompetenciamenedzsment lehet szükséges (Tidd & Thuriaux-Alemán, 2016), amelyek hatékonyságát a digitális innováció menedzsment (Nambisan, et al., 2017) és a nyitott innováció (Chesbrough, 2003), a komplementer erőforrásokkal rendelkező startupok (innovatív alaptermék) és nagyvállalatok (kiterjedt infrastruktúra és erőforrásbázis) közötti tudás- és technológiatranszfer növelheti (Millar, et al., 1997). A tanulás, illetve az erőforrás- és kompetenciamenedzsment meghatározói a kiaknázást és/vagy a felfedezést erősítő tudásmenedzsment mechanizmusok (March, 1991; Grant, 1996), ezek pedig a tudás kodifikálását, rendszerezését, megosztását és hasznosítását lehetővé tévő digitális megoldásokkal támogathatók (Alavi & Leidner, 2001; Zhang & Venkatesh, 2017).

A vizsgált technológia teljesítménymutatói az empirikus eredmények alapján innovatív és több területen értékteremtő lehetőséget jelentenek, ugyanakkor innovációs kihívások mikro-, mezo- és makro-szinten is felmerülnek (a hatékonyságnövelés technológiai és szektorszinten, a skálázhatóság feltételeinek biztosítása, bizonytalan jogi-szabályozási környezet). Az operatív lehetőségek és kihívások feltárása alapján világossá vált, hogy a vizsgált technológiában rejlő potenciál kiaknázásához szervezeti szintű akciókra van szükség: további kutatás-fejlesztés, körültekintő telephelyválasztás, a finanszírozási források elérése, más szektor szakértőinek bevonása és a szabályozási környezet megváltozása is szükséges.

A diád-szintű nyitott innováció (a prototípus létrehozása) további innovációs lehetőségekhez vezetett (például a technológia felskálázása, kereskedelmi méretű alkalmazása). Ugyanakkor, az eredmények alapján önmagában egy diád-szintű együttműködés nem elegendő a diszruptív technológiához kapcsolódó innovációs kihívások leküzdéséhez, hanem egy szervezetenkénti innovációs hálózatra van szükség, amelyben a kisebb technológiafejlesztőkön és a nagyvállalatokon túl az egyetemek, kutatóközpontok, más startupok, befektetők, államigazgatási szereplők is helyet kapnak. E hálózatban

- a) a technológiafejlesztő vállalat aspektusából a kiaknázó és a felfedező tanulás párhuzamos végzése, illetve a szereplők összekapcsolása számít

sikertényezőnek, így a vállalatnak az innováció „motorjaként”, a P2G szervezetközi innovációs hálózat létrehozásával hatást kell(ett) gyakorolnia a külső környezetre.

- b) egy-egy energetikai nagyvállalat aspektusából a szervezet „kinyitása” fontos a (diszruptív) technológiafejlesztők felé a felderítés érdekében.

Az eredmények alapján a fejlesztések további kulcstényezője akár a diád-szintű, akár a hálózatos nyitott innováció esetében a technológiai know-how áramlás támogatása olyan integrált digitális platformokkal, amely funkcionalitása részben túllép a tudásmenedzsmenten is (know-how fejlesztés, innovációs problémamegoldás-ötletgenerálás, prototípus menedzsment/üzemirányítás, e-learning).

Mindezek alapján az előfeltevés helyes volt, de nem teljes körű, így a következő tézist fogalmaztam meg:

T2: A potenciálisan diszruptív technológiában rejlő ezen lehetőségek megragadásához, illetve a mikro-, mezo-, és makro-szintű kihívások kezeléséhez a diád-szintű nyitott innováció már nem elegendő, egy szervezetközi innovációs hálózat létrehozása szükséges, amely hatással van a külső környezet változására. Továbbá, a kiaknázó és a felfedező tanulás egyaránt releváns, de nemcsak szervezeti szinten, hanem a szervezetközi hálózat szintjén is. E tanulást és az ehhez kapcsolódó technológiai know-how áramlást egy integrált, digitális platform képes lehet hatékonyan támogatni, amely nemcsak a kodifikációt, a rendszerezést, a megosztást és a hasznosítást, de a tudáselemek szervezetek közötti áramlását, illetve a klasszikus tudásmenedzsment funkciókon akár túlmutató modulok közötti áramlását is lehetővé teszi.

A második tézis újdonságtartalma egyrészt, hogy rámutat a makro-szintű változás előidézésének a szükségességére, ami sem az innovációmenedzsment gyakorlatok listájának technológiai vagy szervezeti (mikro) megközelítésében (Tidd & Thuriaux-Alemán, 2016), sem a digitális innovációmenedzsment hálózatos (mezo) megközelítésében (Nambisan, et al., 2017) nem merült fel. További újdonságtartalom, hogy a diád-szintű együttműködést a szervezetközi hálózattól nemcsak a nyitott innováció elemzési szintjeként különbözteti meg (Chesbrough, et al., 2006), hanem a nyitott innováció struktúrájának fejlődési fázisaiként is. Továbbá rámutat arra, hogy a szakirodalomban listázott tudásmenedzsment eszközöknek (Zhang & Venkatesh, 2017) a

diszruptív innováció érdekében funkcionálisan is (ötletmenedzsment, prototípus menedzsment, e-learning) és az alkalmazókat tekintve is bővílni kell (egyetlen szervezet helyett szervezetenkénti hálózat).

6.1.3 3. kutatási alkérdés, előfeltevés és tézis

A szervezetenkénti innovációs hálózat szükségessége és az ebben történő diszruptív technológiafejlesztés rámutatott arra, hogy az innováció által generált vagy az innováció érdekében szükséges változásokat nemcsak egyetlen szervezet esetében szükséges vizsgálni:

K3: Milyen szervezeti változásokat indukál a vizsgált innovatív technológia fejlesztése az érintett szervezetekben?

A szakirodalom alapján az innováció megvalósítása (mint folyamat) és az innováció megvalósulása (mint eredmény) is szervezeti változásokat generálhat, illetve az adaptációt a más szervezetekkel történő együttműködések segíthetik:

E3: Az érintett szervezetek között lesznek olyanok, amelyeknek az innovációs célok érdekében szervezeti változásokra van szüksége (Teece, et al., 1997; Kotter, 2012), míg a(z) – részben nyitott innovációs folyamatok által (Chesbrough, 2003) – elért innovációs cél egyes szervezetekben szervezeti változásokat fog generálni (Csedő, 2006; Hammer, 2004).

Az eredmények azt mutatták, hogy a P2G technológiafejlesztés és ennek hálózatos megvalósítása az együttműködő partnerek szervezetein belül és kívül is változásokat indukál(t). Az együttműködő szervezetek (különösen a kiaknázó rutinokat követő energetikai nagyvállalatok, de más szervezetek is) „kinyitják” a szervezeteiket egymás felé a P2G-ben rejlő autonóm hasznok érdekében (pl. szervezeti megújulás, adaptáció a változó energetikai trendekhez). Ez a „nyitás” szervezeti változásokkal is jár: eddig megfigyelt változások a működési folyamatokban, stratégiában, outputokban és struktúrában bekövetkezett inkrementális változások voltak, de további változásokra is szükség van (lenne), (1) melyek tartalma függ más érintett szervezetek adottságaitól és változásaitól is, és (2) melyek szükségesek a hálózatos együttműködés sikere érdekében

(például, hogy kedvezőbbé tegyék a szabályozói környezetet vagy hatékonyan kiaknázzák P2G-ben rejlő potenciált és ebből mindenki profitáljon).

Ilyen összehangolt változás volt például, hogy a technológiafejlesztő vállalat a K+F+I fókuszát egy energetikai nagyvállalat stratégiai prioritásainak megfelelően kiterjesztette (stratégia, outputok), vagy a technológiafejlesztő megoldásához illeszkedve egy kutatóközpontban új kutatócsoport kezdett dolgozni a hatékonyságot növelő kiegészítő technológiák vizsgálatán (struktúra, outputok).

A további szükséges változások tekintetében is fontos a hatékonyság miatt ezek összehangolása, például a technológia tényleges implementációjának módját hozzá kell igazítani a telephelyet szolgáltató vállalat adottságaihoz, de e vállalatnak a saját folyamatait az alaptermék adottságai szerint kell megváltoztatnia. A komplexitást tovább fokozza, hogy ez nemcsak az alaptermék esetében, hanem a kiegészítő technológiák fejlesztése során is releváns (amelyekkel például energetikai nagyvállalat(ok) és kutatóközpont(ok) foglalkoznak e célokra dedikált projektteamekkel) (folyamatok, struktúra, outputok).

Amennyiben ezek a szervezeti változások nincsenek egymáshoz igazítva, a fejlesztés időtartama, így a ráfordított erőforrások mennyisége (pl. munkaerő) jelentősen megnövekedhet, illetve redundáns, hiányzó vagy nem kompatibilis eredmények jöhetnek létre. Ez az alaptermék és a kiegészítő technológiák újdonsága miatt valódi kockázat. Például a P2G, a Carbon Capture, a hulladékhő-hasznosítási technológiák és a kapcsolódó ICT megoldások több irányban is fejleszthetők, de az ezekhez kapcsolódó szervezeti változásokat (pl. új K+F folyamat vagy output, új projektcsapat vagy kutatócsoport, új működési folyamatok) a közös célok, illetve az autonóm és komplementer (technológiai és/vagy szervezeti) képességek szerint össze kell hangolni (pl. biológiai metanizációs folyamat, oxyfuel Carbon Capture, alacsony hőmérsékletű hő hasznosítása és ezek valós-idejű távoli irányítása összehangolt kutatása, fejlesztése és implementációja).

T3: A technológia újdonsága (diszruptivitása) miatt a nyitott innováció már nem elegendő, a potenciálisan diszruptív technológia szervezeti változásokat is igényel az együttműködő szervezetekben. Ez azt jelenti, hogy a diszruptív technológiát fejlesztő szervezetekben a szervezeti változások és a nyitott innovációs folyamatok összekapcsolód(hat)nak. Ahhoz, hogy a szervezetközi hálózat a külső környezetre (további) hatást gyakoroljon és ez hálózati szinten hatékony is legyen, a különböző szervezetekben megvalósuló változások egymáshoz történő illeszkedése is szükséges, például: (1) a fizikai infrastruktúrát biztosító vállalatnak az alap- és kiegészítő technológiafejlesztők képességei szerint kell a működési folyamatokat átalakítania a tényleges implementációhoz; (2) egy energetikai nagyvállalatnak és egy kutatóközpontnak az alapterminológia és az infrastruktúra-biztosító vállalat specifikus adottságai szerint kell megosztania kiegészítő K+F+I feladatokat és ezek szerint projekt- és kutatócsoportokat kell létrehozniuk. A szervezeti változások összehangolásával azért lesz hatékonyabb a fejlesztés, mert a fejlesztési idő és így a ráfordított erőforrások mennyisége lecsökkenhet, illetve nem keletkeznek sem redundáns, sem hiányzó, sem inkompatibilis szervezeti outputok a hálózatban.

A harmadik tézis újdonságtartalma, hogy a nyitott innováció nemcsak szervezeti változásokat tesz szükségessé vagy generál az együttműködő szervezetekben (Peris-Ortiz & Liñán, 2019), de ezeknek a változásoknak a szervezetközi hálózat céljai és a hatékonysági elvárások miatt egymáshoz illeszkednie is kell.

6.1.4 Fő kutatási kérdés, előfeltevés és tézis

A bemutatott kutatási alkérdések mentén kutatási témámat több oldalról is megközelítettem (környezeti változás és stratégiai illeszkedés; erőforrás-alapú vizsgálat; műszaki, gazdasági, stratégiai kérdések és a diszruptivitás vizsgálata; technológia-specifikus innovációs lehetőségek és kihívások, innovációmenedzsment feladatok; szervezeti változások), annak érdekében, hogy a fő kutatási kérdésem minden elemét lefedje a kutatás.

Fő kutatási kérdés (K4): Milyen szervezeti változásokat indukál egy diszruptív energetikai technológiafejlesztés (a power-to-gas technológiafejlesztés), és milyen modellek szerint

lehet ezeket a változásokat vezetni a technológia széles körű, kereskedelmi szintű alkalmazása érdekében?

A változásvezetés elméletek rendszerezése és (újra)értelmezése alapján a következő előfeltevést rögzítettem:

E4: A diszruptív energetikai technológiafejlesztés (a power-to-gas technológiafejlesztés) inkrementális és/vagy radikális szervezeti változásokkal járhat. A technológiafejlesztés által indukált változások a következő modellek szerint vezethetők: (1) top-down szervezettervezéssel és „E” típusú változással, (2) bottom-up szervezettervezéssel és „O” típusú változással, (3) kombinált modellel (egy-egy top-down és egy-egy bottom-up elem) vagy (4) integrált modellel (bottom-up elemek integrálása a dominánsan top-down folyamatba). (Dobák, 2002; Beer & Nohria, 2000; Csedő & Zavarkó, 2019b)

A grounded theory kódolási technika alkalmazásának eredményeképp sor került egy új változásvezetési koncepció megalkotására, amely természetesen épít a korábbi szakirodalmi megállapításokra is. A koncepció központi fogalmának tartalmát összegezve, a többdimenziós változásvezetés

- a) a (potenciális) diszruptív technológiák nyitott innovációs paradigma szerinti, szervezetközi hálózatban történő fejlesztése miatt szükséges;
- b) „nyitott” szervezeti változással jár, miszerint a lényeges jellemzők nemcsak a környezet-szervezet illeszkedés, hanem az együttműködő szervezetek adottságai és esetleges változásai szerint is változnak;
- c) eredménye a diszruptív innováció, ezáltal hatás a külső környezetre, a környezeti feltételrendszer megváltozása.

Fő tézis (T4): Egy diszruptív energetikai technológiafejlesztés (a power-to-gas technológiafejlesztés) több szervezet különböző lényeges jellemzőiben inkrementális változásokat generált és további változásokat tesz szükségessé a szervezetenkénti innovációs hálózatban. Ezek „egydimenziós” és „többdimenziós” változásvezetési modell szerint vezethetők, mely utóbbi „nyitott” szervezeti változással jár. A diszruptív technológia minél gyorsabban és hatékonyabban megvalósuló, széles körű és kereskedelmi szintű alkalmazása érdekében egy új, többdimenziós változásvezetési modell követendő a „hagyományos”, „egydimenziós” változásvezetési modellek helyett.

A negyedik tézis újdonságtartalmát részletesen bemutatom a 6.2. fejezetben.

Jelen elméleti modell elsődleges korlátja, hogy kvalitatív módszertant követve került kidolgozásra, és a grounded theory alapelvei szerint csak korlátozott társadalmi kontextusban érvényes.

6.2 A fő következtetések újdonságának és újszerűségének bemutatása

6.2.1 A szervezeti változások és a változásvezetés területe

A kutatás a nemzetközi szakirodalomban is még lefedetlen változásvezetési részterületen produkált új elméleti eredményeket, modelleket. A többdimenziós változásvezetés és a nyitott szervezeti változás koncepciójához a legközelebb az Emerald kiadóhoz tartozó *Journal of Organizational Change Management (JOCM)* folyóirat 2019-es „Szervezeti változás a nyitott innováció során”²⁴ című különszámában megjelent publikációk kapcsolódnak. Mivel a Scimago-Scopus lista alapján a JOCM rendelkezik a legmagasabb H-indexszel a szervezeti változásra és változásvezetésre fókuszáló folyóiratok közül²⁵,

²⁴ Special Issue: Organizational Change in Open Innovation

²⁵ H-index a szervezeti változásra és változásvezetésre fókuszáló folyóiratok esetében: *Journal of Organizational Change Management (Emerald)* – 66; *Journal of Change Management (Routledge)* – 25; *Journal of Accounting and Organizational Change (Emerald)* – 23; *Research in Organizational Change and Development (Emerald)* – 15; *Strategic Change (Wiley)* – 12.

a különszám egyrészt alátámasztja a téma elméleti jelentőségét, másrészt megfelelő alapot nyújt PhD kutatásom elméleti jelentőségének kontextusba helyezéséhez. A különszám központi témája az volt, hogy a milyen szervezeti változások merülnek fel olyan esetekben, amikor a vállalkozások nyitott innovációs stratégiát követnek és ezeket hogyan kell menedzselni különböző szektorokban és az innováció különböző formái esetén (Peris-Ortiz & Liñán, 2019). A publikációk témái és eredményei alapján PhD kutatásom eredményei az elméleti megközelítés és a konkrét eredmények szempontjából is teljesítik azon kutatási célokat, hogy a változásvezetés eddigi modelljeit kiegészítő megállapításokkal segítsem a vállalati innovációs folyamatokat.

A téma relevanciáját és kutatásom elméleti hozzájárulását a terület fejlődéséhez egyrészt az indokolhatja, hogy Odriozola-Fernández és társai (2019) bibliometrikus elemzése alapján, a kis- és középvállalkozásokra (startupokra) vonatkozó, nyitott innováció témájú publikációk leggyakoribb kulcsszavai között nem szerepel sem a változás, sem a szervezeti változás, sem a változásvezetés. E kutatási részt részben kitöltve PhD kutatásom eredményei elsődlegesen egy kisebb technológiafejlesztő startup szemszögéből vizsgálódva előirányozzák az innovációban együttműködő partnereknél felmerülő autonóm szervezeti változások összehangolásának igényét. Másrészt Fernandes és társai (2019) a nyitott innováció hat elméleti perspektíváját azonosította átfogó szakirodalmi áttekintés alapján: (1) a nyitott innováció koncepciója, (2) nyitott innováció és hálózatok, (3) nyitott innováció és tudás, (4) nyitott innováció menedzsment, (5) nyitott innováció és innováció tovagyrűzése²⁶, (6) nyitott innováció és technológia. Míg PhD kutatásom ezen elméleti perspektívákat, különösen a hálózatok, a tudás, és a menedzsment jelentőségét figyelembe veszi, addig egy új elméleti perspektívát is azonosít a további kutatások számára: „nyitott innováció és változásvezetés”. Szintén érdemes megjegyezni, hogy egyik hivatkozott szakirodalmi áttekintés sem tartalmazza a „diszruptív” kifejezést, ami kutatásom szintén fontos pillére volt.

Forrás: Scimago, 2020. áprilisi adatok, letöltve: 2021. március 18., keresési szűrő csak a terület alapján: „Business, Management and Accounting”

²⁶ „spillover”

A kutatás konkrét eredményeit összehasonlítva a hasonló kutatások eredményeivel, Arfi és társai (2019) – PhD kutatásomhoz hasonlóan esettanulmányos módszerrel – a tudásmegosztó platformok jelentőségét vizsgálta a nyitott innováció sikerében, és megállapították egy diádikus nyitott innovációs kapcsolat alapján, hogy a tudásmegosztó platformok létrehozása ösztönzi a jelentősebb szervezeti változásokat. Míg kutatásom eredményei ezt szintén alátámasztották a technológiafejlesztő vállalat digitális K+F+I platformja kapcsán, addig arra is rávilágítottam, hogy a nyitott innovációnak a diádikus szintről olykor tovább kell lépnie egy nagyobb innovációs hálózat felé, melynek sikerében szintén központi szerepet kaphat egy tudásmegosztó platform és a szervezeti változások vezetése. Továbbá, Expósito és társai (2019) a nyitott innovációs együttműködési stratégiákat vizsgálva arra az eredményre jutott, hogy a piaci szereplőkkel kialakított K+F kapcsolatok vezetnek magasabb innovációs teljesítményhez, míg az intézményi szereplőkkel (pl. egyetemek, állami intézmények) kötött kapcsolatok alacsonyabbhoz. Kutatásom eredményei ezt azzal egészítik ki, hogy az intézményi kapcsolatok a K+F esetén (egyetemekkel történő együttműködés) és a piaci bevezetés (szabályozói környezet formálása) is kritikusak lehetnek az energetika területén.

A tematikus közelítés mellett a bevezetett fogalmak szerint is elemezhető a disszertáció újdonságtartalma. A „többdimenziós változásvezetés” (vagy a „többdimenziós változásmenedzsment”) nemcsak a magyar nyelvű szakirodalomban nem jelenik meg, de ennek angol változata (multidimensional / multi-dimensional change management) is csak négy alkalommal és *csak említés szinten* bukkan fel a Google Scholar és az EBSCO adatbázisában fellelhető tudományos munkák között.

1. Egy 2013-as cikkben a többdimenziós változásvezetés *megközelítés* arra utal, hogy nemcsak a szervezeti ellenállást kell kezelni, de az alkalmazottak támogatása is szükséges (Yilmaz, et al., 2013). Megközelítésemben ez a változásvezetés alapvető feladata, amint azt a változásvezetés szakirodalom alapján is bemutattam.
2. Egy 2018-as, e-learning témájú konferencia közleményében a többdimenziós változásvezetési *stratégia* bukkan fel egyszer, mint a blended learning és az egyetemen belüli hálózatok pedagógiai fejlesztési együttműködéseinek eszköze (Dion, 2018). A szerzők arra utaltak, hogy a top-down folyamatokat a bottom-up

folyamatokkal kellett vegyíteni, ami – ahogy azt bemutattam - már Beer és Nohria (2000) modellje óta nem jelent újdonságot a változásvezetés irodalmában.

3. Szintén tanulási kontextusban jelenik meg a többdimenziós változásvezetési megközelítés, és arra utal, hogy a rugalmas és online oktatás az üzleti folyamatokban és a finanszírozási struktúrákban is változást igényel (Kemelfield, 2002). Ez valójában csak annyit jelent, hogy egyszerre több lényeges jellemző is megváltozik, ezt a szakirodalom már korábban részletesen tárgyalta (Dobák, 2002; Csedő, 2006).
4. Végül, szintén hasonló témában egy többdimenziós változásvezetési *projekt* kerül megemlítésre, mint a probléma-alapú tanulás fejlesztéséhez szükséges tényező (Nair, et al., 2020).

Mindezek alapján a többdimenziós változásvezetés általam felvázolt tartalma e négy felbukkanáshoz képest is részletesebbnek és újabbnak is tekinthető.

A másik újnak számító „nyitott szervezeti változás” (open organizational change) kifejezés is csak említésszerűen jelenik meg nyitott szervezeti változási *folyamatként* a „Competence Management for Open Innovation” című könyvben (Hafkesbrink, et al., 2010). Ezen kívül a két kifejezés kombinációját jelentő *többdimenziós szervezeti változás* szintén egyszer-egyszer megjelenik, például egy 1998-as cikkben (Teng, et al., 1998), egyszer egy 2006-os esettanulmányban (Hassan & Velayutham, 2006) és egy adatfelmérési skála jelzőjeként (Hung, et al., 2013). A *nyitott változásvezetés* is megjelenik egyszer az érintettek bevonására (Rosado, 2016), illetve egyszer az ipari vállalati rendszerekhez, teljesítményindikátorokhoz és működési módszerekhez történő illeszkedés kontextusában (Zaïda, et al., 2007), melyek egyaránt kizárólag csak egyetlen vállalattal foglalkoznak (ez megközelítésemben az egydimenziós változásvezetés).

Bár a ma már szinte korlátlan mennyiségben elérhető szakirodalom mellett nem jelenthető ki biztosan, de bízom benne, hogy a fő elméleti konklúzióknak számító, és a szakirodalom-kutatás alapján újabb, kidolgozottabb tartalommal megjelenített „többdimenziós változásvezetés” és „nyitott szervezeti változás” fogalmak, de még inkább a mögöttük rejlő megfontolások, előremutatók lehetnek a változásvezetés területének fejlődésében.

6.2.2 Az energetikai innovációmenedzsment területe

A kutatás során az innovatív energiatárolási technológia, a biológiai metanizáció útján megvalósuló power-to-gas (P2G) folyamat fejlesztését és implementációját elemeztem az innováció, a változás és a szervezatközi hálózatok menedzselése szempontjából. Az empirikus kutatás, a P2G szakirodalom és menedzsmentelmélet közötti folyamatos iterációnak köszönhetően az eredmények

- a) hangsúlyozzák a szervezatközi hálózatok kiemelt szerepét a P2G technológia fejlesztésében;
- b) lehetővé tették a P2G egy új aspektusból, a „soft” menedzsment szemszögéből történő megközelítést;
- c) igazolták, hogy akciókutatást végezni a megújuló energia technológiákra fókuszálva nem csupán lehetséges, hanem kiemelkedően fontos és hatásos is a társadalmi változás előidézésében, az energetikai átmenet megvalósításában. (Csedő & Zavarkó, 2020)

Továbbá, érdemes rámutatni kutatás azon eredményére, miszerint a P2G technológiafejlesztés nemcsak a hálózatosodást, de a hálózatban történő tudatos kiaknázó és felfedező jellegű tanulást (és ennek digitális támogatását) is igényli. Ennek oka, hogy (1) a technológiafejlesztő vállalat ezáltal képes egyedi képességeit a P2G fejlesztés és implementáció teljes értékláncán és a kapcsolódó új technológiák fejlesztésében hasznosítani, illetve (2) ez teszi lehetővé, hogy az ipari, az akadémiai és a szabályozói érintettek összehangolt erőfeszítéseket tudjanak tenni a P2G-ben rejlő, országos szintű potenciál kiaknázása érdekében.

Mindemellett a kutatás további gyakorlati jelentősége, hogy betekintést nyújtott a P2G technológiafejlesztés telephely-specifikus lehetőségeibe és korlátjaiba, illetve rámutatott a támogató intézményi környezet és a komplementer technológiafejlesztés (kiemelten a Carbon Capture technológiák) szerepére a technológia széles körű és kereskedelmi méretű alkalmazásában, illetve a technológia diszruptívitásában.

6.3 Korlátok és további kutatási irányok

6.3.1 A változásvezetési modellek további vizsgálata

Az akciókutatás, az esettanulmányos közelítés és a grounded theory elméletéből kiindulva a megfogalmazott következtetések szubsztantív elméletként értelmezhetők (Glaser & Strauss, 1967), amely csak egy meghatározott kutatási kontextusban érvényes. Továbbá, több olyan kapcsolódó terület is létezik, amely más módszertanok alkalmazásával vagy más kutatási kontextusban vizsgálható. A jelen kutatásban szereplő megállapítások például alapjául szolgálhatnak olyan, más országokban elvégzendő kutatásoknak, melyek hasonlóan a változásvezetés vagy a szervezetközi innovációs hálózatok szerepét kutatják a P2G vagy más innovatív technológiák fejlesztésében.

Továbbá, bár a bemutatott elméleti következtetések és proposíciók az empiria és az elmélet iterációjára épülnek, mégis felmerül több változásvezetési kérdés, amelyek megválaszolása új kutatásokat igényel. Ilyen például az, hogy hogyan kell megvalósítani a gyakorlatban a többdimenziós változásvezetést, milyen kihívásai vannak az együttműködéseknek és ezek milyen eszközökkel kezelhetők? Mivel PhD kutatásom környezete, a P2G technológiafejlesztés ezen kérdések kutatására (még) nem volt megfelelő, rövid távon csak más területeken lehetséges e kérdéseket megválaszolni és az elméleti proposíciók helyességét tesztelni. Továbbá, tekintve a többdimenziós változásvezetés természetét, a szervezetek vezetésének legmagasabb szintjének, a társaságirányítás irodalmának vizsgálata lehet szükséges az új kérdések megválaszolásához. Releváns terület lehet például a klasszikus perspektívák közül az erőforrás-függőség elmélete (Pfeffer & Salancik, 1978) vagy ennek újabb megközelítései szerint a hálózatok vizsgálata (Sytych & Tatarynowicz, 2014; Hernandez & Menon, 2021).

6.3.2 P2G-specifikus kutatási területek

PhD kutatásom a P2G technológiát elsődlegesen menedzsment szemszögből, másodlagosan műszaki-gazdasági szemszögből vizsgálta a technológiában rejlő potenciál kiaknázásának érdekében. Illeszkedve a nemzetközi szakirodalomban látott példákhoz (Schiebahn, et al., 2015), egy átfogó (kvantitatív) kutatás számára viszont az is érdekes témaként szolgálna, hogy hogyan hathat a P2G a magyarországi energiaszektor jövőjére

különböző scenáriókban. Továbbá, míg a kvalitatív kutatás során meghatározásra kerültek azok a kulcstényezők, amelyek egy szervezatközi P2G innovációs hálózat kialakulásához vezettek, a jövőben a P2G szegmensre nézve elvégezhető lehet egy kvantitatív elemzés is, például a technológiai innovációs rendszer (TIS) modell segítségével (Decourt, 2019). Ezen kívül, mivel az akciókutatás elsősorban új kutatási eredmények generálására és ezzel párhuzamosan egy társadalmi változás elindítására fókuszált, néhány további érdekes téma nem került tárgyalásra ebben a kutatásban. Ilyen például a hálózat teljesítményének, illetőleg környezeti hatásainak a kiértékelése (van der Valk, et al., 2011), a kritikus sikertényezők azonosítása statisztikai módszerek segítségével (Ceptureanu, et al., 2018) vagy a szervezatközi irányítás (kormányzás) vizsgálata a szegmensen belül (Roehrich, et al., 2020).

Fontos kiemelni, hogy néhány technológiai lehetőség vagy opció nem merült fel a diszruptivitást tanulmányozó kutatási almodellben. Például, míg a P2L releváns volt a közlekedési szektor piaci lehetőségeit tekintve, addig a CNG vagy az LNG (komprimált vagy cseppfolyósított földgáz/metán) előállítására már egy lépéssel a P2M után következik. Ugyanakkor, a P2M és az LNG előállítás kombinációja, figyelembe véve utóbbi terjedését (Imre, et al., 2019), a P2L versenytársa lehet az átalakuló közlekedési szektorban. Következésképp a további kutatások a P2L és a P2M+LNG műszaki-gazdasági összehasonlításával foglalkozhatnak. Továbbá, a költség-haszon arányok a beruházási költség alapján kerültek kiszámításra, és bizonytalan szabályozási környezetben nehezen megjósolható működési költségek és bevételáramok akár gyorsíthatják, akár lassíthatják is a P2M esetleges diszruptív folyamatát. Végül, kutatásom más tudományterületek számára is új kutatási irányokat irányoznak elő. Például az oxyfuel Carbon Capture és a P2H/P2M folyamat szinergiáinak tanulmányozása szintén releváns téma lehet a műszaki kutatások számára, míg részletesebben is lehetne elemezni egy helyi szabályozói tesztkörnyezet „ideális” keretrendszerét.

A jövőbeli vizsgálódások szükségessége mellett is hiszek abban, hogy témavezetőm és kutatótársaim segítségével megfogalmazott következtetéseim elősegíthetik a P2G technológia széles körű, kereskedelmi szintű alkalmazását.

7 FÜGGELÉK

1. Rövidítések jegyzéke

AEL	Alkáli elektrolízis
CAPEX	Beruházási költségek
CC	Carbon Capture (szén-dioxid-leválasztás)
CNG	Komprimált földgáz
EMG-BES	Bioelektrokémiai elektrometanogenezis rendszer
LE	Lakosegyenérték
LNG	Cseppfolyósított földgáz
OPEX	Működési költségek
P2G	Power-to-gas
P2H	Power-to-hydrogen
P2L	Power-to-liquid
P2M	Power-to-methane
PEMEL	Polimer elektrolit membrános elektrolízis
SOEL	Szilárd-oxid elektrolízis
SNG	Szintetikus földgáz
TRL	Technológiai készültségi szint

2. Tudás- és innovációmenedzsment elméleti modellek szervezetelméleti elemzése

A következőkben a változásvezetés elméletekhez hasonlóan táblázatos formában ismertetem néhány meghatározó tudás- és innovációmenedzsment elméleti modell lehetséges funkcionális és interpretatív előfeltevésre utaló elemeit.

Szerző, évszám, oldalszám	Kiemelt meghatározás/modell	Példa funkionalista előfeltevésre utaló elemre	Példa interpretatív előfeltevésre utaló elemre
Burns & Stalker, 1961, p. 5, 77	A külső környezet stabilitásának mértéke szerint mechanikus vagy organikus struktúra a megfelelő. A szervezet egy interpretív rendszer (is).	A külső környezet meghatározza a túléléshez szükséges struktúrát. (Determinizmus)	Ha a szervezetet és működését az információk interpretálása tartja össze, akkor feltételezett a közösségtől függő valóságértelmezés. (Nominalizmus)
Utterback, 1994, p. 17, 184, 231	Termék- és folyamatinnovációs görbék az innovációtartalomra és időbeliségre vonatkozóan. Folytonos és szakaszos változások váltják egymást a környezetben.	Általános modellel magyarázza az innovációk jelenségét. (Pozitivizmus)	Ha folytonos és szakaszos változások váltják egymást, akkor nincs állandóság világban. (Nominalizmus)
Teece et al., 1997, p. 509, 528	A túl nagy fókusz az iparági pozicionáláson elvonja a figyelmet az alapkompenciákba és dinamikus képességekbe való beruházásról. A stratégiai elemzésnek mindig szituatívnak kell lennie és a versenyképesség belülről vizsgálódva ismerhető meg.	A dinamikus képességek hiánya hátráltatja a hosszú távú versenyképességet (és veszélyezteti a túlélést). (Determinizmus, pozitivizmus)	Csak adott szervezeti környezetben vizsgálva lehet megállapítani a szervezet versenyképességének forrását. (Ideografikus metodológia)
Chesbrough et al., 2006, p. 11, 22	A nyitott innovációs paradigma az innováció szempontjából eredményesebb, mint a zárt paradigma. Az innovációs projektek megfelelésének szűrése az üzleti modell szerint természetesen nem objektív.	Általános összefüggésnek írja le a nagyobb innovációs potenciált a nyitott innovációs paradigmában. (Pozitivizmus)	Az üzleti modellhez való illeszkedés egyénileg/közösségileg létrehozott címkéként kerül az innovációs projektre. (Nominalizmus)
Dobák, et al., 2012, pp. 45, 46	Egy szervezet nem képes állandó változás mellett működni. Az alacsony vagy magas növekedési erőfeszítés a vezető szándékától függ.	Feltételezett a stabilitás vagy annak lehetősége. (Realizmus)	A vezető növekedési szándéka saját motivációitól és környezetészlelésétől függ(het). (Voluntarizmus)

29. táblázat: Innovációmenedzsment modellek értelmezése funkionalista és interpretatív nézőpontból

Forrás: Csedő – Zavarkó, 2019a

Szerző, évszám, oldalszám	Kiemelt meghatározás/modell	Példa funkcionalista előfeltevésre utaló elemre	Példa interpretatív előfeltevésre utaló elemre
Johanson & Vahlne, 1977, p. 26, 28	A sikeres nemzetközi terjeszkedés alapja a külföldi piacról szóló tudás megszerzése és felhasználása, de a piacról szerzett tapasztalati tudást nem lehet egyének között átadni.	Létezik „külső struktúra”, amelyet meg kell, illetve meg lehet ismerni a nemzetköziesedéshez. (Realizmus)	A külföldi piacról szerzett tudást akkor nem lehet transferálni, ha az nem független az egyéntől. (Nominalizmus)
Grant, 1996, p. 116, 120	A tudásintegráció érdekében a menedzsmentnek megfelelő koordinációs mechanizmusokat kell kialakítani. A tudásintegráció része a közös nyelv, a szimbolikus kommunikáció, a közös jelentések, közös megértések kialakítása is.	A mechanizmusok, mint rendszer befolyásolni fogja az egyének tudásmegosztó magatartását. (Determinizmus)	A közös nyelv, szimbolikus kommunikáció feltételezi a valóság közösségi konstruálását. (Nominalizmus)
Hansen, et al., 1999, p. 106, 107, 108	Két tudásmenedzsment stratégia: kodifikációs és perszonalizációs stratégia.	A kodifikációs stratégia alapja, hogy a valóságról az egyéntől független tudások rögzíthetők, tárolhatók, felhasználhatók (explicit tudás). (Realizmus)	A perszonalizációs stratégia alapja, hogy a tudások az egyéntől elválaszthatatlanok és ezért csak személyesen ismerhetők meg, sajátíthatók el (tacit tudás). (Nominalizmus)
Alavi & Leidner, 2001, p. 111, 131	Nincs egyetlen vagy optimális tudásmenedzsment és tudásmenedzsment-rendszer megközelítés, ezért a szervezetekben többféle TM megközelítést és TM rendszert kell alkalmazni, hogy megbirkózzunk a tudás sokféle jellelével. A tudás a perszonalizált információ és a megértés állapota is lehet.	Általános javaslatot fogalmaz meg a szervezetek jobb tudásmenedzsmentje érdekében. (Pozitivizmus)	A perszonalizált információ és a megértés, mint tudás elválaszthatatlan az egyéntől. (Nominalizmus)
Gaál, et al., 2009, pp. 2,15)	A tudásgazdaságban az egyetlen biztos dolog a változás. A tudásmenedzsment-profil érettségi modellel egy szervezet tudásmenedzsment gyakorlata leírható.	Általánosan és kvantitatív módszerrel mérhető egy szervezet tudásmenedzsment érettsége. (Pozitivizmus és nomotetikus metodológia)	Az egyetlen biztos dolognak a változást tekintik. (Nominalizmus)

30. táblázat: Tudásmenedzsment modellek értelmezése funkcionalista és interpretatív nézőpontból

Forrás: Csedő – Zavarkó, 2019a

3. Telephely-specifikus kérdések

Biogáz üzemeknél:

- a) Fermentáció (pl. hőmérséklet)
- b) Nyers biogáz összetétel (pl. kén)
- c) Gáz tulajdonságok (pl. nyomás, gázáramlás)
- d) Gázüzemű motorok (pl. típus)

Szennyvíztisztító üzemeknél:

- a) A fenti biogáz üzemre vonatkozó jellemzők
- b) Oxigén melléktermék felhasználhatósága

Bioethanol üzemeknél:

- a) Termelési folyamat jellemzői
- b) Fermentációból származó CO₂ mennyisége

Ipari üzemeknél:

- a) Füstgáz általános jellemzői (pl. forrása, összetétele)
- b) Füstgáz CO₂ tartalma
- c) Hulladékhő-hasznosításra alkalmas segédüzemek.

4. Energiatárolási potenciál egy átlagos szennyvíztisztító üzem esetében

A tárolási potenciál becsléséhez a 100.000 lakosegyenértéket meghaladó szennyvíztisztító üzemeket vettük figyelembe. Korábbi kutatások azt mutatják, hogy egy átlagos magyarországi anaerob erjesztésű szennyvíztisztító üzem biogáz termelése közel 0,04 m³/nap/LE (Bai, 2007). A tanulmány szempontjából releváns, 100.000 LE feletti kb. 20 szennyvíztisztító üzem együttes lakosegyenértéke 5.901.866 LE. Ebből kiindulva, a P2G technológia szempontjából releváns magyarországi szennyvíztisztító üzemek átlagos nagysága (C_{P2G}): $C_{P2G} = \frac{5\,901\,866\,LE}{20} = 295\,093\,LE$.

Ezek alapján egy átlagos szennyvíztisztító üzem átlagos biogáz hozama:

$$P_{P2G} = 0,04 \frac{\text{Nm}^3}{\text{nap} \cdot \text{LE}} \cdot C_{P2G} = 0,04 \frac{\text{Nm}^3}{\text{nap} \cdot \text{LE}} \cdot 295\,093\,LE = 11\,804 \frac{\text{Nm}^3}{\text{nap}}$$

Annak a feltételezése mellett, hogy a biogáz hozam metántartalma 55%, egy átlagos szennyvíztisztító üzem óránkénti szén-dioxid-térfogatárama a következő egyenlet alapján számítható ki:

$$\dot{V}_{CO_2} = (1 - 0,55) \cdot \frac{P_{P2G}}{24} = 0,45 \cdot \frac{11\,804}{24} = 221,2 \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}}$$

Egy átlagos szennyvíztisztító üzem biogázt használó P2G létesítményének elektrolizátor kapacitása a következőképp számítható ki, ha azt feltételezzük, hogy 1 Nm³ biometán termeléséhez 4,7 kWh villamos energia szükséges (4,7 kWh/Nm³):

$$\begin{aligned} P_{P2G} &= \dot{V}_{H_2} \cdot 4,7 \frac{\text{kWh}}{\text{Nm}^3} = \dot{V}_{CO_2} \cdot 4,1 \cdot 4,7 \frac{\text{kWh}}{\text{Nm}^3} \\ &= 221,2 \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}} \cdot 4,1 \cdot 4,7 \frac{\text{kWh}}{\text{Nm}^3} = 4\,263 \text{ kW} = 4,26 \text{ MW}_{el} \end{aligned}$$

Egy átlagos szennyvíztisztító üzem P2G kapacitása a szennyvíztisztító üzemek kogenerációs erőműveiben (CHP) elégetett biogáz térfogatáramlási sebessége alapján is kiszámítható. Kisari (2017) a regionális szennyvíztisztító üzemek helyszíni CHP kapacitását 10 olyan releváns biogáz üzem elemzése alapján határozta meg, amelyek a szennyvíziszap anaerob degradációjából származó biogázt használnak. Ennek megfelelően Kisari azt állapította meg, hogy a beépített CHP kapacitás átlagos nagysága 730 kW_{el} (P_{CHP}). Sinóros-Szabó (2019) a Magyarországon elérhető regionális bioetanol és biogáz hozam középpontba helyezésével számolta ki az elméleti P2G potenciált. A szerző a kutatás során a teljes évi biogáz hozamot vizsgálta és nem tett különbséget a biogáz forrásai között. A P2G üzem kapacitásának kiszámítása a szennyvíztisztító üzemek beépített CHP kapacitásai alapján:

$$\begin{aligned} P'_{P2G} &= (\dot{V}'_{CO_2}) \cdot 4,1 \cdot 4,7 \frac{\text{kWh}}{\text{Nm}^3} \\ &= \left(\frac{P_{CHP} \cdot (1 - 0,55)}{\frac{\eta_{CHP}}{100} \cdot \left(\frac{100 - r_s}{100}\right) \cdot \text{HHV}_{CH_4}} \right) \cdot 4,1 \cdot 4,7 \frac{\text{kWh}}{\text{Nm}^3} \end{aligned}$$

ahol

r_s – az anaerob erjesztésű üzemben saját felhasználásra előállított villamos energia százalékos aránya – 15%

η_{CHP} - CHP elektromos hatékonysága—35%

HHV_{CH_4} – metán felső fűtőértéke —10.3 kWh/Nm³

A megfelelő értékek behelyettesítése után a kalkulált kapacitás:

$$P'_{\text{P2G}} = \left(\frac{730 \text{ kW} \cdot (1 - 0,55)}{\frac{35}{100} \cdot \left(\frac{100 - 15}{100} \right) \cdot 10,3} \right) \cdot 4,1 \cdot 4,7 \frac{\text{kWh}}{\text{Nm}^3}$$
$$= 107,2 \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}} \cdot 4,1 \cdot 4,7 \frac{\text{kWh}}{\text{Nm}^3} = 2\,065 \text{ kW}_{\text{el}} = 2\,065 \text{ MW}_{\text{el}}$$

(Csedő, et al., 2020)

5. Egy 1 MW_{el} P2M üzem beruházási költsége

A STORE&GO projekt pénzügyi elemzésének egyik fontos megállapítása az, hogy az elektrolizátorok és a metanizációs rendszerek lehetséges befektetési költségeinek mértéke a szakirodalom alapján rendkívül eltérő (Böhm & al., 2018). Ugyanakkor, a méretgazdaságosság a tőkeköltségek egyik meghatározó tényezője (Böhm & al., 2018). Az elemzés során használt befektetési költségek van Leeuwen és Zauner (2018) számításai alapján kerültek meghatározásra, kisebb módosításokkal az elemzett szennyvíztisztító üzemek műszaki infrastruktúrájának és az államilag támogatott technológiafejlesztési projektek pótlólagos költségeinek megfelelően, mivel az interjúalanyok rámutattak arra, hogy a befektetési döntés meghozatala előtt figyelembe kell venni az állami támogatáshoz kapcsolódó specifikus K+F és fenntartási tevékenységek költségeit, illetve a P2M technológia üzemszerű működésének támogatásához szükséges informatikai háttérrel: nemcsak a hardvereket és a fizikai infrastruktúrát, hanem a szükséges szoftvereket is biztosítani kell. A befektetési költségek kiszámításának az alapjait az 31. sz. táblázat foglalja össze.

Kategória	Tétel	Ezer EUR	Mértékegység	Forrás
Alkotóelemek, fizikai infrastruktúra	Elektrolizátor rendszer	1,6	/kW _{el}	STORE&GO:
	Metanizációs rendszer (biológiai)	0,5	/kW _{el}	
	Infrastruktúra, üzembe helyezés, tárolás a gázpufferhez (H ₂ , CO ₂), injektálás	1,1	/kW _{el}	D8.3. p. 14, 25, 34, 35
Egyéb	Projektfejlesztés, tervezés, szakértői szolgáltatások, minőségmenedzsment	+28%	az alkotóelemek teljes költségén felül	D7.5. p. 48
	Tenderspecifikus K+F, szoftver és karbantartási feladatok	+50%		Saját becslés az interjúk alapján

31. táblázat: A beruházási költségek kiszámításának az alapesete

(egy szennyvíztisztító üzemre vonatkozóan)

Forrás: Csedő, Sinóros-Szabó & Zavarkó, 2020

- a. A polimer elektrolit membrános elektrolizátor rendszer specifikus befektetési költsége 1 640 EUR/kW, ezt tekinti alapesetnek van Leeuwen és Zauner.
- b. A metanizációs rendszer esetében az alapesetnél egy kicsivel magasabb tőkeköltséggel, 0,5 EUR/kW_{el}-tal számoltunk, mert figyelembe vettük azokat a biometanizációhoz kapcsolódó, magas specifikus befektetési költségeket is, amelyeket Böhm és társai (2018) emeltek ki.
- c. Létezik egy úgynevezett integrált „infrastruktúra” költség-tétel is, mivel az elemzett szennyvíztisztító üzemek eltérő infrastrukturális fejlesztéseket igényelnek (pl. némely szennyvíztisztító üzem már rendelkezik gáztárolóval, vagy az az új infrastruktúra is ide tartozhat, amely a melléktermékként létrejövő oxigén hasznosításához szükséges).
- d. Ezen kívül van Leeuwen és Zauner szerint szükség van további 28% befektetésre a projektfejlesztés, tervezés, szakértői szolgáltatások és a minőségbiztosítás számára, illetve további 50%-ra az állami támogatáshoz

kapcsolódó specifikus K+F tevékenységek megvalósítása, a szoftverfejlesztés és a fenntartási feladatok ellátása érdekében.

Az előzőekben leírtak alapján megállapítható, hogy egy 1 MW_{el} teljesítményű P2M üzem kialakításának befektetési költsége egy átlagos szennyvíztisztító telepen 5 696 000 EUR, amennyiben a befektetés még ebben az évben meg tud(na) valósulni.

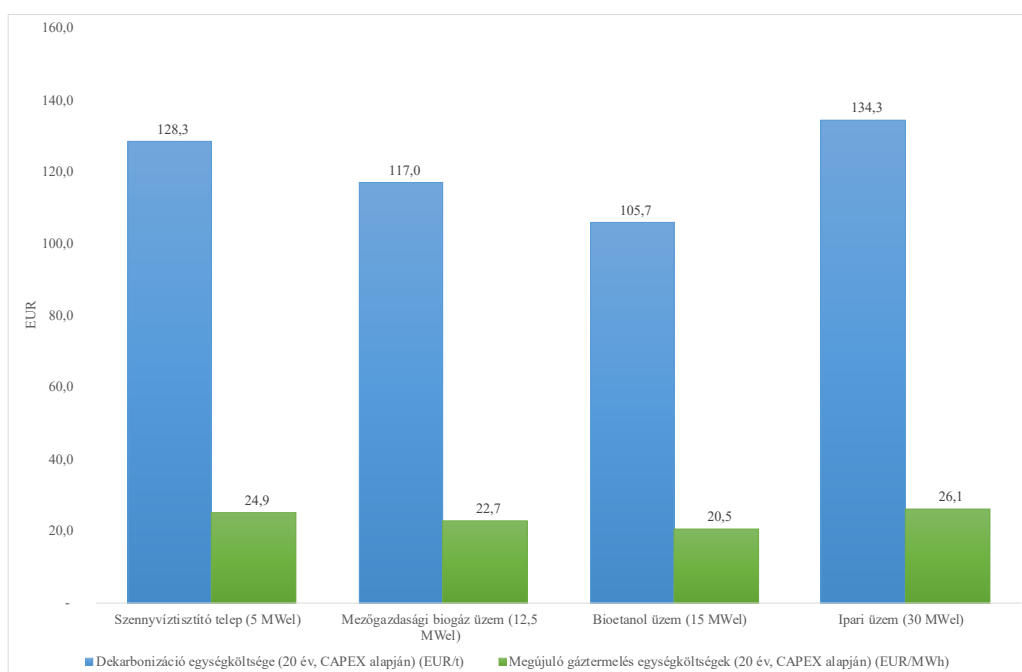
Ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy csupán egy P2M üzem telepítése is akár több mint egy éves projekttervezést igényelhet, ezért a befektetés megvalósítására vizsgált időtávot ki kell terjeszteni. A korábbi P2G kutatások rámutattak arra, hogy a befektetési költségek terén komoly költségcsökkenési potenciál fedezhető fel a tapasztalati és tanulási görbéknek köszönhetően. Böhm és társai (2018) kiszámolták, hogy a polimer elektrolit membrános elektrolízátor rendszer befektetési költsége 1 200 EUR/kW_{el}-ről (2017) 530 EUR/kW_{el}-ra (2030), a biológiai metanizáció befektetési költsége pedig 600 EUR/kW_{SNG}-ról (2017) 360 EUR/kW_{SNG}-ra fog csökkenni. Ez azt jelenti, hogy ezen alkotóelemek tőkeköltsége várhatóan 55%-kal, illetve 45%-kal csökken 13 év alatt. Az elemzés feltételezése szerint a tervezett P2M üzemek kiépítésére 2020 és 2030 között kerülne sor, a fotovoltaiikus kapacitások tervezett növekedésével párhuzamosan, ebből kifolyólag a befektetési költségek csökkentésére van szükség a fenti hivatkozásokat figyelembe véve. Ha azt feltételezzük, hogy a P2M üzemek kiépítése időben egyenletesen fog megvalósulni, akkor a 2025-ös évet vehetjük a számításaink alapjául. Ennek megfelelően egy 1 MW_{el} teljesítményű P2M üzem tőkeköltségei 2025-re a polimer elektrolit membrános elektrolízátor rendszer beruházási költségeiből kiindulva 25%-kal, a biometanizációs rendszer tőkeköltségei pedig 20%-kal csökkenthetők. Ebből következően a további számítások során a redukált, 4 806 000 EUR összegű beruházási költséget vettük alapul. (Csedő, et al., 2020)

6. Kereskedelmi méretű P2M egységek teljesítménypotenciálja különböző telephelyeken

A P2M egységek költség-haszon elemzésére került sor a legnagyobb lehetséges üzemméretet biztosító telephelyeken. A költség-haszon elemzések fókuszra a P2M egyedi attribútuma alapján a dekarbonizáció és a megújuló gáztermelés volt (a hosszú távú, szerzonális energiatárolás feltételeként). Bár ekkor P2M egységek telepítése nem biztos,

hogy pénzügyileg vonzó egyetlen potenciális üzemeltető számára, a dekarbonizációs törekvések alapján érdemes megvizsgálni a teljesítménypotenciált a CO₂ újrahasznosítás szempontjából is, nemcsak a metántermelés szempontjából. Ezek az összehasonlítások egyrészt orientálhatják a dekarbonizációt és szezonális energiátárolást ösztönző állami ösztönzőket, másrészt diszruptív nézőpontból körvonalazhatják a P2M technológia „low-end” és „high-end” szegmenseit, hiszen a kedvező költség-haszon arányú telephelyek nagyobb profitabilitást jelenthetnek.

Az 30. sz. ábra a szén-dioxid-újrahasznosítás egységköltségét mutatja a CAPEX alapján különböző telephelyeken, a legnagyobb P2M üzemméretre vonatkoztatva.



30. ábra: A dekarbonizáció és a megújuló gáztermelés (mint a szezonális energiátárolás előfeltételének) egységköltsége kereskedelmi méretű P2M üzemeknél különböző telephelyeken a teljes működésre vetítve, CAPEX alapján (2025-2045)

Forrás: Pörzse, Csedő & Zavarkó, 2021

Az egységköltség a következő tényezők alapján került kiszámításra:

1. A P2M beruházási költsége Böhm és társai (2020) friss tanulmánya alapján került meghatározásra, amely jövőbeli, kereskedelmi méretű P2G implementációra fókuszál és figyelembe veszi a felskálázás hatásait is. Eszerint a költségcsökkenés a felskálázáskor telephely-típusonként különbözik (a különböző méretek miatt). A számítások 2025-re vonatkozó előrejelzések, a 2020-as adatok és a 2030-ra

vonatkozó becslések alapján. A CAPEX számítások részleteit a 32. sz. táblázat tartalmazza.

kW _{el}	5.000	12.500	15.000	30.000	Forrás
2025					
Elektrolizátor (PEMEL) (ezerEUR/kW_{el})	0,90	0,85	0,80	0,75	(Böhm, et al., 2020)
Metanizációs rendszer (biological) (ezerEUR/kW_{el})	0,35	0,30	0,25	0,2	(Böhm, et al., 2020)
Infrastruktúra, telepítés, tárolás a gáz pufferhez (H₂, CO₂), injection (ezerEUR/kW_{el})	0,45	0,40	0,35	0,30	CAPEX kb. 20%-a (Leeuwen & Zauner, 2018, p. 34)
Projektfejlesztés, tervezés, szakértői szolgáltatások, minőségbiztosítás (+%)	28%	28%	28%	28%	(Leeuwen & Zauner, 2018, p. 34)
2030					
Elektrolizátor (PEMEL) (ezerEUR/kW_{el})	0,90	0,85	0,80	0,75	(Böhm, et al., 2020)
Metanizációs rendszer (biological) (ezerEUR/kW_{el})	0,35	0,30	0,25	0,2	(Böhm, et al., 2020)
Infrastruktúra, telepítés, tárolás a gáz pufferhez (H₂, CO₂), injection (ezerEUR/kW_{el})	0,45	0,40	0,35	0,30	CAPEX kb. 20%-a (Leeuwen & Zauner, 2018, p. 34)
Projektfejlesztés, tervezés, szakértői szolgáltatások, minőségbiztosítás (+%)	28%	28%	28%	28%	(Leeuwen & Zauner, 2018, p. 34)

32. táblázat: Beruházási költségek becslése egy biológiai metanizációs P2G üzem számára

(2025-re és 2030-ra)

Forrás: Pörzse, Csedő & Zavarkó, 2021

2. Az ipari üzem esetében a CC technológia addicionális költségeket jelent. Ennek becsült mértéke 2025-re kb. 40 EUR/tCO₂ (Fan, et al., 2018).
3. A CO₂ konverzió és a CH₄ termelés a Power-to-Gas Hungary Kft. prototípusainak adatai alapján került meghatározásra. Az 1 MW_{el} alapeset 848 tCO₂ konverziót és 4.363 MWh CH₄ termelést jelentene.
4. A CAPEX, illetve a konvertált CO₂ és a megtermelt CH₄ aránya 20 éves működési időtartamra lett kiszámítva, évi 8.000 órás működéssel. A részletezett adatok az 33. sz. táblázatban olvashatók.

	Szennyvíz-tisztító üzem	Mezőgazdasági biogáz üzem	Bioetanol üzem	Ipari üzem
Méret (MW _{el})	5	12,5	15	30
Konvertált CO ₂ /év (tonna)	4 240	10 600	12 720	25 440
Megtermelt CH ₄ /év (MWh)	21 815	54 538	65 445	130 890
Konvertált CO ₂ / 20 év (tonna)	84 800	212 000	254 400	508 800
Megtermelt CH ₄ / 20 év (MWh)	436 300	1 090 750	1 308 900	2 617 800
P2M CAPEX (EUR, becslés 2025-re)	10 880 000	24 800 000	26 880 000	48 000 000
Carbon Capture költsége (20 év) (EUR)	-	-	-	20 352 000
Dekarbonizáció egységköltsége (20 év) (EUR/t)	128	117	106	134
Megújuló gáztermelés egységköltsége (20 év) (EUR/MWh)	25	23	21	26

33. táblázat: Kereskedelmi méretű P2M üzemek adatai, évi 8.000 h működés esetén

Forrás: Pörzse, Csedő & Zavarkó, 2021

A fenti ábra azt mutatja, hogy a P2M a legjobb teljesítményre a 15 MW_{el} potenciálú bioetanol üzemnél képes, a dekarbonizációt és a megújuló gáztermelést tekintve. Ennek oka a skálázási hatás és a rendelkezésre álló, hatékonyan felhasználható szén-dioxid (nincs szükség Carbon Capture technológiára). A legrosszabb a teljesítmény az ipari üzemeknél, ahol a Carbon Capture költsége jobban lerontja a költség-haszon arányt, mint amennyire a méretgazdaságosság javítja. Ugyanakkor, ahogy azt korábban említettük, a P2M egyedisége a szezonális energiatárolásból és az ezzel párhuzamos dekarbonizációból fakad. Következésképp fontos, hogy rendelkezésre állnak-e az infrastrukturális kapcsolatok a földgázhálózathoz (1) ezeknél a telephely típusoknál és (2) azoknál a telephelyeknél, ahol a legnagyobb P2M egységek lennének telepíthetők. Az eredmények alapján, míg a szennyvíztisztító telepeknél kisebb P2M egységek telepíthetők, ezek rendelkeznek földgázhálózathoz történő csatlakozással, viszont ez kevésbé gyakori a mezőgazdasági biogáz üzemeknél és a bioetanol üzemeknél. Például a legnagyobb P2M potenciállal rendelkező bioetanol üzemnél a legközelebbi csatlakozási pont 5 km-re van, míg a legnagyobb P2M potenciállal rendelkező mezőgazdasági biogáz üzemnél 10 km-re van a csatlakozási pont, ahol a megtermelt biometán a földgázhálózatba táplálható lenne. Ezen hiányzó infrastrukturális kapcsolatok kiépítése jelentősen csökkentené a P2M alapú szezonális energiatárolás pénzügyi életképességét. Ezzel szemben az ipari üzemek ígéretesek a kereskedelmi méretű P2M egységek telepítésére is, ha a Carbon Capture technológiák rendelkezésre állnak, és a földgázhálózathoz történő csatlakozás lehetősége is gyakoribb. Mindezek alapján, a Carbon Capture költségei meghatározóak lehetnek a kereskedelmi méretű P2M egységek általi szezonális energiatárolás és dekarbonizáció megvalósításában.

7. Szenáriók a Carbon Capture költségcsökkenésére (2025 és 2030)

Annak megvizsgálásához, hogy a tanulási görbékből fakadó Carbon Capture költségcsökkenés hogyan javítja a kereskedelmi méretű, ipari üzemekhez telepített P2M egységek költség-haszon arányát a biogáz és bioetanol üzemekhez képest, 3-3 szenárió készült 2025-re és 2030-ra. Egyrészt a szenáriók a P2M beruházási költség becsülésére épülnek (Böhm, et al., 2020), másrészt a szenáriók (S1-S3) különböznek a Carbon Capture költségeket tekintve (lásd az 34. sz. táblázatot). Ezek a költségszintek az alábbiak alapján kerültek meghatározásra:

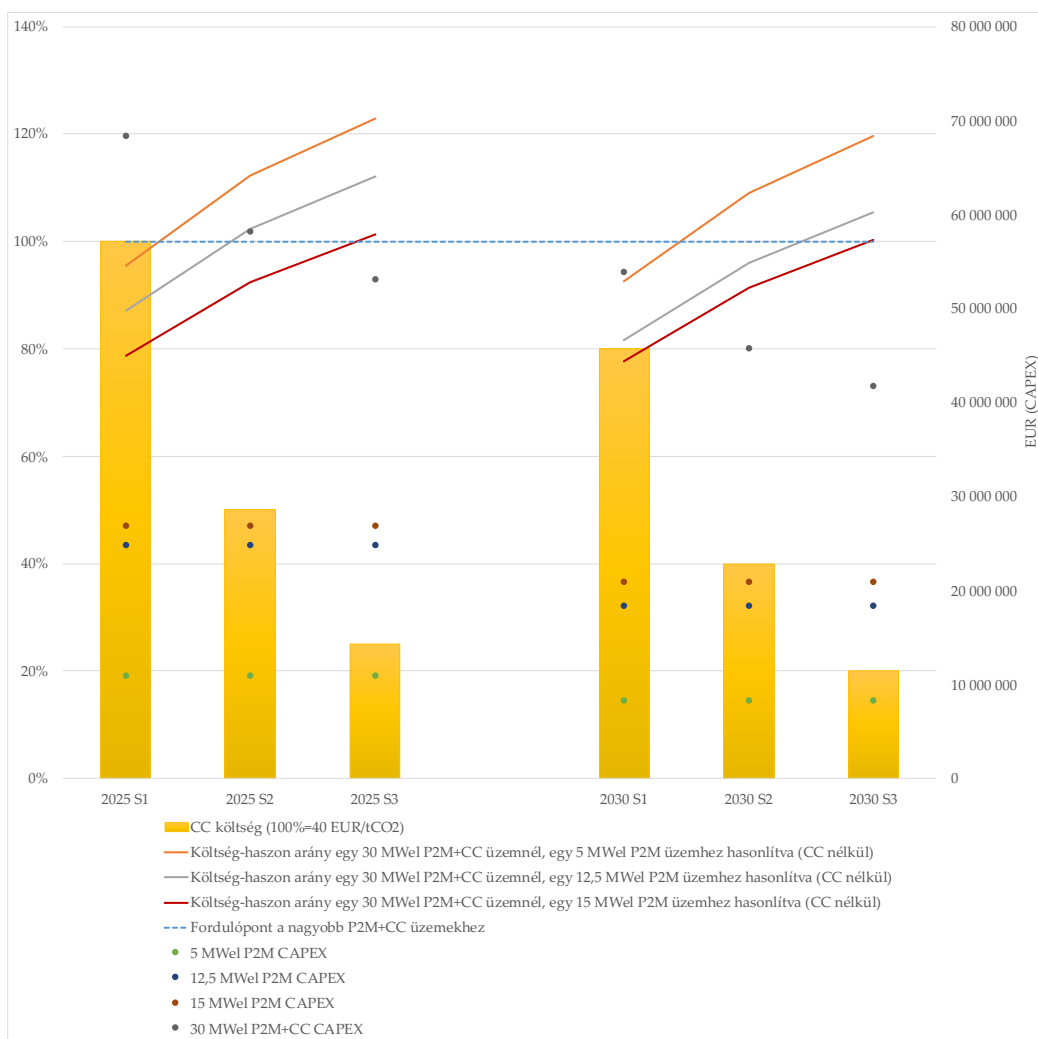
1. Fan és társai (2018) 2025-re és 2030-ra becsülték az értékeket: S1, kb. 40 EUR/tCO₂ 2025-ben, (ez a 100% a modellben); és kb. 32 EUR/tCO₂ 2030-ban.
2. Wilberforce és társai (2021) alapján a CC költségek 25 USD/tCO₂ körül is lehetnek egyes üzemeknél. Ez egy optimistább scenárió az 50%-os csökkenéssel (S2), ami 20 EUR/tCO₂ értéket jelent 2025-re és 16 EUR/tCO₂ értéket 2030-ra.
3. Saját scenáriógenerálás annak azonosítására, hogy a CC költségszint képes lehet-e a döntéshozókat arra ösztönözni, hogy az ipari üzemeket részesítsék előnyben a Carbon Capture szükségességének ellenére is. Ehhez egy további 50%-os költségcsökkentés került meghatározásra.

CC költség	Költségcsökkenés scenáriónként	2025	2030	Forrás
Szenárió 1 (S1)	-	40 EUR/tCO₂	32 EUR/tCO₂	(Fan, et al., 2018)
Szenárió 2 (S2)	-50%	20 EUR/tCO₂	16 EUR/tCO₂	(Wilberforce, et al., 2021)
Szenárió 3 (S3)	-50%	10 EUR/tCO₂	8 EUR/tCO₂	Saját becslés

34. táblázat: Szenáriók a különböző Carbon Capture költségszintek szerint, 2025-re és 2030-ra

Forrás: Pörzse, Csedő & Zavarkó, 2021

A 31. ábra azt mutatja, hogyan változik a telephely-preferencia, ha a CC költségei kétszer is a felére esnek. Az ábrán látható vonalak mutatják különböző telephelyek költség-haszon arányát, és a 100% a mezőgazdasági biogáz üzem / bioetanol üzem / szennyvíztisztító telep teljesítmény jelenti az előző fejezetben bemutatott egységköltségekhez igazodva, illetve ezek értékét 2030-ra vonatkoztatva. Ha a dekarbonizáció és a szezonális energiatárolás egységköltsége alacsonyabb a 30 MW_{el} méretű, ipari üzemhez telepített P2M+CC konfigurációnál, mint az 5/12,5/15 MW_{el} P2M konfigurációké a többi telephelynél, akkor ez azt jelenti, hogy a P2M+CC konfiguráció költség-haszon aránya ezeknél jobb, ekkor pedig a vonal 100% fölé ér. A CC költségeket tekintve a 100% a 40 EUR/tCO₂ értéket jelöli, összhangban az előző táblázattal.



31. ábra: A Carbon Capture költségcsökkenés szerepe bizonyos telephelyek és üzemméretek preferálásában, dekarbonizációs és megújuló gáztermelési célokat szem előtt tartva

Forrás: Pörzse, Csedő & Zavarkó, 2021

Az eredmények alapján a 30 MW_{el} méretű, ipari üzemhez telepített P2M egység jobb választás lenne a megújuló gáztermelésre, szezonális energiatárolásra és dekarbonizációra 20-30 EUR/tCO₂ körüli vagy alacsonyabb CC költségnél, mint az 5-15 MW_{el} P2M egységek biogáz vagy bioetanol üzemeknél 2025-ben, még akkor is, ha van csatlakozásuk a földgázhálózathoz. Ugyanakkor, a P2M beruházási költségeinek 2030-ra becsült értékei miatt a 12,5 MW_{el} P2M egység jobb költség-haszon aránnyal rendelkezne 16 EUR/tCO₂ CC költség szintjén, mint a 30 MW_{el} méretű P2M-CC konfiguráció. Feltéve, hogy a fő cél a szezonális energiatárolás és a földgázhálózathoz történő csatlakozás nem jelent problémát, a 15 MW_{el} vagy nagyobb P2M egységek biogáz

üzemek vagy bioetanol üzemek mellett még akkor is versenyképes lennének az ipari üzemekhez telepített P2M egységekkel szemben, ha a CC költségek radikálisan csökkennének. Emellett azonban fontos kiemelni azt is, hogy amint a CC költsége elkezd csökkenni a 40 EUR/tCO₂ szintről, a 30 MW_{el} P2M+CC üzem jobban teljesítene az 5 MW_{el} vagy kisebb P2M egységeknél (a dekarbonizáció és a megújuló gáztermelés egy egységre vetített tőkeköltsége alapján).

8 HIVATKOZÁSOK JEGYZÉKE

1. Adegbile, A., Sarpong, D., & Meissner, D. (2017): Strategic Foresight for Innovation Management: A Review and Research Agenda. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 14 (4), 1-33. <https://doi.org/10.1142/S0219877017500195>.
2. Adil, A. M., & Ko, Y. (2016): Socio-technical evolution of Decentralized Energy Systems: A critical review and implications for urban planning and policy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, May, 1025-1037. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.079>
3. Agee, J. (2009): Developing qualitative research questions: a reflective process. *International Journal of Qualitative Studies in Education*, 22 (4), 431-447. <https://doi.org/10.1080/09518390902736512>.
4. Alagoz, B. B., & Kaygusuz, A. (2016): Dynamic energy pricing by closed-loop fractional-order PI control system and energy balancing in smart grid energy markets. *Transactions of the Institute of Measurement & Control*, 38 (5), 565-578. <https://doi.org/10.1177/0142331215579949>
5. Alavi, M., & Leidner, D. E. (2001): Review: Knowledge Management and Knowledge Management Systems: Conceptual Foundations and Research Issues. *MIS Quarterly*, 25 (1), 107-136. <https://doi.org/10.2307/3250961>.
6. Almutairi, J., & Aldossary, M. (2021): Modeling and Analyzing Offloading Strategies of IoT Applications over Edge Computing and Joint Clouds. *Symmetry*, 13, 402. <https://doi.org/10.3390/sym13030402>.
7. Ameli, H., Qadrdan, M., & Strbac, G. (2017): Techno-economic assessment of battery storage and Power-to-Gas: A whole-system approach. *Energy Procedia*, 142, 841-848. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.12.135>
8. Amit, R., & Zott, C. (2012): Creating value through business model innovation. *MIT Sloan Management Review*, 53 (3), 41-49. <https://doi.org/10.1515/gfkmir-2017-0003>.
9. Angelidaki, I., Treu, L., Tsapekos, P., Luo, G., Campanaro, S., Wenzel, H., & Kougiyas, P. G. (2018): Biogas upgrading and utilization: Current status and perspectives. *Biotechnology Advances*, 36 (2), 452-466. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2018.01.011>
10. Angyal, Á. (2009): Változások irányítás nélkül. *Vezetéstudomány / Budapest Management Review*, 40 (9), 2-16. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2009.09.01>
11. Antal, Z., & Dobák, M. (2004): *Vezetés és szervezés*. Budapest: Aula Kiadó.
12. Argyris, C., & Schon, D. (1978): *Organizational learning: A theory of action perspective*. Reading, MA: Addison-Wesley.
13. Bacariza, M. C., Maleval, M., Graca, I., Lopes, J. M., & Henriques, C. (2018): Power-to-methane over Ni/zeolites: Influence of the framework type. *Microporous and Mesoporous Materials*, 274, 102-112. <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2018.07.037>
14. Bagno, R. B., Salerno, M. S., & Da Silva, D. O. (2017): Models with graphical representation for innovation management: a literature review. *R & D Management*, 47 (4), 637-653. <https://doi.org/10.1111/radm.12254>
15. Bai, A. (2007): *A biogáz*. Budapest. ISBN 978-963-7024-30-6: Száz M. Falu Könyvesháza Kht.

16. Bai, Y., Gong, M., Wang, J., Li, B., & Zhang, L. (2020): A temperature control strategy to achieve low-temperature district heating in North China. 2020;25. *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, 25, 3-12. <http://doi.org/10.5278/ijsepm.3392>.
17. Bailera, M., Lisbona, P., Romeo, L. M., & Espatolero, S. (2017): Power to Gas projects review: Lab, pilot and demo plants for storing renewable energy and CO2. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, 292- 312. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.130>
18. Bakacsi, G. (2004): *Szervezeti magatartás és vezetés*. Budapest: Aula Kiadó.
19. Bakacsi, G. (2011): Együttműködni nem kell, hanem érdemes! *Harvard Business Review (Magyar Kiadás)*, 13 (9), 32-42.
20. Baker, T., & Jayaraman, V. (2012): Managing information and supplies inventory operations in a manufacturing environment. Part 1: An action research study. *International Journal of Production Research*, 50 (6), 1666-1681. <https://doi.org/10.1080/00207543.2010.550697>.
21. Balaton, K., Hortoványi, L., Incze, E., Lackzó, M., Szabó, Z. R., & Tari, E. (2009): *Startégiai menedzsment*. Budapest: Aula Kiadó.
22. Barney, J. B. (1991): Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17 (1), 99–120. <https://doi.org/10.1177/014920639101700108>
23. Barriball, K. L., & While, A. (1994): Collecting data using a semi-structured interview: a discussion paper. *Journal of Advanced Nursing*, 19, 328-335. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.1994.tb01088.x>
24. Bartlett, C., & Ghosal, S. (2002): *Managing Across Borders: The Transnational Solution*. Cambridge: Harvard Business School Press.
25. Bauen, A., Bitossi, N., German, L., Harris, A., & Leow, K. (2020): Sustainable Aviation Fuels: Status, challenges and prospects of drop-in liquid fuels, hydrogen and electrification in aviation. *Johnson Matthey Technology Review*, 64 (3), 263-278. <https://doi.org/10.1595/205651320X15816756012040>.
26. Beer, M., & Nohria, N. (2000): Cracking the code of change. *Harvard Business Review*, 78 (3), 133–141.
27. Belügyminisztérium (2018): *Tájékoztató Magyarország településeinek szennyvízelvezetési és –tisztítási helyzetéről, a települési szennyvíz kezeléséről szóló 91/271/EGK irányelv Nemzeti Megvalósítási Programjáról*.
28. Ben Amer, S., Bramstoft, R., Balyk, O., & Nielsen, P. S. (2019): Modelling the future low-carbon energy systems - a case study of Greater Copenhagen, Denmark. *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, 24, 21-32. <http://doi.org/10.5278/ijsepm.3356>.
29. Ben Arfi, W., Enström, R., Sahut, J., & Hikkerova, L. (2019): The significance of knowledge sharing platforms for open innovation success: A tale of two companies in the dairy industry. *Journal of Organizational Change Management*, 32 (5), 496-516. <https://doi.org/10.1108/JOCM-09-2018-0256>.
30. Bergaentzlé, C.-M., Pade, L.-L., & Truels Larsen, L. (2020): Investing in Meshed Offshore Grids in the Baltic Sea: Catching up with the Regulatory Gap. *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, 25, 33-44. <http://doi.org/10.5278/ijsepm.3372>.

31. Bienert, K., Schumacher, B., Rojas Arboleda, M., Billig, E., Shakya, S., Rogstrand, G., et al. (2019): Multi-Indicator Assessment of Innovative Small-Scale Biomethane Technologies in Europe. *Energies*, 12, 1321. <https://doi.org/10.3390/en12071321>.
32. Bingham, C. B., Heimeriks, K. H., Schijven, M., & Gates, S. (2015): Concurrent learning: How firms develop multiple dynamic capabilities in parallel. *Strategic Management Journal*, 36 (12), 1802-1825. <https://doi.org/10.1002/smj.2347>
33. Bird, A. (2000): *Thomas Kuhn*. London: Routledge.
34. Blair, N., Pons, D., & Krumdieck, S. (2019): 3. Electrification in Remote Communities: Assessing the Value of Electricity Using a Community Action Research Approach in Kabakaburi, Guyana. *Sustainability*, 11 (9), 2566. <https://doi.org/10.3390/su11092566>.
35. Blanco, H., & Faaij, A. (2018): A review at the role of storage in energy systems with a focus on Power to Gas and long-term storage. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 1049-1086. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.07.062>
36. Blichfeldt, B. S., & Andersen, J. R. (2006): Creating a Wider Audience for Action Research: Learning from Case-Study Research. *Journal of Research Practice*, 2 (1), Article D2.
37. Bokor, A. (2000): *Szervezeti kultúra és tudásintegráció: A termékfejlesztés problémája*. PhD értekezés. Budapesti Corvinus Egyetem.
38. Bollino, C. A., & Madlener, R. (2016): Foreword to the Special Issue on "High Shares of Renewable Energy Sources and Electricity Market Reform". *Energy Journal*, 2016 Special Issue, 37, 1-4.
39. Bowen, G. A. (2009): Document Analysis as a Qualitative Research Method. *Qualitative Research Journal*, 9 (2), 27-40. <https://doi.org/10.3316/QRJ0902027>
40. Bower, J. L., & Christensen, C. M. (1995): *Disruptive Technologies: Catching the Wave*. Harvard Business Review, Jan-Feb, 43-53.
41. Böhm, H., & et al. (2018): D7.5. Report on experience curves and economies of scale. STORE&GO.
42. Böhm, H., Zauner, A., Rosenfeld, D. C., & Tichler, R. (2020): Projecting cost development for future large-scale power-to-gas implementations by scaling effects. *Applied Energy*, 264, 114780. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114780>.
43. Breyer, C., Tsupari, E., Tikka, V., & Vainikka, T. (2015): Power-to-Gas as an Emerging Profitable Business Through Creating an Integrated Value Chain. *Energy Procedia*, 73, 182-189. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.668>.
44. Brynolf, S., Taljegard, M., Grahn, M., & Julia, H. (2018): Electrofuels for the transport sector: A review of production costs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81 (2), 1887-1905. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.288>
45. Burawoy, M. (1998): The extended case method. *Sociological Theory*, 16 (1), 4-33. <https://doi.org/10.1111/0735-2751.00040>
46. Burgelman, R. A. (1991): Intraorganizational Ecology of Strategy Making and Organizational Adaption: Theory and Field Research. *Organizational Science*, 2 (3), 239-262. <https://doi.org/10.1287/orsc.2.3.239>.
47. Burke, W., & Litwin, G. (1989): Causal Model of Organisational Performance. *The 1989 Annual: Developing Human Resources*, University Associates, 277-288.

48. Burnes, B. (2014): *Managing Change*. Harlow: Pearson.
49. Burns, T., & Stalker, G. (1961): *The Management of Innovation*. London: Tavistock.
50. Burrell, G., & Morgan, G. (1979): *Sociological paradigms and organisational analysis: Elements of the sociology of corporate life*. London: Heinemann.
51. Buttler, A., & Spliethoff, H. (2018): Current status of water electrolysis for energy storage, grid balancing and sector coupling via power-to-gas and power-to-liquids: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82 (3), 440-2454. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.003>.
52. Cantwell, J. (2005): *Innovation and Competitiveness*. In *The Oxford Handbook of Innovation* (eds Fagerber, J.; Mowery, D. C.; Nelson, R. R. (543-567.)): New York: Oxford University Press.
53. Cao, Q., Thompson, M. A., & Triche, J. (2017): Investigating the role of business processes and knowledge management systems on performance: A multi-case study approach. *International Journal of Production Research*, 51 (18), 5565-5575. <https://doi.org/10.1080/00207543.2013.789145>.
54. Carrero, V., Peiró, J. M., & Salanova, M. (2000): Studying radical organizational innovation through grounded theory. *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 9 (4), 489–514. <https://doi.org/10.1080/13594320050203102>
55. Cassia, L., De Massis, A., & Pizzurno, E. (2012): Strategic innovation and new product development in family firms: An empirically grounded theoretical framework. *International Journal of Entrepreneurial Behaviour & Research*, 18 (2), 198-232. <https://doi.org/10.1108/13552551211204229>
56. Ceballos-Escalera, A., Molognoni, D., Bosch-Jimenez, P., Shahparasti, M., Bouchakour, et al. (2020): Bioelectrochemical systems for energy storage: A scaled-up power-to-gas approach. *Applied Energy*, 260, 114138. <https://doi.org/10.1016/j.apener>.
57. Ceptureanu, E. G., Ceptureanu, S. I., Radulescu, V., & Ionescu, S. A. (2018): What Makes Coopetition Successful? An Inter-Organizational Side Analysis on Coopetition Critical Success Factors in Oil and Gas Distribution Networks. *Energies*, 11, 3347. <https://doi.org/10.3390/en11123447>.
58. Chauvy, R., Dubois, L., Lybaert, P., Thomas, D., & De Weireld, G. (2020): Production of synthetic natural gas from industrial carbon dioxide. *Applied Energy*, 260, 114249. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114249>.
59. Chesbrough, H. W. (2003): *Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology*. Boston: HBS Press.
60. Chesbrough, H. W., Vanhaverbeke, W., West, J. (2006): *Open Innovation: Researching a New Paradigm*: Oxford University Press.
61. Chia, R. (2003): *Organization Theory as Postmodern Science*. In H. Tsoukas, & C. Knudsen (szerk.), *The Oxford Handbook of Organization Theory* (113 - 140): Oxford: Oxford University Press.
62. Chikán, A. (2008): *Vállalatgazdaságtan*. Budapest: Aula Kiadó.
63. Cho, J. Y., & Lee, E. (2014): Reducing Confusion about Grounded Theory and Qualitative Content Analysis: Similarities and Differences. *The Qualitative Report*, 32, 1-20. <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2014.1028>

64. Christensen, C. M., Raynor, M. E., & McDonald, R. (2015): What Is Disruptive Innovation?. *Harvard Business Review*, December, 44-53.
65. Coghlan, D., Brydon-Miller, M. (2014): *The SAGE encyclopedia of action research* (Vols. 1-2). London: SAGE Publications
66. Collet, P., Flottes, E., & al, e. (2017, 192): Techno-economic and Life Cycle Assessment of methane production via biogas upgrading and power to gas technology. *Applied Energy*, 282–295. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.08.181>.
67. Costa-Campi, M., Duch-Brown, N., & García-Quevedo, J. (2014): R & D drivers and obstacles to innovation in the energy industry. *Energy Economics*, 46 (20), 20-30. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.09.003>
68. Creswell, J. (2007): *Qualitative inquiry and research design*. Thousand Oaks: Sage.
69. Cullmann, A., Nieswand, M., & Seifert, S. S. (2016): No differences in efficiency between public and private utilities. *DIW Economic Bulletin*, 6 (20), 233-238.
70. Cummings, T. G., & Worley, C. G. (2001): *Essentials of Organization Development and Change*. Cininatti: Cengage South-Western.
71. Cunliffe, A. (2011): *Crafting Qualitative Research: Morgan and Smircich 30 years on*. *Organizational Research Methods*, 14 (4), 648-673. <https://doi.org/10.1177/1094428110373658>
72. Csedő, Z. (2006): *Szervezeti változás és változásvezetés a folyamatos differenciálódás és integráció tükrében: az innovatív gyógyszeripar példája*. Doktori (PhD) értekezés. Budapesti Corvinus Egyetem.
73. Csedő, Z. (2017): *Power-to-Gas: egy ígéretes lehetőség a megújuló energiaforrások integrációjára*. *Zöld Ipar Magazin*, 7 (10), 28-29.
74. Csedő, Z. (2019): *A power-to-gas technológiafejlesztés üzleti modellje Magyarországon*. *Energiagazdálkodás*, 60 (különszám), 17-20.
75. Csedő, Z. (2020): *A power-to-gas technológiafejlesztés tapasztalatai Magyarországon*. *Energiagazdálkodás*, 61 (5-6), 16.
76. Csedő, Z. (2020): *A vállalati innováció és tudásmenedzsment szerepe a szervezeti változás és változásvezetés gyakorlatában*. Habilitációs értekezés. Miskolci Egyetem.
77. Csedő, Z., & Zavarkó, M. (2019a): *Változás, tudás és innováció a vezetéstudományban: elméleti modellek elemzése és értelmezése*. *Vezetéstudomány / Budapest Management Review*, 50 (12), 173-184. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2019.12.15>
78. Csedő, Z., & Zavarkó, M. (2019b): *Változásvezetés*. Budapest: Akadémiai Kiadó.
79. Csedő, Z., & Zavarkó, M. (2020): *The role of inter-organizational innovation networks as change drivers in commercialization of disruptive technologies: the case of power-to-gas*. *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, 28, 53-70. <https://doi.org/10.5278/ijsepm.3388>.
80. Csedő, Z., Sinóros-Szabó, B., & Zavarkó, M. (2020): *Seasonal Energy Storage Potential Assessment of WWTPs with Power-to-Methane Technology*. *Energies*, 13 (18), 4973. <https://doi.org/10.3390/en13184973>.

81. Csedő, Z., Zavarkó, M., & Sára, Z. (2018): A vállalati innováció által indukált szervezeti változások a magyar energiaszektorban. *Vezetéstudomány / Budapest Management Review*, 49 (2), 53-62. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2018.02.06>.
82. Csedő, Z., Zavarkó, M., & Sára, Z. (2019a): Innováció-e a digitalizáció? A digitális transzformáció és az innovációmenedzsment tanulságai egy pénzügyi szolgáltatónál. *Vezetéstudomány / Budapest Management Review*, 50 (7-8), 88-101. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2019.07.08>
83. Csedő, Z., Zavarkó, M., & Sára, Z. (2019b): Tudásmenedzsment és stratégiai kettős képesség: felsővezetői döntések elemzése az innovációs stratégia megvalósítása során. *Vezetéstudomány / Budapest Management Review*, 50 (3), 36-49. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2019.03.04>.
84. Csizmadia, P. (2015): A szervezeti innováció és tudásfelhasználás mintái a magyar gazdaságban. PhD értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem.
85. Daft, L. R. (1989): *Organization Theory and Design*. St. Paul: West Publishing Company.
86. Dahlke, S. (2020): Integrating energy markets: Implications of increasing electricity trade on prices and emissions in the western United States. *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, 25, 45-60. <http://doi.org/10.5278/ijsepm.3416>.
87. Danneels, E. (2010): Trying to become a different type of company: dynamic capability at Smith Corona. *Strategic Management Journal*, 32 (1), 1–31. <https://doi.org/10.1002/smj.863>.
88. Davenport, T. H., & Westerman, G. (2018): Why So Many High-Profile Digital Transformations Fail. *Harvard Business Review*, March, 2-5.
89. Decourt, B. (2019): Weaknesses and drivers for power-to-X diffusion in Europe. Insights from technological innovation system analysis. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44, 17411-17430. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.05.149>.
90. Denzin, N. K. (1970): *The research act: A theoretical introduction to sociological methods*. New York: Aldine.
91. Diener, F., & Špaček, M. (2021): Digital Transformation in Banking: A Managerial Perspective on Barriers to Change. *Sustainability*, 13, 2032. <https://doi.org/10.3390/su13042032>.
92. Dion, G. et al. (2018): Change Management: Blended Learning Adoption in a Large Network of European Universities. In.: Ivala, E (eds.): *ICEL 2018 13th International Conference on e-Learning*, 74-83. Reading: Academic Conferences and Publishing Limited.
93. Dobák, M. (2002): *Szervezeti formák és vezetés*. Budapest: Aula Kiadó.
94. Dobák, M., Hortoványi, L., & Szabó, Z. R. (2012): A sikeres növekedés és innováció feltételei. *Vezetéstudomány / Budapest Management Review*, 43 (12), 40-48. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2012.12.05>
95. Dolci, F., Thomas, D., et al. (2019): Incentives and legal barriers for power-to-hydrogen pathways: An international snapshot. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44 (23), 11394-11401. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.03.045>.
96. Donaldson, L. (2003): Organization Theory as a Positive Science. In H. Tsoukas, & C. Knudsen (szerk.), *The Oxford Handbook of Organization Theory* (39-62): Oxford: Oxford University Press.

97. Dong, T., Cheng, N., & Hung, C. (2016): Enhancing knowledge sharing intention through the satisfactory context of continual service of knowledge management systems. *Information Technology & People*, 29 (4), 807-829. <https://doi.org/10.1108/ITP-09-2014-0195>.
98. Douglas, D. (2003): Inductive theory generation: A grounded approach to business inquiry. *EJBRM*, 2 (1), 47-54.
99. Drünert, S., Neuling, U., Zitscher, T., & Kaltschmitt, M. (2020): Power-to-Liquid fuels for aviation – Processes, resources and supply potential under German conditions. *Applied Energy*, 277, 115578. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115578>.
100. Duncan, R. (1976): The ambidextrous organization: Designing dual structures for innovation. *The management of organization design*, 1, 167–188.
101. Eisner, E. W. (1991): *The enlightened eye: Qualitative inquiry and the enhancement of educational practice*. Toronto: Collier Macmillan Canada.
102. Electrochaea GmbH. (2019): How the technology works. Letöltés dátuma: 2019. 03. 03., forrás: <http://www.electrochaea.com/technology/>
103. Electrochaea GmbH. (2019): Partners. Letöltés dátuma: 2019. 03. 03., forrás: <http://www.electrochaea.com/partners/>
104. Electrochaea.dk ApS. (2019): About the project. Letöltés dátuma: 2019. 03. 03., forrás: <http://biocat-project.com/about-the-project/>
105. Energy Market Authority. (2018): Our Roles. Letöltés dátuma: 2020. 06. 013. forrás: https://www.ema.gov.sg/Our_Roles.aspx
106. Enescu, F., Bizon, N., Onu, A., Răboacă, M., Thounthong, P., Mazare, A., & Şerban, G. (2020): Implementing Blockchain Technology in Irrigation Systems That Integrate Photovoltaic Energy Generation Systems. *Sustainability*, 12, 1540. <https://doi.org/10.3390/su12041540>.
107. Ergüden, E., & Çatlioglu, E. (2016): Sustainability Reporting Practices In Energy Companies With Topsis Method. *Journal of Accounting & Finance*, 201-221.
108. Európai Bizottság. (2018): Final Report Summary - HELMETH (Integrated High-Temperature Electrolysis and Methanation for Effective Power to Gas Conversion): Letöltés dátuma: 2019. 03. 02., forrás: <https://cordis.europa.eu/project/rcn/185716/reporting/en>
109. Európai Bizottság. (2020): Study on energy storage – Contribution to the security of the electricity supply in Europe. Brüsszel: 2020. március.
110. European Environmental Agency (2016): Sectoral greenhouse gas emissions by IPCC sector. Letöltés dátuma: 2021. 03. 03., forrás: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/change-of-co2-eq-emissions-2#tab-dashboard-01>
111. Expósito, A., Fernández-Serrano, J., & Liñán, F. (2019): The impact of open innovation on SMEs' innovation outcomes: New empirical evidence from a multidimensional approach. *Journal of Organizational Change Management*, 32 (5), 558-577. <https://doi.org/10.1108/JOCM-09-2018-0253>.
112. Faessler, B., Schuler, M., Preißinger, M., & Kepplinger, P. (2017): Battery Storage Systems as Grid-Balancing Measure in Low-Voltage Distribution Grids with Distributed Generation. *Energies*, 10 (12), 2161. <https://doi.org/10.3390/en10122161>.

113. Fan, J., Xu, M., Li, F., Yang, L., & Zhang, X. (2018): Carbon capture and storage (CCS) retrofit potential of coal-fired power plants in China: The technology lock-in and cost optimization perspective. *Applied Energy*, 229, 326-334. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.07.117>.
114. Fehér, P. (2007): Tudás és menedzsment – Tudásmenedzsment. 7. európai tudásmenedzsment-konferencia: Budapest. *Vezetéstudomány / Budapest Management Review*, 38 (7-8), 2-5.
115. Fejes, J. (2015): Innovációs kalandozások az elmélettől a stratégiáig/Innovation adventuring from theory to strategy. *Vezetéstudomány / Budapest Management Review*, 46 (6), 58-69. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2015.06.06>
116. Fernandes, C., Ferreira, J., & Peris-Ortiz, M. (2019): Open innovation: past, present and future trends. *Journal of Organizational Change Management*, 32 (5), 578-602. <https://doi.org/10.1108/JOCM-09-2018-0257>.
117. Ferry, J. G. (1998): Enzymology of one-carbon metabolism in methanogenic pathways. *FEMS Microbiology*, 23, 13-38. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.1999.tb00390.x>.
118. Feurer, R., & Chaharbaghi, K. (1994): Defining Competitiveness: A Holistic Approach. *Management Decision*, 32 (2), 49-58. <https://doi.org/10.1108/00251749410054819>.
119. Fontaine, F., Grima, P., Hoerl, M., Mets, L., Forstmeier, M., & D., H. (2017): Power-to-Gas by Biomethanation – From Laboratory to Megawatt Scale. *Comm. Appl. Biol. Sci*, Ghent University, 82/4, 183-187.
120. Foster, N. G. (1986): *Innovation: The Attacker's Advantage*. New York: Summit Books.
121. Frontera, P., Macario, A., Ferraro, M., & Antonucci, P. (2017): Supported Catalysts for CO₂ Methanation: A Review. *Catalysts*, 7, 59. <https://doi.org/10.3390/catal7020059>.
122. Frost, N., Nolas, S. M., Brooks-Gordon, B., Esin, C., Holt, A., Mehdizadeh, L., & Shinebourne, P. (2010): Pluralism In Qualitative Research: The Impact Of Different Researchers And Qualitative Approaches On The Analysis Of Qualitative Data. *Qualitative Research*, 10 (4), 441-461. <https://doi.org/10.1177/1468794110366802>
123. Funk, R. J. (2014): Making the Most of Where You Are: Geography, Networks, and Innovation in Organizations. *Academy of Management Journal*, 57 (1), 193–222. <https://doi.org/10.5465/amj.2012.0585>.
124. Gaál, Z., Szabó, L. & Obermayer-Kovács, N., 2009. "Tudásmenedzsment-profil" érettségi modell. *Vezetéstudomány / Budapest Management Review*, 40 (6), 2-15. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2009.06.01>
125. Gabnai, Z. (2017): Energy alternatives in large-scale wastewater treatment. *Applied Studies in Agribusiness and Commerce*, 11 (3-4), <https://doi.org/10.19041/APSTRACT/2017/3-4/19>.
126. Galeitzke, M., Steinhöfel, E., Orth, R., & Kohl, H. (2017): Intellectual Capital-Driven Technology and Innovation Management. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 14 (5), 1750028-1 - 1750028-26. <https://doi.org/10.1142/S0219877017500286>.
127. Galyas, A. B. (2018): Hidrogén a földgázhálózatban - Fikció vagy már a valóság? 26. Dunagáz Konferencia és Kiállítás. Visegrád.
128. Garriga, H., von Krogh, G., & Spaeth, S. (2013): How constraints and knowledge impact open innovation. *Strategic Management Journal*, 34 (9), 1134–1144. <https://doi.org/10.1002/smj.2049>.

129. Gelei, A. (2002): A szervezeti tanulás interpretatív megközelítése. PhD értekezés - BKÁE.
130. Gelei, A. (2006): A szervezet interpretatív megközelítése. *Vezetéstudomány / Budapest Management Review*, 38 (1. ksz.), 79-97.
131. Ghaib, K., & Ben-Fares, F. Z. (2018): Power-to-Methane: A state-of-the-art review. *Renewable and Sustainable Reviews*, 81, 433-446. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.004>
132. Gibbins, J., & Chalmers, H. (2008): Carbon capture and storage. *Energy Policy*, 36 (12), 4317-4322. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.09.058>.
133. Gibson, C. B., & Birkinshaw, J. (2004): The Antecedents, Consequences, and Mediating Role of Organizational Ambidexterity. *Academy of Management Journal*, 47 (2), 209-226. <https://doi.org/10.2307/20159573>
134. Gill, R. (2002): Change management--or change leadership? *Journal of Change Management*, 3 (4), 307-318. <https://doi.org/10.1080/714023845>
135. Gioia, D. A., & Pitre, E. (1990). Multiparadigm perspectives on theory building. *The Academy of Management Review*, 15 (4), 584–602. <https://doi.org/10.2307/258683>
136. Glaser, B. (1992): *Basics of grounded theory analysis*. Mill Valley: Sociology Press.
137. Glaser, B., & Strauss, A. (1967): *The Discovery of Grounded theory: Strategies for Qualitative Research*. Chicago: Aldine.
138. Gohari, S., & Larssæther, S. (2019): Sustainable energy planning as a co-creative governance challenge. Lessons from the zero village Bergen. *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, 24, 147-154. <http://doi.org/10.5278/ijsepm.3353>.
139. Govindarajan, V., & Kopalle, P. K. (2006): Disruptiveness of innovations: Measurement and an assessment of reliability and validity. *Strategic Management Journal*, 27 (2), 189-199. <https://doi.org/10.1002/smj.511>.
140. Götz, M., Lefebvre, J., Mörs, F., McDaniel Koch, et al. (2016): Renewable Power-to-Gas: A technological and economic review. *Renewable Energy*, 85, 1371-1390. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.07.066>
141. Grant, R. M. (1996): Prospering in Dynamically-Competitive Environments: Organizational Capabilities as Knowledge Integration. *Organization Science*, 7 (4), 375–387. <https://doi.org/10.1287/orsc.7.4.375>
142. Greiner, L. E. (1972): Evolution and Revolution as Organizations Grow. *Harvard Business Review*, 50 (4), 37–46.
143. Gretzschel, O., Schäfer, M., Steinmetz, H., Pick, E., Kanitz, K., & Krieger, S. (2020): Advanced Wastewater Treatment to Eliminate Organic Micropollutants in Wastewater Treatment Plants in Combination with Energy-Efficient Electrolysis at WWTP Mainz. *Energies*, 13, 3599. <https://doi.org/10.3390/en13143599>.
144. Grundahl, L., & Nielsen, S. (2019): Heat atlas accuracy compared to metered data. *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, 23, 03-13. <http://doi.org/10.5278/ijsepm.3174>.

145. Guilera, J., Morante, J. M., & Andreu, T. (2018): Economic viability of SNG production from power and CO₂. *Energy Conversion and Management*, 162, 218-224. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.02.037>.
146. Györke, G., Groniewsky, A., & Imre, A. R. (2019): A Simple Method of Finding New Dry and Isentropic Working Fluids for Organic Rankine Cycle. *Energies*, 12, 480. <https://doi.org/10.3390/en12030480>.
147. Hafkesbrink, J., Hoppe, H. U., & Schlichter, J. H. (2010): *Competence Management for Open Innovation: Tools and IT Support to Unlock the Innovation Potential Beyond Company Boundaries*. Köln: Josef Eul Verlag GmbH.
148. Hammer, M. (2004): Deep Change: How Operational Innovation Can Transform Your Company. *Harvard Business Review*, April, 84-93.
149. Hámori, B., & Szabó, K. (2012): *Innovációs verseny: Esélyek és korlátok*. Budapest: Aula Kiadó.
150. Hancock, A. (2017): The Modernisation of Statistical Classifications in Knowledge and Information Management Systems. *Electronic Journal of Knowledge Management*, 15 (2), 126-144.
151. Hansen, M. T., Nohria, N. & Tierney, T., (1999): What's your strategy for managing knowledge. *Harvard Business Review*, 77 (2), pp. 106-116.
152. Hassan, A. & Velayutham, T., (2006): Managing Organizational Change: It's Not Just a Picnic. *The Management Case Study Journal*, 6 (1), pp. 1-8.
153. Hatch, M. J., & Yanow, D. (2003): Organization Theory as an Interpretive Science. In H. Tsoukas, & C. Knudsen (szerk.), *The Oxford Handbook of Organization Theory* (old.: 63-87): Oxford: Oxford University Press.
154. Hayes, J. (2018): *The Theory and Practice of Change Management*. Palgrave: London.
155. Hernandez, E., & Menon, A. (2021): Corporate Strategy and Network Change. *Academy of Management Review*, 46 (1), 80–107. <https://doi.org/10.5465/amr.2018.0013>.
156. Heron, J. (1996): *Cooperative Inquiry: Research into the human condition*. London: Sage.
157. Høgevoid, N. M., & Svensson, G. (2012): A business sustainability model: a European case study. *Journal of Business & Industrial Marketing*. 27 (2), 142-151. <https://doi.org/10.1108/08858621211197001>.
158. Hortoványi, L. (2010): *Vállalkozó Vezetés Magyarországon Működő Kis- és Középvállalkozásokban*. PhD értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem.
159. Hortoványi, L. (2016): The Dynamic Nature of Competitive Advantage of the Firm. *Advances in Economics and Business*, 4 (11), 624–629. <https://doi.org/10.13189/aeb.2016.041109>.
160. Hortoványi, L., & Balaton, K. (2016): A versenyképesség és az innováció vállalati szintű vizsgálata. *Vezetéstudomány / Budapest Management Review*, 47 (12), 38-45. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2016.12.04>.
161. Hortoványi, L., & Szabó, Z. R. (2006): Knowledge and Organization: A Network Perspective. *Society and Economy*, 28 (2), 165-179. <https://doi.org/10.1556/socec.28.2006.2.6>.
162. Hortoványi, L., & Vilmányi, M. (2018): Üzleti stratégiák átalakulása a digitalizáció forradalmának forgatagában. In D. Horváth (Szerk.), *Budapesti Corvinus Egyetem* (old.: 1-5):

Budapest: A stratégiai menedzsment legújabb kihívása: a 4. ipari forradalom c. konferencia kiadvány.

163. Horváth, D., Móricz, P. & Szabó, Zs. R. (2018): Üzletimodell-innováció. *Vezetéstudomány / Budapest Management Review*, 49 (6). pp. 2-12. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2018.06.01>
164. Hu, G., Chen, C., Lu, H. T., Wu, Y., Liu, C., Tao, L., et al. (2020): A Review of Technical Advances, Barriers, and Solutions in the Power to Hydrogen (P2H) Roadmap. *Engineering*, 6 (12), 1364-1380. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2020.04.016>.
165. Hughes, M. (2010): *Managing Change: A Critical Perspective*. London: CIPD Publishing.
166. Hung, D. et al. (2013): PS2-14: Ready to Change? The Role of Employee Engagement, Ownership, and Participation in Managing Change. *Clinical Medicine & Research*, 11 (3), 159. <https://doi.org/10.3121/cmr.2013.1176.ps2-14>
167. Ianakiev, A. I., Cui, J. M., Garbett, S., & Filer, A. (2017): Innovative system for delivery of low temperature district heating. *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, 12, 19-28. <https://doi.org/10.5278/ijsepm.2017.12.3>.
168. IdE GmbH. (2019): BIOPOWER2GAS. Letöltés dátuma: 2019. 03. 03., forrás: <http://www.biopower2gas.de/projekt/>
169. Ikaheimo, J., Kivilouma, J., Wiess, R., & Holttinen, H. (2018): Power-to-ammonia in future North European 100 % renewable power and heat system. *International Journal of Hydrogen Energy*, 43, 17295-17308.
170. Imre, A., Kustán, R., & Groniewsky, A. (2019): Thermodynamic Selection of the Optimal Working Fluid for Organic Rankine Cycles. *Energies*, 12, 2028. <https://doi.org/10.3390/en12102028>.
171. Inkeri, E., Tynjälä, T., Laari, A., & Hyppänen, T. (2018): Dynamic one-dimensional model for biological methanation in a stirred tank reactor. *Applied Energy*, 209, 95-107.
172. IRENA. (2018): *Hydrogen from renewable power: Technology outlook for the energy transition*, Abu Dhabi.
173. ITM. (2020): *Nemzeti Energiestratégia 2030, kitekintéssel 2040-ig*.
174. Jarocki, T. L. (2011): *The Next Evolution - Enhancing and Unifying Project and Change Management: The Emergence One Method for Total Project Success*. Princeton: San Francisco.
175. Jäger-Waldau, A. (2019): *PV Status Report 2019*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
176. Jick, T., & Peiperl, M. (2003): *Managing Change: Cases and Concepts*. New York: McGraw-Hill/Irwin.
177. Johannsen, M. R., & Østergaard, P. A. (2019): Editorial - *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management Volume 23*. *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, 23, 1-2. <https://doi.org/10.5278/ijsepm.3466>.
178. Johannsen, M. R., Østergaard, P. A., & Duic, N. (2020): Editorial - *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management Volume 25*. *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, 25, 1-2. <https://doi.org/10.5278/ijsepm.3659>.

179. Johanson, J. & Vahlne, E. J., 1977. The internationalization process of the firm—a model of knowledge development and increasing foreign market commitments. *Journal of International Business Studies*, 8 (1), pp. 23-32. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jibs.8490676>
180. Jørgensen, F., & Ulhøi, J. P. (2010): Enhancing Innovation Capacity in SMEs through Early Network Relationships. *Creativity and Innovation Management*, 19 (4), 397–404. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8691.2010.00577.x>.
181. Karlsruhe Institute of Technology. (2018): Power-to-Gas with High Efficiency. Letöltés dátuma: 2019. 03. 04., forrás: http://www.helmeth.eu/images/joomlplates/documents/PI_2018_009_Power%20to%20Gas%20with%20High%20Efficiency.pdf
182. Kanter, R. M. (1983): *The Change Masters: Innovation for Productivity in the American Corporation*. New York: Simon & Schuster.
183. Kapetaki, Z., & Miranda Barbosa, E. (2019): Carbon Capture Utilisation and Storage Technology Development Report 2018. Luxembourg. <https://doi.org/10.2760/185420>, JRC118297: (CCUS) EUR 29909 EN, European Commission, ISBN 978-92-76-12440-5.
184. Keck, F., Lenzen, M., Vassallo, A., & Li, M. (2019): The impact of battery energy storage for renewable energy power grids in Australia. *Energy*, 173, April, 647-657. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.02.053>.
185. Kelemen, M., & Rumens, N. (2008): *An Introduction to Critical Management Theory*. London: SAGE.
186. Kemelfield, J. (2002): Professional development for flexible learning and teaching: A comparative analysis of Learnscope, 2001-2003. In: A. Williamson, C. Gunn, A. Young & T. Clear (szerk): *Winds of change in the sea of learning. Proceedings of the 19th Annual Conference of the Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education (ASCILITE)*. 339-38. UNITEC: Auckland, New Zealand.
187. Kettinger, W., Li, Y. D., & Kettinger, L. (2015): The roles of psychological climate, information management capabilities, and IT support on knowledge-sharing: An MOA perspective. *European Journal of Information Systems*, 24 (1), 59-75. <https://doi.org/https://doi.org/10.1057/ejis.2013.25>.
188. Khan, I. U., Othman, M. H., Hashim, H., Matsuura, T., Ismail, A. F., Rezaei-DashtArzhandi, M., & Azelee, I. W. (2017): Biogas as a renewable energy fuel – A review of biogas upgrading, utilisation and storage. *Energy Conversion and Management*, 150, 277-294. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.08.035>.
189. Kim, W. C., & Mauborgne, R. (1997): The Strategic Logic of High Growth. *Harvard Business Review*, Jan-Feb, 103-112.
190. Kisari, K. (2017): Economic assessment and organizational aspects of the applicability of the LEAN model in biogas plants. Gödöllő: Szent István University, PhD dissertation.
191. Koonaphapdeelert, S., Aggarangsi, P., & Moran, J. (2020): *Biomethane Production and Applications*. Singapore: Springer.

192. Koryak, O., Lockett, A., Hayton, J., Nicolaou, N., & Mole, K. (2017): Disentangling the antecedents of ambidexterity: Exploration and exploitation. *Research Policy*, 47 (2), 413-427. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2017.12.003>.
193. Kotter, J. P. (1990): What Leaders Really Do. *Harvard Business Review*, 68 (3), 103–111.
194. Kotter, J. P. (1995): Leading change, Why transformation efforts fail. *Harvard Business Review*, 73, 59–67.
195. Kotter, J. P. (2012): Accelerate! *Harvard Business Review*, 90 (11), 44-58.
196. Kreeft, G. J. (2017): European Legislative and Regulatory Framework on Power-to-Gas. STORE&GO Project, Deliverable 7.2.
197. Kucevic, D., Tepe, B., Englberger, S., Parlikar, A., Mühlbauer, M., Bohlen, O., et al. (2020): Standard battery energy storage system profiles: Analysis of various applications for stationary energy storage systems using a holistic simulation framework. *Journal of Energy Storage*, 28, 101077. <https://doi.org/10.1016/j.est.2019.101077>.
198. Kucsera, C. (2008): Megalapozott elmélet: egy módszertan fejlődéstörténete. *Szociológiai Szemle*, 3, 92–108.
199. Kvale, S. (1996): *InterViews - An introduction to qualitative research interviewing*. London: Sage.
200. Laude, A., Ricci, O., Bureau, G., Royer-Adnot, J., & Fabbri, A. (2011): CO2 capture and storage from a bioethanol plant: Carbon and energy footprint and economic assessment. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 5 (5), 1220-1231. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2011.06.004>.
201. Lawrence, P. R., & Lorsch, J. W. (1967): *Organization and Environment: Managing Differentiation and Integration*. Boston: Division of Research, Graduate School of Business Administration, Harvard University.
202. Lee, J., & Roberts, M. J. (2015): International returnees as outside directors: A catalyst for strategic adaptation under institutional pressure. *International Business Review*. 24 (4), 594-604. <https://doi.org/10.1016/j.ibusrev.2014.10.015>.
203. Leeuwen, C., & Zauner, A. (2018): Innovative large-scale energy storage technologies and Power-to-Gas concepts after optimisation - Report on the costs involved with PtG technologies and their potentials across the EU. EU: STORE&GO.
204. Lerch, C., & Gotsch, M. (2015): Digitalized Product-Service Systems in Manufacturing Firms. *Research Technology Management*, 58 (5), 45-52. <https://doi.org/10.5437/08956308X5805357>
205. Leung, D. Y., Caramanna, G., & Maroto-Valer, M. M. (2014): An overview of current status of carbon dioxide capture and storage technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 426–443. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.093>
206. Lewin, K. (1946): Action research and minority problems. *Journal of Social Issues*, 2 (4), 34-46. <https://doi.org/10.1111/j.1540-4560.1946.tb02295.x>.
207. Lewin, K. (1947): Frontiers in group dynamics: Concept, method and reality in social science; equilibrium and social change. *Human Relations* 1 (1), 5–41. <https://doi.org/10.1177/001872674700100103>

208. Li, Q., Maggitti, P., Smith, K., Tesluk, P., & Katila, R. (2013): Top Management Attention to Innovation: The Role of Search Selection and Intensity in New Product Introductions. *Academy of Management Journal*, 56 (3), 893–916. <https://doi.org/10.5465/amj.2010.0844>.
209. Locke, K. (2001): *Grounded Theory in Management Research*. London: Sage.
210. Lovato, G., Alvarado-Morales, M., Kovalovszki, A., Peprah, M., Kougiyas, P. G., Rodrigues, J. A., & Angelikadi, I. (2017): In-situ biogas upgrading process: Modeling and simulations aspects. *Bioresource Technology*, 245, 332-341. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.08.181>
211. Lowe, A. (1995): The basic social processes of entrepreneurial innovation. *International Journal of Entrepreneurial Behaviour and Research*, 1 (2), 54-76. <https://doi.org/10.1108/13552559510090622>.
212. Luecke, R. (2003): *Managing Change and Transition*. Boston: Harvard Business School Publishing.
213. Luo, Y., Shi, Y., Li, W., & Cai, N. (2018): Synchronous enhancement of H₂O/CO₂ co-electrolysis and methanation for efficient one-step power-to-methane. *Energy Conversion and Management*, 165, 127-136. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.03.028>
214. Luthra, S., Kumar, S., Kharb, R., Ansari, M. F., & Shimmi, S. L. (2014): Adoption of smart grid technologies: An analysis of interactions among barriers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 33, 554-565. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.02.030>.
215. Lüscher, L. S., & Lewis, M. W. (2008): Organizational change and managerial sensemaking: Working through paradox. *Academy of Management Journal*, 51, (2), 221-240. <https://doi.org/10.5465/amj.2008.31767217>.
216. Lybæk, R., & Kjær, T. (2015): Municipalities as facilitators, regulators and energy consumers for enhancing the dissemination of biogas technology in Denmark. *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, 8, 17-30. <https://doi.org/10.5278/ijsepm.2015.8.3>.
217. March, J. G. (1991): Exploration and exploitation in organizational learning. *Organization Science*, 2 (1), 71–87. <https://doi.org/10.1287/orsc.2.1.71>.
218. Markard, J., & Truffer, B. (2006): Innovation processes in large technical systems: market liberalization as a driver for radical change? *Res. Policy*, 35, 609–625. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2006.02.008>
219. Martin, A., & Balestra, G. (2019): Using Regulatory Sandboxes to Support Responsible Innovation in the Humanitarian Sector. *Global Policy*, 10 (4), pages 733-736. <https://doi.org/10.1111/1758-5899.12729>.
220. Martin, R., M., Fornero, J. J., Stark, R., Mets, L., & Angenent, L. T. (2013): A Single-Culture Bioprocess of *Methanothermobacter thermoautotrophicus* to Upgrade Digester Biogas by CO₂-to-CH₄ Conversion with H₂. in *Archaea*, Volume 2013 A, Article ID 157529. <https://doi.org/10.1155/2013/157529>.
221. Mason, J. (2006): Mixing methods in a qualitatively driven way. *Qualitative Research*, 6 (1), 9-25. <https://doi.org/10.1177/1468794106058866>
222. May, K. A. (1989): Interview techniques in qualitative research: concerns and challenges. In J. M. Morse (eds.), *Qualitative Nursing Research: A Contemporary Dialogue*. Aspen: Rockville, Maryland.

223. Mazza, A., Bompard, E., & Chicco, G. (2018): Applications of power to gas technologies in emerging electrical systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Volume, 92, 794-806. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.072>.
224. McDermott, C. (2002): Managing radical innovation: an overview of emergent strategy issues. *Journal of Product Innovation Management*, 19 (6), 424-438. [https://doi.org/10.1016/S0737-6782\(02\)00174-1](https://doi.org/10.1016/S0737-6782(02)00174-1).
225. McNiff, J. (2013): *Action Research - Principles and practice*. London: Routledge.
226. Mészáros, T. (2010): Régi és új elemek a stratégiai gondolkodásban. *Vezetéstudomány / Budapest Management Review*, 41 (4), 2-12. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2010.04.01>
227. Mets, L. (2012): *Methanothermobacter thermautotrophicus* strain and variants thereof. Szabadalom / Patent: EP2661511B1.
228. Miles, M., & Huberman, A. (1994): *Qualitative data analysis*. London: Sage.
229. Millar, J., Demaid, A., & Quintas, P. (1997): Trans-organizational innovation: a framework for research. *Technology Analysis & Strategic Management*, 9 (4), 399-418. <https://doi.org/10.1080/09537329708524294>.
230. Mishra, B., & Bhaskar, U. A. (2011): Knowledge management process in two learning organisations. *Journal of Knowledge Management*, 15 (2), 344-359. <https://doi.org/10.1108/13673271111119736>.
231. Mitev, A. Z. (2006): *A társadalmi marketing elméleti és empirikus kérdései*. PhD értekezés - Budapesti Corvinus Egyetem.
232. Mitev, A. Z. (2012): Grounded theory, a kvalitatív kutatás klasszikus mérföldköve. *Vezetéstudomány / Budapest Management Review*, 43 (1), 17-30.
233. Moreno Santamaria, B., Ama Gonzalo, F., Aguirregabiria, B., & Hernandez Ramos, J. (2020): Evaluation of Thermal Comfort and Energy Consumption of Water Flow Glazing as a Radiant Heating and Cooling System: A Case Study of an Office Space. *Sustainability*, 12, 7596. <https://doi.org/10.3390/su12187596>.
234. Morgan, G., & Smircich, L. (1980): The case for qualitative research. *Academy of Management Review*, 5, 491-500. <https://doi.org/10.5465/amr.1980.4288947>
235. Müller, J. M., & Kunderer, R. (2019): Ex-Ante Prediction of Disruptive Innovation: The Case of Battery Technologies. *Sustainability*, 11, 5229. <https://doi.org/10.3390/su11195229>.
236. Nair, S. S., Smritika, S. T., & Thomas, K. A. (2020): Revitalizing Education through Problem based Learning Practices. *Shanlax International Journal of Education*, 9 (1), 109-117. <https://doi.org/10.34293/education.v9i1.3436>
237. Nambisan, S., Lyytinen, K., Majchrzak, A., & Song, M. (2017): Digital Innovation Management: Reinventing Innovation Management Research in a Digital World. *MIS Quarterly*, 41 (1), 223-238. <https://doi.org/10.25300/misq/2017/41:1.03>.
238. Német Energia Ügynökség: Power to Gas Stratégiaplatform. (2019): Audi e-gas Projekt. Letöltés dátuma: 2019. 03. 02., forrás: <http://www.powertogas.info/power-to-gas/pilotprojekte-im-ueberblick/audi-e-gas-projekt/>

239. Nguyen, T., & Kim, I. (2021): Ag Nanoparticle-Decorated MoS₂ Nanosheets for Enhancing Electrochemical Performance in Lithium Storage. *Nanomaterials*, 11, 626. <https://doi.org/10.3390/nano11030626>.
240. Nielsen, S., Thellufsen, J. Z., Sorknæs, P., Djørup, S. R., Sperling, K., Østergaard, P. A., & al, e. (2020): Smart Energy Aalborg: Matching End-Use Heat Saving Measures and Heat Supply Costs to Achieve Least Cost Heat Supply. *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, 25, 13-32. <https://doi.org/10.5278/ijsepm.3398>.
241. Nisar, A., Palacios, M., & Grijalvo, M. (2016): Open organizational structures: A new framework for the energy industry. *Journal of Business Research*, 69 (11), 5175-5179. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2016.04.100>
242. Noble, D. (1984): *Forces of Production: A Social History of Industrial Automation*. New York: Alfred A. Knopf.
243. Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995): *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. Oxford: Oxford University Press.
244. Nonaka, I., Kodama, M., Hirose, A., & Kohlbacher, F. (2014): Dynamic fractal organizations for promoting knowledge-based transformation: A new paradigm for organizational theory. *European Management Journal*, 32 (1), 137– 146. <https://doi.org/10.1016/j.emj.2013.02.003>.
245. Nutt, P. C. (1986): Tactics of implementation. *Academy of Management Journal*, 29 (2), 230–261. <https://doi.org/10.2307/256187>
246. Odriozola-Fernández, I., Berbegal-Mirabent, J., & Merigó-Lindahl, J. (2019): Open innovation in small and medium enterprises: a bibliometric analysis. *Journal of Organizational Change Management*, 32 (5), 533-557. <https://doi.org/10.1108/JOCM-12-2017-0491>.
247. OECD (2011): *Fostering Innovation for Green Growth*. Organisation for Economic Co-operation and Development. Paris: OECD.
248. Oehmichen, J., Heyden, M. L., Georgakakis, D., & Volberda, H. W. (2017): Boards of directors and organizational ambidexterity in knowledge-intensive firms. *International Journal of Human Resource Management*, 28 (2), 283-306. <https://doi.org/10.1080/09585192.2016.1244904>.
249. Østergaard, P. A., & Maestosi, C. P. (2019): Tools, technologies and systems integration for the Smart and Sustainable Cities to come. *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, 24, 01-06. <https://doi.org/10.5278/ijsepm.3405>.
250. Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010): *Business Modell Generation*. New Yersey: John Wiley & Sons.
251. Parker, D., Charlton, J., Ribeiro, A., D. Pathak, R. (2013): Integration of project-based management and change management: Intervention methodology. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 62 (5), 534-544. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-10-2012-0108>
252. Parobek, J., Palu, H., Kalamárová, M., Loucanová, E., Supín, M., Krizanová, A., & Stofková, K. R. (2016): Energy Utilization of Renewable Resources in the European Union: Cluster Analysis Approach. *BioResources*, 11, 984-995.
253. Partington, D. (2000): Building grounded theories of management action. *British Journal of Management*, 11, 91-102. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.00153>.

254. Pataki, G. (2000): Az Ökológiailag Fenntartható Vállalat. Doktori (PhD) értekezés. Budapesti Corvinus Egyetem.
255. Patterson, T., Savvas, S., Chong, A., Law, I., Dinsdale, R., & Esteves, S. (2017): Integration of Power to Methane in a waste water treatment plant – A feasibility study. *Biosource Technology*, 245, 1049-1057. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.09.048>
256. Peris-Ortiz, M., & Liñán, F. (2019): Organizational change in open innovation (OI): *Journal of Organizational Change Management*, 32 (5), 493-495. <https://doi.org/10.1108/JOCM-08-2019-493>.
257. Peters, R., Baltruweit, M., Grube, T., Samsun, R. C., & Stolten, D. (2019): A techno economic analysis of the power to gas route. *Journal of CO2 Utilization*, 34, 616–634. doi:10.1016/j.jcou.2019.07.009
258. Pfeffer, J., & Salancik, G. R. (1978): *The external control of organizations*. New York, NY: Harper and Row.
259. Porter, M. (1980): *Competitive strategy: techniques for analysing industries and competition*. New York: Free Press.
260. Pörzse, G.; Csedő, Z.; & Zavarkó, M. (2021): Disruption potential assessment of the power-to-methane technology. *Energies*, 14 (8), 2297; <https://doi.org/10.3390/en14082297>.
261. Pugh, D. S., Hickson, D. J., Hinings, C. R., & Turner, C. (1969): The Context of Organization Structures. *Administrative Science Quarterly*, 14 (1), 91-114. <https://doi.org/10.2307/2391366>.
262. Radu, L.-D. (2020): Disruptive Technologies in Smart Cities: A Survey on Current Trends and Challenges. *Smart Cities*, 3, 1022-1038. <https://doi.org/10.3390/smartcities3030051>.
263. RAG Austria AG. (2017): Underground Sun Conversion Research Project. Letöltés dátuma: 2019. 03. 04., forrás: https://www.underground-sun-conversion.at/fileadmin/bilder/SUNCONVERSION/Presseartikel/Press_information_Underground_Sun_Conversion__ENG_2-3-2017_FINAL.pdf
264. RAG Austria AG. (2018): Underground Sun Conversion: Renewable gas produced to store solar and wind power. Letöltés dátuma: 2019. 03. 03., forrás: https://www.rag-austria.at/fileadmin/bilder/0_NEU_RAG_Austria_AG/Unternehmen/sunconversion_broschuere_engl_180907_fin.pdf
265. Raisch, S., & Birkinshaw, J. (2008): Organizational Ambidexterity: Antecedents, Outcomes, and Moderators. *Journal of Management*, 34 (3), 375-409. <https://doi.org/10.1177/0149206308316058>.
266. Reason, P. (2001): *Handbook of action research: participative inquiry and practice*. London: SAGE.
267. Roehrich, J. K., Selviaridis, K., Kalra, J., Van der Valk, W., & Fang, F. (2020): Inter-organizational governance: a review, conceptualisation and extension. *Production Planning & Control*, 31 (6), 453-469. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1647364>.
268. Rosaldo, W. L. (2016): *The impact of implementing human capital management software: A case study on leadership and user acceptance at a private research university*. PhD Dissertation: Faculty of Robert Morris University.
269. Salies, E. (2010): A test of the Schumpeterian hypothesis in a panel of European electric utilities. In J. L. Gaffard, & E. Salies (szerk.), *Innovation, Economic Growth and the Firm*. New York: Edward Elgar Publishing.

270. Sára, Z. (2019): A digitális know-how fejlesztés lehetőségei egy power-to-gas üzem esetében. *Energiagazdálkodás*, 60 (különszám), 26-30.
271. Sára, Z., Csedő, Z., Fejes, J., Tóth, T., & Pörzse, G. (2014): Innovációmenedzsment és innovációs stratégiák – a vállalati tudás szerepe az innovációs folyamatokban - Innovation management and innovation strategies – the role of corporate knowledge in innovative processes. *Vezetéstudomány / Budapest Management Review*, 45 (10), 42-48. [https://doi.org/ 10.14267/VEZTUD.2014.10.04](https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2014.10.04)
272. Sára, Z., Csedő, Z., Fejes, J., Tóth, T., & Pörzse, G. (2013): Innovation Management in Central and Eastern Europe: Technology Perspectives and EU Policy Implications. *Journal of Economics and Sustainable Development*, 4 (4), 48-56.
273. Sarasvathy, S. D., Dew, N., Ramakrishna Velamuri, S., & Venkataraman, S. (2003): Three Views of Entrepreneurial Opportunity. In Zoltan Acs (ed.): *Handbook of Entrepreneurship* (141-160). https://doi.org/10.1007/0-387-24519-7_7: Boston, MA: Kluwer Acade.
274. Sarkar, D., & Odyuo, Y. (2019): An ab initio issues on renewable energy system integration to grid. *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, 23, 27-38. <http://doi.org/10.5278/ijsepm.2802>.
275. Sarnikar, S., & Deokar, A. V. (2017): A design approach for process-based knowledge management systems. *Journal of Knowledge Management*, 21 (4), 693-717. <https://doi.org/10.1108/jkm-09-2016-0376>.
276. Schaeffer, G. J. (2015): Energy Sector in Transformation, Trends and Prospects. *Procedia Computer Science*, 52, 866-875. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.05.144>
277. Schäfer, M., Gretzschel, O., & Steinmetz, H. (2020): The Possible Roles of Wastewater Treatment Plants in Sector Coupling. *Energies*, 13, 2088. <https://doi.org/10.3390/en13082088>.
278. Scherrer, C. (2005): Beyond Path Dependency and Competitive Convergence - Institutional transfer from a discourse-analytical perspective. In G. Fuchs, & P. Shapira (szerk.), *Rethinking Regional Innovation and Change* (1-21): New York, NY: Economics of Science, Technology and Innovation, vol 30. Springer.
279. Schiebahn, S., Grube, T., Robinius, M., Tietze, V., Kumar, B., & Stolten, D. (2015): Power to gas: Technological overview, systems analysis and economic assessment for a case study in Germany. *International Journal of Hydrogen Energy*, 40, 4285-4294. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2015.01.123>
280. Schlesinger, P. S., & Kotter, J. P. (1992): *Organization: Text, Cases, and Readings on the Management of Organizational Design and Change*. Irwin: Homewood, 3th ed.
281. Schmidt, P., & Weindorf, W. (2016): *Power-to-Liquids - Potentials and Perspectives for the Future Supply of Renewable Aviation Fuel*. Munich: German Environment Agency.
282. Schwab, K. (2019): *The Global Competitiveness Report 2019*. Cologne/Geneva: World Economic Forum.
283. Senge, P. M. (1999): *The dance of change: The challenges of sustaining momentum in learning organizations*. New York: Currency/Doubleday.

284. Servi, M., Zulli, A., Volpe, Y., Furferi, R., Puggelli, L., Messineo, A., Facchini, F. (2021): Handheld Optical System for Pectus Excavatum Assessment. *Applied Sciences*, 11, 1726. <https://doi.org/10.3390/app11041726>.
285. Simonis, B., & Newborough, M. (2017): Sizing and operating power-to-gas systems to absorb excess renewable electricity. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42, 21635-21647. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.07.121>
286. Singh, V. K., Henriques, C. O., & Martins, A. G. (2019): A multiobjective optimization approach to support end-use energy efficiency policy design – the case-study of India. *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, 23, 55-68. <http://doi.org/10.5278/ijsepm.2408>.
287. Sinóros-Szabó, B. (2019): Evaluation of Biogenic Carbon Dioxide Market and Synergy Potential for Commercial-Scale Power-to-Gas Facilities in Hungary. In Pintér, Gábor; Csányi, Szilvia; Zsiborács, Henrik (szerk.) *Innovációs kihívások a XXI. században: LXI. Georgikon Napok konferenciakötete* (old.: 371-380): Keszthely, Hungary: ISBN: 9789633961308.
288. Sinóros-Szabó, B., Zavarkó, M., Popp, F., Grima, P., & Csedő, Z. (2018): Biomethane production monitoring and data analysis based on the practical operation experiences of an innovative power-to-gas benchscale prototype. *Journal of Agricultural Sciences*, 150, 399-410. <https://doi.org/10.34101/actaagrar/150/1736>
289. Sitompul, S., Hanawa, Y., Bupphaves, V., & Fujita, G. (2020): State of Charge Control Integrated with Load Frequency Control for BESS in Islanded Microgrid. *Energies*, 13, 4657. <https://doi.org/10.3390/en13184657>.
290. Smith, R., King, D., Sidhu, R., & Skelsey, D. (2014): *The Effective Change Manager's Handbook: Essential Guidance to the Change Management Body of Knowledge*. London: Kogan Page.
291. STORE&GO (2020): The project STORE&GO - Shaping the energy supply for the future. Letöltés dátuma: 2020.02.10., forrás: <https://www.storeandgo.info/about-the-project/>
292. STORE&GO (2021): The STORE&GO Demonstration Sites. Letöltés dátuma: 2021. 02. 11., forrás: <https://www.storeandgo.info/demonstration-sites/>
293. Strauss, A., & Corbin, J. (1998): *Basics of Qualitative Research: Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory*. Thousand Oaks: Sage Publications.
294. Sull, D. N. (1999): Why Good Companies Go Bad. *Harvard Business Review*, 77, July/August, 42-48.
295. Sunfire (2020): Norsk E-Fuel Is Planning Europe's First Commercial Plant For Hydrogen-Based Renewable Aviation Fuel In Norway. Letöltés dátuma: 2021. 02 12, forrás: <https://www.sunfire.de/en/news/detail/norsk-e-fuel-is-planning-europes-first-commercial-plant-for-hydrogen-based-renewable-aviation-fuel-in-norway>
296. Susman, G. I., & Evered, R. D. (1978): An assessment of the scientific merits of action research. *Administrative Science Quarterly*, 23 (4), 582-603. <https://doi.org/10.2307/2392581>.
297. Sydow, J., Schreyögg, G., & Koch, J. (2009): Organizational path dependence: Opening the black box. *Academy of Management Review*, 34 (4), 689-709. <https://doi.org/10.5465/amr.34.4.zok689>.
298. Sytch, M., & Tatarynowicz, A. (2014): Friends and Foes: The Dynamics of Dual Social Structures. *Academy of Management Journal*, 57 (2), 585–613. <https://doi.org/10.5465/amj.2011.0979>.

299. Szabó, Z. R. (2008): Adaptációs stratégiák a kialakuló bioetanol-iparágban. *Vezetéstudomány / Budapest Management Review*, 39 (11), 54–63. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2008.11.06>
300. Szabó, Z. R. (2014): *Strategic Adaptation, Ambidexterity and Competitiveness*. USA: Lambert Academic Publishing.
301. Tabrizi, B. (2014): The Key to Change Is Middle Management. *Harvard Business Review*, October, 2-5.
302. Taródy, D. (2016): Organizational ambidexterity as a new research paradigm in strategic management. *Vezetéstudomány / Budapest Management Review*, 47 (5), 39–52. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2016.05.04>
303. Teece, D. J., (2012): Dynamic capabilities: Routines versus entrepreneurial action. *Journal of Management Studies*, 49 (8), pp. 1395-1401. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6486.2012.01080.x>.
304. Teece, D. J. (2016): Dynamic capabilities and entrepreneurial management in large organizations: Toward a theory of the (entrepreneurial) firm. *European Economic Review*, 86, 202–216. <https://doi.org/10.1016/j.eurocorev.2015.11.006>.
305. Teece, D. J. (1986): Profiting from technological innovation: implications for integration, collaboration, licensing and public policy. *Research Policy*, 15 (6), 285–305. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(86\)90027-2](https://doi.org/10.1016/0048-7333(86)90027-2).
306. Teece, D. J., Pisano, G., & Schuen, A. (1997): Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18 (7), 509–533. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1097-0266\(199708\)18:7<509::aid-smj882>3.0.co;2-z](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-0266(199708)18:7<509::aid-smj882>3.0.co;2-z).
307. Teece, D. J. (2007): Explicating dynamic capabilities: The nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. *Strategic Management Journal*, 28 (13), 319-1350. <https://doi.org/10.1002/smj.640>.
308. Teng, J. T., Jeong, S. R., & Grover, V. (1998): Profiling successful reengineering projects. *Commun. ACM* 41, (6), 96–102. <https://doi.org/10.1145/276609.276625>.
309. The Business Times. (2017): EMA moves ahead to launch regulatory sandbox for electricity, gas sectors. Letöltés dátuma: 2020. 06. 13. forrás: <https://www.businesstimes.com.sg/energy-commodities/ema-moves-ahead-to-launch-regulatory-sandbox-for-electricity-gas-sectors>
310. Thema, M., Bauer, F., & Sterner, F. (2019): Power-to-Gas: Electrolysis and methanation status review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 112, 775-787. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.06.030>
311. Tidd, J., & Thuriaux-Alemán, B. (2016): Innovation management practices: cross-sectorial adoption, variation, and effectiveness. *R&D Management*, 46 (3), 1024–1043. <https://doi.org/10.1111/radm.12199>.
312. Tricarico, L. (2018): Community Energy Enterprises in the Distributed Energy Geography. *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, 18, 81-94. <https://doi.org/10.5278/ijsepm.2018.18.6>.
313. Tripsas, M., & Gavetti, G. (2000): Capabilities, cognition, and inertia: Evidence from digital imaging. *Strategic Management Journal*, 21 (10-11), 1147-1161. [https://doi.org/10.1002/1097-0266\(200010/11\)21:10/11<1147::AID-SMJ128>3.0.CO;2-R](https://doi.org/10.1002/1097-0266(200010/11)21:10/11<1147::AID-SMJ128>3.0.CO;2-R)

314. Turner, J. R. (2009): *Handbook of Project-based Management: Leading Strategic Change in Organizations*. The McGraw-Hill: New York.
315. Tushman, M. L., & O'Reilly, C. A. (1996): Ambidextrous organizations: Managing evolutionary and revolutionary change. *California Management Review*, 38 (4), 8-30. <https://doi.org/10.2307/41165852>.
316. Ullah, N., Alnumay, W., Al-Rahmi, W., Alzahrani, A., & Al-Samarraie, H. (2020): Modeling Cost Saving and Innovativeness for Blockchain Technology Adoption by Energy Management. *Energies*, 13, 4783. <https://doi.org/10.3390/en13184783>.
317. Ullah, N., Mugahed Al-Rahmi, W., Alzahrani, A., Alfarraj, O., & Alblehai, F. (2021): Blockchain Technology Adoption in Smart Learning Environments. *Sustainability*, 13, 1801. <https://doi.org/10.3390/su13041801>.
318. Utterback, J. M., 1994. *Mastering the dynamics of innovation*. Boston: Harvard Business School Press.
319. Van De Ven, A., & Poole, M. (1995): Explaining Development and Change in Organizations. *Academy of Management Review*, 20, 510-540. <https://doi.org/10.2307/258786>.
320. van der Valk, T., Chappin, M. M., & Gijsbers, G. W. (2011): Evaluating innovation networks in emerging technologies. *Technological Forecasting & Social Change*, 78, 25–39. doi:10.1016/j.techfore.2010.07.001.
321. van der Waal, E., Das, A., & van der Schoor, T. (2020): Participatory Experimentation with Energy Law: Digging in a 'Regulatory Sandbox' for Local Energy Initiatives in the Netherlands. *Energies*, 13, pages 458-479. <https://doi.org/10.3390/en13020458>.
322. van Melle, T., et al. (2018): Gas for Climate - How gas can help to achieve the Paris Agreement target in an affordable way. Ecofys, Gas for Climate Consortium.
323. Vandewalle, J., Bruninx, K., & D'haeseleer, W. (2015): Effects of large-scale power to gas conversion on the power, gas and carbon sectors and their interactions. *Energy Conversion and Management*, 94, 28-39. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.01.038>.
324. Varone, A., & Ferrari, M. (2015): Power to liquid and power to gas: An option for the German Energiewende. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 45, 207-218. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.01.049>.
325. Végh, D., & Primecz, H. (2016): Beyond paradigm bind: A new era for organization studies after the paradigm debate. Newcastle: Paper presented at British Academy of Management, 5-7 September, 2016.
326. Venugopal, A., Krishnan, T., Kumar, M., & Upadhyayula, R. (2017): Strengthening organizational ambidexterity with top management team mechanisms and processes. *International Journal of Human Resource Management*, January, 1-32. <https://doi.org/10.1080/09585192.2016.1277369>.
327. Viessmann Werke GmbH & Co. KG. (2019): About Viessmann. Letöltés dátuma: 2019. 03. 03., forrás: <http://www.viessmann.com/com/en/company.html>
328. Viessmann Werke GmbH & Co. KG. (2019): MicrobEnergy GmbH. Letöltés dátuma: 2019. 03. 03., forrás: <https://www.viessmann.de/de/kommunen/microbenergy.html>

329. Wang, C., Rodan, S., Fruin, M., & Xiaoyan, X. (2014): Knowledge Networks, Collaboration Networks, and Exploratory Innovation. *Academy of Management Journal*, 57 (2), 484–514. <https://doi.org/10.5465/amj.2011.0917>.
330. Wang, L., Pérez-Fortes, M., M. H., Diethelm, S., Van Herle, J., & Maréchal, F. (2018): Optimal design of solidoxide electrolyzer based power-to-methane systems: A comprehensive comparison between steam electrolysis and co-electrolysis. *Applied Energy*, 211, 1060-1079. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.11.050>.
331. Wang, Y., Meister, D. B., & Gray, P. H. (2013): Social influence and knowledge management systems use: evidence from panel data. *MIS Quarterly*, 37 (1), 299-313. <https://doi.org/10.25300/MISQ/2013/37.1.13>.
332. Wenge, C., Pietracho, R., Balischewski, S., Arendarski, B., Lombardi, P., Komarnicki, P., & Kasprzyk, L. (2020): Multi Usage Applications of Li-Ion Battery Storage in a Large Photovoltaic Plant: A Practical Experience. *Energies*, 13, 4590. <https://doi.org/10.3390/en13184590>.
333. Wilberforce, T., Olabi, A. G., Sayed, E. T., Elsaid, K., & Abdelkareem, M. A. (2021): Progress in carbon capture technologies. *Science of The Total Environment*, 761, 143203. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143203>.
334. Wilsford, D. (1994): Path dependency, or why history makes it difficult but not impossible to reform health care systems in a big way. *The International Journal of Public Policy Studies*, 14 (3), 251-283. <https://doi.org/10.1017/S0143814X00007285>
335. Wu, F., Argyle, M. D., Dellenback, P. A., & Fan, M. (2018): Progress in O2 separation for oxy-fuel combustion—A promising way for cost-effective CO2 capture: A review. *Progress in Energy and Combustion Science*, 67, 188-205. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2018.01.004>.
336. Yang, Y., Bremner, S., Menictas, C., & Kay, M. (2018): Battery energy storage system size determination in renewable energy systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91, 109-125. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.047>.
337. Yigitcanlar, T., Desouza, K., Butler, L., & Roozkhosh, F. (2020): Contributions and Risks of Artificial Intelligence (AI) in Building Smarter Cities: Insights from a Systematic Review of the Literature. *Energies*, 13, 1473. <https://doi.org/10.3390/en13061473>.
338. Yilmaz, S., Ozgen, H., & Akyel, R. (2013): The impact of change management on the attitudes of Turkish security managers towards change: A case study. *Journal of Organizational Change Management*, 26 (1), 117-138. <https://doi.org/10.1108/09534811311307941>
339. Yin, R. K. (2003): Case study research. Design and methods. Thousand Oaks: SAGE Publications.
340. Yong, P. (2019): Theoretical discovery of high capacity hydrogen storage metal tetrahydrides. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44 (33), 8153-18158. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.05.145>.
341. Zaida, Y. B., Chapurlat, V., & Crestani D. (2007): Construction Of Change Trajectories For Manufacturing Enterprise. *IFAC Proceedings Volumes*, 40 (18), 631-636. <https://doi.org/10.3182/20070927-4-RO-3905.00104>.
342. Zauner, A. B., & Tichler, R. (2019): D7.7. Analysis on future technology options and on techno-economic optimization. STORE&GO.

343. Zavarkó, M. (2019a): Nemzetközi power-to-gas technológia fejlesztési projektek tanulságai. *Energiagazdálkodás*, 60 (Különszám), 21-25.
344. Zavarkó, M. (2019b): Power-to-Gas Technology Development: Innovation Management Beyond Organizational Boundaries. In: Pintér, G.; Csányi, Sz.; Zsiborács, H. (szerk.) *Innovációs kihívások a XXI. században: LXI. Georgikon Napok konferenciakötete*. Keszthely, Magyarország: Pannon Egyetem Georgikon Kar, 543.
345. Zavarkó, M., Bertalan, Z., Sára, Z., & Csedő, Z. (2017): Innovation and Knowledge Management in the Energy Sector. *Journal of Energy Technologies and Policy*, 7 (1), 45-53.
346. Zavarkó, M., Csedő, Z., & Sinóros-Szabó, B. (2018): Dynamic Co-Capabilities in Innovation Management: the Case of Power-to-Gas Technology Development and Implementation. *Journal of Energy Technologies and Policy*, 8 (8), 41-52.
347. Zeng, Y., Dong, P., Shi, Y., & Li, Y. (2018): On the Disruptive Innovation Strategy of Renewable Energy Technology Diffusion: An Agent-Based Model. *Energies*, 11, 3217. <https://doi.org/10.3390/en11113217>.
348. Zhang, X. (2017): Knowledge management system use and job performance: A multilevel contingency model. *MIS Quarterly*, 41 (3), 811-A5. <https://doi.org/10.25300/MISQ/2017/41.3.07>.
349. Zhang, X., & Venkatesh, V. (2017): A nomological network of knowledge management system use: antecedents and consequences. *MIS Quarterly*, 41 (4), 1275-1306. <https://doi.org/10.25300/MISQ/2017/41.4.12>.
350. Zhang, X., Bauer, C., Mutel, L. C., & Volkart, K. (2017): Life Cycle Assessment of Power-to-Gas: Approaches, system variations and their environmental implications. *Applied Energy*, 190, 326-338. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.12.098>.
351. Zhang, X., Venkatesh, V., & Brown, S. A. (2011): Designing Collaborative Systems to Enhance Team Performance. *Journal of the Association for Information Systems*, 12 (8), 556-584. <https://doi.org/10.17705/1jais.00273>.
352. Zhang, Y., & Wildemuth, B. (2009): Qualitative analysis of content. *Applications of Social Research Methods to Questions in Information and Library Science*, 308-319.
353. Zoss, T., Dace, E., & Blumberga, D. (2016): Modeling a power-to-renewable methane system for an assessment of power grid balancing options in the Baltic States' region. *Applied Energy*, 170, 278-285. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.02.137>.

9 SAJÁT PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE

Publikációk nemzetközi referált folyóiratokban

- Csedő, Z., & Zavarkó, M. (2020): The role of inter-organizational innovation networks as change drivers in commercialization of disruptive technologies: the case of power-to-gas. *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, 28, 53-70. <https://doi.org/10.5278/ijsepm.3388>.
- Csedő, Z., Sinóros-Szabó, B., & Zavarkó, M. (2020): Seasonal Energy Storage Potential Assessment of WWTPs with Power-to-Methane Technology. *Energies*, 13 (18), 4973. <https://doi.org/10.3390/en13184973>.
- Pörzse, G.; Csedő, Z.; & Zavarkó, M. (2021): Disruption potential assessment of the power-to-methane technology. *Energies*, 14 (8), 2297; <https://doi.org/10.3390/en14082297>.
- Zavarkó, M., Bertalan, Z., Sára, Z., & Csedő, Z. (2017): Innovation and Knowledge Management in the Energy Sector. *Journal of Energy Technologies and Policy*, 7 (1), 45-53.
- Zavarkó, M., Csedő, Z., & Sinóros-Szabó, B. (2018): Dynamic Co-Capabilities in Innovation Management: the Case of Power-to-Gas Technology Development and Implementation. *Journal of Energy Technologies and Policy*, 8 (8), 41-52.

Publikációk hazai referált folyóiratokban

- Csedő, Z., & Zavarkó, M. (2019a): Változás, tudás és innováció a vezetéstudományban: elméleti modellek elemzése és értelmezése. *Vezetéstudomány / Budapest Management Review*, 50 (12), 173-184. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2019.12.15>
- Csedő, Z., Zavarkó, M., & Sára, Z. (2018): A vállalati innováció által indukált szervezeti változások a magyar energiaszektorban. *Vezetéstudomány / Budapest Management Review*, 49 (2), 53-62. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2018.02.06>.
- Csedő, Z., Zavarkó, M., & Sára, Z. (2019a): Tudásmenedzsment és stratégiai kettős képesség: felsővezetői döntések elemzése az innovációs stratégia megvalósítása során. *Vezetéstudomány / Budapest Management Review*, 50 (3), 36-49. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2019.03.04>.
- Csedő, Z., Zavarkó, M., & Sára, Z. (2019b): Innováció-e a digitalizáció? A digitális transzformáció és az innovációmenedzsment tanulságai egy pénzügyi szolgáltatónál. *Vezetéstudomány / Budapest Management Review*, 50 (7-8), 88-101. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2019.07.08>
- Sinóros-Szabó, B., Zavarkó, M., Popp, F., Grima, P., & Csedő, Z. (2018): Biomethane production monitoring and data analysis based on the practical operation experiences of an innovative power-to-gas benchscale prototype. *Journal of Agricultural Sciences*, 150, 399-410. <https://doi.org/10.34101/actaagrar/150/1736>
- Zavarkó, M. (2019a): Nemzetközi power-to-gas technológia fejlesztési projektek tanulságai. *Energiagazdálkodás*, 60 (Különszám), 21-25.

Zavarkó, M. (2021): Power-to-gas, hálózatos innovációmenedzsment és versenyképesség a magyar energiaszektorban. *Energiagazdálkodás*, 62 (Különszám), kiadás alatt (in press)

Könyvek, monográfiák

Csedő, Z., & Zavarkó, M. (2019b): *Változásvezetés*. Budapest: Akadémiai Kiadó.

Csedő, Z., & Zavarkó, M. (2021): *Társaságirányítás*. Budapest: Akadémiai Kiadó.

Csedő, Z., & Zavarkó, M. (szerk.) (2019c): *Változásvezetés: szöveggyűjtemény a Vezetés és Szervezés mesterképzés nappali tagozatos hallgatói számára a 2019/2020-as tanév őszi félévére*. Budapest, Magyarország: Budapesti Corvinus Egyetem. ISBN: 9789635037827

Zavarkó, M. (szerk.) (2020): *Változásvezetés: szöveggyűjtemény a Vezetés és Szervezés mesterszakos esti tagozatos hallgatók számára a 2019/2020-as tanév tavaszi félévére*. Budapest, Magyarország: Budapesti Corvinus Egyetem.

Konferenciaközlemények

Sinóros-Szabó, B., Csedő, Z., & Zavarkó, M. (2019): Identification and Technical Analysis of Synergy Potential of an Innovative Biocatalytic Methanation Process. In: Budapest University of Technology and Economics, Department of Energy Engineering 14th International Conference On Heat Engines And Environmental Protection - Proceedings of Selected Papers. Budapest, Magyarország: Budapest University of Technology and Economics, Department of Energy Engineering, 27-34.

Zavarkó, M., & Csedő, Z. (2019c): Digitalizációs stratégiai fejlesztések és szervezeti változás. In: Vilmányi, Márton; Hortoványi, Lilla (szerk.) *A 4. ipari forradalom kihívásai a stratégiai menedzsment aspektusából*. Szeged, Magyarország: JATE Press, 127-143.

Zavarkó, M. (2019b): Power-to-Gas Technology Development: Innovation Management Beyond Organizational Boundaries. In: Pintér, G.; Csányi, Sz.; Zsiborács, H. (szerk.) *Innovációs kihívások a XXI. században: LXI. Georgikon Napok konferenciakötete*. Keszthely, Magyarország: Pannon Egyetem Georgikon Kar, 543.