DE TTK

1949

A geotermikus energia hasznosítási lehetőségei az Észak-alföldi régió agrárgazdaságában

Doktori (PhD) értekezés

Szerző:
Kulcsár Balázs

Témavezető:
Dr. Radics Zsolt

Debreceni Egyetem
Természettudományi Doktori Tanács
Földtudományok Doktori Iskola

Debrecen, 2012

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Természettudományi Doktori Tanács Földtudományok Doktori Iskola Társadalomföldrajz területfejlesztés programja keretében készítettem a Debreceni Egyetem természettudományi doktori (PhD) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 2012. . . . . .

a jelölt aláírása

Tanúsítom, hogy Kulcsár Balázs doktorjelölt 2007- 2012. között a fent megnevezett Doktori Iskola Társadalomföldrajz területfejlesztés programjának keretében irányításommal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult. Az értekezés elfogadását javasolom.

Debrecen, 2012. . . . . . *a témavezető aláírása*

A geotermikus energia hasznosítási lehetőségei az Észak-alföldi régió agrárgazdaságában

Értekezés a doktori (PhD) fokozat megszerzése érdekében
a **Földrajz** tudományágban

Írta: **Kulcsár Balázs** okleveles geográfus, okleveles földrajz szakos tanár

Készült a Debreceni Egyetem **Földtudományok** Doktori Iskolája
(**Társadalomföldrajz-területfejlesztés** Doktori Programja) keretében

Témavezető: **Dr. Radics Zsolt**

A doktori szigorlati bizottság:

elnök:	Dr. Lóki József.....	.....
tagok:	Dr. SzabóGyörgy	.....
	Dr. Hanusz Árpád	.....

A doktori szigorlat időpontja: 2012. április 5.

Az értekezés bírálói:

Dr.	.....
Dr.	.....
.....	.....

A bírálóbizottság:

elnök:	Dr.	.....
tagok:	Dr.	.....
	Dr.	.....
	Dr.	.....
	Dr.	.....

Az értekezés védésének időpontja: 2012.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném köszönetemet nyilvánítani mindazoknak, akik nélkül a dolgozat nem születhetett volna meg:

Mindenekelőtt köszönöm családomnak, hogy mindvégig mellettem álltak és türelemmel kitartottak,

Dr. Radics Zsolt és Prof. Dr. Baranyi Béla uraknak a témavezetésért, az inspirációért és az útmutatásért,

Dr. Csomós György barátomnak az építő kritikákért és a folyamatos segítségért,

Dr. Szűcs Edit dékán asszonynak a biztatásért és a toleranciáért,

Dr. Kalmár Ferenc tudományos dékán-helyettes úrnak a biztatásért és a szakmai segítségért,

Prof. Dr. Süli-Zakar István programvezető úrnak és **Ekéné Dr. Zamárdi Ilona** egyetemi docensnek a segítőkész koordinálásért és tudományos fejlődésem támogatásáért,

mindazon kollegáknak, hivataloknak, szakmai szervezeteknek és vállalkozásoknak, akik támogatásukkal, adatszolgáltatásukkal, segítették kutatási munkámat és a dolgozat megszületését,

A kutatási munkát a TÁMOP-4.2.2-08/1-2008-0017 „Geotermikus rendszerek fenntarthatóságának integrált modellezése”, valamint a HURO/0801/006 „A geotermikus energia hosszútávú felhasználása maximális hatékonysággal Sacueni – Létavértes területén 2010 – 2011” kutatási projekteknek keretében végeztem.

Debrecen, 2012. augusztus 23.

1. Bevezetés 1
1.1 Témaválasztás indoklása 1
1.2 A kutatás célja 2
1.3 Felállított hipotézisek 3
1.4 A dolgozat szerkezeti egységei, módszerek 3
2. A vizsgálatok földrajzi területe 6
3. Geotermikus energiahasznosítás a világban és Magyarországon a szakirodalom tükrében 9
4. Geotermikus adottságok Magyarországon és az Észak-alföldi régióban 17
4.1 Geológiai, hidrogeológiai alapok és feltételek, területi adottságok 17
4.2 Geotermikus adottságok földtani jellemzése 20
4.3 Geotermikus rezervoárok 23
4.4 Porozitási és permeabilitási jellemzők 24
4.5 Hőmérsékleti viszonyok és hőáram 25
4.6 A fluidumok vízkémiai jellemzői 26
4.7 A geotermikus energia hasznosításának technikai megoldásai 26
4.8 A pannóniai homokkőbe történő visszasajtolás kérdése 29
4.9 Következtetések 29
5. Az Észak-alföldi régió agrárgazdaságának területi és ágazati jellemzése 31
5.1 Az agrárgazdaság helyzetének történeti háttere 34
5.2 A termálvíz és geotermikus energia agrárgazdasági hasznosításának fejlődése 36
5.3 A geotermikus energia agrárgazdasági felhasználási területei 37
5.4 Következtetések 38
6. Az Észak-alföldi régióban rendelkezésre álló termálvíz és geotermikus kapacitás jellemzői 40
6.1 A termálkutak területi jellemzői 40
6.1.1 Szabolcs-Szatmár-Bereg megye 41
6.1.2 Hajdú-Bihar megye 45

6.1.3 Jász-Nagykun-Szolnok megye 48
6.2 A termálvíz- és geotermikus potenciál hasznosításának területi és ágazati változása Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében 51
6.3 A termálvíz- és geotermikus potenciál hasznosításának területi és ágazati változása Hajdú-Bihar megyében 54
6.4 A termálvíz- és geotermikus potenciál hasznosításának területi és ágazati változása Jász-Nagykun-Szolnok megyében 58
6.5 Agrárgazdasági felhasználás változása 61
6.6 Következtetések 64
7. A geotermikus energia alkalmazása az agrárgazdasági vállalkozások körében 67
7.1 Adatok és módszerek 67
7.2 A válaszadók területi elhelyezkedése 68
7.3 A gazdálkodó szervezetek fő-, illetve melléktevékenysége 70
7.4 A telephelyek száma 73
7.5 Megújuló energiaforrás alkalmazása és a beruházás finanszírozási forrása 75
7.6 Megújuló energiaforrás tervezése 77
7.7 Beruházási feltételek 82
7.8 A jelenlegi és tervezett geotermikus energiahasznosítás területi elhelyezkedése 85
7.9 Következtetések 88
8. Agrárgazdasági geotermikus energiahasznosítás esettanulmányokon keresztül 94
8.1 Adatok és módszerek 94
8.2 Szentes, Árpád-Agrár Zrt. 96
8.3 Fülöpjakab, Fadomino Bt. kertészete és Pálmonostora, Kurucsai Kertészet 97
8.4 Nyíregyházi Dohányfermentáló vállalat (Universal Leaf Tobacco Magyarország Zrt.) 99
8.5 Hajdúböszörményi Béke MgTsz. és Jászapáti 2000 Zrt. 100

8.6 Tiszanánai Agrocentina Takarmánygyártó és Forgalmazó Kft.; Zagyvarékasi Béke Mezőgazdasági Szövetkezet és Hajdúböszörményi Mezőgazdasági Zrt. 102

8.7 Alattyáni Tejtermelő Kft.; Jászalsószentgyörgyi Baromfi Kft.; Mesterszállás Mester Pig Kft. és Várda Drink Szeszipari Rt. 104

8.8 Következtetések 106

9. Összefoglalás és levonható következtetések 108

9.1 Felállított hipotézisek 109

9.2 A hazai és nemzetközi szakirodalom elemzésének eredménye 109

9.3 Geotermikus adottságok Magyarországon és az Észak-alföldi régióban 111

9.4 Az Észak-alföldi régió agrárgazdaságának területi és ágazati jellemzése 112

9.5 Az Észak-alföldi régióban rendelkezésre álló termálvíz és geotermikus kapacitás jellemzői 113

9.6 A geotermikus energia alkalmazása az agrárgazdasági vállalkozások körében 114

9.7 Agrárgazdasági geotermikus energiahasznosítás esettanulmányokon keresztül 117

9.8 Kutatásom gyakorlati hasznosíthatósága, javaslatok 119

10. Summary and conclusions 120

10.1 My hypotheses 121

10.2 Results of the analysis of the associated, domestic and international literature 121

10.3 Geothermal endowments in Hungary and the North Great Plain Region 124

10.4 Regional and sectoral description of agriculture in the North Great Plain Region 124

10.5 Characteristics of the thermal water and geothermal capacity available in the North Great Plain Region 125

10.6 Application of geothermal energy by agricultural enterprises. 126

10.7 Geothermal energy utilization in agricultural in the light of case studies 129

10.8 Practical expediency of my study, recommendations 131

1. Bevezetés

Az Észak-alföldi régió kedvező hidrotermális adottságokkal rendelkezik, mely energiaforrás agrárgazdasági hasznosításának több évtizedes tapasztalatai vannak. A geotermikus energia szektorális felhasználásának volumene messze elmarad a lehetőségekhez képest. A régió és benne az agrárgazdaság teljesítő képessége természeti adottságaihoz mérten szintén alacsony. A termelés költségeiben jelentős hányadot tesz ki az energiáért fizetett ár, melynek csökkentése kiemelt feladat.

Aktuális kérdés az is, hogy: a megváltozott politikai-gazdasági környezetben milyen szerepe lehet a geotermikus energiának az Észak-alföldi régió agrárgazdaságában? Hogyan képes elősegíteni a régióban kiemelt fontosságú tradicionális ágazat versenyképességének javítását, termelési költségeinek csökkentését? A régiónak mely területei azok, amelyek a geotermikus energia feltárására és agrárgazdasági hasznosítására felhasználhatók? Milyen kihasználtságú a meglévő geotermikus eszközállomány, annak mekkora hányada lenne hasznosítható agrárgazdasági célok kiszolgálására? Milyen tapasztalatokkal rendelkeznek a termálkúttal rendelkező gazdálkodó szervezetek, léteznek e követendő példák? Hogyan viszonyulnak az agrárgazdasági szereplők a geotermikus energiához, annak milyen támogatottsága van a megújuló energiák között?

1.1 Témaválasztás indoklása

A világ és benne Magyarország egyik legnagyobb problémája a folyamatosan növekvő energiaigény kielégítése, a fosszilis energiaforrások által hordozott környezeti veszélyek csökkentése, az energiafüggőség mérséklése.

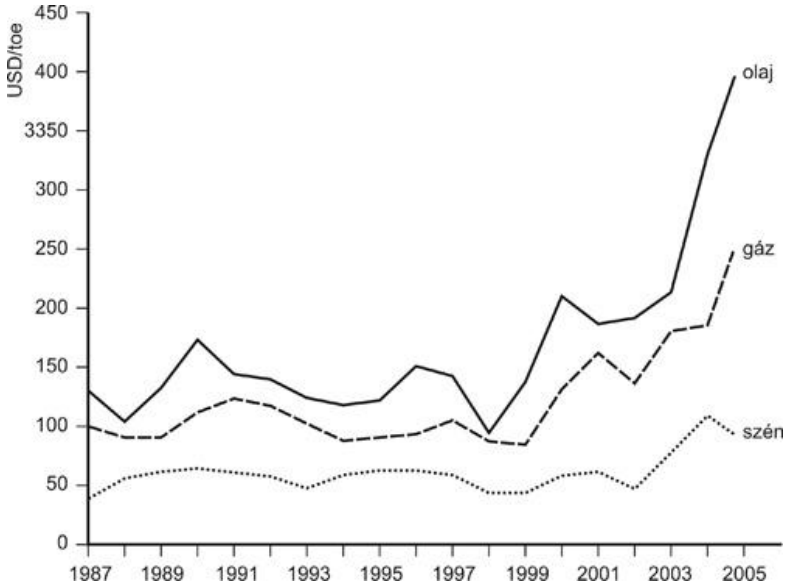
Az agrárgazdaság Magyarország és az Észak-alföldi régió egyik meghatározó és stratégiai jelentőségű ágazata, melynek hatékony és gazdaságos működése össztársadalmi érdek. Kiemelt jelentősége ellenére az ágazat az 1980-as évek vége óta nehéz helyzetben van, melynek oka az ágazat terheinek növelése, a korábbi hatékony strukturális felépítés felbomlása, a folyamatos – sokszor átgondolatlan – szerkezeti átalakítások, a fejlesztések elmaradása, az állandóan változó jogszabályi környezet, a forráshiány (alacsony hitelkínálat), és a liberalizált piac diktálta erősödő verseny *(Juhász et al. 2006)*.

A mezőgazdaság jelentős energiafogyasztó *(MEH, 2012)*, költségei alakulásában meghatározó szerepe van az energiáért fizetett árnak, mely az elmúlt húsz évben szinte folyamatos emelkedést mutat *(1. ábra)*.

Az alapvetően hátrányos helyzetű Észak-alföldi régió agrárgazdaságának hatékonyságát növelni képes egyik tényező a geotermikus energia szélesebb körű, többlépcsős és fenntartható alkalmazása lehet.

A régió a meglévő kapacitások tekintetében jelentős, napjainkban kihasználatlan termálvíz és geotermikus energia tartalékokkal rendelkezik. A tapasztalatok bővülése, a változó gazdasági és természeti környezet időről időre szükségessé

teszi a jelenlegi helyzet értékelését és új prioritási sorrend felállítását a hasznosítási területek vonatkozásában.



1. ábra: Az energiaárak változása 1987 és 2005 között (Forrás: Reményi, 2009)

A geotermikus energia a rendelkezésre álló potenciál és technológia felhasználásával hozzájárulhat a kibocsátott szennyezőanyagok és üvegházhatást generáló gázok mennyiségének csökkentéséhez, és a perifériális térségek fejlődéséhez.

Az Észak-alföldi régió kiemelkedő lehetőségekkel rendelkezik a termálvíz és geotermikus energiaforrások tekintetében, azonban ezek kihasználtsága – a rendelkezésre álló termálkút kapacitást is figyelembe véve – alacsony. Ez köszönhető az üzemeltetőkkel szemben támasztott jogszabályi követelményeknek, a magas beruházási és karbantartási költségeknek, az általános forráshiánynak, az agrárgazdaság, az ipar és a települési önkormányzatok nehéz helyzetének.

Vizsgálataimmal arra kerestem választ, hogy a rendelkezésre álló, valamint feltárható termálvíz- és geotermikus potenciál milyen mértékben képes hozzájárulni az agrárgazdaság hatékonyabb működéséhez az Észak-alföldi régióban.

1.2 A kutatás célja

A kutatás célja annak bizonyítása, hogy a geotermikus energia az Észak-alföldi régió agrárgazdasági tevékenységei számára reális alternatívaként vehető számításba mind az egyes tevékenységekhez szükséges technológiai, mind az épületek fűtéséhez biztosítandó hő szempontjából. A magyarországi termálvíz

kitermelés évszázados története alatt a területi adottságoknak megfelelően, tradicionális hasznosítási területek alakultak ki, mint például a Dél-Alföld üvegházi növénytermesztése, a Jászság kommunális és állattenyésztési vízigényeket kielégítő termálvíz termelése, vagy Hajdú-Bihar megye alapvetően fürdő célú vízhasznosítása. A termálvíz és az általa hordozott hő hasznosítási technológiái az utóbbi két évtizedben jelentős fejlődésen mentek keresztül, melynek következtében az alacsonyabb hőfoktartományokba tartozó vizek olyan területeken is hatékonyan alkalmazhatók, ahol korábban ez nem volt lehetséges. A felhasználókat hőigény szerint felfűző többlépcsős termálvíz és geotermikus energiahasznosítás mellett, további lehetőségeket teremt a megújuló energiaforrások kombinált, egymást kiegészítő, támogató alkalmazása is. Az alternatív lehetőségek kutatását előmozdította az energiaárak emelkedése, a fosszilis energiahordozók kedvezőtlen hatásainak szélesebb megismerése, az agrárolló szétnyílása, az ágazatban fokozatosan erősödő verseny általi költséghatékonyság növelésének kényszere.

1.3 Felállított hipotézisek

1. Az Észak-alföldi régió jó geológiai adottságokkal, kihasználatlan kapacitásokkal rendelkezik a geotermikus energia hasznosítására, elsősorban az agrárgazdaság szempontjából.
2. A termálkutak eloszlása egyenlőtlen területi képet mutat, igazodva a geológiai adottságokhoz.
3. Az Észak alföldi régió mezőgazdasági vállalkozásainak jelentős része tevékenysége alapján alkalmas, adottságai szerint pedig alkalmazhatna geotermikus energiát.
4. A megújuló energiaforrások – s ezen belül kiemelten a geotermikus energia – alkalmazása és annak szándéka a mezőgazdasági vállalkozások körében magas.
5. A jogi és közgazdasági szabályozók jelentős mértékben torzítják az adottságok kihasználását.
6. Azok a mezőgazdasági vállalkozások használnak és terveznek használni geotermikus energiaforrást, amelyek több termálkúttal és magasabb kifolyóvíz hőmérsékletű vízzel rendelkeznek.
7. Az új geotermikus technológiák és eljárások használatával a gyengébb adottságú területeken működő – akár kisebb – vállalkozások is jelentősen csökkenthetnék működési költségeiket.

1.4 A dolgozat szerkezeti egységei, módszerek

A dolgozat első fejezete a témaválasztás indoklását, a kutatás célját, a hipotéziseket, valamint a dolgozat szerkezeti felépítését és az alkalmazott módszereket tartalmazza.

A dolgozat második, harmadik, negyedik és ötödik fejezete a hazai és nemzetközi szakirodalom feldolgozásával, kritikai értékelésével készült.

A második fejezet az Észak-alföldi régió természetföldrajzi és társadalomföldrajzi leírását tartalmazza.

A harmadik fejezet a geotermikus energiahasznosítás globális helyzetét, az egyes országokban követett felhasználási módszereket továbbá a hazai geotermikus energiahasznosítás fejlődésének lépéseit foglalja magában, kiemelt figyelemmel az agrárgazdasági alkalmazásokra.

A negyedik fejezet a geotermikus energiakutatás magyarországi és regionális vonatkozásait, az Alföld északkeleti térségének geológiai, hidrogeológiai adottságait, a hidrotermális rendszerek kialakulását, azok hőmérsékleti, nyomás, porozitási, permeabilitási és vízkémiai jellemzőit mutatja be.

Az ötödik fejezet a magyar agrárgazdaság területi és gazdasági jellemzőit, a regionális agrárgazdaság általános, történeti és geotermikus energiahasznosítási vonatkozásait tárgyalja. Magyarországon a geotermikus energia hasznosítása a hazai jogszabályi háttér alapján végezhető. Az ide vonatkozó törvények és rendeletek *Kurunczi, (2008)* alapján megtalálhatók, így személyes kigyűjtésére nem volt szükség. A dolgozat során felmerülő jogszabályi hivatkozások az adott kutatási szakaszban kiemelve is szerepelnek.

A hatodik fejezetben széleskörű adatgyűjtést végeztem annak érdekében, hogy az Észak-alföldi régió termálkútjainak adatai – a kutakat jellemző minden paraméterre kitérve – rendelkezésemre álljanak, így a napjainkban meglévő termálvíz és geotermikus kapacitás felmérhetővé vált. Az adatok feldolgozása során elkészítettem a termálkút kapacitás hasznosítási palettáját és meghatároztam annak kihasználtságát. Az adatok elsősorban a megyei Vízügyi Igazgatóságok, a Környezetvédelmi és Vízgazdálkodási Kutató Intézet adatbázisaiból, valamint személyes adatgyűjtésből származnak.

A hetedik fejezetben strukturált kérdőíves módszert alkalmaztam annak érdekében, hogy az Észak-alföldi régió agrárgazdasági szereplői körében megismerjem azok megújuló energiákhoz – azon belül is kiemelten a geotermikus energiához - való viszonyulását. A kérdőíveket elektronikus, valamint nyomtatott formában juttattam el a vállalkozásokhoz.

A nyolcadik fejezetben esettanulmányokat végeztem, a termálkutakat üzemeltető vállalkozások körében személyes interjúk alkalmazásával. A kutatás e szakaszában pozitív geotermikus energia hasznosítási mintákat kerestem a régió területén, valamint annak környezetében.

A kilencedik fejezet a kutatási szakaszok eredményeiből levonható következtetéseket, javaslatokat tartalmazza.

A tizedik fejezet a dolgozat angol nyelvű összefoglalója.

A dolgozatot 37 melléklet, 54 ábra és kilenc táblázat egészíti ki, mely segíti annak jobb, pontosabb megértését, így szükségesek. A mellékletek szövegbe illesztve szétfeszítették volna annak terjedelmi határait, így külön kötetben szerepelnek. Az egyes fejezetek kidolgozásához használt módszerek pontosabb leírását az adott fejezeteknél teszem meg, A kutatás és a dolgozat elkészítése során

felhasznált eszközök: MS Excel, PPT, Evasys, Paint. A dolgozatban lévő térképek – ahol külön jelezve nincs – saját szerkesztésűek.

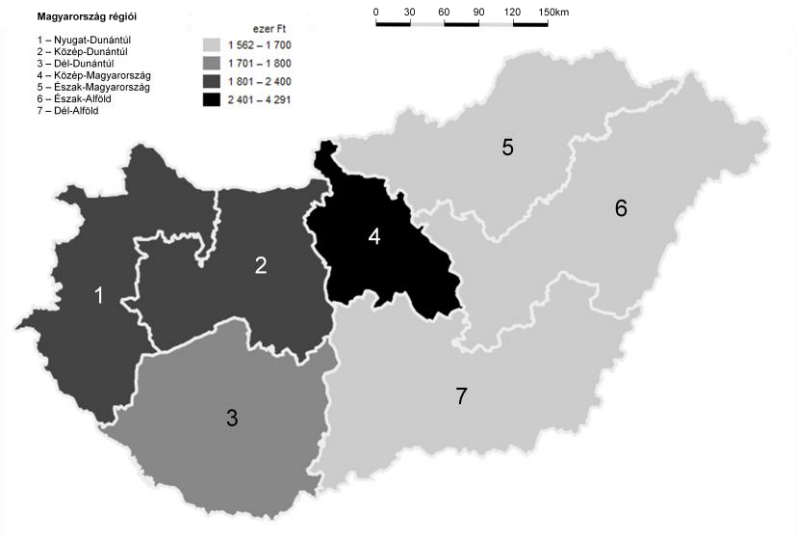
2. A vizsgálatok földrajzi területe

A vizsgálatok földrajzi területe a Kárpát-medence természetföldrajzi nagytája, az Alföld északkeleti része, mely térséget az adatszolgáltatások jellege, valamint a dolgozat társadalom földrajzi témája kapcsán közigazgatási szempontok szerint határoltam le. Ennek megfelelően a szűken vett vizsgálati területnek a továbbiakban az Észak-alföldi régiót tekintem, mely az Európai Területi Statisztikai Egységek Nomenklatúrájába illeszkedő, NUTS 2 szintű közigazgatási egységnek felel meg. A régió Szabolcs-Szatmár-Bereg, Hajdú-Bihar, és Jász-Nagykun-Szolnok megyéket (NUTS 3-as szint) foglalja magában. Lokális területi egység szinten 28 statisztikai kistérségből (LAU 1) és 389 településből (LAU 2) épül fel.

A régió területe 17.728,72 km². A térséget alkotó megyék területét figyelembe véve a legnagyobb Hajdú-Bihar 6211 km²-rel, majd ezt követi Szabolcs-Szatmár-Bereg 5936 km²-rel, valamint Jász-Nagykun-Szolnok 5582 km²-es területtel. Az Észak-alföldi régió lakossága 2012-ben 1.492.502 fő, melyen belül a legnagyobb lakossággal Szabolcs-Szatmár-Bereg megye rendelkezik (560 ezer fő), ezt követi Hajdú-Bihar 541 ezer fővel, valamint Jász-Nagykun-Szolnok 391 ezer fős lakosságával. Településszerkezete észak déli viszonylatban különbségeket mutat. Az északi megyére a települések magas száma jellemző. Az itt fekvő 229 település jelentős hányada 500 fő alatti kistelepülés. Hajdú-Biharban 82, Szolnok megyében 78 település alkotja a település állományt. A régió három megyeszékhelye a népesség negyedét foglalja magában, de a lakosság többsége kisvárosokban és népesebb falvakban él, a középvárosokat mindössze öt település képviseli.

A Közép-Európa déli-délkeleti részén fekvő Magyarország környezetéhez való viszonyát két jellemvonás az átmenetiség és a medencejelleg határozza meg. Területének nagy részét alföldi jellegű alluviális síkság foglalja el, mely az alapkőzet, az azon kialakult talajok, valamint vízrajzi adottságai alapján egymástól jól elkülöníthető tájegységekre bontható. E nagytájon fekvő régió északi részeit a Rétköz, a Szatmár-Beregi-Tiszahát, a Szatmári-síkság, valamint a Nyírség hordalékkúpja foglalja el. Középső területein a Hajdúság löszhátsága, a Hortobágy, keleten az Érmellék, valamint a Bihari-síkság és a Nagy-Sárrét fekszik. A régió délnyugati területeit pedig a Tisza-völgye, a Nagykunság és a Jászság foglalja el *(Szabó, 2004)*. A tájak kőzettani, domborzati adottságait a Tisza és mellékfolyóinak feltöltő, hordalékkúp alkotó tevékenysége határozta meg, valamint befolyásolta a talajtakaró kialakulását *(Kerényi, 2008)*. Ugyanakkor a történeti korokban jellemző természetföldrajzi képhez viszonyítva – antropogén hatásra – jelentős változásokon ment keresztül. A 19. század elején még a régió csaknem egész területe állandóan vagy időszakosan vízzel borított terület volt, ami az ember, szabályozó és lecsapoló munkálatai révén teljesen megváltozott. A térség jóval szárazabbá vált, ugyanakkor óriási területeken nyílt lehetőség mezőgazdasági művelésre. A terület kiszáradása öntözőcsatorna rendszer kiépítését igényelte. A környezeti terhelést a 20. század második felének nagyüzemi mezőgazdasága a túlzott műtrágya használattal fokozta, valamint az állattartó telepek kezeletlen

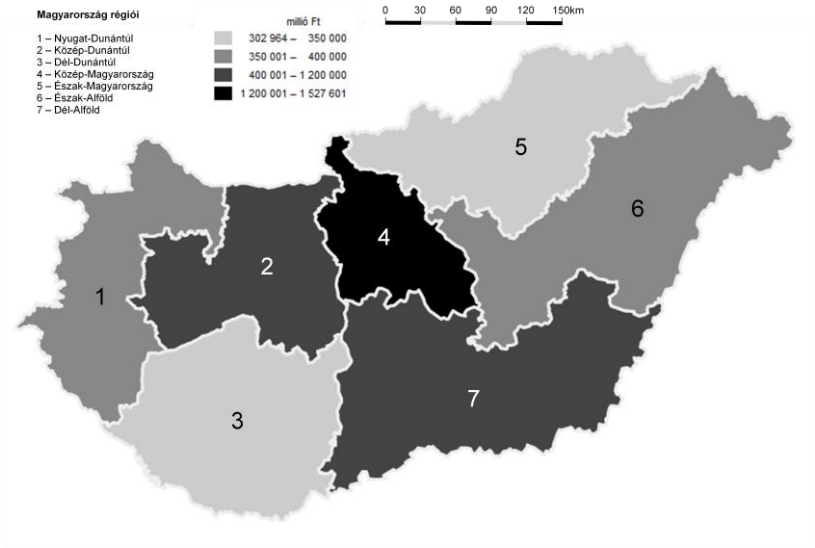
hígtrágyájával talán visszafordíthatatlanul elszennyezve a talajvizet. A mezőgazdaság környezetterhelő jellege megmutatkozott abban is, hogy 1961-től a műtrágya és növényvédő szerek felhasználása mellett dinamikusan nőtt az energiafelhasználás. Az alacsony jövedelmekből, szűkös fejlesztési lehetőségekkel gazdálkodó mezőgazdaságban emelkedett az elöregedett termelő berendezések száma, ami szükségképpen nagyobb fajlagos üzemanyag felhasználással, nagyobb anyagveszteséggel, nagyobb környezetterheléssel jár *(Fodor, 2001)*. A természeti környezet, az 1990-es évektől egyre jobban erősödő környezetvédelmi szempontok érvényesülésének köszönhetően, a régió nagy része napjainkban kielégítő állapotban van, ugyanakkor, jelentős területek állnak parlagon, hasznosítás, megnyugtató rendezés nélkül, sok helyen az elhanyagoltság a gazdátlanság képét mutatva.



2. ábra: Az egy főre jutó bruttó hazai termék alakulása Magyarországon régiónként (2009) (Forrás: KSH, 2009 adatok alapján)

Az Észak-alföldi régióban a gazdaság karakterét és a területhasznosítást a mezőgazdaság határozza meg, gazdasági fejlettségét tekintve pedig hosszú ideje az ország egyik legelmaradottabb térsége. Az Észak-magyarországi régió után itt a legalacsonyabb az egy főre jutó bruttó hazai termék, ami az országos átlag 64,9%-a *(2. ábra)*. A relatív fejlettségbeli pozíció a történelem során az ezredfordulón volt a legrosszabb. A mérsékelt gazdasági aktivitási arány alapvetően a gazdaság alacsony teljesítőképességében gyökerezik. A gyenge regionális kohézió mögött is elsősorban az alacsony gazdasági fejlettség áll. Az agrárgazdasági karakter mellett a turizmus rendelkezik jelentős gazdasági potenciállal, melynek alapja a Tisza, a Hortobágy és a térség termálvizei *(Nemes Nagy, 2003)*. Az 1990-es években, valamint az ezredfordulót követő évtized első felében a beruházások alacsony volumene jellemezte, ami a régió kedvezőtlen földrajzi fekvésének, valamint a

modern megközelíthetőség (autópályák, nagy sebességű vasúti pálya) hiányának volt köszönhető. A határmentiség, a bizonytalan fizetőképességű keleti piacok, az alacsony és elavult képzettséggel rendelkező munkaerő tovább növeli a perifériális helyzetet *(Baranyi, 2007)*. A közlekedési infrastruktúra bővülésével ez a pozíció, a 2007-ben kirobbant gazdasági válságig, valamelyest javuló tendenciát mutatott *(3. ábra)*. Az elmaradottság, a működő vállalkozások export részesedésével, a foglalkoztatottak számával, valamint a bruttó keresetek mértékével is jellemezhető. A megtermelt ipari érték tekintetében messze elmarad az országos átlagtól, viszont a mezőgazdasági termelés szerepe – a strukturális problémák sora ellenére – átlagot meghaladó a térségben *(Baranyi, 2008)*.



3. ábra: Beruházások Magyarország nemzetgazdasági ágazataiban összesen régiónként (2010) (Forrás: KSH, 2010 adatok alapján)

3. Geotermikus energiahasznosítás a világban és Magyarországon a szakirodalom tükrében

A geotermikus energia alapja a Föld belsejében termelődő és tárolódó hő. A földbelső 99 %-a melegebb, mint 1000 °C, és kevesebb, mint 1%-a alacsonyabb hőmérsékletű, mint 100 °C. A Föld a felszínen keresztül a földi hőáramot 40 millió MW teljesítménnyel adja át az atmoszférának, belső hőtartalma 10 × 1025 MJ nagyságrendű, a földkéregé 5 × 1021 MJ *(Dickson – Fanelli, 2003)*. Ez utóbbi számot összevetve a világ energiafogyasztásával, ami 1014 MJ, nagyságrendekkel többnek adódik. A földhő tehát óriási mennyiségű, kimeríthetetlen, és mindenütt jelen van.

A globális geotermikus energetikai alkalmazások négy nagy csoportja közül a legelterjedtebb és szinte mindenhol elérhető a földhőszivattyús hasznosítás (Svédország). Ezt követi a közvetlen hőhasznosítás, amit a többségében alacsony entalpiájú területeken, széles felhasználói körben lehet alkalmazni (Magyarország). A villamos energiatermeléshez már közepes és magas entalpiájú területek szükségesek, ezek alapvetően az aktív lemezszegélyeket követik (Izland, Kalifornia, Fülöp-szigetek, Mexikó). A többnyire, még kutatás alatt álló, magas beruházási és technikai igényű EGS[1] rendszereknek jelenleg csak kísérleti üzemei léteznek (Németország, Ausztria).

A **geotermikus** adottságok **áramfejlesztési** célú hasznosítása száz éves múltra tekint vissza *(Dickson – Fanelli, 2003)*. Ma huszonnégy ország állít elő áramot földhőforrásokból. Ezek közül jó néhányban jelentős, 15–22% a részesedése az ország áramellátásában: Costa Rica, El Salvador, Izland, Kenya, Fülöp-szigetek. 2004-ben világszerte 8,9 GWe kapacitás termelt 57 TWh árammennyiséget. A 2007-re szóló becslés 9,7 GWe teljesítményt és 60 TWh áramot ad *(Bertani, 2005, 2007)*. Geotermikus erőművek világszerte működnek, jelenleg leginkább a lemezszegélyek vulkanikus területein. A *1. táblázat* a geotermikus áramfejlesztésben élenjáró országokat („top fifteen") mutatja. A globális geotermikus áramtermelés 1999 és 2004 között évi 3%-kal emelkedett; 2005 és 2007 között a beépített kapacitás 800 MWe-el nőtt meg. Nagy előrelépést jelent, hogy újabban geológiailag nyugodt, azaz nem vulkanikus területeken is megindult a geotermikus áramfejlesztés, olyan országokban, mint Ausztria és Németország.

A jövőbeli kilátásokra vonatkozólag *Bertani, (2003)* szerint a várható összteljesítmény minimuma 35–70 GWe, maximuma 140 GWe. A potenciál még magasabb, ha az EGS-rendszereket is figyelembe vesszük csak az USA-ban több mint 100 GWe teljesítmény létesíthető *(Tester et al. 2006)*, Németországban pedig 35 GWe *(Paschen et al. 2003)*. A technológia fejlődése leginkább a hő árammá történő átalakítása során várható.

---

[1] EGS-rendszerek: **EGS** (Enhanced Geothermal System) vagy **HDR** (Hot Dry Rock) **rendszerek** – forró száraz kőzetekbe, zárt rendszerben hőszállító közeg (többnyire víz) lejuttatása, majd az ott felmelegedett közeg a felszínen adja le energiáját. Célja villamosenegia termelés.

A **közvetlen hőhasznosítás** sok alkalmazási területen érvényesül: fűtés, ipari és mezőgazdasági felhasználások, hévízfürdők. 2004-ben hetvenkét országban folyt közvetlen geotermikus hasznosítás 28 GWth kapacitással és 270 TJ/év hőtermeléssel. Világszerte eddig kilencven országban mutattak ki készleteket. A közvetlen hasznosítás globális megoszlása szerint a földhő 52%-át az épületfűtés (ebből 32% földhőszivattyúk), 30%-ot fürdők (gyógyfürdők, üdülés), 8%-át a mezőgazdaság (üvegházak, talajfűtés), 4%-ot az ipari alkalmazások, valamint szintén 4%-ot a haltenyésztés használ fel *(Lund et al. 2005)*. A *1. táblázat* a közvetlen hasznosításban élenjáró országokat mutatja. Az egy főre eső földhőhasználatban Izland vezet világszerte. Magyarország a közvetlen geotermikus energiahasznosításban jelenleg a hetedik, de 2000-ben még a harmadik volt a világranglistán. Olyan országok előznek meg, mint Törökország és Svédország.

1. táblázat: A földhő hasznosításában (áramfejlesztés/közvetlen felhasználás) élenjáró országok („top fifteen“).

Geotermikus áramfejlesztés		Közvetlen hőhasznosítás	
Ország	**GWh/év**	**Ország**	**TJ/év**
USA	17.917	Kína	45.678
Fülöp-szigetek	9253	Svédország	36.000
Mexikó	6282	USA	31.241
Indonézia	6085	Törökország	24.840
Olaszország	5340	Izland	24.502
Japán	3467	Japán	10.303
Új-Zéland	2774	Magyarország	7942
Izland	1483	Olaszország	2098
Costa Rica	1145	Új-Zéland	7553
Kenya	1088	Brazília	6624
El Salvador	967	Grúzia	6307
Nicaragua	271	Oroszország	6145
Guatemala	212	Franciaország	5195
Törökország	105	Dánia	4399
Guadeloupe (Fr.o.)	102	Svájc	4230

Forrás: Fridleifsson et al. 2008 alapján, átszámította Mádlné, 2008

Az utóbbi évtizedben a közvetlen felhasználásban a földhőszivattyúk elterjedése a legszembetűnőbb. Ezek egyúttal a megújuló energiaforrások egyik leggyorsabban növekvő kategóriáját képviselik *(Rybach, 2005)*. A már kiforrott technológia a készlettartomány relatív konstans hőmérsékletét, 4–30°C használja fel sokféle alkalmazásra: épületfűtés és hűtés, melegvíz-szolgáltatás lakások, iskolák, ipari, nyilvános és kereskedelmi létesítmények számára.

Az EU-ban 2006-ban több mint 500.000 berendezés működött 7,2 GW teljesítménnyel. Az USA-ban már több mint 800.000 berendezést üzemeltetnek és évente 50.000 új egység épül *(Lund, 2006)*. A világ közvetlen geotermikus

hőhasznosításában a földhőszivattyúk 2004-ben a teljesítmény 54,4%-át és a hőtermelés 32,%-át biztosították. Az összkapacitás 15,4 GW és a hőmennyiség 87,5 TJ/év volt *(Curtis et al., 2005).* Kínában is dinamikusan terjednek a földhőszivattyúk, mely az ilyen rendszerrel kifűtött belső terek szinte évenkénti megduplázódásához vezet *(Fridleifsson et al. 2008).*

Az első mesterségesen fejlesztett földhőrendszer Soultz-souz-Forets-ben hamarosan megkezdi a kísérleti áramtermelést *(Genter, 2008).* Bár manapság még egy kilowattóra áram sem termelődik **EGS-rendszerekből**, a potenciál egyhangúan nagyra becsült. Annak ellenére, hogy még sok részletkérdés tisztázandó, Ausztráliában már nagy volumenű terveket dolgoztak ki és széleskörű kutatásokat végeznek *(Beardsmore, 2007).* Erőművek egész sorát vették tervbe, indulásuk egy-két éven belül várható. Emellett Németországban és Franciaországban is épülnek jelenleg EGS-alapú erőművek.

A **nemzetközi trendek** tekintetében jelenleg két fejlődési irány mutatkozik, amelyek a közeljövőben bizonyára még fokozódnak. A konvencionális, hidrotermális készletek hasznosítása geotermikus erőművekkel, főleg fejlődő országokban, Indonéziában, a Fülöp-szigeteken prognosztizálható. Emellett várható, hogy a földhőszivattyúk terjedése sok olyan országban is megindul, amelyekben eddig csak igen kevés ilyen típusú berendezést létesítettek. Az EGS-rendszerek gyors és széleskörű elterjedése is valószínűsíthető. A földhő intenzívebb felhasználását elősegíthetik a politikai célkitűzések, mint például a 20/20/20% irányelv az Európai Unióban. Több országban jelenleg is folynak nagyméretű geotermikus fejlesztések, de a tárgyalt országok egyike sem rendelkezik akkora geotermikus potenciállal, mint Magyarország *(Mádlné, 2008).*

Svédország geológiai helyzetéből adandóan az ország területének legnagyobb része prekambriumi kőzetek által felépített Balti-pajzson helyezkedik el. Ebben a geológiai környezetben nincsenek geotermikus anomáliák, a geotermikus gradiens, valamint a földi hőáram alacsony értékeket – 15-20°C/km, 40-50 mW/m² - mutat. Ennek ellenére Svédország Európában a közvetlen hőhasznosítás terén élen jár. Az évi 36.000 TJ hőtermeléssel még az Egyesült Államokat is megelőzi *(11. melléklet).* A fejlődés alapja a földhőszivattyúk állami szubvenciója és a regionális, kamatmentes kölcsönök rendszere az 1990-es évek óta.

Németországban geotermikus energiakutatás szempontjából három területegység – a Rajna völgye, a Délnémet-medence, és az Észak-Német-mélyföld – emelendő ki. Elsősorban Münchentől délre, a Délnémet-medencébe és a Rajna-völgybe helyeződik a kutatás. Az országot nemzetközileg főleg a földhőszivattyúk növekvő jelentősége, valamint, a megújuló energiák kedvező politikai háttere miatt tartják számon *(11. melléklet).* Emellett a feltárási kockázatokat kormányzati hozzájárulással és biztosítási megoldásokkal enyhítik. Ennek köszönhető, hogy jelenleg már több (kisebb) geotermikus erőmű működik, és tucatnyi fejlesztési projekt zajlik.

Ausztráliában a kedvező – száraz – geotermikus anomáliák eredete a viszonylag magas radioaktivitású gránitos alapkőzetnek köszönhető, és nem az elvékonyodott litoszférának és a hévízáramlásnak, mint Magyarországon. Jelenleg

33 magáncég dolgozik 277 darab, 219.000 km² területű feltárási területen. A projektek célja majdnem kizárólag geotermikus áramfejlesztés, annak ellenére, hogy ebben az országban még nem jár a geotermikus áramért emelt árú átvételi-garancia.

Izland az Észak-Atlanti-hátság egyik legaktívabb vulkáni területe. Számos vulkán, hasadékvulkán és utóvulkáni működés színesíti a sziget litoszférikus aktivitását. A szigetország geotermikus hőkapacitása 2010-ben 1,85 GW, hőteljesítménye 6,8 TWh/év volt. A magas entalpiájú rendszerek (>200-250°C) – lehetővé teszik a biztonságos és olcsó villamos energiatermelést, ami magas energiaigényű iparágakat (alumíniumipar) is a szigetre vonzott. A következő hőlépcsőben a köz- és lakóépületeket fűtik, járdákat parkolókat jégtelenítenek. Mezőgazdasági alkalmazására kevesebb példát találunk, az üvegházi növénytermesztés széles körben nem terjedt el, a meglévő létesítmények azonban minden esetben geotermikus energiával fűtöttek. Ezen energiaforrásra építhető – exportorientált üvegházi zöldség-gyümölcs, valamint virág-dísznövény termesztés – lehetőségei még kiaknázásra várnak.

A geotermikus energia közvetlen hasznosításával foglalkozók közül az egyik legjelentősebb kutató az izlandi ***Lindal Baldur*** volt, akinek a geotermikus energia agrárgazdasági felhasználási területeinek meghatározása és széleskörű alkalmazása köszönhető. Kutatásaim során, klasszikussá vált Lindal-diagrammját több megállapítás során alkalmaztam *(Lindal, 1973)*.

Olaszországban a Toscanai preappennin övezet, Lazió, Campania, Szicilia, Szardínia és a Po-völgyének déli peremén futó forrásvonalon találhatók kedvező geotermikus adottságú területek. Ennek oka a kéreg elvékonyodása, mely nagyon magas hőáramot generál. Az infiltrálódó esővíz karsztosodott, és alluviális karbonátos rétegekben, valamint vulkáni üledékekben tározódik. A hőt magmás intrúziók és konvekciós áramlások szolgáltatják. A feláramlás következtében, az impermeábilis fedőrétegek alatt a víz gyakran gőz formájában halmozódik fel.
Az elérhető mélységben található geotermikus potenciál óriási. A kisebb mértékben villamos energiatermelésre, nagyobb hányadban pedig közvetlen hőfelhasználásra alkalmas készletek ellenére a villamos energiatermelés élvez prioritást, a közvetlen hasznosítás a lehetőségekhez képest alacsony kihasználtságú.

A villamos energiatermelés területén, 2006-os adatok szerint, az összes beépített geotermikus kapacitás 810MW. A sikeres mélyfúrásokból is kitermelt, helyenként 300-350°C-os fluidumot, valamint túlhevített gőzt az energia leadását követően már az 1970-es évek óta visszasajtolják. A larderellói erőmű komplex jelenlegi teljesítménye meghaladja a 400 MW-ot, amit 880 MW-ra kívánnak növelni. Olaszország geotermikus forrásból származó villamos energia kapacitása 2010-ben 0,81 GW, a megtermelt energia pedig 5,3 TWh/év volt. Az alacsony kihasználtságú közvetlen hasznosítás területei elsősorban a szabadidőközpontok és a balneológia területe (38%), valamint csekélyebb mértékben épületfűtés (24,3%) és ipari (0,75) alkalmazások. Az agrárgazdaság területén elsősorban haltenyésztésre (21%), valamint üvegházi kertészetek (16%) víz- és hőellátására alkalmazzák *(Kalmár, 2009)*. ***Barbier*** és ***Fanelli*** kutatásai a termálvíz talajfűtési célú alkalmazására is kiterjedtek, melynek során annak hővezetési képességeire,

valamint a flórára kifejtett hatásaira világítottak rá. Eredményeik szerint a talajfűtést és öntözést kizárólag kombináltan lehet hasznosítani, ellenkező esetben a talaj kiszárad és hőszigetelőként kezd viselkedni *(Barbier – Fanelli, 1977).*

Romániában alapvetően a szénhidrogén kutatófúrásokat alkalmazták a geotermikus vagyon meghatározására. A 800 és 3500 méter közötti mélységekben rendelkezésre álló, alacsony és közepes entalpiájú rezervoárok, 40-120°C közötti hőmérsékleteket produkálnak, melyek elsősorban hőtermelésre alkalmasak. A termálvizes hordozóközeggel kitermelt hő 37%-át épületfűtésre, 30%-át a mezőgazdaságban – elsősorban üvegházakban – 23%-át az iparban, végül 7%-át pedig egyéb területeken használják. Az alacsony entalpiájú térségek az Alföld keleti, délkeleti – Románia területére átnyúló – területei, de foltokban a Déli-Kárpátok déli előterében és a Román-Alföldön is előfordulnak, a közepes entalpiájú térségek pedig a vulkáni hegységekhez kötődnek, mint a Gutin, Lápos Cibles, Kelemeni-havasok, Görgényi-havasok, Hargita. Villamos energia termelésére a Szilágyság és a Mezőség térsége, valamint a Hargita rendelkezik elfogadható adottságokkal (max. 140°C) *(Kalmár, 2009; Romulas, 2011)*.

Japánban a legjelentősebb mezők Kyushun és Honshu északi részén fekszenek. A jelenleg működő 16 villamos erőmű 14 geotermikus mezőn működik. Névleges teljesítményük eléri az 530MW-ot, ami a teljes japán kapacitás 0,2%-a. 1999-ben az éves megtermelt villamos energia 0,3%-a (3440 GWh) származott geotermikus forrásból. A villamos energiatermelés mellett jelentős a geotermikus hőhasznosítás is, melynek felhasználási területei az üvegházi növénytermesztés, haltenyésztés, épületek és medencék használati melegvíz ellátása, valamint utak jégmentesítése. Az összes közvetlen hőfogyasztás eléri az évi 1000 TJ-t.

Geotermikus energiatermelésben 2010-ben továbbra is az **Egyesült Államok** áll az első helyen. Kedvező adottságú területein a geotermikus energia közvetlen hasznosítása, valamint a villamos energiatermelés jellemző. E mellett szerte az országban alkalmaznak hőszivattyús megoldásokat. Geotermikus alapú villamos energia kapacitása 2.96 GW beépített teljesítmény, mellyel évente 19 TWh megtermelt energia jut a hálózatba. E téren a befejezés előtt álló kapacitás eléri a 4 GW-ot. Hőtermelés tekintetében a 9 GW kapacitás évente 9,7 TWh hőenergiát állít elő. Felhasználási területeit tekintve, a mezőgazdaságban üvegházak fűtésére, dehidrált zöldségtermesztésre, épületfűtésre, továbbá a haltenyésztés során, valamint tejpasztőrőzési célokra alkalmazzák *(Fischer et al. 2006).* Az amerikai kutatók közül ***John W. Lund*** többek között a geotermikus energia magyarországi hasznosítását is tanulmányozta, kiemelve az üvegházakban és fóliasátrakban alkalmazott kaszkád rendszerű, valamint számítógépes vezérléssel működtetett geotermikus fűtési megoldásokat *(Lund, 1995).*

Új-Zélandon, a Wairakei térséget fejlesztették az 1950-es évek elejétől. A geotermikus energia a szigetország villamos energia kapacitásának 10%-át adja, ami meghaladja a 700 MW-ot. A 129 mező közül 15 a Taupo vulkáni zóna köré koncentrálódik, ezek hőmérséklete meghaladja a 220°C-ot. A kiterjedt potenciál ellenére a lehűtött gőzt visszasajtolják.

A **Fülöp-szigetek** 2008-ban az Egyesült Államok után a második legnagyobb geotermikus energiatermelő ország volt a világon *(Anonuevo, 2008).* A

jelenlegi 4500 MW megújulóból származó kapacitást 2014-ig 5200 MW-al tervezik bővíteni, mely elképzelésekben nagy szerepet szánnak, annak a 10 geotermikus mezőnek, melyek 300-470 MW közötti villamos energiát állítanának elő a növekvő igények kielégítésére. A már befejezés előtt álló geotermikus erőművek kapacitása 3,1 GW *(Bobok – Tóth, 2010)*. Az igen aktív vulkáni szigetország, a magas entalpiájú geotermikus adottságai révén elsősorban a villamos energiatermelésre fekteti a hangsúlyt. A Fülöp-szigetek geotermikus alapú villamos energiatermelő kapacitása 2 GW, a megtermelt energia pedig 10 TWh/év volt 2010-ben.

Mexikó a világon a harmadik legnagyobb geotermikus energiatermelő, ahol a beépített kapacitás 2010-ben 0.95 GW, az egy évben megtermelt villamos energia mennyisége pedig 6,3 TWh. A térség becsült geotermikus potenciálja 8000 MWe, Indonézia után második a világon. Itt működik a világ legnagyobb geotermikus erőműve, az 1970 óta termelő Cerro Prieto (820 MWe). A tervezett újabb egységek (Los Azufres, Los Humeros) mintegy 300 MWe fogják emelni a geotermikus áramtermelő kapacitást. E létesítményekkel Mexikó geotermikus potenciáljának megközelítőleg 15%-a kerül hasznosításra *(Lynch, 2002)*.

Törökország geotermikus energiatermelési kapacitása 2010-ben 100 MWe, míg a közvetlen felhasználás 795 MWt volt, a beépített teljesítmény 1,5 GW, ami 6,9 TWh hőenergiát szolgáltat évente. A földhő hasznosítására legalkalmasabb mezők a Menderes metamorf masszívum területén találhatók, melyek kapcsolódnak az ország középső és keleti vulkáni térségeihez. A magas entalpiájú mezők Kızıldere és Germencik, a közepes entalpiájúak közül pedig a Balçova és Seferihisar, valamint a Salavatli-Sultanhisar és Simav a legjelentősebbek. A hasznosítás legfőbb területe a távfűtés, 2007-ben már 20 települési távfűtő rendszer működött, valamint jelentős fejlesztések és kísérletek folynak a geotermikus energia agrárgazdasági hasznosítása terén is, elsősorban az üvegházi zöldség és gyümölcstermesztésben alkalmazva azt. A gyorsan bővülő üvegházi hasznosításnak köszönhetően, jelenleg már mintegy 210ha üvegházi területet fűtenek geotermikus energiával. *(Umran et al. 2010; Bayrackı et al. 2012)*. A geotermikus energia használata korlátozott, további távfűtő művek már nem építhetők ki *(Mustafa – Hasan, 2012)*.

Tunéziában a Kelibi-régió (Dél-Tunézia) rendelkezik jó geotermikus adottságokkal, ahol a felhasználás területe 95 százalékban a mezőgazdasági öntözés. E mellett mintegy 116ha üvegház fűtését is termálvízzel végzik. A 45°C-nál alacsonyabb vizet – közvetlenül a felszínre érést követően – elöntözik, az ennél magasabb hőmérsékletű vizek ma még csekély hányadát hasznosítják fűtésre, elsősorban üvegházakban. A hőjét vesztett vizet szintén elöntözik az üvegházi kultúrában *(Mouldi Ben, 2003)*. Egyes területeken a kitermelt víz enyhén sós brakkvíz, melyet a felhasználás előtt sótalanítani, továbbá a keménységét csökkenteni kell *(Bouguecha – Dhahbi, 2003)*.

A **magyarországi** agrárgazdasági termálvíz hasznosítás mintaterülete a Szentesi Árpád-Agrár Zrt, ahol ***Csikai Miklós*** vezetésével több évtizedes múltra tekint vissza a technológia komplex és többlépcsős hasznosítása. Munkáiban, valamint Szentesen végzett kutatásaival hívta fel a figyelmet a geotermikus energia

agrárgazdasági hasznosításának kedvező gazdasági hatásaira, a hasznosítást szabályozó és támogató rendszer hiányosságaira, a visszasajtolással kapcsolatos kérdésekre, valamint az agráriumban rejlő kihasználatlan gazdasági lehetőségekre *(Csikai, 2008)*.

Zentai Ákos és ***Nagy Gál János*** szintén Szentesen végzik kutatási tevékenységüket. Szerintük kiemelt jelentősége van a geotermia mellett a kombinált megújuló energiatermelésnek, mely szerint minden elérhető megújuló energiát hasznosítani kell az agrárgazdasági tevékenységek energetikai támogatásához. Nagy hangsúlyt fektetnek az energiatakarékosságra, az energiahatékonyság növelésére, melyhez szerintük folyamatos fejlesztésekre van szükség, fontos szerepet tulajdonítva az állami szerepvállalásnak. Ennek hiányában – tapasztalataik szerint – a hazai agrárium fokozatosan leszakad és bedarálják a külföldi versenytársak. Ugyanakkor az energetikai korszerűsítésekkel a korábbi energiaszükséglet 60%-al csökkenthető, mely jelenleg talán az egyetlen versenyelőnyt teremtő lehetőség az Európai Unió agrárszereplőivel szemben *(Zentai, 2010)*.

Lorberer Árpád a hazai mezőgazdasági hévízhasznosítás hidrogeológiai alapjait teremtette meg, rendszeres vízkészlet gazdálkodási állapot értékeléseivel segítette a mezőgazdasági termálvíz hasznosítás fejlődését, a megfelelő technológiák megválasztását *(Lorberer, 2003, 2004)*.

A termálvíz közvetlen hasznosításának mezőgazdasági jelentőségét és annak magyarországi kiemelkedő szerepét ***Árpási Miklós*** is rendszeresen szerepelteti tanulmányaiban. Szerinte a termálvíz felhasználás mennyisége tekintetében Magyarország kiemelkedő helyet foglal el a világban, azonban a hatékonyság területén elmaradásaink vannak. Ennek fő okát a szabályozás jogi alapjainak hiányosságaiban látja. Javaslatai szerint átfogó jogi szabályozás kialakítása szükséges, mely egyaránt figyelembe veszi a gazdasági és környezeti szempontokat *(Árpási-Szabó, 2000)*.

Popovszki és ***Árpási*** nevéhez kötődik az agrárgazdasági termálvíz energetikai hasznosításának nemzetközi összehasonlítása. Szerintük Magyarország az üvegházak termálvízzel történő fűtése terén, a gazdasági hátrányok ellenére is a világ élvonalába tartozik. A termálvízzel fűtött üvegházi terület 2004-es adatok szerint elérte a 130 hektárt, mellyel akkor a második helyen állt az Egyesült Államok 183 hektáros területe mögött. Felméréseik szerint 2006-ban Magyarországon 206 termálkutat használtak mezőgazdasági hőhasznosításra *(Popvszki, 1998, Árpási, 2004)*.

Az alacsonyabb hőmérséklet tartományú termálvizek sikeres üvegházi hasznosítása és a pannóniai homokkőbe történő visszasajtolás technológiai megoldása terén kiemelkedő érdeme van ***György Zoltánnak***, aki először a fülöpjakabi kertészetben létrehozott pilot projekt kapcsán igazolta e lehetőségek realitását *(György, 2006, Ádám, 2008/b)*.

A geotermikus energia, különböző hőfoktartományainak maximális kihasználásában és ennek során az egymástól eltérő típusú felhasználói területek – települési intézmények fűtése, kertészeti hasznosítás – egymásra építésében kiemelkedő szerepe van ***Szanyi Jánosnak*** és ***Kurunczi Mihálynak***, akik több Dél-

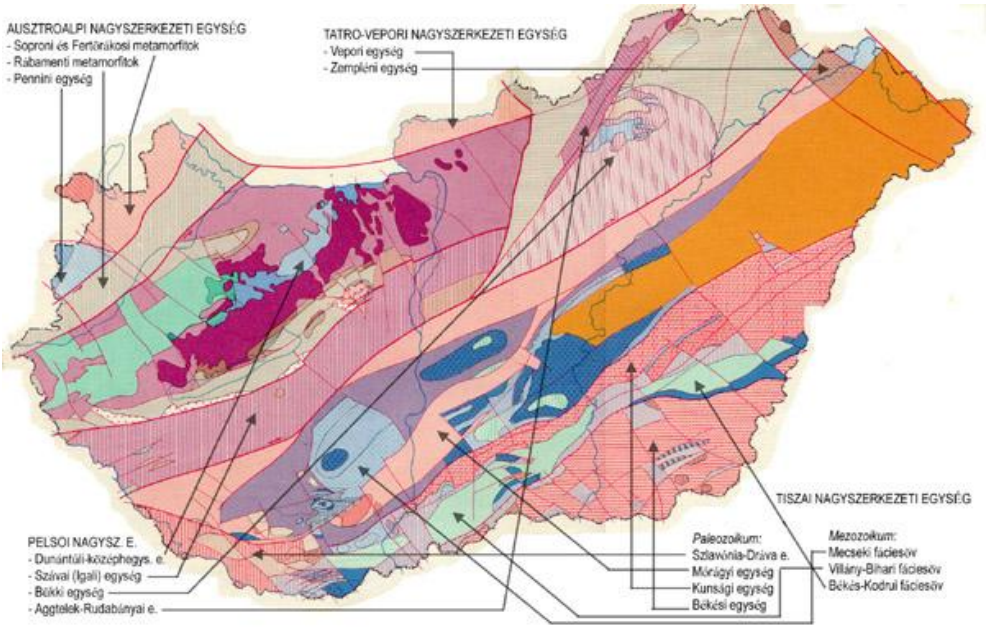
alföldi települési geotermikus rendszer kiépítésében vettek részt. Szerintük a települési geotermikus rendszereknek a hagyományos energiahordozók árának növekedésével egyre nagyobb realitásuk van az energiahatékony, olcsó és tiszta települések megteremtésében *(Szanyi-Kurunczi, 2007)*.

4. Geotermikus adottságok Magyarországon és az Észak-alföldi régióban

A térség kedvező hidrotermális adottságai a Kárpát-medence geológiai-hidrogeológiai fejlődéstörténetében keresendők. A mezozoikum óta szinte megszakítás nélkül zajló üledékfelhalmozódás nagy kiterjedésű víz- és hőtározó kőzettesteket hozott létre, melyek geotermális természeti kincsünk alapját képezik.

4.1 Geológiai, hidrogeológiai alapok és feltételek, területi adottságok

Szerkezeti viszonyait tekintve a régió nyugati peremén húzódik a Közép-magyarországi főszerkezeti vonal, melytől délre az Észak-alföldi régió területét alkotó Tiszai nagyszerkezeti egység helyezkedik el. Egyedül a Jászság északnyugati térsége húzódik át a Magyar-középhegységi nagyszerkezeti egység területére *(4. ábra)*. A több ezer méter mélységben fekvő, prekambriumban, a paleozoikumban és a mezozóikumban keletkezett medencealjzatát hegyvonulatok és mély árkok alkotják, amire a későbbi kainozóos üledékek, viszonylag nyugodt településsel vastag réteget alkotva rétegződtek. Felépítésében és szerkezeti fejlődéstörténetében három nagy fejlődési időszak különíthető el *(Fülöp, 1981)*.



4. ábra: Magyarország nagyszerkezeti egységei és az azokon belüli kisebb egységek helyzete (Forrás: Fülöp, 1990)

Az első az Alpok gyűrődése előtti Közép-Európa fejlődéstörténetéhez kapcsolódó fejlődési szakasz, ami többnyire a kaledóniai- és a variszkuszi-hegységképződések során lejátszódó eseményeket jelenti. A második a Thetys középidőben és a harmadidőszak első felében lejátszódott folyamatai, amely az Alpok, Kárpátok és Dinaridák kialakulásával egyidejű nagyszerkezeti mozgásokat foglalja magában. A harmadik, a miocéntől a holocénig terjedő földtörténeti időszak, ahol a függőleges irányú süllyedésekkel és emelkedésekkel járó tengeri transzgressziók és regressziók váltakoztak a hegységek kiemelkedésével és vulkáni tevékenységgel. Ezek eredményezték a mai középhegységekkel együtt a Pannón-medence kialakulását. E szerkezeti fejlődés eredménye, hogy a Pannóniai-medence aljzata csak 20-25km vastag, vagyis az átlaghoz képest vékony. A kéreg elvékonyodását köpenybeli mélyáramlások hozták létre. Részben ennek következménye az átlagnál nagyobb, 6-7°C/100m-es geotermikus gradiens *(Molnár, 1984)*.

A magyarországi területek süllyedése a paleozoikumban indult meg, majd a mezozoikumban jelentős része a Thetys része lett *(Molnár, 1984)*. A medence aljzat kiegyenlítetté válása, lehetővé tette, hogy nagy területeken hasonló transzgressziós üledéksor alakuljon ki. A tenger peremein karbonátos-meszes üledékek rakódtak le *(Bérczíné – Pelikán, 1984)*. Az intenzív üledék felhalmozódás a ladini-emelet végétől a felső-triász elejétől indult meg.

A transzgressziós és regressziós szakaszok alkalmával eltérő üledéksorok akkumulálódtak. Transzgresszió alkalmával homokos agyag és homokkő, mészkő, a tenger visszahúzódási időszakokban pedig homokkő, helyenként bauxit és barnaszén. A felső-kréta hegységképződési szakaszban kettős mélytengeri flis árokrendszer jött létre, ami során kialakult a Szolnok-Máramarosi flis öv, ennek magyarországi része az alföldi flis vályú *(Martonné, 1993)*.

Az oligocén végén a szávai orogén fázis során a Kárpát-medencében a lemezek megérkeztek mai helyükre. A szávai orogén fázis Ny-DNy-on kiemelte az alpi hátteret és ennek következtében ÉK-Magyarországon tengeri, partszegélyi homok, homokkő és nyíltvízi agyagos üledékek rakódtak le. A háttér további emelkedésének hatására a ciklus végére a tengeri üledékgyűjtő is feltöltődött. A középső-miocénben lezajló transzgresszió a kiemelt helyzetű Kárpátokig haladt előre. A kárpáti üledékciklust összesen 1000-1500m vastagságban féligsósvízi bázisrétegek, litorális konglomerátum és homokkő, majd nyíltvízi molassz és végül a cikluszáró sekélyvízi zátonyrétegek alkotják. A kárpáti ciklus végét helyi andezit vulkánosság és országosan elterjedő riolittufa vulkanizmus képviseli. Az alsó-bádeni emeletben, ÉK-en a regionális andezit vulkanizmus anyaga a 3000 méteres vastagságot is eléri. A felső-miocénben a lajtai orogén fázis hatására a Kárpát-medence Parathetysszel való kapcsolata megszűnt, tengeri kapcsolatok a továbbiakban az Aral-Kaszpi-medence irányába nyíltak. A szarmatában tetőző andezit-riolit vulkanizmus képződményei az ÉK-i országrészen 2000 métert meghaladó vastagságú összletet alkotnak és ezek a rétegek a medencében a nyírség felé is folytatódnak. A felső-miocén szarmata és a pleisztocén képződmények között települő, pliocén különleges csökkent sósvízű Congeriás rétegek alkotják a pannóniai képződményeket. Az ország nagy része ekkor szárazföld, és a domborzat éppen ellentéte a mainak. A fő üledékgyűjtő a középhegységi pászta volt.

A kárpáti emeletben megkezdődő geomorfológiai inverzió a pannonban teljesedett ki, a dilatáció hatására fokozódott a medencék süllyedése, melynek következtében az alsó-pannonban egyre nagyobb területeket foglalt el a tenger *(Hámor, 1980, 1984)*. Legnagyobb kiterjedését a felső-pannonban érte el, melynek következményeként a pannon üledékek nagy vastagságban halmozódtak fel, ami a medencékben meghaladja az 1000 métert. Maximális vastagságát a makói-árokban éri el, 4500 méterrel. A Kisalföldön 3500 méter, a Dráva mentén pedig 3300 méter. A víz mélysége sohasem haladta meg az 500 métert, így a nagy vastagságú üledék felhalmozódása a medencealjzat szakaszos süllyedésével jött létre. A feltöltődésben két tényező játszott szerepet, a folyóvízi hordalékszállítás és a partoktól távolabbi tengeri üledékek lerakódása.

Az alsó-pannonban csökkent-sósvízi mészmárga, agyagmárga, aleurolit és homokkő halmozódott fel. A felső-pannon első felében még finomabb szemcseösszetételű üledékek – agyagmárga, mészmárga, agyag, homokos márga – majd a feltöltődés előrehaladtával, a delták előrenyomulásával a medence belsejében is változatosabb és durvább üledékek rakódtak le. Nőtt a homok jelentősége. Az akkumuláció eredményeként a tó egyre kisebb területre zsugorodott *(Martonné, 1993)*. *Borsy et. al. 1987* szerint 3,5-3,2 millió évvel ezelőtt a Pannon-tó az Alföld déli területére húzódott vissza. Az erősen hordalékos vízfolyások a pliocén végére ezt a tavat is feltöltötték. Középhegységeink területének döntő hányada kiemelt pusztuló térszín volt *(Pinczés, 1969)*.

A pliocénben fokozatosan kiédesedő Pannon-beltó medencebelseji kifejlődésében 4000-5000m vastag szürke agyagmárga, mészmárga, aleurit és homokkő rétegek alakultak ki, felső részén szenes agyaggal és lignit betelepülésekkel. A medenceperemi területeken és a középhegységeket körülvevő szigetek közelében a homok, aleurit és az agyagmárga az uralkodó, de jelentős az abráziós kavics és konglomerátum, az édesvízi mészkő, valamint a kovaföld.

A pannóniai képződmények gazdaságföldtani jelentőségét a nagy kiterjedésű ivóvíz és termálvíz tárolókon kívül a lignit, a kőolaj, földgáz és szénsav, a medenceperemi területeken keletkezett üvegipari és öntödei kvarchomok, továbbá építőipari anyagok homok, kavics, agyag, bazalt adják.

A fluviolakusztrikus időszaknak a jellegzetes üledéke a keresztrétegzett homok *(Pécsi, 1986)*. Az Alföld jellegzetes pliocén medencebelseji üledéke a több száz méter vastag, terresztrikus steril homoklisztes tarkaagyag.

A negyedidőszakban a már korábban is meglévő medencesüllyedékek tovább süllyedtek, valamint a középhegységek kiemelkedése és a folyóvízi akkumuláció jellemezte. A Duna és a Tisza mellékfolyóival szinte az egész medencét bejárta nagy mennyiségű folyóvízi üledéket halmozva fel, amelyek vastagsága az intenzíven süllyedő területeken eléri a több száz métert is. A legnagyobb feltöltést a Kisalföldön és a Körösvidéki-süllyedéken végezték, így e rétegek tározzák ivóvizeink nagy részét.

4.2 Geotermikus adottságok földtani jellemzése

A Pannon-medence átlagos hőáramsűrűsége (80-100mW/m^2) lényegesen magasabb, mint a medencét övező hegységeké, s ez azt bizonyítja, hogy a terület alkalmas a geotermikus energia hasznosítására. Az országot NyDNy-KÉK irányban átszelő Balaton-, és Közép-magyarországi-vonalaktól délre viszonylag magas hőmérsékletű területeket figyelhetünk meg. Ezek azok a régiók, amelyek a legkedvezőbbek a geotermikus energia kitermelésére. A közepes entalpiájú geotermikus rezervoárok – a mélységi hőmérséklet 180°C > T_{rez} > 120°C – általában minimum két kilométer mélységben helyezkednek el *(Lorberer, 2004)*.

Magyarország területének 70 százalékán található termálvíz ($T_{víz}$>30°C), amely jórészt két, regionális kiterjedésű vízadó-rendszerből ered. Az egyik a Pannon-medence neogén, pliocén/felsőpannon negyedidőszaki törmelékes üledékes összlete, a másik a repedezett, üledékes – karbonátos és törmelékes – vagy kristályos pretercier aljzat. A medencealjzat esetében a vízadó rendszer legfontosabb részét annak felső, néhányszor tíz-száz méteres mállott, vagy karsztosodott zónája alkotja, ahol a legkedvezőbbek a porozitási és permeabilitási viszonyok. Néhány helyen e két fő termálvíztartó közötti rétegek is tartalmaznak termálvizet, például az eocén és középső miocén mészkövekből, töredezett oligocén márgából álló rétegek, azonban ezek vagy alárendelt szerepet játszanak a teljes geotermikus készlet felmérésénél, vagy közvetlen hidraulikai kapcsolatban állnak valamelyik nagy rendszerrel *(Lorberer, 2004)*.

A hazai geotermikus viszonyokat földtani szempontból alapvetően a tektonikai folyamatok jellegének a paleogén–neogén határon bekövetkezett döntő megváltozása alakította ki. A terület addig uralkodóan torlódásos szerkezeti folyamatai ekkor, mintegy 24 millió éve extenzióssá váltak a kéreg elvékonyodása miatt, amelynek következtében az alaphegységi képződmények nagyobb része jelentősen süllyedni kezdett.

A miocén–pliocén–pleisztocén során, az extenziós tektonikai, kéregfejlődési folyamatok következtében, jelentős mélységű (1000–8000m) neogén részmedencék alakultak ki a mai Magyarország területén, amelyek közül az Észak-alföldi régió alatt részben vagy egészben a Jászsági-medence (a kitöltés maximális vastagsága 4000m), a Derecskei-árok (6000m), valamint a Békési-medence (6000m) helyezkedik el. A felsorolt medenceegységek süllyedése időben és térben eltérő mértékben zajlott le. A miocén elején, illetve középső részében viszonylag lassú, a felső-bádeniben gyors, a szarmatában és a pannóniai elején lassú, az alsópannon középső részében és a felsőpannonban gyors, a pleisztocénben a Nagyalföldi medence DK-i részén gyors ütemben ment végbe *(Martonné, 1995)*.

A miocénben az aljzat – térben és időben eltérő mértékben – süllyedésnek indult a Pannon medence területén. A medence kialakulása során részmedencék sora jött létre, amelyet lokális süllyedékek és kiemelt hátságok jellemeztek. Ez a bonyolult morfológia az üledékképződés mechanizmusára is rányomta bélyegét. Az üledékképződés a kárpáti emelet végén indult meg, egyelőre csak lokálisan, alluviális törmelékkúpok, folyóvízi képződmények formájában.

A bádeni során alakult ki a szigettenger jellegű üledékgyűjtő, amely kapcsolatban állt a világtengerekkel, de igazán nagy vízmélység nem volt jellemző rá. Ennek következtében a hagyományos értelemben vett miocén (kárpáti–szarmata) üledékek vastagsága a 3-400 m-t ritkán haladja meg. Ugyanakkor a legmélyebb árkokban, így például a Békési-medencében is valószínű a több száz méter vastag durvatörmelékes, konglomerátumos rétegsor,- bár konkrét fúrás nem jutott át rajta. A bádeni idején volt utoljára hazánk területén normál sótartalmú tenger. E víz kissé átalakult fosszilis maradványai sok helyen megőrződtek a medencealjzat hévíztárolóiban, a paleogén medence-területeket kivéve.

A kiemelt hátságokon a kárpáti–szarmata rétegsor elvékonyodik, kiékelődik. Kifejlődése itt abráziós parti homokkő, konglomerátum, amely sokszor breccsával indul, néhány tíz méter vastagságban, fölé általában biogén mészkő települ, majd vékony, néhány méteres szarmata agyagos-homokos összlet zárja a rétegsort. Ez a litológiailag komplex vízadó rendszer gyakran az alaphegység mállott vagy karsztosodott zónájával alkot hidrodinamikai és hidrogeokémiailag egységes rendszert, mely ily módon jelentős a geotermikus energiahasznosítás szempontjából *(Molnár 1984)*.

A mélyzónákban a miocén rétegsor szintén durvatörmelékkel indul, amelynek vastagsága átlagosan 5-30 méter, de néhány igen mély süllyedékben a több száz métert is elérheti. Ezek fölött mélyvízi agyagos képződmények helyezkednek el. Az egykori parthoz közel, sekély vízmélységben, karbonátos zátonyok, padok képződtek. Ezek a zátonyok több szintben megtalálhatók egymás fölött, ami a relatív tengerszint ingadozására, és a medence fokozatos süllyedésére utal. Még ezek a viszonylag jobb vízvezető szerkezetek sem igen érik el a geotermikus hasznosításhoz elegendő áteresztőképesség értékeket. A szarmatában a mai medencebeli területeken elsekélyesedés nyomai tapasztalhatók. Ekkorra az üledékgyűjtő lefűződött a világtengerektől, és megkezdődött a kiédesedés. Geotermikus, illetve hévízbeszerzési szempontból e rétegek önállóan jelentéktelenek, hasonlóan az intenzív tektonikai mozgásokhoz társuló, sok területen igen vastag vulkáni képződményekhez *(Martonné, 1995)*.

A termális süllyedés intenzív szakasza a pannonban zajlott le, amelynek következtében fokozatosan igen nagy, 1000m-t is meghaladó, vízmélységek alakultak ki. Így az üledékképződés jellege is megváltozott. Kiterjedt mélymedence alakult ki, melynek környezetében a Kárpátok és az Alpok egyidejű kiemelkedése jelentős mennyiségű üledékanyagot szolgáltatott a vízgyűjtő terület folyóinak. A medencében a legfőbb behordási irányok ÉNy és ÉK felől alakultak ki, amelyeket hatalmas deltarendszerek képviseltek, valamint kisebb-nagyobb vízfolyások minden irányból elérték a medencét. A mélymedencékben hemipelágikus márgák rakódtak le, így medence-szerte az Endrődi Formáció alkotja a pannon alsó 50-200 méterét. Ezt követően a meredek medence- és delta- lejtőkön mobilizálódott üledékanyag töltötte tovább a medence legmélyebb részeit. Az igen vastag, akár 1000m-t is elérő, Szolnoki Formáció, mely finomhomokos turbiditeivel, és gravitációs üledékeivel az alapvetően agyagos rétegsorba ágyazódtak, ezzel némileg kiegyenlítve a térszínt. Geotermális szempontból a régió alatt ez a turbidites képződménycsoport jelentéktelen. A mélymedencében a turbiditek fölött,

a sekélyebb medenceterületeken pedig a hemipelágikus márgákon az Algyői Formáció vastag agyagos-aleuritos, deltalejtőn és medencelejtőn leülepedett képződményei településnek. Ez az összlet több száz méter vastag lehet, egy-két helyen az 1000m-t is elérheti. Ez a képződménycsoport is alkalmatlan víztermelésre, melynek oka hogy pelites, csak elszórtan, lokálisan lehetnek benne homokkőtestek. Ebben az összletben, valamint alatta mindenhol túlnyomás tapasztalható, amely főként a vastag üledéksorok kompakciója nyomán alakult ki, e vastag záró, rossz vízvezető képződménynek köszönhetően *(Martonné, 1995; Lorberer, 2004)*.

A túlnyomásos területek alatt elhelyezkedő alaphegységi tárolókban a hidrosztatikusnál nagyobb nyomású a hévíz és a természetes vízáramlások innen irányultak a tisztán hidrosztatikus területek felé. Ezeken az alaphegységi részeken minden esetben jelentősebb a hévizek sótartalma is *(Szőcs, (2004)*.

Az egész medence legjelentősebb hévíztárolóit a homokos-aleuritos partmenti, elsősorban delta környezetben képződött üledéksorok jelentik (Újfalui Homokkő). A homokkőtestek deltafronton képződött torkolati zátonyok, valamint deltaágakban lerakódott mederkitöltések és egyéb parti homokok. A homokköveket deltasíkságon, mocsarakban, kisebb öblökben lerakódott agyagos-aleuritos, lignitcsíkos rétegek tagolják. Ez a képződménycsoport 50-1000m vastagságú lehet, de átlagosan 2-300m. Ez már a hagyományos értelemben vett felsőpannon sorozat része, amelyek a medenceperemek felől fokozatosan közelednek a medencebelső felé, és feltöltik azt. Ez a formáció nemcsak a legjobb hévíztárolókat, hanem az ország legnagyobb szénhidrogén előfordulásának, Algyőnek a legjobb telepeit is tartalmazza. A fő pannon hévízadó rétegsor fölött a felszínig tartó vastag felső-pliocén és negyedidőszaki folyóvízi összlet található, mely homokos, helyenként kavicsos övek tárolják az ország ivóvízkészletének jelentős részét. Legmélyebb részein hévíztárolók is előfordulnak. A felsőpannon hévízadó rendszer hidrodinamikailag szorosan összefügg a felette lévő hidegebb ivóvizes rendszerekkel. A felsőpannon-negyedidőszaki vízadó-rendszert nagy regionális áramlások jellemzik. Utánpótlásuk a hideg vizes felsőbb zónákból származik (domb és hegyvidéki területek, Duna-Tisza köze és a Nyírség magasabb részei). Ezeken a részeken a hévízben kevesebb az oldott anyag, mint azokon a területrészeken, ahol részben az alulról származó nagyobb sótartalmú vizekkel való keveredést követően a regionális vízmozgás felfelé, a főbb megcsapolást jelentő, mély helyzetű talajvizek felé irányul *(Lorberer, 2004)*.

A pretercier medencealjzat teljes területén, (azon mélység alatt, ahol a hőmérséklet meghaladja az adott hasznosítási mód által megkívánt értéket) lehet számítani geotermikus rezervoárokra. Ezek közül a nem karsztos repedezett tárolók kisebb jelentőséggel bírnak, mint a karbonátos karsztosodott összletek. A mezozóos karbonátos vízadó-rendszer két fő részre tagolódik. Az egyik rész a hegyvidékeken a felszínen található, majd a mélybe süllyedve a neogén üledékek alatt folytatódik. A víz utánpótlását a hegyekben beszivárgó és lefelé áramló csapadékvíz adja. A mélyben felmelegedett víz egy része a karsztvidékek lábainál, hévforrások formájában kerül ismét a felszínre (Hévíz, Budapest, Eger, Miskolctapolca, Siklós-Harkány-Beremend). Ezek a rezervoárok általában szintén

alacsony hőmérsékletűek (<100°C), köszönhetően a leszálló vízmozgásoknak, illetve a sekély mélységnek a hideg, langyos és meleg komponensek keveredésének. A DNy-Dunántúl és a Dél-Alföld alatt található mezozóos vízadók nagy része elszigetelt helyzetben van, nincs vagy jelentéktelen kapcsolata van a nyíltkarsztos területekkel. A vízkémiai elemzések alapján gyakran kimutatható, hogy ezeknek a karbonátos rezervoároknak a vize fosszilis tengervíz *(Lorberer, 2004)*.

4.3 Geotermikus rezervoárok

A hegyvidéki területek kivételével az ország felszíne alatt neogén üledékek találhatók, melyek vastagsága néhány száz méter és nyolc kilométer között változik *(1. melléklet)*. A **neogén rezervoár** felső része – a negyedidőszaki és felső-pannóniai vízadó rendszer – egymással váltakozó kavics, homok, homokkő, iszap, agyag és márga rétegekből áll, amelyek hidraulikailag egységes rendszert képeznek. A rezervoárt regionális vízáramlás jellemzi, melynek utánpótlódási területe a magasabban fekvő domb és hegyvidéki területek, a Nyírség, a Duna-Tisza köze, megcsapolódási területei pedig a legalacsonyabban fekvő térszínek. A rezervoár termelhetősége a regionális áteresztőképesség függvénye, a felső-pannóniai homok és homokkő (Alföldi Vízvezető) vízáteresztő-képessége: 10-5m/s, a kutakból több 10, akár 100m3/h vízhozam érhető el.

Az Alföldi Vízvezető alatti üledékeket márga és agyag alkotja. Ezek a kőzetek uralkodóan vízfogó jellegűek (Algyői Vízfogó K=10-8-10-7m/s; Endrődi Vízfogó K=10-9m/s), közöttük előfordulnak homokkőtestek is: Szolnoki Vízvezető, K=10-7-10-6m/s. A vízfogókban, illetve alattuk már mindenhol túlnyomás tapasztalható. Ennek helye azonban területenként változó. Szentesen például előnyös a hidraulikai helyzet, mert még az Algyői Vízfogóban is közel hidrosztatikus a nyomásállapot, a hidrosztatikust 0,15MPa/km-rel meghaladó a nyomásgradiens, ami a gravitációsan feláramló vizeknek köszönhető. Ez azt jelenti, hogy a terület a hévíztermelés szempontjából kedvező, mert nagy mélységig (2500m) utánpótlódó készletek találhatók. Biharkeresztes körzetében viszont már 1200 méteres mélységtől 2- 6MPa, majd 2200m-től >10MPa túlnyomás jelentkezik *(Mádlné, 2008)*.

Horváth, 2007 Pannon-medencéről készített geodinamikai modellje szerint az aljzattól akár a negyedkori rétegekig is elérő, többszörösen felújult vetők vízvezetésben betöltött szerepe is döntő lehet hévízkutatási szempontból. Az alsó túlnyomásos rendszernek a vezető vetőkön keresztül lehetősége van a túlnyomás leeresztésére *(Tóth – Almási, 2001)*, ami nehezíti az utánpótlódó és nem utánpótlódó készletek elhatárolását, a hévizek termelhetőségi karakterisztikájának előrejelzését. A túlnyomásos tározók zártak, ezért termelhetőségük a regionális tározási tényezőtől függ. Semmiképpen nem termelhetők visszasajtolás nélkül. A neogén rezervoárban 2000-2500 m mélységben 90-110°C a várható hőmérséklet, kisebb mélységben pedig még alacsonyabb. Így ez az alacsony entalpiájú rendszerek közé sorolható és hőenergiája elsődlegesen közvetlenül hasznosítható.

A rezervoár az egész Alföld, Kisalföld, Dél-Dunántúl alatt megtalálható *(Mádlné, 2008)*.

A **karbonátos rezervoárok** vízvezető-képessége repedezettségükből és karsztosodásukból fakad *(2-3. melléklet)*. Karbonátos mezozoos kőzetek a felszínen találhatók a Dunántúli-középhegység, Mecsek, Villány, Bükk, Aggteleki karszt területén. A kőzet repedezettsége miatt a kibúvásokon a csapadékvíz könnyen beszivárog, majd a mélyben felmelegedve a hegylábaknál meleg forrásokban lép a felszínre (Hévíz, Budapest, Eger). A víz hőmérséklete itt is kisebb, mint 100°C, így ezek a rezervoárok is az alacsony entalpiájú rendszerek közé sorolhatók. A karbonátos kőzeteket a hegylábaknál neogén üledékek fedik. Ezeken a helyeken a feláramló melegvíz az üledékekbe szivárog és hoz létre hőmérséklet-anomáliát *(Mádlné, 2008)*.

A neogén üledékekkel fedett aljzatban található mezozoos karbonátok nagy része nincs kapcsolatban a nyílt karszttal (DNy-Dunántúl, D-DK-Alföld). Ezek zárt rendszert képeznek, amit a repedésekben tárolt víz magas oldott sótartalma mutat (2-3g/l), a vizek jellege gyakran konyhasós, illetve ezek a tározók is valószínűsíthetően túlnyomás alatt állnak (pl. Fábiánsebestyén-Nagyszénás). Szeizmikus szelvények és mélyfúrások alapján ismert a rezervoárok teteje, azonban a vastagságuk jelenleg csak becsülhető (max. 1000-2000m). A 3000m-nél mélyebben található rezervoárokban a hőmérséklet legalább 120 °C, de Fábiánsebestyénnél a hőmérséklet a 190°C-ot is eléri. A neogén üledékek aljzatában található repedezett, töredezett karbonátos kőzetben található közepes, magas entalpiájú rezervoárok tehát már alkalmasak elektromos energia termelésére. A hasznosítás előtt a fő akadályt a nagy túlnyomás (<30MPa) jelenti *(Árpási et al. 1997; Árpási – Szabó, 1999)*.

4.4 Porozitási és permeabilitási jellemzők

A porozitás és a permeabilitás, azaz a kőzetek fluidumtartalma (főleg víz) és a fluidum áramlási sebessége meghatározó tényezők a geotermikus energia kiaknázásában. A negyedidőszaki, szárazföldi eredetű üledékek (főleg homok és lösz) alatt Magyarország legnagyobb részén a pannon korú, delta síksághoz kapcsolódó üledékes összlet fekszik, amelyben sűrűn váltakoznak a homok, homokkő, aleurolit és agyagos-márgás rétegek. Ezek a rétegek egy közös vízadó-rendszert alkotnak, amelyben az effektív porozitás nagymértékben csökken a mélységgel, ám a homokkő rétegek még akár 2500m mélyen is jelentős porozitással bírhatnak. A porozitás mélységgel való csökkenése a medence sekélyebb részein gyorsabb, míg a mélyebb részeken lassabb. A homokkövek horizontális permeabilitása átlagosan 400-500mD, ám a felszín közelében 800mD, míg 2500m mélyen 100mD is lehet. Ugyanebben a mélységtartományban a vertikális permeabilitás 30-300mD között változik *(Dövényi et al. 2002)*. A pannon korú márga- és agyagrétegek permeabilitása egy-két nagyságrenddel kisebb, ám ez elég ahhoz, hogy hidraulikai szempontból összekösse az egyes homokkő-testeket. Közel függőleges, néhány mm/év sebességű vízáramlás léte is bizonyított két-

három helyen a Pannon-medencében, például a tiszakécskei geotermikus maximum *(Horváth – Dövényi, 1991).*

Az idősebb neogén üledékek hidrodinamikai paraméterei általában kedvezőtlenek a geotermikus energiatermelésre. A kompaktálódott márgák nagy mélységben gyakorlatilag impermeábilisak, így a mélyebben fekvő, alsópannon korú deltalejtő és delta előtéri üledékek turbidites homokkő rétegei hidraulikailag elszigeteltek. Mélyfúrási geofizikai mérések is azt mutatják, hogy a márga/homokkő arány az idősebb összletekben lényegesen magasabb, mint a felső-pannonban. A pretercier medencealjzat alapvetően két részre osztható. A mezozóos korú, főleg karbonátos kőzetek sok helyen viszonylag nagy másodlagos porozitással és permeabilitással jellemezhetőek, míg a paleozóos korú medencealjzat a legtöbb helyen gyakorlatilag impermeábilis *(Lorberer, 2004).*

4.5 Hőmérsékleti viszonyok és hőáram

A geotermikus energiahasznosítás szempontjából a legfontosabb fizikai mennyiségek a hőáramsűrűség és a felszín alatti hőmérséklet *(4-7. melléklet)*. A felszín alatti hőmérséklet mélyfúrásokban mérhető *(Dövényi, 1994; Dövényi et al. 2002).* A hőmérsékletadatok döntő része szénhidrogén- és vízkutató fúrásból származik. Néhány kivételtől eltekintve ezek a fúrások megálltak az üledékekben vagy egy-két méter után az üledékek aljzatában. A hőmérséklet az üledékekben viszonylag jól ismert, az aljzatban viszont kevésbé, melyet a *4. melléklet* is mutat (*Dövényi et al. 2002; Ravnik et al. 1995; Franko et al., 1995; Demetrescu et al. 2001; Dövényi – Horváth, 1991; Hurtig et al. 1992)*.

A hőáramsűrűség területi eloszlása vonatkozásában a Dunántúli-középhegység, a Bükk és az Aggtelek- Gömöri karsztvidék környezeténél alacsonyabb hőárammal (50mW/m²) rendelkezik *(4. melléklet)*. Ezeken a területeken a repedezett, karsztosodott karbonátos kőzetekben a hideg karsztvíz beszivárgása, csökkenti a hőáramot. A Kisalföldön is alacsonyabb az átlagnál a hőáram. Ez részben annak a következménye, hogy a hideg karsztvízáramlás behúzódik a Kisalföld alá, másrészt a 7000-8000m vastag üledékrétegek csökkentik a hőáramot. Az üledékek a lerakódásuk óta még nem tudtak teljesen átmelegedni, ezért az üledékekbe lépő hőáram egy része azok hőmérsékletének emelésére fordítódik. Másrészt az üledékekbe kevesebb hőáram lép az aljzatból, mert hővezető-képességük alacsonyabb, mint az aljzaté. Hasonló okokból alacsonyabb a hőáram az Alföldön, a Makói-árok és a Békési-süllyedék területén. A hőáram magas ellenben az Alföld többi részén, különösen a déli területeken, Szerbiában, valamint a Dunántúl déli részén *(Mádlné, 2008)*.

A **hőmérséklet-eloszlás** vonatkozásában a kedvező felszín alatti magas hőmérsékletet a megemelkedett hőáram okozza. A felszín alatti hőmérsékleteket 500, 1000 és 2000m mélységben a *8-10. mellékletek* mutatják *(Dövényi et al. 2001)*. A hőmérsékletre mindhárom mélységben jellemző, hogy az a Dunántúli-középhegységben a legalacsonyabb a karsztvíz leáramlás következtében. Szintén alacsony a hőmérséklet a Kisalföld alatt és a Makói-árokban. 500m mélységben a

hideg területek kivételével az átlaghőmérséklet 35-40°C. Az ennél magasabb hőmérsékletet (45-70°C), a vízáramlás fűtő hatása okozza, amely legjobban a felső 500m-ben érvényesül. Nagyobb mélységben a víz hőmérséklete egyre kevésbé különbözik a tágabb környezet hőmérsékletétől, így az áramlás által okozott hőmérséklet anomália megszűnik. 1000m mélységben az átlaghőmérséklet 55-65°C. A melegebb területeken, a Mecsekben és környékén, a Battonyai-háton és az Alföld ÉK-i részén 70°C felett van. 2000m mélységben az átlaghőmérséklet 110-120°C, míg a fent felsorolt melegebb területeken a hőmérséklet eléri a 130-140°C-ot *(Mádlné, 2008)*.

4.6 A fluidumok vízkémiai jellemzői

A hazai geotermikus rezervoárok vizében található oldott anyagok jól tükrözik azokat a víz-kőzet kölcsönhatásokat, melyek a tárolókban a keletkezés óta végbementek. A preneogén medencealjzat zártabb tárolóiban jelentősebb az összes sótartalom mennyisége, jelezve a főleg fosszilis vizeket. E vizek, általában Na-kloridosak, gyakran a tengervíz sótartalmát meghaladó mennyiségben. Ez és a tengervízhez képest magasabb kalcium és alacsonyabb magnézium tartalom itt a víz zárt környezetben való átalakulását jelzi. A hőmérséklet-jelző, indikátor-alkotók, mint a kovasav és a lítium kiugróan magas értékei jól reprezentálják a hazai geotermális adottságok világátlagtól eltérő viszonyait. A vízben oldott anyagok nyersanyagkénti felhasználása is elsősorban ilyen tárolók vizeinél merülhet fel (nátrium-klorid, lítium és jód). Bizonyos körülmények, azaz e zárt rendszerek és CO_2 gázt szállító mélytörések találkozásánál a víz, erősen nátrium-hidrogénkarbonátos jelleget ölthet. Az alaphegységi hévíz-rezervoárok, a nyílt karszthoz kapcsolódó részeken, az intenzív áramlásoknak köszönhetően alapvetően Ca-Mg-hidrogénkarbonátos jellegűek. A vizet áramlása közben ért hatások kapcsán e vizek helyenként magasabb klorid tartalma sokszor a fedőrétegekből származó fosszilis víz hozzákeveredéséből adódik. A neogén medence-területek felsőpannon tárolóiban a víz összetétele egyaránt tükrözi az áramlási viszonyokat, a keveredéseket és termikus hatásokat. A nagyobb mélységekben található alacsony klorid-tartalom intenzívebb utánpótlódásra utal. A magas klorid-tartalom a medencék középső részein már az alsópannon rétegekből – részben a kompakciós hatásra – felfelé migráló fosszilis vizek hozzákeveredését jelzi. A lítium és a fluor tartalom itt is a hőmérsékleti hatásokra utal *(Lorberer, 2004)*.

4.7 A geotermikus energia hasznosításának technikai megoldásai

A geotermikus energia hazánkban az egyik legrégebben használt megújuló energiaforrás, melynek elterjedését a technológiai fejlődés egyre szélesebb körben teszi lehetővé. Az Észak-alföldi régió gazdag forrásadottságokkal rendelkezik. A kéreg felépítésének eredménye az átlagnál nagyobb, 4,4-6,6°C/100m-es geotermikus gradiens. A földi hőáram átlagosan 90-100mW/m^2, ami kétszerese a

kontinentális átlagnak (65 mW/m²) és csaknem másfélszerese világátlagnak *(Royden et.al. 1983; Royden – Dövényi, 1988; Lenkey, 1999).* E termikus adottságok miatt Magyarországon 500 m mélységben az átlaghőmérséklet már 35-40 °C, 1000m-ben 55-60 °C, 2000 m mélységben pedig 100-110 °C, a melegebb területeken akár 120-130 °C lehet. A felszín alatti törmelékes üledékekből az ország területének több mint 70%-án minimum 30°C-os termálvíz feltárható. A geotermikus potenciál alulról közelítő becslések szerint is legalább 60 PJ/év a földhő közvetítő közege pedig a termálvíz *(Liebe, 2001).*

A geotermikus energia kinyerését, felhasználását három módon lehet elérni. A hőszivattyúval segített hőhasznosítás a leginkább elérhető megvalósítási mód, mely mellett a közvetlen hőellátás, valamint a kapcsolt villamosenergia és hőtermelés szerepel.

A hazai **hőszivattyús** földhőhasznosítás elterjedése 2002-ben indult meg. A berendezések ekkor megkezdett hatósági engedélyezési eljárása és törvényi szabályozása után, 2005 végére az általuk előállított hőmennyiség meghaladta az 5MW-ot *(Ádám, 2006),* 2008-ra pedig a 10 MW-ot *(Ádám, 2008/a).* A hőszivattyús rendszerekhez nincs feltétlenül szükség a felszín alól történő vízkivételre. A hőt szolgáltató közeg lehet felszíni vízfolyás, talajvíz, néhány méteres mélységben a talajhő, a földhő pedig 150-300 méteres mélységig. A hőszivattyús rendszert télen fűtésre, nyáron hűtésre lehet alkalmazni. A hőszivattyúval segített hőellátás legnagyobb előnye, hogy gyakorlatilag mindenhol, alkalmazható. A hőszivattyúk másik alkalmazási módja, amikor hulladékhőt, hasznosítanak. Ez a hő lehet akár lehűlt 30-40°C-os termálvíz, de ipari folyamatoknál keletkező meleg víz vagy levegő formájában jelentkező hulladékhő is. Az épületek fűtése, hűtése, szellőztetése és a használati melegvíz előállítása energetikailag kedvezően megoldható. A hőszivattyúk kielégíthetik akár egy épület teljes fűtési igényét *(Komlós, 2005).* A földhőszivattyús technológia Magyarországon is perspektivikus *(Ádám, 2008/a)*. A hőszivattyúkban rejlő további előny, hogy olyan területeken is lehetővé teszik a felszínközeli földhő decentralizált rendszerekben történő hasznosítását, ahol egyébként nincs lehetőség a termálvíz hasznosítására, vagy annak hőmérséklete nem elegendő a közvetlen hőhasznosításhoz. A nemzetközi tapasztalatokat alapul véve a berendezések a jövő technikáját képviselik, ezért az új generációs hőszivattyúk elterjesztése környezetvédelmi és gazdaságossági szempontból is előnyös *(Komlós, 2008/b).*

Geotermikus energiavagyonunk döntő részét jó hatásfokkal és nagy mennyiségben **közvetlenül hőellátásra** használjuk fel, termálvizeink 100°C-nál alacsonyabb hőmérséklete miatt. A közvetlen hőhasznosítás, a geotermikus energia felhasználásának legrégebben alkalmazott és legegyszerűbb módja, amely különösen akkor előnyös, ha a fokozatosan csökkenő hőmérsékletigényű felhasználók egymás után kapcsolhatók *(Rybach – Kohl, 2004).* A geotermikus energiavagyon nem csak energetikai céllal kerül felhasználásra. *Lorberer, 2004* szerint a működő hévízkutak (915 kút) 57,8%-át eleve fürdők és kórházak (289 kút) vagy ivóvízművek (240 kút) részére létesítették. Az egyéb hasznosítású, de csak 30-50°C-os kifolyóvíz-hőmérsékletű kutak nagyobb része is vízellátásra szolgál. Ebből adódik, hogy bár a legfrissebb hazai adatok szerint 3.63 PJ/év

hőenergiát állítanak elő geotermikusan, de ha ide számítjuk a fürdőkben és uszodákban történt hőhasznosítást, akkor ez a szám a duplájára emelkedik. A fürdők és uszodák vizének energetikai hasznosításával a földhőkihasználás mértékét nagymértékben növelni lehetne.

Belső terek fűtésére 40–140°C közötti hőmérsékletű termálvizet használnak. A fűtőtestekbe érkező 65–80°C-os víz, a használat során 25–40°C-ra hűl le. A 65°C-nál alacsonyabb hőmérsékletű vizek fűtési felhasználása csak hőszivattyúk, vagy különleges padlófűtési rendszerek, víz-levegő hőcserélők segítségével lehetséges. A belső terek fűtése a geotermikus energia egyik rendkívül költséghatékony felhasználása. A költségek többsége a beruházás kezdetén, a technikai háttér kiépítésénél jelentkezik. Ugyanakkor a működési költségek lényegesen kisebbek, mint a hagyományos energiára épülő rendszereknél. Ezek a szivattyúk áramellátására, a rendszer karbantartására és üzemeltetésére korlátozódnak. Egy adott terület fűtési projektjének megvalósíthatósága szempontjából a nagy hőterhelés-sűrűség meghatározó, mivel az egész projektben a legnagyobb költségtényező az elosztóhálózat kiépítése. A gazdaságosságot valamennyire javíthatja, ha nemcsak fűteni, hanem hűteni is lehet a geotermikus energia felhasználásával *(Gudmundsson, 1988; Lemale – Jaudin, 1998).*

A **villamosenergia-termeléshez** a jelenlegi technológia mellett – a kielégítő hatásfok eléréséhez – legalább 120°C-os vízre van szükség. Ilyen hőmérsékletű víz elegendő mennyiségben 2500-3000m mélységben és korlátozott kiterjedésű víztárolókban áll rendelkezésre az országban. Az áramtermelési potenciál pontosan nem ismert. A jelenlegi ismeretek alapján 10-100 MW elektromos potenciál becsülhető. Amennyiben a jövőben rendelkezésre fog állni geotermikus áramtermelési potenciál azt kapcsolt hőtermelésre is fel lehet használni, melynek mennyisége 10-szer annyi, mint a megtermelt elektromos áram. Jó példák erre a már működő ausztriai és németországi geotermikus erőművek, melyek kapcsolt villamosáram-termelő és hőellátó üzemmódban működnek *(Mádlné, 2008)*.

Magyarországon az **EGS** (Enhanced Geothermal System) vagy **HDR** (Hot Dry Rock) **rendszerek** kiépítésére is vannak lehetőségek. Villamosenergia-termelést szolgáló geotermikus erőművi egység, a mai napig nem működik Magyarországon. Tervek már több évtizede léteznek, ugyanakkor a romániai Bors területén kísérleti 200 kW-os ORC erőművi egységet terveznek *(Rosça, 2007)*. EGS rendszerek kísérletei szerint 200°C-nál magasabb hőmérsékletű kristályos kőzetekben alakíthatók ki, melynek felülete – a mély, üledékekkel kitöltött relatíve alacsony hőmérsékletű árkok kivételével – az aljzatban húzódik. Az ország ÉK-i és DK-i részén a magasabb hőmérsékletű aljzat-kiemelkedésekben ez a felület 3500 m-nél kisebb mélységben található. Míg az ÉK-i részen az aljzat vulkáni kőzetekből áll, a DK-i részen kristályos kőzetek alkotják. A leginkább ígéretes régió az ország D-i, DK-i szeglete, ezen belül is a mély medencék peremei és a medencék között található, kiemelt alaphegységi területek: Dráva, Makó, Békés, Nagykunság és Derecske. Ezekben a régiókban a kristályos alaphegység anyaga kedvező esetben gránitos, mélysége 4000 m közeli, a kőzethőmérséklet legalább 200°C, és a terület szeizmikus aktivitása is alacsony *(Dövényi et al. 2005)*.

Magyarországon több ígéretes hely is van: Andráshida-Nagylengyel (100.000 GJ/év), Mélykút-Pusztamérges (230.000 GJ/év) és Nagyszénás- Fábiánsebestyén (1.300.000 GJ/év) *(Árpási et al., 1997; Árpási – Szabó, 1999; Kujbus, 2008).*

4.8 A pannóniai homokkőbe történő visszasajtolás kérdése

A kitermelt termálvíz készletek az utánpótlódás lassúsága miatt bizonyos mértékig fosszilisnak tekinthetők. Ezért a fenntartható kitermelés biztosítása érdekében törekendi kell a csak hőhasznosításra kitermelt termálvíz, rétegekbe való visszajuttatására. Környezetvédelmi és vízkészlet-gazdálkodási megfontolások is a visszasajtolásos vízelhelyezést követelik meg. A kitermelt hévíz, energiájának részbeni hasznosítása után, ma általában felszíni befogadóba kerül. A visszasajtolás hidrogeológiai kérdései közül még nincsen mindegyik megnyugtatóan megválaszolva. Vannak olyan területek az országban, ahol a visszasajtolás megoldható. Jelenleg szűk az a fúrási tevékenységet folytató szakmai kör, amely ezt képes kivitelezni, továbbá a kivitelezés szigorú technikai, technológiai feltételek betartásához kötött. *Szőcs, (2004)* szerint a visszasajtolás a beruházásnál is és az üzemeltetésénél is jelentős költségnövekedést eredményez. A költségtöbblet (és ebből az állami átvállalás mértéke) a direkt hasznosítás további elterjedésében meghatározó tényező. *Kurunczi, (2008)* szerint azonban a visszasajtolási rendszer kiépítése, sőt esetleg több visszasajtoló kút sem rontja a megtérülési várakozásokat és a rendszer gazdaságosságát, valamint a termálenergia hasznosítás állami támogatásával befektetői tőkét mozgósíthat. Különösen figyelemre méltóak ezek a tapasztalatok a régi mezőgazdasági – visszasajtolást nem végző – használók számára. Bizonytalan viszont a hazai mezőgazdaság szerkezeti átalakulásának, korszerűsödésének alakulása.

4.9 Következtetések

A geotermikus energia hazánkban az egyik legrégebben használt megújuló energiaforrás, melynek elterjedését a technológiai fejlődés egyre szélesebb körben teszi lehetővé. Az Észak-alföldi régió gazdag forrásadottságokkal rendelkezik. A kéreg felépítésének eredménye az átlagnál nagyobb geotermikus gradiens, a földi hőáram kétszerese a kontinentális átlagnak és másfélszerese világátlagnak. Az ország területének több mint 70%-án minimum 30°C-os termálvíz feltárható, így a geotermikus potenciál jelentős. A térség kedvező hidrotermális adottságai a Kárpát-medence geologiai-hidrogeológiai fejlődéstörténetének következménye. A mezozoikum óta zajló üledékfelhalmozódás nagy kiterjedésű víz- és hőtározó kőzettesteket hozott létre, melyek geotermális természeti kincsünk alapját képezik. A Balaton-, és Közép-magyarországi-vonalaktól délre magas hőmérsékletű területek helyezkednek el, amelyek a legkedvezőbbek a geotermikus energia kitermelésére. Az energiahordozó termálvíz – neogén- és karbonátos rezervoárokból – ered. A termálvíztároló képződmények porozitási és permeabilitási jellemzői kedvezőek, a hőáram és a beszivárgás sebessége a

Pannon-medence egyes területein magas, máshol alacsony. A fosszilis és utánpótlódó víztestek vízkémiai jellemzői jelentős eltéréseket mutatnak, ásványi anyag tartalmuk változatos. A magyarországi alacsony entalpiájú hévizek energiája elsősorban hőszivattyús hasznosításra, valamint közvetlenül hőellátásra alkalmas. A villamosenergia-termeléshez legalább 120°C-os vízre van szükség. Ilyen hőmérsékletű vizek, elegendő mennyiségben csak nagy mélységben és korlátozott kiterjedésű víztárolókban áll rendelkezésre az országban. EGS-rendszerű geotermikus erőművi egység pedig a mai napig nem működik Magyarországon.

5. Az Észak-alföldi régió agrárgazdaságának területi és ágazati jellemzése

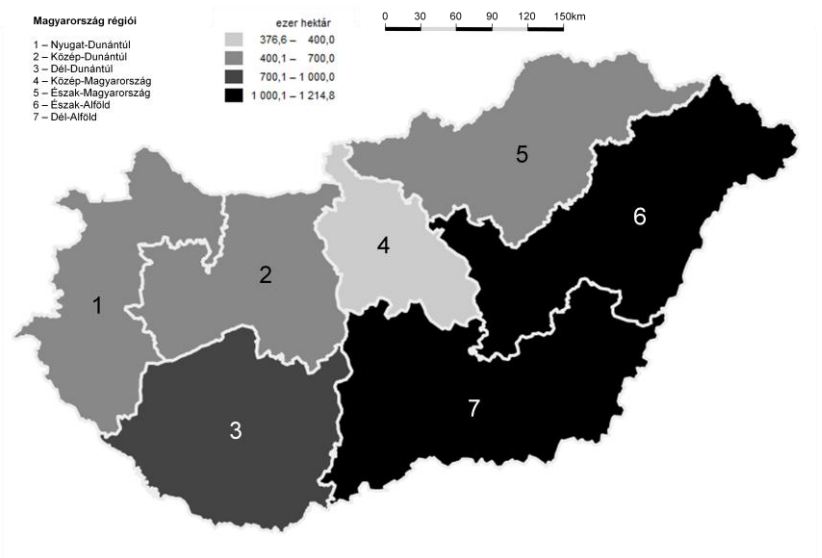
A termálvíz és geotermikus energia agrárgazdasági hasznosítási helyzetének, a felhasználás szerkezetének, fejlődési ütemének, valamint a megújuló energiahasznosítás dinamikusabb elterjedését akadályozó tényezők megértéséhez szükséges, az agrárgazdaság területi, ágazati, valamint a termálvíz és geotermikus energia agrárgazdasági hasznosításának jelenkori és történeti jellemzése.
Magyarország gazdasági szerkezetében stratégiai helyet elfoglaló agrárgazdaság vizsgálata során a mezőgazdaságot és a kapcsolódó feldolgozóipart vettem fegyelembe. Ennek magyarázata, hogy egyrészt az agrárgazdaság kifejezés fogja át az egész tevékenységet az alapanyaggyártástól a végtermék elkészültéig *(Romány, 2003/a)*, így szétválasztása nem fedné le az egyébként szervesen egybetartozó vertikumot. Másrészt az alapanyag, a köztes, illetve késztermék előállítás folyamata sokszor mind technológiai, szervezeti, mind területi vonatkozásait tekintve egy helyen történik.

Az Észak-alföldi régió területének 82,4%-a termőterület, ami az ország összes termőterületének 21,8%-a. Éghajlati viszonyait tekintve változatos, de a mezőgazdasági termelés szempontjából kedvező adottságokkal rendelkezik. A csapadékeloszlás tekintetében az északi és keleti térségei a vízigényesebb, míg középső és nyugati területei a szélsőséges csapadékeloszlást és aszályt jobban tűrő kultúráknak kedvez. Talajtani szempontból igen változatos a homokos váztalajoktól a csernozjomig *(Nagy et al. 2000)*. A régión belül a művelés alá vont területek termőképessége, hasznosítása, valamint a termelés intenzitása eltérő.
A régió természeti kincsekben nem bővelkedik, legjelentősebb természeti erőforrása a termőföld. Az Észak-alföldi régió Magyarország második legnagyobb agrárrégiója, ahol az ágazatban tevékenykedő társas és egyéni gazdálkodók számát tekintve a második a Dél-Alföld után *(5-7. ábra)*. A regisztrált mezőgazdasági vállalkozások száma az elmúlt húsz évben folyamatosan nőtt. Az utóbbi években lezajlott birtokkoncentráció ellenére az egyéni vállalkozások a társas vállalkozások számának mintegy háromszorosát teszik ki. A régióban működő vállalkozások (egyéni gazdaságok és gazdasági társaságok) a gazdálkodás típusa szerint kiegyensúlyozott képet mutatnak *(Nagyné, 2008/a)*. Az Észak-alföldi régió gazdaságában a szektor jelentősége az országos átlag feletti. A tradicionális ágazat a természeti adottságok, a termelési tapasztalatok, valamint a piaci lehetőségek tekintetében messze alulmúlja elérhető teljesítő képességét országos és regionális téren egyaránt. A foglalkoztatottak száma is, mind az alapanyag, mind a feldolgozó iparban folyamatosan csökkenést mutat *(8. ábra)*.

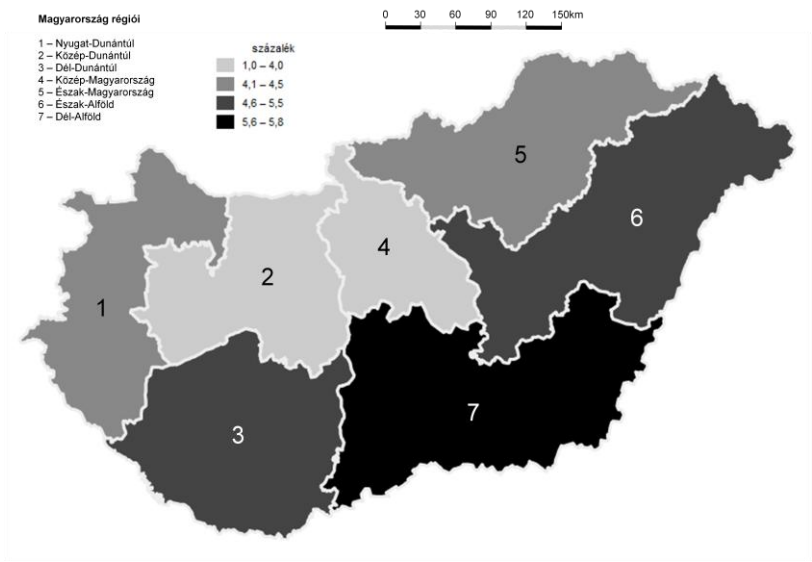
A művelési ágak közül legjelentősebb a szántó, ahol a **növénytermesztés** – az összes gazdaságot alapul véve – az országos átlagnál kisebb méretű gazdaságokban folyik, ami az elaprózott birtoktestek miatt rontja a növénytermesztés gazdaságosságát *(Nagy – Kovács, 1999)*. A régió kiemelkedő szerepe az egyes szántóföldi kultúrák termesztésében napjainkban is megmaradt, elsősorban a burgonya, kalászosok, a kukorica és a szántóföldi zöldségtermesztés területén. A korábban jelentős cukorrépa termesztés a kabai feldolgozóipar 2006-os felszámolásával teljesen megszűnt. Az **állattenyésztési** ágazat az utóbbi húsz

évben fokozatosan veszített jelentőségéből, az állomány országosan szinte minden alágazatban csökkenést szenvedett *(Hajdú, 1999)*. A régión belül az állattenyésztés jelentősége Hajdú-Biharban a legmagasabb, teljesítőképességének csökkenése itt volt a legkisebb. Az **erdőterületek** aránya az országos átlaghoz képest alacsony és területi egyenlőtlenségeket mutat. Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében, valamint Hajdú-Bihar keleti részén magas az erővel borított területek aránya, míg a szántóföldi kultúrák környezetében Hajdú-Bihar középső és nyugati, valamint Jász-Nagykun-Szolnok egész területén helyenként az öt százalékot sem éri el. A majd két millió hektár erdőterületet elaprózott birtoktesteken művelik *(Barna, 1999)*.

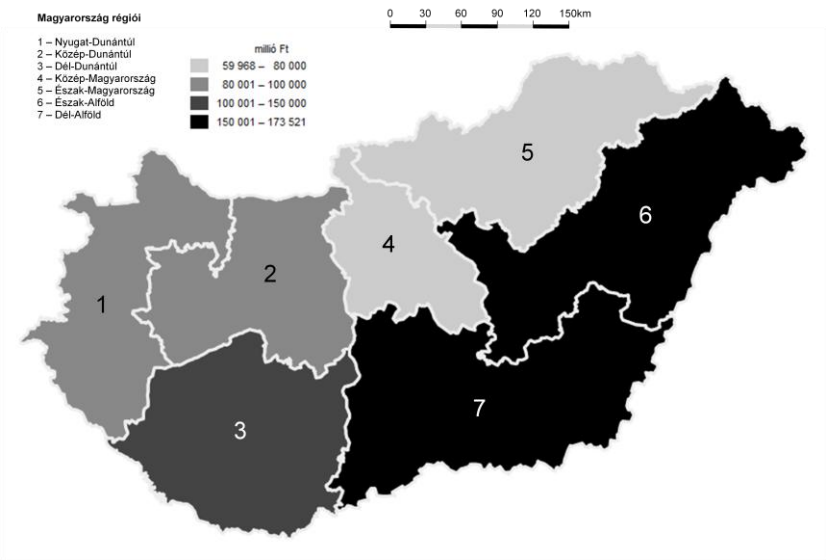
A régió iparában az **élelmiszeripar**, italgyártás és dohányfeldolgozás tradicionálisan jelentős részt képvisel. Legjelentősebb élelmiszeripari területén a zöldség-gyümölcs feldolgozó iparban a konzervgyártás és a hűtőipar kis- és közepes üzemei jellemzőek. Jelentős súlyt képvisel a malom, a tészta, a sütőipari, valamint az üdítőital gyártás. A dohányipar ma már csak árnyéka önmagának, több jelentős termelőkapacitás megszűnése miatt. Az agrárgazdasághoz köthető **könnyűipari** ágazatoknál a régióban a munkaerővel szemben az alapanyag termelésnek alárendeltebb szerepe van, így térbeli elhelyezkedése kiegyenlített. A textilipart, a termelő egységek mobilizálhatósága és az ágazat bérérzékenysége miatt a gyártó kapacitások áttelepítése fenyegeti, ellentétben a faiparra települő ágazatokkal. Míg más régiókban multinacionális vállalatok jöttek létre, illetve vásárolták fel a kapacitásokat, addig az Észak-alföldi régióban a kisüzemi struktúra maradt meg széles tulajdonosi hátérrel.



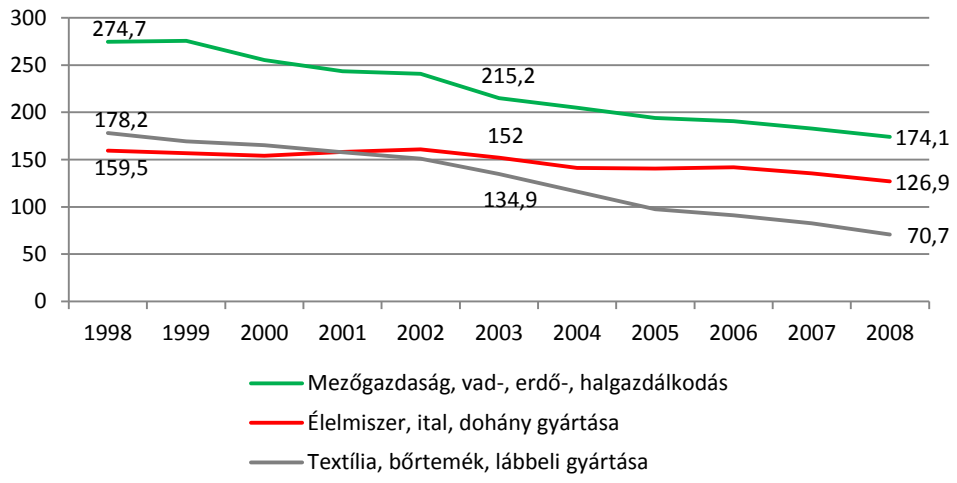
5. ábra: A mezőgazdasági területek aránya Magyarországon régiónként (2010) (Forrás: KSH, 2010 adatok alapján)



6. ábra: A működő vállalkozásokból a mezőgazdaságban, erdőgazdálkodásban és halászatban tevékenykedők aránya Magyarországon régiónként (2009) (Forrás: KSH, 2009 adatok alapján)



7. ábra: Bruttó hozzáadott érték megoszlása Magyarország régiói között a mező-, vad-, erdő- és halgazdaságban (2009) (Forrás: KSH, 2009 adatok alapján)



8. ábra: A foglalkoztatottak számának alakulása az agrárgazdaság alágazataiban Magyarországon (ezer fő) (Forrás: KSH, 2012 adatok alapján)

5.1 Az agrárgazdaság helyzetének történeti háttere

Az agrárgazdaság és a geotermikus energia jelenlegi viszonyának megértéséhez szükséges a magyar és régiós agrárgazdaság elmúlt 70 évének rövid áttekintése. Az ágazat napjainkban érvényes gazdasági, szerkezeti viszonyai elsősorban a 20. század második fele, valamint az ezredforduló utáni időszak folyamataival magyarázhatók.

A második világháború utáni átalakult tulajdonviszonyok keretében kialakított nagyüzemi mezőgazdaság az 1960-as évek végére vált jellemzővé és az 1970-es évek első felében érte el termelékenysége csúcsát. E jól prosperáló és nemzetközi elismerésnek is örvendő agrárgazdasági vertikumot (magyar agrármodell) jelentős állami szubvenciók is segítették, melynek köszönhető volt többek között az agrárgazdasági célokat szolgáló termálkutak fúrásának támogatása is. Az 1980-as évek kedvezőtlen hazai (növekvő elvonások válsághelyzetben, agrárolló kinyílása) és nemzetközi (mezőgazdasági és élelmiszeripari tömegtermékek leértékelődése) gazdasági körülményei lépésről lépésre vetettek véget a tőkeigényes tömegtermelő, zömmel közepes minőséget biztosító nagyüzemi konjunktúrának *(Estók et al. 2003)*.

Az 1990-es években a tulajdoni és szervezeti típusok átalakulása, a korábbi piacok elvesztése, a tőkehiány, valamint az ennek okán elmaradó technológia váltás és korszerűsítés miatt a termelés újbóli visszaesése következett be. Félmillió hektár termőföld művelésével felhagytak, az állatállomány ijesztő mértékben csökkent, a mezőgazdaságból százezrek távoztak rövid idő alatt *(Romány, 2003)* – még 1998 és 2008 között is 235 ezer fővel csökkent a mezőgazdaságban és a feldolgozó iparban foglalkoztatottak száma *(8. ábra)*. A kárpótlás következtében

földjüket „vesztett” szövetkezetek – melyeknél az eszközállomány és az üzemméret a korábbi földterületekhez lett igazítva – nehéz helyzetbe kerültek, felbomlottak, jobb esetben átalakultak. E hátrányt ma sem tudták ledolgozni, melyben a legjelentősebb akadályozó tényező – a Földtörvényben rögzített – gazdálkodó szervezetekre is vonatkozó földvásárlási moratórium, így az ideális termőterületet csak 2013 után a moratórium megszűnésével érhetik el, feltételezve hogy a külföldiek tőkeerejével képesek lesznek fölvenni a versenyt. Átszervezés, mélyülő termelési válsággal, majd vegetálás *(Buday – Sántha, 2001).*

A magyar agrárgazdaság, elsősorban a 20. század második felében állandó változásokon ment keresztül, ami – talán behozhatatlan – versenyhátrányt teremtett, az ugyanakkor kiemelkedő adottságokkal rendelkező ágazatnak. Míg Nyugat-Európában évtizedekig, sőt évszázadokig nem változtak a földhasználati és tulajdonviszonyok – lehetővé téve egy nyugodt kiegyensúlyozott és tervezhető fejlődést, gyarapodást – addig Magyarországon *„egy nemzedék életében is többször, országos méretekben, forradalmi jelleggel hoztak létre új tulajdonviszonyokat. Más termelési irányokat szabtak, energia- és eszközcserét vittek végbe, piaci orientációt váltottak. A gazdálkodási formát és az agrártársadalom struktúráját alapvetően átalakították. Az agrártermelés intézményeit, horizontális és vertikális szervezeteit ismételten és többször újrarendezték az utóbbi évtizedekben. Mindez az eseti előnyök, ésszerű lépések haszna mellett jelentős veszteségekkel járt és az állandó bizonytalanság kiváltotta a fejlesztési befektetésektől való tartózkodást. Az ágazati kapcsolatok, a termelési, feldolgozási, értékesítési láncok sok helyen megszakadtak és újabb veszteségek forrásaivá váltak” (Romány, 2003)*.

A magyar mezőgazdaság termékeit 75-80%-ban feldolgozó hazai élelmiszeriparban, a rendszerváltást követő piacgazdaságra való átállás a termelés átmeneti, egyes területeken nagymértékű visszaesését okozták. A vállalatok tulajdonszerkezetében 93-94%-ot tesz ki a magántulajdon, melynek felét a külföldi érdekeltségek teszik ki *(Raskó, 1999)*.

A feldolgozó élelmiszeripari cégek felszámolása, valamint a külföldi tőke általi – sokszor csak piacszerzési céllal történő – kivásárlása, egy kiterjedt és széles bázisú beszállítói réteg csődbe jutását eredményezte. A privatizációnak köszönhetően megváltozott a mezőgazdaság tulajdoni szerkezete és szervezeti struktúrája. A korábbi szövetkezeti dominancia az 1990-es évek közepére megfordult és az egyéni vállalkozások kerültek túlsúlyba. A vállalkozások számának növekedésével párhuzamosan a birtokstruktúra nagyfokú differenciáltságot szenvedett, mely így – az intenzív ágazatok kivételével – nem volt és nem is lesz alkalmas versenyképes gazdálkodásra *(Nagyné, 2008).*

Az Észak-alföldi régió agrártermelői bázisára alapítva nagy zöldség-gyümölcs feldolgozó központok jöttek létre (Debrecen, Nyíregyháza), melyek a tervgazdasági feltételek közötti szerveződésnek köszönhetően bizonyos mértékig túlméretezett, a megváltozott piaci körülményekhez nehezen alkalmazkodó vertikumot alkottak. A nagyüzemek által igényelt, bizonyos mértékű alapanyag feldolgozottsági szint biztosítása érdekében a beszállító szövetkezetekben jelentős feldolgozói kapacitás (melléküzemágak) épült ki, melyhez harmadik pillérként a

háztáji gazdálkodás társult. A rendszerváltást követően a piacok, valamint a szövetkezetek megszűnésével a „hálózat” összeomlott. A kisebb feldolgozóüzemek a szövetkezetekkel együtt megszűntek, a nagyobbak nehezen tudtak fennmaradni, de így is rendkívül nagy erőfeszítések és kockázatok árán, reorganizálódni voltak képesek. Az orosz pénzügyi válság következtében e fejlődési pálya megszakadt. A hazai gazdaságpolitika koncepciótlansága, a nemzeti megegyezésen alapuló agrárstratégia hiánya a recessziót súlyosbította és a lobbyérdekek mentén elmélyítette *(Nagy, 2003)*. A keleti piacok újraéledését követően viszont a tőkeerős külföldi nagyvállalatok már elhódították a piacot, azóta is tartó recessziót okozva az ágazatnak.

5.2 A termálvíz és geotermikus energia agrárgazdasági hasznosításának fejlődése

Magyarország, nemzetközi megítélés szerint is, élen járt abban, hogy ne csak a forrásokon kilépő vizeket hasznosítsák, hanem azokat mélyfúrású kutakkal is felszínre hozzák *(McFarland, 2002).*

Az első mezőgazdasági célokat szolgáló termálkutakat az 1910-es 20-as években létesítették, melyek közül néhány ma is üzemel. Az Észak-alföldi régióban ide tartozik Balmazújváros, Hortobágy (1915), Mezőtúr (1924), Hajdúszoboszló (1925), Püspökladány (1927), Gáborján, Berekfürdő, Karcag (1928).

A II. világháborút követően a geotermikus hőhasznosítás Magyarországon 1957-58-ban vett újabb lendületet a szegedi termelő szövetkezetek és a Szentesi Kórház részére létesített hévízkutak fúrásával és az 1960-as évek második felében hatékony állami támogatással fejlődött fel. Intenzív építési fázist jelentett az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság kezdeményezésére 1963-tól a 80-as évek közepéig tartó időszak az államilag támogatott hévízkút-fúrásokkal és a meddő szénhidrogén kutató fúrások hasznosításával. Az Észak-alföldi régióban a termálkutak többsége szintén ekkor létesült.

A nyolcvanas években kezdődő forráselvonások ezt a területet is érintették, így a termálkutak fúrásának állami szubvenciója is megszűnt. Ennek következtében minimális szintre esett vissza az újabb termál rendszerek létesítése. Az 1990-es évek recessziója és a piacgazdaságra való átállás közepette a többnyire új tulajdonosok elsődleges célja a vállalkozás működésének biztosítása volt a fejlesztéssel szemben, így az ebben az időszakban létesített termálkutak száma csekély. Az ezredfordulón a prioritások megváltoztak melynek mentén egyre nagyobb teret nyert a gyógyturizmus és a települési geotermikus fűtőrendszerek támogatása, mint a termálvíz felhasználás új területei.

Lorberer, (2004) szerint jelenleg a szellemi tőke elhanyagolása, a tulajdoni–szervezeti problémák és a létesítmények elöregedése hátráltatja a földhő hatékony mezőgazdasági felhasználását. A legutóbbi másfél évtizedben több jelentős energetikai hasznosítás szűnt meg, a hévízkutak helyi önkormányzatok tulajdonába kerültek, akik azokat balneológiai célokra kívánják hasznosítani, abban az esetben is, ha erre vízminőségi jellemzőik miatt alkalmatlanok.

5.3 A geotermikus energia agrárgazdasági felhasználási területei

A termálvizet a mezőgazdaságban alapvetően kétféle módon használják: nyílt területek és üvegházak fűtésére. Nyílt területeken a termálvíz, **öntözésre** és a **talaj fűtésére** egyaránt felhasználható. A meleg vízzel való öntözés egyik hátránya, hogy a nagy mennyiségű, földekre kijuttatott víz, a növényi kultúrát elárasztja. Ennek kiküszöbölését szolgálja a felszín alatti kombinált öntöző- és fűtőcsőhálózat kialakítása. A fűtőcsőhálózat önmagában, öntözőcsövek nélkül nem alkalmazható. Ugyanis a száraz fűtőcsövek környezetében jelentősen lecsökken a páratartalom. Az így kiszáradt talajréteg hőszigetelőként kezd működni, így általában a fűtés és az öntözés kombinációját alkalmazzák. Öntözésnél azonban figyelembe kell venni a termálvíz kémiai összetételét, mert a nagy sótartalom károsíthatja a növényeket. A talajfűtés egyébként sok szempontból előnyös, ugyanis megelőzi a váratlan lehűlésből eredő károkat, meghosszabbítja a termesztési időt és sterilizálja a talajt *(Barbier és Fanelli, 1977)*.

Az **üvegházak fűtése** terén Magyarország a világ élvonalához tartozik. A 130 hektár geotermikusan fűtött hazai üvegházterületet csak az Egyesült Államok előzi meg 183 hektárral *(Popovski, 1998; Árpási, 2004)*. A 2006-os adatok szerint Magyarországon 208 termelőkutat használnak a mezőgazdaságban hőhasznosításra. 2010-es adatok szerint országosan már csak 193 kút működött ezen a területen, viszont 299ha üvegházat (67ha) és fóliasátrat (232ha) látva el hőenergiával *(Bobok – Tóth, 2010)*. A legkiemelkedőbb hőfelhasználó a szentesi Árpád-Agrár Zrt. *(Árpási, 2004)*. A növényházak, fóliasátrak fűtésénél szinte kivétel nélkül közvetlen termálvizes fűtést alkalmaznak. Az esetek többségében a termálvíz energiáját először hőcserélővel csökkentik, utána vegetációs vagy talajfűtést alakítanak ki, de használnak kaloriferes légtérfűtést is. A növényházak és fóliasátrak fűtésével a termálvíz energiája általában jobban hasznosul, mint a kommunális fűtésnél. Ez azonban termesztési kockázattal is jár. A magyarországi kertészetek sok esetben vízhiányosak, azaz nagyon alacsony külső hőmérséklet esetén nincs annyi termálvíz, amivel a kívánt belső hőmérséklet tartható lenne.
Alkalmazott gyakorlat Magyarországon a **terménszárítás** is, azaz a különböző gabonafélék, a napraforgó és a kukorica nedvességtartalmának csökkentése szárítótoronnyal, valamint az alacsonyabb hőmérsékletet igénylő, levegőfúvásos toronyban vagy rostélyon végzett **paprikaszárítás** és **gyümölcsaszalás** is.

A termálvizet **állattartó telepek** geotermikus energiával való fűtésére is felhasználják, azonban ennek szükségessége fajtánként eltérő. A szarvasmarha, valamint a juh télen sem igényel fűtött istállót, hozamnövekedést kizárólag a sertésállomány produkál az istállózás minőségének függvényében. A baromfitenyésztésnél is kizárólag a keltetőkben jelentkezik fűtési igény. Ma ötvenkét helyszínen hasznosítják a geotermikus energiát halastavak, baromfikeltetők, istállók temperálására *(12. melléklet)*.

A termálhő felhasználás legdinamikusabban fejlődő területe a balneológia és a városi fürdők vízellátása. Ez a tendencia mind Magyarországra, mind az Észak-Alföldi Régióra érvényes. E felhasználási mód kiemelt fejlődésének oka az ország turisztikai koncepciójában kiemelt szerepet betöltő gyógy- és élményturizmus,

valamint az erre a célra előirányzott támogatások *(Csomós – Kulcsár, 2010)*. Sok helyen a szükségesnél magasabb hőmérsékletű termálvíz jut a felszínre, mint az a szolgáltatáshoz kívánatos volna, ezért azt hűteni kell. A kifolyóvíz és a használati víz hőmérséklete között több tíz fok is lehet, amely hőenergiát még csak kevés helyen hasznosítják. A Magyarország területe alatti hévizek többsége alacsony hőfoktartományú, ezért energetikai felhasználása jelen technológiai szinten nem megoldható. A legmagasabb hőmérsékletű vizek 80-90°C közöttiek, így az *12. mellékletben* feltüntetett tevékenységek 100°C feletti vizet igénylő része Magyarországon közvetlenül nem látható el termálvízzel. A tevékenységhez szükséges, megfelelő hőfokú víz eléréséhez felhasznált (fosszilis) energia viszont csökkenthető, a már magasabb hőmérsékletű termálvíz felhasználásával. A magas ipari vízigények viszont a vízbázis gyors feléléséhez, depresszióhoz vezethetnek, ezért fontos a termálvíz hőcserélőkön való alkalmazása és a hőenergiáját leadott víz visszasajtolása.

A geotermikus energia legszélesebb és talán legkíméletesebb felhasználási területe a fűtés, használati melegvíz előállítás, légkondicionálás biztosítása. Itt nincsen szükség a termálvíz közvetlen felhasználására, a vizet nem éri szennyezés és az év során jelentkező eltérő hő és vízigény lehetőséget teremt a vízbázis regenerálódására, illetve kíméletes (takarékos) használatára. Jelentős azon területek száma, ahol a kedvező geotermikus adottságok és a felhasználás nem egy földrajzi térségben fekszik. A mező- és agrárgazdaság, a tevékenységek földrajzi sajátosságainál fogva rátelepülhetnek e kedvező geotermikus adottságú területekre. Telephelyadottságainál fogva ez a gazdasági szektor kiemelten jó helyzetben van nem csak a geotermikus energia, de minden más, Magyarország területén elérhető megújuló energiaforrás kiaknázása tekintetében.

Medence-területeink felsőpannon üledékeinek és a paleo-mezozóos termálkarszt-rendszereinknek 50-100°C-os kifolyóvíz-hőmérsékletű termálvizei csak közvetlen hő-hasznosításra alkalmasak. Az ilyen tárolók korlátozott utánpótlódása, a vízellátási, balneológiai hasznosítások fenntarthatósága és a felszíni befogadók vízminőség-védelme érdekében az energetikai hasznosításuknál szintén szükséges a hévíz-visszatáplálás alkalmazása. Ennek műszaki-gazdasági feltételei a hasadékos-karsztos tárolóknál már jelenleg is biztosíthatóak, a pliocén homok-homokkő rétegekbe történő használt-hévíz visszatáplálás általános elterjesztéséhez viszont még további fejlesztő-kutatásokra van szükség, különösen a mezőgazdasági hasznosítások esetében, amit továbbra is indokolt kiemelten támogatni. A hőszivattyús hasznosítások fejlesztésének hazánkban gyakorlatilag nincsenek természeti-környezeti akadályai *(Lorberer, 2004)*.

5.4 Következtetések

Az Észak-alföldi régió a mezőgazdasági termelés szempontjából kedvező adottságokkal rendelkezik. Magyarország második legnagyobb agrárrégiójában a szektor jelentősége az országos átlag feletti. A tradicionális ágazat a természeti adottságok, a termelési tapasztalatok, valamint a piaci lehetőségek tekintetében

viszont messze alulmúlja elérhető teljesítő képességét országos és regionális téren egyaránt. A művelési ágak közül legjelentősebb a szántó. Az állattenyésztési ágazat az utóbbi húsz évben fokozatosan veszített jelentőségéből, de országos szinten még mindig kiemelkedő. Az erdőterületek aránya az országos átlaghoz képest alacsony és területi egyenlőtlenségeket mutat. A régió iparában az élelmiszeripar, italgyártás és dohányfeldolgozás tradicionálisan jelentős részt képvisel, az élelmiszeripar területén a kis- és közepes üzemek jellemzőek, a könnyűipari ágazatok térbeli elhelyezkedése kiegyenlített. A termálvizet a mezőgazdaságban alapvetően üvegházak fűtésére, valamint öntözésre, talajfűtésre terménynszárításra is, valamint állattartó telepek fűtésére használják. Az élelmiszer- és könnyűipar területén a legjellemzőbb hasznosítási területe a sör-, étolaj- és cukorgyártás, a tej- és húsipar, valamint a dohányfermentálás. Telephelyadottságainál fogva e gazdasági szektor kiemelten jó helyzetben van nem csak a geotermikus energia, de minden más, Magyarország területén elérhető megújuló energiaforrás kiaknázása tekintetében.

6. Az Észak-alföldi régióban rendelkezésre álló termálvíz és geotermikus kapacitás jellemzői

E fejezet, az Észak-alföldi régió, termálvíz és geotermikus energia potenciáljának részletes elemzése, mely során felmértem a régió termálvíz hasznosítási szerkezetét, a termálkutak pontos területi elhelyezkedését, technikai paramétereit. Az Észak-alföldi régió területén létrehozott termálkutak technikai paramétereinek, tulajdonosi viszonyainak, a kiépítési céloknak és azok területi vonatkozásainak vizsgálata során átfogó képet alakítottam ki a régió termálvíz és geotermikus energia helyzetéről, mellyel a célom az volt, hogy meg tudjam határozni a kihasználatlan kapacitásokat, amelyek – elsősorban az agrárgazdaság számára – geotermikus energiahasznosítási lehetőségeket kínálnak, újabb termálkutak létesítése nélkül is.

Az átfogó helyzetkép kialakításához részletes adatgyűjtést végeztem, ami a területi vízügyi igazgatóságok (FETIKÖVIZIG, TIKÖVIZIG, KÖTIKÖVIZIG[2]) és a Környezetvédelmi és Vízgazdálkodási Kutató Intézet Nonprofit Kft. (VITUKI) adatbázisain, valamint személyes adatgyűjtésen alapult. Az adatgyűjtés során az állami vízgazdálkodási szervek által rendelkezésre bocsátott Termálkút katasztereket, Vízföldtani naplókat, a kutak üzemeltetőitől származó rendszeres adatszolgáltatásokat, Kódszámos táblákat, üzemi méréseket, hévízkút adatokat, valamint a termálkutak termelési adatait használtam fel. A hiányzó és aktuális adatokat telefonos, valamint személyes megkeresés alapján a kutak üzemeltetői bocsátották rendelkezésemre.

6.1 A termálkutak területi jellemzői

A régió termálvíz és geotermikus adottságai a 20. század során – különösen az 1960-as, 1970-es években végzett szénhidrogén kutatások révén – váltak ismertté. Az első – 30°C-nál magasabb hőmérsékletű vizet adó – fúrást 1915-ben mélyítették Balmazújváros térségében, majd a közel egy évszázad alatt mintegy 312 termálkút épült a térségben. A kutak többségét vízkútfúrásos technológiával, kifejezetten víznyerési céllal létesítették. E mellett a többnyire sikertelen szénhidrogén kutatások során feltárt termálvíz hasznosítására több fúrást építettek ki termálkúttá, melyek többségében – külterületi fekvésükből adódóan – az agrárgazdaság számára jelentettek telepítő tényezőt.

Magyarország területén belül az Észak-Alföldi Régió, kedvező adottságokkal rendelkezik az elérhető geotermikus potenciál tekintetében. A régiót alkotó megyék északkelet-délnyugati fekvéséből adódóan viszont jelentős eltérések tapasztalhatóak. A legnagyobb területű, legnagyobb mélységben elhelyezkedő és

---

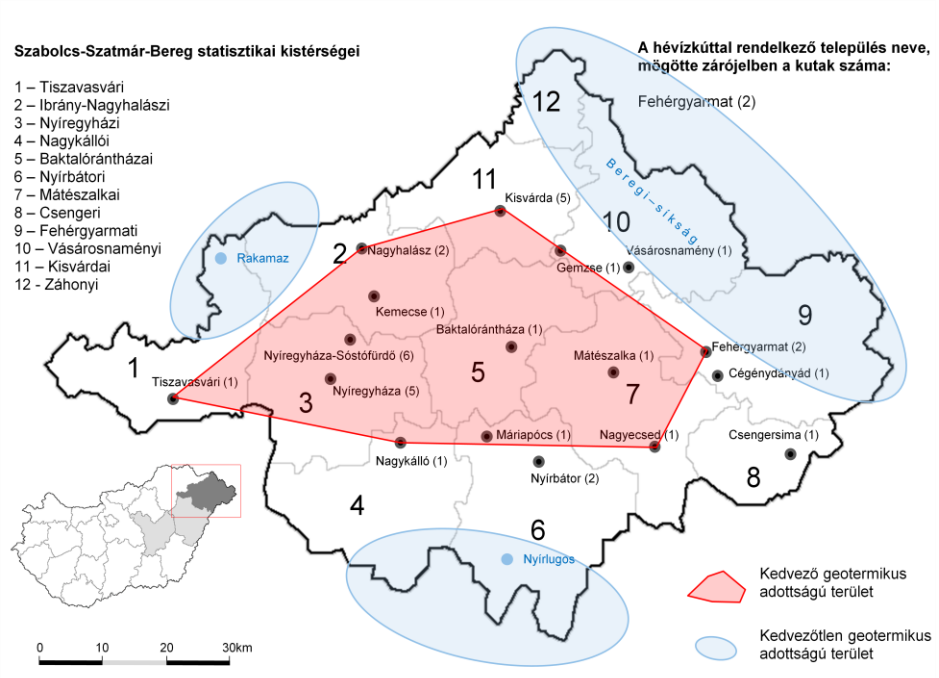
[2] *FETIKÖVIZIG – Felső-Tisza-vidéki Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság; TIKÖVIZIG – Tiszántúli Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság; KÖTIKÖVIZIG – Közép-Tisza-vidéki Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság*

legmagasabb hőfokú hévízbázissal Jász-Nagykun-Szolnok megye rendelkezik. Átmenetet képez, de még jó adottságai vannak Hajdú-Biharnak; a hegységkeret közelében fekvő Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében pedig, ahol a hévíztározók vastagsága kisebb, és az alapkőzet is közelebb fekszik a felszínhez, kevésbé jók a paraméterek.

A továbbiakban az Észak-alföldi régió megyéit külön tárgyalva kerül elemzésre a termálvíz és geotermikus kapacitás.

6.1.1 Szabolcs-Szatmár-Bereg megye

Szabolcs-Szatmár-Bereg megye a Pannon-medence északkeleti részén helyezkedik el. A medencét kitöltő porózus homok és homokkő, agyagrétegekkel váltakozva kezdetben beltengeri, majd folyóvízi üledékként rakódott le a földtörténet során. A legjelentősebb porózus hévíztároló képződmények a megye területén átlagosan 500-1000m közötti mélységben fekvő medenceüledékek (homokrétegek), melyekből többségében 40-50°C hőmérsékletű vízkészlet hozható felszínre. Ebben a térségben a hévíztároló réteg talpszintjének a felszín alatti maximálisan 1000m-es mélység tekinthető, ennél mélyebben már ritkán van megfelelő hévízadó réteg.



9. ábra: Szabolcs-Szatmár-Bereg megye eltérő geotermikus adottságú térségei (Forrás: FETIKÖVIZIG 2009 adatai alapján a szerző szerkesztése)

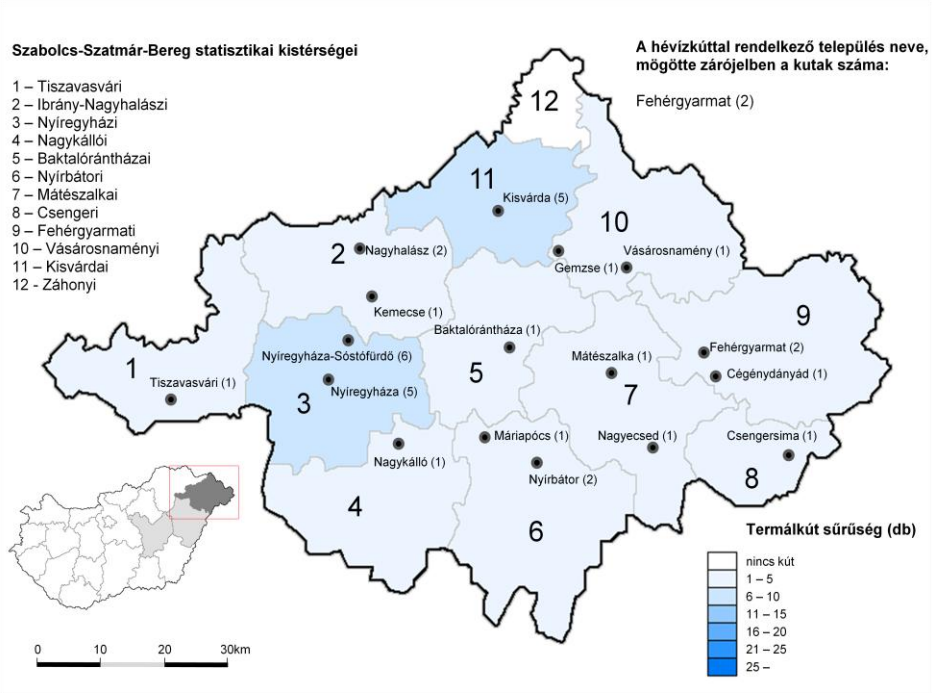
A megyében csak felsőpannon homok-homokkő rétegekre szűrőzött hévízkutak létesültek. A térség földtani felépítése és vízföldtani adottságai alapján, geotermikus energia feltárásra a Tiszavasvári-Nagyhalász-Kisvárda-Fehérgyarmat-Nagyecsed-Nagykálló által bezárt terület mondható kedvezőnek. Az Ukrajnával határos északkeleti, Beregi részen hévízfeltárás szempontjából kedvezőtlenek a feltételek, az Északkeleti Kárpátok közelsége miatt a felsőpannon rétegek magas településűek, így nem tartalmaznak termálvizet. A felsőpannon rétegek hasonlóan magas településűek Nyírlugos környékén is, valamint az Eperjes-Tokaji-hegység déli elvégződésénél (Tokaji-hegy, Rakamaz térségében) a hévíztároló rétegek kifejlődése szintén alacsony *(9. ábra)*. A felsőpannon hévíztároló rétegeiből maximálisan 67°C-os kifolyó hévizet tártak fel Tiszavasvári térségében, viszont Nyírlugos környékén már csak 30°C-nál hidegebb rétegvíz jut a felszínre *(Lorberer, 2009)*. Összességében a megye hévízföldtani adottságai a többi alföldi területhez képest kedvezőtlennek tekinthetők.

Az alföldi szénhidrogén kutatás (Tiszaberek-1; Nagyecsed-1, MASZOLAJ) és a földtani alapszelvény program keretében mélyült fúrások (Gelénes-1; Komoró-1) alapján ismert a megye földtani felépítése. Az első nagymélységű földtani kutatófúrást Tisztaberek községben mélyítették le 1934-ben, melynek során 1100m mélységből 37°C-os termálvíz tört fel, 40l/p hozamot produkálva. A rendszeres hévízkutatás a Nyíregyháza Sóstó I. és Sóstó II. hévízkút lemélyítésével kezdődött el. 1957-ben fúrták az I. sz. 998m mélységű kutat, amelyből 50°C-os kloridokban és karbonátokban gazdag gyógyhatású víz tört fel. A két kút kiépítésével egyértelművé vált, hogy hévízfeltárásra a Nyírségben is van lehetőség és erre az 500-1000m mélységben található rétegek a legalkalmasabbak.

Ezt követően a megyében található kutak többségét e rétegekbe mélyítették, melyek az ott lévő vízadó homokrétegeket csapolják meg. Mindössze két hévízkútban szűrőztek be idősebb rétegeket is (Mátészalka, Sóstó 1.).

Napjaikig a megyében összesen 35 db hévízkutat építettek ki, 16 településen. A kutak száma elmarad a lényegesen jobb adottságokkal rendelkező Dél-Alföldi régió területeitől (332 db), vagy Hajdú-Bihar megye kútjainak számától (107 db). A kutak elsősorban a nagyobb településeken koncentrálódnak, melynek oka, hogy a tervezés során a fürdő és balneológiai hasznosítás minél nagyobb mértékű kihasználtságát vették figyelembe. Nyíregyházán, Sóstófürdőn és Kisvárdán a többi településre jellemző 1-2 kúttól eltérően 5-6 fúrást létesítettek, így a megyének ezeken a területein állnak legsűrűbben termálkutak *(10. ábra)*.

A kutak kifolyóvíz hőmérséklete átlagosan 35 kút vonatkozásában, valamivel magasabb, mint 47°C. A legalacsonyabb hőmérséklettel a Nagyhalászi Kendergyár II. sz. termálkútja rendelkezik, mely csak 29°C-os. A legmagasabb kifolyóvíz hőmérsékletű termálkút Tiszavasvári egyetlen ilyen létesítménye, ahol a felszínre érő termálvíz hőfoka 65°C. Az 1197 méter mély kútból 88°C-os talphőmérsékletről 23°C-ot hűl a víz. A kutak többsége, 23%-a 30-40°C, valamint 44%-a 40-50°C közötti kifolyóvíz hőmérsékletű termálvizet produkál és csak 32%-ának hőmérséklete 50-60°C közötti *(13. melléklet)*.



10. ábra: A Szabolcs-Szatmár-Bereg megye területén lévő termálkutak területi eloszlása kistérségenként és településenként (Forrás: FETIKÖVIZIG 2009 adatai alapján a szerző szerkesztése)

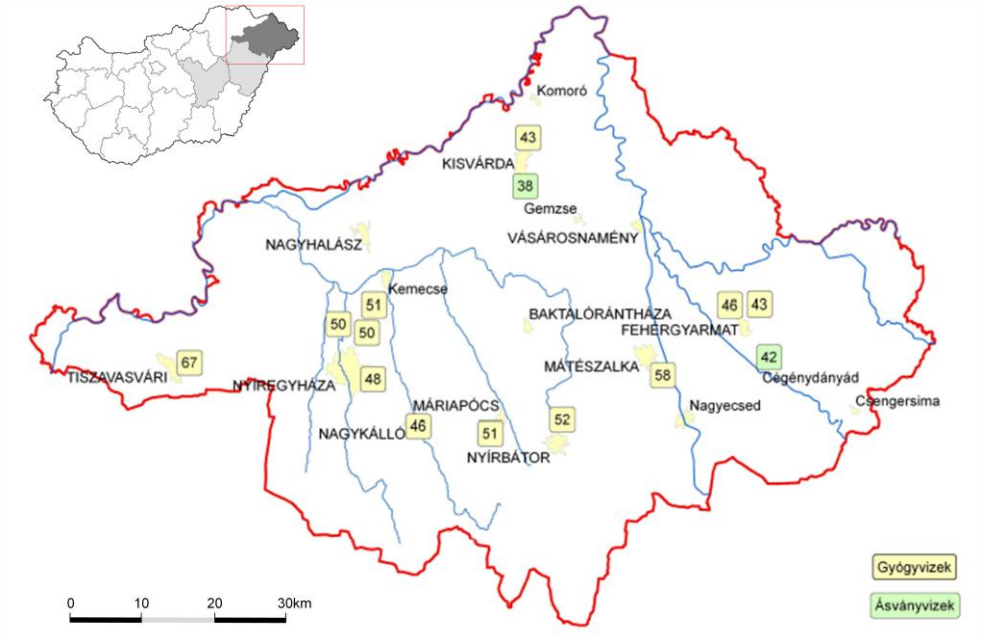
A megye termálkútjainak átlagos talpmélysége: 903m, a legsekélyebb a Nagyhalászi II. sz. termálkút, mélysége 430m. Ennek köszönhető, hogy ez a legalacsonyabb kifolyóvíz hőmérsékletű kút. A legnagyobb mélységet a Csengersimán létesített 1250 méteres termálkút éri el, valamint a Tiszavasváriban (1197m) és Gemzsén (1078m) építettek. A fúrások többsége 500-1000 méter közötti mélységbe hatoltak, a fúró mindössze 17%-nál ért el nagyobb mélységet *(14. melléklet)*.

A megye területén az első kutakat 1958-ban létesítették Nyíregyházán és Kemecsén. A legtöbb fúrást az 1960-as években építették ki, melyek átlagéletkora így negyven év körüli. A legrégebben épített kutak az Ibrány-Nagyhalászi térségben, valamint Nyíregyházán és Nyíregyháza-Sóstófürdő területén találhatók, többségüket 1966-67-ben fúrták. Az 1980-as 1990-es évekig csökkenő tendencia mutatkozott, majd 2000 után kapott új lendületet. A megyében, a 90-es években hármat, a legutóbbi évtizedben viszont már hetet fúrtak. A legújabb kút a 2009-ben létesített nyírbátori K-363-as számú hévízkút *(15. melléklet)*.

A megye termálkútjainak 67%-a 500-1000l/p közötti vízhozamot produkál, 26%-ból pedig 500l/p alatti termálvíz mennyiség nyerhető. 1001l/p feletti hozammal mindössze egy nyíregyházi és sóstófürdői kút rendelkezik. A legkisebb, fizikailag kitermelhető vízhozamot Kemecse kútja adja, ahol 250l/p vízhozamot

mértek. A legnagyobb vízhozamot pedig a Nyíregyházi Főiskola termálkútja (1280l/p), Sóstófürdő 4. sz. kútja (1066l/p), valamint Nagyecsed termálkútja (1000l/p) szolgáltatja *(16. melléklet)*.

Ahol a magas gáztartalmú hévíz zárt helyen kerül felhasználásra, ott a gázmentesítés mindenütt megoldott. A kutak döntően alacsony keménységű nátrium-hidrogénkarbonátos, kloridos vizet szolgáltatnak, mely lehetőséget biztosít – egyéb kedvező feltételek mellett – hogy a hévizet gyógyvízzé minősíthessék. A kationok közül a nátrium és a kalcium szerepel a legnagyobb mennyiségben. A kutakban nincs vízkőképződés, így a vízkő eltávolítása nem merült fel üzemeltetési problémaként. Jelentős mennyiségű a metabórsav illetve a metakovasav. Ez utóbbiak miatt a kitermelt víz általában ivásra és palackozásra nem alkalmazható. Néhány kút vize nagyobb jodid, bromid és fluorid tartalmánál fogva minősített gyógyvíz illetve gyógyvíznek minősíthető. Jódos, brómos vizet adnak a Kisvárda, Nyírbátor, Nagykálló, Tiszavasvári és Nyíregyháza-Sóstófürdő (5. számú) termálvíz kutak. A megyében 12 hévízkút vizét minősítették gyógyvíznek *(11. ábra)* [3].

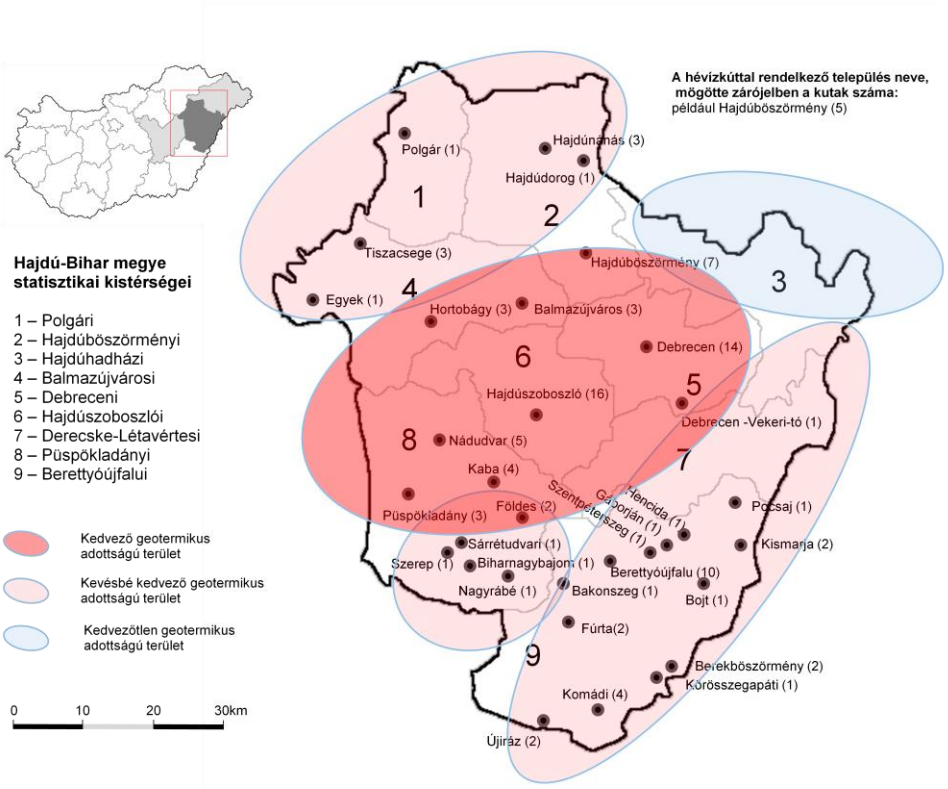


11. ábra: A Szabolcs-Szatmár-Bereg megye gyógy- és ásványvíz minősítésű kútjai, valamint azok kifolyóvíz hőmérséklete (Forrás: FETIKÖVIZIG 2009 adatai alapján)

[3] Szabolcs-Szatmár-Bereg megye termálkútjainak részletes adatai a *17. mellékletben*.

6.1.2 Hajdú-Bihar megye

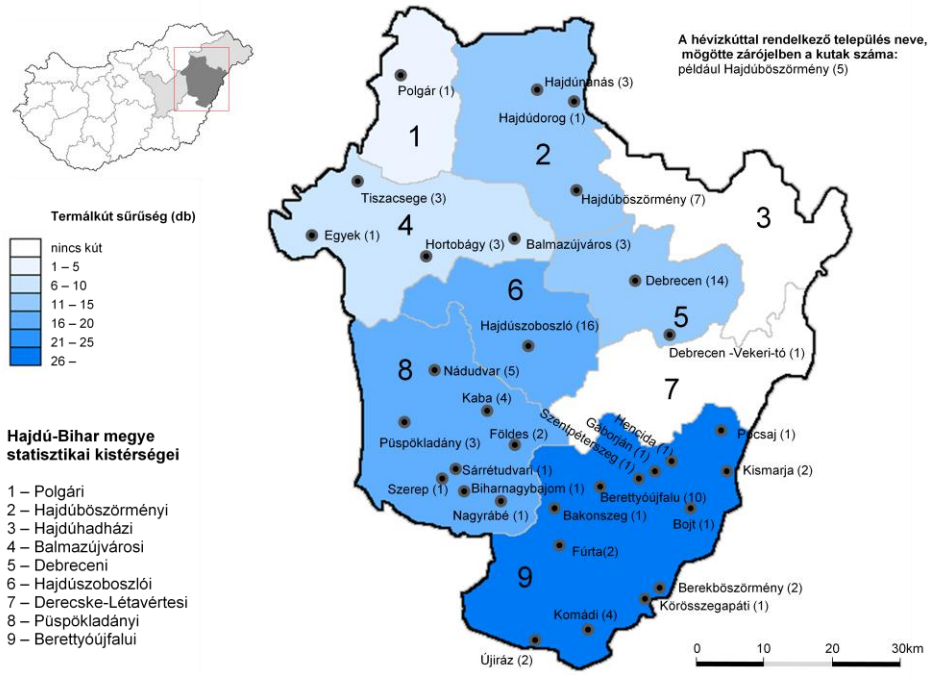
Hajdú-Bihar megye területének hévízföldtani adottságai, a medence közepi fekvés erősödése miatt, kedvezőbbek Szabolcs-Szatmár-Bereg megyénél. A porózus, jó víztároló képességű, felsőpannon rétegek nagyobb mélységben fekszenek és jobb kifejlődésűek, vastagságuk átlagosan eléri a 2000 métert. Legnagyobb vastagságot a miocén, pliocén és pleisztocén során kialakult jelentős mélységű neogén részmedencék területén éri el, melyek egyike – a Derecskei árok (6000m) – Hajdú-Bihar területén található, nagy reményeket táplálva a geotermikus villamos energiatermeléshez.



12. ábra: Hajdú-Bihar megye eltérő geotermikus adottságú területei (Forrás: TIKÖVIZIG 2009 adatai alapján a szerző szerkesztése)

Hajdú-Bihar megye hévízföldtani adottságai többé-kevésbé az Alföld átlagának felelnek meg, keleti körzetei kedvezőtlenebbek, a felsőpannon összletből 85°C-nál melegebb termálvíz feltárására sehol sem lehet számítani *(12. ábra)*. A megye Hajdúszoboszló és Debrecen révén, a felsőpannon hévíztároló, balneológiai hasznosításának klasszikus területe, ahol a hévízkutak többsége is létesült. Itt található a legtöbb – 14 darab – gyógyvíz minősítésű hévízkút. A mezőgazdasági

jellegű hasznosítás a megyében mindig is szerényebb mértékű volt, ez a tendencia ma sem változott *(Lorberer 2009)*. A felsőpannon összleten kívül mindössze egy-egy felső-pliocén (Komádi) és alsó-pleisztocén (Berettyóújfalu) szűrőzésű kutat hasznosítottak fürdő céljára, de a térség Békés megyével határos részén vízellátási célra ezekből több is létesült. A Nyírlugos környéki magas településű felsőpannon rétegek déli része már Hajdú-Bihar területére esik, így a Hajdúhadházi kistérség területén nem létesültek termálkutak *(13. ábra)*.



13. ábra: A Hajdú-Bihar megye területén lévő termálkutak területi eloszlása kistérségenként és településenként (Forrás: TIKÖVIZIG 2009 adatai alapján a szerző szerkesztése)

Hajdú-Bihar megye területén 107 darab termálkút található 31 településen. Amennyiben a termálkutak területi eloszlását vizsgálom, akkor a *13. ábrából* kitűnik, hogy a Derecske-Létavértesi és Hajdúhadházi térségben nincsenek termálkutak. A legtöbb 30°C-nál magasabb kifolyóvíz hőmérsékletű kutat a Berettyóújfalui térségben fúrták, elsősorban mezőgazdasági és kommunális-vízmű célokra. Hajdúszoboszló és Debrecen térsége jelentős kútszámmal rendelkezik, azonban mindkét kistérségben csak a központi településen. Az intenzív kitermelés következtében mélybe szálló nyugalmi és üzemi vízszintek jelentős kiterjedésű

védőzóna kijelölésére kényszerítették az üzemeltetőket, így a térség többi településén nincsenek további termálkutak *(13. ábra)*.

Hajdú-Bihar megyében az első termálvíz feltáró fúrást 1915-ben végezték Balmazújvároson és Hortobágyon, ettől kezdve az 1950-es évekig 21 darab 30°C-nál magasabb kifolyóvíz hőmérsékletű fúrás létesült. A legtöbb termálkutat az 1950-es évektől az 1980-as évekig fúrták a térségben, majd az 1990-es évek recessziója visszavetette a lendületet. Új erőre majd csak – a jelentős fürdőfejlesztési támogatásoknak köszönhetően – 2000 után kapott, de ez idő alatt is mindössze négy ilyen létesítményt adtak át. Hajdú-Bihar megyében lévő termálkutak általában fiataloknak mondhatók. A Hajdúszoboszlói, Debreceni, Hajdúböszörményi kistérségek kútjai – létesítés óta eltelt idő 17-26 év – a legújabbak, ami a viszonylag nagy számban az ezredforduló utáni létesítéseknek köszönhető. A legrégebben a Berettyóújfalui térség kútjait építették *(18. melléklet)*.

A kutak kifolyóvíz hőmérséklete a 107 kút vonatkozásában, átlagban 49,35 °C. A legmagasabb hőmérsékletű működő termálkút Hajdúszoboszló egyik kútja, ahol az 1621 méteres mélységből felszínre érő termálvíz hőfoka 78°C. A legmagasabb hőmérséklettel a – jelenleg lezárt állapotban lévő – berekböszörményi termálkutak rendelkeznek, hőmérsékletük a kútfejnél 90°C és 98°C. Ma már a fürdők termálkútjainak a legtöbb helyen a hőjét is hasznosítják. A legalacsonyabb kifolyóvíz hőmérséklete egy tiszacsegei kútnak van, hőmérséklete csak 27°C. Az alacsony hőmérsékletű (30-39,9°C) termálkutak többségében déli területi elhelyezkedésének oka, hogy a Berettyóújfalui kistérség területén alapvetően a mezőgazdaság vízellátása, az állatállomány itatása, továbbá a kommunális vízellátás támogatása voltak az elsődleges szempontok. Hajdúszoboszlón a különböző hőmérsékletű medencék feltöltéséhez, illetve a magas hőmérsékletű hévíz hűtésére alakították ki azokat *(19. melléklet)*.

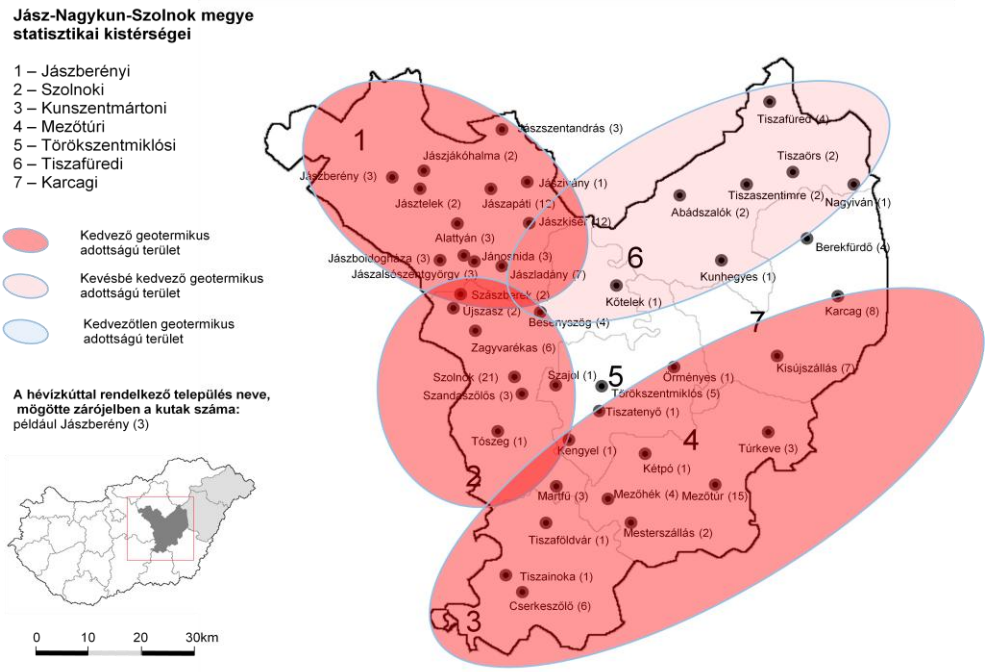
A megye termálkútjainak talpmélysége 236 és 1892 méter között váltakozik, a legsekélyebb kutak a Berettyóújfalui kistérségben találhatók, többségük az 500 métert sem éri el. Ezek közül is a legkisebb mélységű a kabai 101 sz. termálkút. A legmélyebb kút szintén Kabán, a Kabai Béke MgTsz. megszűnt fürdőjének kútja 1892 méteres mélységével, ennek ellenére csak 46°C-os víz érkezik belőle a felszínre *(20. melléklet)*.

Vízhozam tekintetében a megye termálkútjainak többsége kedvező kapacitásokkal rendelkezik. A létesítmények közel 30%-a 1000l/p vízhozam felett képes hévizet szolgáltatni, melyek a megye területén egyenletesen, de elsősorban annak északi felén helyezkednek el, további 30% pedig elfogadható 500-1000l/p közötti értékeket produkál. A legmagasabb vízhozammal egy hajdúböszörményi (2050l/p), egy földesi (2200l/p), és egy berettyóújfalui (2500l/p) termálkút rendelkezik, míg szinte száraznak tekinthető sárrétudvari kútja (24l/p), valamint két biharnagybajomi hévízkút (21-33l/p) *(21. melléklet)* [4].

[4] Hajdú-Bihar megye termálkútjainak részletes adatai a *22. mellékletben*.

6.1.3 Jász-Nagykun-Szolnok megye

Az Észak-alföldi régió, legkedvezőbb geotermikus adottságú, hévízkutakban legjobban ellátott területe Jász-Nagykun-Szolnok megye. Az itt létesített fúrások többsége a Jászságban és Szolnok környékén található. A Pannon-medence közepén a hévíztároló üledékösszlet jelentős vastagságú, azonban a megye egyes területein – például a Jászságban – a nagyszámú kutat a sekélyebb rétegek szegényes vízadó képessége magyarázza, így ezeken a területeken a termálvíz felhasználás jelentős hányada a kommunális ivóvízellátást szolgálja *(14. ábra)*.

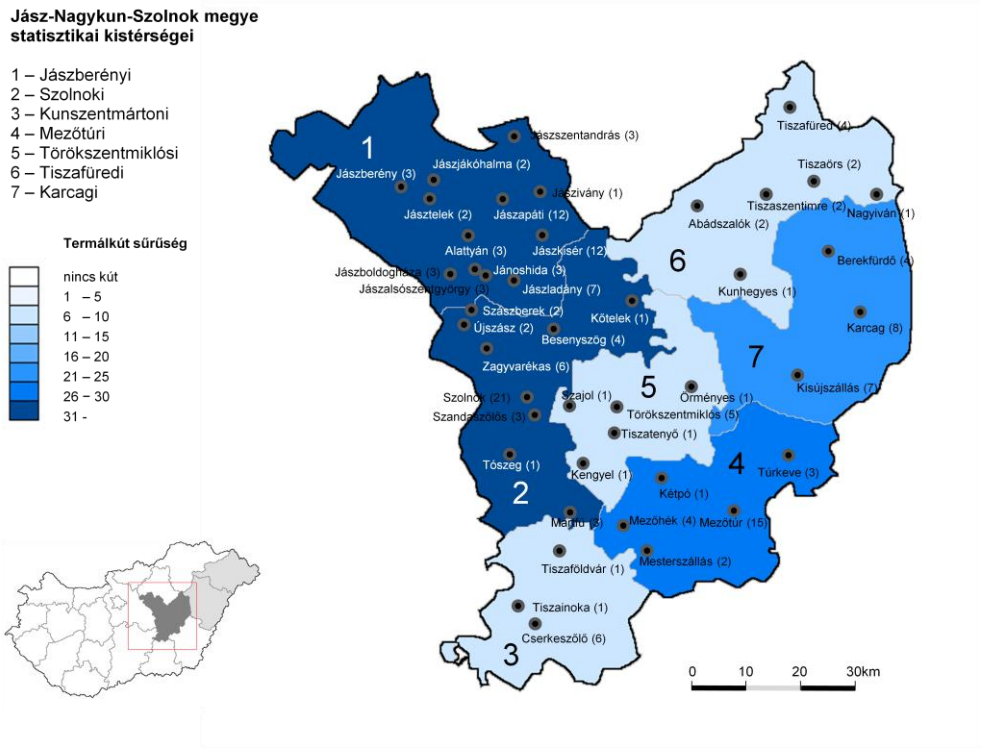


14. ábra: Jász-Nagykun-Szolnok megye eltérő geotermikus adottságú területei (Forrás: KÖTIKÖVIZIG 2009 adatai alapján a szerző szerkesztése)

Jász-Nagykun-Szolnok megyében 170 termálkutat mélyítettek 43 településen. A megye 7 statisztikai kistérsége közül a legtöbb termálkút a Jászsági (54 termálkút) és a Szolnoki térségben (43 termálkút) található és itt fekszik azon települések többsége is, amelyek termálkúttal rendelkeznek. A legellátottabb település Szolnok 21 kúttal, valamint Jászkisér és Jászapáti 12-12 kúttal. Az előző két kistérséget követi a Mezőtúri, ahol ugyan, öt településen 25 termálkút áll, viszont ebből 15 kút Mezőtúron. A megye többi kistérsége kevésbé jól ellátott, ellenben van néhány település, ahol az átlag egy-három termálkútnál több fúrás is található. Ilyen települések Karcag nyolc, Kisújszállás hét termálkúttal, Cserkeszőlő, Zagyvarékas,

hat-hat, Törökszentmiklós öt kúttal, végül Mezőhék, Besenyszög és Berekfürdő négy-négy termálkúttal *(15. ábra)*.

Az első termálkutakat az 1928 és 1941 közötti időszakban létesítették Berekfürdő, Karcag, Kisújszállás, Mezőtúr, Szandaszőlős, Szolnok és Tiszaörs településeken. A termálkutak többségét az 1960-as, 1970-es években építették, az ezután következő 30 évben már egyre kevesebb vízkútfúrást mélyítettek. Meglepő módon ezen időszakon belül a legtöbb termálkutat a recesszióval sújtott 1990-es években építették, illetve újították fel melléfúrásos technológiával. Ekkor mintegy 17 termálkutat képeztek ki, az ezredforduló után viszont már csak 11-et *(23. melléklet)*.

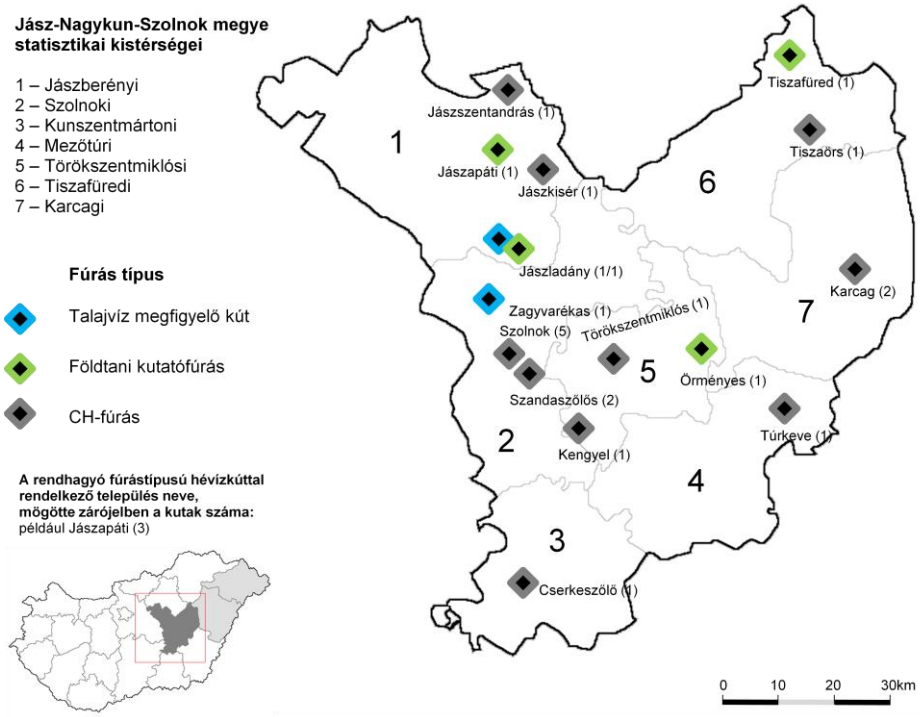


15. ábra: A Jász-Nagykun-Szolnok megye területén lévő termálkutak területi eloszlása kistérségenként (Forrás: KÖTIKÖVIZIG 2009 adatai alapján a szerző szerkesztése)

A Jász-Nagykun-Szolnok megyében található 30°C-nál magasabb kifolyóvíz hőmérsékletű kutak nagy többsége vízkútfúrásos technológiával, kifejezetten víznyerési céllal létesült. A legtöbb meddő szénhidrogén-fúrást Szolnokon, Karcagon és Szandaszőlősön alakítottak át termálkúttá, de a megye más településein is hoztak létre ilyen kutakat. A megyében több olyan termálkút is működik, amit gazdasági hasznosítása mellett mélységi megfigyelőkútként is

használnak, kivéve egy jászladányi fúrást, ami kizárólag ezt a célt szolgálja *(16. ábra)*.

A termálkutak kifolyóvíz hőmérséklete szerint a legmelegebb kutak a Békési-süllyedék peremén, valamint a Tisza mentén találhatók, jelentős részük meddő szénhidrogén-fúrásból átalakított termálkút, melyek közül a legnagyobb kifolyóvíz hőmérséklete három cserkeszőlői fúrásnak – a termálvíz hőmérséklete a felszínen 83°C, 2311 méteres mélységben viszont eléri a 143°C-ot – valamint egy túrkevei kútnak van, melynek hőmérséklete 80°C feletti. 70°C-nál magasabb kifolyóvíz hőmérséklete egy-egy karcagi, tiszaföldvári, törökszentmiklósi, túrkevei és két mezőtúri termálkútnak van. A fentieken kívül a megye 8 településén, 13 darab olyan termálkút áll, amelyek 60-70°C közötti hőmérsékletű vizet adnak. Ezek többsége a Tisza vonalát követi. A legalacsonyabb hőmérsékletű termálkutak Mezőtúron és környezetében, valamint Szolnok térségében és a Jászságban vannak *(24. melléklet)*.



16. ábra: A hagyományos vízkútfúrástól eltérő technológiával fúrt termálkutak területi megoszlása Jász-Nagykun-Szolnok megyében

A megyei termálkutak többségének talpmélysége: 500-1000 méter közötti, a legsekélyebb kutak a Mezőtúri kistérségben találhatók. A legsekélyebb termálkutak 300-400m közötti mélységűek, hőmérsékletük ennek megfelelően alacsony, 30°C

körüli. A nagymélységű kutak száma jelentős a megyében, 1000 és 1500 méteres mélység közötti kutak száma 32, amelyek 17 településen létesültek. 1500 és 2000 méteres mélység közötti hat termálkút, amelyek négy településen, Cserkeszőlőn, Szolnokon, Tiszaörsön és Túrkevén találhatók. Jellemzően meddő CH-fúrásból átalakított termálkutak. A legmélyebb termálkutak – a szintén CH-fúrásból átalakított – cserkeszőlői Tiszakürt-1 nevű fúrásból kiképzett termálkút, ami a helyi fürdőt látja el, mélysége 2311m, valamint egy túrkevei (15-30) jelű fúrás 2351 méterrel *(25. melléklet)*.

A megye termálkútjainak vízhozama egyenletesen oszlik meg a vízhozam kategóriák alapján, valamint területi elhelyezkedés vonatkozásában is. A legkisebb fizikailag kitermelhető vízhozammal a Mezőtúri kistérség kútjai rendelkeznek, a legmagasabbak pedig Szolnok, a Jászság és Karcag környékén állnak. A három legnagyobb vízhozamú termálkút Tiszaörsön (2160l/p), Martfűn (2300l/p), valamint Tiszaföldváron (3000l/p) létesült *(26. melléklet)* [5].

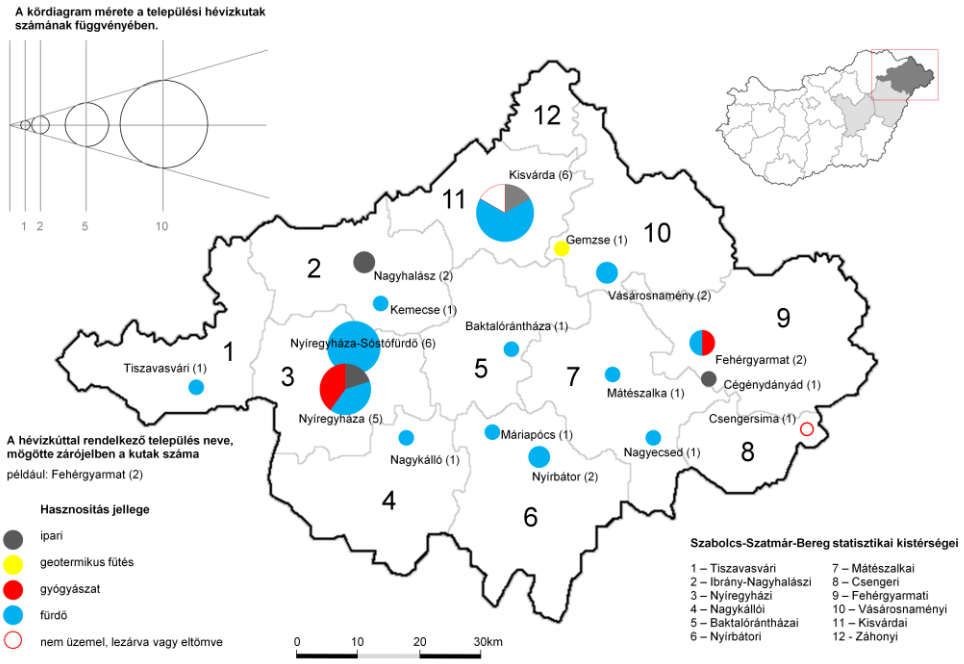
6.2 A termálvíz- és geotermikus potenciál hasznosításának területi és ágazati változása Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében

A megyében 35 termálkút található 16 településen, melyek létesítéskori hasznosítását tekintve három fő terület – fürdő, gyógyászati és ipari felhasználás – különíthető el *(17. ábra)*. A felsőpannon tárolót a balneológia mellett alárendelten kommunális-vízmű, ipari és mezőgazdasági célra is hasznosították, de a – zömében idényjellegű – fürdő-hasznosítás, valamint az ivóvízellátás volt a meghatározó.

Uszodai-fürdőhelyi szolgáltatásokat biztosítottak a kutak 70 százalékával, melyek közel fele gyógyvíz minősítésű. Ipari-élelmiszeripari felhasználásra – amely 15 százalékot tett ki – négy üzemben létesítettek termálkutat, Kisvárdán a Várda Drink palackozóüzeméhez, a Nagyhalászi Kendergyárban és a Nyíregyházi Dohányfermentálóban. Az újonnan, 2008-ban létesített cégénydányádi kutat szintén ásványvíz palackozás céljából építették. Gyógyászati alkalmazása három településen, Nyíregyházán, Nyíregyháza-Sóstófürdőn és Fehérgyarmaton jellemző, így e felhasználási terület nyolc százalékkal részesedett a hasznosításból. A termálvíz geotermikus energia célú alkalmazását egyedül Gemzsén végezték. Többlépcsős, illetve megosztott hasznosítású volt a termálkutak 32 százaléka, ahol a fürdő, gyógyászati és ipari funkciók osztoztak a kommunális-vízmű felhasználáson *(18. ábra)*. A kifolyó víz hőmérséklete miatt mezőgazdasági hasznosítás szempontjából a megye területének nagyobb része nem tekinthető perspektivikusnak, valamint a búvárszivattyúval termeltethető kutak vízadó képességei is korlátozottak. Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében az átlag 40-50°C-os termálvizek, direkt fűtésként nem, vagy csak részlegesen lehet használni. Ezen ok – valamint a kevesebb napsütéses órák száma – miatt nem jöttek létre növényházi kertészetek, még az államilag ösztönzött időszakban sem, szemben a Dél-Alfölddel. Akadályozza a mezőgazdasági (fűtési) célú energetikai

[5] Jász-Nagykun-Szolnok megye termálkútjainak részletes adatai a *27. mellékletben*.

felhasználást az is, hogy a kizárólag energetikai célra használt hévizeket vissza kell sajtolni, amely növeli a kitermelési költségeket *(Lorberer, 2003).*



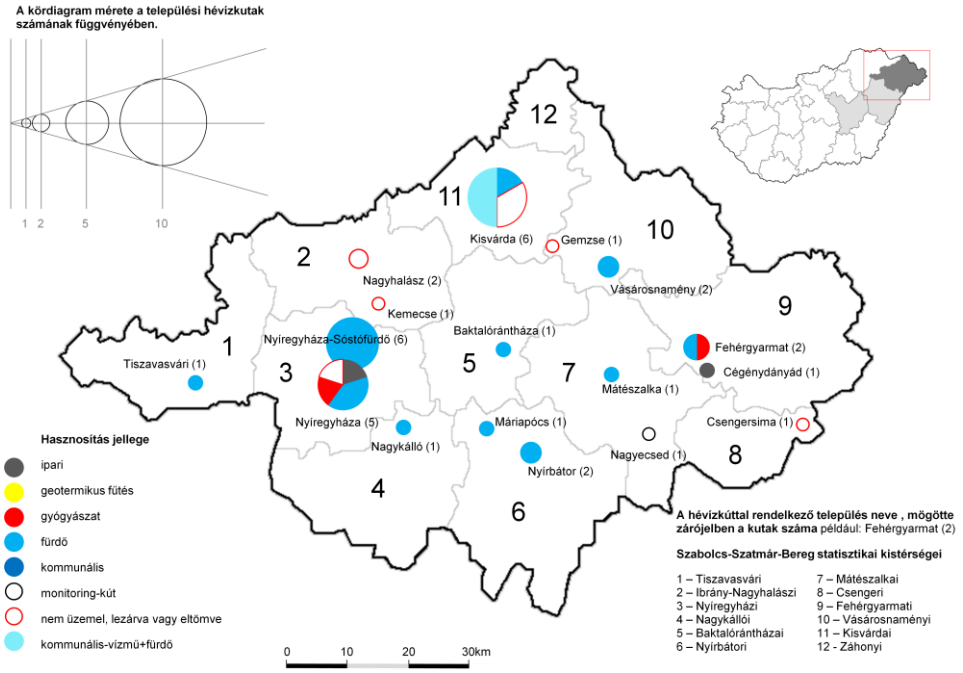
17. ábra: A Szabolcs-Szatmár-Bereg megye területén lévő termálkutak területi eloszlása és a felhasználás területei a létesítés évében

A hévíz-kitermelések maximuma 1994-ben volt, a következő évben már 30%-kal csökkentek a felhasználások *(Lorberer, 2009).*

2011. évi felmérés szerint a hasznosítási profil nagyjából megegyezik a létesítéskori megoszlással, azonban napjainkra a kutak 23 százalékát üzemen kívül helyezték, vagy lezárták. Területi vonatkozás szerint, az üzemen kívüli, illetve megszüntetett kutak többsége az Ibrány-Nagyhalászi, térségben áll, valamint Kisvárdán, Nyíregyházán és Gemzsén állították le egy-egy kút működését. A kutak lezárása érintette a mezőgazdasági geotermikus energiatermelést, a gyógyászatot, az ipart és az uszodai-fürdőhelyi szolgáltatásokat. A létesítéskori felhasználási célok csökkenése, elsősorban a korábbi termálkút üzemeltető mezőgazdasági üzemek és ipari vállalatok megszűnése, valamint a forráshiánnyal küzdő települési önkormányzatok miatt jelentkezett.

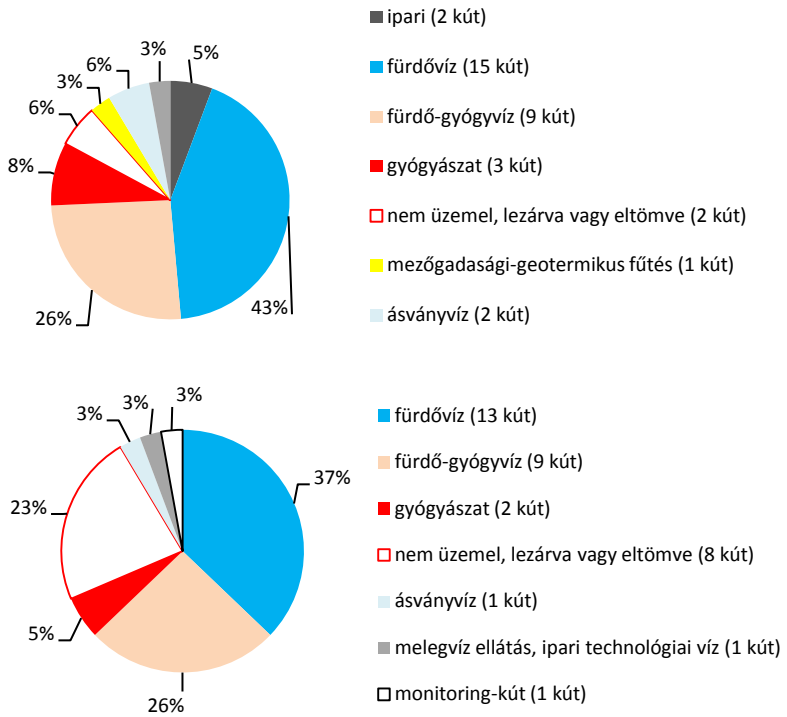
Nem folyik kitermelés a korábbi Nagyhalászi Kendergyár kútjaiból és eddig az azokat átvevő Nagyhalászi Települési Önkormányzat sem talált új üzemeltetőt. Hasonló a helyzet Gemzsén is, ahol a helyi szövetkezet üvegházait és fóliasátrait fűtötték termálvízzel. E szövetkezet megszűnésével az egyetlen hőenergia hasznosítású kút áll kihasználatlanul. A Kisvárdai Várda Drink 1994-ben – ásványvíz palackozási céllal – létesített kútja termékpaletta szűkítés miatt nem lépett üzembe, a Csengersimán 1991-ben kiépített kút sem működik megépítése

óta. A fenti tendencia alapján jelenleg az ipari hasznosítású termálkutak aránya 6 százalékra csökkent. Vízkivétel a cégénydányádi ásványvíz palackozóban és a Nyíregyházi Dohányfermentálóban folyik, utóbbiban a kitermelt termálvizet 65 százalékban használati melegvíz ellátásra, valamint 35 százalékban ipari-technológiai vízként hasznosítják. A fürdőhasznosítású kutak egy részének lezárása – az ilyen célt szolgáló létesítmények alapvetően nagy száma miatt – kevésbé volt érzékelhető, aránya a megyében 63 százalék. A gyógyászat területén egy termálkutat szüntettek meg, azonban ennek oka a Nyíregyházi Jósa András Kórház területén történt épületráépítés miatt szükségessé vált kútkiváltás volt, tehát itt csak relatív csökkenésről beszélhetünk *(17-19. ábra)*.



18. ábra: Szabolcs-Szatmár-Bereg megye területén lévő termálkutak 2011 évi hasznosítási helyzete

A folyamatok vizsgálata során azt a tényezőt is figyelembe vettem, mely szerint a kutak egy része elérheti üzemideje végét – például az Ibrány-Nagyhalászi kistérség negyven évnél idősebb kútjai – azonban erre ellenpéldával szolgálnak a rendszeresen karbantartott és folyamatosan üzemeltetett nyíregyházi és nyíregyháza-sóstófürdői termálkutak. A Felső-Tisza-vidéki Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság (FETIKÖVIZIG) adatai szerint, Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében – üzemképtelenné válás miatt – csak egy kisvárdai termálkút került végleges felszámolásra. A többi kút lezárása, a nyíregyházi kivételével, financiális okokra vezethető vissza.



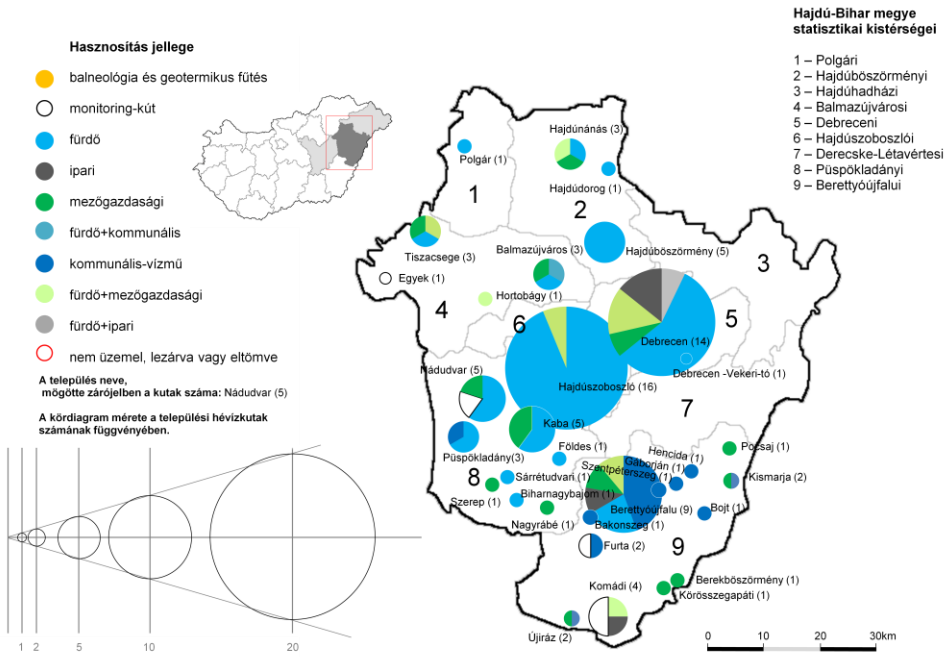
19. ábra: Szabolcs-Szatmár-Bereg megye területén lévő termálkutak hasznosításának létesítéskori és 2011 évi megoszlása a felhasználási területek között

6.3 A termálvíz- és geotermikus potenciál hasznosításának területi és ágazati változása Hajdú-Bihar megyében

Hajdú-Bihar megye területén 107 darab termálkút található 31 településen, melyek közül a vizsgálatok e szakaszában 94 termálkutat vettem figyelembe [6]. A legtöbb 30°C-nál magasabb kifolyóvíz hőmérsékletű kutat a Berettyóújfalui térségben fúrták, elsősorban mezőgazdasági és kommunális-vízmű célokra. Hajdúszoboszló és Debrecen térsége jelentős kútszámmal rendelkezik, azonban mindkét kistérségben csak a központi településen. Az intenzív kitermelés következtében mélybe szálló nyugalmi és üzemi vízszintek jelentős kiterjedésű védőzóna kijelölésére kényszerítették az üzemeltetőket, így a térség többi településén nincsen további termálkút.

[6] A vizsgálatokból kihagyott termálkutak egy része már nem létezik, végérvényesen felszámolták, ma már a kútfej sem található. Adataik egy része áll rendelkezésre csupán. A kihagyott kutak másik részénél a különböző adatbázisok eltéréseket mutattak, melyek a pontos következtetések levonását nem tették lehetővé.

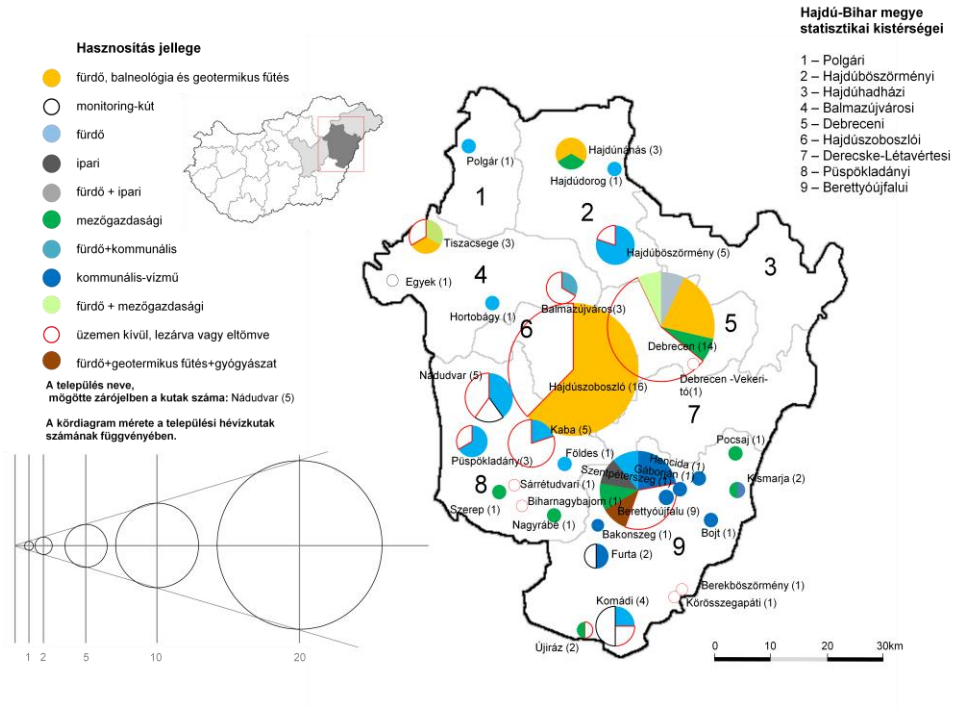
A termálkutak létesítéskori hasznosítását vizsgálva a fürdők ellátása volt a domináns 52 százalékkal, ezt követték, az ivóvíz biztosítására létesültek 22 százalékkal, valamint a mezőgazdasági célokat kiszolgálók 15 százalékkal. Kombinált hasznosításra tervezték a kutak egytizedét. Nyolc kút vizét a hő és vízszükségleteknek megfelelően lépcsőzetesen fürdő és mezőgazdasági közös használatra képezték ki, egy balmazújvárosi kutat fürdő és kommunális-közösségi, egy debrecenit pedig ipari és fürdő hasznosításra építettek. Jelentős azon kutak száma, melyek vizét kizárólag ipari igények kiszolgálására létesítettek – elsősorban az élelmiszer és könnyűipar számára – továbbá az öt százalékot kitevő Magyar Állami Földtani Intézet (MÁFI) mélységi megfigyelő kútjai, melyek a másik két megyéhez képest kimagasló számot – öt kút – képviselnek *(20, 22. ábra).*



20. ábra: Hajdú-Bihar megye termálkútjainak hasznosítási szerkezete a létesítés évében

A kutak létesítésétől 2011-ig vizsgálva a termálvíz felhasználás átalakulását, a legnagyobb változás ebben a megyében tapasztalható, a termálvíz hasznosítás általános képe jelentősen átalakult. Továbbra is a fürdőhelyi-uszodai szolgáltatás maradt a domináns 33 százalékkal, azonban e területen figyelemre méltó fejlődés ment végbe a többlépcsős hasznosítás tekintetében, azaz a fürdők vizének több mint felénél – Debrecenben, Hajdúszoboszlón, Hajdúböszörményben, Berettyóújfaluban, Hajdúnánáson és Tiszacsegén – már a geotermikus energia is hasznosításra kerül. A geotermikus fűtés többnyire a fürdőépületekre, egyes helyeken a kapcsolódó vendéglátó egységekre szorítkozik, kivétel ez alól a

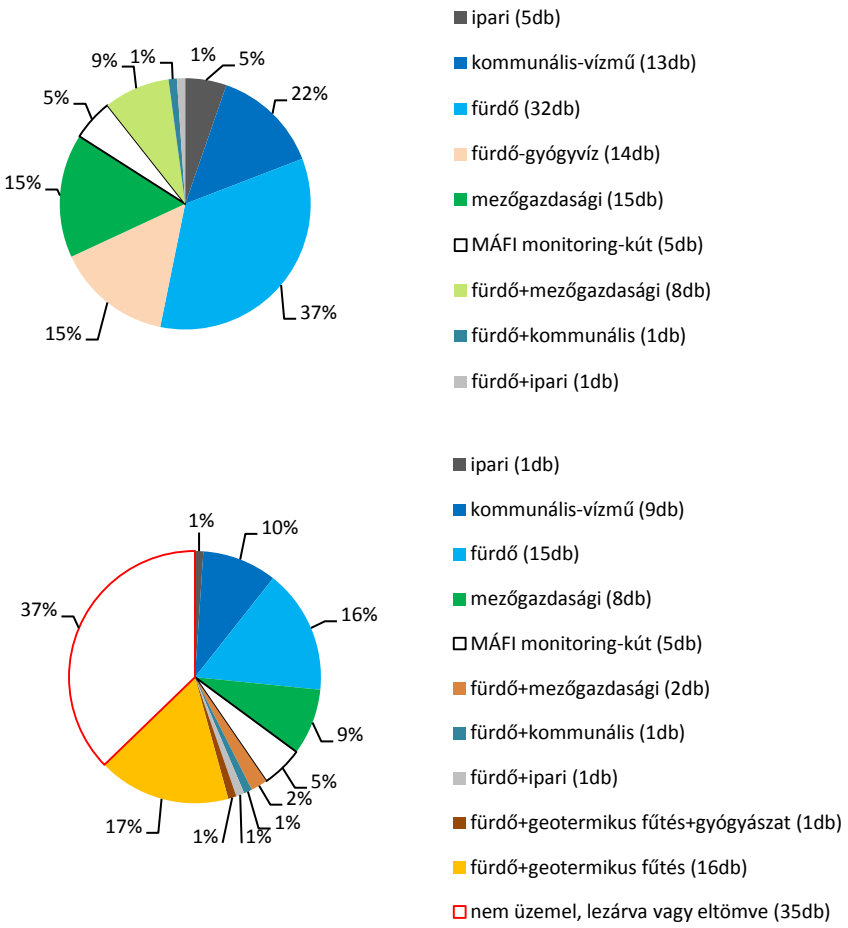
Berettyóújfalui Fürdő egyik termálkútja, amely három funkciót, geotermikus fűtést, medencefeltöltést, valamint a szomszédos Gróf Tisza István Kórház rehabilitációs osztályán gyógyászati célokat is szolgál. Két százalékot képvisel a fürdő és mezőgazdasági felhasználás egymás mellett működtetése, valamint egy-egy százalékkal a fürdő és ipari, valamint a fürdő és kommunális vízmű hasznosítás. Még mindig jelentős arányú Hajdú-Bihar megye termálvíz felhasználásán belül a mezőgazdasági kilenc százalékkal, valamint a kommunális vízfelhasználás, ami tíz százalékot tesz ki.



21. ábra: Hajdú-Bihar megye termálkútjainak hasznosítási szerkezete 2011-ben

Az Észak-alföldi régión belül a 2011-es évet figyelembe véve, a megyében van a legtöbb üzemen kívüli termálkút – arányuk 37 százalék - melynek nagy része működőképes nem üzemelő vagy lezárt kút, kilenc termálkutat pedig végleg felszámoltak, eltömtek. Jelentős kútlezárás érte szinte az összes ágazatot, százalékos arányban a legnagyobb az ipart, ahol a kutak 66 százalékát nem hasznosítják. Ezt követi a mezőgazdasági hasznosítás, ahol a kutak 45 százaléka, a kommunális termálvíz felhasználás területén pedig 54 százalék áll üzemen kívül. Sajnálatos módon többségük – a külterületi fekvés miatt is – a megváltozott gazdasági szerkezet következtében nem kapott új funkciót, pedig e területi elhelyezkedés kifejezetten kedvezne az agrárgazdasági felhasználásnak. A termálvíz agrárgazdasági hasznosításának legjelentősebb térsége Hajdú-Bihar megye déli része lett. Hasonló a helyzet a Debrecenben, Berettyóújfaluban és Komádiban ipari célra fúrt termálkutakkal is. A Debreceni Bőrgyár az 1990-es

évek második felében szűnt meg, a Húsüzem pedig 2011 nyarán zárta be kapuit, de termálkútját már 2008-óta üzemen kívül helyezték. Komádiban a Kendergyár hasznosított termálvizet, mely szintén nem működik már. Az ipari célra fúrt kutak közül napjainkban egyedül a Berettyóújfaluban lévő Vasipari Vállalat (Elzett) termelteti kútját. A fürdőhasznosítású kutak magas száma miatt, a számszerűleg nagy 19 üzemen kívül álló kút más ágazathoz képest nem olyan szembetűnő, de jelentős, 36 százalékot tesz ki. 2011-ben a legnagyobb termálvíz felhasználók a települési fürdők, valamint az országos és nemzetközi jelentőségű fürdőkomplexumok. E létesítmények többsége az elmúlt húsz évben téliesítve lett, valamint nagyszámú épületállománnyal bővült *(21-22. ábra)*.



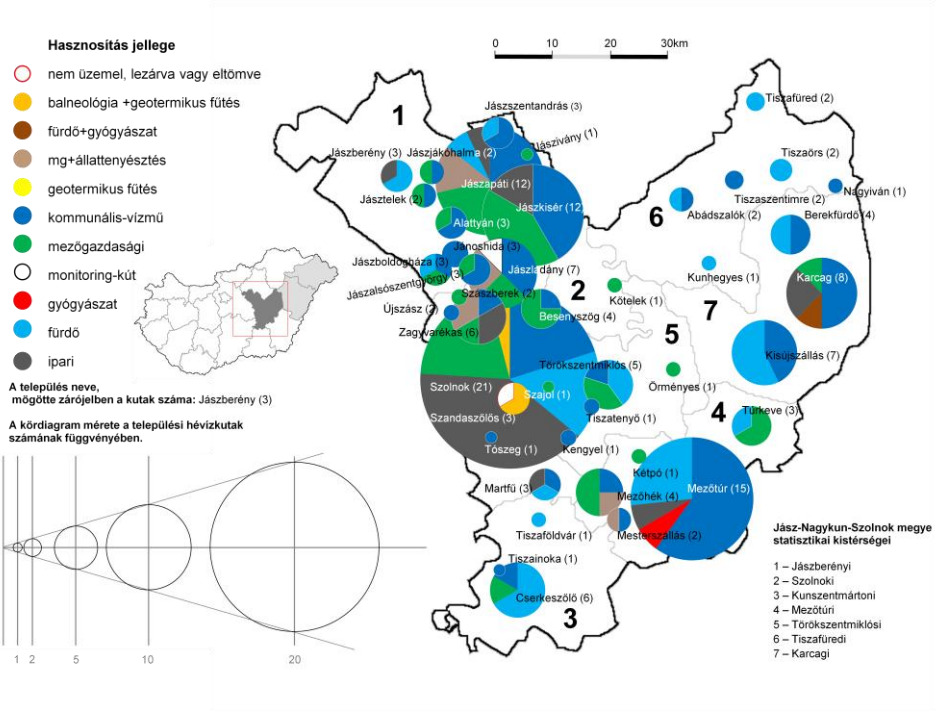
22. ábra: Hajdú-Bihar megye területén lévő termálkutak hasznosításának létesítéskori és 2011 évi megoszlása a felhasználási területek között

Elméleti fontossága ellenére, a megyében – például a kistelekihez vagy mórahalmihoz hasonló – települési geotermikus rendszerek nem épültek ki, ma

nincsen olyan önkormányzat, ahol a tervezést megvalósítás is követte volna. A beruházásokat hátráltatja az önkormányzatokra jellemző általános forráshiány, melyben változás az egyre gyakoribb települési csődhelyzetek miatt középtávon sem várható. Hajdú-Bihar megyében tehát a fürdő célú felhasználás maradt meg, tovább növelve a hasznosítás terén birtokolt dominanciáját.

6.4 A termálvíz- és geotermikus potenciál hasznosításának területi és ágazati változása Jász-Nagykun-Szolnok megyében

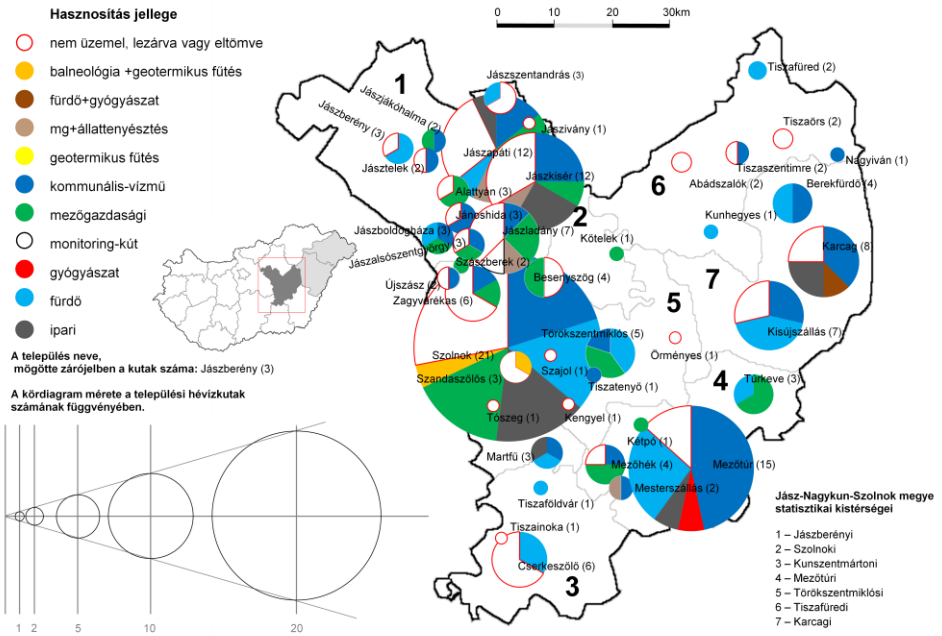
Jász-Nagykun-Szolnok megyében 170 kutat mélyítettek 43 településen. A megye 7 statisztikai kistérsége közül a legtöbb termálkút a Jászsági – 54 kút – és a Szolnoki térségben – 43 kút – található és itt fekszik azon települések többsége is, amelyek termálkutakkal rendelkeznek. A legellátottabb Szolnok 21 kúttal, valamint Jászkisér és Jászapáti 12-12 létesítménnyel.



23. ábra: Jász-Nagykun-Szolnok megye termálkútjainak hasznosítási szerkezete a létesítés évében

A megye termálkútjaiból nyert víz alkalmazási területei – továbbra is a létesítéskori felhasználást véve alapul – a két másik régiós megyéhez képest sokszínűbbnek mondhatók, elsősorban az ipari hasznosítás tekintetében. Amennyiben a kutak százalékos arányát vesszük alapul, a kommunális célokat szolgáló termál vízmű kutak száma a legmagasabb, melyek mintegy 38 százalékot képviseltek.

A vezetékes vízellátást az agrárgazdasági célokat szolgáló kutak száma követte 27 százalékkal, melyen belül el lehet különíteni az állattenyésztési célokat szolgáló vízfelhasználást, valamint az egyéb agrárgazdasági feladatokat ellátó termálkutakat. Egymáshoz viszonyított arányuk 15/85 százalék. A termálvíz széleskörű agrárgazdasági alkalmazásával a Jászság területe tűnik ki, ahol a létesítés gyakori oka az állattartó telepek vízellátása volt, emellett öntözési, üvegházfűtési, valamint szociális célokat is szolgált. A fürdők ellátására a kutak 19 százalékát építették. Jelentős hányadot képviselt az ipari hasznosítás 11 százalékkal, ami viszonylag sok alágazat között oszlott meg. Az Észak-alföldi régión belül ebben a térségben volt a legjelentősebb a termálvíz ipari célú hasznosítása. A 19 ipari-termálkutat elsősorban Szolnokon, valamint Martfűn, Mezőtúron, Zagyvarékason, Jászberényben és Jászkiséren létesítették. Az alágazatok között elsősorban az élelmiszeripar vízigényét fedezték e vízforrásokból, többek között a szolnoki cukoriparét. Nagyságrendileg az élelmiszeripart követi, a gépgyártást és a tömegközlekedési vállalatokat – a Volán-telepet, a Magyar Államvasutak (MÁV) pályaudvarát és sporttelepét – kiszolgáló termálkutak száma. A Jászságban a Jászberényi Lehel Hűtőgépgyár, valamint a Jászkiséri Magyar Államvasutak Építőgép Javító üzemének hévízkútja a legjelentősebbek.



24. ábra: Jász-Nagykun-Szolnok megye termálkútjainak hasznosítási szerkezete 2011-ben

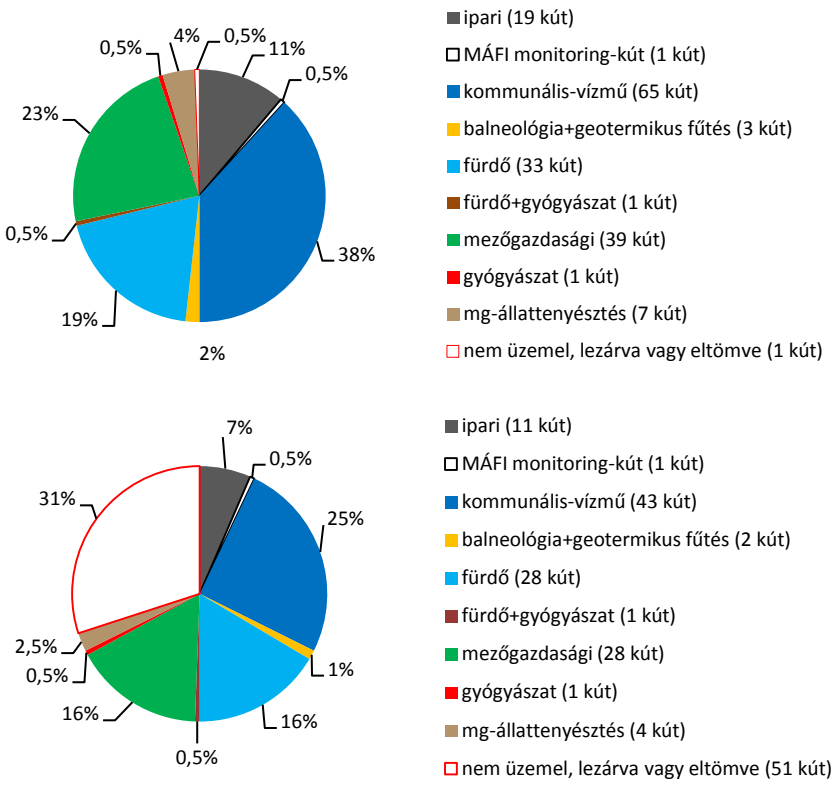
Említésre méltó a könnyűipar vonatkozásában a Martfűi Tisza Cipőgyár, a vegyipar területén a Szolnoki Vegyi Művek, továbbá a MÁV számára létesített, és a Kőolajipari Vállalat által képviselt energiaipari felhasználás, valamint a Szolnoki Ipari Parkot kiszolgáló, 2009-ben létesített termálkutak.

Gyógyászati alkalmazását a mezőtúri és a karcagi kórházban végezték, utóbbiban a termálvizet kombináltan használták fel a szomszédos fürdővel. Geotermikus energiahordozóként több esetben alkalmaztak termálvizet, kiemelten a szandaszőlősi katonai létesítmények fűtésének és használati melegvizének biztosítására, valamint a Szolnoki Kórház fűtésének ellátásához. A termálkutak között egy olyan van, ami kifejezetten kutatási célokat szolgált, ez egy jászladányi termálkút, ami a MÁFI-nak lett létesítve mélységi monitoring céljából. Többlépcsős, illetve megosztott felhasználása kezdetben négy kútnak volt, a szolnoki Tisza Szálló termálkútját balneológiai és épületfűtési célokra, két abádszalóki kutat kommunális-vízmű és fürdőfeltöltésre alkalmaztak, a Karcagi Kórház termálkútját pedig gyógyászati és fürdőellátási feladatokra tartották fenn *(23, 25. ábra).*

A legjobb geotermikus adottságú megyében 2011-re a mennyiségileg legnagyobb számot képviselő, ivóvíz ellátást szolgáló, működő termál vízmű kutak 34 százaléka áll használaton kívül, melynek egyik közvetett oka, a vízdíjak 1990 utáni dinamikus növekedése és ezzel párhuzamos fogyasztáscsökkenés volt. Nagy számuk ellenére, vízellátásban betöltött szerepük csekély, jelentős részük tartalék feladatot tölt be. Kivételt ez alól a Jászság egyes területei jelentenek csupán, ahol kommunális vízellátási szerepük kiemeltebb.

Ezt követi a nagyüzemi növénytermesztés és állattenyésztés területén tapasztalt drasztikus visszaesés, melynek következtében 14 kút szüntette be termelését, ami – Hajdú-Biharhoz hasonlóan – a szövetkezetek és állami gazdaságok felszámolása miatt következett be. Ezek a kapacitások jelenleg is rendelkezésre állnak, azonban többségében a tervszerű karbantartás, fejlesztés elmaradása miatt elhanyagoltak. A kognitív tapasztalatok alapján az állattartással is foglalkozó vállalkozások körében a jelenlegi folyamatok a biogáz előállítás irányába terelik a forrásokat, melynek oka a hígtrágya kezelés szabályainak való megfelelés *(59/2008. (IV. 29.) FVM rendelet; 27/2007. (IV. 17.) FVM rendelet; 27/2006. (II. 7.) sz. Korm.rend. mód. 49/2001. (IV. 3.) Korm.rend.).* A rendelkezésre álló termálvíz potenciál így továbbra is a korábbi feladatok ellátását szolgálja, energetikai hasznosítása a középtávú tervekben sem szerepel.

A megye ipari termelése szintén áldozatul esett az új gazdasági berendezkedésnek. A felszámolt cégek által használt kutak lezárásával az ipari célt szolgáló termálkutak 43 százaléka szüntette be működését. A működő kutak száma a fürdőhasznosítás területén csökkent legkisebb mértékben, ami a turizmus ezen ágának folyamatos támogatásában keresendő. A gyógyászati, geotermikus fűtés, valamint kombinált balneológiai és épületfűtési, továbbá fürdő és gyógyászati célokra hasznosított termálkutak jelenleg is működnek.



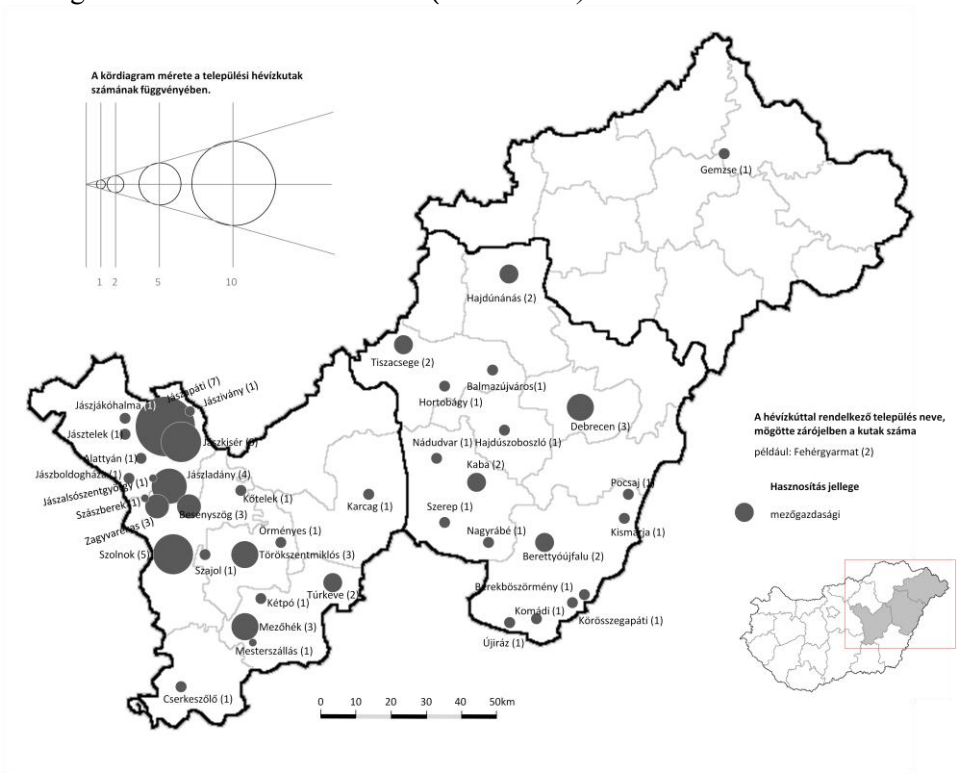
25. ábra: Jász-Nagykun-Szolnok megye területén lévő termálkutak hasznosításának létesítéskori és 2011 évi megoszlása a felhasználási területek között

Megállapítható tehát, hogy Jász-Nagykun-Szolnok megyében – a gyógy- és wellness-turizmus alapját szolgáló fürdőhasznosítás kivételével – a nagy termálvíz fogyasztó ágazatokat általános felhasználás csökkenés érte és a három megyét összehasonlítva itt zárták le, illetve szüntették meg a legtöbb termelő kutat. A működő termálkutakat figyelembe véve a kommunális vízellátási célokat, a fürdőhelyi és uszodai szolgáltatást, valamint az agrárgazdasági igényeket kiszolgáló létesítmények adják a ma is működő kutak legnagyobb számát *(24-25. ábra)*.

6.5 Agrárgazdasági felhasználás változása

Amennyiben az agrárgazdasági hasznosítású termálkutakat kiemelve vizsgálom a változásokat, megállapítható, hogy az Észak-alföldi régió északi megyéjében az alapvetően szerény mezőgazdasági termálvíz felhasználás teljesen megszűnt. Kivételt ez alól csak a feldolgozóipar képvisel, ahol a Nyíregyházi Dohánygyár és a Cégénydányádi Ásványvíz palackozó használja kútját. A jövőre nézve – a régió

többi területéhez képest alacsonyabb hőfoktartományú hévizek – az agrárgazdaság területén belül elsősorban az istállófűtésben játszhatnak szerepet, e hőmérsékletek leginkább épülettemperálásra alkalmasak. Az újrahasznosítás tekintetében a megye területén álló lezárt kutak – a tapasztalatok szerint – olyan elhanyagolt állapotban vannak, hogy azok felújítása az esetek többségében – egy új kútpár létesítési költségeihez mérve – nem rentábilis *(26-27. ábra)*.

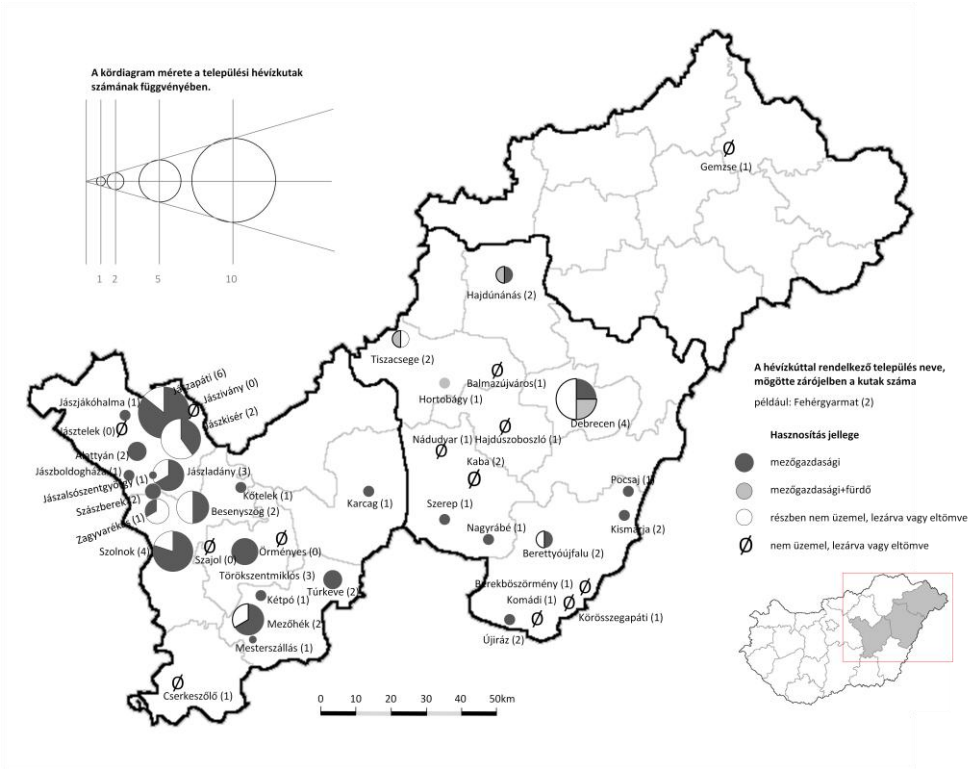


26. ábra: Az Észak-alföldi régió területén agrárgazdasági céllal létesített hévízkutak területi elhelyezkedése

Hajdú-Biharban a szektor igényeit szolgáló termálkutak többsége nem működik, üdítő kivételt Hajdúnánás, Debrecen és Berettyóújfalu, valamint egy-egy déli település – Szerep, Nagyrábé, Újiráz, Pocsaj és Kismarja – képvisel. Fontos megemlíteni Hajdúnánást, Tiszacsegét, Hortobágyot és Debrecent, ahol a kutak korábban kizárólag agrárgazdasági termálvíz felhasználása, fürdőhasznosítással bővült ki. A többi termálkút lezárásra, illetve megszüntetésre került. A termálvíz felhasználáson belül a mezőgazdaság részesedése 14-ről nyolc százalékra apadt, melynek megmaradt területe a megye déli része. A rurális térségek, valamint a határközeli perifériák hanyatlása miatt elsősorban a kis településeken működő mezőgazdasági üzemek megszűnése a mezőgazdasági termálvíz hasznosítás végét jelentette. Jelentős csökkenés érte szinte az összes ágazatot, melyek között a csökkenés mértéke a mezőgazdasági hasznosítás tekintetében a második legnagyobb. Sajnálatos módon többségük – a külterületi fekvés miatt is – a

megváltozott gazdasági szerkezet következtében nem kapott új funkciót. A nagyobb településeken létesített agrár- és fürdőhasznosítású kutak többségénél a mezőgazdasági vonalat megszüntették, vagy tönkrement, így a felszabaduló kapacitásokat fürdőfejlesztésekre, valamint a kapcsolódó épületállomány fűtésére használták fel.

Jász-Nagykun-Szolnok megyében a szolnoki térség és a Jászság területe bővelkedik agrárhasznosítású termálkutakkal, ahol a létesítés gyakori oka az állattartó telepek vízellátása volt, emellett öntözési, üvegházfűtési, valamint szociális célokat is szolgált. Jelentős még Túrkeve, Mezőhék és Törökszentmiklós is. A kutak hasznosításának csökkenése szinte mindegyik településen szembetűnő, kivételt ez alól nyolc település jelent, Jásztelken, Jásziványon, Örményesen, Szajolban és Cserkeszőlőn pedig megszűnt a termálvíz mezőgazdasági felhasználása.



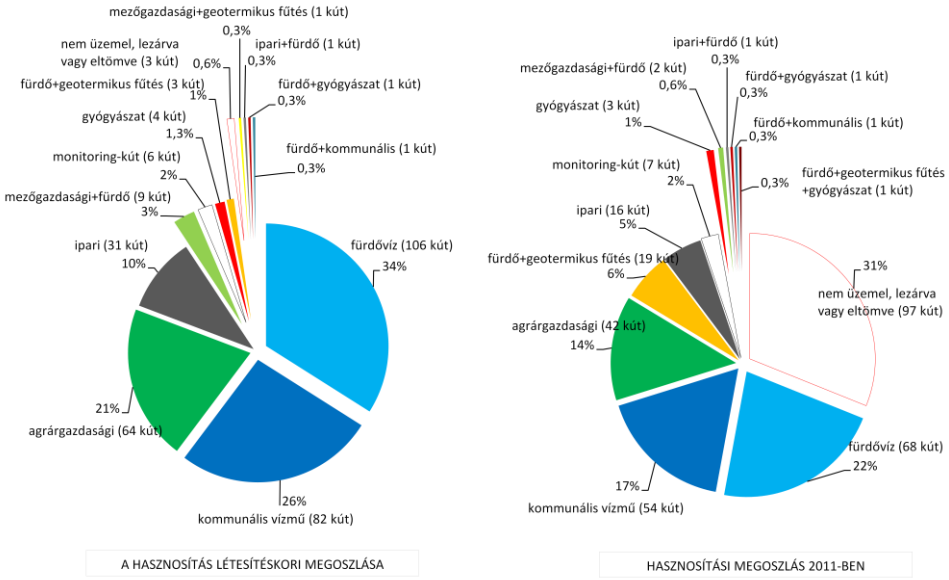
27. ábra: Az Észak-alföldi régió területén lévő agrárgazdasági célokat szolgáló hévízkutak 2011 évi hasznosítási helyzete

A 2011-es vizsgálatok során a nagyüzemi növénytermesztés és állattenyésztés területén drasztikus visszaesés tapasztalható, mely során 15 kút szüntette be termelését, ami – Hajdú-Biharhoz hasonlóan – a szövetkezetek és állami gazdaságok felszámolása miatt következett be. Ezek a kapacitások jelenleg is

rendelkezésre állnak, azonban többségében a tervszerű karbantartás, fejlesztés elmaradása miatt elhanyagoltak *(26-27. ábra)*.

6.6 Következtetések

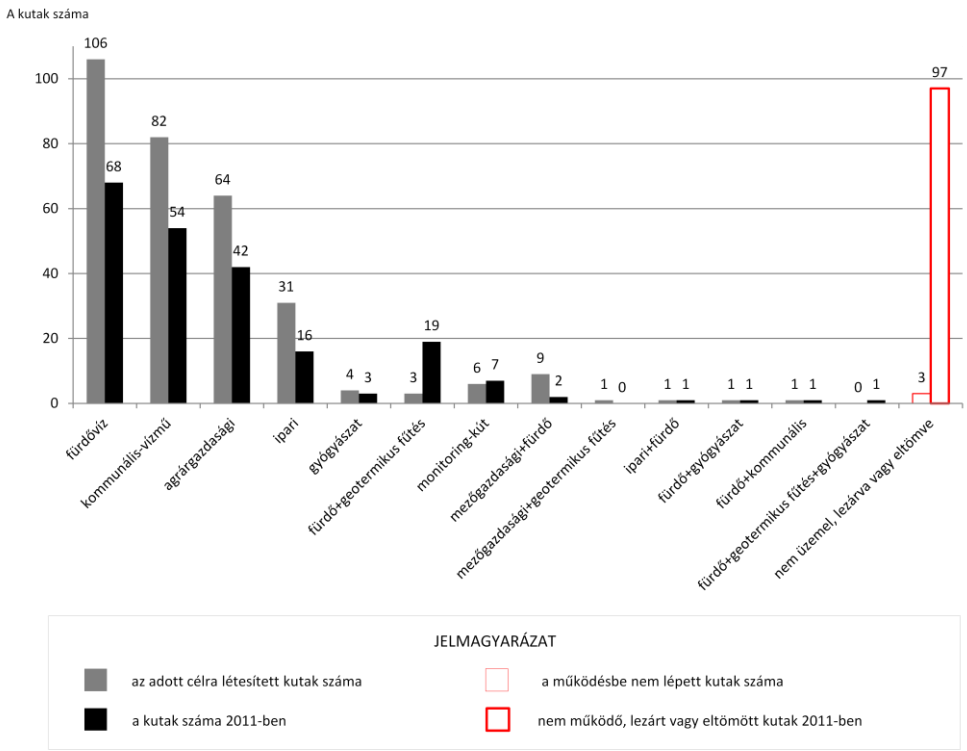
Az Észak-alföldi régióban, 1915 óta 312 termálkutat mélyítettek, melyek széleskörű felhasználási célokat szolgáltak a fürdőhasznosítástól az agrárgazdasági, ipari célokon keresztül a kommunális vízellátásig.



28. ábra: Az Észak-alföldi régió termálkútjainak hasznosítási megoszlása a gazdasági ágazatok és felhasználási módok között a létesítés évében, valamint 2011-ben

A régióban a legjelentősebb felhasználó a balneológia a kutak 34 százalékával, ezt követte a kommunális vízfelhasználás 26 százalékkal, az agrárgazdaság 21 százalékkal, valamint az ipar 10 százalékkal. Az agrárgazdasági-fürdő, valamint a monitoring és gyógyászati felhasználáson kívül a különböző kombinált és geotermikus energia hasznosítására egy-két példa volt jellemző a régióban. 2011-re a gazdasági berendezkedés, az állami szerepvállalás és a közigazgatás átalakulása miatt a termálkutak száma 30 százaléka használaton kívül áll lezárták vagy eltömték. A hasznosítási súlypontok áthelyeződtek, a felhasználás szerkezete némileg átalakult. 2011-ben a legnagyobb felhasználó továbbra is a balneológia 22 százalékkal, ezt követi a kommunális vízellátás kiszolgálása 17 százalékkal, majd az agrárgazdasági hasznosítás 14 százalékkal. Ezek az ágazatok sorrendiségüket

ugyan megőrizték, azonban a régió átlagához hasonlóan közel 30 százalékkal csökkent a használatban álló kútjaik száma. Pozitív változás, hogy a termálvíz hordozta geotermikus energia hasznosítása egyre népszerűbb alternatív energiahasznosítási mód, azonban e felhasználás szinte csak a fürdőkomplexumokra jellemző. Átlagosan a legnagyobb visszaesést az ipari termálvíz alkalmazása szenvedte el, mely regionálisan elérte az 50 százalékot. A gyógyászati és különböző többlépcsős hasznosítási módokra továbbra is kevés példával szolgál a régió *(28-29. ábra)*.



29. ábra: Az Észak-alföldi régió termálkútjainak ágazatok szerinti megoszlása, valamint annak változása a létesítéstől 2011-ig eltelt időszak alatt

A régió megyéiben a termálvíz hasznosítás területén a gazdasági ágazatok különböző súllyal szerepelnek. Szabolcs-Szatmár-Bereg megye területén a fürdőhasznosítás a legjelentősebb vízfelhasználási mód, melyet alárendelten az ivóvízellátás követ, ami megfelel a gyenge adottságoknak. Energetikai hasznosítására elsősorban az agrárgazdaságban – istálló és egyéb épületfűtés – nyílhat lehetőség. Hajdú-Bihar megyében a felhasználás szinte teljes mértékben a fürdőhasznosításnak van alárendelve. A kitermelt hőfokok jelentős geotermikus kapacitás-tartalékkal rendelkeznek. Jász-Nagykun-Szolnok megye, kedvező adottságaiból adódó, magas termálkút-száma – a jó vízadó képességű

rétegösszletek okán – a kommunális vízfelhasználást teszi dominánssá, azonban e kutak tartalék vízellátási célokat szolgálnak, jelentőségük csak bizonyos területeken magas. A legtöbb működő kút így az agrárgazdaság és a fürdők igényeit elégíti ki. A megye területén alacsony a kombinált hasznosítás, viszont itt és a hajdúsági fürdővárosokban a legmagasabb a termálvíz fűtési célú alkalmazása.

Az Észak-alföldi régió a meglévő kapacitások tekintetében jelentős, kihasználatlan termálvíz és geotermikus energia tartalékokkal rendelkezik. A geotermikus hőfelhasználás tekintetében két terület látszik ígéretesnek. Egyrészt olyan agrárgazdasági szövetkezetek és részvénytársaságok, amelyek nem bomlottak fel, korábbi gazdálkodási területüket meg tudták őrizni és széles agrárgazdasági profilt működtetnek. Az ilyen gazdasági szervezetek megfelelő szaktudással és jelentős forrással rendelkeznek a folyamatos modernizáláson keresztül, az energiatakarékos és megújuló energiára alapozó beruházások finanszírozására, valamint az ilyen irányú pályázati lehetőségek kihasználására. Továbbá olyan családi agrárvállalkozásoknak van lehetősége a geotermikus energia alkalmazására, ahol a vállalkozás profiljának magas hozzáadott értéket – élelmiszer ill. iparinövény értékszinten – kell előállítania és ebből jelentős bevételhez kell jutnia.

A másik terület a kisvárosias települések, ahol a lakosság- és a vállalkozásszám már olyan mértékű bevételekhez képesek juttatni az önkormányzatot, hogy az a megújuló energia pályázatokon sikeresen indulhat, továbbá olyan mennyiségű intézmény van a fenntartása alatt, melyek fűtési igénye a rendelkezésre álló termálvíz kapacitásokat le tudja kötni. A további extenzív fürdőfejlesztést nem látom tarthatónak, a meglévő kapacitások minőségének javítását és a többlépcsős hasznosítást – amely lehet kommunális lakossági fűtés és agrárgazdasági – viszont igen. Így a hőkereskedelemmel további források jelennek meg a rentábilis működtetés biztosítására.

7. A geotermikus energia alkalmazása az agrárgazdasági vállalkozások körében

A ötödik fejezet kutatási eredményei igazolták, hogy az Észak-alföldi régióban jelentős kihasználatlan geotermikus kapacitás áll rendelkezésre. A kihasználatlan kapacitások okának feltárása érdekében kérdőíves módszert alkalmaztam a régió agrárgazdaságában tevékenykedő gazdálkodó szervezetek körében.

A felmérés célja, annak megismerése, hogy az agrárgazdaságban tevékenykedő gazdálkodó szervezetek milyen mértékben használnak megújuló energiát – elsősorban geotermikus energiát – energiaszükségleteik fedezésére, azt milyen hatékonysággal és megtérüléssel teszik, továbbá azon gazdálkodó szervezetek, amelyek nem használnak, miért nem és milyen feltételek mellett alkalmaznák *(28. melléklet)*.

7.1 Adatok és módszerek

A célcsoport felmérésére strukturált kérdőíves módszert alkalmaztam, melynek során nyolc kérdéskörön belül összesen 22 kérdést tettem fel. A kérdőív szerkesztése során három kérdéstípust alkalmaztam[7] *(2. táblázat)*.

2.táblázat: A strukturált kérdőívezés során alkalmazott kérdéstípusok megoszlása

	EGYSZERES VÁLASZTÓS	TÖBBSZÖRÖS VÁLASZTÓS	ELDÖNTENDŐ KÉRDÉS	ÖSSZESEN
NYILT KÉRDÉS	0	6	0	**6**
ZÁRT KÉRDÉS	1	5	2	**8**
HIBRID	2	5	1	**8**
ÖSSZESEN	**3**	**16**	**3**	**22**

A kérdőíves felmérésre 2010. február és május hónapok közötti időintervallumban került sor az Észak-alföldi Régióban, mint vizsgálati területen. A lekérdezés módja tekintetében két módszert alkalmaztam. A kérdőívek egyik csoportját az EvaSys adatfeldolgozó és internetes technológiát alkalmazó szoftverrendszerrel jutattam el a célcsoportnak, így a 883 megkérdezett közül 427-hez elektronikus kérdőív jutott el. A kérdőívek másik csoportját, a postai úton eljuttatott, papír alapú kérdőív alkotta, a 883 megkérdezett közül 435-höz ilyen kérdőívet küldtem. A válaszadástól 14 vállalkozás zárkózott el, valamint a KSH adatzárás és a lekérdezés között eltelt időszakban 7 vállalkozás szüntette be tevékenységét. A postai úton visszaérkezett kérdőívek az egységes kiértékelés érdekében utólag az EvaSys rendszerbe szintén feltöltésre kerültek.

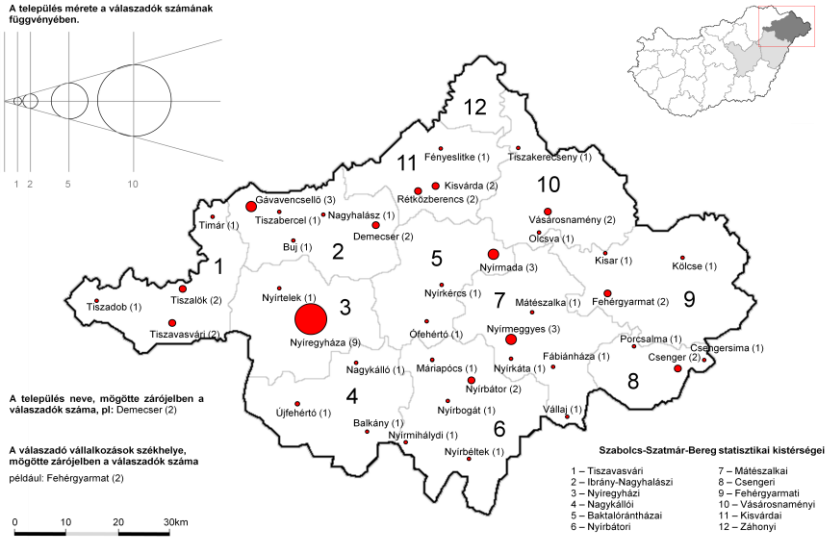
[7] *A kérdőíves felmérés során olyan kérdéskörök is szerepeltek, melyek jelentősége a kutatás későbbi szakasza során csökkent vagy annyira elhanyagolhatóvá vált, hogy szerepeltetésük az értekezésben szükségtelenné vált.*

A megkérdezettek adatai a Központi Statisztikai Hivatal (KSH) Cég-Kód-Tár 2009/1 adatbázisából származnak. A megkérdezettek közé azon gazdálkodó szervezetek kerültek be, amelyek székhelye az Észak-alföldi régióban található, fő tevékenységi körük az agrárgazdasághoz kötődik és a vállalkozás árbevétele meghaladja az évi 50 millió Forintot[8]. A fenti feltételek alapján, a megkérdezettek száma 883 gazdálkodó szervezet volt, a válaszadók száma pedig 243, ami 27,5%-os válaszadói hajlandósággal egyezik meg.

7.2 A válaszadók területi elhelyezkedése

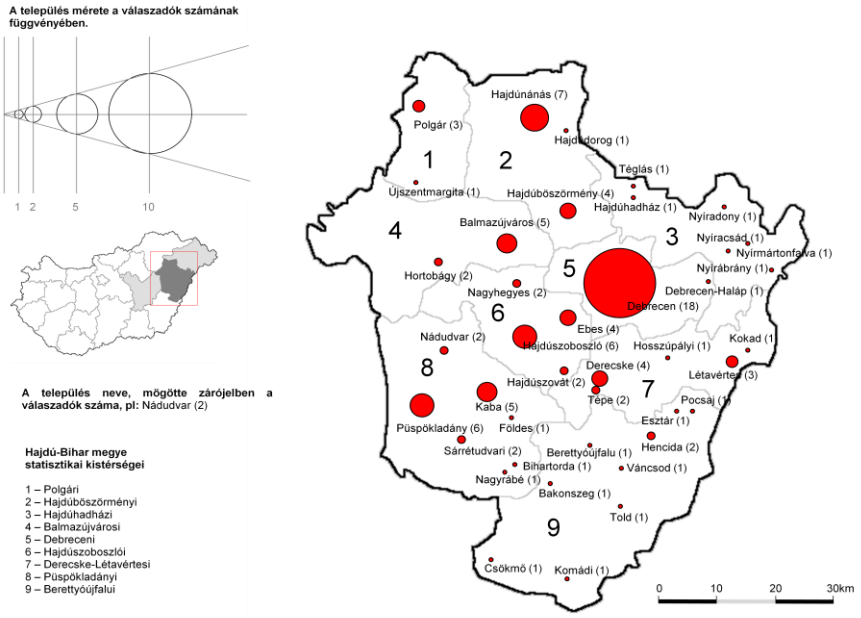
A 243 válaszadó, az Észak-alföldi régió 106 településéről küldött vissza kérdőívet. A visszaérkezett kérdőívek közül 217 válaszadó jelölte meg azt a települést, ahol székhelye található, 21 válaszadó viszont nem jelölt meg székhely szerinti települést. Az Észak-alföldi régión kívüli székhelyet jelölt meg: öt válaszadó.

Mivel a kutatási terület az Észak-alföldi régió, így a kérdőívek feldolgozása során a régión kívülről érkezett válaszokat a kiértékelés során nem vettem figyelembe. Ugyanakkor feltételeztem azt, hogy azok a válaszadók, akik nem jelöltek meg települést, az Észak-alföldi régió területéről küldték válaszaikat. Így a kiértékelés során felhasznált kérdőívek száma: 238 db.

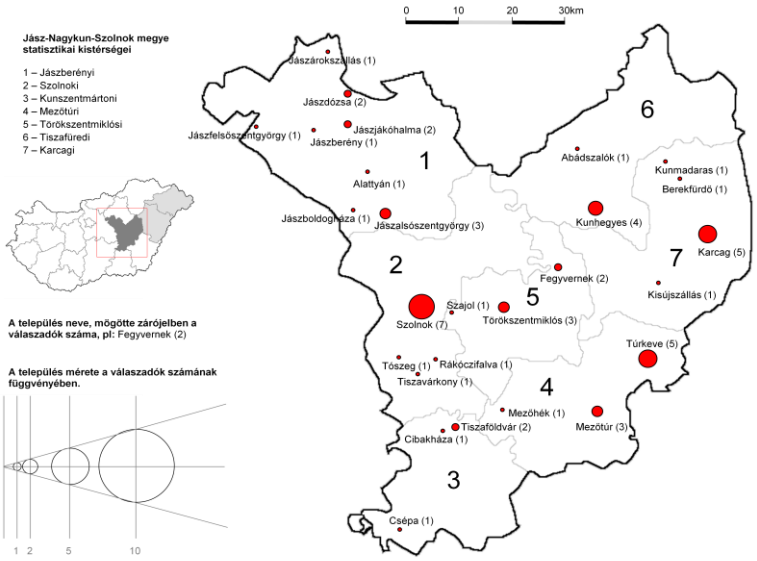


30. ábra: Szabolcs-Szatmár-Bereg megye területéről visszaérkezett kérdőívek települési megoszlása

[8] *Az 50 millió Forint feletti árbevétel, mint szűrési feltétel azért került beállításra, hogy azok a vállalkozások, illetve kényszervállalkozások, amelyek többnyire nem képesek megújuló energia beruházásokra, kiszűrésre kerüljenek.*



31. ábra: Hajdú-Bihar megye területéről visszaérkezett kérdőívek települési megoszlása

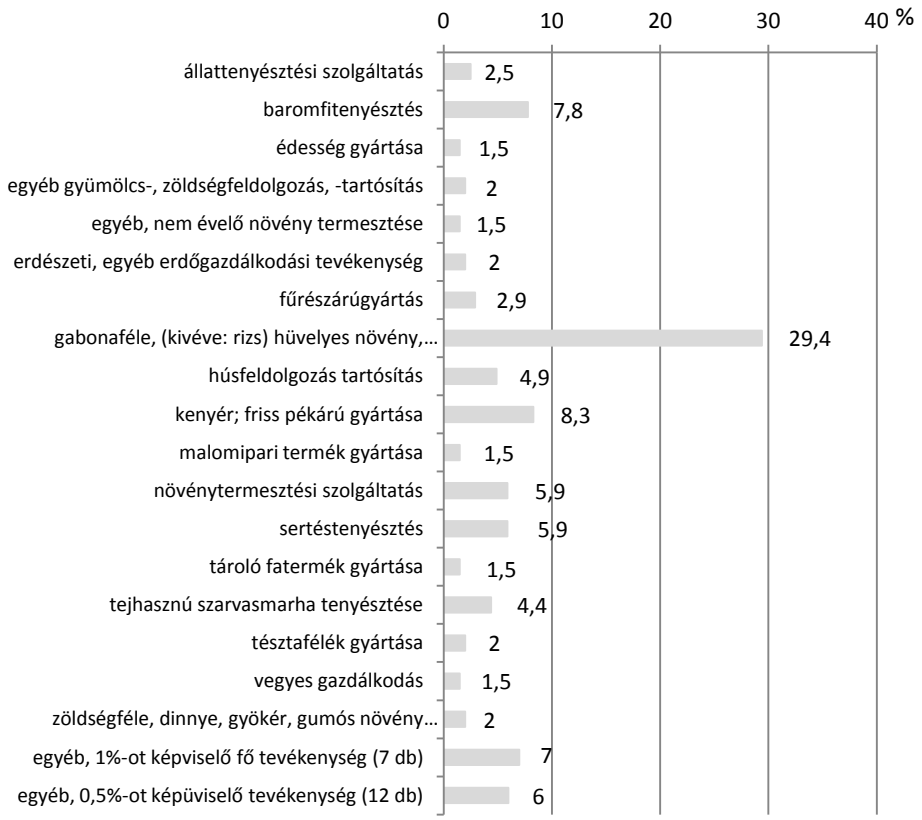


32. ábra: Jász-Nagykun-Szolnok megye területéről visszaérkezett kérdőívek települési megoszlása

A válaszadói hajlandóság Hajdú-Biharban volt a legmagasabb, amit Szabolcs-Szatmár-Bereg megye követett, a legkevesebb kérdőív pedig Jász-Nagykun-Szolnok megyéből érkezett. Szabolcs-Szatmár-Bereg megye vonatkozásában 39 településről 62 kérdőív, Hajdú-Bihar megyében 40 településről 101 kérdőív, Jász-Nagykun-Szolnok megyében pedig 27 településről 54 kérdőív érkezett vissza *(30-32. ábrák)*.

7.3 A gazdálkodó szervezetek fő-, illetve melléktevékenysége

A gazdálkodó szervezetek tevékenységeinek feltárására irányuló vizsgálatok célja, annak megállapítása, milyen arányban jelennek meg a régió agrárgazdaságában azok a tevékenységek, amelyek technológiájuknál és sajátosságaiknál fogva a geotermikus energiát alkalmazni tudják.



33. ábra: A válaszadók főtevékenység szerinti megoszlása az agrárgazdasági tevékenységi formák között

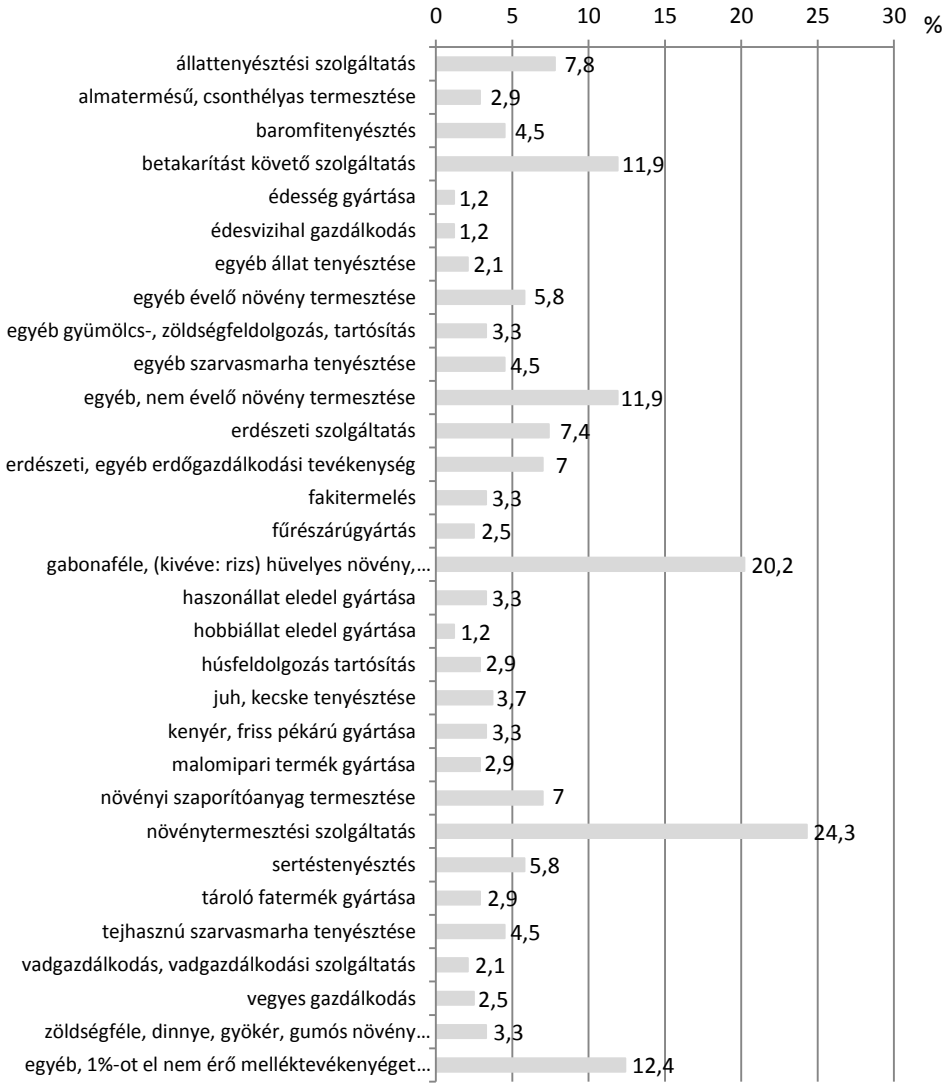
A felmérés során az első kérdés a gazdálkodó szervezetek főtevékenységére, valamint melléktevékenységeire vonatkozott. A főtevékenység vizsgálatánál az értékeléshez felhasználható 204 válaszadó kiemelkedően nagy, 29,4%-ának a gabonaféle, (kivéve: rizs) hüvelyes növény, olajos mag termesztése a fő tevékenysége, azaz a szántóföldi növénytermesztés. A gazdálkodó szervezetek nagy száma kenyér; friss pékáru gyártásával, valamint baromfitenyésztéssel foglalkozik. Jelentős arányt képviselnek azon vállalkozások, amelyek növénytermesztési szolgáltatással, sertéstenyésztéssel, húsfeldolgozás-tartósítással és tejhasznú szarvasmarha tenyésztéssel foglalkoznak. Két százalék fölötti arányt képviselnek a fűrészáru-gyártással, állattenyésztési szolgáltatással, egyéb gyümölcs-, zöldségfeldolgozás-, tartósítással, erdészeti, egyéb erdőgazdálkodási tevékenységgel, tésztafélék gyártásával, valamint zöldségféle, dinnye, gyökér, gumós növénytermesztéssel foglalkozó vállalkozások.

Egy és két százalék közötti arányban szerepel az összesítésben az édesség gyártása; egyéb, nem évelő növény termesztése; malomipari termék gyártása; tároló fatermék gyártása; és a vegyes gazdálkodás. Az egy százalékos arányt elérő, de azt meg nem haladó főtevékenységi formát folytat a válaszadók 7%-a, ide tartozik hét agrárgazdasági főtevékenység Mindössze 0,5%-os arányt elérő főtevékenységeket folytat a válaszadók 6%-a, ide 12 tevékenységi forma tartozik *(33. ábra)*.

A melléktevékenységek terén a válaszok kiegyenlítettebb képet mutatnak a főtevékenységgel szemben. Ennek oka, hogy a gazdálkodó szervezeteknek főtevékenysége csak egy lehet, viszont melléktevékenysége a jogosultságok függvényében bármennyi. A 243 vállalkozás között a legnépszerűbb melléktevékenység a növénytermesztési szolgáltatás; a gabonaféle, (kivéve rizs) hüvelyes növény, olajos mag termesztése; a betakarítást követő szolgáltatás; és egyéb nem évelő növény termesztése. Jelentős arányt képvisel az állattenyésztési szolgáltatás; az erdészeti szolgáltatás; az erdészeti, egyéb erdőgazdálkodási tevékenység; a növényi szaporítóanyag termesztése; a sertéstenyésztés; az egyéb évelő növény termesztése; a baromfitenyésztés; egyéb szarvasmarha tenyésztése; és a tejhasznú szarvasmarha tenyésztése. Tizenhét olyan melléktevékenység szerepel az összesítésben, ahol az adott melléktevékenységet űzők aránya 1,2-3,3% között van, valamint 21 olyan, amelyik aránya nem éri el az 1%-ot *(34. ábra)*.

Az Észak-alföldi régióban tevékenykedő agrárgazdasági tevékenységet folytató gazdálkodó szervezetek körében – az országban folytatható 76 agrárgazdasági tevékenységből – 37 főtevékenység, valamint 50 melléktevékenység jellemző. Az értékelés első részében a hasznosítási területeknél figyelembe vettem minden olyan tevékenységet, ahol a geotermikus energia, mind a tevékenység folytatásához szükséges épületek fűtésére, mind a technológiai folyamatokhoz szükséges hő biztosítására felhasználható. A kérdésekre adott válaszok alapján megállapítható, hogy a régió vállalkozásainak fő tevékenységei közül 24 olyan van, amely során a geotermikus energia, mint közvetlen hőenergia, az épületek fűtésére, valamint a technológiai folyamatok biztosítására felhasználható. A 24 tevékenység a választható fő tevékenységek 65%-át képviseli,

mely tevékenységeket a vállalkozások 43%-a, azaz 87 vállalkozás fő tevékenységként folytat.



34. ábra: A válaszadók melléktevékenység szerinti megoszlása az agrárgazdasági tevékenységi formák között

Amennyiben a Lindal-diagramban feltüntetett hasznosítási területeket veszem figyelembe, abban az esetben 21 tevékenységhez használható fel a termálvíz közvetlen hőenergiája, ami a fő tevékenységek 57%-át jelenti. Ilyen tevékenységet folytat a régió 73 vállalkozása, ami a vállalkozások 36%-át jelenti *(12. melléklet)*.

A melléktevékenységeket figyelembe véve, a választható agrárgazdasági melléktevékenységek megegyeznek a választható fő tevékenységekkel, vagyis számuk szintén 76. Az Észak-alföldi régióban tevékenykedő agrárgazdasági vállalkozások a 76-ból 50 melléktevékenységet folytatnak[9].

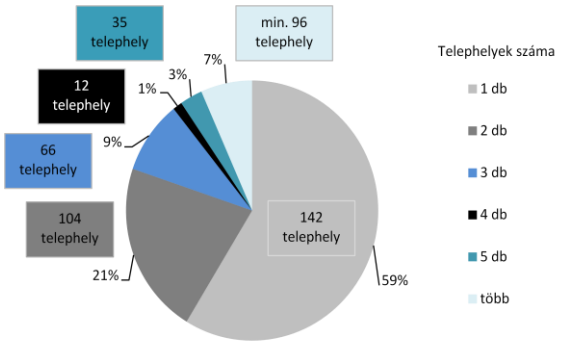
Az értékelés első szempontja a melléktevékenységeknél is a legszélesebb körű hasznosítási lehetőségek vizsgálata volt, azaz a geotermikus energia, mind a tevékenység folytatásához szükséges épületek fűtésére, mind a technológiai folyamatokhoz szükséges hő biztosítására felhasználható legyen. E szempontok alapján 28 olyan melléktevékenységet folytatnak a régióban, ahol a geotermikus energiát széleskörűen hasznosítani lehet. Ez a tevékenységek 52%-ának felel meg, melyet 201 vállalkozás folytat a régióban.

A Lindal-diagram hasznosítási területei alapján 23 tevékenységhez használható fel a termálvíz hőenergiája, ami a melléktevékenységek 46%-át teszi ki. Ezeket a tevékenységeket a régióban, a válaszadók közül 190 gazdálkodó szervezet űzi *(12. melléklet)*.

7.4 A telephelyek száma

A kérdőívben válaszra várt az a kérdés, hogy a vállalkozások mennyi telephellyel rendelkeznek, milyen célra hasznosítják a telephelyeket és ezen hasznosítási területek közül mennyinél alkalmazható geotermikus energia.

A Telephely kérdéscsoporton belül „A gazdálkodó szervezet telephelyeinek száma” kérdésre 242 értékelhető válasz érkezett. A válaszok szerint a vállalkozások 80%-a egy, valamint két telephellyel rendelkezik, a fennmaradó 20% pedig három-négy-öt, illetve ötnél több telephelyen gazdálkodik. A válaszadók így összesen 455 telephelyen tevékenykednek *(35. ábra)*.

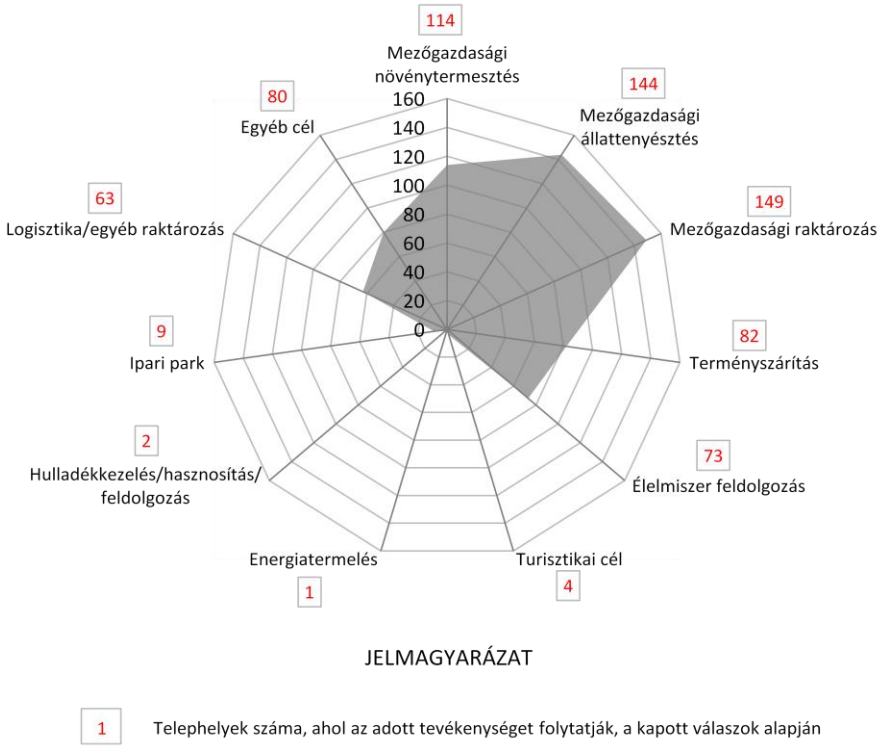


35. ábra: A gazdálkodó szervezetek megoszlása a telephelyek számának függvényében, valamint a telephelyek száma, kategóriánként

[9] *A gazdálkodó szervezeteknek főtevékenysége csak egy lehet, viszont melléktevékenysége a jogosultságok függvényében bármennyi.*

Megállapítható, hogy az Észak-alföldi régióban 455 telephellyel rendelkezik az ebben a térségben agrárgazdasági területen tevékenykedő 242 válaszadó gazdálkodó szervezet. A telephelyek többsége – külterületi fekvésükből adódóan – jó adottságokkal rendelkeznek a hálózati betáplálást, valamint a szigetszerű felhasználást célzó megújuló energiatermelési tevékenység végzéséhez.

A telephelyeken folyó gazdasági tevékenység felmérésével arra kerestem választ, hogy mekkora számot és milyen arányt képviselnek az agrárgazdasági tevékenységek a régió telephelyein. A válaszokból kiderül, hogy az agrárgazdaságban tevékenykedő gazdálkodó szervezetek, telephelyeik nagy többségét mezőgazdasági állattenyésztésre, növénytermesztésre, raktározásra, terménynszárításra, élelmiszer feldolgozásra, továbbá logisztikai, valamint egyéb célokra hasznosítják. A kérdésre választ adók 455 telephelyén 721tevékenységet folytatnak, amelyekből 705-ön a fenti hasznosítási célokat valósítják meg. A telephelyeken elenyésző számban folytatnak turisztikai, hulladékhasznosítási, valamint ipari tevékenységet. Megújuló energiatermelésre az agrárgazdasági telephelyek közül mindössze egyet hasznosítanak *(36. ábra)*.



36. ábra: A telephelyeken folyó agrárgazdasági tevékenységek megoszlása

A termálvizet, valamint a geotermikus energiát számtalan agrárgazdasági tevékenység alkalmazni tudja a termelési technológiai folyamataiban. A

vízhőmérséklet függvényében a Lindal-diagrammban megállapított termálvíz felhasználási területek felét az agrárgazdasági tevékenységek teszik ki *(12. melléklet)*. Az eredmények azt mutatják, hogy a telephelyeken folyó tevékenységek mindegyike képes a termálvíz és geotermikus energia hasznosítására.

7.5 Megújuló energiaforrás alkalmazása és a beruházás finanszírozási forrása

A kérdések a telephelyek energiakereskedelmi célú megújuló energiatermelési hasznosítása mellett, a megújuló energia használatára – például gazdasági tevékenységek, épületek, technológiai folyamatok megújuló energiaforrásból való ellátása – is kiterjedtek. A cél annak felmérése, hogy az Észak-alföldi régióban agrárgazdasági tevékenységet folytató gazdálkodó szervezetek jelenleg milyen arányban alkalmaznak megújuló energiaforrásokat. A megkérdezettek minden, a régióban elérhető megújuló energiaforrással kapcsolatban egy három részből álló kérdést kaptak. E szerint „Milyen megújuló energiaforrást használ; azt milyen célra: hőtermelésre-fűtésre, elektromos energiatermelésre, illetve üzemanyag célra; és ezt mióta teszi?”.

Biomasszát a 186 válaszadónak csak 3,7%-a használ energiaigényeinek fedezésére, vagyis az Észak-alföldi régió, gazdálkodó szervezeteiből mindössze hét vállalkozás alkalmazza ezt a megújuló energiaforrást, amit hat vállalkozás hőtermelésre-fűtésre, egy vállalkozás pedig villamos energiatermelésre fordít. A biomassza alkalmazásának kezdeti éve tekintetében, az évszámot megjelölő hat válaszadó 1950, 1985, 1997, 1999, 2002 és 2003 dátumokat adott meg. **Biogázt** a 184 válaszadóból összesen egy vállalkozás alkalmaz 2009 óta. A megújuló energiaforrást villamos energia előállítására fordítja. A **biodízelt** is a mintegy 183 válaszadóból szintén egyetlen vállalkozás alkalmaz 2009 óta. A megújuló energiaforrást üzemanyag célra használja fel. A **bioetanolt** a 181 válaszadóból egyetlen gazdálkodó szervezet sem jelölte be, mint alkalmazott megújuló energiaforrást.

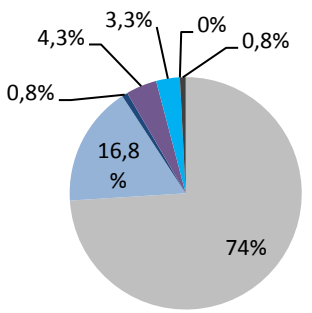
A **fapellet** esetében már – a fent tárgyalt megújuló energiaforrásokhoz képest – számottevőbb azok száma, akik energiaigényük egészének vagy egy részének fedezésére ezt az energiahordozót alkalmazzák. A szintén 181 válaszadó 2,8%-a, azaz 5 gazdálkodó szervezet alkalmazza energiafelhasználása során. A fapellet használatának kezdeti éve tekintetében, az évszámot megjelölő három válaszadó 1997, 1998, illetve 2009 óta alkalmazza. A **biobrikett** tekintetében a fapellethez hasonló arányok állapíthatók meg, azaz a 181 válaszadó gazdálkodó szervezet közül mindössze négy vállalkozás alkalmazza fűtési célú hőtermelésre. Az alkalmazás kezdeti évét egyetlen válaszadó jelölte meg, aki 2009-ben vezette be ezt az energiahordozót. A **szalmabála** vonatkozásában magasabb értékek voltak prognosztizálhatók, tekintettel arra, hogy e megújuló energiaforrás szinte korlátlan mennyiségben áll rendelkezésre a régió és egyben az ország hasonló intenzív szántóföldi tevékenység alatt álló alföldi területein. Magasabb értékeket tett elvárhatóvá az az adat is, mely szerint a gabona és egyéb szántóföldi

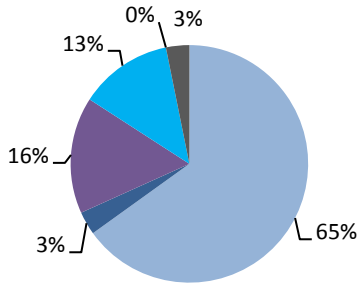
növénytermesztést a válaszadók 29,4%-a a főtevékenységek, 20,2% pedig a melléktevékenységek között jelölte be. Ennek ellenére a szalmát, a régióban tevékenykedő, és e kérdésre választ adó 180 agrárvállalkozás közül csak 2,8%, azaz 5 vállalkozás alkalmazza hőtermelésre-fűtésre. A megújuló energiahordozó hasznosításának kezdeti éve az öt vállalkozásnál 1999, 2006, 2008, 2009 és 2010-es év.

Geotermikus energiát (termálvizes hordozó közeggel) és **földhőt** (hőszivattyús rendszerrel) a 179, valamint 177 válaszadóból senki sem alkalmaz energiaigényének fedezésére. Az eredmény azért is meglepő, mert a régióban agrárgazdasági célra közel 50 kutat használnak napjainkban is. Az empirikus vizsgálatok során készített interjúk ellenben azt támasztják alá, hogy a termálkút paraméterekkel (30°C feletti kifolyóvíz hőmérséklet) rendelkező, kúttulajdonos gazdálkodó szervezetek többnyire nem hőtermelésre használják az energiahordozó termálvizet, hanem egyéb technológiai vízszükségletek fedezésére például állatitatásban, permetező oldatok hígítására vagy mosóvíznek. A termálvíz – állatitatási célú alkalmazása a víz hőfoka miatt nem a legalkalmasabb, mivel a vizet a felhasználás előtt hűteni kell, azaz hőtartalma hasznosítás nélkül vész el.

3. táblázat: A beruházás megvalósításához használt források aránya az agrárgazdaságban tevékenykedő gazdálkodó szervezetek körében

Amennyiben használ megújuló energiaforrást a beruházást milyen forrásból valósította meg?:	
243 db válaszadóból	
forrás	**a válaszadók %-ában**
nem használ megújuló energiaforrást	74
saját forrás	16,8
hazai forrás	0,8
EU-s forrás	4,3
bankhitel	3,3
támogatott bankhitel	0
egyéb forrás	0,8
Ebből a megújuló energiaforrást használók beruházási forrásainak megoszlása	
forrás	**a válaszadók száma**
saját forrás	41
hazai forrás	2
EU-s forrás	10
bankhitel	8
támogatott bankhitel	0
egyéb forrás	2





A **napenergiát**, mint a legkönnyebben, és az ország szinte minden területén elérhető megújuló energiaforrást a 180 válaszadó 1,7%-a alkalmazza energiaigényének biztosítására vagy kiegészítésére. A három gazdálkodó szervezet egyike villamos energia előállítására, egy pedig hőtermelésre használja fel. A felhasználás kezdeti évét csak két vállalkozás adta meg, 2008-at és a 2010-es évet jelölve meg. **Szélenergiát** és **vízenergiát** egyetlen megkérdezett vállalkozás sem alkalmaz. A vízenergia tekintetében ez érthető is, hiszen a kizárólag alföldi tájakon fekvő Észak-alföldi régió adottságai nem kedveznek e megújuló energiaforrás előállításának. A szélenergia viszonylatában a régió nincsen olyan kedvező helyzetben, mint általában a tengerparti országok, így kevésbé alkalmas nagy kapacitású szélerőmű-parkok telepítésére, ellenben kisebb teljesítményű és méretű berendezésekkel mezőgazdasági üzemek, illetve kistelepülési igények kielégíthetők. A mezőgazdasági telephelyekre építés nem vesz el értékes termőterületeket, közvetlenül a fogyasztóra települ, továbbá lehetőséget ad a villamos energia és CO^2 kereskedelemre, növelve ezzel bevételi lehetőségeket.

A megújuló energiaforrást alkalmazó gazdálkodó szervezetek körében lekérdezésre került a **beruházások megvalósításának pénzügyi háttere**. A vállalkozások 26%-a használ megújuló energiaforrást, azaz 63 gazdálkodó szervezet. Az alternatív energetikai beruházásaik során a saját forrást alkalmazók aránya 65%, melyeket az Európai Uniós forrást igénybe vevők, valamint a bankhitelt felhasználók követnek 16 és 13 százalékkal. Hazai illetve egyéb forrás a vállalkozások mindössze 2-2 százalékának állt rendelkezésére *(3. táblázat)*.

7.6 Megújuló energiaforrás tervezése

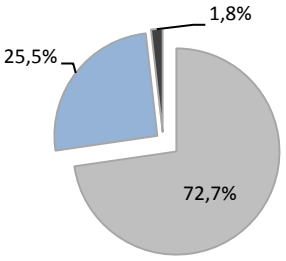
A megújuló energia beruházások tervezése, további megújuló energiaforrások alkalmazása, illetve a már működő kapacitások bővítésének szándéka tekintetében a 234 válaszadó 27,8%-a tervezi alternatív energiahordozók használatát, a többi 72,8% nem gondolkodik ilyen jellegű fejlesztésekben. Az előző kérdéshez kapcsolódóan a megkérdezetteknek, a jövőben alkalmazni kívánt megújuló energiaforrás tekintetében nyilatkozniuk kellett, hogy terveik között mely energiaforrások szerepelnek.

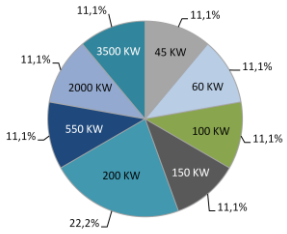
A **biomasszát** az 55 válaszadóból tizennégyen szándékoznak megújuló energiaforrásként alkalmazni, akik közül kilencen adták meg a beépíteni kívánt teljesítményt, amit 45 és 3500 KW közötti méretűre terveznek *(4. táblázat)*. **Biogázt** az 50 válaszadó 14%-a, azaz hét vállalkozás tervez a jövőben alkalmazni, melyek közül hőtermelésre és üzemanyag előállításra egy-egy vállalkozás kívánja felhasználni, öt pedig villamos energia előállítását tervezi. Beépített teljesítményt egy válaszadó jelölte meg 500 KW-ban.

A megújuló energiaforrások közül **biodízelt** az 50 válaszadó 22%-a, azaz 11 vállalkozás kíván alkalmazni a jövőben üzemanyag célra, egyikük 300 KW-os teljesítmény beépítésével számol. **Bioetanol** gyártását a 48 válaszadóból három vállalkozás (6,3%) tervez előállítani, üzemanyag célú felhasználás érdekében.

4. táblázat: A biomassza alkalmazását a jövőben tervezők aránya az agrárgazdaságban tevékenykedő gazdálkodó szervezetek körében

Tervei szerint milyen célra használná az alábbi megújuló energiaforrást?	
BIOMASSZA	
55 db válaszadóból	
felhasználás cél	**a válaszadók %-ában**
nem tervezzük	72,7
hőtermelésre - fűtésre	25,5
villamos energiatermelésre	1,8
Mekkora teljesítményt kíván beépíteni (KW)?	
9 db válaszadóból	
beépíteni kívánt teljesítmény (KW)	**a válaszadók %-ában**
45	11,1
60	11,1
100	11,1
150	11,1
200	22,2
550	11,1
2000	11,1
3500	11,1





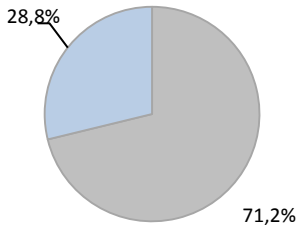
Fapelletet a 47 válaszadó 8,5%-a, mindössze négy vállalkozás tervez a jövőben megújuló energiaforrásként alkalmazni. Beépíteni kívánt teljesítményt két vállalkozás jelölt meg, amely az egyik esetben 40 KW, a másikban 150 KW tervezett teljesítményt jelentett. A felhasználási cél minden esetben hőtermelés-fűtés. **Biobrikett** előállításával a 49 válaszadó 16,3%-a szándékozik a jövőben foglalkozni. Hat vállalkozás hőtermelésre-fűtésre, míg kettő villamos energiatermelésre kívánja felhasználni. Hasonlóan a fapellethez, két gazdálkodó szervezet jelölt meg beépíteni kívánt teljesítményt, e szerint az egyik 40 KW-os, a másik 150 KW-os teljesítményt kíván beépíteni. A fapellettel teljesen megegyező beépíteni kívánt teljesítmények alapján feltételezhetően ugyanarról a két vállalkozásról van szó.

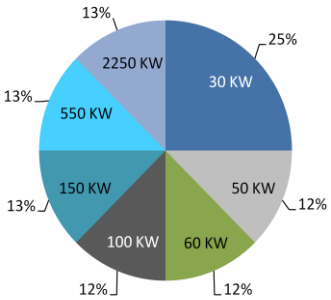
Szalmabála alkalmazását az 52 válaszadó kiemelkedő, 28,8%-a azaz 15 gazdálkodó szervezet tervez megújuló energia előállítására fordítani. Abban a tekintetben ez érthető is, hogy a régió nagy részére jellemző hagyományos szántóföldi gazdálkodás során ez a másodlagos nyersanyag áll rendelkezésre legnagyobb mennyiségben. A válaszadók gazdasági fő- ill. melléktevékenységére vonatkozó kérdés eredményei alapján a legtöbb vállalkozás tevékenysége is prognosztizálja e nyersanyag rendelkezésre állását. A 15 vállalkozás – amelyik

szalmabálában gondolkodik – mindegyike hőtermelési céllal tervezi a beruházását, igen eltérő teljesítményekkel *(5. táblázat)*.

5. táblázat: Szalmabála energetikai célú hasznosítását tervezők aránya az agrárgazdaságban tevékenykedő gazdálkodó szervezetek körében

Tervei szerint milyen célra használná az alábbi megújuló energiaforrást?	
SZALMABÁLA	
52 db válaszadóból	
felhasználás cél	**a válaszadók %-ában**
nem tervezzük	71,2
hőtermelésre - fűtésre	28,8
Mekkora teljesítményt kíván beépíteni (KW)?	
8 db válaszadóból	
beépíteni kívánt teljesítmény (KW)	**a válaszadók %-ában**
30	25
50	12,5
60	12,5
100	12,5
150	12,5
550	12,5
2250	12,5





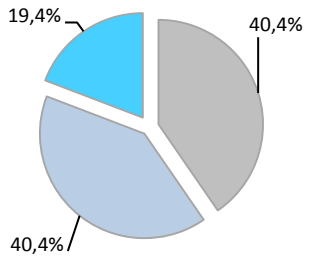
Geotermikus energia hasznosításában a 49 válaszadó 8,2%-a gondolkodik, ami összesen négy gazdálkodó szervezetet jelent. Közülük mindössze egy nyilatkozott a tervezett teljesítmény vonatkozásában, ami 500 KW-os beépített erőforrást jelent. Ez a régióra jellemző viszonylag magas, még ma is agrárgazdasági célra hasznosított termálkutak vonatkozásában nagyon alacsony érték. A Kárpát-medencére jellemző alacsony entalpiájú hévizeknek megfelelően minden, geotermikus energiát hasznosítani tervező vállalkozás, az energiaforrást hőtermelésre akarja felhasználni. **Földhőt**, vagyis hőszivattyú alkalmazását a 49 válaszadó 8,2%-a, azaz négy vállalkozás tervez energia szükségleteinek kielégítésére fordítani. A négy válaszadóból ketten jelölték meg a beépíteni kívánt teljesítményt 100 KW-ban, illetve 750 KW-ban meghatározva azt.

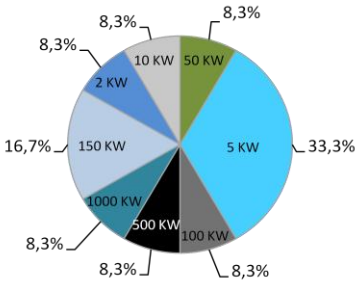
Napenergia vonatkozásában – különösképpen a többi megújuló energiaforráshoz képest – már jelentősebb azon vállalkozások száma, amelyek tervei között szerepel ennek az energianyerési lehetőségnek a jövőbeni használata. E szerint a kérdésre válaszoló 57 gazdálkodó szervezet 60%-a gondolkodik napenergiában. A 34 vállalkozás kétharmada hőtermelésre-fűtésre kívánja a jövőben alkalmazni, míg egyharmada villamos energiatermelésre. A beépíteni kívánt teljesítmény részkérdésre 12 vállalkozás válaszolt, melyek egyharmada

kisebb, 5 KW-os teljesítményben gondolkodik, két vállalkozás jelentősen nagyobb 150 KW-os összteljesítményt szándékozik megépíteni. A válaszadók fele 2 és 1000 KW közötti rendszereket tervez a jövőben létrehozni *(6. táblázat)*.

6. táblázat: Napenergia hasznosítását tervezők aránya az agrárgazdaságban tevékenykedő gazdálkodó szervezetek körében

Tervei szerint milyen célra használná az alábbi megújuló energiaforrást?	
NAPENERGIA	
57 db válaszadóból	
felhasználás cél	**a válaszadók %-ában**
nem tervezzük	40,4
hőtermelésre - fűtésre	40,4
villamos energiatermelésre	19,2
Mekkora teljesítményt kíván beépíteni (KW)?	
12 db válaszadóból	
beépíteni kívánt teljesítmény (KW)	**a válaszadók %-ában**
2	8,3
5	33,3
10	8,3
50	8,3
100	8,3
150	16,7
500	8,3
1000	8,3



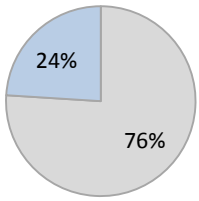


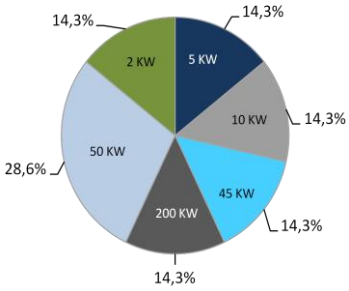
A **szélenergiát** az 50 válaszadó 24%-a tervez energiaszükségleteinek fedezésére alkalmazni, mely arány 12 vállalkozást takar. A 12 vállalkozás közül heten tudták megmondani a beépíteni szándékozott teljesítményt. Közülük ketten 50 KW-os beruházást terveznek, míg a többi öt válaszadó 2 és 200 KW közötti összteljesítményű turbinakapacitást kíván megvalósítani *(7. táblázat)*.

A **vízenergia** hasznosítását az Észak-alföldi régió agrárgazdasági tevékenységet folytató gazdálkodó szervezetei közül egy sem tervezi, ami a korábban már említett gyenge adottságok fényében érthető reakció.

7. táblázat: Szélenergia hasznosítását tervezők aránya az agrárgazdaságban tevékenykedő gazdálkodó szervezetek körében

Tervei szerint milyen célra használná az alábbi megújuló energiaforrást?	
SZÉLENERGIA	
50 db válaszadóból	
felhasználás cél	**a válaszadók %-ában**
nem tervezzük	76
villamos energiatermelésre	24
Mekkora teljesítményt kíván beépíteni (KW)?	
7 db válaszadóból	
beépíteni kívánt teljesítmény (KW)	**a válaszadók %-ában**
2	14,3
5	14,3
10	14,3
45	14,3
50	28,6
200	14,3





Azon vállalkozások, amelyek a jövőben szándékoznak alternatív energiaforrásokat alkalmazni, **a beruházás megvalósításának időpontjára** vonatkozóan az alábbi válaszokat adták: az 52 válaszadó közel 30%-a, az építkezést 2011-ben tervezi megvalósítani, több mint 21 százalékuk 2012-ben, valamint 13,5 százalékuk pedig 2015-ben. Jelentős volt azok aránya is (23%), akiknél már a kérdőívezés évében megkezdődtek a munkálatok. A többi válaszadó 5,8%-a 2013-ban, míg 2%-a 2020-ban valósítja meg terveit.

A tervezett beruházás megvalósításához felhasználni kívánt források tekintetében a válaszadók többsége Európai Uniós forrás felhasználásával tervezi beruházásának megvalósítását, majd ezt követik azok, akik saját forrást használnak fel. A vállalkozások 18,9%-a hazai forrást, 14,9% támogatott bankhitelt, 1,4% pedig egyéb pénzügyi forrás bevonását tervezi megújuló energia beruházásainak végrehajtásához *(8. táblázat)*.

Azon vállalkozások, akik elzárkóztak a megújuló energiaforrások alkalmazásától, ennek okait a következőkben jelölték meg. A nagyszámú, 162 válaszadó közel 68%-a, a szükséges források hiányát említette, 8,6% szkeptikus volt a megújuló energiaforrásokkal szemben, 9,9%-nak pedig nincsenek ismeretei a témával kapcsolatban. Jelentős volt azok aránya is (13,6%), akik egyéb – a felkínált választási lehetőségeken túli – okokra hivatkoztak.

8. táblázat: A megújuló energia beruházás megvalósításához felhasználni tervezett források aránya az agrárgazdasági vállalkozások körében

Milyen forrásból tervezi megvalósítania beruházást?		
74 db válaszadóból		
forrás	**válaszadó**	**a válaszadók %-ában**
EU-s forrás	48	64,9
saját forrás	36	48,6
hazai forrás	14	18,9
támogatott bankhitel	11	14,9
bankhitel	6	8,1
egyéb forrás	1	1,4

7.7 Beruházási feltételek

Az agrárgazdaságban tevékenykedő gazdálkodó szervezetek, ahhoz hogy megújuló energiát alkalmazzanak, vagyis ilyen célú beruházásokat valósítsanak meg, az alábbi feltételek teljesülését várják el. (Pontosabban azok a válaszadók, akik elzárkóznak a megújuló energiahordozók alkalmazásától, milyen feltételek mellett használnák mégis.) A legtöbb, 186 válaszadó **a beruházás megtérülési idejét** nevezte meg feltételként, több mint 60%-a öt éven belüli, 35%-a tíz éven belüli, míg 3,2%-a 15 éven belüli megtérülést tartana elfogadhatónak. A második legjelentősebb feltételként – amit 183 agrárvállalkozás jelölt meg – a **támogatási intenzitás mértékét** emelték ki. E szerint a vállalkozások egyharmada 90% feletti támogatási intenzitás esetén vágna bele megújuló energetikai projektekbe, 38,3 százalékuk a beruházás 70%-os külső finanszírozásánál megkezdené a beruházást, míg 26,2% már 50%-al is vállalhatónak tartja. Az eredmények azt mutatták, hogy nagyon kevesen gondolkodnak alternatív energetikai beruházásban 30%-os támogatási intenzitás (a válaszadók 1,6%-a), valamint 10%-os dotáció (a válaszadók 0,5%-a) mellett. Az agrárvállalkozások közül 160 már akkor is fontolóra venné fosszilis energiaforrásának kiváltását, ha egyáltalán valamilyen szubvenciót igénybe lehetne venni a zöldenergia beruházás során.

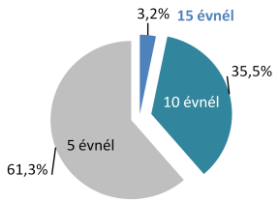
Jelentős számú vállalkozásnál (83, ill. 80 vállalkozás) volt fontos szempont a megújuló energiahordozókkal kapcsolatos ismeretterjesztés hatékonyságának növelése, valamint a saját célra fel nem használt energia hatósági átvételének lehetősége *(9. táblázat)*.

A vállalkozások működési eredményessége a 2008-as évben az alábbiak szerint alakult. (A kérdés konkrétumokra nem kérdezett, a válasszal szembeni elvárás mindössze annyi volt, hogy a vállalkozás nyereséges, veszteséges vagy nullszaldós volt e.) A 231 válaszadó 7,4%-a ennek ellenére nem kívánt a kérdésre válaszolni, nagy többsége, 74,5 százaléka nyereséges, 10% veszteséges, 8,2% pedig nullszaldós volt a kérdéses évben.

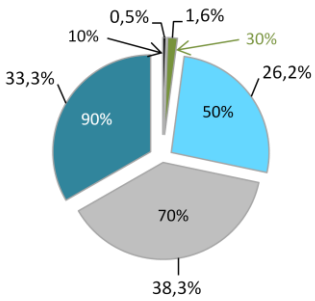
9. táblázat: A megújuló energiaforrások alkalmazásának feltételei az agrárvállalkozások körében

Az alábbi esetben fontolóra veszem a jelenleg alkalmazott fosszilis energiaforrás/ok kiváltását megújuló energiaforrásra:	
okok	**a válaszadók száma**
ha több információm, ismeretem lenne a témáról	83
ha támogatási forrást lehetne igénybe venni rá	160
ha a telephelyen fel nem használt energiát átvennék	80
ha a beruházás megtérülési ideje nem lenne több ... évnél	186
ha a támogatási intenzitás minimum…% lenne	183

186 db válaszadóból	
válasz (év)	**a válaszadók %-ában**
Fontolóra veszem a jelenleg alkalmazott fosszilis energiaforrás/ok kiváltását megújuló energiaforrásra: ha a beruházás megtérülési ideje nem lenne több…	
15 évnél	3,2
10 évnél	35,5
5 évnél	61,3



183 db válaszadóból	
válasz (%)	**a válaszadók %-ában**
Fontolóra veszem a jelenleg alkalmazott fosszilis energiaforrás/ok kiváltását megújuló energiaforrásra: ha a támogatási intenzitás minimum…% lenne	
10%	0,5
30%	1,6
50%	26,2
70%	38,3
90%	33,3



6.7.1. Megújuló energetikai beruházások közösségi támogatási lehetőségei az elmúlt években

A beruházási feltételek vizsgálatánál a támogatások, valamint annak intenzitása kapcsán megvizsgáltam, hogy a különböző kormányok által hirdetett programokban szerepelt e a megújuló energia beruházások fontossága, valamint azok támogatása. Továbbá e tervekhez milyen támogatási források voltak hozzárendelve, mekkora volt ezek mértéke, milyen volt az elosztás gyakorlata, kik voltak a kedvezményezettek.

Az Európai Uniós csatlakozás óta született Nemzeti Fejlesztési Terven (NFT) és Új Magyarország Fejlesztési Terven (ÚMFT) át az Új Széchenyi Tervig

mindegyik fejlesztési terv céljai között szerepel a megújuló energiaforrások kihasználásának és az ország energiaellátásában való részarányának növelése.
A hazai és Európai Uniós támogatások területi megoszlása tekintetében az Észak-alföldi régióban mintegy 1349 milliárd forintot használtak fel a 2004-2011 közötti időszakban. Ebből környezetvédelemre és környezetvédelmi infrastruktúra fejlesztésre mindössze 10 milliárdot fordítottak. A **NFT-ben** a 2004-2007 időszakban Agrár- és Vidékfejlesztés Operatív Programban (AVOP) közel 65 milliárd forintot, míg a Környezetvédelem és Infrastruktúra Operatív Programban (KEOP) valamivel több mint 21 milliárd forintot. Az NFT keretén belül az Észak-alföldi régióban, agrárgazdasági területen egyik operatív programban sem volt sikeres geotermikus energiahasznosítási pályázat. Az **Új Magyarország Fejlesztési Terv** 2007-2011 közötti időszakában a Környezet és Energia Operatív Program (KEOP) keretében mintegy 185,7 milliárd forintot fordítottak környezetvédelmi és megújuló energiahasznosítási fejlesztésekre. Hangsúlyt fektettek a környezeti és energetikai fejlesztésekre, kiemelve az energiahatékonyságra és -takarékosságra való törekvést, a megújuló energia termelés és használat ösztönzésének szükségességét. Célul tűzték ki, a megújuló energiahordozó felhasználás növelését, valamint térségi rendszerekbe szervezett, közösségi hasznosítási lehetőségeinek megteremtését. Az ÚMFT-n belül a KEOP-ban kilenc támogatott geotermikus és hőszivattyús projekt valósult meg az Észak-alföldi régió területén, azonban a kizáró okok miatt ezek közül egy sem mezőgazdasági.

Az **Új Széchenyi Terv** 2. kitörési pontja a zöldgazdaság-fejlesztés (Környezet és Energia Operatív Program) keretében fektet hangsúlyt a megújuló energiaforrásokra, azonban ezekből a pályázati alprogramokból az agrárgazdasági szereplők (mezőgazdasági szövetkezetek) ki vannak zárva. A KEOP Horizontális célkitűzéseiben a természeti erőforrások fenntartható használatát, figyelembe véve a természeti körfolyamatokat; előnyben részesíti az energiatakarékos megoldásokat a klímatudatosság érdekében különösen a passzív energiatakarékosságot; valamint a megújuló energiaforrásokat tudatosan alkalmazó fejlesztéseket. Elsősorban, a megújuló energia alapú villamosenergia termelést támogatja.

A **Nemzeti Stratégiai Referenciakeret (NRSK)** célkitűzései a Környezeti és energetikai fejlesztés prioritáson belül a Környezetbarát energetikai fejlesztéseket; a megújuló energiaforrások növelését és hatékonyabb energia felhasználást; megújuló energiával történő, helyi jellegű energiatermelés kisléptékű beruházásait és korszerűsítését, valamint energiatakarékos termelési technológiák meghonosítását, továbbá helyi primer energiát felhasználó rendszerek fejlesztését szorgalmazza. Prioritási tengelyei: a megújuló energiaforrás-felhasználás növelése prioritási tengely. Támogatást a Regionális Fejlesztési Alap nyújt hozzá a Konvergencia célkitűzés elérése érdekében. Jogosult az Észak-alföldi régió is. A tervezett művelettípusok indikatív listája szerint a geotermikus hő és/vagy villamosenergia termelést támogatja (és kiemelten kezeli a visszasajtolásos technológiákat); végül támogatja a hőszivattyús rendszerek telepítését.

Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terve (2010-2020) a jó hatásfokkal és gazdaságosan alkalmazható megújuló energiaforrások

között említi a geotermikus energiát, valamint a hőszivattyúkat. Terjedésének legjelentősebb korlátozó tényezőjeként a finanszírozás biztosítását tartva. A Cselekvési Terv a fejlesztési célok elérésének eszközeként a KEOP-ot emeli ki, ahol a „megújuló energiaforrás-felhasználás növelése" prioritási tengely céljaira 253 millió euró áll rendelkezésre. Geotermikus energia hasznosítása a KEOP-2010-4.7.0, a 4.4, a 2009-5.2.0/B, valamint a 2009-5.3.0/B források támogatási tevékenységei között szerepel. A KEOP keretében nincsen külön preferált technológia. Az Új Magyarország Vidékfejlesztési Program (ÚMVP) kedvezményezettjei a mezőgazdasági termelők, valamint egyes vidéki térségek. A támogatható tevékenységek között egyaránt szerepel nagy mélységű termálvizes rendszerek kialakítása, meglévő rendszerek bővítése, többlépcsőssé alakítása, új kút fúrása, meglévő kút vízkúttá alakítása, felújítása, hőellátó rendszer kialakítása, kísérőgáz energetikai hasznosítása, vízelhelyező rendszer kialakítása és új fogyasztók kaszkád rendszerbe történő bekapcsolása. A Cselekvési terv 2013 utáni időszakra vonatkozóan a pályázati rendszerben önálló energetikai operatív program elindítását vetíti előre.

Az **Agrár- és Vidékfejlesztési Operatív Program** (AVOP) "A mezőgazdasági és erdészeti ágazatok versenyképességének javítása" tengelyen belül "A mezőgazdasági energiafelhasználás megújuló energiaforrásokból történő előállításához" pályázati programban, az Észak-Alföldön nem volt nyertes pályázat 2007-2012 között, sőt még pályázati kérelmet sem adtak be.

Az AVOP pályázatok 2004-2010 közötti időszakra vonatkozó eredményei szerint a "Vidéki térségek fejlesztése" – "Mezőgazdasághoz kötődő infrastruktúra fejlesztése" – "Mezőgazdasági vállalkozások korszerű energiaellátásának kialakítása/fejlesztése, elsősorban a megújuló energia használat fejlesztése mezőgazdasági üzemek által" program támogatási intenzitása általános esetben maximum 75%, egyébként különböző feltételek fennállása esetén 50-65% közötti. A maximálisan elnyerhető összeg 60 millió forint.

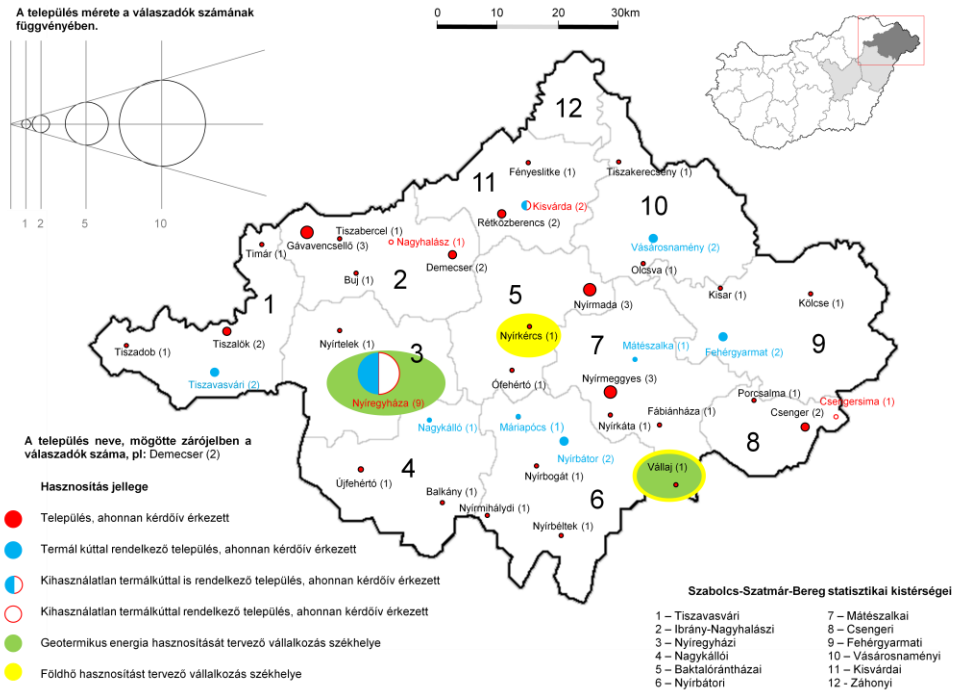
A programon belül országosan a beadott 47 pályázatból 21 jutott el a támogatásig. Támogatási igényük 358,5 millió forint volt, az összes beruházási költség pedig 772,3 millió forint, ami átlagosan 46%-os támogatási intenzitást jelent. A 47 pályázat közül, az Észak-alföldi régióból mindössze öt támogatási igény érkezett, melyből négy volt sikeres. A négy pályázó támogatási igénye 85 millió forintot tett ki, melynek összes beruházási költsége 163,3 millió forint volt. Így az átlagos támogatási intenzitás 52%-ot ért el. A négy pályázó mindegyike Hajdú-Bihar megyéből került ki *(NFÜ, 2012; VÁTI, 2012).*

7.8 A jelenlegi és tervezett geotermikus energiahasznosítás területi elhelyezkedése

A lenti összehasonlítások célja annak megállapítása, hogy a kérdőívet visszaküldő gazdálkodó szervezetek székhelyei közül alapvetően melyeken található termálkút, ezek üzemelő, vagy nem üzemelő létesítmények. A kérdőívet visszaküldő vállalkozások székhelyei, illetve a termálkúttal, valamint nem hasznosított termálkúttal rendelkező települések egymáshoz viszonyított kapcsolatát vizsgáltam

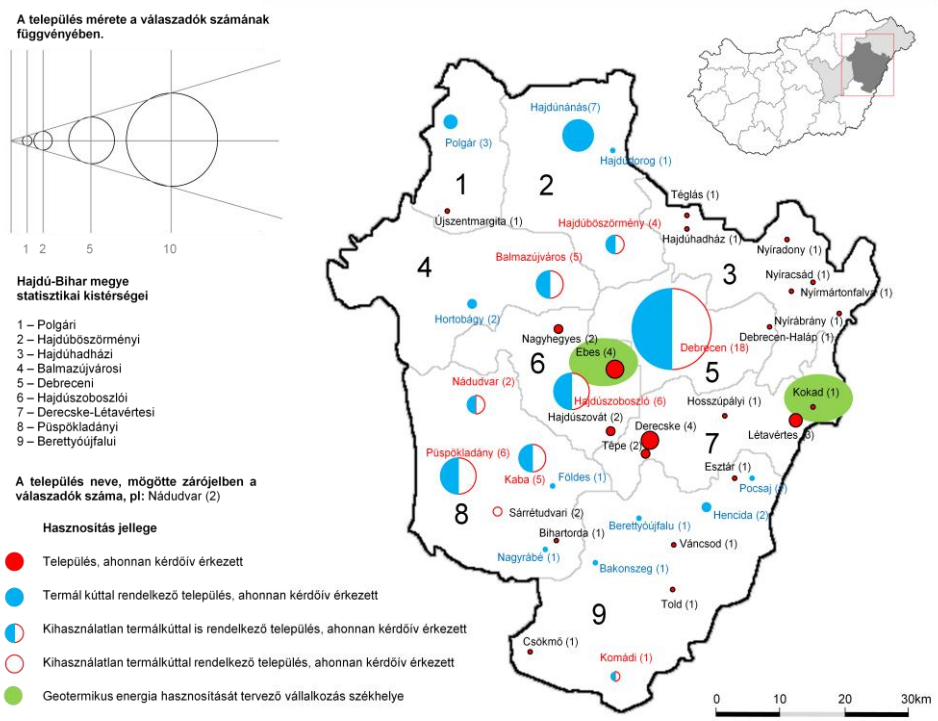
meg. A vizsgálatok során meghatározásra kerültek azok a települések, ahonnan a vállalkozások kérdőívet küldtek vissza, továbbá ezeken belül kiszűrésre kerültek azok, amelyek rendelkeznek működő, illetve használaton kívüli termálkúttal. A válaszok alapján kiemelésre kerültek azok a települések is, ahol a vállalkozások hasznosítanak geotermikus energiát, illetve tervezik annak alkalmazását. Megyék szerinti bontásban az alábbi eredmények születtek.

Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében 39 településről küldtek vissza a gazdálkodó szervezetek kérdőívet, melyek közül 11 település rendelkezik termálkúttal. A 11 településből kilencben van működő termálkút, valamint négy település rendelkezik nem üzemelő, lezárt, vagy eltömött létesítménnyel. Két településnek csak lezárt kútja van, hétben pedig csak működő kutak találhatóak. A megyében nem volt geotermikus energiát hasznosító gazdálkodó szervezet, ellenben a fenti megújuló energiahordozó használatát a jövőben hárman tervezik, egy vállaji vállalkozás mind a termálvizes hordozó közeggel, mind pedig hőszivattyús megoldással számol. Egy nyíregyházi gazdálkodó szervezet termálvizes megoldást tervez, egy nyírkércsi pedig hőszivattyús rendszerben gondolkodik *(37. ábra)*. Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében, a vállalkozások székhely szerinti településein, összesen 29 termálkút áll, melyek közül 5-öt nem hasznosítanak.



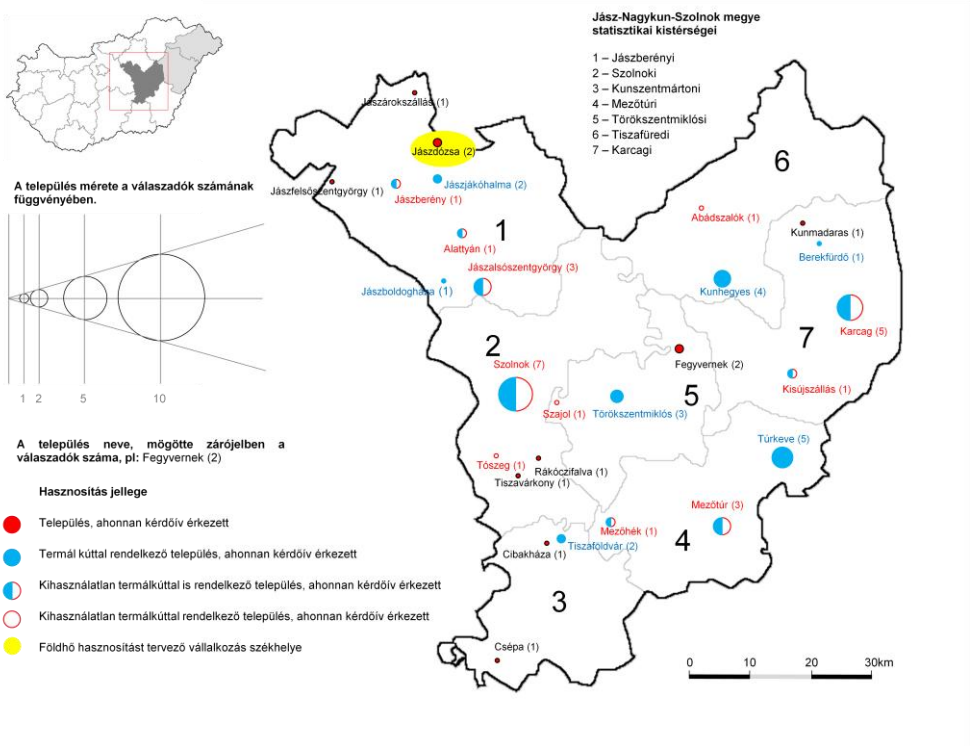
37. ábra: Szabolcs-Szatmár-Bereg megye területéről visszaérkezett kérdőívek települési megoszlása, kiemelten a termál kúttal rendelkező településeket

Hajdú-Bihar megyében 40 településről érkezett vissza kérdőív, amelyek közül 19 rendelkezik termálkúttal. A 19 településből 18-ban van működő termálkút, 9 településen vannak lezárt létesítmények is, valamint tíz településen csak működő kutak találhatók. Sárrétudvari csak lezárt kúttal rendelkezik. A válaszadók közül Hajdú-Biharban sincsen geotermikus energiát hasznosító agrárgazdasági vállalkozás, a jövőben pedig csak egy kokadi és egy ebesi gazdálkodó szervezet tervezi termálvizes hordozó közeges megoldás alkalmazását energiaigényének fedezésére *(38. ábra)*. Hajdú-Bihar megyében a székhely szerinti településeken 76 termálkút található, melyek közül 29 került az évek alatt lezárásra.



38. ábra: Hajdú-Bihar megye területéről visszaérkezett kérdőívek települési megoszlása, kiemelten a termál kúttal rendelkező településeket

Jász-Nagykun-Szolnok megyében 27 településről érkezett kitöltött kérdőív, amelyek közül 18 település rendelkezik termálkúttal. A 18 településből 15 településen van működő termálkút, 11-ben pedig lezárt létesítmény is található. Három településen csak lezárt kutak vannak, hétben pedig csak működő létesítmények állnak. A válaszadók között nem volt olyan, aki jelenleg geotermikus energiát hasznosítana, továbbá a jövőben is csak egy, jászdózsai gazdálkodó szervezet tervezi hőszivattyús rendszer megvalósítását *(39. ábra)*. Jász-Nagykun-Szolnok megyében 96 kút áll, melyből 22 van használaton kívül.



39. ábra: Jász-Nagykun-Szolnok megye területéről visszaérkezett kérdőívek települési megoszlása, kiemelten a termál kúttal rendelkező településeket

7.9 Következtetések

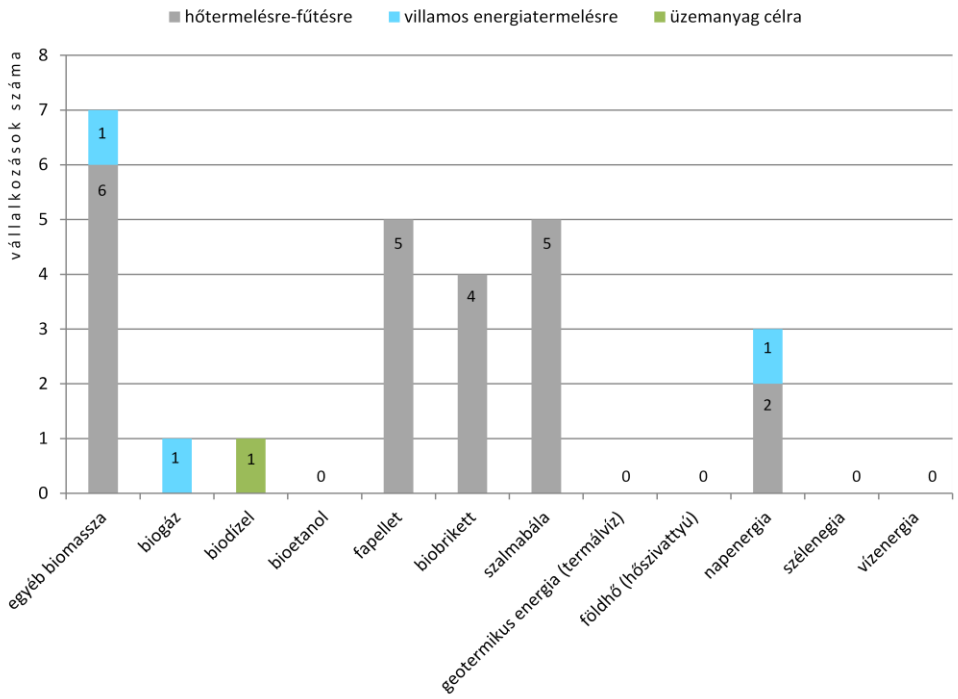
Az Észak-alföldi régióban, agrárgazdasági tevékenységet folytató gazdálkodó szervezetek körében végzett kérdőíves felmérés eredményeit összefoglalva megállapítható: hogy az Észak-alföldi régióban tevékenykedő agrárgazdasági tevékenységet folytató gazdálkodó szervezetek 37 fő gazdasági tevékenységet, valamint 50 melléktevékenységet folytatnak. A régió vállalkozásainak fő tevékenységei közül 24 olyan van, amely során a geotermikus energia, mint közvetlen hőenergia hasznosítható. Ez a választható fő tevékenységek 65%-át képviseli, mely tevékenységeket a vállalkozások 43%-a, azaz 87 vállalkozás fő tevékenységként folytat. A Lindal-diagram hasznosítási területei alapján 21 tevékenységhez használható fel a termálvíz közvetlen hőenergiája, ami a fő tevékenységek 57%-át jelenti. Ilyen tevékenységet folytat a régió 73 vállalkozása, ami a vállalkozások 36%-a *(12. melléklet)*. A vállalkozások a 76-ból 50 melléktevékenységet folytatnak. E melléktevékenységekből 28 során lehet hasznosítani a geotermikus energiát, az elsődleges hőfelhasználáson keresztül. Ez a tevékenységek 52%-ának felel meg, melyet 201 vállalkozás folytat a régióban. A

Lindal-diagram hasznosítási területeit figyelembe véve, 23 tevékenységhez használható fel a termálvíz hőenergiája, ami a melléktevékenységek 46%-át teszi ki. Ezeket a tevékenységeket a régióban 190 gazdálkodó szervezet űzi *(12. melléklet)*.

A gazdálkodó szervezetek 59%-a egy telephellyel, 21%-a kettővel rendelkezik, 9%-a három telephelyen gazdálkodik. Négy telephellyel a vállalkozásoknak mindössze 1%-a rendelkezik, 5 db telephelye van 3%-nak, és végül 7%-a birtokol ötnél több telephelyet. A válaszadók telephelyeinek száma így összesen 455.

A telephelyeken folyó gazdasági tevékenységek mindegyike képes a termálvíz és geotermikus energia hasznosítására. Az agrárgazdaságban tevékenykedő gazdálkodó szervezetek, telephelyeik nagy többségét mezőgazdasági állattenyésztésre, növénytermesztésre, raktározásra terményszárításra, élelmiszer feldolgozásra, továbbá logisztikai, valamint egyéb célokra hasznosítják. A kérdésre választ adók 721 telephelyéből 705-ön a fenti hasznosítási célt valósítják meg. Megújuló energiatermelésre az agrárgazdasági telephelyek közül mindössze egyet hasznosítanak.

A gazdálkodó szervezetek által jelenleg használt geotermikus energia, valamint egyéb megújuló energiaforrás alkalmazása terén megállapítható, hogy a 186 válaszadó mintegy 14%-a, azaz 26 vállalkozás alkalmaz megújuló energiaforrást tevékenységének energiaellátásához, illetve annak részleges fedezése céljából. A legtöbben biomasszát, fapelletet, biobrikettet, szalmabálát, biogázt és biodízelt használnak. Ennek oka, hogy ezen energiahordozók előállításához szükséges alapanyagok a régióban rendelkezésre állnak, az agrárgazdasági tevékenységek során előállíthatók, illetve rendszeresen keletkeznek, mint melléktermék. A biomasszát a hét vállalkozásból hatan hőtermelésre, egy vállalkozás pedig villamos energiatermelésre használja fel. A fapelletet, biobrikettet és szalmabálát kizárólag hőtermelési céllal alkalmazza a 14, ezzel foglalkozó vállalkozás. Egy vállalkozás, amelyik biogázt állít elő, a keletkező energiahordozót villamos energiatermelésre, a biodízelt alkalmazó szintén egy vállalkozás pedig üzemanyag célra termeli azt. A mezőgazdasági másodlagos nyersanyagok adta zöldenergia forrásokon túl a válaszadók egyedül a napenergiát hasznosítják. A három vállalkozás közül egy villamos energia-termelésre, kettő pedig hőtermelésre-fűtésre használja fel. Az Észak-alföldi régió egyetlen agrárgazdaságban tevékenykedő gazdálkodó szervezete sem használ geotermikus energiát (sem termálvizes hordozó közeggel, sem hőszivattyúval), bioetanolt, szélenergiát és vízenergiát energiaszükségleteinek fedezésére *(40. ábra)*.

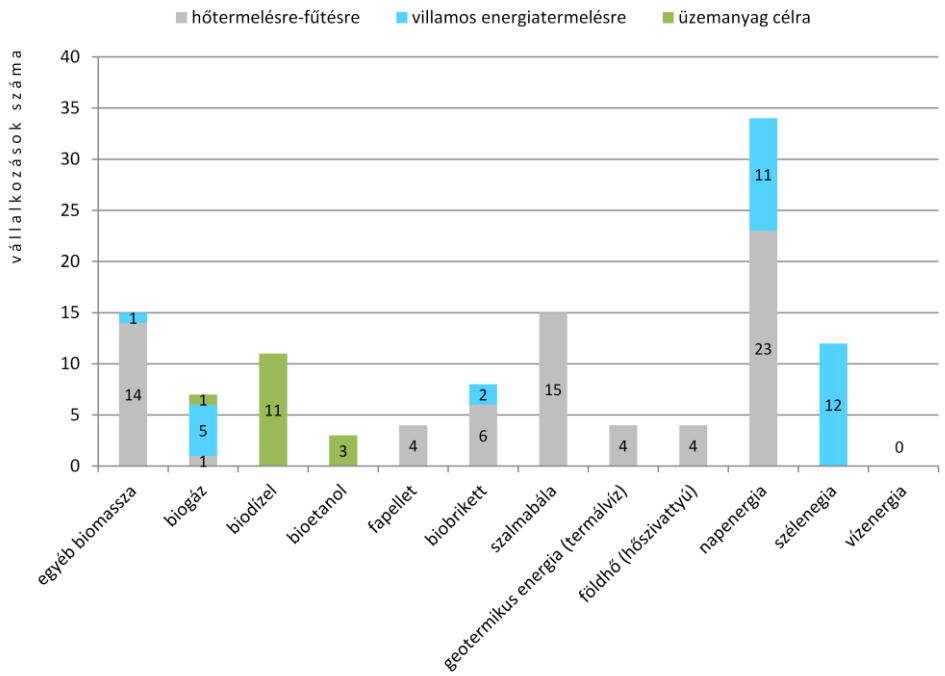


40. ábra: A gazdálkodó szervezetek által használt megújuló energiaforrások egymáshoz viszonyított aránya, valamint azok megoszlása a felhasználási célok között az Észak-alföldi régióban

A megújuló energia beruházások jövőbeli megvalósítása, további megújuló energiaforrások alkalmazása, illetve a már működő kapacitások bővítésének szándéka tekintetében a gazdálkodó szervezetek 27,8%-a tervezi alternatív energiahordozók használatát, a többi 72,8% nem gondolkodik ilyen jellegű fejlesztésekben *(41. ábra)*. A vállalkozások közül 117-en terveznek megújuló energiahordozót alkalmazni. A vállalkozások többsége, mintegy 44 gazdálkodó szervezet napenergia alkalmazását tervezi, közülük 23-an hőtermelésre, 11-en pedig villamos energia előállítására. Tizenöt-tizenöt válaszadó biomassza, illetve szalmabála elégetéséből származó energiát kíván alkalmazni. A biomasszában gondolkodók közül 14-en hőtermelésre-fűtésre, egy vállalkozás pedig villamos energiatermelésre alkalmazná. A szalmabálát kivétel nélkül hőtermelésre-fűtésre szándékoznak felhasználni. Szélenergiát 12 vállalkozás villamos energiatermelésre tervez, biodízel előállítását pedig 11 vállalkozás üzemanyag előállítási céllal. Biobrikettet két vállalkozás villamos energiatermelésre, hat pedig hőtermelésre tervez alkalmazni. A hét biogáz előállításban érdekelt gazdálkodó szervezet többsége, vagyis öt vállalkozás villamos energiát állít elő a jövőben, egy hőtermelésre fordítja majd, egy pedig üzemanyagot tervez előállítani belőle. Geotermikus energia alkalmazását, ahol a termálvíz a hőszállító közeg, négy válaszadó tervez a jövőben energiaigényeinek fedezésére felhasználni, mindezt – a

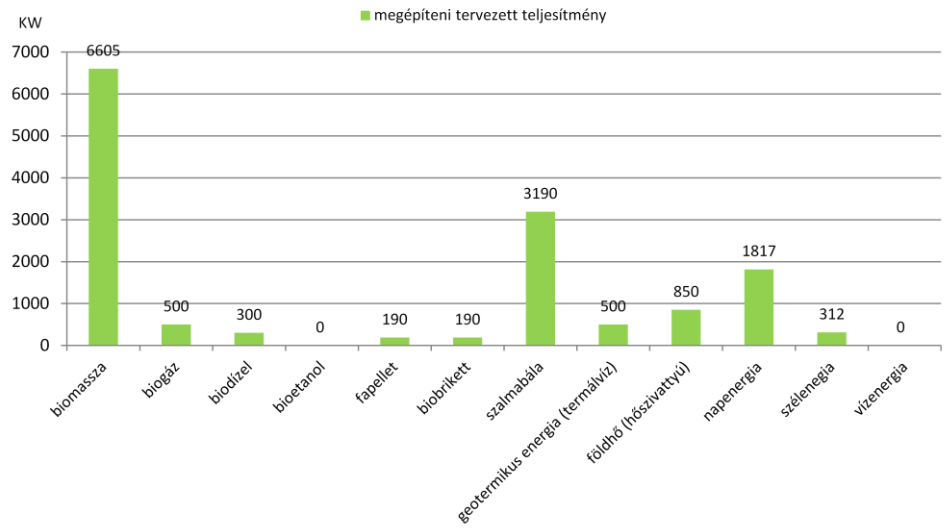
régióra jellemző alacsony entalpiájú hévizeknek megfelelően – hőtermelésre-fűtésre. Hőszivattyús rendszerű földhő-kitermelést szintén négy vállalkozás tervez hasonló céllal. Négy gazdálkodó szervezet tervez fapellet alapú hőtermelést, valamint három vállalkozás törekszik üzemanyag igényeinek fedezését bioetanollal biztosítani.

Amennyiben az összehasonlítást a felhasználási cél szerint értékelem, abban az esetben megállapítható, hogy a 117 vállalkozásból 71 esetben a megújuló energiaforrások alkalmazásának célja a hőtermelés-fűtés, 31 gazdálkodó szervezet villamos energiát tervez alternatív energiahordozókból előállítani, 15 pedig üzemanyag előállításra törekszik *(41. ábra)*.

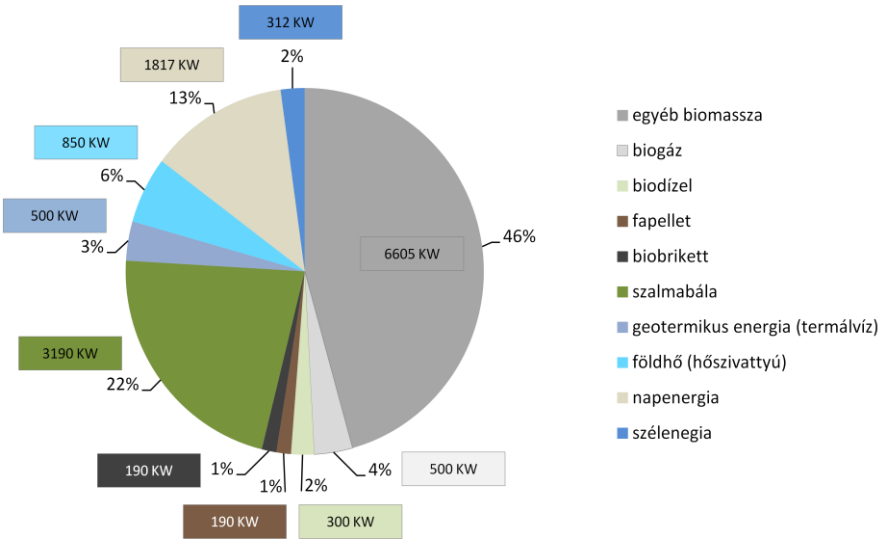


41. ábra: A megújuló energiaforrások alkalmazását a jövőben tervezők száma az agrárgazdaságban tevékenykedő gazdálkodó szervezetek körében az Észak-alföldi régióban

A beruházások méretét vizsgálva megállapítható, hogy a megújuló energiahordozó alkalmazását tervező agrárgazdasági vállalkozások összesen mintegy 14,454 MW összteljesítményű energiatermelő létesítményt kívánnak létrehozni a 2010-2020 közötti évtizedben. Az összteljesítmény 61%-át, azaz 8771 KW-ot hőtermelésre-fűtésre, 26%-át, vagyis 3829 KW-ot villamos energiatermelésre, 13%-át, ami 1853 KW, pedig üzemanyag célra terveznek.



42. ábra: Az agrárgazdaságban tevékenykedő gazdálkodó szervezetek megújuló energia hasznosítását célzó beruházásainak tervezett volumene KW-ban az Észak-alföldi régióban



43. ábra: A vállalkozások által tervezett megújuló energiahordozó beruházások egymáshoz viszonyított aránya a megépíteni tervezett összteljesítmény alapján az Észak-alföldi régióban

A beépíteni kívánt teljesítmény tekintetében az energiahordozók közül kiemelkedik a biomassza 6605 KW-os tervezett teljesítménnyel, ezt követi a szalmabálára alapozott 3190 KW-tal, valamint a napenergia 1817 KW-tal. A többi megújuló

energiahordozó egy nagyságrenddel alacsonyabb tervezett összteljesítménnyel szerepel a vállalkozások terveiben. A termálvízre alapozott geotermikus energia tekintetében 500 KW, a földhő vonatkozásában pedig 850 KW összteljesítményű beruházást terveznek kiépíteni. A mezőgazdasági másodlagos nyersanyagok közül a fapellet és a biobrikett vonatkozásában egyaránt 190 KW-os összteljesítmény; a biogáz és a biodízel esetében pedig 500 és 300 KW-os tervek szerepelnek.

A szélenergia tervezett összteljesítménye a régió agrárvállalkozásai körében 312 KW. A vízenergiát egy gazdálkodó szervezet sem kíván hasznosítani. A bioetanolt három vállalkozás jelölte be, azonban a beépíteni kívánt kapacitás tekintetében nem nyilatkoztak, így e két energiaforrás nulla teljesítménnyel szerepel *(42-43. ábra)*.

A megújuló energiaforrások alkalmazását elvetők körében, annak legfőbb oka 68%-ban a szükséges források hiánya, 8,6% szkeptikus volt a megújuló energiaforrásokkal szemben, 9,9%-nak pedig nincsenek ismeretei a témával kapcsolatban, 13,6% egyéb – a felkínált választási lehetőségeken túli – okokra hivatkozott.

Ahhoz, hogy az agrárgazdaságban tevékenykedő gazdálkodó szervezetek megújuló energia beruházásokat eszközöljenek, a megtérülési időnek több mint 60% esetében ötéves, 35%-nál tízéves, 3,2%-nál pedig 15 éves időtartamon belül kell lennie. A második legjelentősebb feltétel a támogatási intenzitás mértéke. A vállalkozások egyharmada 90% feletti támogatási intenzitás esetén kezdené meg megújuló energetikai projektjét, 38,3 százalék 70%, míg 26,2% már 50%-os támogatással is vállalhatónak tartja. Az eredmények azt mutatták, hogy nagyon kevesen gondolkodnak alternatív energetikai beruházásban 30%-os támogatási intenzitás (a válaszadók 1,6%-a), valamint 10%-os dotáció (a válaszadók 0,5%-a) mellett. Az agrárvállalkozások közül 160 már akkor is fontolóra venné fosszilis energiaforrásának kiváltását, ha egyáltalán valamilyen szubvenciót igénybe lehetne venni a zöldenergia beruházás során. Jelentős számú vállalkozásnál (83 db, ill. 80 db) volt fontos szempont a megújuló energiahordozókkal kapcsolatos ismeretterjesztés hatékonyságának növelése, valamint a saját célra fel nem használt energia hatósági átvételének lehetősége.

A működési eredményesség tekintetében a vállalkozások a 2008-as évet 74%-ban nyereségesen, 10%-ban veszteségesen, míg 8,2%-a nullszaldósan zárta.

A kérdőíveket visszaküldő gazdálkodó szervezetek összesen 106 székhely szerinti településéből 48-ban van termálkút, ennek ellenére geotermikus energiát jelenleg egy vállalkozás sem alkalmaz és a jövőbeli tervei között is csak négynek szerepel. Az Észak-alföldi régióban a vállalkozások székhely szerinti településein összesen 201 termálkút létesült, melyekből 56 áll kihasználatlanul. A kihasználatlan kutak használhatók lehetnének a megújuló energiát használni tervező gazdálkodó szervezetek körében.

8. Agrárgazdasági geotermikus energiahasznosítás esettanulmányokon keresztül

A kérdőíves felmérés tapasztalatai szerint a régió agrárgazdasági vállalkozásai nagyon alacsony mértékben alkalmaznak geotermikus energiát és ezt többségük a jövőben sem tervezi. Ennek okát esettanulmányok segítségével próbáltam meghatározni, továbbá azt megállapítani, hogy léteznek e pozitív példák az Észak-alföldi régióban és annak környezetében az agrárgazdasági geotermikus energiahasznosításra.

Az interjúk készítésének célja, hogy a kérdőívben nyertnél mélyebb és nagyobb terjedelmű információkhoz jussak azáltal, hogy a válaszadók saját kifejezésekkel fogalmazhatják meg indítékaikat. Az interjúk során azt kívántam feltárni, mi az oka, hogy a megkérdezett vállalkozások:

- megújuló energiával helyettesítik a fosszilis energiahordozókat,
- miért pont geotermikus energiát választották,
- mit mérlegeltek a beruházás megkezdésekor,
- mekkorára tervezték, majd hogyan alakult a beruházási költség és a megtérülési idő,
- milyen forrásból valósították meg a beruházást,
- hogyan változtak az energia költségeik,
- milyen üzemeltetési tapasztalataik vannak, azok milyen költséggel járnak,
- a kitermelés megkezdése óta hogyan változott a rezervoár vízszolgáltató képessége és a termálvíz hőmérséklete,
- valamint milyen további terveik vannak?

8.1 Adatok és módszerek

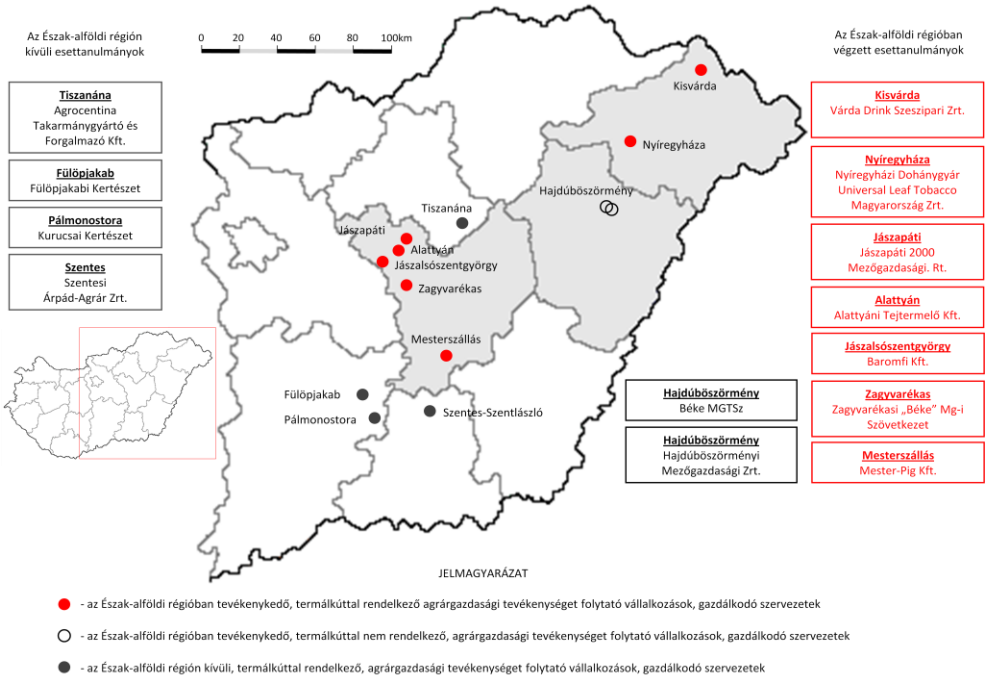
A szélesebb információk megszerzése érdekében mélyinterjút alkalmaztam, mely során személyesen kerestem fel az interjúalanyokat. A megkérdezés kvalitatív kutatási eljárás, ezért nem reprezentatív és nem statisztikai jellegű eredményeket szolgáltat, a miértekre és a hogyanokra keresi a válaszokat.

A mélyinterjú során – alapvetően a fenti kérdéskörökre fókuszálva – üzemlátogatásokat végeztem, személyes beszélgetéseket folytattam a megkeresett vállalkozások képviselőivel, tulajdonosaival, valamint tanulmányoztam a geotermikus rendszer működését.

Az interjúalanyokat a FETIKÖVIZIG, a TIKÖVIZIG és a KÖTIKÖVIZIG adatbázisaiból választottam ki, majd telefonos megkeresés, valamint a válaszadói hajlandóság alapján kerestem fel őket. Az interjúalanyokból három csoport különíthető el:

- az Észak-alföldi régióban tevékenykedő, termálkúttal rendelkező agrárgazdasági tevékenységet folytató vállalkozások, gazdálkodó szervezetek,

- az Észak-alföldi régióban tevékenykedő, termálkúttal nem rendelkező, agrárgazdasági tevékenységet folytató vállalkozások, gazdálkodó szervezetek,
- az Észak-alföldi régión kívüli, termálkúttal rendelkező, agrárgazdasági tevékenységet folytató vállalkozások, gazdálkodó szervezetek *(44. ábra)*.



44. ábra: Az Észak-alföldi régióban, valamint annak környezetében végzett esettanulmányok helyszínei

Az interjúalanyok kiválasztása szempontjából cél volt az is, hogy azok az Észak-alföldi régió területén lehetőleg egyenletesen helyezkedjenek el, kiegyenlítetté téve a mintavételt.

Az interjúalanyok területileg és a kutatás szempontjából, két egymástól jól elkülöníthető területen fekszenek. Az egyik terület az Észak-alföldi régió a kutatás szűken vett területe. A másik terület, az Észak-alföldi régiót körülvevő – elsősorban dél-alföldi terület. E térség, kutatásba való bevonásának célja, a kutatási területen kívüli referenciák, mintaprojektek, valamint követendő példák keresése volt, figyelembe véve azt a tényt is, hogy e referenciák nem ugyanazokkal a geotermikus adottságokkal rendelkeznek, mint az Észak-alföldi régió területe.

Az Észak-alföldi régió területén belül Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében, az élelmiszer- és könnyűipar területén tevékenykedő vállalkozásokkal készítettem interjút – Kisvárdán és Nyíregyházán. Hajdú-Biharban két hajdúböszörményi mezőgazdasági gazdálkodó szervezetnél készítettem esettanulmányokat. Az utóbbi két vállalkozás nem rendelkezik termálkúttal, az egyik viszont egyéb megújuló

energiaforrást, konkrétan biogázt termel és használ fel. Jász-Nagykun-Szolnok megyében növénytermesztést és állattenyésztést végző gazdálkodó szervezetek tapasztalatait vizsgáltam – Jászapátiban, Alattyánon, Jászalsószentgyörgyön, Zagyvarékason és Mesterszálláson *(44. ábra)*.

Az Észak-alföldi régió területén kívüli térségből, Csongrád megyében Szentesen egy széleskörű agrárgazdasági tevékenységet folytató gazdálkodó szervezetnél, Bács-Kiskun megyében, Fülöpjakabon, valamint Pálmonostorán két családi agrárvállalkozásnál végeztem esettanulmányokat. Végül egy Heves megyében, Tiszanánán működő állattenyésztést végző gazdálkodó szervezet tapasztalatait vizsgáltam. Az Észak-alföldi régión kívüli interjúalanyok mindegyike rendelkezik termálkúttal *(44. ábra)*.

8.2 Szentes, Árpád-Agrár Zrt.

Az első kategóriába egy olyan agrárgazdasági nagyüzem tartozik, amelyik az ország legjobb geotermikus adottságú területén, számtalan termálkutat üzemeltet, szerteágazó agrárgazdasági tevékenységhez felhasználva annak energiáját. Az egykori szövetkezet a rendszerváltást követően nem bomlott fel, szakembergárdáját, földterületét és eszközállományát megőrizte.

A Csongrád megyei **Árpád-Agrár Zrt.** a geotermikus energia agrárgazdasági hasznosításának kimagasló példája. A gazdálkodó szervezet tevékenysége rendkívül szerteágazó állattenyésztéssel, növénytermesztéssel, növényvédelemmel, kertészeti tevékenységgel, zöldségértékesítéssel, takarmánygyártással, sütőipari tevékenységgel, szaktanácsadással és borászattal foglalkozik.

Magyarországon az egyik legjobb geotermikus adottságokkal rendelkező Szentesi térség termálkútjai a Békési-süllyedék kedvező rétegösszletének és üledékvastagságának köszönhetően 60 és 100°C közötti kifolyóvíz hőmérsékletet produkálnak. A termálkutak potenciáljáról nem ismertek részletes adatok, viszont a nyomásgrádiens itt alig nagyobb a hidrosztatikusnál, tehát az itteni termálkutak – feltételezhetően – az utánpótlódó készletet fogyasztják. Azaz a kutak hidraulikai, utánpótlódási szempontból kedvező helyen találhatók, mert visszasajtolás nélkül is nagy valószínűséggel megőrződik a rétegenergia.

Az agrárgazdasági nagyvállalkozás a 65 MW kitermelt hőteljesítményt, 2006 óta mintegy 20 termálkúttal éri el, melyeket 1964 és 1992 között létesítettek, talpmélységük 1800 és 2500 méter közötti, kifolyóvíz hőmérsékletük 80°C és 100°C között váltakozik. A termálvízzel fűtött fedett terület eléri a 60 hektárt, 30ha üvegház, valamint szintén 30ha fóliasátor megoszlásban. A baromfitenyésztési ágazat keltetői és az istállók egy része is – mintegy 35.000m²-en – geotermikus energiával fűtött, továbbá a terménszárításhoz is ez szolgáltatja a hőt. A szociális épületek, gépműhelyek, irodák fűtése is termálvízzel történik. A szentesi termálvíz gyűjtő tavak 40 és 100ha területe 176 madárfaj átvonulását biztosítja, továbbá turisztikai, táj és szabadidő célokat szolgál. *(Csikai, 2008)*. A rendelkezésre álló geotermikus potenciál szélesebb hasznosítást tesz lehetővé, így a gazdálkodó

szervezet termelő kapacitásait folyamatosan korszerűsíti, bővíti. 2011-ben adták át holland típusú 2ha alapterületű üvegházukat *(29. melléklet)*.

A magas költségek mellett az Árpád Agrár Zrt. és – általánosíthatóan a több évtizede működő mezőgazdasági célú hőhasznosítók – fő problémája, a hazai jogrendbe beépített visszasajtolásra való kötelezés. Kifogásolják, hogy az Európai Unióban a jogszabályok indokolt esetben engedélyezhetik a visszasajtolást, ha az a felszín alatti vizek minőségére nézve biztonságos. Ezzel szemben a magyar jogszabály kötelezi a felhasználót erre.

8.3 Fülöpjakab, Fadomino Bt. kertészete és Pálmonostora, Kurucsai Kertészet

Az második csoportba olyan gazdálkodó szervezetek tartoznak, amelyek jó geotermikus adottságokkal rendelkező területen fekszenek, azonos agrárgazdasági tevékenységet folytatnak, új építésű geotermikus rendszert üzemeltetnek, melyek közül az egyik kevésbé jó paraméterekkel rendelkezik.

A **Fülöpjakabi Kertészetben** európai színvonalú üvegházas zöldségtermesztés folyik *(György, 2006)*. A Bács-Kiskun megyei családi vállalkozás 2005 óta alkalmaz geotermikus energiát az üvegházak fűtésének biztosításához. A kertészetben termelt zöldségek értékesítésében konkurenciát jelent az import. Az energián keresztüli költségmegtakarítás csak a geotermikus energia hasznosításával lehetséges. A rendszer úttörőnek számít, mivel itt volt az első ilyen ún. homokköves rendszer, ami egy termelő és egy – 2010 óta már kettő – visszasajtoló kútból áll, mely rendszer teljesítménye 1,5MW-ról 2,3MW-ra nőtt. A felsőpannon homokkőbe mélyített kitermelő kút 1004 méteres talpmélységgel, 932-964 méter közötti szűrőzési mélységgel, 49°C-os kifolyóvíz hőmérséklettel, valamint 2500l/p maximálisan kitermelhető vízhozammal rendelkezik. A termelt víz a talajban 1,5 m mélyen, a fagyhatár alatt vezetett szigetelt csővezetéken jut el az üvegház hőközpontjáig. Itt, az addig mindössze másfél fokot lehűlt termálvíz egy hőcserélőn keresztül átadja energiáját az üvegház fűtésrendszerében keringő víznek. A fűtésrendszer vizét öt szivattyú cirkuláltatja. A fűtőágban a hőmérséklet közel 45°C-os, a visszatérő ágban 25–32°C-os *(Ádám, 2008/b)*. A visszasajtoló kutak a termelő kúttól 800 méter távolságban 847 méteres mélységbe táplálják vissza a 27°C-ra hűlt termálvizet. A visszasajtoló kutak vákuumosak, azaz energiaráfordítás nélkül nyelik a maximum 60m³/óra mennyiségű vizet. A rendszer beüzemelése óta üzemzavart nem tapasztaltak, sem a kifolyóvíz hőmérsékletben, sem a vízhozamban nem történt változás. A fűtött területek nagysága meghaladja a két hektárt, ahol a vártnál alacsonyabb kifolyóvíz hőmérséklet miatt a hőleadó felületet padlófűtés alkalmazásával kellett megnövelni.

A termálvíz adta lehetőségek kiaknázásának oka a fosszilis energiahordozók árának meredek emelkedése volt. A megelőző években az üvegházak fűtését gázzal

oldották meg, mely után egy-egy gázévben16 millió forintot fizettek[10]. Más kertészetek szén, illetve faapríték alapú fűtésre álltak át, de a tapasztalatok azt mutatták, hogy hosszú távon nem oldja meg a problémát. A geotermikus energia ezzel szemben tiszta, kényelmes, környezetbarát, és hosszú távú megoldást jelent.
A rendszer megépítését három pályázatból sikerült megvalósítani. Külön pályázati forrás finanszírozta a termelő kutat, a visszasajtoló kutat és a közbenső rendszert 33-33%-os egyenkénti támogatási intenzitással, a támogatás/saját forrás arány 50-50% volt. A teljes beruházás költsége 2005-ben 180 millió forintot tett ki, amiből a fúrás költsége 60.000.-Ft/méter. Akkor öt-hat éves megtérülési idővel számoltak, mely várakozások a beüzemelés óta eltelt hat év alatt beigazolódtak. A beruházás kapcsán a vállalkozás energia költségei 70 százalékkal, az összköltségek 66 százalékkal csökkentek.

A szintén Bács-Kiskun megyei **Pálmonostorán**, a **Kurucsai Kertészetben**, mintegy 2,2 hektáros fűtött üvegházi környezetben, magyar fürtös paradicsom termesztését végzik. A családi vállalkozást folyamatosan sújtotta az emelkedő energiaárak okozta költségnövekedés, ami már a fennmaradást fenyegette. A dráguló energiaforrások, rendszeres energiahordozó váltásra kényszerítették a céget. Kezdetben fűtőolajjal, majd szénnel, ezt követően pedig gázzal fűtötték az épületeket. A földgáz árának drasztikus növekedése már elviselhetetlenné tette annak finanszírozását, így más, alternatív megoldást kellett keresni. A korábbi minták, tapasztalatok és megelőző tanulmányok – például a várható vízhőfokra vonatkozóan – készítése alapján a geotermikus energiát választották.

A megvalósításhoz nem állt rendelkezésre pályázati forrás, a beruházást saját erőből és bankhitelből kellett finanszírozni. Az építés költsége 2009-ben elérte a 200 millió forintot, melynek 50 százaléka származott bankhitelből.

A beruházás 2009-re készült el, melynek során egy termelő és egy visszasajtoló kútból álló kútpárt létesítettek. A termelő kút 1700 méter talpmélységű, kifolyóvíz hőmérséklete 62°C, kitermelhető vízhozama 1000l/p. A visszasajtoló kutat, az előbbitől 800 méterre mélyítették, talpmélysége 1300 méter, jelenleg 2 bár nyomást kell kifejteni a hőjének egy részét elvesztett víz „nyeletéséhez”. A kutak megépítése óta üzemzavar nem jelentkezett, a kutak paraméterei nem változtak, egyedül a vízhőmérsékletben jelentkezik enyhe periodikusság – téli üzemben a termálvíz hőmérséklete magasabb *(30. melléklet)*.

A beruházást megelőzően az energiaköltségek elérték az évi 80 millió forintot. A geotermikus rendszer üzembe helyezése óta, annak fenntartási költsége 20-25 millió forintot tesz ki, ami többségében a szivattyúk által fogyasztott elektromos energiát jelenti. Így a költségek, a korábbi 20-25 százalékára csökkentek, ami növelte a versenyképességet és a felszabaduló forrásokat további fejlesztésekre lehet fordítani. A visszasajtolásra kerülő termálvíz hőmérséklete jelenleg 34°C, amelyet egy újabb üvegház padlófűtéséhez használnak fel. A szivattyúk, valamint egyéb elektromos energia-fogyasztók igényeinek fedezésére

[10] Gázév: a tárgyév július 1-jei gáznap kezdetétől a következő év június 30-ai gáznap végéig terjedő időszak

egy 1 MW-os szélturbina létesítését tervezik. A geotermikus rendszer tervezése, építése és üzembe helyezésekor 5-6 éves megtérüléssel számoltak, mely prognózis jelenleg is reális.

8.4 Nyíregyházi Dohányfermentáló vállalat (Universal Leaf Tobacco Magyarország Zrt.)

A harmadik kategóriába azon vállalkozások tartoznak, amelyek gyenge geotermikus adottságokkal bírnak, azonban e gyenge adottságokat jól, gazdaságosan hasznosítják.

A Nyíregyházi térség területén színesebb a felhasználás ágazati megoszlása, ami köszönhető a nagyobb lakosságszámnak és az ipari, szolgáltatási, kommunális ágazatok által támasztott fogyasztói igényeknek. Nyíregyházán öt termálkutat létesítettek, viszonylag széles felhasználási palettával. A Városi Fürdőt ellátó kút egyszerre fedezi a fürdő vízigényét és a komplexum szociális vízellátását, a városi kórház termálkútjainak vizét gyógyászati és szociális célra egyaránt hasznosítják. A Nyíregyházi Főiskola is rendelkezik egy fúrással, vizével a sportuszoda feltöltését végzik. Az ötödik, ipari és szociális igényeket kielégítő termálkút a **Nyíregyházi Dohányfermentáló** üzemi termálkútja *(31. melléklet).*

A személyes megkeresés alapján az **Universal Leaf Tobacco Magyarország Zrt.** tulajdonában álló üzem energetikusával folytatott interjú során kiderült, hogy az üzem területén álló termálkutat kifejezetten a dohánygyár céljaira létesítették, elsősorban a vízigény biztosítására. Az 1958-ban kiépített 551 méter talpmélységű 35-36°C-os kifolyóvíz hőmérsékletű, 300l/p maximális vízhozamú termálkút kettős célt szolgál. A szociális helyiségek használati melegvíz ellátását, valamint elsősorban a technológiai hőt biztosító kazánok „előmelegített" vizének biztosítása a feladata. Amennyiben városi vezetékes vizet használnának, akkor 16°C-ról kellene a vizet felfűteni. Így 20°C-nyi vízhőmérséklet emelés hőenergiáját takarítják meg. A kitermelt víz mennyisége 15/85%-os arányban oszlik meg a két felhasználási cél között *(31. melléklet)*.

Napi 100m³ vizet használnak, ami 10.000m³/év mennyiséget jelent. A dohányfeldolgozási kampány novembertől februárig tart, így az év során kiemelt víz mennyisége változó. A víz keménysége: 2 német keménységi fok, azaz jó minőségű lágy vizet szolgáltat, a vízlágyításhoz csak minimális mennyiségű sóra van szükség. Az üzemi tapasztalatok szerint az 1958-as fúrás után a kutat több évig kompresszorozni kellett, azonban 1970 óta problémamentes. Korábban felszíni szivattyúval működött, de miután a kút gázmentessé vált búvárszivattyúval folytatták a vízkiemelést. Visszasajtoló kúttal nem rendelkezik, azonban hulladékvíz sem keletkezik, ami alól kivételt csak a szociális melegvíz használatból eredő kis mennyiségű szennyvíz jelent, amit a közcsatorna fogad be. A kifolyóvíz hőmérsékletnek csak napi ingadozása tapasztalható, attól függően mekkora a napi vízkiemelés mennyisége. A kifolyóvíz hőmérsékletében, az 1970-es évek óta sem éves perodikusságot, sem hosszú távú hőmérsékletváltozást nem tapasztaltak, a kút vize folyamatosan 36°C.

Összefoglalva, a geotermikus energiát tiszta, kényelmes, helyben lévő energiaforrásnak tartják, melynek révén, három területen jelentkezik megtakarítás: a vízdíjakon, a vízlágyításon, valamint a technológiai hő előállításához felhasznált víz hőmérséklet emeléséhez szükséges gáz mennyiségén *(31. melléklet)*.

8.5 Hajdúböszörményi Béke MgTsz. és Jászapáti 2000 Zrt.

A negyedik kategóriába azok a nagyméretű gazdálkodó szervezetek tartoznak, amelyek szerteágazó agrárgazdasági tevékenységet folytatnak, mindegyik jó geotermikus adottságú területen fekszik, az egyik rendelkezik termálkúttal a másik nem. Közös bennük, hogy az egykori szövetkezetek a rendszerváltást követően nem bomlottak fel, szakember-gárdájukat, földterületüket és eszközállományukat megőrizték.

A **Hajdúböszörményi Béke Agrárszövetkezet** nem rendelkezik termálkúttal és geotermikus energetia beruházásokat sem terveznek. Kötelezik őket ugyanakkor az állattartó telepeken keletkező folyékony hulladékok és trágyák tárolására, az almos- és hígtrágya, valamint a trágyás csurgalékok mezőgazdasági, továbbá a kemikáliák környezetkímélő felhasználására vonatkozó szabályok [11], amelyek a rendelkezésre álló forrásokat, valamint a pályázati aktivitást a biogáz üzemek építése felé terelik.

A hajdúböszörményi Béke Agrárszövetkezet is ebben gondolkodott, amikor uniós pályázatot készített hígtrágyára alapozott biogáz üzem létesítésére, az állattartó telep korszerűsítésére. A 930 millió forintos létesítményt 2011 végén adták át (a beruházás támogatási intenzitása 60% volt). A három, egyenként ezerötszáz köbméter mezofil rendszerű fermentor naponta 50–60 köbméter hígtrágya átengedésére alkalmas. Naponta 12-13 MWh az előállított árammennyiség. A megtermelt 2,5 millió m3 biogázból így 4–4,5 millió KWh energiát nyernek évente – mondta a szövetkezet vezetője. Az elektromos áram termelése mellett a biogáz-üzemre alapozva fűtik a közelében álló sertéstelepet. A leerjedt anyagot szeparálják, ami kórokozóktól mentessé válik, ezáltal almozásra lesz alkalmas. Az eljárás során megmaradó úgynevezett barnavizet pedig jelentős nitrogén- és foszfortartalma miatt a növénytermesztésben használják fel.

A Jászberényi kistérség, Jász-Nagykun-Szolnok megye azon területe, ahol a legtöbb település rendelkezik hévízkúttal. A kutak majdnem felét kommunális vízellátásra használják, amit a magasabban fekvő megfelelő vízadó rétegek

[11] A hígtrágya tárolók műszaki-biztonsági előírásait, és a hígtrágya tárolás, kezelés munkavédelmi követelményeit a 16/2001. (III. 3.) FVM rendelet mellékleteként kiadott Mezőgazdasági Biztonsági Szabályzat tartalmazza. A hígtrágya kijuttatás szabályait, a vizek mezőgazdasági eredetű nitrát szennyezéssel szembeni védelméről szóló 27/2006. (II. 7.) számú Kormányrendelettel módosított 49/2001. (IV. 3.) Kormányrendelet tartalmazza, melynek hatálya kiterjed valamennyi mezőgazdasági tevékenységet folytatóra.

hiányával lehet magyarázni. A három legjelentősebb település ezen a téren Jászapáti és Jászkisér, valamint Jászladány. Jászapátiban a kutak többsége, a kistérséghez hasonlóan, a vezetékes vízellátás igényeit szolgálja, e mellett mezőgazdasági, állattenyésztési igényeket elégít ki, valamint ellátja a kisváros fürdőjét.

A legnagyobb hévízkút üzemeltető a korábbi mezőgazdasági nagyüzem jogutódjaként, Szolnok megye legnagyobb mezőgazdasági vállalkozása a **Jászapáti 2000 Zrt.** Több telephellyel rendelkezik, melyeken szerteágazó agrárgazdasági tevékenységet folytat.

A vállalat hat termálkúttal rendelkezik, ebből öt üzemel. Maximális termeltetés nincsen, a kutak fő feladata a 12.500 darabos sertés- és az 1000 darabos szarvasmarha állomány ivóvízigényének biztosítása. Mindegyik kút szivattyúval működik és többségük pozitív. Létesítésük oka az állattartó telepek vízellátása volt. A K-27, K-30 és a K-52 jelű kutakat az 1960-as években létesítették, a K-59, K-60 és a K-64-es kutakat pedig az 1980-as években. A 60-as években fúrt kutak talpmélysége 495-565 méter közötti, a kifolyóvíz hőmérséklet két kút esetében 37°C, a harmadiknál pedig 35°C. Maximális vízhozamuk 550-560 és 780l/p. Az 1980-as években létesített termálkutak talpmélysége 534 és 610 méter közötti, a felszínre érő víz hőmérséklete 34,4°C és 39°C közötti, maximálisan kitermelhető vízhozamuk pedig 400-930-1200l/p *(32. melléklet)*. A kutakkal szemben hőtermelési igény nem merült fel, így a geotermikus energiahasznosítás a vállalat tervei között nem szerepel. Az egymilliárdos biogáz beruházásukat 2010 végére fejezték be. A geotermikus energia hasznosításával szemben a biogáz üzem többcélú hasznot jelent a cégnek, mivel a legnagyobb gondot a híg és szilárd trágya kezelése, elhelyezése, valamint az elhullott állatok és a vágóhíd szerves maradékának ártalmatlanítása-felhasználása jelentette. A sertéshizlaldában vízöblítéses rendszer van, ahol a trágyakezelést meg kellett oldani.

A biogáz üzem megoldást jelent a trágya, állati hulladék, elhullott állatok feldolgozására; gázt termel; villamos energiát állít elő; hőt termel; fedezi a telep energiaszükségletét; kisüzemi hálózatra is termel; a feldolgozott szerves anyag a termőföldekre kijuttatható, amivel műtrágya megtakarítás érhető el. Ezen okoknál fogva a biogáz erőmű kézenfekvőbb megoldást jelentett. A beruházás megvalósulásával a jövőben nem kell fizetni környezetvédelmi bírságot, a hőtermelést az épületek hűtésére-fűtésére, az üvegházak fűtésre használhatják, továbbá az elektromos áram eladásával további bevételi forráshoz jutnak. A végtermék folyékony, szilárd halmazállapotú, aminek a termőföldre juttatásával nagy mennyiségű műtrágyát tudnak megtakarítani. A beruházás 8-10 év alatti megtérülésével számolnak.

A termálkutak termeléséből 120–150 m³ vizet használnak fel a sertéstelepnél. A kutak előnye, hogy ezt a vízmennyiséget nem kell megvásárolni. A hévízkutak létesítése óta kettőnél jelentkezett üzemzavar. Az 1. központi telephely 2. sz. kútja a 80-as években, a 2. központ központi kútja a 90-es évek végén behomokoltak, melyeket a VIKUV felújított és újraszűrőzött. A többi kút eredeti állapotban van. Visszasajtoló kút nincsen. A kutaknál tapasztalható volt a

kifolyóvíz hőmérsékletének csökkenése. A sertéstelepi kút hőmérséklete 42°C helyett sok esetben csak 38°C-os vizet ad *(32. melléklet).*

8.6 Tiszanánai Agrocentina Takarmánygyártó és Forgalmazó Kft.; Zagyvarékasi Béke Mezőgazdasági Szövetkezet és Hajdúböszörményi Mezőgazdasági Zrt.

Az ötödik csoportba tartozó esettanulmányok alanyai jó geotermikus adottságú területen fekvő – közülük ketten termálkúttal is rendelkező – vállalkozások voltak. A rendszerváltást követően felbomlott szövetkezetek csökkentett üzemméretben, átalakult szervezeti formában működtek tovább.

Az Észak-alföldi régión kívüli mélyinterjúk között szerepel a már Heves megyében fekvő **Tiszanánai Agrocentina Takarmánygyártó és Forgalmazó Kft.**, ahol a K-22-es számú, 1001m mélységű, 54°C-os kifolyóvíz hőmérsékletű kút üzemel. A termálkutat 1971-ben létesítették, meddő szénhidrogén fúrás átépítésével. Az 1000l/p vízadó képességű kút 1974-ig szabad kifolyású volt, vizét mosásra használták. 1974-től az állattenyésztéssel foglalkozó, akkori Petőfi TSz épületeinek fűtésre és használati melegvizének biztosítására használták, majd 1981-től a virágkertészet fóliasátrait fűtötték vele. Napjainkban a virágkertészet már nem működik, a termálvíz az Agrocentina Takarmánygyártó és Forgalmazó Kft. szarvasmarha telepének szociális épületeit, irodáit, valamint a fejőházat látja el használati melegvízzel és fűtéssel. A használt termálvizet felszíni befogadóba – a telephely melletti halastóba – vezetik el *(33. melléklet)*. A termálvíznek köszönhetően, fűtési költség nincsen, csupán a kitermelő és keringtető szivattyúk elektromos energia igénye (1 KW) jelentkezik. A vizet, egy három méter mélyen fekvő ciszternán keresztül folyamatosan keringtetik, ehhez keverik hozzá a friss termálvizet. A kút létesítése óta üzemzavar nem volt, csupán egyszer kompresszorozták 2004-ben, de a vízhozam nem változott. A kifolyóvíz hőmérséklet változatlan, sem napi, sem éves viszonylatban nem mutat periodikusságot.

A tiszanánai vállalkozás a termálkút adta lehetőségekből, a területi fekvéséből és a rendelkezésre álló eszközállományból adódóan kiemelkedő adottságokkal rendelkezik

- a többlépcsős geotermikus energia hasznosítás (üvegház, szociális épületek, istálló fűtés és használati melegvíz ellátása, valamint édesvízi haltenyésztés),
- a kombinált megújuló energia hasznosítás (biogáz, villamos energia előállítás és értékesítés),
- valamint a széles spekrtumú agrárgazdálkodás (szarvasmarha, sertés, és baromfi tenyésztés, édesvízi halgazdálkodás, üvegházi növénytermesztés, lebontási maradék vagyis szerves talajerő után pótló anyag felhasználás és értékesítés) terén.

Ennek ellenére a gazdálkodó szervezet nem tervezi sem a geotermikus energia hatékonyabb és többlépcsős hasznosítását, sem biogáz üzem építését, sem

az agrárgazdasági profil szélesítését. Ennek oka az állatállomány folyamatos csökkenése, ezzel párhuzamosan a vállalkozás finanszírozási lehetőségeinek beszűkülése.

A Szolnoki kistérség az egyik legjelentősebb termálvíz kitermelő terület Jász-Nagykun-Szolnok megyében, amihez a medenceközepi fekvés, viszonylag magas hőmérséklet tartományú vizek kinyerését teszi lehetővé. Jelentős a száma a mezőgazdasági igényeket kielégítő hévízkutaknak. A **Zagyvarékasi Béke Mezőgazdasági Szövetkezet** kettő, kifejezetten állattenyésztési célokat szolgáló termálkutat üzemeltetett. Az 1963-ban és 1970-ben létesített K-7-es és K-9-es jelű kutak baromfi, szarvasmarha és sertéstelepeket láttak el 8-10 km-es vezetékhálózaton keresztül ivóvízzel. A kutak talpmélysége 650 és 750 méter, kifolyóvíz hőmérsékletük 41°C, valamint 48°C. A kutak – a magasabb rétegekben hiányzó, megfelelő vízadók miatt – kifejezetten az állattartáshoz létesültek, amelynek igényeit ki tudták elégíteni. E feladat ellátását elsősorban a K-9-es kút 1100 liter/perces vízhozama tette lehetővé. A kutakkal a kiépítés óta nem volt probléma, a rendszeres karbantartási munkákat mindig elvégezték: kompresszorozás, szivattyúk időszakos cseréje. A kutak hőmérsékletét havonta mérik, melyek során nem tapasztaltak változást a hőmérsékletben.

A jelenlegi gazdasági helyzetben a cég a fennmaradásért küzd, de a mezőgazdasági vízhasznosítás már az 1990-es évek elején megszűnt. Amennyiben a mezőgazdaság általános helyzete nem a mai képet tükrözné, tevékenységüket és az állatállományt bővítenék, amelyben forrás esetén helyet kapna a kutak víz és hőhasznosítása is. Jelenleg a rendelkezésre álló biogáz-pályázatokon sem tudnak elindulni.

A **Hajdúböszörményi Mezőgazdasági Zrt.** az interjúalanyok közül abba a kategóriába tartozik, amelyik nem rendelkezik termálkúttal. Az esettanulmányok közötti szerepeltetése ugyanakkor fontos, mert felhívja a figyelmet a geotermikus energia, valamint egyéb megújuló energiaforrások lassú terjedésének okaira.

A 65 éves gazdálkodó szervezet jelenleg 2400ha földterületen folytat szántóföldi növénytermesztést, valamint 18.000 db sertés és 350 db tejelő szarvasmarha tenyésztésével foglalkozik. A rendszerváltás előtt 6500 hektáron gazdálkodtak. A költséghatékonyabb működést, valamint az állandóan változó jogszabályi követelményeknek való megfelelést szolgáló beruházási kényszer hatalmas összegeket emészt fel, amire jó példa a sertéstelep 800 milliós rekonstrukciója 2010-ben. A telephelyen télen-nyáron üzemelő tartályos gázfűtés működik, melynek költsége 20-25 millió Ft/gázév, ebből csak a sertéstelep fogyasztása 11 millió forint, a terménszárítóé évi 5 millió forintot tesz ki.

Hajdúböszörmény településen öt termálkút is létesült – mindegyik fürdőhasznosítási célokra, amiből négy ma is üzemel – az ezer méter körüli kutak vízhőmérséklete 50°C feletti, amiből következik, hogy a térség, kedvező geotermikus adottságokkal bír. A termálvíz és geotermikus energia hasznosítása ennek ellenére a Mezőgazdasági Zrt-nél nem merült föl, ugyanakkor gondolkodnak az állatállomány – elsősorban a sertéstelepen képződő – trágyából előállítható

biogáz alapanyag hasznosításán. A komplex beruházást azonban nem tudják megfinanszírozni. Ennek következtében csak a régi energiaforrásokkal működő technológia (70-es évek) apró ésszerűsítéseivel és hatékonyság javítással foglalkoznak. Csak azokat a korszerűsítéseket végzik el, ami a legkevesebb ráfordítással jár. A gazdálkodó szervezetnél, az egész ágazatra jellemző forráshiány jelentős méreteket ölt. A szárító korszerűsítésére, sikeres pályázaton 700 millió forintot ítélt meg a támogató hatóság, azonban a beruházás veszélyben van, mert a gazdálkodó szervezet a hiányzó 100 millió forint önerőt képtelen megfinanszírozni. Amennyiben saját területen meg tudnák az állatállomány számára termelni a takarmányt, akkor már rentábilis lenne a vállalkozás [12].

8.7 Alattyáni Tejtermelő Kft.; Jászalsószentgyörgyi Baromfi Kft.; Mesterszállás Mester Pig Kft. és Várda Drink Szeszipari Rt.

A hatodik csoportba olyan vállalkozások tartoznak, amelyek gyengébb geotermikus adottságú területen végzik agrárgazdasági tevékenységüket, mindegyik rendelkezik termálkúttal, azonban az abban rejlő energetikai lehetőségeket nem hasznosítják.

Az Alattyáni mezőgazdasági felhasználású kutat az **Alattyáni Tejtermelő Kft.** üzemelteti telephelyén. A K-7/a jelű 720 méter talpmélységű kút kifejezetten vízfúrásként épült ki és korábban Alattyán település fürdőjét látta el melegvízzel. A 40°C-os kifolyóvíz hőmérsékletű hévízkút funkciója a mintegy 800 szarvasmarha itatása, valamint a takarmánytermelésre szolgáló termőföldek permetezéséhez szükséges víz biztosítása. Az állatállomány ivóvízigényét, a kút vizével – annak magas hőmérséklete miatt a nyári hónapokban nem tudják kiszolgálni. A kút gázos, így rendelkezik gázleválasztóval, azonban az hasznosításra nem kerül. A kutat geotermikus fűtési célra nem hasznosítják és a tervek között sem szerepel épületfűtési funkció kiépítése *(34. melléklet).*

Jászalsószentgyörgyön a két kommunális vízellátási célokat szolgáló termálkút mellett működik egy mezőgazdasági igényeket kiszolgáló kút is, ami a **Jászalsószentgyörgyi Baromfi Kft.** kezelésében áll. A negatív kút időszakosan üzemel (3 óra/nap) és a baromfiállomány itatására használják. Korábban egy 1300 fős szarvasmarha és egy 10.000 fős sertéstelepet látott el itatóvízzel. Mára a felhasználás volumene nem változott, kivéve abban, hogy most szarvasmarha

[12] A korábbi 6500 ha földterület kétharmada a rendszerváltást követő kárpótlás során magántulajdonban került, vissza. A Mezőgazdasági Zrt. jelenleg 2400 hektáron gazdálkodik, mely földterület nem elegendő az állatállomány takarmányszükségleteinek fedezésére, így a hiányzó takarmánymennyiséget meg kell vásárolni, illetve bérelt földeken kell megtermelni. A korábbi földterületek visszavásárlását vagy új termőföldek vásárlását a külföldiek és jogi személyek földvásárlását tiltó moratórium akadályozza *(1994. évi LV. törvény a termőföldről).*

helyett liba és pulykatelepek ellátását végzik vele. Az 1974-ben létesített kút kifolyóvíz hőmérséklete 40°C, vízhozama a jelenlegi vízkivétel mellett 100l/p. Amikor a kút vizét az épületek takarítására-mosatásra használják, a felhasználás eléri a 25m³/napot, amihez hozzáadódik a szociális vízfelhasználás. A kút a létesítés óta problémamentesen üzemel, generál felújítására még nem került sor. A karbantartások alkalmával szivattyúcseréket kellett végrehajtani. A gáztalanító felújítása 2007-ben történt meg. Probléma csak elfagyás miatt történt, emiatt a kút télen állandóan működik, szabad elfolyással. Amennyiben, a kút folyamatosan, vagy hosszabb napi üzemidőben működne, kifolyóvíz hőmérséklete magasabb lenne. A napi 3 órás működés végén is tapasztalható hőmérséklet emelkedés.

Az istállók télen sincsenek fűtve, de az állomány ennek ellenére produkálja az elvárt hozamokat, így a kút vizének fűtési célú hasznosítását nem tervezik. A legnagyobb energiafelhasználás az elektromos energiából származik, ezért a későbbi esetleges energetikai fejlesztések során a megújuló energiák közül inkább a szél és napenergiát preferálnák *(35. melléklet)*.

Mesterszálláson két termálkutat építettek ki. A jelöletlen és hiányos adatbázisú, 455m talpmélységű, 33°C-os kifolyóvíz hőmérsékletű, 1973-ban kommunális vízbiztosítási célokra létesített, valamint az 1982-ben állattenyésztési feladatok kiszolgálására létrehozott, 550 méteres, szintén 33°C-os termálkutak ma mindegyike a sertéstenyésztéssel foglalkozó **Mester Pig Kft.** tulajdonában van. Az állatok itatását és az istállók mosatását biztosítják vele. Vizük, az adattáblától eltérően meglehetősen alacsony, 26 és 28°C-os, a kitermelhető vízhozam 300 m³/nap, de ebből csak napi 60 m³ használnak ki.

Az állatállomány itatása mellett fűtési célú termálvíz felhasználás nincsen, a létesítmények kifejezetten a ma is használatos célokra létesültek a sertéstelep bővítése miatt. Indokolt lenne a fűtési hasznosítása, mert 12 millió forintot költenek évente gázra, és 10-12 millió forintot villamos energiára. Forráshiány miatt nem építik ki a geotermikus fűtési rendszert. A megtérülés terén bizonytalanságok állnak fenn, bürokratikus akadályok nehezítik a projektek, illetve pályázatok megvalósulását. A kutak hasznosítása jelenleg idényjellegű, melyek a létesítés óta problémamentesek, csak a szivattyúkat kellett cserélni bennük. Az elérhető hőfoktartományok miatt a kutak hőenergiája csak hőszivattyús rendszerek alkalmazását teszi lehetővé. A fentiektől függetlenül nyitottak a megújuló energiák irányában, folyamatosan figyelik a pályázati és egyéb lehetőségeket. A sertéstelepen 5000t szerves trágya keletkezik. Ahhoz, hogy gázt lehessen termelni a keletkező mennyiség kétszeresére lenne szükség, ami jelenleg nem áll rendelkezésre, a jogszabályok szerint viszont a trágyát kockázatos anyagnak kell tekinteni, ártalmatlanításáról gondoskodni kell *(36. melléklet)*.

Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében, Kisvárdán – a többi egyéb feladatot ellátó öt termálkút mellett – 1994-ben fúrták az élelmiszeripari célokat szolgáló, a **Várda Drink Szeszipari Rt.** üzemeltetésében lévő termálkutat, ami 1995-ben készült el, de gyakorlatilag az üzembe helyezése óta nem működik. A K-167 jelű kút

mélysége 600 méter, amit 580 méteren szűrőztek, talphőmérséklete 40,6°C, kifolyóvíz hőmérséklete 37,6°C, vízhozama pedig 480 l/p.

A Várda Drink üdítő és szeszesitalgyártó vállalat üzemvezetőjének elmondása szerint a kutat kifejezetten ásványvízkútnak létesítették, ami a piacra bevezetni kívánt Mistral Ásványvíz termelésére szolgált volna. A kút energetikai hasznosítását sem akkor, sem most nem tervezik, amit magyaráz a termelés folyamatos visszaesése is. A termálkút hőenergiájának hasznosítására komolyabb tanulmány nem készült, amelynek oka többek között, hogy a gyár hűtővíz ellátása kapcsán jelentős többlet hő áll rendelkezésre, amit a rapszodikus üzem miatt szintén nem hasznosítanak. Jelenleg gázzal állítanak elő fűtési és technológiai hőt. A kút építése óta nem volt folyamatos üzem, jelenleg is üzemen kívül áll, a szivattyú kiemelésre került belőle, a létesítmény le van zárva *(37. melléklet)*.

8.8 Következtetések

Az esettanulmányok tapasztalata szerint azok a gazdálkodó szervezetek, amelyek kimagasló geotermikus adottságú területen szerteágazó agrárgazdasági tevékenységet folytatnak, a geotermikus energiát minden – a termelés során felhasználható – területen alkalmazzák jelentős költségmegtakarítást érnek el, versenyképesebbek és sikeresen működnek. Ezek az agrárgazdasági nagyüzemek a rendszerváltást követően nem bomlottak fel, üzemméretüket, szakembergárdájukat és eszközállományukat megtartották. Méretüknél és lobbyerejüknél fogva hatással vannak a piacokra, valamint a geotermikus energiahasznosítás törvényi kereteinek alakulására.

A jó geotermikus adottságú területen tevékenykedő agrárgazdasági családi vállalkozások, kertészetek, amelyek energiaigényük fedezésére geotermikus energiát alkalmaznak, energiaköltségüket 60%-al csökkenteni tudták, ezáltal versenyképesebbé váltak. Beruházásaik – amelyeket akár pályázati forrásokból vagy önerőből valósítottak meg – egyaránt 5-6 éves időintervallumon belül megtérülnek.

Azok az agrárgazdasági vállalkozások, amelyek gyenge geotermikus adottságú területeken működnek, azonban e gyenge adottságokat jól hasznosítják, jelentős energia megtakarítást, ezen keresztül hatékonyabb, versenyképesebb működést érnek el, még egy olyan – a törvényi szabályozások által hátrányosan érintett – ágazatban is, mint a dohányipar.

A kiterjedt agrárgazdasági tevékenységet folytató nagyüzemi gazdaságok, amelyek itt kedvező geotermikus adottságú területen, jelentős állatállománnyal rendelkeznek az Európai Uniós direktívákat követő szigorodó jogszabályi követelmények miatt forrásaikat biogáz üzemek létesítésére fordítják. Így megfelelnek az agrárgazdasági rendtartás követelményeinek, és élvezik a biogáz széleskörű helyi felhasználásának előnyeit.

Azok az agrárgazdasági vállalkozások, amelyek jó geotermikus adottságú területen működnek, valamint termálkúttal is rendelkeznek, de a gazdálkodó szervezet a rendszerváltást követően felbomlott és csökkentett üzemméretben,

átalakult szervezeti formában működött tovább, a meglévő termálkútjaik adottságait sem használják ki és újakat sem létesítenek. Ennek oka a súlyos forráshiány, mely a korábbi termőterületek és eszközállomány nagy része, továbbá a szakembergárda elvesztése miatt következett be. E vállalkozások napjainkban a túlélésért küzdenek, nem rendelkeznek fejlesztési forrásokkal.

A gyengébb geotermikus adottságú területeken tevékenykedő agrárgazdasági vállalkozásokra is érvényes a korábbi (5.) megállapítás, mely szerint a felbomlott szövetkezetek és könnyűipari vállalatok eszközállományán létrejött kisebb vállalkozások forráshiánnyal küzdenek. A rendelkezésre álló beszűkült finanszírozási lehetőségek elsősorban a folyamatosan változó jogszabályi követelményeknek való megfelelést, a működést és fennmaradást szolgálják. Előre mutató fejlesztések – technológiai szerkezetváltás – még pályázati támogatás esetén sem megvalósíthatók vagy hatalmas erőfeszítéseket és hosszú távú elkötelezetséget, a vállalkozás eladósodását kívánják meg A nagy beruházási igényű geotermikus fejlesztéseket nem képesek megfinanszírozni, valamint a megörökölt termálkút hőenergiájára a technológiai folyamatokhoz sokszor nincs is szükségük.

9. Összefoglalás és levonható következtetések

Az Észak-alföldi régió kedvező hidrotermális adottságokkal rendelkezik, mely energiaforrás agrárgazdasági hasznosításának több évtizedes tapasztalatai vannak. A geotermikus energia szektorális felhasználásának volumene messze elmarad a lehetőségekhez képest. A régió és benne az agrárgazdaság teljesítő képessége természeti adottságaihoz mérten szintén alacsony. A termelés költségeiben jelentős hányadot tesz ki az energiáért fizetett ár, melynek csökkentése kiemelt feladat. A témaválasztás indoka a világ és benne Magyarország egyik legnagyobb problémája a folyamatosan növekvő energiaigény kielégítése, a fosszilis energiaforrások által hordozott környezeti veszélyek csökkentése, az energiafüggőség mérséklése. Az agrárgazdaság Magyarország és az Észak-alföldi régió egyik meghatározó és stratégiai jelentőségű ágazata, melynek hatékony és gazdaságos működése össztársadalmi érdek. A mezőgazdaság jelentős energiafogyasztó, költségei alakulásában meghatározó szerepe van az energiáért fizetett árnak. Az alapvetően hátrányos helyzetű Észak-alföldi régió agrárgazdaságának hatékonyságát növelni képes egyik tényező a geotermikus energia szélesebb körű, többlépcsős és fenntartható alkalmazása lehet. A kutatás célja annak bizonyítása, hogy a geotermikus energia az Észak-alföldi régió agrárgazdasági tevékenységei számára reális alternatívaként vehető számításba mind az egyes tevékenységekhez szükséges technológiai, mind az épületek fűtéséhez biztosítandó hő szempontjából.

Az Észak-alföldi régió természet- és társadalomföldrajzi leírása; a geotermikus energiahasznosítás globális helyzete, az egyes országokban követett felhasználási módszerek; a hazai geotermikus energiahasznosítás fejlődésének lépései és agrárgazdasági alkalmazásai, továbbá a geotermikus energiakutatás magyarországi és regionális vonatkozásai, az Alföld északkeleti térségének geológiai, hidrogeológiai adottságai, a hidrotermális rendszerek kialakulása, azok hőmérsékleti, nyomás, porozitási, permeabilitási és vízkémiai jellemzői, valamint a magyar agrárgazdaság területi és gazdasági jellemzői, a regionális agrárgazdaság általános, történeti és geotermikus energiahasznosítási vonatkozásai a hazai és nemzetközi szakirodalom feldolgozásával, kritikai értékelésével készültek. Az Észak-alföldi régió termálkútjainak paraméterei, a meglévő termálvíz és geotermikus kapacitás, annak hasznosítási palettája, valamint kihasználtsága széleskörű adatgyűjtésen alapul, mely adatok különböző adatbázisokból és személyes adatgyűjtésből származnak. Az agrárgazdaság szereplői körében végzett megújuló energia hasznosítási felmérés strukturált kérdőíves módszer alapján; a termálkutakat üzemeltető vállalkozások körében végzett esettanulmányok, személyes interjúk alkalmazásával készült. A kutatás és a dolgozat elkészítése során MS Excel, PPT, Evasys, Paint programokat használtam fel, térképeket, ábrákat és táblázatokat szerkesztettem.

9.1 Felállított hipotézisek

1. Az Észak-alföldi régió jó geológiai adottságokkal, kihasználatlan kapacitásokkal rendelkezik a geotermikus energia hasznosítására, elsősorban az agrárgazdaság szempontjából.
2. A termálkutak eloszlása egyenlőtlen területi képet mutat, igazodva a geológiai adottságokhoz.
3. Az Észak alföldi régió mezőgazdasági vállalkozásainak jelentős része tevékenysége alapján alkalmas, adottságai szerint pedig alkalmazhatna geotermikus energiát.
4. A megújuló energiaforrások – s ezen belül kiemelten a geotermikus energia – alkalmazása és annak szándéka a mezőgazdasági vállalkozások körében magas.
5. A jogi és közgazdasági szabályozók jelentős mértékben torzítják az adottságok kihasználását.
6. Azok a mezőgazdasági vállalkozások használnak és terveznek használni geotermikus energiaforrást, amelyek több termálkúttal és magasabb kifolyóvíz hőmérsékletű vízzel rendelkeznek.
7. Az új geotermikus technológiák és eljárások használatával a gyengébb adottságú területeken működő – akár kisebb – vállalkozások is jelentősen csökkenthetnék működési költségeiket.

9.2 A hazai és nemzetközi szakirodalom elemzésének eredménye

A globális geotermikus energetikai alkalmazások közül a legelterjedtebb és szinte mindenhol elérhető a földhőszivattyús hasznosítás. Ezt követi a közvetlen hőhasznosítás, a villamos energiatermeléshez viszont már közepes és magas entalpiájú területek szükségesek, ezek alapvetően az aktív lemezszegélyeket követik. A többnyire, még kutatás alatt álló, magas beruházási és technikai igényű EGS-rendszereknek jelenleg csak kísérleti üzemei léteznek.

A geotermikus adottságok áramfejlesztési célú hasznosítása terén, Dickson, Fanelli, és Bertani vizsgálatai szerint ma huszonnégy ország állít elő áramot földhőforrásokból, ahol sok esetben 15–22% a részesedése az ország áramellátásában: Costa Rica, El Salvador, Izland, Kenya, Fülöp-szigetek. 2004-ben világszerte 8,9 GWe kapacitás termelt 57 TWh árammennyiséget. A globális geotermikus áramtermelés 1999 és 2004 között évi 3%-kal emelkedett; 2005 és 2007 között a beépített kapacitás 800 MWe-el nőtt meg. Újabban a geológiailag nyugodt területeken is megindult a geotermikus áramfejlesztés, olyan országokban, mint Ausztria és Németország. A jövőbeli kilátásokra vonatkozólag Bertani szerint a várható összteljesítmény minimuma 35–70 GWe, maximuma 140 GWe. A potenciál még magasabb, ha az EGS-rendszereket is figyelembe vesszük, Tester és szerzőtársai szerint csak az USA-ban több mint 100 GWe teljesítmény létesíthető Paschen és szerzőtársai szerint Németországban pedig 35 GWe. A technológia fejlődése leginkább a hő árammá történő átalakítása során várható.

A közvetlen hőhasznosítás sok alkalmazási területen érvényesül: fűtés, ipari és mezőgazdasági felhasználások, hévízfürdők. 2004-ben hetvenkét országban folyt közvetlen geotermikus hasznosítás 28 GWth kapacitással és 270 TJ/év hőtermeléssel. Lund és szerzőtársai szerint világszerte eddig kilencven országban mutattak ki készleteket. A közvetlen hasznosítás globális megoszlása szerint a földhő 52%-át az épületfűtés (ebből 32% földhőszivattyúk), 30%-ot fürdők (gyógyfürdők, üdülés), 8%-át a mezőgazdaság (üvegházak, talajfűtés), 4%-ot az ipari alkalmazások, valamint szintén 4%-ot a haltenyésztés használ fel. Magyarország a közvetlen geotermikus energiahasznosításban jelenleg a hetedik, de 2000-ben még a harmadik volt a világranglistán. Olyan országok előznek meg, mint Törökország és Svédország. Rybach szerint az utóbbi évtizedben a közvetlen felhasználásban a földhőszivattyúk elterjedése a legszembetűnőbb. Ezek egyúttal a megújuló energiaforrások egyik leggyorsabban növekvő kategóriáját képviselik. A már kiforrott technológia a készlettartomány relatív konstans hőmérsékletét, 4–30°C használja fel sokféle alkalmazásra: épületfűtés és hűtés, melegvíz-szolgáltatás lakások, iskolák, ipari, nyilvános és kereskedelmi létesítmények számára.

Lund felmérései alapján az EU-ban 2006-ban több mint 500.000 berendezés működött 7,2 GW teljesítménnyel. Az USA-ban már több mint 800.000 berendezést üzemeltetnek és évente 50.000 új egység épül. Curtis és szerzőtársainak vizsgálatai alapján a világ közvetlen geotermikus hőhasznosításában a földhőszivattyúk 2004-ben a teljesítmény 54,4%-át és a hőtermelés 32,%-át biztosították. Az összkapacitás 15,4 GW és a hőmennyiség 87,5 TJ/év volt. Fridleifsson és munkatársainak vizsgálata alapján Kínában is dinamikusan terjednek a földhőszivattyúk, mely az ilyen rendszerrel kifűtött belső terek szinte évenkénti megduplázódásához vezet.

Genter és Beardsmore legdinamikusabban fejlesztett területnek világszerte az EGS-rendszereket tartja, melynek potenciálja egyhangúan nagyra becsült. Annak ellenére, hogy még sok részletkérdés tisztázandó, Ausztráliában, Németországban, Franciaországban és Ausztriában már terveket dolgoztak ki és széleskörű kutatásokat végeznek és mintaprojekteket valósítottak meg.

Mádlné szerint a nemzetközi trendek tekintetében jelenleg két fejlődési irány mutatkozik. A konvencionális, hidrotermális készletek hasznosítása geotermikus erőművekkel, főleg fejlődő országokban, Indonéziában, a Fülöp-szigeteken prognosztizálható. Emellett várható, hogy a földhőszivattyúk terjedése sok olyan országban is megindul, amelyekben eddig csak igen kevés ilyen típusú berendezést létesítettek. Az EGS-rendszerek gyors és széleskörű elterjedése is valószínűsíthető. A földhő intenzívebb felhasználását elősegíthetik a politikai célkitűzések, mint például a 20/20/20% irányelv az Európai Unióban. Több országban jelenleg is folynak nagyméretű geotermikus fejlesztések, de a tárgyalt országok egyike sem rendelkezik akkora geotermikus potenciállal, mint Magyarország.

A magyarországi agrárgazdasági termálvíz és geotermikus energia hasznosítás mintaterülete a Szentesi Árpád-Agrár Zrt, ahol Csikai Miklós, Zentai Ákos és Nagy Gál János vezetésével több évtizedes múltra tekint vissza a technológia komplex és többlépcsős hasznosítása. Az 1950-es évektől számtalan mezőgazdasági üzemegység részére létesítettek termálkutakat, azonban Szentesen

épült ki a legszélesebb hasznosítási vertikum, ami több agrárgazdasági geotermikus beruházás mintájául szolgált az országban. Szerintük kiemelt jelentősége van a geotermia mellett a kombinált megújuló energiatermelésnek, nagy hangsúlyt fektetnek az energiatakarékosságra, az energiahatékonyság növelésére, melyhez folyamatos fejlesztésekre van szükség, fontos szerepet tulajdonítva az állami szerepvállalásnak. Ennek hiányában a hazai agrárium fokozatosan leszakad és bedarálják a külföldi versenytársak. Ugyanakkor az energetikai korszerűsítésekkel a korábbi energiaszükséglet 60%-al csökkenthető, mely jelenleg talán az egyetlen versenyelőnyt teremtő lehetőség az Európai Unió agrárszereplőivel szemben.

A hazai mezőgazdasági termálvíz hasznosítás fejlődését, a mezőgazdasági hévízhasznosítás jelenlegi szintjét, a hidrogeológiai alapok megteremtése, a rendszeres vízkészlet gazdálkodási állapot értékelések tették lehetővé, mely Lorberer Árpád nevéhez fűződik. A termálvíz közvetlen hasznosítás mezőgazdasági jelentőségének fontosságára, annak magyarországi kiemelkedő szerepére Árpási Miklós hívta fel a figyelmet. Szerinte a termálvíz felhasználás mennyisége tekintetében Magyarország kiemelkedő helyet foglal el a világban, azonban a hatékonyság területén elmaradásaink vannak. Ennek fő okát a szabályozás jogi alapjainak hiányosságaiban látja. Javaslatai szerint átfogó jogi szabályozás kialakítása szükséges, mely egyaránt figyelembe veszi a gazdasági és környezeti szempontokat. Popovszki és Árpási szerint Magyarország az üvegházak termálvízzel történő fűtése terén, a gazdasági hátrányok ellenére is a világ élvonalába tartozik. A termálvízzel fűtött üvegházi terület 2004-es adatok szerint elérte a 130 hektárt, mellyel akkor a második helyen állt az Egyesült Államok 183 hektáros területe mögött. Felméréseik szerint 2006-ban Magyarországon 206 termálkutat használtak mezőgazdasági hőhasznosításra. Az alacsonyabb hőmérséklet tartományú termálvizek sikeres üvegházi hasznosítása és a pannóniai homokkőbe történő visszasajtolás technológiai megoldása terén kiemelkedő érdeme van György Zoltánnak, aki először a fülöpjakabi kertészetben létrehozott pilot projekt kapcsán igazolta e lehetőségek realitását. Szanyi János és Kurunczi Mihály a geotermikus energia, különböző hőfoktartományainak maximális kihasználását és ennek során az egymástól eltérő típusú felhasználói területek egymásra építését látja kiemelt fontosságúnak. Szerintük a települési geotermikus rendszereknek a hagyományos energiahordozók árának növekedésével egyre nagyobb realitásuk van az energiahatékony, olcsó és tiszta települések megteremtésében.

9.3 Geotermikus adottságok Magyarországon és az Észak-alföldi régióban

1. tézis: Az Észak-alföldi régió kedvező adottságokkal rendelkezik a geotermikus energia hasznosítás és az agrárgazdaság területén, 2011-ben az Észak-alföldi régióban a kiépített termálkutak 31%-a, azaz 96 termálkút állt kihasználatlanul.

A geotermikus energia hazánkban az egyik legrégebben használt megújuló energiaforrás, melynek elterjedését a technológiai fejlődés egyre szélesebb körben teszi lehetővé. Az Észak-alföldi régió gazdag forrásadottságokkal rendelkezik. A kéreg felépítésének eredménye az átlagnál nagyobb geotermikus gradiens, a földi hőáram kétszerese a kontinentális átlagnak és másfélszerese világátlagnak. Az ország területének több mint 70%-án minimum 30°C-os termálvíz feltárható, így a geotermikus potenciál jelentős. A térség kedvező hidrotermális adottságai a Kárpát-medence geologiai-hidrogeológiai fejlődéstörténetének következménye. A mezozoikum óta zajló üledékfelhalmozódás nagy kiterjedésű víz- és hőtározó kőzettesteket hozott létre, melyek geotermális természeti kincsünk alapját képezik. A Balaton-, és Közép-magyarországi-vonalaktól délre magas hőmérsékletű területek helyezkednek el, amelyek a legkedvezőbbek a geotermikus energia kitermelésére. Az energiahordozó termálvíz – neogén- és karbonátos rezervoárokból – ered. A termálvíztároló képződmények porozitási és permeabilitási jellemzői kedvezőek, a hőáram és a beszivárgás sebessége a Pannon-medence egyes területein magas, máshol alacsony. A fosszilis és utánpótlódó víztestek vízkémiai jellemzői jelentős eltéréseket mutatnak, ásványi anyag tartalmuk változatos. A magyarországi alacsony entalpiájú hévizek energiája elsősorban hőszivattyús hasznosításra, valamint közvetlenül hőellátásra alkalmas. A villamosenergia-termeléshez legalább 120°C-os vízre van szükség. Ilyen hőmérsékletű vizek, elegendő mennyiségben csak nagy mélységben és korlátozott kiterjedésű víztárolókban áll rendelkezésre az országban. EGS-rendszerű geotermikus erőművi egység pedig a mai napig nem működik Magyarországon.

9.4 Az Észak-alföldi régió agrárgazdaságának területi és ágazati jellemzése

Az Észak-alföldi régió a mezőgazdasági termelés szempontjából kedvező adottságokkal rendelkezik. Magyarország második legnagyobb agrárrégiójában a szektor jelentősége az országos átlag feletti. A tradicionális ágazat a természeti adottságok, a termelési tapasztalatok, valamint a piaci lehetőségek tekintetében viszont messze alulmúlja elérhető teljesítő képességét országos és regionális téren egyaránt. A művelési ágak közül legjelentősebb a szántó. Az állattenyésztési ágazat az utóbbi húsz évben fokozatosan veszített jelentőségéből, de országos szinten még mindig kiemelkedő. Az erdőterületek aránya az országos átlaghoz képest alacsony és területi egyenlőtlenségeket mutat. A régió iparában az élelmiszeripar, italgyártás és dohányfeldolgozás tradicionálisan jelentős részt képvisel, az élelmiszeripar területén a kis- és közepes üzemek jellemzőek, a könnyűipari ágazatok térbeli elhelyezkedése kiegyenlített. A termálvizet a mezőgazdaságban alapvetően üvegházak fűtésére, valamint öntözésre, talajfűtésre terménynszárításra is, valamint állattartó telepek fűtésére használják. Az élelmiszer- és könnyűipar területén a legjellemzőbb hasznosítási területe a sör-, étolaj- és cukorgyártás, a tej- és húsipar, valamint a dohányfermentálás. Telephelyadottságainál fogva e gazdasági szektor kiemelten jó helyzetben van nem csak a geotermikus energia, de minden más, Magyarország területén elérhető megújuló energiaforrás kiaknázása tekintetében.

9.5 Az Észak-alföldi régióban rendelkezésre álló termálvíz és geotermikus kapacitás jellemzői

2. tézis: A termálkutak területi elhelyezkedése illeszkedik a geológiai adottságokhoz. A jobb geotermikus potenciállal rendelkező JNSZ megyében összpontosul a kutak több mint fele.

Az Észak-alföldi régióban, 1915 óta 312 termálkutat mélyítettek, melyek széleskörű felhasználási célokat szolgáltak a fürdőhasznosítástól az agrárgazdasági, ipari célokon keresztül a kommunális vízellátásig. A régióban a legjelentősebb felhasználó a balneológia a kutak 34 százalékával, ezt követte a kommunális vízfelhasználás 26 százalékkal, az agrárgazdaság 21 százalékkal, valamint az ipar 10 százalékkal. Az agrárgazdasági-fürdő, valamint a monitoring és gyógyászati felhasználáson kívül a különböző kombinált és geotermikus energia hasznosítására egy-két példa volt jellemző a régióban. 2011-re a gazdasági berendezkedés, az állami szerepvállalás és a közigazgatás átalakulása miatt a termálkutak száma 30 százaléka használaton kívül áll lezárták vagy eltömték. A hasznosítási súlypontok áthelyeződtek, a felhasználás szerkezete némileg átalakult. 2011-ben a legnagyobb felhasználó továbbra is a balneológia 22 százalékkal, ezt követi a kommunális vízellátás kiszolgálása 17 százalékkal, majd az agrárgazdasági hasznosítás 14 százalékkal. Ezek az ágazatok sorrendiségüket ugyan megőrizték, azonban a régió átlagához hasonlóan közel 30 százalékkal csökkent a használatban álló kútjaik száma. Pozitív változás, hogy a termálvíz hordozta geotermikus energia hasznosítása egyre népszerűbb alternatív energiahasznosítási mód, azonban e felhasználás szinte csak a fürdőkomplexumokra jellemző. Átlagosan a legnagyobb visszaesést az ipari termálvíz alkalmazása szenvedte el, mely regionálisan elérte az 50 százalékot. A gyógyászati és különböző többlépcsős hasznosítási módokra továbbra is kevés példával szolgál a régió *(28-29. ábra)*.

A régió megyéiben a termálvíz hasznosítás területén a gazdasági ágazatok különböző súllyal szerepelnek. Szabolcs-Szatmár-Bereg megye területén a fürdőhasznosítás a legjelentősebb vízfelhasználási mód, melyet alárendelten az ivóvízellátás követ, ami megfelel a gyenge adottságoknak. Energetikai hasznosítására elsősorban az agrárgazdaságban – istálló és egyéb épületfűtés – nyílhat lehetőség. Hajdú-Bihar megyében a felhasználás szinte teljes mértékben a fürdőhasznosításnak van alárendelve. A kitermelt hőfokok jelentős geotermikus kapacitás-tartalékkal rendelkeznek. Jász-Nagykun-Szolnok megye, kedvező adottságaiból adódó, magas termálkút-száma – a jó vízadó képességű rétegösszletek okán – a kommunális vízfelhasználást teszi dominánssá, azonban e kutak tartalék vízellátási célokat szolgálnak, jelentőségük csak bizonyos területeken magas. A legtöbb működő kút így az agrárgazdaság és a fürdők igényeit elégíti ki. A megye területén alacsony a kombinált hasznosítás, viszont itt és a hajdúsági fürdővárosokban a legmagasabb a termálvíz fűtési célú alkalmazása.

9.6 A geotermikus energia alkalmazása az agrárgazdasági vállalkozások körében

3. tézis: A mezőgazdasági vállalkozások jelentős része tevékenysége és adottságai alapján alkalmas a geotermikus energia hasznosítására az Észak-alföldi régióban.

Az Észak-alföldi régióban, agrárgazdasági tevékenységet folytató gazdálkodó szervezetek körében végzett kérdőíves felmérés eredményeit összefoglalva megállapítható: hogy az Észak-alföldi régióban tevékenykedő agrárgazdasági tevékenységet folytató gazdálkodó szervezetek 37 fő gazdasági tevékenységet, valamint 50 melléktevékenységet folytatnak. A régió vállalkozásainak fő tevékenységei közül 24 olyan van, amely során a geotermikus energia, mint közvetlen hőenergia hasznosítható. Ez a választható fő tevékenységek 65%-át képviseli, mely tevékenységeket a vállalkozások 43%-a, azaz 87 vállalkozás fő tevékenységként folytat. A Lindal-diagram hasznosítási területei alapján 21 tevékenységhez használható fel a termálvíz közvetlen hőenergiája, ami a fő tevékenységek 57%-át jelenti. Ilyen tevékenységet folytat a régió 73 vállalkozása, ami a vállalkozások 36%-a *(12. melléklet)*. A vállalkozások a 76-ból 50 melléktevékenységet folytatnak. E melléktevékenységekből 28 során lehet hasznosítani a geotermikus energiát, az elsődleges hőfelhasználáson keresztül. Ez a tevékenységek 52%-ának felel meg, melyet 201 vállalkozás folytat a régióban. A Lindal-diagram hasznosítási területeit figyelembe véve, 23 tevékenységhez használható fel a termálvíz hőenergiája, ami a melléktevékenységek 46%-át teszi ki. Ezeket a tevékenységeket a régióban 190 gazdálkodó szervezet űzi *(12. melléklet)*.

A gazdálkodó szervezetek 59%-a egy telephellyel, 21%-a kettővel rendelkezik, 9%-a három telephelyen gazdálkodik. Négy telephellyel a vállalkozásoknak mindössze 1%-a rendelkezik, 5 db telephelye van 3%-nak, és végül 7%-a birtokol ötnél több telephelyet. A válaszadók telephelyeinek száma így összesen 455.

A telephelyeken folyó gazdasági tevékenységek mindegyike képes a termálvíz és geotermikus energia hasznosítására. Az agrárgazdaságban tevékenykedő gazdálkodó szervezetek, telephelyeik nagy többségét mezőgazdasági állattenyésztésre, növénytermesztésre, raktározásra terménszárításra, élelmiszer feldolgozásra, továbbá logisztikai, valamint egyéb célokra hasznosítják. A kérdésre választ adók 721 telephelyéből 705-ön a fenti hasznosítási célt valósítják meg. Megújuló energiatermelésre az agrárgazdasági telephelyek közül mindössze egyet hasznosítanak.

4.a tézis: A megújuló energiaforrások alkalmazása a mezőgazdasági vállalkozások körében alacsony (14%). A meglévő termálkutakat energiatermelésre egy mezőgazdasági gazdálkodás sem használja. S ennek használatát a jövőben sem tervezik.

A gazdálkodó szervezetek által jelenleg használt geotermikus energia, valamint egyéb megújuló energiaforrás alkalmazása terén megállapítható, hogy a 186 válaszadó mintegy 14%-a, azaz 26 vállalkozás alkalmaz megújuló energiaforrást tevékenységének energiaellátásához, illetve annak részleges fedezése céljából. A legtöbben biomasszát, fapelletet, biobrikettet, szalmabálát, biogázt és biodízelt használnak. Ennek oka, hogy ezen energiahordozók előállításához szükséges alapanyagok a régióban rendelkezésre állnak, az agrárgazdasági tevékenységek során előállíthatók, illetve rendszeresen keletkeznek, mint melléktermék. A biomasszát a hét vállalkozásból hatan hőtermelésre, egy vállalkozás pedig villamos energiatermelésre használja fel. A fapelletet, biobrikettet és szalmabálát kizárólag hőtermelési céllal alkalmazza a 14, ezzel foglalkozó vállalkozás. Egy vállalkozás, amelyik biogázt állít elő, a keletkező energiahordozót villamos energiatermelésre, a biodízelt alkalmazó szintén egy vállalkozás pedig üzemanyag célra termeli azt. A mezőgazdasági másodlagos nyersanyagok adta zöldenergia forrásokon túl a válaszadók egyedül a napenergiát hasznosítják. A három vállalkozás közül egy villamos energia-termelésre, kettő pedig hőtermelésre-fűtésre használja fel. Az Észak-alföldi régió egyetlen agrárgazdaságban tevékenykedő gazdálkodó szervezete sem használ geotermikus energiát (sem termálvizes hordozó közeggel, sem hőszivattyúval), bioetanolt, szélenergiát és vízenergiát energiaszükségleteinek fedezésére *(40. ábra)*.

A megújuló energia beruházások jövőbeli megvalósítása, további megújuló energiaforrások alkalmazása, illetve a már működő kapacitások bővítésének szándéka tekintetében a gazdálkodó szervezetek 27,8%-a tervezi alternatív energiahordozók használatát, a többi 72,8% nem gondolkodik ilyen jellegű fejlesztésekben *(41. ábra)*. A vállalkozások közül 117-en terveznek megújuló energiahordozót alkalmazni. A vállalkozások többsége, mintegy 44 gazdálkodó szervezet napenergia alkalmazását tervezi, közülük 23-an hőtermelésre, 11-en pedig villamos energia előállítására. Tizenöt-tizenöt válaszadó biomassza, illetve szalmabála elégetéséből származó energiát kíván alkalmazni. A biomasszában gondolkodók közül 14-en hőtermelésre-fűtésre, egy vállalkozás pedig villamos energiatermelésre alkalmazná. A szalmabálát kivétel nélkül hőtermelésre-fűtésre szándékoznak felhasználni. Szélenergiát 12 vállalkozás villamos energiatermelésre tervez, biodízel előállítását pedig 11 vállalkozás üzemanyag előállítási céllal. Biobrikettet két vállalkozás villamos energiatermelésre, hat pedig hőtermelésre tervez alkalmazni. A hét biogáz előállításban érdekelt gazdálkodó szervezet többsége, vagyis öt vállalkozás villamos energiát állít elő a jövőben, egy hőtermelésre fordítja majd, egy pedig üzemanyagot tervez előállítani belőle. Geotermikus energia alkalmazását, ahol a termálvíz a hőszállító közeg, négy válaszadó tervez a jövőben energiaigényeinek fedezésére felhasználni, mindezt – a régióra jellemző alacsony entalpiájú hévizeknek megfelelően – hőtermelésre-fűtésre. Hőszivattyús rendszerű földhő-kitermelést szintén négy vállalkozás tervez hasonló céllal. Négy gazdálkodó szervezet tervez fapellet alapú hőtermelést, valamint három vállalkozás törekszik üzemanyag igényeinek fedezését bioetanollal biztosítani.

Amennyiben az összehasonlítást a felhasználási cél szerint értékelem, abban az esetben megállapítható, hogy a 117 vállalkozásból 71 esetben a megújuló energiaforrások alkalmazásának célja a hőtermelés-fűtés, 31 gazdálkodó szervezet villamos energiát tervez alternatív energiahordozókból előállítani, 15 pedig üzemanyag előállításra törekszik *(41. ábra)*.

A beruházások méretét vizsgálva megállapítható, hogy a megújuló energiahordozó alkalmazását tervező agrárgazdasági vállalkozások összesen mintegy 14,454 MW összteljesítményű energiatermelő létesítményt kívánnak létrehozni a 2010-2020 közötti évtizedben. Az összteljesítmény 61%-át, azaz 8771 KW-ot hőtermelésre-fűtésre, 26%-át, vagyis 3829 KW-ot villamos energiatermelésre, 13%-át, ami 1853 KW, pedig üzemanyag célra terveznek. A beépíteni kívánt teljesítmény tekintetében az energiahordozók közül kiemelkedik a biomassza 6605 KW-os tervezett teljesítménnyel, ezt követi a szalmabálára alapozott 3190 KW-tal, valamint a napenergia 1817 KW-tal. A többi megújuló energiahordozó egy nagyságrenddel alacsonyabb tervezett összteljesítménnyel szerepel a vállalkozások terveiben. A termálvízre alapozott geotermikus energia tekintetében 500 KW, a földhő vonatkozásában pedig 850 KW összteljesítményű beruházást terveznek kiépíteni. A mezőgazdasági másodlagos nyersanyagok közül a fapellet és a biobrikett vonatkozásában egyaránt 190 KW-os összteljesítmény; a biogáz és a biodízel esetében pedig 500 és 300 KW-os tervek szerepelnek.

A szélenergia tervezett összteljesítménye a régió agrárvállalkozásai körében 312 KW. A vízenergiát egy gazdálkodó szervezet sem kíván hasznosítani. A bioetanolt három vállalkozás jelölte be, azonban a beépíteni kívánt kapacitás tekintetében nem nyilatkoztak, így e két energiaforrás nulla teljesítménnyel szerepel *(42-43. ábra)*.

4.b tézis: A geotermikus lehetőségek kihasználásának alapvető akadálya a forráshiány, a szakmai érdeklődés, az újító szakemberek és a megújuló energiahasznosítással kapcsolatos ismeretek hiánya. Ez az oka a kihasználatlan kapacitásoknak és az új beruházások elmaradásának.

A megújuló energiaforrások alkalmazását elvetők körében, annak legfőbb oka 68%-ban a szükséges források hiánya, 8,6% szkeptikus volt a megújuló energiaforrásokkal szemben, 9,9%-nak pedig nincsenek ismeretei a témával kapcsolatban, 13,6% egyéb – a felkínált választási lehetőségeken túli – okokra hivatkozott.

Ahhoz, hogy az agrárgazdaságban tevékenykedő gazdálkodó szervezetek megújuló energia beruházásokat eszközöljenek, a megtérülési időnek több mint 60% esetében ötéves, 35%-nál tízéves, 3,2%-nál pedig 15 éves időtartamon belül kell lennie. A második legjelentősebb feltétel a támogatási intenzitás mértéke. A vállalkozások egyharmada 90% feletti támogatási intenzitás esetén kezdené meg megújuló energetikai projektjét, 38,3 százalék 70%, míg 26,2% már 50%-os támogatással is vállalhatónak tartja. Az eredmények azt mutatták, hogy nagyon kevesen gondolkodnak alternatív energetikai beruházásban 30%-os támogatási intenzitás (a válaszadók 1,6%-a), valamint 10%-os dotáció (a válaszadók 0,5%-a)

mellett. Az agrárvállalkozások közül 160 már akkor is fontolóra venné fosszilis energiaforrásának kiváltását, ha egyáltalán valamilyen szubvenciót igénybe lehetne venni a zöldenergia beruházás során. Jelentős számú vállalkozásnál (83 db, ill. 80 db) volt fontos szempont a megújuló energiahordozókkal kapcsolatos ismeretterjesztés hatékonyságának növelése, valamint a saját célra fel nem használt energia hatósági átvételének lehetősége.

A működési eredményesség tekintetében a vállalkozások a 2008-as évet 74%-ban nyereségesen, 10%-ban veszteségesen, míg 8,2%-a nullszaldósan zárta.

A kérdőíveket visszaküldő gazdálkodó szervezetek összesen 106 székhely szerinti településéből 48-ban van termálkút, ennek ellenére geotermikus energiát jelenleg egy vállalkozás sem alkalmaz és a jövőbeli tervei között is csak négynek szerepel. Az Észak-alföldi régióban a vállalkozások székhely szerinti településein összesen 201 termálkút létesült, melyekből 56 áll kihasználatlanul. A kihasználatlan kutak használhatók lehetnének a megújuló energiát használni tervező gazdálkodó szervezetek körében.

9.7 Agrárgazdasági geotermikus energiahasznosítás esettanulmányokon keresztül

5. tézis: Elsősorban nem azok a mezőgazdasági vállalkozások használnak és terveznek használni geotermikus energiaforrást, amelyek több termálkúttal és magasabb kifolyóvíz hőmérsékletű vízzel rendelkeznek, hanem a megfelelő agrárpiaci potenciállal és innovatív, menedzsment-szemléletű szakemberekkel rendelkezőek.

Az esettanulmányok tapasztalata szerint azok a gazdálkodó szervezetek, amelyek kimagasló geotermikus adottságú területen szerteágazó agrárgazdasági tevékenységet folytatnak, a geotermikus energiát minden – a termelés során felhasználható – területen alkalmazzák jelentős költségmegtakarítást érnek el, versenyképesebbek és sikeresen működnek. Ezek az agrárgazdasági nagyüzemek a rendszerváltást követően nem bomlottak fel, üzemméretüket, szakembergárdájukat és eszközállományukat megtartották. Méretüknél és lobbyerejüknél fogva hatással vannak a piacokra, valamint a geotermikus energiahasznosítás törvényi kereteinek alakulására.

6. tézis: Az Észak-alföldi régió területének 90%-án, a geotermikus energia sikerrel hasznosítható az agrárgazdaságban. Az új technológiák alkalmazásával a gyengébb adottságú térségekben is van lehetőség a geotermikus energia hasznosításra, energia megtakarításra.

A jó geotermikus adottságú területen tevékenykedő agrárgazdasági családi vállalkozások, kertészetek, amelyek energiaigényük fedezésére geotermikus energiát alkalmaznak, energiaköltségüket 60%-al csökkenteni tudták, ezáltal versenyképesebbé váltak. Beruházásaik – amelyeket akár pályázati forrásokból

vagy önerőből valósítottak meg – egyaránt 5-6 éves időintervallumon belül megtérülnek.

Azok az agrárgazdasági vállalkozások, amelyek gyenge geotermikus adottságú területeken működnek, azonban e gyenge adottságokat jól hasznosítják, jelentős energia megtakarítást, ezen keresztül hatékonyabb, versenyképesebb működést érnek el, még egy olyan – a törvényi szabályozások által hátrányosan érintett – ágazatban is, mint a dohányipar.

7. tézis: A jogszabályi környezet az állattartással foglalkozó nagyüzemeknél a biogáz beruházások felé tereli a rendelkezésre álló forrásokat.

A kiterjedt agrárgazdasági tevékenységet folytató nagyüzemi gazdaságok, amelyek itt kedvező geotermikus adottságú területen, jelentős állatállománnyal rendelkeznek az Európai Uniós direktívákat követő szigorodó jogszabályi követelmények miatt forrásaikat biogáz üzemek létesítésére fordítják. Így megfelelnek az agrárgazdasági rendtartás követelményeinek, és élvezik a biogáz széleskörű helyi felhasználásának előnyeit.

Azok az agrárgazdasági vállalkozások, amelyek jó geotermikus adottságú területen működnek, valamint termálkúttal is rendelkeznek, de a gazdálkodó szervezet a rendszerváltást követően felbomlott és csökkentett üzemméretben, átalakult szervezeti formában működött tovább, a meglévő termálkútjaik adottságait sem használják ki és újakat sem létesítenek. Ennek oka a súlyos forráshiány, mely a korábbi termőterületek és eszközállomány nagy része, továbbá a szakembergárda elvesztése miatt következett be. E vállalkozások napjainkban a túlélésért küzdenek, nem rendelkeznek fejlesztési forrásokkal.

A gyengébb geotermikus adottságú területeken tevékenykedő agrárgazdasági vállalkozásokra is érvényes a korábbi (5.) megállapítás, mely szerint a felbomlott szövetkezetek és könnyűipari vállalatok eszközállományán létrejött kisebb vállalkozások forráshiánnyal küzdenek. A rendelkezésre álló beszűkült finanszírozási lehetőségek elsősorban a folyamatosan változó jogszabályi követelményeknek való megfelelést, a működést és fennmaradást szolgálják. Előre mutató fejlesztések – technológiai szerkezetváltás – még pályázati támogatás esetén sem megvalósíthatók vagy hatalmas erőfeszítéseket és hosszú távú elkötelezetséget, a vállalkozás eladósodását kívánják meg A nagy beruházási igényű geotermikus fejlesztéseket nem képesek megfinanszírozni, valamint a megörökölt termálkút hőenergiájára a technológiai folyamatokhoz sokszor nincs is szükségük.

9.8 Kutatásom gyakorlati hasznosíthatósága, javaslatok

- A forráshiány kedvező mezőgazdasági hitelezéssel, újszerű finanszírozási technikákkal és hosszú távú kiszámítható szubvencionálással feloldható.

- A helyi geotermikus adottságokhoz és agrár termelési sajátosságokhoz, célokhoz igazodó modellszámításokat tartalmazó kézikönyv, valamint információs rendszer létrehozása.

- A jól megalapozott, hosszú távú agrárgazdasági és energetikai stratégia ösztönözné a hosszabb távú befektetési kedvet.

- A megújuló energia hasznosítási pályázati lehetőségeket, folyamatosan fenn kell tartani a Magyarországon hatékonyan alkalmazható összes megújuló energiaforrás körében.

10. Summary and conclusions

The North Great Plain Region has favourable hydrothermal endowments, and the utilization of this source of energy in agriculture looks back on a history of several decades. Nevertheless, the volume of the sectoral use of geothermal energy is still far under the potentials. When compared to its natural endowments, the performance of the region and its agriculture is rather low. In the production costs, a considerable share is taken by the price paid for energies, and its reduction is viewed as a priority task. The choice of this topic is underlined by one of the major problems of the world and Hungary: the need to satisfy a continuously increasing demand for energy, the mitigation of the environmental threats carried by fossil fuels, as well as the moderation of energy dependence. In Hungary and the North Great Plain Region, agriculture is one of the dominant sectors of strategic significance, and its effective and cost-efficient operation has overall social implications. Agriculture is at the same time a key energy consumer, its costs and expenses are largely determined by the price paid for energies. A factor potentially increasing the efficiency of the agriculture of the basically disadvantaged North Great Plain Region is the broad-scaling, multi-phased and sustainable utilization of geothermal energy. This study aims at proving that use of geothermal energy is a realistic alternative for agriculture activities in the North Great Plain Region in terms of the provision of heat to the technologies of the individual activities and the heating of the buildings.

The natural and social geographic description of the North Great Plain Region; global situation of geothermal energy utilization, methods of use followed in the individual countries; steps and agricultural applications of the domestic utilization of geothermal energy, the Hungarian and regional implications of the geothermal energy research, the geologic and hydrogeologic endowments of the northeastern region of the Great Plains, evolution of hydrothermal systems, their temperature, pressure, porosity, permeability and hydrochemical properties, as well as the regional and economic characteristics of Hungarian agriculture, the general, historic and geothermal energy utilization aspects of agriculture in the region have all been studied with reliance on and critical evaluation of the associated, domestic and international literature. The parameters of thermal wells in the North Great Plain Region, the existing thermal water and geothermal capacities, the range of potential utilizations and the actual utilization rates have been described on the basis of broad-scaling data collection, with the associated information coming from various databases and personal data collection. A survey on the utilization of renewable energies among the stakeholders of agriculture has been conducted with the use of a structured questionnaire-based method; with reliance on the case studies and personal interviews made among the enterprises operating thermal wells. For the preparation of this research and study, MS Excel, PPT, Evasys, Paint programs have been used, maps, charts and tables have been processed.

10.1 My hypotheses

8. The North Great Plain Region has good geologic endowments, unutilized capacities in the field of geothermal energy utilization, particularly in the field of agriculture.
9. The distribution of thermal wells shows an uneven geographic setup, in alignment with the existing geologic endowments.
10. In view of their activities, most of the agricultural enterprises in the North Great Plain Region are suitable for the use of geothermal energy, which is also supported by their existing faculties.
11. The actual and intended application of renewable energy resources – principally geothermal energy – is strong among agricultural enterprises.
12. Legal and economic regulators tend to distort the use of endowments to a significant degree.
13. Those agricultural enterprises use or plan to use geothermal energy resources that have more thermal wells and effluent waters of higher temperature.
14. With the use of new geothermal technologies and procedures, businesses operating in areas of weaker endowments – even the smaller enterprises – could cut back their operating costs materially.

10.2 Results of the analysis of the associated, domestic and international literature

One of the most wide-spread of the global geothermal energy utilizations is represented by the generally available ground source heat pumps. They are followed by direct heat utilization, while for the generation of electric power areas featuring medium and high enthalpy are needed, and they basically follow active edges of continental plates. EGS systems, mostly under research and development with high investment and technologic demands, still have only pilot plants.

In the field of the utilization of geothermal endowments for electric power generation, today the studies of Dickson, Fanelli and Bertani have revealed 24 countries producing electricity from ground heat sources, with shares up to 15–22% from the electricity supply of the given countries, such as in the case of Costa Rica, El Salvador, Iceland, Kenya, the Philippines. In 2004, globally 8.9 GWe capacity produced 57 TWh power. From 1999 to 2004, the volume of global geothermal electricity production saw an annual growth rate of 3%; between 2005 and 2007, the installed capacity increased by 800 MWe. Recently, even geologically “quiet” areas, the like of Austria and Germany, have launched geothermal electric power generation operations. When a future outlook is concerned, Bertani claims that the minimally expected total capacity is 35–70 GWe, whereas its maximum is 140 GWe. The potential rises even higher if EGS

systems are also taken into consideration; according to Tester et al. only the USA could commission a total capacity over 100 GWe, while Paschen et al. sees Germany to have the potential of 35 GWe. The development of the technology is expected to focus mostly on the conversion of heat into electric power.

Direct heat utilization is present in several fields of application: heating, industrial and agricultural uses, thermal water baths. In 2004, direct geothermal utilization was operated in 72 countries with a total capacity of 28 GWth and 270 TJ p.a. heat production. According to Lund et al., so far reserves have been found in altogether 90 countries of the world. In view of the global distribution of direct utilization, 52% of ground heat is used for is used in the heat supply in buildings (of which 32% belongs to ground source heat pumps), 30% in baths (medicinal baths, holiday resorts), 8% in agriculture (greenhouses, soil heating), 4% in industry and a similar 4% in fish breeding. At the present, Hungary ranks seventh in direct geothermal energy utilization, but was still third in 2000 on the global scale. Such countries have come before us like Turkey and Sweden. Rybach claims that in the past decade the most apparent way of development in direct use has been the spread of ground source heat pumps. It in fact represents one of the fastest growing categories of renewable energy resources. This well-established technology exploits the relatively constant temperature of the reserve range, 4–30°C for various applications: heat supply in buildings and air-conditioning, hot water supply to apartments, schools, industrial, public and commercial facilities.

According to Lund's surveys, in 2006 the EU operated more than 500,000 equipment units with a capacity of 7.2 GW. On the other hand, the USA has already deployed more than 800,000 devices, and annually some 50,000 new units are constructed. Curtis et al. have concluded their study by stating that in 2004 ground source heat pumps were responsible for 54.4% of the total capacity and 32% of heat generation in the world's direct geothermal heat utilization. The total capacity was then 15.4 GW, while the heat quantity came to be 87.5 TJ p.a. In the light of Fridleifsson et al's studies, China also witnesses a dynamic spread of ground source heat pumps, with the indoor spaces heated by such systems nearly doubling from year to year.

On a global scale, Genter and Beardsmore consider EGS systems to represent the most dynamically developed field whose potentials are unanimously highly esteemed. In spite of the fact that still there are several details to be clarified, Australia, Germany, France and Austria have already worked out their own plans, launched broadly ranging studies and implemented pilot projects.

Mádlné suggests that in the light of the international trends there seem to be two directions of development. The utilization of conventional, hydrothermal reserves with the use of geothermal power plants is foreseen to be spreading mostly in the developing countries, such as Indonesia and the Philippines. In addition, the propagation of ground source heat pumps is expected to commence in several countries where just very few such devices have been installed so far. EGS systems are likely to spread widely, at a quick pace. The more intensive use of ground heat can be supported by political objectives, e.g. the 20/20/20% guideline in the European Union. There are several countries where large-scale geothermal

developments are being implemented, but none of the examined countries has such geothermal potentials as Hungary.
A model ground for agricultural thermal water and geothermal energy utilization in Hungary is Szentesi Árpád-Agrár Zrt., where under the leadership of Miklós Csikai, Ákos Zentai and Gál János Nagy the complex and multi-phased utilization of the technology looks back on a history of a few decades. Since the 1950s, thermal wells have been constructed for a number of agricultural plants, yet Szentes has been the key area for the development of the broadest range of utilization, and thus served as a model for several agricultural geothermal investments in the country. Beside the use of geothermal energy, a substantial role is attributed to the co-generation of energies from renewable sources, with a focus on energy saving, the improvement of energy efficiency, which requires continuous developments, and calls for the involvement of governmental support. In the lack of these facilities, domestic agriculture will gradually drop back, be overwhelmed by foreign competitors. On the other hand, modernizations can potentially cut the volume of demanded energy by up to 60%, which is likely to be the only opportunity to gain a competitive edge against the agricultural stakeholders of the European Union.

The development of domestic agricultural thermal water utilization, the current level of thermal water use in agriculture have been made feasible by the establishment of firm hydrogeologic foundations, the regular assessment of the conditions of water reserve management, associated with the name of Árpád Lorberer. The importance of the direct utilization of thermal waters in agriculture and its key role in Hungary have been stressed by Miklós Árpási. He has claimed that in terms of the volume of thermal water use Hungary holds an outstanding position globally, while in terms of efficiency we have some negative gaps to close. One of the main underlying reasons can be detected in the deficiencies of the legal grounds of associated legislation, regulations. He has suggested that comprehensive legislation should be put in place to consider both the economic and environmental aspects. According to Popovszki and Árpási, in the field of the heating of greenhouses with thermal water – in spite of the economic disadvantages – Hungary is in the front ranks of the world. According to 2000 figures, the area of greenhouses heated with thermal water reached 130 hectares, ranking second after the 183-hectare area of the United States. In the light of our surveys, in 2006 206 thermal wells were used for agricultural heat utilization in Hungary. When looking at the successful greenhouse utilization of low-temperature thermal waters and the technological solution of reinjection into the Pannonian sandstone layers, Zoltán György has taken a leading role, as he first proved the real potentials of these solutions in as pilot project at the horticultural site of Fülöpjakab. János Szanyi and Mihály Kurunczi have attributed outstanding significance to the maximum exploitation of the various temperature ranges of geothermal energy and the interrelated establishment of different fields of use. They have suggested that with the rise of the prices of conventional energy carriers communal geothermal systems will gain an increasing role in creating energy-efficient, cheap and clean settlements.

10.3 Geothermal endowments in Hungary and the North Great Plain Region

Thesis 1: The North Great Plain Region has favourable endowments in the field of geothermal energy utilization and agriculture; in 2011, 31% of the available thermal wells, i.e. 96 thermal wells were out of use.

In Hungary, geothermal energy is a renewable source of energy having been used for long, while its current spread is allowed by technological development to an ever-broadening extent. The North Great Plain Region is rich in sources. As a result of the crust structure, its geothermal gradient is larger than the average, i.e. the geothermal heat flow is in fact the double of the continental average, and one and a half times larger than the global average. In more than 70% of the area of the country, minimum 30°C thermal water can be explored, and therefore the geothermal potential is remarkable. The favourable hydrothermal endowments of the region are the result of the geologic-hydrogeologic evolution of the Carpathian Basin. The accumulation of deposits starting in the Mesozoic Era has given rise to extensive water- and heat-containing rock bodies, forming the basis of our geothermal natural treasures. To the south of Lake Balaton and the Central Hungarian fault lines, there lie high-temperature areas that are the most favourable for the exploitation of geothermal energy. The energy-carrying thermal water rises from the neogenic and carbonate-containing reservoirs. The porosity and permeability properties of the formations holding thermal water are favourable, the rate of the heat flow and infiltration is high in certain areas of the Pannonian Basin, while it tends to be low in other parts. The hydrochemical characteristics of the fossil and refilling water bodies reflect considerable differences, their mineral contents are rather diverse. The energies of the Hungarian thermal waters featuring low enthalpies are primarily suitable for heat pump utilization and direct heat supply. Electric power generation calls for at least 120°C water. In the country, sufficient volumes of water at such a temperature can be found only at larger depths and kin water reserves of limited expanse. Today, no EGS-type geothermal power plant units are operated in Hungary.

10.4 Regional and sectoral description of agriculture in the North Great Plain Region

In terms of agricultural production, the North Great Plain Region has favourable endowments. In the second largest agricultural region of Hungary, the significance of the sector tends to be over the average. With respect to the natural endowments, production experience and market opportunities, this traditional sector performs well behind its potentials on the national and regional level alike. From among the branches of cultivation, the most significant share is taken by plough lands. In the past twenty years, animal farming has gradually lost its significance, yet remaining

a key sector on the national level. The proportion of forest areas is well under the national average, and shows uneven distribution regionally. In the industry of the region, the traditional focus is on food processing, the production of beverages and tobacco processing; food industry is dominated by small and medium-sized plants, the spatial distribution of light industry sectors is well-balanced. In agriculture, thermal water is used basically for the heating of greenhouses, irrigation, soil heating, crop drying, as well as the heating of animal farming facilities. Concerning food processing and the light industry, typical fields of utilization are the manufacturing of beers, edible oils and sugar, the dairy and meat industry, as well as tobacco fermentation. Due to its site endowments, this economic sector is in a very good position not only in terms of the utilization of geothermal energy, but also the exploitation of all the other renewable energy resources that are available in Hungary.

10.5 Characteristics of the thermal water and geothermal capacity available in the North Great Plain Region

Thesis 2: The geographic locations of thermal wells are well-aligned with the given geologic endowments. More than half of the wells are concentrated in JNSZ County, showing better geothermal potentials.

Since 1915, the North Great Plain Region has witnessed the construction of 312 thermal wells to serve broad-scaling purposes from use in bathing facilities via agricultural, industrial objectives to communal water supply. The largest user in the region is balneology running 34 percent of the wells, followed by communal water use with 26 percent, agriculture with 21 percent and industry with 10 percent. In addition to agricultural and bathing use, as well as monitoring and medicinal applications, there have been just a few examples for various combined utilization of geothermal energy in the region. By 2011, due to changes in the economic landscape, the support provided by the government and the transformation of public administration 30 percent of these thermal wells went out of use, were closed or stopped. The weights of utilization have shifted, the structure of use has been somewhat altered. By 2011, balneology remained the largest user with 22 percent, followed by communal water supply with 17 percent and then agricultural utilization with 14 percent. Although these sectors could preserve their ranks, but similarly to the average of the region the number of wells in use dropped by nearly 30 percent. A positive change has been that the utilization of geothermal energy being inherent in thermal waters has become an increasingly popular way of alternative energy use, though its application is almost exclusively characteristics of bathing complexes. On the average, the largest fallback was suffered by industrial thermal water use, up to 50 percent on a regional scale. The region still has just a few examples for medicinal and various multi-phased methods of utilization *(Figure 28–29)*.

In the counties of the region, the various economic sectors have different weights in thermal water utilization. In the area of Szabolcs-Szatmár-Bereg County, the most significant way of utilization is use in bathing establishments, followed by drinking water supply, reflecting the weak local endowments. Energy-type utilization has potentials primarily in agriculture: heat supply in stables and other buildings. In Hajdú-Bihar County, its use is almost fully subordinated to bathing utilization. The exploited temperatures have considerable geothermal capacity reserves. The large number of thermal wells in Jász-Nagykun-Szolnok County – due to the favourable endowments of the area, i.e. good aquifer complexes – makes communal water use dominant, yet these wells serve the ends of reserve water supply, and have significant roles only in certain areas. Therefore, most of the operating wells satisfy the demands of agriculture and baths. The level of combined utilization is rather low in the county, whereas this area and the bathing towns of Hajdúság can boast of the highest level of thermal water utilization for heating.

10.6 Application of geothermal energy by agricultural enterprises

Thesis 3: In view of their activities and endowments, most of the agricultural enterprises are suitable for the utilization of geothermal energy in the North Great Plain Region.

In summary of the results of the questionnaire-based survey made among the business entities that are involved in agricultural activities in the North Great Plain Region, it can be claimed that business entities of agricultural operating profile in the North Great Plain Region perform 37 types of core economic activities and 50 complementary activities. Concerning the core activities of the region's businesses, there are 24 activities where geothermal energy as a way of direct heat supply can be used. They represent 65% of the optional core activities, and are pursued by 43% of the enterprises, i.e. altogether 87 businesses s core activities. On the basis of the utilization fields in the Lindal diagram, the direct heat energy of thermal water can be used for 21 different activities, representing 57% of the core activities. Such operations are performed by 73 enterprises of the region, i.e. 36% of the businesses *(Appendix 12)*. The enterprises pursue 50 of the 76 complementary activities. 28 of these complementary activities are potential grounds for the utilization of geothermal energy in the form of primary heat use. It corresponds to 52% of the activities, pursued by 201 entities in the region. With respect to the utilization areas of the Lindal diagram, the heat energy of thermal waters can be used for 23 different activities, representing 46% of the complementary activities. These operations are performed by 190 business entities in the region *(Appendix 12)*.

59% of the business entities have one, 21% have two and 9% have three business sites. Only 1% of the enterprises have four business sites, 3% of the entities operate at 5 business sites, and finally 7% of the enterprises have more than

five business sites. In total, the number of the business sites of the respondents was 455.

All of the economic operations performed at these business sites are able to utilize thermal water and geothermal energy. The business entities involved in agriculture use most of their business sites for animal breeding, plant farming, warehousing and crop drying, food processing, as well as logistic and other purposes. 705 of the 721 business sites of the respondents hosted some of the above purposes of utilization. Only one of the agricultural sites is used for the renewable energy production.

Thesis 4.a: The level of the utilization of renewable energies is low among agricultural enterprises (14%). There is no agricultural enterprise to use the existing thermal wells for energy production, and such use is not planned in the future, either.

In view of the current use of geothermal energy and other renewable energy resources by the business entities, it can be claimed that approx. 14% of the 186 respondents, i.e. 26 businesses rely on renewable energy resources for supplying their activities with energy in full or part. Most of them use biomass, wood pellets, biobriquettes, hay bales, biogas and biodiesel. The underlying reason is that the base materials needed for the production of these energy carriers are available in the region, can be produced in the course of the agricultural activities or are regularly generated as by-products. Six of the seven enterprises concerned uses biomass for heat generation, and one entity produces electric power. 14 businesses burn wooden pellets, bio briquettes and hay bales solely for heat generation. There is one entity producing biogas, and using the resulting energy carrier for electric power generation, while another company produces biodiesel as a form of fuels. Beside the green energy resources offered by secondary agricultural raw materials, the respondents use only solar energy. One of the three businesses relies on the power of the sun for electric power generation, whereas the other two for heat production and heating. None of the agricultural entities of the North Great Plain Region uses geothermal energy (neither from thermal water barrels, nor with the use of heat pumps), bioethanol, wind power and hydropower to cover their energy demands *(Figure 40)*.

Regarding the future implementation of renewable energy investments, the application of renewable energy resources, as well as plans for the extension of operated capacities, 27.8% of the business entities foresee the use of alternative energy carriers, while the remaining 72.8% do not contemplate such projects *(Figure 41)*. 117 of these enterprises plan to use renewable energy carriers. The majority of the businesses, altogether 44 entities foresee to use solar energy, 23 for heat generation and 11 for electric power production. 15 respondents wish to use energy from biomass, and 15 other respondents would apply hay bales. 14 of the ones intending to utilize biomass would opt for heat generation, while another enterprise intends to produce electric power out of the biomass. Hay bales are expected to be used for solely heat generation. 12 businesses plan to use wind

power for electric power generation, and 11 entities want to produce biodiesel to make fuel. Biobriquette is foreseen to be used by two enterprises for electric power production, and six other for heat generation. Most of the business entities intending to produce biogas, i.e. give companies want to generate electric power in the future, one company would generate heat generation, while another plans to produce fuel. Four respondents plan to apply geothermal energy – where thermal water is the heat-carrying medium – in the future to cover their own energy demands, all for heat generation and heating, corresponding to the typically low enthalpies of thermal waters in the region. For similar purposes, four enterprises plan to implement heat pump-type ground heat exploitation. Four business entities plan heat generation from wooden pellets, and three other enterprises want to cover their fuel demands from bioethanol.

If this comparison is assessed with respect to the purposes of use, it can be claimed that for 71 of the 117 enterprises the application of renewable energy resources has the objective to perform heat generation and heating, 31 business entities plan to generate electric power from alternative energy carriers, while 15 companies endeavour to make fuel *(Figure 41)*.

With regards to the volumes of these investments, it can be claimed that the agricultural enterprises planning to use renewable energy carriers want to install energy-producing facilities with a combined capacity of 14,454 MW in the decade of 2010–2020. 61% of the total capacity, i.e. 8771 KW is planned to be used for heat generation and heating, 26%, i.e. 3829 KW for electric power generation, 13%, i.e. 1853 KW for the production of fuel. With respect to the capacities to be installed, biomass is associated with the most outstanding capacity from the energy carriers in question with 6605 KW planned capacity, followed by the 3190 KW based on hay bales, as well as 1817 KW for solar energy. The other renewable energy carriers are presented in the plans of the enterprises with significantly smaller planned combined capacities. In view of the geothermal energy based on thermal water and ground heat, the planned level of total capacities for investment is 500 KW and 850 KW, respectively. From among secondary agricultural raw materials, the wooden pellet and biobriquette are both associated with 190 KW total capacities; for biogas and biodiesel, the plans are 500 KW and 300 KW, respectively.

The total capacity planned in relation to wind power is 312 KW among the agricultural enterprises of the region. None of the business entities wishes to use hydropower. Three companies indicated bioethanol, but with respect to the capacities to be installed they have not made any statement, and thus these two energy resources are accompanied by zero capacity *(Figure 42–43)*.

Thesis 4.b: A fundamental obstacle to the exploitation of geothermal facilities is the lack of sufficient funding, as well as the absence of professional interests, innovating experts and knowledge of renewable energy utilization. These are the reasons for unexploited capacities and the failure to implement new investments.

Among those who discard the idea of applying renewable energy resources, the main underlying reason in 68% is the lack of necessary resources, 8.6% seemed to have doubts about the use of renewable energy resources, 9.9% had no knowledge in connection with the topic, 13.6% referred to other reasons beyond the offered options.

In order to enable business entities involved in agriculture to implement investments in renewable energies, for more than 60% of the period of return should be within five years, for 35% within ten years and for 3.2% within 15 years. The second most significant condition is the funding rate. One-third of the enterprises would launch their renewable energy projects with funding rates over 90%, 38.3 percent expect 70%, whereas 26.2% of the business consider a 50% funding rate to be acceptable. The results show that just very few enterprises contemplate the option to invest in alternative energies with funding rates of 30% (1.6% of the a respondents) or 10% (0.5% of the respondents). On the other hand, 160 agricultural enterprises would consider the potential replacement of fossil energy resources if any subsidy were provided for the implementation of investments in green energy. For a large number of enterprises (83 and 80, respectively), the improvement of the efficiency of the dissemination of information about renewable energy carriers, as well as the option of the authority takeover of energy not used for own purposes.

With respect to operating profitability, 74% of the enterprises closed the year of 2008 with profit, 10% were loss-making, while 8.2% were at the break even.

48 of the 106 settlements accommodating the registered seats of the business entities having responded to the questionnaires have thermal wells, yet currently none of the enterprises uses geothermal energy, and only four of them plan to do so in the future. In the North Great Plain Region, settlements accommodating the registered seats of the business entities altogether 201 thermal wells have been constructed, and 56 of them are now out of use. These unutilized wells could be applied by the companies planning to rely on renewable energies.

10.7 Geothermal energy utilization in agricultural in the light of case studies

Thesis 5: Primarily, it is not the agricultural enterprises that have more thermal wells and waters of higher effluent temperatures that plan to use geothermal energy resources, but those with appropriate potentials on the agricultural markets and professionals featuring innovative and management-type attitudes.

In the light of the case studies, it can be claimed that business entities pursuing diverse agricultural activities in areas of outstanding geothermal endowments, and applying geothermal energies in all the fields of operations – as useable for production purposes – can achieve considerable cost savings, are more competitive and successful in their operations. These large agricultural plants did not break up after the change of the political regime, could preserve the volume of their

operations, teams of experts and assets. Due to their sizes and lobbying powers, they can influence the markets, as well as the legislative framework of geothermal energy utilization.

Thesis 6: In 90% of the area of the North Great Plain Region, geothermal energy could be successfully used in agriculture. With the application of new technologies, even regions of less favourable endowments have the option to utilize geothermal energies and save energy in general.

Using geothermal energy to cover their energy demands, family-based agricultural enterprises, horticultural plants located in areas of good geothermal endowments have been able to cut their energy expenses by 60%, thereby becoming more competitive. Their investments having been implemented from grant funding or own resources have returned in 5–6 years.

Agricultural enterprises that are operated in areas of less favourable geothermal endowments, but able to exploit these weak potentials appropriately can achieve considerable energy savings, thus becoming more efficient and more competitive, even in sectors – negatively impacted by the relevant legal regulations – like tobacco industry.

Thesis 7: In the case of large animal farming plants, the regulatory environment channels available resources to biogas investments.

Large agricultural plants pursuing a broad range of agricultural activities in areas of favourable geothermal endowments, and have sizable livestock tend to expend their funds on the establishment of biogas plants in the light of the stringent regulatory requirements adopted in the footsteps of the directives of the European Union. This solution is in line with the requirements of agricultural operations that draw benefits from the extensive local use of biogas.

Those agricultural enterprises that are operated in areas of good geothermal endowments, and have their own thermal wells, but the business associations were dissolved after the change of the political regime, and continued their activities only in smaller volumes, in restructured forms fail to exploit the potentials of the existing thermal wells, neither do they construct new ones. The underlying reason is a serious lack of sufficient resources, resulting from the loss of most of the former agricultural fields and assets, teams of experts. Nowadays, these enterprises are striving for survival, and do not have resources for development.

The above statement (5) – smaller enterprises formed on the remaining assets of dissolved cooperatives and former companies of light industry experience a shortage of funding – is also true for agricultural enterprises operating in areas of weaker geothermal endowments. The available, but rather short financing options primarily serve compliance with the continuously changing regulatory requirements, operations and survival. Inmovative developments – change in the technological structure – cannot be implemented even with grant funding, or call for huge efforts and long-term commitments, the indebtedness of businesses. They

are not able to finance geothermal developments of large investment demands, and on several occasions they are not in need of the heat energy supplied by the legacy thermal wells for their technological processes.

10.8 Practical expediency of my study, recommendations

- The lack of sufficient resources can be tackled with the provision of preferential agricultural loans, innovative financing techniques and subsidies foreseeable for longer terms.

- Creation of a manual presenting model calculations aligned with the local geothermal endowments and the characteristics, goals of agricultural production, as well as an information system.

- A well-founded, long-term agricultural and energy strategy to encourage investment inclination in the long run.

- Grant applications schemes for the utilization of renewable energies to be maintained continuously for all the renewable energy resources that can be efficiently exploited in Hungary.

Felhasznált irodalom:

- **Ádám, B. 2006:** Földhőprogram a magyar geotermikus energia fokozott felhasználására – http://www.hidro-geodrilling.hu
- **Ádám B. 2008/a:** Hőszivattyúzás aktuális helyzete Magyarországon – Kézirat, 4 p.
- **Ádám B. 2008/b:** Hőszivattyús földhő hasznosítás aktuális helyzete Magyarországon az EU helyzet tükrében, Kistelek, Geotermia a XXI. században szakmai fórum, 2008
- **Anonuevo E. 2008:** DOE steps up development of geothermal energy in RP, Manila Times, The (Philippines), 2008
- **Árpási M. – Andristyák, A. – Póta, Gy. 1997:** Geothermal Pilot Projects on Utilization of Low- Temperature Reserves in Hungary, Geothermal Resources Council Transaction: Meeting the Challenge of Increased Competiton. Davis, CA: Geothermal Resources Council, Vol. 21, pp. 327-330.
- **Árpási M. – Szabó, Gy. 1999:** The Role of the Oil Industry on Geothermal Energy Development in Hungary, Direct Utilization of Geothermal Energy, Proceedings of the 1999 Course, International Geothermal Days – Oregon 1999. Klamath Falls, OR: Geo-Heat Center
- **Árpási M. – Szabó Gy. 2000:** Geothermal development in Hungary country update report 1995-1999, In: Hungarian Geothermal Association, Budapest
- **Árpási M. 2004:** Geotermikus energia. – In: Semberi, P.– Tóth, L. (szerk.): Hagyományos és megújuló energiák. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest.
- **Baranyi B. 2007:** A határmentiség dimenziói Magyarországon, Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs, 2007, 98 p.
- **Baranyi B. 2008:** Az Észak-alföldi régió gazdaságának általános jellemzői. In: Baranyi B. (szerk.) Észak-Alföld – A Kárpát-medence régiói 8. Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs, 2008, pp. 208-211
- **Barbier, E., Fanelli, M. 1977:** Non-electrical uses of geothermal energy. Progr. Energy Combustion Sci., 3: pp. 73–103.
- **Barna T. 1999:** Az erdőtelepítés, mint a vidékfejlesztés része. In: Baukó T. (szerk.) Az Alföld a XXI. század küszöbén. Békéscsaba, Nagyalföld Alapítvány. pp. 181-184
- **Bayrackı – Asiye Gül – Koçar – Günnur, 2012:** Utilization of renewable energies in Turkey's agriculture, Renewable & Sustainable **Energy** Reviews, 2012, Vol. 16 Issue 1, pp. 618-63
- **Beardsmore, G. 2007:** The burgeoning Australian geothermal industry. Geo-Heat Center Bull. 28/3. pp. 20-26.

- **Bercziné Makk A. – Pelikán P. 1984:** Júra képződmények a Bükk hegységből – Földtani Intézet Évi Jelentése 1982-ről, Budapest, pp. 137-166
- **Bertani R. 2003:** What is Geothermal Potential? IGA News, 53, pp. 1-3. http://iga.igg.cnr.it.

- **Bertani, R. 2005:** World geothermal power generation in the period 2001-2005. Geothermics, 34. pp. 651-690.
- **Bertani, R. 2007:** World geothermal power generation in 2007. Proceedings of the European Geothermal Congress 2007, Unterhaching, Germany, 30 May – 1 June 2007.
- **Bobok E. – Tóth A. 2010:** A geotermikus energia helyzete és perspektívái, Magyar Tudomány, 2010, Vol. 8. pp. 926-936
- **Borsy Z. – Balogh K. – Kozák M. – Pécskai Z. 1987:** Újabb adatok a Tapolcai-medence fejlődéstörténetéhez, Acta Geogr. Debrecen, pp. 79-104
- **Bouguecha S. - Dhahbi M. 2003:** Fluidised bed crystalliser and air gap membrane distillation as a solution to geothermal water desalination, Desalination, 2003, Vol. 152 Issue 1-3, 237 p.
- **Buday-Sántha Attila, 2001:** Agrárpolitika – vidékpolitika (A magyar agrárgazdaság és az Európai Unió), Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs, 80 p.
- **Curtis, R. – Lund, J. – Sanner, B. – Rybach, L. – Hellström, G. 2005:** Ground source heat pumps – geothermal energy for anyone, anywhere: Current worldwide activity. Proceedings World Geothermal Congress 2005, Antalya, Turkey. http://iga.igg.cnr.it.
- **Csikai, M. 2008:** A termálvíz komplex mezőgazdasági hasznosítása Szentesen, Kistelek, Geotermia a XXI. században szakmai fórum
- **Csomós Gy. – Kulcsár B., 2010:** Termálfürdő fejlesztés az LHH kistérségek városaiban: a kitörési lehetőség alternatívája. In: 16th „Building Services, Mechanical and Building Industry days" International Conference, 14-15 October 2010, Debreceni Egyetem, Hungary, pp. 63-71
- **Demetrescu C. – Nielsen S. B. – Ene M. – Serban D. Z. – Polonic G. – Andreescu M. – Pop A. nad Balling, N. 2001:** Lithosphere thermal structure and evolution of the Transylvanian depression – insights fromNew geothermal measurements and modelling results – Physics of the Earth and Planetary Interiors 126. pp. 249-267
- **Dickson, M. H. – Fanelli, M. 2003:** Geothermal energy, Utilization and technology. Renewable Energies series. – UNESCO Publishing. 205. p.
- **Dövényi P. – Horváth F.1988:** A review of temperature, thermal conductivity, and heat flow data from the Pannonian Basin. In: L.H. Royden and F. Horváth (Editors), The Pannonian Basin, a Study in Basin Evolution. Amer. Assoc. Petr. Geol. Mem., 45. pp. 195-233.
- **Dövényi, P. 1994:** A Pannon-medence litoszférájának vizsgálata geofizikai módszerekkel. Kandidátusi értekezés, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest, pp. 127.
- **Dövényi P. – Drahos D. – Lenkey L. 2001:** Magyarország geotermikus energia-potenciáljának feltérképezése a felhasználás növelése érdekében. Hőmérsékleti viszonyok. Jelentés a Környezetvédelmi Alap Célelőirányzat részére. ELTE, Geofizikai Tanszék, 1-10.

- **Dövényi, P. – Homola, V. – Horváth, F. – Kohl, T. – Rybach, L. 2005:** European HDR/EGS resources: Future potential development in Hungary. Order no: G109/05-22.13. – Final Report, GEOWATT AG (May 26, 2005) pp. 1-41.
- **Dövényi, P. – Horváth, F. – Drahos, D., 2002:** Geothermal thematic map (Plate 29). In:S.Hurter and R.Haenel(editors), Tlas of Geothermal resources in Europe. Publ. No.17811 of the EC
- **Estók J. – Fehér Gy. – Gunst P. – Varga Zs. 2003/a:** Agrárvilág Magyarországon 1848-2002, Argumentum Kiadó / Magyar Mezőgazdasági Múzeum. pp. 115-330
- **Fischer J. R. – Price R. – Finell J. 2006:** Examining Geothermal Energy, Resource: Engineering & Technology for a Sustainable World, 2006, Vol. 13 Issue 3, pp. 13-14
- **Fodor I. 2001:** Környezetvédelem és regionalitás Magyarországon, Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs, 2001, pp. 75-78
- **Franko O. – Remsík A. – Fendek M. 1995:** Atlas of geothermal energy of Slovakia – GÚDS, Bratislava
- **Fridleifsson I. B. – Bertani R. – Huenges E. – Lund J. – Rangnarsson A. – Rybach L. 2008:** The possible role and contribution of geothermal energy to the mitigation of climate change. Proceedings IPCC Climatic Scoping Meeting Lübeck.
- **Fülöp J. 1981:** Hungary, kézirat, Budapest.
- **Genter, A. 2008:** Személyes közlés. Geothermal Resources in Europe. – Publication No. 17311 of the European Comission, Office for Offical Publications of the European Communities. L- 2985, Luxembourg. pp. 36-38.
- **Gudmundsson, J. S. 1988:** The elements of direct uses. – Geotermics, 17. pp. 119–136.
- **György, Z. 2006:** Egy követendő példa: geotermikus energiahasznosítás a mezőgazdaságban. – In: Geotermia és környezetipar a XXI. században. Konferencia és szakkiállítás. Előadás kivonatok, Kistelek (2006. január 30–31.). pp. 5–9., pp. 17–20.
- **Hajdú B. 1999:** Az állattenyésztés és az állategészségügy helyzete és fejlesztési lehetőségei. In: Sinóros-Szabó B. Komplex környezetkímélő agrártermelés fejlesztése Magyarország keleti háromhatár szegletében. Budapest, MTA, 114 p.
- **Hajdú Gy. 2004:** Geotermikus energiák hasznosítása hőszivattyúval. Budapest
- **Hámor G. 1980:** A Kárpátok felgyűrődésének a kora Magyarországon, Földtud. ism., pp. 122-134.
- **Hámor G. 1984:** Paleogeographic reconstruction of Neogene plate movements in the Paratethian realm, Acta Geol. Hung., pp. 5-21
- **Hochstein, M. P. 1990:** Classification and assessment of geothermal resources. – In Dickson, M. H. and Fanelli, M. (eds.), 2003: Small geothermal resources: A guide to development and utilization, New York, UNITAR, pp. 31–57.

- **Horváth F. – Dövényi P. 1991:** Hungary – in: E. Hurtig, V. Cermak, R. Haenel, V. Yui (editors): Geothermal Atlas of Europe, Maps and explanators text, H. Haack, Gotha, pp.45-47.
- **Horváth F. 2007:** A Pannon-medence geodinamikája. Eszmetörténeti tanulmány és geofizikai szintézis, MTA Doktori Értekezés, ELTE Földrajz- és Földtudományi Intézet, Geofizikai Tanszék
- **Hurtig E. – Cermák V. – Haenel R. – Zui V. I. (Editors), 1992:** Geothermal Atlas of Europe. Haack, Gotha.
- **Jantsky B. 1981:** A Dél-Dunántúl medencealjzatának földtani fejlődéstörténete és nagyszerkezeti helyzete – In: A Dunántúli-dombság (Dél-Dunántúl). (szerk. Ádám L.- Marosi S.-Szilárd J.) Akadémiai Kiadó, Budapest, p.1-511.
- **Juhász A. - Kartali J. - Kőnig G. - Orbánné N. M. - Stauder M., 2006:** Az élelmiszeripar strukturális átalakulása (1997-2005) (Agrárgazdasági tanulmányok) • Budapest, pp. 7-23.
- **Kalmár F. 2009:** Geotermikus energiahasznosítás Olaszországban, GEOREN Munkacsoport beszámoló, Debrecen, 2009
- **Kerényi A. 2008:** Természeti potenciál, természeti és épített környezet, In: Baranyi B. (szerk.) Észak-Alföld – A Kárpát-medence régiói 8. Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs, 2008, 132 p.
- **Komlós, F. 2005:** Fűtéstechnika a környezetbarát hőszivattyúval (Épület–energia–Európa–emberibb élet). – Belügyminisztérium Településüzemeltetési Iroda. Kézirat. pp. 1–49, http://www.kvvm.hu/klima/dokumentum/pdf/futestechnika_hoszivattyu.pdf.
- **Komlós, F. – Fodor, Z. – Kapros, Z. – Vaszil, L. 2008:** Csináljuk jól! – Energiahatékonysági sorozat – 22. Hőszivattyúzás, Az Energia Központ Kht. kiadványa, Budapest, 2008
- **Komlós, F. 2005:** Fűtéstechnika a környezetbarát hőszivattyúval (Épület–energia–Európa– emberibb élet). – Belügyminisztérium Településüzemeltetési Iroda. Kézirat. pp. 1-49. http://www.kvvm.hu/klima/dokumentum/pdf/futestechnika_hoszivattyu.pdf.
- **Kujbus A. 2008:** A MOL Nyrt. geotermikus erőmű létesítésére irányuló földtani kutatásai, kézirat
- **Kurunczi, M. 2008:** A visszasajtolás. A hódmezővásárhelyi geotermikus közműrendszer bemutatása, Kistelek, Geotermia a XXI. században szakmai fórum, 2008
- **Kurunczi, M. 2009:** Geotermikus aktualitások 2009-ben, Magyarországon, Magyar Termálenergia Társaság
- **Lemale, J. – Jaudin, F. 1998:** La géothermie, une énergie d'avenir. – Agence régionale de l'environnement et des nouvelles énergies, Ile-de-France (ARENE).
- **Lenkey, L. 1999:** Geothermics of the Pannonian basin and its bearing on the tectonics of basin evolution. – PhD Thesis, Vrije Universiteit, Amsterdam, 215.

- **Liebe, P. 2001:** Tájékoztató. Termálvízkészleteink, hasznosításuk és védelmük. – Környezetvédelmi Minisztérium megbízásából készítette a VITUKI Rt. Hidrológiai Intézete, Budapest. 21 p.
- **Lindal B. 1973:** Industrial and other applications of geothermal energy. In: Armstead, H.C.H., ed., Geothermal Energy, UNESCO, Paris, pp.135 – 148.
- **Lorberer Á. 2003:** A hazai mezőgazdasági hévízhasznosítás hidrogeológiai alapjai és vázlatos vízkészlet-gazdálkodási állapot-értékelése. VITUKI, Budapest
- **Lorberer Á. 2004:** A geotermális energiahasznosítás hazai fejlesztési Koncepciója 2010-ig, Jelentés a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium részére, VITUKI, Budapest, pp. 19-27
- **Lorberer Á. 2009:** Termálfürdők hévízkútjai a Tiszántúl K-i részén. VITUKI, Budapest
- **Lund, J. W. 2006:** Chena Hot Springs, Geo-Heat Center Quarterly Bulletin Vol. 27, No.3 (September), Klamath Falls, OR, pp. 2-4.
- **Lund, J. W., Freeston, D.H., and Boyd, T.L. 2005:** Direct application of geothermal energy: 2005 Worldwide review. Geothermics 34. pp. 691-727.
- **Lund, J. W, 1995:** Geothermal agriculture in Hungary, In: Geo-Heat-Center, Oregon
- **Lynch R. 2002:** An Energy Overview of Mexico, Department of Energy Office of Fossil Energy, USA
- **Mádlné Szőnyi J. 2008:** A geotermikus energiahasznosítás nemzetközi és hazai helyzete, jövőbeni lehetőségei Magyarországon, (Ajánlások a hasznosítást előmozdító kormányzati lépésekre és háttértanulmány), MTA, Budapest, pp. 1-105.
- **Martonné E. K. 1995:** Magyarország természeti földrajza I., KLTE Debrecen, pp.1-179.
- **McFarland, T. 2002:** Geothermal Energy and why I like it, kézirat, http://www.indiana.edu/~sierra/papers/2002/mcfarland.pdf
- **Molnár B. 1984:** A Föld és az élet fejlődése, Nemzeti Tankönyvkiadó, Szeged, pp.1-351.
- **Mouldi Ben M. 2003:** Geothermal resource development in agriculture in Kebili region, Southern Tunisia, Geothermics, 2003, Vol. 32, Issue 4-6, 505 p.
- **Mustafa A. – Hasan A. 2012**: Biofuels energy sources and future of biofuels energy in Turkey. Biomass & Bioenergy, 2012, Vol. 36, pp. 69-76
- **Nagy B, 2003:** Állandósuló költségvetési „fekete lyuk" (?) – vagy az Európai Unióhoz illeszkedő vidékfejlesztés, Budapest, pp. 27-28
- **Nagy J. – Dobos A. – Szabó J. 2000:** Belvíz és termőhely védelem az Észak-alföldi régióban. In: Nagy J. (szerk.) Fenntartható mezőgazdaság – minőségi termelés. Debrecen, DE ATC MTK Földművelestani Tanszék; MTA-DATE Földművelési Kutatócsoport, pp. 56-72
- **Nagy J. – Kovács J. 1999:** Növénytermesztési sajátosságok a keleti háromhatár térségében, a növénytermesztési szerkezet módosításának lehetőségei. In:

Sinóros-Szabó B. (szerk.) Komplex környezetkímélő agrártermelés fejlesztése Magyarország keleti háromhatár szegletében. Budapest, MTA pp. 25-35
- **Nagyné Demeter D. 2008:** A mezőgazdaság feltételrendszere és általános jellemzői, In: Baranyi B. 2008 (szerk.) Észak-Alföld (A Kárpát-medence régiói 8) Dialog-Campus Kiadó, Pécs-Budapest, pp. 219-224
- **Nemes N. J. 2003:** Észak-Alföld – Belső és külső perifériák, In: Perczel Gy. (szerk.) Magyarország társadalmi-gazdasági földrajza, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2003, pp. 611-612
- **Oravecz J. 1980:** A földtörténeti ókor első fele Magyarországon – Földtud. ism. p. 21-36. Oregon Institute of Technology, pp. 143-146.
- **Paschen, H. – Oertel, D. – Grünwald, R. 2003:** Möglichkeiten geothermischer
- **Pécsi M. 1986:** A zalai meridionális völgyek, dombhátak kialakulásának magyarázata. Földrajzi Közlöny. Budapest. pp. 3-10
- **Pinczés Z. 1969:** Borsodi Mezőség (Borsodi-sík) – In: A tiszai Alföld (szerk. Marosi S.-Szilárd J.) Akadémiai Kiadó, Budapest, pp.184-187.
- **Popovski, K. 1998:** Geothermally heated greenhouses in the world. – In: Guideline and Proc. International Workshop on Heating Greenhouses with Geothermal Energy, Ponta Delgada, Azores. pp. 42–48.
- **Raskó György, 1999:** Az élelmiszeripar privatizációja Magyarországon, GJW Consultatio, Budapest, pp. 19-87
- **Ravnik, D., Rajver, D., Poljak, M. and Zivicic, M. 1995:** Overview of geothermal field of Slovenia in the area between the Alps, the Dinarides and the Pannonian basin – Tectonophysics, 250. pp. 135-149.
- **Reményi K. 2009:** Az energiastratégia sarokpontjai In: Magyar Tudomány, Budapest, p. 328
- **Romány P. 2003:** Agrártermelés In: Perczel Gy. (szerk.) Magyarország társadalmi-gazdasági földrajza ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2003, pp. 223-231
- **Romulas G. 2011:** Study on **energy** resources integration and sustainability of the new modular **agriculture** pattern, Environmental Engineering & Management Journal, 2011, Vol. 10 Issue 8, pp. 1213-1219
- **Rosca, M. 2007:** Geothermal Possibilities in the Carpathian Basin Area of Romania past, presentand future, III. Kisteleki Geotermikus Konferencia, www.termalenergia.hu/cikk.php?id=177&nyelv=
- **Royden L. H. – Dövényi P. 1988:** Variations in extensional styles at depth across the Pannonian basin system. In: Royden L. H. & Horváth F. (eds.): The Pannonian Basin, a Study in Basin Evolution. American Association of Petroleum Geologists Memoirs, 45, pp. 235–255.
- **Royden L. H. – Horváth F. – Nagymarosy A. – Stegena L. 1983:** Evolution of the Pannonian basin system: 2. Subsidence and thermal history. – Tectonics, 2, pp. 91–137.
- **Rybach L. 2005:** The advance of geothermal heat pumps world-wide. IEA Heat Pump Centre Newsletter 23. pp. 13-18.

- **Rybach, L. – Kohl, T. 2004:** Waste heat problems and solutions in geothermal energy. – In: Gieré R. and Stille, P. (eds.) (2004): Energy, Waste, and the Environment: a Geotechnical Perspective. – Geological Society, London. Special Publications, 236. pp. 369–380.
- **Ság L.-Szabó I. 1987:** Mezozoikum – In: A Dunántúli-középhegység, (szerk. Ádám L.-Marosi S.-Szilárd J.), pp. 65-75.
- **Stegena L. – Géczy B. – Horváth F. 1975:** Late Cenozoic evolution of the Pannonian basin. – Tectonophysics, 26, pp. 71–90.
- **Süli-Zakar I. 2003:** A határok és határmentiség átértékelődése Közép-Európában, In: Süli-Zakar I. (szerk.) Határok és határmentiség az átalakuló Közép-Európában, Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen, 2003, pp. 34-35
- **Szabó Gy. 2004:** Az Észak-alföldi régió környezeti állapota. In: Helyzetértékelés, Készült az Észak-alföldi Regionális Fejlesztési Ügynökség megbízásából, Debrecen
- **Szanyi, J. – Kovács, B. – Szongoth, G. 2008:** Visszasajtolás pannóniai homokkőbe, Geotermia a XXI. században szakmai fórum, 2008
- **Szanyi, J. – Kurunczi, M., 2007:** Termálenergia-fejlesztési projektrendszer a Dél-alföldi régióban, Szeged, 2007
- **Szőcs M., 2004:** Geotermikus energia hasznosítása visszasajtolásos vízelhelyezéssel, Gazdasági értékelés, Kézirat, AQUIFER Kft, Budapest
- **Tester, J. W. – Anderson, B. J. – Batchelor, A. S. – Blackwell, D. D. – Dipippo, R. – Drake, E. M. – Garnish, J. – Livesay, B. – Moore, M. C. – Nichols, K – Petty, S. – Toksoz, M. N. – Veatch, R. W. – Baria, R – Augustine, C. – Murphy, E. – Negraru, P. – Richards, M. 2006:** The Future of Geothermal Energy – Impact of Enhanced Geothermal Systems (EGS) on the United States in the 21th Century. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, MA, USA. 358 p. Available online: http://lib.bioinfo.pl/pmid:17272236
- **Tóth, J. – Almási I. 2001:** Interpretation of observed fluid potential patterns in a deep sedimentary basin under tectonic compression: Hungarian Great Plain, Pannonian Basin, Geofluids, Volume 1, Number 1, 2001.
- **Umran S. – Niyazi A. – Tahir Ö. 2010:** 2010 present status of geothermal energy in Turkey, Proceedings, Thirty-Fifth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Stanford, California, 2010
- **Zentai Á. 2010:** Nemzeti adottságunk a termálvízre alapozott zöldséghajtatás, VZP Konferencia, 2010

Felhasznált statisztikai források:

- **Energiaközpont Kht.**
- **Felső-Tisza-vidéki Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság (FETIKÖVIZIG), 2009:** Kútkataszter, Nyíregyháza
- **Felső-Tisza-vidéki Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság (FETIKÖVIZIG), 2009:** Vízföldtani naplók, Nyíregyháza
- **Közép-Tisza-vidéki Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság (KÖTIKÖVIZIG), 2009:** Kútkataszter, Szolnok
- **Közép-Tisza-vidéki Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság (KÖTIKÖVIZIG), 2009:** Vízföldtani naplók, Szolnok
- **Központi Statisztikai Hivatal (KSH) 2008:** A mezőgazdaság fejlettségének regionális különbségei – változások a rendszerváltástól napjainkig. Szeged, pp. 127-128
- **Központi Statisztikai Hivatal (KSH), 2009.** évi adatszolgáltatása
- **Központi Statisztikai Hivatal (KSH), 2010.** évi adatszolgáltatása
- **Központi Statisztikai Hivatal (KSH), 2012.** évi adatszolgáltatása
- **Magyar Energia Hivatal (MEH):** Energiafelhasználás 2000-2009
- **Magyarország megújuló energia hasznosítási cselekvési terve 2010-2020**, Nemzeti Fejlesztési Minisztérium, 2009.
- **Tiszántúli Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság (TIKÖVIZIG), 2009:** Kútkataszter, Debrecen
- **Tiszántúli Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság (TIKÖVIZIG), 2009:** Vízföldtani naplók, Debrecen
- **Környezetvédelmi és Vízgazdálkodási Kutató Intézet Nonprofit Kft. (VITUKI), 2009** adatai
- **Nemzeti Fejlesztési Ügynökség (NFÜ), 2012 adatai és statisztikai archívumai**
- **VÁTI Magyar Regionális Fejlesztési és Urbanisztikai Közhasznú Társaság, 2012-es adatai és statisztikai archívumai**

Felhasznált törvények, rendeletek, határozatok:

- **16/2001. (III. 3.) FVM rendelet**, Mezőgazdasági Biztonsági Szabályzat melléklete
- **1994. évi LV. törvény** a termőföldről, II. Fej. 6.§ (1) Belföldi jogi személyek tulajdonszerzése.
- **27/2006. (II. 7.) számú Kormányrendelettel módosított 49/2001. (IV. 3.) Kormányrendelet** *„a hígtrágya kijuttatás szabályai, a vizek mezőgazdasági eredetű nitrát szennyezéssel szembeni védelméről”*
- **27/2007. (IV. 17.) FVM rendelet** „az Európai Mezőgazdasági Vidékfejlesztési Alapból az állattartó telepek korszerűsítéséhez nyújtandó támogatások részletes feltételeiről”
- **59/2008. (IV. 29.) FVM rendelet** „a vizek mezőgazdasági eredetű nitrátszennyezéssel szembeni védelméhez szükséges cselekvési program részletes szabályairól, valamint az adatszolgáltatás és nyilvántartás rendjéről”.
- **94/2007. (XII. 23.) KvVM rendelet** a vízgazdálkodás egyes szakmai követelményeiről

Az értekezés témakörében megjelent közlemények

- **Kulcsár B. 2012:** Regional and sectoral variations in the utilization of thermal waters and geothermal potentials in northeastern Hungary, In: Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, Volume 7, 2012 - Number 2, Web of Science (IF: 1,579)
- **Kulcsár B. 2012:** Analysis of Changes in the Utilisazion of Thermal Water and Geothermal Energy in the North Great Plain Region (Northeastern Hungary) In: Geographica Pannonica, Volume 16. Issue 2. pp. 56-71
- **Kulcsár B. 2012:** A geotermikus energia környezetipari hasznosítási lehetőségei Északkelet-Magyarországon. In: Baranyi B. - Fodor I. szerk.: Környezetipar, újraiparosítás és regionalitás Magyarországon. Pécs-Debrecen, MTA Közgazdaság- és Regionális Tudományi Kutatóközpont Regionális Kutatások Intézete. pp. 275-294. ISBN 978-963-9899-48-3
- **Kulcsár B. –** Csomós Gy. **2012:** A geotermikus energia szerepe a települések Energiagazdálkodásában (Településfejlesztési lehetőségek a határmenti perifériákon) – The significance of geothermal energy in the powermanagement of settlements (Possibilities of settlement development in the crossborder regions) In: Debreceni Műszaki Közlemények 2012/2. pp. 9-25.
- Zsolt Radics – **Balázs Kulcsár** – Gábor Kozma **2011:** Communication between Settlements in the Center Part of Hungarian-Romanian Border - Tourism and Renewable Energy (Települések közötti kommunikáció a magyar-román határ középső részén – Turizmus és megújuló energia), In: Eurolimes, (12/2011) pp. 121-129.
- **Kulcsár B. 2011:** Combined energy production in the North Greath Plain Region. In: International Review of Applied Sciences and Engineering, 2 (2011) 1, pp. 71-75. ISSN 2062-0810
- Csomós Gy. – **Kulcsár B. 2011:** A termálvízre alapozott idegenforgalom gazdasági jelentősége három eltérő környezetben fekvő kisváros esetében. In: Barta (szerk.): Debreceni Szemle 2011/4. pp. 406-414. HU ISSN 1218-022X; HU ISSN 1588-0229
- **Kulcsár B. 2011:** Kombinált megújuló energiatermelés az Észak-alföldi régióban. In: Pokorádi (szerk.): Debreceni Műszaki Közlemények 2011/1. pp. 15-20.
- **Kulcsár B. 2011:** Az Észak-alföldi régióban lévő termál kutak hasznosításának területi és ágazati megoszlása. In: Szűcs – Budai – Husi – Jenei – Kocsis – Kulcsár: Geotermikus rendszerek fenntarthatóságának integrált modellezése Vol. 5, Debreceni Egyetem, Debrecen, 2011. pp. 9-27. ISBN 978-963-473-451-2; Vol. 5 ISBN 978-963-473-450-5
- **Kulcsár B. 2009:** Gondolatok a geotermikus energia mezőgazdasági hasznosításáról regionális összefüggésekben In: Baranyi-Nagy (szerk.):

Tanulmányok az agrár- és a regionális tudományok köréből az Észak-Alföldi Régióban 2009. Debrecen. pp. 329-343. ISBN 978-963-9899-10-0

- **Kulcsár B. 2008:** Agrár-rozsdaövezetek hasznosítási lehetőségei – Utilization oppurtunities of „agricultural rust belts" In: Regionalitás, területfejlesztés és modernizáció az Észak-Alföldi Régióban. Debrecen, 2008. pp. 143-148. ISBN 978-963-9732-24-7

Az értekezés témakörében elhangzott előadások

- **Kulcsár B. 2011:** Északkelet Magyarország geotermikus potenciáljának hasznosítási helyzete. In: XV. Nemzetközi Építéstudományi Konferencia ÉPKO 2011. Csíksomlyó, Románia, 2011. június 2-5. pp. 326-333. ISSN 1843-2123
- **Kulcsár B. 2010:** Az Észak-alföldi régió termálvíz és geotermikus energia hasznosításának területi jellemzői. In: 16th „Building Services, Mechanical and Building Industry Days" GEOREN 2010. Debrecen, pp. 121-128. *(XVI. Épületgépészeti, Gépészeti és Építőipari Szakmai Napok, Szakkiállítás és Nemzetközi Tudományos Konferencia, Debrecen. 2010. október 14-15.)* ISBN 978-963-473-422-2
- Csomós Gy. – **Kulcsár B. 2010:** Termálfürdő fejlesztés az lhh kistérségek városaiban: a kitörési lehetőség alternatívája In: 16th „Building Services, Mechanical and Building Industry Days" GEOREN 2010. Debrecen, pp. 63-71. *(XVI. Épületgépészeti, Gépészeti és Építőipari Szakmai Napok, Szakkiállítás és Nemzetközi Tudományos Konferencia, Debrecen. 2010. október 14-15.)* ISBN 978-963-473-422-2
- **Kulcsár B. 2009:** A geotermikus energia szerepe a megújuló energiák között az Észak-Alföldi Régió mezőgazdaságában In: 15th „Building Services, Mechanical and Building Industry Days" GEOREN 2009. Debrecen, pp. 119-126. *(XV. Épületgépészeti, Gépészeti és Építőipari Szakmai Napok, Szakkiállítás és Nemzetközi Tudományos Konferencia, Debrecen. 2009. október 15-16.),* ISBN 978-963-473-313-3
- **Kulcsár B. 2009:** Lokális megújuló energiatermelés lehetőségei az Észak-Alföldi Régióban In: *(LI. Georgikon Napok, Nemzetközi Tudományos Konferencia, 2009. október 1-2., Keszthely)* Online megjelenés http://w3.georgikon.hu/napok2/pub/Kulcsár_Balázs.doc pp. 565-573. ISBN 978-963-9639-35-5
- **Kulcsár B. 2009:** Gondolatok a megújuló energiák és a mezőgazdaság vidékfejlesztési hatásairól In: Széchenyi István Egyetem, Regionális- és Gazdaságtudományi Doktori Iskola, Évkönyv 2009. Győr pp. 195-205. *(Fiatal regionalisták VI. országos találkozója, Nemzetközi Tudományos Konferencia „Közép-, Kelet- és Délkelet-Európa térfolyamatai – Integráció és dezintegráció" 2009. június 4-5., Győr.)* ISSN 2060-9620

- **Kulcsár B. 2009:** A geotermikus energia és a mezőgazdaság vidékfejlesztési hatásai In: Pokorádi (szerk.): Műszaki tudomány az Észak-Alföldi Régióban 2009. május 20., Mezőtúr, pp. 55-61. ISBN 978-963-7064-21-0
- **Kulcsár B. 2008:** Agrár rozsdaövezetek hasznosítása az Észak-Alföldi Régióban (A nagyüzemi mezőgazdasági telephelyek számának alakulása) In: Sitányi (szerk.): II. Terület- és vidékfeljesztési konferencia, 2008. Kaposvár. pp. 208-228. ISBN 978-963-06-5394-7

Egyéb közlemények

- Csomós Gy. – **Kulcsár B. 2012:** A városok pozíciója a globális gazdaság irányításában a nagyvállalatok forgalma alapján. (The position of cities in the global economic control by the revenue of large corporations) In: Földrajzi Közlemények 2012.136.2 pp. 138-151.
- Csomós Gy. – **Kulcsár B. 2011:** Urbanizáció a 21. században: határtalan városnövekedés. **(**Urbanization in the 21th century: urban growth without limits**)** In: Pokorádi (szerk.): Debreceni Műszaki Közlemények 2011/3. pp. 33-40.
- Kiss Bacsó L. – Perge E. – **Kulcsár B. 2010:** Térinformatika adatbázis kezelés hallgatói megközelítésének problémái. In: 16th „Building Services, Mechanical and Building Industry Days" International Conference 2010. Debrecen, pp. 287-293. *(XVI. Épületgépészeti, Gépészeti és Építőipari Szakmai Napok, Szakkiállítás és Nemzetközi Tudományos Konferencia, Debrecen. 2010. október 14-15.)* ISBN 978-963-473-423-9
- Csomós Gy. – **Kulcsár B. 2010:** Homogenized classification of developing economies: different countries behind general indices. In: Hungarian Geographical Bulletin 59 (4) (2010) pp. 411-427. ISSN 0015-5403 Covered int he abstract and citacion database SCOPUS®.
- **Kulcsár B. 2009:** A napenergia szerepe a kombinált megújuló energiatermelésben In: Online megjelenés: Szolnoki Tudományos Közlemények XIII. Szolnok, 2009. http://www.szolnok.mtesz.hu/sztk/index.html *(Magyar és a világtudomány napja XIII. Tudományos konferencia, 2009. november 12., Szolnok)* ISSN 2060-3002
- **Kulcsár B. 2009:** Meteorológia – a rendelkezésre álló napenergia Magyarországon és Európában In: Tóth J. (szerk.): A napelemről A-Z-ig. tanulmány füzet, 2009. Debrecen. pp. 110-138. ISBN: 978-963-88614-4-3.
- **Kulcsár B. 2009:** Meteorológia – a rendelkezésre álló napenergia Magyarországon és Európában In: Tóth J. (szerk.): Napelem, a jövő energiaforrása 2009. Debrecen. pp. 111-136. ISBN: 978-963-88614-8-1.
- Csomós Gy. – **Kulcsár B 2009:** A Magyarországi NUTS 2 régiók policentrikusságának vizsgálata In: Pokorádi (szerk.): Debreceni Műszaki Közlemények 2009/1-2. pp. 5-14. Nyomtatott kiadás: HU ISSN 1785-0622; Online kiadás: HU ISSN 2060-6869

Mellékletek jegyzéke

Ábrák jegyzéke…….171

Táblázatok jegyzéke……..176

1. **melléklet:** 50°C-nál melegebb porózus termálvízadó rétegek elterjedése
2. **melléklet:** 50°C-nál melegebb repedezett és karsztos termálvíz tároló rendszerek elterjedése
3. **melléklet:** 120°C-nál melegebb repedezett és karsztos termálvíz tároló rendszerek elterjedése
4. **melléklet:** Hőáram a Pannon-medencében és környékén
5. **melléklet:** Az 50°C-os izoterma mélysége
6. **melléklet:** A 100°C-os izoterma mélysége
7. **melléklet:** Hőmérséklet a 2000 méter tengerszint alatti mélységben
8. **melléklet**: A hőmérséklet-eloszlás 500 méteres felszín alatti mélységben
9. **melléklet:** A hőmérséklet-eloszlás 1000 méteres felszín alatti mélységben
10. **melléklet:** A hőmérséklet-eloszlás 2000 méteres felszín alatti mélységben
11. **melléklet:** A világ, 2000-ben létesített, összes nem áramfejlesztési célú geotermikus energia-termelő kapacitása (MWt), és a teljes energiafelhasználás (TJ/év)
12. **melléklet:** A termálhő közvetlen hasznosításának területei
13. **melléklet:** A Szabolcs-Szatmár-Bereg megye területén lévő termálkutak kifolyóvíz hőmérséklet szerint
14. **melléklet:** A Szabolcs-Szatmár-Bereg megye területén lévő termálkutak és azok osztályozása talpmélység alapján
15. **melléklet:** A Szabolcs-Szatmár-Bereg megye területén lévő termálkutak a létesítés évtizede szerint
16. **melléklet:** A Szabolcs-Szatmár-Bereg megye területén lévő termálkutak osztályozása vízhozam szerint
17. **melléklet:** Szabolcs-Szatmár-Bereg megye termálkútjainak részletes jellemzése
18. **melléklet:** A Hajdú-Bihar megye területén lévő termálkutak a létesítés évtizede szerint
19. **melléklet:** A Hajdú-Bihar megye területén lévő termálkutak osztályozása kifolyóvíz hőmérséklet szerint
20. **melléklet:** A Hajdú-Bihar megye területén lévő termálkutak osztályozása talpmélység szerint

21. **melléklet:** A Hajdú-Bihar megye területén lévő termálkutak osztályozása vízhozam szerint
22. **melléklet:** Hajdú-Bihar megye termálkútjainak részletes jellemzése
23. **melléklet:** A Jász-Nagykun-Szolnok megye területén lévő termálkutak a létesítés évtizede szerint
24. **melléklet:** Jász-Nagykun-Szolnok megye területén lévő termálkutak osztályozása kifolyóvíz hőmérséklet szerint
25. **melléklet:** A Jász-Nagykun-Szolnok megye területén lévő termálkutak osztályozása átlagos talpmélység szerint
26. **melléklet:** A Jász-Nagykun-Szolnok megye területén lévő termálkutak osztályozása területi elhelyezkedés és vízhozam szerint
27. **melléklet:** Jász-Nagykun-Szolnok megye termálkútjainak részletes jellemzése
28. **melléklet:** Gazdálkodó szervezeteknek kiküldött kérdőív
29. **melléklet:** A Szentesi Árpád-Agrár Zrt. termálvízzel fűtött 2ha alapterületű modern üvegháza, fóliasátrai és kacsatelepe
30. **melléklet:** A Kurucsai Kertészet Pálmonostorán. Termelő kút, hőcserélő, a 2ha összterületű üvegházak, és a visszasajtoló kút
31. **melléklet:** A Nyíregyházi Dohányfermentáló vállalat (Universal Leaf Tobacco Magyarország Zrt.), nyíregyházi üzeme, a termálkút adattáblája és a technológiai hőt előállító kazánok
32. **melléklet:** Az egyik termálkút a Jászapáti 2000 Zrt-nél: a gáztalanító, a szivattyúk, valamint két hévízkút adattáblája. Korszerű szarvasmarha istálló és a biogáz erőmű
33. **melléklet:** Tiszanánai Agrocentina Takarmánygyártó és Forgalmazó Kft. telephelye
34. **melléklet:** Az Alattyáni Tejtermelő Kft. kezelésében lévő termálkút műtárgyai, adattáblája és berendezései, az istállók és a szociális épületek
35. **melléklet:** A Jászalsószentgyörgyi Baromfi Kft. üzemeltetésében lévő hévízkút kútfeje, a gáztalanító és a puffertartály, a gépház szerelvényei, az itató és mosóvízzel ellátott istállóépületek
36. **melléklet:** A Mester Pig Kft. mesterszállási sertéstelepe
37. **melléklet:** A Kisvárdai kistérség területén álló Várda Drink Szeszipari Rt. kisvárdai üzeme

Ábrák jegyzéke

1. ábra: Az energiaárak változása 1987 és 2005 között (Forrás: Reményi, 2009)....2

2. ábra: Az egy főre jutó bruttó hazai termék alakulása Magyarországon régiónként (2009) (Forrás: KSH, 2009 adatok alapján)....7

3. ábra: Beruházások Magyarország nemzetgazdasági ágazataiban összesen régiónként (2010) (Forrás: KSH, 2010 adatok alapján)....8

4. ábra: Magyarország nagyszerkezeti egységei és az azokon belüli kisebb egységek helyzete (Forrás: Fülöp, 1990)....17

5. ábra: A mezőgazdasági területek aránya Magyarországon régiónként (2010) (Forrás: KSH, 2010 adatok alapján)....32

6. ábra: A működő vállalkozásokból a mezőgazdaságban, erdőgazdálkodásban és halászatban tevékenykedők aránya Magyarországon régiónként (2009) (Forrás: KSH, 2009 adatok alapján)....33

7. ábra: Bruttó hozzáadott érték megoszlása Magyarország régiói között a mező-, vad-, erdő- és halgazdaságban (2009) (Forrás: KSH, 2009 adatok alapján)....33

8. ábra: A foglalkoztatottak számának alakulása az agrárgazdaság alágazataiban Magyarországon (ezer fő) (Forrás: KSH, 2012 adatok alapján)....34

9. ábra: Szabolcs-Szatmár-Bereg megye eltérő geotermikus adottságú térségei (Forrás: FETIKÖVIZIG 2009 adatai alapján a szerző szerkesztése)....41

10. ábra: A Szabolcs-Szatmár-Bereg megye területén lévő termálkutak területi eloszlása kistérségenként és településenként (Forrás: FETIKÖVIZIG 2009 adatai alapján a szerző szerkesztése)....43

11. ábra: A Szabolcs-Szatmár-Bereg megye gyógy- és ásványvíz minősítésű kútjai, valamint azok kifolyóvíz hőmérséklete (Forrás: FETIKÖVIZIG 2009 adatai alapján)....44

12. ábra: Hajdú-Bihar megye eltérő geotermikus adottságú területei (Forrás: TIKÖVIZIG 2009 adatai alapján a szerző szerkesztése)....45

13. ábra: A Hajdú-Bihar megye területén lévő termálkutak területi eloszlása kistérségenként és településenként (Forrás: TIKÖVIZIG 2009 adatai alapján a szerző szerkesztése)....46

14. ábra: Jász-Nagykun-Szolnok megye eltérő geotermikus adottságú területei (Forrás: KÖTIKÖVIZIG 2009 adatai alapján a szerző szerkesztése) 48

15. ábra: A Jász-Nagykun-Szolnok megye területén lévő termálkutak területi eloszlása kistérségenként (Forrás: KÖTIKÖVIZIG 2009 adatai alapján a szerző szerkesztése) 49

16. ábra: A hagyományos vízkútfúrástól eltérő technológiával fúrt termálkutak területi megoszlása Jász-Nagykun-Szolnok megyében 50

17. ábra: A Szabolcs-Szatmár-Bereg megye területén lévő termálkutak területi eloszlása és a felhasználás területei a létesítés évében 52

18. ábra: Szabolcs-Szatmár-Bereg megye területén lévő termálkutak 2011 évi hasznosítási helyzete 53

19. ábra: Szabolcs-Szatmár-Bereg megye területén lévő termálkutak hasznosításának létesítéskori és 2011 évi megoszlása a felhasználási területek között 54

20. ábra: Hajdú-Bihar megye termálkútjainak hasznosítási szerkezete a létesítés évében 55

21. ábra: Hajdú-Bihar megye termálkútjainak hasznosítási szerkezete 2011-ben 56

22. ábra: Hajdú-Bihar megye területén lévő termálkutak hasznosításának létesítéskori és 2011 évi megoszlása a felhasználási területek között 57

23. ábra: Jász-Nagykun-Szolnok megye termálkútjainak hasznosítási szerkezete a létesítés évében 58

24. ábra: Jász-Nagykun-Szolnok megye termálkútjainak hasznosítási szerkezete 2011-ben 59

25. ábra: Jász-Nagykun-Szolnok megye területén lévő termálkutak hasznosításának létesítéskori és 2011 évi megoszlása a felhasználási területek között 61

26. ábra: Az Észak-alföldi régió területén agrárgazdasági céllal létesített hévízkutak területi elhelyezkedése 62

27. ábra: Az Észak-alföldi régió területén lévő agrárgazdasági célokat szolgáló hévízkutak 2011 évi hasznosítási helyzete 63

28. ábra: Az Észak-alföldi régió termálkútjainak hasznosítási megoszlása a gazdasági ágazatok és felhasználási módok között a létesítés évében, valamint 2011-ben 64

29. ábra: Az Észak-alföldi régió termálkútjainak ágazatok szerinti megoszlása, valamint annak változása a létesítéstől 2011-ig eltelt időszak alatt 65

30. ábra: Szabolcs-Szatmár-Bereg megye területéről visszaérkezett kérdőívek települési megoszlása 68

31. ábra: Hajdú-Bihar megye területéről visszaérkezett kérdőívek települési megoszlása 69

32. ábra: Jász-Nagykun-Szolnok megye területéről visszaérkezett kérdőívek települési megoszlása 69

33. ábra: A válaszadók főtevékenység szerinti megoszlása az agrárgazdasági tevékenységi formák között 70

34. ábra: A válaszadók melléktevékenység szerinti megoszlása az agrárgazdasági tevékenységi formák között 72

35. ábra: A gazdálkodó szervezetek megoszlása a telephelyek számának függvényében, valamint a telephelyek száma, kategóriánként 73

36. ábra: A telephelyeken folyó agrárgazdasági tevékenységek megoszlása 74

37. ábra: Szabolcs-Szatmár-Bereg megye területéről visszaérkezett kérdőívek települési megoszlása, kiemelten a termál kúttal rendelkező településeket 86

38. ábra: Hajdú-Bihar megye területéről visszaérkezett kérdőívek települési megoszlása, kiemelten a termál kúttal rendelkező településeket 87

39. ábra: Jász-Nagykun-Szolnok megye területéről visszaérkezett kérdőívek települési megoszlása, kiemelten a termál kúttal rendelkező településeket. 88

40. ábra: A gazdálkodó szervezetek által használt megújuló energiaforrások egymáshoz viszonyított aránya, valamint azok megoszlása a felhasználási célok között az Észak-alföldi régióban 90

41. ábra: A megújuló energiaforrások alkalmazását a jövőben tervezők száma az agrárgazdaságban tevékenykedő gazdálkodó szervezetek körében az Észak-alföldi régióban 91

42. ábra: Az agrárgazdaságban tevékenykedő gazdálkodó szervezetek megújuló energia hasznosítását célzó beruházásainak tervezett volumene KW-ban az Észak-alföldi régióban 92

43. ábra: A vállalkozások által tervezett megújuló energiahordozó beruházások egymáshoz viszonyított aránya a megépíteni tervezett összteljesítmény alapján az Észak-alföldi régióban 92

44. ábra: Az Észak-alföldi régióban, valamint annak környezetében végzett esettanulmányok helyszínei 95

Táblázatok jegyzéke

1. táblázat: A földhő hasznosításában (áramfejlesztés/közvetlen felhasználás) élenjáró országok („top fifteen“). 10

2.táblázat: A strukturált kérdőívezés során alkalmazott kérdéstípusok megoszlása 67

3. táblázat: A beruházás megvalósításához használt források aránya az agrárgazdaságban tevékenykedő gazdálkodó szervezetek körében 76

4. táblázat: A biomassza alkalmazását a jövőben tervezők aránya az agrárgazdaságban tevékenykedő gazdálkodó szervezetek körében 78

5. táblázat: Szalmabála energetikai célú hasznosítását tervezők aránya az agrárgazdaságban tevékenykedő gazdálkodó szervezetek körében 79

6. táblázat: Napenergia hasznosítását tervezők aránya az agrárgazdaságban tevékenykedő gazdálkodó szervezetek körében 80

7. táblázat: Szélenergia hasznosítását tervezők aránya az agrárgazdaságban tevékenykedő gazdálkodó szervezetek körében 81

8. táblázat: A megújuló energia beruházás megvalósításához felhasználni tervezett források aránya az agrárgazdasági vállalkozások körében 82

9. táblázat: A megújuló energiaforrások alkalmazásának feltételei az agrárvállalkozások körében 83