

Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei

Szekvenciasztratigráfiai és szerkezeti vizsgálatok a Máza-Dél - Váralja-Dél-i feketekőszén kutatási területen kitekintéssel a Kelet-Mecsek egyéb területeire

Sequence stratigraphic and structural examinations in Máza South - Váralja South coal exploration area and with a respect of other sites in Eastern Mecsek

Forgács Zoltán

Témavezető: Dr. Rózsa Péter



DEBRECENI EGYETEM
Természettudományi Doktori Tanács
Földtudományok Doktori Iskola

Debrecen, 2013.

1. BEVEZETÉS

A Kelet-Mecsek alsó-liász - hettangi - alsó-szinemuri széntelepes rétegsorának (Mecseki Kőszén Formáció) bányászati célú kutatása és az azzal kapcsolatos kitermelés története 300 évre nyúlik vissza. A Magyaregregytől Nagymányokig húzódó Északi Pikkely, valamint a Kelet-Mecsek központi részét jelentő Kisújványi centroklinális között található a mecseki felső-triász - alsó-liász (hettangi) egyik legjelentősebb kőszénterülete, a Máza-Dél - Váralja-Dél-i kőszénterület.

A Debreceni Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékén 2006 novemberében a *Calamites Kft.* kezdeményezésére megkezdődött a Máza - Váralja-Dél-i kőszénkutatási terület földtani újraértékelése. A debreceni földtudományi doktori iskola és a kutatást kezdeményező vállalkozás együttes támogatása tette lehetővé a doktori disszertáció elkészültét.

2. CÉLKITŰZÉSEK

Üledékes rétegsorban a földtani rekonstrukció és kőzetváz modellezés alapja a minél nagyobb felbontású és minél biztosabb rétegtani korreláció, melyet széntelepes rétegsorok esetén a medenceperemi helyzet, ill. a Keleti Mecsek esetén az erős szerkezeti igénybevétel különösen megnehezít. A Máza- Dél - Váralja- Dél kutatási területre korábban elkészült kutatási jelentések (NÉMEDI VARGA ET AL. 1979; SZILÁGYI ET AL. 1985) rétegtani kereteit a formáció határai jelentették, s noha számos elképzelés született a formáció ciklusokra tagolására és a telepek párhuzamosítására, ezek nem épültek be a korábbi modellezésekbe, ill. készletszámításokba.

A disszertáció kísérletet tesz a Mecseki Kőszén Formáció nagyobb felbontású rétegtani tagolására, a karotázskorreláció során azonosítható, mélyföldtani módszerekkel térképezhető és szeizmikusan is észlelhető üledékes szekvenciák meghatározására. Ennek alapját a mélyfúrású geofizikai görbék értékelése és a széntelepek fúrások közötti korrelációja képezte.

A munka kiindulópontja a Máza- Dél - Váralja- Dél kutatási terület volt, de a kialakult rétegtani modellt 5 további (Nagymányok, Komló, Pécs-Vasas, Hosszúhetény, Pécs) kőszénterület rétegsorával összevetve nagyobb területre vonatkozóan is javaslat készült a rétegsor tagolására és a széntelepek párhuzamosítására.

Az azonosított és térképezett üledékes rendszer egységek fáciestani jellemzésének pontosítása érdekében sor került az izovastagsági, kéntartalom, hamutartalom és telepvastagsági adatok geostatistikai értékelésére Máza- Dél területen.

A reflexiók geofizikai szelvények földtani értelmezése során szükség volt a szerkezeti vonalak helyzetének és jellegének pontosítására is, ami új eredményeket hozott a Keleti Mecsek északi részének szerkezetfejlődésével kapcsolatosan.

3. ALKALMAZOTT MÓDSZEREK ÉS ELMÉLETI HÁTTÉR

3.1. Adatbázis létrehozása

A kutatás alapvetően archív mélyfúrási adatok naplóinak újrafeldolgozásán alapult. Ehhez szükség volt egységes relációs mélyfúrási adatbázis létrehozására, mely tartalmazza a földtani leírások (litológia, rétegdőlés, paleontológia, szedimentológia), laborvizsgálatok (fűtőérték, hamutartalom, kéntartalom) és mélyfúrási geofizikai szelvényezések adatait. Összesen 90 fúrás dokumentációs anyagát dolgoztam fel. Az adatbázis többek között lehetővé tette, hogy a Mecsekben jellemző erősen változó dőlésviszonyok zavaró hatásának kiküszöbölése érdekében a geofizikai görbék minden esetben valódi vastagságra korrigálva (mérési távolság $\times \cos$ dőlés) értékeljem.

3.2. Integrált sztratigráfiai megfontolások

A Mecsekben korábban végzett rétegtani korrelációk alapja a biosztratigráfia (Phyllopora, Ostrea), ill. eseménystratigráfia (két beágyazott tufitszint) volt (NAGY J., 1965). A korreláció másik megközelítése a fáciesegységek korrelációja (NAGY E., 1969). Az itt alkalmazott kifejlődések (alsó - lakusztikus, középső - delta, felső - paralikus) kiválóan egyeztethetők az általános fáciesmodellek fogalmi rendszerével.

A disszertáció során választott szekvencia- sztratigráfiai megközelítés kapcsán az üledékes szekvenciákat kisvízi (LST), transzgresszív (TST), nagyvízi (HST) és csökkenő vízszintnél lerakódó (FSST) rendszeregységekre bonthatjuk. Karbonátos és széntelepes rétegsorok esetén a kiemelt peremi helyzet miatt üledékképződés rendszerint a késői transzgresszív (LTST) és nagyvízi (HST) rendszeregységek kialakulása során zajlik, különösen érzékeny ugyanakkor a környezet a vízszintcsökkenés kezdetén bekövetkező fácieseltolódásokra (FSST).

A szekvencia- sztratigráfiai vizsgálat alapját a mélyfúrási geofizikai görbék (elektromos és radioaktív szelvények) szisztematikus összehasonlító elemzése jelentette, figyelembe véve a rendelkezésre álló litológiai adatokat. Az elvégzett korreláció szekvencia- sztratigráfiai kontextusban került tárgyalásra. A karotázs korreláció elsősorban alaki hasonlóságok, ill. az öskörnyezeti változásokkal magyarázható különbségek azonosítását jelentette. A feltolódások bizonyított jelenléte miatt azonban a fúrások közötti korreláció mellett tekintettel kellett lenni a fúrásokon belüli rétegtani ismétlődésekre.

3.3. Fáciestani alapok

A szekvencia-sztratigráfia kapcsán vizsgált üledékes rendszeregységek felismerésének alapfeltétele a fáciesek azonosítása és a fácieseltolódások irányának nyomon követése, így elengedhetetlen a szénképződéssel

egybekötött törmelékes üledékes rétegsor fáciesmodelljének kialakítása, valamint a hozzá kapcsolódó, beágyazott széntelepek ásványtan-geokémiai adatainak, mint fácies-indikátoroknak a számba vétele.

A delta környezetekben jelentkező, szénképződéssel járó fácieskörnyezetek azonosítására a GALLOWAY - HOBDDAY, szerzőpáros által 1983-ban publikált fáciesmodellt vettem alapul, összevetve a Mecseki széntelepes rétegsor kapcsán korábban publikált fáciestani munkákkal és kiegészítve az 1990-es éveken született szekvenciasztratigráfiai eredményekkel (BOHACS - SUTER, 1997). Ezek szerint a medencebelső felől a part irányába haladva a következő környezetek különíthetők el: 1. parttal párhuzamos zátony és hozzá kapcsolódó transzgressziós háttérlagúna, 2. alsó deltasík, 3. alsó - felső deltasík átmenete, 4. felső deltasík.

A széntelepek szekvenciasztratigráfiai státuszának megállapítása szempontjából került értékelésre a telepvastagság és kéntartalom vertikális változása. Előbbit alapvetően a tőzegláp növekedési ütemének („üledékképződés”) és a relatív tengerszint emelkedés (akkomodáció) mértékének viszonya befolyásolja (CECIL ET AL. 1979), míg a kéntartalom mennyiségének és arányának változását elsődlegesen a magas oldott szulfátartalmú tengervíz hozzákeveredésének mértéke határozza meg, ennek megfelelően a tengerszint intenzív emelkedése együtt jár a telepek számottevő kéntartalom növekedésével (ALTSCHULER ET AL. 1983, PHILLIPS - BUSTIN, 1996, HÁMOR - HÁMOR, 2007).

Az ősföldrajzi környezet pontosításához a széntelepek hamutartalma és a széntelepek vastagsági adatai szolgáltak alapul, feltételezve, hogy a hamutartalom maximumai az egykori topográfiai magaslatok azonosítására, a telepvastagság pedig az elláposodás időintervallumának hosszára utal. A geostatistikai értékelés Surfer for Windows programmal készült, az interpoláció módszerül több algoritmus tesztelése után az egyszerű lineáris krigelést választottam. A hamutartalom alapján szerkesztett egykori domborzatra feszítettem rá a telepvastagsági adatokat, azt vizsgálva, hogy a topográfiai magaslatok, ill. a köztes süllyedékek képezték-e a tartós elláposodás helyszíneit.

3.4. Szerkezetvizsgálatok

A Máza- Déli terület szerkezeti viszonyaira vonatkozóan WEIN GY. (1962) néhány fúrás és terepi tapasztalatok alapján É-i vergenciájú feltolódásokat határozott meg. NÉMEDI VARGA Z. (1979) megerősítette a két feltolódás jelenlétét, a feltolódásokhoz azonban az újabb mélyfúrások adatainak megfelelően Ny-i vergenciát rendelt. SZILÁGYI T. (1985) további fúrások adatai alapján É-i vergenciájú feltolódásokat térképezett, a rétegsorban tapasztalt rétegtani ismétlődések alapján azonban 4 feltolódást azonosított.

Az Északi Pikkelyre vonatkozó, szinklinálisra utaló korai feltételezéseket, a későbbi bányászati tevékenységek által feltárt északi irányú feltolódás

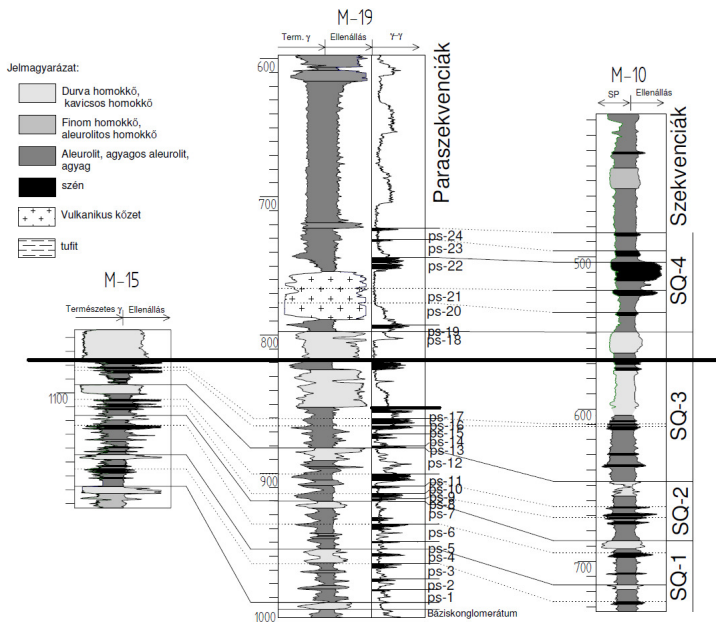
(VITÁLIS I., 1939) írta felül. WEIN (1965) a feltárt kettős vergenciát két irányból történő (északi és déli) egymást követő feltolódás eredményeként értelmezte. TARI (1992) a kétirányú feltolódási rendszert transzpresszió hatására kialakult ún. virágszerkezetként egyetlen szerkezetfejlődési esemény keretei között magyarázta.

A szerkezeti elemek kimutatásához és értelmezéséhez jelen disszertációban a mélyfúrási adatok részletes elemzése mellett a szeizmikus reflexiós adatok (BRAUN ET AL. 1985) is alapul szolgáltak. A neogén szerkezeti elemek értelmezése kapcsán szükség volt a miocén medencekitöltő üledéksor elterjedésének, vastagságának, vertikális tagolásának és horizontális jellegváltásainak vizsgálatára is.

4. EREDMÉNYEK

1. Sztratigráfia

- 1.1 A Máza- Dél - Váralja- Dél-i területen a SP és/vagy természetes gamma; ellenállásgörbék és/vagy neutron porozitás görbék segítségével megtörtént a regionális elterjedésű üledékes egységek (transzgressziós agyag- aleurolit kifejlődések) és a jelentősebb part előrenyomulásokhoz (progradáció, regresszió) tartozó homoktestek azonosítása és a főbb üledékes egységek fúrások közötti korrelációja. Ennek eredményeképpen négy jól azonosítható üledékes sorozatot (szekvenciát, SQ-1 - SQ-4) sikerült kimutatni (1. ábra).
- 1.2 A kétdetektoros kompenzált gamma görbék, ill. a régi fúrások gerjesztett potenciál görbéinek figyelembevételével a transzgressziós aleurolitok széntelepekkel záródó elemi ciklusainak (paraszekvenciák) azonosítására is sor került. Ennek segítségével a későbbiek során lehetővé vált a jelentősebb szénpadok rétegtani azonosítása és közvetlen rétegtani korrelációja is a Keleti Mecsek további területein is (1. ábra).
- 1.3 Javaslatot tettem a Keleti Mecsek öt további kőszénterületének (Nagymányok, Komló, Pécs-Vasas, Hosszúhetény, Pécs) rétegsorával történő rétegtani korrelációra és a beágyazott széntelepek párhuzamosítására, a rétegtani korrelációs szelvényen az összevethetőség érdekében jelölve a korábbi korrelációk alapjául szolgáló tufitos szint(ek)et (2. ábra).



1. ábra A Mecseki Köszén Formáció nagy felbontású rétegtani tagolása és rétegtani korrelációja a Máza-Váralja-Déli területen

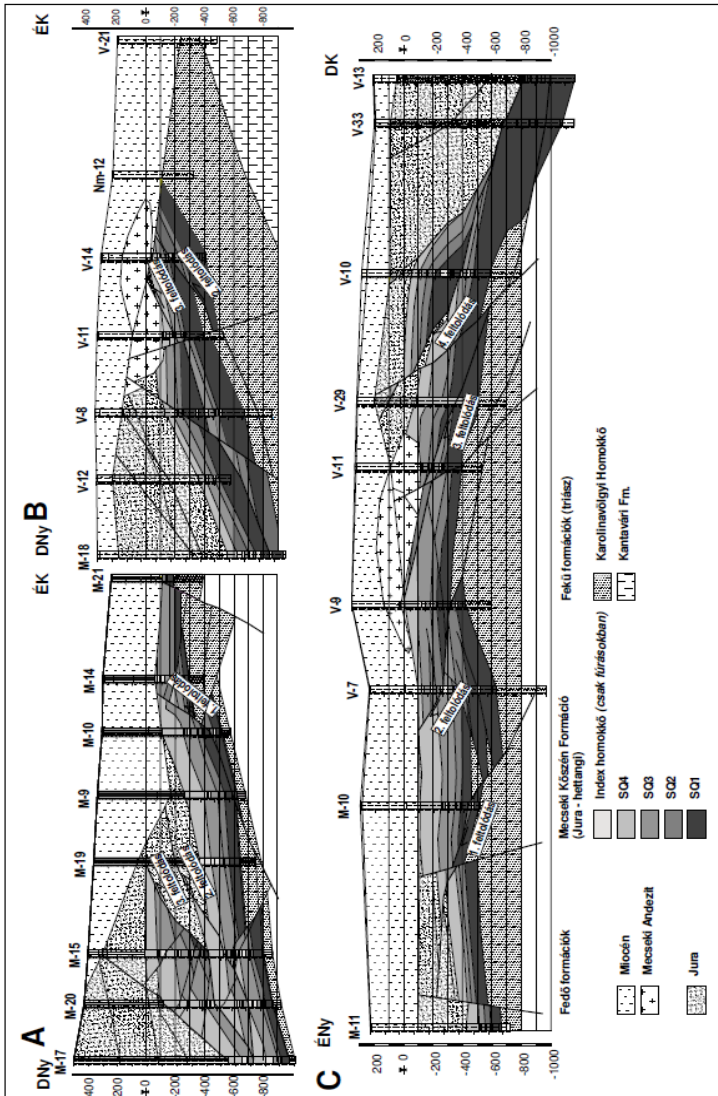
2. Őskörnyezet

- 2.1 A kéntartalom telepenkénti vertikális változása, a telepvastagság vertikális változásai, ill. a széntelepek hamutartalma és vastagsági adatainak geostatistikai értelmezése alapján a négy széntelepes szekvenciára és a betelepült széntelepek fáciesbélyegeire vonatkozóan megállapítható, hogy a kutatási terület széntelepes rétegsorát transzgresszív lagúnasorozat és ezt követő, három deltakomplexummal jellemezhető deltasorozat alkotja, fokozatos retrogradáló jelleggel.
- 2.2 A transzgressziós lagúna sorozatot 7 paraszekvencia alkotja (lakusztikus rendszeregség), az első („legszárazföldibb”) deltakomplexumot (SQ_2) a területen uralkodóan az alsó-felső deltasík átmenete képviseli, s öt paraszekvencia alkotja. A második („tengeribb”) deltakomplexumot (SQ_3) az alsótól a felső deltasíkiig terjedő teljes sorozat alkotja 6 paraszekvenciával (alluviális rendszeregség), míg a harmadik („legtengeribb”) deltakomplexumot

- (SQ_4) az alsó deltasik dominanciája jellemzi további négy paraszektenciával (paralikus kifejlődés).
- 2.3 A hamutartalom és telepvastagság telepenként/telepcsoportonként történő vizsgálata rámutatott, hogy a transzgresszió kezdetén rendszerint a topográfiai magaslatok voltak az elláposodás tartós helyszínei (hamutartalom és telepvastagság maximuma egybeesik), míg a késői transzgresszió során a magaslatoktól távol eső lagúnabelsők képezték jelentették a lépfejlődés uralkodó térszíneit (hamutartalom minimuma és a telepvastagság maximuma esik egybe).

3. Szerkezeti viszonyok

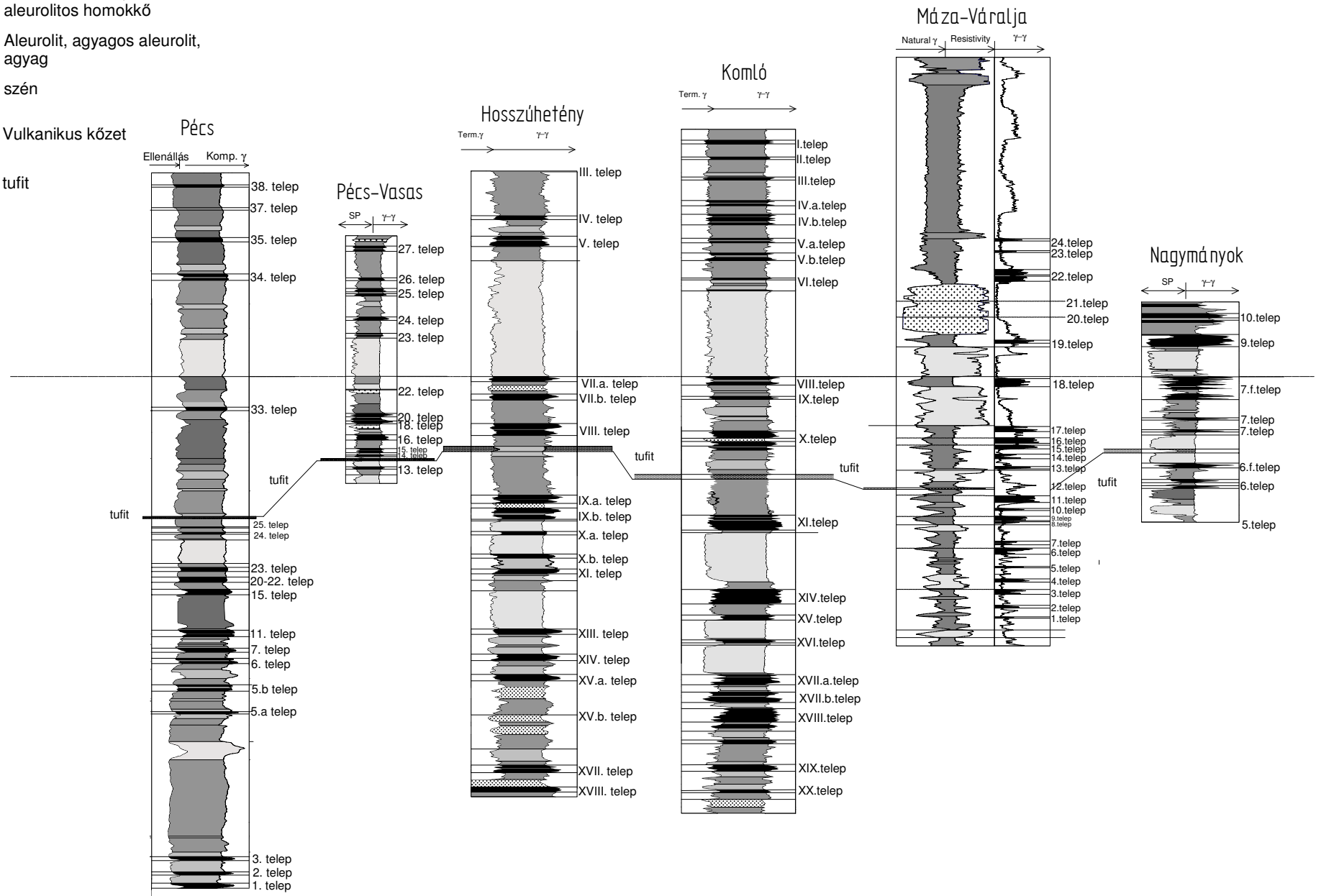
- 3.1 A szeizmikus szelvényeken a Mecseki Kőszén Formáció jól azonosítható reflexiók sorozataként jelentkezik (BRAUN ET AL. 1985) melyek száma leggyakrabban 4. A mélyfúrás adatok reflexiók szelvényekbe történő illesztésével ($m \rightarrow m_s$ transzformáció) bebizonyosodott, hogy a szénteleges rétegsorra jellemző reflexiók összeegyeztethetők a szénteleges rétegsorban azonosított négy üledékes szekvenciával (SQ_1 - SQ_4).
- 3.2 Szerkezeti szempontból a szeizmikus szelvények legfontosabb elemei a korábban is azonosított feltolódások. A szerkezeti elemek másik jellegzetes csoportját a normál vetők alkotják. A harmadik jelentős, a területre jellemző és csak jelen munka keretében felismert és értelmezett sajátos szerkezeti elem a kisléptékű visszapikkelyeződések (back thrust) rendszere. Megjelenésük nem befolyásolja az alapvető szerkezeti képet, de felismerésük alapvető jelentőségű lehet a szeizmikus szekvenciákban megjelenő gyakori szakadások és a fúrásokban észlelt kisléptékű rétegtani ismétlődések értelmezésében (3. ábra).
- 3.3 A mázai területen a rugalmas deformáció eredményeképpen egy nyílt, majdnem szimmetrikus, felülnézetben ÉK-DNy-i csapásirányú, DNy felé dőlő tengelyű antiklinális figyelhető meg, melyet északi vergenciájú feltolódások sorozata nyírt el és tölt többszörösen egymásra. A jelenlegi szerkezeti modell esetében 4 feltolódásról, a megismerés sorrendjében 1, 2, 3 és a keleti vergenciájú ún. Hidas feltolódásokról beszélhetünk.
- 3.4 Az északi vergenciájú feltolódások (1-3.) kialakulása a felső-kréta - paleogén során végbement töréses deformáció eredményeként értelmezhető. Ezek a több lépésben lezajlott feltolódási, és azzal szorosan összefüggő visszapikkelyeződési folyamatok egy pikkelyszerkezet kialakulásához vezettek, melynek végén mintegy 13%-os térrövidüléssel is számolhatunk.
- 3.5 Az Északi Pikkely zömmel miocénre tehető kialakulása e pikkelyrendszer fejlődésének keretei között értelmezhető. A miocén fejlődéstörténet további térrövidülési folyamatokkal, ill. ehhez kapcsolódó pikkelyeződéssel jellemezhető, melynek eredményeképpen mintegy 22,5 %-os térrövidülés feltételezhető.



3. ábra Dőlés és csapásirányban szerkesztett földtani szelvények Mába-Dél - Váralja-Dél területén

Jelmagyarázat:

- Durva homokkő, kavicsos homokkő
- Finom homokkő, aleurolitos homokkő
- Aleurolit, agyagos aleurolit, agyag
- szén
- Vulkanikus kőzet
- tufit



2. ábra A széntelepek számozása és egymáshoz viszonyított elhelyezkedése a Kelet-Mecsek kőszéntelepes területein

1. INTRODUCTION

Coal exploration and mining targeting the Lower Liassic - Hettangian - Lower Sinemurian coal bearing sequence of the Mecsek Coal Formation in the Eastern Mecsek have 300 years of history.

Máza-South - Váralja-South area is located between the Northern Imbricates and the Kisújbánya centrocline and it is one of the most important Upper triassic - Jurassic (Hettangian) coal exploration site of the Eastern-Mecsek (Hungary).

The geological reinvestigation was started in November 2006 in co-operation of the Calamites Ltd. and the University of Debrecen (Department of Mineralogy and Geology).

The support of a PhD scholarship in Geology (University of Debrecen) and the co-operation mentioned above enabled the making of this dissertation.

2. AIMS

For successful geological reconstruction and exploration reliable and correct high resolution well-log correlations are required if possible.

This establishment is especially true if these correlations are made even more difficult by palaeoenvironmental conditions, furthermore the Mecsek Coal Formation is highly influenced structural deformations in the Eastern Mecsek.

Detailed structural observations have been made on the "Máza-South - Váralja-South" research areas mostly valid up to the present day including exploratory reports completed in the 1980s (NÉMEDI VARGA ET AL. 1979, SZILÁGYI ET AL. 1985). Geological (stratigraphic and structural) models have been developed with a preliminary stratigraphic interpretation of the embedded coal bearing strata. The stratigraphic surfaces of the modeling were the boundaries of the coal bearing formation.

In the course of the present work, well-log correlation of various coal fields of the Mecsek with systematic evaluation of deep drilling geophysical well logs based on the principles of high resolution sequence stratigraphy were performed meanwhile the seismically observable sedimentary sequences were identified.

The base of this work was the Máza-South - Váralja-South exploration area, however, I made correlations in coal fields of Pécs and Eastern-Mecsek (Nagymányok, Komló, Pécs-Vasas, and Hosszúhetény) to make suggestions regarding the dissection of the succession and correlations of coal seams.

To make the relations between the sequence stratigraphic interpretation and the facies models evident, geostatistic analyses of some attributes with a special role in the facies modeling have to be performed, related to both facies identification and palaeogeographic mapping. These are the isopach data, sulphur and ash content and the thickness of the coal seams.

It was important to make systematic geological interpretation of geophysical seismic reflection data from the aspect of both the horizontal extension of the sequence stratigraphically defined coal bearing seismic sedimentary sequences and the geophysical discontinuities of sedimentary or structural origin. Thus, the previous structural models of the Eastern Mecsek have been significantly modified.

3. METHODS AND THEORETICAL BACKGROUND

3.1. Creation of database

The analysis has been established with the development of a unified digital database containing data of geological (lithology, dip of strata, palaeontology, sedimentology), laboratory (heat value, ash content, sulphur content) and geophysical data (well logs and seismic reflection) of 90 fully cored deep drillings.

The database allows that the well logs were drawn with corrected real thickness without exception to eliminate the interfering effects caused by strongly variable dip conditions as the one of the main characters of the Mecsek i.e. the distance between two measurement points is produced by the multiplication of the differences of measured depths (measured distance) and the cosine of the determined dip (stratigraphic distance).

3.2. Integrated stratigraphical considerations

The main method of correlating different sequences was based on biostratigraphic analogies (Phyllopod fossils, Ostrea shell beds) and on event stratigraphy (two interbedded tuffaceous horizons) (NAGY J. 1965). Another aspect of correlation was correlation established on facies units (NAGY E. 1969). This latter way of correlation can be regarded as direct preliminaries of a latter sequence stratigraphic correlation. The lower lacustrine, middle deltaic and upper paralic tract of the sequence can be directly interpreted from the aspect of sequence stratigraphy.

In sequence stratigraphic context we can dissect the sedimentary sequences into systems tracts, which means the identification of low stand (LST), transgressive (TST), highstand (HST) and/or falling stage systems tracts (FSST).

In case of carbonate and coal bearing successions, sedimentation usually happens in the course of late transgressive (LTST) and highstand (HST) systems tracts, due to paramount shelf position and the environment is very reactive to facies shifts in the early stage of falling stage system tracts (FSST).

Method of the stratigraphic interpretation and dissection of the coal bearing formation was the high resolution sequence stratigraphic analysis based on

the systematic comparative analysis of well logs including both electric and radiometric data, taking into consideration the available lithological data as well.

The correlations referred here are discussed in sequence stratigraphic context. Well-log correlations mainly mean the identifying of the similarities in well-logs and changing of the paleoenvironment. Due to the verified presence of thrusts, however, stratigraphic repetitions had to be considered as well apart from correlation among boreholes

3.3. Principles of faciology

One of the most prospective aspects of the sequence stratigraphic concept is the inevitable join of the sedimentary sequences and the palaeogeographic changes in the facies distribution. Thus, an adequate facies reconstruction is essential for a sequence stratigraphic analysis, however, an advanced interpretation of several well established conclusions of the former facies models can be performed in sequence stratigraphic context.

A detailed description of the facies models for coal bearing sedimentary successions has been given by GALLOWAY - HOBDDAY (1983) to make comparisons with earlier sequence stratigraphic results (BOHACS - SUTER, 1997) and facies models for coal bearing successions in the Mecsek Mts. According to their foreshadowing discussion, the main facies zones in a deltaic succession are the transgressive back-barrier lagoon, the lower delta-plain, the transition between the lower and upper-delta plain and upper delta-plain.

The main condition of identification of sequence stratigraphic status are the evaluation of vertical changes in the thickness of coal seams and in their sulphur content in Máza-Váralja-South.

The *coal seam thickness* is determined by the relation of the relative sea level rise (accommodation) and the vertical growth of peat (CECIL ET AL. 1979). The *sulphur content* is determined by the primary sedimentary conditions. The main source of sulphur content is the sulphate dissolved in water, accordingly, the intensive increasing of sea level along with the growing of the sulphur content of coal seams (ALTSCHULER ET AL. 1983, PHILLIPS - BUSTIN, 1996, HÁMOR - HÁMOR, 2007).

The detailed characterization of the palaeoenvironment was based on the sulphur content and the thickness data of the coal seams assuming that the maximums of ash content and the thickness of the seams refer to the identification of topographic highs and to the length of the time period of swamp conditions.

Contour maps were generated by Surfer for Windows and the method of interpolation was the default linear kriging. Seam thickness data were fit onto the former relief reconstructed on the basis of the ash content. Whether topographic highs or the depressions between them were the locations of swamp development was the primary question.

3.4. Investigation of structure

To illustrate the development of the structural model in Máza South dip orientated geological cross sections from three different research phases are compared.

WEIN (1962) gave a foreshadowing model of the area, assuming twofold structural thrusts with northern vergence. NÉMEDI VARGA ET AL. (1979) defined a western vergence for the twofold thrusts and SZILÁGYI ET AL. (1985) confirmed the northern vergence of the structural elements, but assumed at least four-fold imbricated structures.

Development of the structural model of the Northern Imbricates has several stages. An early supposition of the syncline structure was disproved and the northward up-thrust has been detected (VITÁLIS, 1939). In the next stage, bidirectional, i.e. northward and southward thrusting of the Northern Imbricates was observed and interpreted as the result of successive south and north directed thrust wedge developments (WEIN, 1965).

Interpretation of the Northern Imbricates in a single structural development was raised first by TARI (1992) who reinterpreted the bidirectional reverse fault system as a flower structure related to a transpression.

Due to the complicated structural setting of the Eastern Mecsek, to delineate structural elements before stratigraphic correlations is a key factor in the course of this dissertation and it has also been confirmed on seismic interpretations (BRAUN ET AL. 1985).

However, the main aspect of the geological research was the stratigraphic and structural modelling of the Jurassic coal bearing sequence, detailed analysis of the horizontal and vertical architecture of the Miocene basin filling series was also essential.

4. RESULTS

1. Stratigraphy

1.1 In the course of the geological investigation of Máza-South - Váralja-South area, with the help of logs essential in hydrogeology (SP, resistivity, natural gamma and neutron porosity logs) the main sedimentary sequences have been observed and correlated well-to-well. As a result of this investigation, well-log correlations between the coal fields of the Mecsek based on the systematic evaluation of deep drilling geophysical well logs were performed together with the identification of the seismically observable sedimentary sequences to dissect the Mecsek Coal Formation into four sequences (SQ-1 - SQ-4) (Fig. 1).

1.2 Considering the compensated gamma-gamma logs, and the induced potential logs in the old boreholes, the coal bearing parasequences appearing primarily in transgressive systems tracts has also been

identified, thus enabling the direct correlation and stratigraphic identification of the significant coal beds themselves (Fig. 1).

- 1.3 Furthermore, I made a suggestion on correlating five another coal fields (Nagymányok, Komló, Hosszúhetény, Pécs and Pécs-Vasas) of Eastern-Mecsek (Fig. 2). On the well-log correlation section the tuffaceous levels that were the basis of previous correlations are marked to help comparisons between the coal-fields of the exploration area.

2. Paleoenvironment

- 2.1 Vertical changes of sulphur content and the vertical and horizontal changes of coal seam thickness were analyzed with the summary of available facies models. The analysis of the isopach data of embedded sequence and ash content of coal seams was very important to describe the systems tracts or determine the palaeoenvironmental directions. Summarizing the facies distributions of the four coal bearing sequences and the coal seams themselves, it can be stated, that the coal bearing formation consists of a transgressive back barrier lagoon complex and three subsequent, gradually retrograding delta complexes.

- 2.2 The transgressive lagoon complex contains 7 parasequences (“Lacustrine tract”). The first, river determined delta complex (SQ_2) contains 5 parasequences. It represents dominantly the transition between lower and upper delta plains. The second, more marine determined delta complex (SQ_3) contains 6 parasequences and it represents the entire facies sequence from the lower delta plain through the transition between the lower and upper delta plain to the upper delta plain (“Alluvial tract”). The third marine determined delta complex (SQ_4) contains 4 parasequences starting with lower delta plain, continued with a temporary appearance of the transition between the lower and upper delta plains and covered by the materials of a subsequent lower delta plain and offshore sediments (“Paralic tract”).

- 2.3 Studying ash content and seam thickness according to seams/seam groups revealed that swamp development occurred generally in the topographic highs at the beginning of transgression (maximums of ash content and seam thickness overlap) at the time of late transgression, however, the inner areas of lagoons distant from topographic highs were the areas of swamp development (minimum of ash content and maximum of seam thickness overlap).

3. Structural conditions

- 3.1 In previous reports (BRAUN ET AL. 1985), the special characteristics of the Mecsek Coal Formation were the well observable, however, not interpreted reflections, the number of which varies usually between

three and five, mostly four. Matching this observation with the identified sedimentary sequences (SQ_1 - SQ_4) we can conclude, that the sedimentary sequences identified in down-hole, mostly on well log data, can be regarded as seismic sequences, so their horizontal extension can be traced in seismic profiles, to confirm this assumption I need to transform the metre scale of deep drillings into time-scale.

- 3.2 From structural point of view, the most significant elements appearing on the seismic profiles are the thrusts. The second significant type of structural elements is the normal faults. The third significant and probably the most special structural element of the region is the small-scale backthrusts of the material. Their appearance has no primary role in generating the large scale structural model, but has essential importance in understanding the fragmentation of seismic sequences, and the seemingly random small-scale stratigraphic repetitions observed in boreholes (Fig. 3).
- 3.3 As a result of ductile deformation, an open, almost symmetric, southward plunging anticline has been reconstructed in the Máza-South - Váralja-South area. The axial plane of the anticline is striking practically North-South. This anticline has a gradual transition westward, into another open, almost symmetric, westward plunging anticline the axial plane of which is striking practically West-East. The dominant set of elements of the generalized model is the series of thrusts with northern vergence numbered from 1 to 3 and the "thrust Hidas" with eastern vergence at the eastern margin of the study area.
- 3.4 Related to the brittle deformation, a series of thrusts with northern vergence numbered from 1 to 3 have been detected in seismic sections. The set of thrusts together with the associated backthrusts can be interpreted as the result of a multi-phase compression causing in sequence thrust wedge development. This Cretaceous - Paleogene thrust wedge development accommodated a shortening of 13 %.
- 3.5 The Northern Imbricates has been re-interpreted as a part of this thrust wedge system. Its Miocene development represents an in sequence thrust and a set of out of sequence backthrusts accommodating a shortening of 22.5 %.

IRODALOMJEGYZÉK

- ALTSCHULER, Z.S. - SCHNEPPE, M.M. - SILBER, C.C. - SIMON, F.O., 1983. Sulfur diagenesis in everlades peat and origin of pyrite in coal. *Science* 221, 221-227.
- BOHACS, K., SUTER, J., 1997. Sequence stratigraphic distribution of coaly rocks: fundamental controls and paralic examples. *AAPG Bulletin* 81, 1612-1639.
- BRAUN, L., KÖNYA, A., TIMÁR, Z., 1985. A Mecsek és a Villányi-hegység környékének geofizikai vizsgálata. *MÁELGI* 1984. Évi Jel., pp. 53-56.

- CECIL, C.B. - STANTON, R.W. - DULONG, F.T. - RENTON, J.J., 1979. Geologic factors that control mineral matter in coal. In A.C. Donaldson, M.W. Presley, J.J. Renton (eds.) Carboniferous coal guidebook, Vol. 3, pp. 43-56. W. Va. Geol. and Econ. Surv.
- GALLOWAY, W.E., HOBDDAY, D.K., 1983. Terrigenous Clastic Depositional Systems Applications to Petroleum, Coal, and Uranium Exploration - Springer-Verlag p. 423.
- HÁMOR-VIDÓ, M. - HÁMOR, T., 2007. Sulphur and carbon isotopic composition of power supply coals in the Pannonian Basin, Hungary - *International Journal of Coal Geology*, 71. pp. 425-447.
- NAGY, E., 1969. A Mecsek hegység alsó-liász köszénösszlete. - Magyar Áll. Földt. Int. Évkönyve 51/2
- NAGY, J., 1965. Azonosítási lehetőségek a Mecsek hegységi alsóliász köszénösszletben - Magyar Áll. Földt. Int. Évi Jelentése az 1965. évről, pp. 39-56.
- NÉMEDI VARGA, Z., ET AL., 1979. "Máza-Dél"- "Váralja-Dél"-i feketekőszénterület földtani kutatási jelentése. NME Földtan-Teleptani Tsz., Sz. 263-V-20/1978. sz. kutatási-fejlesztési munka. I-VIII kötet. Miskolc, KFH Adattár
- PHILIPS, S. - BUSTIN, R.M., 1996. Sulfur in the Changuinola peat deposit, Panama, as an indicator of the environments of deposition of peat and coal. *J. Sediment. Geol.* 66, 184-196.
- SZILÁGYI, T., ET AL., 1985. Összefoglaló jelentés a Máza-Dél Váralja-Dél feketekőszén terület felderítő fázisú kutatásáról és készletszámításáról. Bányakapitányság, Pécs
- TARI, G., 1992. Late Neogene transpression in the Northern Thrust Zone, Mecsek Mts., Hungary. *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eötvös Nominatae Sectio Geologica* 29, 165-187.
- VITÁLIS, I., 1939. Magyarország szénelőfordulásai, Röttig-Romw., Sopron. 407
- WEIN, Gy., 1962. A "Máza-déli" feketekőszénterület (Mecsek-hegység) földtani felépítése. *Bányászati Lapok* 10, 655-662.
- WEIN, Gy., 1965. Az „Északi Pikkely” a Mecsek hegységben - *Bányászati Lapok* 6, pp. 402-410.

PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN

Tudományos közlemény, idegen nyelvű, lektorált folyóiratban:

PÜSPÖKI Z.- FORGÁCS Z.- KOVÁCS Zs.- KOVÁCS E.- SOÓSNE-KABLÁR J.- JÄGER L. - PUSZTAFALVI J. - KOVÁCS Z.- DEMETER G.- MCINTOSH R. W.- BUDAY T.- KOZÁK M.- VERBŐCI J.: 2012. Stratigraphy and deformation history of the Jurassic coal bearing series in the Eastern Mecsek (Hungary). *International Journal of Coal Geology* 102: 35-51. (IF:2.976) ISSN:0166-5162

PÜSPÖKI Z.- DEMETER G.- TÓTH-MAKK Á.- KOZÁK M.- DÁVID Á.- VIRÁG M.- KOVÁCS-PÁLFFY P.- KÓNYA P.- GYURICZA Gy.- KISS J.- MCINTOSH R. W.- FORGÁCS Z.- BUDAY T.- KOVÁCS Z.- GOMBOS T.- KUMMER I.: 2012.

Tectonically controlled Quaternary intracontinental fluvial sequence development in the Nyírség-Pannonian Basin, Hungary. *Sedimentary Geology* 283: 34-56. (IF:1.802) ISSN: 0037-0738

Tudományos közlemény, magyar nyelvű, lektorált folyóiratban:

FORGÁCS Z.- PÜSPÖKI Z.- SOÓS-NÉ-KABLÁR J.: 2011. A Mecseki Kőszén Formáció szekvenciasztratigráfiai tagolása. *BKL Bányászat* 144. 2.: 6-11. ISSN: 0522-3512

FORGÁCS Z.- PÜSPÖKI Z.- SOÓS-NÉ-KABLÁR J.- JÄGER L.- MCINTOSH R. W.- KOVÁCS Z.- KOVÁCS Zs.- KOZÁK M.- VERBŐCI J.- KOVÁCS E.: 2011. A Máza-Váralja-Dél kőszenes terület földtani szerkezetének rekonstrukciója. *BKL Bányászat* 144. 3.: 1-7. ISSN: 0522-3512

FORGÁCS Z.- PÜSPÖKI Z.- SOÓS-NÉ-KABLÁR J.- JÄGER L.- KOVÁCS Z.- KOVÁCS Zs.: 2011. A készletszámítás gyakorlati megvalósítása a máza-váralja-déli feketekőszén területen. *BKL Bányászat* 144. 5.: 2-6. ISSN: 0522-3512

Egyéb, magyar nyelvű közlemény, nem lektorált kiadványban:

PÜSPÖKI Z.- SOÓS-NÉ-KABLÁR J.- VERBŐCI J.- FORGÁCS Z.- KOVÁCS Z.- PATAKY Cs.: 2008. Szekvenciasztratigráfiai megfigyelések a szerkezeti rekonstrukció szolgálatában Máza - Dél széntelepes rétegsorának példáján. *Tanulmányok a geológia tárgyköréből Dr. Kozák Miklós tiszteletére*. Debrecen, pp.41-51. ISBN: 978-963-473-178-8

PÜSPÖKI Z. - DEMETER G. - FORGÁCS Z. - SZÜCS E. - SZILÁGYI R. - TÖKÉS T.: 2010. Nyírségi vízbázisok szekvenciasztratigráfiai vizsgálata. In: Demeter G. - Püspöki Z. - Lazányi J. - Buday T. eds.: *Szekvencia-sztratigráfia alapú földtani kutatás Nyíregyháza - Szatmárnémeti térségében*. Debrecen, pp.63-89. ISBN: 978-963-87980-4-6

KOVÁCS Z. - FORGÁCS Z. - BÓDI E. - KOVÁCS Zs.: 2010. Bonyolult tektonikájú rétegzett kifejlődésű szilárd ásványi nyersanyag (Máza-Dél-feketekőszén) készletszámítása térinformatikai segédlettel (Geo Media). In: Dr. Lóki J. - Demeter G. eds.: *Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában*. Debrecen, pp.397-405. ISBN: 978-963-318-116-4

PÜSPÖKI Z. - DEMETER G. - BUDAY T. - FORGÁCS Z.: 2011. Vízfolyásrendszerek azonosítása és laterális korrelációja vertikális mederszelvényeken mélyfúrás geofizika segítségével - *Interdiszciplinaritás a természet- és társadalomtudományokban* Debrecen, pp.259-266. ISBN: 978-963-318-062-4

Opponált kutatási zárójelentés:

PÜSPÖKI Z. ET AL. (2009): Máza - Váralja - Dél feketekőszén-kutatás. Földtani Kutatási Zárójelentés, Calamites Kft. - Debreceni Egyetem, Pécs-Debrecen

