B 3151

A MECSEK - NAGYKŐRÖS - DEBRECEN ÖVEZET ÓALPI MEZOZÓOS KÉPZŐDMÉNYEINEK SZÉNHIDROGÉN GEOKÉMIAI VIZSGÁLATA ÉS ÉRTÉKELÉSE AZ ÁSVÁNYI NYERSANYAGKUTATÁS SZEMPONTJAI SZERINT

Egyetemi doktori értekezés

Milota Katalin

József Attila Tudományegyetem
Ásvány-Kőzettani és Geokémiai Tanszék
Szeged

1992

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés, célkitűzés 1

2. Alkalmazott módszerek 2

3. Az üledékes kőzetek diszperz szerves anyaga 4

3.1. Diagenezis és katagenezis 6

3.2. A szerves anyag tipusa és szénhidrogéngeneráló képessége 8

4. A szerves anyag geokémiai vizsgálati módszerei 10

4.1.A szerves anyag mennyiségét jellemző mutatók 12

4.1.1. Szerves széntartalom 12

4.1.2. Bitumentartalom 13

4.1.3. A Rock Eval pirolízis paraméterei a szervesanyag tartalom jellemzésében 14

4.2.A szerves anyag típusát minősítő eljárások 17

4.3. A szerves anyag termikus érettségének megállapítására alkalmas módszerek 19

4.3.1. Illit kristályossági index meghatározás 22

4.3.2. Vitrinitreflexió 23

4.3.3. Pirolízis vizsgálatok 25

5. A hőtörténeti rekonstrukció módszerei 27

5.1. A dolgozatban alkalmazott hőtörténeti modell 34

6. Az eróziós hiány mértékének becslése 35

7. A vizsgált területen eddig végzett szerves geokémiai értékelések eredményeinek rövid áttekintése 38

8. A Mecsek - észak-alföldi övezet óalpi mezozóos képzőményeinek földtani összefoglalása 41

8.1. Az övezet nagyszerkezeti helyzete 41

8.2. A Mecsek - észak-alföldi zóna általános földtani felépítése és elkülönítő jellemzői 42

8.3. A Mecsek - észak-alföldi mezozóos övezet alföldi részének földtani felépítése 45

8.3.1. Triász képződmények 45

8.3.2. Júra képződmények 48

8.3.3. Alsó-kréta (berriázi-albai) képződmények 50

9. A mezozóos fáciesöv képződményeinek szerves geokémiai jellemzése 51

9.1. A vizsgált kőzetminták kor és kőzettipus szerinti megoszlása 51

9.2. Az óalpi ciklus képződményeinek diszperz szerves anyag tartalma 52

9.2. A szerves anyag típusa 58

9.3. A diszperz szerves anyag termikus érettsége 58

9.3.1. Vitrinitreflexió mélységfüggés 58

10. Süllyedés- és hőtörténeti számítások 62

Összefoglalás

Köszönetnyilvánítás

Hivatkozások listája

Mellékletek

Ábrák jegyzéke

1. ábra A szerves anyag átalakulási folyamatai (Tissot-Welte, 1978) 5

2. ábra A kerogén termikus evolúciójának sémája (Tissot-Welte, 1978) 7

3. ábra A szerves anyag fő tipusainak elemi összetétele (Tissot-Welte, 1978) 9

4. ábra A szerves anyag geokémiai anyagvizsgálati módszerei (Tissot-Welte) 11

5. ábra A Rock Eval pirolízis mért és számított értékei 15

6. ábra A pirolízis T_{max} értékeinek alkalmazása a szerves anyag érettségének meghatározására 16

7. ábra A szerves anyag tipusának meghatározása a HI és OI értékek alapján (Espitalie,1985) 18

8. ábra A kerogén elemzésén alapuló érettségi paraméterek (Tissot-Welte, 1978) 21

9. ábra A diszperz szerves anyag szerkezete (III. tipus) a) diagenezis végén, b) metagenezis kezdetén (Oberlin et al., 1980) 24

10.ábra A vitrinitreflexió és a pirolízis T_{max} értékének kapcsolata (Espitalie, 1985) 26

11.ábra Az olajablak felszínének mélysége és hőmérséklete különböző korú képződményekre vonatkozóan (Tissot-Welte, 1978) 28

12.ábra A paleohőmérséklet becslése Karweil módszerével (Karweil, 1956) 30

13.ábra A szerves anyag érettségének (LOM) meghatározása Hood módszerével (Hood et al.,1975) 33

14.ábra Az eróziós hiány becslésének elve a vitrinitreflexió mélységfüggése alapján (Dow,1977) 37

15.ábra A Mecsek-Nagykőrös-Debrecen mezozóos övezet vázlatos helyzete (Bérczíné Makk A., 1986) 44

16.ábra A Mecsek-Nagykőrös-Debrecen övezet óalpi képződményeinek rétegtani áttekintése 46

17.ábra A szerves anyag tipusa a Mecsek-Nagykőrös-Debrecen övezet óalpi képződményeiben 57

18.ábra A szerves anyag tipusának meghatározása a HI és T_{max} értékek alapján 59

19.ábra A mezozóos képződmények szerves anyagának termikus érettsége a vitrinitreflexió mélységfüggése alapján 61

20.ábra A vitrinitreflexió és a pirolízis T_{max} értékek összehasonlítása 63

21.ábra Az eróziós hiány becslése az Alpár-I. fúrás rétegsorában Dow módszerével 65

22.ábra Az erodált üledékvastagság becslése a Gátér-Mély-1. fúrásban 66

23.ábra Az Alpár-I. fúrás rétegsorának hőtörténete 68

24.ábra A szénhidrogén-genetikai zónák határai az Alpár-I. fúrásban (Galiczné,1988) 69

25.ábra A Gátér-Mély-1. fúrás rétegsorának hőtörténete 71

26.ábra A szénhidrogén-genetikai zónák helyzete a Gátér-Mély-1. fúrásban 72

27.ábra A Páhi-1. fúrás rétegsorának hőtörténete 74

28.ábra A Rock Eval pirolízis eredményei az Alpár-I. fúrásban 75

29.ábra A Rock Eval pirolízis eredményei a Gátér-Mély-1. fúrásban 76

30.ábra A Rock Eval pirolízis eredményei a Kiskőrös-1. fúrásban 77

31.ábra A Rock Eval pirolízis eredményei a Kikőrös-K-1. fúrásban 78

32.ábra A Rock Eval pirolízis eredményei a Nagykőrös-Ú-9. fúrásban 79

33.ábra A Rock Eval pirolízis eredményei az Orgovány-1. fúrásban 80

34.ábra A Rock Eval pirolízis eredményei a Páhi-1. fúrásban 81

35.ábra A Rock Eval pirolízis eredményei a Tiszagyenda-1. fúrásban 81

Mellékletek jegyzéke

I. melléklet A hőtörténeti számítások alapadatai

II. melléklet A szénhidrogénkutató fúrások által feltárt alsó-júra korú kőzetek szerves geokémiai jellemzői

III. melléklet A szénhidrogénkutató fúrások által feltárt középső-júra korú kőzetek szerves geokémiai jellemzői

IV. melléklet A szénhidrogénkutató fúrások által feltárt felső-júra korú kőzetek szerves geokémiai jellemzői

V. melléklet A szénhidrogénkutató fúrások által feltárt alsó-krééta korú kőzetek szerves geokémiai jellemzői

1. Bevezetés, célkitűzés

A szénhidrogénkutatás távlati tervezése és az ipari szénhidrogén-prognózis tudományosan kialakított földtani modellen alapul. A földtani felépítést, a szénhidrogénképződés ill. felhalmozódás földfejlődéstörténeti hátterét rétegtani, szerkezetföldtani és regionális geológiai vizsgálatok tisztázzák.

A szénhidrogénkutatás és feltárás gyakorlati eredményeivel és a kilátások megítélésével kapcsolatosan kialakult rangsor alapján a medenceterületek rétegtani, szerkezeti, fejlődéstörténeti egységeire eltérő mértékű figyelem irányul. Ennek megfelelően az egyes regionális földtani vagy fejlődéstörténeti egységek geológiai ismertségi foka is különböző. Általában a legrészletesebben és legvilágosabban a medenceterületek neogén korú képződményeinek mélyföldtani és szénhidrogénföldtani viszonyai körvonalazódnak.

A preneogén aljzatban elhelyezkedő képződményeknek a nehezebb elérhetőség és a gyakran bonyolult települési viszonyok miatt többnyire jóval kisebb a földtani ismeretességi foka. A meglévő nehézségek ellenére szükséges a preneogén képződményekre vonatkozóan is prognosztikus koncepciót kidolgozni. Annál is inkább, mivel az utóbbi évek fejlesztései -korszerű mérőmüszerek és módszerek alkalmazása révén- jelentősen megnövelték és pontosították ezen képződmények szerves geokémiai ismertségét. A földtani és szerves geokémia adatok alapján körvonalazható a mezozóos képződmények kutatását tudományosan megalapozó modell vázlata: lehetővé válik a szénhidrogéngenerálás, migráció és akkumuláció feltételeinek elemzése, értékelése.

Dolgozatomban a Tisza nagyszerkezeti egység úgynevezett Mecsek-Nagykőrös-Debrecen övezetének óalpi mezozóos képződményeire vonatkozó alapvető földtani információkat és a hozzájuk kapcsolódó szénhidrogén-geokémiai eredményeket kívánom integrálni az ásványi nyersanyagkutatás szempontjainak megfelelően.

2. Alkalmazott módszerek

Az elemző munka alapját az adatok összegyűjtése és rendszerezése képezte. A földtani és szerves geokémiai anyagvizsgálatok eredményeit az OKGT (ma Magyar Olaj- és Gázipari Részvénytársaság) adattárban fellelhető kútkönyvi dokumentáció, kéziratos jelentések, valamint a hivatkozott szakirodalmi közlemények tartalmazzák. Ezeket összegyűjtve, elemezve lehetővé vált az óalpi mezozóos képződmények földtani és szerves geokémiai modelljének a szénhidrogén prognózis szempontjainak megfelelő pontosítása.

A szénhidrogénkutató fúrások földtani anyagvizsgálati eredményeit Bérczinė Makk A. (Bérczinė, 1974, 1986, 1988), majd a 80-as évek végén mélyült kutatófúrások adatait is figyelembe véve, a mezozóos képződmények település és vastagság viszonyait az SZKFI munkacsoportja (Szentgyörgyi et al. 1988) foglalta össze. A fokozatosan gyarapodó földtani adatokból építkező modellhez illesztve kezdtem meg az összegyűjtött szerves geokémiai vizsgálati eredmények értékelését.

A hetvenes évektől kezdődően több mint 120 mezozóos képződményeket harántoló fúrás furadék- és maganyagából készültek szerves geokémiai vizsgálatok a különböző intézményekben (OGIL, SZKFI, MTA GKL, JATE, KBFI). Ezek többsége csupán a szerves anyag mennyisége

szempontjából informatív, ezért a mutatkozó adathiányok pótlására, és a közel hiánytalan mezozóos rétegsorok szerves geokémiai jellemzésére kiegészítő vizsgálatokat végeztettem a szerves anyag típusának és termikus átalakultsági fokának meghatározására. A pótlólagos vitrinit reflexió méréseket Galicz Gergelyné dr. (OGIL) végezte, míg a Rock Eval pirolízis eredmények értékelése Dr. Hetényi Magdolna (JATE) munkája.

Az adatokat a Borland QUATTRO PRO3 táblázatkezelő és adatbázis program alkalmazásával rendszereztem, földtani képződményenként csoportosítottam és elemeztem.

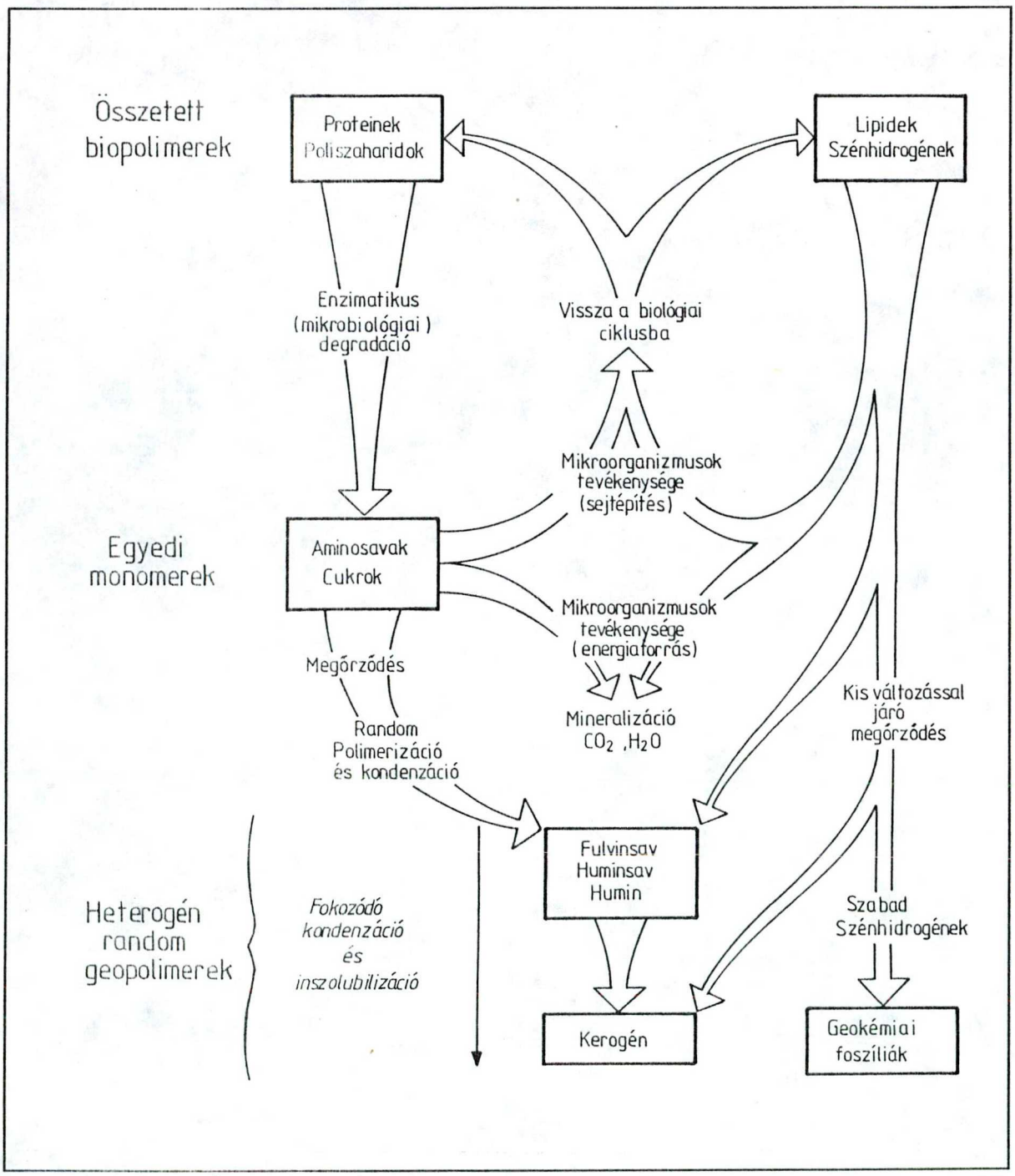
Az anyakőzet összletek kijelölése és minősítése a mennyiségi szerves geokémiai mutatók statisztikai átlagai, a Rock Eval pirolízis és a vitrinitreflexió adatok alapján történt. Az anyakőzet összletek süllyedés és hőtörténetének modellezésére egy viszonylag egyszerű programot (Elphic, 1989) használtam Quick Basic 4 segédprogrammal kombinálva, amely a mindenkori réteghőmérsékletet, mélységet és TTI értékeket kiszámítva grafikusan jeleníti meg a fő szénhidrogén-generáló zónák helyzetének változását a mélység és a földtani idő függvényében.

A modellszámításokhoz az eróziós diszkordancia mértékét- az átlagos rétegvastagság értékeket alapul véve - Dow módszerét alkalmazva becsültem (Dow, 1984). A földtani időben változó termikus gradiensek értékét a hivatkozott publikációk, közlemények alapján becsültem (Völgyi, 1977; Póka és Pantó 1981, 1983; Eggen 1983; Horváth et al. 1983,1984; Espitalié et al.1987; Cao et al. 1987).

3. Az üledékes kőzetek diszperz szerves anyaga

Bár néhány évvel ezelőtt a különböző iskolák képviselői még azon is vitatkoztak, hogy a kőolaj és a földgáz szerves vagy szervetlen eredetű-e, a szerves geokémia napjainkra óriási mértékben fejlődött, nem utolsó sorban a szénhidrogénkutatás igényeinek szolgálatában. Ma már egyértelműen tisztázódott, hogy az üledékképződés viszonyai (a környezet energiaszintje, redox viszonyok, a szerves anyag fáciese, stb.) hogyan befolyásolják a szénhidrogén - anyakőzet összletek létrejöttét. Elsőként francia kutatók foglalták össze a legszélesebb körű ismeretanyagot az üledékes kőzetek diszperz szerves anyag tartalmának eredetéről, a szerves anyag fizikai, kémiai és fizikai-kémiai tulajdonságairól, és e tulajdonságok változásáról az eltemetődés függvényében, végeredményben tehát a szénhidrogének keletkezésének, migrációjának és felhalmozódásának tárgykörében. Tissot és Welte könyve (1978) a mai napig a szerves geokémikusok "bibliája" maradt.

Az élő szervezetek kémiailag különböző alkotórészei az organizmus elpusztulását követően leülepednek, s ezzel kezdetét veszi a szerves szén körforgása (1. ábra, Tissot-Welte, 1976). A kémiailag kevésbé ellenálló makromolekulák mikrobiológiai lebontást követően visszakerülhetnek a biológiai ciklusba vagy a diagenezis során komplex makromolekulákká, kerogénné alakulnak. A jóval rezisztensebb lipidek egy része a diagenezis során csak kisebb változásokat szenved. Ezek az úgynevezett geokémiai fosszíliák, melyek fontos szerepet játszanak a szénhidrogének és anyakőzeteik korrelációjában.



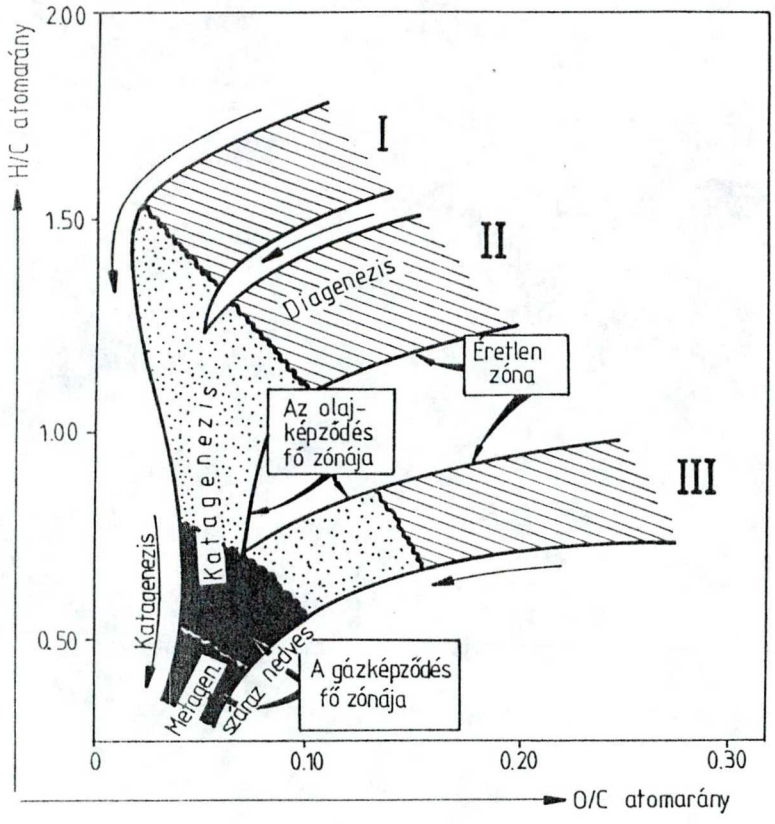
1. ábra A szerves anyag átalakulási folyamatai (Tissot-Welte, 1978)

3.1. Diagenezis és katagenezis

Diagenezisen a szerves anyag lerakódásával kezdődő folyamatot értjük, melynek eredményeként a biogén szerves anyagból (polikondenzáció, inszolubilizáció révén) komplex, szerves oldószerben, illetve lúgos oldatban oldhatatlan makromolekulás szerves anyag, azaz kerogén keletkezik. A folyamat során a szerves anyagból szén-dioxid, víz, ammónia és metán keletkezik. A szerves anyag termikus átalakulásának fő szakaszait mutatja be a 2.ábra (Tissot - Welte,1978). Feltűnteti az üledékes kőzetek diszperz szerves anyaga három fő típusának evolúciós útvonalát és a kerogén krakkolódásából keletkező szénhidrogének minőségét is.

A fokozódó eltemetődés, a növekvő rétegterhelés következtében növekvő nyomás és hőmérséklet teremti meg a kerogén degradálódásának feltételeit. A szerves anyag átalakulásának ezt a fokozatát katagenezisnek nevezik. A katagenetikus átalakulás lényege a kerogén szén-szén kötésinek hasadása révén az olaj- és gáz szénhidrogének képződése. A katagenezis végére a szénhidrogén-láncok teljesen eltűnnek, részlegesen irányított szerkezetű, hidrogénben szegény, poliaromás magokban gazdag kerogén alakul ki. Ez már az antracit állapot kezdete. Az ezt követő metagenezis során, amely a szerves anyag termikus átalakulásánaka metamorfózist megelőző utolsó szakasza, a kerogén már csak némi metánt (száraz gázt) generál.

Ahogyan az a szerves anyag termikus evolúciójának sémáját mutató 2. ábrából is kiolvasható a szénhidrogének képződése szempontjából a diagenezis és főként a katagenezis játszik fontos szerepet. A katagenezis során képződő szénhidrogének minőségét (és bizonyos értelemben a mennyiségét is) a kiindulási szerves anyag kémiai összetétele (fáciese), az abból képződő kerogén tipusa határozza meg.



A kerogén evolúció főbb termékei:

CO_2, H_2O

olaj

gáz

2. ábra A kerogén termikus evolúciójának sémája (Tissot-Welte, 1978)

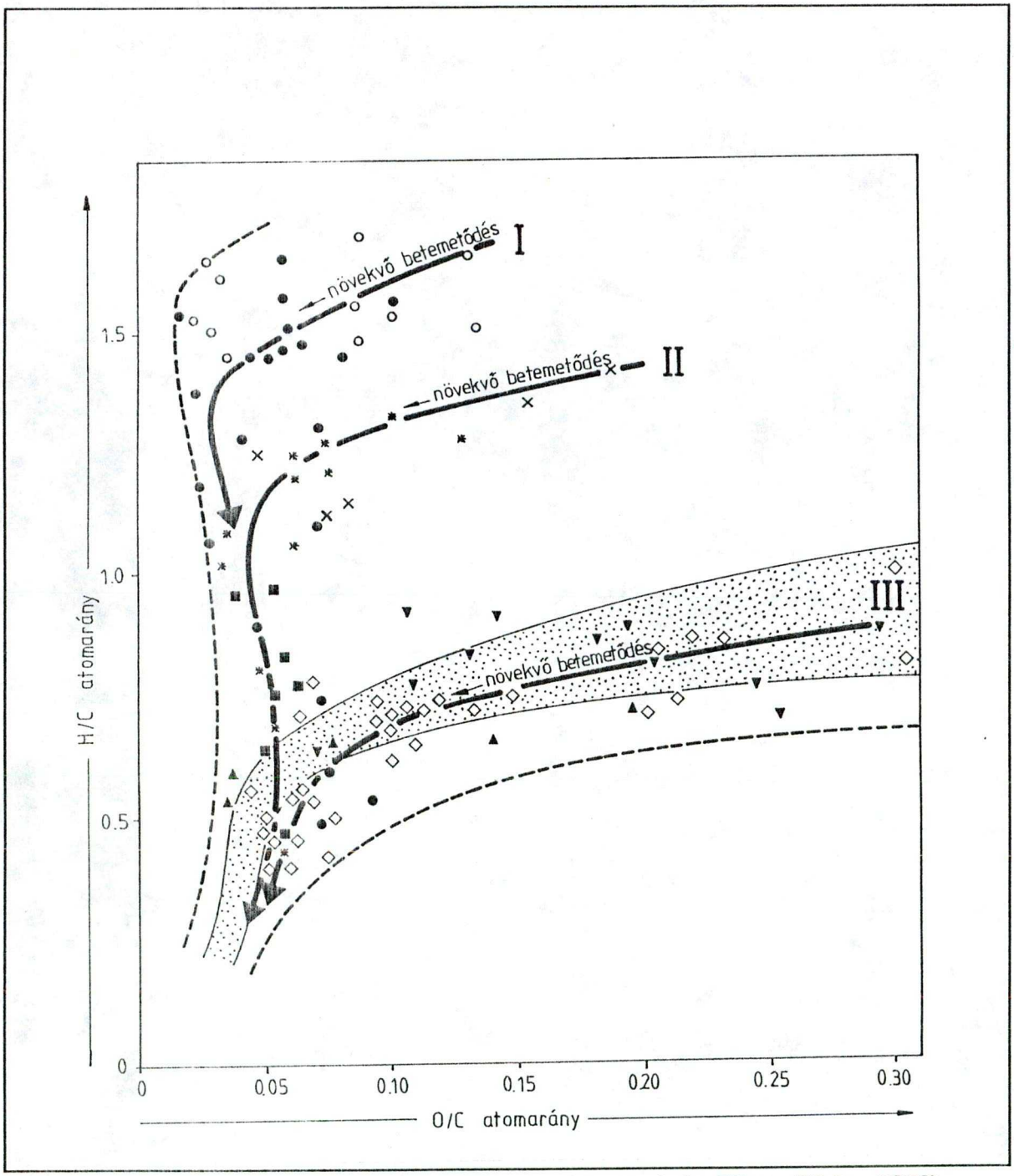
3.2. A szerves anyag tipusa és szénhidrogéngeneráló képessége

A szerves anyag minősítése a kémiai összetétel különbségein alapul. Tissot és Welte (1978) a szerves anyag elemi összetétele, a hidrogén, szén és oxigén mennyiségének egymáshoz való viszonya alapján három fő kerogén típust különítettek el (I, II, és III). Ezek tiszta formában, vagy keveredve fordulnak elő az üledékes kőzetekben, de vannak átmeneti tipusok is. A 3. ábra a kerogén három fő tipusa elemi összetételének különbségét mutatja be és ugyanakkor szemlélteti a diagenezis és a katagenezis során az elemi összetételben bekövetkező változásokat is. A nyilak a különféle típusú kerogének evolúciós útvonalát jelölik ki.

Az I. tipusú szerves anyag lakusztrikus környezetben felhalmozódó, algás, kémiailag lipidekben dús szerves anyagot jelent. A lerakódáskor magas H/C és alacsony O/C arány jellemzi. A diagenezis és főként a kataganezis alatt a H/C arány jelentősen csökken, az O/C arány alig változik. Bár ez a legritkább szerves anyag típus, ez a legjobb kőolaj anyakőzet.

A II. tipus elemi összetételét tekintve átmeneti az I. és a III. tipus között. Reduktív tengeri környezetben leülepedett, főként fito-és zooplanktonokból, baktériumokból képződött szerves anyag. 1.2-1.4 H/C arány illetve 0.15-0.20 O/C arány jellemzi a lerakódáskor. A világ nagy olajmezőinek anyakőzeteire jellemző.

A terresztrikus eredetű (III. tipusú), főként magasabbrendű növényi maradványokból keletkező szerves anyag gazdag poliaromás, heteroatomos vegyületekben. H/C aránya alacsony, 1.0 körüli, O/C aránya magas (0.2-0.3). Kémiai összetételéből fakadóan elsősorban gázt generál a katagenezis során. Az újabb vizsgálati eredmények azonban azt látszanak igazolni, hogy bizonyos esetekben a széntelepekkel - melyek szerves anyaga tipikusan III.- as típusú - is számolnunk kell olaj anyakőzetként (Waples, 1991).



3. ábra A szerves anyag fő tipusainak elemi összetétele (Tissot-Welte, 1978)

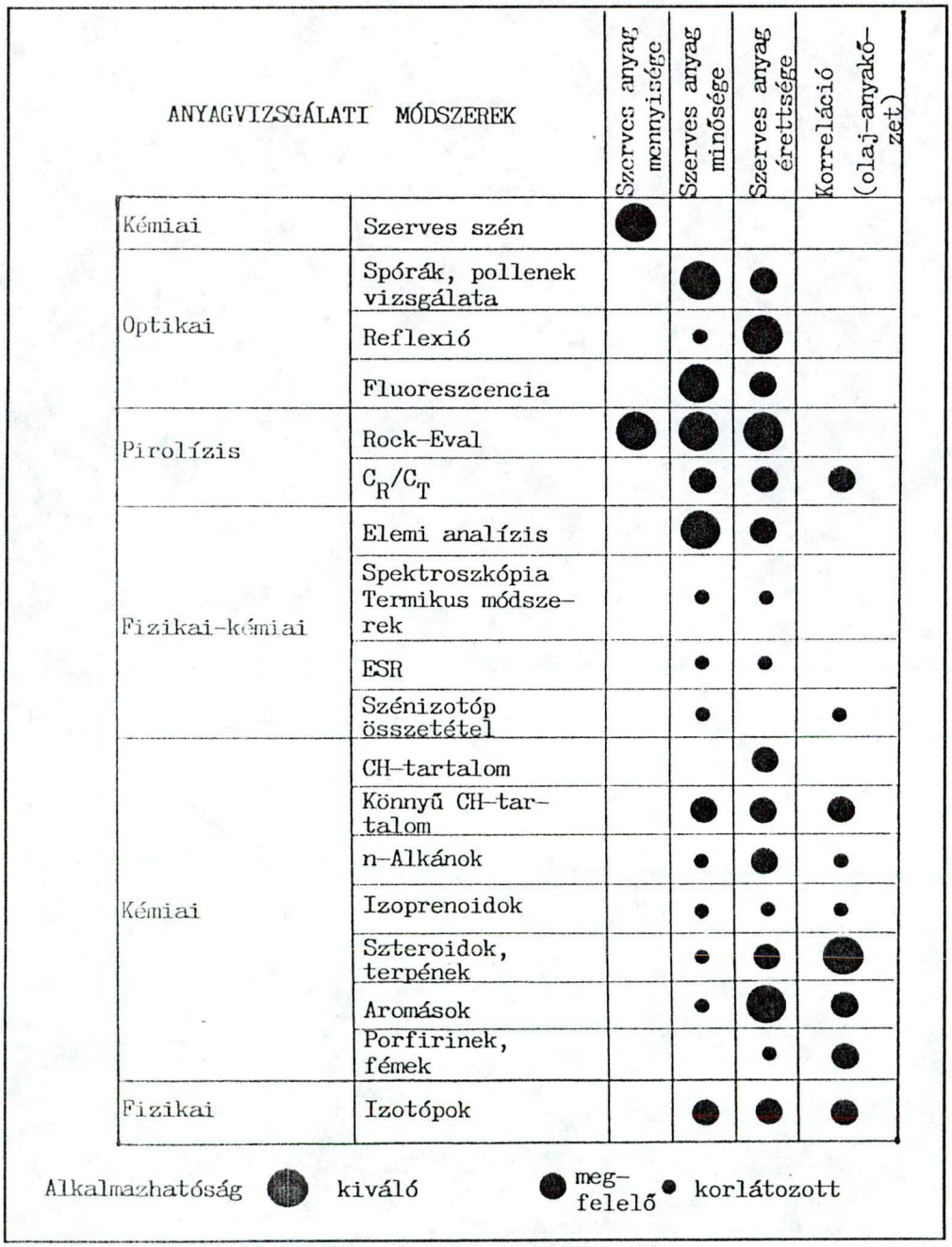
4. A szerves anyag geokémiai vizsgálati módszerei

A szénhidrogének az üledékes kőzetek diszperz szerves anyagából az eltemetődés során összetett, többnyire elsőrendű kémiai reakciók sorozatában képződnek. Adott üledékből keletkezett szénhidrogének mennyisége és minősége az anyakőzet diszperz szerves anyagának mennyiségétől, típusától és termikus érettségétől függ. A szerves geokémiai kutatásnak az anyakőzet összletek meghatározásához és jellemzéséhez tehát a következő kérdéseket kell megválaszolnia:

- Mennyi a kőzet szerves anyag tartalma?
- Milyen típusú szénhidrogén generálásra alkalmas ez a szerves anyag (kőolaj illetve földgáz képző-e)?
- Milyen fokot ért el a kőzetbe zárt szerves anyag termikus átalakulása?
- Effektív anyakőzetek esetében mikor történt a szénhidrogének keletkezése?

A fenti kérdések megválaszolását részletező fizikai, kémiai és fizikai-kémiai anyagvizsgálati eljárások teszik lehetővé, melyek többféleképpen csoportosíthatók, pl. a vizsgálat típusa illetve értelmezési lehetőségének hatóköre, az eredmények felhasználási területe stb. alapján (Tissot-Welte 1978) (4. ábra). Ugyanakkor ezen adatok alkalmazhatósága, megbízhatósága ugyancsak eltérhet.

Az alábbiakban azokat a vizsgálati eljárásokat ismertetem röviden, amelyeket a dolgozatomban magam is felhasználtam az anyakőzet összletek kijelöléséhez, minősítéséhez.



4. ábra A szerves anyag geokémiai anyagvizsgálati módszerei (Tissot-Welte, 1978)

4.1.A szerves anyag mennyiségét jellemző mutatók

4.1.1. Szerves széntartalom

Általánosan elfogadható elv, hogy minél nagyobb egy kőzet diszperz szervesanyag tartalma, annál több az esély arra, hogy jó anyakőzetről van szó. Bár a gyakorlatban ez az egy paraméter önmagában nem minősítheti adott kőzettömeg szénhidrogéngeneráló képességét, meghatározása alapvető fontosságú.

Adott üledékes kőzettest szervesanyag tartalma egységnyi kőzettömeg teljes szerves széntartalma (oldható és oldhatatlan, illetve pirolizálható és inert összege) meghatározása révén adható meg. Ma már kivétel nélkül a szerves szén oxidációján alapuló mérési eljárásokat alkalmazzák. Dolgozatomban a C_{org} illetve a TOC rövidítés egyaránt a teljes szerves széntartalmat jelöli, de a félreértések elkerülése érdekében mindkét esetben mg/g egységben adtam meg a szerves széntartalom értékét.

Szénhidrogénföldtani értékeléskor a szerves széntartalom értéke alapján egy kőzettest a következő kategóriákba sorolható:

0-5 mg/g	szerves széntartalom	nem anyakőzet
5-10 mg/g	szerves széntartalom	megfelelő anyakőzet
10-20 mg/g	szerves széntartalom	jó anyakőzet
20-40 mg/g	szerves széntartalom	nagyon jó anyakőzet
>40 mg/g	szerves széntartalom	kitűnő anyakőzet

Ismét kihangsúlyozandó azonban, hogy a TOC (Total Organic Carbon) értéke önmagában semmiképpen nem elegendő az anyakőzet összlet minősítéséhez, mert az eltérő eredetű szervesanyag tartalom mennyiségben és minőségben jelentősen különböző szénhidrogéneket eredményezhet. Az esetleges oxidáció, az eltérő termikus érettség stb. szintén befolyásolja az összlet minősítését.

4.1.2. Bitumentartalom

Bitumennek nevezzük a kőzet szerves oldószerekben oldható hányadát, szemben a szerves oldószerekben és lúgos oldatban egyaránt oldhatatlan kerogénnel. Bitumentartalmon egységnyi kőzettömeg kloroformban (S_k, mg/g) illetve benzol-aceton-metanol elegyben (S_{BAM}mg/g) extrahálható szerves anyag tartalmát értjük. A kloroformos extraktum első közelítésben a C_{12}-C_{40} szénatomszámú szénhidrogéneket tartalmazza, míg a BAM elegyben az ennél nagyobb szénatomszámú gyantás, aszfalténes /poláros/ alkotók is oldódnak (Espitalié et al, 1985). Bár az extrahálható bitumen tartalom mennyiségi paraméter, a szerves anyag koncentrációját és termikus átalakultságának fokát egyaránt minősíti (geokémiai szelvényben értékelve pedig a migrációt is jelzi). Napjainkban a korszerűbb anyagvizsgálati technika kezdi kiszorítani erről a területről a hosszadalmas extrakciós eljárásokat, de az olaj-anyakőzet korrelációs vizsgálatokban a bitumenfrakció tanulmányozása nélkülözhetetlen (Welte, 1975).

4.1.3. A Rock Eval pirolízis paraméterei a szervesanyag tartalom jellemzésében

A Rock Eval készülék segítségével a természetben évmilliók alatt végbemenő termikus átalakulások szimulálhatók laboratóriumi körülmények között magas hőmérsékleten, rövid idő alatt (Tissot et al. 1978, Espitalié, 1985). A vizsgált kőzetmintát programozott fűtésű cellába helyezve meghatározható az evolúció egyes szakaszaiban képződő szénhidrogének illetve az oxigén tartalmú vegyületekből képződő összes szén-dioxid mennyisége.Mérhető a minta termikus evolúcióját jellemző hőmérséklet, amelynél laboratóriumi körülmények között maximális intenzitású a szénhidrogénképződés. A mérési módszer legfontosabb mért, illetve számított paraméterei a következők (5. ábra):

S1 (mg szénhidrogén/g kőzet): a kőzet szabad illetve 300 ^{o}C-ig elpárolgó szénhidrogén tartalma, egységnyi kőzettömegre vonatkoztatva.

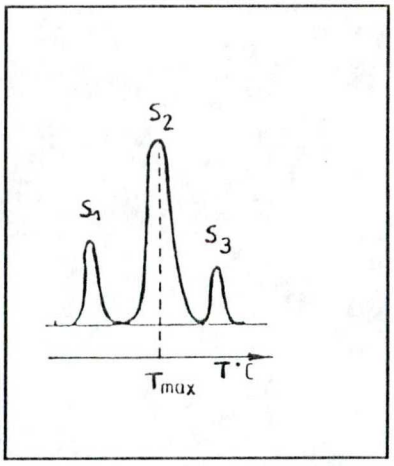
S2 (mg szénhidrogén/g kőzet): egységnyi kőzettömegben a kerogén 300 és 500 ^{o}C közötti pirolízise során keletkező szénhidrogének mennyisége.

S3 (mg CO_2/g kőzet): egységnyi kőzettömegben a szerves anyag oxigén tartalmú komponenseiből képződő szén-dioxid mennyisége.

A pirolízis negyedik közvetlen méréssel meghatározott paramétere a szerves anyag érettségének mutatója, a T_{max}(^{o}C) az a hőmérséklet, amelynél a kerogén krakkolódásából keletkező szénhidrogének mennyisége maximális. Értéke minta termikus evolúciójának jelenlegi szintjét jelzi, de Espitalié megfigyelései szerint (Espitalié, 1985) függ a szerves anyag tipusától is (6.ábra).

MÉRT ÉRTÉKEK

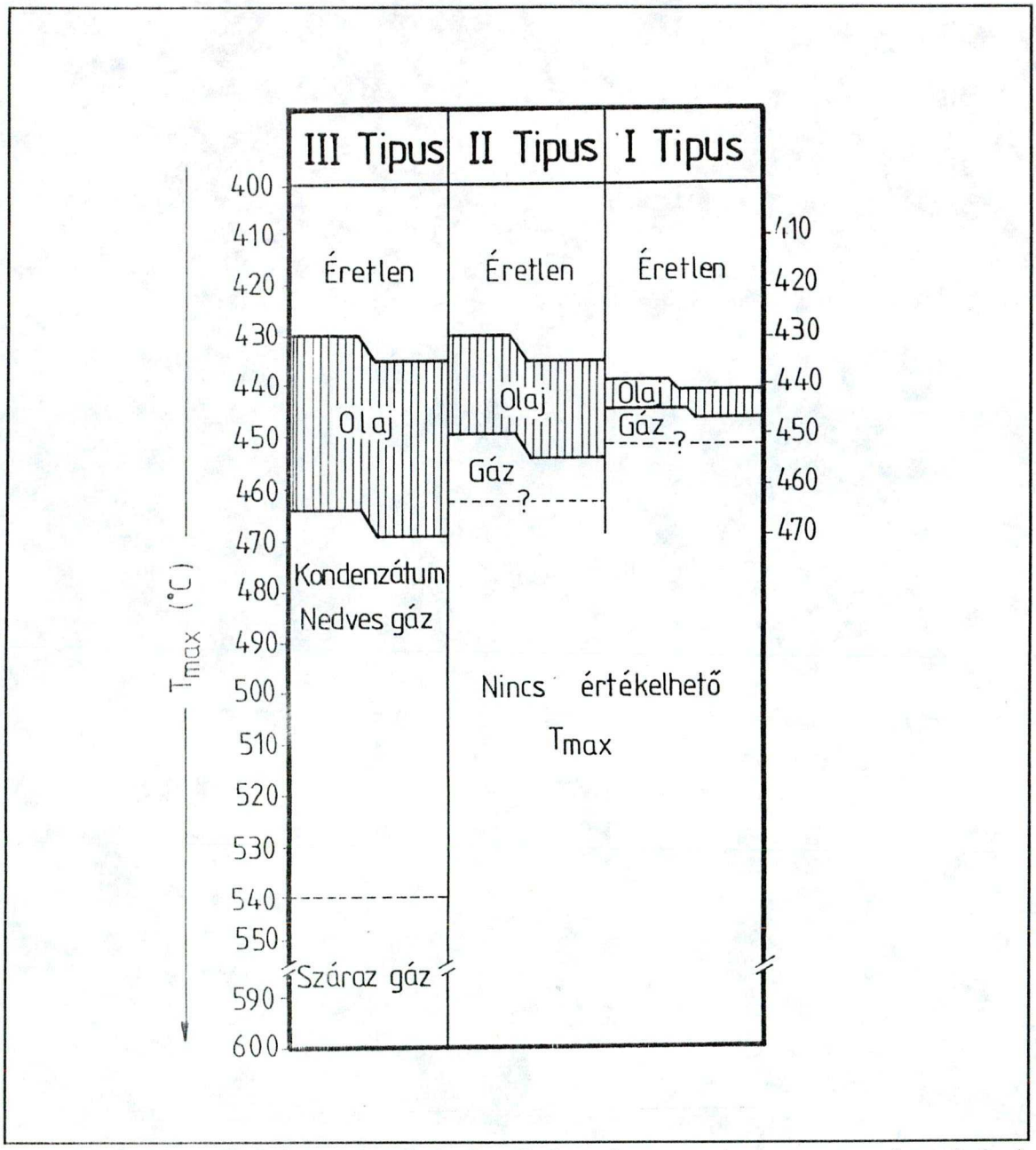
S1 (mgCH/g kőzet)	szabad szénhidrogén
S2 (mgCH/g kőzet)	pirolizált szénhidrogén
S3 ($mgCO_2$/g kőzet)	pirolizált CO_2
T_{max} (°C)	S2 csúcshoz tartozó hőmérséklet
C_{org} (mg/g kőzet)	szerves anyag tartalom
TOC	



SZÁMÍTOTT ÉRTÉKEK

POT = S1 + S2	kg CH/t kőzet
PI = S1/S1 + S2	
HI = S2/TOC	
OI = S3/TOC	
RCI = (S1 + S2)x10/TOC	

5. ábra A Rock Eval pirolízis mért és számított paraméterei



6. ábra A pirolízis T_{max} értékeinek alkalmazása a szerves anyag érettségének meghatározására (Espitalie, 1985)

Az anyakőzet összletek legfontosabb mennyiségi mutatója az S1+S2-értékek összege, a genetikai szénhidrogén potenciál (POT). Optimális esetben értéke 2 és 6 közötti, illetve nagyobb mint 6 kg szénhidrogén/t kőzet. A szénhidrogénpotenciál értéke természetesen függvénye a teljes szerves anyag tartalomnak, a szerves anyag típusának és érettségének. Befolyásolhatja értékét az un. ásványi-mátrix hatás is a képződött szénhidrogének egy részének visszatartásával. Érettebb mintákban a szénhidrogén-potenciál értékelésekor a migráció hatásával is számolnunk kell (Espitalié et al, 1985).

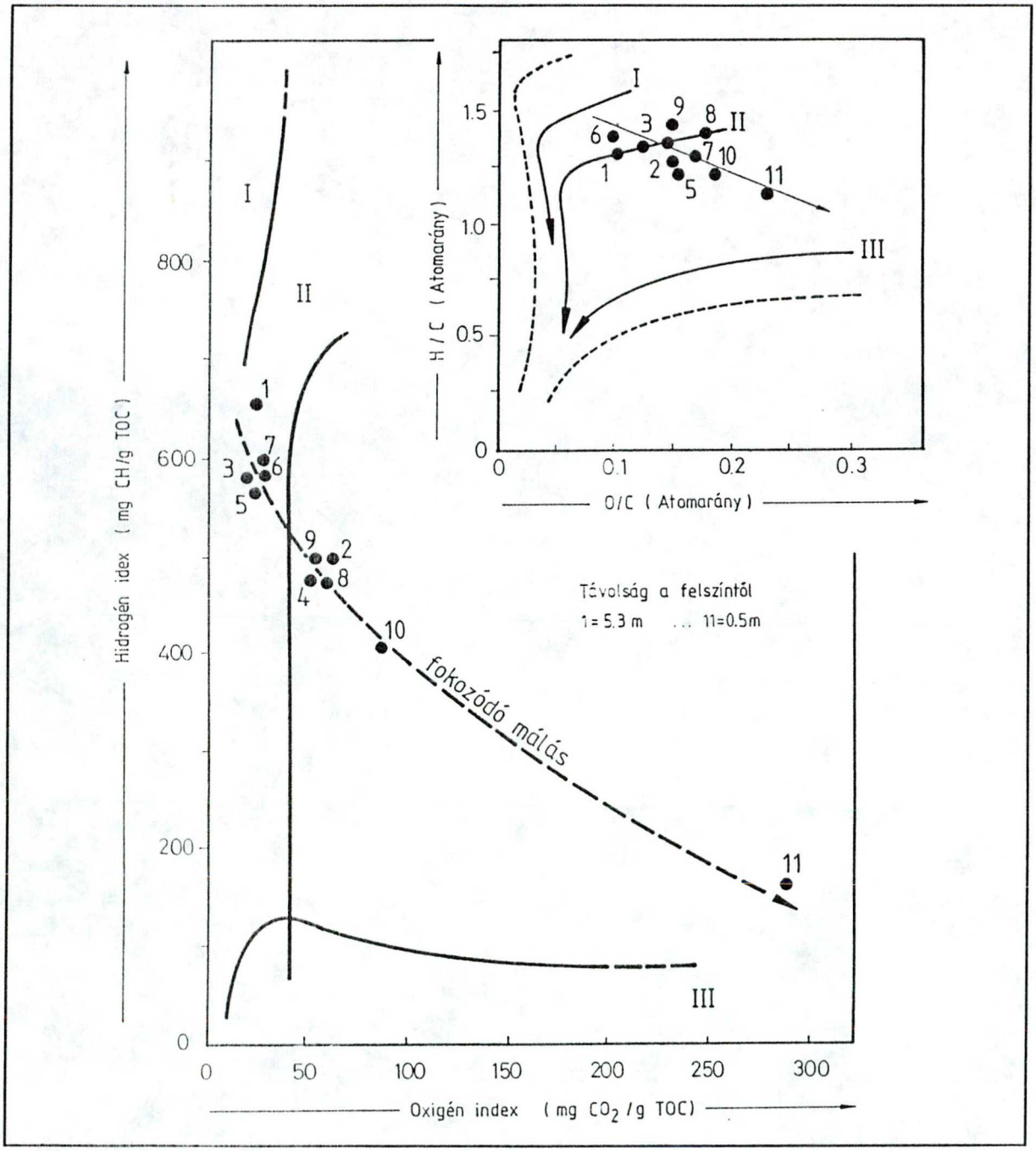
A hidrogén index (HI) és az oxigén index (OI), melyek szintén Rock Eval pirolízis - számított- paraméterek, részletesebb tárgyalása már átvezet a szeves anyag tipusának témakörébe.

4.2.A szerves anyag típusát minősítő eljárások

A hidrogén index (HI) a pirolízis során képződő szénhidrogének mennyiségének és a teljes szerves széntartalomnak a hányadosa (HI = S2/Corg).

Az oxigén index - OI a szerves anyag oxigén tartalmú vegyületeiből képződő szén-dioxid mennyiségét fejezi ki egységnyi tömegű szerves részre vonatkoztatva. Azaz: OI = S3 / Corg (5. ábra).

A két index ily módon a szervesanyag koncentrációjától független, alapvetően a kerogén elemi összetétele határozza meg értéküket. A HI-et az OI (esetleg T_{max}) függvényében ábrázolva a szerves anyag tipusára egyértelműen utaló, a Van Krevelen diagramhoz hasonló lefutású összefüggés rajzolódik ki (7. ábra). Tissot és Welte (1984), Espitalié et al. (1985), Langford et al. (1990) vizsgálatai igazolták, hogy a hidrogén index illetve az oxigén index jól korrelálnak a kerogén elemi analízisének H/C illetve O/C arányaival.



7. ábra A szerves anyag tipusának meghatározása a HI és OI értékek alapján (Espitalie, 1985)

Áttételesebben ugyan, de a kerogén tipusára utal a Rock Eval pirolízis S2/S3 aránya is. Ha a hányados kisebb, mint 5, akkor gázanyakőzetről, 10 feletti értéknél olaj anyakőzetről beszélhetünk.

A szerves anyag típusának meghatározására a Rock Eval pirolízis mellett különféle optikai és kémiai módszer (pollen és spóra átalakultságának meghatározása, fluoreszcens mikroszkópia, kerogén elemi analízise stb) létezik (4.ábra). Ezek megbízható módszerek, melyek a szerves anyag típusának meghatározásán kívül az áthalmozott szerves anyag azonosítására is alkalmasak. Hátrányuk, hogy viszonylag hosszadalmas mintaelőkészítést igényelnek, és speciális eszközöket, berendezéseket.

4.3. A szerves anyag termikus érettségének megállapítására alkalmas módszerek

Napjainkban már a legszélesebb körben elfogadott és a kutatási gyakorlat eredményeivel is alátámasztott nézet, hogy a szénhidrogének az üledékes kőzetek diszperz szerves anyagának termikus átalakulása során keletkeznek, mégpedig a kerogén termikus krakkolódása révén.

Figyelembe véve a reakciókinetikai összefüggéseket, melyek a kémiai átalakulást leírják, az üledékes kőzetek diszperz szerves anyagának termikus evolúciója - következésképpen az üledékes medencék szénhidrogén perspektivitása - alapvetően függ az eltemetődés során elért hőmérséklettől. A szerves geokémikusok és a szénkőzettanban dolgozó szakemberek többféle módszert is kifejlesztettek, amelyekkel értékelhető, illetve becsülhető az üledékes összletet ért hőhatás, az a maximális hőmérséklet (paleohőmérséklet), ami az adott összletre az eltemetődés

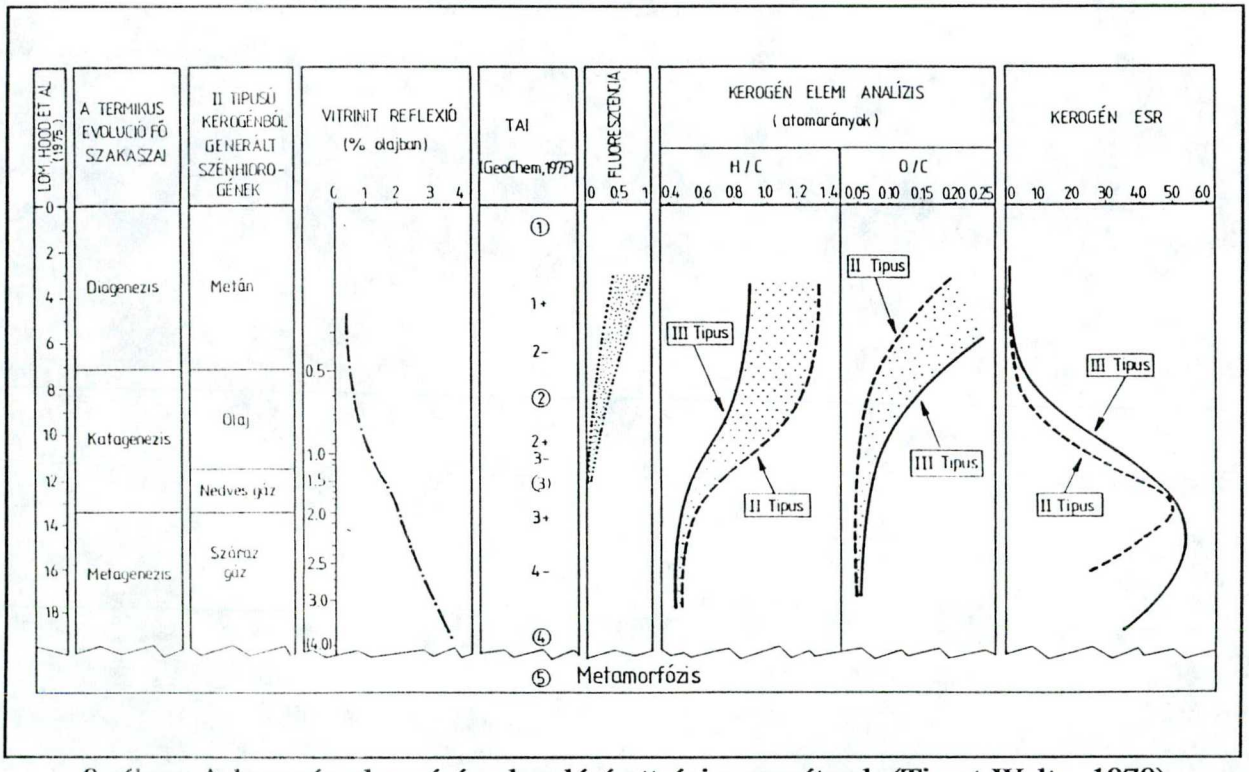
során hatott.

Az üledékes összletet ért hőhatás vizsgálatának alapja a szerves anyag és a szervetlen fázis termikus érettségének meghatározása, összevetése. E célból az üledékek szervetlen vagy szerves alkotórészeinek olyan fizikai, illetve kémiai tulajdonságait szokás meghatározni, amelyek irreverzibilisen megváltoznak a hőhatás eredményeként (az idő szerepéről a továbbiakban részletesebben is esik szó).

A termikus érettség meghatározására alkalmas eljárások optikai illetve fizikai-kémiai módszerek, melyekkel az üledékbe zárt szerves anyag különböző részei vizsgálhatók: az oldhatatlan szerves anyag, az oldható szénhidrogén-hányad, illetve a gáztartalom. Nem hagyhatók ki a felsorolásból a szervetlen fázis, az agyagásványok termikus átalakultságát jellemző módszerek és legújabban a Rock Eval pirolízis vizsgálatok eredményei sem. Mivel az oldható szerves anyagot érintő vizsgálati módszerek a migráció miatt csak korlátozottan alkalmazhatók, a részletes ismertetésüktől eltekintek. Hasonlóképpen nem esik szó a fúrási műszerkabinok mérési eredményeinek értékelési lehetőségeiről, mert ilyen típusú mérések (formációgázok vizsgálata) a dolgozat tárgyát képező mezozóos szerkezeti egységben csak elvétve került sor.

Különböző szerzők különféle skálákat és mutatókat használnak a termikus érettség jellemzésére (8. ábra). A hazai erdmények közül statisztikailag értékelhető adatmennyiséget jelentenek a Duna-Tisza közi mezozóos üledékek vonatkozásában a dioktaéderes agyagásványok termikus átalakultságát minősítő, Póka et al. által értelmezett illit kristályossági index adatok, a Rock Eval pirolízis- és a vitrinitreflexió adatok.

A dolgozatban elsősorban a pirolízis T_{max}értékeket és a vitrinitreflexió értékeket használtam a szerves anyag evolúciós állapotának jellemzésére. Részben azért, mert szakirodalmi



8. ábra A kerogén elemzésén alapuló érettségi paraméterek (Tissot-Welte, 1978)

közlemények szerint valóban megbízhatóan jellemzik a szerves anyag termikus átalakultsági fokát (Dow, 1977; Brosse et al. 1987; Espitalié, 1986; Duran et al., 1986), korszerűek és részben pedig azért, mert az értékeléskor a vizsgált övezet szénhidrogénkutató fúrásainak anyagvizsgálati eredményeit kiegészítve elegendő számban álltak rendelkezésre.

4.3.1. Illit kristályossági index meghatározás

A szervetlen kőzetalkotók termikus átalakultságát jellemző mutatók közül a legelterjedtebb az úgynevezett illit kristályossági index meghatározása. A módszer elméleti alapja az, hogy a finomszemcsés, rendezetlen, gyengén kristályos illit az eltemetődés során a növekvő hőmérséklet és nyomás eredményeként (csökkenő víztartalom, kálium megkötés) egyre rendezettebb szerkezetűvé alakul. A folyamat jól követhető röntgendiffrakcióval, a 10 Å-ös reflexió értéknél.

A Kübler által bevezetett (Kübler, 1968) illit kristályossági fok a 10 Å-ös reflexió félszélessége mm-ben, vagy 2Θ-ban megadva. A Weber féle index ettől annyiban különbözik, hogy az a kvarc (100) reflexiójának %-ában adja meg az illit-muszkovit átalakulása során képződő illit (001) reflexió értékét (Weber, 1972).

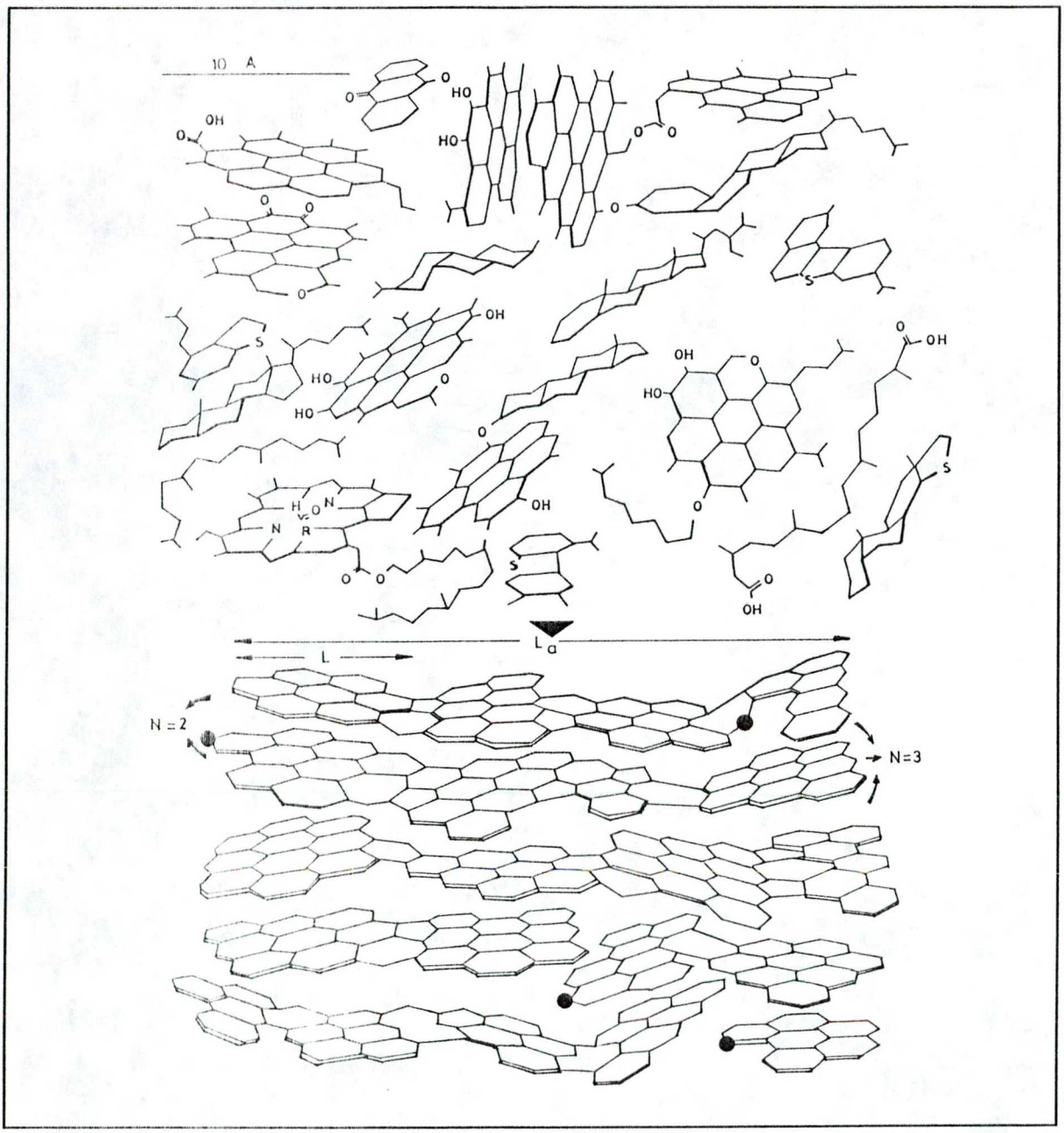
Gyakori, hogy a dioktaéderes csillámszerkezetek és a szerves fázis termikus átalakulását jellemző mutatókat együtt, illetve egymást hitelesítve használják az értékelés során. Az illit kristályossági index és a vitrinit reflexió értékek bizonyítottan jól korrelálnak.

4.3.2. Vitrinitreflexió-mérés

Legelterjedtebb és talán a legjobban hitelesített mérési eljárás a vitrinit szemcsék reflexiójának meghatározása (Brosse és Huc, 1986; Duran et al. 1986).

A vitrinit a humuszos szenek macerátuma, magasabbrendű növények lignocellulóz részeiből az eltemetődést követő termikus átalakulás révén képződik (közvetlen prekurzora már huminit). Reflexiója (a visszavert és a ráeső fény intenzitásának hányadosa) viszonylag egyszerűen, jól reprodukálhatóan mérhető polírozott felületű csiszolatból, mikroszkóppal . Az összevethetőség érdekében a mérés 546 nm hullámhosszú (zöld) monokromatikus fénnyel történik (Teichmüller, 1982).

A szerves anyag termikus átalakulásakor a növekvő eltemetődési mélység illetve hőmérséklet következtében nemcsak a már az előzőekben tárgyalt kémiai változások mennek végbe. A vitrinitreflexió mérés alapelve, hogy a H/C arány csökkenése, O/C arány növekedése mellett a szervetlen fáziséhoz hasonlóan változik meg az oldhatatlan szerves anyag szerkezete is. Ez okozza a fényvisszaverő képesség növekedését. A 9. ábra Oberlin et al., és Duran et al. modellje alapján (Oberlin et al., 1980; Duran et al. 1986) az oldhatatlan szerves anyag szerkezetét mutatja be a diagenezis végén és a metagenezis kezdetén. Jól láthatók a 10 A-nél kisebb, poliaromás rétegek, melyekhez aromás gyűrűk kapcsolódnak. Oberlin és munkatársai szerint ezek az oldhatatlan szerves anyag alapvető szerkezeti egységei. Ezek az egységek irányítottság nélkül, random módon helyezkednek el a diagenezis végén (9/a. ábra). A katagenezis során az oldalláncok lehasadása teszi lehetővé az alapvető szerkezeti egységek rendeződését. A szerkezet egyre tömöttebbé és egyre irányítottabbá válik (9./b ábra). Az orientált elrendeződésű, aromás és



9. ábra A diszperz szerves anyag szerkezete (III. tipus) a) diagenezis végén,b)metagenezis kezdetén (Oberlin et al., 1980)

poliaromás szerkezetű oldhatatlan szerves anyag delokalizált elektronrendszere felelős azért, hogy a reflexióképesség jelentősen növekszik a katagenezis során (és egyben a reflexió anizotrópiájának kialakulásáért).

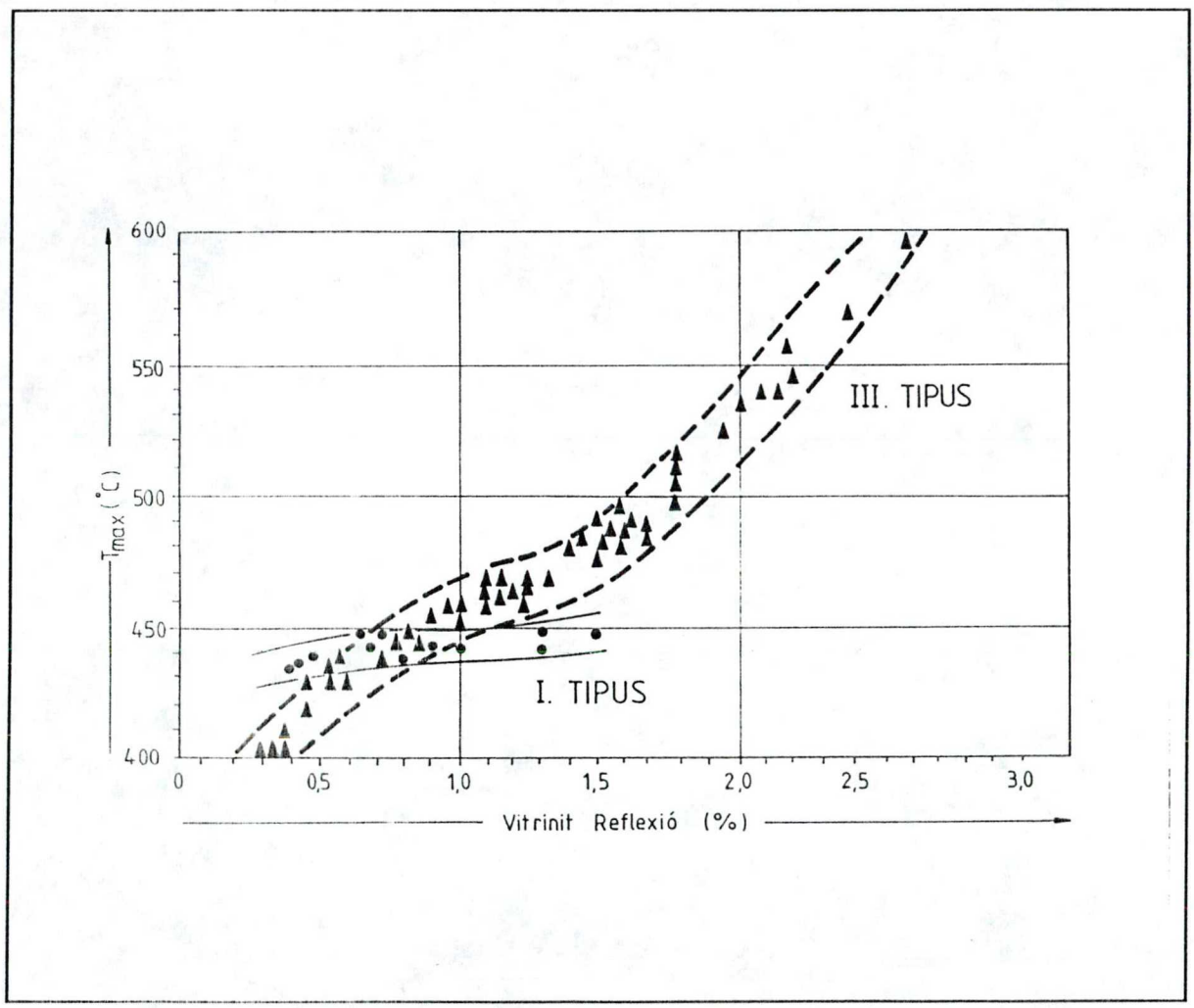
Végső soron a vitrinitreflexió a diagenezis kezdetére jellemző 0.25%-ról a termikus érettséggel folyamatosan nő a metamorfózis kezdetére jellemző 4% értékig. Az olajgenerálás fő zónáját 0.6% és 1.3% közötti reflexió értékek jellemzik.

A vitrinit reflexiójának növekedése a mélységgel Dow szerint lényegében exponenciális (Dow, 1977), ha a geotermikus gradiens lineáris és a földtani időben konstans. A szerves anyag katagenetikus átalakulásának követésére a vitrinit reflexióképességének mérése (R_O, %) és a mélység függvényében történő értékelése tehát a legmegbízhatóbb módszerek egyike - ha az üledék tartalmaz alapvetően terresztrikus eredetű vitrinitszemcséket. (Néhány júra és néhány alsó kréta karbonát minta -érthetően- vitrinitben rendkívül szegénynek bizonyult.)

4.3.3. Pirolízis vizsgálatok

A Rock Eval pirolízis paramétereinek felsorolásakor már szó esett a T_{max}értékekről, melyek önmagukban, illetve a szerves anyag tipusára utaló, szintén pirolízis-technikán alapuló mutatókkal kombinálva (például HI, Espitalié et al, 1986) egyértelműen minősítik a szerves anyag termikus átalakultsági állapotát . A Rock Eval pirolízis T_{max}értékét a mélység függvényében, a szerves anyag típusának ismeretében kell értékelni, mert az eltérő vegyülettípusok krakkolódásának energiaigénye eltérő (Espitalié et al. 1985). (6. ábra)

A pirolízis Tmax értékei és a vitrinitek reflexióképessége között egyértelmű a korreláció (10. ábra, Espitalié, 1986).



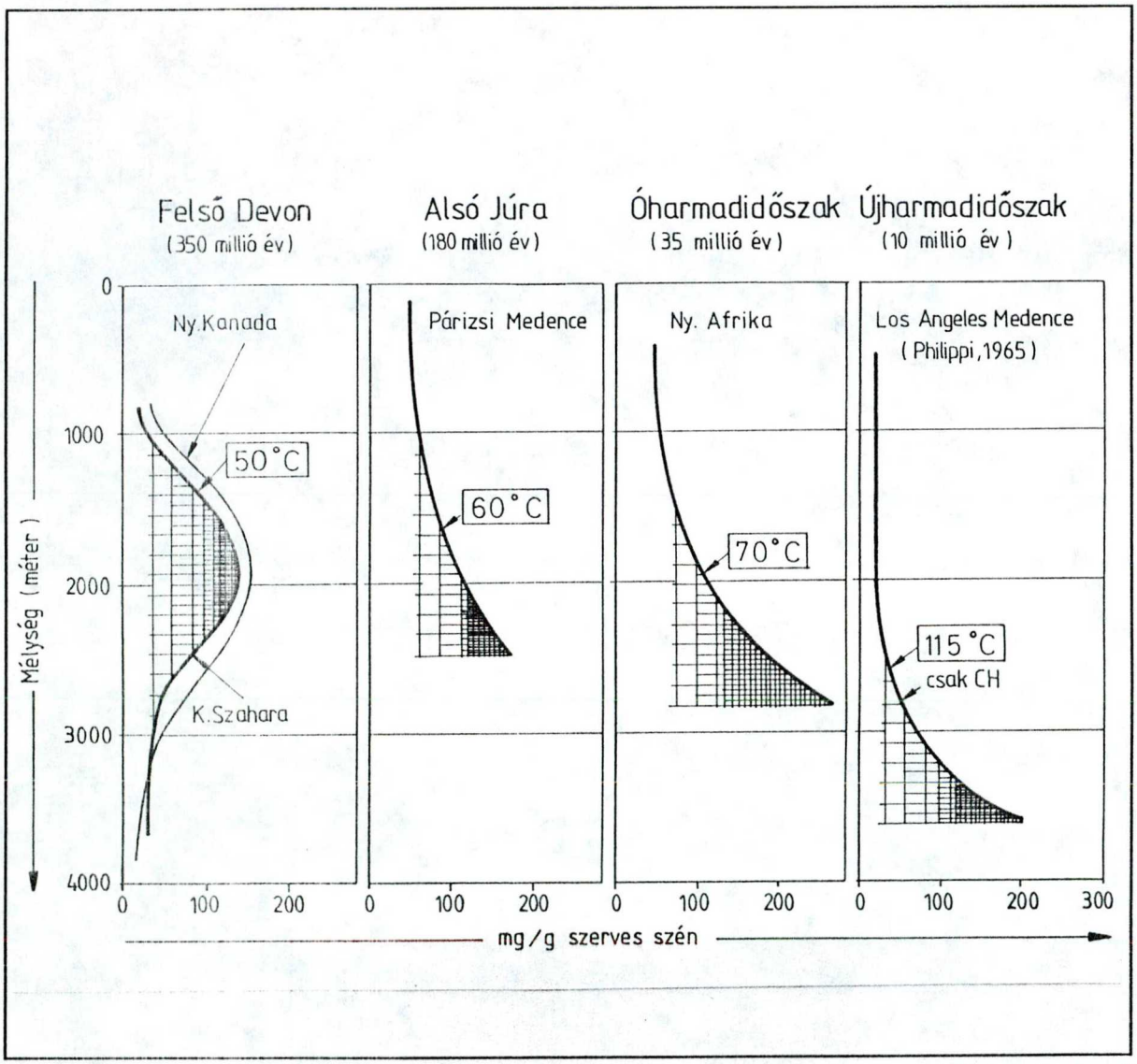
10. ábra A vitrinitreflexió és a pirolízis T_{max} értékének kapcsolata (Espitalie, 1985)

5. A hőtörténeti rekonstrukció módszerei

Az előző fejezetben azokról az optikai, illetve fiziko-kémiai eljárásokról esett szó, amelyek alkalmazásával az üledékes összletet ért hőhatás, paleohőmérséklet meghatározható, vagy becsülhető. Valójában azonban a szerves anyag átalakulása komplex termodinamikai folyamat. Az értékelés során ezért nem elég csupán a reakció hőmérsékletét becsülni, mivel az idő is jelentős szerepet játszik az üledékre ható teljes termikus energia-mennyiség meghatározásában. Az üledékes kőzetek süllyedés- és hőtörténetének elemzése segítségével meghatározható, hogy mikor kerülhetett sor a szénhidrogének generálására, mikorra tehető az alkalmas fedő üledékek, illetve csapdák kialakulása, feltöltődése ("timing").

Az üledékes medencék geológiai történetének vizsgálatára ma már többféle lehetőség kínálkozik. Mivel e munkák általában a szénhidrogénkutatást szolgálják, a rekonstrukció elsősorban a hőtörténet rekonstrukcióját jelenti. A hőtörténeti rekonstrukció alapelve, hogy a szénülés folyamata a ható hőmérséklet és a hőhatás időtartamának függvénye. Gyorsan süllyedő, fiatal medencék esetében az idő kevésbé jelentős faktor, mint a mezozoós és idősebb üledékek tekintetében. Idősebb kőzetek kisebb mélységben, alacsonyabb hőmérsékleten is generálhatnak szénhidrogéneket a fiatalabbak mélyebben, magasabb hőmérsékleten érik el az un. olajablakot (11. ábra).

Az üledékes kőzet szerves és szervetlen alkotóinak szénülési fokából a paleohőmérsékletre következtethetünk és viszont. Minden esetben szükség van azonban a hőtörténeti rekonstrukciós módszerek kalibrálására, hitelesítésére, nevezetesen az alkalmazott szénülési mutató ismert



11. ábra Az olajablak felszínének mélysége és hőmérséklete különböző korú képződményekre vonatkozóan

süllyedéstörténetű, folyamatos rétegsorokban való mérésére (Dow, 1977; Waples, 1992).

Az első szénülés- hőmérséklet-idő diagramot Karweil szerkesztette, amely a szerves anyag termikus bomlásának reakciókinetikai egyenletén alapul (Karweil, 1955).
Ha a kerogént olyan egyszerű szilárd anyagnak tekintjük, amely a hőbomlás hatására két frakcióra, egy szilárd és egy folyadék fázisra bomlik, akkor a reakció sebessége a kerogén kiindulási koncentrációjával (x) arányos. A reakció sebessége ekkor:

$$-dx/dt = kx$$

ahol k = konstans. A bomlási reakció endoterm, egyensúlyi állandója az Arrhenius összefüggésnek megfelelően exponenciális függvénye a reakció hőmérsékletének:

$$k = Ae^{-E/RT},$$

ahol

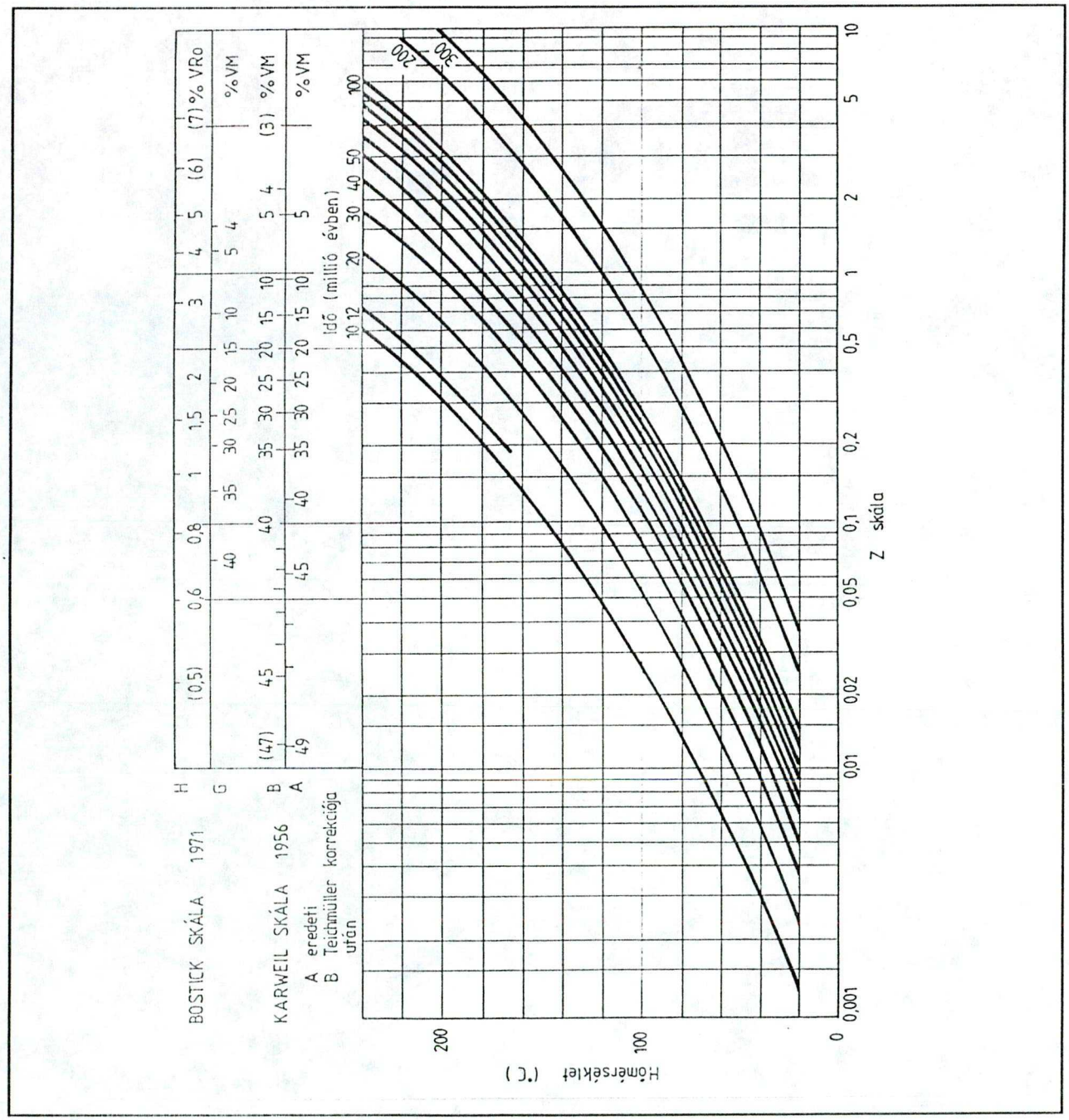
A= un. frekvencia faktor, dimenziója 1/év

T = az abszolút hőmérséklet (^{O}K)

R = az egyetemes gázállandó (8.316 joule/K/mol)

E = az aktiválási energia (Joule/mol)

Talán az összes közelítő módszer közül ez a grafikus eljárás igényli a vizsgált geológiai objektumról a legkevesebb információt (12. ábra). A reakció időtartama jelen esetben azonos a geológiai korral. A földtani időt egy görbesereg reprezentálja. A függőleges skálán leolvasott maximális hőmérséklet adja a Z skálán leolvasható szénülési fokot. A Z skálát Teichmüller és



12. ábra A paleohőmérséklet becslése Karweil módszerével (Karweil, 1956)

Karweil adatai alapján az illékony szervesanyag tartalom mélységfüggésére kalibrálták. A módszert később több szerző továbbfejlesztette, de a különféle modellek egyaránt a reakciókinetikai megküzelítésen alapulnak.

Lopatin vizsgálatai alapján feltételezte, hogy a szerves anyag termikus bomlásának sebessége 50 és 220 °C között minden 10 °C hőmérséklet emelkedés hatására megduplázódik (Lopatin, 1971). Ugy vélte, hogy a reakció ideje és hőmérséklete között bizonyos egyensúly alakul ki. Grafikus értékelő módszerének alkalmazásakor ismerni, vagy becsülni kell, hogy a vizsgált földtani egység mennyi időt töltött az egyes hőmérséklet-lécsőkön.

Módszerét Lopatin 1976-ban továbbfejlesztette. Feltételezte, hogy a reakció megindulásához szükség van egy bizonyos küszöbhőmérséklet elérésére, továbbá, hogy magasabb hőmérsékleten a reakciósebesség növekedésének üteme lassul. Bevezette az úgynevezett idő-hőmérséklet index számítást (TTI= Time-Temperature Index).

$$TTI = t_k \, 2^k$$

ahol t_K az egymást követő tartózkodási idők a 100+10k (^{0}C)hőmérsékleteken, millió évben kifejezve. A módszert különféle érettségi mutatókra kalibrálták (TAI, vitrinit reflexió stb).

Waples szerint az olajablaknak megfelelő TTI értékek TTI= 15- 160 közöttiek (Waples, 1980). Kritikai elemző munkájában megállapította, hogy a reakciósebesség hőmérséklettel való exponenciális növekedése helyett - főleg magasabb reakcióhőmérsékleten - helyesebb a TTI indexet a következőképpen megadni:

$$TTI = B \, 2^n$$

ahol: n = (T-373)/10

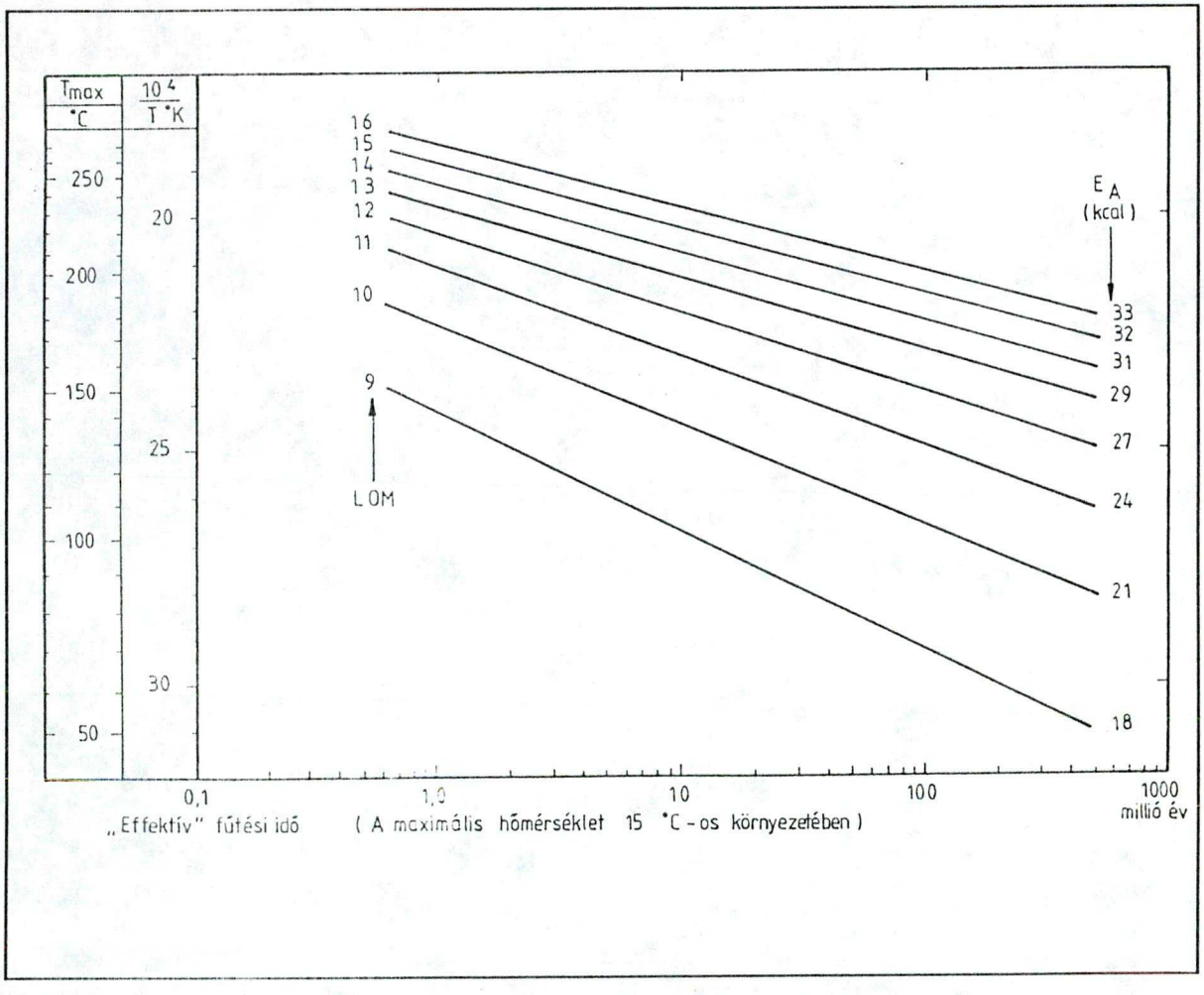
B = konstans

A TTI értékek dimenzió nélküli számok, melyeket empirikus összefüggés alapján hozott kapcsolatba a szénhidrogénképződés különböző fázisaival, a vitrinit reflexió és a TTI értékek egymás függvényében történő ábrázolása segítségével. Waples szerint a fő szénhidrogén generáló zóna általában TTI=15 és 160 között jelölhető ki.

Bostick szerint a szénülés mértéke a maximális effektív hőmérséklettől és annak az időtartamnak a hosszától függ, amennyit a vizsgált egység ezen a (20°C-nál magasabb) hőmérsékleten töltött (Bostick, 1973). Ezzel magyarázza a vitrinit reflexiójának növekedését.

Az előzőek továbbfejlesztésének tekinthető Hood et al. módszere (Hood et al., 1975). Úgy vélik, hogy a szerves anyag termikus érettségét az azt ért maximális hőmérséklet és az effektív fűtési idő szabja meg. Effektív fűtési idő alatt a maximális hőmérséklet 15 °C-os környezetében töltött időtartamot értik. Kialakítottak és az egyéb szénülési mutatókkal kalibráltak egy folytonos szénülési skálát, az úgynevezett LOM (Level of Organic Maturity) skálát, amely a szénülési folyamatot a lignittől kezdődően a meta-antracit állapotig 20 LOM egységre bontja (13. ábra).

Tissot és Espitalié a kerogén degradálódását, az olaj és gáz szénhidrogének képződését matematikai modellel közelítették (Tissot et al., 1975; Ungerer, 1983). Modelljük kiindulási adatait pirrolízis vizsgálatokból nyerték. Az Arrhenius összefüggést alkalmazva és elsőrendű kémiai reakciót feltételezve a geológiai idő függvényében számítják ki a keletkező kőolaj és földgáz mennyiségét. Az egyes szervesanyag típusokra eltérő aktiválási energiával számol a



13. ábra A szerves anyag érettségének (LOM) meghatározása Hood módszerével (Hood et al., 1975)

program. A módszer feltételezi a süllyedéstörténet és a geotermikus gradiens ismeretét is.

A fenti modell továbbfejlesztése Ungerer és munkatársai nevéhez fűződik (Ungerer et al., 1986). A paleohőmérséklet rekonstruálására ők is a szerves anyag termikus evolúciójának reakciókinetikai megközelítését használták. Szerintük azonban a kerogénből való szénhidrogén keletkezés több, egymás mellett párhuzamosan lejátszódó, kinetikailag elsőrendű reakció eredménye.

$$dxi/dt=-Ai \exp(-Ei/RT)xi$$

ahol

Ei = az egyes reakciók aktiválási energiája (kcal/mol),

Ai = Arrhenius konstans (s-1),

R = egyetemes gázállandó (2 cal/mol K),

T = abszolút hőmérséklet (K),

Xi = i-dik reakció reziduális szénhidrogénpotenciálja (mg/g szerves szén),

Xio = i-dik reakció kezdeti szénhidrogénpotenciálja (mg/g szerves szén) ,

t = idő (s).

A korszerű medenceanalízist támogató számítógépi programrendszerek felhasználják a fenti hőtörténeti rekonstrukciós eljárások (esetleg korszerűsített változataik) valamelyikét (Basin MOD; Genex, stb.) az üledékes kőzetek diszperz szerves anyaga termikus érettségének szimulálására.

5.1. A dolgozatban alkalmazott hőtörténeti modell

A dolgozatomban alkalmazott hőtörténeti számítás Lopatin módszerének Waples által történt továbbfejlesztésén alapul. A számítógépi eljárás programja R. Elphick munkája (Elphick,

1989), melyet segédprogramokkal együtt használtam. A program a következő bemenő adatokat igényli:

-az egyes rétegek abszolút kora millió évben,

-a mindenkori eltemetődés mélysége méterben,

-az aktuális felszíni hőmérséklet, Celsius fokban,

-a mindenkori hőmérséklet-gradiens ^{o}C-ban.

A program futtatáskor minden megadott szintre kiszámítja a hőmérséklet és a TTI értékeket majd a mélységgel, valamint az idő adatokkal együtt tárolja a memóriában. A számítások eredménye grafikusan is megjeleníthető, a mélység illetve a földtani idő függvényében a szerves anyag termikus érése különböző fázisaihoz rendelhető TTI értékek ábrázolhatók.

6. Az eróziós hiány mértékének becslése

Az üledékes kőzetek kompakciója az eltemetődést követő fizikai, kémiai és ásványtani folyamatok eredménye. A növekvő terhelés hatására a kőzetmátrix összenyomódik, porozitása csökken. Feltételezve, hogy a nyomás hidrosztatikus és a kőzet tömörödése ezzel egyensúlyt tart, a márgák tömörödését elsősorban az eltemetődés mélysége határozza meg. Ha azonban a tanulmányozott rétegsor a földtani idő során jelentős mértékben kiemelkedett vagy nagyobb vastagságban erodálódott, a normális kompakciós trendhez képest megnövekedett márgatömörödés tapasztalható a rétegsorban.

A márgák porozitásának a mélység függvényében történő változását kútgeofizikai szelvények követik. Az akusztikus terjedési idő megközelítőleg lineárisan csökken a mélységgel,

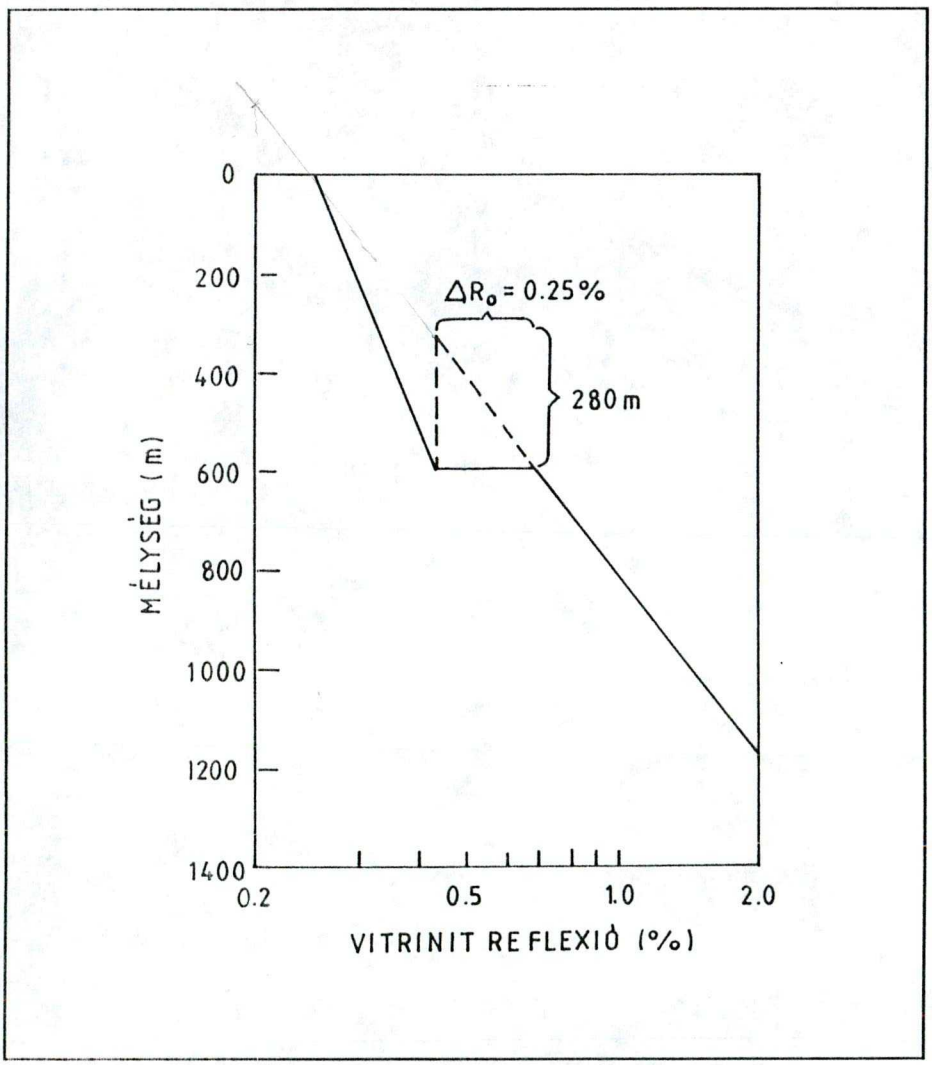
illetve a porozitás csökkenésével. (A porozitás logaritmusa rendszerint lineáris függvénye az eltemetődés mélységének). A normális kompakciós trendet figyelembe véve a felszínre extrapolálható, illetve a jelenlegi felszínen mérhető akusztikus terjedési idők különbségéből a lepusztult rétegvastagság becsülhető (Magara,1978).

A módszer nem alkalmazható abban az esetben, ha az eróziót követően lerakódott üledékek vastagsága meghaladja a lepusztult rétegek vastagságát, illetve, ha a márgák tömörödése nem a normális trendet követi. Mivel a Pannon medencére Szalay (1982) kutatásai szerint jellemző a vastag pelitösszletek gátolt tömörödése és ennek következményeként nagy pórusnyomás anomáliák kialakulása, Magara módszere az erodált rétegvastagság becslésére csak korlátozottan alkalmazható. Ráadásul a Mecsek-Nagykőrös-Debrecen övezet fúrásokkal feltárt viszonylag teljes mezozóos rétegsoraiban a paleogén - alsó miocén(?) időkeretben lepusztult rétegvastagságot jelentősen meghaladja a diszkordánsan települő neogén összlet vastagsága.

Ezért dolgozatomban az övezet eddig ismert legteljesebb mezozóos rétegsorainál Dow (1977) módszerét használtam a lepusztult üledékek eredeti vastagságának becslésére. Dow megfigyelései szerint a vitrinitreflexió mélységgel való növekedésének trendjében megszakadás, ugrás jelzi a rétegtani hiányt.

Normális esetben a mértékadó vitrinitreflexió értékeket az eltemetődés mélységének függvényében féllogaritmikus léptékkel ábrázolva egyenest kapunk. Az egyenes megtörését, megszakadását speciális földtani okok magyarázzák, például vetők, intrúziók, jelentősebb változás az üledékképződés sebességében, a geotermikus gradiens vagy a hővezetőképesség értékében, esetleg eróziós diszkordancia.

Ez utóbbi esetet alapul véve Dow szerint a vitrinitreflexió ugrásszerű növekedésének, illetve csökkenésének mértékéből a lepusztulás mértékére is lehet következtetni.



14. ábra Az eróziós hiány becslésének elvei sémája a vitrinitreflexió mélységfüggése alapján (Dow, 1977)

Maga a módszer egyszerű grafikus becslés. Lényege, hogy a vitrinitreflexió - mélység függvény egyenesének a diszkordanciafelszín alatti szakaszát meg kell hosszabbítani felfelé addig, míg a reflexió eléri a diszkordanciafelszín feletti értéket. A két pont függőleges távolsága adja a hiányzó üledéktömeg vastagságát (14. ábra).

A Mecsek - Nagykőrös - Debrecen övezet két legnagyobb mélységet elért és egyben legteljesebb mezozóos rétegsorát harántolt fúrásából, az Alpár-I és a Gátér Mély-1 fúrásokból a fúradék és magmintákon mért vitrinitreflexió adatok mélységfüggését elemezve mindkét esetben mód nyílt az erodálódott rétegek vastagságának grafikus becslésére.

7. A vizsgált területen eddig végzett szerves geokémiai értékelések eredményeinek rövid áttekintése

A szénhidrogénkutatás tudományos megalapozásának igénye a hetvenes években Magyarországon is jelentősen elősegítette a szerves geokémia fejlődését. Az MTA GKL, az OGIL (SZKFI), a JATE, a MÁFI és a KBFI laboratóriumai (részben) eltérő profilokkal és - főleg az első időkben eltérő metodikákat alkalmazva - kezdték meg a célszerű vizsgálati módszerek, eljárások kifejlesztését vagy a módszerek, technikák hazai adaptációját.

Általános törekvés volt a teljes és az oldható szerves anyag mennyisének mérése (összes szerves széntartalom, kloroformban és benzol-aceton-metanol elegyben extrahálható bitumenek mennyisége). A szerves anyag tipusát (fáciesét) palinológiai vizsgálatokkal, szénizotóp-arány mérésekkel, bitumenek infravörös spektroszkópiás vizsgálata révén próbálták azonosítani. Alkalmanként végeztek fluoreszcenciás elemzést, tanulmányozták a sporák, pollenek színváltozását (TAI hőváltozási index). A szerves anyag termikus érettségére a kőzetminták 900, később 700

^{o}C-on végzett pirolíziséből számított úgynevezett diagenezis koefficiens alapján próbáltak következtetni. A hetvenes évek végén kezdett terjedni a vitrinitreflexió meghatározása, és az izolált kerogének vizsgálata, de még csaknem egy évtized telt el, mikorra mód nyílt az igazán korszerű és a szerves anyag mennyisége, minősége és termikus érettsége szempontjából egyaránt informatív pirolízis vizsgálatokra (Rock-Eval és pirologger mérések) is.

Az eltelt évek során tehát óriási adattömeg halmozódott fel, melynek térbeli és a különböző korú és mélységű képződmények szerinti megoszlása igen jelentős szórást mutat, és értéke a kialakítandó szerves geokémiai modell szempontjából is nagyon változatos.

Az ötvenes években kezdődött hővezetőképesség mérések nyilvánvalóvá tették, hogy az ország területének nagy részén a termikus gradiens és a területi hőáramsűrűség egyaránt meghaladja a világátlagot, emellett pedig területenként óriási változékonyságot mutat. Az inverz termikus gradiens Völgyi (1977,1978) szerint 10 és 26 m/^{o}C között változik az Alföldön. Az újabb adatok szerint átlagos értéke a Pannon medencében 33m/^{o}C, szemben a 18-22 m/^{o}C világátlaggal, amihez 84- 138 mW/m^{2} hőáram-sűrűség társul (Stegena, 1984; Dövényi et al.,1983).

Dövényi és munkatársai mintegy 80 mélyfúrás kifolyó rétegvízének hőmérsékletmérési eredményeire alapozva empirikus formulát dolgoztak ki a Pannon medence részmedencéi átlagos hőmérséklet-mélység profiljának számítására (Dövényi et al. 1983). A nyolcvanas évek második felére sikerült olyan mérési és számítási módszereket kifejleszteni, melyek nagyszámú, megbízható termikus adatot (hőmérséklet és hővezetőképesség) szolgáltattak a Pannon medence egésze vonatkozásában (Dövényi et al., 1988). Napjainkban a hőmérséklet-mélység adatpárok megbízható katalógusa, izoterma-, illetve hőáram- sűrűség térképek segítik a valóságot egyre

inkább megközelítő hőtörténeti számítások kialakítását, bár kétségtelen, hogy e tevékenység súlypontját eddig a medencekitöltő neogén képződmények jelentették (Horváth et al., 1984, 1985, Szalay, 1982).

A módszertani fejlesztő munkák, valamint a földtani, szerves geokémiai, és termikus adatok számának és megbízhatóságának növekedése a hetvenes évek végére már lehetővé tették a regionális kutatások megkezdését, a mind pontosabb modelleken alapuló szénhidrogénföldtani értékeléseket a Pannon medence fedett mezozóos képződményeire vonatkozóan is. E tekintetben az Magyar Tudományos Akadémia Geokémiai Kkutató Laboratóriumában 1973 óta folytatott kutatások bírnak alapvető fontossággal. Póka T. és munkatársai a szerves anyag szénülési folyamataiban a hőmérséklet, a nyomás és az idő szerepét igyekeztek tisztázni (Póka et al. 1981a, 1981b).

Az alföldi fedett mezozóikum regionális szénhidrogén-geokémiai kutatásában a szerves geokémiai, sztratigráfiai és litológiai adatok korrelációja, az anyakőzet összletek kijelölése és jellemzése mellett (Póka et al. 1978, 1981, 1983) a mind pontosabb szerves geokémiai modell kidolgozása érdekében megkísérelték a Duna-Tisza köze déli része mezozóos összlete hőtörténetének számítását. Modelljük a vitrinit reflexió és illit kristályossági index, a Völgyi féle geotermikus adatok és a Karweil-féle diagram alkalmazásával készült (Póka et al.1987).

Megállapításaik lényege, hogy a Duna-Tisza köze déli részén a mezozóos rétegek csupán a miocénben kezdődött süllyedés során kerültek nagyobb mélységbe, és a gyors süllyedés időszakában jelentősebb mennyiségű szénhidrogént, főleg gázt generálhattak.

A Mecsek- és Villányi hegységre ill. környékére az illótartalom és a vitrinit reflexió adatok alapján Wassojewitsch módszerével számolt hőtörténeti modell (Iharosné Laczó I,1978;

Vető, 1978) konklúziója az, hogy a kőszén összlet a mezozóos süllyedés során érte el jelenlegi termikus érettségét.

Napjainkban is folyik az az adaptációs munka, mely a területre vonatkozó födtani és szerves geokémiai ismerethiányok kiküszöbölését és korszerű interpretációs technikák alkalmazását célul tűzve maga elé, a Pannon medence egészének és ezen belül a Mecsek-Nagykőrös-Debrecen övezet szénhidrogén potenciáljának mind reálisabb értékelését célozza.

8. A Mecsek - észak-alföldi övezet óalpi mezozóos képzőményeinek földtani összefoglalása

8.1. Az övezet nagyszerkezeti helyzete

A kainozóos képződményekkel kitöltött Pannon-medence aljzatát felső-kréta, óalpi mezozóos, ill. rétegtanilag ezek alatt elhelyezkedő magmás és metamorf kőzetekből álló formációk alkotják. A neogénben kialakult medence(rendszer) prekainozóos aljzata földtani felépítését, fácieseit és ősföldrajzi-fejlődéstörténeti kapcsolatait tekintve két, egymástól lényegesen különböző egységből tevődik össze, amelyek a Középmagyarországi nagyszerkezeti vonal (övezet) mentén érintkeznek.

A nagyszerkezeti övezettől D-re elhelyezkedő Tisza Egység az alpi-kárpáti orogén övezet szerves része, fejlődése és felépítése alapján a Tethys északi, európai szegélyének része volt a mezozóikumban. Ezzel szemben a nagyszerkezeti övezet északi oldalán levő Pelsói Egység mezozóos fejlődése és jellemzői szoros dél- alpi - dinári kapcsolatokat bizonyítanak. Ezt a jelenleg tapasztalható "inverzió"-t egymástól eltérő kinematikai felfogáson alapuló geodinamikai

elgondolások igyekeztek magyarázni, minden tekintetben ellentmondásmentes szerkezetfejlődési modell azonban egyelőre még nem kristályosodott ki (Géczy B. 1973, Channel -Horváth F. 1976., Kovács S. 1982, 1884, Kázmér M.-Kovács S. 1985, Balla Z. 1984, 1988).

A Tisza Egységet északnyugaton a középmagyarországi nagyszerkezeti vonal (Szepesházy K. 1975), északkeleten a Szamos mélytörés határolja. Az egységet keleti és délkeleti oldalán az Erdélyi-medencét nyugatról szegélyező Marosmenti ofiolit öv, délkeleten pedig ennek folytatása, a Vardar zóna Sumadija övezete zárja le. A nagyszerkezeti egység délnyugati határa a Száva vonal (Kovács S. et al. 1988).

A Középmagyarországi nagyszerkezeti övezet pontos helyzete és jellege a teljes fedettség miatt nem ismert, nyomvonala megfelelő számú és részletességű mélyfúrási ill. geofizikai adat hiányában csak feltételezhető. A 70-es évek második felétől végzett kéreg- és felsőköpeny kutató mérések, továbbá szénhidrogénkutató szeizmikus mérések adatai a litoszférát harántoló mélytörésekre engedtek következtetni, amelyeknek meglétét és fő jellemzőit a Pannon Geotraverz szelvényéből sikerült megállapítani (Posgay et al. 1991, Posgay K.- Szentgyörgyi K. 1991). A geotraverz azonban egyelőre csak egy szelvényben harántolta a nagyszerkezeti zónát, az övezet regionális képének pontosabb körvonalazása további kutatásokat igényel.

8.2. A Mecsek - észak-alföldi zóna általános földtani felépítése és elkülönítő jellemzői

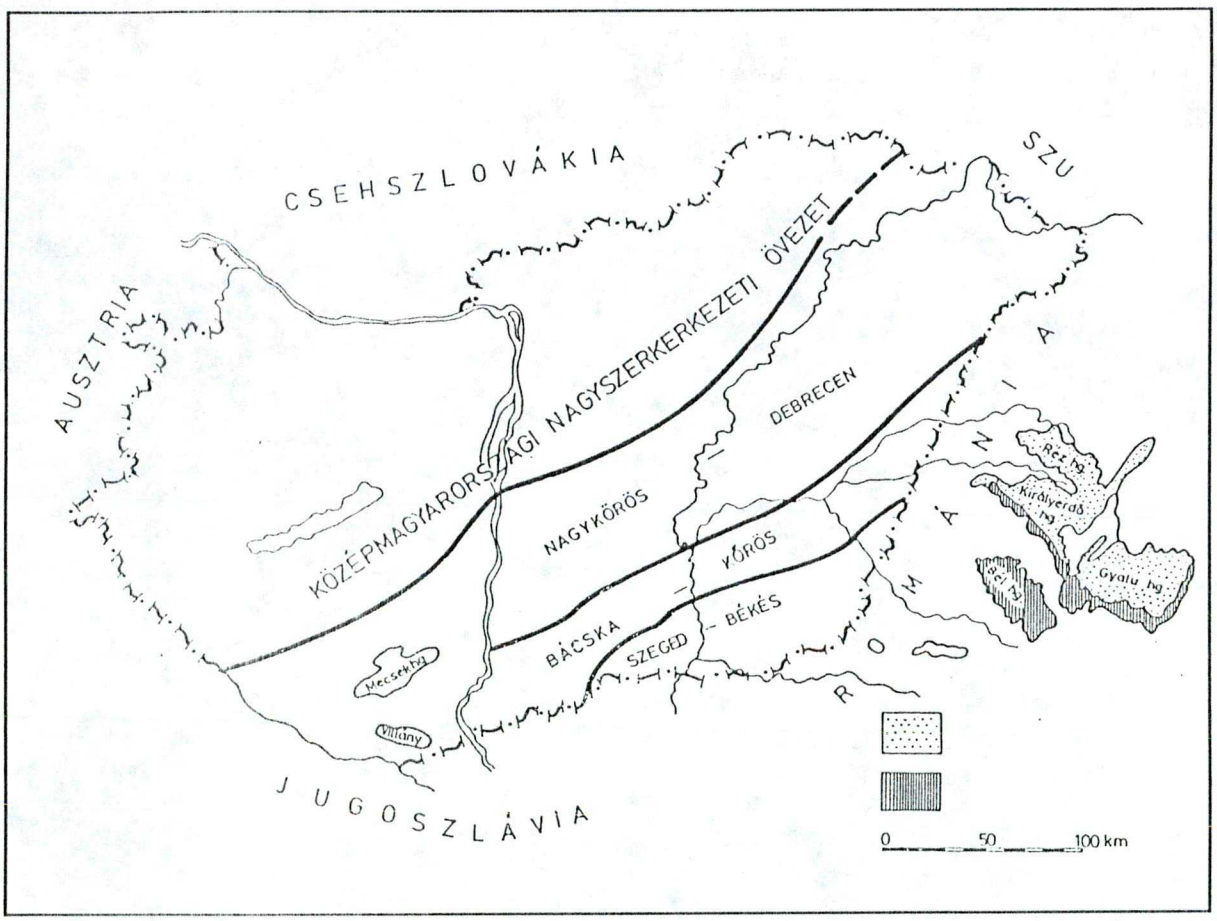
Az övezet óalpi képződményeinek sorozata tarka homokkő kifejlődésű, kontinentális alsó-triász üledékekkel kezdődik, amelybe felfelé túlsósvizű laguna üledékek iktatódnak. Az evaporit rétegek a középső-triász idősebb szakaszáig felhúzódnak. A középső-triász legnagyobb részét kagylósmészkő típusú laguna fácies képviseli. A felső-triászt sajátos Keuper fáciesű

kontinentális sorozat, az alsó-liászt pedig gresteni tipusú, törmelékes, széntelepes összlet alkotja. A középső-liásztól az alsó-doggerig terjedő időkeretben foltos márga képződött, ezt követően pedig a bath emelettől a berriáziig pelágikus, mélyvizi üledékek rakódtak le. Az alsó-krétát erőteljes és kiterjedt alkáli bazalt vulkanizmus, a turont púhói márga típusú vörös pelágikus lerakódások jellemzik.

Az Alföld területén, ahol fiatalabb üledékekkel fedett a teljes mezozóos sorozat, főleg a bázisos vulkanitok elterjedése nyomán feltételezhető, de néhány egyéb - bár egyelőre elszigetelt előfordulásokban megismert - képződmény korrelációja is arra utal, hogy óalpi formációkat tartalmazó övezet, zóna a Kárpátaljai süllyedék felé folytatódik és ezek a képződmények alkotják az un. flis övezet aljzatát (Szepesházy K., 1977, 1979. Bérczíné Makk A., 1988. Szentgyörgyi K. 1984, 1989).

A fenti zónától délre helyezkedik el a következő alpi szerkezeti-faciális övezet, a Villány - bihari zóna (15. ábra). A két övezet közötti határ jelenleg pontosan még nem ismert, mindössze következtetni lehet helyzetére (Posgay K.-Szentgyörgyi K. 1991).

A fáciesöv óalpi üledéksora szintén kontinentális alsó-triász lerakódásokkal kezdődik. A triász középső részét zátonyháttéri laguna környezetben lerakódott dolomit összlet tölti ki. A felső-triászt kontinentális kárpáti keuper alkotja. A liász az övezet legnagyobb részében üledékképződésmentes, mindössze a Bihar hegységben ismert korlátozott elterjedésű gresteni fácies és foltos márga. A bath és kallóvi emeleteket vasas sztromatolitos mészkő képviseli. Az alsó-malmot medencebeli finomszemű üledékek alkotják. Az alsó-kréta elején bauxitok képződtek, ezt követően a barrémi - albai emeletek idején bioklasztos mészkő rakódott le (urgon fácies). Az albai és cenomán emeleteket márga és flis típusú üledékek töltik ki.



15. ábra A Mecsek-Nagykőrös-Debrecen vázlatos helyzete (Bérczíné Makk A., 1986)

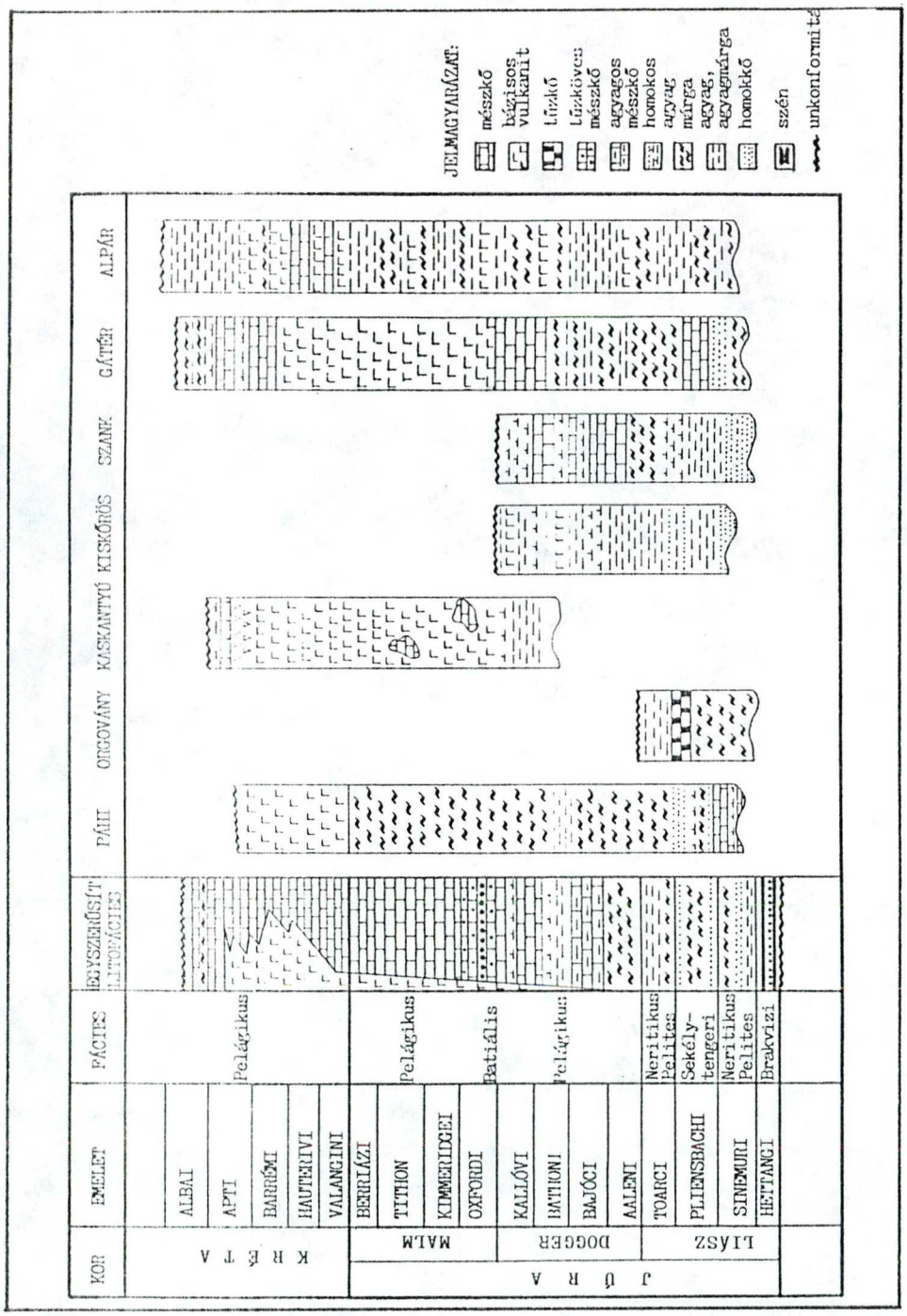
8.3. A Mecsek - észak-alföldi mezozóos övezet alföldi részének földtani felépítése

Az óalpi képződmények felszíne az övezetben általában 1500 - 3500 m mélységben van. A felszínre vonatkozóan pontos térkép egyelőre nincsen, mert a szénhidrogénkutató mélyfúrások egy része nem érte el a harmadidőszak előtti ill. a szenon előtti aljzatot, másrészt a geofizikai mérések adatai sem alakíthatók át - kielégítő számú hitelesítő mérés híján - mélységértékké. A preausztriai aljzat felszínének mélységét és szerkezetét illetően mindössze területrészekre vonatkozó adatok vannak. A fentiekből következően lényegében a mezozóos sorozat belső felépítése is jórészt ismeretlen. A leghitelesebb képet a mélyfúrásokból származó közvetlen információk szolgáltatják (16. ábra).

A felszíni geofizikai mérések adatiból mindenesetre arra lehet következtetni, hogy a mezozóikum felszíne és belső szerkezete nagyon bonyolult; jellemző a nagyméretű gyűrt formák és kiemelt, törésekkel lehatárolt szerkezeti elemek kombinációja. A neogén előtti és miocén oldaleltolódási folyamatok markáns szerkezetű, különböző korú és kifejlődésű elemekből álló mozaik képében tükröződnek a preneogén aljzat felszínén (D. Lőrincz et al. 1990, Nemesi et al. 1984., Kilényi É.-Szeidovitz Zs. 1990). Mindezen körülmények jelentős mértékben korlátozzák az övezetről alkotott földtani kép pontosságát és számottevő mértékben leszűkítik a fejlődéstörténeti és szerves geokémiai, szénhidrogén genetikai modell építésének határait is.

8.3.1. Triász képződmények

A vizsgálati területen belül eddig mindössze a Nagykőrös környéki szénhidrogénkutató fúrások jutottak triász üledékekbe. Az övezet tiszántúli részén eddig gyakorlatilag egy fúrás sem



16. ábra A Mecsek-Nagykőrös-Debrecen övezet óalpi képződményeinek rétegtani áttekintése

érte el a triász rétegeket.

Az alsótriász üledéksor vörös, helyenként tarka színű, erősen préselt, változó szemcsenagyságú aleurolit, homokkő és konglomerátum padokból épül fel (Jakabhegyi Homokkő Formáció). A tömött szövetű, gránitos kőzetek felaprózódásából származó üledékek szárazföldi környezetben halmozódtak fel, és semmiféle ősmaradványt nem tartalmaznak. A képződmény pontos vastagsága nem ismert, valószínüleg meghaladja az 500 m-t. A vörös homokkő fedőjében folyamatos átmenettel lerakódott anhidrites agyag, agyagos anhidrit, anhidrites márga, breccsásodott dolomit és anhidrites dolomit rétegekből álló, zárt lagunában, arid éghajlat alatt felhalmozódott túlsósvizi 30-100 m vastag összlet következik. A laguna fáciesű képződményekre rendszerint sekélytengeri, rétegzetlen, ősmaradványmentes mészkő települ (Werfeni Formáció).

A 160-300 m vastag középső-triász üledéksor legidősebb lerakódása cukorszövetű, breccsásodott dolomit, feljebb barnásszürke színű, rétegzetlen mészkő, homokos mészkő és közbetelepült mészmárga rétegek fejlődnek ki. A sekélytengeri karbonátos összlet felső szakaszán fokozatosan gyakoribbá válnak a palás agyag, meszes agyag és a rétegzett meszes homokkő betelepülések (ladini emelet).

A középső-triász formációra szürke, tömött, rétegzetlen, durva- és középszemű kvarchomokkőből álló felső-triász korú törmelékes összlet települ, melyet felfelé egyre gyakrabban közbetelepült palás agyag rétegek tagolnak. Vastagsága változatos a rétegsorokban, általában meghaladja a 20 m-t, néhol a 80 m-t is eléri. A Nagykőrös környéki rétegsorokban a felső-triászból üledékfolytonosan fejlődik ki az alsó-liász. A rétegsoron belül a korhatár nem állapítható meg pontosan, a törmelékes összleten belül van.

8.3.2. Júra képződmények

Az övezet alsó-júráját (liász) gresteni fácies jellemzi. Szank környékén csökkentsósvizi, paralikus barnakőszén rétegeket tartalmazó kőzettestek ismertek; a képződmény a mecseki barnakőszén összlettel párhuzamosítható. Szénrétegeket nem tartalmazó alsó-liász korú, sötétszürke, fekete palás agyagmárga, márgapala ismert az Endrőd, Füzesgyarmat és Hajdúszoboszló környékén mélyített fúrások rétegsoraiból.

A liász képződmények nagyobb részét eltérő mértékben feltárt (30-700 m) sötétszürke agyagmárga, márga, közbetelepült homokos mészkő, kvarchomokkő és fekete márgapala, mészkő rétegekből felépült rétegsor képviseli. A mecseki kőszén összlet fedőjével párhuzamosítható lerakódások az övezet Duna-Tisza közi részén lényegében általános elterjedésűek, de a tiszántúli területen is ismertek Hajdúszoboszló és Ebes környékén.
A paralikus rétegek kimaradásával települt liász összlet kvarchomokkő rétegekkel kezdődik (Abony, Páhi). Hajdúszoboszló és Ebes környékén középszemű homokkő és palás agyag, aleurolit rétegek váltakozása jellemzi a liász kezdőrétegeit, amelyek az ebesi rétegsorokban transzgresszíven települnek a kristályos metamorf képződmény felszínére. A középső-liász sekélytengeri agyagos-homokos mészkő és agyagmárga, márga rétegek váltakozásával kifejlődött rétegsorral jellemezhető az övezetben.

A liász végén, a toarci emeletben megkezdődött a fokozatos kimélyülés és nyíltvizi, medencebeli környezetben sötétszürke, fekete színű pala, márga és mészkő rétegek rakódtak le. A Szank, Soltvadkert, Endrőd, Füzesgyarmat környéki fúrások harántolták ezeket a rétegeket. A liászban megkezdődött a Mecsek - észak-alföldi övezetre jellemző vulkanizmus, ennek

bizonyítékai a nagykőrösi területen ismertek. Itt porfirit, diabáz porfirit, tengeralatti kitörési centrumból származó mandulaköves diabáz és agglomerátuma ismert, ez utóbbi rétegtani helyzetét ősmaradványok is megerősítik.

A középső-júra (dogger) aaleni - bajóci emeleteiben folytatódott a transzgresszió és nyílttengeri, pelagikus üledékképződés folyt, amelynek során sötétszürke, kőzetlisztes márga, mészmárga összlet rakódott le. A mezőtúri területről a Páhi, Kiskőrös, Orgovány és Hajdúszoboszló környéki fúrásokban feltárt üledékektől eltérő fáciesű, aaleni korú, agyagmárga és homokkő rétegekkel tagolt sekélytengeri mészkő ismert.

A dogger fiatalabb (bathi - kallóvi) emeleteit többnyire tarka, pelágikus, kovás, gumós márga, mészmárga mészkő, kovás mészkő, és kovapala rétegekből álló, 400 m körüli vastagságú összlet képviseli (Szank, Páhi, Kiskőrös, Kaskantyú, Tabdi, Soltvadkert Orgovány, Kerekegyháza, Füzesgyarmat, Hajdúszoboszló).

A mezozóos bázisos vulkanizmus újabb szakaszát bizonyítja a mezőtúri aaleni üledéket tartalmazó bazalt és a felső-dogger bontott, mandulaköves diabáztufa Hajdúszoboszló és Füzesgyarmat környékén.

A mélytengeri, pelágikus fáciesek lerakódása a felső-júra (malm) oxfordi emeletében is folytatódott. Kovapala és radiolarit rétegek rakódtak le (Kiskőrös, Orgovány, Tázlár, Bugac, Tiszgyenda) mintegy 100-140 m vastagságban. A kimmeridgei és titon emeleteket vörös vagy fehér színű, finomszemcsés calpionellás mészkő (Szank, Orgovány, Soltvadkert, Tiszagyenda) vagy sötétszürke mészkő és márga (Hajdúszoboszló, Ebes) képviseli. A nyíltvizi, medencefáciesű üledékképződés lényegében megszakítás nélkül nyúlik át az alsó-krétába.

8.3.3. Alsó-kréta (berriázi-albai) képződmények

Az alsó-krétát sekélytengeri képződmények és erőteljes tengeralatti bazalt vulkanizmus jellemzi, melyek a fokozatosan váltják fel a pelágikus medencefáciest.

Az övezet nyugati részén szürke színű, algás-miliolinás homokos mészkő képviseli az alsó-kréta kifejlődést (Lajosmizse, Kerekegyháza, Alpár). A sekélytengeri karbonátos üledékek vastagsága a fúrási szelvényekben 50-200 m. A soltvadkerti területen közel 500 m vastag pelites, finomtörmelékes rétegek váltakozásából felépült albai rétegsor ismert, ezek a rétegek és az ebesi területen harántolt hasonló korú, de kisebb vastagságú lerakódások képviselik a legfiatalabb alsó-kréta üledékeket. A tiszántúli területrészen sekélytengeri márga, mészmárga, homokos mészkő, aleurolit és mészhomokkő rétegek építik fel az alsó-kréta rétegsort (Tiszagyenda, Martfű, Mezőtúr, Ebes). Ez a kifejlődési típus 100-400 m vastag a rétegsorokban.
Jelentős kőzettömeget alkotnak az övezet területén az alsó-kréta bázisos vulkanitok: bazalt, oxibazalt, diabáz, bazalt agglomerátum ismert Kunszállás, Orgovány, Jakabszállás, Kecskemét, Bugac, Kaskantyú, Kiskőrös, Páhi, Nagykőrös, Tiszagyenda, Martfű, Mezőtúr és Ebes környékén mélyített szénhidrogénkutató fúrásokból.

A Mecsek - észak-alföldi szerkezeti-faciális övezetben szálbanálló cenomán üledékek nem ismertek, áthalmozott kőzettörmelékként azonban előfordulnak a kaskantyúi szénhidrogénkutató fúrásban (Szentgyörgyi K. 1984). Turon korú lerakódásokat a kerekegyházi kutatási területen írtak le (Sidó M.1969, Szentgyörgyi K.1984). Az alpári és gátéri területeken a felső-kréta ciklus különféle tagjait képviselő törmelékes üledékek fordulnak elő; a képződmények rétegtani helyzete egyelőre pontosan nem tisztázott. Paleogén képződményeket a Mecsek - Nagykőrös - Debrecen övezet Tiszától nyugatra eső részén szénhidrogénkutató fúrások nem tártak fel. Valószínű, hogy

ez az időszak a jelentős szerkezeti mozgások, a kiemelkedés, lepusztulás időszaka volt ezen a területen. Az övezet tiszántúli részének északi szegélyén az úgynevezett flis zóna tartalmaz paleogén üledékeket, melyek pontos rétegtani, elterjedés- és vastagságviszonyai még nem teljesen tisztázottak. A túlnyomórészt törmelékes kifejlődésü, rétegtanilag változatos kiterjedésü neogén képződmények vastagsága néhány száz és több ezer méter között változik az övezet területén.

9. A mezozóos fáciesöv képződményeinek szerves geokémiai jellemzése

A következő fejezetekben a Mecsek-Nagykőrös-Debrecen övezet óalpi képződményeit értékelem a szénhidrogén prognózis szempontjainak megfelelően. A diszperz szerves anyag mennyisége, evolúciós állapota és a szerves anyag típusa alapján az anyakőzet összletek kijelölhetők, a hőtörténeti számítások alapján a szénhidrogéngenerálás időbelisége becsülhető.

9.1. A vizsgált kőzetminták kor és kőzettipus szerinti megoszlása

A Mecsek-Nagykőrös-Debrecen övezetben az óalpi ciklus képződményeit képviselő 125 db kőzetminta 54.4%-a liász, 10.4%-a dogger, 8.0%-a malm és 27.2%-a alsó-kréta korú.

Az anyagvizsgálatba bevont minták kőzeteinek 72%-a pelites, azaz szerves anyag megőrződése szempontjából kedvező kifejlődésű. 23.2% a karbonátos minták (a 0.4 g/g-nál kisebb oldási maradékú kőzeteket tekintve karbonátosnak) és 5%-nál kevesebb a homokkövek mennyisége.

9.2. Az óalpi ciklus képződményeinek diszperz szerves anyag tartalma

Triász korú üledékeket csak néhány fúrás adatai nyomán ismerünk, az övezet legmélyebb fúrásai, az Alpár-I. és a Gátér Mély-1. fúrások nem érték el ezeket a képződményeket. Két nagykőrösi (Nagykőrös-Ny-5.) fúrásból származó dolomit minta alapján - mindkettő alacsony szerves szén és bitumen tartalmú, autochton szerves anyagot tartalmazó - az összlet szénhidrogén potenciálját megbizhatóan minősíteni nem lehet. Valószínű azonban, hogy az üledékképződés körülményei nem kedveztek a szerves anyag megőrződésének.

	C_{org}	S_k	S_B	S2	T_{max}	POT	R_o
Pelitek							
Átlag	5,40	0,20	0,13	0,32	-	0,47	-
Szórás	3,84	0,12	0,08	-	-	-	-
Minimum	0,33	0,02	0,03	-	(272)	-	-
Maximum	23,89	0,56	0,34	1,99	529	2,22	2,12
Karbonátkőzetek							
Átlag	2,50	0,21	0,10			0,28	
Szórás	2,40	0,30	0,05				
Minimum	0,30	0,04	0,02				
Maximum	9,70	1,23	0,24			0,64	

1. táblázat: *A liász üledékek szervesanyag koncentrációját jellemző mutatók*

A szénhidrogén generáló tulajdonságokat tekintve az övezet júra korú üledékei bírnak a legkedvezőbb tulajdonságokkal. A diszperz szerves anyag mennyisége alapján mind a karbonátos, mind a pelites liász és pelites dogger képződmények jó vagy megfelelő minőségű anyakőzetek (1.- 2. táblázat).

A mérési eredmények szórása jelentős. Az szerves széntartalom gyakran egészen alacsony is lehet ás ez nagyon lecsükkenti az átlagos értékeket, de ez a megmintázási technika hiányosságaiból (is) fakad. A szerves széntartalom értékeket figyelembe véve a megvizsgált liász minták 51.5%-a, a dogger korú mintáknak pedig mintegy 33.3%-a minősül anyakőzeteknek.

PELITEK						
	C_{org}	S_k	S_B	R_o	HI	POT
Maximum	17,28	1,89	0,59	2,25	214	1,28
Átlag	5,27	0,39	0,17	-	-	-
Minimum	1,08	0,05	0,05	1,14	7	-
KARBONÁTOK						
Maximum	2,65	0,17	0,11			
Átlag	1,65	0,13	0,08			
Minimum	0,37	0,10	0,04	1,14	-	-

2. táblázat: A dogger kőzetminták szerves anyag tartalma

Az átlagnál jóval magasabb szerves anyag koncentráció jellemzi a Kaskantyú-2. (Kas-2., 17.28mg/g) a Szank-2. (Szk-2.,11.89mg/g), a Tázlár Észak-1 (11.50 mg/g) és az Endrőd-7 (En-7, 23.89 mg/g) fúrások liász-dogger agyagpaláit.

A malm kőzetminták közül kedvező a karbonátok szerves anyag koncentrációja, a minták 30%-a anyakőzet mennyiségű szerves szenet tartalmaz, az alacsony mintaszám azonban nem teszi lehetővé a képződmények szénhidrogén potenciáljának megítélését.

A bitumentartalom átlagos értéke alacsony, alig különbözik a júra időszak különféle rétegtani helyzetű képződményeiben. A kloroformban oldható bitumentartalom mobilis a liász karbonátokban, egyébként pedig az adszorpciós határértéknek tekintett 0.5 mg/g alatt marad. Relatív bitumendúsulás mutatható ki a dogger pelitekben, de a bitumenek mennyisége itt is alatta marad a jó anyakőzet kritériumnak.

Lényegében ugyanez állapítható meg a Rock Eval pirolízissel meghatározott szénhidrogén-potenciál nagyságát (a pirolízis során keletkezett un. kötött és a kőzet szabad szénhidrogén tartalmának összege) elemezve. Ennek értéke a minták többségében -az egyetlen Orgovány-1. fúrás 10. magmintája kivételével- szegény, még a kivánatos érték felét, 1 kg szénhidrogén/tonna kőzet-t is csak néhány esetben haladja meg. (28. -35. ábrák). Az eredmények sajnos a mintavételezés és a gyakran évekig tartó tárolás körülményeit is tükrözik, pontosabban ezek hatását a bituminológiai paraméterekre és a Rock Eval mérések eredményeire. Tárolás közben a magminták szabad szénhidrogénjei távozhatnak, részben oxidálódhatnak. Ez természetesen kihat az S_1, POT, S_2/S_3 értékekre, befolyásolja a szerves anyag tipusa és termikus érettsége meghatározási pontosságát. Az értékelésnél ezt a körülményt feltétlenül figyelembe kell venni, mégpedig annak kihangsúlyozásával, hogy a táblázatban feltüntetett értéknél a valóságos állapot mindenképp kedvezőbb mind a szervesanyag tartalom, mind pedig a szerves anyag tipusa tekintetében.

Számításba kell venni továbbá, hogy a bitumentartalom matematikai átlagai jelen esetben elfedik a kőzetek eltérő süllyedés- és hőtörténetéből fakadó bituminológiai különbségeket. A később tárgyalandó, a szerves anyag termikus érettségére vonatkozó adatok szerint ugyanis az alacsony, az átlagos értéket nagymértékben csökkentő S_K érték a minták egy részénél a szénhidrogén generálás korai, míg másutt (pl. Alpár-I. fúrás) az elmigrálást követő szakasz normális következménye.

Pelitek			
	C_{org}	S_k	S_B
Minimum	*0,54*	*0,05*	*0,04*
Maximum	*7,7*	*1,35*	*0,25*
Átlag	*3,52*	*0,25*	*0,09*
Karbonátok			
Minimum	*0,27*	*0,05*	*0,04*
Maximum	*1,94*	*0,21*	*0,21*
Átlag	*0,89*	*0,12*	*0,07*

3. táblázat: *Az alsó kréta kőzetek legfontosabb mennyiségi szerves geokémiai jellemzői*

Az extrahálható bitumenek aránya és a Rock Eval pirolízis produkciós indexe csaknem valamennyi júra képződmény esetén autochton bitumeneket valószínűsit (az S_K/S_{BAM} hányados kisebb, mint 3.5). Allochton szerves anyag a következő mintákban fordult elő:

S_K/S_B arány alapján	Produkciós index alapján
Endrőd-7/23	Endrőd-7/17.,27
Mezőtúr-3/4	Kiskőrös-K-1/21.,38
Bugac-3/13	Alpár-I. liász minták

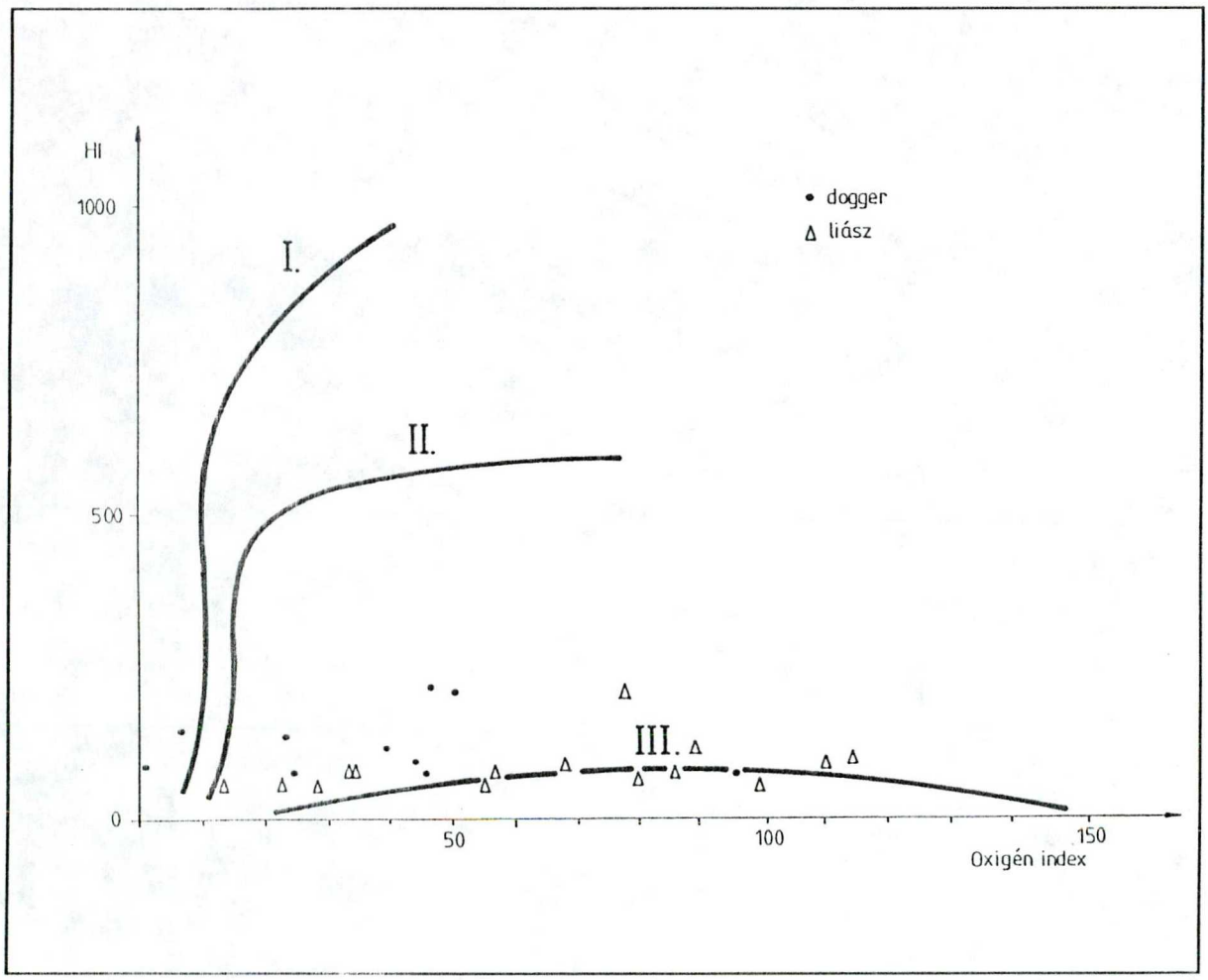
Az óalpi ciklus szerves anyagban legszegényebb üledékei alsó-kréta korúak. Az átlagos szerves széntartalom mind a pelitekben, mind a karbonátokban alacsonyabb az anyakőzetekre minimálisan jellemző értéknél (amely pelitekre 4.0-5.0 mg/g, karbonátokra valamivel kevesebb 1.5 mg/g körüli érték).

Az extrahálható bitumenek koncentrációja alacsony, az extrahálható bitumenek aránya autochton szerves anyagot jelez (kivétel: Soltvadkert-7./18 minta).

Az alsó kréta minták közül csak az Alpár-I és a GátérMély-1 fúrás mintáiról készültek Rock Eval felvételek (34 -35. ábra). Ezek alapján az alsó kréta kőzetek szénhidrogénpotenciálja alacsony. Az övezet tiszántúli részén a meglévő szórvány adatok szerves anyagban gazdagabb (anyakőzet minősítésű) alsó krétát jeleznek, ezek rendszeres és részletes geokémiai vizsgálatára azonban még nem került sor.

A szénhidrogénképződés mennyiségi szempontjainak megfelelően tehát a neritikus és pelágikus fáciesű, pelites kőzetkifejlődésű liász és dogger képződmények bírnak a legkedvezőbb szénhidrogéngeneráló tulajdonságokkal.

Nem minősülnek anyakőzetnek, szénhidrogént legfeljebb szerény mértékben generálhatnak a Duna-Tisza köze területén ismert alsó-kréta üledékek. A triász, a malm korú kőzettömegek és az övezet tiszántúli területén az alsó kréta karbonátos-törmelékes összlet szénhidrogénképző képességét további mérések révén szükséges tisztázni. Az azonban biztosnak látszik, hogy a törmelékes, evaporitos kifejlődésű alsó-triász üledékek inkább csak tároló- vagy zárókőzetként jöhetnek számításba.



17. ábra A szerves anyag tipusa a Mecsek-Nagykőrös-Debrecen övezet óalpi képződményeiben

9.2. A szerves anyag típusa

Az igen alacsony széntartalom és a kedvezőtlen S2 értékek miatt kevés az értékelhető pirolízis adat. Az alsókréta összletből például mindössze egy. Ez az egy eredmény egyértelműen viszonylag éretlen és III. típusú, tehát gázgeneráló szerves anyag jelenlétét tükrözi.

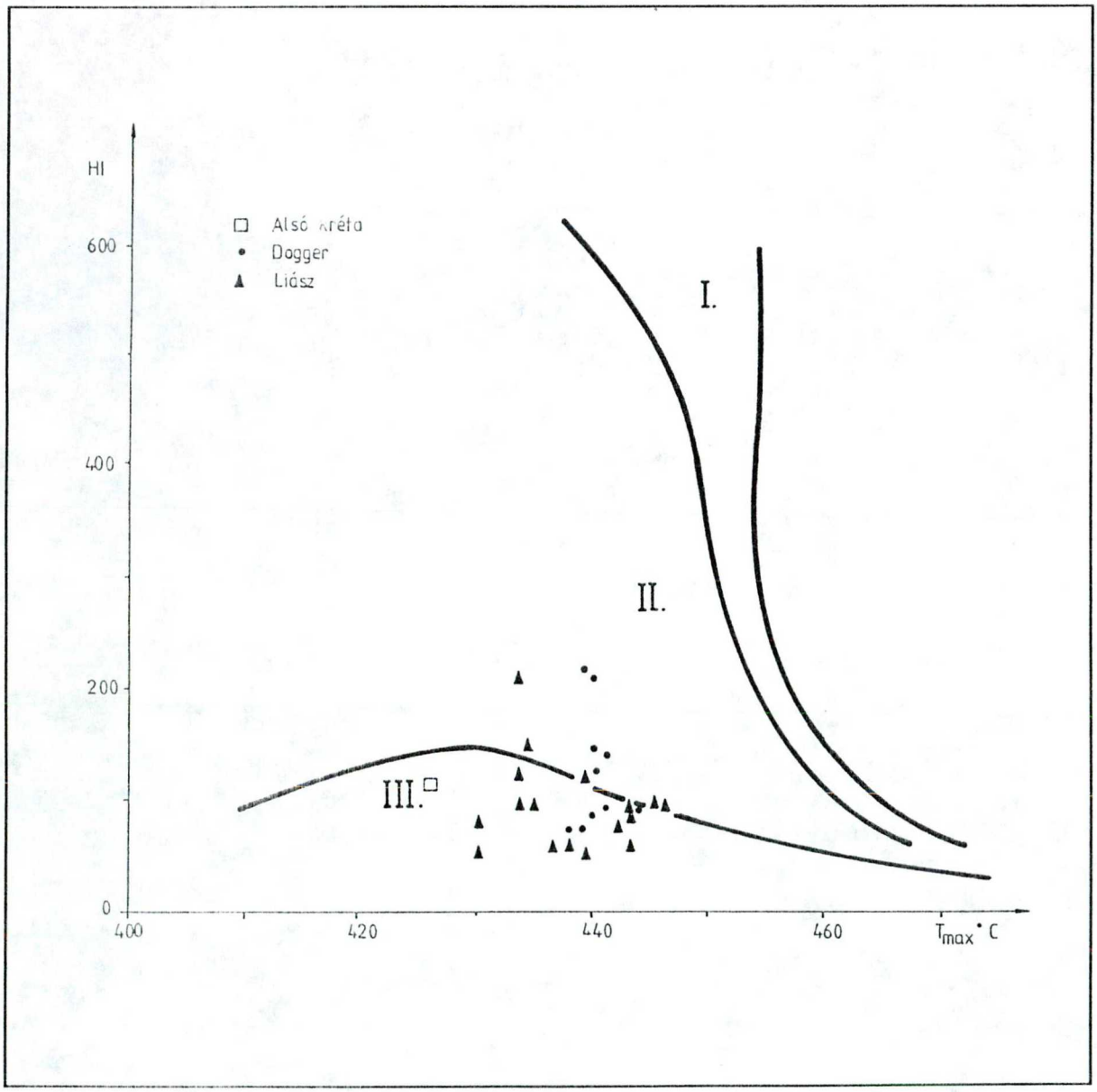
A középső és alsó júra minták szerves anyaga kevert. A hidrogén index értékek relatíve alacsonyak, az oxigén index az esetek többségében magas (17. ábra). Mind a liász, mind a dogger képződményekben azonosítható II., pontosabban II - III kevert típusú szerves anyag is, a hidrogén indexek meghaladják a 200-at, de inkább a III. típusú kerogén dominál. Ez egyébként jó összefüggést mutat az üledékképződés körülményeivel is. A vizsgált minták eltérő termikus átalakultsági foka miatt célszerűbbnek látszott a szerves anyag tipusának azonosítására a hidrogén index- Tmax grafikus ábrázolás. A 18. ábrán mind a liász, mind a dogger minták kevert szerves anyaga azonosítható. Az értékelhető mérési eredmények többsége III. tipusú szerves anyagot jelez.

9.3. A diszperz szerves anyag termikus érettsége

9.3.1. Vitrinitreflexió mélységfüggés

A vitrinitreflexió mélység függvényében történő értékelése szerint a mezozóos minták többsége már a fő szénhidrogén-generáló zóna végén jár. Kivételt képeznek a tázlári, a soltvadkerti és talán a Mezőtúr környéki minták (19. ábra), melyekben a reflexióérték jóval alacsonyabb, az olajablak tetejének megfelelő.

Összességében a vitrinitreflexió értéke a fúrásokban változó. A legkisebb érték 0.8%, a maximum 4.0% feletti. A magas értékek az alpári gátéri süllyedék többezer m mélyre temetett

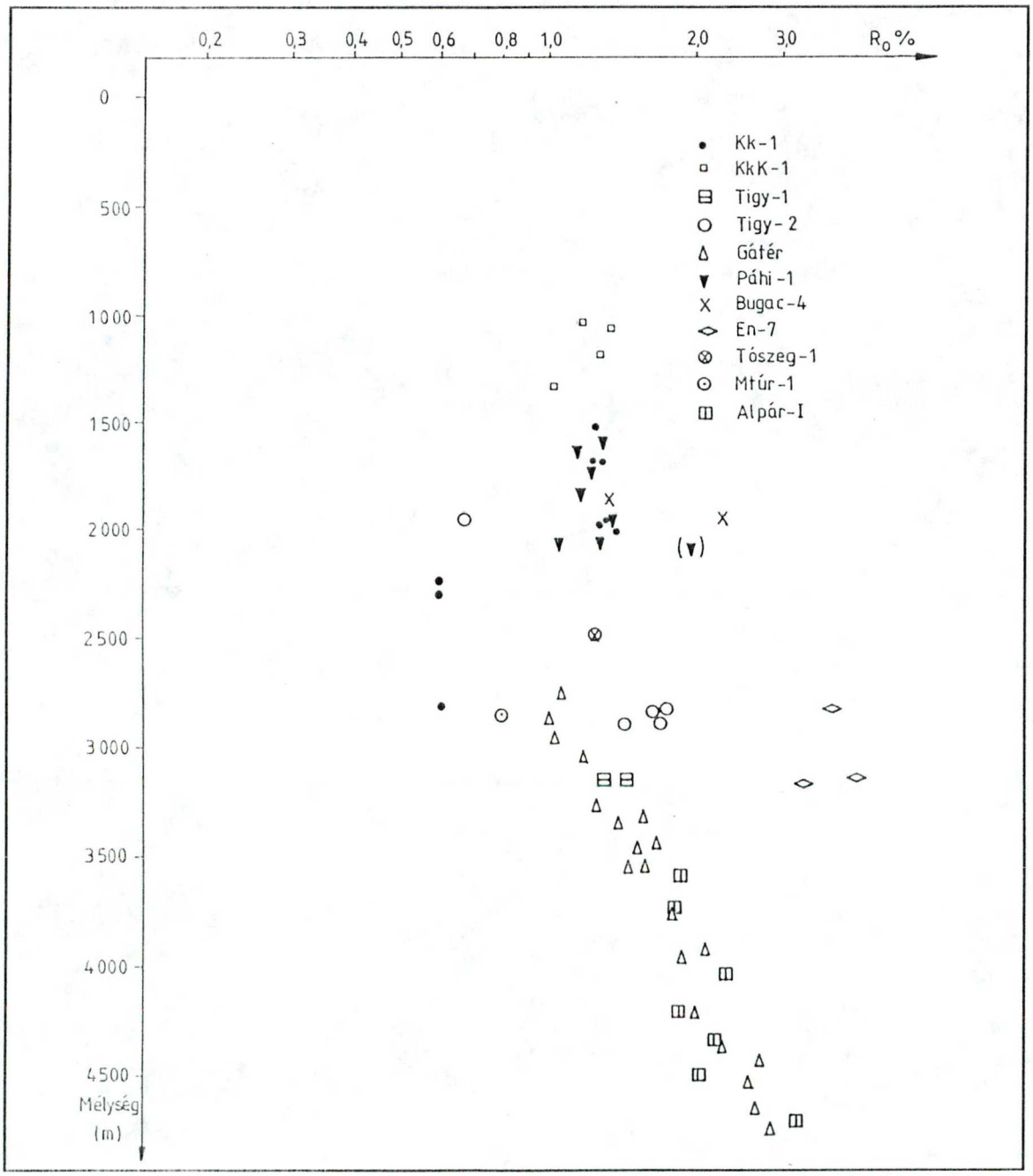


18. ábra A szerves anyag típusának meghatározása a HI és T_{max} értékek alapján

júra mintáiban, valamint az Endrőd-7 fúrás liász kőzeteiben jelentkeznek. További vizsgálatok tisztázhatják, hogy a mezozóos karbonátokban mérhető 4% körüli, illetve ezt meghaladó vitrinitreflexiók valóban a metamorfózis kezdetét jelzik-e, vagy a karbonátoknak a törmelékes kőzetekétől eltérő diagenezise következtében kialakuló jelentős anizotrópia megnyilvánulásai.

Ha a meglévő eredményeket összesítve vizsgáljuk a vitrinit reflexió mélységfüggését, úgy megállapítható, hogy a vizsgált minták 2 fő csoportba sorolhatók (19. ábra). A kevésbé érett csoportba tartozók: Kiskőrös-1, Kiskőrös Kelet-1, Tiszagyenda-2, Tószeg-1, Páhi-1. Az érettebbek: Alpár-I, Tázlár-Észak-1, Gátér Mély-1, Tiszagyenda-1, Mezőtúr-1. Ez utóbbiak jelenleg (is) nagyobb mélységben találhatók, és süllyedés ill. hőtörténetük nyilvánvalóan eltér az előző csoport tagjaiétól.

Neogén mintákban a 0.6% vitrinit reflexió szint, azaz a fő olajgeneráló zóna teteje 2010 illetve 2250 m között jelölhető ki. 2300 m körül található az Alpár-I. és a Gátér Mély-1 fúrásban. A vitrinitreflexió mélységfüggése alapján a Tiszagyenda-2 fúrásban az olajablak teteje hozzávetőlegesen a Miocén talp, 2820 m mélyen, míg a Tiszagyenda-1 -ben 2200 m mélységben jelölhető ki . Azaz 2500-2600 m-ben a neogén minták egyike sem éri még el az 1.0% Ro szintet. A mezozóos minták reflexiója ugyanebben a mélységintervallumban 1.1-1.4%. A vitrinitreflexió értékek tehát jelentős lepusztulásokat rögzítenek ill. jeleznek a Neogén és mezozóikum között. A lepusztulás a kevésbé érett mintacsoportban nagyobb mértékű, ezekben gyakran csak a rétegsor liász korú része maradt meg, a fiatalabb rétegek erodálódtak. A kevésbé érett mezozóikum fölött az erózió több ezer m vastag üledéket érinthetett (Kiskőrös, Bugac), a nagymértékű eróziót pedig nem követte újabb betemetődés, így ezek a mezozóos rétegsorok ma jóval magasabb szerkezeti helyzetben vannak, mint a földtani múltban voltak. Az érettebb csoportban (Alpár, Gátér, Tiszagyenda, talán Mezőtúr) a lepusztulás "csupán" néhány 100 m nagyságrendű, az eróziót jelentős süllyedés követte a neogén időszakban (21-22. ábra).



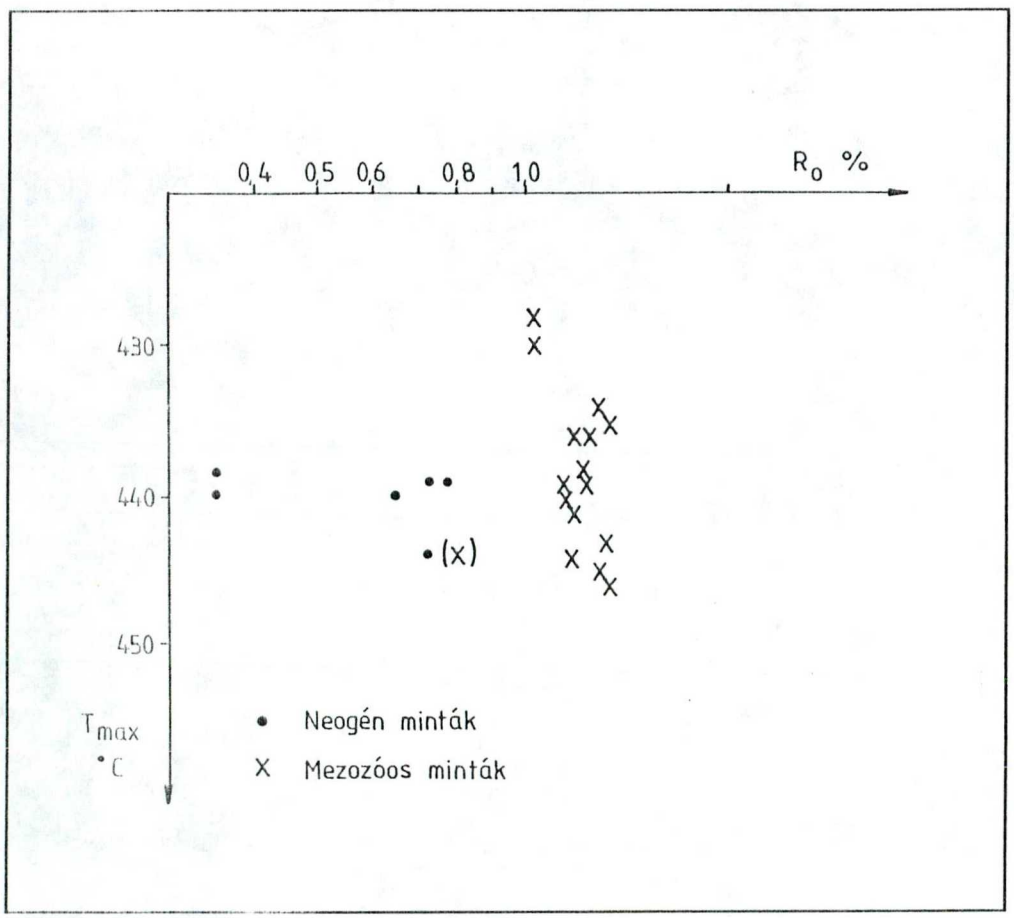
19. ábra A mezozóos képződmények szerves anyagának termikus érettsége a vitrinitreflexió mélységfüggése alapján

A vitrinitreflexió további jellegzetessége, hogy a pirolízis Tmax értékekhez viszonyítva az Ro jóval érettebb szerves anyagot jelez (20. ábra). Az ábrán csak a megbízható Tmax értékek (S2 ill TOC mértéke) szerepelnek a hozzájuk tartozó Ro függvényében. Látható, hogy csak a neogén minták (·-gal jelölve) követik az irodalomban megismert trendet (10. ábra). A mezozóos minták Tmax értékei sokkal alacsonyabbak, mint a nekik megfelelő reflexiók. Valószínűnek látszik, hogy a kevert, de III. típusú szerves anyagban dús kőzetben nagy mennyiségben található gyanták és aszfaltének anyag krakkolódása viszi le a Tmax értékeket, de a jelenség okának tisztázása további vizsgálatokat igényel. A Tmax értékek minden esetben a fő olajgeneráló zónának megfelelő érettséget mutatnak.

10. Süllyedés- és hőtörténeti számítások

Az eredményes szénhidrogénkutatás feltételezi a szénhidrogén generálás, -migráció és akkumuláció körülményeinek, időbeliségének az ismeretét. A részletes szerves geokémiai vizsgálatok alapján meghatározható egy adott üledékösszlet szerves anyag koncentrációja, a diszperz szerves anyag minősége és érettsége. Lényegében tehát kijelölhetők az effektív anyakőzet tömegek, amelyek már realizálták szénhidrogén potenciáljukat. A szénhidrogén-generálás folyamatát a földtani idő során a hőtörténeti számítások modellezik.

A számítások nehézségét a neogén üledékeknél elsősorban a változó geotermikus gradiens okozza, míg a mezozóos összletnél ehhez bonyolult földtani viszonyok társulnak. Gyakoriak az üledékmegszakadások, változó, és gyakran csak becsült mértékűek a rétegtani hiányok. Megfelelő, illetve valóban korjelző ősmaradványtartalom hiányában a rétegek azonosításában gyakran csak a kőzettani analógiákra támaszkodhatunk (Póka et al., 1987). A nehézségek ellenére megpróbálkoztam néhány teljesebb, illetve az adott mezozóos fáciesövre nézve jellemző rétegsor esetében a süllyedés- és hőtöténeti számítások végzésével a szénhidrogéngenerálás időbeli folyamatának rekonstruálására a Lopatin és Waples féle "idő-hőmérséklet-index" kiszámításával.



20. ábra A vitrinitreflexió és a pirolízis T_{max} értékek összehasonlítása

A Mecsek - Nagykőrös - Debrecen övezet két legnagyobb mélységet elért és egyben legteljesebb mezozóos rétegsorát harántolt fúrásából, az Alpár-I és a Gátér Mély-1 fúrásokból a fúradék és magmintákon mért vitrinitreflexió adatok mélységfüggését elemezve mindkét esetben grafikus becsléséreaz erodálódott rétegek vastagságának . A vitrinitreflexiók értékében mutatkozó ugrásszerű növekedés 0.3 % körüli az eróziós felszín közelében. A grafikus becslés eredményét a 21. és 22. ábrák mutatják be. A lepusztult rétegek vastagsága az Alpár-I fúrásban meghaladja az 1000 m, míg a Gátér Mély-1 fúrásban 700 m körül lehetett.

A hőtörténeti modellezés során egyszerűsítésként feltételeztem, hogy az üledékösszlet termikus szempontból homogén, az aljzat süllyedési sebessége adott időintervallumokban konstans, és a szénhidrogén generálás folyamata, amely összetett kémiai reakciók sorozata, leírható az Arrhenius összefüggéssel. A számítás eredményét a 23,25, és 27. ábrák mutatják be. A számított értékeket a szénhidrogén-genetikai zónák jelenlegi mélységhatárai hitelesítik, melyek a vitrinitreflexió mélységfüggése révén közvetlenül meghatározhatók. Hangsúlyozni kell természetesen, hogy csak közelítő számításokról van szó, melyek eredményei is csak becslés értékűek. Az alábbi fúrások rétegsoraira vonatkozóan készültek el a számítások:

Gátér Mély-1

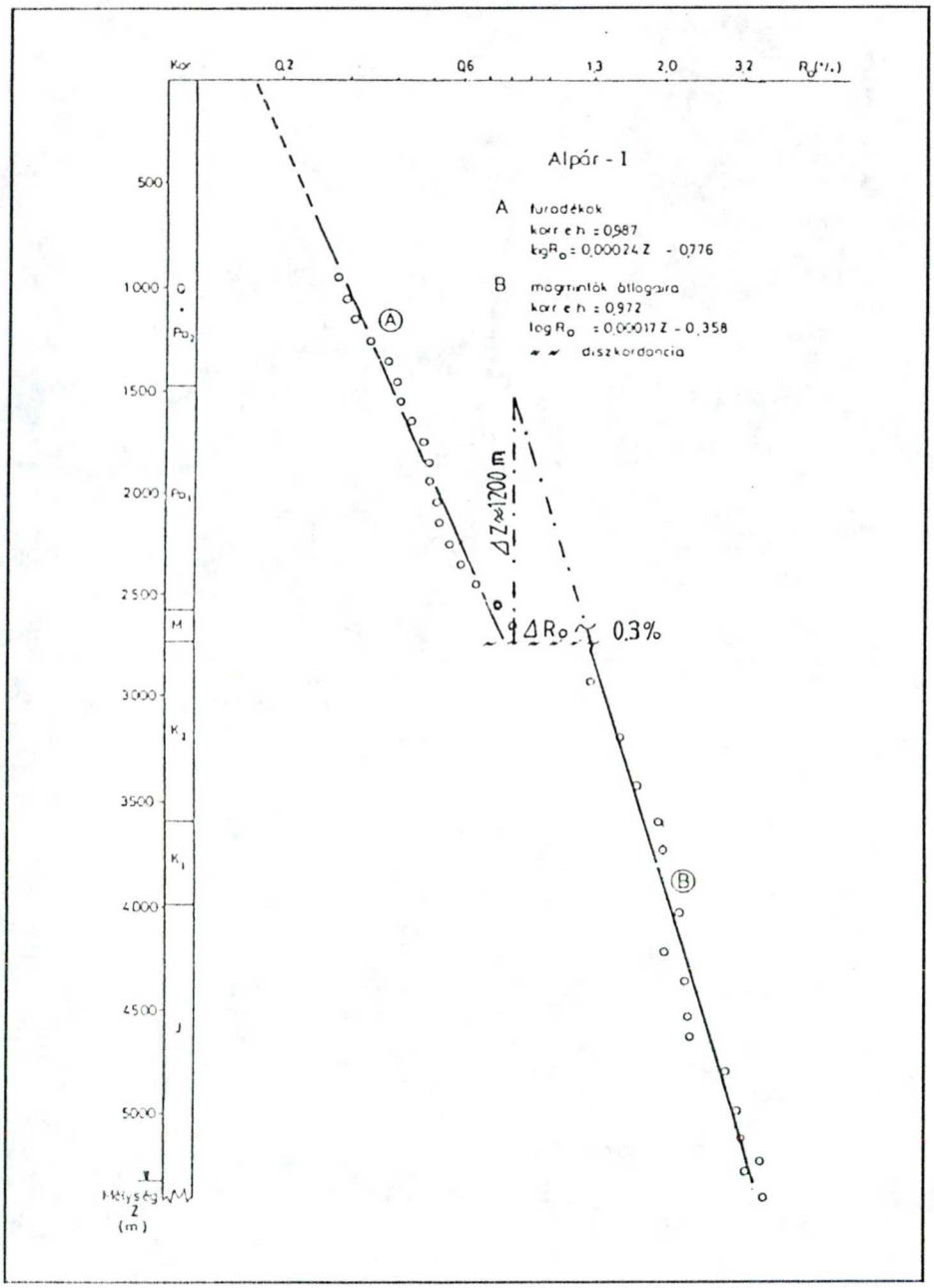
Alpár-I

Páhi-1

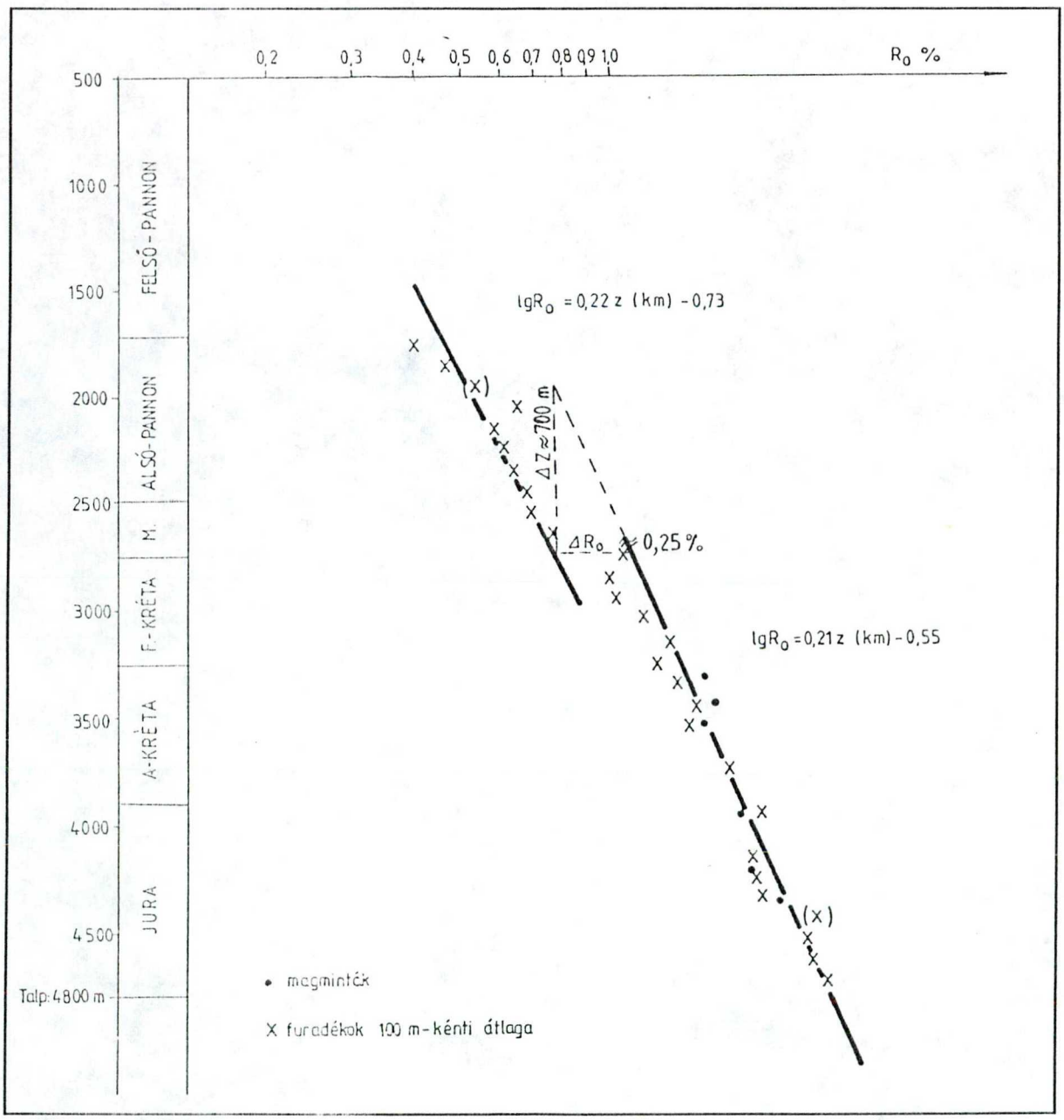
A legfontosabb eredmények a következők:

Alpár-I

A Mecsek-Nagykőrös-Debrecen övezet legmélyebb (5305 m) fúrása. A mezozóos üledékek (krono-) sztratigráfiai azonosítása során még nyitva maradt ugyan néhány kérdés, de a süllyedékzóna másik közeli mélyfúrásának, a Gátér Mély-1-nek a földtani eredményeivel korrelálva semmi nem zárja ki annak lehetőségét, hogy a liász - alsókréta időintervallumban itt is folyamatos volt a szedimentáció. Ezt tekintettem a számítások kiindulópontjának.



21. ábra Az eróziós hiány becslése az Alpár-I. fúrás rétegsorában Dow módszerével



22. ábra Az erodált üledékvastagság becslése a Gátér Mély-1. fúrásban

Az idősebb mezozóikumra (a Párizsi medence, illetve az Északi tenger üledékgyűjtő területére meghatározott) alacsonyabb (0.032-0.035° C/km), a fiatalabb kőzettömegekre fokozatosan növekvő (0.06 °C/km- ig) paleohőmérsékleti gradienssel számoltam (1. melléklet).

A szerves anyag mennyisége és minősége alapján anyakőzetnek tekintett liász-dogger üledékösszlet a TTI földtani időbeli változása (23.ábra) alapján mintegy 75-67 millió évvel ezelőtt, tehát a jelentős vastagságú felső-kréta rétegek lerakódása idején kezdett szénhidrogéneket generálni.

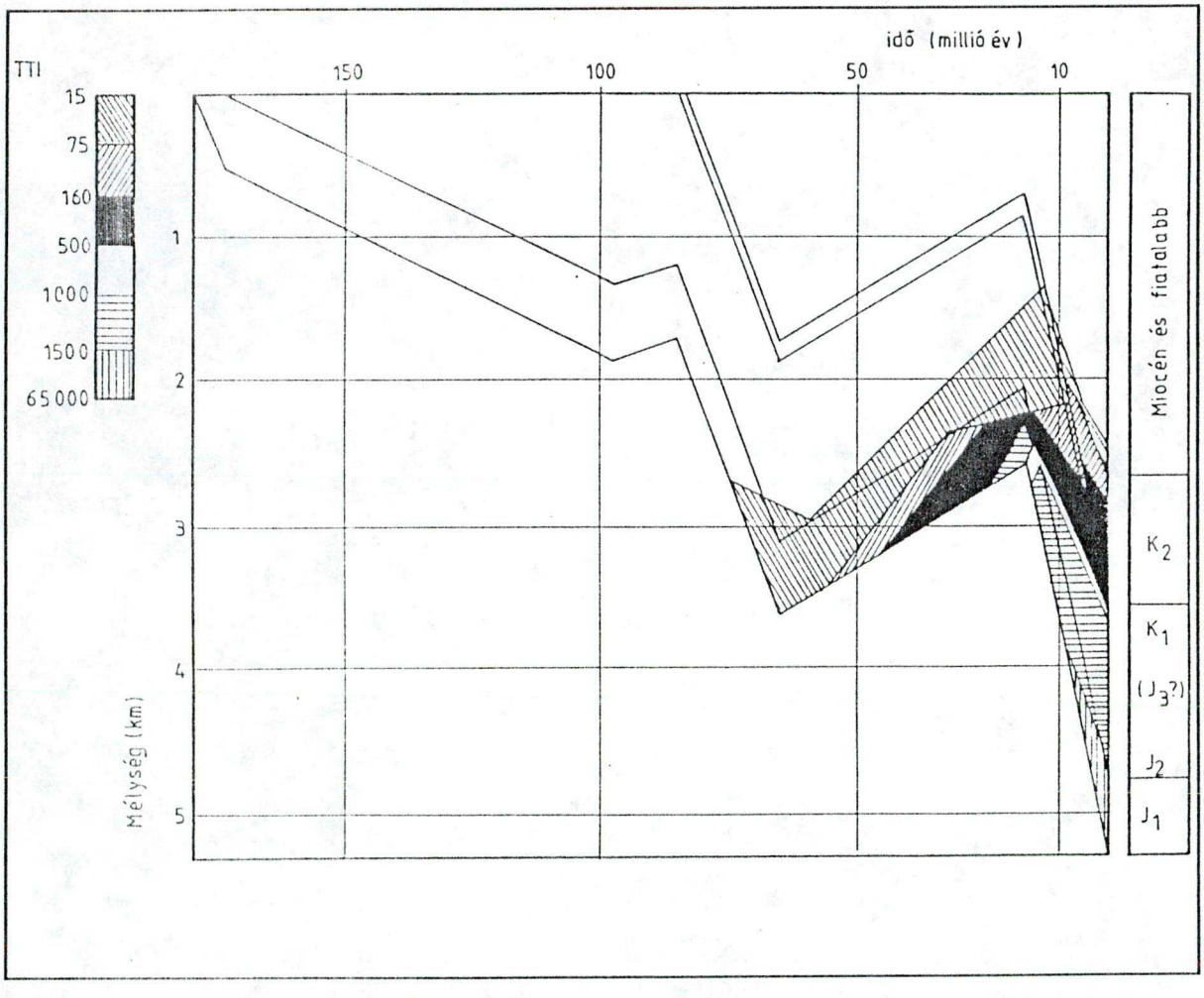
A kőolaj és földgáz képződés összességében mintegy 17-10 millió évvel ezelőttig tartott. A neogén időszak igen jelentős süllyedési és felfűtési sebessége miatt a nedves gáz képződés zónáján a liász-dogger anyakőzetek mintegy "átszaladtak", jelenleg száraz gázokat generálnak.

A szintén anyakőzet minősítésű felső-kréta kőzettömeg csak a fiatalabb neogén időszakban generált szénhidrogéneket. Jelenleg a képződmények felső része a fő katagenetikus zóna alján, míg nagyobb hányada már a nedves gáz zónában helyezkedik el.

A képződött szénhidrogének migrációja és akkumulációja tehát az alsó/felső- kréta, illetve a felső-kréta/miocén diszkordancia felszínek mentén a legvalószínűbb. Természetesen a júra üledékek által generált szénhidrogének megőrződésének lehetőségét a paleogén-miocén időszak szerkezeti mozgásai nagymértékben csökkentik.

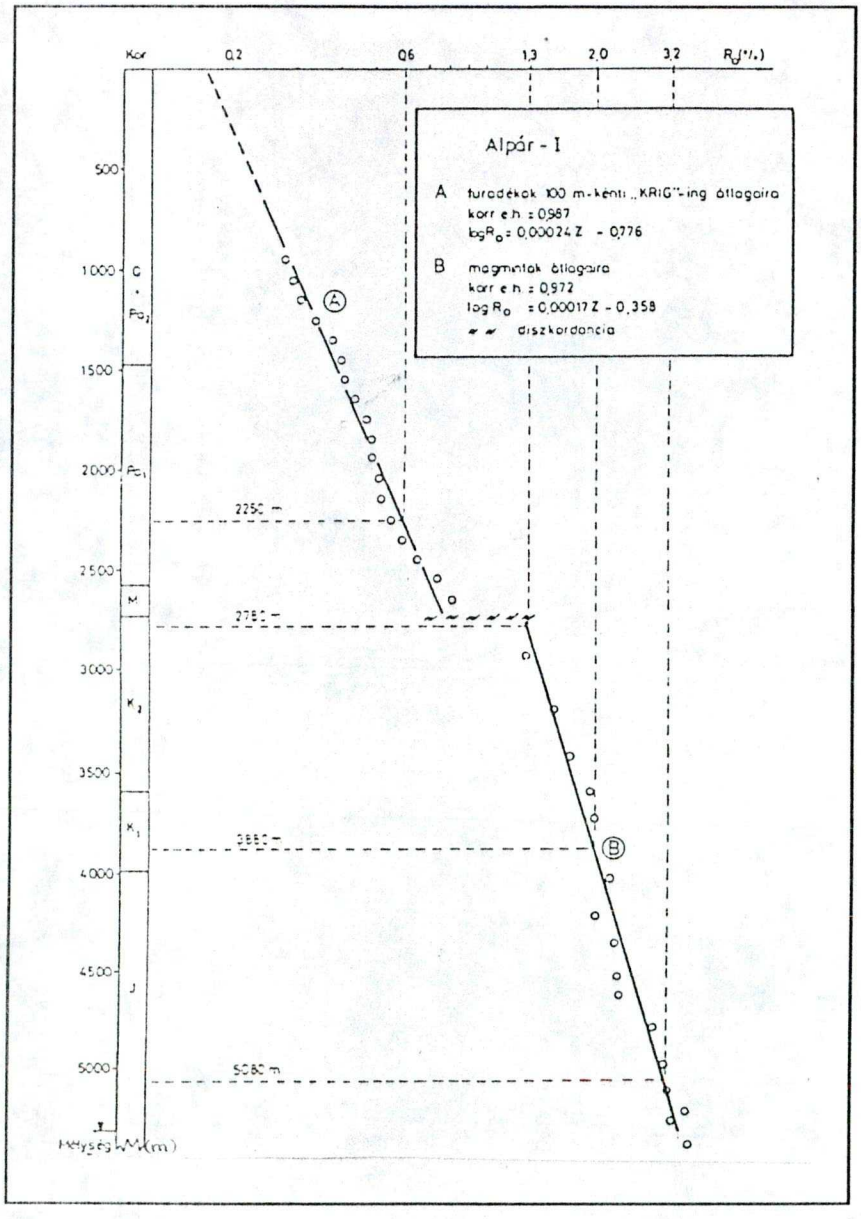
A számítások eredményeként kapott, és a vitrinitreflexió mérések alapján közvetlenül meghatározott jelenlegi szénhidrogén-genetikai zónahatárok (24.ábra) a következők:

Közvetlen mérés		Számított értékek	
R_o	Mélység	TTI	Mélység
0.6 %	2250 m	15	2460 m
1.3 %	2780 m	160	2824 m
2.0 %	3880 m		



23. ábra Az Alpár-I. fúrás rétegsorának hőtörténete

SZEGED



24. ábra A szénhidrogén-genetikai zónák határai az Alpár-I. fúrásban

Gátér Mély-I.

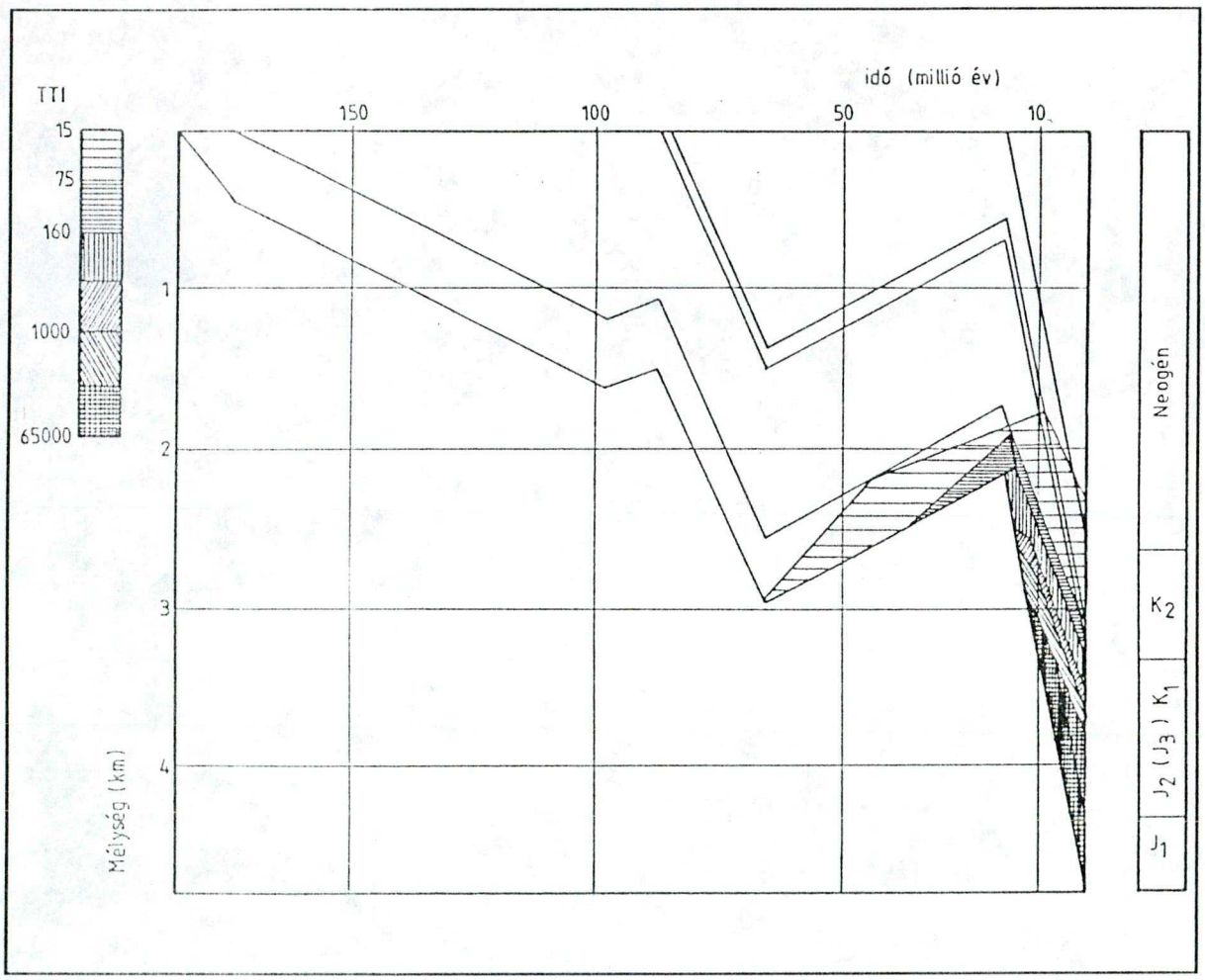
A Mecsek típusú mezozóos kifejlődés jellegzetes és egyik legteljesebb rétegsorát harántolta a fúrás, amely 4800 m-es talpmélységével az övezet második legmélyebb fúrása.
A számításokhoz teljesen hasonló kiindulási adatsort használtam (1. melléklet), mint az Alpár-I fúrás esetében /eltekintve természetesen a rétegvastagság értékektől/.

A modellszámítás eredményéből (25. ábra) kiolvasható, hogy a liász korú anyakőzetek mintegy 65 millió éve kezdtek kőolajat és földgázt generálni. A nedves-gáz generálás zónáját azonban csak a neogénben érték el az üledékek. A dogger korú anyakőzet már teljesen egészében a neogén időszakban generált. A körülbelül 17-5 millió éves időkeretben szénhidrogénjei döntő hányadát leadta, jelenleg száraz gázokat képez.

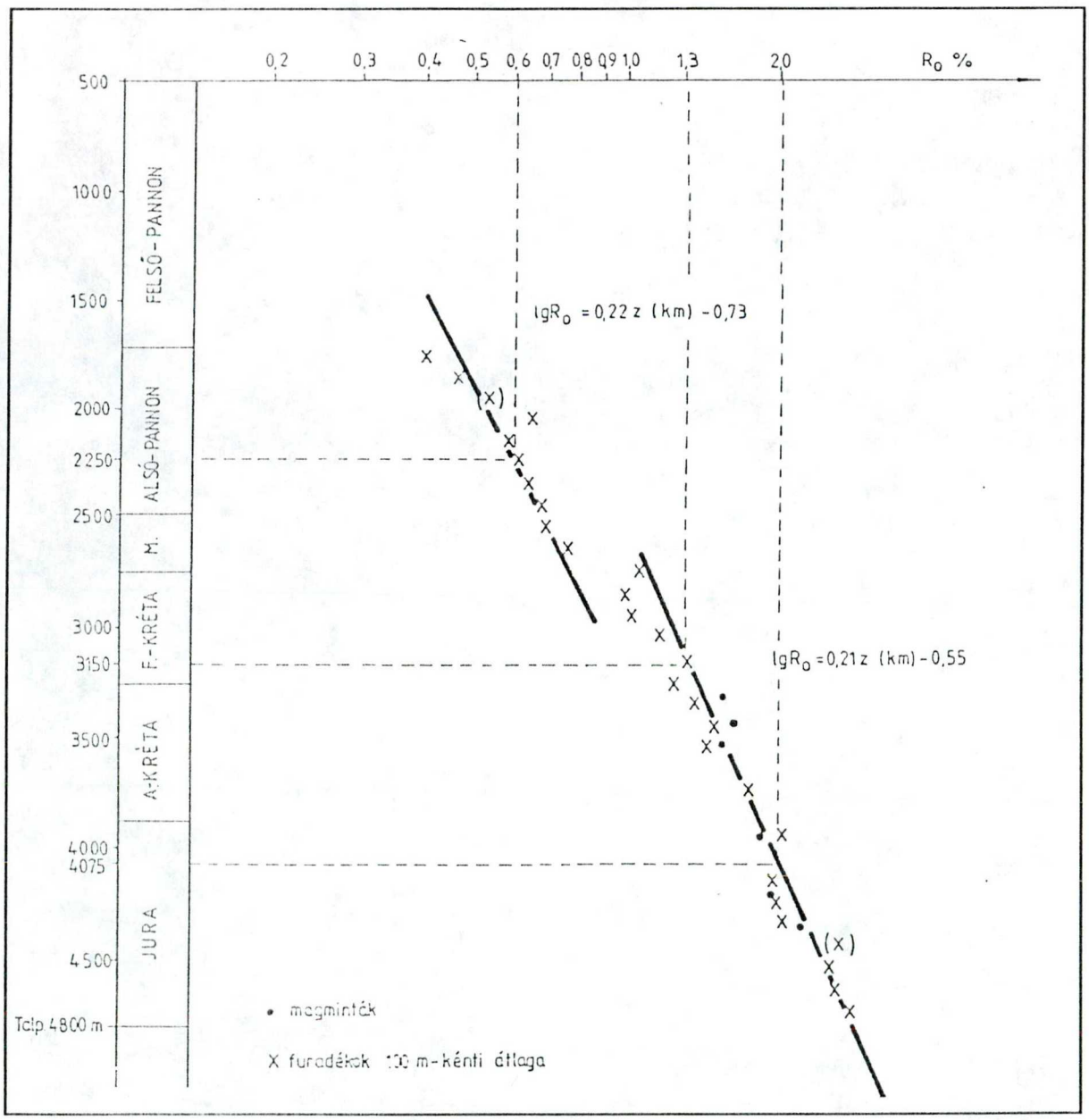
A felső-kréta anyakőzetek megközelítőleg 10 millió éve generálnak szénhidrogéneket. A kerogének evolúciós állapota ebben az összletben jelenleg is a fő olajgeneráló zónának megfelelő.

A közvetlen méréssel meghatározott és a számítások eredményeként kapott jelenlegi szénhidrogén-genetikai zónahatárok (26. ábra) táblázatos összehasonlítása a következő:

Közvetlen mérés		Számított érték	
R_o	Mélység	TTI	Mélység
0.6 %	2310 m	15	2360 m
1.3 %	3150 m	160	3330 m
2.0 %	4079 m		



25. ábra A Gátér-Mély-1. fúrás rétegsorának hőtörténete



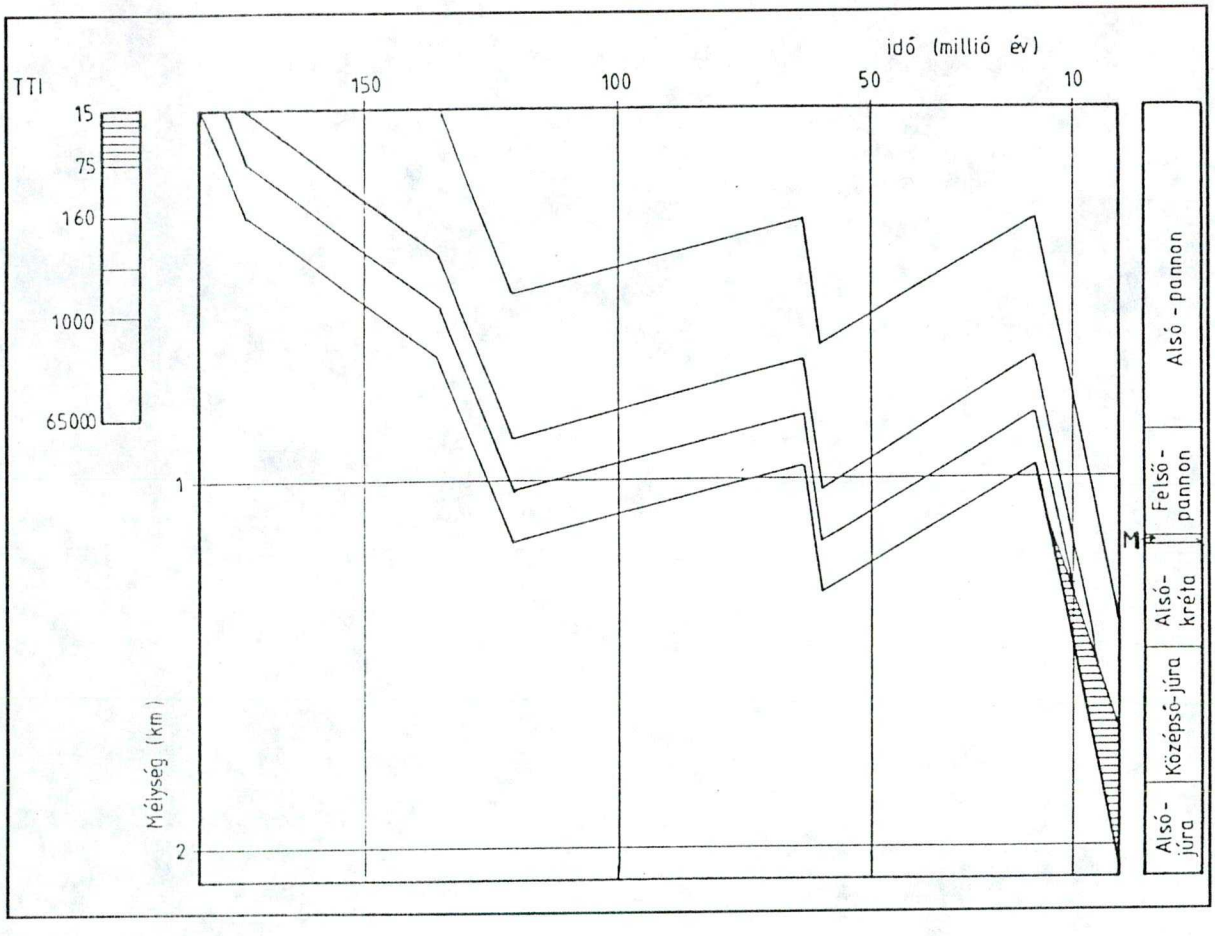
26. ábra A szénhidrogén-genetikai zónák helyzete a Gátér Mély-I. fúrásban

Páhi-1

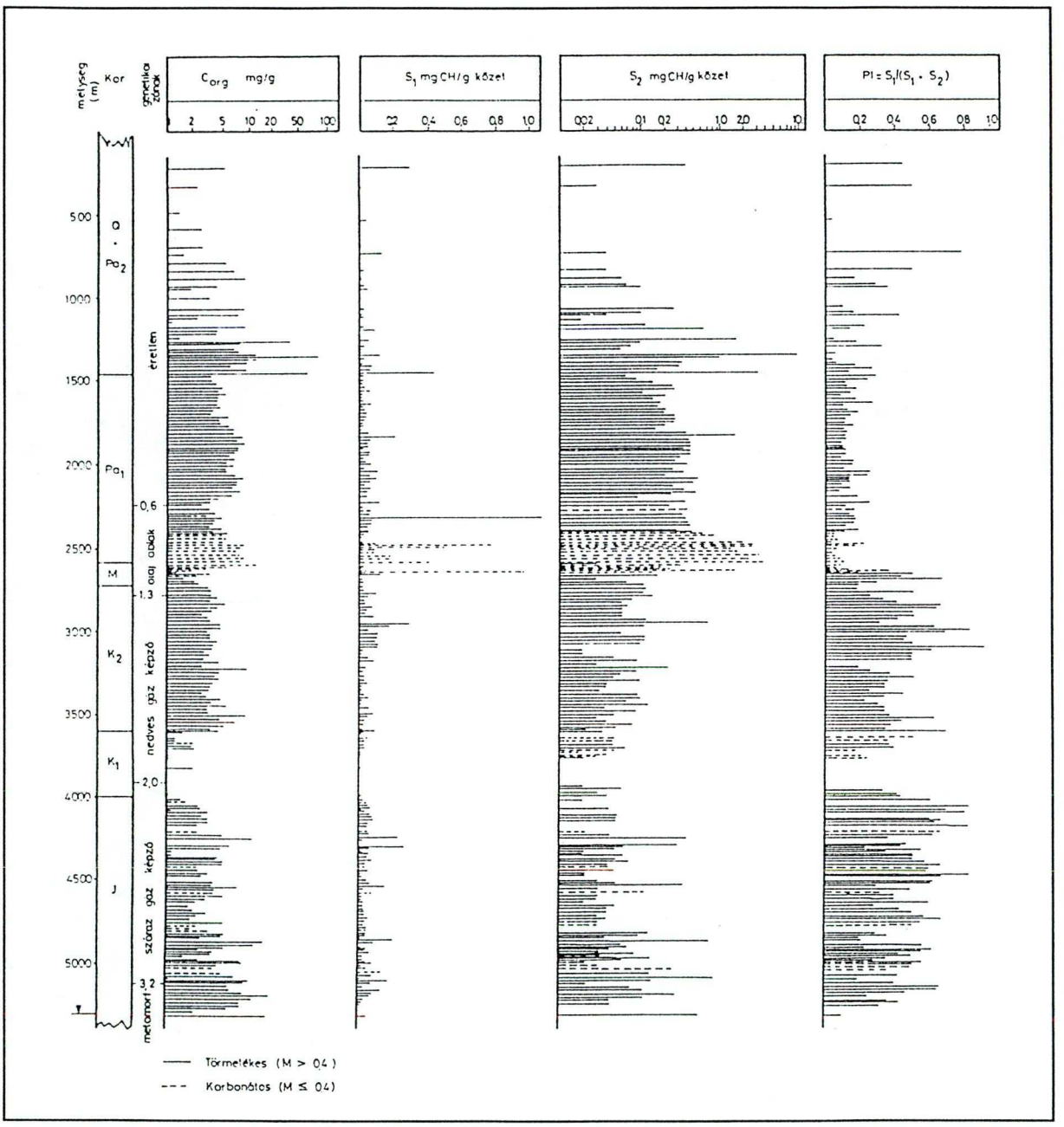
A fúrás rétegsora rétegtanilag sokkal hiányosabb, mint az előzőeké. A felső-júra azonosítása a rétegsorban nem megoldott. Csak feltételezésekre támaszkodhatunk a felső-krétát illetően, mivel ezeket az üledékeket a vélhetően paleogén - alsó-miocén időszaki erózió teljesen lepusztította.

A hőtörténeti számítások eredménye (27.ábra) szerint az alsó- és középsőjúra korú anyakőzetek csak a neogén időszaki süllyedés során kerültek olyan mélységbe, illetve termikus viszonyok közé, hogy bennük az intenzív szénhidrogéngenerálás megkezdődhetett, és tart a mai napig.

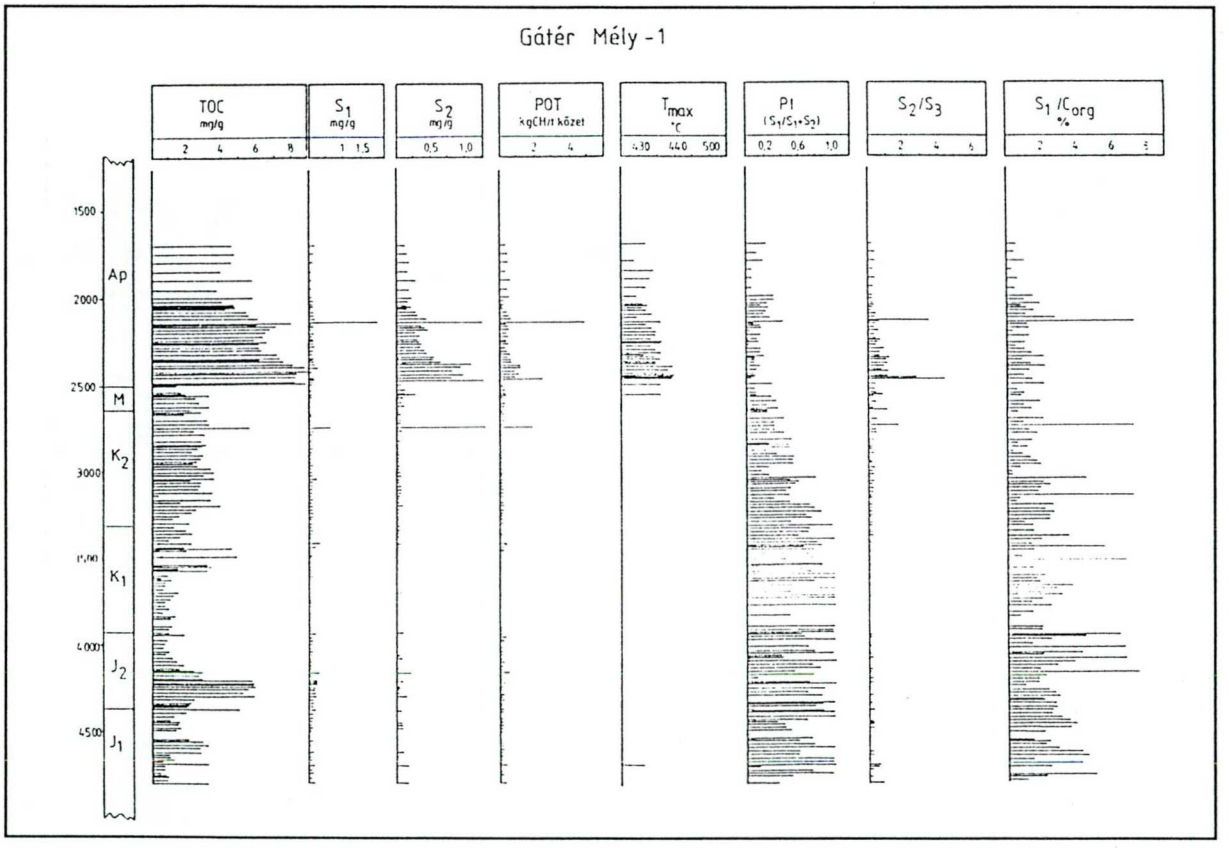
Szelvény menti vitrinitreflexió mérési eredményekkel a fúrásból nem rendelkezünk, így a jelenlegi szénhidrogén-genetikai zónák sem jelölhetők ki. A júra korú magmintákban meghatározott vitrinitreflexiók (R_o = 1.14-1.31%) szerint az összlet diszperz szerves anyagának termikus érettsége a fő olajgeneráló zónának felel meg, s ez összhangban áll a modellszámítás eredményével.



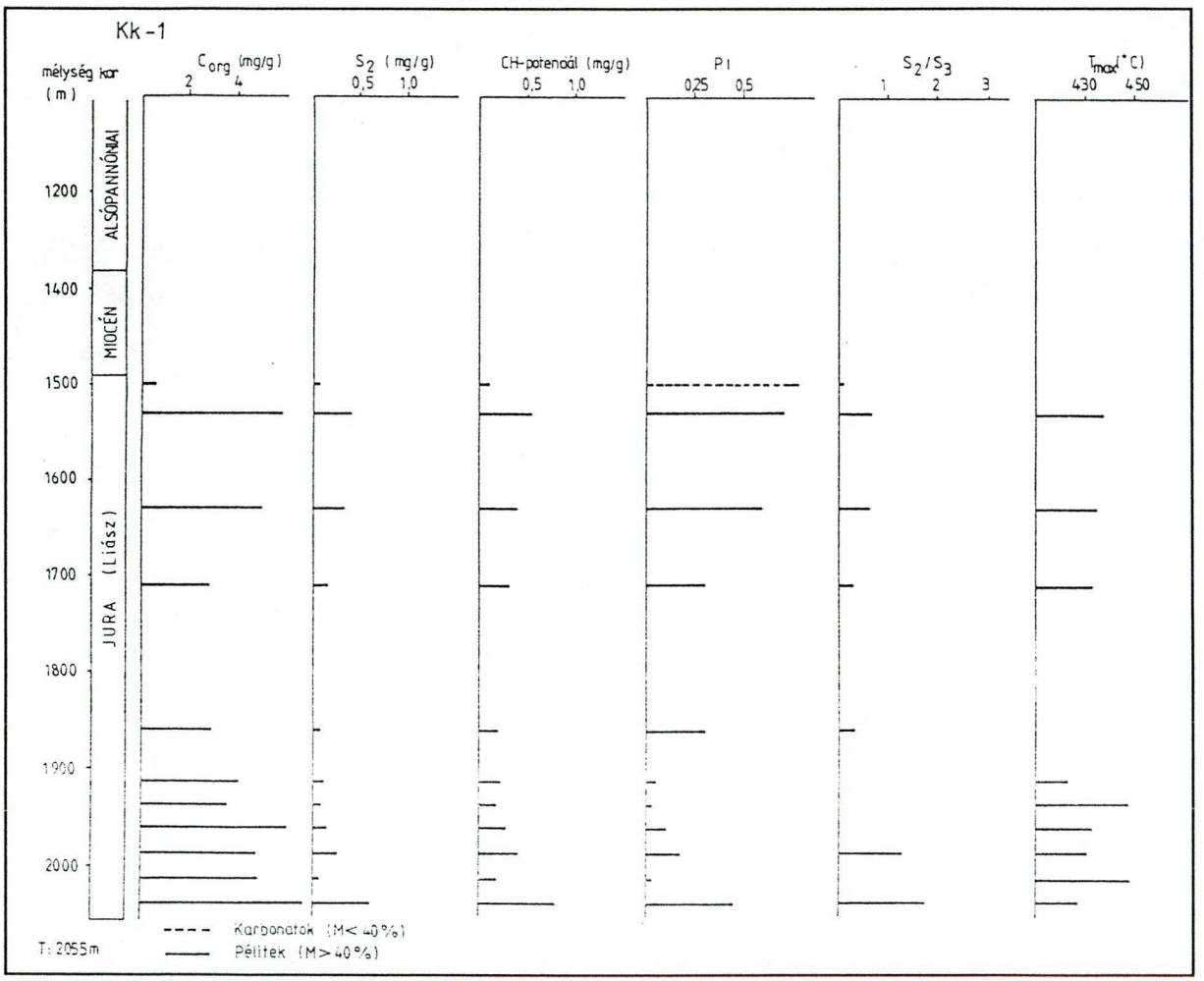
27. ábra A Páhi-1. fúrás rétegsorának hőtörténete



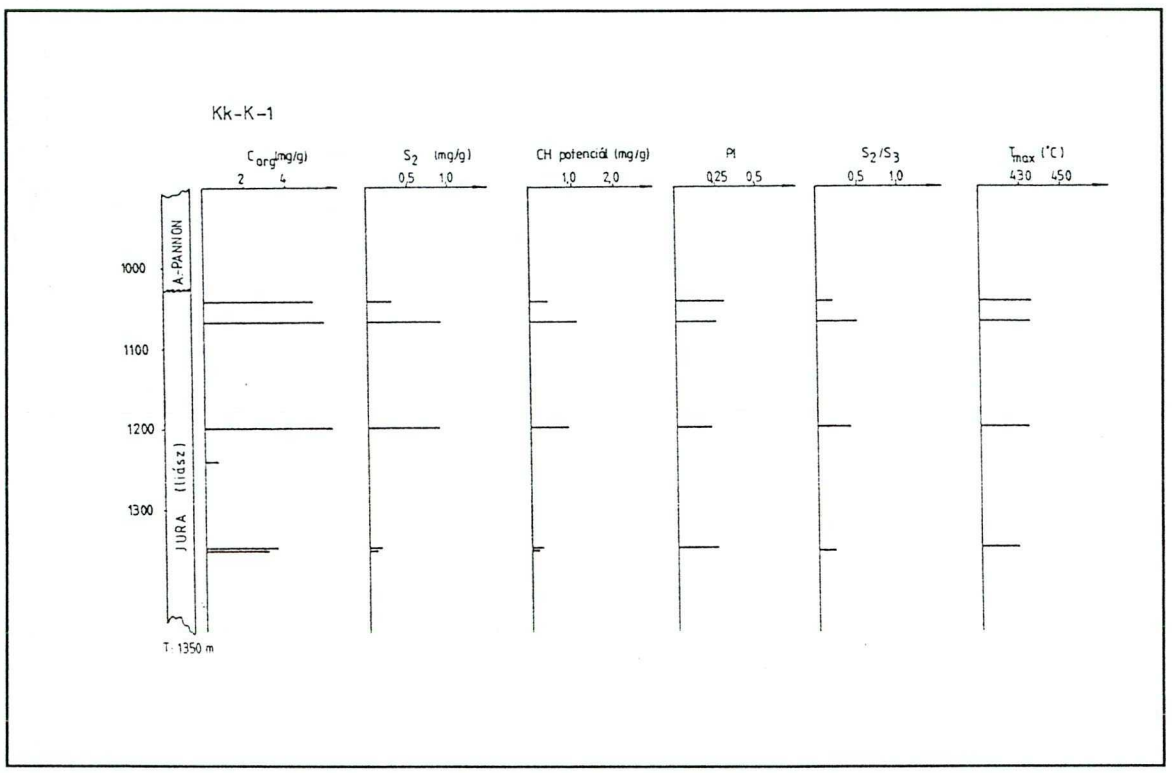
28. ábra A Rock Eval pirolízis eredményei az Alpár-I. fúrásban



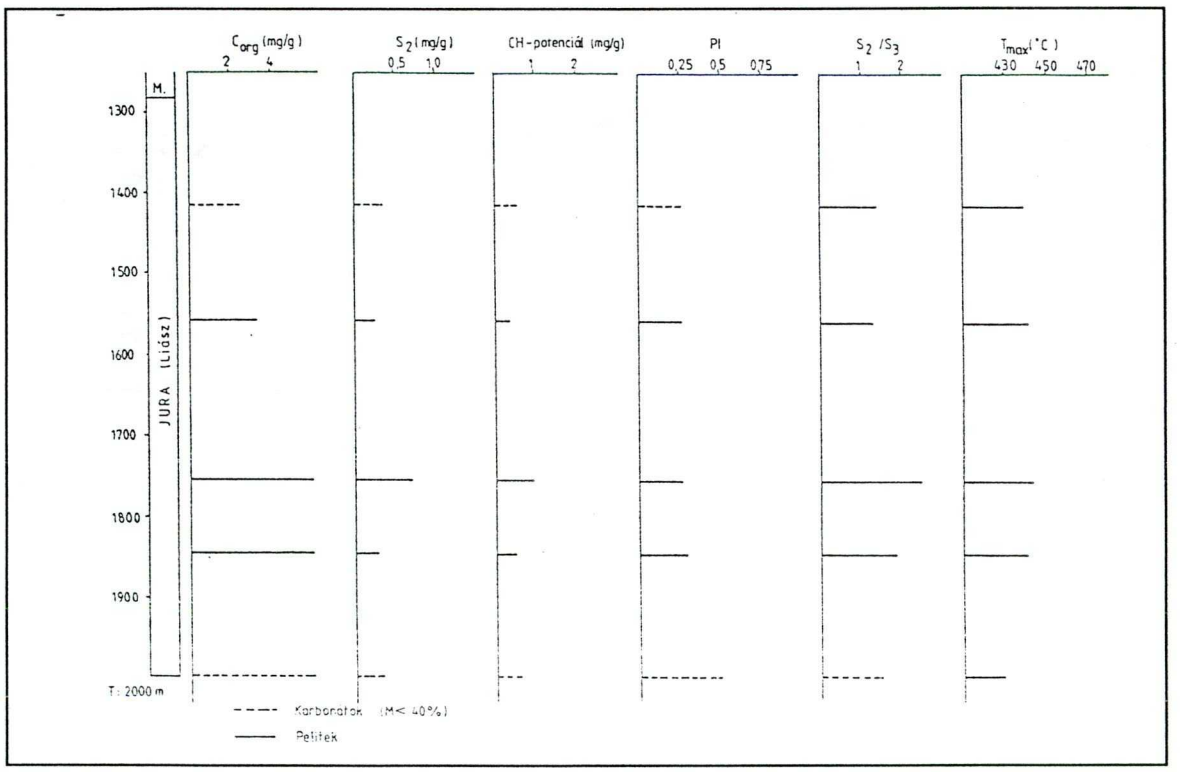
29. ábra A Rock Eval pirolízis eredményei a Gátér-Mély-I. fúrásban



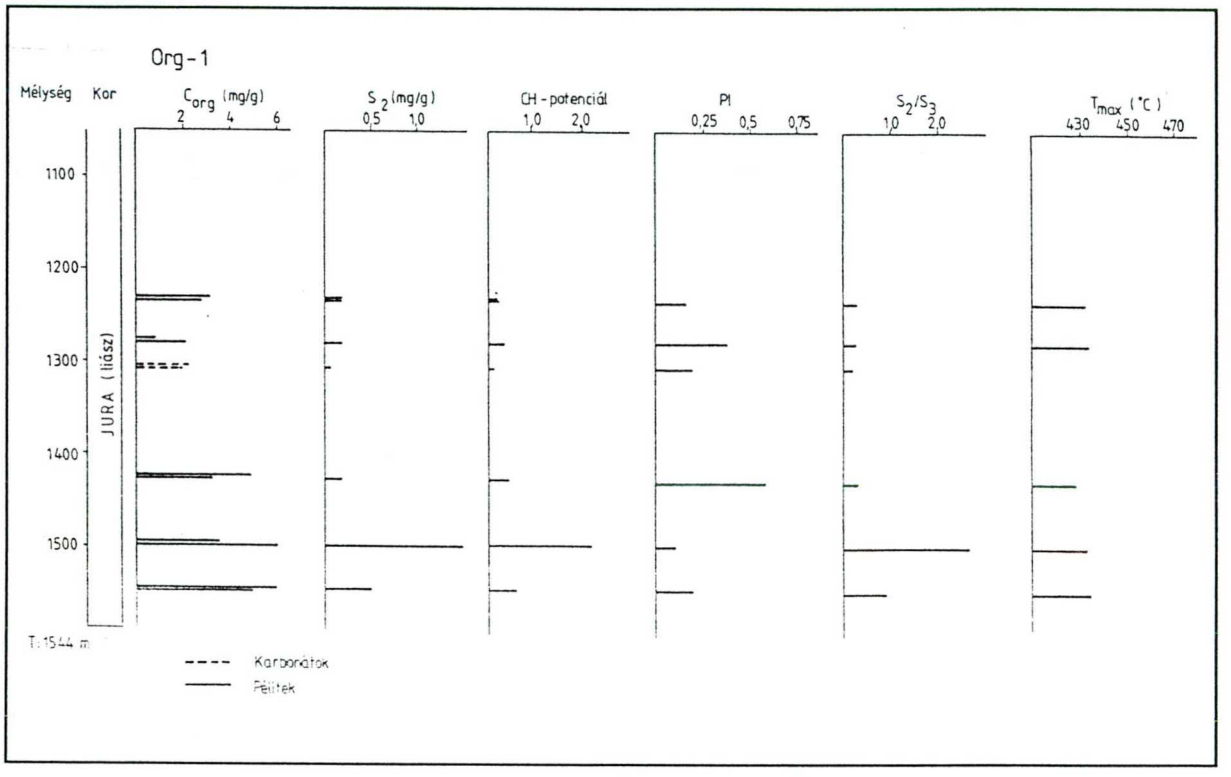
30. ábra A Rock Eval pirolízis eredményei a Kiskőrös-1. fúrásban



31. ábra A Rock Eval pirolízis eredményei a Kiskőrös-K-1. fúrásban

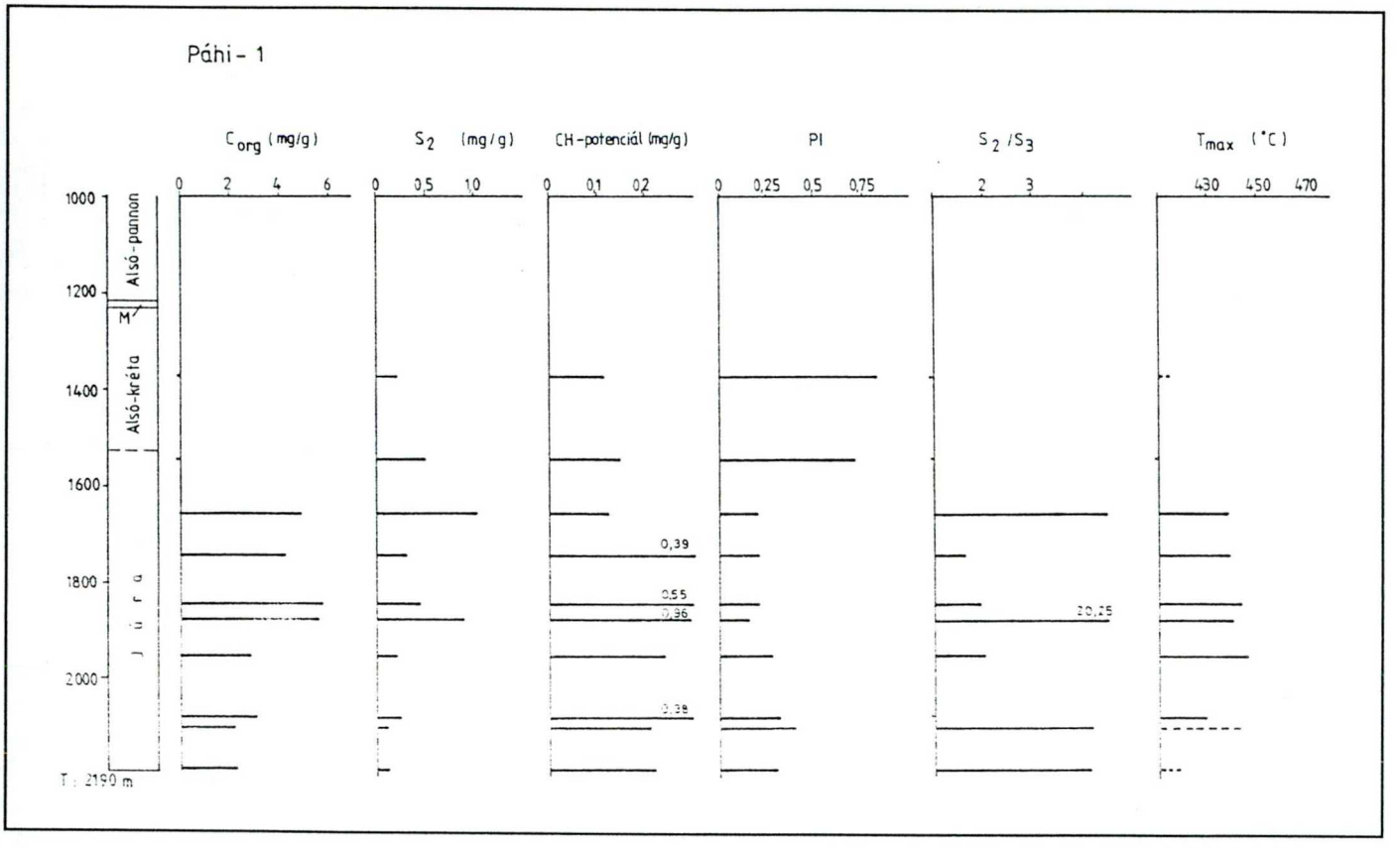


32. ábra A Rock Eval pirolízis eredményei a Nagykőrös-Ú-9. fúrásban

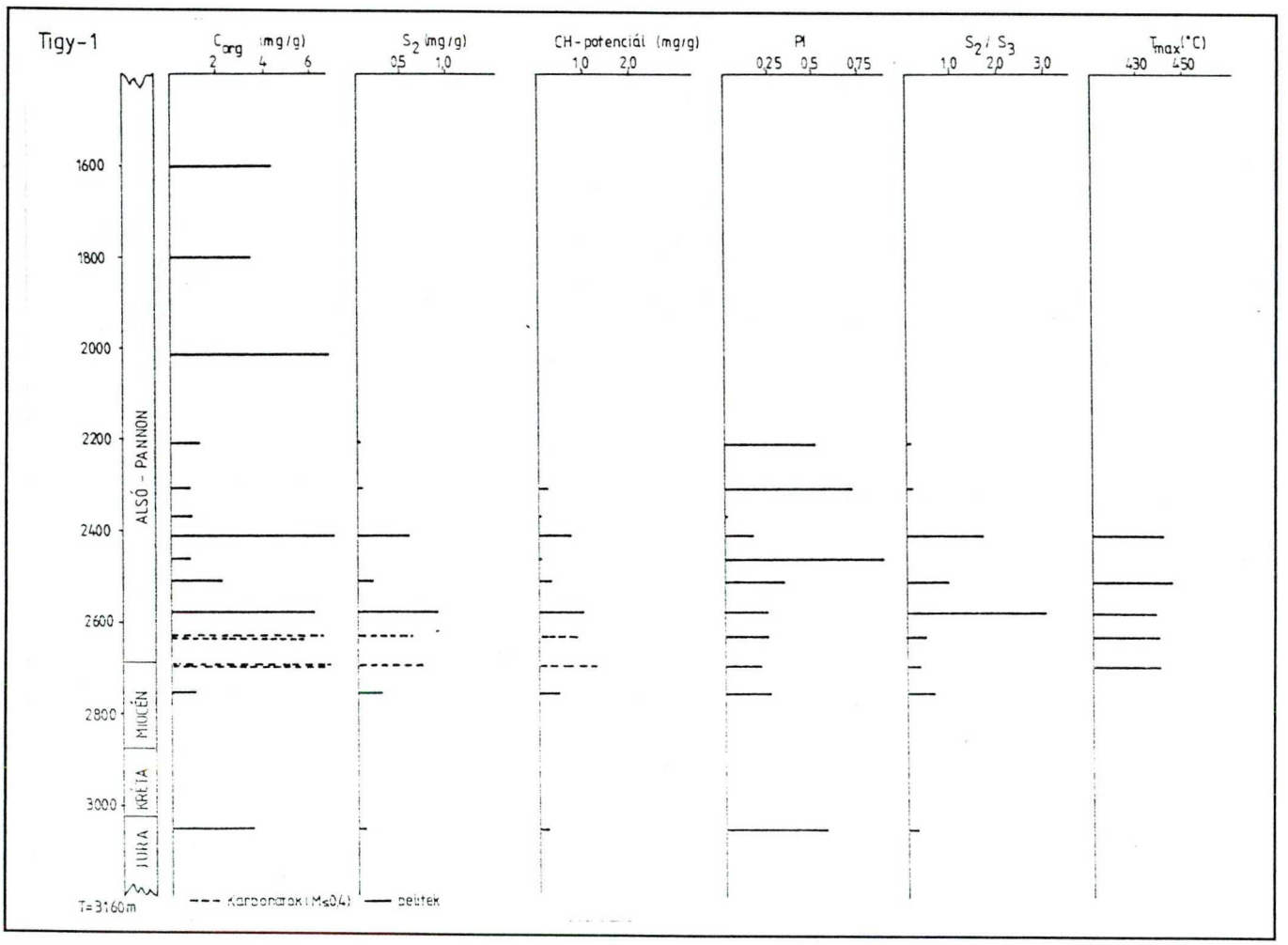


33. ábra A Rock Eval pirolízis eredményei az Orgovány-1. fúrásban

SZTE Egyetemi Könyvtár SZEGED



34. ábra A Rock Eval pirolízis eredményei a Páhi-1. fúrásban



35. ábra A Rock Eval pirolízis eredményei a Tiszagyenda-1. fúrásban

Összefoglalás

A Mecsek-Nagykőrös-Debrecen mezozóos övezet a Tisza nagyszerkezeti egység része. A harmadidőszaki üledékes és vulkáni fedő rétegek aljzatában szénhidrogénkutatási tevékenység eredményeként megismert óalpi képződmények a Tethys északi szegélyének részét alkották. A szerkezeti-faciális övezet bonyolult geológiai fejlődési folyamat eredményeként került jelenlegi helyzetébe. A bonyolult és változatos fejlődéstörténet a képződmények szerves geokémiai jellemzőiben is tükröződik.

A szervesanyag tartalom, a Rock Eval pirolízis és a vitrinitreflexió fúrásonkénti vizsgálata és az övezet egészére vonatkozó statisztikai elemzése alapján a Mecsek - észak - alföldi övezet óalpi mezozóos képződményeinek szénhidrogénpotenciálja értékelhető.

A szervesanyag tartalom alapján megállapítható, hogy a finomszemcsés liász és dogger képződmények anyakőzetek. Kimagasló szervesanyag koncentráció jellemzi a toarci és aaleni palás márgákat.

A szervesanyag tartalom elsősorban gázgeneráló tulajdonságú. A pirolízis vizsgálatok bizonyítják, hogy mind a liász, mind a dogger pelitek tartalmaznak kevert, II. - III. tipusú, tehát olajgenerálásra is alkalmas szerves anyagot is.

Az anyakőzet összletek szerves anyaga termikus evolúciójának jelenlegi szintje területenként eltér az övezeten belül, de mindenhol legalább a fő olajgeneráló zónának megfelelő. A termikus érettségben mutatkozó különbségek komplikált tektonikai eseményekre vezethetők vissza. A vitrinitreflexió értékek mélység függvényében történő vizsgálata a mezozóos és a neogén képződmények érintkezésénél több száz, esetenként több ezer méteres üledéklepusztulásra

enged következtetni. A lepusztulást a fedő neogén üledékvastagságokból következően területenként differenciált süllyedés követte.

A kevésbé hiányos rétegsorok hőtörténete Waples módszerével modellezhető volt. A számítások arra utalnak, hogy a liász és dogger anyakőzet összletek a jelentős felső kréta süllyedés végén érték el a katagenezis zónáját. Az intenzív szénhidrogéngenerálás időszaka a neogénre tehető.

A diszperz szerves anyag jelenlegi evolúciós állapota szerint a liász - dogger anyakőzet összletek A) jelenleg is aktív anyakőzetek, szénhidrogént generálnak B) érett, effektív anyakőzetek a katagenezis végső, nedves, vagy szárazgáz generáló szakaszában.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom munkahelyem, a MOL Rt. vezetőinek, amiért dolgozatom megírását lehetővé tették, támogatták. Külön köszönetet mondok Dr Póka Teréznek, témavezetőmnek, aki útmutatásaival, hasznos tanácsaival mindig segítségemre volt. Köszönettel tartozom Dr Hetényi Magdolnának a Rock Eval pirolízis vizsgálatok, és Dr Galicz Gergelynének a vitrinitreflexió mérések végzéséért, az értékelésben nyújtott értékes segítségért. Köszönet illeti továbbá Busi Kálmánnét az ábrák igényes kiviteléért, Durda Lászlót az adatok összegyüjtésében nyújtott segítségéért és nem utolsó sorban Hangodi Sándornét a szöveg gondos gépelésért.

Hivatkozások listája

Árváné Sós E.- Balogh K.- Ravaszné Baranyai L.- Ravasz Cs. (1987): Mezozóos magmás kőzetek K/Ar kora Magyarország egyes területein - MÁFI Évi jelentése az 1985-ös évről, pp.

Balla Z. (1987): Anticlockwise rotation of the Mecsek (southwest Hungary) in the Cretaceous: Interpretation of paleomagnetic data in the light of the geology - Általános Földtani Szemle, 22. pp. 55-98.

Balla Z. (1988): On the origin of the structural pattern of Hungary - Acta Geologica Hungarica, 31., pp. 53-63.

Balla Z. (1984): The Carpathian loop and the Pannonian Basin: a kinematic analysis - Geofizikai Közlemények, 30. 4. pp. 313-353.

Bandel, K. - Khitter,H. (1986): On the Origin and Diagenesis of the Bituminous Poridonia Shale (Toarcian) of Southern Germany - Mitt. Geol.-Palaeont. Inst. Univ. Hamburg, pp. 151-177.

Barvitz Anna (1988): Adatszolgáltatás a Nagykáta-Jászberény kutatási területek az 1986-87 években végzett átnézetes reflexiós mérésekről - GKV jelentés /A-16/87/

Bérczíné Makk A. (1974): *A Nagykőrös-kálmánhegyi paleozóos és mezozóos medencealjzat földtani viszonyai* - Földtani Közlöny, 104., pp. 401-413.

(1974): Az Alföldi és DK-dunántúli jura-kréta idôszaki kôpzôdmények és azok fejlôdéstörténeti vizsgálata kôolajföldtani szempontból - ELTE TTK Földtani Tanszék 1974. évi jelentése, OKGT adattár

(1984):*A Duna-Tisza köze és a Tiszántúl képződményeinek kőzettani, szerkezetföldtani vizsgálata a terület hőtörténeti fejlődése, szénhidrogén perspektivitása szempontjából*, Budapest.

Bérczíné Makk A. (1986): Mesozoic formation types of the Great Hungarian Plain - Acta Geol. Hung. 29/3-4, pp. 261-282.

Bérczíné Makk A. (1987-1988): Mezozóos képződmények elterjedési és vastagságviszonyainak vizsgálata I.-II., Kézirat, SZKFI jelentés.

Bérczíné Makk A.-Cserepesné Meszéna B. (1985): A nagykőrösi preneogén aljzat földtani felépítése - Földtani Közlöny, 115/3, pp. 249-266.

Bostick, N.H. (1973): Time as a gactor in thermal metamorphism of phytoclasts (coaly particles) -7. Congr. Iny. Stratigr. Geol. Carbonifere, Band II, 183-193

Brosse, E.- Huc, A.Y (1986): Organic parameters as indicators of thermal evolution in the Viking Graben - in: Burrus (ed.) Thermal modeling in sedimentary basins, Edition Technip, Párizs, pp. 517-531

Cao S. - Lerche,I. (1987): Geohistory, Thermal History and Hydrocarbon Generation History of the Northern North Sea Basin - Energy Exploration and Exploitation, 5. pp.315-355

Channel, J.E.T.- Horváth F. (1976): The African/Adriatic promotory as a paleogeographical premise for Alpine orogeny and plate movements in the Carpatho-Balkan region- Tectono-physics, 35., pp. 71-102.

Cooles,G.P- Mackenzie,A.S.- Quigley,T.M. (1985): Calculation of Petroleum Masses Generated and Expelled from Source Rocks - Organic Geochem., Vol.10.,pp. 235-245.

Császár G.- Haas J. (1984): The Cretaceous in Hungary: a review - Acta Geologica Hungarica, 27., 3-4. pp. 417-428.

Császár G.- Galácz A.- Haas J.- Kázmér M.- Kovács S.- Nagymarosi A.- Szentgyörgyi K.- Vörös A. (1988): Explanation of the Paleogeographic Maps of the Northern Margin of Tethys: Pannonian Basin, In: IGCP Project 198: Evolution of the Northern Margin of Tethys, III., pp.1-20., Soc. Geol. de France, Párizs.

Dövényi P.-Horváth F.-Liebe P.-Gálfi J.-Erki I.(1983): Geothermal Conditions of Hungary Geophysical Transactions, Vol. 29., 1. pp.58

Dövényi P. -Horváth F.- Laczó I. (1983): Észak-magyarországi vulkanitok regionális hőhatásának szerepe a szerves anyag érésében - A MÁFI Évi jelentése az 1983-as évről, pp. 383-399

Dow,W.G. (1977): Kerogen Studies and Geological Interpretations - Journal of Geo-chemical Exploration, 7., pp. 79-99.

Durand,B.- B. Alpern,B.- Pittion, J.L.- Pradier, B. (1985): Reflectance of Vitrinite as a Control of Thermal History of Sediments -in: Burrus, J. (ed.) Thermal Modelling of Sedimentary Basins, pp. 441-474.

Ebukanson,E.J.- Kinghorn, R.R.F. (1990): Jurassic Mudrock Formations of Southern England: Lithology, Sedimentation Rates and Organic Carbon Content - Journal of Petr. Geology, 13(2), pp. 221-228.

Eggen,S. (1983): Modelling of Subsidence, Hydrocarbon generation and Heat Transport in the Norwegian North sea - in: Thermal Phenomena in Sedimentary Basins , Éditions Technip, pp.271-285

Espitalié,J.- Deroo, G. - Marquis, F. (1985): Rock Eval pyrolysis and its applications - Preprint, I.F.P., Ref.33578

Espitalié,J. (1986): Use of T_{max} as Maturation Index for Different Types of Organic Matter: Comparison with Vitrinite - in: Burrus (ed.): Thermal modeling in Sedimentary Basins, Editions Technip, Paris, pp. 475-496.

Espitalié,J.- Marquis, F.- Sage, L. (1987): Organic Geochemistry of the Paris Basin - in Petroleum Geology of North West Europe - Graham és Trotman, London, pp. 71-86.

Espitalié,J.- Maxwell, J.R. - Chenet, Y.- Marquis, F. (1987): Aspects of Hydrocarbon Migration in the Mesozoic in the Paris Basin as Deduced from an Organic Geochemical Survey - Organic Geochem.,13., pp. 467-481.

Farrimond,P. - Eglinton, G. - Brassell,S.C. - Jenkyns,H.J. (1989): Toarcian anoxic event in Europe: an organic geochemical study - Marine and Petroleum Geology, 6., pp. 136-147.

Farrimond,P.- G. Eglinton, G.- Brassel, S.C.- Jenkyns, H.C.(1990): The Cenomanian/Turonian Anoxic Event in Europe: an Organic Geochemical Study - Marine and Petroleum Geology, 7., pp. 75-89.

Galácz A. (1984): Jurassic of Hungary: A review - Acta Geol. Hung., 27/3-4, pp. 359-377.

Galácz A.-Kálmán M.-Szurte I.-Vörös A.-Bérczíné Makk A.- Pérô Cs.(1988): Az alföldi fedett mezozóikum fejlôdéstörténeti modelljének kidolgozása a szénhidrogén keletkezés és tárolási lehetőségek szempontjából.- I. Tanulmányok a Tiszai nagyszerkezeti egység mezozóos fejlődéstörténetéről, Kézirat, Budapest.

Géczy B. (1973): Plate tectonics and paleogeography in the East-Mediterranean Mesozoic - Acta Geol. Hung., 17., pp. 421-428.

Haas J.- Brezsnyánszky K. (1986): Main features of the pre-Tertiary basement of Hungary - Geol. Zborn. Geol. Carpathian, 37., pp. 297-303.

Hood,A.- Gutjahr,C.C.M. - Heacock, R.L. (1975): Organic Metamorphism and the Generation of Petroleum - Am. Assoc. Petr. Geol. Bull., 59., pp. 986-996.

Horváth F.-Dövényi P.-Erki I.(1983): Az üledékes kőzetek diszperz szervesanyag tartalma átalakultsági állapotának előrejelzése paleohőmérsékleti rekonstrukció alapján - Kézirat, OKGT adattár.

Horváth F.- Dövényi P.- Bobok E.- Hargitay M. - Duna L.(1985): Üledékes medencék hőtörténeti rekonstrukciójának továbbfejlesztése - Kézirat, OKGT adattár.

Horváth F.-Dövényi P.(1984): Az üledékes kőzetek diszperz szervesanyag tartalma átalakultsági állapotának előrejelzése paleohőmérsékleti rekonstrukció alapján - Kézirat, OKGT adattár.

Jenkyns,H.- Clayton, J.C. (1986): Black Shales and Carbon Isotopes in Pelagic Sediments from the Tethyan Lower Jurassic - Sedimentology, 33., pp. 87-106.

Juhász Á.- Vass G. (1974): Mezozoische Ophiolote im Beckenuntergrund der Grossen Ungarischen Tiefebene - Acta Geol. Acad. Sci. Hung., 18., pp. 349-358.

Katz,B.J.- Pheifer, R.N.- Schunk, D.J. (1988): Interpretation of Discontinuous Vitrinite Reflectance Profiles - Am. Assoc. Petr. Geol. Bull., 72., 8., pp. 926-931.

Kázmér M.-Kovács S. (1985): Permian - Paleogene paleogeography along the eastern part of the Insubric - Periadriatic lineament system: evidence for continental escape of the Bakony-Drauzug unit - Acta Geol. Hung., 28. pp. 71-84.

Karweil, J.(1956): Die metamorphose der kohlen vom standpunkt der physikalischen chemie - in: Deutsch. Geol. Gessell. Zeitschr. vol.107. pp.132-139

Kilényi É.- Szeidovitz Zs. (1990): Jászsági szeizmikus reflexiós mérések - MÁELGI 1988-1989. évi jelentése, pp. 51-58.

Kovács S. (1984): A Tiszia-probléma és lemeztektonika: kritikai elemzés a koramezozóos fácieszónák eloszlása alapján. - Földtani Kutatás, 27., pp. 55-72.

Kovács S.- Császár G.- Galácz A.- Haas J.- Nagy E.- Vörös A. (1988): The Tisza Superunit Was Originally Part of the North Tethyan (European) Margin, In: IGCP Project 198: Evolution of the Northern Margin of Tethys - Memoires de la Soc. Geol. France, Párizs., II. pp. 81-100.

Kőrössy L. (1977): A Szolnok-máramarosi flisárok szerkezeti helyzete és kapcsolatai - Földtani Közlöny, 107., pp. 398-405.

Kőrössy L. (1963): Magyarország medenceterületeinek összehasonlító földtani szerkezete - Földtani Közlöny, XCIII., pp. 153-172.

Kübler,B. (1968): Evaluation quantitive du métamorphisme par la cristalfikacii - in:Bull. Centre. Rech. Pau-SNPA., 2.pp.385-397

Laczó I. (1982): A magyarországi triász képződmények vitrinitreflexió (R_o) értékei és földtani jelentőségük - MÁFI Évi jelentése az 1982. évről pp.403-416

Langford,F.F.- Blanc-Valleron, M.M. (1990): Interpreting Rock- Eval Pyrolysis Data Using Graphs of Pyrolizable Hydrocarbons vs. Total Organic Carbon - Am. Assoc. Petr.Geol. Bull., 74., 6., pp. 799-804.

Larter,S. (1989): Chemical Models of Vitrinite Reflectance Evolution - Geologische Rundschau, 78., 1., pp. 349-359.

Lepontre, M. (1983): Diagenesis: A Numerical Model for Uppreciation of Chemical Evolution of Organic Matter During Time - In: Thermal Phenoneme in Sedimentary Basins,International Colloquicum Bordeaux, pp.247-256.

Lopatin,N.V.(1971): Temperature and geological time as factors of carbonification -Academija Nauk SSSR Series Geologicseszkaja Izvesztyija, no.3. pp. 95-106

D.Lőrincz K.-Polcz I.-Szabó P. (1990): A Szolnok-Törökszentmiklós környékén végzett szeizmikus reflexiós mérések - MÁELGI 1988-1989. évi jelentése, pp. 65-69.

Magara,K. (1978): Compaction and Fliud Migration - Elsevier, New York, p. 319.

McKenzie,D. (1981): The Variation of Temperature with Time and Hydrocarbon Maturation in Sedimentary Basin Formed by Extension - Earth and Planetary Science Letters, 55., pp. 87-98.

Milota, K. (1991): Petroleum Generation History and Thermal History of Jurassic Sediments in the Central Part of the Pannonian Basin - In: Manning,D (ed.): 15th Meeting of the EAOG, Abstracts, pp. 78-79, Manchester University Press, Manchester

Molnár S. (1985): Petrochemical character of the Lower Cretaceous volcanic rocks of the Great Hungarian Plain - Acta Mineralogica-Petrographica Szegediensis, 27., pp. 33-38.

Nemesi L.-Polcz I.-Szeidovitz Zs. (1984): Szerkezetkutató mérések Kecskemét-D - Kiskunfélegyháza - Alpár környékén - MÁELGI 1983. évi jelentése, pp. 45-52.

Oudin, J.L. (1986):Thermal maturation indices in organic geochemistry in: Duran (ed): Thermal phenomena in sedimentary basins, Éditions Technip, Párizs, pp.117-127

Póka T.- Pantó Gy. (1981): Mezozóos összletek hőtörténeti rekonstrukciójának módszertani fejlesztése - Kézirat, MTA GKL kutatási jelentés, Budapest.

Póka T.-Pantó Gy. (1983): A Duna-Tisza köze és a Tiszántúl képződményeinek kőzettani, szerkezetföldtani vizsgálata a terület hőtörténeti fejlődése és szénhidrogén perspektivitása szempontjából - Kézirat, MTA GKL kutatási jelentés, Budapest.

Póka T.- Pantó Gy.(1984): A Nagyalföld neogénnél idősebb összleteinek szénhidrogén-geokémiai értékelése - Kézirat, MTA GKL kutatási jelentés, Budapest.

Póka T.- Sajgó Cs.- Pantó Gy. (1985): Preneogén és neogén üledékes összleteken, valamint kőolajokon végzett szervesgeokémiai vizsgálatok értelmezése - Kézirat, MTA GKL kutatási jelentés, Budapest

Posgay K.- Hegedűs E.- Timár Z. (1991): Szeizmikus reflexiós kutatások a Pannon Geotraverz mentén - MÁELGI 1990. évi jelentése (megjel. foly.).

Posgay K.-Szentgyörgyi K. (1991): A litoszférát harántoló eltolódásos törésrendszer a Pannon medence keleti részén - Magyar Geofizika, 32., pp. 1-15.

Rakús,M.- Dercourt,J.- Nairn,A.E.M.(eds.)(1988): Evolution of the Northern Margin of the Tethys: The Results of IGCP Project 198 - Memoires de la Soc. Geol. de France, Nouvelle Serie No. 154., Párizs

Robert I. Elphic (1989): Lopatin Modeling for Hydrocarbon Maturity (1-2) - Geobyte, pp.49-54, 28-36.

Rónai A.-Moldvay L.- Kőrössy L.-Stefanovits P.-Boczán B. (1966): Magyarázó Magyarország 200 000-es földtani térképsorozatához L-34-IV. Debrecen - MÁFI, Budapest.

Rónai A.-Szepesházy K.-Szűcs L.-Franyó F.-Boczán B. (1967): Magyarázó Magyarország 200 000-es földtani térképsorozatához L-34-IX. Szolnok - MÁFI, Budapest.

Rónai A.-Szepesházy K.-Szűcs L.-Franyó F.-Boczán B. (1967): Magyarázó Magyarország 200. 000-es földtani térképsorozatához L-34-VIII. Kecskemét - MÁFI, Budapest.

Sidó M. (1969): Magyarországi turoni Foraminiferák - Földtani Közlöny, XCIX., pp. 245-252.

Szalay Á. (1982): A rekonstrukciós szemléletű földtani kutatás lehetőségei a szénhidrogén perspektívák előrejelzésében - Kandidátusi értekezés tézisei, Kézirat, Budapest.

Szentgyörgy K.-Galicz Gné.-Milota K.(1988):A Mezozóikum szénhidrogén perspektiváinak elemzése az új világbanki fúrások földtani, szénhidrogénföldtani eredményeinek beépítésével SZKFI Geológiai Értelmezési Fôosztály- Kézirat

Szentgyörgyi K. (1984): Adatok az alföldi cenomán és turon képzôdmények ismeretéhez - Földtani Közlöny, 114., pp. 49-60.

Szentgyörgyi K. (1989): Sedimentological and faciological characteristics of the Senonian pelagic formations of the Hungarian Plain - Acta Geologica Hungarica, 32. pp. 107-116.

Szentgyörgyi K.-Milota K. (1989): A mezozóos szénhidrogén-földtani prognózismodellek fejlôdéstörténeti háttere - lehetôségek és korlátok. "A hazai szénhidrogéngeokémiai kutatások jelene és jövöje" c. tud. szimpóziumon Budapest. 1989.okt.10.-kézirat

Szentgyörgyi K. (1983): Lithostratigraphic units of the epicontinental Senonian in the Great Plain - Acta Geologica Hungarica, 26. pp. 197-211.

Szepesházy K. (1972): Az Északkeleti Kárpátok felépítésének és a kárpáti térségben való nagyszerkezeti helyzetének vázlata - Általános Földtani Szemle, 3., pp. 25-39.

Szepesházy K. (1977): Az Alföld mezozóos magmás képződményei - Földtani Közlöny, 107., pp. 384-379.

Szepesházy K. (1962): Mélyföldtani adatok a Nagykőrös-Kecskeméti területről - Földtani Közlöny, 92., pp. 40- 52.

Szepesházy K. (1979): A Tiszántúl és az Erdélyi Középhegység nagszerkezeti és rétegtani kapcsolatai - Általános Földtani Szemle, 12. pp. 121-198.

Szepesházy K. (1973): A Tiszántúl északnyugati részének felsőkréta és paleogén korú képződményei - Akadémiai Kiadó, Budapest.

Szepesházy K. /1977/:Az Alföld mezozóos magmás képzôdményei,Földtani Közlöny 1ö7/3-4, 384-397

Szepesházy K. (1972): A Tiszántúl középső részének júra időszaki képződményei, a szénhidrogénkutató fúrások adatai alapján - MÁFI Évi jelentése az 1970. évről, pp. 67-78.

Teichmüller, M. - Teichmüller, R. (1968): Geological causes of coal metamorphism, in: Coal and coal-bearing strata, Edinburgh, Oliver and Boyd, pp. 233-267

T. Kovács G. (1967): Az ebesi mélyfúrások földtani eredményei - Földtani Kutatás, 10. 2. pp. 10-14.

T.M. Quigley-A.S. Mackenzie-J.R. Gray ( ):Kinetic Theory of Petroleum Generation in: Migration of Hydrocarbons in Sedimentary Basins,2 nd. IFP Expl. Research Conference, Carians, France, juni 15-19. 1987. pp. 649-665.

Tilley,B.J.- B.E. Nesbitt- F.J.Longstaffe (1989): Thermal History of Alberta Deep Basin: Comparative Study of Fluid Inclusion and Vitrinite Reflectance Data - AAPG Bull. Vol.73. pp. 1206-1222

Tissot,B.P. -D.H. Welte (1978): Petroleum Formation and Occurrence -Springer-Verlag, Berlin p.538

Újfalussy Antal ( ):Adatszolgáltatás az 1976-84 években Endrôd-É kutatási területen végzett részletezô reflexiós mérések újraértékeléséről,Bp. 1988 /A-9/88/

Ungerer,P. (1983): Models of petroleum formation: how to take into account geology and kinetics - in: Thermal phenomena in sedimentary basins, Edition Technip, Párizs, 1984.

Ungerer, Ph.- Espitalié, J.- Marquis, F. - Durand, B. (1986): Use of kinetic models of organic matter evolution for the reconstruction of paleotemperatures. Application to the case of Gironville 101 well, France, - in:Burrus, J. (ed.): Thermal Modeling in sedimentary basins, Édition Technip, Párizs

Van Krevelen, D.W. (1961): Coal, rééd. 1981, Elsevier, pp.514.

Varga Ede (1987): Adatszolgáltatás a Mezôtúr térségében végzett szeizmikus mérésekről Budapest /A-WB-3/87/

Vugrinovich,R. (1989): Subsurface Temperatures and Surface Heat Flow in the Michigan Basin and their Relationships to Regional Subsurface Fluid Movement - Marine and Petroleum Geol. Vol.6. pp.60-70

Völgyi, L. (1977): The role of geothermal conditions and hydrocarbon prognostics in Hungary - Acta Geol. Acad. Scient. Hung. Tom.21.(1-3). pp 143-167

Völgyi, L. (1978): Geothermal inhomogenity in the Hungarian Great Plain (Pannonian Basin) -Acta Miner. - Petrogr., Szeged, XXIV, pp. 137-147

Waples,D.W. (1980): Time and temperature in petroleum formation: application of Lopatin's method to petroleum exploration - AAPG Bull.64. pp.916-92

Waples,D.W. (1991): The Art of Maturity Modeling, Part 1: Finding a Satisfactory Geologic Model - AAPG Bull. Vol. 76. pp.

Waples,D.W. (1992): The Art of Maturity Modeling, Part 2: Alternative Models and Sensitivity Analysis - AAPG Bull. Vol. 76. pp.

I. melléklet A hőtörténeti számítások alapadatai

Fúrás	t (mill.év)	T_{felsz} (°C)	T_{grad} (°C/km)	z (méter)
Páhi-1	180	18	0.032	0
	178	10	0.032	140
	174	10	0.032	140
	135	10	0.032	387
	121	10	0.035	500
	63	15	0.037	-202
	60	15	0.047	350
	17	15	0.047	-350
	0	10	0.060	1122
Gátér-M-1	180	18	0.032	0
	174	10	0.032	428
	135	10	0.032	1260
	95	10	0.035	-205
	65	15	0.037	1406
	17	15	0.047	-730
	0	10	0.060	2611
Alpár-I	180	18	0.032	0
	174	10	0.032	508
	149	10	0.032	192
	97	10	0.035	1267
	87	10	0.037	-250
	65	15	0.047	2016
	17	15	0.047	-1150
	0	10	0.060	2722

II. melléklet A szénhidrogénkutató fúrások által feltárt alsó-júra korú kőzetek szerves geokémiai jellemzői

Fúrás/ magminta száma	Minta helye	Kőzet-név	M	C_{org}	S_k	S_{BAM}	S_k/S_B	S1	S2	S3	T_{max}	HI	OI	POT	PI	S2/S3	R_o
	m		m	mg/g	mg/g	mg/g		mg/g	mg/g	mg/g	°C			kg/t			%
Szank-2/15	2366	a.márga	69.3	11.89	0.56	0.19	2.9										
Szank-ÉNy-6/2	1963	kőszén															0.68
Tázlár-É-1 /6	2366	pala	61.9	8.4	0.02	0.12	0.2										
Nagykőrös-Ú-9 /4	1557	a.márga		3.2				0.1	0.24	0.18	442	75	56	0.34	0.29	1.3	
Nagykőrös-Ú-9 /5	1756	a.márga		8.2				0.25	0.69	0.28	443	84	34	0.94	0.27	2.5	
Nagykőrös-Ú-9 /6	1844	a.márga		6.4				0.16	0.32	0.18	439	50	28	0.48	0.33	1.8	
Kiskőrös-1 /f	1900	a.márga	63	4.08				0.07	0.13	0.58	432	31	141	0.2	0.35	0.2	
Kiskőrös-1 /f	1925	a.márga	61	3.51				0.07	0.1	1	430	28	285	0.17	0.44	0.1	
Kiskőrös-1 /f	1950	a.márga	64	6.02				0.08	0.17	47	433	28	78	0.25	0.33	0.4	1.3

Fúrás/ magminta száma	Minta helye	Kőzet-név	M	C_{org}	S_k	S_{BAM}	S_k/S_B	S1	S2	S3	T_{max}	HI	OI	POT	PI	S2/S3	R_o
	m		m	mg/g	mg/g	mg/g		mg/g	mg/g	mg/g	°C			kg/t			%
Kiskörös-1 /f	1975	a.márga	65	4.58				0.1	0.27	0.37	436	58	80	0.37	0.28	0.7	1.26
Kiskörös-1 /f	2000	a.márga	64	4.79				0.07	0.09	0.72	430	18	150	0.16	0.44	0.1	1.36
Kiskörös-1 /f	2025	a.márga	72	6.71				0.14	0.62	0.46	445	92	68	0.76	0.18	1.3	1.28
Endrőd-7 /16	2821	a.márga	54	5.79	0.21	0.14	1.5										
Endrőd-7 /16	2821	a.márga		4.1	0.08	0.03	2.7										4.54
Endrőd-7 /16	2821	a.márga	62	6.91				0.18	0.01	0.29	373	1	42	0.19	1	0.1	3.76
Endrőd-7 /22	3018	a.márga	65	0.67				0.04	0.16	0.13	529	228	185	0.2	0.2	1.2	
Endrőd-7 /23	3026	a.márga	58	6.3	0.14	0.03	4.7										
Endrőd-7 /23	3026	márga	57	4.81				0.07	0	0.41	272	0	85	0.07	1	0	
Endrőd-7 /24	3040	pelit	53	0.33	0.03	0.03	1										
Endrőd-7 /24	3040	márga	69	0.71				0.07	0.64	1.69	522	91	241	0.71	0.1	0.4	
Endrőd-7 /26	3144	márga	49	2.62				0.12	0.78	0.57	524	30	219	0.9	0.13	1.4	4.22

Fúrás/ magminta száma	Minta helye	Kőzet-név	M	C_{org}	S_k	S_{BAM}	S_k/S_B	S1	S2	S3	T_{max}	HI	OI	POT	PI	S2/S3	R_o
	m		m	mg/g	mg/g	mg/g		mg/g	mg/g	mg/g	°C			kg/t			%
Endrőd-7 /27	3173	a.márga	82	23.89				1.11	0.58	2.58	361	24	107	1.69	0.66	0.2	3.24
Kiskörös-K-1 /2	1040	márga	55	5.38				0.13	0.3	1.36	436	55	251	0.43	0.31	0.2	1.17
Kiskörös-K-1 /3	1067	a.márga	65	5.8				0.26	0.83	1.58	435	143	272	1.09	0.24	0.5	1.31
Kiskörös-K-1 /4	1195	a.márga	65	6.28				0.15	0.76	1.94	434	120	307	0.91	0.17	0.4	1.29
Kiskörös-K-1 /7	1348	márga	42	3.09	0.09	0.13	0.7	0.06	0.11	0.45	395	36	146	0.17		0.2	1.025
Kiskörös-K-1 /7	1348	márga	48	3.48				0.06	0.18	1.28	428	51	365	0.24	0.25	0.1	
Kiskörös-1/	1600	márga	60	1.96				0.04	0.15	1.13	495	75	565	0.19	0.22	0.1	
Kiskörös-1 /25	1628.5	márga	62	5	0.34	0.26	1.3	0.11	0.28	0.46	438	56	92	0.39	0.29	0.6	
Kiskörös-1 /30	1708	a.márga	58	2.67	0.27	0.15	1.8	0.12	0.15	0.43	435	56	161	0.27	0.46	0.3	
Kiskörös-1 /33		márga															1.24
Kiskörös-1 /38	1857	márga	41	2.95	0.2	0.16	1.3	0.11	0.1	0.36	366	34	122	0.22	0.55	0.3	
Alpár-I /17	5000	a.márga	63	6.05	0.2	0.07	2.9	0.13	0.07	0.05		11	8	0.2	0.65	1.4	3.39

Fúrás/ magminta száma	Minta helye	Kőzet-név	M	C_{org}	S_k	S_{BAM}	S_k/S_B	S1	S2	S3	T_{max}	HI	OI	POT	PI	S2/S3	R_o
	m		m	mg/g	mg/g	mg/g		mg/g	mg/g	mg/g	°C			kg/t			%
Alpár-I /18	5111	a.márga	53	6.29	0.18	0.06	3	0.15	0.05	0.03		7	4	0.2	0.75	1.7	2.79
Alpár-I /19	5229	a.márga	56	7.12	0.12	0.06	2	0.1	0.03	0.12		4	16	0.13	0.83	0.3	
Alpár-I /20	5281	vulkanit	55	9.62	0.2	0.07	2.9	0.09	0.07	0.16		7	16	0.16	0.56	0.4	
Alpár-I /21	5305	a.márga	54	11.54	0.13	0.05	2.6	0.11	0.06	0.18		5	15	0.17	0.69	0.3	
Bugac-5 /2	1651	a.márga	86	2.16	0.06	0.09											
Bugac-5 /5		agyag-pala	68	5.51	0.17	0.14											
Orgovány-1 /6	1227	márga	52.6	3.06	0.17	0.19	0.9										
Orgovány-1 /6	1227	márga	52.6	2.8				0.03	0.18	0.57	432	64	206	0.21	0.15	0.3	
Orgovány-1 /7	1272	márga	63.4	0.82	0.32	0.34	0.9										
Orgovány-1 /7	1272	márga	63.4	2.2				0.12	0.21	0.68	434	96	312	0.33	0.37	0.3	
Orgovány-1 /9	1425	márga	58	4.91	0.38												
Orgovány-1 /9	1425	márga	58	3.2				0.22	0.17	0.52	428	53	141	0.39	0.58	0.3	

Fúrás/ magminta száma	Minta helye	Kőzet-név	M	C_{org}	S_k	S_{BAM}	S_k/S_B	S1	S2	S3	T_{max}	HI	OI	POT	PI	S2/S3	R_o
	m		m	mg/g	mg/g	mg/g		mg/g	mg/g	mg/g	°C			kg/t			%
Orgovány-1 /10	1495	márga	62.6	3.51	0.21	0.18	1.2										
Orgovány-1 /10	1495	márga	62.6	9.51				0.23	1.99	0.74	434	209	78	2.22	0.1	2.7	
Orgovány-1 /11	1540	márga	68	9.97	0.29	0.28	1										
Orgovány-1 /11				4.91				0.11	0.48	0.56	435	98	114	0.59	0.19	0.9	
Endrőd-7 /14	2730	mész-márga	8.6	1.3	1.23	0.13	9.5										
Endrőd-7 /17	2862	mész-márga		4.45	0.08	0.02	4										
Endrőd-7 /17	2862	mész-márga	29	3.11	0.31	0.14	2.2	0.1	0.05	0.31		16	100	0.15	0.71	0.2	4.76
Endrőd-7 /17	2862	mész-márga		5.9	0.23			0.05	0.08	0.15		13	25	0.13	0.42	0.5	4.93
Nagykörös-Ú-9 /7	1995	mészkő		9.7				0.3	0.34	0.23	430	55	23	0.64	0.47	1.5	
Kiskörös-K-1 /5	1241	mész-márga	39	0.73	0.05	0.08	0.6										
Páhi-1 /25	2186	mész-márga	34.6	1.67	0.11	0.12	0.9										
Orgovány-1 /8	1306	mész-márga	29	2.14	0.18	0.15	1.2										

Fúrás/ magminta száma	Minta helye	Kőzet-név	M	C_{org}	S_k	S_{BAM}	S_k/S_B	S1	S2	S3	T_{max}	HI	OI	POT	PI	S2/S3	R_o
	m		m	mg/g	mg/g	mg/g		mg/g	mg/g	mg/g	°C			kg/t			%
Orgovány-1 /8				1.9				0.02	0.09	0.41	377	48	218	0.11	0.2	0.2	
Orgovány-D-2/ 11	1538	mészkő	8	0.67	0.12	0.07											
Orgovány-D-2/ 13	1560	mészkő	3.6	0.59	0.06	0.24											
Orgovány-D-2/ 13	1560	mészkő	3.3	0.48	0.07	0.06											
Orgovány-D-2/ 14	1586	mészkő	1.6	0.3	0.04	0.1											
Nagykörös-Ú-9 /3	1416	mész-márga		2.5				0.11	0.3	0.22	439	120	88	0.41	0.27	1.4	
Páhi-1 /18	2049	homok-kő		2.63	0.39	2.33	0.4										
Bugac-5 /6	1797	homok-kő	61	3.58	0.16	0.14											

III. melléklet A szénhidrogénkutató fúrásokban feltárt középső-júra korú kőzetek szerves geokémiai jellemzői

Fúrás/ magminta száma	Minta helye	Kőzet név	M	C_{org}	S_k	S_{BAM}	S_k/S_B	S1	S2	S3	T_{max}	HI	OI	POT	PI	S2/ S3	R_o
	m		%	mg/g	mg/g	mg/g		mg/g	mg/g	mg/g	°C			kg/t			%
Bugac-4/14	1948	márga	58.8	1.51	0.09	0.1	0.9										2.25
Kaskantyú-2 /1	1284	agyag pala	79.2	17.28	1.89	0.59	3.2										
Kaskantyú-2 /2	1362	agyag pala	69.1	6.74	0.31	0.12	2.6										
Páhi-1 /16	1951	márga	74	3.76	0.17	0.15	1.1										
Kiskőrös-1 /22	1528	márga	64	5.95	0.34	0.21	1.6	0.16	0.4	0.57	438	67	95	0.56	0.29	0.7	1.21
Alpár-I/12	4223	márga	61	5.34	0.27	0.12	2.3	0.06	0.04	0.12		7	22	0.1	0.6	0.3	1.85
Alpár-I/13	4369	márga	63	5.61	0.26	0.11	2.4	0.08	0.08	0.2		14	34	0.16	0.5	0.4	2.16
Alpár-I/15	4636	márga	46	1.08	0.11	0.05	2.2	0.02	0.05	0.32		45	290	0.07	0.29	0.2	2.02
Kaskantyú-1 /15	1598	márga	72.9	1.13	0.05	0.08	0.6										
Páhi-1/12	1657	márga	58.4	4.8				0.25	1.03	0.23	439	214	47				
Páhi-1/13	1746	márga	73.7	4.1				0.09	0.3	0.19	439	73	46				
Páhi-1/14	?	márga	83.8	5.7				0.1	0.44	0.14	440	77	24				
Páhi-1/15	1878	márga	66.8	5.6				0.15	0.81	0.04	440	144	7				

III. melléklet A szénhidrogénkutató fúrásokban feltárt középső-júra korú kőzetek szerves geokémiai jellemzői

Fúrás/ magminta száma	Minta helye	Kőzet név	M	C_{org}	S_k	S_{BAM}	S_k/S_B	S1	S2	S3	T_{max}	HI	OI	POT	PI	S2/ S3	R_o
	m		%	mg/g	mg/g	mg/g		mg/g	mg/g	mg/g	°C			kg/t			%
Kiskőrös-1 /21	1496	mész-márga	25	0.37	0.1	0.11	0.9	0.08	0.03	0.37	335	81		0.11	0.8	0.08	
Alpár-I/14	4528	mész-márga	37	2.65	0.17	0.09	1.9	0.06	0.06	0.13		22	48	0.12	0.5	0.5	
Alpár-I/16	5797	mész-márga	34	1.94	0.11	0.04	2.8	0.06	0	0.15							2.68
Páhi-1/17	2048	homok kő	93	0.9	0.27	0.08	3.4										
Bugac-1/11	1616	kova-pala	93.3	1.11	0.46	0.71	0.6										
Orgovány-D-1 /17	1664	kova-pala	87	1.7	0.26	0.09	2.9										
Füzes-gyarmat-9/6	2110	márga	76	0.86	0.1	0.08	1.2										

IV. melléklet A szénhidrogénkutató fúrások által feltárt felső-júra korú kőzetek szerves geokémiai jellemzői

Fúrás/ magminta száma	Minta helye	Kőzet-név	M	C_{org}	S_k	S_{BAM}	$S_{k/SB}$	S1	S2	S3	T_{max}	HI	OI	POT	PI	S2/S3	R_o
	m		%	mg/g	mg/g	mg/g		mg/g	mg/g	mg/g	°C			kg/t			%
Hajdú-szoboszló-8 /5	1375	márga	46.6	3.38	0.07	0.63	2.3										
Bugac-3 /13	1874	márga	62.5	0.42	0.16	0.03	5.3										
Ebes-7 /9	1526	agyag-pala	66	2.79	0.15	0.09	1.7										4
Tiszagyenda-1 /41	3150	agyag-márga	67	3.47				0.1	0.09	0.58	367	25	165	0.19	0.56	0.2	1.3
Tiszagyenda-1 /42	3160	agyag-márga															1.41
Alpár-I /11	4023	márga	56	1.85	0.19	0.08	2.4	0.05	0.08	0.19		42	100	0.13	0.42	0.4	2.3
Soltvad-kert-É-1 /1	1054	mészkő	1.9	0.29	0.04	0.09	0.4										
Soltvad-kert-É-1 /5	1143	mészkő	0.6	0.29	0.05	0.09	0.4										

V. melléklet A szénhidrogénkutató fúrások által feltárt alsó-kréta korú kőzetek szerves geokémiai jellemzői

Fúrás/ magminta száma	Minta helye	Kőzet-név	M	Corg	S_k	S_{BAM}	S_k/S_B	S1	S2	S3	Tmax	HI	OI	POT	PI	S2/ S3	R_o
	m		%	mg/g	mg/g	mg/g		mg/g	mg/g	mg/g	°C			kg/t			%
Tószeg-1 /4	2200	márga	65	6.04	0.28	0.15	1.9										
Tószeg-1 /4	2200	márga		7.7				0.11	0.19	0.52	354	33	91	0.3	0.37	0.4	
Tószeg-1 /6	2495	márga	53.4	5.25	0.22	0.09	2.4										1.23
Tószeg-1 /7	2722	márga	44.9	5.25	0.25	0.15	1.7										
Tószeg-1 /8	2795	márga	64.5	3.62	0.15												
Soltvadkert-7 /13	1313	a.márga	61.8	1.24	0.17												
Soltvadkert-7 /4	1340	márga	61.8	1.44	0.18												
Soltvadkert-7 /15	1401	márga	44	1.06	0.05	0.05	1										
Soltvadkert-7 /17	1536	márga	56.9	1.76	0.15	0.05	3										
Soltvadkert-7 /18	1693	a.márga	65.5	1.39	0.2	0.04	5										
Kunszállás-1 /10	1880	márga	80	0.54	0.24	0.07	3.4										

V. melléklet A szénhidrogénkutató fúrások által feltárt alsó-kréta korú kőzetek szerves geokémiai jellemzői

Fúrás/ magminta száma	Minta helye	Kőzet-név	M	Corg	S_k	S_{BAM}	S_k/S_B	S1	S2	S3	Tmax	HI	OI	POT	PI	S2/ S3	R_o
	m		%	mg/g	mg/g	mg/g		mg/g	mg/g	mg/g	°C			kg/t			%
Ebes-12 /4	1351	fillit	75.1	4.58	0.13	0.09	1.4										4
Ebes-1 /3	1964.5	agyag-pala	70.9	2.05	0.05	0.07	0.7										2.97
Mezőtúr-3 /4	2849	aleuro-lit	69	4.27	1.35	0.11	12.3										
Mezőtúr-3 /4	2849	aleuro-lit		3.1				0.07	0.15	0.8	444	48	258	0.22	0.32	0.2	0.8
Mezőtúr-3 /6	2960	márga	70.3	6.24	0.17	0.25	0.7										
Mezőtúr-3 /6	2960	márga		5.9				0.03	0.16	0.42	382	27	71	0.19	0.17	0.38	
Páhi-1/8	1372	márga	70.7	0.6				0.13	0.06	0.99	445	100		0.19	0.72		
Alpár-I/7	3601	márga	53	4.87	0.12	0.06	2	0.05	0.05	0.44		10	89	0.1	0.5	0.1	1.84
Tiszagyenda-2 /17	2917	márga															0.74
Szank-Ny-5	2245	mészkő	0.7	0.27	0.05	0.05	1										
Turgony-2/3	2021	mészkő	37.6	1.7	0.11	0.06	1.8										

V. melléklet A szénhidrogénkutató fúrások által feltárt alsó-kréta korú kőzetek szerves geokémiai jellemzői

Fúrás/ magminta száma	Minta helye	Kőzet-név	M	Corg	S_k	S_{BAM}	S_k/S_B	S1	S2	S3	Tmax	HI	OI	POT	PI	S2/S3	R_o
	m		%	mg/g	mg/g	mg/g		mg/g	mg/g	mg/g	°C			kg/t			%
Turgony-2/5	2195	mészkő	29.1	0.5	0.08	0.07	1.1										
Martfű-5/1	1996	mészkő	0.7	0.32	0.08	0.04	2										
Martfű-2/7	1781	mészkő	19	0.94	0.11	0.05	2.2										
Mezőtúr-3/5	2899	mészkő	0.3	1.13	0.12	0.04	3										
Mezőtúr-3/7	3072	mkő-breccsa	0.9	1.94	0.21	0.21											
Mezőtúr-3/11	3393	mkő-breccsa	0.2	0.37	0.21												
Páhi-1/5	1226	mészkő	56	0.7	0.11	0.04	2.8										
Alpár-I/9	3724	bazalt-tufa	16	1.04	0.11	0.05	2.2	0.02	0.03	0.14		30	140	0.05	0.4	0.2	1.81
Turgony-2 /4	2149	aleuro-lit	90	0.53	0.06	0.07	0.8										
Bugac-Ny-1/5	1722	aleuro-lit	75	2.84	0.05	0.07	0.7										
Bugac-Ny-1/6	1788	homokkő	69	1.19	0.04	0.07	0.6										
Bugac-4	1850	homokkő		0.11	0.04												

V. melléklet A szénhidrogénkutató fúrások által feltárt alsó-kréta korú kőzetek szerves geokémiai jellemzői

Fúrás/ magminta száma	Minta helye	Kőzet-név	M	Corg	S_k	S_{BAM}	S_k/S_B	S1	S2	S3	Tmax	HI	OI	POT	PI	S2/ S3	R_o
	m		%	mg/g	mg/g	mg/g		mg/g	mg/g	mg/g	°C			kg/t			%
Bugac-4/12	1889	homokkő	83.8	2.72	0.09	0.12	0.8										1.305
Alpár-I/8	3665	bazalt agglom.	53	0.58	0.13	0.05	2.6	0.01	0	0.1							
Alpár-I/10	3791	bazalt-tufa	66	1.46	0.25	0.17	1.5	0.02	0.08	0.34		53	226	0.1	0.2	0.2	