A Békési medence analízise során végzett készletbecslés a FASP módszerrel

VÖLGYI LÁSZLÓ, PÁLYI ANDRÁS*, RONALD CHARPENTIER**, ROBERT CROVELLI***

Rövid tanulmányunkban áttekintést adunk a szénhidrogénkutatásban alkalmazható egyfajta készletbecslési eljárásról, amely a még fel nem fedezett szénhidrogén készlet meghatározására szolgál. Az általunk vizsgált módszer a FASP elnevezésű – USGS által kifejlesztett – valószínűségi elméleten alapuló analitikus eljárás.

Ismertetjük az eljárás geológiai modelljét. Bemutatjuk a play analízis munkamódszerét, és az ezeken alapuló számítógépes feldolgozási folyamatot.

Az OKGT és USGS szakembereinek közös munkájával létrehoztuk a módszer egy továbbfejlesztett változatát, a FASPUM-ot. Végül ismertetjük az ezzel a változattal a team közös munkájaként Magyarország Békési medencéjére készített készletbecslési eljárás eredményét.

В краткой работе описывается применяемый в разведке углеводородов метод оценки запасов, который служит для определения еще не открытых запасов углеводородов. Исследуемый метод называется методом ФАСП, был разработан УСГС и является анаилтическим способом, основанном на теории вероятности.

Дается геологическая модель способа. Показывается метод работы плей анализа и обрабатывающий процесс на ЭВМ.

Совместными усилиями специалистов ГТХИГП и УСГС был создан новый вариант ФАСПУМ. В заключение сообщаются результаты способа оценки запасов в Бекешском бассейне Венгрии как продукт совместных работ.

In our short study a summary are given about one of methods for petroleum resource appraisal of undiscovered resource in the hydrocarbon exploration. The examined method – named FASP and developed by USGS – is an analytic – probabilistic one.

Model of geological appraisal are introduced. The working method of play analysis and its processing course applied on personal computer are shown further.

A developed variation of that method – named FASPUM were produced by joint work of specialists of OKGT and USGS. Results of that variation of resource appraisal, – produced by joint work of team – about one of Hungary's basin area named Békés, are introduced finally.

Bevezetés

A szénhidrogénkutatás az ásványi nyersanyagkutatás egészén belül a legjelentősebb szellemi és kutatási eszközráfordítást köti le. Ezzel természetes párhuzamban a legköltségigényesebb is, a ráfordítások abszolút értékét tekintve.

A szénhidrogénkutatást végző szervezetek kutatásirányítási apparátusának mindenkor égető problémája, hogy kellő elméleti és módszertani ismeretanyaga és gyakorlata legyen:

- a kutatási területek kiválasztásának és az arra leköthető szellemi és anyagi eszközök mértékének problématikájában,
- feltáratlan, vagy még nem kellően ismert területek perspektivitásának és készletellátottságának megítélésében, ill. meghatározásában,
- egy-egy kutatási területre szakmailag optimálisan és ugyanakkor gazdaságosan fordítható geológiai, geofizikai, fúrási tevékenység meghatározásában.

* Országos Kőolaj- és Gázipari Tröszt (Budapest)
** US Geological Survey (Denver)

Érthető tehát, hogy világszerte jelentős szellemi erőfeszítéseket tesznek és szerteágazó matematikai – statisztikai – közgazdasági kutatási tevékenységet folytatnak a szénhidrogénkutatás gazdaságossági és kockázati kérdéseit illetően.

A készletbecslési eljárások kérdése különösen fontos, mivel végső soron a szénhidrogénkutatás különböző fázisaiban egyaránt sarkalatos és döntésmeghatározó kérdés, hogy egyes nagyobb kutatási területekhez, vagy kisebb egységekhez, ill. egyedi szerkezetekhez tudunk-e és ha igen, akkor milyen megbízhatósággal szénhidrogén készletet rendelni a különböző szintű, de már meglevő ismereteink birtokában.

Néhány gondolat a számítógépes készletbecslésről

A magyarországi gyakorlatban az időszakonként rendszeresen végzett CH prognóziskészítés tekinthető egyfajta speciális készletbecslési eljárásnak. Az itt alkalmazott módszerek hagyományos, nem számítógéppel végzett eljárások.

A korszerű számítástechnikai eszközök lehetővé teszik, hogy a megfelelő matematikai apparátust alkalmazva nagy tömegű adatot dolgozzunk fel nagy sebességgel. A személyi számítógépek különösen alkalmasak ilyen készletbecslési és matematikai – statisztikai feladatok végrehajtására. Különös előnyük, a gyorsaságuk, mely lehetővé teszi variációk készítését is.

Személyi számítógépi feldolgozásra kialakított készletbecslési eljárást a magyarországi szénhidrogénkutatási gyakorlatban először a Világbank szakértői alkalmaztak 1985-ben. Ennek a feldolgozásnak kapcsán hívták fel a magyar szakemberek figyelmét az általuk is használt RASP/Resource Appraisal Simulation for Petroleum/módszerre. Az ezzel a módszerrel kapott készletek mértékét az OKGT szakemberei túlzottnak találták, így ismételt becsléskészítéssel, ill. egyéb eljárások megismerésével és alkalmazásával kívánták a magyarországi CH földtani viszonyoknak megfelelő számítógépes készletbecslési eljárást megtalálni.

A Világbank Project I. munkái során a USGS szakembereivel folytatott együttműködés keretében az amerikai intézményben kifejlesztett és alkalmazott számítógépes készletbecslési eljárás, a FASP/Fast Appraisal System for Petroleum/módszer vizsgálata és magyarországi viszonyokra történő adaptálása valósult meg a Békés-i medenceanalízis komplex munkái során.

A két módszer geológiai modelljét, előkészítési, szervezési módját, a felhasznált inputadatokat tekintve azonos. Az alkalmazott számítási eljárások tekintetében azonban lényeges a különbség. A RASP módszer a Monte-Carlo szimulációt használja. A FASP módszer az olaj és gázkészletekre vonatkozó egyenleteken alapuló geo-sztochasztikus analitikai eljárás.

A továbbiakban a FASP módszerrel kapcsolatos ismereteket foglaljuk össze röviden.

A módszert a USGS szakemberei fejlesztették ki, az 1970-es évek elején bekövetkezett olajárrobbanás belső feszítő kényszere miatt. Ismeretlen, vagy kevéssé ismert vidékek szénhidrogénperspektíváinak megítélésére végzeték az első munkákat 1975-től az alaskai Wildlife Refuge területén és az Appalach-Basin devon korú palaösszletén.

Geológiai modell

A kutatás során szerzett ismereteink és adataink egy-egy kutatási területről, medencéről, részmedencéről, egyedi előfordulásról diszkrét adatoknak tekinthetők. Egy-egy ilyen objektum CH előfordulási ismérveit csupán ezen diszkrét adatok birtokában nem lehet jól leírni. Nélkülözhetetlen tehát jó geológiai modellt alkotni, melynek alapján figyelembe lehet venni a térségre vonatkozó diszkrét adatokat és szükség szerint a más területről származó analógiákat is. Az ilyen sztochasztikus eljárások a szakemberek széles körét igénylik a geológiai modell és az input adatok megfelelő kialakítására.

A FASP módszer geológiai modelljének alapeleme a play. Egy nagyobb terület CH perspektívájának becslésére a területet megfelelő számú geológiai playre kell felosztani, és az egyedi play-eket külön elemezni. E miatt az egész eljárást szokás a „play analízis" névvel is nevezni.

Maga a play viszonylag homogén geológiai tulajdonságokkal, ismérvekkel rendelkező egyedi előfordulásokból vagy telepekből álló csoport, amelynek geológiai jellemzői hasonlóak elsősorban is az anyakőzet, a csapdamechanizmus és a szerkezetalakulás szempontjából. A módszer alapvető koncepciója, hogy a playen belül kell létezzen geológiai összefüggés az előfordulások között, ill. léteznek, vagy léteztek olyan jellemzők, amelyek ezt a csoportot megkülönböztetik a többi playtól. Valamennyi playnek közös vonása azonban, hogy

- geofizikai eljárásokkal kutathatók
- pontosan kijelölhető határuk van
- térben bármilyen helyzetet elfoglalhatnak egymáshoz képest (átfedés, elkülönülés is lehetséges).

Ismeretlen vagy kevéssé ismert földtani egységek esetén hipotetikus play-ek felvételére van szükség. Az ilyen play alapján készült becslések általában időközi ismereteket tükröznek és célszerű az újabb ismereteket azonnal beépíteni. A geológiai modell szempontjából az előfordulás, egy vagy akár több telepben jelentkező potenciális CH felhalmozódás. A CH felhalmozódás lehet:

- kőolaj oldott gázával együtt
- szabadgáz, ill. gázsapka.

A kőolajban oldott gáz mennyiségét az olaj-gáz arány alapján számíthatjuk. A play teljes földgázvagyonát a szabad és oldott gázra kapott becsült értékek összege adja.

A módszer által használt input adatok többségét valószínűségi értékkel, vagy valószínűség eloszlás formájában adjuk meg. Ily módon valósítható meg az input változók bizonytalanságának kvantitatív kifejezése. Ugyanígy az eljárás eredményeként kapott becsült készlet is – a becslés bizonytalanságát szemléltetendő – valószínűségi eloszlás formájában nyerhető csupán.

Az *1. ábra* szemlélteti a kőolaj és földgázbecslésre használt bemeneti adatok adatlapját. Az ábrából látható, hogy a bemeneti adatok három fő csoportra oszthatók. Egy play „kedvezőnek" tekinthető, ha mind a *4* play jellemző valószínűsíthető. A playre vonatkozóan a CH meglétének ez szükséges, de nem elégséges feltétele. Az előfordulás jellemzők csoportjában mindhárom jellemzőnek a valószínűsíthetősége szükséges és elégséges feltétel a CH felhalmozódás meglétére, ha egyébként a play „kedvező". A CH térfogati jellemzők együttesen határozzák meg a kőolaj és szabadgáz földtani készletének mennyiségét. A készletszámításhoz a kőolaj és földgáz földtani készletére vonatkozó egyenleteket

Oil and Gas Appraisal Data Form

Evaluator : _____ Play Name _____

Date Evaluated: _____

	Attribute		Probability of Favorable or Present	Comments
Play Attributes	Hydrocarbon Source			
	Timing			
	Migration			
	Potential Reservoir Facies			
	Marginal Play Probability			
Prospect Attributes	Trapping Mechanism			
	Effective Porosity (>3%)			
	Hydrocarbon Accumulation			
	Conditional Deposit Probability			
Hydrocarbon Volume Parameters	Reservoir Lithology	Sand		
		Carbonate		
	Hydrocarbon	Gas		
		Oil		

Attribute \ Fractiles	Probability of equal to or greater than						
	100	95	75	50	25	5	0
Area of Closure (Km^2)							
Reservoir Thickness/vertical closure (meters)							
Effective Porosity %							
Trap Fill (%)							
Reservoir Depth (m)							
HC Saturation (%)							
No. of drillable prospects (a play characteristic)							

Geo 89/8-1

1. ábra. Kőolaj és földgáz készletbecslési eljáráshoz használt adatlap a FASPUM eljárásnál

Рис. 1. Бланкета для оценки запасов нефти и газа метадом FASPUM

Fig. 1. Oil and gas appraisal data form for FASPUM

használ az eljárás. A számítás pontosságának növelése és a becslés jóságának fokozása érdekében a *2. ábra* szerinti változók megadása és a kívánt függvénykapcsolatok kiválasztása szükséges. A kitermelési tényező segítségével a kitermelhető készletekre vonatkozó becslések is elvégezhetők.

ADDENDUM DATA FORM FOR FASPUM

Geological Variables

Four Types of Mathematical Functions

1. Zones Linear Function: A * Depth + B

   Maximum of 4 zones with 3 transition depths (meters)

2. Exponential Function: A * exp (B * Depth)
3. Power Function: A * Depth ** B
4. Logarithmic Function: A * Ln (B * Depth)

For each of the five geological variables below, select one type of function and assign values for the parameters A and B.

Pe: Original Reservoir Pressure (Bars)

T: Reservoir Temperature (Deg K)

Rs: Gas-oil Ratio (m^3/Ton)

Bo: Oil Formation Volume Factor (no units)

Z: Gas Compressibility Factor (no units)

		Parameters										
Variable	Function	A	B	D	A	B	D	A	B	D	A	B
Pe												
T												
Rs												
Bo												
Z												

Oil Floor Depth (meters): _____

Oil Recovery Factor (percent): _____

Gas Recovery Factor (percent): _____

Geo 89/8—2

2. ábra. Kiegészítő adatlap a FASPUM eljáráshoz

Рис. 2. Дополнительная бланкета к методу FASPUM

Fig. 2. Addendum data form for FASPUM

Az amerikai szakértők által a programban alkalmazott olaj és gáz teleptérfogati tényezők megbizhatóságának ellenőrzésére a magyarországi előfordulásokból származó fluidumok PVT mérési adatait használtuk fel. A vizsgálat *30* kőolaj és *33* földgáz előfordulásból származó *82*, ill. *88* megbízhatónak ítélt mérést ölelt fel. A minták *560* és *4840* m közötti mélységtartományból származtak, *48–689* bar rétegnyomás és *39–212* C° réteghőmérséklet intervallumot reprezentáltak. Az oldott és szabadgázok CO_2 tartalma *0–97* mol % között változtak. A PVT mérések eredményei alapján sikerült meghatározni a teleptérfogati tényezők mélység, ill. nyomás szerinti függvénykapcsolatait (*3.* és *4. ábrák*, SZKFI irodalomjegyzékbeli tanulmánya).

Számítási eljárás

A számítási eljárás az eddigiekben taglalt geológiai modellen alapul. Analitikus eljárás, mivel a tároló-mérnöki egyenletek szerint számol. Ugyanakkor geosztochasztikus rendszer, hiszen valószínűségi változók és eloszlásfüggvények képezik a bemeneti adatait, ill. eredményeit.

Az együttműködés időtartama alatt megismerhette az OKGT stábja az eredeti FASP programot, melyet a US Department of Interior fejlesztett ki és a US Geological Suvery alkalmazott először CH készletbecslésre *1979*-ben.

Az eredeti programot a kiterjesztett FORTRAN–77-ben írták meg. Ezt követően készítették el a Pascal nyelvű IBM PC XT/AT-re írt változatot.

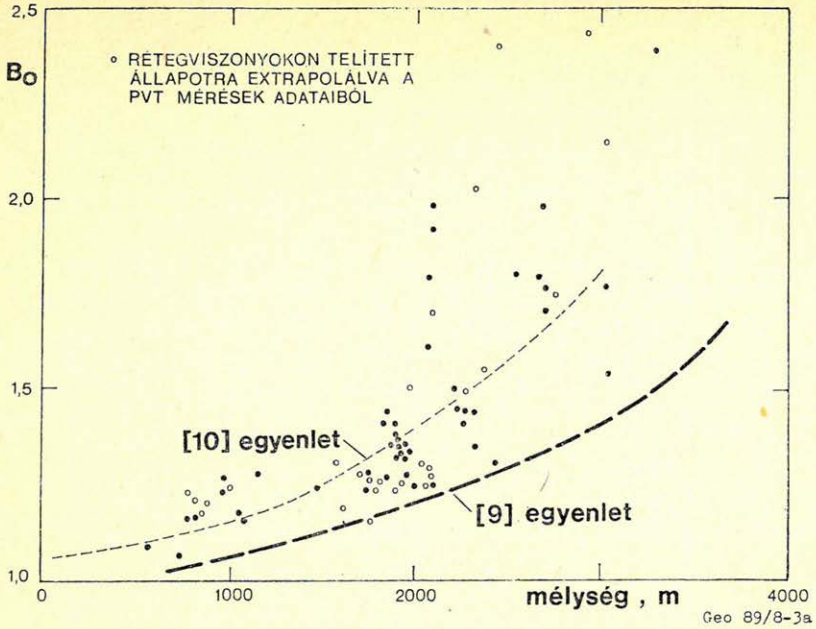
Az OKGT–USGS együttműködés kapcsán vált lehetővé, hogy a becslési eljárás kibővüljön a 2. ábra szerinti függvénykapcsolatok vizsgálatával. Ez által a becslési eredmények megbízhatósága jelentősen javult. A többszöri program átírás eredményeként született meg a szintén személyi számítógépen futtatható FASPUM/Fast Appraisal System for Petroleum – Universal Metric/ TURBO PASCAL nyelven írt program változat, mely tartalmazza a *2. ábra* szerint beépített számításokat és to-m^3 egységekkel számol.

A programrendszerrel egyaránt lehet becslést végezni már kutatott, vagy még kutatás előtt álló playre, ill. playek sorozatára. A becslések playenként készülnek el a playenkénti bementei adatokkal.

A programrendszer megvizsgálja, rendszerezi és számításhoz előkészíti az adatokat. A megadott paraméterek szerint elkészíti az egyedi playre vonatkozó olaj, oldott és szabadgázra vonatkozó becslést. Megszerkeszti az eredmény file-t. Az eredmény kinyomtatása az eredményfile hívásával végezhető el. Elkészíti az aggregált file-t, minden egyes külön lefuttatott playre. Az aggregált file-okból külön programmal lehet elkészíteni a playek valószínűségi módszerrel összegzett eredményét, melyet külön nyomtató programmal lehet megjeleníteni.

A programrendszernek az a felépítése, hogy az egyedi geológiai egységre végzett becslés eredményfileja és annak a további feldolgozásra alkalmas és megőrzött ún. aggregált fileja külön kezelhető, alkalmas arra, hogy a becslési egység eredménye mellett, több play feldolgozásával, többszöri futtatással akár országos méretű készletbecslést hajtsunk végre. Természetesen az input adatok kialakításához szakértői csoport vagy csoportok nagyon alapos és átgondolt munkájára van szükség.

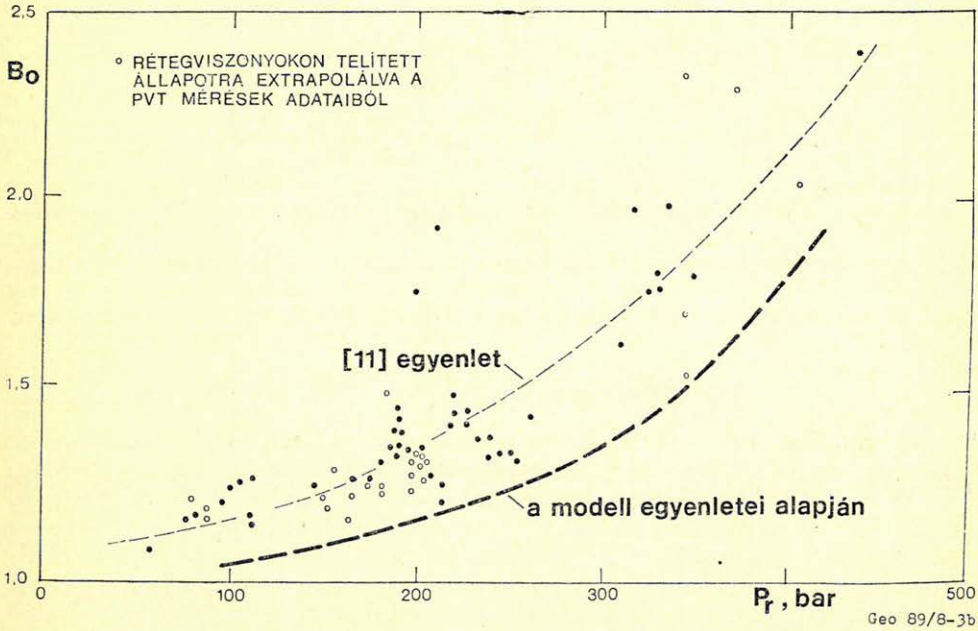
Az eredményül kapott értékek a fluidumfajtánként kapott várható értékek és szórások. A kapott értékek realitásának elemzése és az ezen az alapon az input adatok esetleges módosítása, vagyis az iteratív feldolgozás a kapott becslési eredményt nagymértékben javíthatja és a megbízhatóságot fokozhatja. Maga a számítógépi futtatás gyors, kis gépidőigényű.



3/a. ábra. Bo meghatározás egyenlete a mélység (10. egyenlet) függvényében

Рис. 3/а. Уравнение определения B_0 в зависимости от глубины (уравнение № 10)

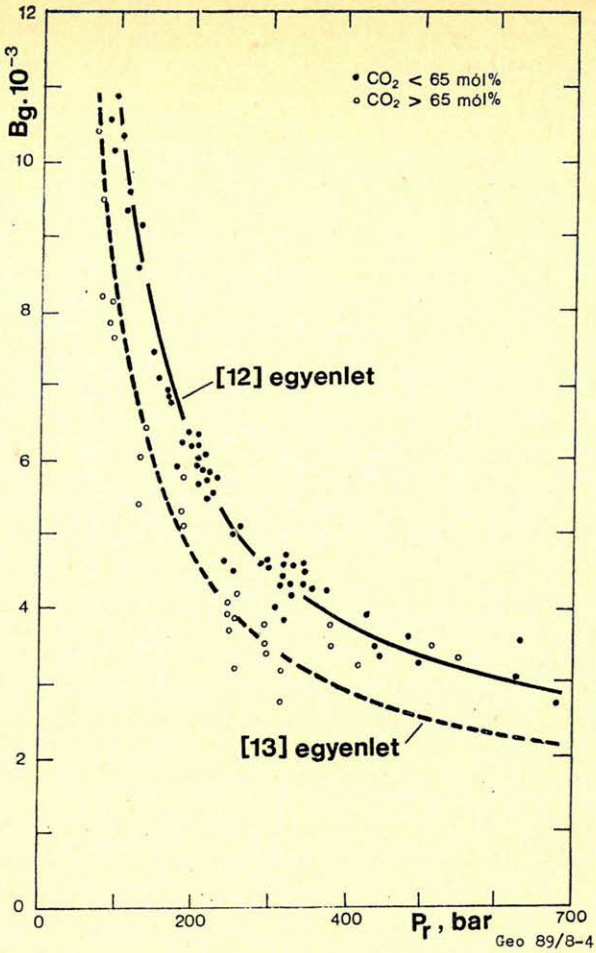
Fig. 3/a. Equation of calculation for B_0 as a function of depth (equation No 10)



3/b. ábra. Bo meghatározás egyenlete a nyomás (11. egyenlet) függvényében

Рис. 3/б. Уравнение определения B_0 в зависимости от давления (уравнение № 11)

Fig. 3/b. Equation of calculation for B_0 as a function of pressure (equation No 11)



4. ábra. Bg meghatározás egyenletei a nyomás függvényében, a gázok különböző CO_2 tartalma esetén

Рис. 4. Уравнение определения Вд в зависимости от давления при разных содержаниях газов CO_2

Fig. 4. Equations of calculation for B_0 as a function of pressure for gases at different CO_2 content

A Békési medencére vonatkozó készletbecslés

Az eddigiek során áttekintettük a play analízis, mint vizsgálati módszer és az ezen alapuló kvantitatív számításokra alkalmas analitikus – geosztochasztikus FASP/FAS PUM programrendszer alapjait, működési elvét, fejlődését.

Ebben a fejezetben áttekintjük az eljárásnak a Békési medencére vonatkozó eredményeit és tapasztalatait, miután az itt folyó komplex vizsgálatok eredményeként olyan nagymennyiségű új földtani ismeretanyag született, melyekkel mint input adatokkal a módszer magyarországi alkalmazhatóságát célszerű volt megvizsgálni.

A medenceanalízis területére készítendő készletbecsléshez először is ki kellett dolgozni a playbeosztást. Az OKGT és a USGS szakemberei a különböző földtani

geofizikai anyagok és ismeretek birtokában nagyon alapos elemzés után a területet az alábbi playekre osztották be.

1. Repedezett kristályos alaphegység.
2. Repedezett, a felső krétánál idősebb mezozoos alaphegység.
3. É-Békés-i felső kréta.
4. Túlnyomásos miocén.
5. Alsó pannon bázis konglomerátum.
6. Bazális alsó pannon repedezett és tömött márgák.
7. Bazális turbidit rálapolódás.
8. Bazális turbidit lepelszerű képződmények.
9. Legyezők és lejtők.
10. Delta lejtő.
11. Delta front.
12. Felső pannon fluviális és kis reliefü képződmények.

Soron következő lépés a play-ek szénhidrogén generáló és tároló képességének meghatározása. Rendkívül összetett, aprólékos és hosszadalmas team munkával határozható csak meg playenként külön-külön a vizsgált földtani egységnek a CH akkumuláció szempontjából kedvező, vagy kedvezőtlen volta, az esetleges akkumulációs lehetőségek kockázatának mértéke.

Elemezni kellett az adott playre vonatkozó, a már meglevő konkrét CH eredményességi helyzetet, a CH földtani, geokémiai környezetet, tektonikai viszonyokat, migrációs utakat, csapdázódási lehetőségeket, szerkezeti viszonyokat, stb.

Úgy véljük, hogy az eddig elmondottak jól érzékeltetik a módszer kívánta munkastílust. E rövid összefoglaló tanulmány keretei nem teszik lehetővé, hogy a playek-et külön, részletezve elemezzük. Ezt a team a munkavégzés során megtette.

A playek mindegyikét kedvezőnek lehetett minősíteni, természetesen nem egyforma mértékben. Ugyanígy különbözött playenként az egyedi lehetséges előfordulások kockázatának mértéke is. Természetesen meg kellett adni a CH akkumuláció mértékét meghatározó jellemzők eloszlásait és a számításokhoz szükséges egyéb paramétereket, ill. függvényeket, melyek együttesen képezték a bemeneti adatokat.

Nagyon fontos a felhalmozódás mértékét befolyásoló paraméterek esetén a figyelembe vehető paramétertartomány alsó és felső határát – vagyis azokat az értékeket – jól és következetesen megadni, melyeknél kisebb, ill. nagyobb értékeket lényegében nem veszünk figyelembe az eloszlásfüggvény meghatározásánál. A becslés helyességét alapvetően harározza meg, hogy a becslést végző személyek a geológiai modell alapján mennyire helyes paramétereloszlás függvényeket tudnak megadni (lásd: *1. ábrán* az adatlapot).

A becslésből minden play esetén kizártuk a *0,75* km^2-nél kisebb területű előfordulásokat. A csapdakitöltést egységesen *100*%-nak vettük. A tároló minimális vastagságát általában *5* m-nek, de az esetek egy részében *3* m-nek vettük fel. A porozitás minimális értéke szintén *5*% volt, de repedezett tárolók esetén kisebb értéket is megengedtünk. A CH szaturáció minimális értékét általában *35*%-ban határoztuk meg, a már megismert előfordulások adatai alapján. Indokolt esetben kisebb értéket is elfogadtunk.

A *2. ábra* szerinti faktorok esetén az egész medencére hosszas vizsgálatok és számítások alapján egységes értékeket fogadtunk el. Kőolaj találat lehetséges alsó határát 3100 m-ben rögzítettük. Az olaj-gáz kihozatali tényezőt általában

FASP:UM 87.10 PC Oct. 20, 1987 12:23 pm PLAY8.D/ Run # 1

Bekes

Basal Turbidite Drape Structure INPUT SUMMARY

Play Attribute Probabilities				Prospect Attribute Probabilities		
Hydrocarbon Source	Timing	Migration	Potential Res. Facies	Trapping Mechanism	Effective Porosity	Hydrocarbon Accumulation
1.000	1.000	1.000	1.000	0.750	0.750	0.800

Marginal Play Probability	Conditional Deposit Probability	Reservoir Lithology	Hydrocarbon Prob. Gas	Hydrocarbon Prob. Oil	Recovery Factors % Oil	Recovery Factors % Free Gas
1.000	0.450	sand	0.900	0.100	30.00	60.00

Geologic Variables	F100	F95	F75	F50	F25	F05	F0
Closure (Km^2)	0.7500	1.2500	2.2500	3.0000	4.0000	5.2500	6.0000
Thickness (meters)	5.0000	8.0000	14.000	20.000	30.000	50.000	150.00
Porosity (percent)	5.0000	6.0000	8.0000	10.000	13.000	17.000	20.000
Trap Fill (percent)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Depth (meters)	1800.0	2000.0	2400.0	2700.0	3000.0	3300.0	3500.0
HC Saturation (percent)	40.000	42.000	46.000	50.000	56.000	64.000	70.000
Number of Prospects	13	14	16	17	18	19	20

Basal Turbidite Drape Structure GEOLOGIC VARIABLES and PROBABILITIES OF OCCURRENCE

	Mean	Std. Dev.
Closure	3.1375	1.2420
Thickness	26.025	21.197
Porosity	10.725	3.5154
Trap Fill	100.00	0.0
Depth	2685.0	407.77
HC Saturation	51.450	7.0307
Prospects	16.350	1.5256
Accumulations	7.3575	2.1255

"Dry Hole" Risk = 0.5500
Prob. Depth <= 3100 = 0.8167

	RESOURCE Oil	NA Gas	AD Gas	Gas
Cond. Prob. Prospect has	0.0367	0.4133	0.0367	0.4500
Cond. Play Prob.	0.4569	0.9998	0.4569	0.9999
Uncond. Play Prob.	0.4569	0.9998	0.4569	0.9999

Variable	Function	A	B	D(meters)	A	B	D(meters)	A	B	D(meters)	A	B
Pe (Bars)	Linear	0.1000000	1.0000000	2400.0000	0.1500000	1.0000000						
T (Deg K)	Linear	0.0500000	284.15000									
Rs (m^3/Ton)	Linear	0.0000	200.00000									
Bo (no units)	Linear	0.0000	1.5000000									
Z (no units)	Linear	0.0000	0.9200000									

Depth Floor (meters) = 3100.00

Geo 89/8-5a

5/a. ábra. A 8. sz. play bemenő adatai a FASPUM számításhoz

Рис. 5/a. Входные данные play № 8 к вычислению

Fig. 5/a. Input data for FASPUM ar play No 8

	Mean	Std. Dev.	F95	F75	F50	F25	F05
OIL (Millions of Tons)							
Number of Accumulations	0.6009	0.7628	0	0	0	1	2
Accumulation Size	0.7944	0.9231	0.1133	0.2778	0.5182	0.9667	2.3707
Cond. Prospect Potential	0.0292	0.2316	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cond. (B) Play Potential	1.0446	1.1539	0.1613	0.3838	0.7011	1.2805	3.0464
Cond. (A) Play Potential	0.4773	0.9377	0.0	0.0	0.0	0.6310	2.1067
Uncond. Play Potential	0.4773	0.9377	0.0	0.0	0.0	0.6310	2.1067
NON-ASSOCIATED GAS (Milliards of m^3)							
Number of Accumulations	6.7566	2.0885	3	5	7	8	10
Accumulation Size	0.7591	0.9298	0.0994	0.2517	0.4800	0.9156	2.3185
Cond. Prospect Potential	0.3137	0.7050	0.0	0.0	0.0	0.3723	1.4747
Cond. (B) Play Potential	5.1300	2.8897	1.8847	3.1369	4.4697	6.3688	10.620
Cond. (A) Play Potential	5.1288	2.8904	1.8811	3.1356	4.4690	6.3722	10.615
Uncond. Play Potential	5.1288	2.8904	1.8811	3.1356	4.4690	6.3722	10.615
DISSOLVED GAS (Milliards of m^3)							
Number of Accumulations	0.6009	0.7628	0	0	0	1	2
Accumulation Size	0.1589	0.1846	0.0227	0.0556	0.1036	0.1933	0.47[illegible]1
Cond. Prospect Potential	0.0058	0.0463	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cond. (B) Play Potential	0.2089	0.2308	0.0323	0.0768	0.1402	0.2561	0.6073
Cond. (A) Play Potential	0.0955	0.1875	0.0	0.0	0.0	0.1262	0.42[illegible]3
Uncond. Play Potential	0.0955	0.1875	0.0	0.0	0.0	0.1262	0.42[illegible]3
GAS (Milliards of m^3)							
Number of Accumulations	7.3575	2.1255	4	6	7	9	11
Accumulation Size	0.7101	0.9076	0.0867	0.2253	0.4375	0.8497	2.2083
Cond. Prospect Potential	0.3195	0.7039	0.0	0.0	0.0	0.3817	1.4573
Cond. (B) Play Potential	5.2248	2.8873	1.9561	3.2283	4.5729	6.4777	10.691
Cond. (A) Play Potential	5.2243	2.8876	1.9538	3.2275	4.5727	6.4815	10.705
Uncond. Play Potential	5.2243	2.8876	1.9538	3.2275	4.5727	6.4815	10.705
YIELD FACTORS							
OIL (Tons/m^3 pore space)	0.0324	0.0153	0.0141	0.0217	0.0293	0.0397	0.0612
NON-ASSOCIATED GAS (m^3/m^3 pore space)	15.494	8.4799	5.8557	9.6233	13.591	19.196	31.547
DISSOLVED GAS (m^3/m^3 pore space)	6.4859	3.0523	2.8118	4.3402	5.8685	7.9351	12.248

Geo 89/8-5b

5/b. ábra. A 8. sz. play a FASPUM eljárással becsült készlete

Рис. 5/б. Оценка запасов play № 8 методом

Fig. 5/b. Appraised resource with FASPUM at play No 8

30%-nak és *70*%-nak vettük, de gáz esetén a várható CO_2 tartalom mértéke szerint akár drasztikusan is csökkent e tényező.

A 8. és 11. sz. playek bemeneti adatlapjait és eredménylapjait mutatja be az *5.* és *6. ábra.* Az első esetben a *12*-ből ennél a playnél kaptuk a legmagasabb eddig még fel nem fedezett földgázmennyiséget, *5,22* Mrd m^3-t. A második esetén viszont a legtöbb becsült olajmennyiség, *1,9* Mto kötődik az adott playhez.

Végezetül a *7. ábrán* az összes play eredményét felhasználó, aggregált, az egész medencére vonatkozó eredményt láthatjuk. Ebből kitűnik, hogy a Békés-i medence területén még *5,22* Mto kitermelhető kőolaj és *18,05* Mrd m^3 kitermelhető földgáz megismerését lehetett becsülni az eljárással. Minden esetre ezek az értékek jól összemérhetők a területen eddig felfedezett készlettel.

Végezetül mintegy konkluzióként megállapíthatjuk, hogy a továbbfejlesztett FASP módszer alkalmasnak bizonyult magyarországi CH készletbecslésre is. Maga a számítógépes eljárás gyors és rugalmas, változatok gyors elkészítését lehetővé teszi. A play-analízis módszere és a hozzá szükséges team munka máris termékenyítően hatott az OKGT CH földtani tevékenységére.

FASP:UM 87.10 PC Oct. 20, 1987 1:26 pm PLAY10.DAT Run # 1

Bekes

Delta Slope INPUT SUMMARY

Play Attribute Probabilities					Prospect Attribute Probabilities	
Hydrocarbon Source	Timing	Migration	Potential Res. Facies	Trapping Mechanism	Effective Porosity	Hydrocarbon Accumulation
1.000	1.000	1.000	1.000	0.300	0.800	0.500

Marginal Play Probability	Conditional Deposit Probability	Reservoir Lithology	Hydrocarbon Prob. Gas	Hydrocarbon Prob. Oil	Recovery Factors % Oil	Recovery Factors % Free Gas
1.000	0.120	sand	0.700	0.300	30.00	70.00

Geologic Variables	F100	F95	F75	F50	F25	F05	F0
Closure (Km^2)	0.7500	1.0000	1.5000	2.0000	3.0000	8.0000	18.000
Thickness (meters)	5.0000	6.0000	8.0000	10.000	14.000	30.000	50.000
Porosity (percent)	5.0000	8.0000	12.000	15.000	20.000	26.000	30.000
Trap Fill (percent)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Depth (meters)	700.00	1100.0	1500.0	1800.0	2000.0	2200.0	2400.0
HC Saturation (percent)	30.000	34.000	40.000	45.000	54.000	68.000	75.000
Number of Prospects	22	26	34	40	48	64	80

Delta Slope GEOLOGIC VARIABLES and PROBABILITIES OF OCCURRENCE

	Mean	Std. Dev.
Closure	3.1063	2.8972
Thickness	13.325	8.5573
Porosity	16.075	5.7018
Trap Fill	100.00	0.0
Depth	1727.5	361.59
HC Saturation	47.775	10.622
Prospects	41.750	12.036
Accumulations	5.0100	2.5485

"Dry Hole" Risk = 0.8800
Prob. Depth <= 3100 = 1.0000

	RESOURCE Oil	NA Gas	AD (s	Gas
Cond. Prob. Prospect has	0.0360	0.0840	0.0360	0.1200
Cond. Play Prob.	0.7640	0.9606	0.7640	0.9891
Uncond. Play Prob.	0.7640	0.9606	0.7640	0.9891

Variable	Function	A	B	D(meters)	A	B	D(meters)	A	B	D(meters)	A	B
Pe (Bars)	Linear	0.1000000	1.0000000									
T (Deg K)	Linear	0.0500000	284.15000									
Rs (m^3/Ton)	Linear	0.0000	110.00000									
Bo (no units)	Linear	0.0000	1.2000000									
Z (no units)	Linear	0.0000	0.9000000									

Depth Floor (meters) = 3100.00

Geo 89/8-6a

6/a. ábra. A 11. sz. play bemenő adatai a FASPUM számításhoz

Рис. 6/а. Входные данные play № 11 к вычислению

Fig. 6/a. Input data for FASPUM at play No 11

Delta Slope — ESTIMATED RESOURCES

	Mean	Std. Dev.	F95	F75	F50	F25	F0.
OIL (Millions of Tons)							
Number of Accumulations	1.5030	1.2793	0	1	1	2	4
Accumulation Size	0.7256	1.1509	0.0612	0.1816	0.3870	0.8244	2.4475
Cond. Prospect Potential	0.0261	0.2568	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cond. (B) Play Potential	1.4274	1.8035	0.1776	0.4584	0.8859	1.7120	4.4177
Cond. (A) Play Potential	1.0905	1.6889	0.0	0.1149	0.6009	1.3740	3.8787
Uncond. Play Potential	1.0905	1.6889	0.0	0.1149	0.6009	1.3740	3.8787
NON-ASSOCIATED GAS (Milliards of m^3)							
Number of Accumulations	3.5070	2.0578	1	2	3	5	7
Accumulation Size	0.3599	0.5819	0.0293	0.0881	0.1893	0.4066	1.2216
Cond. Prospect Potential	0.0302	0.1960	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1442
Cond. (B) Play Potential	1.3139	1.3187	0.2349	0.5280	0.9273	1.6283	3.6609
Cond. (A) Play Potential	1.2620	1.3175	0.1372	0.4856	0.8890	1.5881	3.6087
Uncond. Play Potential	1.2620	1.3175	0.1372	0.4856	0.8890	1.5881	3.6087
DISSOLVED GAS (Milliards of m^3)							
Number of Accumulations	1.5030	1.2793	0	1	1	2	4
Accumulation Size	0.0798	0.1266	0.0067	0.0200	0.0426	0.0907	0.2692
Cond. Prospect Potential	0.0029	0.0282	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cond. (B) Play Potential	0.1570	0.1984	0.0195	0.0504	0.0974	0.1883	0.4859
Cond. (A) Play Potential	0.1200	0.1858	0.0	0.0126	0.0661	0.1511	0.4267
Uncond. Play Potential	0.1200	0.1858	0.0	0.0126	0.0661	0.1511	0.4267
GAS (Milliards of m^3)							
Number of Accumulations	5.0100	2.5485	1	3	5	7	10
Accumulation Size	0.2758	0.5082	0.0178	0.0579	0.1316	0.2990	0.9737
Cond. Prospect Potential	0.0331	0.1976	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1701
Cond. (B) Play Potential	1.3973	1.3366	0.2681	0.5862	1.0097	1.7391	3.8024
Cond. (A) Play Potential	1.3820	1.3372	0.2449	0.5739	0.9988	1.7294	3.7951
Uncond. Play Potential	1.3820	1.3372	0.2449	0.5739	0.9988	1.7294	3.7951
YIELD FACTORS							
OIL (Tons/m^3 pore space)	0.0584	0.0336	0.0210	0.0353	0.0506	0.0726	0.1221
NON-ASSOCIATED GAS (m^3/m^3 pore space)	12.420	7.5393	4.2257	7.2771	10.618	15.491	26.578
DISSOLVED GAS (m^3/m^3 pore space)	6.4276	3.6991	2.3111	3.8837	5.5709	7.9911	13.129

Geo 89/8-6b

6/b. ábra. A 11. sz. play a FASPUM eljárással becsült készlete

Рис. 6/б. Оценка запасов play № 11 методом

Fig. 6/b. Appraised resource with FASPUM at play No 11

Köszönetnyilvánítás

A módszer-kidolgozás team munkájában szerzőkön kívül részt vettek még: *Amerikai részről:* Gordon Dolton, Richard Mast, Richard Balay, Robert Mattick, C. M. Molenaar, Charles Spencer, John Grow.

Magyar részről: Zsitvay Szilárd, dr. Szalay Árpád, Hajdú Dénes, dr. Kurucz Béla, Tormássy István, Németh Gusztáv, dr. Koncz István, Henkel Hannes, Kovács András, Lelkes Ákos, Révész István, Ujfalusy Antal.

A próbaszámítások során, a modell-kialakításban, az input adatok bevitele alkalmával tartott szakmai vitákban való aktív részvételüket és tanácsaikat ezúton is köszönjük.

Bekes Aggregation — ESTIMATED RESOURCES

	Mean	Std. Dev.	F95	F75	F50	F25	F05
OIL (Millions of Tons)							
Accumulation Size	0.566273	0.859433	0.0516	0.1490	0.3116	0.6513	1.8815
Cond Aggregate Potential	5.216170	3.147887	1.7856	3.0667	4.4659	6.5037	11.170
Uncond Aggregate Potential	5.215733	3.148117	1.7835	3.0660	4.4657	6.5080	11.187
NON-ASSOCIATED GAS (Milliards of m^3)							
Accumulation Size	0.384203	0.571098	0.0363	0.1035	0.2145	0.4443	1.2671
Cond Aggregate Potential	17.37551	4.636478	10.905	14.066	16.788	20.037	25.844
Uncond Aggregate Potential	17.37551	4.636478	10.905	14.066	16.788	20.037	25.844
DISSOLVED GAS (Milliards of m^3)							
Accumulation Size	0.073378	0.119837	0.0059	0.0178	0.0383	0.0827	0.2499
Cond Aggregate Potential	0.674387	0.427529	0.2189	0.3849	0.5696	0.8430	1.4818
Uncond Aggregate Potential	0.674330	0.427555	0.2187	0.3848	0.5695	0.8436	1.4842
GAS (Milliards of m^3)							
Accumulation Size	0.332064	0.536040	0.0271	0.0815	0.1749	0.3754	1.1267
Cond Aggregate Potential	18.04983	4.658204	11.510	14.726	17.477	20.742	26.539
Uncond Aggregate Potential	18.04983	4.658204	11.510	14.726	17.477	20.742	26.539

Geo 89/8-7

7. ábra. A FASPUM eljárással a Békés-i medence egészére becsült CH készlet

Рис. 7. Оценка запаса углеводородов методом FASPUM для всего бассейна Бэкэш

Fig. 7. Appraised hydrocarbon resource for Bekes-basin with FASPUM

IRODALOM

U. S. Department of the Interior of Minerals Policy and Research Analysis. 1979: Final report of the 105/b/ economic and policy analysis, alternative overall procedures for the exploration, development, production, transportation and distribution of the petroleum resources of the National Petroleum Reserve in Alska (NPRA). 145 p.

White, L. P., 1979: A play approach to hydrocarbon resource assessment and evaluation, in Ramsey. J. B., ed., The economics of exploration for energy resources: (in the collection) Contemporary studies in economic and financial analysis: Jai Press, Grenwich, Connecticut, v. 26. p. 51–67.

Crovelli, R. A. 1984: U. S. Geological Survey probabilistic methodology for oil and gas resource appraisal of the United States: Jour. Math, Geology, v. 16. no. 8. p. 797–808.

Crovelli, R. A., 1985: Comparative study of aggregations under different dependency assumptions for assessment of undiscovered recoverable oil resources in the world: Jour. Math, Geology, v. 17. no. 4. p. 367–374.

Hillier, F. S., and Lieberman, G. J., 1980: Introduction to operations research (3rd ed.): Holden-Day. San Francisco. 829. p.

Lee, P. J., and Wang. P. C., 1983: Conditional analysis for petroleum resource evaluations: Jour. Math. Geology. v. 15. no. 2. p. 349–361.

Mast. R, F., McMullin. R. H., Bird, K. J., and Brosge, W. P., 1980: Resource appraisal of undiscovered oil and gas resources in the William O. Dougles Arctic Wildlife Range: U. S. Geol. Survey Open File Rept 80–916. 62. p.

Ross, S. M., 1972: Introduction to probability models: Academic Press. New York. 272. p.

Petroleum Exploration Project No. 1. Final Report of the Joint OKGT–USGS Cooperative Investigation of the Bekes Basin. Administrative Report Prepared for the Hungarian Oil and Gas Trust by USGS 1987. A prognosztikus készletszámításhoz felhasználható B_0 és B_g paraméterek előrejelzése. SzKFI tanulmány Budapest 1987.

dr. Dank Viktor, 1983: Kőolajföldtan. Egyetemi jegyzet.