

# A fúróllyukmérésekből levezetett kőzetfizikai paraméterek megbízhatósága

SZ. B. HORVÁTH

A korszerű fúróllyukmérésekből nyert és digitalizált adatok alapján elektronikus adatfeldolgozó berendezések segítségével levezethetők a lelőhely paraméterei. Ezek pontossága függ a mérések, a digitalizálás és a feldolgozó módszer pontosságától. A jelen dolgozat megkísérlti nyomon követni a hibák terjedését a számítási eljárás során egy példa alapján és közben néhány általános érvényű következtetésre jut. Olyan kiértékelési eljárások, melyek a kiindulási adatok beható statisztikus elemzésén alapulnak, aránylag szűk szórási tartományt eredményeznek.

A számítógépek segítségével végzett kiértékelés megadja a porozitás és a vízszaturáció értékeit, a kiszorítható szénhidrogén-tartományok kiterjedését, valamint a kiszorítás változásának fokát (utalás-ként az olajkivonási fokra) a fúróllyadék által, éspedig pontonként, rétegenként vagy összegezve.

Olyan tárolókőzeteknél, ahol a magkivétel és az anyag utólagos feldolgozása nehézségekbe ütközik, vagy gazdaságtalan, sőt csaknem lehetetlen, az üzemmérnök arra kényszerül, hogy a szénhidrogén-tartalmat és a készletet egyedül a fúróllyukmérések kiértékelése alapján határozza meg. Ilyenkor ismer-nünk kell az adatok pontosságát és megbízhatóságát, hogy az azokból levezetett, a feltétlenül biztos leg-alacsonyabb, a közepes és a valószínű legnagyobb készlet-számok pontosságát megadhatassuk.

Современные методы промысловой геофизики позволяют определить параметры залежей по цифровым данным измерения с использованием электронных обрабатывающих машин. Точность получаемых параметров зависит от точности 1. метода измерения, 2. квантования и 3. метода обработки данных. В докладе делается попытка изучения распространения погрешностей при вычислениях на фактическом примере, причем открывается возможность делать некоторые выводы общего характера. Методы обработки данных, в основу которых входит статистический анализ, характеризуются меньшим диапазоном разброса.

Машинная обработка данных позволяет получить точечные, послойные или суммарные сведения о пористости, водонасыщенности горных пород, о мощности нефтегазоносной толщи, а также о степени изменений, вызываемых буровым раствором (что позволяет судить об убывании нефтенасыщенности).

При наличии коллекторов, для которых получение кернов и последующий их анализ связано с затруднениями, оказывается неэкономичным или невозможным, специалисты могут быть вынуждены определить нефтегазоносность и параметры залежей исключительно только по данным этой обработки. Данных для этого необходимо знать надежность данных, чтобы оценить точность сделанных выводов.

Die modernen Bohrlochmessungen ermöglichen die Berechnung von Lagerstättenparametern aus den digitalisierten Messdaten mit Hilfe elektronischer Datenverarbeitungsanlagen. Die Genauigkeit der gewonnenen Parameter hängt von der Genauigkeit (1) der Messungen, (2) der Digitalisierung und (3) der Methode der Datenverarbeitung ab. Diese Arbeit ist ein Versuch, die Fortpflanzung der Fehler im Berechnungsvorgang an Hand eines Beispiels zuverfolgen, wobei auch einige allgemeingültige Folgerungen abgeleitet werden konnten. Auswertungen, die sich in der statischen Analyse der Ausgangsdaten begründen, weisen engere Streubreiten auf.

Die mit Rechenanlagen durchgeführte Auswertung gibt Werte der Porosität und Wassersättigung, die Mächtigkeit der Bereiche mit verdrängbaren Kohlenwasserstoffen, sowie selbst den Grad ihrer Veränderung (sein Hinweis auf den Entlösungsgrad) durch Bohrflüssigkeit punktwiese, schichtenweise oder summarisch an.

In Speichergesteinen, wo die Kernentnahme, sowie die nachträgliche Bearbeitung des Materials schwierig, unwirtschaftlich oder fast unmöglich ist, kann der Lagerstättenmann gezwungen sein, den KW-Inhalt und die Reserven allein auf Grund der Auswertung anzugeben. Hierbei muss die Verlässlichkeit der Werte bekannt sein, um die Genauigkeit der Aussagen – geringste sichere, mittlere wahrscheinliche und maximal mögliche Reserven – anzugeben.



A számítógéberendezésekkel végrehajtott feldolgozás a porozitás, a víztelítettség, a kinyerhető szénhidrogének tartományának vastagsága, valamint a fúrófolyadék által létrehozott elváltozások foka (ez az olajtalanodásra utal) felől nyújt pontoszerű, rétegenkénti vagy összegezett felvilágosítást.

Olyan tárolóközetekben, ahol a magvétel, valamint az anyag utólagos feldolgozása nehéz, gazdaságtalan, vagy majdnem lehetetlen, a telep vizsgálója kényszerítve lehet arra, hogy a szénhidrogéntartalmat és a készletet egyedül ennek a feldolgozásnak az alapján adja meg. Ehhez ismernie kell az adatok megbízhatóságát, hogy megállapításai — a legkisebb biztos, a közepes valószínű és a maximálisan lehetséges készlet — pontosságát is megadhassa.

A számítógépes feldolgozás hibái három főforrásból erednek:

1. a mérés maga,
2. a digitalizálási eljárás,
3. a feldolgozási eljárás.

Abból a célból, hogy legalább az egyáltalán lehetséges adatokat kinyomozzuk, a mérések számára optimális fúrólyukbeli feltételeket kell biztosítani. Ezeket a feltételeket a példaként használt fúrásnál sikerült teljesen elérni. Ennek a fúrásnak az volt a célja, hogy ismert, lapos településű, nem konszolidálódott, agyagos, fiatalabb terciér olaj- és gáztartalmú homokrétegeket fúrjanak át és komplex mérési program segítségével az összes elérhető mérési adatot megkapják. A mérési program a következő volt: *IES, LL, MLL, MLC, FDC, SNP, GR*. Egyes méréseket ismételten elvégeztek, és mind ezeket, mind a később mélyített fúrásoknál végzett megismételt méréseket statisztikailag vizsgálták.

A mérések reprodukálhatóságát a mért paraméter pontosságának mértékéül lehet választani. Ezt a következő tényezők befolyásolják: a vizsgálati tartomány nagysága, a mérőműszer ellenőrizhetetlen helyzetváltoztatásai a fúrólyukban, valamint a mérési módszerek sajátosságai.

1. Minél nagyobb a vizsgált térfogat — minél nagyobbak azok a tartományok, amelyekben a mérések átlagolnak —, annál jobban reprodukálhatók a mérések. Így például nem találtak különbségeket az *IES*, a 16"-es normális és laterológ, valamint más, a fúrólyukban szabadon mozgó mérések ismétlésénél. Másrészt viszont erősödnek az átmeneti alakzatok (transition patterns), és ezáltal a mért görbék mind nagyobb része válik alkalmatlanná a statisztikai elemzés céljára. A mikroellenállásmérésnél gyakorlatilag nincsenek ilyen átmeneti alakzatok, viszont túl sok a pont, amelyeket a feldolgozásnál átlagolni kell: a reprodukálhatóság rossz.

2. A mérőműszer helyzetének változása olyan eljárásoknál lényeges, amelyeknél az érzékelő elemeket kényszerpályán vezetik, mert a kívánt ideális helyzettől való minden eltérés befolyásolja a reprodukálhatóságot. A nagyobb eltéréseket az egyidejűleg végzett fúrólyukkaliber-mérésekkel lehet kimutatni. A finomabb változásokat csak a mérések megismétlése útján lehet felderíteni.

3. Az eljárásból eredő hatások az akusztikus és a radioaktív eljárásnál jelentkeznek. Míg ezek a hatások a sonielőgnál jól felismerhetők, addig a radioaktív sugárzás sajátos statisztikus ingadozása minden más hatást felülmúl. Az ezzel kapcsolatos vizsgálatok során csak a statisztikusan adott szórás határok túllépése esetén lehet más hibaforrásokra következtetni.

A mérések hibái: Miután az *SP, IL, 16"-es LL* és akusztikus méréseknél szórás nem jelentkezik, a valódi értékektől való eltéréseket ezeknél — legalábbis



elméletileg – korrekciókkal ki lehet küszöbölni. A computerizált kiértékelésnél ez azonban nem lehetséges, mert ehhez ezeknek a görbéknek az átmeneti alakzatok kiküszöbölésével való újjáalakítása volna szükséges.

A *gamma*sugárzás mérését csak nagyon meredeken dülő rétegekben befolyásolja a mérőszonda helyzetváltozása, a sugárzási folyamat jellemző saját ingadozásán kívül. Ez az eset a mi példánkban nem állt fenn. Az egyes mérés hibája:

$$v_\gamma = \pm \sqrt{N_a}$$

ahol  $N_a$  a mért érték (beütésszám).

Az 5 m-es szakaszon vett középérték hibája nagyon kicsi, értéke

$$v_\gamma = \pm \sqrt{\frac{N_a \cdot 1200}{3600 \cdot 15}} \approx \pm 1 \text{ cps } 50 \text{ cps-nél (a mérés sebessége } 7 \text{ m/perc.)}$$

A legnagyobb relatív hiba a kis sugárzási intenzitású rétegekben lép fel: ezek a produktív homokrétegek. Ha a *gamma*sugárzás mérését, mint agyagmárga-indikátort tekintjük, akkor  $V_{sh}$  így meghatározott értékének a hibája a következő:

$$v_\gamma = \frac{GR_{\max} - [GR \pm 0,15 \sqrt{GRA}]}{GR_{\max} - GR_{\min}} - V_{sh} = \frac{0,15 \sqrt{GRA}}{GR_{\max} - GR_{\min}},$$

mely a mi esetünkben a következő határok között feküdt:

$$2,2 \leq |v_\gamma| \leq 3,5 \text{ porozitás-egység (P. E.).}$$

Mivel a *gamma*sugárzás mérését az agyagon kívül más formációs tényezők is befolyásolják,  $V_{sh}$  maximális értéket jelent, s ezáltal az itt megadott közép-hiba minimális. Agyagbetelepüléseknél  $V_{sh}$  túlságosan kicsiny, vékony homok esetében túlságosan nagy. Mind  $GR_{\max}$ -ot, mind  $GR_{\min}$ -ot hosszabb szakaszokon kell átlagolni, különben  $V_{sh}$  hibája kereken a kétszeresére nő. A mérés sebességének és az időállandó szerepe az átmeneti alakzatra igen erős és közismerten aszimmetrikus.

A *sűrűségmérés hibája* két ok következménye lehet:

a sugárzási folyamat statisztikus ingadozása;

a mérőműszer helyzetváltoztatása.

A statisztikus hiba meghatározására a Compton-folyamat egyszerű formulájából indulunk ki:

$$V_\gamma = A \rho e^{-Bx}$$

Ennek alapján a *sűrűségmérésből* levezetett porozitás hibája a következő:

$$V_D = [A \lg(N_a \pm \sqrt{CN_a}) - B - \Phi_D] = A \lg \left( 1 \pm \frac{1}{\sqrt{CN_a}} \right) = \pm \frac{A}{\sqrt{N_a}}$$

A *sűrűségmérésből* levezetett porozitás abszolút hibája alapvetően egyenesen arányos a számlált érték relatív hibájával. Számértékeket Alger et al. [1] számlált értékeinek felhasználásával nyertek.

Kiváló fúrólukbeli viszonyok között – mint a jelen esetben is – a nem korrigált *sűrűség*görbe pontosabb, mint a *sűrűségmérésekből* levezetett porozitásértékek.



A közelítő formulákból le lehet vezetni, hogy egy 20 P. E.-ü egyes érték 70%-os valószínűséggel a következő határok közé esik:

<i>FDC</i>	<i>Long-spac. detektor</i>
18,4 – 21,6 P. E.	18,8 – 21,2 P. E.

A hiba a porozitás értékével fordítottan arányos, ezáltal a relatív hiba kis porozitás esetén nagyon nagy.

Az *epitermális neutron-porozitás-mérés (SNP)* a porozitást egy ún. hidrogén-index segítségével adja meg.

Mivel a felszerelés hasonlít a sűrűség mérésére, a hibák forrásait éppúgy, mint az előzőnél

a sugárzási folyamat statisztikus ingadozásaiban és fúrólukbeli helyzetváltoztatásokban lehet keresni.

A berendezés porozitás-jelzését folyadékkal megtöltött kőzet esetében a következő képlettel lehet leírni [2]:

$$e^{-B\Phi} = E(N_a - N_t).$$

A neutron-mérésből levezetett porozitás fordítottan arányos a beütésszám egy konstans értékkel csökkentett értékének logaritmusával.

Ennek alapján a neutron-mérésből meghatározott porozitás hibája körülbelül a porozitás exponenciális értékével arányos.

A Tittman et al. nyomán számított számszerű értékek alapján a jelen jó fúrólukviszonyok esetén a lehetséges helyzetváltoztatás nem játszott észrevehető szerepet.

A pontosságot közelítő képletekkel lehet megadni.

Egy 20 P. E.-es érték 70%-os valószínűséggel 18,7 – 21,3 P. E. között van a valótságban.

A hibaszámítás azt mutatja, hogy nagy értékek esetében a hiba sokkal gyorsabban nő, mint a sűrűségmérés esetében kis értékeknél. Ezzel szemben a relatív hiba nagyjából azonos marad.

Az ún. *mikrolaterolog* az elárasztott zóna fajlagos ellenállását ( $R_{x0}$ ) méri homokos hordozó kőzetekben. A mért értéket az üledékek anizotrópiája, valamint a műszer helyzetváltozásai befolyásolják. A közepes ingadozást csak a szóbajöhető  $R_{x0}$ -értékek esetében, a gyakorlatilag megállapított 1/4"-es iszapleány-vastagság mellett határozzuk meg. Az iszapleány vastagságának  $\pm 1/16$ "-kel való változását észrevehetetlennek, és ennek megfelelően korrekciós hibának tekintjük. Az egyes érték ennek következtében a középértéktől így tér el:

$$V_{rx0} = 0,05 \cdot R_{x0} \pm f(R_{x0})$$

ahol

$$f(R_{x0}) \approx 0,73 e^{0,05 \cdot R_{x0}} \quad \text{és} \quad R_{x0} = R_{MLL} \cdot \cos r$$

$R_{MLL}$ korr.	Közepes ingadozás
9,0 $\Omega$ m	8,5 – 10,4 $\Omega$ m
18,4 $\Omega$ m	18,1 – 20,5 $\Omega$ m
28,1 $\Omega$ m	28,0 – 31,1 $\Omega$ m
38,1 $\Omega$ m	38,0 – 42,1 $\Omega$ m

Ezek az értékek a minimális szórást mutatják, mert a bizonyára jelenlevő egyéb hibaforrásokat hasonló megfontolások alapján nem lehetett előre meg-



határozni. Mivel a tulajdonképpeni kiértékelés előtt harmonikus középérték-képzés történik, először az ilyen módon számított középértékek hibáját kell figyelembe venni.

(Az ellenállás harmonikus középértéke azonos a vezetőképesség számtani középértékének reciprokával).

### *A digitalizálás hibái*

A számítások során felhasznált értékek hibájának meghatározása céljából még a görbék digitalizálása során létrejövő szórást kell megvizsgálnunk.

A digitalizálás hibái két forrásból eredhetnek:

a) magának a digitalizálásnak a rendszeréből és

b) emberi hibából (utólagos digitalizálás esetén), amint ez a mi esetünkben is előfordult. A digitalizálás jóságának fokát az mutatja, mennyire lehet az eredeti görbét a digitális adatokból visszaállítani.

A középhibát az összes mérések esetén a következő formulával lehet kellő pontossággal leírni:

ahol

$$v_d = \pm \sqrt{(v_0)^2 + (v_e)^2}$$

$$v_0 = \pm 0,05 \cdot SF \text{ és}$$

$$v_e = \pm K \cdot n \cdot h/s.$$

Ezekben a képletekben

*SF* a skálaérték: a diagram-osztásvonalainak megfelelő érték;

*n* a mérési görbe irányváltozásainak közepes száma hosszegységenként;

*s* a leolvasások száma hosszegységenként;

*h* a mérési görbék minimumai és maximumai közötti átlagos különbség (a határterületek kivételével);

*K* arányossági tényező (esetünkben 0,6).

Például a digitalizálás hibája a sűrűségmérésnél a fenti formula alapján a következő:

$$v_0 = \pm 0,05 \cdot 0,03 = \pm 0,15 \cdot 10^{-2},$$

mivel a diagram osztásvonala 3 porozitás egységet jelent és

$$v_e = \pm 0,6 \cdot \frac{3,5 \cdot 0,01}{3} = \pm 0,68 \cdot 10^{-2},$$

mivel  $n = 3,5$ ,  $h = 0,01$  (1) 3 rész-osztás),  $s = 3$  (3 érték méterenként).

Ennek alapján:

$$(v_d) D = \pm \sqrt{0,0225 \cdot 10^{-4} + 0,9624 \cdot 10^{-4}} = \pm 0,007 = \pm 0,7 P. E.$$

Hasonló módon kiszámítottuk a közepes szórást a gamma-sugárzás-, a neutron- és a mikrolaterológ mérések esetére is:

$$(v_d) N = \pm 1,65 P. E., (v_d) G = \pm 2,45 API, (v_d)_{x_0} = 2,6 \Omega m.$$

A formulák alapján ki lehet számítani, hány mintát kell mélységmérerenként venni egy meghatározott pontosság elérésére.



A következőkben röviden foglalkozunk a példánkban használt ún. „*Shaly Sand*” számítási eljárás hibaterjedésével.

A digitalizálás után ún. „*cross-plot*”-okat számítanak az agyagindikátorok használhatóságának megítélése, a szénhidrogének sűrűségi problémáinak megoldása céljából, valamint fajlagos ellenállásértékeket az *öblítővíz + formációvíz*, a közbetelepült agyagos márga stb. esetére. Itt csak néhány lényeges kérdésre térünk ki.

A neutronmérést a sűrűségmérésekből levezetett porozitásértékek alapján azzal a feltevéssel „*hitelesítik*”, hogy teljesen agyagmentes homokrétégek léteznek. Ez a kétféle leolvasás bizonyos összehangolását jelenti, és a következő veszélyt rejti magában:

Az agyagjelzés csökkenését és a porozitás-jelzés növekedését mindkét porozitás-mérés esetén, a sűrűség-mérésnél és a neutron-mérésnél egyaránt, vagy mindkettőnek az ellentétét. Ezáltal a két mérés statisztikus sajátjaiból származó szórás szisztematikus hibává változik. Ennek a hibának a hatása a következő megfontolásokból világlik ki:

Az agyagos vizes homok porozitásának meghatározása sűrűség és neutron mérés alapján két egyenlet alapján lehetséges:

$$\Phi_D = \Phi + CSD \cdot v_{sh} \quad CSD = 0,21$$

$$\Phi_N = \Phi + CSN \cdot v_{sh} \quad CSN = 0,39$$

(*CSD* és *CSN* a látszólagos porozitás értéke agyagban), amelyekből a következő képlet vezethető le:

$$\Phi = \frac{CSN \cdot \Phi_D - CSD \cdot \Phi_N}{CSN - CSD}$$

A porozitás ilyen módon meghatározott egyetlen értékének a középhibája:

$$v_{\Phi(N-D)} = \pm \frac{\sqrt{(CSN \cdot v'_D)^2 + (CSD \cdot v_N)^2}}{CSN - CSD} \geq \pm 4,0 P. E.$$

ahol

$$|v'_D| = \sqrt{(v_D)^2 + (v_d)_D^2} \quad (v'_N) = \sqrt{v_N^2 + (v_d)_N^2}$$

Ennek a porozitás-középhibának a minimuma 20 P. E.-s porozitás körül van; maga az érték mindig  $\pm 4,0 P. E.$ -nél nagyobb.

Ha először csak az agyagtartalmat határozzuk meg, a két mért érték alapján, akkor:

$$V_{sh} = \frac{\Phi_N - \Phi_D}{CSN - CSD}$$

és az egyedi érték középhibáját a következő formulából kapjuk:

$$(v)_{v(N-D)} = \frac{\sqrt{(v'_D)^2 + (v'_N)^2}}{CSN - CSN} \geq 12,0 P. E.$$

Ez a 12 egységnyi középhiba-minimum körülbelül 15 P. E.-nél van.



A harmadik lehetőség az, amely a programban felhasználásra kerül. Az agyagtartalomnak az értékét függetlenül határozzuk meg, s ezáltal az egyedi érték is többszörösen meghatározott, és lehetséges a középérték képzése:

$$\Phi = \frac{1}{2} (\Phi_D + \Phi_N) - \frac{1}{2} (CSN + CSD) V_{sh}^+.$$

$V_{sh}^+$ -t más agyagindikátorok alapján vezetjük le.

Ebben az esetben a porozitás középhibája az agyagtartalom értékének hibájától függően csökken, a következő formulának megfelelően:

$$(v)_\Phi = \pm \frac{1}{2} \sqrt{(v'_D)^2 + (v'_N)^2 + [(CSN + CSD) v_V^+]^2} \geq 2,0 P. E.$$

A minimális értéket körülbelül 15 P. E.-nél érjük el.

A porozitás értékét pontosabban lehet meghatározni az agyagtartalommal együtt, ha a sűrűség és neutronmérés közelfekvő leolvasási értékei alapján középértéket képezünk.

A számtani középérték megkívánja ugyanis, hogy

$$\bar{v}_{\Phi(N-D)} = \pm \sqrt{(v'_N)^2 + (v'_D)^2} \leq 3,0 P. E.$$

és

$$\bar{v}_{v(N-D)} = \pm \sqrt{(CSN \cdot v'_N)^2 + (CSD \cdot v'_D)^2} \leq 1,5 P. E.$$

legyen. Ezáltal mindkét érték hibája kisebb, mint az előző számítási módszerek esetében volt.

Olaj- és gáztartalmú agyagos homokok esetén a már említett „Shaly Sand” számítási program alkalmazása után a feldolgozást a porozitás, a maradék olaj- (vagy gáz)- telítettség és az agyagtartalom iterációs úton történő kiszámítása után az öblítéssel nem befolyásolt zóna víztelítettségének meghatározásával fejezték be.

Az iteráció azért szükséges, mert csak 3 egyenletünk van, 4 ismeretlen — az olaj (gáz) sűrűsége, az agyagtartalom, a porozitás és a maradék telítettség — meghatározására. Az első közelítő számítás után el kell döntenünk, hogy a rétegben gáz vagy olaj van-e, és ezáltal a további számításban az elárasztott zónabeli maradék szénhidrogének sűrűsége adott. Ennek megfelelően az eredmények hibájának meghatározására csak a maradék-telítettség  $(1 - S_{x0})$ , az agyagtartalom  $(V_{sh})$  és a porozitás  $(\Phi)$  értéke marad változó.

A hibaszámítás formulái az eddig bemutatottakhoz hasonlóan határozhatók meg. Ehhez a végleges értékek meghatározásának számítási módját kell figyelembe venni. A „Szinergikus” diagramban feltüntetett hibák a következő feltételek esetén jönnek létre.

- Az agyagtartalom értékét, mint a legkisebb értéket más források alapján, saját hibájával vezetjük be, ( $\leq \pm 5,0 P. E.$ );
- ebből következik a végső számítás, mint középértékképzés a sűrűség- és neutron-méréseknek a szénhidrogének hatására már korrigált leolvasás alapján;
- $S_{x0}$  meghatározására a következő képlet szolgál:



$$\frac{1}{R_{x0}} = \frac{V_{sh}}{R_{sh}} S_{x0} + \frac{\Phi^2 S_{x0}^2}{0,8 \cdot R_{nf}}$$

d) a formáció-ellenállásnak létezik reális értéke.

Jól jellemző értékek nagy vastagságú zónák eredményei alapján nyerhetők. A különböző mérések átmeneti alakzatai arra kényszerítenek, hogy ezeket a tartományokat ne vegyük figyelembe a jellemző értékek képzésénél. A különböző hibák és az átmeneti alakzatok együttes hatására a gázos homokot nem ismertük fel.

Végezetül arra utalunk, hogy rétegsomagok kiértékelési problémáinak esetén, amikor az egyes rétegek kiinduló adatait közepelni lehet, és amikor a számítás a középértékek keresésének, vagyis az eltérések négyzetösszeg-minimumának irányába tolódik, szűkebb szóráshatárokra számíthatunk.

Másik lehetőségként kínálkozik a különböző közbenső számítások hiteleségének biztosítására a középértékképzés; ezután a kiértékelést zárt iterációs eljárással kell végrehajtani.

### Záró megjegyzés

A fúrólukbeli mérésekből adatfeldolgozó berendezésekkel meghatározott közetfizikai paraméterek pontossági határait meg lehet becsülni. Ehhez először az egyes mérések közepes hibahatárait kell meghatározni, majd a digitalizálás (mintavétel) hibáit, majd ezeknek a hibáknak a terjedését a számítások során. Éppen azok a különböző módok, ahogyan a hibák terjednek, teszik lehetővé, hogy a legkedvezőbb számítási lépéseket kiválasszuk.

### IRODALOM

- [1] *Alger, R. P. et al* Formation Density Log Application in Liquid Filled Holes, J. Petr. Techn. (1963. március).
- [2] *Stick, J. C. et al* Present Techniques in Nuclear Radiation Log Interpretation.
- [3] *Tittman, J. et al*: The Sidewell Epithermal Neutron Porosity, Log SPE 1180.
- [4] *Baule, B.*: Die Mathematik des Naturforschers und Ingenieurs. Leipzig. 1959.