

Neheztőanyagok szerepe a korszerű öblítőfolyadék-technológiában

A neheztőanyagok (barit, ilmenit, hematit stb.) jelentős szerepet játszanak mind az öblítőfolyadék jellemzői, mind a fúrási sebesség szempontjából.

A hazai mélyfúrásokhoz felhasznált barit fizikai jellemzőinek részletes elemzése alapján kimutatható, hogy elsősorban a részecskeméret-eloszlás kedvezőtlen.

Ennek negatív hatását üzemi adatok is egyértelműen alátámasztják. A barit minőségi mutatóinak javítása különösen a nagy mélységű fúrások extrém viszonyaira való tekintettel sürgős feladat.

Bevezetés

A fúrási technológia optimalizálására irányuló törekvések [1] az öblítőfolyadék-technológia fejlesztése révén is jelentős támogatást nyertek az elmúlt két évtizedben [2, 3]. Számos újabb tapasztalat arra utal azonban, hogy e téren még további jelentős, kellően ki nem aknázott lehetőségekkel rendelkezünk. Erre a tényre a célszerűségi szempontok mellett bizonyos kényszerítő körülmények is nyomtatékosan felhívják a figyelmet.

A hagyományos, s így legszélesebb területen, legnagyobb mennyiségben alkalmazott neheztőanyag — az öblítőfolyadék sűrűségének növelésére — a barit. Ezen kulcsfontosságú adalék — amely kémiai összetételét tekintve bárium-szulfát — olajipari felhasználása jelenleg évi 2,5—3,0 millió tonnára tehető. A kiemelkedő minőségű természetes előfordulások fokozatos kimerülése következtében azonban mind nehezebbé válik még a 4200 kg/m³-es minimális sűrűség biztosítása is [4]. A szükségképpen mind nagyobb teret nyelő alternatív megoldások — sziderit, hematit, ilmenit, mészkőliszt stb. — nem pusztán a barit helyettesítését célozzák, de alkalmazásuk további előnyökkel is jár.

A karbonáttípusú ásványok teljes — vagy az oxidtípusok jelentős — savoldhatósága a rétegtkárosító hatás számottevő csökkenését eredményezi [5].

A bariténál nagyobb sűrűségű ásványok alkalmazása az öblítőfolyadék szilárdanyag-tartalmának csökkentését teszi lehetővé, amely önmagában is jelentős hatással bír [6]. Van azonban egy további tényező is, amelyre csak az utóbbi években irányult kellő figyelem.

A neheztőanyag részecskeméret-eloszlásának jelentősége

A korszerű fúrási technológia által meghatározott feltételeknek megfelelő reológiai tulajdonságokkal rendelkező öblítőfolyadékból a 70—80 μm-nél nagyobb ekvivalens átmérőjű baritszemcsék nagy valószínűséggel kiülepednek az öblítőkör kis áramlási sebességű helyein (csatorna, tartályok stb.). Ennek megakadályozását

célozza az a követelmény, hogy a 74 μm feletti méretű részecskék mennyiségének a neheztőanyagok esetében célszerűen kisebbnek kell lenniük, mint 3^{0/0} [7]. Természetesen a neheztőanyag részecskéi is részt vesznek a porózus közetbe történő folyadékkiszűrődés szabályozásában. Ezzel összefüggésben Abrams [8] megállapította, hogy az ún. „hidképző” hatás az öblítőfolyadék szilárd fázisa részecskeméret-eloszlásának, illetve a közet porusméret-eloszlásának együttesen a függvénye.

Kézenfekvő, hogy ez a hatás a fúrási sebességet is befolyásolja, hiszen a lyuktalpi dinamikus filtráció sebessége döntően függ a közet porusainak eltömődésétől [9]. Erre a tényre a hazai eredmények is rámutattak, éppen a neheztőanyagok alkalmazásával összefüggésben [10].

Ismert, hogy a fúrási sebesség csökkenésében a szilárdanyag-tartalom növekedése mellett — vagy méginkább előtt — a kisméretű részecskék (<5 μm) mennyiségének növekedése játszik fontos szerepet, bár elsősorban az 1 μm alatti frakció negatív hatása a döntő.

A barit helyettesítésére alkalmas ilmenit (Bar-Gain-USA) felhasználásával a fúrólyukbani viszonyokat megvalósító laboratóriumi kísérletek során kis kolloidanyag-tartalmú olajközegű öblítőfolyadékkal ($\rho = 1670 \text{ kg/m}^3$) 50—70^{0/0}-os fúrási sebesség-növekedést értek el, a barittal neheztett rendszerhez viszonyítva [11].

Meggyőzően támasztották alá a kedvezőbb részecskeméret eloszlás hatását az üzemi eredmények is, a fúrási sebesség 30—60^{0/0}-os növekedésén keresztül.

Megerősítik ezeket a tapasztalatokat [9] adatai is.

Kézenfekvő ugyanakkor, hogy a kisméretű baritszemcsék a fúrási teljesítmények csökkentése mellett az öblítőfolyadék reológiai paramétereinek szabályozását is rendkívül megnehezítik.

A különböző neheztőanyagok jellemzői:

Ismeretes, hogy a hazai olajipar baritszükségletét jugoszláv, illetve bolgár forrásból fedezi. Az előbbi természetes előfordulásból származik, az utóbbi flotációs eljárással elválasztott termék, amelyek őrlése, illetve újraőrlése hazánkban történik.

A bolgár barit sűrűsége megközelíti, illetve sok esetben meghaladja az API előírás szerinti minimumot, általában 4100—4300 kg/m³ között mozog.

A jugoszláv forrásból származó barit sűrűsége azonban ennél számottevően kisebb, s viszonylag nagy ingadozást (3550—4000 kg/m³) mutat.

Nehezítőanyagok részecskeméret-eloszlása

Méret	Bolgát-I.	Jug-II.	USA-barit	USA-sziderit	Fer-O-Bar	Bar-Gain	Mil-Dense
>100 μm	0,5	1,5	1,0	0	0	0	0
90-100 "	2,0	1,0	0,5	1,0	0	0	2,0
80-90 "	2,5	1,0	1,5	2,0	0,5	0	2,5
70-80 "	3,0	1,5	2,0	4,5	1,0	0	2,5
60-70 "	3,5	1,5	3,0	9,5	2,0	2,0	3,5
50-60 "	4,5	3,0	6,5	10,5	6,5	3,5	5,5
40-50 "	6,5	4,5	11,0	12,5	10,0	13,0	8,5
30-40 "	15,5	12,0	15,5	15,0	12,0	25,0	20,0
20-30 "	12,5	15,0	20,0	15,0	18,0	39,0	21,0
10-20 "	22,0	18,0	27,5	19,0	23,0	9,5	23,5
< 10 "	27,5	41,0	11,5	11,0	27,0	8,0	12,0

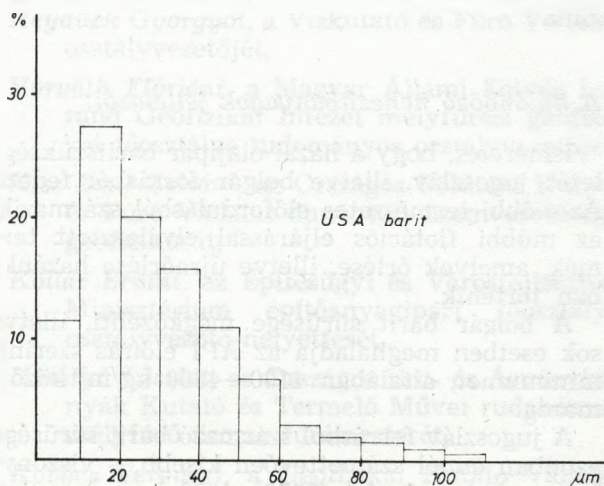
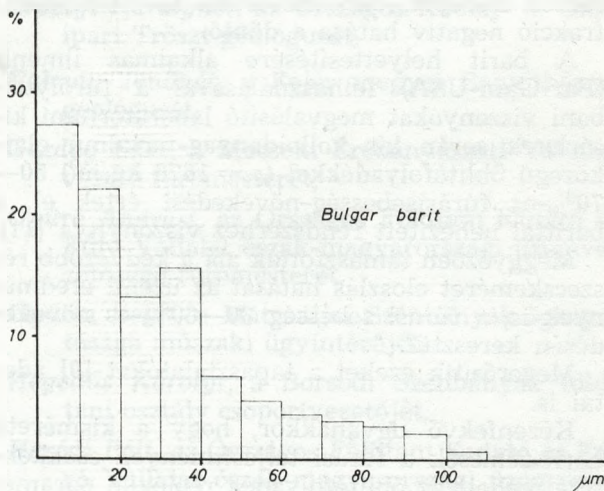
1. sz. táblázat

Különböző nehezítőanyagok jellemzői

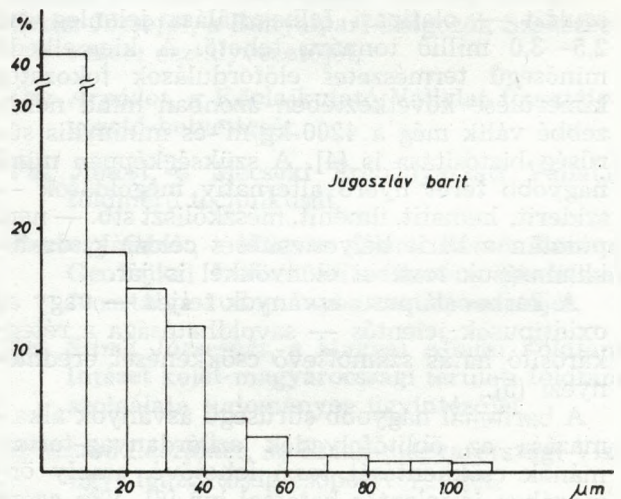
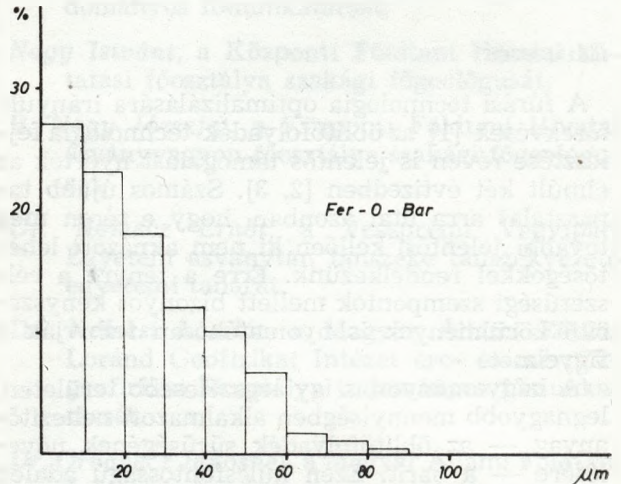
Nehezítőanyag	Sűrűség $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	Metilénké- kapacitás $\text{meq}/100\text{ g}$
Barit B—I.	4200	$1,5 \times 10^{-2}$
Barit B—II.	4120	$1,8 \times 10^{-2}$
Barit J—I.	3670	0,47
Barit J—II.	3550	0,90
Barit S—C—14.	3930	$9,0 \times 10^{-2}$
Mil-Dense	4910	$5,2 \times 10^{-2}$

A 2. táblázatban foglaltuk össze néhány nehezítőanyag részecskeméret-eloszlását. A méret-eloszlás jellegzetességeit szemléletesen mutatja az 1—3. ábra.

Mindenképpen szembevetendő, hogy a hazai baritok esetében rendkívül nagy a 10 μm alatti frakció aránya, s ezen belül is jelentős az 5 μm -nél kisebb átmérőjű részecskék mennyisége.



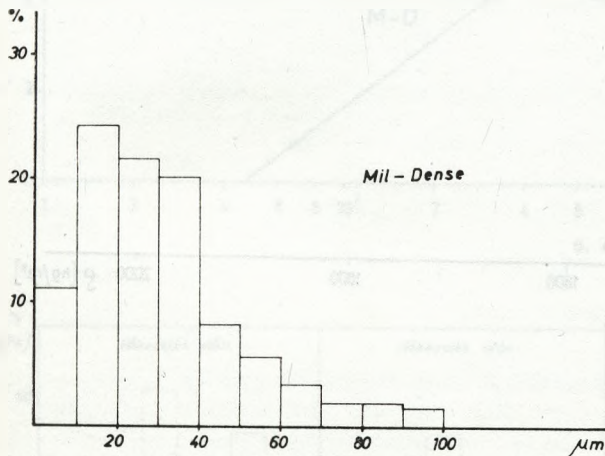
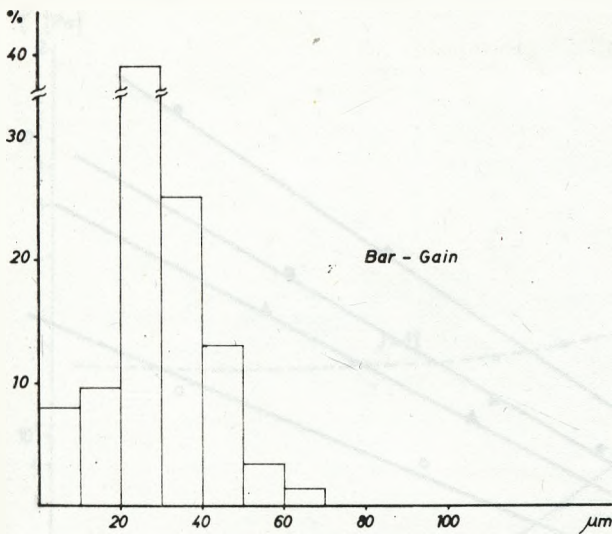
1. ábra



2. ábra

Ez az a mérettartomány, amely a fúrési sebesség drasztikus csökkentése mellett a reológiai tulajdonságok szabályozását is rendkívül megnehezíti.

Az igazán korszerű nehezítőanyag jellemzőit a legszemléletesebben a Bar-Gain mutatja. Az ilmenit (vastitanát) viszonylag nagy sűrűsége ($4560\text{ kg}/\text{m}^3$) az egyik nagy előny, amely a szilárdanyag-tartalom csökkentését teszi lehetővé. A döntő előny azonban az, hogy ez a nehezítőanyag gyakorlatilag nem tartalmaz 5 μm -nél ki-



3. ábra

sebb átmérőjű részecskéket. Ez a tény közvetlenül realizálódik a már említett mértékű fúrási sebesség növekedésében, kedvezőbb reológiai tulajdonságokban.

A Bar-Gain szemléletesen példázza az igazán korszerű nehezítőanyag jellemzőit, amelyek közül külön is ki kell emelni a következőket:

- nagy sűrűség, amely az öblítőfolyadék nagy sűrűsége esetén is kis szilárdanyag-tartalom fenntartását teszi lehetővé,
- gyakorlatilag nem tartalmaz $5 \mu\text{m}$ alatti méretű részecskéket, amelyek negatív szerepet játszanak a fúrási sebesség alakulásában és a reológiai tulajdonságok szabályozásában egyaránt,
- gyakorlatilag nem tartalmaz $60 \mu\text{m}$ feletti méretű részecskéket, s így a hidraulikai szempontból előnyös kis viszkozitásoknál is minimálisra csökken a nehezítőanyag kiülepedésének veszélye,
- keménysége kellően nagy ahhoz, hogy a keringés közben nyíróerő hatására a részecskeméret gyakorlatilag ne változzon, de nem olyan nagy, hogy számottevő abráziót okozzon.

Külön is szükséges hangsúlyozni, hogy a nehezítőanyag nagy sűrűsége és méginkább a szűk mérettartomány — közel 80%-a $20\text{--}50 \mu\text{m}$ kö-

zötti rész — rendkívül előnyös a nehezített öblítőfolyadékok hatékony szilárdanyag-szabályozása — a „mud clean”-erek alkalmazása — szempontjából.

Ilyen összehasonlításban méginkább szembe-tűnő, hogy a hazai felhasználású barit $24\text{--}45\%$ -a $10 \mu\text{m}$ alatti méretű, s ezt a tényt a nehezített öblítőfolyadékok mechanikai szilárdanyag-tartalom szabályozásának hiánya még tovább súlyosbítja.

Nyomatékosan hangsúlyozni kell, hogy ezen a helyzeten a szilárdanyag-szabályozás színvonalától függetlenül sürgősen változtatni kell.

A nehezítőanyag jellemzőinek hatása az öblítőfolyadék tulajdonságaira

A nehezítőanyagok az öblítőfolyadékok szilárdanyag-tartalmát befolyásolják elsősorban. Ez a hatás rendkívül jelentős lehet, amit a 4. ábra adatai is igazolnak.

Kis sűrűségű barit alkalmazásakor (pl. J—II.) az öblítőfolyadék szilárdanyag-tartalma $0,05\text{--}0,10 \text{ m}^3/\text{m}^3$ -rel is nagyobb lehet az optimálisnál, s ez fúrás technológiai szempontból pótolhatatlan veszteséggel jár. Nagyobb sűrűségű nehezítőanyaggal összehasonlítva ez a $0,10\text{--}0,13 \text{ m}^3/\text{m}^3$ szilárdanyag-tartalom-különbséget is elérheti $1800 \text{ kg}/\text{m}^3$ öblítőfolyadék-sűrűségnél. A nehezítőanyagoknak az öblítőfolyadékok reológiai tulajdonságaira gyakorolt hatását elemző laboratóriumi vizsgálataink során a hazai baritokat a nagysűrűségű Mil—Dense-el hasonlítottuk össze. Az eredményekből kitűnik, hogy még az előnyösebbnek ítélt bolgár barit is kedvezőtlenebb reológiai paramétereket szolgáltatott, s leginkább szembe-tűnő ez a különbség kis nyírési sebességértékeknél.

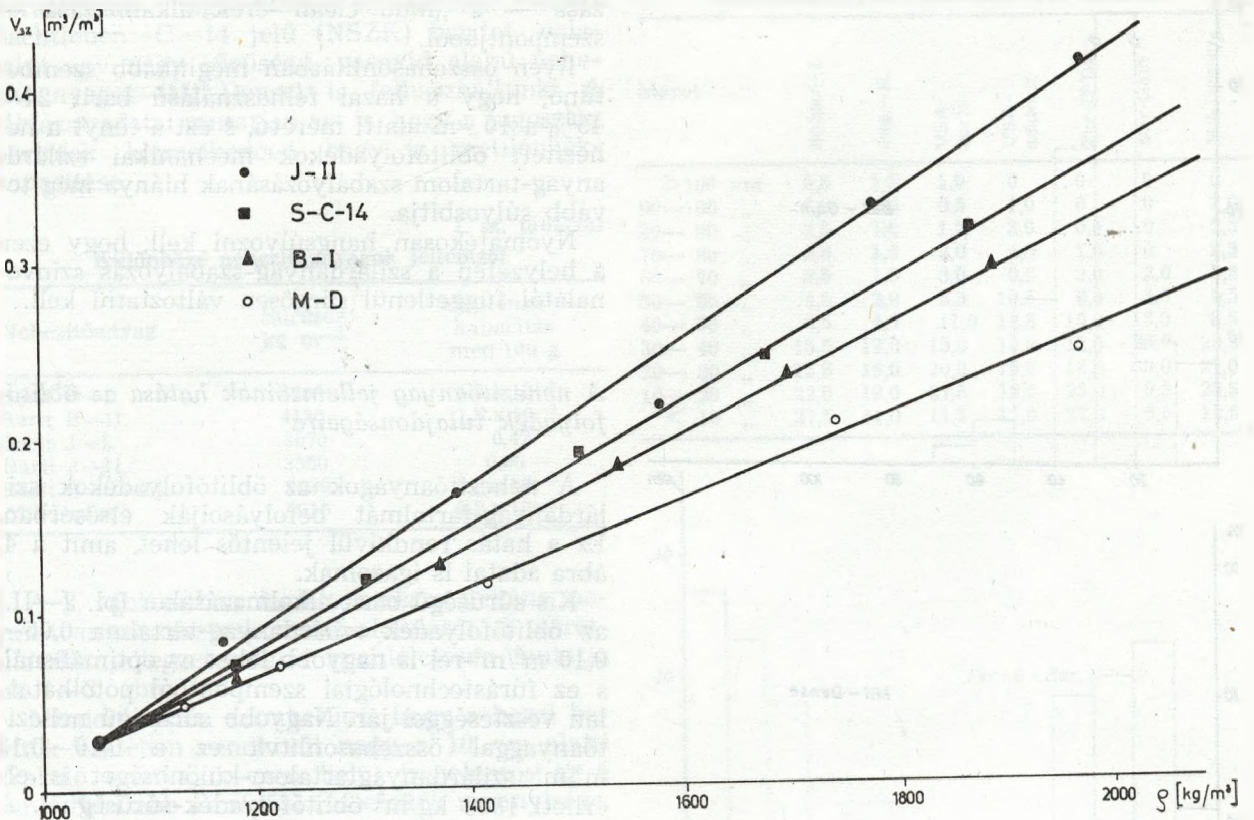
Amíg a Mil—Dense-el nehezített öblítőfolyadék (sűrűsége $1970 \text{ kg}/\text{m}^3$) reológiai jellemzőinek leírására gyakorlatilag a teljes nyírési sebesség tartományban alkalmazható az Ostwald—de Waele modell, addig a bolgár barittal nehezített rendszer tulajdonságai eltérnek azonos sűrűség mellett (5. ábra).

A jugoszláv eredetű barittal, illetve a Mil—Dense-el nehezített minták (sűrűség $1780 \text{ kg}/\text{m}^3$) folyásgörbéinek összehasonlítása (6. ábra) egyértelműen alátámasztja, hogy a jelzett eltérés alapvető oka a barit $5 \mu\text{m}$ alatti frakciójának rendkívül nagy mennyisége.

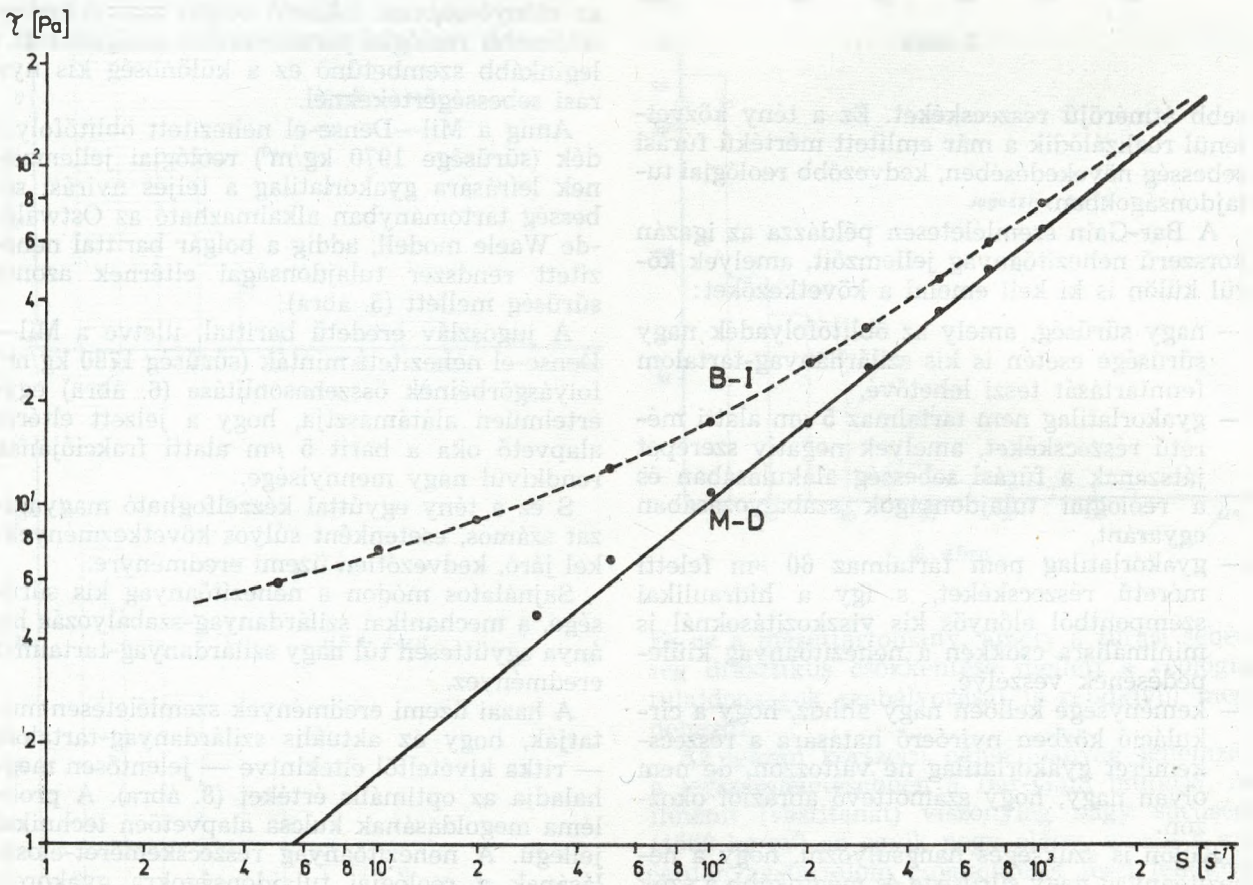
S ez a tény egyúttal kézzelfogható magyarázat számos, esetenként súlyos következményekkel járó, kedvezőtlen üzemi eredményre.

Sajnálatos módon a nehezítőanyag kis sűrűsége, a mechanikai szilárdanyag-szabályozás hiánya együttesen túl nagy szilárdanyag-tartalmat eredményez.

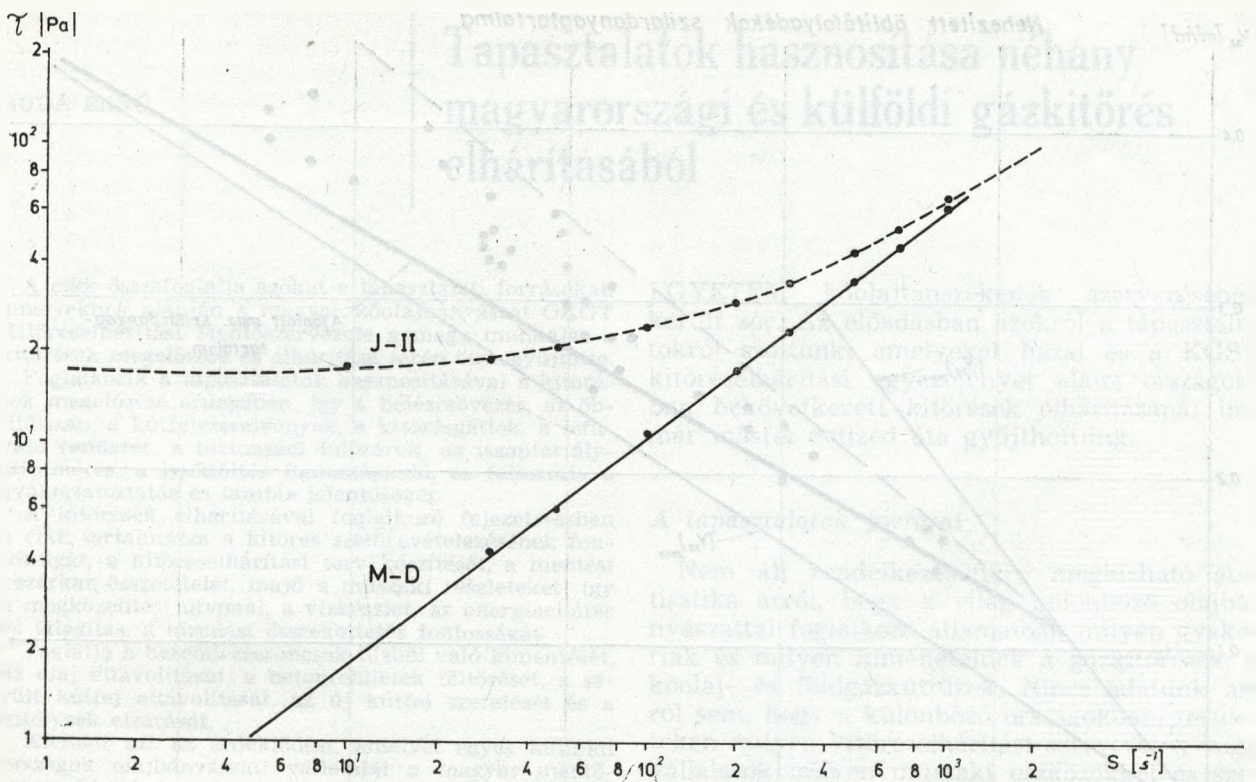
A hazai üzemi eredmények szemléletesen mutatják, hogy az aktuális szilárdanyag-tartalom — ritka kivételtől eltekintve — jelentősen meghaladja az optimális értéket (8. ábra). A probléma megoldásának kulcsa alapvetően technikai jellegű. A nehezítőanyag részecskeméret-eloszlásának a reológiai tulajdonságokra gyakorolt hatását tanulmányozva laboratóriumi vizsgálá-



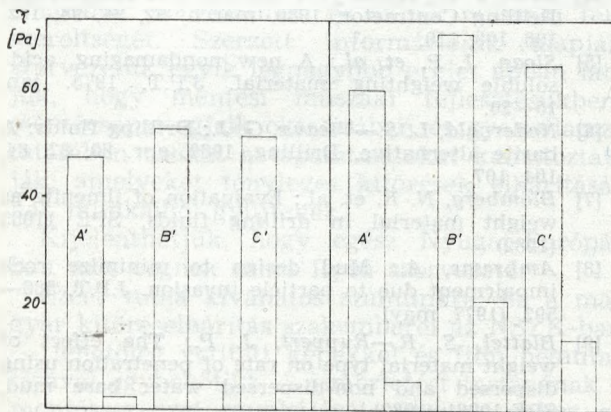
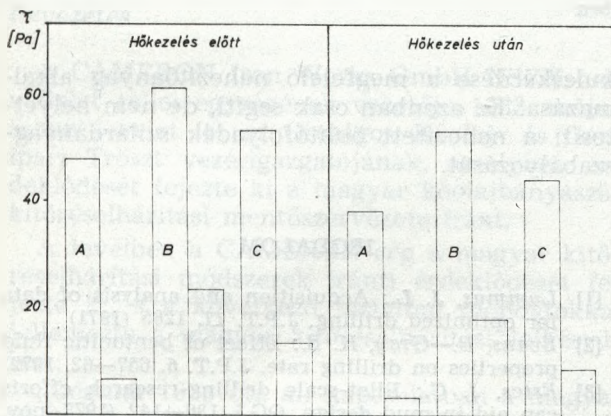
4. ábra



5. ábra



6. ábra



7. ábra

tokat végeztünk különböző részecskeméretű baritfrakciók felhasználásával. A 7. ábra alsó része adalékolt, 80 kg/m^3 koncentrációjú bentonit-szuszpenzió (10 kg/m^3 ferrokróm-lignoszulfonát

+ $3 \text{ kg/m}^3 \text{ NaOH}$ + $10 \text{ kg/m}^3 \text{ CMC}$) barittal nehezített (sűrűség: 1650 kg/m^3) változatainak $S = 1022 \text{ s}^{-1}$, illetve $S = 10.22 \text{ s}^{-1}$ nyírási sebességnél mért nyírásifeszültség-értékeit mutatja a 393 K -en végzett hőkezelés előtt és után.

Az „A” összetételben a barit csak a $25\text{--}32 \mu\text{m}$ közötti, a „B” összetételben csak a $20 \mu\text{m}$ alatti méretű részecskéket, míg a „C” összetétel az eredeti baritot tartalmazza.

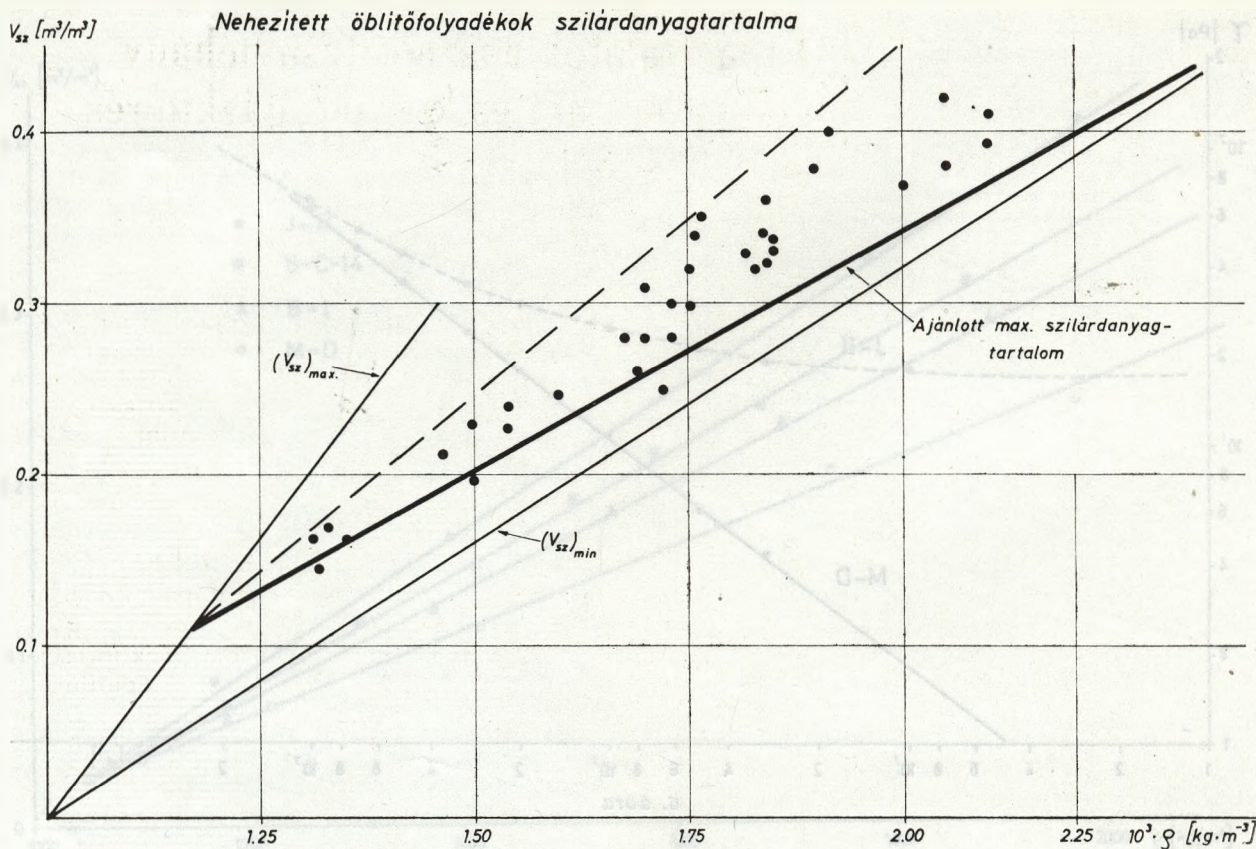
A felső rész azonos adatokat reprezentál, de gipszbázisú öblítőfolyadék esetében. Mindkét esetben egyértelmű, hogy a $25\text{--}32 \mu\text{m}$ közötti frakció biztosítja a legkedvezőbb reológiai tulajdonságokat. Szükséges azonban megjegyezni, hogy gyakorlatilag nem tapasztaltunk különbséget az előbbi, illetve a $20\text{--}25$, a $32\text{--}40$, valamint a $40\text{--}50 \mu\text{m}$ közötti baritfrakciók hatását illetően.

Ez a tapasztalat — az egyéb tényezőket is figyelembe véve — összhangban van a közel ideálisnak tekinthető részecskeméret eloszlású Bar—Gain jellemzőivel.

Az előbbieket megerősítést szolgálják ugyanakkor a 3. táblázat adatai, a reológiai jellemzők részletesebb bemutatásával. Csak a reológiai-hidraulikai szempontokat figyelembe véve is nyomatékosan hangsúlyozni kell, hogy a jelenleg alkalmazott barit hatása különösen kedvezőtlen helyzetet teremt a ki-beépítések alatt fellépő nyomáshullámzás szempontjából.

Összefoglalás

A hazai felhasználású baritok tulajdonságainak összehasonlító elemzése azt mutatja, hogy ezen rendkívül fontos — s különösen a mély-



8. ábra

3. sz. táblázat

Különböző részecskeméretű barittal neheztett gipszbázisú öblítőfolyadék reológiai jellemzői hőkezelés előtt és után

Hőmérséklet	298 K		393 K		413 K	
Minta jelzése	C	B	C	B	C	B
Nyírási feszültség						
τ_{1032}	31,3	38,1	26,3	33,5	28,4	35,0
τ_{511}	19,7	27,8	14,0	20,2	16,6	20,2
τ_{340}	15,6	23,2	10,0	15,3	12,3	15,3
τ_{170}	10,1	18,1	6,4	10,1	8,0	10,5
$\tau_{10,2}$	4,1	11,5	1,8	3,8	3,3	4,8
$\tau_{5,1}$	3,6	10,7	1,5	3,6	3,3	4,1
10'' mozg. ell. Pa	4,1	11,0	1,5	4,3	2,6	5,4
10' mozg. ell. Pa	11,5	13,3	3,3	7,4	6,4	12,5
n	—	0,70	0,45	0,90	0,73	0,77
K Pa·sn	0,24	1,62	0,04	0,21	0,13	0,14

fúrások esetében döntő jelentőségű — öblítőfolyadék *alapanyag*-jellemzői messze elmaradnak a korszerű technológia által meghatározott követelményektől.

A vizsgálati eredmények tükrében — s ezt az üzemi eredmények megerősítik — mindenképp előtt a részecskeméret-eloszlás, vagyis az őrlési technológia megváltoztatása parancsoló szükség-szerűség.

Ezen túlmenően azonban különös figyelmet kell fordítani a nyersanyag sűrűségének meghatározására, illetve csak a megfelelő sűrűségű nyersanyag felhasználására.

A túlnyomós rétegeket harántoló fúrások lemélyítésének nemcsak öblítőfolyadék-technológiai, de fúrástechnológiai szempontból is

kulcskérdése a megfelelő nehezítőanyag alkalmazása. Ez azonban csak segíti, de nem helyettesíti a neheztett öblítőfolyadék szilárdanyag-szabályozását.

IRODALOM

- [1] *Lummus, J. L.*: Acquisition and analysis of data for optimized drilling. J.P.T. 11. 1285 (1971)
- [2] *Evans, B.—Gray, K. E.*: Effect of bentonitic fluid properties on drilling rate. J.P.T. 6. 657—62. 1972)
- [3] *Estes, J. C.*: Pilot-scale drilling-research efforts can aid in mud design. OGJ. 136—142 (1977. nov. 21.)
- [4] *Estes, J. C.*: Know your drilling mud components. Drilling Contractor, 1980. march, 92, 94, 98, 102, 106, 108, 110.
- [5] *Sloan, J. P. et. al.*: A new nondamaging, acid-soluble weighting material. J.P.T. 1975. jan. 15—20.
- [6] *Nedervald, L. S.—Vieaux, G. J.*: Drilling fluids: A barite alternative. Drilling, 1980. apr. 80, 82, 84, 104, 107.
- [7] *Blomberg, N. R. et. al.*: Evaluation of ilmenite as weight material in drilling fluids. SPE 11085 (1982)
- [8] *Abrams, A.*: Mud design to minimize rock impairment due to particle invasion. J.P.T. 586—592. (1977. may)
- [9] *Blattel, S. R.—Ruppert, J. P.*: The effect of weight material type on rate of penetration using dispersed and non-dispersed water base mud. SPE 10961 (1982)
- [10] *Dormán J.*: Az öblítőfolyadék szerepe a fúrási teljesítmények növelésében. Kőolaj és Földgáz, 14. (114) 81—86. (1981)
- [11] *Ruppert, J. P. et. al.*: The effects of weight material type and mud formulation on penetration rate, using invert oil systems. SPE. 10102 (1981)