

# A Hosszúhetény 29. sz. 1200 méteres szénkutató fúrás

## hidraulikai viszonyai

Írta: Eöry Zoltán

1960. év júniusában a Földtani Főigazgatóságon megtartott értekezlet úgy határozott, hogy összehasonlító kísérletet kell lefolytatni annak megállapítása céljából, hogy a mecseki szénmedence földtani kutatása során a széntelepek meghatározására az úgynevezett Vigh-féle, vagy az úgynevezett Halász-féle kettősfalu magfúrók közül melyik alkalmasabb.

A kísérlet 1960. augusztus elején kezdődött meg és 1961. január 31-én fejeződött be a lyúk teljes lemélyítésével. A fúrólyúk az alábbi volt: Hosszúhetény 29/1322 sz. szénkutató fúrás, CZ 141 sz. fúróberendezés.

A mecseki kőszéntelepek kutatása során a jobb földtani megismerés érdekében különös gondot kell fordítani a kutató fúrások minőségi megjavítására. A széntelepes csoport — mely tekintélyes, helyenként többszáz méter vastag — egymástól lényegesen eltérő kőzetekből tevődik össze. A szén különböző megjelenési formái mellett megtalálhatók az alábbi főbb kőzettípusok: agyagpala, homokkő, trachidolerit stb. Szükséges, hogy a széntelepes csoport teljes vastagságában megfelelő mennyiségű kőzetmag álljon a földtani feldolgozás rendelkezésére. Ennek érdekében a műszaki fejlesztés feladata, hogy olyan magfúró konstrukciókat szerkesszen és vezessen be a fúrási gyakorlatba, melyekkel magas magkihozatal biztosítható, a fent említett változatos összetételű széntelepes csoportból.

A megnövekedett magkihozatali követelmények a szokványos szimplafalú magfúróinkkal általában nem biztosíthatók. Ennek érdekében történt a szóbanforgó összehasonlító kísérleti fúrás, mely hivatott volt választ adni arra, hogy az említett két kettősfalú magfúró típus közül melyik alkalmasabb az adott földtani viszonyok mellett jobb magkihozatal biztosítására.

Szükségesnek látszik a berendezés alkalmazott fúrási rendszerének és ezen belül elsősorban a hidraulikai viszonyok vizsgálata, a következő okok miatt:

Az első ZIF 1200-as berendezéseket négy éve szereztük be a Szovjetuniótól, amelyekhez eredeti szovjet béléscsősorban járó magfúrókat kaptunk D = 152, 133, 113 és 92 mm-es méretben. A későbbiek folyamán szovjet béléscsővek hiányában áttértek magyar gyártmányú béléscsővek használatára. Ennek következtében természetesen megváltozott a felhasznált magfúrók mérete is. Így a berendezés használatánál eltolódás volt tapasztalható a nagyobb szerszámméretre felé, amely a hidraulikai körülményeket és ezen keresztül a mechanikai

fúrósebességet is károsan befolyásolta. A jelenleg használatos megfúró méretek: D = 190 mm, 146 mm és 113 mm. D = 86 mm-es méretben is áll rendelkezésre magfúró, amelyet azonban nem használnak a kis átmérőjű mag miatt.

A szerszámméretre ilyen nagymértékű megnövekedését nem követte az amúgy is szűkre méretezett szivattyúk kapacitásának és nyomáshatárának növelése, amelyet még súlyosbít az a tény, hogy a szivattyúk volumetrikus hatásfoka legtöbb esetben nem éri el a 75%-ot.

A ZIF 1200-as berendezéshez két darab egyforma nagyságú, iker elrendezésű iszapszivattyú tartozik, amelyeknek műszaki adatai a következők:

Q = 200 l/perc szivattyú elméleti szállítóteljesítménye

S = 140 mm szivattyú lökethossza

n = 81/perc szivattyú löketség

D = 85 mm szivattyú hengerbetét belső átmérő

p = 40 atm szivattyú hengerben maximálisan megengedhető üzemi nyomás.

Már a kísérlet megkezdésekor látható volt, hogy a szivattyúk sűrűn meghibásodnak. Napirenden voltak a műszakonkénti szivattyú javítások. Általában a következő szivattyú meghibásodások fordultak elő:

1. A gumidugattyúk a beszerelés után kis idő múlva átengedtek, az erős kopás következtében.
2. Hengerfedél tömítését gyakran kimosta az öblítőfolyadék.
3. Szeleptömítések kis idő múlva átengedtek.
4. Dugattyútuskó szorítóanyái meglazultak, ami a hengerben kopogást eredményezett.

A gyakori szivattyú javítások miatt sok értékes óra kiesett a termelésből. A meghibásodások okai:

1. A kihordott minimális nagyságú kőzet szemcséket a vizkórus iszap nem adja le az öblítő körben. Káros hatása a szivattyúra:

a) Megnehezíti a szivattyú munkáját,

b) Bekerülő kőzetszemcsék a dugattyú- és szeleptömítéseket igen hamar elkoptatják.

A fúrás iszapgördöréből és a fúrólyukból kijövő „zagy”-ból vett mintát a Mecseki Földtani Kutató-Fúró Vállalat laboratóriumában megvizsgáltattam.

Az iszapban levő anyag százalékos szemcseösszetételét és súlyát hidrometrálással határozták meg, és az a következő eredményt adta.

### Iszapgödörből vett minta szemcse nagyság összetétele

Szemcse nagyság (mm)	Mennyiség (%)
1,40	0,01
1,00	0,18
0,63	0,45
0,32	1,28
0,20	1,56
0,10	0,81
0,985	5,03
0,063	0,00
0,042	8,51
0,028	9,22
0,015	4,39
0,0085	8,00
0,0063	10,46
0,0052	11,66
0,0033	11,22
0,0015	27,22
100,00 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	

1 liter folyadékban 70 gramm szilárd anyag volt.

### Fúrólukból kijövő „zagy” szemcse nagyság összetétele

Szemcse nagyság (mm)	Mennyiség (%)
1,40	0,01
1,00	0,18
0,63	0,92
0,32	2,13
0,20	2,22
0,10	5,86
0,085	8,51
0,042	9,21
0,028	5,72
0,015	10,00
0,0085	8,00
0,0063	5,02
0,0052	15,03
0,0015	27,19
100,00 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	

1 liter folyadékban 70 gramm szilárd anyag volt.

A fúróiszap fajsúlya: 1,10 kg/dm<sup>3</sup>

A fúróiszap dinamikai viszkozitása Stormer-féle viszkoziméterrel mérve: 21 cP (elég magas).

A fentiekből látható, hogy a közetszemcsék csak minimális nagyságra felaprózódva jutnak ki a felszínre. A fúróiszap magas viszkozitásánál fogva nem képes leadni a közetszemcséket az öblítőkörben. Az iszap megtisztítását a nagyobb közetszemcséktől hidrociklonnal végeztük el.

2. A fellépő magas nyomások, melyek a szivattyú alkatrészeit erősen igénybe veszik.

3. Tömítések, dugattyúgyűrűk stb. nem megfelelő minősége.

A szivattyút nem tudtuk egyidejűleg (párhuzamosan) működtetni (ami a meddő kőzetek átfúrásánál feltétlenül indokolt volna), mivel  $\rho_{\text{sz}}$

az ekkor fellépő nyomások bizonyos lyukmélység elérése után meghaladják a tartósan megengedhető üzemi nyomásértéket. Ezekben a meddő kőzetekben az egy szivattyú által szolgáltatott öblítőiszapmennyiség elégtelen volt ahhoz, hogy megfelelő mechanikai fúrósebességet érjünk el. A szivattyúk eléggé rossz állapota miatt a volumetrikus hatások közel 50<sup>0</sup>/<sub>0</sub> volt.

Főleg 1000 méternél nagyobb mélységben többször tapasztaltuk, hogy a nyomás 40, sőt 50 att fölé emelkedett. A fellépő magas nyomások okai lehetnek:

1. A ZIF 50 mm külső átmérőjű fúrórudazat viszonylag kicsi 39 mm-es belső átmérője.

2. Nagy nyomásvesztéséget okoznak a ZIF fúrórudazat belül vastagított kapcsolói ( $d_k = 28$  mm). A fúrórudazatban fellépő nyomásnak 30–35<sup>0</sup>/<sub>0</sub>-át teszik ki.

3. Magfúróban az öblítőnyílások eldugulnak.

A nyomásvesztések kiszámítását három konkrét esetre vonatkozóan végeztem el:

I.) A lyuk mélysége:  $L = 1000$  m. A berendezés két szivattyúját párhuzamosan járattuk. A szivattyúk eléggé rossz állapota miatt a volumetrikus hatások közel 50<sup>0</sup>/<sub>0</sub> lesz.

Az összes nyomásvesztéséget:

$$H = h_f + h_m + h_{cs} + h_n \text{ (att)}$$

$h_f$  = felszíni szerelvényekben a nyomásvesztéséget (att)

$h_m$  = magfúróban a nyomásvesztéséget (att)

$h_{cs}$  = fúrórudazatban a nyomásvesztéséget (att)

$h_b$  = a lyuk fala és a fúrórudazat közötti gyűrűs térben a nyomásvesztéséget

$h_{cs} = h_r + h_k$  (att)

$h_r$  = fúrócsövekben a nyomásvesztéséget (att)

$h_k$  = kapcsolókban a nyomásvesztéséget (att)

$h_k = h_1 + h_2$

$h_1$  = bővebb keresztmetszetből szűkebb keresztmetszetbe való átmenetnél a nyomásvesztéséget (att)

$h_2$  = kapcsolókban a nyomásvesztéséget, ha mint csővezetéket vesszük figyelembe. (att)

A felszíni szerelvényekben és magfúróban a nyomásvesztéséget tapasztalati adatok alapján vettem fel. A nyomásvesztéséget a fúrórudazatban és a csőközben számítással határoztam meg.

### Szükséges adatok a számításhoz:

$t = 50\%$  a szivattyú volumetrikus hatásfoka  
 $Q = 220$  l/perc 0,0033 m<sup>3</sup>/sec szivattyú folyadék szállítása

$f = 1150$  kg/m<sup>3</sup> fúróiszap fajsúlya

$n = 0,1$  P = 10 cP fúróiszap dinamikai viszkozitása CGS (fizikai) mértérendszerben

D = 0,113 m a fúrólyuk átmérője

d = 0,039 m a fúrócsó belső átmérője

$d = 0,028$  m a kapcsoló belső átmérője

L = 1000 m hosszú fúrórúdazat összetétele:  
 $k_1 = 5$  m átlagos rúdazathossz  
 $k_2 = 0,24$  m kapcsolókar az a hossza, amely-  
 nél a szűkítés van.

Tehát 191 darab fúrócső 955 m (1<sub>1</sub>)  
 190 darab (x) kapcsolópár 45 m (1<sub>2</sub>)  
 1000 m

A fúróiszap dinamikai viszkozitása MKS (tech-  
 nikai) mértérendszerben:

$$\frac{P}{98,1} = \text{kg} \cdot \text{sec} / \text{m}^2$$

$$\frac{0,10}{98,1} = 102 \cdot 10^{-5} \text{ kg sec} / \text{m}^2$$

$$n = 102 \cdot 10^{-5} \text{ kg sec} / \text{m}^2$$

A fúróiszap kinematikai viszkozitása MKS  
 (technikai) mértérendszerben:

$$k = \frac{n}{s} = \frac{n}{f} = \frac{0,00102}{1150} = 0,0000087 \text{ m}^2 / \text{sec}$$

$$K = 0,0000087 \text{ m}^2 / \text{sec}$$

S = fúróiszap sűrűsége (kg sec<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>)  
 g = nehézségi gyorsulás (m/sec<sup>2</sup>)  
 f = fúróiszap fajsúlya (kg/m<sup>3</sup>)

### A számítás menete a következő

1. Felszíni szerelvényekben a nyomásvesztés:

$$h_f = 2 \text{ att}$$

(tapasztalati érték)

2. Magfúróban a nyomásvesztés:  $h_m = 1$  att

(tapasztalati érték)

3. Fúrócsőbenn a nyomásvesztés:

a) Rudazatban

f = rudazat keresztmetszet (m<sup>2</sup>)

$$f = 0,785 \cdot d^2 = 0,785 \cdot 0,039^2 = 0,00119 \text{ m}^2$$

$$c = \frac{Q}{f} = \frac{0,0033}{0,00119} = 2,77 \text{ m/sec}$$

c = gyűrűs térben felfelé áramló iszap sebessége (m/sec)

Q = szivattyú foly. szállítása (m<sup>3</sup>/sec)

$$R_e = \frac{c \cdot d}{K} = \frac{2,77 \cdot 0,039}{0,0000087} = 12,400$$

$R_e$  = Reynolds száma

$R_e = 12400 > 2320$  áramlás turbulens, tehát

$$r = \frac{0,3164}{R_e^{0,25}} = \frac{0,3164}{12400^{0,25}} = 0,03$$

r = csősúrlódási tényező

$$h_r = r \frac{11}{d} \frac{c^2}{2g} f 10^{-4} = 0,0 \frac{955}{3,9 \cdot 10^{-2}} \frac{2,77^2}{19,62}$$

$$1150 \cdot 10^{-4}$$

$$h_r = 33 \text{ att}$$

$h_r$  = fúrórudazatban a nyomás-  
 vesztés (att)

r = csősúrlódási tényező

$h_1 = 191$  db fúrócső hossza (m)

d = fúrócső belső átmérője (m)

c = gyűrűs térben felfelé áramló  
 iszap sebessége (m/sec)  
 g = nehézségi gyorsulás (m/sec<sup>2</sup>)  
 f = fúróiszap fajsúlya (kg/m<sup>3</sup>)

### b) Kapcsolókban a nyomásvesztés

$\alpha$  átmenetnél

$$\Delta p = \frac{S}{2} c^2 \left( \frac{1}{Z} - 1 \right)^2$$

S = fúróiszap sűrűsége (kg sec<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>)

$c_2$  = bővebb keresztmetszetben fúróiszap sebes-  
 sége (m/sec)

Z = keresztmetszeti tényező

$$Z = \frac{F_1}{F_2}$$

$F_1$  = kapcsoló fúratának a keresztmetszete (m<sup>2</sup>)

$F_2$  = fúrócső fúratának a keresztmetszete (m<sup>2</sup>)

$$S = \frac{1150}{9,81} = 117,2 \text{ kg sec}^2 / \text{m}^4$$

$$c_2 = 2,77 \text{ m/sec}$$

$$Z = \frac{F_1}{F_2} = \frac{0,000614}{0,00119} = 0,515$$

$$h = \Delta p = \frac{117,2}{2} \cdot 2,77^2 \left( \frac{1}{0,515} - 1 \right)$$

$$= 0,397 \text{ m vízoszlop}$$

$$h = 0,0397 \text{ att}$$

$$h_1 = x \cdot h = 190 \cdot 0,0397$$

$$h_1 = 7,55 \text{ att}$$

Kapcsolókban a nyomásvesztés, ha mint  
 csővezeték vesszük figyelembe.

$$f_k = d_k^2 \cdot 0,785 = 0,028^2 \cdot 0,785 = 0,000614 \text{ m}^2$$

$$c_k = \frac{Q}{f_k} = \frac{0,0033}{0,000614} = 5,37 \text{ m/sec}$$

$$R_e = \frac{c_k \cdot d_k}{k} = \frac{5,37 \cdot 0,028}{0,0000087} = 17280$$

$$r = \frac{0,3164}{17280^{0,25}} = \frac{0,3164}{11,5} = 0,0276$$

$$h_2 = \frac{1}{2} \frac{c_k^2}{d_k \cdot 2g} r \cdot f \cdot 10^{-4} = \frac{45}{0,028} \frac{5,37^2}{19,62}$$

$$0,0276 \cdot 1150 \cdot 10^{-4}$$

$$h_2 = 7,43 \text{ att}$$

$$h_k = h_1 + h_2 = 7,55 + 7,43 = 15 \text{ att}$$

$$h_{cs} = h_r + h_k = 33 + 15 = 48 \text{ att}$$

### 4. Csőközben a nyomásvesztés

$$(D - d_c) = 0,113 - 0,05 = 0,063 \text{ m}$$

$$F = (D^2 - d_c^2) \cdot 0,785 = (0,113^2 - 0,05^2) \cdot 0,785 = 0,0082 \text{ m}^2$$

F = csőköz keresztmetszete (m<sup>2</sup>)

D = fúrólyuk átmérője (m)

$d_c$  = fúrócső külső átmérője (m)

$$c = \frac{Q}{F} = \frac{0,0033}{0,0082} = 0,402 \text{ m/sec}$$

$$R_e = \frac{c \cdot D - d_c}{k} = \frac{0,402 \cdot 0,0157}{0,0000087} = 726$$

$$\frac{D - d_c}{4} = r \text{ hidraulikai sugár}$$

$$r = \frac{0,3164}{R_0 \cdot 0,25} \frac{0,3164}{726^{\circ},25} = 0,061$$

Béléscsőközben  $R_0 = 2320$  (turbulens áramlás határa (minimális értéke módosul).

$$h_b = r \frac{L}{4D - d_c} \frac{c^2}{2g} f \cdot 10^{-4} = 0,061 \frac{1000}{0,063}$$

$$\frac{0,402^2}{19,62} \cdot 0,115$$

$$H = h_f + h_m + h_{cs} + h_b = 2 + 1 + 48 + 0,9 = 51,9 \text{ att}$$

$$H = 5? \text{ att}$$

Tehát az össz nyomásvesztés 52 att, amely 12 att-vel meghaladja a megengedett maximális att-t. Ennek 92,4%-t a fúrórudazatban fellépő nyomásvesztés teszi ki. Ezen belül pedig 15 att a csölközben a fellépő nyo-

másvesztés, amely igen jelentős. A fejlődés iránya az IF csatlók irányába mutat, amelyeknek belső átmérője megegyezik a rudazat belső átmérőjével. Ekkor a csatlókban nem lép fel külön nyomásesés. Jelen esetben, ha olyan csatlót alkalmaznánk a ZIF fúrórudazaton, amelynek belső átmérője megegyezik a rudazat belső átmérőjével, akkor az össz nyomásvesztés csak 38,5 att lenne:

$$l_1 = 1000 \text{ m}$$

$$h_r = r \frac{l_1}{d} \frac{c^2}{2g} f \cdot 10^{-4} = 0,03 \frac{955}{3,9 \cdot 10^{-3}} \frac{2,77^2}{19,62}$$

$$1150 \cdot 10^{-4}$$

$$h = 34,6 \text{ att}$$

$$H = 1 + 2 + 34,6 + 0,9 = 38,5 \text{ att}$$

II.)  $t = 50\%$ . Két szivattyú párhuzamosan kapcsolva 750 m-ig működtethető.

III.)  $t = 70\%$ . Két szivattyú párhuzamosan kapcsolva 360 m-ig járatható. (Számítás eredményeit az alábbi táblázat tartalmazza).

### Nyomásvesztések

Szállított folyadék menny. (l/p)	Lyuk mélysége (m)	Össz. nyomásveszt. H (att)	Felszíni szerelvényekben $h_f$ (att)	Magfúróban $h_m$ (att)	Fúrórudazatban					Csölközben $h_b$	$\frac{h_{cs}}{H}$ (0/0)	$\frac{h_k}{h_{cs}}$ (0/0)
					$h_r$ (att)	$h_1$ (att)	$h_2$ (att)	$h_k$ (att)	$h_{cs}$ (att)			
I. 200	1000	51,9	2	1	33	7,55	7,43	15	48	0,9	92,4	31,3
II. 200	750	40	2	1	24,8	5,7	5,8	11,5	36,3	0,7	90,6	51,7
III. 300	360	40	2	1	24,6	6,1	5,6	11,7	36,3	0,7	90,6	32,2

Nagy gondot kell fordítani arra, hogy fúrás közben a viszkozitást minél alacsonyabb értéken tartjuk (ha erre lehetőség van), mivel pár cP viszkozitás emelkedés esetén is jelentősen megemelkednek a nyomásvesztések. A számított nyomásvesztés értékek  $n = 10$  cP átlagos dinamikus viszkozitású iszapra vonatkoznak. Az iszap tulajdonságait, hogy megfelelő értéken tarsuk, csak úgy lehet elérni, ha naponként ellenőrizzük mintavétel útján — megfelelő anyagú és mennyiségű vegyszereket adagolunk időnként a fúróiszaphoz.

A másik nagy probléma a fúróiszap elégtelen felfelé áramlási sebessége a gyűrűs térben. Ezt két tényező okozza:

- Szivattyúk minimális folyadékcszállítása.
- A berendezés kapacitásához képest nagy fúróátmérők.

Az alkalmazott  $Q = 100$  l/p öblítő folyadék mennyiséggel a talptisztítás feltételei nem biztosíthatók. Tehát egyrészt a fúró is felesleges munkát végez, másrészt a tiszta fúrási időt is

megnöveljük, mivel a már egyszer felaprózott közet többször a fúró alá kerül mindaddig, míg olyan minimális nagyságra fel nem aprózódik, amikor az iszapban való süllyedési sebessége kisebb lesz, mint az iszap felfelé áramlási sebessége. A következőkben az egyes fúrólyuk méreteknél meghatároztam az iszap felfelé áramlási sebességét, közetszemcse süllyedési — és felemelkedési sebességét stb. (B. táblázat).

A táblázatból kitűnik, hogy a fúradék ki-hordás elemi feltételei ilyen körülmények között nem állnak fenn. Pl. A 2 mm átmérőjű közetszemcsék nem öblíthetők ki, D 113 mm-nél nagyobb lyukátmérők esetén, vagy a 247 mm-es lyukátmérőnél még a lebegő állapot eléréséhez is 337 l/p öblítőiszap mennyiség szükséges. Itt tehát újra felmerül a szivattyúk egyidejű (párhuzamos) járatásának szükségessége.

- D = fúróátmérő (mm)
- d = fúrórudazat külső átmérő (mm)
- v = iszap gyűrűs térben való felmelkedési sebessége (m/sec)

$$v = \frac{Q}{F} \text{ (m/sec)}$$

Q = szállított folyadék mennyiség (m<sup>3</sup>/sec)

F = gyűrűs tér keresztmetszete (m<sup>2</sup>)

4. u = részecske süllyedési sebessége (m/sec)

$$u = 0,077 \sqrt{O (f_p - f)}$$

O = közet részecske átmérője (mm)

f<sub>p</sub> = közet átlagos fajsúlya (kg/dm<sup>3</sup>)

f<sub>r</sub> = öblítőiszap fajsúlya (kg/dm<sup>3</sup>)

5. c = részecske felemelkedési sebessége (m/sec)

$$c = v - u$$

6. Q<sub>max</sub> = szükséges öblítőiszap mennyiség, hogy szemcse éppen lebegjen az iszapban:

$$v = u \text{ (l/p)}$$

$$Q_{\max} = u \cdot F$$

7. O<sub>max</sub> = maximális részecske átmérő, amikor u = v (mm)

$$\max = \frac{v^2}{0,077^2 (f_p - f_r)}$$

$$Q = 100 \text{ l/p}$$

$$f_r = 1,15 \text{ kg/dm}^3$$

$$f_p = 1,15 \text{ kg/dm}^3$$

$$O = 2 \text{ mm}$$

### Hosszúhetény 29. sz. fúrási szelvénye:

D (mm)	d (mm)	v (m/sec)	u (m/sec)	c (m/sec)	Q <sub>max</sub> (l/p)	O <sub>max</sub> (mm)
1	2	3	4	5	6	7
247	63,5	0,0372	0,126	(-0,089)	337	0,17
190	63,5	0,066	0,126	(-0,060)	189	0,54
146	63,5	0,122	0,126	(-0,004)	102,5	1,86
113	50	0,205	0,126	0,079	61,2	5,26

Fúróátmérő (mm)	Mélység (m)	Fúrórudazat átm. (mm)
247	43	63,5
190	465	63,5
146	867	63,5
113	1200	50

A fentiekben nem történt említés a kísérlelt fúrás során a fúrósebesség alakulására vonatkozóan. Megállapítható, hogy a mechanikai fúrósebesség átlaga a szóbanforgó mélységszakaszban viszonylag alacsony értéket mutatott. Ez a megállapítás széntelepes csoport fúrására vonatkozóan. Régen ismert tétel, hogy nem érhető el jobb fúrósebesség, amennyiben a fúradék eltávolításáról egyidejűleg nem történik gondoskodás. Ez utóbbi az adott teljesítményű szivattyú alkalmazása esetén nem biztosítható. Ez a megállapítás széntelepes csoport fúrására éppúgy vonatkozik, mint a fedőrétegekre.

A fúróberendezések hidraulikájának vizsgálata és annak alapján történő intézkedések nélkül sem mennyiségi, sem minőségi értelemben jelentős fejlődés nem képzelhető el. Ahhoz, hogy gyorsabban és olcsóbban mélyíthessük le nagyobb mélységű kutató fúrásainkat, át kell térnünk nagyobb teljesítményű és nyomáshatárú szivattyú használatára. Annak érdekében, hogy a fúrás során fellépő nyomásvesztéseket az adott fúróméretek, valamint rudazatméretek használata mellett csökkenteni tudjuk, olyan rudazatkapcsolókat kell alkalmaznunk, melyeknek furata megegyezik a rudazat belső átmérőjével.

A cikkben felsorolt tényezők általában az iparágban használatos összes ZIF 1200-as berendezésekre vonatkoznak.

— x —