

# Módszer a szkin és turbulencia tényező szétválasztására egyfázisú olaj- és vízkutak esetében

GYENESE ISTVÁN olajbányász technikus



A kút körül kialakuló szennyezett (eltérő permeabilitású) zóna nyomásváltozásra, ill. a kút hozamának változására gyakorolt hatását az úgynevezett szkin tényezővel szokás figyelembe venni. A nyomásemelkedési görbék feldolgozásából a szkin és turbulencia tényező csak együttesen határozható meg. A szerző módszert dolgozott ki a szkin és turbulencia tényező szétválasztására egyfázisú olajbeáramlást és vízbeáramlást adó kutak esetében. A szkin és turbulencia miatt létrejövő nyomásvesztések ismerete elengedhetetlen feltétele egy eredményes rétegkezelés eldöntésének és sikerességének. A módszer bevezetésével jelentős költségmegtakarítás érhető el.

## Bevezetés

A nyomásemelkedési görbe *Horner* és/vagy komplex (nemlineáris regresszió) feldolgozásából határozható meg a zavartalan tárolórész áteresztőképessége. Ezen a területen a *D'Arcy* törvénye érvényes. A feldolgozásból a kútkörzet megváltozott áteresztőképességéből adódó, valamint a turbulens áramlás következtében fellépő nyomásvesztés csak együttesen számítható.

Gázkutak esetében a szkin és turbulencia tényező szétválasztása megoldott:

- izokron kapacitásmérésből
- ellennyomások kapacitásméréséből *CARTER* módszerrel [1]
- korszerű kútvizsgálati értékelő szoftverekkel (pl.: PanSystem, KAPPA, WELLTEST 200)

Ha egy homogén izotróp permeabilitású állandó vastagságú tárolóban kiszámítjuk a nyomásváltozást, beláthatjuk, hogy a nyomásváltozás a kút közelében a legnagyobb, a fluidum egyre jobban felgyorsulva áramlik a kút felé. A felgyorsuló áramlás a kút közelében turbulenssé válhat, amelynek a lamináris áramláshoz képesti nagyobb nyomásvesztése a kút produktívitásának csökkenését jelenti. *Fetkovics* és *Blacker* szerint a nagysebességű áramlás olaj- és vízkutak esetében is bekövetkezhet, ezért a nagysebességű áramlás jelenlétét az olajkutak hozamegyenletében is figyelembe kell venni [4]. Ha dönteni akarunk egy adott kút rétegkezeléséről, akkor meg kell próbálnunk szkin tényezőben a réteg szennyezettségéből származó hányadot.

Tevékenységem alatt számos vízkút hidrodinamikai vizsgálatát értékeltem. Itt talákoztam először azzal a ténnyel, hogy nemcsak gázkutaknál, hanem vízkutak esetében is kialakul a turbulens áramlás.

A cikkben a szkin és turbulencia tényező szétválasztására adok módszert – felhasználva a vízbányászban alkalmazott vízhozamgörbét [3].

## Kúthatékonyság meghatározása a vízbányászban (MSZ 15298: 2002 szerint) [3]

$$E = \frac{S_{elm}}{S_{tényl}} \cdot 100$$

ahol:

$S_{elm}$  (m) a kút külső sugarára számított, ill. extrapolált depresszió

$S_{tényl}$  (m) a kútban mért tényleges depresszió

A kúthatékonyságot a vízhozamtól függetlenül egyetlen számmal (E%) kifejezni akkor lehet, ha

- a kútkörüli áramlás lamináris,
- a vízáadó réteg feszített tükrű.

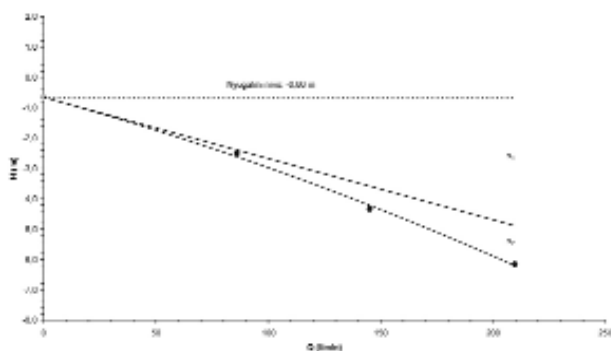
Turbulens áramlás esetén az

$$s = s_1 + s_2 = B \cdot q + C \cdot q^2$$

alakban előállított egyenletből a négyzetes tag fejezi ki a turbulens veszteséget. Az  $s$  depresszió felbontása  $s_1$  és  $s_2$  tagokra a vízhozamgörbe felhasználásával grafikusán történhet. Ezt szemléltetem az 1. ábrán.

## Ellennyomások kapacitásmérés talpnyomás változásának szimulációja lamináris áramlás esetére

A szimulációt a PanSystem szoftver 2.1 verziójával végeztem el – felvett adatokkal, valamint a rétegnyomás és hőmérséklet felhasználásával a szoftverrel



1. ábra: Depresszió ( $s$ ) felosztása  $s_1$  és  $s_2$  tagokra

generált fluidumparaméterekkel termálvízkútra – tökéletes kútkiképzés (szkin tényező:  $s = 0$ ) választva.

A szimulációhoz felhasznált input adatok az alábbi táblázatban láthatók:

Megnevezés	Jelölés	Érték, mértékegység
<i>Rétegpáráméterek</i>		
effektív rétegvastagság	$h_{eff}$	20 m
átlagos porozitás	$\Phi$	0,2
víztelítettség	$S_w$	1,0
teljes kompresszibilitás	$c_t$	$1,031 \cdot 10^{-3} \text{ MPa}^{-1}$
rétegnomás	$p_{wst}$	20 MPa
hőmérséklet	$T_{ws}$	120 °C
<i>Kút paraméterek</i>		
kútsugár	$r_w$	0,1 m
kúttárolási tényező	$C_s$	$2 \text{ m}^3/\text{MPa}$
<i>Fluidumparaméterek (telepviszonyok között)</i>		
viszkozitás	$\mu_w$	$2,035 \cdot 10^{-1} \text{ Pa} \cdot \text{s}$
teleptérfogati tényező	$B_w$	1,054
<i>Rétegmódel eredmények</i>		
effektív átérésztőképesség	$k_w$	$100 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2$
szkin tényező	$s$	0

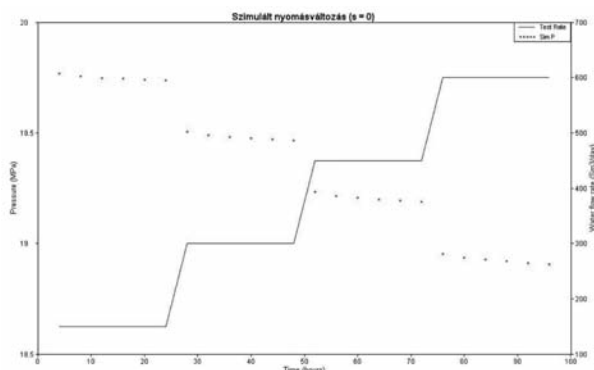
A szimulációhoz alkalmazott tároló modell:

- rétegmódel típus: radiális homogén
- réteghatár típus: végtelen kiterjedés

Hozamváltozás:

Idő (h)	Vízhozam ( $\text{m}^3/\text{d}$ )
24	150
48	300
72	450
96	600

A szimuláció eredményét a 2. ábra mutatja. Az ábrán feltüntettem a hozamváltozást is.

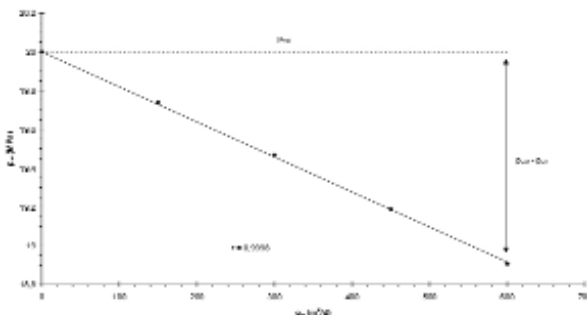


2. ábra: Szimuláció lamináris áramlás esetére

A szimulációból nyert talpnyomások:

Vízhozam; $q_w$ ( $\text{m}^3/\text{d}$ )	Talpnyomás; $p_{wf}$ (MPa)
150	19,739
300	19,467
450	19,189
600	18,907

A vízbányászatban alkalmazott MSZ 15298: 2002 szabvány szerinti vízhozamgörbe – lamináris áramlás esetén



3. ábra: Vízhozamgörbe lamináris áramlás esetén (MSZ 15298: 2002 analógiájára)

A hivatkozott szabványban [3] közölt vízhozamgörbe analógiájára elkészítettem a vízhozamgörbét a szimulációhoz felhasznált vízhozamok és a szimulációból nyert talpnyomások felhasználásával, ami a 3. ábrán látható. A vízhozamgörbe annyiban tér el a szabványban közöltektől, hogy a függőleges tengelyen a víznívó helyett a nyomást ábrázoltam. Az ábrázolt pontokra legkisebb négyzetek módszerével egyenest illesztettem, úgy, hogy a tengelymetszetnek a sztatikus nyomás ( $p_{wst}$ ) értékét adtam meg. A korrelációs együttható:  $r = 0,9998$ . Az eredmény azt mutatja, hogy lamináris áramlás esetén a hozam – nyomás összefüggés lineáris. Az ábrán látható,  $p_{wst}$ -vel jelzett vízszintes szaggatott vonal a sztatikus nyomást reprezentálja. Az ábráról leolvasható a depresszió ( $\Delta p = p_{wst} - p_{wf}$ ) értéke.

A depresszió a szkinhatás miatt létrejövő nyomásvesztésedet is tartalmazza. Lamináris áramlás esetén a szkinhatás miatt létrejövő nyomásvesztés – amit a nyomásemelkedési görbe HORNER és/vagy komplex feldolgozásából nyerünk – a tényleges szkinből adódik.

### Turbulens áramlás jelenlétének igazolása

Hozamgörbe, exponenciális hozamegyenlet

Az exponenciális hozamegyenlet kitevője ( $n$ ) irodalmi adatok [2] szerint  $0,5 < n < 1$ . Ha  $n = 1$ , az áramlás csak lamináris. Ha  $n = 0,5$ , az áramlás csak turbulens. Egyéb esetben mindkét áramlástípus jelen van. Tehát az  $n$  kitevő 1-től való eltérése ( $n < 1$ ) turbulenciára utal.

A turbulencia jelenlétének igazolására választottam egy mintakutat (termálvízkút) szakértői munkáimból. A kút ellennyomások kapacitásvizsgálata alatt mért hozam és talpnyomás adatok:

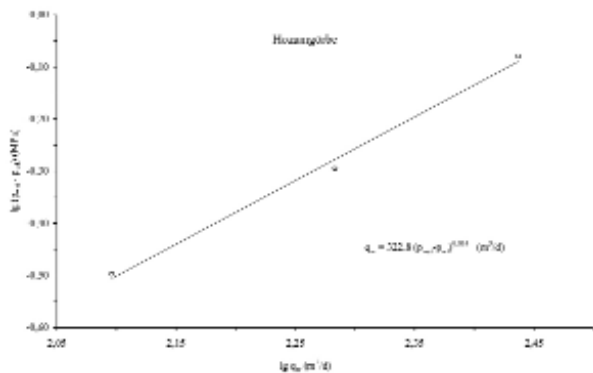
Vízhozam; $q_w$ ( $\text{m}^3/\text{d}$ )	Talpnyomás; $p_{wf}$ (MPa)
124,8	23,850
192	23,661
273,6	23,335

A nyomásemelkedési görbe HORNER feldolgozásából nyert sztatikus nyomás:  $p_{wst} = 24,168 \text{ MPa}$ . (A nyomásemelkedési görbe feldolgozását a későbbiekben részletesen ismertetem.)

A hozam adatok, a termelési talpnyomások és a sztatikus nyomás felhasználásával meghatároztam az olajipari gyakorlatban alkalmazott exponenciális hozamegyenletet legkisebb négyzetek módszerével történő egyenes illesztéssel. A hozamegyenlet:

$$q_w = 322,8 \cdot (p_{wst} - p_{wf})^{0,814} \text{ (m}^3\text{/d)}$$

A hozamgörbe a 4. ábrán látható. Az exponenciális hozamegyenlet n kitevője turbulenciára utal.



4. ábra: Hozamgörbe

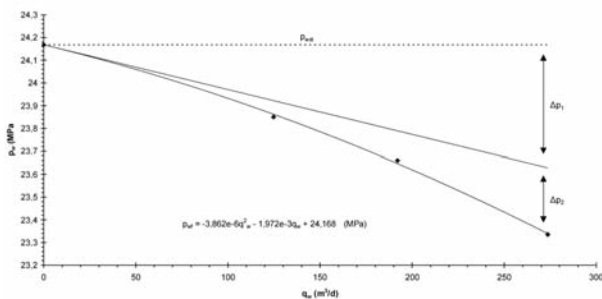
A vízbányászatban alkalmazott MSZ 15298: 2002 szabvány szerinti vízhozamgörbe

Mivel az exponenciális hozamegyenlet n kitevője turbulenciára utal, a hivatkozott szabványban [3] közölt vízhozamgörbe analógiájára elkészítettem a vízhozamgörbét (nívó helyett a talpnyomást felhasználva) (5. ábra). Az ábrán láthatóan a hozam – nyomás összefüggés parabolikus, ami megerősíti a turbulens áramlás jelenlétét. A mért pontokra másodfokú parabola illeszthető, úgy, hogy a tengelymetszetnek a sztatikus nyomás ( $p_{wst}$ ) feleljen meg. Az egyenlet:

$$p_{wf} = -3,862e-6 \cdot q_w^2 - 1,972e-3 \cdot q_w + 24,168 \text{ (MPa)}$$

Az egyenletben szereplő négyzetes tag fejezi ki a turbulens veszteséget. Az ábrán látható,  $p_{wst}$ -vel jelzett vízszintes szaggatott vonal a sztatikus nyomást reprezentálja. Az ábráról leolvasható a depresszió ( $\Delta p = p_{wst} - p_{wf}$ ) értéke.

Továbbiakban a depressziót grafikusán felosztot-



5. ábra: Vízhozamgörbe lamináris és turbulens áramlás esetén (MSZ 15298: 2002) analógiájára

tam a lamináris áramlásból ( $\Delta p_1$ ) valamint a turbulenciából ( $\Delta p_2$ ) adódó nyomásvesztésekre.

### HORNER feltételek

A HORNER módszer kiindulási alapegyenletét, a diffuzivitásegyenletet az alábbi feltételezések alapján vezették le [1]:

- az áramlás sugárirányú és a réteg teljes vastagságában nyitott,
- a réteg izotróp,
- a tároló azonos vastagságú,
- a köztulajdonságok állandóak,
- a folyadék összenyomhatósága kismértékű és állandó,
- a tárolóban áramló folyadék viszkozitása állandó,
- az áramlás lamináris,
- a gravitációs erő elhanyagolható.

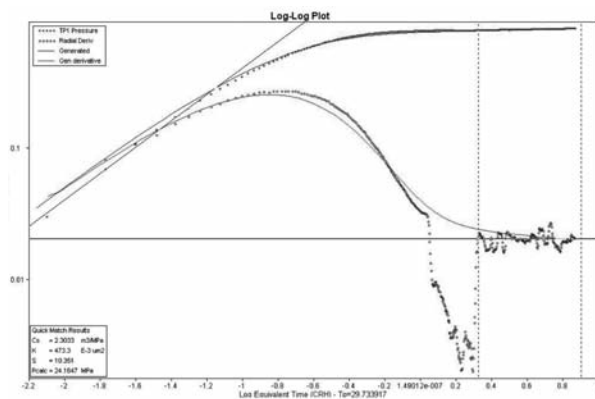
### Nyomásemelkedési görbe feldolgozása

A III. termelési ütemet ( $q_w = 273,6 \text{ m}^3\text{/d}$ ) követően mért nyomásemelkedési görbe a Pan System szoftver 2.1 verziójával készült. A feldolgozáshoz felhasznált 493 db nyomásadat a mért nyomásemelkedési adatsor logaritmikus ritkításával nyerhető. Az időtranszformációhoz – a zárást megelőző, változó ütemű termelési múlt miatt – az effektív termelési időt ( $t_p = 24 \cdot Q_w/q_w \text{ (h)}$ ; „Konstans ütemű előélet opció”) használtam.

A 6. ábrán a nyomásemelkedési görbe LOG – LOG (diagnosztikai) feldolgozását szemléltetem. Az ábrán láthatóan a nyomásemelkedési görbe kezdeti szakaszára illesztett egységnyi meredekségű egyenes az utánáramlási szakaszt azonosítja. A logaritmikus idő deriváltra ( $dp/d(\lg \Delta t)$ ); az ábrán „Radial Deriv” jelű) a késői transziens szakaszban illesztett vízszintes egyenessel a radiális áramlasként értékelhető szakaszt jelöltem ki (lásd az ábrán a függőleges szaggatott vonalak közé eső szakaszt).

A feldolgozáshoz a radiális homogén, végtelen kiterjedésű tárolómodellt alkalmaztam.

A radiális áramlás analízisből (HORNER feldolgozás) nyert modelledmények:

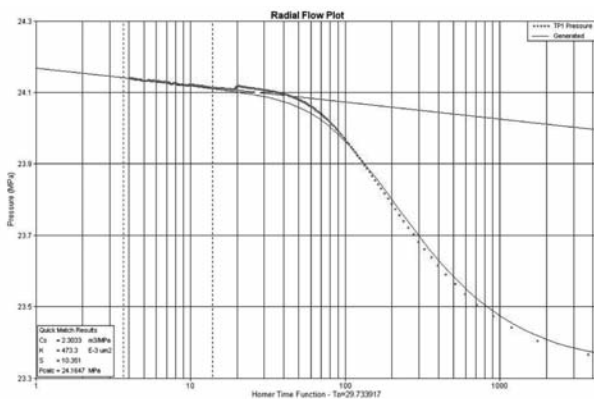


6. ábra: A nyomásemelkedési görbe Log-Log feldolgozása

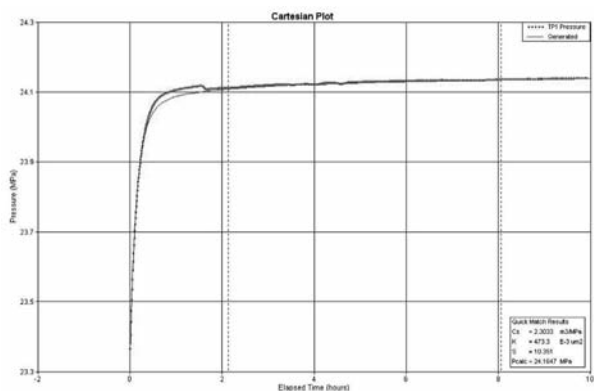
- A réteg effektív átteresztőképessége:  
 $k_w \cdot h = 2366 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2 \cdot \text{m}$ ;  $k_w = 473 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2$
- Szkin tényező:  $s = 10,4$
- Szkinhatás miatt létrejövő nyomásvesztés:  
 $\Delta p_s = 0,426 \text{ MPa}$
- Statikus nyomás:  $p_{wst} = 24,168 \text{ MPa}$

A modelleredmények megbízhatóságát szimulációval ellenőriztem (automatikus illesztés (paraméter optimalizáció nemlineáris regresszióval a mért adatsorhoz legjobb illeszkedést adó paraméterkészlet meghatározása céljából),  $k_w$ ,  $s$  konstans,  $C_s$  változó). Az automatikus illesztésből nyert utánáramlási tényező:  $C_s = 2,30 \text{ m}^3/\text{MPa}$ .

A 6-8. ábrákon (LOG /diagnosztikai/ ábra, radiális áramlási ábra, Cartézusi ábra) a specifikus koordináta rendszerekben ábrázolt és feldolgozott – mért – nyomásemelkedési adatsor, valamint az automatikus illesztésből nyert modelleredményekkel szimulált nyomásváltozás illeszkedése látható.



7. ábra: Radial Flow Plot



8. ábra: Cartesian Plot

### Szkin hatás és turbulencia miatt létrejövő nyomásvesztés meghatározása

A mintakútra (termálvíz kút) meghatározott exponenciális hozamegyenlet  $n$  kitevője ( $n < 1$ ), ill. az MSZ 15298: 2002 szerinti vízhozamgörbe analógiájára meghatározott vízhozamgörbe parabolikus jellege turbulenciára utal. A parabola egyenletében szereplő négyzetes

tag ( $-3,862e^{-6} \cdot q_w^2$ ) fejezi ki a turbulens veszteséget ( $\Delta p_2 = \Delta p_{FB}$ ).

A nyomásemelkedési görbe HORNER feldolgozásából nyert – a szkinhatás miatt létrejövő – nyomásvesztés ( $\Delta p_s = 0,426 \text{ MPa}$ ) tartalmazza a turbulencia miatti nyomásvesztéséget is, mivel a HORNER és/vagy komplex feldolgozás nem teszi lehetővé a tényleges szkinhatás ( $s$ ) és a turbulencia ( $F_B$ ) szétválasztását. Mivel mindkét hatás a kút körül koncentráldódik, így azt célszerű egy látszólagos szkinfaktorként ( $s^* = s + F_B$ ) kezelni. Ebből adódóan  $\Delta p_s = \Delta p_{(s+FB)}$ . A két hatás szétválasztásához a parabola egyenletében szereplő négyzetes tagot kell felhasználni.

A zárást megelőző vízhozam ( $q_w = 273,6 \text{ m}^3/\text{d}$ ) és a parabola egyenletében szereplő négyzetes tag alapján a turbulens áramlás zónájában létrejövő, a lamináris áramláshoz viszonyított többlet nyomásvesztés számítható, aminek értéke:  $\Delta p_{FB} = 0,289 \text{ MPa}$ .

A szkinhatás miatt létrejövő nyomásvesztés ( $\Delta p_s$ ) a  $\Delta p_{(s+FB)}$  és a  $\Delta p_{FB}$  ismeretében az alábbi összefüggéssel számítható:

$$\Delta p_s = \Delta p_{(s+FB)} - \Delta p_{FB}$$

A szkinhatás miatt létrejövő nyomásvesztés értéke:  $\Delta p_s = 0,137 \text{ MPa}$ .

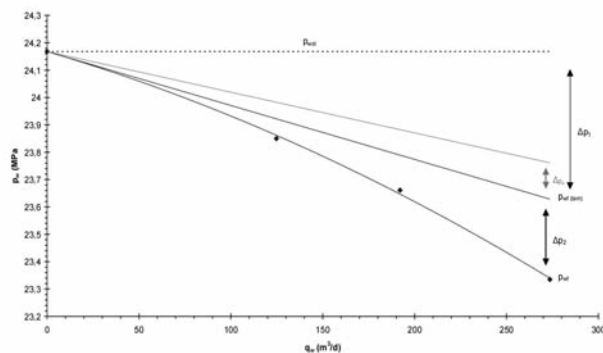
A nyomásvesztések ( $\Delta p_{FB}$  és  $\Delta p_{(s+FB)}$ ) értékéből láthatóan a HORNER feldolgozásból nyert – a látszólagos szkinből ( $s^*$ ) számított nyomásvesztés –  $\Delta p_{(s+FB)}$  értékének  $\approx 68\%$ -a a turbulencia miatti nyomásvesztésből származik.

A tényleges szkin értéke ( $s = 3,34$ ) az alábbi összefüggéssel számítható:

$$s = s^* \cdot \left(1 - \frac{\Delta p_{FB}}{\Delta p_{(s+FB)}}\right)$$

A 9. ábra az 5. ábrának a tényleges szkin hatására létrejövő nyomásvesztéssel ( $\Delta p_s$ ) történt kiegészítése.

A fentiekből láthatóan a turbulenciavizsgálatot látszólagos pozitív szkin ( $s^*$ ) esetén célszerű elvégezni egy esetleges rétegkezelés szükségességének és eredményességének vizsgálatához.



9. ábra: Nyomásvesztések felosztása a hozam függvényében (5. ábra kiegészítése)

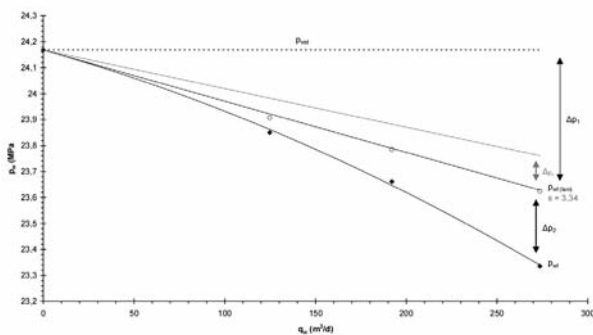
## A tényleges szkin tényező megbízhatóságának ellenőrzése

A módszerrel meghatározott tényleges szkin tényező ( $s = 3,34$ ) megbízhatóságát szimulációval ellenőriztem. A lamináris áramlás esetére nyomásemelkedési görbe feldolgozásából nyert modelleredményekkel ( $C_s, k_w$ ) és a tényleges szkin tényező felhasználásával – PanSystem szoftverrel – elvégezhető a kapacitásmérés alatti talpnyomás változás szimulációja. A szimulációból nyert talpnyomások:

Vizhozam; $q_w$ ( $m^3/d$ )	Talpnyomás; $p_{wf}$ (MPa)
124,8	23,907
192,0	23,785
273,6	23,624

A talpnyomásokat a 10. ábra mutatja. Az ábrán láthatóan a talpnyomások jól illeszkednek a javasolt módszerrel feldolgozott – a lamináris áramlást reprezentáló talpnyomás-változásra (az ábrán  $p_{wf(lam)}$  jelű nyomásváltozás).

A szimuláció igazolta a tényleges szkin tényező ( $s = 3,34$ ) megbízhatóságát.



**10. ábra:** Tényleges szkin megbízhatóságának ellenőrzése

### A módszer gyakorlati alkalmazása

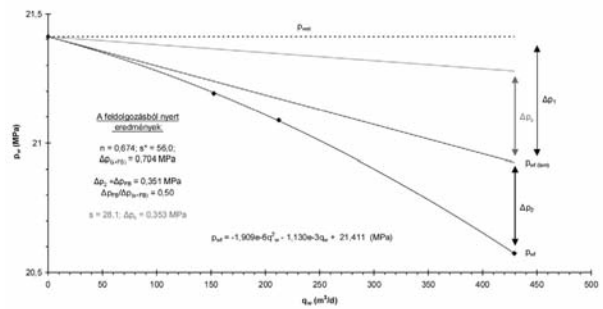
Egy termálvízknálnál a nyomásemelkedési görbe HORNER feldolgozása pozitív szkint ( $s = 56,0$ ) eredményezett, a szkint hatására létrejövő nyomásvesztés  $\Delta p_s = 0,704$  MPa volt. Az exponenciális hozamegyenlet kitevője ( $n = 0,674$ ) turbulenciára utalt. A 11. ábrán ábrázolt – az MSZ 15298: 2002 szerinti vízhozamgörbe analógiájára elkészített – vízhozamgörbe parabolikus jellege igazolta a turbulencia jelenlétét. Az egyenlet:

$$p_{wf} = -1,909e-6 \cdot q_w^2 - 1,130e-3 \cdot q_w + 21,411 \text{ (MPa)}$$

A szkint látszólagos szkinként ( $s^*$ ) kezeltem.

Az előzőekben ismertetett módszert alkalmazva a feldolgozásból az alábbi nyomásvesztések adódtak:

$$\begin{aligned} \Delta p_{FB} &= 0,351 \text{ MPa} \\ \Delta p_s &= 0,353 \text{ MPa} \end{aligned}$$

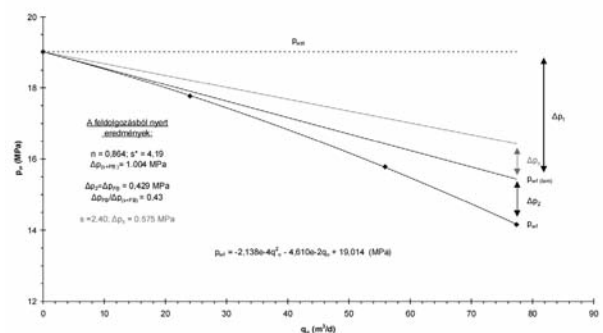


**11. ábra:** Nyomásvesztések felosztása a hozam függvényében

Az eredményekből látható, hogy a látszólagos szkin ( $s^*$ ) hatására létrejövő nyomásvesztés ( $\Delta p_{(s+FB)}$ ) értékének 50%-a a turbulencia miatti nyomásvesztésből származik.

A tényleges szkin értéke:  $s = 28,1$  a HORNER feldolgozásból nyert  $s = 56,0$  értékkel szemben. A 11. ábra kiegészült a tényleges szkin hatására létrejövő nyomásvesztéssel ( $\Delta p_s$ ).

A következő példában az Alg-303 sz. egyfázisú olajbeáramlást adó olajkút [1] feldolgozása látható. A nyomásemelkedési görbe HORNER feldolgozása pozitív szkint ( $s = 4,19$ ) eredményezett, a szkint hatására létrejövő nyomásvesztés  $\Delta p_s = 1,004$  MPa volt. Az exponenciális hozamegyenlet kitevője ( $n = 0,864$ ) turbulenciára utalt.



**12. ábra:** Nyomásvesztések felosztása a hozam függvényében

A 12. ábrán ábrázolt – az MSZ 15298: 2002 szerinti vízhozamgörbe analógiájára elkészített – hozamgörbe parabolikus jellege igazolta a turbulencia jelenlétét. Az egyenlet:

$$p_{wf} = -2,138e-4 \cdot q_w^2 - 4,610e-2 \cdot q_w + 19,014 \text{ (MPa)}$$

A szkint látszólagos szkinként ( $s^*$ ) kezeltem. Az előzőekben ismertetett módszert alkalmazva a feldolgozásból az alábbi nyomásvesztések adódtak:

$$\begin{aligned} \Delta p_{FB} &= 0,429 \text{ MPa} \\ \Delta p_s &= 0,575 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Az eredményekből láthatóan a látszólagos szkin ( $s^*$ ) hatására létrejövő nyomásvesztés ( $\Delta p_{(s+FB)}$ )

értékének 43%-a a turbulencia miatti nyomásvesztésből származik. A tényleges szkin értéke:  $s = 2,40$  a HORNER feldolgozásból nyert  $s = 4,19$  értékkel szemben. A 12. ábrát kiegészítettem a tényleges szkin hatására létrejövő nyomásvesztéssel ( $\Delta p_s$ ).

### Összefoglalás

A nyomásemelkedési görbe HORNER és/vagy komplex (nemlineáris regresszió) feldolgozásából határozható meg a zavartalan tárolórész átérésztőképessége. Ezen a területen a  $D^2$  Arcy törvénye érvényes. A feldolgozásból a kútkörzet megváltozott átérésztőképességéből adódó, valamint a turbulens áramlás következtében fellépő nyomásvesztés csak együttesen számítható.

Gázkutak esetében a szkin és turbulencia tényező szétválasztása megoldott:

- izokron kapacitásmérésből,
- ellennyomásos kapacitásmérésből CARTER módszerrel [1],
- korszerű kútvizsgáló értékelő szoftverekkel (pl.: PanSystem, KAPPA, WELLTEST 200).

Egyfázisú olaj- és vízbeáramlást eredményező kutak esetében, ha a turbulencia jelenléte az exponenciális hozamegyenlet kitevőjének ismeretében kimutatható ( $n < 1$ ), valamint a HORNER és/vagy komplex feldolgozás pozitív szkin eredményez, a szkin értékét látszólagos szkinként ( $s^*$ ) kell kezelni, és célszerű

elvégezni a látszólagos szkinből meghatározott nyomásvesztés szétválasztását a szkin hatás és a turbulencia miatt létrejövő nyomásvesztésre az előzőekben ismertetett módszer szerint.

A nyomásvesztések ismerete elengedhetlen feltétele egy eredményes rétegkezelés eldöntésének és sikerességének.

### Köszönetnyilvánítás

Köszönetemet fejezem ki a GEOINFORM Kft.-nek, *Lipták Ernő* igazgató úrnak, hogy hozzájárultak a Pan System szoftver alkalmazásához, valamint a tanulmányban felhasznált ábrák publikálásához.

### IRODALOM

1. *Dr. Megyery M.; Gyenese I.; Tóth B.*: Hidrodinamikai vizsgálatok gyakorlata. NIMDOK Budapest, 1982. 1-2. szám
2. *Simon S.*: Hidrodinamikai vizsgálatok értékelési módszerei. NIMDOK Budapest, 1981. 3-4. szám
3. *Vízföldtani napló tartalmi és formai követelményei.* Magyar szabvány, MSZ 15298:2002
4. *Dr. Bódi T.*: Hidrodinamikai vizsgálatok alapjai szénhidrogén- és víztárolókban. Mérnöktovábbképző tanfolyam, 2000.

**GYENESE ISTVÁN** 1963-ban olajipari technikus oklevelet, 1980-ban okl. folyamatszervező képesítést szerzett. 2000-ben 1 hetes mérnöktovábbképző tanfolyamon vett részt. 1963–1967-ig kútvizsgáló terepi dolgozó, 1967–1984-ig kútvizsgáló értékelő, 1984–1993-ig értékelési csoportvezető, 1993–2000-ig értelmezési önálló csoportvezető, 2000–2004-ig a MOL Rt. KTD Operatív Művelés-elemzés és Irányítás Well Test Team-jében kútvizsgáló munkatárs beosztásban dolgozott. 2004–2010-ig szakértőként, azt követően kiegészítő tevékenységet folytató nyugdíjas magánszemélyként dolgozik kútvizsgáló témákban. 2005-től a Geoinform Kft.-vel megbízási szerződése van. OMBKE és MGtE (Magyar Geotermális Egyesület) tag.

### A világ 10 legnagyobb vízmélységből termelő szénhidrogén mezője

1. *Vízmélység: 2809–2934 m, Silvertip/Tobago-mező, Mexikói-öböl (USA) Terdido-medence, földtani készlete 35 MMboe = 5,565 M m<sup>3</sup> ≈ 4,73 Mt kőolaj-egyenérték, operátor: Shell*
2. *Vízmélység: 2919 m, Stone III-mező, Mexikói-öböl (USA), 2016 óta termel egy úszó termelő, tároló és átrakódó rendszerre (FPSO), operátor: Shell*
3. *Vízmélység: 2692 m, Chinook-mező, Mexikói-öböl (Brazília), 2012 óta termel egy úszó termelő, tároló és átrakódó rendszerre (FPSO), operátor: Petrobras*
4. *Vízmélység: 2482 m, Cascad-mező, Mexikói-öböl (Brazília), alatta van a Chinook-mező (lásd az előbbi), a két mező földtani készlete 34 MMboe = 5,406 M m<sup>3</sup> ≈ 4,595 Mt kőolaj-egyenérték, úszó termelő, tároló és átrakódó rendszerre (FPSO) termel, operátor: Petrobras*
5. *Vízmélység: 2320 m, Great White-mező, Mexikói-öböl (USA), alatta van a Silvertip/Tobago-mező (lásd előbb), 2010 óta termel a világ legmélyebb lehorgonyzott oszlop*

- pára (TS), földtani készlete 350 MMboe = 55,65 M m<sup>3</sup> ≈ 47,3 Mt kőolaj-egyenérték, operátor: Shell
6. *Vízmélység: 2307 m, Coulomb-mező, Mexikói-öböl (USA), 2004 óta termel, operátor: Shell*
  7. *Vízmélység: 2249 m, Hadrian-mező, Mexikói-öböl (USA), a Hadrian-Dél-mező 2015 óta termel az Anadarko által üzemeltetett Luchus lehorgonyzott oszlopra (TS), a Hadrian-Észak-mező termelésbe állítása 2017-ben történik meg, operátor: ExxonMobil*
  8. *Vízmélység: 2230 m, Iara-mező, Brazil só-tömsők alatti mező, 2015-ben fedezték fel és 2019-ben állítják termelésbe, földtani készlete 1,1 Mrd bo = 174,89 M m<sup>3</sup> ≈ 148,66 Mt tonna kőolaj, operátor: Petrobras*
  9. *Vízmélység: 2230 m, Iara Entorno-mező, 2019-ben állítják termelésbe több mint 300 000 b/d = 47 696 m<sup>3</sup>/nap ≈ 40 540 t/nap kőolaj mennyiséggel, operátor: Petrobras*
  10. *Vízmélység: 2200 m, Appomattox-mező, a 2015-ben felfedezett mezőt 2019-ben állítják termelésbe egy félig elmerülő úszó termelő egységgel (Semi-FPU), operátor: Shell*
- Ocean Engineers (OE) 2017. május id. Ősz Árpád*