

# SZŰRŐSZÖVET VIZSGÁLATA

## (ZSÁKOS PORSZŰRŐ)

(Mérési segédlet)

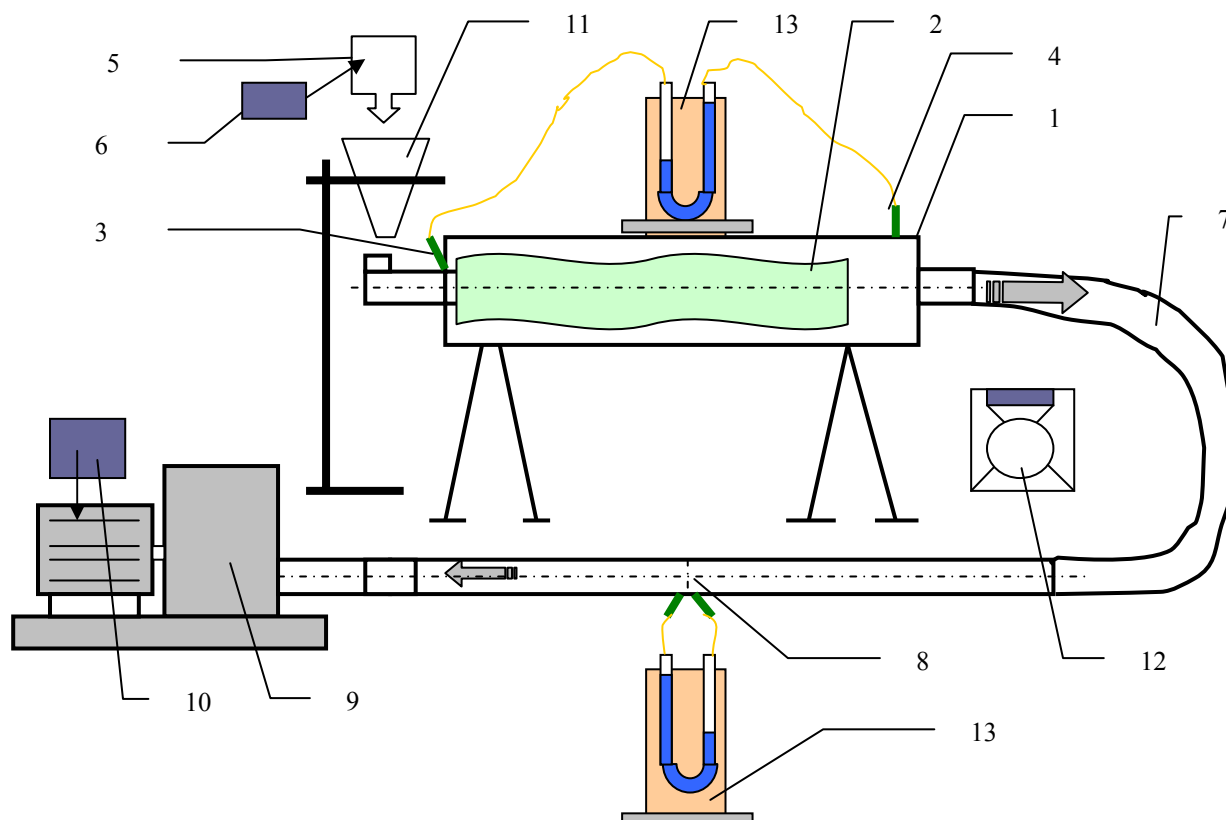
### 1. A mérés célja

Nagy hatásfokú porszűrési feladatokra alkalmas eszköz az ún. zsákos porszűrő. Ez a berendezés a poros gázt szállító légvezetékbe épített, adott porozitású szálal szövetanyagból kialakított szűrőzsákból áll. A zsákos porszűrőt jellemzi:

- a porterhelés nélküli szűrő nyomásesés, ún. üresjárási jelleggörbe:  $\Delta p_{sz,ü}=f(q_v)$
- az adott állandó porterhelés ( $q_{mp}$ ) melletti  $\Delta p_{sz,p}$  szűrő nyomásesés jelleggörbe, különböző  $q_v$  levegő átáramlási térfogatáramok esetén:  $\Delta p_{sz,p}=f(q_v)$
- az adott állandó  $q_v$  levegő átáramlási térfogatáram melletti  $\Delta p_{sz,p}$  nyomásesés, különböző porterhelések ( $q_{mp}$ ) esetén:  $\Delta p_{sz,p}=f(q_{mp})$

A mérési feladat a poradagoló-rendszer kalibrálása után a zsákos porszűrő fenti karakterisztikáinak kimérése: a porterhelés nélküli szűrő nyomásesését a térfogatáram függvényében, illetve a különböző beállított porterhelések vagy térfogatáramok esetén különböző hosszúságú szűrőzsákok nyomásesését mérjük.

### 2. A mérőberendezés



1. ábra Zsákos porszűrő mérőberendezés

- |                                |  |                                  |
|--------------------------------|--|----------------------------------|
| 1. zsákos porszűrő ház,        | 2. szűrőszövet /zsák/                    | 3. nyomásmérő hely, szűrő előtt  |
| 4. nyomásmérő hely, szűrő után | 5. poradagoló berendezés                 | 6. motor fordulatszám-szabályozó |
| 7. csővezeték                  | 8. átfolyó mérőperem ( $d=6mm, D=18mm$ ) |                                  |
| 9. fúvó                        | 10. fúvó fordulatszám-szabályozó         |                                  |
| 11. por tároló tégely          | 12. mérleg                               | 13. U-csöves manométer           |

### 3. A mérés során egyszer mért adatok, felhasznált mérőeszközök

Környezeti hőmérséklet:	$t_0 = \dots \text{ °C}$
Környezeti nyomás:	$p_0 = \dots \text{ Pa}$
U-csöves vizes manométer:	$\rho_{\text{víz}} = 1000 \text{ kg/m}^3$
U-csöves higanyos manométer:	$\rho_{\text{Hg}} = 13.6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$
Ferdecsöves manométer:	$\rho_{\text{alkohol}} = 840 \text{ kg/m}^3$
Levegő sűrűség:	$\rho_{\text{lev}} = ? \text{ kg/m}^3$ $\rho_{\text{lev}} = ? \text{ (R=287 J/(kg}\cdot\text{K), } \kappa=1,4; \varepsilon=1)$
Átfolyó mérőperem adatok:	$d = 6 \text{ mm, } D=18 \text{ mm, } \beta^4=(d/D)^4=0,01235$

A  $q_V$  térfogatáram számítható az átfolyó mérőperem sarokmegcsapolásain mért  $\Delta p$  nyomáskülönbségből az alábbi összefüggés szerint:

$$q_V = \alpha \cdot \varepsilon \cdot \frac{d^2 \pi}{4} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho_{\text{lev}}}}$$

Ehhez szükséges az  $\alpha$  átfolyási szám és  $\varepsilon$  expanziós szám meghatározása táblázat alapján vagy az alábbi képletek segítségével iterációval:

$$\alpha = \frac{C}{\sqrt{1 - \beta^4}}$$

ahol

$$C = 0,5961 + 0,0261\beta^2 - 0,216\beta^8 + 0,000521 \left( \frac{10^6 \beta}{\text{Re}_D} \right)^{0,7} + (0,0188 + 0,0063A)\beta^{3,5} \left( \frac{10^6}{\text{Re}_D} \right)^{0,3} + 0,011(0,75 - \beta) \left( 2,8 - \frac{D}{0,0254} \right)$$

mely összefüggésben a mérőperem átmérőviszonya:

$$\beta = \frac{d}{D},$$

a Reynolds-szám:

$$\text{Re}_D = \frac{v \cdot D}{\nu},$$

az A tényező értéke pedig:

$$A = \left( \frac{19000 \cdot \beta}{\text{Re}_D} \right)^{0,8},$$

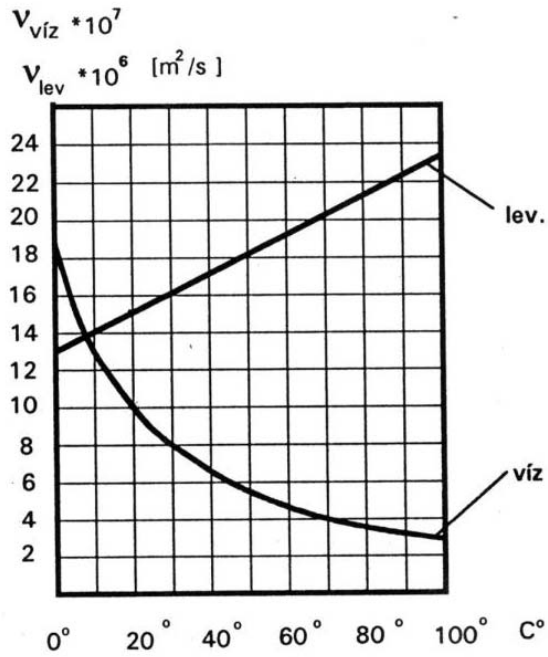
a közeg összenyomhatóságát pedig az expanziós szám (kompresszibilitási tényező) veszi figyelembe (jelen csekély nyomásváltozás estén az  $\varepsilon=1$  egységnyi értékkel lehet számolni):

$$\varepsilon = 1 - (0,41 + 0,35 \cdot \beta^4) \cdot \frac{\Delta p}{\kappa \cdot p_1}, \quad \varepsilon \cong 1.$$

A fenti képleteket javaslom pl. Excel-ben történő kiértékeléshez (2-3 iterációs lépés elegendő), vagy a Reynolds-szám és a  $\beta$  átmérőviszony alapján az alábbi táblázatból való kiválasztással (sorokban és oszlopokban szereplő értékek közötti lineáris interpoláció!) is történhet manuálisan az iteráció, de az nehézkes és hosszadalmas.

$\alpha$  átfolyási szám számokban ábrázolt nyomatékú vízszelvényű mérőperemre

$Re_D$	$3 \cdot 10^4$	$10^5$	$2 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$	$10^6$	$10^6$	$10^6$	$Re_D$
0,0025	0,603	0,600	0,599	0,599	0,598	0,598	0,595	0,597	0,0025
0,003	0,604	0,600	0,600	0,600	0,599	0,599	0,599	0,598	0,003
0,004	0,603	0,601	0,601	0,601	0,600	0,600	0,600	0,599	0,004
0,005	0,606	0,602	0,602	0,602	0,601	0,601	0,600	0,599	0,005
0,01	0,611	0,606	0,606	0,604	0,603	0,603	0,602	0,602	0,01
0,02	0,619	0,613	0,611	0,608	0,607	0,607	0,606	0,606	0,02
0,03	0,627	0,620	0,616	0,613	0,612	0,612	0,611	0,610	0,03
0,04	0,634	0,626	0,621	0,618	0,617	0,616	0,616	0,614	0,04
0,05		0,632	0,626	0,623	0,622	0,620	0,619	0,616	0,05
0,06		0,637	0,631	0,627	0,626	0,624	0,623	0,621	0,06
0,07		0,643	0,636	0,632	0,630	0,628	0,626	0,625	0,07
0,08		0,648	0,641	0,636	0,634	0,632	0,630	0,629	0,08
0,09		0,653	0,646	0,641	0,638	0,636	0,634	0,633	0,09
0,10		0,658	0,650	0,645	0,642	0,640	0,637	0,636	0,10
0,11		0,663	0,655	0,650	0,647	0,644	0,641	0,640	0,11
0,12		0,668	0,659	0,654	0,651	0,647	0,645	0,644	0,12
0,13		0,674	0,664	0,659	0,655	0,651	0,649	0,648	0,13
0,14		0,679	0,668	0,663	0,659	0,655	0,652	0,651	0,14
0,15		0,684	0,673	0,668	0,663	0,659	0,656	0,655	0,15
0,16	0,689	0,677	0,672	0,667	0,663	0,659	0,656	0,655	0,16
0,17	0,695	0,682	0,677	0,671	0,667	0,664	0,663	0,663	0,17
0,18	0,700	0,687	0,681	0,675	0,671	0,667	0,666	0,666	0,18
0,19	0,705	0,692	0,685	0,679	0,675	0,671	0,670	0,670	0,19
0,20	0,710	0,696	0,689	0,683	0,679	0,675	0,674	0,674	0,20
0,21	0,716	0,701	0,694	0,688	0,683	0,679	0,678	0,678	0,21
0,22	0,721	0,705	0,698	0,692	0,687	0,683	0,682	0,682	0,22
0,23	0,726	0,710	0,703	0,696	0,691	0,687	0,685	0,685	0,23
0,24	0,731	0,714	0,707	0,700	0,695	0,691	0,689	0,689	0,24
0,25	0,737	0,719	0,712	0,705	0,699	0,695	0,693	0,693	0,25
0,26	0,742	0,723	0,716	0,709	0,703	0,698	0,697	0,697	0,26
0,27	0,748	0,726	0,721	0,714	0,708	0,703	0,701	0,701	0,27
0,28	0,753	0,733	0,726	0,718	0,712	0,707	0,705	0,705	0,28
0,29	0,758	0,736	0,731	0,723	0,716	0,711	0,709	0,709	0,29
0,30	0,763	0,743	0,735	0,727	0,720	0,713	0,711	0,711	0,30
0,31	0,769	0,748	0,740	0,732	0,725	0,719	0,717	0,717	0,31
0,32	0,775	0,753	0,745	0,736	0,729	0,723	0,721	0,721	0,32
0,33	0,781	0,759	0,750	0,741	0,734	0,728	0,725	0,725	0,33
0,34	0,786	0,764	0,755	0,745	0,738	0,732	0,729	0,729	0,34
0,35	0,792	0,770	0,760	0,750	0,743	0,736	0,733	0,733	0,35
0,36	0,798	0,775	0,765	0,755	0,748	0,740	0,738	0,738	0,36
0,37		0,781	0,770	0,761	0,753	0,744	0,742	0,742	0,37
0,38		0,786	0,775	0,766	0,757	0,749	0,747	0,747	0,38
0,39		0,792	0,780	0,772	0,762	0,753	0,751	0,751	0,39
0,40		0,797	0,786	0,777	0,767	0,757	0,756	0,756	0,40
0,41		0,804	0,793	0,783	0,773	0,763	0,761	0,761	0,41



2. ábra Az átfolyó mérőperem  $\alpha$  átfolyási számának meghatározására szolgáló  $\alpha=f(\beta^4; Re_D)$  táblázat és  $Re_D$  szám számításához szükséges kinematikai viszkozitás hőmérséklet-függése.

**Felhasznált mérőeszközök, berendezések felsorolása:**

- Hőmérő: .....
- Barométer: .....
- U-csöves vizes manométer: .....
- Ferdecsőves manométer: .....
- Digitális mérleg: .....
- Zsákos szűrő méretei, típusa: .....
- Poradagoló: .....
- Mérőperem: .....
- Fúvó: .....
- Villanymotor: .....
- Fordulatszám-szabályozó: .....

**4. A mérés menete**

**4.1. Poradagolás tömegáram kalibráció:**

- a., A poradagolás kalibrációját (időegység alatti pormennyiség mérése, por tömegáram meghatározása) a mérés előtt kell elvégezni. Ehhez szükséges eszközök a poradagoló berendezés, egy időmérő eszköz (stopper, másodpercmutatós karóra) és a digitális kijelzésű 0.1g vagy 0.01g pontosságú mérleg. A poradagoló berendezés egyenlőtlensége miatt a min.  $\Delta t = 1-2$  percig tartó mérést legalább kétszer meg kell ismételni. Az így mért  $\Delta t$  időegység alatti  $m_p$  portömeg értékeknek számtani átlagát vesszük, ami az adagolt (állandó)  $q_{mp}$  portömegáramát jelenti.  $q_{mp} = m_p / \Delta t$  [g/s]
- b., A por bejuttatását a csigas adagoló berendezés nélkül is meg lehet oldani, amennyiben kézzel is azonos mennyiségű poradagokat tudunk a szűrőbe juttatni. A jelen mérés során ezt az adagolási módot is használhatjuk. Az adagolás kalibrációja a jegyzőkönyv végén található a táblázatban. A tényleges mérés során egy adag por a (~0.05) gramm legyen, melyet 0.01 gramm pontosságú mérlegen lehet kimérni. Az adott poradagokat egyelő idő alatt (pl. 15 sec alatt) kell bejuttatni a szűrő szívóoldali nyílásán. Ebből pl. a poradagolás tömegárama már számolható.

A digitális mérleg használatánál ügyelni kell annak nullázására, tárazásra, illetve a mérés utáni tisztítására!

Amennyiben több állandó porterheléssel is mérni akarunk, a kalibrálást minden egyes beállítandó porterhelésre előzetesen el kell végezni! (Kézi adagolásnál ez nem alkalmazható.)

#### **4.2 Zsákos szűrő elkészítése, a mérőberendezés összeszerelése:**

A szűrőszövetből egy megfelelő hosszúságú ( $L_1$ ) darab áll rendelkezésre. Arra a zárókupakot fel kell rögzíteni, és az együttes tömeget (üres szűrő tömegének meghatározása céljából) lemérni. Majd a beszívócsonkot is felrögzítve az így kialakított zsákos szűrőt a szűrőházba kell helyezni, majd a házhoz -légmentesen lezárható módon- csavarokkal rögzíteni kell. Meg kell győződni arról, hogy a szűrő előtti ill. utáni nyomáskivezetések nincsenek-e eltömödve, ill. hézagmentes-e a tömítés.

A szűrő utáni csövezeteket csatlakoztatni kell az átfolyó mérőperemet tartalmazó egyenes mérőszakaszhoz, ill. azután a fúvó szívócsonkjához.

**Figyelem! A manométereket csak a berendezés beindítása után csatlakoztassuk a nyomásmérő helyekhez, és akkor is gondosan ügyelve, hogy azok méréshatára megfelelő-e!** Amennyiben szükséges, nagy szűrő nyomásesés ill. térfogatáramok esetén használjunk vizes U-csöves manométert a ferdecsőves mikromanométer helyett!

A kalibráció után a fúvó motorjának és fordulatszabályozójának hálózati csatlakoztatása után a mérést az üres szűrő nyomásesésének mérésével kezdjük.

**A légfúvó fordulatszámának szabályozására két potenciométer áll rendelkezésre. Ezekkel lehetőség van a fúvó maximális térfogatáramának beállítására. Ezáltal elkerülhetjük a manométer méréshatárának túllépését, és így a mérőfolyadék (víz, alkohol) mérőcsöbe való túlfolyását!**

#### **4.3 Üres szűrő nyomásesése:**

A mérést a porterhelés nélküli üres szűrőszövet nyomásesésének a mérésével kezdjük. Ügyelni kell a nyomásmérő eszköz megválasztására! A ferdecsőves alkoholos, U-csöves vizes manométerek közül ki kell választani az adott szűrőhöz megfelelő méréshatárral rendelkező legpontosabb mérőeszközt. A fúvót a mérőeszköz által beállíthat maximális térfogatáramon járattva, a szűrő előtti ill. utáni nyomáskivezetésekre csatlakoztatott szilikon csöveket a manométer (+/-) nyomásmérő csatlakozóihoz óvatosan közelítve meghatározhatjuk megfelelő méréshatárú műszert. Így a szűrő előtt ill. után elhelyezett nyomásmérő pontokhoz csatlakoztatjuk a megfelelő manométert.

A mérőperemhez ugyancsak csatlakoztatunk egy megfelelő manométert.

A fúvó fordulatszámának növelése mellett regisztráljuk a szűrő nyomáseséséhez  $\Delta p_{sz,ü}$  tartozó manométer kitérést  $\Delta h_{sz,ü}$  és a mérőperem nyomáseséséhez tartozó kitérést  $\Delta h_{MP}$ .

#### **4.4 Szűrő nyomásesésének mérése porterheléssel:**

Az üres szűrő nyomásesésének mérésénél leírtakat kell megismételnünk, de most már a port is adagoljuk, a szűrő előtti nyíláson keresztül. Az adagolásnál ügyelni kell, hogy a por bejusson a szűrő szívócsövébe! Egy adott  $q_v$  térfogatáramon végzett mérésnél a szűrő eltömődésével a fúvó egyre jobban terhelődik, kevesebb térfogatáramot képes szállítani, így a fúvó **fordulatszámának kismértékű korrigálására** van szükség.

A kb. 15-15s-ig tartó mérések + műszerleolvasások között a kézi poradagolást szüneteltetni kell, ha pedig adagoló berendezés van, akkor pedig annak leállításával vagy pedig az adagoló

berendezés leállítása nélkül a folyamatosan adagolt port egy odahelyezett külön tálkába való felfogásával, amíg a manométereken mutatott értékeket le nem olvassuk.

Addig ismételjük ezeket a méréseket, amíg a szűrő nyomásesése az azt mérő manométer méréshatárát el nem éri. (ez a fenti kis poradagok esetén kb. 15-20 mérési pontot jelent)

Szükség esetén a méréseket megismételjük más szűrőszövettel, vagy más porterheléssel, a mérést vezető oktató helyszíni útmutatása alapján. Rendelkezésre áll: 4-féle hosszúságú szűrőzsák, mindegyikből 2-2 db, hogy a különböző porterheléses állapotot össze lehessen hasonlítani adott szűrőzsák-hossz esetén.

**5. Eredmények (!PÉLDA! Az alábbi diagramok csak jellegre helyesek!)**

A jegyzőkönyvben szerepeltetendő eredmények (táblázat és diagram formájában is):

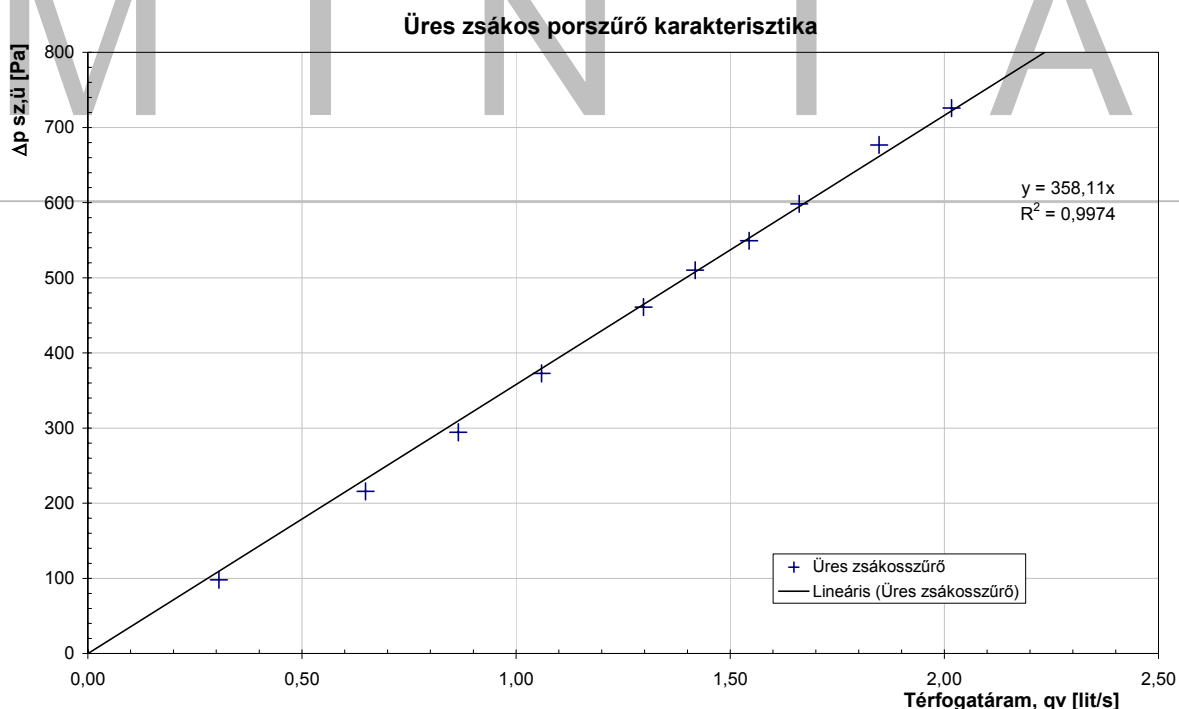
/Minden mért és számított adat a mérési jegyzőkönyv fontos része. A mérési jegyzőkönyvet a mért eredmények (táblázatos, diagramos, szöveges, stb.) elemzése, kiértékelése zárja. Egyéb, a mérési jegyzőkönyvvel kapcsolatos követelmények a honlapon találhatóak./

**1. Poradagolás kalibrációja, táblázatban  $m_p[g]=f(t)[s]$**

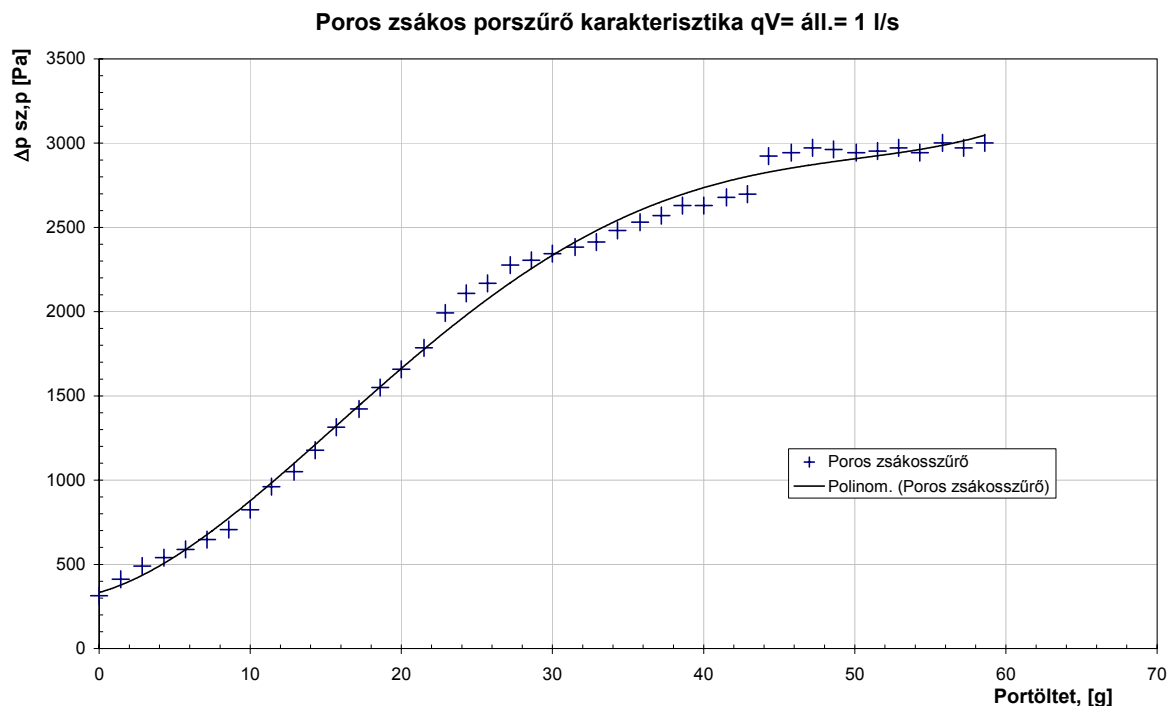
A 15s-ig adagolt portömegek (grammban):

1.	vagy poradagoló		
0,15g/15s = 0.01 g/s	1) 1.32 g / 2 perc	2) 1.44g / 2 perc	2) 1.37 g / 2 perc

**2. Üres szűrő nyomásesése a térfogatáram függvényében,  $\Delta p_{sz,ü} [Pa] = f(q_v) [liter/s]$**



**Poros szűrő nyomásesése az adagolt por tömegének függvényében,  $\Delta p_{sz,p}[Pa]=f(m_p)[g]$**   
 (Adatpontokra illesztett (0,0) pontból induló lineáris trendvonal, egyenlet, szórásnégyzet)



**A méréssel kapcsolatos egyéb gyakorlati tudnivalókat a helyszínen ismertetjük.**

A mérési jegyzőkönyv egyéb formai követelményeit a szintén letölthető „mereskov.doc” tartalmazza.

**Ajánlom a mérési jegyzőkönyv borítólapjának a honlapon ugyanitt letölthető egységes borítólapot! [www.ara.bme.hu](http://www.ara.bme.hu)**

**A jegyzőkönyv beadási határideje a mérés után 2 héttel. A jegyzőkönyvvel kapcsolatos konzultáció az Áramlástan Tanszéken, lehetőleg előre egyeztetett időpontban.**

Bővebb felkészüléshez pl. Dr. Lajos T. előadásjegyzete használható

Budapest, 2007.10.10.

Suda Jenő Miklós, egyetemi adjunktus

ÁRAMLÁSTAN TANSZÉK - [www.ara.bme.hu](http://www.ara.bme.hu) - 463-3465 - [suda@ara.bme.hu](mailto:suda@ara.bme.hu)