

Megoldás. A bor „iskoláztatására” vonatkozó szakmai részleteket ábrával ellátva *Csorba Emese* (Hódmezővásárhely, Bethlen G. Ref. Gimn., 10. évf.) ismerteti: „*A nagyobb hordókból a kisebb hordókba fejtik át a bort. Mindig teli hordónak kell lenni, hogy a bor ne pimpósodjon meg. A nagyobb hordókat úgynevezett ászokra teszik. A gumicső vége nem érhet le a felső hordó aljára, mert az üledéket (az ún. seprőt) is felkavarná.*”

Komjáthy Júlia (Szekszárd, Garay J. Gimn., 12. évf.) a mérés elvégzése előtt a lehető legavatottabb szakemberhez, a borász nagypapához fordult „az e téren lévő tapasztalatai” végett. A nagypapa jóslata szerint „a kifolyó bor sebessége nem nagyon függ a cső hosszától; viszont minél nagyobb a szintkülönbség, annál gyorsabban folyik a bor, . . . és annak, hogy a teli hordóba milyen mélyre nyomjuk le a csövet, nincs jelentősége”. Az utóbbi két jóslat igaznak bizonyult, a cső hosszától viszont (a súrlódások, örvények és egyéb lassító tényezők miatt) igenis függ a sebesség, – írja saját megfigyelései alapján a versenyző, és ez derült ki a többi dolgozatból is. (A szakember védelmében mag kell említeni, hogy az áramlási veszteségeket a fizikus is csak viszonylag hosszú, vékony csővel veszi észre, a borászt pedig semmi nem készíti ilyen cső használatára. – A szerk.)

No, de lássuk a mérést! A bort a diákok természetesen vízzel helyettesítették, a hordókat pedig vödrökkel, meg mindenféle konyhai edényekkel. *Szilágyi Péter* (Debreceni Egyetem Kossuth L. Gyak. Gimn., 11. évf.) egy 50 literes műanyag hordót helyezett el a tetőtérben, innen „iskolázta” át a vizet a pincéig vezető csigalépcső különböző magasságban levő fokaira. Ő is – mint a mérést elvégzők többsége – a víz áramlási átlagsebességét (v) a hozamból számította ki, mérve azt az időt, ami alatt egy másfél literes műanyag flakon megtelik a csövön keresztül. Mérése közben a felső vízszint (mivel kellően nagy hordót használt) nem változott számottevően. Másoknak, akik kisebb edényt alkalmaztak, állandó pótlással gondoskodniuk kellett a felső vízszint állandóságáról. *Tóth Sándor* (Csongrád, Batsányi J. Gimn., 12. évf.) például vízcsapból állandóan pótolta a lefolyt vizet, sőt, még egy túlfolyót is alkalmazott a vízszint stabilitására.

2. *ábra.* A vízáram sebessége a szintkülönbség függvényében

Szilágyi Péter $\ell = 10, 8, 5, 3$ és 2 m hosszú csövekkel végigmérte a csigalépcső által biztosított szintkülönbségek teljes tartományát. Ezek szerint adott csőhossz esetén az áramlási sebesség a h szintkülönbség négyzetgyökével arányosnak tekinthető (2. *ábra*), hasonlóan a szabadesés $v = \sqrt{2gh}$ összefüggéséhez. Az arányossági tényező a vízáramlásnál (feltehetően a folyadék belső súrlódása és a cső falával való súrlódása miatt) sokkal kisebb, néhol csak tizede, mint a

szabadon eső testek esetében. Adott szintkülönbség mellett a hosszabb csövön kisebb a vízáramlás sebessége (*3. ábra*), de a függvénykapcsolat határozottan nem lineáris. Számítógépes hatványfüggvény-illesztéssel $v \sim \ell^{-0.7}$ összefüggés kapható. A hatványkitevő „kézzel” (pontosabban egy zsebszámológéppel) is meghatározható, ha $\lg v$ -t $\lg \ell$ függvényében ábrázoljuk, majd a mérési pontokra „szemmel” (és egy vonalzóval) egyenest illesztünk.

A folyadékok áramlását tárgyaló könyvek (pl. Budó Á.: Mechanika) szerint csövekben az áramlás kis sebességek esetén *réteges* (lamináris), nagyobb sebességeknél pedig *turbulens* (gomolygó, örvénylő). A kétféle áramlás közötti átmenet – Reynolds (1883) és mások mérései szerint – akkor következik be, ha a folyadék v sebességéből, ρ sűrűségéből, η viszkozitásából és a cső r sugarából képezhető dimenziótlan $R = \rho r v / \eta$ szám (az ún. Reynolds-szám) kb. 1160-nál nagyobb. Tóth Sándor megpróbálta mindkét áramlást megvalósítani, és a lamináris \rightarrow turbulens átmenetet kimutatni. Azt tapasztalta, hogy kisebb sebességű áramlás más függvénykapcsolattal jellemezhető, mint a nagyobb sebességű, de az átmenet nem éles. A mérési adatok alapján inkább csak sejthető, mint bizonyítható, hogy $R \approx 1000$ környékén egy kicsit megváltozik a $v(h)$ függvény jellege. Megfigyelte azt is, hogy a mérés során apró légbuborékok jelentek meg a cső falán, s ez csökkentette a kiömlés sebességét. *Vigh Máté* (Pécs, PTE Babits M. Gyak. Gimn., 11. évf.) ugyancsak megfigyelte a $v(h)$ függvénykapcsolat jellegének megváltozását $R \approx 1200$ -as Reynolds-szám környékén, ezen kritikus érték alatt lineárisnak tekinthető a függvény, felette pedig a négyzetgyökshöz közeli ($v \sim h^{0,54}$).

Említést érdemel *Varga Lajos* (Gyula, Karácsonyi János Kat. Gimn., 10. évf.) sebességmérési módszere. Egy nyakláncból származó színes gyöngyszemet, melynek átmérője kb. fele volt a cső átmérőjének, sűrűsége pedig kisebb, mint a vízé, a cérnafelfűző lyukba tömködött gyurmadarabkákkal addig „nehezített”, míg a gyöngy éppen lebegett a vízben. Így a gyöngy igen könnyen, szinte „akadálytalanul” együtt mozgott a vízzel, s mivel helyzete jól megfigyelhető, a sebességét könnyen meg lehetett határozni.

A mérés pontosságát az időmérés hibája (néhány tizedmásodperc), a térfogatmérés hibája (néhány ml), a cső hosszának mérésénél előforduló hiba (cm nagyságrendű) és a külső körülmények esetleges változásából adódó véletlenszerű hatások korlátozzák. Mindezek, valamint az említett szisztematikus hibaforrások (pl. buborékképződés, a cső hajlatainak szerepe stb.) miatt a mérés pontosságát kb. 4–5%-osnak becsülhetjük. Az adatfeldolgozás során kapott mennyiségeknek (pl. az illetékt hatványfüggény kitevőjének) a bizonytalansága is ilyen nagyságrendű.