

## A pingponglabda kalandjai az örvénnyel

Haszpra Ottó

### Az ember a víztől, a szivattyú a levegőtől fulladozik.

Az ember meghalhat, ha víz jut a légcsővébe. A szivattyú eltörhet, ha levegő jut a szívócsővébe.

A történet egy szivattyútelep gondatlanul tervezett egyszerű téglalakú szivattyúkamrája (1.kép) légbeszívási problémájával kezdődött. Üzemeléskor néha, vagy folyton, csattogtak a szivattyúk, eltört egy szivattyúlapát is.

Bűnösnek a légtölcsér találtatott (2. kép), amely időnként létrejött a szivattyú szívócsőve közelében és levegőadagokat szállított a szívócsőbe, onnan pedig a szivattyú járókerékéhez. Ennek lapátjai így időnként levegővel, majd a rájuk csapó vízzel találkoztak, nagy ütésekkel elszenvedve, meglehetősen, sőt messzire hallható csattanások kíséretében.

A Budapesti Műszaki Egyetem vízépítési tanszékén megépítettük a szivattyúakna és a szívócsövek 1:10 méretarányú fizikai modelljét, hogy megvizsgáljuk, milyen módon lehet megakadályozni a légtölcsérek keletkezését. Mérésekkel meghatároztuk a tölcsekre keletkező zónáját és feltételeit, majd két megoldást is kidolgoztunk:

1. vízszintes fedőlemezek elhelyezése a szabad vízfelszín megszűntetésére az említett zónákban,
2. terelőfalak építése a víz örvénylésének megakadályozására. A választás a tervezők feladata volt.

Utóbb azonban felmerült bennem egy harmadik, játékos megoldás is: gumilabdát helyezni a vízbe, míg az építkezés megkezdődhet. A modellben a gumilabdát közönséges pingponglabdával tudtuk helyettesíteni. Mi történt ezzel?

## Aventuroj de pingpongpilko kun la akvokirlo

Ottó HASZPRA

### Homoj sufokataj per akvo, pumpiloj per aero

Homo povas morti, se trafas akvo en lian trakeon. Pumpilo povas rompiĝi, se aero trafadas en ĝian suĉtubon.

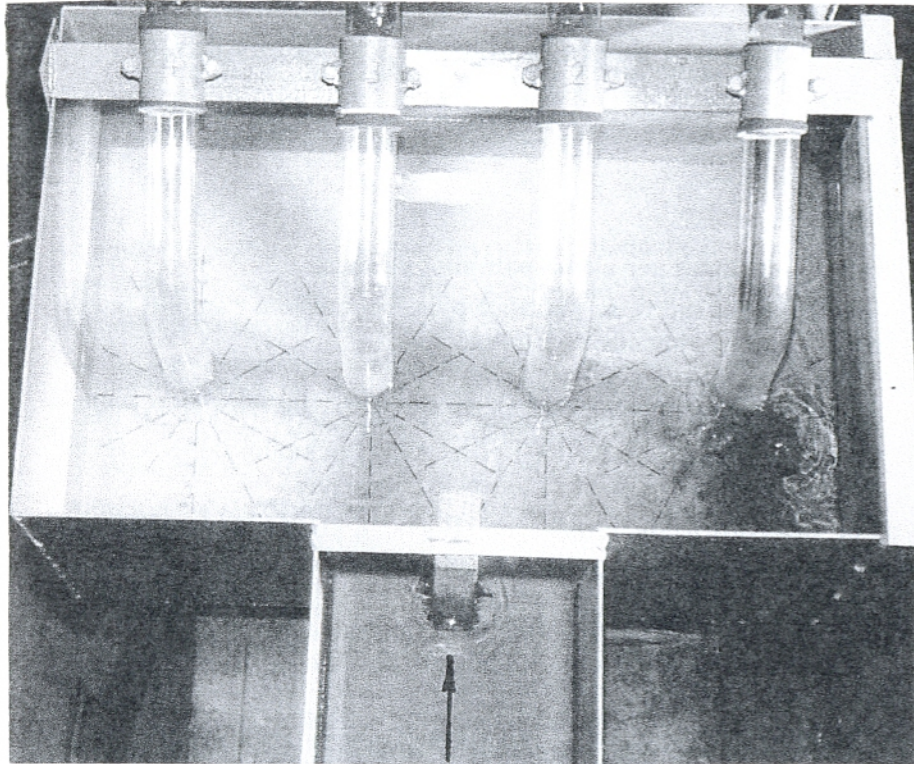
La rakonto komenciĝis per aersuĉa problemo de senzorge planita, simple kvadroforma pumpilĉambro de pumpstacio (Bildo 1). Dum funkciado foje, aŭ daŭre, iu(j) el la helicaĵ pumpiloj donis klakajn sonojn, kaj derompiĝis ankaŭ unu el la helicaĵ aloj.

La pekulo troviĝis la aerfunelo (Bildo 2), kiu de tempo al tempo kreiĝis en la proksimeco de la pumpila suĉtubo kaj transportis aerdozojn en la suĉtubon, kaj de tie al la helico. Do, la helicaloĵ foje renkontis aeron kaj poste denove akvon frapantan sur ilin. Tiam ili suferis grandajn akvobatojn, akompane de klakoj – eĉ de malproksime aŭdeblajn.

En laboratorio de la Hidraŭlika Katedro de la Budapeŝta Teknika Universitato ni konstruis laŭ skalo 1:10 la fizikan modelon de la pumpilĉambro kun la suĉtuboj por studi, kiamaniere malhelpi la kreiĝon de la aerfuneloj. Per mezuradoj ni determinis la zonojn kaj kondiĉojn de la estiĝo de la aerfuneloj kaj ellaboris du solvojn:

1. Almeto de horizontalaj kovraj platoj por ĉesigi la liberan akvosurfacon en la menciitaj zonoj, kaj
2. Konstruo de pelmuroj por malhelpi kirliĝon de la akvo. Elekti inter la supraj du solvoj restis tasko de la projektantoj.

Poste tamen aperis en mia menso ankaŭ tria, kvazaŭ ludeca solvebleco: nome meti flosantan gumpilkon en la akvon ĝis la transkonstruado povas komenciĝi. En la modelo ni povis anstataŭigi la gumpilkon per ordinara tablotenisapilketo. Kio okazis al ĝi?



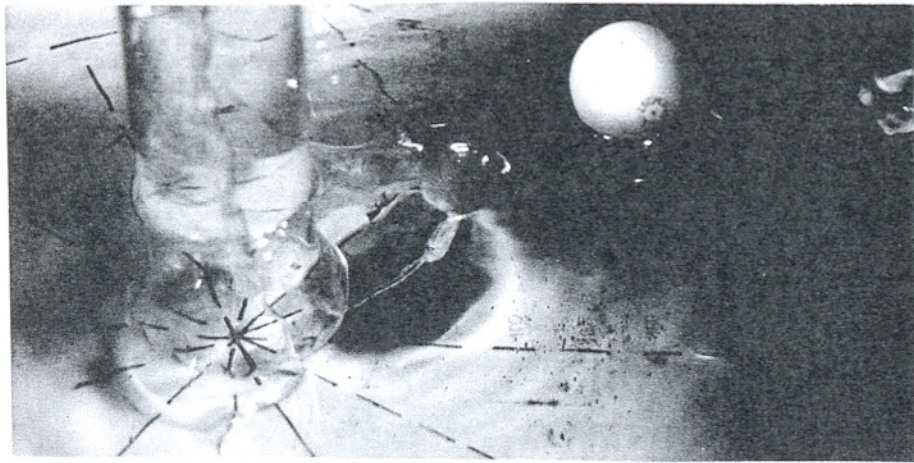
**Bildo 1** : Supre: la modelo de la pumpilĉambro kun la suĉtuboj de kvar pumpiloj. Sube: la alkonduka kanalo de la akvo.

*1. kép. Fent: a szivattyúkamra modellje a négy szivattyú szívócsöveivel. Lent: a vízhozzávezető csatorna.*



**Bildo 2** : Dekstre: kurbaksa aerfunelo formiĝinta en kaj pro akvokirlo, kaj transportanta aeron en la maldekstran suĉtubon de la pumpilo. En la suĉtubo ĝis la fundo kreiĝis ankaŭ alia, vertikalkaksa, kirlo kiun plenigis aerfermaĵo pro interefikoj kun la aerfunelo. Supre estas desube videbla la ondadanta akvosurfaco, en kiu la funelo speguliĝas.

*2. kép. Jobbra görbetengelyű légtölcsér, amely az örvény miatt és abban képződött és levegőt szállít a baloldali szívócsőbe. A szívócsőben másik, fenéig érő, függőleges tengelyű örvény is képződött, amely a légtölcsérral kölcsönhatásban levegővel töltődött. Fent látható alulról a hullámzó vízfelszín, amelyben a légtölcsér tükröződik.*



**Bildo 3** : La pingpongpilko proksimiĝas al la aerfunelo

*3. kép. A pingponglabda közeledik a légtölcsérhez*

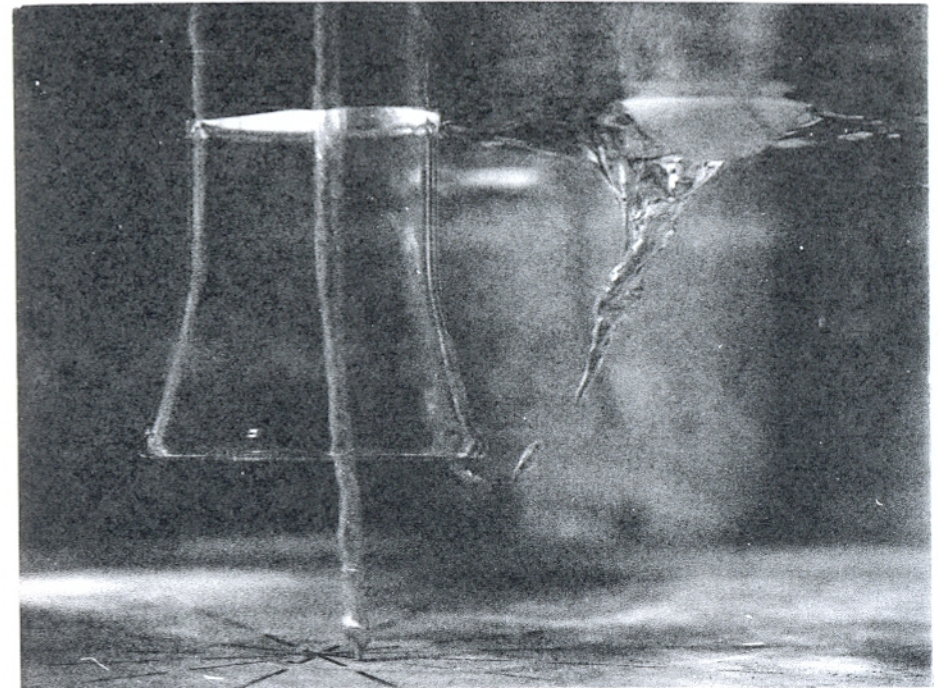
Nos, olyan helyzetet teremtettünk (a tervezettnél kissé alacsonyabb vízszinttel), amely majdnem folyamatosan termelte az örvényt és légtölcsért (a légtölcsér a határoló felülete az örvénynek, mely utóbbi a szívócső közelében keringő egész víztestet jelenti). Ezután óvatosan rátettük a vízre a pingponglabdát (3-4. kép).

Nos, pingponglabdánk eleinte határozatlankodott, egy gyenge lehelettel is meg lehetett az útját változtatni. De ahogy közelebb került a légtölcsérhez (4. kép), hirtelen belezútyant és lezárta (5. kép). Szegény labda bizonyára nagyon megijedt, de szerencsére nem sodródott le a szívócsőbe. Láttuk ugyanis a 4. képen, hogy a könnyű labda kb. átmérőjének harmadáig, vagyis térfogatának kb. 26%-áig merül a vízbe, pedig nemcsak a súlya, de a felületi feszültség is lefelé húzza, míg az 5. képen a bemerülés az átmérőnek 55%-a, vagyis a térfogatnak kb. 57%-a.

Ez a nagyobb bemerülés azért áll elő, mert a pingponglabda alatti (5, 6 és 7. kép), már lezárt örvényterben a nyomásszint alacsonyabb, mint a hidrosztatikus, amely utóbbi azonos a vízszintes vízfelszínnel és nem ellensúlyozza a labda változatlan önsúlyát. A labdának tehát mélyebbre kell süllyednie, hogy a felhajtóerő elérje a labda súlyát (7. kép).

→ **Bildo 4** : La pingpongpilko flosanta ankoraŭ sur la praktike horizontala akvosurfaco, sinkas en la akvon ĉ. triondiametron. La aerfunelo estas interrompata, sed ne pro la pilko (kiu ankoraŭ ne atingis ĝin) sed pro la ĉiam pulsanta akvomoviĝo en la kirlo.

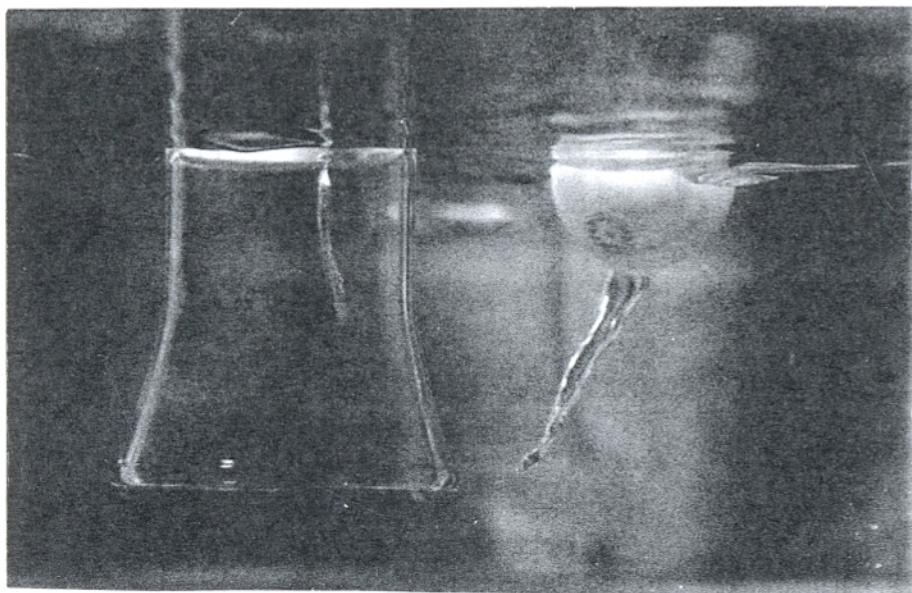
→ *4. kép. A gyakorlatilag még a vízszintes vízfelszínen úszó pingponglabda kb. harmad átmérőnyire süllyed a vízbe. A légtölcsér szakadozik, de nem a labda miatt, amely még nem érte el, hanem az örvény folyton lüktető vízmozgásától.*



Nu, ni kreis la supre menciitan situacion (per iomete pli malalta akvonivelo), kiu preskaŭ kontinue produktis la kirlon kaj la simltanan aerfunelon. La "aerfunelo" estas limsurfaco de la akvokirlo, kiu lasta signifas la tutan kirligantan akvomason proksiman al la suĉtubo. Poste ni singlarde metis la pingpongpilketon sur la akvosurfaco (Bildoj 3, 4).

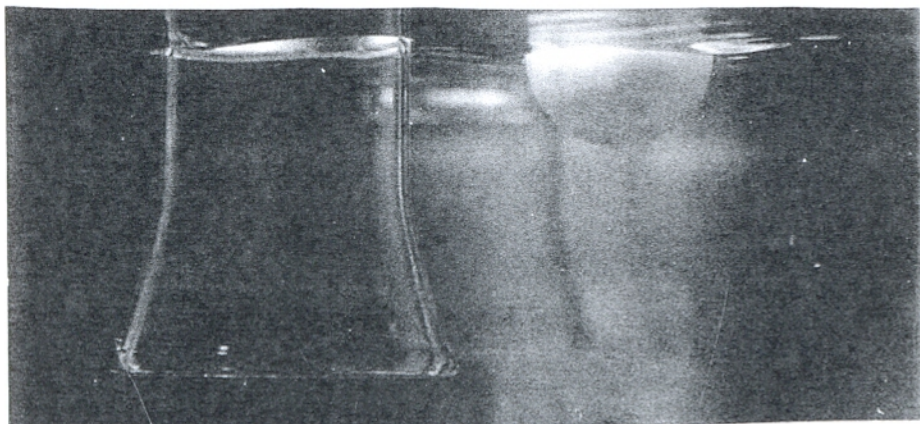
Nia pingpongpilketo unue nedecidemis, eĉ per malforteta bloveto oni povis modifi ĝian vojon. Sed kiel ĝi proksimiĝis pli kaj pli al la aerfunelo, ĝi abrupte enfuneliĝis kaj ŝtopis ĝin (Bildo 5). Povra pilketo certe tre ektimis, sed feliĉe ne driviĝis en la suĉtubon. Ja ni vidis sur Bildo 4, ke la malpeza pilketo sinkas en la akvon ĝis ĉ. sia triondiametro, t.e. ĝis 26% de sia volumeno, kvankam ne nur la pezo, sed ankaŭ la surfaca tensio tiras ĝin malsupren, dum sur la Bildo 5 la sinko estas 55% de la diametro, t.e. la sinkinta volumeno estas 57%.

Tiu pli granda sinko estiĝis, ĉar en la jam fermita kirlospaco sub la pingpongpilko (Bildo 5, 6 kaj 7) la premnivelo estas pli malalta (sub la atmosfera), kaj sekve ne ekvilibrigus la neŝanĝitan pezon (↓) de la pilko. Do la pilko devis sinki pli profunden, ke la rezultanto (↑) de la pozitiva(↑) kaj negativa (↓) dinamikaj levfortoj ekvilibrigu la pezon(↓) de la pilko (Bildo 7).



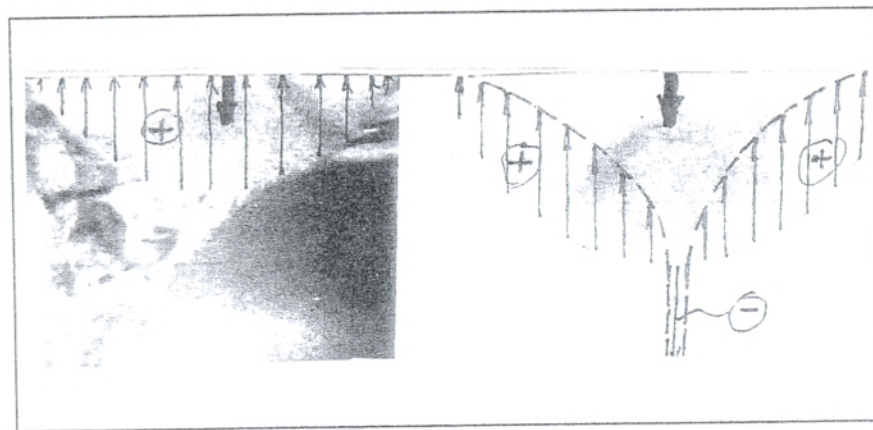
**Bildo 5 :** La pilko driviĝis en la aerfunelon kaj ŝtopis ĝin. El la aerfunelo la aero estas fordriviĝanta kaj la aerfermaĵo estinta meze de la suĉtubo jam tute fordriviĝis, ĉar la aerprovizado el la aerfunelo jam preskaŭ ĉesis. La pilko sinkis ĝis duondiametro en la akvon pro la malalta prem-nivelo meze de la kirlo.

**5. kép.** A labda besodródott a légtölcsérbe és eldugaszolta. A légtölcsérből a levegő elsodródóban van és a szívócső közepén volt légzárvány már teljesen elsodródott, mert a légbetáplálás a tölcserből már csaknem megszűnt. A labda félátmérőig süllyedt a vízbe az örvény közepén uralkodó alacsony nyomásszint miatt.



**Bildo 6 :** La aerfunelo tute ĉesis. Tamen la ĉ. duondiametra sinko de la pilko (Bildo 5) restis la sama. La kaŭzo: la akvokirlo plu funkcias sub la pilko kaj plu "suĉas" la pilkon suben.

**6. kép.** A légtölcsér megszűnt. A labda kb. fél átmérőnyi süllyedése (5. kép) azonban megmaradt. Ennek oka, hogy a vízörvény tovább működik a labda alatt és lefelé "szívja" a labdát.



**Bildo 7 :** Maldekstre: Sur la triondiametre sinkintan pilkon (el Bildo 4) efikas la hidrostatika premdistribuo. Dekstre: Sur la duondiametre sinkintan pilkon (el Bildo 6) ŝtopintan la aerfunelon efikas la hidrodinamika premdistribuo de la kirlo.

**7. kép.** Balra: A harmadátmérőig süllyedt labdára (a 4. képből) a hidrosztatikus felhajtóerő hat. Jobbra: A félátmérőig süllyedt labdára (a 6. képből), amely eldugaszolta a légtölcsért, az örvény hidrodinamikai nyomáeloszlása hat.

### Adreso de la aŭtoro

Prof. Dr. HASZPRA Ottó  
Húr u. 9. A ép. III. Iph. 1/3  
HU - 1223 Budapest  
HUNGARIO

<haot@freemail.hu>

### Priaŭtoro informo

La aŭtoro estas diplomita konstruĝiniero kaj membro de la Hungara kaj la Novjorka Sciencaj Akademioj kaj de la Esperantaj akademioj AIS, ISAC kaj AdE, krome *Professor emeritus* de la Budapeŝta Tehnika kaj Ekonomika Universitato.