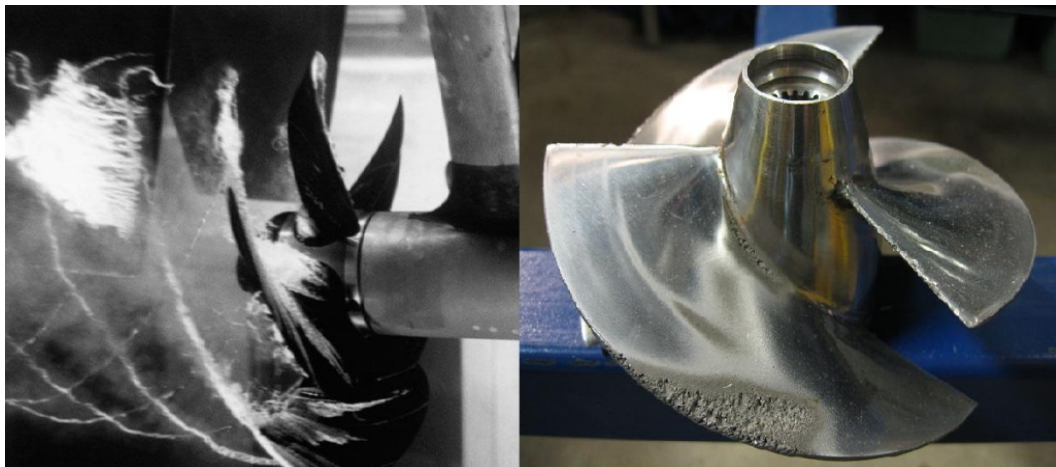


**A KAVITÁCIÓ JELENTŐSÉGE**  
**A**  
**TŰZOLTÁS VÍZELLÁTÁSÁBAN**  
*/ tanulmány /*



Készítette:  
**Mészáros János**

Budapest, 2014. január 31.

## 1. BEVEZETŐ

A Google kereső a KAVITÁCIÓ szó, illetve szóösszetétel beírására reagálva nagyjából a következő találat-számot jelzi:

KAVITÁCIÓ	3.460.000 találat
KAVITÁCIÓS ZSÍRBONTÁS	46.400 találat
KAVITÁCIÓS SZIVATTYÚ	45.500 találat
KAVITÁCIÓS KAZÁN	12.600 találat

A hajózásban, szivattyútechnikában illetve áramlástanban járatos szakemberek többsége nagyjából ismeri a jelenséget és tisztában is van annak jelentőségével.

Tanulmányomban megpróbálom nagyon röviden összegezni a kavitációhoz köthető általános ismereteket, a tűzoltás vízellátása kapcsán használatos szivattyúk jellegzetességeit, valamint a vízellátás és a kavitáció lehetséges összefüggéseit. A fotók - melyek az interneten elérhetők - nem minden esetben az éppen idézett publikációból származnak.

## 2. MI IS A KAVITÁCIÓ ?

Az interneten is hozzáférhető szakirodalom a kavitációt nagyjából azonosnak mondható jelenségként írja le, azonban a megfogalmazások helyenként eltérőek. Nézzünk pár jellemző példát.

Wikipédia: <http://hu.wikipedia.org/wiki/Kavit%C3%A1ci%C3%B3>

*A kavitáció egy fizikai jelenség, mely akkor következik be, ha egy anyag folyadék fázisból hirtelen gáz fázisba megy át a nyomás esése következtében. Ha a folyadék sebessége hirtelen megnő, akkor az energiamegmaradás törvénye értelmében (Bernoulli törvénye) a nyomása leesik. A keletkező gőzbuborék, ha az áramlás mentén olyan helyre ér, ahol a nyomás nagyobb az ottani hőmérséklethez tartozó telítettség nyomásnál, a buborék hirtelen összerokad, az egymásnak csattanó folyadékfelületek erős akusztikus lökeshullámot keltenek, ami egyrészt erős zajjal, rezgéssel, másrészt a környező szilárd testek eróziójával jár. Ilyen eset fordul elő például nem teljesen elzárt vízcsap szűk áramlási keresztmetszetében, szivattyúknál vagy hajócsavaroknál. **Szivattyúknál, ha a jelenség kiterjed az egész áramlási keresztmetszetre, a vízoszlop el is szakadhat, és a szivattyú nem képes folyadékot szállítani.***

*A kavitáció általában káros jelenség, áramlástanban gépek, csővezetékek, hajók tervezésekor nagy figyelmet fordítanak az elkerülésére. Vannak azonban esetek, amikor a jelenséget hasznos célokra is be lehet fogni: emulziók képzéséhez, felületek tisztításához, kavitációs szivattyúhoz.*

Kenőanyag lexikon: <http://www.lubritechnik.hu/kavitacio.html>

*Az áramló folyadékokban nagy nyomáskülönbségek hatására keletkező, majd szétpukkanó gőzbuborékok. Gépelemeknek ennek hatására történő felületi roncsolódása. A hidraulikus rendszerben kavitáció egyrészt akkor jön létre, ha a folyadék nem tölti ki a rendelkezésre álló teret a szivattyúban. Így aztán légbuborékok maradnak a folyadékban, ami a szivattyúra káros hatással van. Ha szivattyúból a nyomó oldalon nagy sebességgel kiáramló olaj a szívó oldalon nem kap elegendő utánpótlást (amit általában a tartály és szivattyú között lévő vezeték elzáródása, eltömődése okoz), akkor a szívóágban a nyomás erősen csökken és a folytonosság hiány miatt a befolyó folyadékban üregek, buborékok képződnek.*

*A szivattyú sérülése akkor következik be, amikor ezek a gőzzel és/vagy levegővel töltött buborékok - amelyek a kis nyomású térben keletkeznek - bekerülnek a nagy nyomású térbe és "berobbannak" vagy "összeesnek", miközben a szivattyú alkatrészek felületéről piciny darabkákat szakítanak ki. Ez a folyamat nagy zajjal és a szivattyú vibrálásával jár együtt.*

Lap.hu: [http://kavitacio.lap.hu/kavitacio\\_mint\\_fizikai\\_jelenseg/25538387](http://kavitacio.lap.hu/kavitacio_mint_fizikai_jelenseg/25538387)

**Hajócsavar kavitáció.** *A kavitáció akkor lép fel, ha a hajócsavar levegőt ér, hallható a motor hangján is, mert a fordulatszáma emelkedik. Könnyen túlpöröghet, mely károsíthatja a motort. A kavitáció tönkre teheti a hajócsavart, mert a forgó hajócsavar felületén kialakuló buborékok helyére nagy sebességgel beáramló víz olyan nagy ütésekkel méri a hajócsavarra, mintha kalapálnánk.*



Ha valaki a fentieknél valamivel alaposabb tudományos (netán áltudományos ?) igényű magyarázatot szeretne megismerni annak jó szívvel ajánlható az alábbi, az interneten ugyancsak elérhető - terjedelmesebb - ismeretterjesztő publikáció

A kavitáció jelensége: <http://esemenyhorizont.uw.hu/2005/kavitac.html>

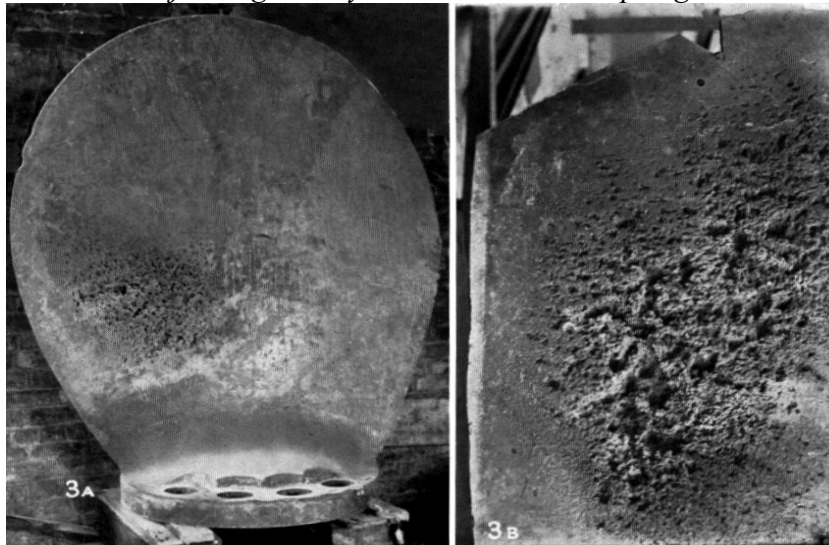
melyből most helyhiány miatt a fejezetcímek közlése mellett **csak rövid részleteket ragadok ki (önkényesen tördelve !!!)**:

### **1. A kavitáció klasszikus értelmezése**

*A kavitáció (a tudomány jelenlegi, hivatalos álláspontja szerint) gőzbuborékok keletkezése a folyadékok kisnyomású tartományaiban, ami főleg nagy sebességű áramlási zónákban jelenik meg. Centrifugális szivattyúkban, hajócsavarok és vízturbinák környezetében figyelhető meg és kiterjedt eróziót okoz a forgó lapátokon, valamint minden érintett anyagfelületen.*

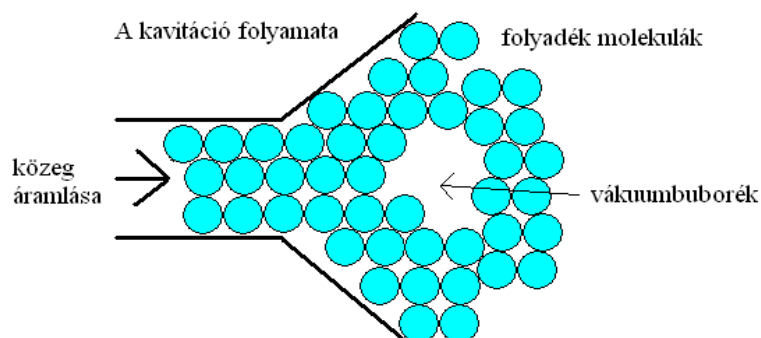
*Rezgésekkel, kopogásszerű hanggal jár, eltorzítja az áramlási képet és csökkenti a hatásfokot.*

Mindegy, milyen anyagból készítik a hajócsavart vagy turbinalapátot, egyaránt megeszi a felületét, szó szerint kimarja a legkeményebb ötvözeteket is, apró gödröcskéket képezve rajta.



A szó **jelentése** egyébként: **üregesedés**. A kavitáció mindezek miatt egy nem kívánatos természeti jelenség, amit lehetőleg ki kell küszöbölni a turbina forgási sebességének limitálásával vagy áramlási profiljának megváltoztatásával. Ez utóbbi nem jelent igazi megoldást, mert nem lehet vele teljesen megszüntetni a kavitációt.

A **kavitációs (gőz)buborékok** az áramló folyadékban hirtelen fellépő nyomáscsökkenés hatására keletkező apró, pár milliméteres gömböcskék. A nagy nyomású tartományokba érve gyorsan összeroppannak, és ha az eltűnésük egy fémfelület közelében következik be, adott méretű (szintén milliméteres) gödröt vájnak bele. A megjelenésükhöz elegendő mindössze 4-5 atmoszférányi nyomáskülönbség is, tehát már a kerti slagban is létrejöhetnek, ami ettől furcsa, pattogó hangot ad locsoláskor. Az elmúlt évtizedekben sokan foglalkoztak a kavitációs jelenségek vizsgálatával, beleértve a szabadenergia kutatókat is, és **számos találmány készült, ami a gödrösödés során felszabaduló energiát hasznosítja** valamilyen módon. Itt az ideje, hogy megvizsgáljuk a kavitációt időfizikai szemszögből és megértsük működését.



## 2. A kavitáció folyamata

Ha egy nagy nyomású folyadékban hirtelen nyomáscsökkenés következik be, az anyag gyakorlatilag szétszakad. Belső folytonossága megszűnik, hézagok, rések keletkeznek benne a pillanatnyi mozgási viszonyoknak megfelelően.

A folyadékok azonban nem úgy szakadnak szét, mint a szilárd anyagok. Nem néhány darabra esnek szét, némi törmelék kíséretében, hanem a rendelkezésükre álló teret nagyjából egyenletesen kitöltve cseppekre robbannak szét. A cseppek között pedig apró üregek, üres lyukak keletkeznek. Ezek szó szerint **vákuum buborékok**, tehát nem gőzbuborékokról van szó. Nincs bennük semmiféle gőz, de mivel a vákuumnak kitett folyadékok forráspontja sok esetben

drasztikusan megváltozik, mikro gőzösödésre készítetik az őket körülvevő anyagot. Ezért omlanak össze olyan gyorsan a buborékok. A folyamat annyira gyors, hogy a folyadékot esetleg körülvevő közegnek (pl. levegőnek) nincs ideje odaáramlani és kitölteni a lyukakat, így itt **nem légritka, hanem valódi teljes vákuum keletkezik** egy nagyon rövid időre. **A buborékok összeomlása annihilációt okoz. Megsemmisíti a közelükben lévő anyagokat egy adott távolságon belül.** Nem elpárologtatja őket és az atomok sem alakulnak fénnyé, hanem **ténylegesen és véglegesen megszűnnek.** Az atomokat alkotó stabil elemi részecskék (proton, neutron, elektron) megsemmisülésekor a bennük tárolódó (nagy mennyiségű) fény hirtelen kiszabadul, különféle frekvenciákon szétsugárzódva a környezetbe, és elnyelődik a szomszédos atomokban, növelve azok gerjesztettségi szintjét (hőmérsékletét).

Vagyis **a kavitáló folyadékban megszűnnek az anyagok.** A hatás független az anyagok szerkezetétől, tehát még a gyémántot is megeszi ha bekerül a jelenség hatósugarába. Egy **zárt rendszerben keringő folyadék így fokozatosan elfogy** a kavitáció hatására, a buborékokkal érintkező turbinalapát anyagával vagy a csővezeték falával együtt. **Semmi sem állhat ellent neki (ami anyagból van!)** a jelenlegi ismereteink szerint, így eme erőzió ellen csak egy módon védekezhetünk: ha megakadályozzuk a kialakulását.

### 3. A kavitáció fizikája

Miért szűnnek meg az atomok egy aprócska, időleges vákuum buborék hatására? Hisz a világűrben vagy egy vákuumkamrában egész jól elvannak a különféle anyagok és eszükbe sem jut befejezni a létezésüket. Az ok a nyomáskülönbségben rejlik. Ha nagy erővel csapunk egymáshoz atomokat, elemi részecskéket, egy határon túl nem bírják elviselni a hirtelen fellépő nyomást és megsemmisülnek. Ilyet eddig (főként) csak részecskegyorsítókban és nukleáris robbantásoknál sikerült elérnünk, mert az anyagok meglehetősen jól bírják az inzultálást. Nehéz, de nem lehetetlen őket megsemmisíteni. A hirtelen nyomáscsökkenés ugyanilyen pusztító rájuk nézve.

**A kavitáció során létrejövő atomrobbanásban** főleg elektronok és protonok semmisülnek meg (páronként!), a neutronok relatíve védettebbek a pusztítással szemben (de nem teljesen!). A kavitációs (nukleáris) robbanásban azonban érdekes módon nem csak radioaktív bomlás figyelhető meg, hanem **esetenként magfúzió is létrejöhet** (viszonylag ritkán). Egyes instabil izotópok összeütközve új elemekké állhatnak össze. Így nagyon **sokféle új anyag keletkezhet**, ami korábban még nyomokban sem volt jelen a folyadékban. Erre utalnak is mérések, amikor a zárt rendszerben végbemenő kavitációs robbanások nyomán visszamaradó anyagokat elemezték. A robbanást végül a vákuum buborék megszűnése és a folyadék áramlása befojtja, elvezetve a felszabaduló hőt. Mivel a kavitáció hevességének növekedésével a pusztító ereje is megsokszorozódik, azt kellene várnunk, hogy végül az egész felrobban, mint egy igazi atomrobbanás. Hogy ez mégsem következik be a nagy sebességgel forgó turbinalapátok mentén, az annak köszönhető, hogy a lapátok hamarabb elfognak, minthogy az áramlást és vele a nyomáscsökkenést a kritikus értékre növelhetnék.

Ha nem állítják le, csak egy csutka marad a rotorból.





*Így a kavitáció egyszerű és könnyen előállítható módját jelenti a szabályozott nukleáris reakciónak, amit energiatermelésre is fölhasználhatunk (többek között).*

#### **4. Energiatermelés kavitációval**

*Ha folyadékot keringtetünk egy zárt rendszerben nagy sebességgel, és a csőben kialakítunk egy szűkülő, majd hirtelen kitáguló szakaszt, akkor ott könnyen elérhető a kavitációhoz szükséges nyomáscsökkenés. Működés közben **a folyadék molekulái folyamatosan pusztulnak** és a belőlük kiszabaduló fény hevíti a környezetét. Rendszeres időközönként épp ezért utána kell tölteni a rendszerbe a folyadékot (erre a víz látszik a legolcsóbb, legjobb anyagnak). Nem keletkezik az üzemelése során radioaktív hulladék, így annak tárolásáról sem kell gondoskodni. Sőt, **a kavitáció kiválóan alkalmas a különféle veszélyes hulladékok megsemmisítésére.***

#### **5. Hulladék megsemmisítés kavitációval**

*Az iparban rengetegféle olyan veszélyes hulladék keletkezik, aminek a megsemmisítése elég problémás, az eltávolítása pedig hosszabb távon nem megoldott. Ha ezeket a tárolgatás, ideoda rakosgatás helyett szépen pépesítjük, finomra őröljük, majd beadagoljuk a nagyobb teljesítményű kavitációs erőműveink reakcióterébe (a folyadékba keverve), akkor ott szépen megsemmisülnek. Nyomuk sem marad, viszont sok-sok megawattnyi elektromos energiát fognak szolgáltatni a következő évszázadokban, amíg nemzetközi összefogással teljesen meg nem tisztítjuk tőlük a Földet.*

#### **6. Kavitációs erőművek**

*A kavitációs erőművek kapacitásának csak a technológiai korlátok szabnak határt. Elvileg készíthetők gyufásdoboz méretű, mini erőművek is, amik átvehetik a különféle elemek és akkumulátorok helyét az élet szinte minden területén. Beszerelhetők autókba, repülőgépekbe, űrhajókba, robotokba, sőt városokat, egész ipartelepeket üzemeltethetünk a sok megawattos változataikkal.*

*Teljesen kiválthatjuk velük a fa, szén, kőolaj és urán tüzelésű erőműveket, a geotermikus, szél, vízi és naperőműveket, egyszóval mindent amit korábban kitaláltunk. Az alkalmazási lehetőségeknek csak a fantáziánk szab határt.*

*Ilyen rendszerek (házi kivitelben) már vagy 5-10 éve működnek Magyarországon is, valamint a világ sok országában, igaz nem verik túl nagy dobra a létezésüket, **mivel a hatásfokuk 100% fölött van, ezért hivatalosan ez a technológia nem is létezik.** Még szabadalmaztatni sem lehet, így a tömeges gyártása és forgalmazása is úgyesen akadályoztatva van, nehogy az emberiség (mármint a lakosság java része) olcsó (kvázi ingyenes) energiaforráshoz juthasson.*

*Az igazi jólét ebben a társadalomban szinte senkinek nem áll érdekében, főleg nem azoknak, akiknél a hatalom és a pénz van.*

### **7. A kavitáció mellékhatásai**

*Mivel egy háztartási kavitációs atomerőmű naponta csak pár centiliter vizet szüntet meg (az energiafogyasztástól függően), optimista becslések szerint is elegendő lesz a természet adta mennyiség a következő néhány évezredre (feltéve, hogy a lakosság létszáma nem haladja meg a 10-20 milliárdot). Még ha nagyon túlzásba is vinnék utódaink az anyagmegsemmisítést, akkor sem valószínű, hogy belátható időn belül kritikus mértékben csökkenjen emiatt a világ tengereinek szintje. Mindenesetre a víz jóval tovább fog tartani, mint a kőolaj és az urán.*

### **8. Kavitáció a természetben**

*Ha kicsit jobban utána nézünk, kiderül, hogy kavitáció nem csak a túlpörgetett hajócsavarok környezetében jön létre a tengervízben. A kavitáció, illetve az annihiláció valószínűleg meglehetősen gyakori jelenség a természetben. Nem csak a neutroncsillagok, fekete lyukak magjában léphet fel az extrém nyomás hatására. Még a légkörben csapkodó villámok által a levegőben kialakított villámcsatornában is fellép kavitáció, amikor az intenzív szabadelektron áramlás következtében elektronok, illetve levegő molekulák ütköznek egymással és semmisülnek meg. Minden villám egy mini atomrobbanás az égen (mi meg balga módon belebámulunk sokszor, elgyönyörködve szépségében).*

Miután a jelenséggel magával megismerkedtünk, egy lépéssel közelítsünk a gépészet, és ezen belül is a szivattyútechnika felé. Mi is a szivattyú, mire lehet használni? Milyen szivattyúkat használnak a tűzoltás-technikában? Milyen jelentősége lehet a kavitáció jelenségének „tűzoltó szemmel”? A tanulmány a továbbiakban ezekre a kérdésekre fókuszál.

## **3. A SZIVATTYÚKRÓL**

A szivattyú olyan áramlástechnikai gép, mely mechanikai energia felhasználásával megnöveli az általa szállított közeg (folyadék vagy gáz) munkavégző képességét. Vagyis a szivattyú egy energiaátalakító szerkezet, mely a mechanikai energiát más - hidraulikus vagy pneumatikus - energiává alakítja. Nagyon sokféle szivattyú létezik, melyek különféle szempontok szerint csoportosíthatók, osztályozhatók: felhasználási terület, szállított anyag, működési elv, szerkezeti felépítés, hajtási mód, emelőmagasság, stb.

A továbbiakban a teljesség igénye nélkül bemutatom a folyadék szállításra alkalmas szivattyúk működési elv alapján történő csoportosításának egy lehetséges változatát.

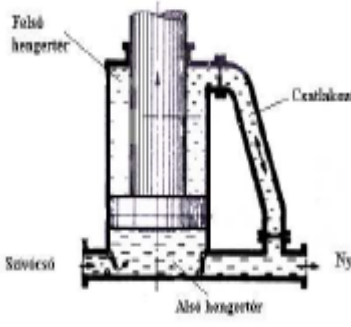
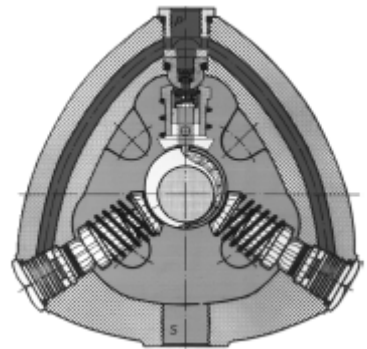
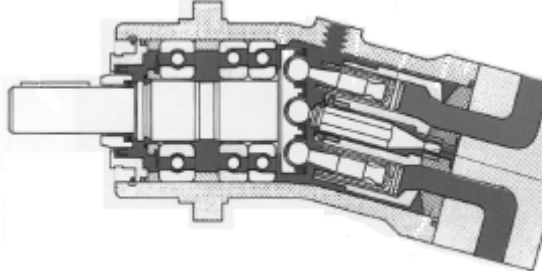
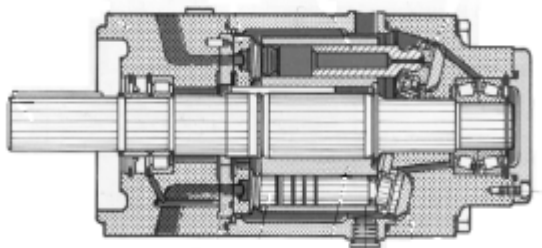
### **Működési elv alapján a szivattyúk lehetnek:**

1. Volumetrikus (a térfogat-kiszorítás elvén működő) szivattyúk
  - a) dugattyús, ezen belül: egyszeres működésű, kettős működésű, differenciál, stb. szivattyúk
  - b) egyéb volumetrikus elvű: fogaskerék szivattyú, csavarszivattyú, csúszólapátos szivattyú, vízgyűrűs szivattyú, stb.
2. Áramlástechnikai elven működő szivattyúk
  - a) az impulzusnyomaték (perdület) változása elvén működő: örvényszivattyúk
  - b) egyéb áramlástechnikai elven működő: sugárszivattyú, csatornás szivattyú, stb.

A **volumetrikus** szivattyúban a mechanikai energia hidraulikai energiává történő alakítása úgy játszódik le, hogy egy körülzárt munkatérben mozgó alkatrész(ek) váltakozva

csökkenti(k) és növeli(k) a munkatér térfogatát. Amikor a szivattyú működése közben növekszik a térfogat, depresszió (a légköri nyomásnál kisebb nyomás) alakul ki, aminek következtében a szállítandó anyag beáramlik a szivattyútérbe. A térfogat csökkenésekor értelem szerűen nyomásnövekedés alakul ki, melynek következtében a szállított közeg a munkatérből távozik. Miközben a szivattyú által szállított folyadék a munkatérbe jut, majd onnan ki(tovább) áramlik, az energiaátalakítást végző alkatrész(ek) megnöveli(k) a szállított közeg energiátartalmát.

Az alábbi ábrásorozat néhány volumetrikus elven működő szivattyút mutat be.

		
<p>szelepes dugattyús szivattyú</p>	<p>radiáldugattyús szivattyú</p>	<p>fogaskerék szivattyú</p>
		
<p>ferde tengelyes axiáldugattyús szivattyú</p>	<p>ferde tárcsás axiáldugattyús szivattyú</p>	

A **csatornás** szivattyúknál a szivattyúházba szűk réssel illeszkedő „sugárirányú lapátozású” vagy „kerületi fogazatos” járókerék melletti oldalfalakban vannak kiképezve a folyadékot szállító csatornák. A járókerék speciális lapátcsatornáiban a forgás következtében nagy sebességű folyadékáramlás jön létre, ami turbulens keveredéssel mozgási energiájának egy részét átadja a csatornában áramló folyadéknak. Egy, vagy több fokozatú kialakítás lehetséges. Az egy fokozattal létrehozható nyomás akár kétszerese, háromszorosa is lehet a hasonló méretű és fordulatszámú örvényszivattyúkkal elérhető nyomásnak. Előnye ennek a szivattyúnak, hogy „önfelszívó”, vagyis **a szívóvezetékéből a levegőt is ki tudja szívni.**

A **sugárszivattyúk** rendelkeznek egy olyan „keverőtérrel” (szívótérrel), melybe egy fúvókán (konfúzoron) keresztül nagy sebességű működtető közeg (folyadék vagy gáz) áramlik.

A fúvókán átáramló működtető közeg mozgási energiája jelentősen megnő, miközben – a Bernulli törvény értelmében – a szívótérben a nyomásesés és ezzel szívóhatás jön létre.

A sugárszivattyúk működési elve alapvetően a Venturi elv: az egymáshoz kapcsolt konfúzor és diffúzor egységben kialakuló energiaátadás elve. Ez az elv hasznosul **a tűzoltó technikában gyakran használt vízszugár-szivattyúknál, a gázsugár légtelenítőknél, a mélyszívóknál és a habképző-anyag bekeverő egységeknél.**



Az alábbi ábrasorozat néhány csatornás és sugárszivattyút mutat be.

<p>„sugárirányú lapátozású” csatornás szivattyúk</p>	<p>„kerületi fogazatos” csatornás szivattyúk</p>	<p>folyadékgyűrűs légtelenítő szivattyú</p>
<p>bekeverő egység (vízsugárszivattyú) víz viz-habképző anyag oldat szívó-cső habképző anyag tároló tartály</p>	<p>Kétfázisú rendszer Szívócső Folyadék Légtelenítő cső Pillangószelep</p>	<p>a – dugattyú gyűrűk b – dugattyúk c – hajló excenter d – mozgásátalakító egység e – szívó- és nyomószelep</p>
<p>vízsugár szivattyú</p>	<p>gázsugár légtelenítő</p>	<p>íkerdugattyús légtelenítő szivattyú</p>

**A tűzoltóságnál alkalmazott szivattyúk és fő jellegzetességeik:**

**1. Oltósugár biztosítására alkalmas tűzoltó szivattyúk**

Az oltósugár képzésére szolgáló tűzoltó szivattyúknak radiális átömlésű, hátrahajló lapátozású járókerekei vannak. Elterjedtebb a hengeres (gyűrűs) nyomótér-kialakítás, de használatosak a csigaházas szivattyúk is.



hengeres nyomótérű (soros elrendezésű, kétlépcsős) tűzoltó szivattyú



csigaházas nyomótérű tűzoltó szivattyú

Mivel a járókerekek szűk lapátcsatornákkal rendelkeznek, ezek az örvényszivattyúk érzékenyek a szennyezett folyadék szállítására. Ezekből a szivattyúktól legalább 100-150 méteres szállítómagasságot követelnek meg azért, hogy az oltóanyagot megfelelő energiával juttassák el a szükséges – távolban vagy magasban lévő – helyre.

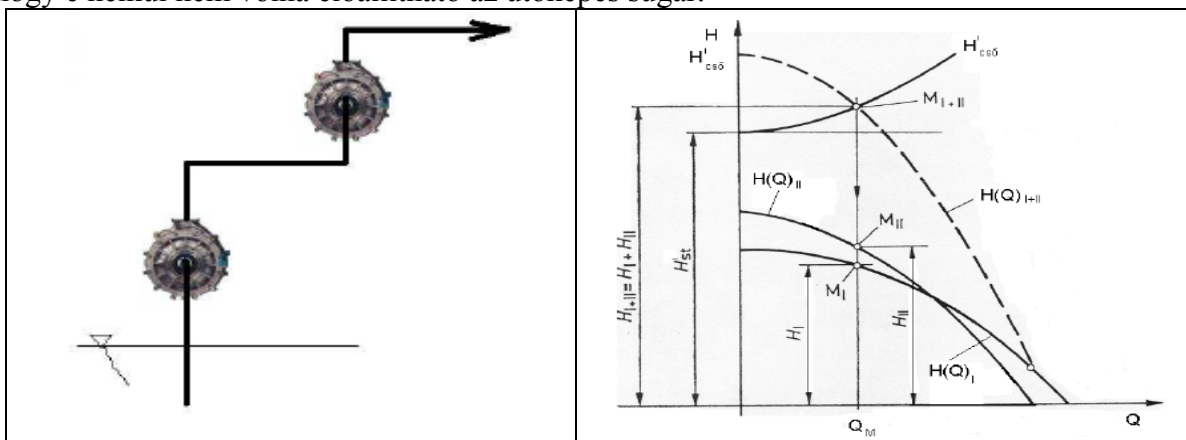


oltósugár a magasban

A gépjárműfecskendők és a habbaloltó gépjárművek magasnyomású gyorsbeavatkozó egységeit sugárképzési sajátosságaik miatt 35-40 bar nyomással kell üzemeltetni. Az ehhez szükséges energiát vagy többlépcsős szivattyúkkal, vagy **a szivattyúk soros kapcsolásával** érik el. A szivattyúk soros kapcsolásakor az egyes szivattyúk manometrikus szállítómagasságai azonos folyadékcsatlakozásoknál összegződnek. Az összekapcsolt szivattyúkon ilyenkor azonos folyadékmennyiség áramlik át, mivel a szivattyúk egymástól kapják a folyadékot.

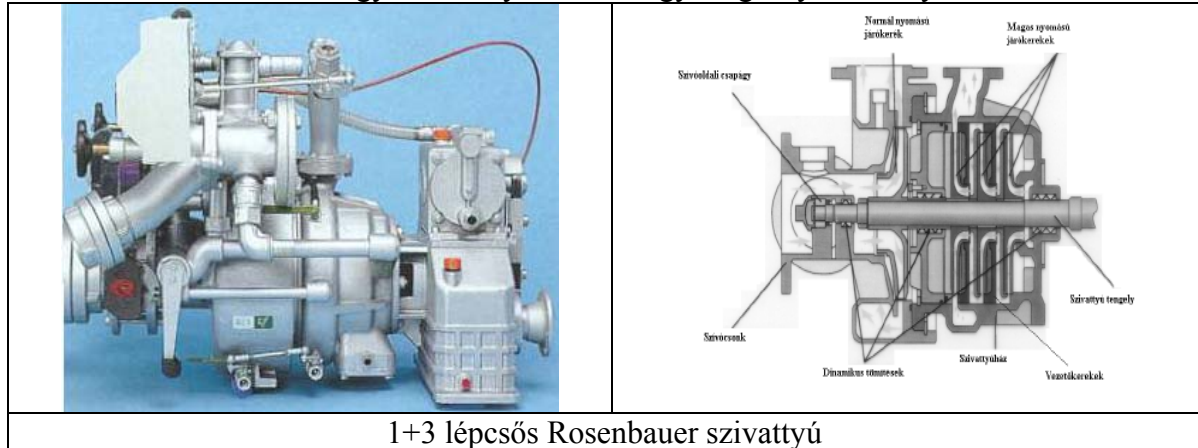
A tűzoltói gyakorlatban leginkább az alábbi esetekben szükséges a soros kapcsolás:

- nagy magasságba történő szállításnál, amikor egy szivattyú képtelen biztosítani a szükséges szállítómagasságot,
- távolsági vízszállításnál, amikor az áramlás során fellépő veszteségek olyan nagymértékűek, hogy e nélkül nem volna előállítható az ütőképes sugár.



Soros kapcsolásnál a második szivattyú tömítő rendszere illetve előlapja károsodást szenvedhet - mivel nem erre méretezték - ezért a távolsági vízszállításnál a nyomás fokozását biztosító második szivattyút célszerű a csővezeték megfelelő nyomású helyére telepíteni.

A magas nyomást biztosító tűzoltó szivattyúknál általános megoldás, hogy a szivattyúház kettő térrészre van osztva: egy normálynomású és egy magasnyomású nyomótérre.



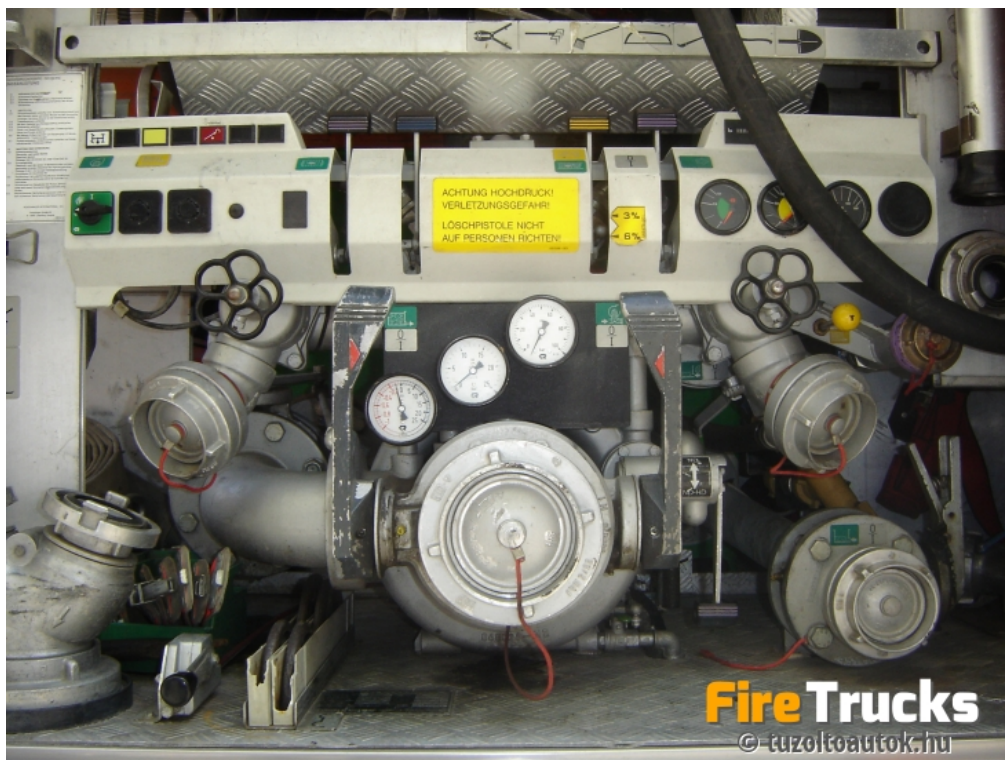
1+3 lépcsős Rosenbauer szivattyú

Az egyik járatos megoldás szerint a normálynomású és a magasnyomású térben elhelyezett járókerekek is örvényelven működnek. A normálynomású szivattyúrész általában egy- vagy kétlépcsős (mivel ezzel létrehozható a normál nyomáshoz szükséges energianövekmény), míg a magasnyomású szivattyúrész leginkább háromlépcsős. A szivattyú szerkezeti felépítésének jellegzetessége, hogy mind a normálynomású, mind a magasnyomású tér járókerekei külön-külön soros elrendezésűek, de a két tér ellenáramú elrendezésben van összekapcsolva.

A normálynomású térből a nyomócsonkokhoz áramló folyadék biztosítja a normálynomású oltósugár vízellátását. A normál- és magasnyomású terek ellenáramú összekapcsolásával lépcsőszám-összegzés jön létre, így általában négy, vagy öt lépcső hozza létre a magasnyomású egységen kiáramló oltóvíz szükséges energiáját. Az ellenáramú kapcsolás lehetővé teszi a tengelyirányú erők kiegyenlítését.

A tűzoltó gépjárműveken és a kismotor-fecskendőknél beépített szivattyúknál – a megfelelő folyadékmennyiség és magas nyomás biztosításán túl – követelmény az is, hogy méretük és tömegük tegye lehetővé a szállíthatóságot is. A szivattyú nyomóoldaláról kilépő folyadékot általában több nyomócsonkra osztják szét azért, hogy a beavatkozáshoz több alapvezeték lehessen kiépíteni és ez által több sugárral lehessen dolgozni.

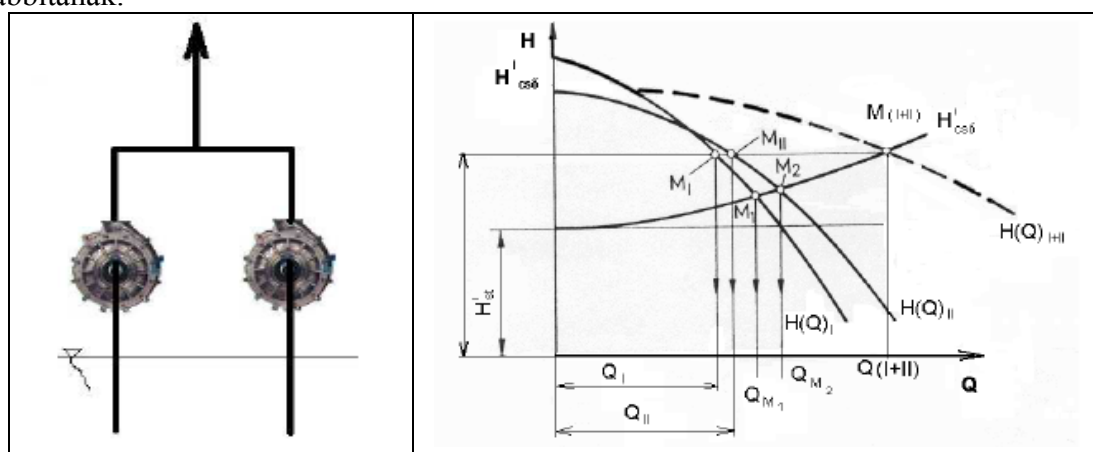




A járókerekek megfelelő fordulatszámának biztosításához gyakran gyorsító áttételű hajtóművet építenek az örvényszivattyú mechanikus hajtásrendszerébe. A folyadékszállítás feltételeinek gyors és megbízható megteremtése érdekében légtelenítő szivattyúval is ellátják a tűzoltó szivattyút. Sok esetben egybeépítik az örvényszivattyúval a habképző anyagbekeverő rendszert.

#### Az örvényszivattyúk párhuzamos kapcsolása:

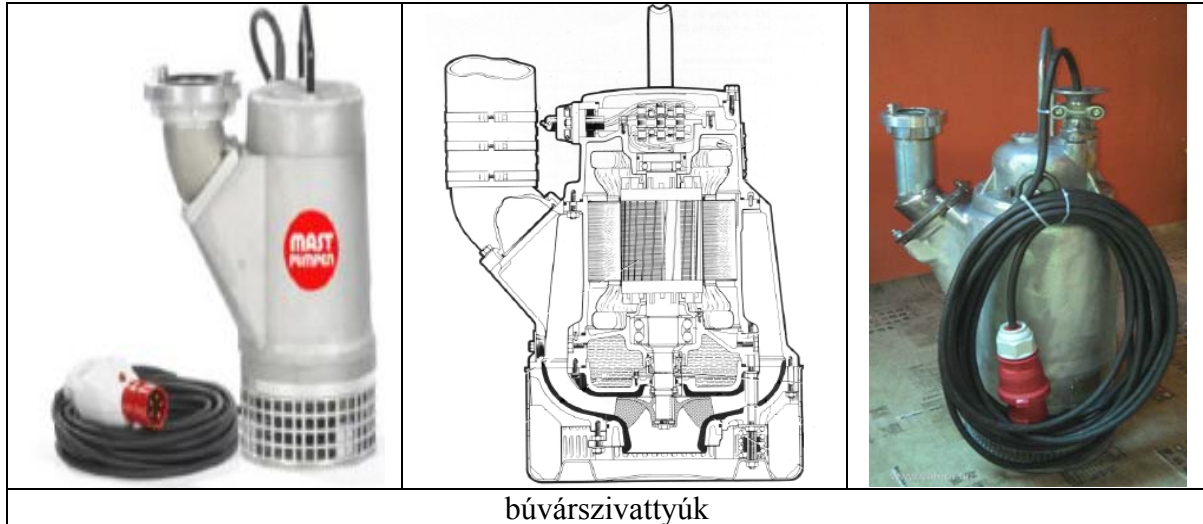
A párhuzamos kapcsolást akkor alkalmazzák, amikor nagyobb vízmennyiség szállítására van szükség, mint amit egy szivattyú biztosítani képes. Párhuzamos kapcsolásban az egyes szivattyúk önállóan szívják a folyadékot, melyet azonban közös nyomóvezetékbe továbbítanak.



Tapasztalatok alapján nem célszerű háromnál több szivattyút párhuzamosan kapcsolni, mivel az eredő jelleggörbe által kijelölt munkaponthoz tartozó folyadékmennyiség növekménye ezt követően már nem számottevő, ugyanakkor az üzem gazdaságossága is jelentősen romolhat.

## 2. Búvárszivattyúk, zagyszivattyúk és átemelő szivattyúk

Ezekről a szivattyúkról általában kisebb nyomást, de nagyobb folyadékszállítást kívánnak meg, mint az oltófolyadék szállításra és oltósugár előállításra használatos örvényszivattyúkról. A **búvárszivattyúkat** jellemzően olyan helyeken alkalmazzák, ahol a gyakorlati geodetikus szívómagasságnál (kb. 7-8 m) nagyobb szívómagasságú szivótérből kell a folyadékot szállítani.



búvárszivattyúk

A búvárszivattyúk szívórésze benne van a szállítandó folyadékban, tehát a geodetikus szívómagasság értéke közel nulla. Itt tehát a búvárszivattyú nyomómagassága határozza meg az alapvető folyadékszállítási feltételeket. A tűzoltó beavatkozásoknál használatos búvárszivattyúk kialakítása lehetővé teszi – bizonyos szemcseméretig – a szilárd szennyeződések tartalmazó folyadék szállítását is.

A különböző szilárd szennyeződésekkel, kavicsal, homokkal szennyezett víz szállítására - ez a helyzet jellemzően például az árvizeknél, amikor nincs reális lehetőség a víz megfelelő mértékű tisztítására - alkalmasabbak a **zagyszivattyúk**. Ezek általában félig nyitott járókerékkel rendelkeznek azért, hogy a lapátcsatornákat ne tömjék el a szennyeződések. A zagyszivattyúk nyomótere leggyakrabban hengeres kialakítású és a járókerékhez képest nagy méretű, robusztus. A zagyszivattyúk szállítómagassága közelítőleg megegyezik az átemelő szivattyúk szállítómagasságával.



zagyszivattyúk

Az **átemelő szivattyúk** elnevezésüket a feladatról kapták, ami a folyadék átemelését jelenti egyik folyadéktérből a másikba. Ott alkalmazhatók, ahol legfeljebb 30-50 méteres szállítómagasságra van szükség. Az átemelő szivattyúk járókerékének lapátcsatornái



viszonylag nagyok, így ez a szivattyú is kevésbé érzékeny a szennyeződésekre, mint az oltósugar képzésre szolgáló tűzoltó szivattyúk.



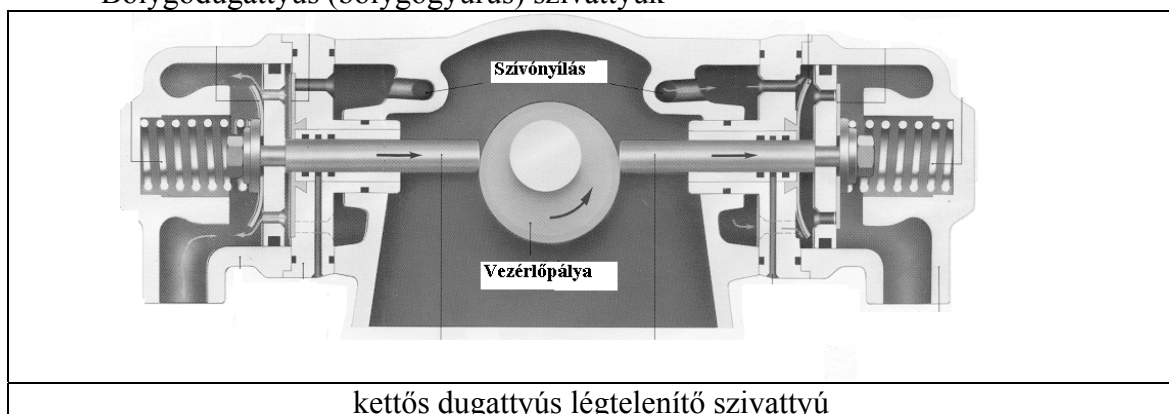
### 3. Légtelenítő szivattyúk

A légtelenítő szivattyúk az örvényszivattyúk indításának hidraulikai feltételét biztosítják, tehát a szivattyú belső teréből és a szívótömlő (szívócső) belső részéből eltávolítják a levegőt, ezáltal a belső térrészben atmoszférikus nyomásnál kisebb nyomást hoznak létre. A kisebb nyomású térbe - az örvényszivattyú belső terébe - a szívótér folyadékfelszínére (folyadék részecskéire) ható nyomás benyomja a szállítandó folyadékot, megteremtve az indítási feltételt. A mai modern tűzoltósági légtelenítő szivattyúk – üzemi jellegzetességeiknek megfelelően – a felszívásos táplálás különféle körülményeinek figyelembevételével kb. 20–40 másodperc alatt képesek megteremtetni az örvényszivattyú működésének hidraulikai jellegű feltételét, tehát azt, hogy a szivattyú és a szívóoldali tömlő-, illetve csővezeték rendszer a szállítandó folyadékkal fel legyen töltve.

A légtelenítő szivattyúkat, hasonlóan a szivattyúk általános csoportosításához két nagy csoportba lehet besorolni, a volumetrikus és az áramlástechnikai elven működőkre.

#### Volumetrikus elven működő légtelenítő szivattyúk :

- Dugattyús szivattyúk
- Folyadékgyűrűs (vízgyűrűs) szivattyúk
- Csúszólapátos szivattyúk
- Bolygódugattyús (bolygógyűrűs) szivattyúk



#### Áramlástechnikai elven működő légtelenítő szivattyúk:

- Gázsugar légtelenítők
  - a) Kipufogó gázzal működtetett légtelenítők
  - b) Sűrített benzin-levegő keverékkel működtetett légtelenítők



gázsugár légtelenítő

#### 4. A KAVITÁCIÓ ÉS A TŰZOLTÓ SZIVATTYÚK

A gyakorlatban a vizet a tűzoltó szivattyúk üzemi nyomásain általában összenyomhatatlan folyadéknak tekinthetjük, hiszen a víz tényleges összenyomhatósága nagy nyomásokon csak jelentéktelen mértékben zavarja meg az áramlási képet. Kis abszolút nyomásokon azonban lényeges változás tapasztalható. Ha az áramlás során valahol az abszolút nyomás – adott hőmérsékleten – a telített gőz nyomására csökken, akkor itt az áramló folyadék homogenitása megszűnik: a folyadékban ürképződés jön létre. Az űrt a folyadék (a víz) gőzei és a belőle kiváló gázok molekulái töltik ki. A folyadékok légnemű anyagok (gázok) elnyelésére is képesek. A gázelnyelés mértéke a nyomással egyenesen, a hőmérséklettel fordítottan arányos. Ha csökken a nyomás, vagy a hőmérséklet nő, gázkiválás indul meg. Az így kialakuló buborék-képződést nevezzük kavitációnak.

**Fizikai kavitációról** beszélhetünk, amikor a megjelenő buborékok még különállónak, egyedinek tekinthetők. Ezek a berendezések áramlástechnikai jellemzőiben érzékelhető változást nem okoznak.

Amennyiben a buborékok száma nagy, sőt egyesülnek és összefüggő, az áramlást határoló szilárd felületen képződő, jól megfigyelhető zónát alkotnak – mely kavitációs a felületről leválik, majd újra képződik - már **technikai kavitációról** van szó. A szivattyú hidraulikai jellemzőiben (szállítómagasság, térfogatáram) a technikai kavitáció már komoly változásokat idézhet elő.

A **szuperkavitációs** állapot akkor következik be, ha a technikai kavitáció során tovább csökken az áramlási tér nyomása. Ekkor már nem csak egy-egy pontban képződnek buborékok, hanem nagyobb összefüggő tartományban.

Az előzőekben ismertetett gőzkiválás és gázkiválás jelensége **kavitáció** kialakulását eredményezi. Ilyen jelenség léphet fel leginkább a szivattyúk szívóvezetékeiben (szívótömlőiben), az örvényszivattyúk járókerekeinek belépő éleinél, a melegvíz szállító szivattyúknál, valamint a volumetrikus szivattyúk szívótereiben.

**A kavitációs jelenség kialakulását elősegíti:**

- a megengedettnél nagyobb szívómagasság,
- kis szívócső (szívótömlő) keresztmetszet,
- nagy szívóoldali ellenállás (hosszú szívócső, eltömődött szívóoldali,(szívóági)) elemek,
- magas hőmérsékletű folyadék.

Magától értetődő, hogy a tűzoltóság által használatos szivattyúk üzemeltetése során se zárható ki a kavitáció kialakulása, azonban – annak nyilvánvaló károsító hatásai és egyéb veszélyei miatt – törekedni kell a jelenség kiküszöbölésére.

Konkrétan milyen nemkívánatos hatásokra kell gondolni ?

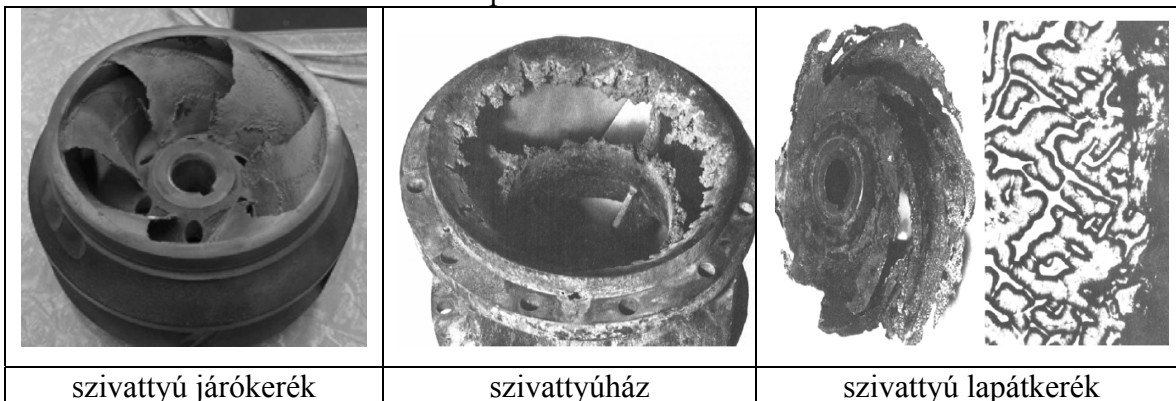
A kavitáció kezdeti szakaszában jól megfigyelhető zörejek keletkeznek, majd egyre erősödő rezgések és lengések jönnek létre a folyadékban és az azt szállító rendszerben.

A folyadéknak a szívócső felől, a járókerék belépő élénél van a legkisebb nyomása, ezért itt léphet fel leghamarabb a kavitáció. Ha a szivattyú járókerék-zónája előtt a kavitációs buborék-zóna a teljes keresztmetszetet kitölti, a folyadékoszlop megszakad

A kavitáció egyik rendkívül hátrányos hatása lehet, ha a szivattyú „elejti” a vizet – azaz a szívott vízoszlop megszakad és emiatt az oltóanyag továbbítása ellehetetlenül. Ennek a hatásnak a kiküszöbölését szolgálják a szívóoldali táplálás szerelésének szabályai (például hogy a szívókosár és a szívócsonc között ne legyen a szívótömlőnek magasabbra emelt pontja).



A technikai kavitáció során keletkezett buborékokat az áramlás tovább sodorja, és egy nagyobb nyomású térrészben a gőzzel teli üregekben kondenzáció lép fel, azaz a buborékok összeroppannak és feltöltődnek folyadékkal. Ha ez éppen a berendezés falai közelében játszódik le, a periodikus mechanikai hatások kikezdek, erózióra kerül sor. A kavitáció a szivattyú hatásfokát rontja, alkatrészeit tönkretetheti, súlyosabb esetben rövid idő alatt nagy méreteket ölthet, aminek következtében kezdetben porózus, majd darabosan széttöredezett felületek keletkezhetnek. Az anyagi kár a felületkárosodással arányosan növekedve akár használhatatlanná is teheti a tűzoltásra predesztinált technikát.



## 5. KAVITÁCIÓ MENTES ÜZEM - NPSH

A szivattyú belsejében a szívócsonk és a nyomócsonk között változó nyomás uralkodik. A szivattyú első szakaszában a nyomás először csökken, majd a nyomóoldalon a szívóoldali nyomásnál nagyobb értéket vesz fel. Túlzottan alacsony szívócsonk-nyomás esetén a nettó pozitív szívómagasság a szivattyú belsejében a nyomást az áramoltatott közeg telítési gőznyomása alá csökkenti. Ennek következtében a szivattyúban kavitáció lép fel, ami zajjal és a berendezés meghibásodásával jár.

A korábbiakban részletesen ismertetett jelenség tudományos igényű vizsgálata hozzásegítheti a gyártókat és felhasználókat a nemkívánatos kavitáció elkerüléséhez. A megoldás kulcsa az **NPSH** paraméter meghatározása és figyelembevétele az adott feladatra alkalmas szivattyú kiválasztásakor, beépítési helyének meghatározásakor.

De mi is az NPSH? A magyarul „nettó pozitív szívómagasság” –ként fordítható **Net Positive Suction Head** angol elnevezés kezdőbetűiből alkotott betűszó. Az NPSH érték a szivattyúház első szakaszában keletkező nyomásvesztéséget - a szívócsonkban mért nyomás és a szivattyú belsejében mérhető legalacsonyabb nyomás közötti különbséget - fejezi ki.

Az NPSH tudományos értelmezése az egyébként meglehetősen bonyolult matematikai levezetések mellőzésével:

A szivattyú szívócsonk geometriai középpontja(S) által meghatározott vízszintes sík és a járókerék belépő él legnagyobb átmérőjű körének középpontja(F) által meghatározott ugyancsak vízszintes referenciasík között meghatározható függőleges méretkülönbség( $e_s$ ) alapján felírható veszteségmentes Bernoulli egyenletből kifejezhető „nem számítható, de mérésekkel meghatározható” tagok rendezett alakja:

$$NPSH \stackrel{\text{definíció}}{=} \frac{(w^2 - u^2)_{\max}}{2 \cdot g} + e.$$

A szívótartály (a vízellátást biztosító víztömeg) szabad folyadékfelszíne(t) és az előbbi referenciasíkot kijelölő pont(S) között is felírható a szívócsőre vonatkozó veszteséges Bernoulli egyenlet. A két említett egyenlet összekapcsolása, majd átrendezése az alábbi, már a gyakorlatban is használható összefüggést szolgáltatja:

$$NPSH + H_s = \frac{P_t - P_{\min}}{\rho \cdot g} - e_s - h'_{sz}$$

A keretezett egyenlet alapján lehetősége nyílik:

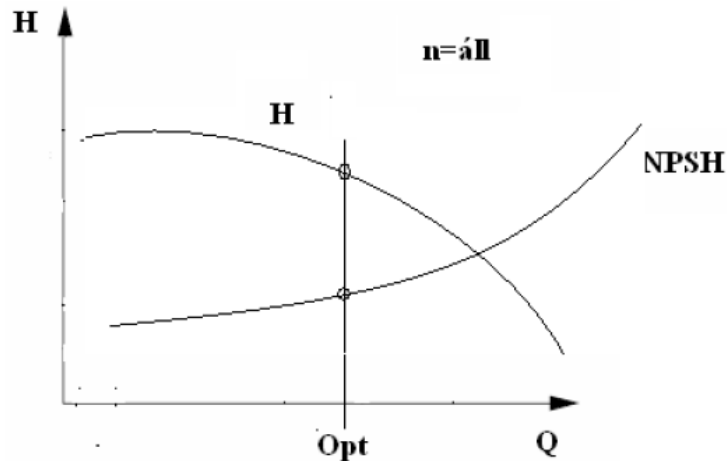
- a szivattyú által igényelt (**required**)  $NPSH_r$  értéket laboratóriumi körülmények között meghatározni, kimérni
- egy szivattyútelepben az adott szivattyú számára rendelkezésre álló (**available**)  $NPSH_a$  értéket kiszámítani
- egy ismert  $NPSH_r(Q)$  jelleggörbével rendelkező szivattyú megengedhető beépítési magasságát ( $H_{smeg}$ ) előírni

Utóbbi lehetőségnek rendkívül nagy jelentősége van a tűzvédelemben is, hiszen a  $H_{smeg}$  paraméter maga a szívómagassági korlát, melynél mélyebbről az adott szivattyú nem képes a

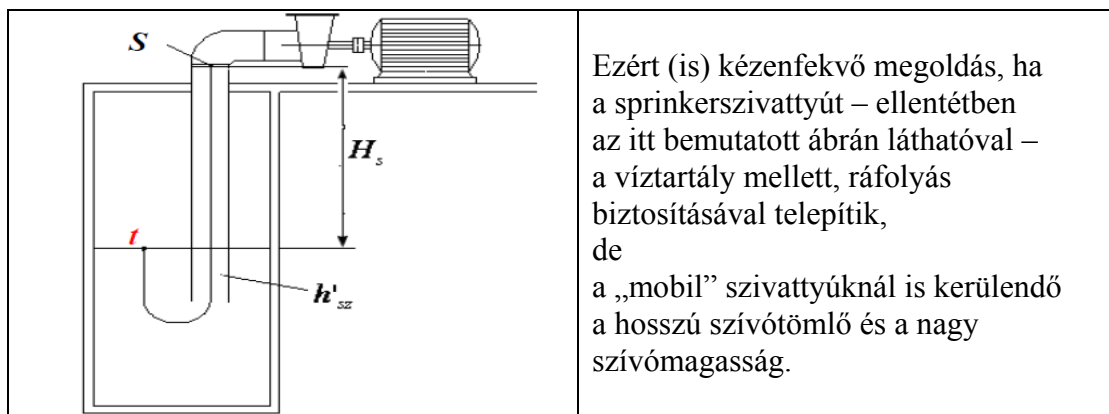


víz felszívására kavitáció veszély nélkül. Márpedig mind a beépített vízellelő berendezések, mind a tűzoltóság beavatkozásai során alkalmazott szivattyúk kiválasztása és a szivattyúelrendezés során törekedni kell a kavitáció-mentes üzemi feltételek biztosítására.

A szivattyúgyárak ma már megadják az adott szivattyú lényeges technikai paramétereit és a kiválasztást segítő grafikonokat, jellegörbéket. A térfogatáram-függő  $NPSH_r(Q)$  értékek és a  $H(Q)$  emelőmagasság értékek közös graifikonon is bemutatathatók.



A grafikon segítségével pedig meghatározható az optimális – és egyben kavitációmentes – üzemet biztosító beépítés.



Az  $NPSH_r(Q)$  értékek meghatározása jelenleg mérésekkel történik. A tapasztalatok szerint az a szivattyú van kevésbé veszélyeztetve a kavitációs jelenség által, amelyiknek a kívánt térfogatáramnál kisebb az  $NPSH_r(Q)$  értéke. Az  $NPSHR$  érték azt a legkisebb szívócsomknyomást jelzi, amelyre az adott szivattyúnak a kavitáció elkerüléséhez szüksége van.

## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

A tűzoltás legfontosabb és legáltalánosabban használt oltóanyaga a víz. Az oltóvizet a tárolási helyről a felhasználás helyére kell juttatni, szállítani. A víz szállításának eszközei lehetnek a mobil és a fixen beépített szivattyúk, valamint csővezetékek.

A szivattyúk működése során is érvényesülnek a hidraulika törvényszerűségei és tapasztalhatók az áramlással kapcsolatos jelenségek. Az egyik ilyen jelenség a kavitáció, mely



erős leegyszerűsítéssel az alacsony nyomáson történő buborék-képződéssel és annak káros hatásaival azonosítható.

A kavitációval számos publikáció és számtalan internetes dokumentum, hirdetés foglalkozik. Ezek egy jelentős része vagy érdektelen a műszaki gyakorlatban (ilyen például a szépiparban divatos „kavitációs” zsírbontás), vagy átlépi – de legalábbis súrolja - a tudomány jelenlegi állása mellett elfogadott tézisek (mint például az energia megmaradás törvénye) szabta határokat.

Tanulmányomban – támaszkodva a tárgyban fellelhető szakirodalomra és az interneten rendelkezésre álló egyéb információkra – megpróbáltam alaposabban megvilágítani a kavitáció jelenségét és kapcsolatát a tűzoltásnál használatos szivattyúkkal.

Végül köszönetet mondok Diriczi Miklós tanár úrnak, amiért hozzájárult, hogy kiváló tankönyvét is használhassam a tanulmány elkészítése során.

Budapest, 2014. január 31.

Mészáros János

A tanulmány a BME Építészmérnöki kar - Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék, Tűzvédelmi tervezési szakmérnöki képzés keretében készült.

#### **A tanulmány készítése során felhasznált szakirodalom:**

Farkas István, Pandula Zoltán: Szivattyúk kavitációs üzemének rezgésdiagnosztikai vizsgálata /Magyar Épületgépészet, LIV. Évfolyam, 2005/5. szám/

Dr. Lovas Jenő, Dr. Éva András: Anyagismeret 2007/08 Károsodás /BME Anyagtudomány és Technológia Tanszék – előadás/

Diriczi Miklós: Szivattyútechnikai ismeretek /BM KOK – tankönyv/

#### **Internetes források:**

[www.att.bme.hu/oktatas/BMEGEMTAMT2/letoltes/.../karosodas.pdf](http://www.att.bme.hu/oktatas/BMEGEMTAMT2/letoltes/.../karosodas.pdf)

1. Anyagismeret 2007/08. Károsodás ... varratától távoli, nem károsodott kristályszerkezete ... Rész (crevice) korrózió. Szivattyú-lapátkerék *kavitációs károsodása* ...

<http://www.vizgep.bme.hu/okto/kul/energiaegyenlet3.pdf>

[http://cbs.grundfos.com/GHU\\_Hungary/lexica/HEA\\_NPSH.html](http://cbs.grundfos.com/GHU_Hungary/lexica/HEA_NPSH.html)

<http://wilopartner.wilo.hu/trnt/EDoc/Data/Publikus/09-Tervez%C3%A9si%20seg%C3%A9dletek/Szivatty%C3%BAtechnika%20alapjai%20kisk%C3%A1t%C3%A9.pdf>

<http://www.wilo.hu/kezdolap/termek/vizellatas/tuziviz-ellatas/#.UssTGpTVq0A>

<http://zoldtechnologia.hu/vakuumentergia>

[http://www.vizgep.bme.hu/letoltesek/targyak/BMEGEVGMG09/sziv\\_kav.pdf](http://www.vizgep.bme.hu/letoltesek/targyak/BMEGEVGMG09/sziv_kav.pdf)

<http://hu.wikipedia.org/wiki/Kavit%C3%A1ci%C3%B3>

<http://teszt.feketebela.hu/lapok/info/CESberendezes.php>

<http://kavitacioszsirbontas.hu>

[http://www.google.hu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CDkQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.att.bme.hu%2Foktatasi%2FBMEGEMTAMT2%2Fletoltes%2Fte-makorok%2Fkarosodas.pdf&ei=LpP3Urn6OoaoywPw-IHABw&usg=AFQjCNF\\_M-fyP\\_3MXLU6MflqxrwG9ILGpQ&bvm=bv.60983673,d.bGQ](http://www.google.hu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CDkQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.att.bme.hu%2Foktatasi%2FBMEGEMTAMT2%2Fletoltes%2Fte-makorok%2Fkarosodas.pdf&ei=LpP3Urn6OoaoywPw-IHABw&usg=AFQjCNF_M-fyP_3MXLU6MflqxrwG9ILGpQ&bvm=bv.60983673,d.bGQ)