



EURÓPAI UNIÓ  
STRUKTURÁLIS ALAPOK



SZÉCHENYI ISTVÁN  
EGYETEM  
GYŐR



PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM  
Pollack Mihály Műszaki Kar

# V Í Z G A Z D Á L K O D Á S

PMKGNB 260 segédlet a PTE PMMK építőmérnök hallgatói részére

*„Az építész- és az építőmérnök képzés szerkezeti és tartalmi fejlesztése”*

# VÍZGAZDÁLKODÁS

VARGA TAMÁS

Pécsi Tudományegyetem, Pollack Mihály Műszaki Kar,  
Közmű, Geodézia és Környezetvédelem Tanszék  
<varta@witch.pmmf.hu>

2007

Részletes tantárgyprogram:		
Hét	Ea/Gyak./Lab.	Témakör
1.	2 óra előadás 2 óra gyakorlat	A vízgazdálkodás általános feladatai Víz és vízgazdálkodás  Tervezési feladat - Vízellátás tervezés, Félévi feladat kiadása
3.	2 óra előadás 2 óra gyakorlat	A hazai vízgazdálkodás  Tervezési feladat készítése - Vízigények számítása
5.	2 óra előadás 2 óra gyakorlat	Vízerőhasznosítás  Tervezési feladat készítése - Hidraulikai méretezés
7.	TAVASZI SZÜNET	
9.	2 óra előadás 2 óra gyakorlat	Víztározás Hegyi, domb- és síkvidéki tározók  Tervezési feladat készítése - Részletes helyszínrajz készítése
11.	2 óra előadás 2 óra gyakorlat	Árvízmentesítés, árvízvédelem  Tervezési feladat készítése - Hossz- és mintakeresztmetszelvény
13.	2 óra előadás 2 óra gyakorlat	<b>ZH.</b>  Tervezési feladat beadása, pótlások

## TARTALOMJEGYZÉK:

<b>1. A HAZAI VÍZGAZDÁLKODÁS.....</b>	<b>5</b>
1.1. <i>A jelenlegi vízgazdálkodásról.....</i>	<i>5</i>
1.1.1. <i>Természeti és vízrajzi adottságok.....</i>	<i>5</i>
1.1.2. <i>Aszály és öntözés.....</i>	<i>5</i>
1.1.3. <i>Árvizek és belvizek.....</i>	<i>7</i>
1.1.4. <i>Folyószabályozás.....</i>	<i>8</i>
1.1.5. <i>Vízkezelések és igények.....</i>	<i>8</i>
1.1.6. <i>Vízminőség.....</i>	<i>9</i>
1.1.7. <i>Vízellátás és csatornázás.....</i>	<i>10</i>
<b>2. VÍZERŐHASZNOSÍTÁS.....</b>	<b>11</b>
2.1. <i>ALAPFOGALMAK.....</i>	<i>11</i>
2.1.1. <i>A vízerőhasznosítás alapképlete.....</i>	<i>11</i>
2.1.2. <i>A vízerőkészlet.....</i>	<i>14</i>
2.2. <i>Vízerőművek osztályozása.....</i>	<i>15</i>
2.3. <i>FOLYAMI VÍZERŐMŰVEK.....</i>	<i>17</i>
2.4. <i>VÍZERŐTELEP.....</i>	<i>19</i>
2.4.1. <i>Az előcsatorna és a csigaház.....</i>	<i>21</i>
2.4.2. <i>A turbinák.....</i>	<i>21</i>
2.4.3. <i>A szívócsatorna.....</i>	<i>25</i>
2.4.4. <i>A vízerőtelep villamos berendezései, a gépház.....</i>	<i>25</i>
2.5. <i>ÜZEMVÍZCSATORNÁS VÍZERŐMŰVEK.....</i>	<i>26</i>
2.6. <i>NAGYESÉSŰ VÍZERŐMŰVEK.....</i>	<i>28</i>
2.7. <i>SZIVATTYÚS ENERGIATÁROZÓK.....</i>	<i>33</i>
<b>3. HEGYI, DOMBVIDÉKI ÉS SÍKVIDÉKI TÁROZÓK.....</b>	<b>35</b>
3.1. <i>A TÁROZÓK CSOPORTOSÍTÁSA, LÉTESÍTÉSE.....</i>	<i>35</i>
3.2. <i>Völgyzárógátak.....</i>	<i>37</i>
3.2.1. <i>Beton súlygátak.....</i>	<i>38</i>
3.2.2. <i>Egyéb betongátak.....</i>	<i>40</i>
3.2.3. <i>Kőgátak.....</i>	<i>43</i>
3.2.4. <i>Földgátak.....</i>	<i>43</i>

# 1. A HAZAI VÍZGAZDÁLKODÁS

## 1.1. A jelenlegi vízgazdálkodásról

### 1.1.1. Természeti és vízrajzi adottságok

Magyarország a Duna vízgyűjtőjén, a Föld egyik legzártabb hegykoszorújának központi medencéje legmélyén helyezkedik el. Területének 84%-a 200 m-es szintvonal alatt található. A lefolyástalan vagy elöntésnek kitett területek aránya nagy. Itt található Európa több nagy sekély tava, élükön a legnagyobbal, a Balatonnal. A folyók három földrajzi irányból legyező alakban érkeznek, és a negyedik irányába, délre távoznak. A terület morfológiailag négy részre osztható: a Nagy- és a Kisalföld, a Dunántúli-dombság, a Dunántúli-, illetve Északi-középhegység és a Duna-Tisza köze.

Az ország éghajlata mérsékelt, de erős kontinentális hatás alatt áll, ami megnehezíti az időjárás előrejelzését. Az éves átlagos csapadék 600 mm (ingadozása nagy: 300 és 1200 mm között változik). A csapadék területi eloszlása egyenlőtlen. A Dunától nyugatra általában elegendő mennyiség hull az egyébként is jó vízellátású területre. A Tisza vízgyűjtője ezzel szemben csapadékban igen szegény: sokéves átlagban a terület 54%-án kevesebb a csapadék 550 mm-nél és 80%-án 600 mm-nél. A Tisza-völgy csapadékadatának szórása sokkal nagyobb, mint a Dunántúlé. Ennek megfelelően a sokéves átlaghoz viszonyított hiány is számottevően nagyobb.

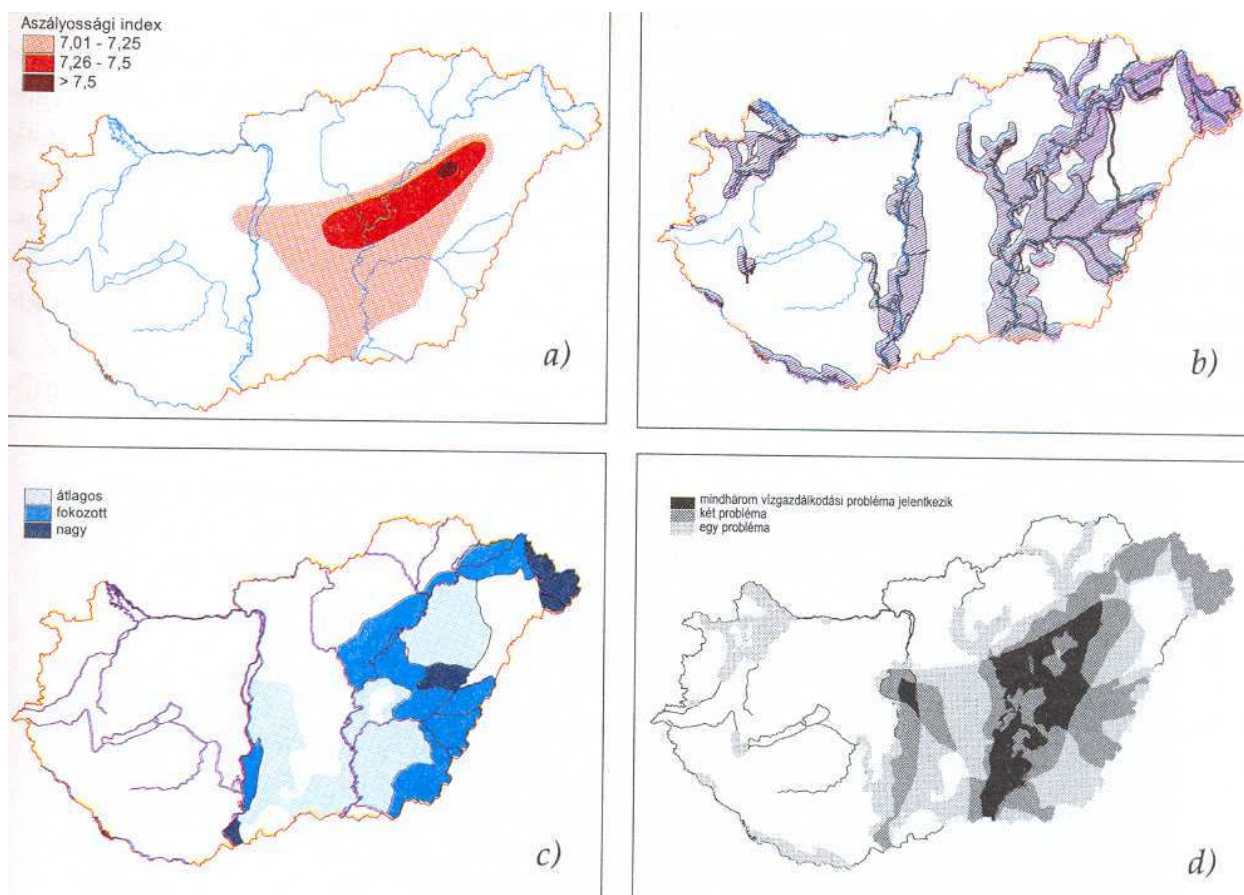
### 1.1.2. Aszály és öntözés

A napsütéses órák száma 2000 körüli. Az evapotranspiráció 500-600 mm/év, tehát akár több is lehet, mint a csapadék. Ez különösen érvényes a Tisza vidékére. A nyári csapadékszegény félév még kedvezőtlenebb képet mutat, hiszen a nyári potenciális párolgás minden évben meghaladja a csapadékot. Ha a növényzet fejlődése a nyári csapadéknál többet igényel, illetve túl hosszúak a csapadékmentes időszakok, többletvíz csak ott áll rendelkezésre, ahol a gyökérszóna kapilláris úton kaphat utánpótlást a talajvízből. Aszályról akkor beszélünk, ha a gyökérszóna nedvességtartalma tartósan (hosszabb ideig, mint a növény tűrőképessége) a növényzet minimális vízigényét sem tudja kielégíteni (hervadáspontra). Az aszályt elsősorban a természetes növényzettel összefüggésben definiálhatjuk, a természetes növényzet a szárazabb időszakhoz a szárazságtűrő fajok felé való eltolódással válaszol.

Az aszály az ország keleti részét sújtja (1.1 a ábra). A 7 feletti index<sup>1</sup> súlyos növényi károsodásra utal. A mezőgazdasági termelés növelése mellett az

<sup>1</sup> Az aszályossági index csak meteorológiai jellemzőket tartalmaz, és nem a tényleges aszályérzékenységet mutatja, ezért helyesebb az ún. légköri és termékaszályt megkülönböztetni. A tényleges aszálykárok az ábrán mutatottnál kisebb területet érintenek.

aszálykárok elhárítására szolgál az öntözés. Az öntözés a kockázatok csökkentésére, a mezőgazdasági termelés növelésére és a minőség javítására szolgál. A főművekkel kiépített, állami tulajdonban lévő öntözőcsatornák hossza közel 1100 km, amihez adódnak a belvizek elvezetésére is alkalmas, 3500 km hosszúságú, kettős működésű csatornák. Utóbbiak használatát az teszi lehetővé, hogy a belvízvédekezés és az öntözés igényei időben eltolva jelentkeznek (azaz például az Alföldön valamely év - mint 2000-ben is - egyszerre lehet ár- és belvíz sújtotta, és aszályos is). Az összes öntözhető terület jelenleg 300 000 ha körüli (a hetvenes években meghaladta a 400 000 ha-t). Az öntözés mintegy kétharmadát főmű biztosítja. Ilyenek például a tiszalöki, kiskörei, békésszentandrás vízlépcsők és azok elosztó csatornái (a Keleti-, a Nyugati-, a nagykunsági főcsatorna stb.), amelyek a belvízcsatornákkal együtt az ország délkeleti részén mesterséges vízgyűjtőrendszert hoztak létre.



1.1. ábra: A hazai vízgazdálkodás néhány fontos jellemzője:

(a) aszálytérkép;

(b) árvízi elöntéssel veszélyeztetett területek és az árvízvédelmi töltések;

(c) belvízi veszélyeztetettség; (d) kritikus térségek a három probléma (aszály, árvíz és belvíz)

megjelenése alapján

Az öntöző- és belvízelvezető rendszereket az ötvenes évektől kezdve fejlesztették ki. Az öntözőrendszereket korábban és nagyobb léptékben

kezdték el kiépíteni, mint amilyen mértékben a mezőgazdaság arra felkészült volna. Az öntözés - talajtani, vízgazdálkodási és gazdálkodási alapokon nyugvó - korszerű történetét a hetvenes évek elejétől számíthatjuk. A kiépített belvízelvezető és öntözőrendszerekre egyaránt jellemző, hogy a jelenlegitől alapvetően eltérő tulajdonviszonyok és birtokszerkezet mellett működtek.

### 1.1.3. Árvizek és belvizek

Nagy folyóink vízjárása az országon kívüli hidrometeorológiai körülményeknek megfelelően szélsőséges: a Duna és a Tisza jellemző kis vízi hozama a belépésnél  $570 \text{ m}^3/\text{s}$  és  $45 \text{ m}^3/\text{s}$ , míg a legnagyobb árvízi hozam  $10\,300 \text{ m}^3/\text{s}$  és  $3\,550 \text{ m}^3/\text{s}$ . A csapadék évszakos változása nagy: az ősz és a tavasz sokszor károsan fölös vízzel jár. Sík vidéken a víz a terület időszakos elöntését okozza. Az ország közel negyedét kitevő mélyebb részeket árvizek fenyegetik. Más sík területeken a változó mértékű és gyakoriságú belvizek okozhatnak elöntéseket, amelyek együttesen az ország területének 52 %-át, a művelt területek kétharmadát érintik (1.1 b-c ábrák). A Duna átlagosan 2-3, a Tisza 1,5-2 évenként lép ki a medréből. Nagyobb árvíz a Dunán 10-12, a Tiszán 5-6 évente fordul elő. A mellékfolyók és azok felső szakaszai heves vízjárásunk.

Az árvizek által veszélyeztetett  $21\,300 \text{ km}^2$  terület, a legnagyobb Európában. A védműveket a 1.1 b ábra szemlélteti. Az ártér  $4200 \text{ km}$  hosszú árvédelmi töltés mentén helyezkedik el, és 148 öblözetre oszlik (ezek 97%-a mentesített).

A magyar árvízvédelmi előírások szerint a védműveket, 1,0-1,5 m magassági biztonsággal a 100 évenként előforduló jégmentes árvíz okozta magassági és tartóssági igénybevételre kell méretezni. Kivétel Budapest, Győr, Szeged és az algyői olajmező védvonalai, amelyeket az 1000 év visszatérési időre méreteznek és az Esztergom-déli országhatár Duna-szakasz, amelyet az eddig előfordult legmagasabb jeges árvizek burkoló felszíngörbéjére terveznek. Az árvízvédelem ebben a században és az elmúlt évtizedekben is sikeres volt, annak ellenére, hogy a töltéseknek csak 60%-a felel meg a fenti kívánalmaknak. A helyzet a legkedvezőtlenebb az árterek 75%-át kitevő Tisza-völgyben, ahol az arány 52%. Az ország sík vidékén ( $43\,600 \text{ km}^2$ ) fennáll a belvíz megjelenésének a veszélye (1. (c) ábra), amely nemzetközi összehasonlításban is unikális problémát jelent. A belvíz károkat okoz a növénytermesztésben, a lakott településeken az épületekben, a talajvíz megemelkedése következtében a közlekedési létesítményekben is. Az országban 85 belvízrendszer (és ennél több belvízöblözet) különböztethető meg. Egy részük határon túli vízgyűjtőkhöz kapcsolódik. A belvízzel borított terület a szabályozások hatására (mintegy  $43\,000 \text{ km}$  földmedrű csatorna, amelynek nagyobbik része ma is állami tulajdonban van) számottevően csökkent a negyvenes évek (mai Magyarország területére vonatkozó) mintegy félmillió hektárjáról a nyolcvanas évek  $50\,000$ - $100\,000 \text{ ha}$ -ra (ami a csapadékviszonyoktól függően évről évre változott). A pozitív megítélést

alapvetően megváltoztatta az 1999. évi nagy belvíz: az elöntött terület ismételen közel 500 000 ha volt. Az okok sokrétűek: a felbomlott mezőgazdasági nagyüzemek területén lévő csatornák elhanyagolt volta, a rekonstrukció és karbantartás általános elhanyagolása, mindezek miatt a vízz szállító képesség nagyfokú csökkenése, a megelőzés hiánya és így tovább. A belvízrendezés stratégiai átgondolása alapvető jövőbeni feladat, amelyet a mezőgazdaság és a területhasználat lehetséges változásaira alapozva, az árvízvédelemmel, az öntözéssel és a természetvédelemmel összefüggésben célszerű elvégezni. A legnehezebb feladat a Tisza térségében jelentkezik. Ezt jól érzékelteti a 1.1. a-c ábrák átlapolásából született a 1.1. d ábra, amely az aszály, az árvizek és a belvizek területi egybeesését és az ezekkel összefüggő „kritikus” térségeket szemlélteti.

#### 1.1.4. Folyószabályozás

A folyószabályozás célkitűzése magába foglalja a mederbe érkező víz, jég és hordalék levezetését, a vízhasználatok (vízkivétel, hajózás, üdülés stb.) biztosítását, az árvízvédelmet, az élőhelyek védelmét és megteremtését, a tájba illesztést és számos egyebet. Általában a kis- és középvízi, illetve a nagyvízi (árvízi) meder szabályozását szokás megkülönböztetni.

A folyószabályozás a XVII. században kezdődött meg a mederátvágásokkal. A nagy vízi mederszabályozás ugyan megtörtént, azonban a folyószabályozás távolról sem fejeződött be (az élő, mozgó medrű folyók egyébként is állandó gondozást igényelnek).

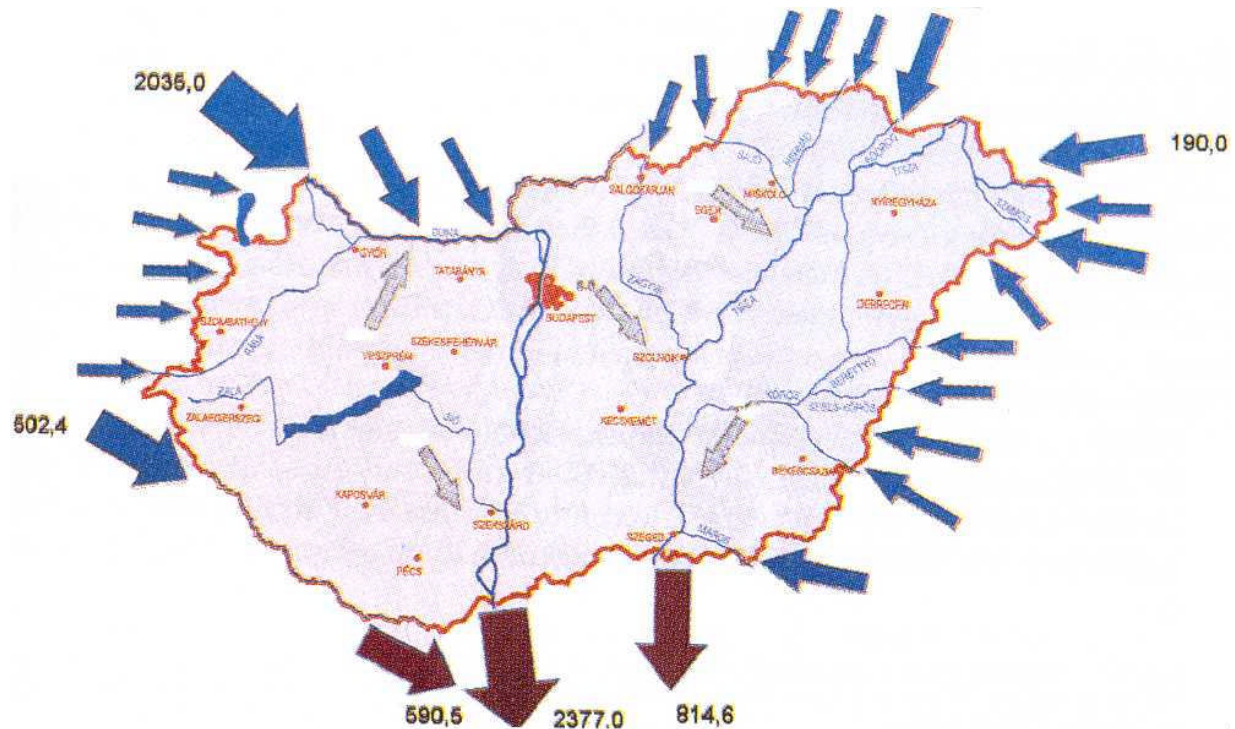
#### 1.1.5. Vízkészletek és igények

Az országba 24 folyón keresztül érkezik víz és három távozik (Duna, Tisza és a Dráva). A felszíni vizek 95%-a külföldi eredetű, és csupán négy olyan közepes vízgyűjtőnk van (például a Zala), amelyek teljes egészében az országon belül helyezkednek el. A lefolyó víz mintegy háromnegyedét a Duna és a Dráva szállítja, míg az ország területének a felét kitevő Tisza vízgyűjtőjén lévő folyók összesen alig a negyedét. (1.2. ábra)

A fajlagos felszíni vízkészlet 11 000 m<sup>3</sup>/év/fő körüli, az egyik legmagasabb érték Európában. Ugyanakkor az országon belüli lefolyás (600 m<sup>3</sup>/év/fő) hozzájárulása ehhez messze a legkisebb a kontinensen. Külön gondot okoz, hogy a hozzáférés nehéz, az a nagy folyók medréhez kötődik.

A felszíni készletekhez adódnak az állóvizek és tározók, továbbá a felszín alatti vizek. Utóbbiak biztosítják ivóvízellátásunk több mint 90%-át. Az un. talaj- és rétegvizek hasznosítható készlete 1,4 x 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/év. Az ivóvízellátás szempontjából fontos és érzékeny partiszűrészű vízbázisok potenciálisan kitermelhető készlete ennél mintegy 30%-kal nagyobb (Budapest ivóvízellátása ma teljes mértékben innen táplálkozik). A karsztvizek utánpótlódása átlagosan 0,3 x 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/év kitermelést tesz lehetővé.





1.2. ábra: Hazánk folyóinak sokévi középvízhozama  $\text{m}^3/\text{s}$ -ban

A vízigények két nagy csoportba oszthatók. Az első vízkivétellel jár. A használt, gyakran elszennyezett vizet nem mindig ugyanabba a befogadóba és/vagy nem ugyanoda vezetik vissza (Jellemző példa a Budapest felett kivett partiszűrésű víz (az eredet részben a Duna-víz, részben a „háttér“.), amely végül szennyvízként folyásirányban lejjebb a Dunába jut). Az öntözés esetében a kivett víz részben beépül a növényekbe, részben pedig elpárolog. A második típusú vízhasználat nem jár vízkivétellel: a vízi szállítás és energiatermelés, a halászat és horgászat, sport, üdülés stb. tartoznak ebbe a kategóriába.

### 1.1.6. vízminőség

Az ország folyóinak vízminőségét nagymértékben a külföldről belépő vizek állapota határozza meg. 1997-ben a vízminőséget a gazdasági recesszióból és emissziócsökkenésből származó javuló trend és az európai normáknak megfelelő öt-osztályos minősítési rendszerben (ahol I. a legjobb és V. a leggyengébb minőségi kategória) általánosságban a II-III. osztály jellemzi. Ezen belül a Tisza vízrendszere valamivel rosszabb állapotban van mint a Dunáé. Az országba belépő vizek minőségét a szennyvíztisztítási programok előrehaladása (Németországban, Ausztriában és részben Szlovákiában) és a kelet-közép-európai országok gazdasági recessziója befolyásolja. A nagy folyók vízminősége a nagy hígulás következtében elfogadható, és V. osztályú minőség kizárólag olyan

kisebb vízfolyásokon jelentkezik, amelyek nagyobb városok tisztítatlan, vagy csak részben tisztított szennyvizeinek befogadói.

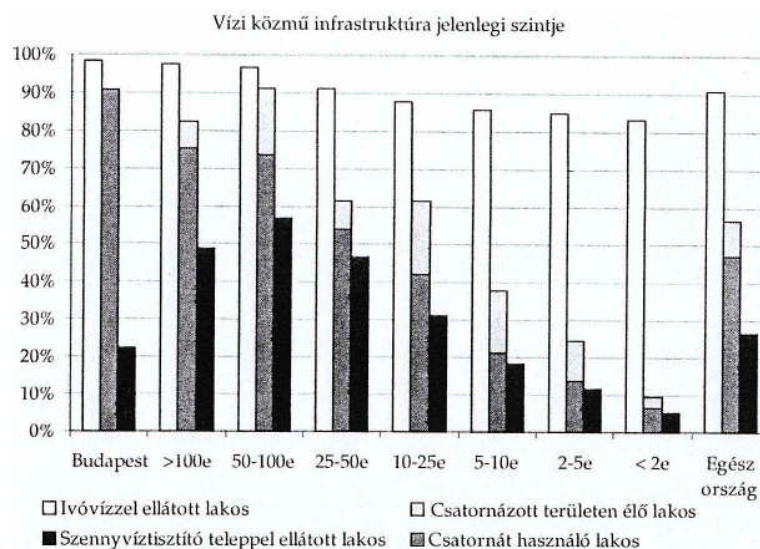
Állóvizeink és tározóink többsége (Balaton, Velencei-tó, Fertő tó, Tatai-tó, kiskörei tározó) az eutrofizálódás (túlzott tápanyag-feldúsulás) következményeit mutatja, ha nem is azonos mértékben. A Duna - hasonlóan az európai nagy folyókhoz - szintén algásodik, de a gondok kevésbé súlyosan jelentkeznek, mint a tavak esetében.

A felszín alatti vizek minőségének romlása a pontszerű és diffúz terheléseknek (kommunális eredetű és állattartó telepek, illetve műtrágya és egyéb kemikáliák használata), továbbá a természetes eredetű elemek megjelenésének tudható be. A leggyakoribb gondot a vas, mangán, nitrát, ammónia, oldott szerves anyag okozza, elsősorban az Alföldön.

A talajvízről összességében azt szokás mondani, hogy országszerte olyan mértékben elszennyeződött, hogy legfeljebb öntözésre alkalmas. Ez azonban alapvetően a települések környezetére, a korábbi mocsarak nagy sótartalmú területeire és az elnitrátosodott hegyperemű völgyekre vonatkozik. A partiszűrészű vízbázisok és karsztvizek állapota általában jó, de ezek a készletek igen sérülékenyek. A mélységi vizek többnyire tisztítás nélkül felhasználhatók.

### 1.1.7. Vízellátás és csatornázás

A közműszolgáltatás jelenti a víz és az emberek legszorosabb, mindennapos kapcsolatát. Ez az önkormányzatok tulajdonosi és közigazgatási felügyelete mellett történik. A vízellátás mennyiségi fejlettsége eléri a nyugat-európai színvonalat. A vezetékes ivóvízellátás országos átlagban, lakáson belül, azon kívül, illetve közkifolyók révén a lakosság 80%, 91%, illetve 98%-a részére biztosított, azaz a komfortszint meglehetősen eltérő. Ezen belül a kis települések ellátottsága messze nem kielégítő (1.3. ábra).



1.3. ábra: A vízi infrastruktúra jelenlegi szintje a települések mérete szerinti felbontásban

A csatornázás színvonala jóval elmarad a vízellátásétól. 1993. évi adatok szerint a lakosság 43%-a bekötött a közcsatornába, 10% rendelkezik csatornázás nélküli helyi szennyvíz-elhelyezési megoldásokkal („szakszerű közműpótlóval”), 21%-a szakszerűtlennel, míg 26%-a él csatornázatlan területen.

## 2. VÍZERŐHASZNOSÍTÁS

A Föld felszínéről (a szárazföldről, a tengerekről és a vízfelületekről) párolgás útján a levegőbe jutó víz helyzeti energiára tesz szert. Amikor kicsapódik és csapadék formájában a Föld felszínére hull, helyzeti energiájának tetemes részét elveszti. A megmaradó energia nagysága attól függ, hogy a csapadék milyen tengerszint feletti magasságban ér földet. Ez a helyzeti energia, miközben a vízlefolásra kerül a vízrészecskéknek egymáshoz és a mederhez való súrlódása következtében hő- és hang energiává alakul át. Minthogy a víz a Nap sugárzása révén állandó körforgásban van, energiakészlete folyamatosan megújul, és így soha ki nem merülő energia készletet jelent. Az ember célja az, hogy a lefolásra kerülő vízenergiaveszteségét a lehetőségekhez mérten csökkentse és az így felszabaduló energiát hasznosítsa. A vízenergia hasznosításával összefüggő kérdésekkel az aktív vízgazdálkodásnak egy külön ága, a vízerőhasznosítás foglalkozik.

### 2.1. ALAPFOGALMAK

#### 2.1.1. A vízerőhasznosítás alapképlete

A vízerőhasznosítás a lefolásra kerülő víz mederellenállás csökkentése során felszabaduló energiának hasznos energiává történő alakításán alapul. A hasznosítható vízenergia mennyisége attól függ, hogy a lefolásra kerülő víznek a mederellenállás legyőzésére fordított energiáját milyen mértékben tudjuk csökkenteni. A mederellenálláskor fellépő súrlódási energiaveszteség mérsékelhető a víz sebességének, vagy a vízszállításához szükséges esésnek a csökkentésével.

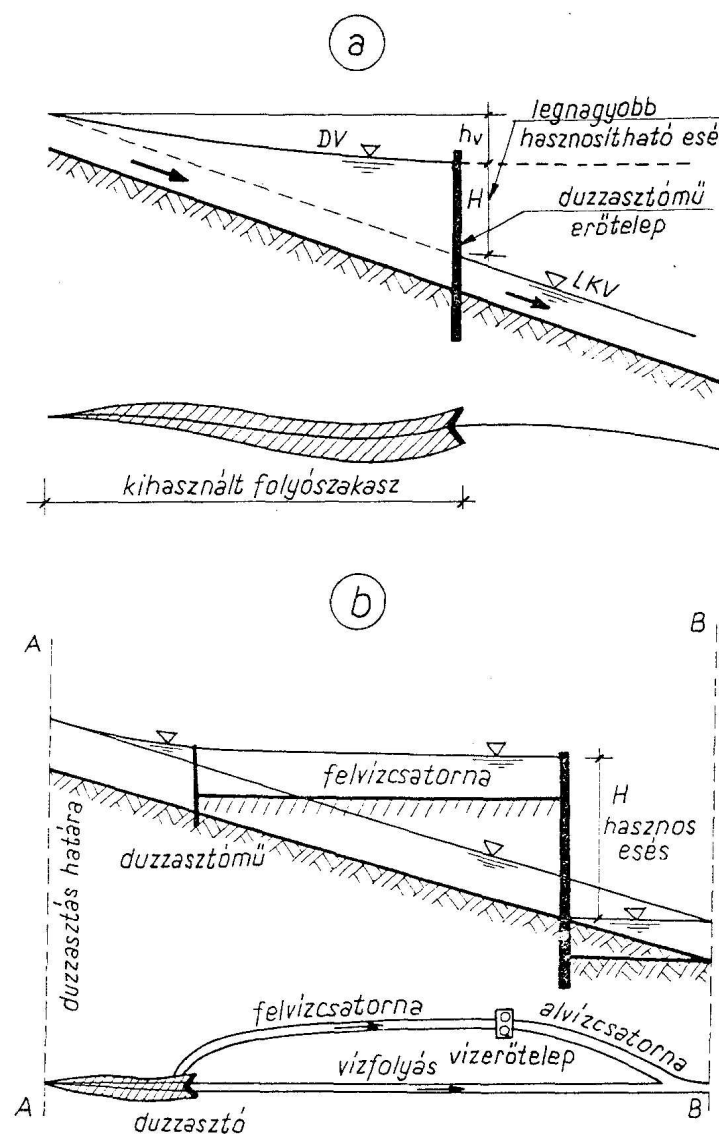
Az áramlási sebesség csökkenthető úgy, hogy megnöveljük a vízmélységet, ezáltal csökken a sebesség és vele a súrlódási veszteség. Ezt *duzzasztómű* vagy *völgyzárógát* segítségével valósíthatjuk meg, s az így nyert  $H$  esést hasznosítjuk (2.1. ábra „a” részlet).

A vízszállításához szükséges esés csökkenthető úgy is, hogy a természetes vízfolyás vizét az eredeti mederétől kedvezőbb hidraulikai és mederérdességi viszonyú oldalcsatornába vezetjük, (ezt szabályos keresztmetszelvény kialakítással, burkolással érjük el,) így kisebb esésveszteség mellett ugyanannyi vízhozam tud

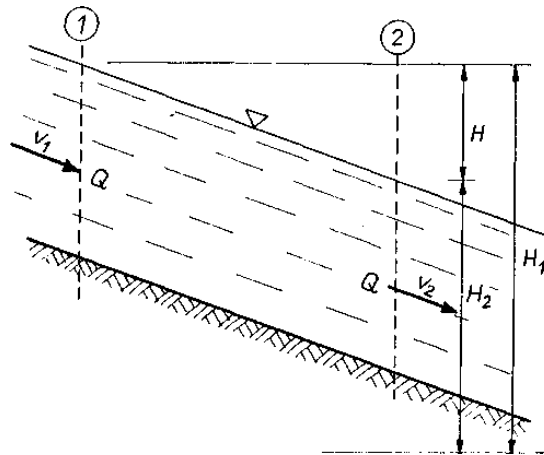
lefolyni, mint az eredeti mederben. Az ennek következtében kialakuló vízszintkülönbség hasznosítható energiatermelésre (l.-ábra „b” részlet).

Minél kanyargósabb a folyó, annál nagyobb a súrlódási energiaveszteség. Ilyen esetben duzzasztással és egyenes vonalazású mesterséges csatornával számottevően növelhetjük a folyószakasz hasznosítható esését, illetve a termelhető energiát.

A súrlódás legyőzésére fordított munka 60-70 %-a megtakarítható az előbbi módszerek valamelyikével. A vízfolyásnak azt a szakaszát, melynek hidraulikai viszonyai a hasznosítás során megváltoznak, a vízienergia szempontjából kihasznált folyószakasznak nevezzük.



2.1. ábra: Súrlódási munka csökkentése duzzasztással (a) és üzemvízcsatornával (b)



2.2. ábra: Vázlat az elméleti vízerőkészlet számításához

A kihasznált folyószakasz energiatartalmát a felső- és az alsó végpontja közötti energiatartalom (2. ábra) különbségeként határozhatjuk meg. A felső szelvényhez érkező  $Q$  vízhozam energiatartalma:

$$P_1 = \rho \cdot g \cdot Q \left( H_1 + \frac{v_1^2}{2g} \right)$$

az alsó szelvényé pedig

$$P_2 = \rho \cdot g \cdot Q \left( H_2 + \frac{v_2^2}{2g} \right)$$

így

$$P = P_1 - P_2 = \rho \cdot g \cdot Q \left( H_1 - H_2 + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} \right)$$

Mivel  $H_1 - H_2 = H$  és  $\frac{v_2}{2g} \ll H$ , a kihasznált folyószakasz elméletileg hasznosítható teljesítménye megközelítően:

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \text{ (kW)}$$

Tekintettel arra, hogy

$$\rho \cdot g = 9,8 \text{ kN/m}^3$$

$$P = 9,8 \cdot Q \cdot H \text{ (kW)}$$

A továbbiakban figyelembe kell vennünk azokat a veszteségeket is, amelyeket a megforgatott turbina  $\eta_t$  és a generátor  $\eta_g$  hatásfoka fejez ki. Ennek megfelelően a teljesítmény értéke:

$$P = 9,8 \cdot \eta_t \cdot \eta_g \cdot Q \cdot H \text{ (kW)}$$

illetve ha jó közelítéssel az  $\eta_t \cdot \eta_g \cong 0,8$  értéket vesszük fel, akkor az elméleti teljesítmény közelítően:

$$P = 8 \cdot Q \cdot H \text{ (kW)}$$

Nagyobb és hosszabb vízfolyások vízenergiájának hasznosítása céljából vízierőművek sorozatát, azaz vízierőmű-láncot építenek ki. Optimális az a megoldás, ahol a felső vízierőmű az alsó vízlépcső duzzasztási határvonalának környezetében helyezkedik el. (Pl. a Duna vagy a Dráva osztrák szakasza.)

### 2.1.2. A vízerőkészlet

A vízfolyásokban rejlő potenciális elméleti vízerőkészletnek a gyakorlatban csak egy része hasznosítható, részben gazdasági okok miatt. Ezért amikor valamely vízfolyás, ország vagy Föld vízerőkészletéről beszélünk, meg kell különböztetnünk elméleti, műszakilag hasznosítható és gazdaságosan hasznosítható vízerőkészletet.

Elméleti vízerőkészleten valamely vízfolyás adott szakaszának egy évre vonatkozó teljesítményét (E) értjük, amely

$$E = 365 \cdot 24 \cdot P = 8\,760 P \text{ (kWh)}$$

képlettel számítható.

Nemzetközi megegyezés szerint a Q vízhozamot a közepes, az 50%-os és a 95%-os tartóssággal figyelembe véve beszélünk  $P_k$ ,  $P_{50}$  és  $P_{95}$  teljesítményekről, ill.  $E_k$ ,  $E_{50}$ ,  $E_{95}$  évi energia mennyiségekről.

Újabban használják a teljes elméleti vízerőkészlet fogalmát is. Ez azzal a teljesítménnyel jellemezhető ( $P_k$ ), amelyet egy hosszabb időszakra érvényes  $Q_k$  középvízhozam érték felvétele alapján számíthatunk.

A műszakilag hasznosítható vízerőkészlet nagy általánosságban az elméletileg számíthatónak mintegy 60%-a, hiszen az energia átalakításához, a víznek a felhasználási helyhez és onnan történő elvezetéséhez energiára van szükség. Az energiaveszteségek, a vízkészletek változása és az energiaátalakításra fordított veszteségek miatt kevesebb, mint az elméleti vízerőkészlet.

A gazdaságosan hasznosítható vízerőkészlet a műszakilag hasznosítható vízerőkészletnek az a része, amelyet mindenkor energiára szükséglet, más energiahordozók ára, építési költségek stb. figyelembevételével készült gazdasági számítások hasznosíthatónak mutatnak ki. Ez tehát nagymértékben változhat az idők során.

Az elméletileg számítható vízerőkészlet - mint láttuk - függ attól is, hogy az adott vízfolyás vízhozam-ingadozásai egy adott éven belül, sok év átlagában, nedves és száraz évek periódusában hogyan alakul, hiszen az a tartóssági görbe alakját is befolyásolja. Függ attól is, hogy a tározótér mekkora. A csekély tározótérrel rendelkező vízfolyások kiépítettsége 20-40%, nagyobb tározóterűeké az adottságuktól függően ettől nagyobb. A felsorolt szempontok

miatt a turbinákat bizonyos vízhozamra kell méretezni. Ezt nevezik kiépítési vízhozamnak.

Kiépítési vízhozam ( $Q_+$ ) az a *legnagyobb vízhozam*, amelyet a vízerőtelep turbinái együttesen, teljes nyitás mellett nyelni tudnak. Amennyiben a pillanatnyi vízhozam ( $Q$ ) értéke  $Q < Q_+$ , akkor az érkező vízhozam teljes egészében hasznosítható, ha viszont  $Q > Q_+$ -nél, akkor a turbinák már nem képesek nyelni az érkező vízhozamot. Ebből következik, hogy a turbinák különböző vízhozamnál különböző esésekkel (és hatásfokkal) üzemelnek. Számításainkhoz ki kell választanunk egy bizonyos esést - szerkesztési esést - amely alkalmas energetikai összehasonlító számításokhoz.

Szerkesztési esés ( $H_+$ ) az a *legkisebb esés*, amelynél a teljesen nyitott turbina az előírt fordulatszámmal éppen a kiépítési vízhozamot nyeli (emészt).

A vízerőtelepek méretezéséhez *vízerőgazdálkodási terv* készítése szükséges, amely felöleli az adatgyűjtés és a feldolgozás, a teljesítmény- és energia-számítások, valamint a gazdaságossági vizsgálatok területét.

## 2.2. Vízerőművek osztályozása

Eddigi ismereteink alapján a vízerőműveket több szempont szerint csoportosíthatjuk.

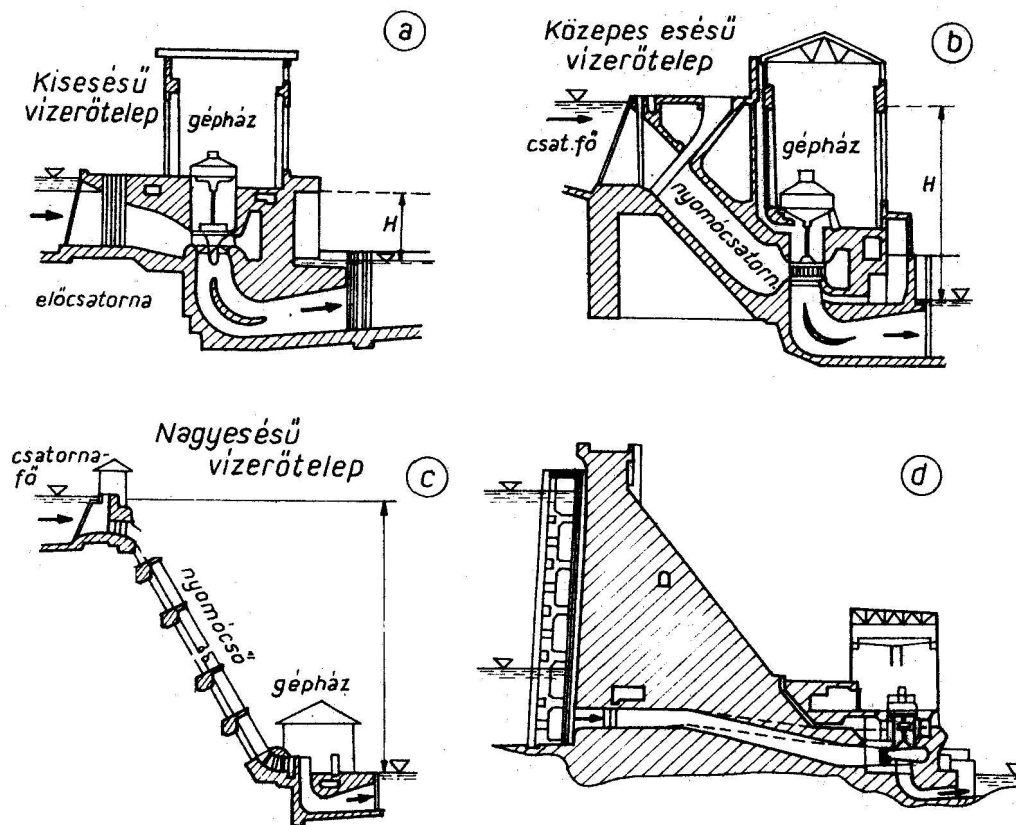
A hasznosítható esés alapján a vízerőműveket három csoportba soroljuk.

kisesésű, ha	$H \leq 15$ m (2.3./a ábra)
közepes esésű, ha	$15 \text{ m} < H \leq 50$ m (2.3./b ábra)
nagyesésű, ha	$H > 50$ m (2.3./c, d ábra)

A teljesítőképesség szerint megkülönböztetünk:

törpe	$P \leq 100$ kW
kis	$100 < P \leq 10\,000$ kW
közepes	$10\,000 < P \leq 100\,000$ kW
nagy	$P > 100\,000$ kW

teljesítményű vízerőművek.



2.3. ábra: Kis- (a), közepes- (b) és nagyesésű (c, d) vízerőművek vázlata

#### A kisesésű vízerőművek főbb jellemzői:

- a vízfolyások *síkvidéki* szakaszán, rendszerint laza üledékes talajon létesül,
- a medret *duzzasztóművel* zárják el,
- viszonylag *nagy vízhozamot* hasznosít,
- *szárnylapátos (kaplan esetleg francis)* turbinával van felszerelve,
- *kisméretű tározással* kapcsolatos, ezért az energiatermelés ingadozó, vagy szakaszos,
- a termelési önköltség viszonylag nagy, mert a költségek elsősorban a hasznosított vízhozamtól függenek.

#### A nagyesésű vízerőművek jellemzői:

- a vízfolyás *hegyvidéki* szakaszán, rendszerint szilárd kőzeten épül,
- *völgyzárógáttal*, vagy alacsony fix-, esetleg vegyes gáttal végzik a duzzasztást,
- viszonylag *kis vízhozamot* hasznosít, de igen nagy eséssel,
- *francis- vagy pelton* turbinával működik
- a duzzasztómű rendszerint *jelentős vízmennyiséget tároz*,
- a termelési önköltség viszonylag kicsi.



A közepes esésű vízerőmű átmenetet képez a kis és nagy esésű vízerőművek között, a jellemzői is ennek megfelelően alakulnak. Hazai viszonyaink között általában a kis és közepes esésű vízerőtelepek fordulnak elő.

Műszak szempontból megkülönböztetjük azokat a vízerőműveket, amelyek tengerek, tavak, valamint folyóvizek energiáját hasznosítják. Az előbbieket közösen soroljuk az árapály erőműveket.

A termelt energia jellege szerint beszélhetünk alaperőműről, csúcserőműről. Az alaperőművek egyenletes alapterheléssel dolgoznak, a beépített teljesítőképességet jól kihasználják. A csúcserőművek a mindenkori csúcsterhelések energia szükségletét fedezik. Nagyon gazdaságos megoldás, amikor a hőerőmű alaperőműként, a vele együttműködő vízerőművek csúcserőműként dolgoznak.

A hőerőmű ugyanis nem képes gyors felfutású energiatermelésre, hanem ehhez hosszabb idő szükséges. A vízerőmű viszont néhány perc alatt képes felfutni és csúcsrajárva fedezni az energia igényt.

Üzemvitel szerint beszélhetünk önálló és több vízerőmű összehangolt működését feltételező együttműködő vízerőműről.

A vízerőművek energiafogyasztásának összhangban kell állnia a kapcsolódó vízfolyás vízjárásával. A vízfolyás különböző vízhozam ingadozásait a vízerőtelephez tartozó tározóval lehet kiegyenlíteni. A tározó lehet napi, heti, évszakos, éves stb. kiegyenlítésű tározó. A tározás szerint megkülönböztetünk tározó nélküli, medertározásos és tározómedencés vízerőműveket.

A tározás nélküli vízerőművek az érkező vízhozamot hasznosítják. A medertározásos vízerőmű rendszerint csak rövidebb időszakok (napi, heti) vízhozamingadozásait, míg a tározómedencés vízerőmű általában hosszabb időszak vízhozam változásait egyenlíti ki.

### 2.3. FOLYAMI VÍZERŐMŰVEK

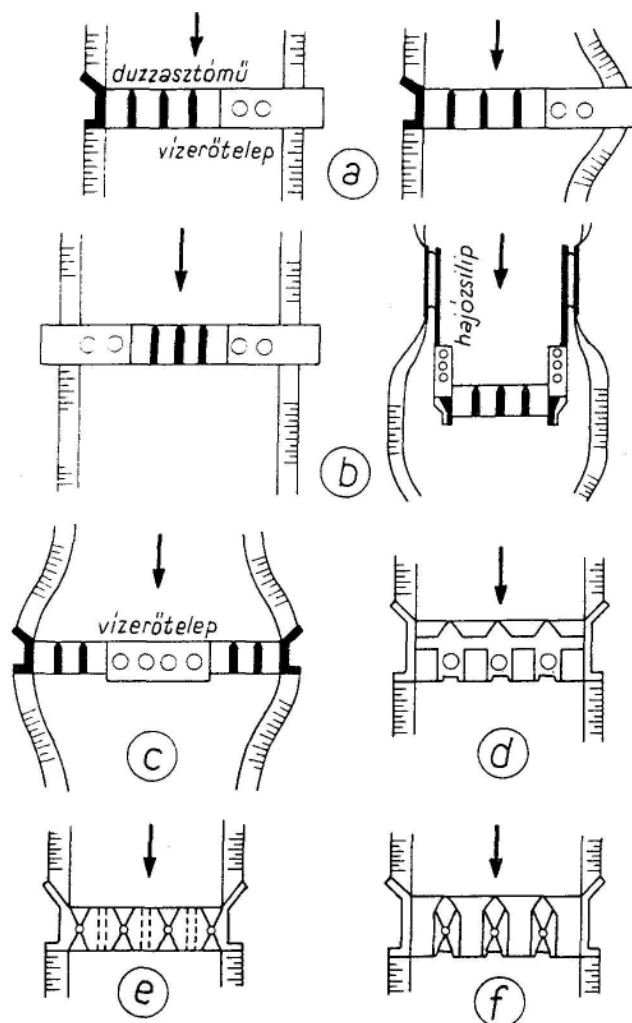
Amikor a folyami vízlépcsőt elsősorban vízerőhasznosítás céljából építik, folyami vízerőműnek nevezzük. A vízerőtelep fő műtárgyainak (vízerőtelep, duzzasztómű, hajózsilip) egymáshoz viszonyított elrendezése szerint (1. kép) a következő főbb folyami vízerőmű típusokat különböztetünk meg (2.4. ábra).

Egységes elrendezésű vízerőtelepet látunk a 2.4./a ábrán, mely épülhet mederszélesítés nélkül és mederszélesítéssel is.

Iker vízerőtelep szemléltethető a 2.4./b ábrán. Ez a megoldás a vízerőtelepet két egyenlő teljesítményű részre bontja, a duzzasztómű középen, a hajózsilip a vízfolyás két partja közelében nyert elhelyezést. Ilyen elrendezést áramlási okokból vagy határerőművek esetében választanak.



2.1. kép: A Kiskörei vízlépcső alvízi nézete



2.4. ábra: Folyami vízerőművek általános elrendezése

Sziget vízerőmű látható a 4./c ábrán. Itt a vízerőtelepet fogja közre a két egyenlő szabadnyílású duzzasztómű. Az elrendezés a vízerőtelepre való jó rááramlást, kedvező energetikai feltételeket biztosít.

Pillér-vízerőmű vázlatát szemlélteti a 4./d ábrán. Ez az elrendezés az áramlási követelmények fokozott kielégítését eredményezi. Megosztott vízerőműnek is nevezik. A megfogalmazás a hátrányát engedi sejtetni, ugyanis üzemviteli szempontból a megosztottság hátrányos. Előnyei közé sorolható viszont az, hogy mederben való építéskor egy-egy pillér megépülte után üzembe helyezhető.

Gát-erőmű (4./e ábra) esetében a gépegységek a duzzasztást létrehozó gáttest belsejében nyernek elhelyezést. A turbinák a vízfolyás teljes szélességében egyenletesen vannak megosztva, ami jó vízáramlást eredményez. A turbinák vízemésztőképességét meghaladó vizet vagy a turbinák közötti gát részben vagy a gátkorona alatti árapasztón engedik le. A turbinák rendszerint vízszintes tengelyelrendezésűek. A pillér- és gát-erőmű kedvező tulajdonságai egyesíthetők a pillérekbe vízszintes tengelyelrendezésű turbinát (un. csőturbinát) építenek be (4./f ábra).

Az egységes elrendezésű, öblözetbe épített folyami vízerőmű a legelterjedtebb elrendezésű változatnak számít. Igen lényeges, hogy a felső és alsó öblözet áramlástanilag helyesen legyen kialakítva. Rosszul tervezett öblözetek hatásfokromlást okoznak. A duzzasztómű és a vízerőtelep között elválasztó pillért építenek. Erre részben az alapozási mélység eltérő volta miatt van szükség, részben pedig áramlási okokból a víz terelésében, vezetésében van szerepe. Gyakori hiba, hogy költségkímélés miatt a felvízoldali elválasztó pillért rövidre méretezik. Ennek következtében a vízerőtelep üzemkor a vízerőtelep felé, árvízkor a duzzasztómű felé irányuló nagysebességű vízmozgás alakul ki a pillér orrnál. Kellő védelem híján előfordult, hogy az alapozási mélységet elérő kimosás keletkezett.

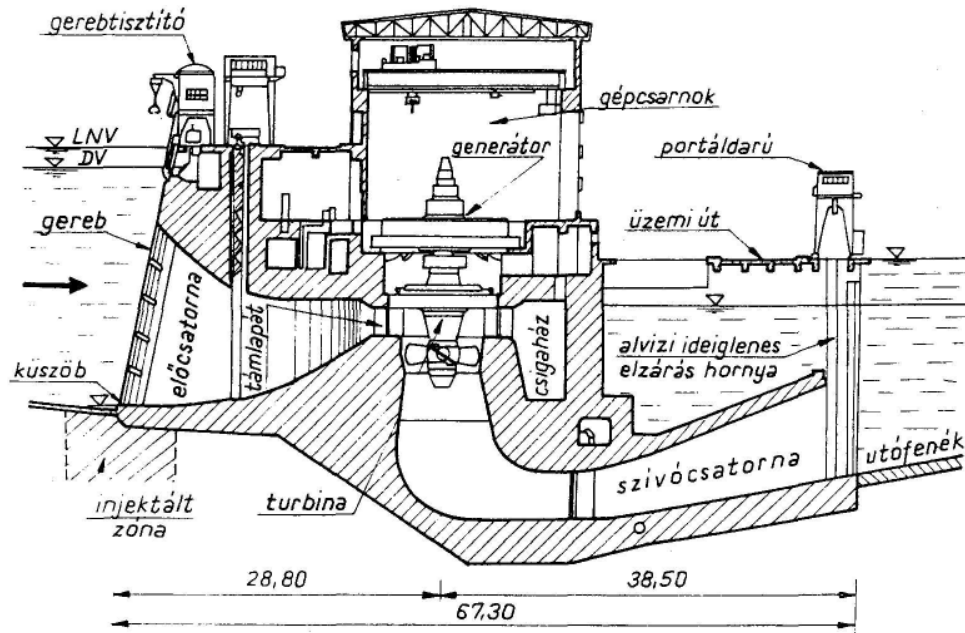
Az alvízoldali elválasztó pillér a duzzasztómű üzemelésekor keletkező hullámnak és a lökészerű nyomásváltozásnak a vízerőtelep teljesítményére gyakorolt kedvezőtlen hatása elkerülésére, a víz jó elvezetésére épül. Gyakran felhasználják hallépcsők elhelyezésére.

## 2.4. VÍZERŐTELEP

A vízerőtelepek szerkezeti kialakítását az általánosíthatóság kedvéért külön fejezetben tárgyaljuk, hiszen akár folyami, akár üzemvízcsatornás vagy nagyesésű vízerőtelepről beszélünk, felépítésük, szerkezeti elnevezéseik és azok funkciói főbb vonalakban megegyeznek.

Vízerőtelepnek nevezzük a vízerőmű építményei közül a turbinákat magukba foglaló műtárgyakat. A vízerőtelep főbb részei (2.5. ábra) a következők:

- előcsatorna,
- csigaház,
- turbina,
- szívócső aknával vagy szívócsatorna,
- villamos és egyéb berendezések.



2.5. ábra: Vízerőtelep folyásirányú főmetszete



2.2. kép: Vízerőtelep, Argentína

### 2.4.1. Az előcsatorna és a csigaház

Az előcsatorna feladata a víznek a csigaházba vagy a csőturbinára való vezetése. Itt helyezik el továbbá a víz elzárására szolgáló szerkezeteket is. Az előcsatorna e belépési szelvénytől a csigaházig, illetve a turbina kamráig tart. Fő részei a következők: a küszöb, a gereb, a turbina zsilip és az ideiglenes elzárás.

A küszöb feladata, hogy fenék közeli hordalékot visszatartsa. A gereb a jégnek, uszadéknak a bejutását hivatott megakadályozni. A gerebmezőt alkotó gerebpálcák távolsága általában 15-100 mm. A gerebpálcákat a vízerőtelepre való vízáramláshoz igazodó áramvonalas kialakítású vízszintes tartók támasztják meg. A gerebpálcák is lekerekítéssel készülnek. A gerebmező hidraulikai ellenállását gerebveszteségnek nevezik. A gerebek között megengedhető sebesség általában 1 m/s körüli érték. A gerebnyílások tisztítására szolgál a gerebtisztító gép. Hatékony működéséhez az szükséges, hogy a gerebmező vízszintessel bezárt szöge  $65^{\circ}$ - $85^{\circ}$  közötti legyen. Ettől eltérő hajlásnál a szerkezet esetleg egyáltalán nem tisztít.

Tisztításkor a gépi gereblyét leengedik, a leszedett uszadékkal együtt felvontatják, mely kiemelés után csillébe ejti a rakományt. Ezután elszállítják, majd megsemmisítik. Ahol sűrűbb gerebre van szükség, ott elég sok problémát okoz, mert a kásajég ráfagyhat, eltömheti. Ez ellen - többek között - fűtéssel lehet védekezni. Megemlíthető, hogy nagyeesű vízerőműveknél, ahol az előcsatorna mélyebben van, esetleg gerebre egyáltalán nincs szükség.

A turbinazsilippel zárható le az előcsatorna üzemzavarkor vagy olyankor, amikor a turbinát javítani kell. A lezárás sebességétől függően lehet egyszerű és gyorsanzáró turbinazsilip. A gyorsanzáró turbinazsilipre azért van szükség, mert a terhelés hirtelen megszakadásakor a turbina megfut, és ha nem lehet elég gyorsan (60-80 másodperc) lezárni az előcsatornát, a gép súlyosan megrongálódhat. A hirtelen zárás következtében a felvízfelőli oldalon lökéshullám keletkezik, a műtárgyat pedig dinamikus terhelés éri. A méretezésnél erre is tekintettel kell lenni.

A csigaház feladata az előcsatornán át érkező víz szétosztása és egyenletes rávezetése a turbinára. Nagyobb vízerőművekben vízszintes metszetében logaritmikus spirális alakú csigaház kerül kivitelre. A csigaház lehet állandó és változó magasságú. Alakját közelítő számítással illetve kisminta-kísérletekkel határozzák meg. A csigaház felső részét acélból készült, áramvonalasan kialakított támlapátok támasztják meg (2.5. ábra).

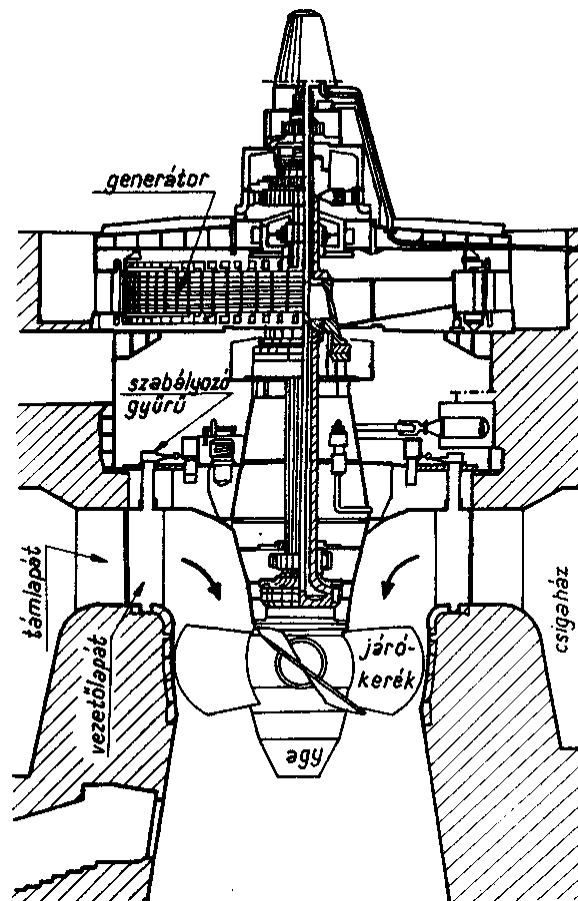
### 2.4.2. A turbinák

A vízerőtelepek legfontosabb gépei a turbina és a generátor, melynek feladata, hogy a turbinára ömlő víz energiáját elektromos energiává alakítsa át. A különböző típusú turbinákat két fő csoportba sorolhatjuk:

**Réstúlnyomásos** (reakciós) turbinák. Ide tartoznak a szárnylapátos (propeller, Káplán) és a rekeszes turbinák (Francis).

**Szabadsugarú** (akciós) turbinák. Ezek a turbinák a nagy esések hasznosítására alkalmasak, Pelton turbinaként ismeretesek.

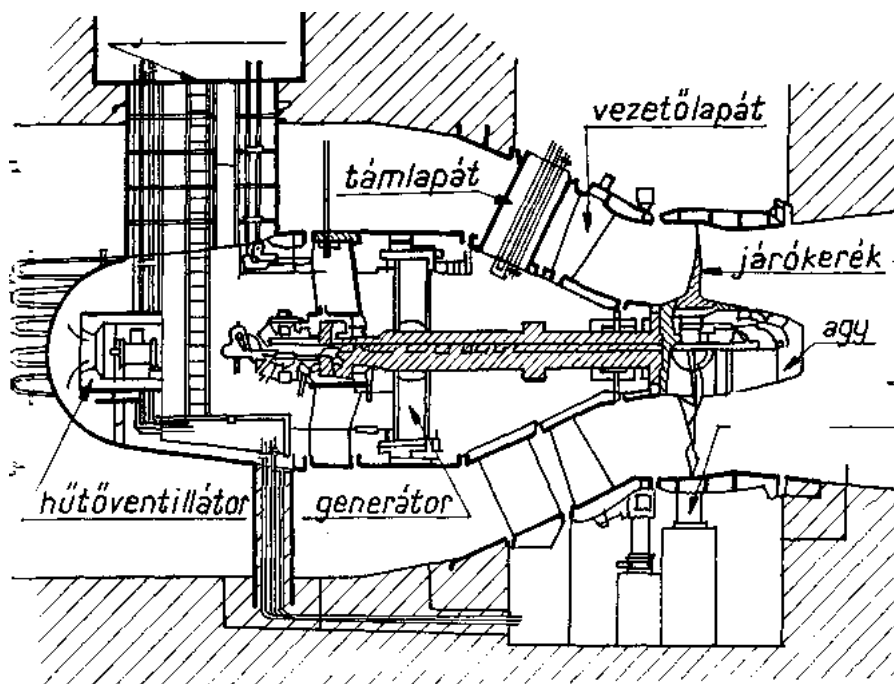
A **szárnylapátos** turbinákra ráömlő víz sugárirányban érkezik a turbinákhoz és a turbina járókereke előtt derékszögbe fordulva átfolyik a járókerekek között és a turbina tengelyének irányában jut a szívócsatornába. Kétféle szárnylapátos turbina van. A rögzített járókerekekű propeller, és az állítható járókerekekű Kaplan turbina.



2.6. ábra: Kaplan turbina

A Kaplan-turbina (2.6. ábra) a változó esésű és vízhozamú vízfolyásokon épült vízerőtelepeknél előnyösen használható. A sugárirányban érkező vizet a vezetőlapátok terelik a turbina felé. A turbina töltését az állítható vezetőlapátokkal lehet szabályozni. A vezetőlapátokat rendszerint közös szabályozó gyűrűbe fogják és a gyűrűhöz kapcsolt hidraulikus mozgó berendezéssel szabályozzák.

A víz ezután a járókerekekre zúdul, melyek a turbinagyba vannak fogva. A szárnylapát vagy járókerék állítható. A szárnylapát és a vezetőlapát megfelelő állításával lehet alkalmazkodni mind a vízhozam, mind az esés változásaihoz, a turbinák mindig optimális hatásfokkal működhetnek.



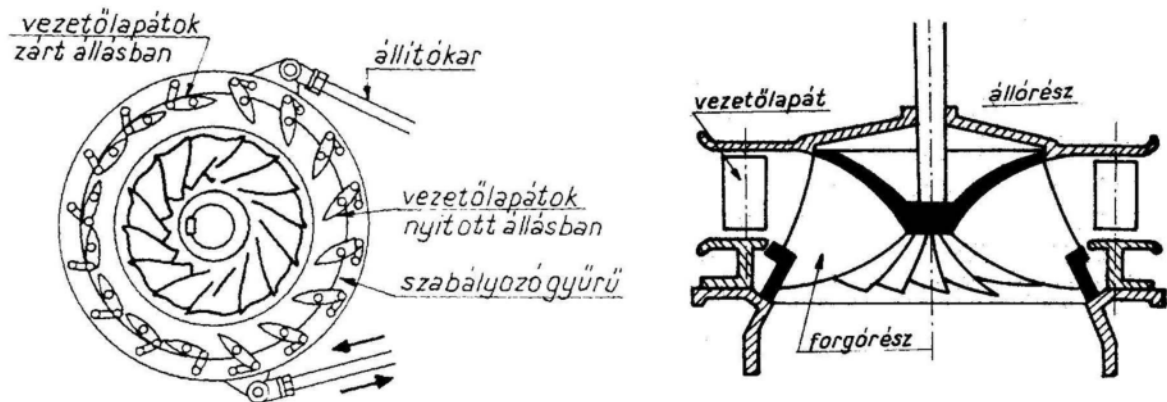
2.7. ábra: Csőturbina

A csőturbínás vízerőműveket a vízszintes tengelyelrendezésű turbinák közé sorolhatjuk. Előnyei között említhetjük, hogy a turbina járókerékére áramló víz csaknem egyenes, kisebb alapozási mélységgel épülhet, sőt a műtárgy magassága is csökkenthető, a kisebb szerelőtér szükséglet miatt. Maga a turbina (2.7. ábra), illetve a hozzákapcsolódó generátorok vonatkozásban hasonló vagy egyező a Kaplan-turbinához. Vezetőlapátjai és járókeréke egyaránt állítható. A Kaplan- és a csőturbinát a változó vízjárású, a kisesésű vízfolyásokban építik.

A Francis-turbina szerkezetileg úgy van kialakítva, hogy a lapátokból kialakított lapátrácsot zárt kerékben fogták össze (2.8. ábra). A lapátok hajlásszöge tehát nem állítható. A kedvezőbb hatásfok elérésére lassan, közepesen és gyorsan futó turbinatípusokat fejlesztettek ki. Ezzel a megoldással jobban lehet alkalmazkodni a vízerőtelep eséséhez. A Francis turbinát közepes esésű, kiegyenlített vízjárású vízfolyásokon építik.

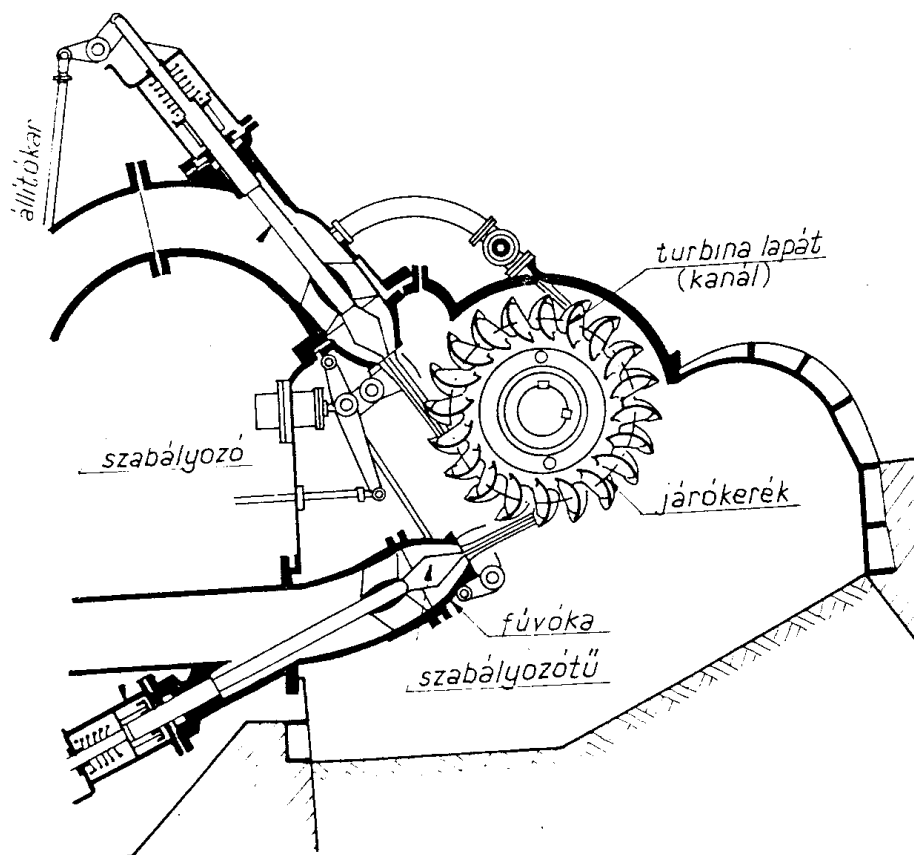
A víz itt is az állítható vezetőlapátokon át jut a turbina lapátokhoz. A vezetőlapátok közös szabályozó gyűrűhöz kapcsolódnak, amit az állítókar segítségével szabályoznak.





2.8. ábra: Francis turbina

A Pelton-turbina a víz kinetikai energiáját hasznosítja. A nagy eséssel érkező víz a fúvókába jut, melynek nyílását szabályozó tüvel lehet változtatni (2.9. ábra). A nagysebességű víz a turbina forgókerekein levő kagylószerű turbinalapáthoz ütközik, ahol mintegy 180°-os irányváltást szenved, s kinetikai energiájával a turbinakereket megforgatja. A sebességüket veszített vízrészecskék az alvízbe hullnak.



2.9. ábra: Pelton turbina



### 2.4.3. A szívócsatorna

A szívócsatorna célja, hogy a turbinából kilépő vizet az alvíz felé vezesse. A szívócsatorna kialakítására számítási módszer nincs, csak irányelvek, amelyek segítségével a szívócsatorna alakja közelítően meghatározható. Megkönnyítik ezt a munkát a turbinagyárak által kísérletezett szívócsatorna típusok.

A szívócsatorna fokozatosan bővül. Az első szakasz metszetei körök, a torkolati szakasz metszetei négyszögek. A kör és a négyszög közti átmenetet az ún. könyök oldja meg.

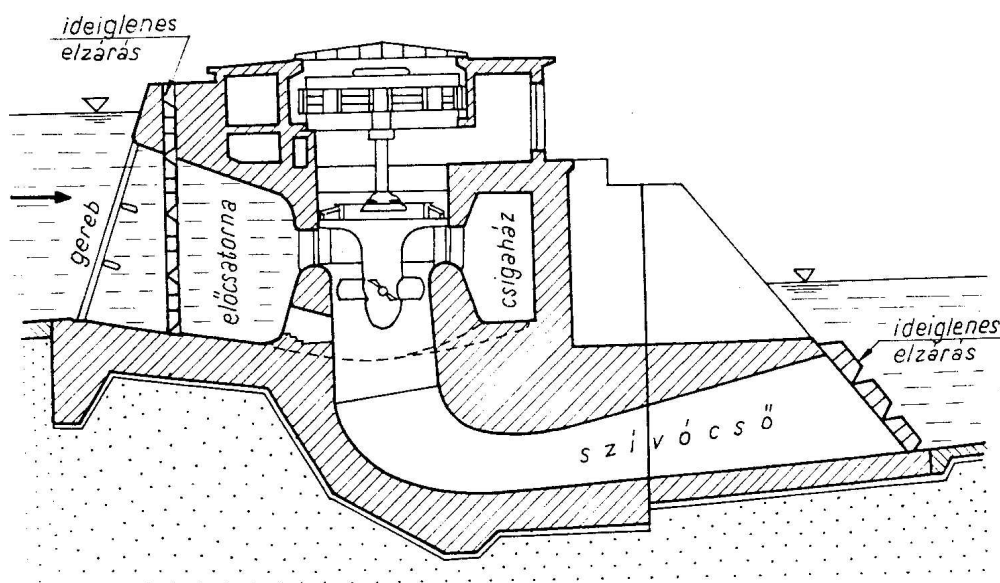
### 2.4.4. A vízerőtelep villamos berendezései, a gépház

A vízerőtelep villamos berendezései a generátor, a gyűjtő sínezet, a vezénylő berendezés, akkumulátorok, transzformátorok.

A generátor feladata a turbina mechanikai energiájának átalakítása villamos energiává. A vízerőműveknél hidrogenerátorokat alkalmaznak, melyek csak a pólusszám ( $f$ ) és a hálózati periódusszám ( $p$ ) által meghatározott fordulatszámmal működnek. A hidrogenerátorokra jellemző a nagy pólusszám és a nagy átmérő.

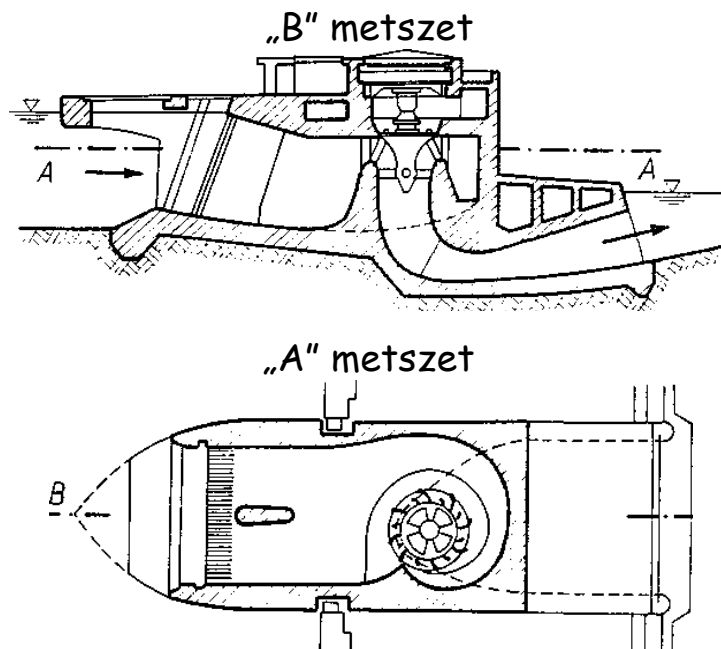
A gépházban az energia-átalakítás gépeit és segédgépeit helyezik el. Rendszerint zárt gépcsarnokot képeznek ki. Ebben gondoskodnak a szerelés térszükségletéről, a gépeket mozgó daruról, fűtő és szellőző berendezésekről (5. ábra).

Újabban elterjedt a gazdaságosabb megoldást nyújtó gépkamrás megoldás, mely alacsonyabb a gépcsarnoknál. A daru az építmény tetejére kerül, és a fedélszerkezeten levő leadó nyíláson át szolgálják ki a géptermet. Célszerű, ha a megoldásnál a darupálya a duzzasztómű felett is áthalad, mert így a duzzasztómű szükséglete ugyanazon daruval kielégíthető. Néhány helyen közvetlenül csak a gépet fedik le. Ezt gépsapkás erőtelepnek hívjuk (2.10. ábra).



2.10. ábra: Gépsapkás Kaplan turbina

Az 2.11. ábrán látható pillér-erőmű is így épült.



2.11. ábra: Pillér erőmű gépsapkás felépítménnyel

A felépítmény kialakításánál ügyelni kell arra, hogy az építészeti szempontból megfelelő legyen. Jól illeszkedjék a tájba, a környezet esztétikai értékét ne vagy csak eltűrhető mértékben csökkentse.

## 2.5. ÜZEMVÍZCSATORNÁS VÍZERŐMŰVEK

Az üzemvízcsatornás vízerőmű általános elrendezését az 2.12. ábrán mutatjuk be. Az ábrán felsoroljuk főbb részeit is.

Az elzárógát feladata a vízfolyáson megfelelő duzzasztási szint létrehozása, az üzemvízcsatornás vízerőmű számára a megfelelő tározótér kialakítása. Ezen felül ellátja az árvízlevezetéssel és a hajózással összefüggő funkciókat is.

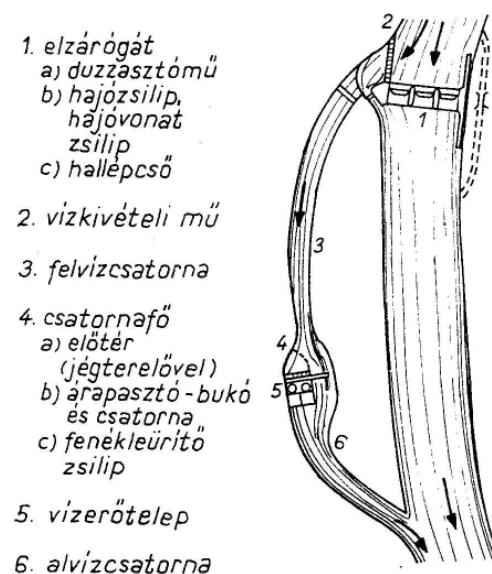
A vízkivételi mű építésének célja:

- megakadályozni az uszadék bejutását,
- kis esésvesztéssel bevezetni a vizet,
- megakadályozni a jég és az uszadék bejutását az üzemvízcsatornába.

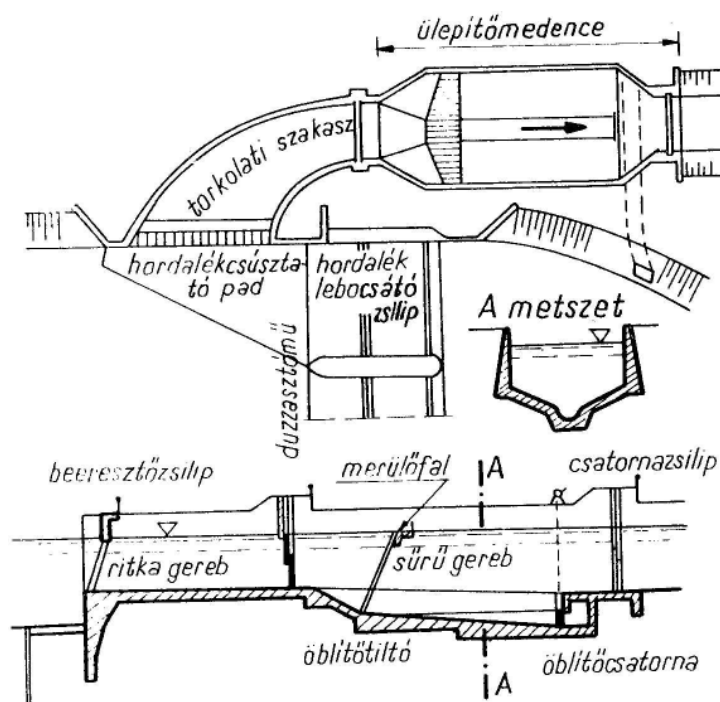
A hordalék távoltartása védi az üzemvízcsatornát a feliszapolódástól. A védekezés leghatékonyabb módja azonban az, ha a vízkivételi mű helyét és kialakítását a vízfolyás rezsimjéhez igazodva választják ki, ill. modellkísérlettel határozzák meg.

Az uszadék és a jég bejutását a merülőfal, a ritka gereb, a sűrű gereb akadályozza meg (2.13. ábra).

A felvív csatorna célja a medersúrlódás számottevő csökkentése, a megengedhető sebesség növelése, az elszívárgó mennyiségének csökkentése. Burkolatként alkalmazható: helyszíni betonburkolat, betonlap burkolat stb. Abban az esetben ha az üzemvízcsatornán hajózás is bonyolódik a burkolat fölé a kimosásnak ellenálló, rendszerint homokos kavics réteget helyeznek el, hogy horgonyvetéskor a hajók megkapaszkodását lehetővé tegyék. A felvívcsatornán keletkező fenék-, felszíni- és kásajég sok baj forrása. A teljesen befagyott üzemvízcsatornán a víz mozgása lelassul, gyakran vízhozamcsökkenés következik be. A fenék- és a kásajég a gerebek eltömődésének veszélyét idézi elő.



2.12. ábra: Üzemvízcsatornás vízerőmű általános elrendezési vázlata



2.13. ábra: Víz kivételi mű

A csatornafő az üzemvízcsatornás vízerőmű legfontosabb műtárgyához - a vízerőtelephez - kapcsolódik. A vízerőtelep működését annak jó hatásfokát biztosítja, megfelelő kialakítás esetén. Fontos eleme a jégterelő, mely a gerebekre tapadható jégtáblákat tereli az árapasztó bukó irányába.

Az alvízcsatorna célja a víz elvezetése a befogadó felé. Kialakításánál fontos szempont, hogy a vizet minimális veszteséggel szállítsa, hiszen így a hasznos esés növelhető. Torkolati művel csatlakozik a természetes vízfolyáshoz.

## 2.6. NAGYESÉSŰ VÍZERŐMŰVEK

A nagy esésű vízerőművek főbb típusai közé sorolhatók az üzemvízcsatornás, a nyomóalagutak és a völgyzárógátas vízerőművek.

Nagy esések esetén is lehet üzemvízcsatornás megoldást választani (2.14. ábra). Erre akkor kerül sor, ha a vízfolyás völgye nem kedvez nagyobb völgyzárógát, illetve tározómedence létesítésének. Ilyenkor az üzemvízcsatorna felvízcsatornája alacsony duzzasztóműhöz, ill. kicsiny tározási szintű medencéhez kapcsolódik. A nagy eséshez képest az áramlási veszteségek kicsinyek, ezért régen nem túl nagy gondot fordítottak az áramlástanilag kedvező kialakítására. Mai szemléletünk szerint áramlástanilag jó megoldást kell választani, mert az energia előállítás költségei emelkednek.

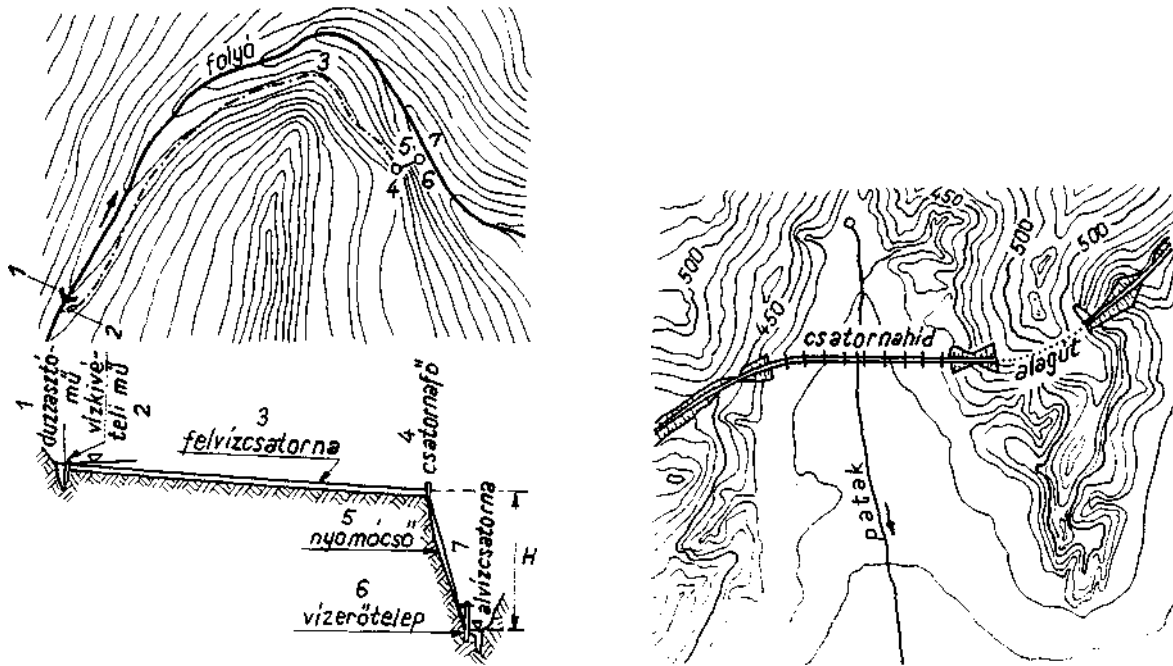
A vízkivételi műtől megkívánjuk, hogy az a vízfolyás hordalékát ülepítse le (13. ábrát), ugyanis az élesszemű hordalék koptatja a nagy költséggel épült és nehezen karbantartható, bajjal cserélhető nyomócsövet, turbinát, burkolatot stb.

Az üzemvízcsatorna tekintetében a nyíltfelszínű csatorna, alagútcsatorna, csatornahíd vegyes alkalmazására kerülhet sor. Az üzemvízcsatorna végén kialakított csatornafő feladata, hogy:

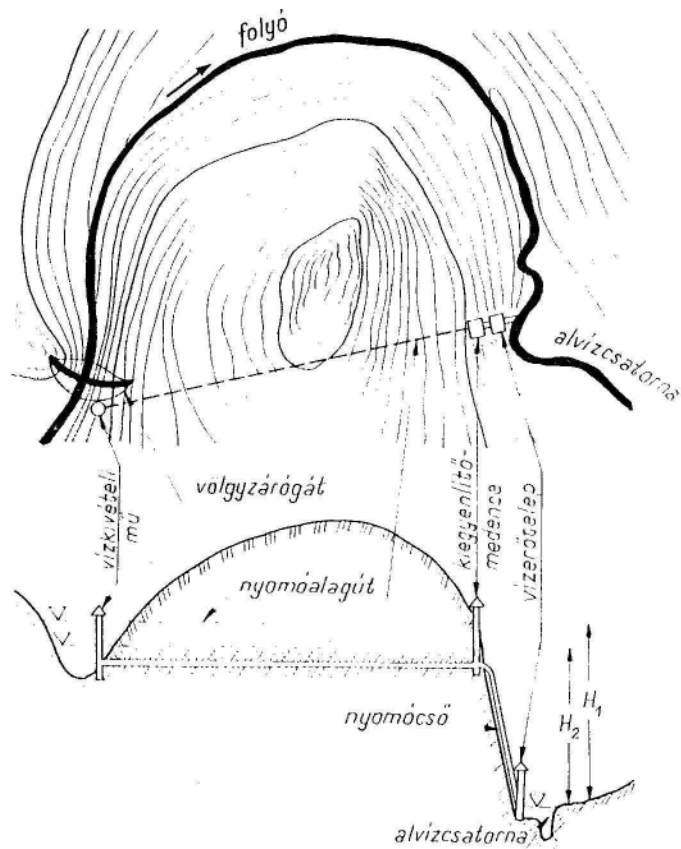
- az üzemvizet egyenletesen vezesse a nyomócsövekbe,
- az üzemvíz mennyiségét szabályozza,
- a vízfelesleget elvezesse,
- a turbinák nyitásakor a víz megfelelő utánpótlást biztosítsa.

Ritkábban napi tarozásra is kibővítik.

Nyomóalagutak vízerőművet völgyzárógáttal elzárt vízfolyás esetén építenek. Általános elrendezését a 2.14. ábra mutatja. Fő részei: a völgyzárógát, a vízkivételi mű, a nyomóalagút, a kiegyenlítő medence, a nyomócső, a csőzárak és a csőzárkamra.



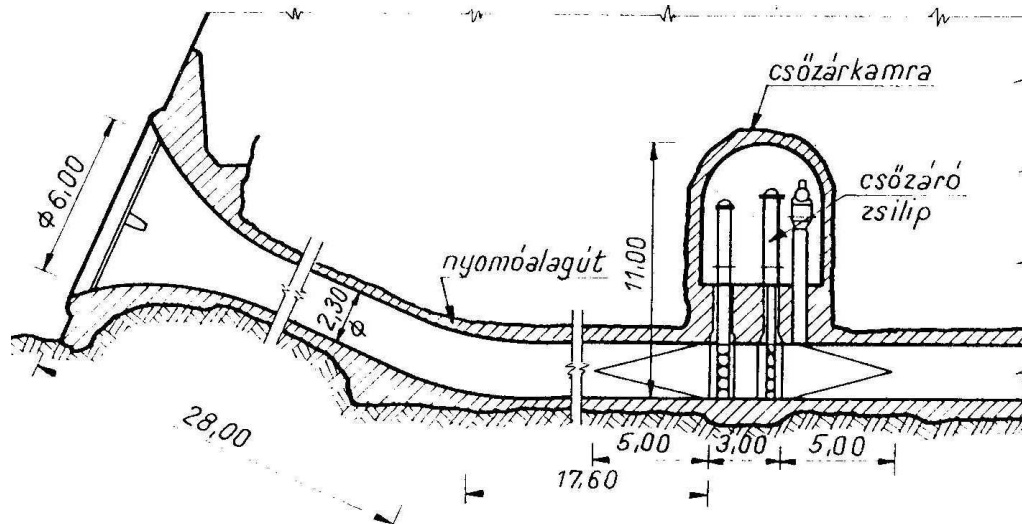
14. ábra: Nagyesésű üzemszatornás vízerőmű általános elrendezése



14. ábra: Nyomóalagutas vízerőmű

A víz kivételi mű lehet: víz kivételi torony, mely a tározó medencében épül, és aknás víz kivételi mű (2.15. ábra). Feladata, hogy a tározott vizet az alagútba vezesse.

A nyomóalagút a tározómedencétől a kiegyenlítő medencéig tart. Megkülönböztetünk kis-, közepes- és nagynyomású nyomóalagutat.



2.15. ábra: Víz kivételi mű csőzárkamrával

Kisnyomású alagútról beszélünk, ha a nyomóalagutra ható víznyomás kisebb, mint 5 m. Közepes nyomású nyomóalagútról van szó, ha a víznyomás 5 és 100 m közötti. Ilyen nyomásnál az alagutat burkolni kell. A burkolat lehet torkkrét beton burkolat vagy acélcső.

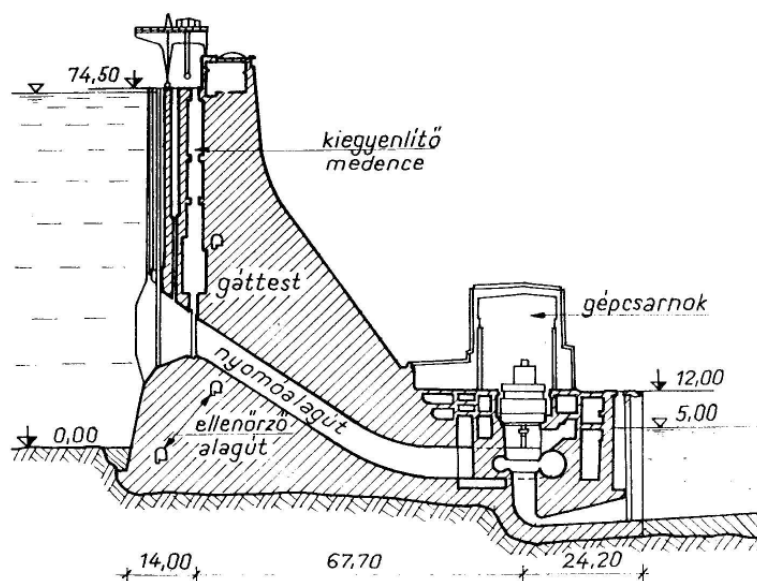
Nagynyomású alagútnál a nyomás értéke meghaladja a 100 m-t, ezért rendszerint csak acél bélésű cső burkolat felel meg a védelem céljainak. A nyomóalagút nagyrészt vízszintes, kicsiny esése csak a víztelenítés lehetősége miatt szükséges.

A kiegyenlítő medence a nyomóalagút és a meredek nyomócső találkozásánál épül. Kivitelezik hegybe vájva vagy toronyszerűen. Főbb célja:

- Mentésíteni a nyomóalagutat a túlnyomástól. A turbinák hirtelen zárásakor ugyanis a mozgó víz lefékeződése következtében túlnyomás jön létre, mely visszafelé terjed, amíg szabad felszínt nem talál, ahol a nyomás kiegyenlítődhét. Az így keletkező túlnyomás nagysága lényegesen nagyobb az alagútra ható statikus víznyomásnál. A közbeiktatott kiegyenlítő medence megszakítja a nyomáshullám útját és így tehermentesíti a túlnyomástól az alagutat.
- Csökkenteni a nyomócsőben fellépő túlnyomást. Ennek nagysága függ a turbina nyitás vagy zárás sebességétől, a cső hosszától stb. A közbeépült kiegyenlítő medence megosztja a vezeték-alagútszert, kisebb nyomás lép fel, az igénybevételek csökkennek.

A turbinaszilipek hirtelen vagy gyors zárásának következtében a nyomócsőben, illetve a nyomólagútban hirtelen túlnyomás (kosütés) következik be. Ennek hatását mérsékelni lehet kiegyenlítő medence építésével, illetve a zárási sebesség mérséklésével.

A nyomócső a kiegyenlítő medencétől vezeti a vizet a vízerőtelephez. A nyomócsövek számát régebben a gépegységek számával azonosan választották meg. Újabban egy nyomócsövet alkalmaznak. Ez kisebb anyagszükséglettel jár, de az üzembiztonság kicsi. A nyomócső a terepadottságoktól függően feködhet folytonosan a talajon, vagy zsámolyokra támaszkodhat. 100 m-ként vagy a tereptöréseknél horgonyzsámolyt, 5-15 m-ként pedig támasztózsámolyt építenek. Ez utóbbi a dilatációs mozgásokat is megengedi.



2.16. ábra: Völgyzárógátas vízerőmű

A csőzárak. Elzárás rendszerint három helyen van: a nyomólagút szájánál, a nyomócső felső és alsó végénél. Az elzárószervezet típusa: tolózár, csapózár, gömbzár, gyűrűszár.

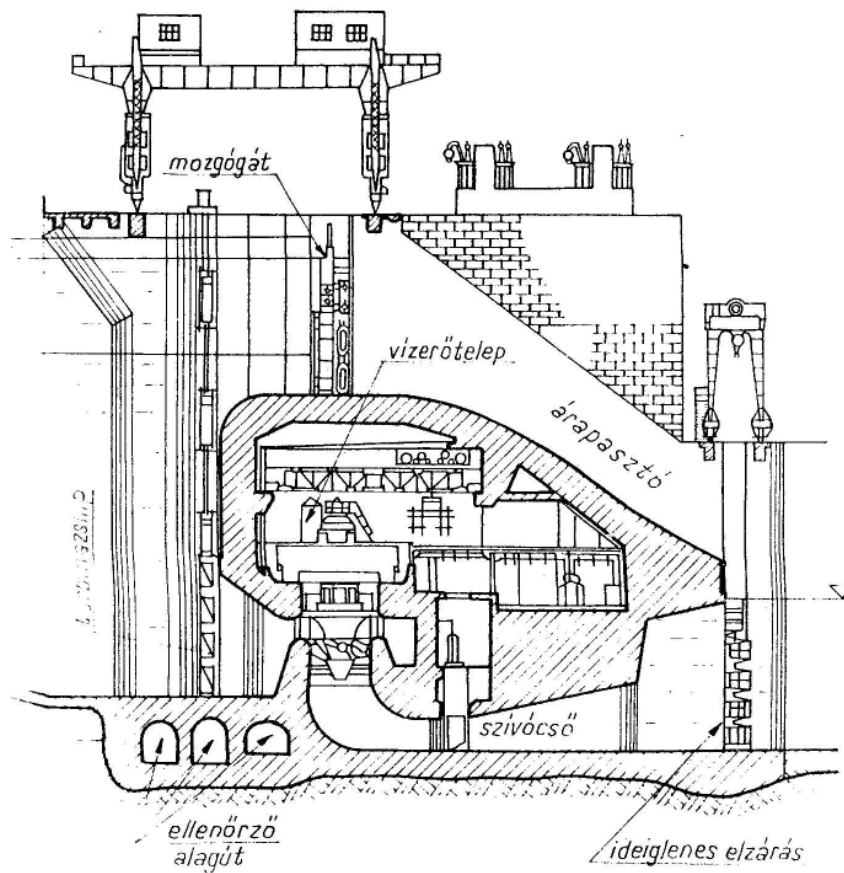
A csőzárókamra (2.16. ábra) a csőzárak elhelyezésére szolgál. Ezen kívül itt található még a megkerülő vezetékek, légszelepek, ideiglenes elzárások.

Völgyzárógátas vízerőművet építenek ott, ahol a topográfiai adottságok és a határoló kőzet anyaga megengedi, A vízfolyás útját betonból készült völgyzárógáttal zárják el, ezért a vízerőtelepet gyakran a völgyzárógáthoz, illetve annak hátfalához csatlakozva építik. A nyomólagút a gáttestben épült (2.17. ábra). Az árapasztásról külön műtárggyal gondoskodnak.

Épülnek olyan vízerőművek is, ahol az árapasztó a gáttest tetején van. A duzzasztást itt mozgógát végzi (2.17. ábra). Ez gyakran igen gazdaságos megoldást tesz lehetővé.



2.3. kép: Völgyzárógátas vízerőmű (Irán)



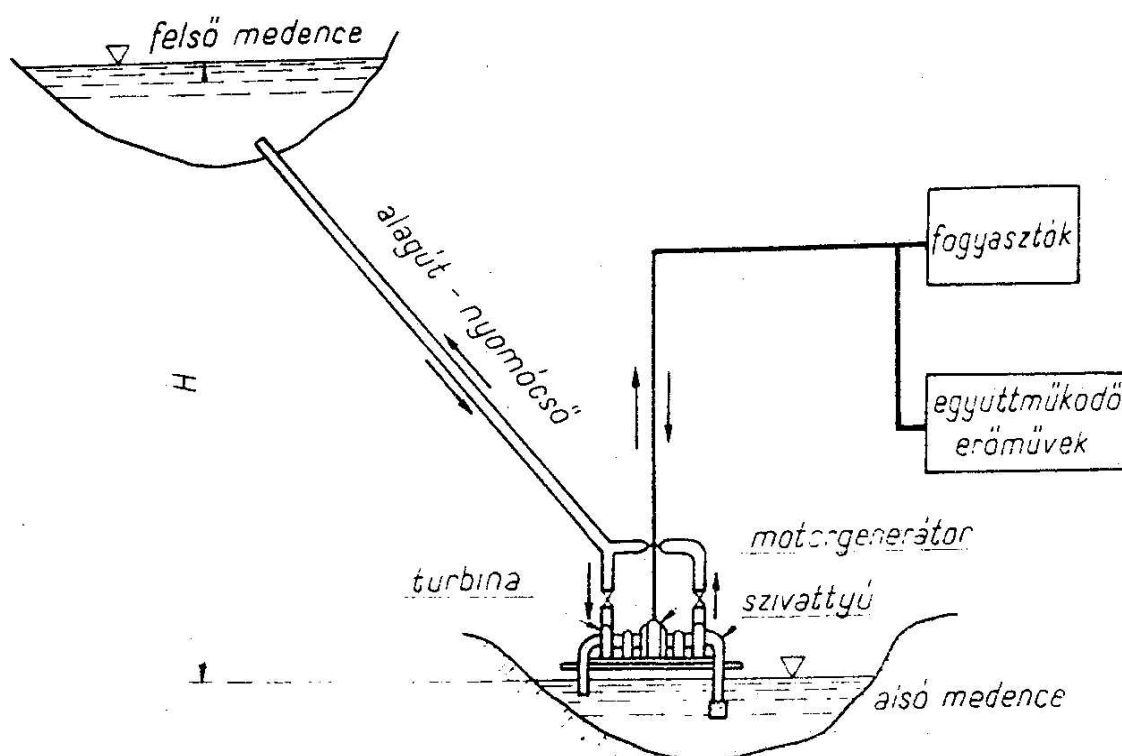
2.17. ábra: Völgyzárógátas vízerőmű árapasztóval



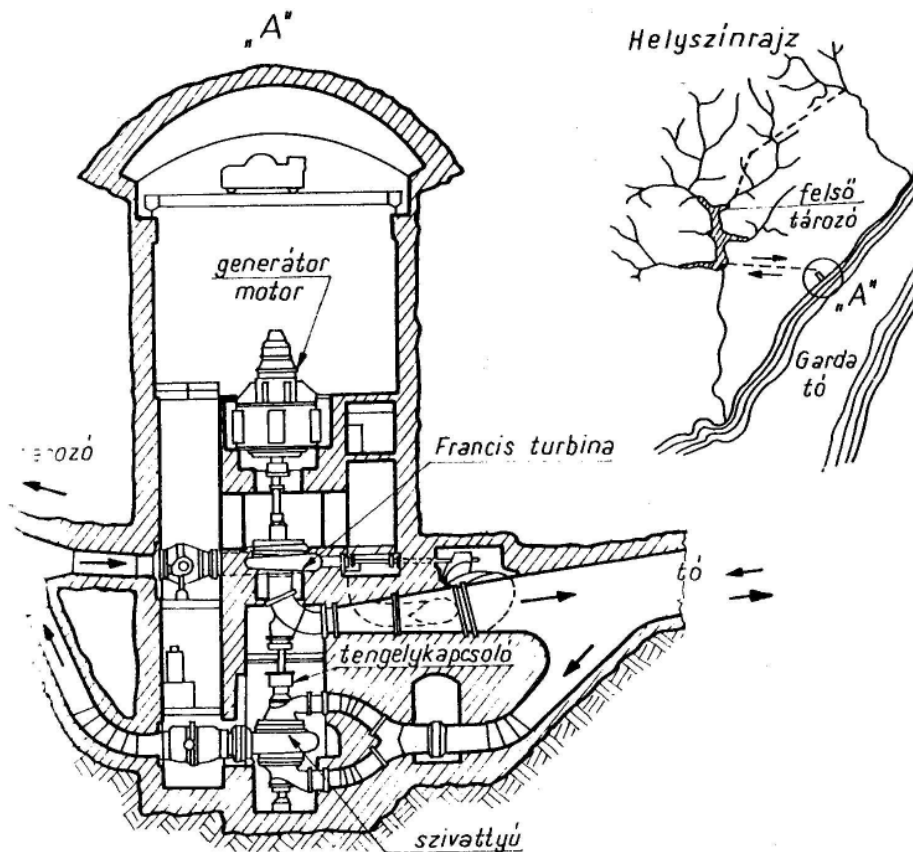
## 2.7. SZIVATTYÚS ENERGIATÁROZÓK

A szivattyús energiatározók célja az, hogy az energiatermelő erőművek kis kihasználtsága idején (pl. éjszaka) termelhető és a fogyasztók által nem igényelt energia felhasználásával vizet szivattyúzzanak egy magasan fekvő tározóba, ahonnan a csúcsfogyasztás idején a vizet visszavezetve a vízerőtelepen villamos energiát termeljenek. A csúcsigény kielégíthető hőerőművekkel is, de ennek a beruházási költsége mintegy 30-40 %-kal nagyobb. A szivattyús energiatározó előnye még, hogy rendkívül nagy az üzemkészsége. Amíg egy hőerőművet a jelzéstől számítva 40-100 min. alatt lehet teljes üzemre állítani, addig a hidraulikus energiatározó 2-10 min. alatt lép üzembe.

Természetesen a szivattyús energiatározó a vízemelés, majd a turbinán való átvezetés következtében csak mintegy  $\eta = 70-75\%$  eredő hatásfokkal működik. Ennek ellenére gazdaságos, mert a csúcsáram díja mintegy 3-5-szöröse az átlagos áramköltségnek. A két időszakban termelt az átlagos energiaigényű időszak költségének áramdíja közötti eltérés növekedő tendenciát mutat. Ezért világszerte egyre több szivattyús energiatározó épül.



2.18. ábra: Szivattyús hidraulikus energiatározó elvi vázolata



2.19. ábra: A Villa Gargano hidraulikus energiatározó

A szivattyús energiatározás alaptípusának elvi vázlatát az 2.18. ábra mutatja. Az együttműködő erőművek (víz, hő) olcsó energiájával működtetett turbina-szivattyú emeli a vizet a nyomócsövön át a tározó medencébe. Amennyiben mód van rá a tározó medencébe bevezetik a környező vízfolyások vizét is. Csúcsidőszakban ugyancsak a nyomócsövön keresztül jut a turbinákba a víz. A generátor segítségével termelt áram jut a fogyasztókhoz. Végeredményben a szivattyús energiatározó egyszer mint szivattyútelep, egyszer mint nagyeesésű vízerőtelep működik.

Garda-tó vizét hasznosító Villa Gargano szivattyús energiatározó helyszínrajzát és gépházának metszetét a 2.19. ábra mutatja. A Garda-tó vizét a szivattyú nyomja fel a felső tározóba, ahonnan ugyanazon a nyomócsövön át érkezik a turbinához, amelyiken át a tározót feltöltötték.

### 3. HEGYI, DOMBVIDÉKI ÉS SÍKVIDÉKI TÁROZÓK

A víz a legfontosabb természeti kincsek sorába emelkedett. Mind nagyobb gond, hogy a felhasználás céljainak megfelelő víz mennyiségét, minőségét tekintve kellő időben a fogyasztó rendelkezésére álljon. A hidrológiából már ismeretes, hogy sok esetben a vízkinccs elegendő, ha éves vagy több éves átlagban vizsgáljuk a szükségletet. Mégis hiány van belőle, mert a természet nem igazodik a fogyasztó igényeihez, hanem a vízfolyások a természet törvényszerűségeit követve hol nagyobb, hol kisebb vízhozamot szállítanak. Hazánk területének felén szélsőséges vízjárású vízfolyások vannak: a tavaszi árvizek tározók hiányában felhasználatlanul elfolynak, a nyári kisvizek pedig nem elegendők vízgazdálkodási célokra. Az éghajlatváltozás várható hatásai miatt a jövőben fokozottabb igény merülhet fel a vizek tározására.

A tározás célja az, hogy a természetes vízfolyás akár ingadozó, akár egyenletes vízhozamát tározó segítségével a fogyasztó igényei szerint szabályozza.

#### 3.1. A TÁROZÓK CSOPORTOSÍTÁSA, LÉTESÍTÉSE

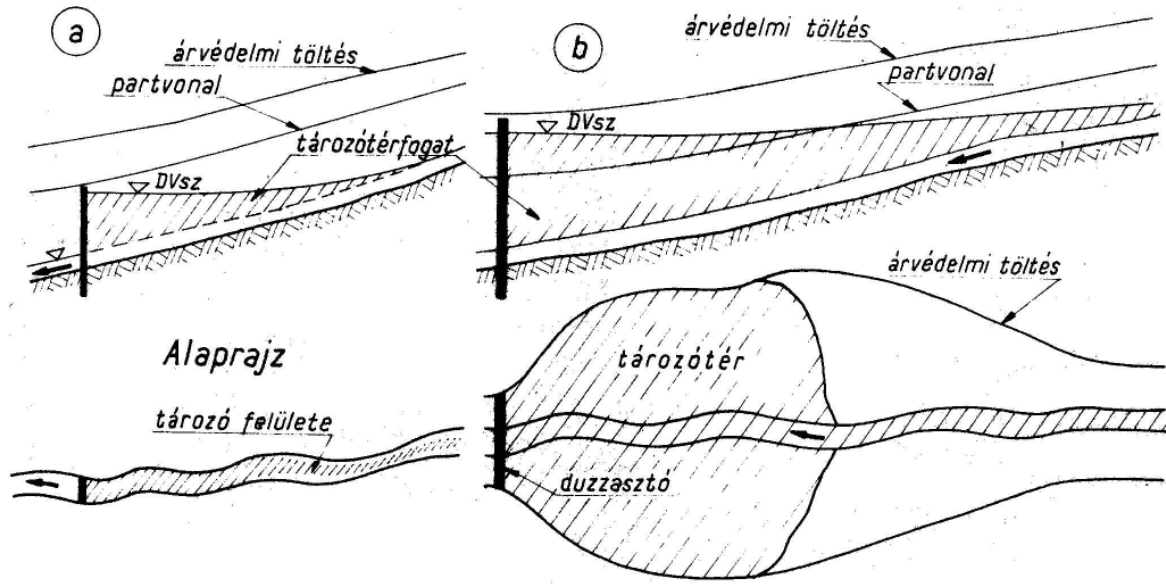
A tározókat a domborzati viszonyok, a vízhasznosítás célja és az üzemelés jellege szerint csoportosíthatjuk.

**A domborzati viszonyok** alakulásától függően megkülönböztetünk síkvidéki, hegyvidéki és dombvidéki tározókat.

**A síkvidéki tározás** esetében -különösen mély beágyazódású folyómedreknél- duzzasztóművel elzárják a vízfolyást és a vizet középvízi mederben vagy a hullámtéren tárolják. Az előbbi esetben **medertározásról**, az utóbbiban **hullámtéri tározásról** (3.1. ábra) beszélünk.

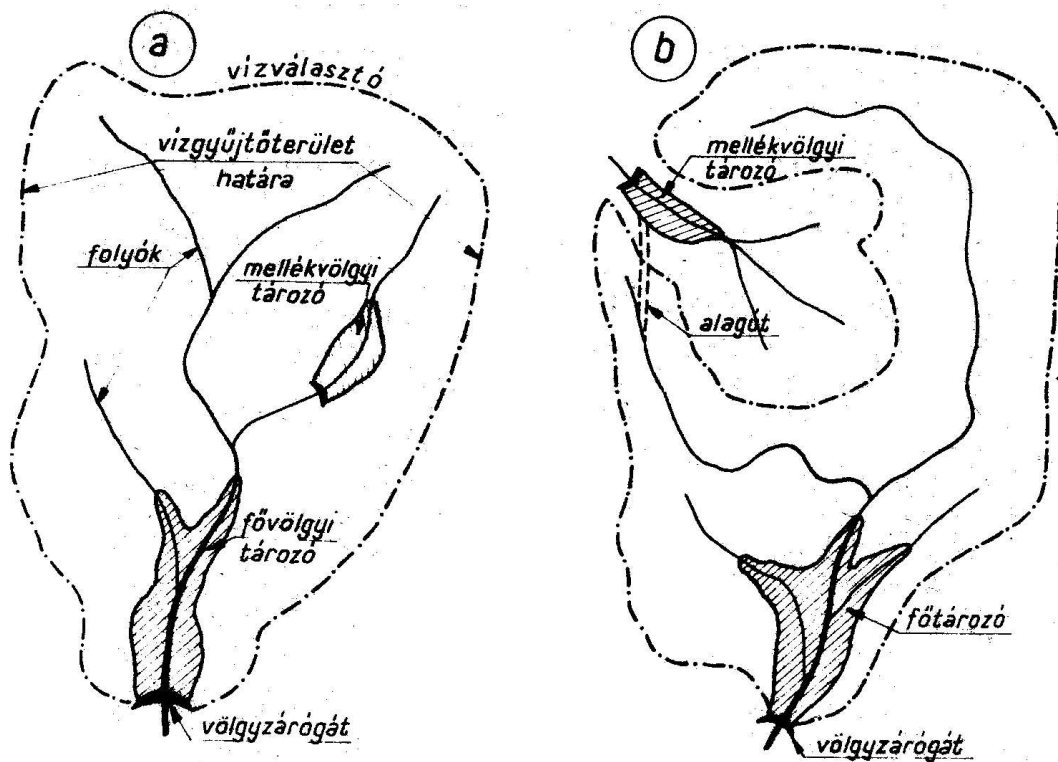
**A hegy- és dombvidéki tározókat** heves vízjárású vízfolyások kedvező helyein, pl. szűk völgyszelvényeknél építik. A hegyvidéki tározók elzáró gátjainak magassága általában nagyobb, mint a hosszuk.

Hazai viszonyaink között szélsőséges vízjárású dombvidéki vízfolyások találhatók, amelyek csak a tavaszi hóolvadást követő árvízkor, vagy heves esőzések alkalmával szállítanak nagyobb vízhozamot. A fokozott vízigény következtében egyre több **dombvidéki** tározó épül.



3.1. ábra: Síkvidéki tározó medertározója (a) és hullámtéri tározója (b)

A hegy- és dombvidéki tározón a völgyzárógáttal elzárt völgynek azt a részét értjük, melyet a tározott víz elönt. Ha a tározó a hegy-, ill. dombvidéki vízfolyás fővölgyében helyezkedik el, akkor **fővölgyi**, ha pedig mellékvölgyben, akkor **mellékvölgyi** tározónak nevezzük. (2. ábra)



3.2. ábra: Fővölgyi és mellékvölgyi tározó elhelyezkedése a vízgyűjtőben, ill. a vízfolyáson (a), mellékvölgyi tározó vizének átvezetése a szomszédos vízgyűjtő tározójába (b)

A hegy és dombvidéki tározók különböző anyagú és rendeltetésű műtárgyakkal rendelkeznek. A völgyzárógát biztosítja a tarozást, a fölös vizek elvezetéséről az árapasztó gondoskodik, a vízhasznosítást a vízkivételi- vagy üzemvízlebocsájtó műtárgy végzi stb.

A hasznosítás célja szerint lehetnek ivó- és iparvíz tározók, öntözővíz tározók, üdülés- és vízisport igényű tározók stb.

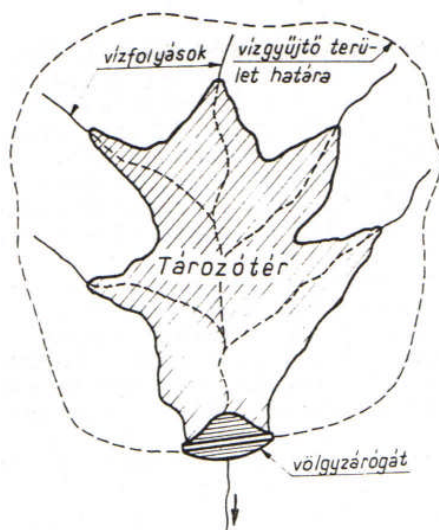
A hasznosítás módjánál törekedni kell a komplex vízhasznosításra. Ivó- és ipari célú tarozással jól megfér a sporthorgászat, az árvízi csúcsvízhozamok mérséklése.

Ipari és öntözési célú tarozásnál szóba jöhet a vízisport, a horgászat, üdülőkultúra, árvízcsökkentés stb.

Meg kell említeni az un. **vésztározókat** is, amelyek bizonyos valószínűségi árvizeknél az árvízi csúcsvízhozamnál jelentkező rövid idejű csúcsvízállás csökkentésére szolgálnak.

Az üzem jellege szerint lehetnek: napszaki, napi, évszaki, éves, többéves és teljes kiegyenlítésű tározók.

### 3.2. Völgyzárógátak

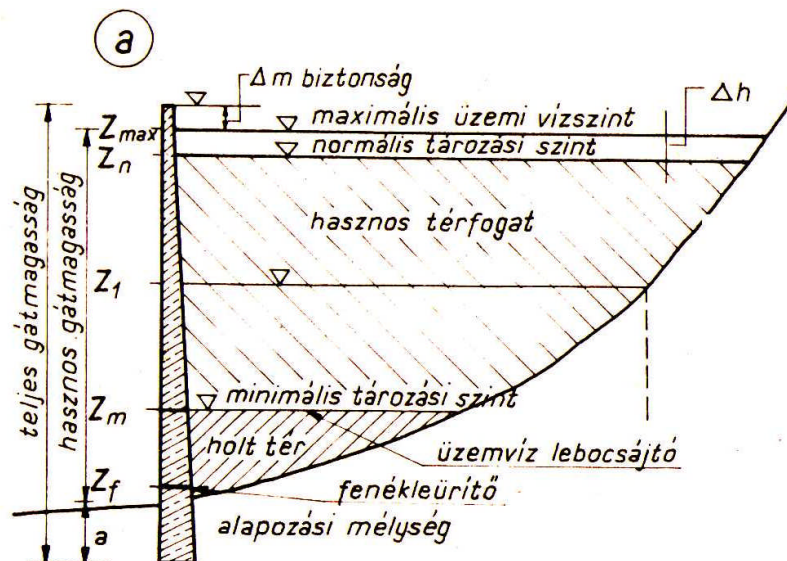


3. ábra: Völgyzárógát tározótérrel

A völgyzárógát a völgy szelvényét zárja el (3.3. ábra) és a víz szintjét az árvízi szint fölé emeli. A völgyzárógátat a völgy topográfiai alkalmas helyén, rendszerint völgyszűkületekben létesítik. Azonban ez önmagában még nem döntő szempont, mivel a tározó helyét a gazdasági, a műszaki és a természeti adottságok együttes figyelembevételével szabják meg.

A tározótérrel kapcsolatos elnevezéseket a 4. ábrán mutatjuk be. A duzzasztási szintet a tározó kiépítettségének megfelelően hidrológiai számítások alapján határozzák meg. E felett van az árvízi túlduzzasztási szint, ami akkor alakul ki, amikor a telt tározóra meghatározott valószínűségű árvíz ráfut. Erre a valószínűségi vízhozamra építik ki az árvízlebocsájtó műtárgyakat.

A tározóra természetesen ettől nagyobb rendkívüli árvíz vagy a méretezés szempontjából mértékadónál nagyobb árvíz is ráfuthat. A völgyzárógátat ezért úgy méretezik, hogy a tározó koronaszintjét elérő víznyomást is biztonságosan tudja megtartani.



3.4. ábra: Tározótérrel kapcsolatos elnevezések

Az árvízi túlduzzasztási szint fölött  $\Delta m$  magasságban épül a gátkorona. A  $\Delta m$  értéke a hullámszás és az árvízi biztonság mértékétől függ.

A tározási szint és a rendes szint közötti rész a hasznos térfogat. Az üzemvízlebocsájtó és a fenékleürítő között helyezkedik el a holt tér. A fenékleürítő alatti tér általában már nem üríthető le.

A gátak anyaga és szerkezete sokféle lehet. Kiválasztáskor a következő főbb szempontokat szükséges mérlegelni:

- a tározás célja, rendeltetése,
- a gát magassága,
- alapozási viszonyok, geológiai adottságok,
- az altalaj és a völgyoldal vízáteresztő képessége,
- szeizmikus hatások, hegymozgások,
- az esetleges gátszakadással veszélyeztetett terület élet- és vagyonbiztonsága,
- az ellátandó fogyasztó közelsége,
- a tározótérben levő objektumok, hasznosított területek,
- gazdaságos építés lehetősége.

### 3.2.1. Beton súlygátak

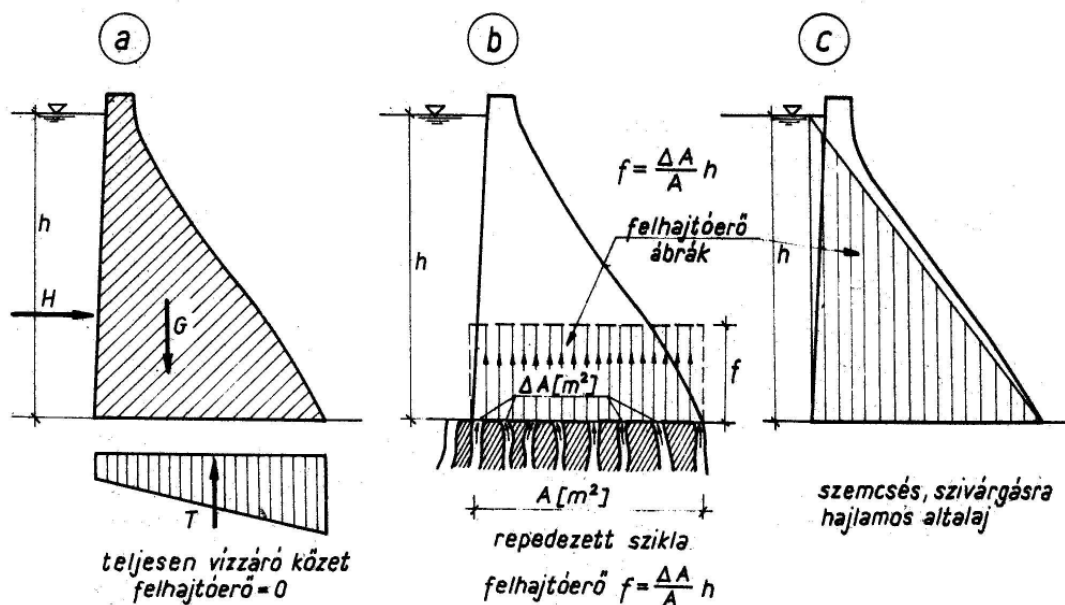
A beton súlygátak saját súlyukkal állnak ellen a rájuk háruló víznyomásból származó csúszató és borító igénybevételnek. A gát keresztmetszete lényegében egy háromszög, melynek felső csúcsa a mértékadó vízszintig ér, amelyet azután még tovább növelnek bizonyos erők és hatások felvételére (pl. dinamikus terhelés, jégnyomás, szeizmikus hatások stb.).

A betongát építése jó talajviszonyokat kíván, általában csak sziklás talajra építhető. Az építés során a betonba gyakran követ szórnak, úsztatott betoneként készülnek.

A gát alapsíkját az elcsúszás elleni védelemül fogazással kötik a talajba.

A gátra -az altalajtól függően- ható erőket az 3.5. ábra szemlélteti:

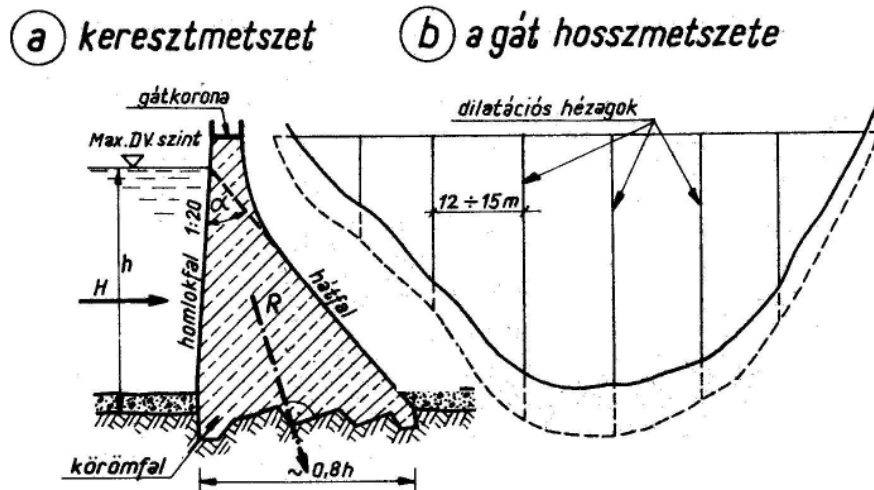
- önsúly ( $G$ )
- víznyomás ( $H$ )
- felhajtóerő ( $F$ )
- talajreakció ( $T$ )



3.5. ábra: Súlygát alatti felhajtóerő vízzáró (a), részben vízzáró (b) és homogén vízáteresztő (c) talajon

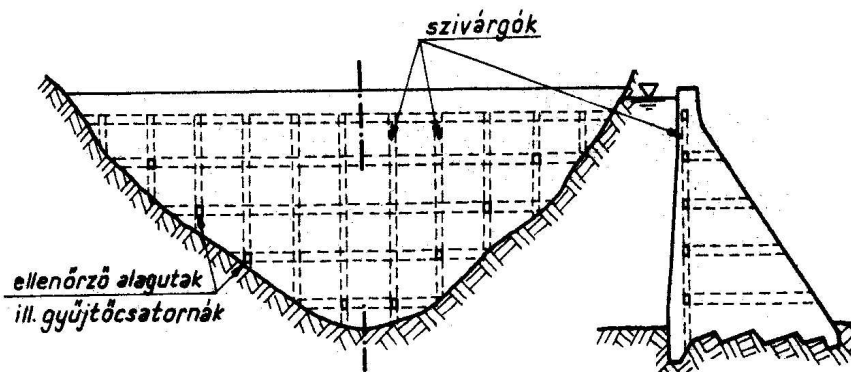
Repedezett közet esetén -különösen nagy nyomásoknál- tekintélyes nagyságú felhajtóerő keletkezhet. A repedéseket általában injektálással zárják el, mivel a felhajtóerő a gát súlyával szemben hat, azt jelentősen csökkentheti.

A súlygát minimális gátszelvényén azt a legkisebb méretű, háromszög alakú gáttestet értjük, amely a rá háruló hidraulikai terhelések esetén még éppen állékony. A minimális háromszög csúcsa a legnagyobb vízszint. A gát koronáját általában közlekedési útnak képezik ki, ezért a felső része enyhe ívbe megy át az alapháromszögbe. (3.6. ábra)



3.6. ábra: Súlygát kereszt- (a) és hosszmeteszete (b) a diletációs hézagokkal

Építéstechnológiai okokból a süllyedések és repedések elkerülésére a gátat *tömbökből*, a vízfelőli oldalát vízzáró betomból építik. A mozgások repedésmentes biztosítására diletációs hézagokat képeznek ki (3.6. b. ábra). Az átszivárgó vizet drénhálózattal gyűjtik össze (3.7. ábra).



3.7. ábra: Szivárgó rendszer a súlygátban keletkező felhajtóerő ellen

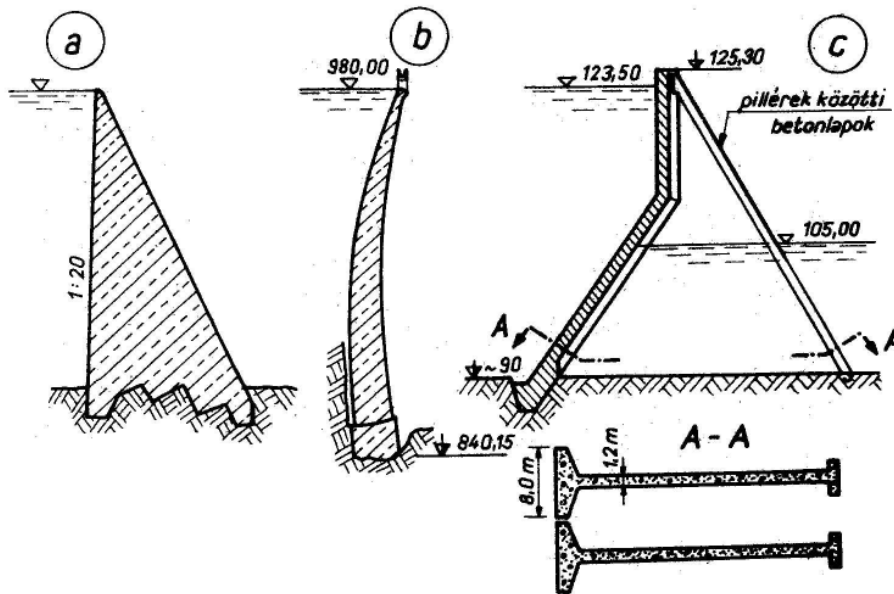
### 3.2.2. Egyéb betongátak

Az *ívelt súlygát* is betomból készül, építését bizonyos geológiai adottságú helyeken a takarékos anyagfelhasználás indokolja. Alaprajza kissé íves, alap háromszögének  $b/h$  mérete jóval kisebb, mint a súlygátaké (3.8. a. ábra).

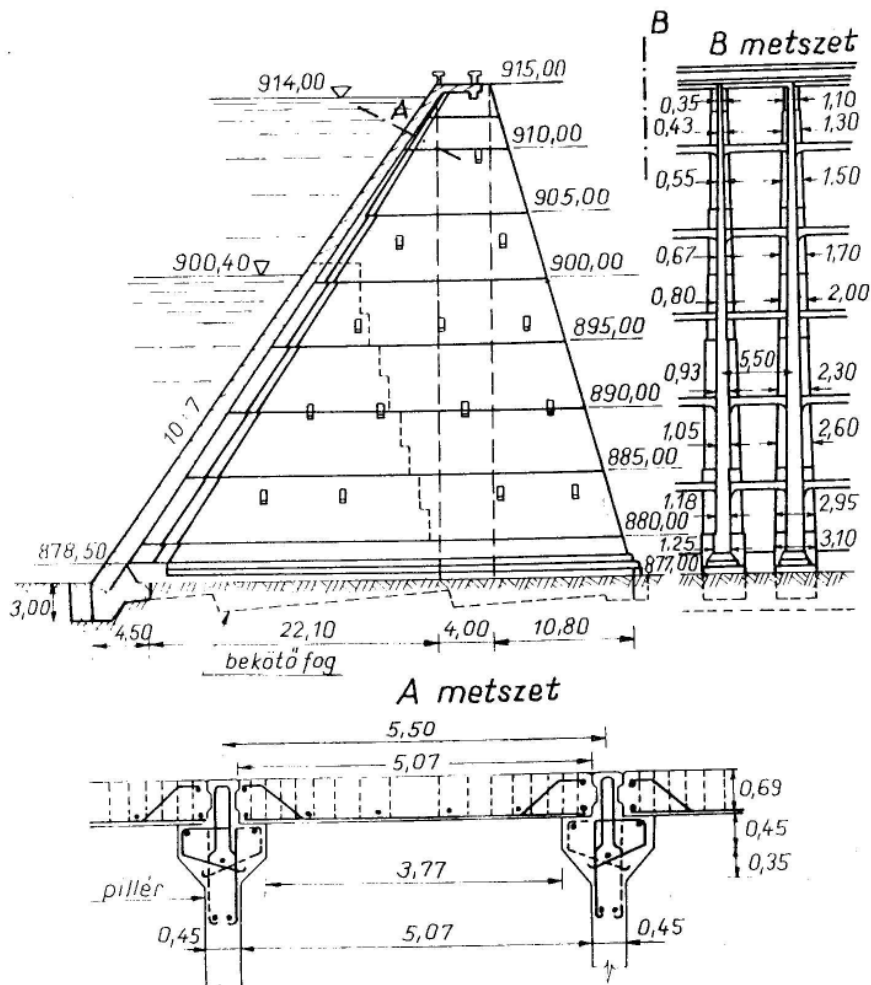
Az *íves gátak* igen karcsúak, térbeli görbe felületűek, a víznyomást a völgyoldalnak adják át, ezért csak nagyszilárdságú és vízzáró kőzet esetén alkalmazható (3.8. b. ábra).

A *pillérgátak* egymás mellé helyezett vb. pillérek, melyeknek fejrésze a vízzáró felület (3.8. c. ábra). A *pilléres gátak* két alapvető szerkezeti elemre bonthatók: támasztó pillérekre, valamint a víznyomást viselő elemekre (3.9. ábra). Lényegében egymás melletti és feletti pillérek sorozatából áll, melynek vízfelőli része széles vízzáró elemként van kiképezve.





3.8. ábra: Ívelt súlygát (a), íves gát (b) és pilléres gát (c)



3.9. ábra: Pilléres vasbeton gát



3.1. kép: Hoover gát

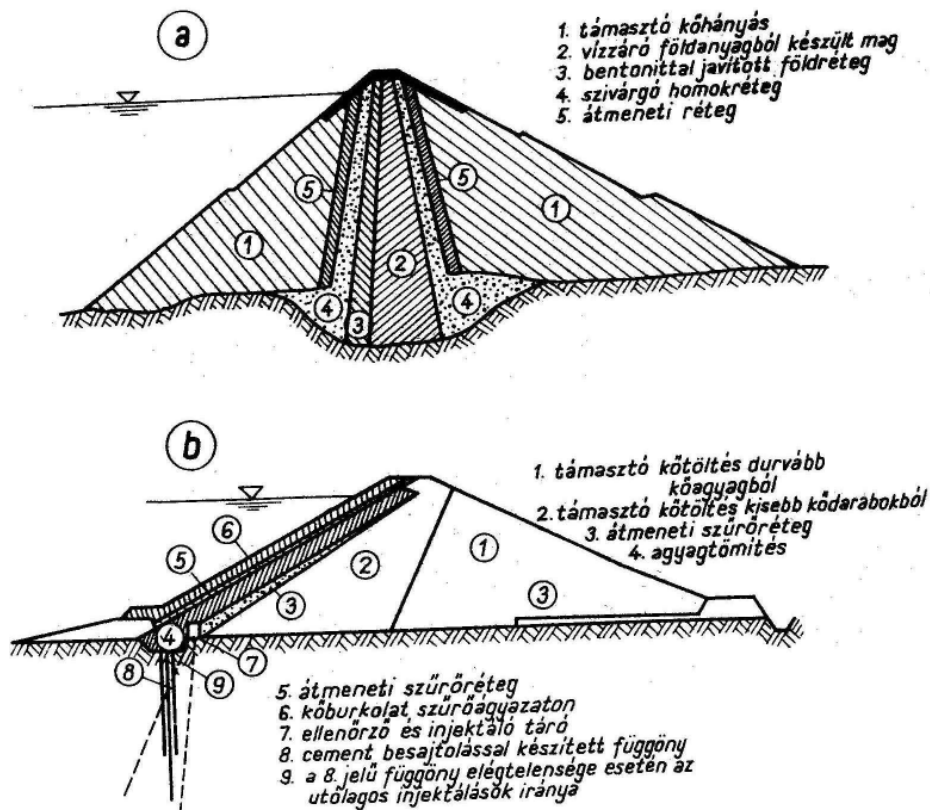


3.2. kép: Íves gát

### 3.2.3. Kőgátak

Kőből, kőtörmeléből (helyi anyagokból) is lehet gáttestet építeni, de ez önmagában nem vízzáró. A vízzárást a gáttesten, vagy a gáttestben elhelyezett vízzáró felület biztosítja. A kő gáttest rendeltetése a víznyomás felvétele és a vízzáró felület megtámasztása (3.10. ábra).

A gát vízzárását a gát belsejében a **magszigetelés** (3.10. a. ábra), a gát homloklapján a **homlokszigetelés** biztosítja (3.10. b. ábra).



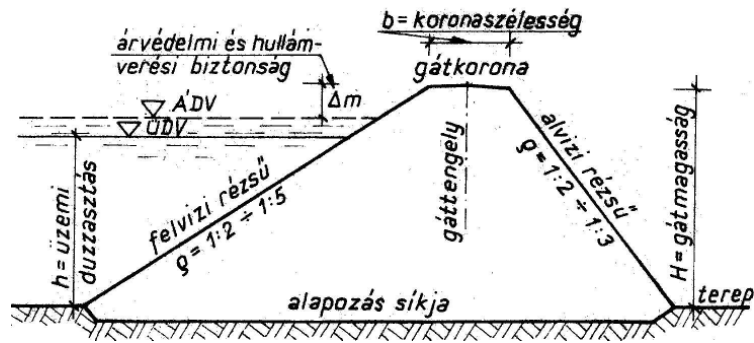
3.10. ábra: Kőgátak szerkezete: magszigetelés (a), homlok szigetelés (b)

A **magszigetelés** anyagai: vasbeton, szádpallók, aszfaltbeton és agyagtalaj. Az agyagmag mindkét oldalát fordított szűrőréteggel kell közrefogni, nehogy a víznyomás hatására a puha agyagréteg benyomódjék a kő hézagaiba.

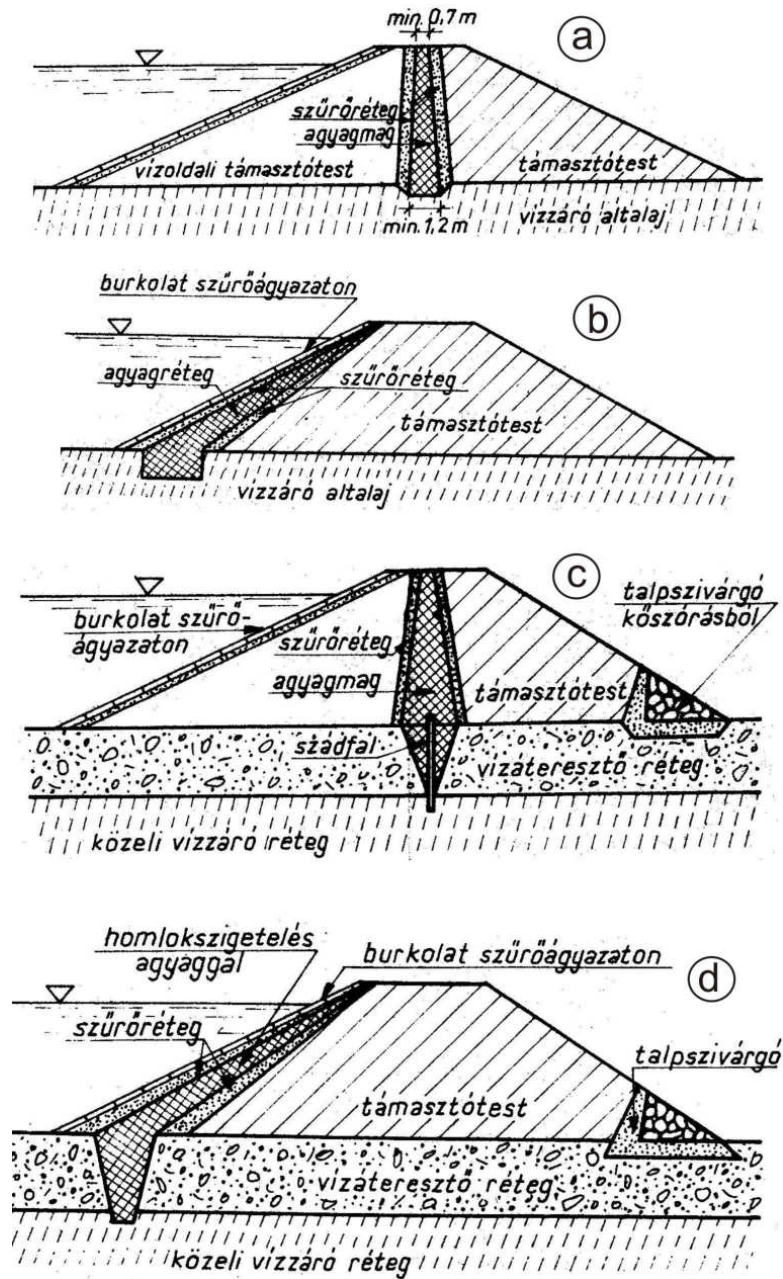
A **homlokszigetelésű** kőgát vízzárása is agyagréteg, melyet kétoldali szűrőréteg véd. A hullám elleni védelmet lapburkolat biztosítja. Itt a kőgát teljes tömege is részt vesz a víznyomás felvételében.

### 3.2.4. Földgátak

Kedvező földanyag vagy ésszerű szerkezeti kialakítás esetén legolcsóbbak a földből épített völgyzárógátak. Különösen előnyös, ha az építés helyén jó földanyag található. Amikor olyan gátépítő anyagról van szó, amely mind szilárdság, mind vízzáróság tekintetében megfelel, **homogén gát** építésére nyílik lehetőség. Amikor két vagy több anyag felhasználásával lehet az említett feltételeket teljesíteni, **szerkezeti gát** építésére kerülhet sor.



3.11. ábra: Földgátak alapfogalmai



3.12. ábra: Földgátak vízzáró altalajon megszigeteléssel (a) és homlokszigeteléssel (b) földgát vékony vízáteresztő rétegen (c) és homlokszigeteléssel (d)



A földgátak kialakítása számos tényezőtől függ. Ebben döntő a *földanyag* és az *altalaj*, ill. a gát alatt található vízzáró réteg mélysége. Bár a földanyag vízzáróbb, mint a kő, mégis általános, hogy a földgátakba is behelyezünk vízzáró és szűrő szerkezeti elemet éppúgy, mint a kőgátakba. Ezért nevezzük ezeket **szervezetes földgátaknak**. Itt is leggyakoribb a **magszigetelés** (12. a. ábra) és a **homlokszigetelés** (3.12. b. ábra).

A szerkezeti elemek célja a *szivárgó vizek* összegyűjtése és a mögöttük elhelyezkedő *támasztótest* megvédése az átázástól. A támasztótest feladata a víznyomás felvétele és a szűrőréteg megtámasztása.



3.3. kép: Völgyzárógát felvízi oldala