



EURÓPAI UNIÓ
STRUKTURÁLIS ALAPOK



V
Í
Z
É
P
Í
T
É
S

PMKGNB 250 segédlet a PTE PMMK építőmérnök hallgatói részére

„Az építés- és az építőmérnök képzés szerkezeti és tartalmi fejlesztése”

HEFOP/2004/3.3.1/0001.01

VÍZÉPÍTÉS

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
2.	2 óra előadás 2 óra gyakorlat	Vízépítésről általában Vízmosáskötés, patakszabályozás Tervezési feladat - Patakszabályozás
4.	2 óra előadás 2 óra gyakorlat	Duzzasztóművek 1. - Típusai Tervezési feladat készítése
6.	2 óra előadás 2 óra gyakorlat	Duzzasztóművek 2. - Ált. elrendezés Tervezési feladat készítése
8.	ŐSZI SZÜNET	
10.	2 óra előadás 2 óra gyakorlat	Műtárgyak és szerkezeti kapcsolatok Tervezési feladat készítése -fenéklépcső
12.	2 óra előadás 2 óra gyakorlat	Szivárgások hatása a műtárgyra Folyami duzzasztómű állékonyság vizsgálata
14.	2 óra előadás 2 óra gyakorlat	ZH. Tervezési feladat beadása, pótlások

TARTALOMJEGYZÉK:

1. Vízépítésről általában	5
1.1. <i>Vízi létesítmények építési sajátosságai</i>	5
2. vízmosáskötés, patakszabályozás, burkolatok	6
2.1. <i>Vízmosások megkötése</i>	6
2.2. <i>Patakszabályozás</i>	9
2.3. <i>Burkolatok szerkezete</i>	11
2.3.1. <i>Burkolatok csoportosítása:</i>	12
2.3.2. <i>A jó vízépítési burkolatok műszaki és egyéb követelményei:</i>	12
2.3.3. <i>A burkolatokat érő terhek és hatások</i>	13
2.3.4. <i>Terméskőburkolatok</i>	13
2.3.5. <i>Előregyártott elemekből készített burkolatok</i>	14
3. Duzzasztóművek	19
3.1. <i>Duzzasztóművekről általában</i>	19
3.2. <i>Állógátak</i>	20
3.3. <i>Mozgatható gátak</i>	23
3.3.1. <i>Síktáblás gátak</i>	23
4. Duzzasztóművek betonépítményei	32
4.1. <i>Duzzasztóművekről általános elrendezése</i>	32
4.2. <i>Alaplemez</i>	32
4.3. <i>Pillérek</i>	34
4.4. <i>Ideiglenes elzáró szerkezetek</i>	36
5. a mőtárgy és a meder kapcsolata	38
5.1. <i>Partfalak, szárnyfalak</i>	40
5.2. <i>Vízszugárterelők</i>	41
6. Duzzasztóművek 3.	43
6.1. <i>Mőtárgyak és szerkezeti kapcsolatok</i>	43
6.1.1. <i>Mőtárgyak osztóhézagai</i>	43
6.1.2. <i>Mőtárgyak kapcsolata szád- és résfalakkal</i>	46
6.1.3. <i>Beton mőtárgyak kapcsolata</i>	47
6.1.4. <i>Mőtárgy és mozgógát kapcsolata</i>	49
7. Szivárgások hatása a mőtárgyra	52
7.1. <i>Hidrodinamikai felhajtóerő</i>	52
7.1.1. <i>A hidrodinamikai felhajtóerő ellenállási tényezők módszerével történő számítása⁵³</i>	56
7.1.2. <i>Az átszivárgó vízhozam számítása</i>	56
7.1.3. <i>A hidraulikus gradiens meghatározása</i>	56

1. VÍZÉPÍTÉSRŐL ÁLTALÁBAN

Vízépítés műtárgyainak csoportosítása:

- vízszint szabályozó művek
- vízi közlekedés műtárgyai
- energia átalakítás műtárgyai
- víztározó művek
- energiacsökkentő műtárgyak
- vízkivételi műtárgyak
- keresztezési műtárgyak
- ivóvízellátás és csatornázás műtárgyai stb.

A **vízépítés** magába foglalja mindazon műszaki tevékenységek összességét, amelyek a víz felhasználásával, a fölösleges és káros vizek elvezetésével, a víz szabályozásával kapcsolatosak.

Vízépítés fogalmába tartozó műtárgyak:

- földgátak
- vízépítési betonműtárgyak (duzzasztómű, hajózsilip, vízerőtelep)
- rézsűburkolatok
- úszókotróval végzett földmunkák
- földművek védelme mérnökbiológiai módszerekkel
- alagcsövezés
- öntözőtelepek berendezése
- ásott kutak, kútfúrás, csáposkutak létesítése
- víz és csatornaépítés
- szennyvíztisztítás stb.

1.1. Vízi létesítmények építési sajátosságai

A vízépítéssel kapcsolatos munkafolyamatok alapvető sajátossága, hogy a természettel való kapcsolatuk más építőipari tevékenységhez képest sokkal nagyobb, hiszen az éghajlati-időjárási tényezőkön kívül figyelembe kell venni az élővízfolyások vízjárását, továbbá a talajvízszint elhelyezkedését és időbeni változását.

A létesítményeket hosszú élettartamúra tervezik, ami a természettel való sokoldalú kapcsolat következtében mind a szerkezet méretét, mind a fenntartás munkáját sajátossá teszi.

Sajátossága az is, hogy az építést, bővítést a műtárgy vagy a vízfolyás funkcionális működésének fenntartásával egyidőben kell végezni.

2. VÍZMOSÁSKÖTÉS, PATAKSZABÁLYOZÁS, BURKOLATOK

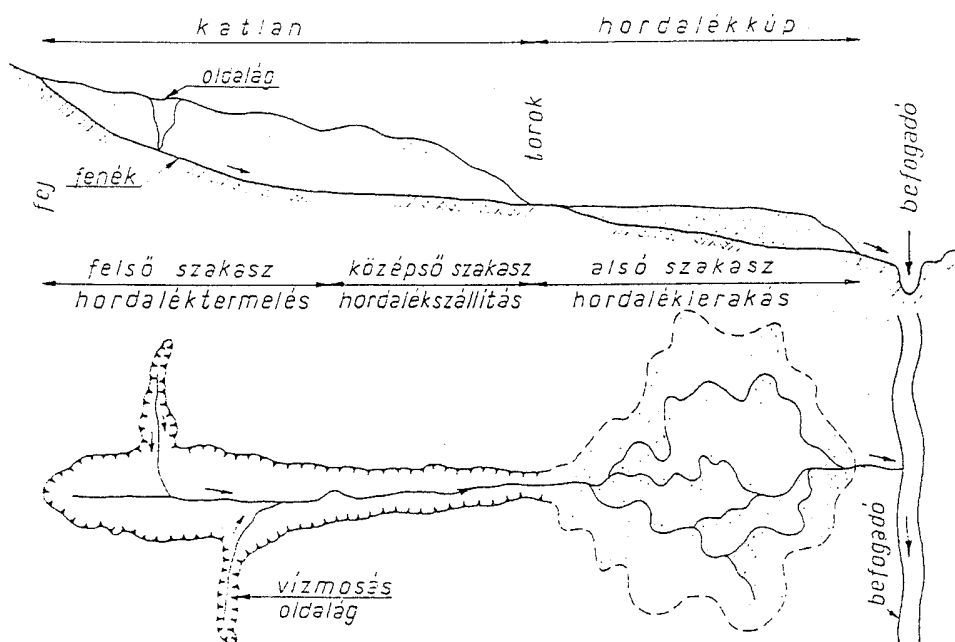
2.1. Vízmosások megkötése

Vízmosás alatt a földnek a víz által történő kimosását, *vízmosás megkötése* alatt pedig ennek a káros folyamatnak megakadályozására szolgáló műszaki vagy egyéb (erdősítés stb.) beavatkozást értjük.

Vízmosás keletkezése:

- hegy, dombvidéken, a vízfolyás forrásvidékén keletkezik;
- növényzettel borított helyen kevésbé valószínű;
- vízmosásképződés elsősorban a talajtól függ (erózióra érzékeny homokos, löszös talajok esetén);
- csapadék hatására (zápor, hóolvadás) a víz a talajszemcséket elragadja, a lejtőkön erecskék, barázdák keletkeznek, melyek folyamatosan bővülnek;

A vízmosást tehát a benne időszakosan fellépő, rövid ideig tartó nagyvíz, a földnek a víz által történő kimosódása és hordalékmozgás jellemzi. A hirtelen áradásokkal a közvetlen környéket sújtják (a lakott és termőterületeknek vízzel, hordalékkal való elárasztása, termőtalaj elsodrása, közlekedés veszélyeztetése stb.), másrészt a befogadó vízfolyásba kerülő nagy mennyiségű hordalék idővel mederelfajulást eredményez.

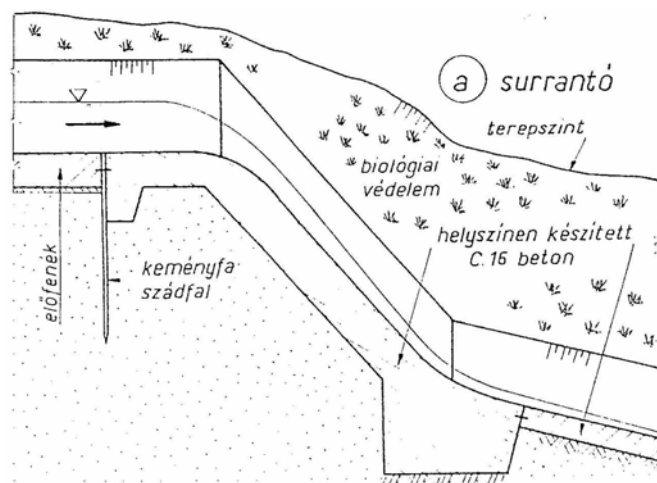


2.1. ábra: Vízmosások szakaszjellege

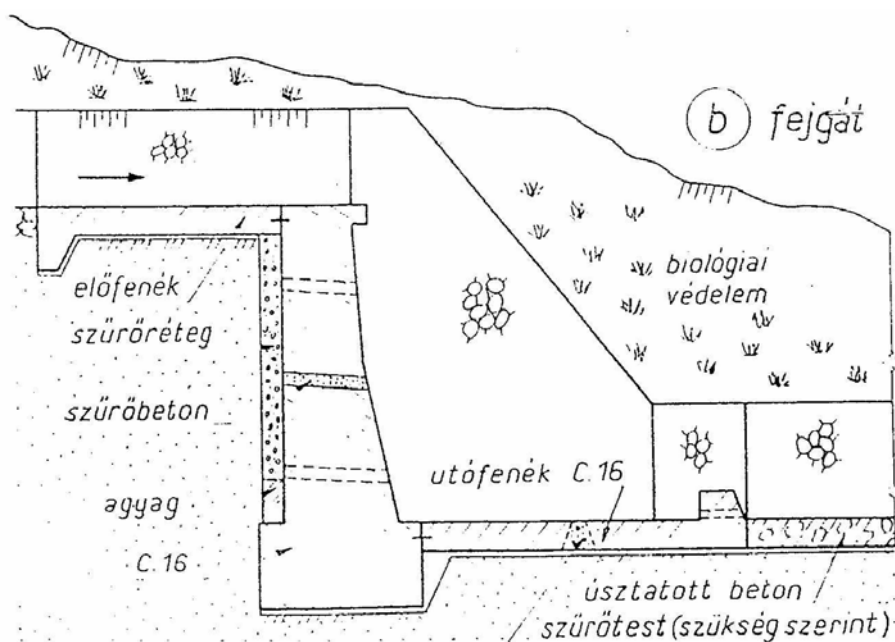
Vízmosáskötés célja: a felső szakaszon az eróziós folyamat, ill. a hordaléktermelés megszűnjön, a víz elragadó ereje és a talaj erózióval szembeni ellenállása egyensúlyba kerüljön.

Egy adott talaj *eróziós határsebességén* azt a sebességet értjük, amelynél a felületén folyó víz sebessége következtében erózió (talajelsodródás, kimélyülés) még nem alakul ki.

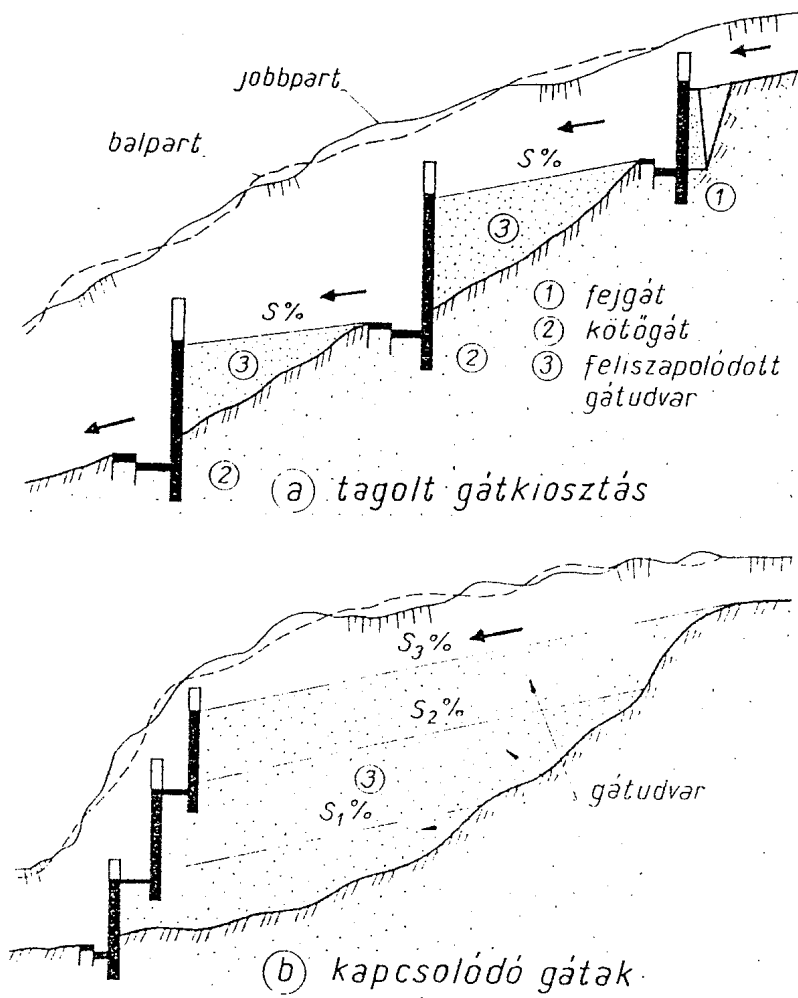
- Műszaki teendők:
1. vízfolyás sebesség mérséklése
 2. műtárgy építése



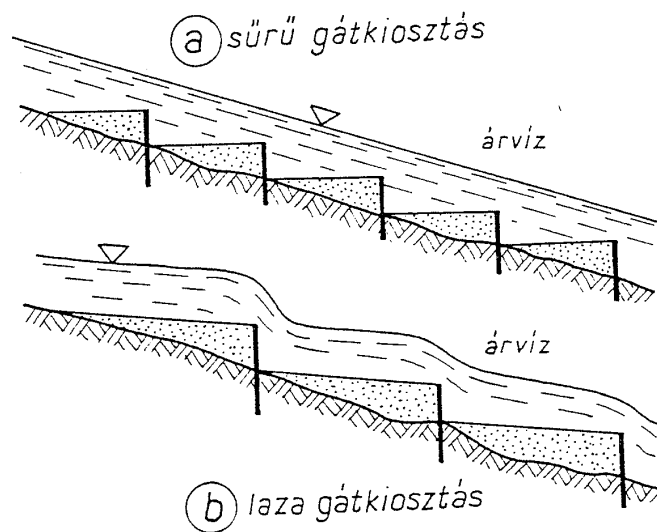
2.2. (a) ábra: Surrantós fejját



2.2. (b) ábra: Fejját

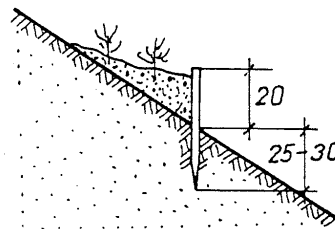
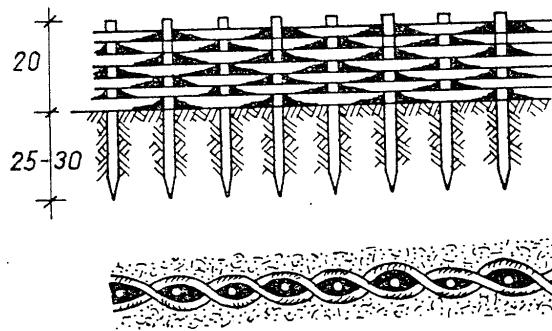


2.3. ábra: Gátak tagolt (a) és kapcsolódó (b) elrendezése



2.4. ábra: Gátkiosztás hatása az árvízlevezetésre

Vízmosások oldalsó felületeinek védelme:



2.5. ábra: Rózsefonat

2.2. Patakszabályozás

Patakszabályozás célja: a vízfolyásban bizonyos valószínűséggel előforduló árvizek kiöntés nélkül levezethetők legyenek.

Az ehhez szükséges műszaki beavatkozások, amelyek az érkező víz kártétel nélküli levezetésére irányulnak a következők:

- a meder „jó karba helyezése” (növényzettől és egyéb lefolyást akadályozó anyagoktól való megtisztítás)
- a patak síkrajzi vonalvezetésének alakítása
- mederesés és mederszelvény helyes kiválasztása
- műtárgyak építése

A patakszabályozásnál fontos az eróziós küszöb ismerete alapján a szakaszjellegek eldöntése:

Felső szakasz: kimélyülési tendenciát mutat.

Középső szakasz: mederegyensúlyi állapot jellemzi. (sem kimélyülés, sem feliszapolódás)

Alsó szakasz: a meder feliszapolódása tapasztalható. (A kialakuló hordalékkúpon a patak akár több, különböző árvízhozamtól függő ágra szakadhat.)

Beavatkozásra elsősorban a felső- és alsószakasz jellegű szakaszokon van szükség. A felső szakasz rendezésénél két lehetséges beavatkozási mód:

lépcsőzéssel csökkenthető a víz sebessége; *burkolat építésével* nagyobb megengedhető sebességet érhetünk el.

Alsószakasz jellegű medreknél egységes vonalvezetésű mederalakzat, és olyan mederszelvény kialakítása a cél, amelynél *egyensúlyi helyzet* áll elő.

A rendezést mindig alulról felfelé haladva kell végezni. A helyszínrajzi vonalvezetést ívekből és egyenes szakaszokból állóan kell megtervezni. A kanyarulati sugár 100 m-nél kisebb nem lehet, kivételes esetben az 50 m-es sugár még eltűrhető. Lehetőleg minél jobban kell követni az eredeti patak vonalát, és törekedni kell arra, hogy a síkrajzi vonalvezetés a lehető legkisebb területet vegye igénybe. A vízszintes- és magassági értelmű vonalvezetés szorosan kapcsolódik egymáshoz.

Középsébség és vízhozam meghatározása:

$$\text{Chézy: } v_k = C \cdot \sqrt{R \cdot S} \qquad Q = v_k \cdot A$$

Q - vízhozam

v_k - szelvény-középsébség

A - nedvesített terület

R - hidraulikus sugár

S - vízfelszín esése

C - sebességtényező

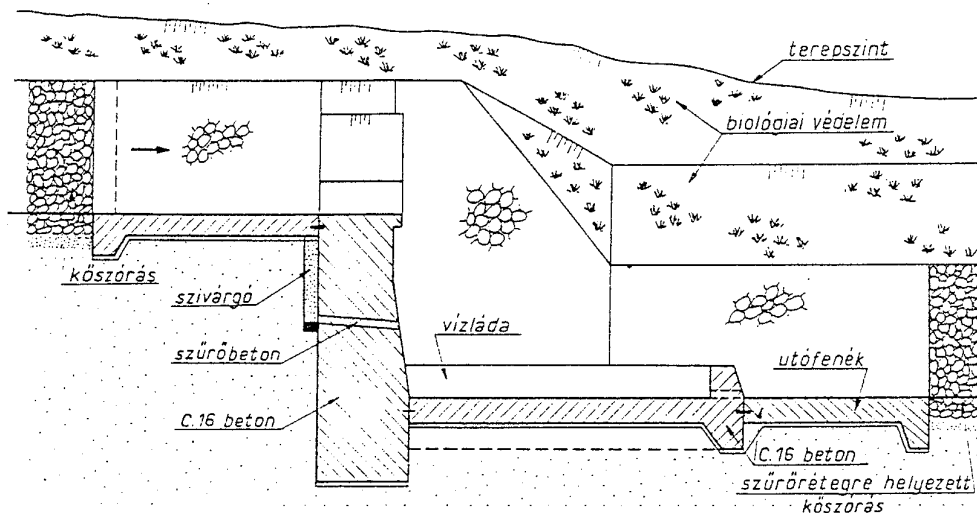
k - mederérdességi tényező

Strickler-Manning összefüggést alkalmazva:

$$v_k = k \cdot S^{1/2} \cdot R^{2/3}$$

Megengedhető középsébség értékek:

Mederállapot	Megengedhető középsébség (v_k)	
	alsó határérték (m/s)	felső határérték (m/s)
Finom homok	0,2 - 0,3	0,4 - 0,6
Durva homok	0,2 - 0,3	0,6 - 0,8
Durva kavics	0,3 - 0,4	0,8 - 1,4
Iszapos talaj	0,3	0,5 - 0,6
Agyag	0,3	1,2 - 1,8
Füvesítés	-	1,5 - 1,8
Betonlap burkolat	-	3,5 - 4,5
Szárazon rakott terméskő	-	2,5 - 3,5

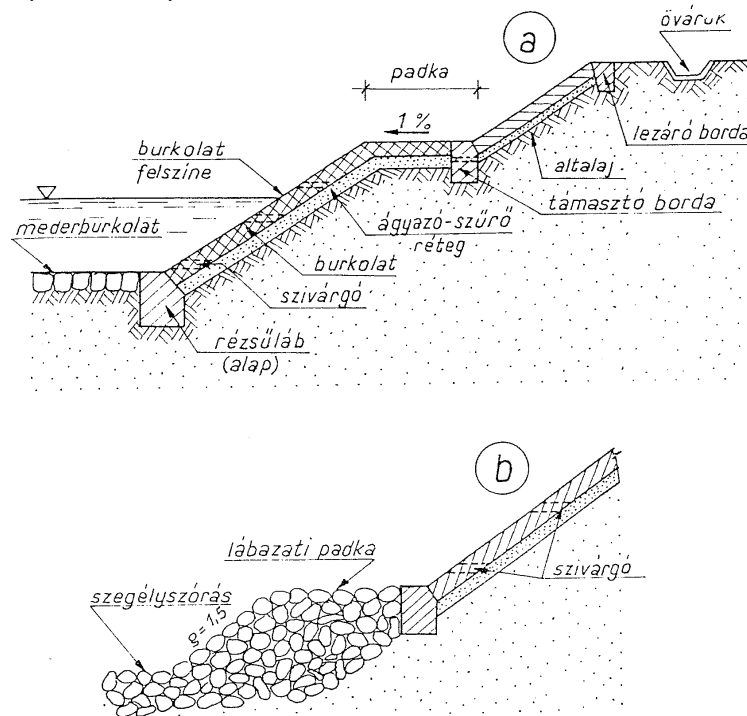


2.6. ábra: Feneklépcső

2.3. Burkolatok szerkezete

Természetes vagy mesterséges vízfolyások fenék- és rézsűfelületét burkolattal kell ellátni olyan esetben, amikor a vízfolyás sebessége meghaladja a mederalkotó anyag eróziós határsebességét, illetve a hullámozás hatására parterózió alakulhat ki. Burkolatépítés szükséges lehet olyan esetben is, amikor a vízfolyás síkrajzi alakzatát kell állandósítani, vagy a lefolyási viszonyokat kívánjuk szabályozni.

A burkolatoknak általában *nincs erőtani szerepe*, a védelemre szoruló felület állékonyságát nem biztosítja. A burkolandó felületnek önmagában kell tudni elviselni az önsúlyból, víznyomásból stb. származó terheket, hatásokat.



2.7 ábra: Burkolatok szerkezeti felépítése

2.3.1. Burkolatok csoportosítása:

anyaga szerint:

- földanyagú burkolatok
- növényi anyagú burkolatok
- természetes kőburkolatok
- téglaburkolatok
- huzalfonatos kő- és kavicsburkolatok
- beton- és műkő burkolatok
- vasbeton burkolatok
- aszfalt és bitumen burkolatok
- műanyag burkolatok
- vegyesanyagú és kombinált burkolatok

rendeltetése szerint:

- vízmosáskötő burkolatok
- kisvízfolyások burkolata
- folyami part- és mederburkolatok
- állóvízi partok burkolata
- csatornaburkolatok
 - belvízcsatornák
 - öntözőcsatornák
 - ipari- és üzemvízcsatornák
 - mesterséges víziutak
 - szennyvízcsatornák
- műtárgyakat védő nagyszilárdságú, kopásálló burkolatok

vízzáróság szerint:

- vízáteresztő burkolatok
- vízzárónak tekinthető burkolatok

idomuló képesség szerint:

- merev burkolatok
- hajlékony, jól idomuló burkolatok

2.3.2. A jó vízépítési burkolatok műszaki és egyéb követelményei:

- szilárdság, tartósság
- koptató igénybevétellel szembeni ellenállás
- fagyállóság
- térfogatállandóság
- idomuló képesség, jó megmunkálhatóság
- állékonyság
- tömörség, vízzáróképesség
- üzemi viszonyoknak megfelelő sima vagy érdes felület
- vegyi hatásokkal, növényi és állati kártevőkkel szembeni ellenállás
- gazdaságos kivitelezhetőség
- csekély fenntartási munka

2.3.3. A burkolatokat érő terhek és hatások

Csapadék: a burkolat alá jutva fellazítja az altalajt, burkolat elmozdulását okozhatja.

Víz hidrosztatikai nyomása: lehet csak vízfelőli vagy kétoldali.

Vízfolyás vízének sebessége: az elragadó erő révén megbontja a burkolat anyagát, hordalékban gazdagabb vizek esetén koptató igénybevételek is keletkeznek.

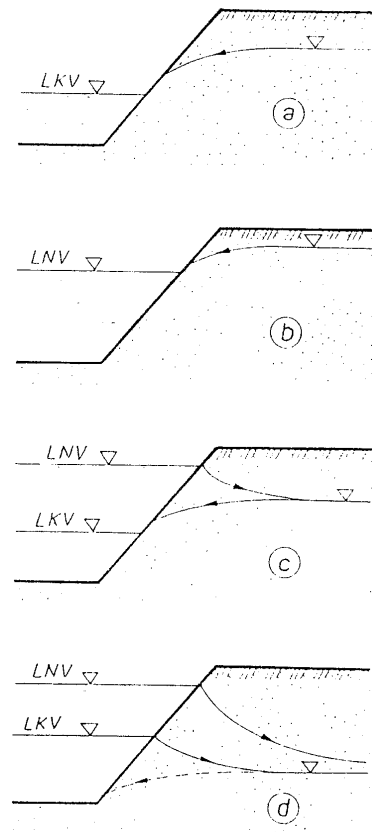
Jégeképződés: mozgó jégtábláknak a burkolathoz való ütdéséből, a táguló jég nyomásából, a hézagokban képződő jég feszítő erejéből, jégkonzol kialakulásából tevődhet össze.

Hullámverés: különösen erős szeleknél, nagy vízfelület esetén lehet jelentős teher, de a hajók által keltett hullámok is okoznak hirtelen nyomásemelkedést, majd szívó hatást.

Üzemelés: statikai és dinamikai igénybevételt, többször tetemes ütőerőt okozhat.

Burkolat alatti talaj: az altalaj egyenlőtlen süllyedése, zsugorodás, duzzadás okozhat problémát.

Kémiai hatás: olyan vízfolyások, csatornák esetében jelent problémát, ahol kémiai eredetű anyagok juthatnak a vízbe.



2.8 ábra: Nyíltvíz és talajvíz kapcsolata

2.3.4. Terméskőburkolatok

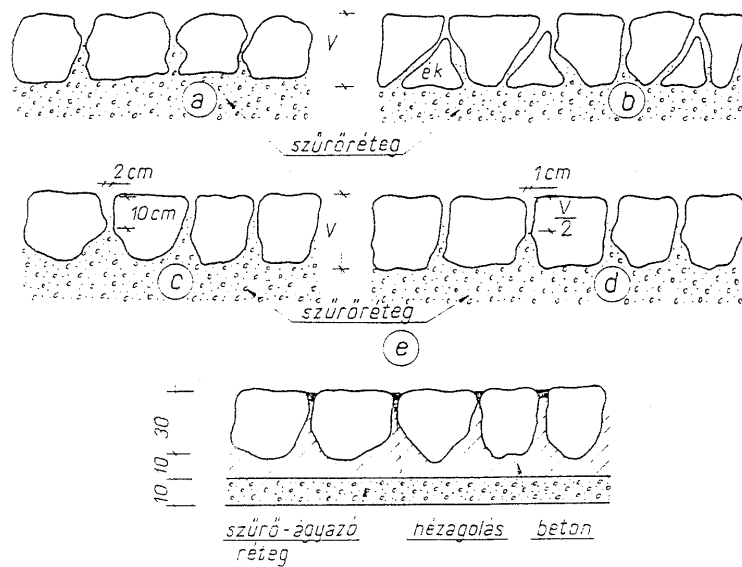
Egyszerű terméskő burkolat: (2.9 a. ábra) válogatott, fagyálló, meg nem munkált kövekből készülnek. Nem meredek ($\rho \geq 2$) földrészű esetén alkalmazzák, ha a víz eróziós hatása jelentéktelen. A hézagokat kavicsal, homokkal, esetleg zúzottkővel kell kitölteni. A burkolat alá ágyazó-szűrőréteg szükséges.

Ékelt kőburkolat: (2.9 b. ábra) feklapjai felül vannak, az egymáshoz illeszkedő oldallapjait kissé meg kell munkálni. Az egyes kövek közötti üregekbe ék alakú követ helyeznek. Homloklapja ciklopszerűen, kötésben készítenek. Szűrőágyazat szükséges. A burkolat minimális vastagsága 30-40 cm. Hajlékony, tartós burkolat.

Idomított terméskőburkolat: (2.9 c. ábra) az egymáshoz illeszkedő felületeit $v/3$ magasságig, de legalább 10 cm mélységben kell megmunkálni. Igénybevételtől függően készülhet szárazon és betonba rakva, hézagolással és anélkül. Tartósabb mint az ékelt kőburkolat.

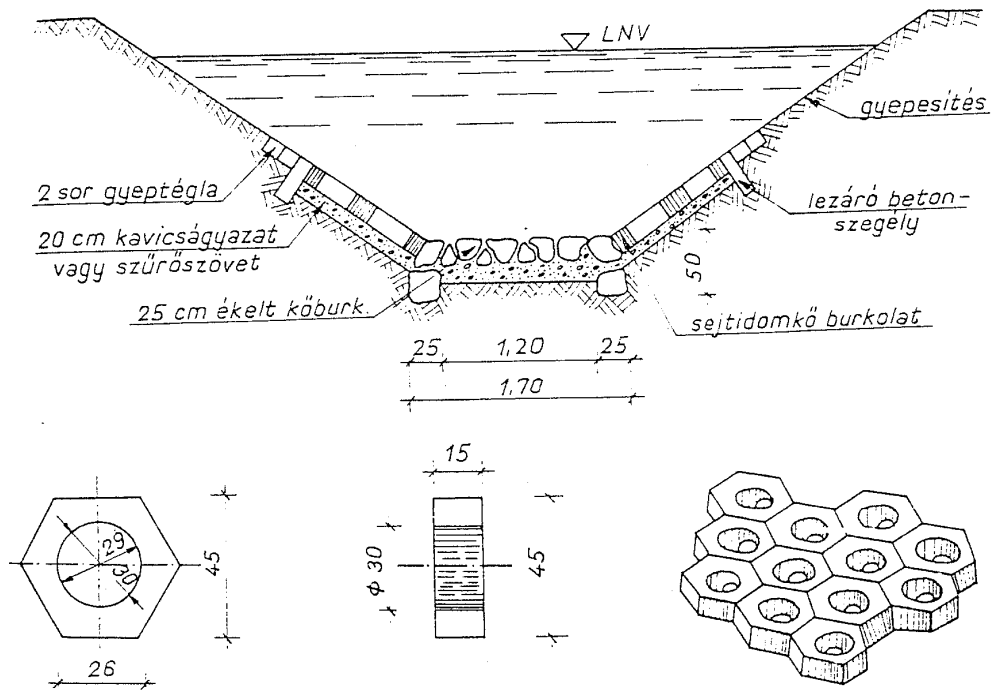
Vagdalt terméskőburkolat: (2.9 d. ábra) a legtartósabb. Illeszkedő lapjait a fenéklapra merőlegesen legalább $v/2$ mélységig meg kell munkálni, vastagsága $v \geq 30$ cm. Nagy igénybevételeket képes elviselni.

Betonba vagy habarcsba rakott terméskőburkolatok: (2.9 e. ábra) mivel a habarcs, de különösen a beton jó összetartó szerkezetű anyag, az ilyen burkolat feklappal nem rendelkező, silányabb és vegyes nagyságú kövekből is építhető. A nagy betonszükséglet miatt drága, főleg meredekebb, kisebb felületeknél alkalmazzák.



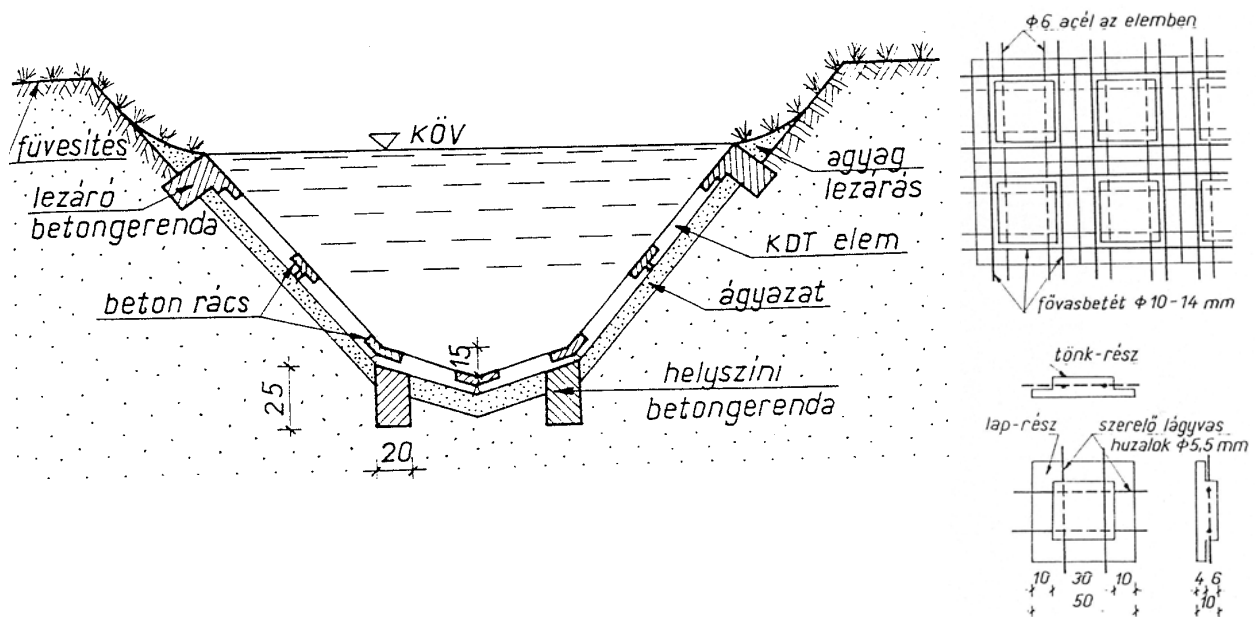
2.9 ábra: Terméskőburkolatok

2.3.5. Előregyártott elemekből készített burkolatok



2.10 ábra: Sejtidomkő burkolat

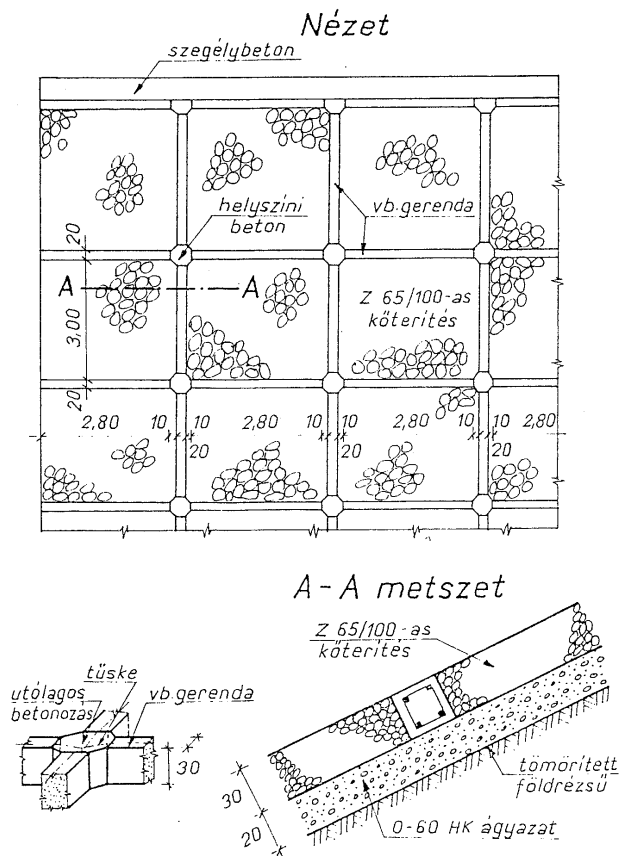
A betonnyaggal és az építési költségekkel való takarékoság céljából állították elő a takaréküreges **sejtidomkő** burkolatot (2.10. ábra). A burkolat $\rho = 1$ -nél kisebb rézsühajlásnál nem alkalmazható. A vízáteresztő takaréküregesbe szűrőbeton, nem tömörített beton, esetleg durva kavics réteget helyeznek el a mederérdesség csökkentésére, illetve a vízátzivárgás érdekében.



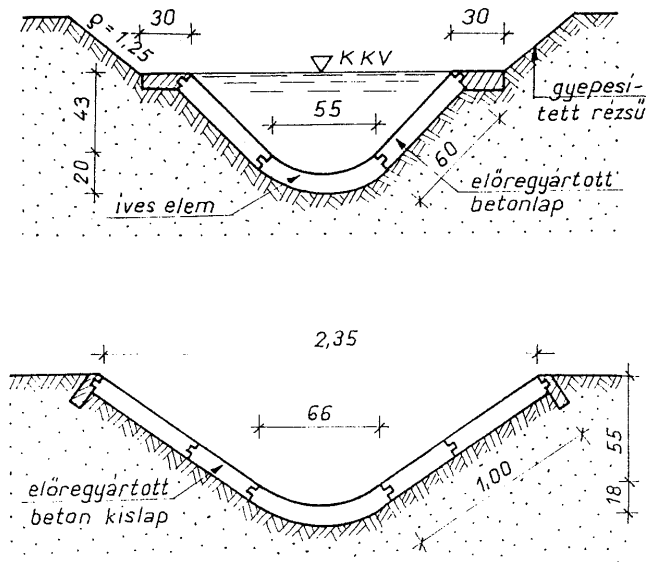
2.11 ábra: KDT elemes mederburkolat

A **KDT típusú** (2.11. ábra) burkolatok elemeinek alapterülete 50 x 50 cm, vastagsága közepén 10 cm, a szélein pedig 4 cm. Az elemek középső tönk részébe 2-2 db \varnothing 5,5 mm méretű betonacél kerül elhelyezésre, egymásra merőlegesen. Beépítéskor az egymás mellé helyezett elemek rácsszerű részét a tönk síkjáig monolit betonnal kell kitölteni. Vízzáró burkolat.

A **KMZ elemekből** (2.12. ábra) rácsmező alakítható ki, amelyet erózióknak kitett mederszakaszon geotextíliára kell fektetni. A rácsmezők közötti kazettákat forgácskövel, földanyaggal, vagy gyeptéglával célszerű kitölteni, az eróziós hatások mértékétől és az esztétikai igényektől függően.



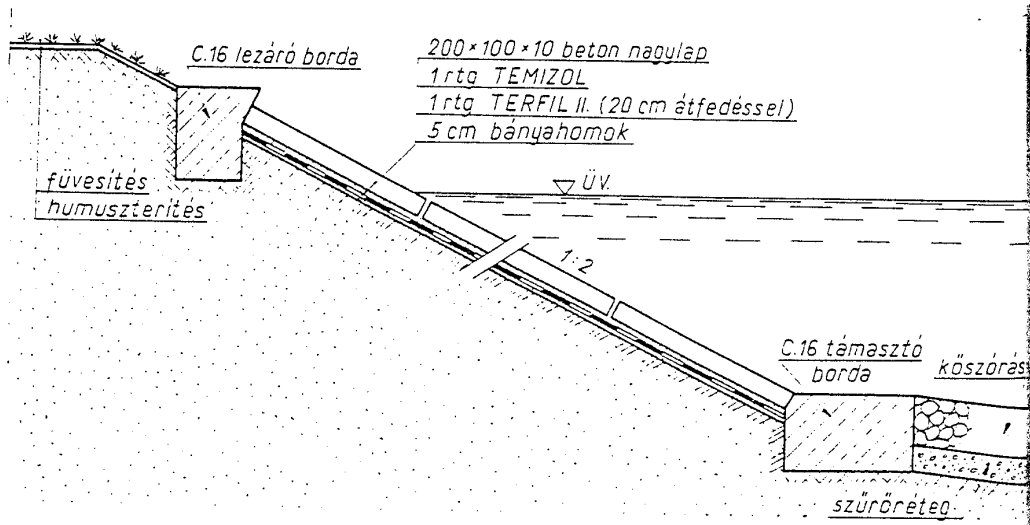
2.12 ábra: KMZ elemes partburkolat



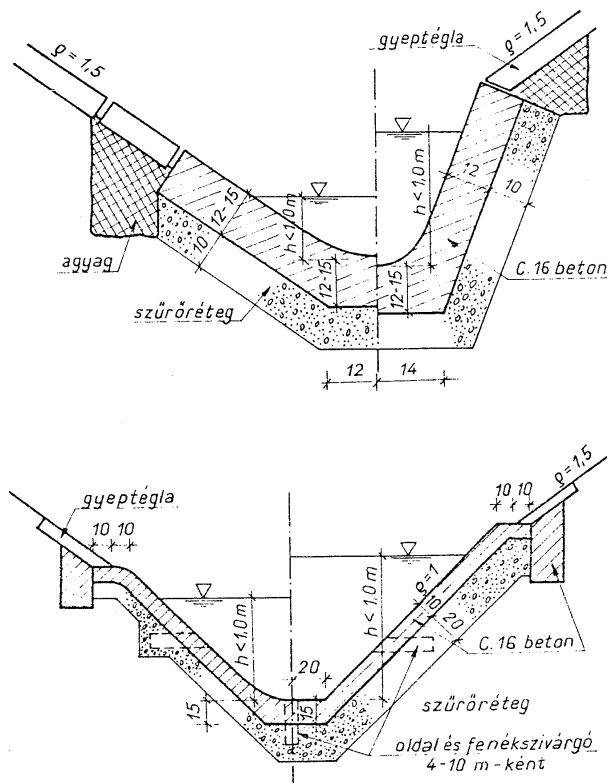
2.13 ábra: Betonlap burkolatok

A **betonlap burkolatoknak** sokféle típusa terjedt el. Kisebb vízfolyások, csatornák, folyókák burkolására kislap-burkolatelemeket (2.13. ábra) alkalmaznak. Beton nagylap-burkolatokat (2.14. ábra) 100x100x10 cm és 200x100x10 cm méreteken készítik, hagyományos vagy hálós vasalással. A

részűre fektetett burkolatelemeket alul támasztó bordával, felül lezáró szegéllyel kell készíteni.

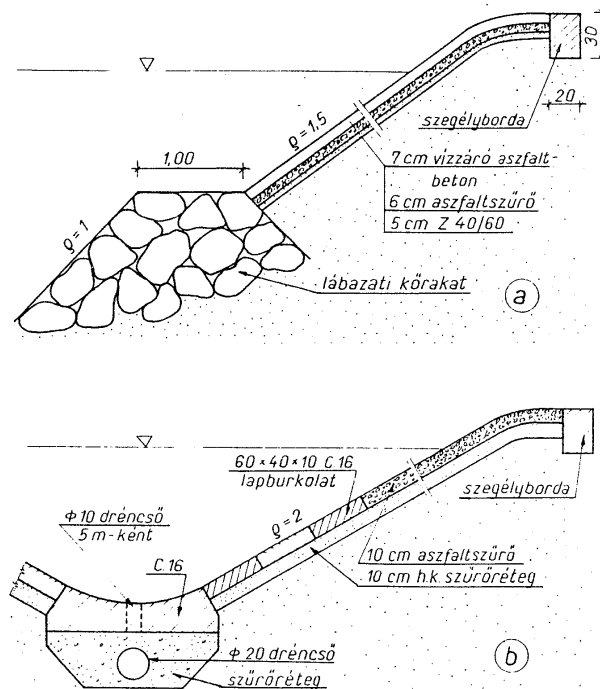


2.14 ábra: Beton nagylap burkolatok



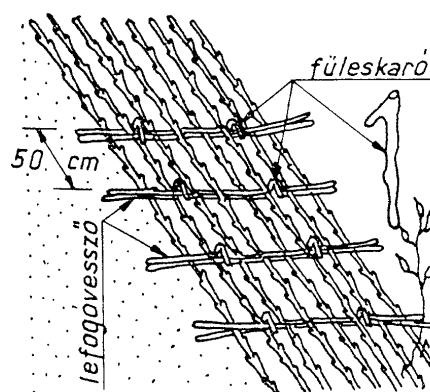
2.15 ábra: Monolit burkolatok

A **monolitbeton burkolat** (2.15. ábra) előnye hogy, kedvező szelvényalak kialakítását teszi lehetővé és a súrlódási vesztesége is kisebb mint a földanyagú vagy a kőanyagú medreké. Gondot okoz az idomuló képesség hiánya, a dilatációs hézagok képzése.



2.16 ábra: Aszfaltburkolatok: a) vízzáró; b) aszfaltszűrő burkolat

Az **aszfaltburkolatok** (2.16. ábra) vízépítési alkalmazása igen széleskörű. Alkalmazása kiterjed a csatornák, folyópartok, völgyzárógáták, tározómedencék burkolására, héj- és magszigetelésekre stb. Lehetnek vízzárók, dréncsőkivezetéssel ellátott, vagy teljes felületükön előírt mértékben vízáteresztők. Előnye, hogy hirtelen erőhatásokkal szemben rugalmas, lassú erőhatásokkal szemben plasztikusan viselkedik. Nincs szükség diatációs hézag készzésére, termelékeny építést tesz lehetővé. Idomuló képessége kiváló, hordalékos víz okozta igénybevételekkel szemben ellenálló.



2.17 ábra: Élő rőzseterítés

Biológiai burkolatoknak nevezzük azokat a burkolatokat, amelyek élő vagy holt növényi anyagokból készülnek. Típusai: gyepesítés, gyeptéglázás, élő rőzseterítés (2.17. ábra), holt rőzseterítés.

3. DUZZASZTÓMŰVEK

3.1. Duzzasztóművekről általában

A **duzzasztómű** a vízfolyás medrében, a folyásirányra általában merőlegesen épített műtárgy, amely mögött a víz felduzzad és ebben a duzzasztott térben lecsökken a folyó esése és sebessége. Mivel a lefolyás a gátszerkezettel szabályozható, kis vízhozamok idején is megnövelhetők a vízmélységek, megemelhető a vízszint. A gát fölötti felvíz- és az alatta lévő alvízszint között vízszintkülönbség, azaz **vízlépcső** jön létre.

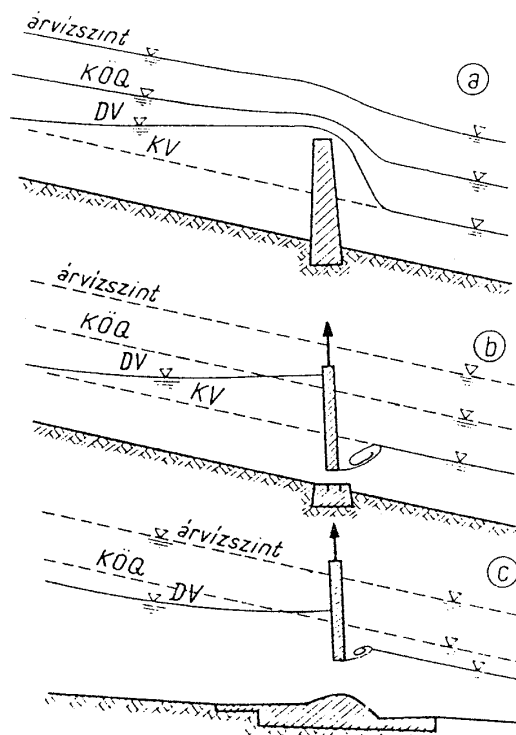
Célja: a vízfolyás vízszintjének meghatározott szinten való tartása valamely vízgazdálkodási igény kielégítése érdekében. Ilyen a hajózáshoz szükséges vízmélység, vízkivétel (ivó, ipari, öntözés) biztosítása, vízerő-hasznosítás, vízfolyás szabályozás. Egyidejűleg több vízgazdálkodási érdeket is szolgálhatna. A vízlépcsők leggyakoribb főműtárgyai: duzzasztómű, vízerőtelep, hajózsilip.

A duzzasztóművek gáttípusai:

Álló vagy fix gátak (3.1./a ábra) esetében a duzzasztott víz szintje az érkező vízhozamtól függ, lényegében szabályozhatatlan. Árvízvédelmi szempontból kedvezőtlen műszaki megoldás.

Mozgó gátak (3.1./b ábra) esetében lehetőség nyílik a gát részleges, vagy teljes eltávolításával a duzzasztási szint előre megtervezett szintű tartására, az érkező nagy- és árvizek biztonságos levezetésére.

Vegyes gátak (3.1./c ábra) az álló és a mozgó gátak kombinációja. Épülhetnek a mozgógáttól külön, vagy a mozgógát küszöbeként is.

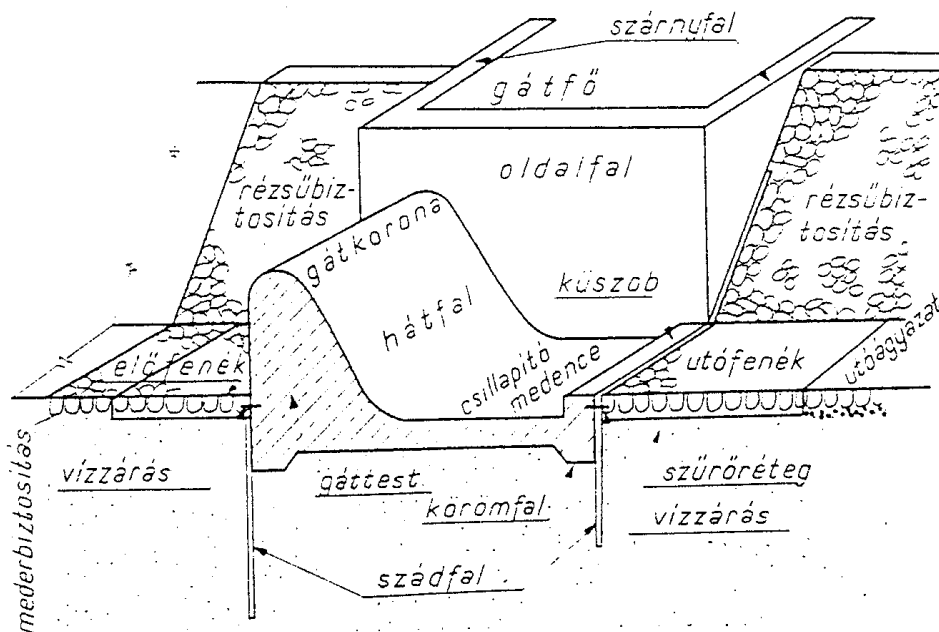


3.1. ábra: Duzzasztás álló és mozgógáttal

3.2. Állógátak

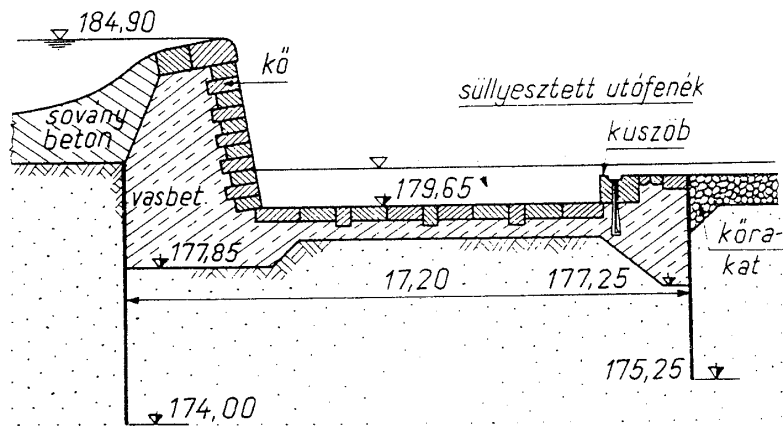
A meder anyaga és a műtárgy előfenéke közötti átmenetet az *előágyazat* (3.2. ábra) biztosítja. A bukógát közelében a víz mozgása felgyorsul, ezért a kimosások megakadályozására *előfenéket* építenek. Az állógát legfontosabb szerkezeti eleme a *gáttest*, melynek rendeltetése a duzzasztás. A gáton átbukó víz az *utófenékre* jut, ami megtöri a vízszög energiáját és a rohanó vízmozgást áramlóvá alakítja. (A *süllyesztett utófenék* a fedőhengeres vízúgrás helye.) Két oldalt a gátfő ill. ennek oldalfala fogja közre a gáttestet és az utófenéket. A gát állékonysága szempontjából a gátfő és a *szárnyfalak* szerepe igen fontos.

Szemcsés talajokban a vízszintkülönbség hatására a műtárgy körül szivárgás indul meg. A káros, eróziót okozó szivárgás ellen a kritikus szivárgási útvonalak meghosszabbításával és egyéb módszerekkel védekezünk. Az oldalirányú szivárgási út növelését szárny- és bekötőfalak építésével érhetjük el, műtárgy alatti szivárgás káros hatásaival szemben pl. *szádfalakkal* védekezhetünk.

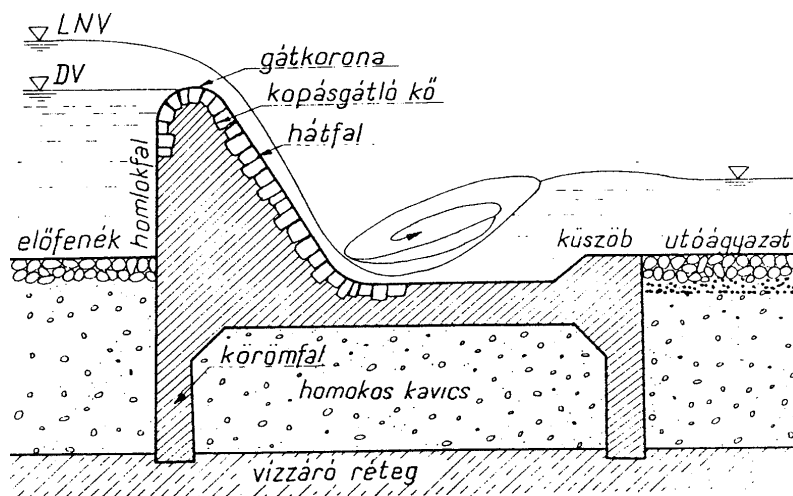


3.2. ábra: Állógát általános elrendezése

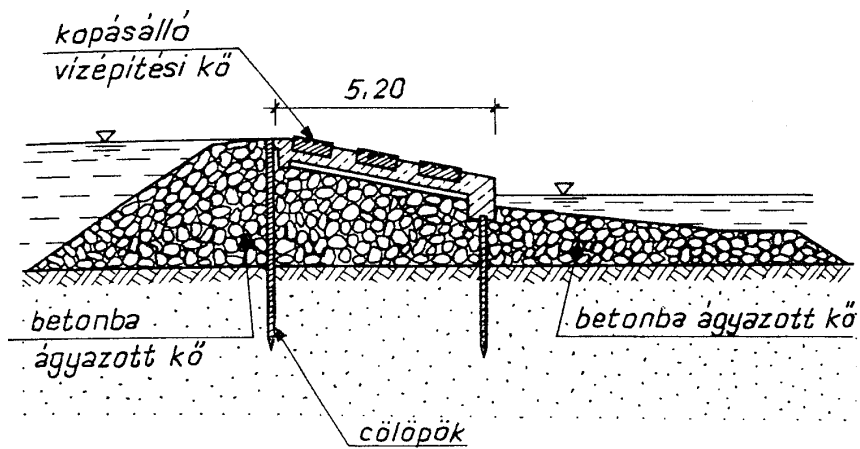




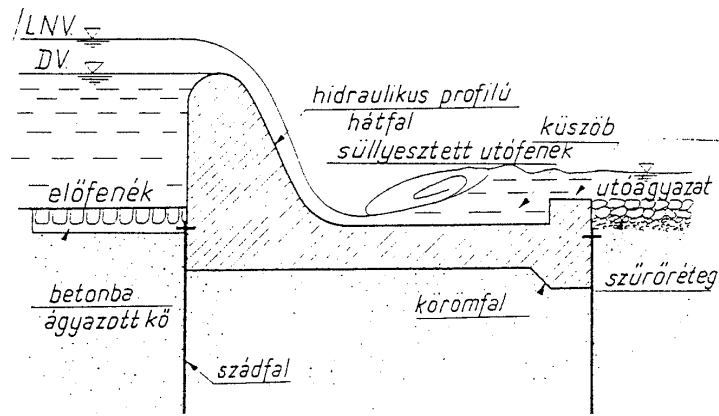
3.3. ábra: Meredek hátfalú gát



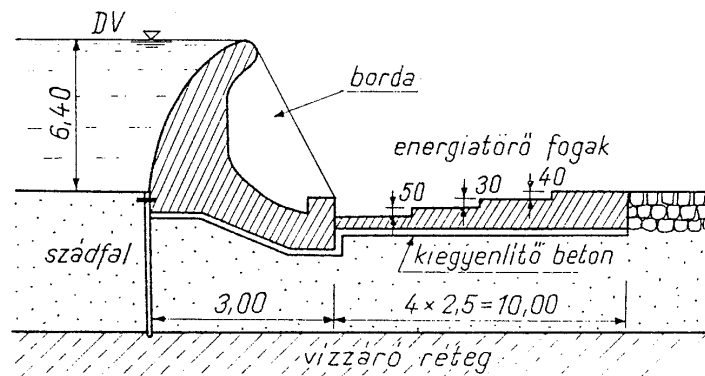
3.4. ábra: Lejtős hátfalú gát



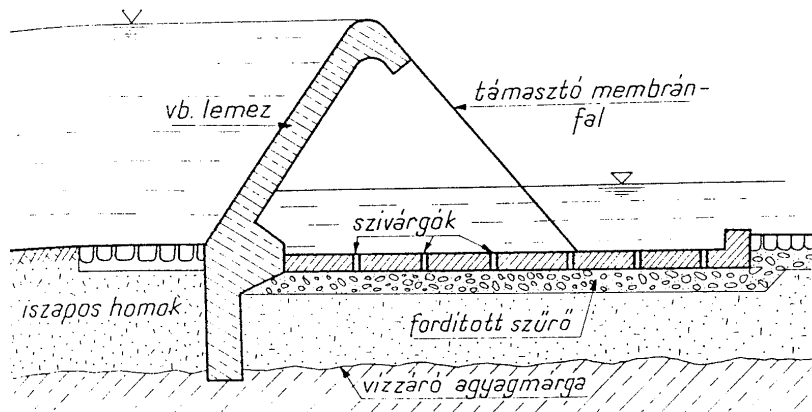
3.5. ábra: Cölöpre alapozott lejtős hátfalú gát



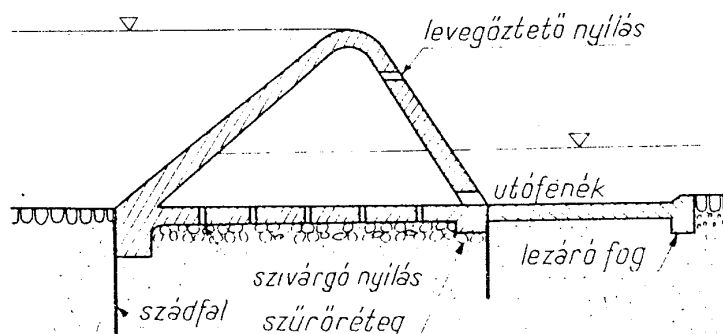
3.6. ábra: Hidraulikus profilú gát



3.7. ábra: Bordával támasztott vasbeton bukógát



3.8. ábra: Nyitott pilléres Ambursen vasbeton gát



3.9. ábra: Zárt pilléres Ambursen vasbeton gát

3.3. Mozgatható gátak

Alkalmazása:

- állandó duzzasztási szintet kell tartani (vízhozamtól függetlenül)
- a vízfolyás sok hordalékot szállít
- szükséges a jéglevonulást biztosítani
- az árvízszint fölé való duzzasztás veszélyes
- ha gazdaságosabb, mint az állógát

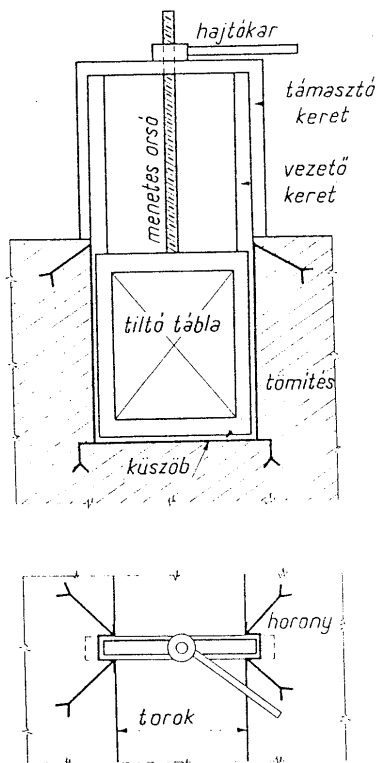
Csoportosítása nagyság szerint:

- tiltók (kisméretű zsilipek)
- zsilipek (kisebb szerkezetek)
- gátak

Szerkezetük jellege szerint:

- síktáblás gátak
- billenőlapos táblás gátak
- szegmens gátak
- hengeres gátak
- billenő elzárótáblák
- magas küszöbű gátak
- tús gátak

3.3.1. Síktáblás gátak

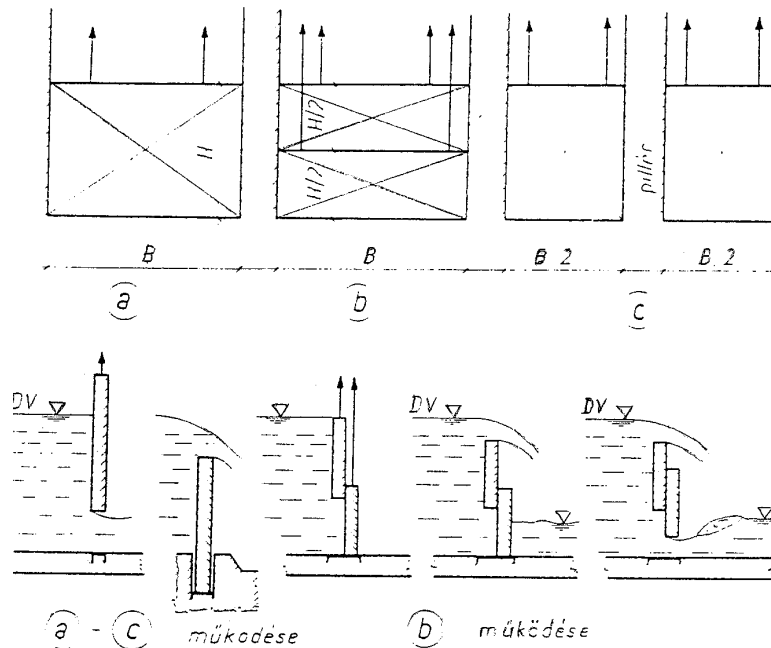


3.10. ábra: Tiltó

A legegyszerűbb síktáblás elzárások közé sorolhatók a **tiltók**. Széles körben alkalmazzák a különböző rendeltetésű öntöző, lecsapoló és belvízcsatornák vízszintszabályozására. Egyszerű kialakítású jól tipizálható berendezés.



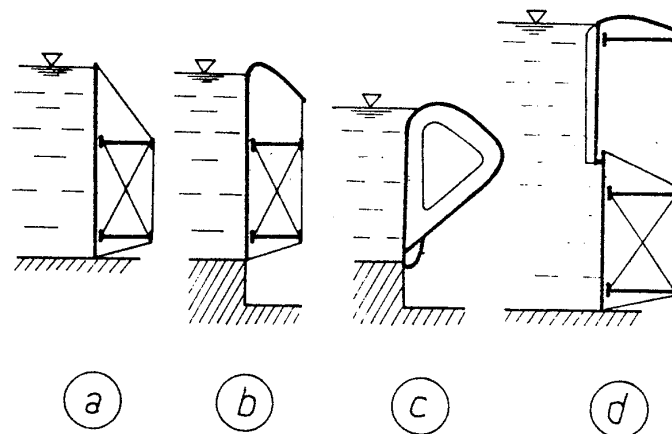
A nagyméretű elzárószerkezetekre ható víznyomás jelentős mértékben növeli a gáttábla mozgatásához szükséges erőt, emellett nagy méretek szükségesek, melyek a mozgatható gáthoz kapcsolódó építmények méreteit előnytelenül megnövelik. Kedvező üzemi feltételekre, a gazdaságos szerkezetre való törekvés a gáttábla vízszintes vagy függőleges értelmű megosztását igényli. (3.11. ábra)



3.11. ábra: Mozgógát (a) vízszintes-, (b) függőleges (c) megosztása és működési vázlata

Síktáblás gátak típusai:

- nem süllyeszthető síktáblás (a)
- süllyeszthető síktáblás (b,c)
- kettős kampós gáttábla (d)



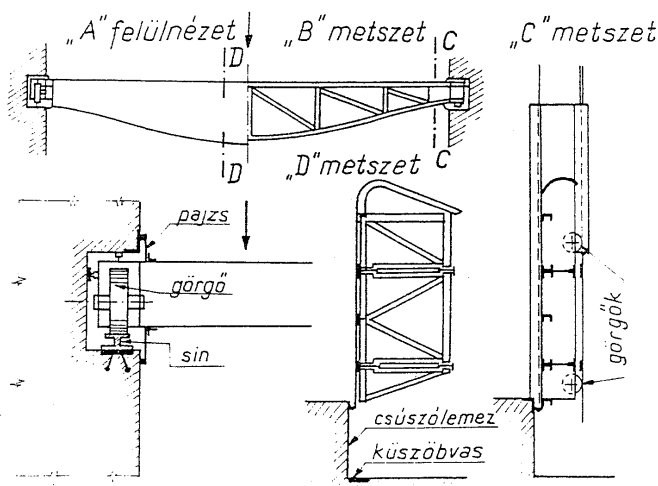
3.12. ábra: Táblás gátak főbb típusai

Nem süllyeszthető síktábla (3.12./a. ábra) két főtartóval, acélból készül. A gáttábla fölött a víz nem bukhat át, csak nyomás alatti kifolyás lehetséges. A tábla két főtartója révén adja át a nyomást a pillérekre.

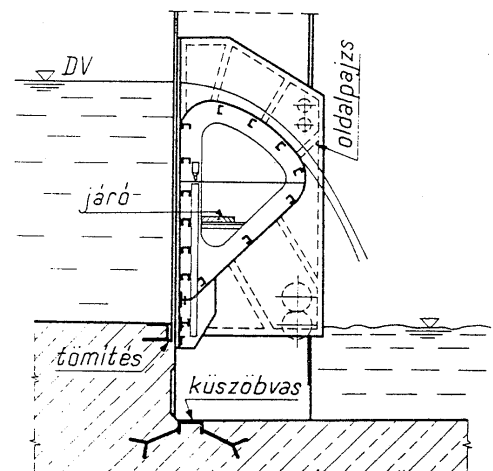
Süllyeszthető síktábla (3.12./b. ábra) A víz átbukással és nyomás alatti átfolyással juthat át a gáton. Előnye, hogy a gáton először buktatással, majd az alvízoldali vízmélység növekedésekor nyomás alatti átfolyással engedhető le az érkező víz.

Süllyeszthető egyrészes szekrénytartós tábla (3.12./c. ábra) előnye a gazdaságos szerkezeti kialakítás, továbbá a korrózió elleni védelem, ill. a fenntartási munkák jelentős része a járhatóan kialakított tartószerkezet segítségével üzem közben is elvégezhető.

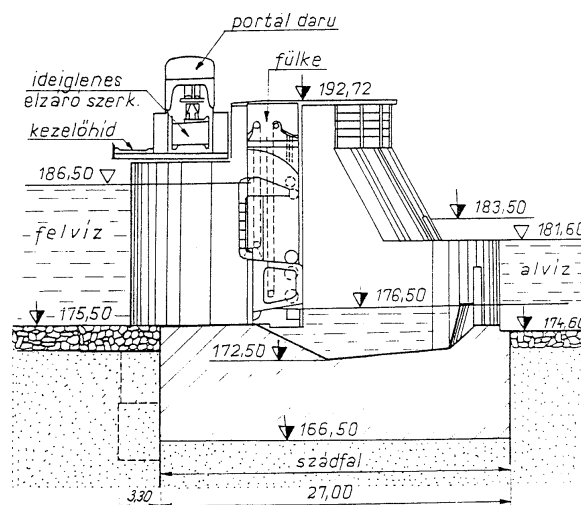
A kettős kampós gáttábla (3.12./d. ábra) egy alsó kétfőtartós és egy felső egyfőtartós síktáblából áll. A felső tábla felül görgőkre, alul az alsó táblára fekszik fel. A táblák köze azonos méretűek, ezért a felső tábla jelentősen süllyeszthető, ami az utófenék és az utómeder védelme szempontjából kedvező



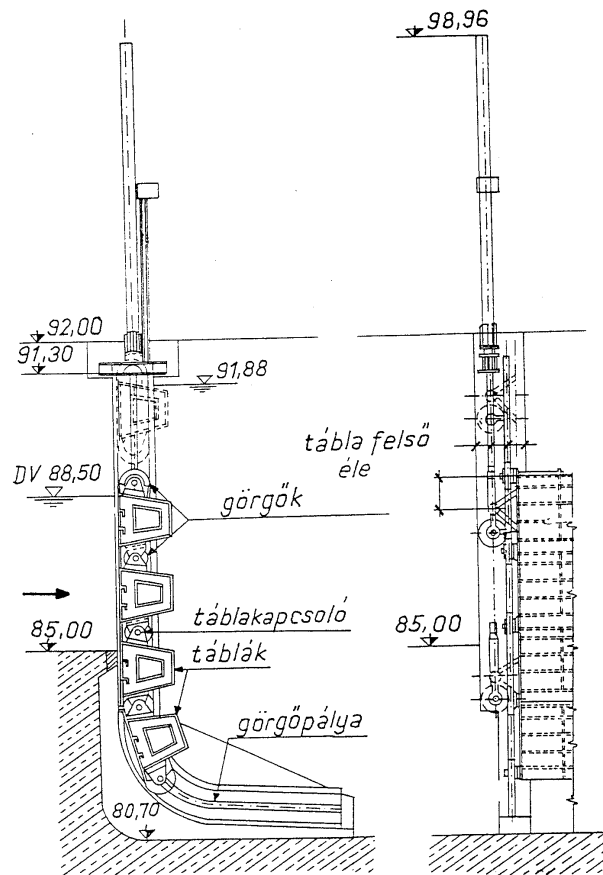
3.13. ábra: Kétfőtartós süllyeszthető tábla



3.14. ábra: Süllyeszthető zárt szekrénytartós tábla



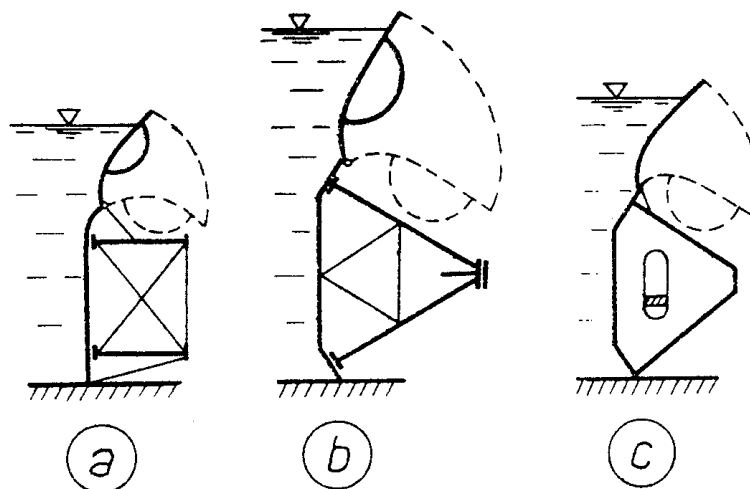
3.15. ábra: Kettős kampós gát



3.16. ábra: Görgős síktábla

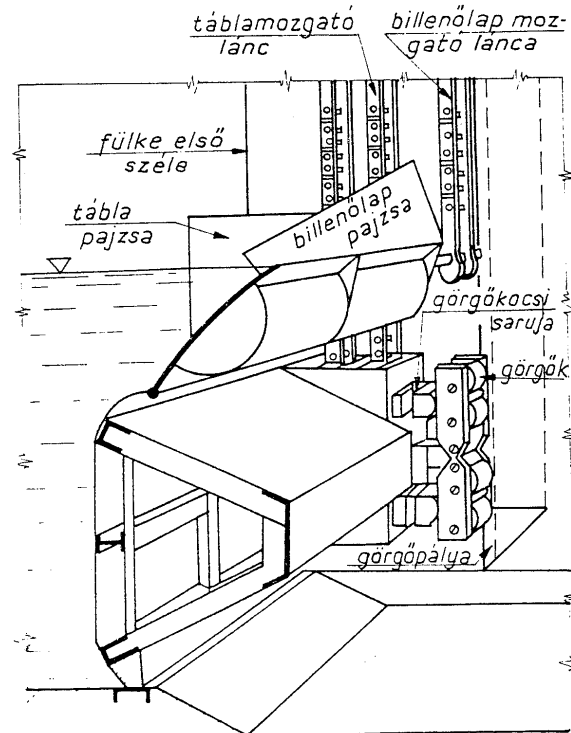
Billenőtáblás gátak típusai:

- kétfőtartós síktábla billenőlappal (a)
- háromvű billenőlapos gát (b)
- zárt szekrénytartós billenőlapos gát (c)

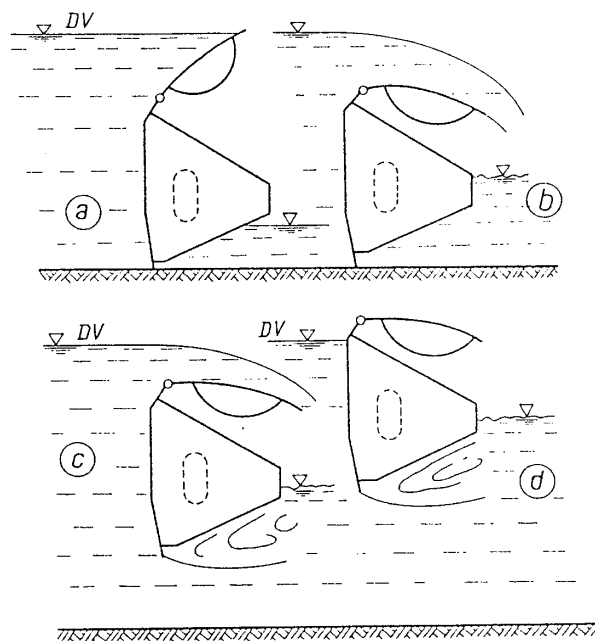


3.17. ábra: Billenőlapos táblás gátak főbb típusai

A **billenőlapos gátak** előnye a kettős kampós gátakkal vagy a süllyeszthető táblás gátakkal szemben, hogy a felhúzószervezet egyszerűbb kialakítású lehet, a felső támasztógörgő elmaradhat. Az alsó tartó és a billenőlap között csukló biztosítja a kapcsolatot, ami egyben a teherből származó igénybevételek támadáspontja is. Ez nemcsak statikai szempontból előnyös, hanem a vízzárás is könnyebben oldható meg.



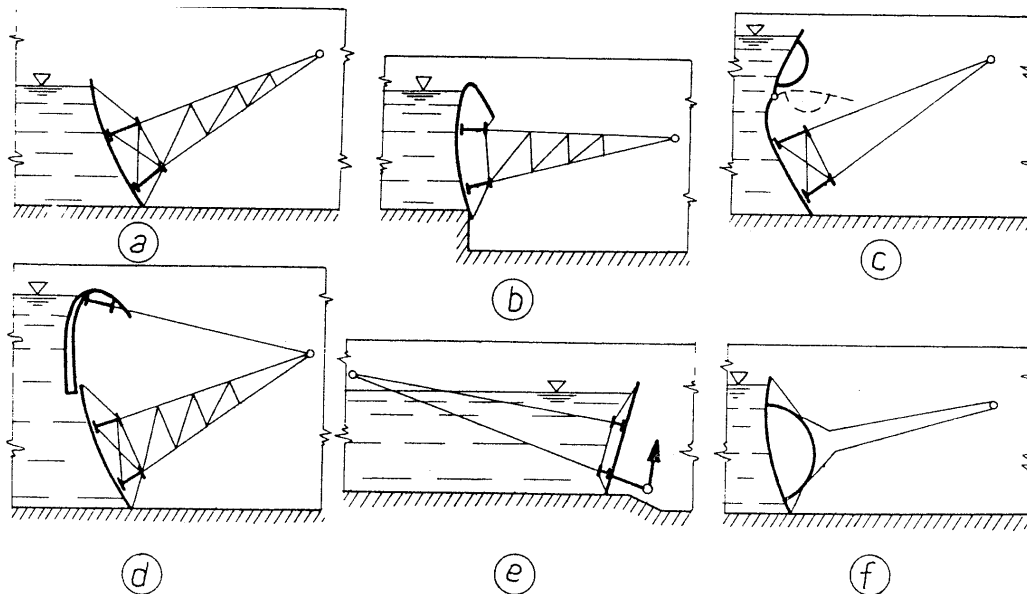
3.18. ábra: Billenőlapos táblás gát mozgató-berendezéssel



3.19. ábra: Háromövű billenőlapos gát üzemelési módjai

Szegmens gátak típusai:

- egyszerű szegmens gát (a)
- süllyeszthető szegmens gát (b)
- billenőlapos szegmens gát (c)
- kettőskampós szegmens gát (d)
- húzott karú szegmens gát (e)
- zártszelvényű szekrénytartós szegmens gát (f)

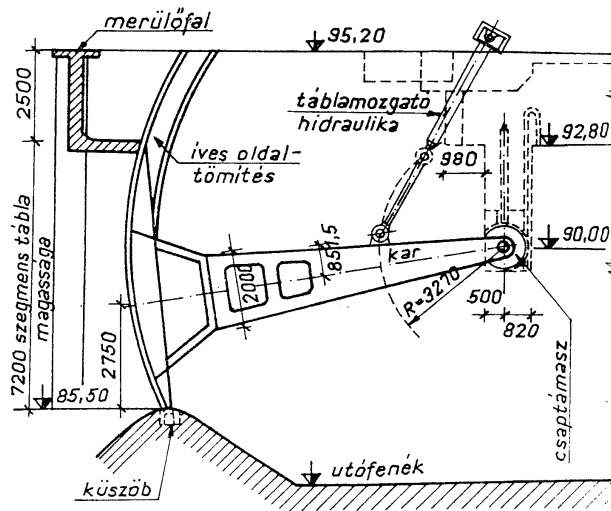


3.20. ábra: Szegmens gátak főbb típusai

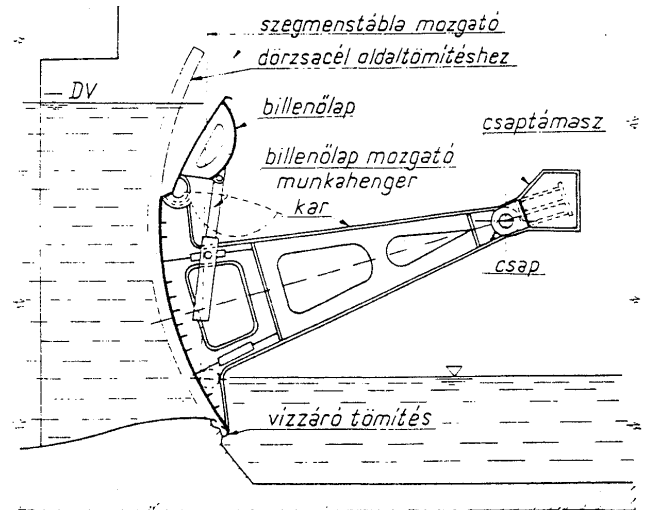
A **szegmens gátak** széleskörű alkalmazását statikai és hidraulikai szempontból egyaránt előnyös volta indokolja. A gáttábla vízzáró felülete egy vízszintes tengelyű hengerpalást része, mely a nyomást a táblamező jobb és baloldalán elhelyezett kar segítségével csapon, illetve csaptámaszon át hárítja a pillérekre. Előnye, hogy erőjátéka tiszta, felhúzóerő kicsi, a duzzasztási szint tág határok között finoman szabályozható. Általában 3-30 m szabadnyílás, és 2-20 m vízoszlopmagasság esetén gazdaságos.



3.2. kép: Szegmens gát építése



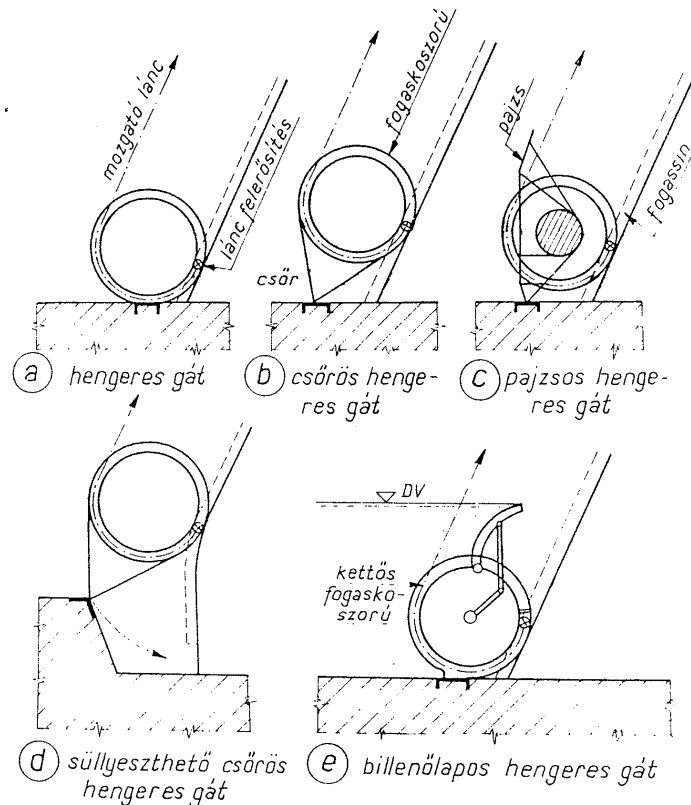
3.21. ábra: Sió torkolati mű szegmens gátja



3.22. ábra: Billenőlapos szegmens gát

Hengeres gátak típusai:

- egyszerű hengeres gát (a)
- csőrös hengeres gát (b)
- pajzsos hengeres gát (c)
- süllyeszthető csőrös hengeres gát (d)
- billenőlapos hengeres gát (e)



3.23. ábra: Hengeres gátak főbb típusai

A **hengeres elzárógátak** szerkezete lényegében egy henger alakúra kiképzett test, mely a pillérek két oldalán elhelyezett síneken, a hengeres gát két végére erősített fogaskoszorún gördül. A henger kedvező centrális inercianyomatéka miatt nagy torziós erőket képes felvenni, így egyoldali mozgatása lehetséges. A fel-le bocsátás kis erőszükségletet igényel, a felhúzó szerkezet, ill. a pillér egyszerűbb lehet.

Egyszerű hengeres gát (3.23./a. ábra): A mozgató láncalsó felerősítése a fogaskoszorún történik. A henger felemelésekor a gáttest alatt átrohanó víz nem tud gyorsan elválni a henger felületéről, ezért jelentős szívóerő, lüktető erőhatás, rezgés keletkezik.

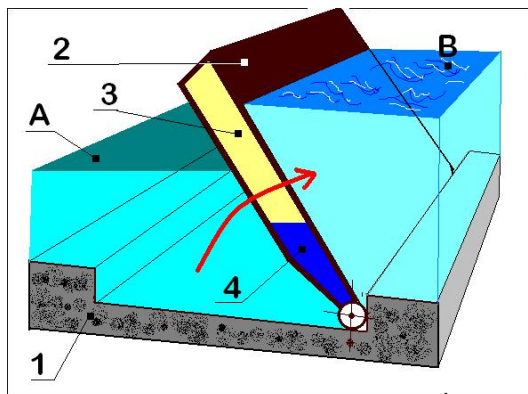
Csőrös hengeres gát (3.23./b. ábra) kiküszöböli az előbbi típus említett hibáit. A gát emelésekor a nagysebességű víz könnyen leválik a csőr végén.

Pajzsos hengeres gát (3.23./c. ábra) esetében a henger szerepe elsősorban statikai jellegű, a vízzárást ill. víznyomás felvételét a pajzsok biztosítják.

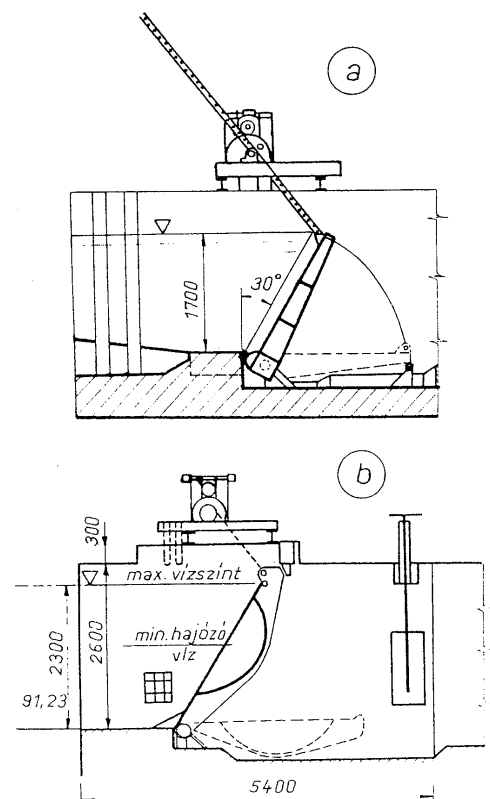
Süllyeszthető csőrös henger (3.23./d. ábra) a felső vízbocsátást is lehetővé teszi, de az átbukó víz meglehetősen nehezen szakad el a henger felületétől, így káros rezgések keletkezhetnek.

Billenőtáblas hengeres gát (3.23./e. ábra) igen gazdaságos, jó műszaki megoldás. A nagy torzió viselése már 70 m fesztávolságú gát építését is lehetővé tette.

Billenőtáblas gátak



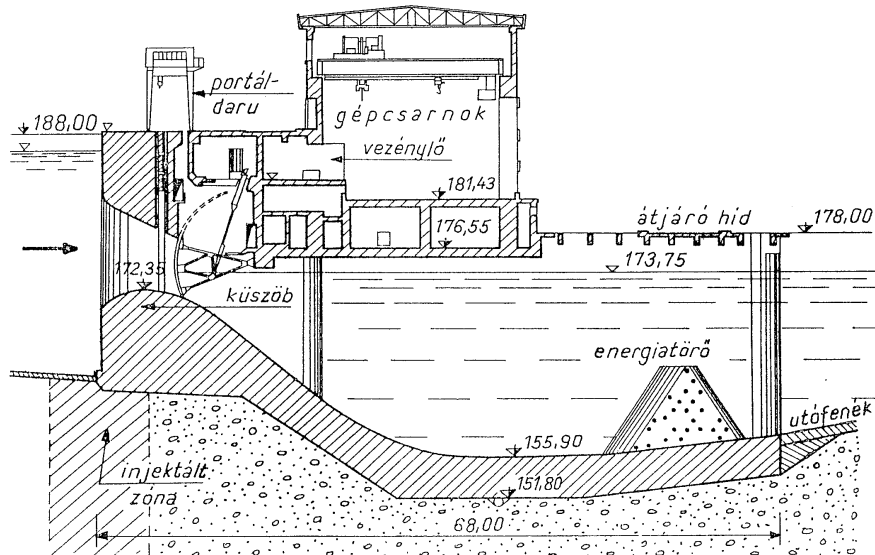
A billenőtáblas gátak alsó vége a megfelelően csapágyazott és az alaplemezbe bekötött tengely-hez van erősítve. Így a folytonos megtámasztás éppen a legnagyobb nyomások helyén valósítható meg. 1-5 m vízoszlop tartására alkalmas, korlátlan méretű szabadnyílás mellett, ami többcélú hasznosítást tesz lehetővé (vízbocsátás, hajózás).



3.24. ábra: Billenőtáblas gátak, (a) síktábla, (b) halhas alakú tábla

Vegyes gátak

Az álló és mozgatható gátak egyidejű alkalmazásával létesített duzzasztógátakat vegyes gátaknak nevezünk. Az álló és mozgógát egymáshoz viszonyított elhelyezése igen változatos lehet. Az állógát képezheti a gát küszöbét, lehet mellette, esetleg teljesen különálló fix gátként is épülhet.



3.25. ábra: Vegyes gát (magasküszöbű szegmens gát)



3.4. kép: Vegyes gát

4. DUZZASZTÓMŰVEK BETONÉPÍTMÉNYEI

4.1. Duzzasztóművekről általános elrendezése

Előágyazat: a meder és az előfenék közötti átmenetet képezi.

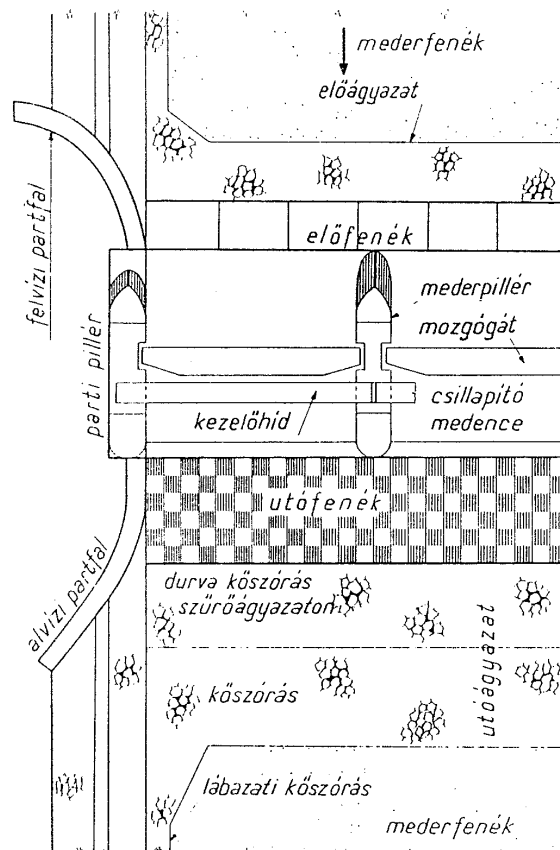
Előfenék: a műtárgyat megelőző mederszakaszon, rendszerint betonból, betonba ágyazott kőből készül.

Duzzasztómű fő részei: *alaplemez, pillérek, mozgógát.*

Utófenék: a műtárgy után kapcsolódik a duzzasztóműhöz, rendszerint energiacsillapító elemekkel együtt épül.

Utóágyazat: a meder és az utófenék közötti átmenetet biztosítja.

Fel- és alvoldali partfal: célja a műtárgy oldalirányú lezárása, szivárgási úthossz növelése, támasztó funkció ellátása.



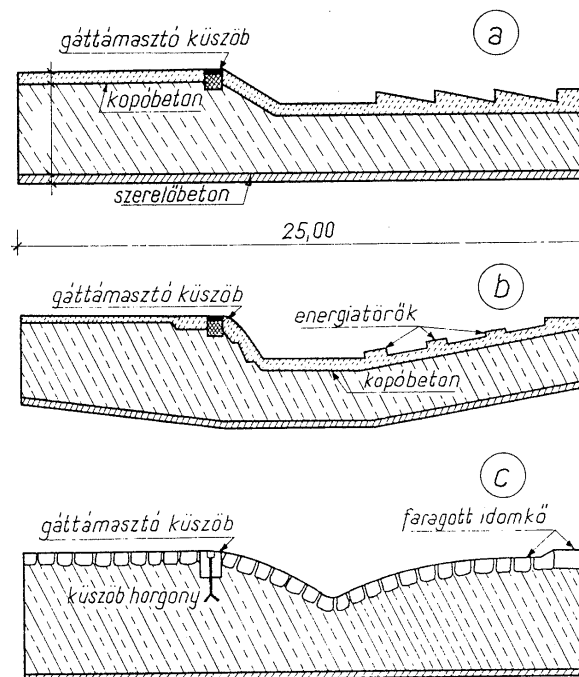
4.1. ábra: Duzzasztómű általános elrendezése

4.2. Alaplemez

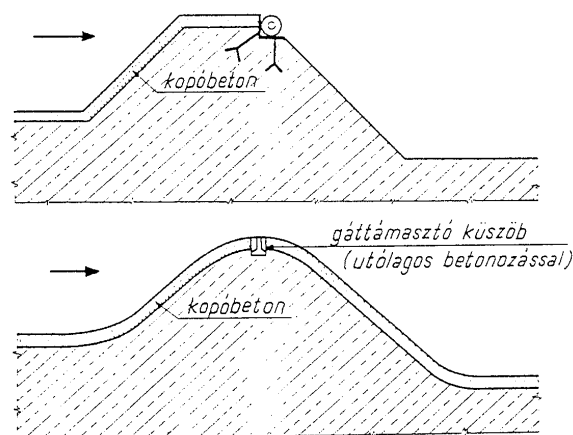
Funkciói:

- mederbiztosítás
- elzáró szerkezet vízzáró felfekvésének biztosítása
- funkcionális elemek elhelyezése (energiatörők, küszöb, stb)
- több esetben az egész duzzasztómű alapozását szolgálja

Méretei nagyok, mivel a felhajtóerő ellensúlyozása, mozgógát terhének viselésén kívül jelentős nagyságú ütések és dinamikus terheléseket, valamint koptató hatást kell elviselniük.



4.2. ábra: Alaplemez kialakítások



4.3. ábra: Küszöbmegoldások

Az alaplemezen foglal helyet a gát **emelt küszöbe** is, ami az állógát szerepét tölti be. Alkalmazásával a mozgógát szerkezeti mérete és a felhúzóerő szükséglet csökkenthető.

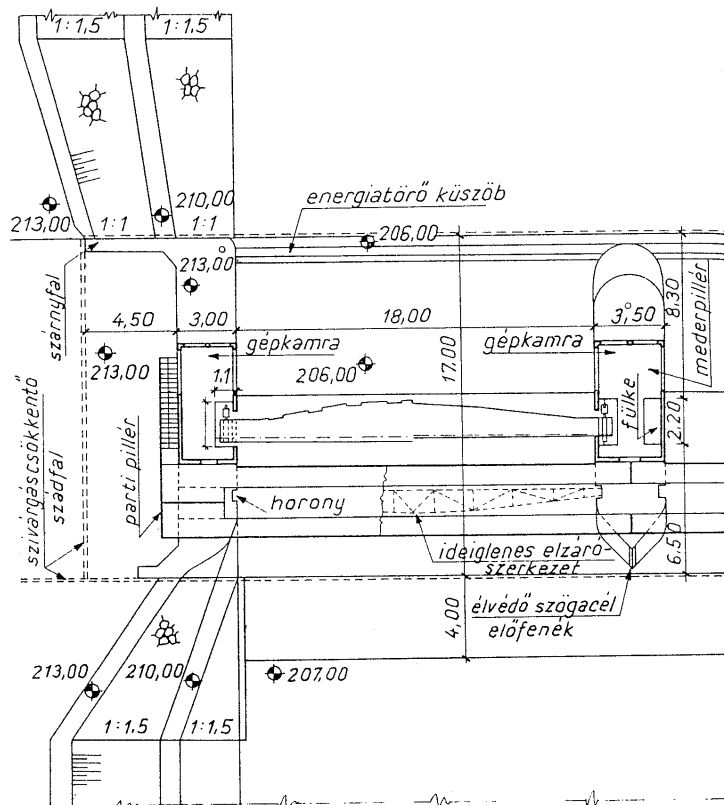
A 4.3./a. ábra régebbi típusú küszöbkialakítást mutat. Ez a kialakítás hidraulikai szempontból előnytelen, árvízi visszaduzzasztása nagy. A 4.3./b. ábra hidraulikus profilú küszöb áramlási szempontból kedvező, jó vízávezetést és elvezetést biztosít.

Az alaplemezben kerülnek elhelyezésre az ideiglenes elzáró szerkezetek támasztó berendezései, szívózsompok is.

4.3. Pillérek

A pillérek szerepe a mozgógát függőleges megosztása mellett a gátra ható nyomások, erőhatások felvétele. Ezek a víznyomásból, a jégnyomásból, a pillérré ható víz- és jégnyomásból, valamint a jégtáblák, uszadékok okozta ütőterhelésekből származó igénybevételek.

A mederben elhelyezett pilléret *mederpillérnek*, a parton elhelyezkedőt *parti pillérnek* nevezük. Ez utóbbi alsó részének gátfő a neve. A parti pilléret szárnyfalak kötik be oldalt a földműbe.



4.4. ábra: Meder és parti pillér kialakítása

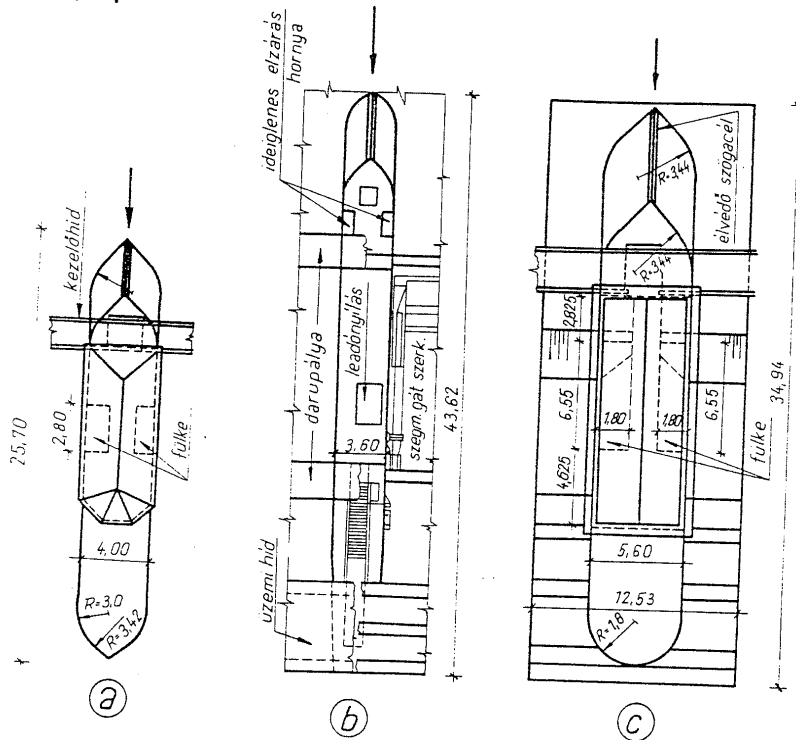
A pillérek felső része karcsúbb lehet, mivel a megfelelő elrendezés mellett a kezelőhíd alátámasztását az alsó tömb adja. Itt kerül elhelyezésre a gépház, a felhúzószervezetek alátámasztása, valamint az elzárószervezetek hornyainak befogadására szolgál.

A pillérek helyes kialakítása statikai és hidraulikai szempontból egyaránt fontos. A felvízfelületi oldalát áramlási szempontból kedvező formában, élben végződő ívvel, a függőlegestől az alvíz felé hajlóan képezik ki. Élét élvédő szögacéllal kell ellátni. A javítások idején szükséges ideiglenes elzáráshoz szükséges hornyokat az íves szakasz után építik be.

A pillérek hosszúsági méretét a statikai viszonyok, a mozgógát, az ideiglenes elzáró szerkezetek mérete és rendszere és a hidraulikai követelmények szabják meg.

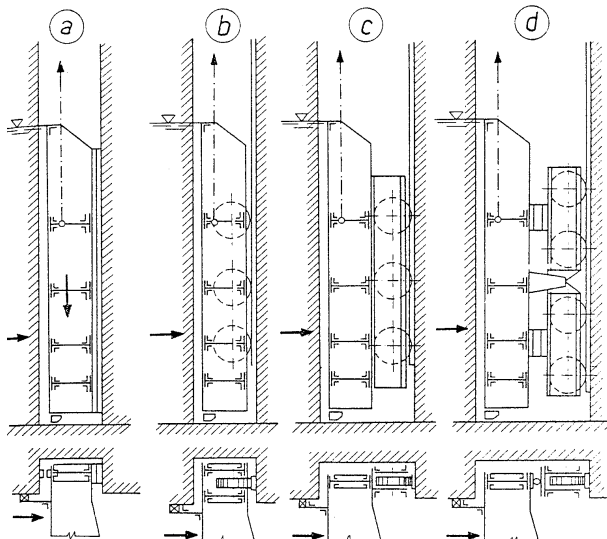
A pillérek szélességének csökkentése hidraulikai okokból igen fontos. Szélesebb pilléreknél már az oldalfalaknál függőleges tengelyű leváló örvénysorok keletkeznek, melyek az alvízoldali mederszakaszon jelentős mértékű kimosást okozhatnak.

A keletkező örvények méretét, az örvénysorok kialakulását döntően befolyásolja a pillérek alsó végének a kialakítása. Régebben a félkör formájú lekerekítés (4.5./c. ábra) volt az uralkodó. Jobb megoldás az alvízoldali pillérvég hidraulikusabb formájú kialakítása (4.5./a. ábra), vagy az ún. halfarok formájú profil (4.5./b. ábra) építése.



4.5. ábra: Pillérkialakítások

A pillérek jellegzetes része a *pillérfülke*. Feladata a mozgógát mozgatását végző erőátviteli szervek (lánc, fogasléc, hidraulika) funkcionális működésének biztosítása, a táblatámaszok, görgők, sínek elhelyezése.

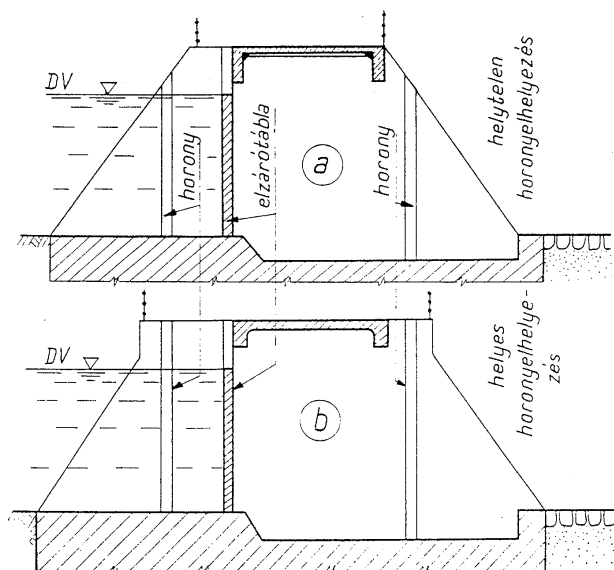


4.6. ábra: Fülkekialakítások táblás gátaknál

4.4. Ideiglenes elzáró szerkezetek

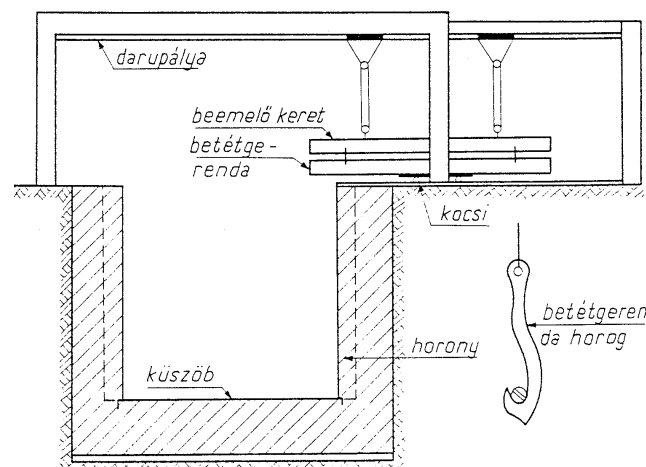
Duzzasztóművek, vízlépcsők műtárgyainál gondoskodni kell arról, hogy a gát mozgatható berendezései és kényesebb építményei a szükségessé váló felülvizsgálatok, korrózió elleni védelem, javítások céljára hozzáférhetőek legyenek.

Ideiglenes elzárásnak nevezzük azokat a műszaki berendezéseket, létesítményeket, melynek célja a víz bizonyos vízállások esetén való távoltartása. Az ideiglenes elzárások többsége a pillérekbe kerül elhelyezésre. Kisebb zsilipeknél az elzárást egyszerű fóliával letakart pallókkal is biztosíthatjuk. A pallók be- és kiszerezésének balesetmentes feltételéről (4.7. ábra) gondoskodni kell.

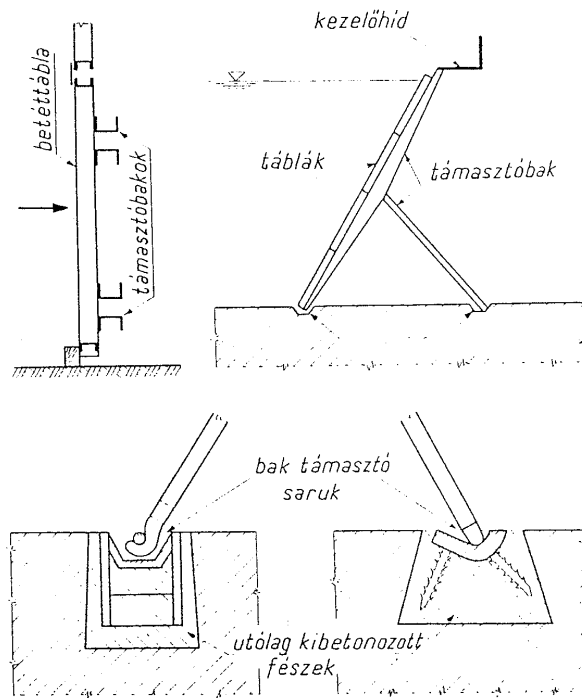


4.7. ábra: Horonyok helytelen (a) és helyes elhelyezése (b)

Nagyobb terheléseknél vagy fesztávoknál acélszerkezetű ideiglenes elzárótáblákat alkalmaznak, melyeket különleges daruszerkezettel mozgatnak.

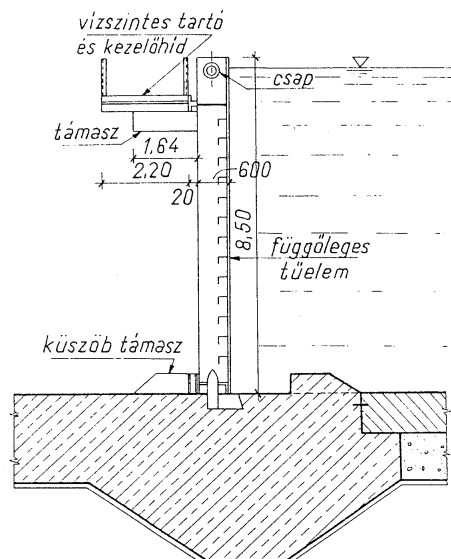


4.8. ábra: Betétgerenda elhelyezése



4.9. ábra: Schön bak és sarui

Nagy (30-60 m) fesztávoknál **Schön bakos** ideiglenes elzárás alkalmazható. A bakot támasztó saruk fészket az alaplemez építésével egyidőben alakítják ki. A saruk fémszerkezeteinek elhelyezését később, másodlagos betonozással építik meg. A támasztóbakok elhelyezésére búvárokra van szükség. A bakok felállítása után függőleges helyzetüket a kezelőhíddal rögzítik, majd daruval a támasztóbakokra csúsztatják a betéttáblákat.



4.10. ábra: Tűtáblás elzárás

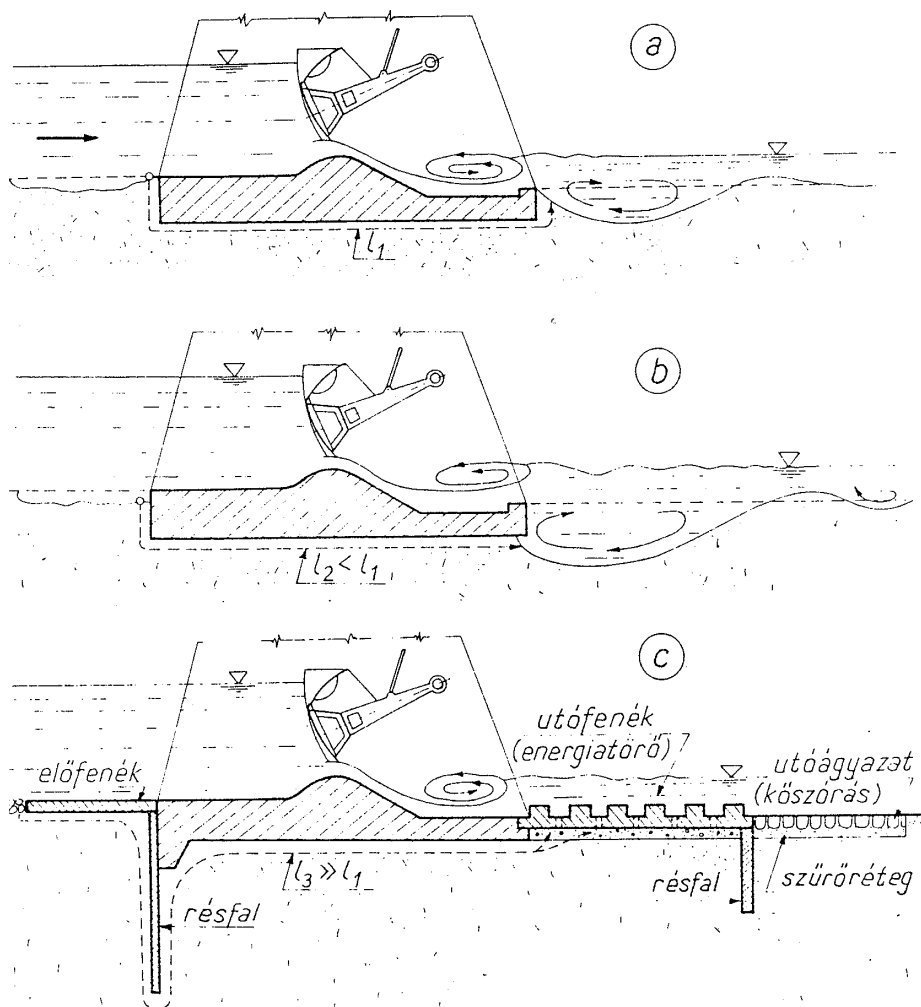
A **tűelemes** elzárótábla 1,5-2,0 m szélességű, 6-8 m magasságú elem. Alsó részét az alaplemezbe épített kűszöbtámasz, felső részét a teljes nyílás áthidaló, rendszerint acélból készült mobil támasztógerenda tartja.

5. A MŰTÁRGY ÉS A MEDER KAPCSOLATA

A gáttábla felett vagy alatt átfolyó víz -különösen nyomás alatti átfolyáskor- tetemes mozgási energiával rendelkezik, rohanó vízmozgás alakul ki, ami vízugrás után áramló mozgásba megy át. Ez a jelenség a betonszerkezetet kelő védelem hiányában megtámadhatja, az alvízfelöli mederszakasz talaját kimossa, elsodorja.

Az 5.1./a. ábrán az alvízoldali műtárgyvégénél kialakult medermélyülés csökkenti a szivárgó víz útját (l_1), növeli a kilépési gradiens értékét.

Az 5.1./b. ábrán az előbb említett folyamat tovább rosszabbodását mutatja ($l_2 < l_1$). Az alvíz oldali kimosódás már a műtárgyig, sőt alá is hátrarágódott. A szivárgási úthossz további csökkenésével buzgárosodás vagy hidraulikus talajtörés alakulhat ki, ami a műtárgy tönkremeneteléhez vezethet.

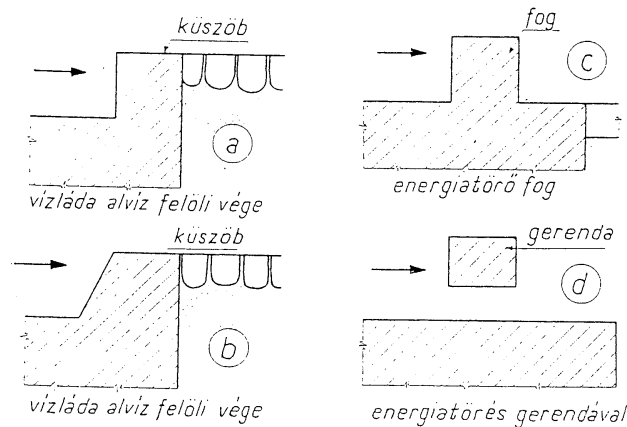


5.1. ábra: A műtárgy és a vízfolyás kapcsolata

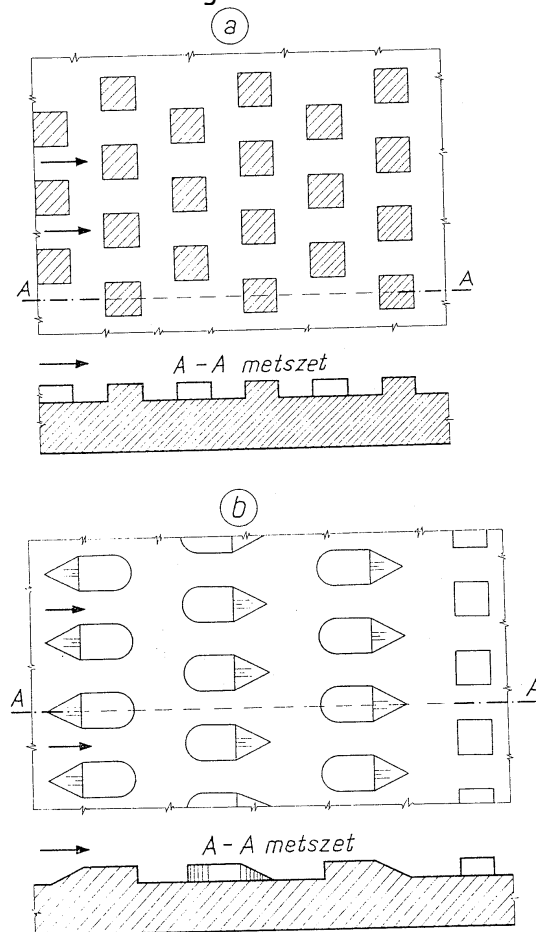
Az 5.1./c. ábrán látható, hogy a felvízoldali kimosást **előfenékkal**, a szivárgási úthossz növelését **résfalakkal**, az energi megtörését **energia törőkkel**, a közeli kimosás elkerülését **utóágyazattal** biztosítják.

A gáton átjutó víz energiatartalmának jelentős részét vízgrás formájában elveszti. Az utófenéken épített csillapító-medencének, süllyesztett utófenéknek az a célja, hogy a vízgrás helyét megfelelő helyre koncentrálja.

A csillapító-medence alvízfelöli végét valamilyen energiatörő elemmel látják el. Ez lehet küszöb (5.2./a-b. ábra), mely a rohanó vízugarat heves irányváltásra kényszeríti. A 5.2./c. energiatörő fogat mutat, amelynél az alvízoldali hirtelen bővület is veszteséget okoz. A 5.1./d. az utófenék felett bizonyos magasságban elhelyezett gerendát mutat, ami jó hatásfokú energiatörő elem.



5.2. ábra: Energiatörők szerkezeti részei

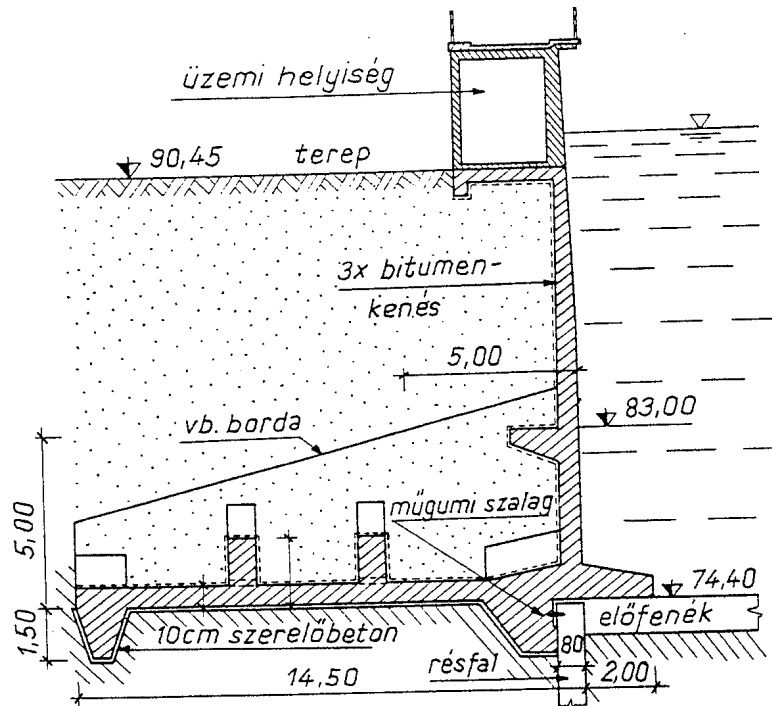


5.3. ábra: Rehbock fogak és kombinált energiatörők

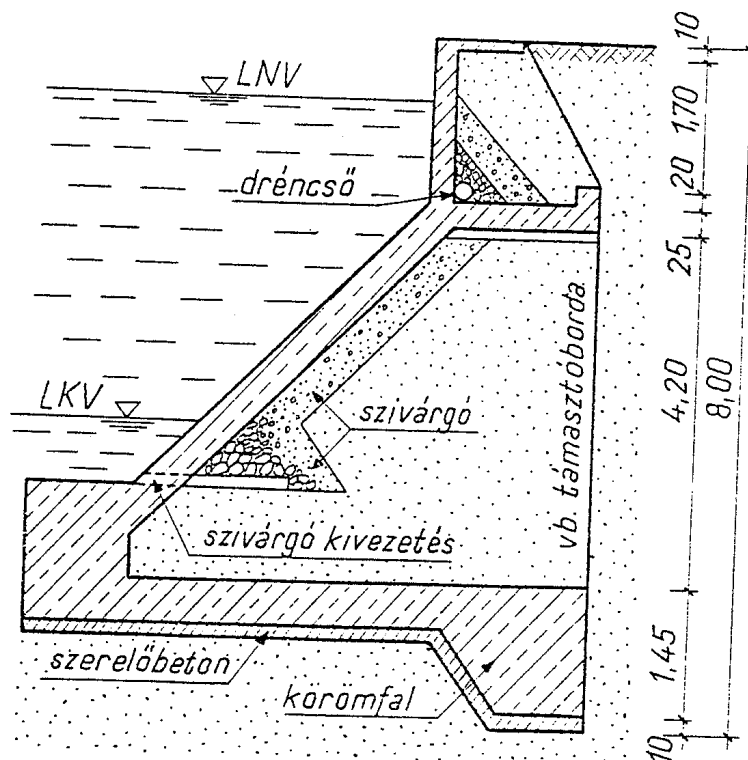
5.1. Partfalak, szárnyfalak

Csoportosítása:

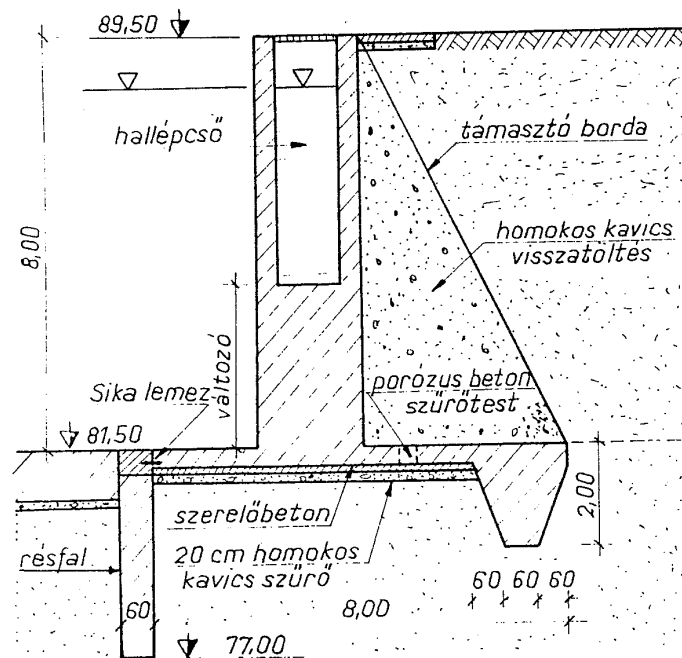
- felvízoldali partfal
- alvízoldali partfal



5.4. ábra: Bordázott, konzolos vasbeton szögtámfal



5.5. ábra: Bordával erősített partfal



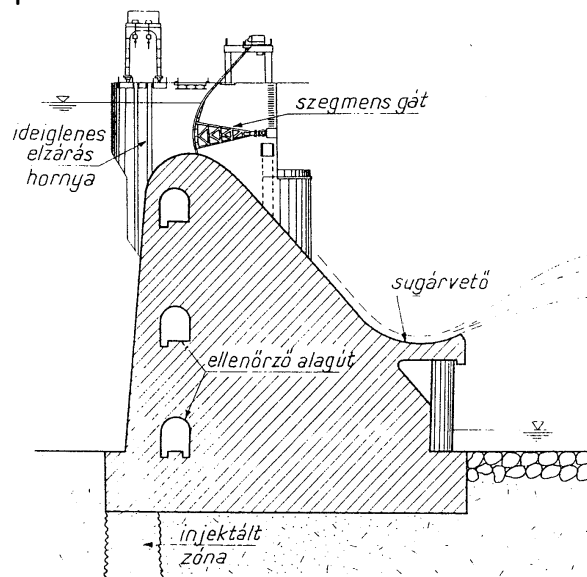
5.6. ábra: Hallépcsővel kombinált partfal

5.2. Vízugárterelő

Célja: a nagy sebességgel rohanó vízugarat a műtárgytól távolabbi, veszélytelen helyre vesse, ezzel a káros kimosódásoktól a műtárgyat megóvja.

Típusai:

- íves sugárvetők
- terelőpadok

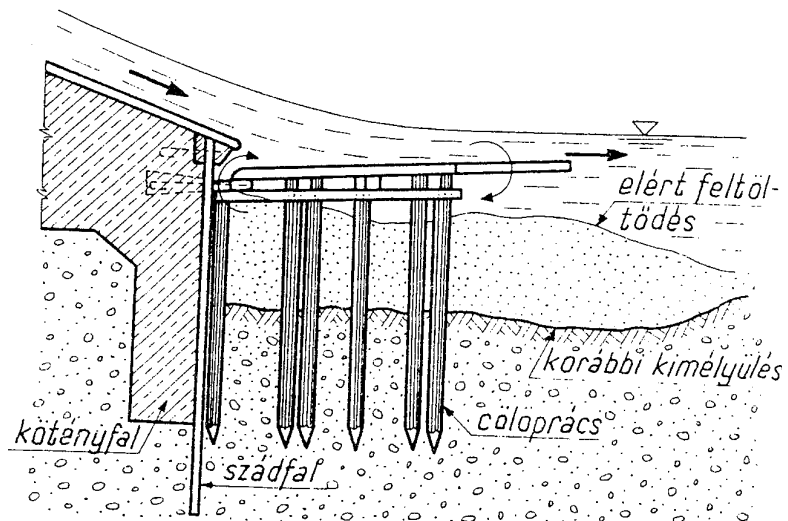


5.7. ábra: Íves sugárvető



5.1. kép: Sugárvető

Az íves sugárvetők alkalmazására nagyméretű völgyzárógátak árapasztó bukóinak végén kerül sor. A nagysebességű vízszugarat a síugrósánc formájú sugárvető a műtárgytól távol dobja. A vízszugár a levegő ellenállásába ütközve fokozatosan bővül, porlad, kinetikai energiája lecsökken, majd az alvízfelületi mederszakaszra ér. Ekkor a medervédelem gazdaságosan elvégezhető.



5.8. ábra: Terelőpad

6. DUZZASZTÓMŰVEK 3.

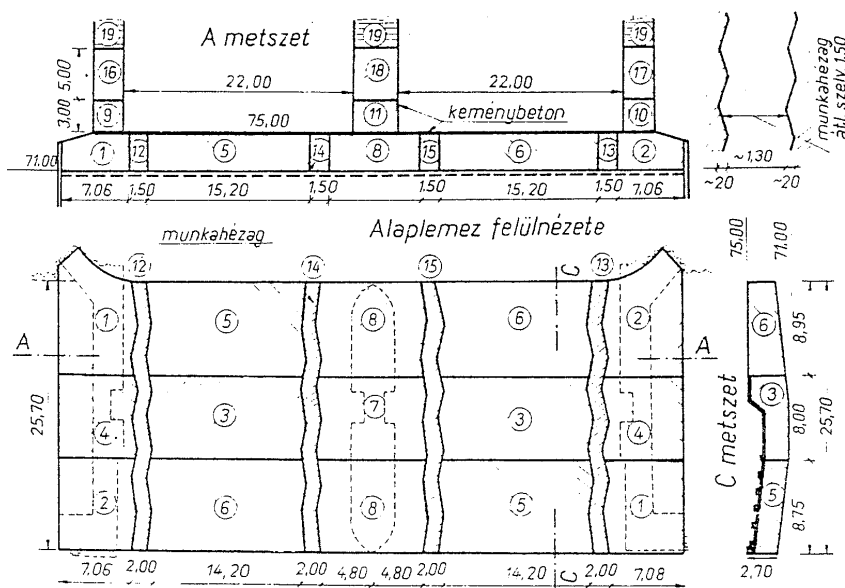
6.1. Műtárgyak és szerkezeti kapcsolatok

6.1.1. Műtárgyak osztóhézagai

Műtárgyak osztóhézagainak célja: a műtárgy szerkezeti adottságai, az altalaj minőségének eltérései, a betonszerkezet zsugorodása, hőtágulása, az üzemelés közbeni terhelések megváltozása miatt fellépő spontán repedések keletkezését megakadályozza, és a mozgások lehetőségét megbízhatóan megtervezett helyen biztosítja.

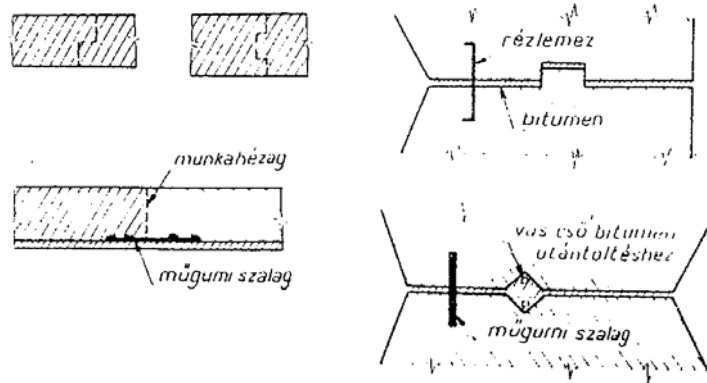
Az osztóhézagok lehetnek:

- munka
- tágulási (hő, zsugorodási)
- építési (süllyedési, szögelfordulási) hézagok

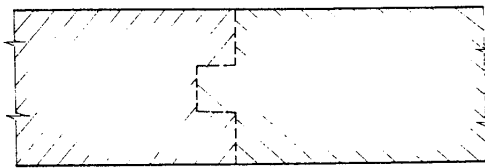


6.1. ábra: Munkahézagok tömbkiosztása

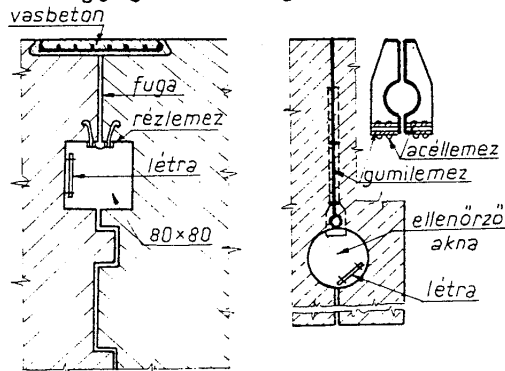
(a) kisnyomású munkahézag (b) nagynyomású munkahézag



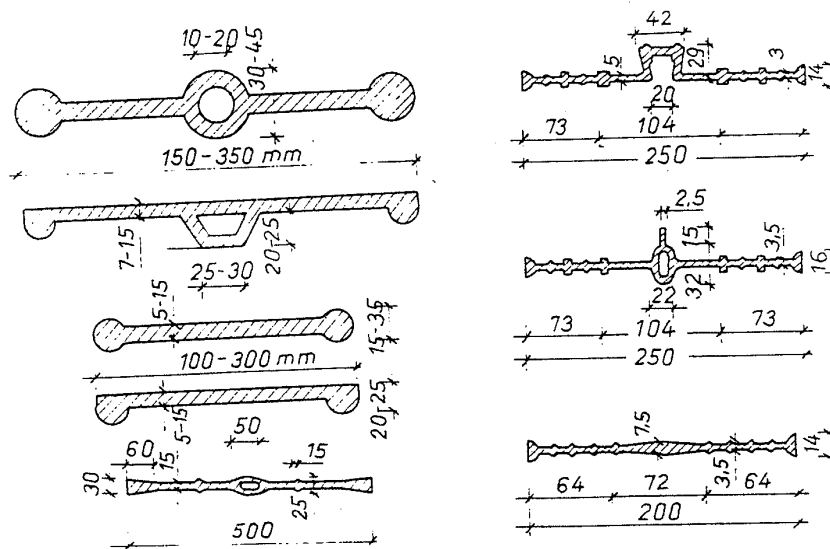
6.2. ábra: Munkahézagok egyszerű zsugorodási hézag



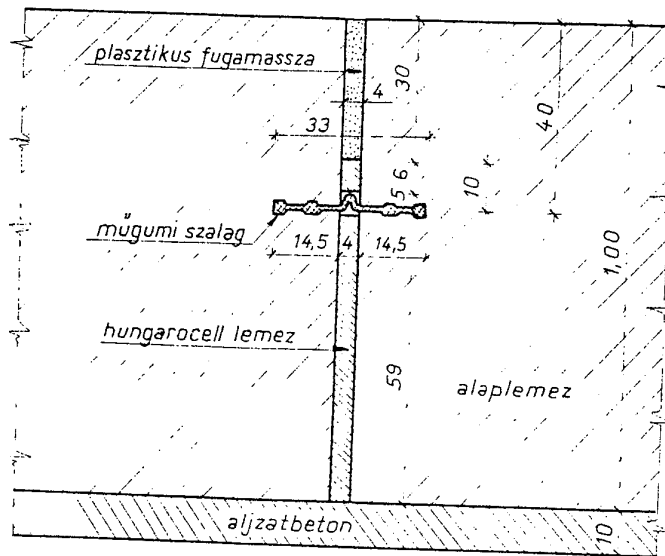
nagynyomású zsugorodási hézag



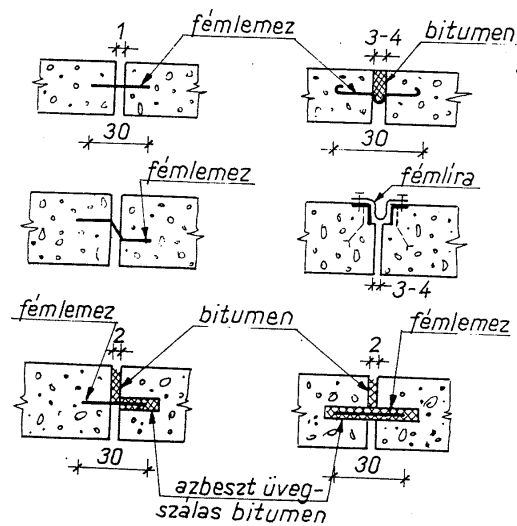
6.3. ábra: Zsugorodási hézag



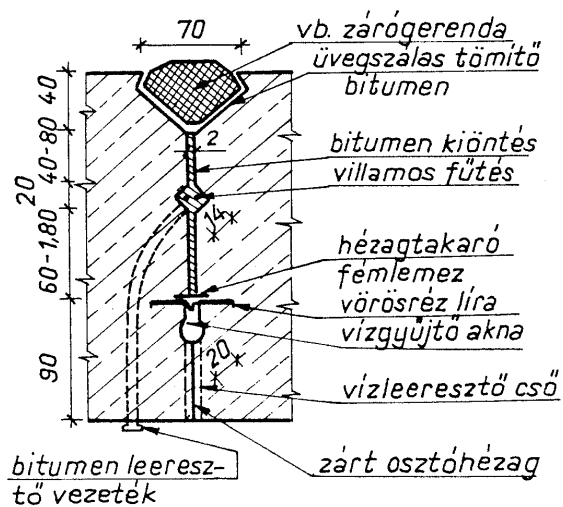
6.4. ábra: Osztóhézagok vízzáró műgumi szalag profiljai



6.5. ábra: Süllyedési hézag

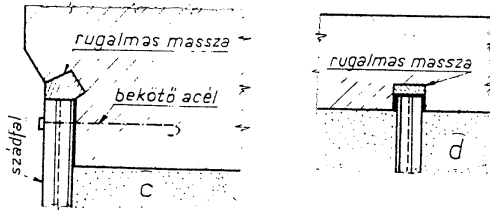
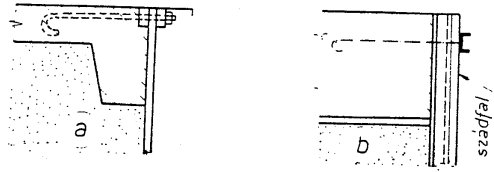


6.6. ábra: Egyszerű fémes osztóhézag elzárások

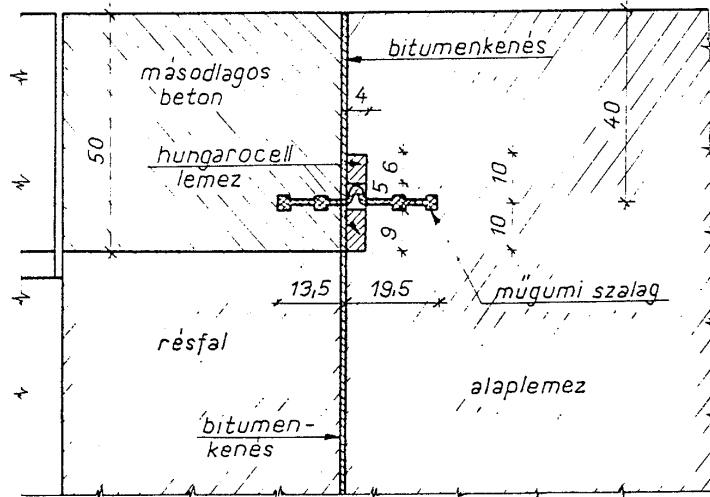


6.7. ábra: Völgyzárógát osztóhézagának vízzárása

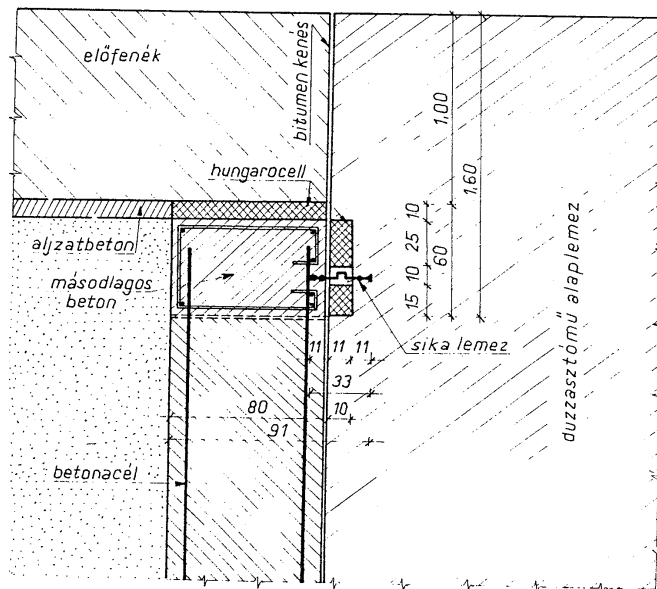
6.1.2. Műtárgyak kapcsolata szád- és résfalakkal



6.8. ábra: Műtárgy és szádfal csatlakozása



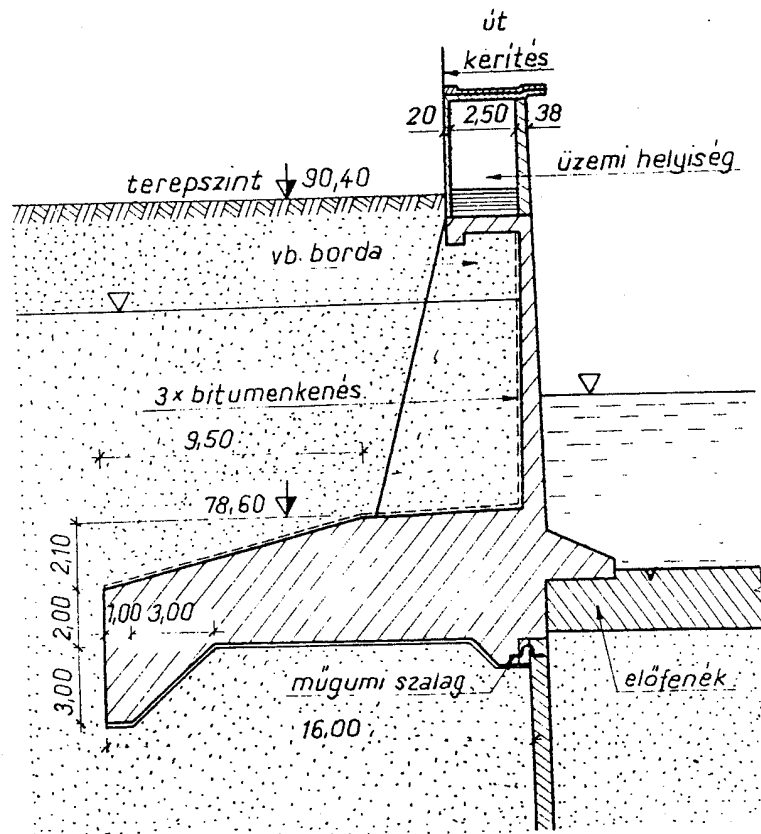
6.9. ábra: Műtárgy és résfal kapcsolata



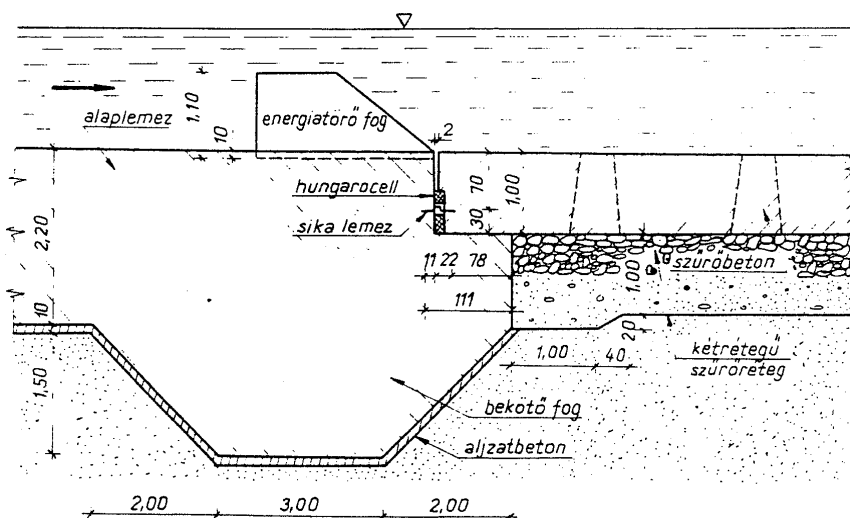
6.10. ábra: Előfenék, résfal és műtárgy csomópontja

6.1.3. Beton műtárgyak kapcsolata

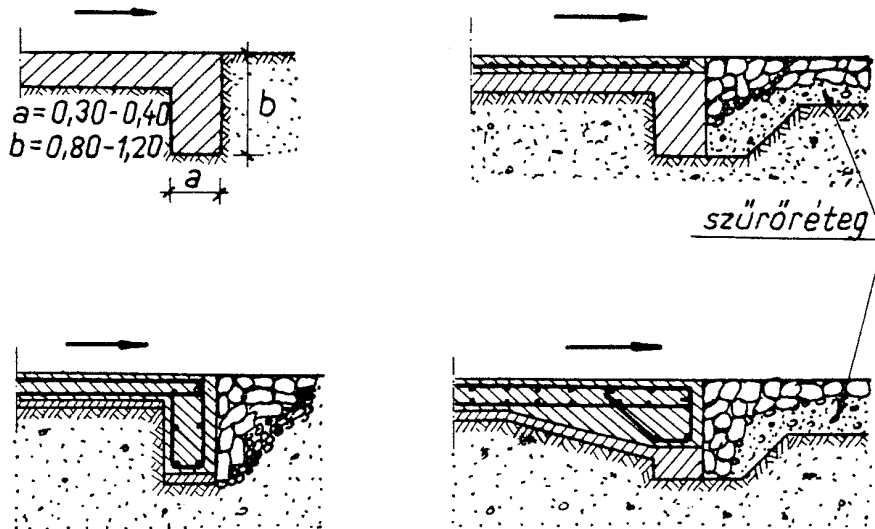
Beton műtárgyak, műtárgyrészek csatlakozását úgy kell megoldani, hogy a különböző rendeltetésű építmények üzemi terheléséből származó mozgások egymást ne zavarják, egyik műtárgy se tudjon átadni a másiknak olyan erőket, melyre az nincs méretezve, vagy funkcionális működését zavarja. A csatlakozásoknak mindig olyanoknak kell lennie, hogy azok egymást funkcionálisan kiegészítsék.



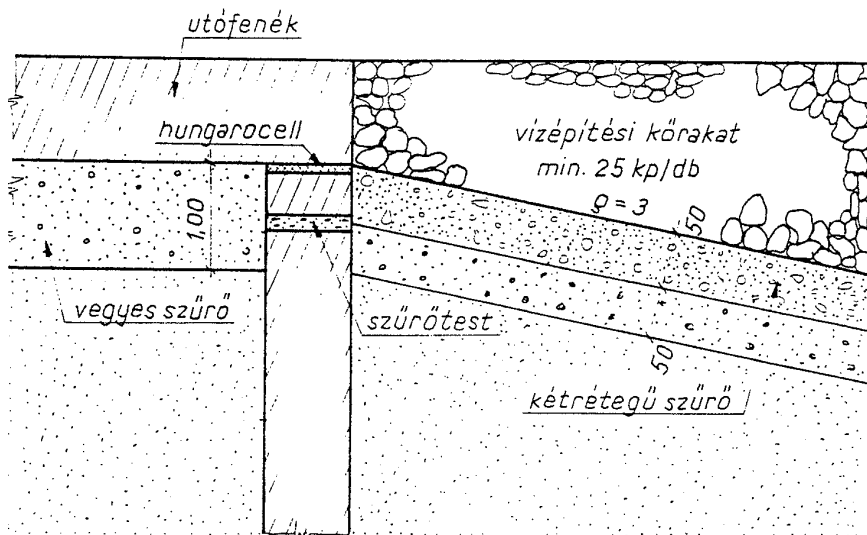
6.11. ábra: Kiskörei Vízlépcső vasbeton szögtámfala



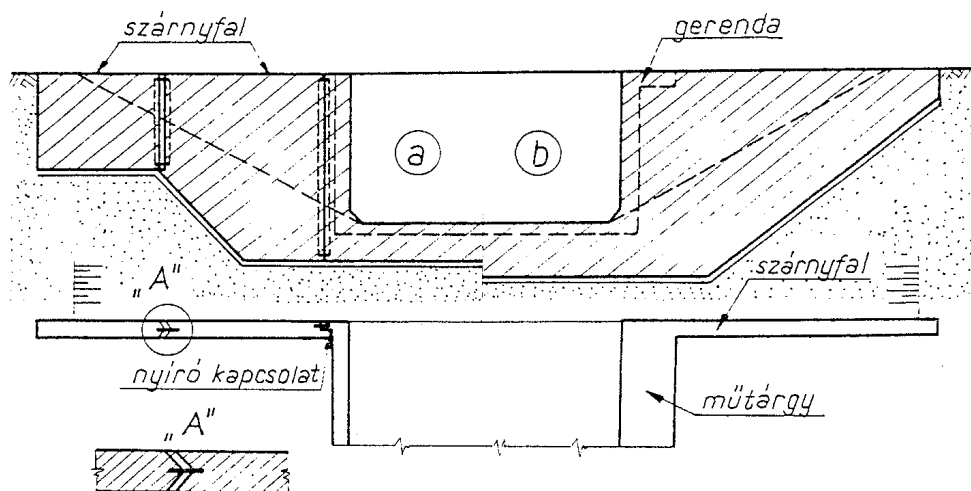
6.12. ábra: Alaplemez és utófenék csomópontja



6.13. ábra: Lezáró fogak



6.14. ábra: Lezáró résfal, utófenék és utómeder szerkezeti kialakítása

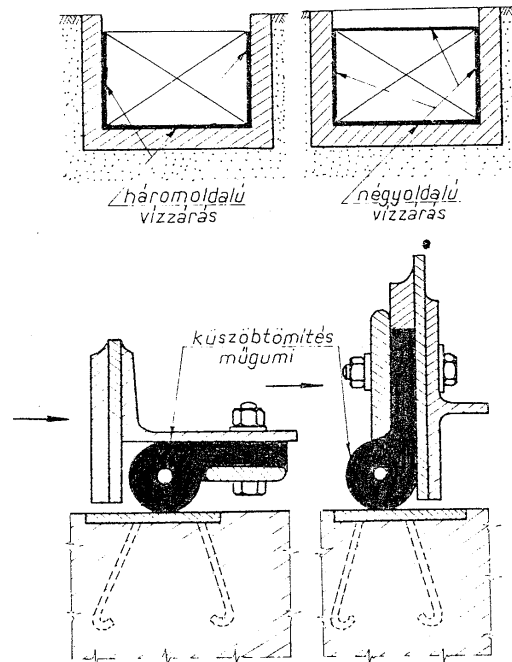


6.15. ábra: Vasbeton szárnyfal és műtárgy csatlakozása

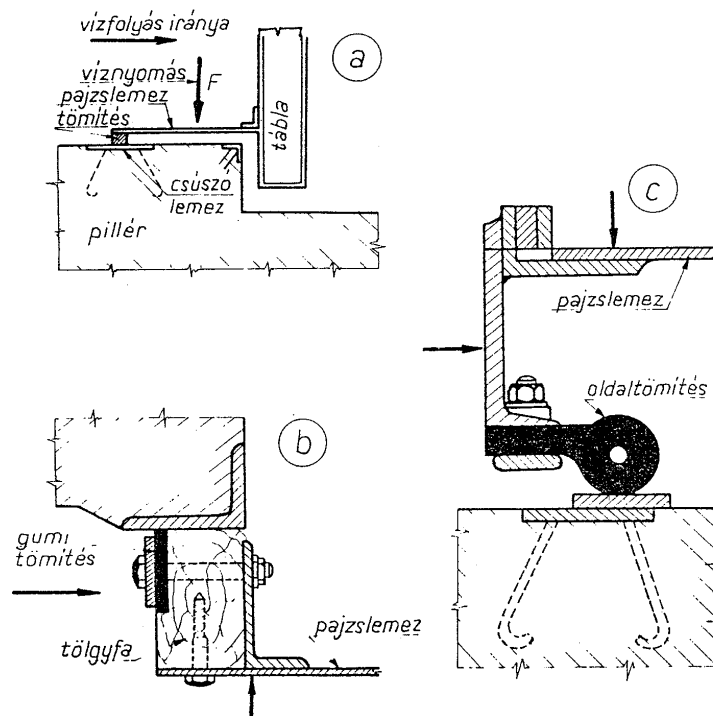
6.1.4. Műtárgy és mozgógát kapcsolata

A kapcsolatok fajtái:

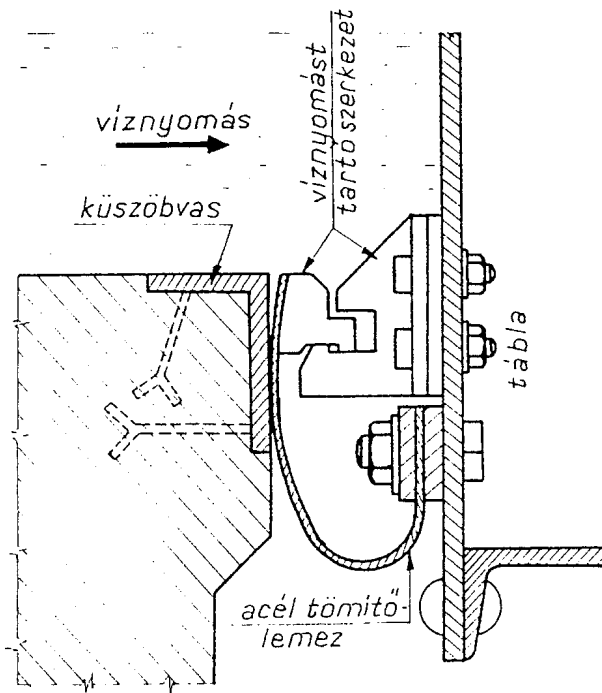
- mozgógát és műtárgy közötti vízzárás
- mozgatóberendezés támaszok elhelyezése
- táblatámasztó karok, csaptámaszok



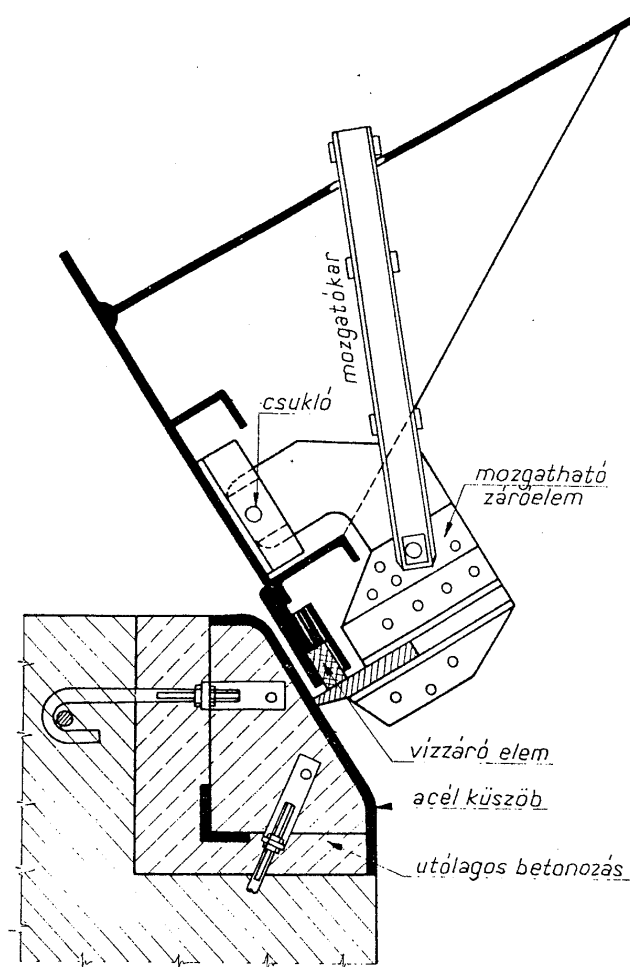
6.16. ábra: Három- és négyoldalú vízzárás, és a küszöbvízzárás megoldása



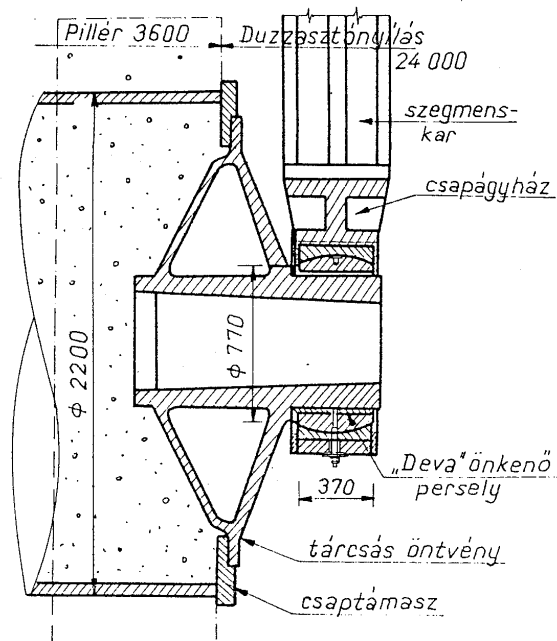
6.17. ábra: Rugalmas pajzslémez vízzárás



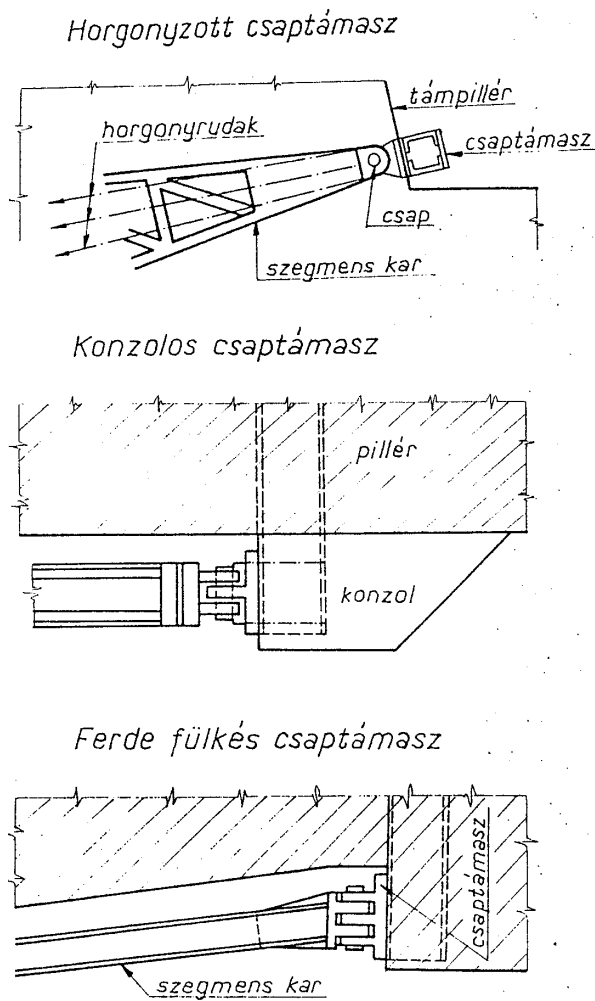
6.18. ábra: Süllyeszthető tábla vízzárása



6.19. ábra: Süllyeszthető tábla vízzárása



6.20. ábra: Szegmens csaptámasz és gömbhenger csapágy



6.21. ábra: Csaptámaszok

7. SZIVÁRGÁSOK HATÁSA A MŰTÁRGYRA

Vizsgálni kell:

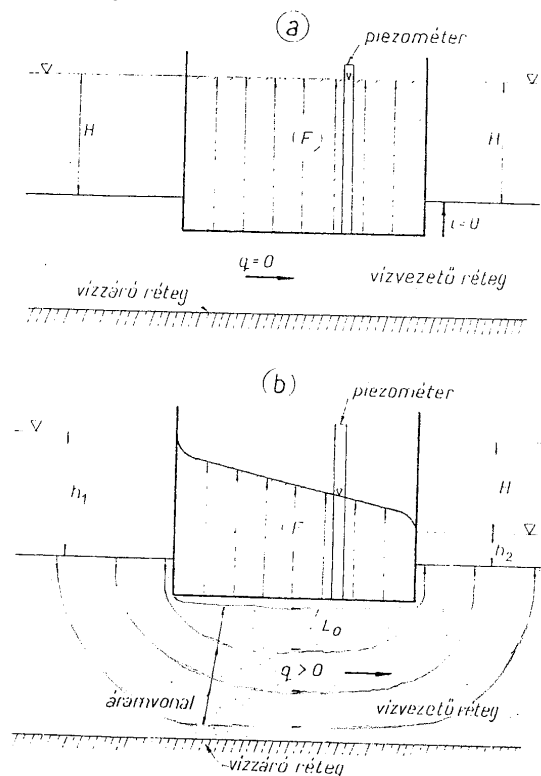
- műtárgyra ható hidrodinamikai felhajtóerőt
- átszivárgó vízhozamot
- hidraulikai gradienst

Felhajtóerő (F): meghatározása az állékonyság vizsgálat elengedhetetlen feltétele. Az alplemez nagy fel- és alvízszint különbség esetén csak a súlyával áll ellen a hidrodinamikai felhajtóerőnek. Veszélyes nagyságú felhajtóerő keletkezhet az utófenék alatt, melynek gazdaságossági okokból vékony lemezszerkezete könnyen felúszhat.

Átszivárgó vízhozam (q): az építmény alatti és a megkerülő szivárgás során fellépő vízveszteségek, ill. a várható talajvízszint változások miatt kell meghatározni. Jó vízvezető talajok esetén a tározott vízből jelentős mennyiségű víz távozhat, valamint a talajvízszint túlzott megemelkedése mezőgazdasági és egyéb károkat okozhat. Közvetlenül nem érint állékonysági kérdéseket.

Hidraulikai gradiens (i): meghatározása a hidraulikai talajtörés veszélye miatt lényeges. Ennek során nemcsak a hidraulikus gradiens átlagos értékét kell vizsgálni, hanem a szivárgási térből kilépő víz környezetében (műtárgyak alvízoldali vége, rézsűfelületek) kialakuló kilépési gradienst is.

7.1. Hidrodinamikai felhajtóerő

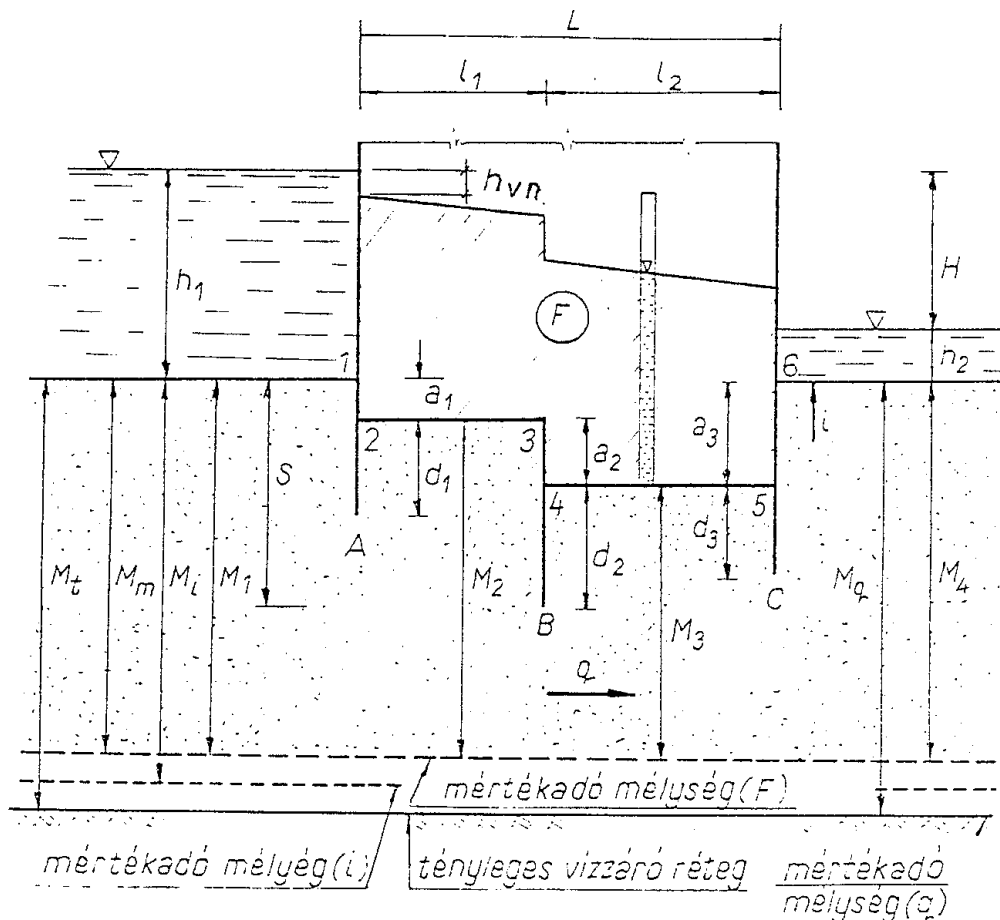


7.1. ábra: A hidrosztatikai (a) és a hidrodinamikai (b) felhajtóerő értelmezése

7.1.1. A hidrodinamikai felhajtóerő ellenállási tényezők módszerével történő számítása

A módszernél alkalmazott feltételek:

- A műtárgy alatti tényleges vízvezető réteg vastagságát (M_t) egy fiktív réteggel, az ún. aktív tartománnyal (M_a) helyettesíti.
- Amennyiben a tényleges vízzáró réteg az aktív tartomány alatt van, úgy csak az aktív tartományt, amennyiben a tényleges vízzáró réteg az aktív tartományon belül van, úgy a műtárgy és a vízzáró réteg közötti tényleges szivárgási teret veszi számításba.



7.2. ábra: Az ellenállási tényezők módszerével történő számítás paraméterei

A 2. ábra körvonalrajza mentén a teljes H nyomásszintkülönbség az ellenállási tényezők arányában oszlik meg, vagyis n -edik elemig bekövetkező nyomásvesztés:

$$h_{vn} = \frac{H}{\sum \xi_F} \xi_n$$

ahol

h_{vn} (m) - az n-edik elemig bekövetkező nyomásvesztés

H (m) - a fel- és az alvízszint közötti különbség

$\sum \xi_F$ (-) - a műtárgyelemek ellenállási tényezőinek összege

ξ_n (-) - a műtárgy n-edik pontjáig bekövetkezett ellenállás

A h_{vn} értékeit a felvízoldali víznyomásszinttől kell levonni. Az 1,0 m szélességű műtárgysávra ható hidrodinamikai felhajtóerő az alapozási sík és az ábra közötti terület és a víz térfogatsűrűségének a szorzata:

$$F = \gamma_v \cdot A_F$$

ahol

A_F - a hidrodinamikai felhajtóerő ábra területe

γ_v - a víz térfogatsűrűsége

A szivárgás aktív tartományának meghatározása:

Az aktív tartomány mélységét a műtárgy talajba mélyített részének vízszintes vetülete (L) és a legmélyebb műtárgyelem (S) függvényeként számítjuk:

ha	$\frac{L}{S} \geq 5,0$	akkor	$M_a = 0,5 L$
	$5,0 > \frac{L}{S} \geq 3,4$	akkor	$M_a = 2,5 S$
	$3,4 > \frac{L}{S} \geq 1,0$	akkor	$M_a = 0,8 S + 0,5 L$
	$1 > \frac{L}{S} > 0$	akkor	$M_a = S + 0,3 L$

A vízzáró réteg mértékadó mélységének (M_m) meghatározása:

(ha M_t a vízzáró réteg tényleges mélysége)

$$M_t \leq M_a \quad \text{akkor} \quad M_m = M_t$$

$$M_t > M_a \quad \text{akkor} \quad M_m = M_a$$

Az ellenállási tényezők számítása:

A vizsgált műtárgyalakzatot (2. ábra) a műtárgy körvonalrajza mentén elemeire bontjuk, majd megállapítjuk az egyes elemek ellenállási tényezőit, és az egész

körvonalrajz mentén fellépő ellenállási tényezők összegét. A 2. ábrán szemléltetett műtárgy a következő elemekre bontható:

- Belépő és kilépő elem: 1-A-2 és 5-C-6 szakasz ellenállási tényezőjük jelölése: ξ_{be} és ξ_{ki}
- Belső szádfal: 3-B-4 ellenállási tényezője: ξ_{sz}
- Vízszintes körvonal elemek: 2-3 és 4-5 ellenállási tényezői: ξ_{v1} és ξ_{v2}

Az ellenállási tényezők összege:

$$\sum \xi_F = \xi_{be} + \xi_{v1} + \xi_{sz} + \xi_{v2} + \xi_{ki}$$

A be és kilépő elemek ellenállási tényezője:

$$\xi_{be} = \xi_b + 0,44$$

$$\xi_{ki} = \xi_k + 0,44$$

ahol

$$\xi_b = \frac{a_1}{M_1} + 1,5 \frac{d_1}{M_2} + \frac{\frac{1}{2} \cdot \frac{d_1}{M_1}}{1 - 0,75 \frac{d_1}{M_1}}$$

$$\xi_k = \frac{a_3}{M_4} + 1,5 \frac{d_3}{M_3} + \frac{\frac{1}{2} \cdot \frac{d_3}{M_3}}{1 - 0,75 \frac{d_3}{M_3}}$$

Belső szádfal ellenállási tényezője:

$$\xi_{sz} = \frac{a_2}{M_2} + 1,5 \frac{d_2}{M_3} + \frac{\frac{1}{2} \cdot \frac{d_2}{M_3}}{1 - 0,75 \frac{d_2}{M_3}}$$

Vízszintes szakaszok ellenállási tényezője:

(2-3 elem)

ha $l_1 > 0,5 (d_1 + d_2)$ akkor

$$\xi_{v1} = \frac{l_1 - 0,5(d_1 + d_2)}{M_2}$$

ha $l_1 \leq 0,5 (d_1 + d_2)$ akkor

$$\xi_{v1} = 0$$

(4-5 elem)

ha $l_1 > 0,5 (d_2 + d_3)$ akkor

$$\xi_{v2} = \frac{l_2 - 0,5(d_2 + d_3)}{M_3}$$

ha $l_1 \leq 0,5 (d_2 + d_3)$ akkor

$$\xi_{v2} = 0$$

7.1.2. Az átszivárgó vízhozam számítása

Az ellenállási tényezők módszerével történő átszivárgó vízhozam számítása:

$$q = \frac{H}{\sum \xi_q} \cdot k$$

ahol

$q \left(\frac{\text{m}^3/\text{s}}{\text{m}} \right)$ - az 1 m széles műtárszakasz alatt átszivárgó vízhozam

H (m) - a fel- és alvízszint közötti nyomásszint különbség

k (m/s) - a szivárgási tényező

$\sum \xi_q$ (-) - az ellenállási tényezők összege, a tényleges M_+ szivárgási mélységgel

7.1.3. A hidraulikus gradiens meghatározása

Meghatározása a hidraulikai talajtörés szempontjából szükséges.

Megkülönböztetünk:

- átlagos hidraulikai gradiens (i)
- kilépési gradiens (i_o)

Átlagos hidraulikai gradiens:

Az egységnyi, legrövidebb szivárgási úthosszra eső nyomáscsökkenést jelenti.

$$i = \frac{H}{L_0}$$

H - fel- és alvízszint különbsége

L_0 - a legrövidebb szivárgási úthossz

Kilépési gradiens:

A vízkilépési helyen kialakuló legnagyobb hidraulikai gradiens. Vízi létesítmények hidraulikai **állékonyság-vizsgálatánál minden esetben el kell végezni a hidraulikus talajtöréssel szembeni biztonság kimutatását** (az építmény alatti és a megkerülő szivárgásokra vonatkozóan is).

$$i_0 \geq i_n$$

i_0 - a törési határgradiens (adott talajra jellemző érték)

i_n - a mértékadó gradiens

A törési határgradiens (i_0) egy adott talajra jellemző hidraulikai gradiens, amelynél nagyobb gradiensnél a talajban hidraulikai talajtörés következhet be. Ennek értékét annak a talajrétegnek a szemszerkezete, ill. talajállapota szabja meg, amelyből a szivárgó víz kilép. Vízkilépési helynek kell tekinteni azt a felületet is, amelyen keresztül a víz egy talajrétegből egy másik, jobb vízvezető-képességű rétegbe lép, és a két réteg szemszerkezete nem a szűrőzött réteg követelményei szerint kapcsolódik egymáshoz.

A törési határgradiens értékei:

Talajnem, talajállapot	i_0
Kötött talaj, ha szerkezeti átteresztőképessége nincs	1,0
Kötött talaj, gyökér és féregjáratos, melynek van szerkezeti átteresztőképessége	0,8
Vízáteresztő talaj, vegyes szemnagyságú, egyenlőtlenégi együtthatója: $U > 5$	1,0
Finomszemcsésű, folyósodásra hajlamos talaj, $U < 5$	0,5 - 1,0
Bármilyen talaj, ha a felszínét a vízkilépés helyén szűrő védi	

A mértékadó gradiens:

$$i_n = n \cdot i$$

A legnagyobb hidraulikai gradiens (i) meghatározása számítással vagy kismintakísérlettel történhet.

Az „ n ”, a talajrétegződés jellegétől függő együttható értéke:

Rétegződés jellege	n
Szabályos homogén	3
Szabálytalan, heterogén, lemezes vagy járatos	3-6
A szűrővel védett rétegben, a szűrőn át történő vízkilépés esetén	1
Szűrőrétteg esetén (szűrőszabály szerint készült)	2

A kilépési gradiens értékének meghatározása Numerov szerint:

$$i = \frac{H}{M_i} \cdot \frac{1}{\alpha \sum \xi}$$

ahol

i (-) - a kilépési gradiens

H (m) - a fel- és alvízszint különbsége

M_i (m) - a kilépési gradiens szempontjából mértékadó tartomány

α (-) - alaki jellemzőktől függő tényező

$\sum \xi$ (-) - a veszteségtényezők összege

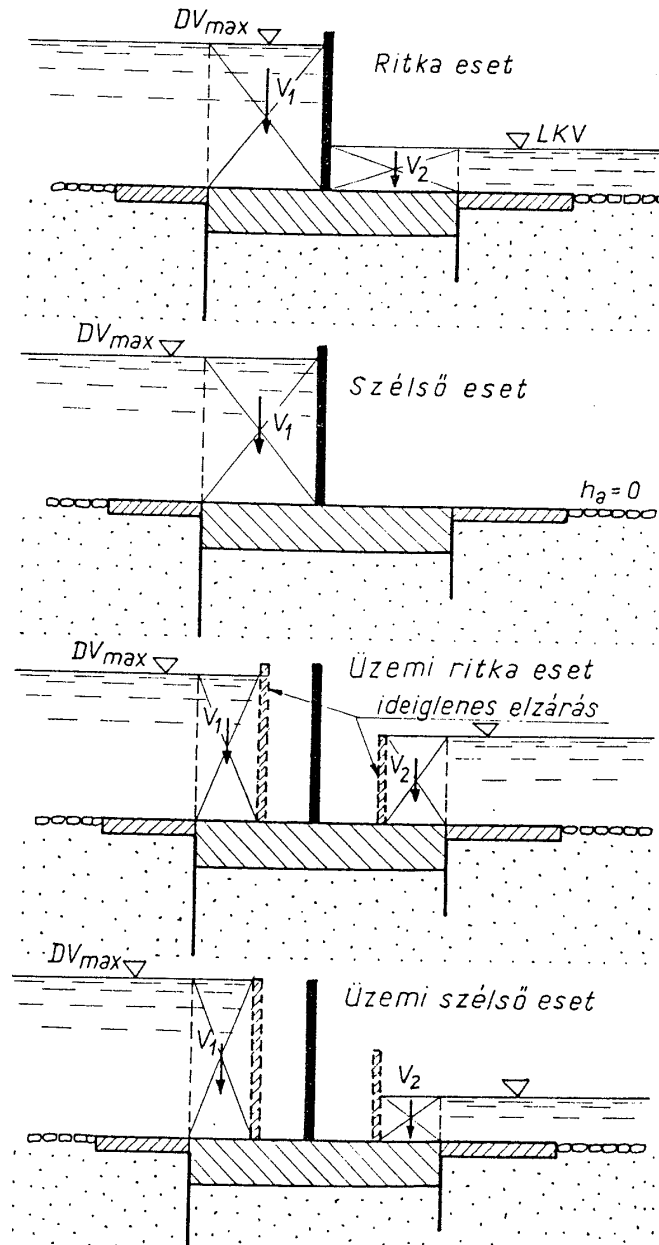
és

$$\alpha = \sqrt{\sin \left[\frac{\pi}{2} \left(\frac{d_3}{M_i} - \frac{M_3}{M_i} + 1 \right) \right]}$$

Az építményt megkerülő szivárgásból származó talajtörési biztonság kielégítő, ha:

szűrő nélküli talajnál $\frac{H}{L_0} \leq 0,2$ H - víznyomásszint különbsége

szűrözött talajnál $\frac{H}{L_0} \leq 0,5$ L_0 - legrövidebb szivárgási úthossz



7.3. ábra: Jellemző terhelési esetek