

13. ÁRVÍZVÉDEKEZÉS

Az árvízvédekezés több műszaki tudomány speciális ismeretei alapján nagyvíz idején törvényi felhatalmazás szerint végzett céltudatos, összehangolt, szakszerű tevékenység az árvíz kártétele ellen. Az árvízvédekezés legfontosabb területei az árvízvédelmi vonal funkciójának biztosítása:

- Eljárások a töltés koronát meghaladó vízszintek káros hatásának kivédésére,
- A gát elhabolás elleni védelme,
- Védekezés árvízi jelenségek ellen,
- Intézkedések gátszakadás esetén.

13.1. VÉDEKEZÉS A TÖLTÉSKORONÁT MEGHALADÓ ÁRVÍZ ELLEN

Töltés koronát meghaladó árvíz ellen a védvonal magasításával („meghágás” elleni védelem) vagy a vízszint csökkentésével védekezhetünk. Ez utóbbi csak kevés helyen megvalósítható lehetőség. A töltéskoronát meghaladó árvíz elleni védekezés a védmű fajtája szerint az alábbi fő csoportokba sorolható:

- a földtöltések magasítása;
- az árvízvédelmi falak magasítása;
- a magas partokon¹ ideiglenes védművek kiépítése vagy erősítése, és
- egyéb módszerek és lehetőségek (az árvízszint csökkentése szükségtározással, elsőrendű árvízvédelmi szakaszok kizárása a terhelésből).

Az árvízvédekezés sikere igen nagymértékben függ az árvízi előrejelzések megbízhatóságától. Az árvizek előrejelzése során meg kell adni a várható árvíz tetőző vízállásának időpontját; a tetőzés magasságát (vízhozamát) és időtartamát; az apadás ütemét.

A tetőző vízállás időpontjának előrejelzése a védekezésre való felkészülés szempontjából fontos időelőnyt ad. Az árvíz magasságának előrejelzése a védekezési módot is megszabhatja (pl. ha az előrejelzett árvíz tetőző magassága meghaladja a védvonal koronamagasságát, akkor nyilvánvaló, hogy a tetőzésig rendelkezésre álló időben a védvonalat emelni kell).

Előrejelzés készítésekor két egymásnak ellentétes követelményt kell kielégíteni. A védekezés szempontjából az a fontos, hogy minél hosszabb időre előre jelezzünk, de követelmény még, hogy a jelzett értékek a lehető legmegbízhatóbbak legyenek. Az előrejelzés csak akkor tehető pontosabbá, ha minél nagyobb számban zárhatjuk ki vizsgálatainkból a véletlen jellegű, az előrejelzés idején nagyságukban és hatásukban még nem ismert befolyásoló tényezőket (mellékfolyókon kialakuló hullámok ráfutása a főfolyó árhullámára, a levonulási idők alakulása, az általános helyzetre visszaható másodlagos meteorológiai folyamatok stb.).

Ha a töltés koronáját meghaladó vízszint kialakulásával kell számolni az előrejelzések alapján, azonnal meg kell állapítani, hogy:

- mekkora időelőnyrel rendelkezünk a tetőzésig, vagyis mennyi időnk van az ideiglenes védművek kiépítésére,
- mi a tetőzés várható szintje.

Ezek alapján

- milyen vízszintre kell a meghágás elleni védműveket kiépíteni,
- mekkora hosszra kell meghágás elleni védelmet kiépíteni,
- milyen alternatív lehetőségei vannak a meghágás elleni védelemnek?

A minél nagyobb időelőny elérése érdekében különösen fontosak a korábbi árvizek levonulásának tapasztalatai és ezek alapján a jó előrejelzések. Példaként a fenti gondolatmenet a Közép-Tisza 2000. tavaszi árvízénél mutatható be Szolnok térségére:

- Szolnokon a Tisza tetőzése a Vásárosnaményi tetőző vízállás után általában 14 nappal, a Tokaji tetőző vízállás után 10 nappal következik be. Vagyis 4-5 nap állt rendelkezésre a védművek megfelelő magasságú kiépítésére. A Tisza Szolnoki vízmércéjének várható maximális szintje a Tokaji tetőzésből lényegesen pontosabban becsülhető, mint a Vásárosnaményi adatból, azonban mint látható, csak mintegy 4 nappal később.

¹ Magasparton az állandó védműnek általában csak kijelölt helye van.

- A VIZIG a szolnoki tetőzés előtt 12 nappal 1050 ± 20 cm várható maximális vízállást becsült előre, 10 nappal a tetőzés előtt 1020 ± 20 cm lett meghatározva. A vízszint legmagasabb értéke végül 1041 cm volt, az előrejelzés kiválóan bizonyult.
- A VIZIG döntése alapján a meghágás ellen a védműveket 1060 cm-es magasságra, kiépítési szintre kellett magasítani. (A kiépítési szintnek a várható vízszintnél magasabbnak kell lennie, például a vízszint előrejelzés bizonytalansága és az esetlegesen kialakuló hullámzás miatt. Azt is figyelembe kellett venni, hogy egy magasabb szintre egyből kiépíteni az ideiglenes védművet könnyebb, mint védekezéskor még egyszer magasítani.)
- A korai, jó előrejelzés alapján hamar világossá vált, hogy milyen hosszúságban kell a meghágás elleni védműveket kiépíteni. A szükséges hossz, az első felmérés szerint megközelítette a 200 km-t.
- Különböző intézkedésekkel azonban sikerült több tíz kilométer magasítás megépítését elkerülni. Így pl. a Közös-főcsatorna torkolati műtárgyának zárásával, a víz visszatartásával és ideiglenes szivattyúállásra nagy teljesítményű szivattyúk telepítésével a fővédvonal védekezéséből kizárásra került a Közös-főcsatorna mindkét parti töltése, aminek eredményeként több tíz kilométeres szakaszon nem kellett beavatkozni, a töltés magasítást kiépíteni. Így az ideiglenes magasítások összes hossza a 2000. évi árvízvédekezés alkalmával 155 km volt a Közép-tiszai Vízügyi Igazgatóság területén.

Nem ennyire jó a helyzet a folyók felső szakaszán az előrejelzés idejét tekintve. A Tisza, Körösök, Berettyó és Túr folyóknál az árhullám csúcsa az esőzés után 1,5-2,5 napon belül a magyar országhatáron van. Kicsit jobb a helyzet a Szamos, Bodrog és Maros esetén. A csapadék, vagy felmelegedés helyének függvényében a Duna határszélvénnyére legalább 4 napos időelőny van.

13.1.1. Földtöltések magasítása

Ha az előrejelzés alapján a töltéskoronát meghaladó magasságú árvíz várható, minden lehetséges módon és eszközzel, rendszerint igen rövid idő alatt kell gondoskodni a töltés magasításáról. A magassági hiányok elleni védekezést azért kell minél hamarabb befejezni, hogy kellő védekezési erőforrás álljon rendelkezésre a vízszint emelkedéssel egyre szaporodó árvízi jelenségek elleni védelemhez.

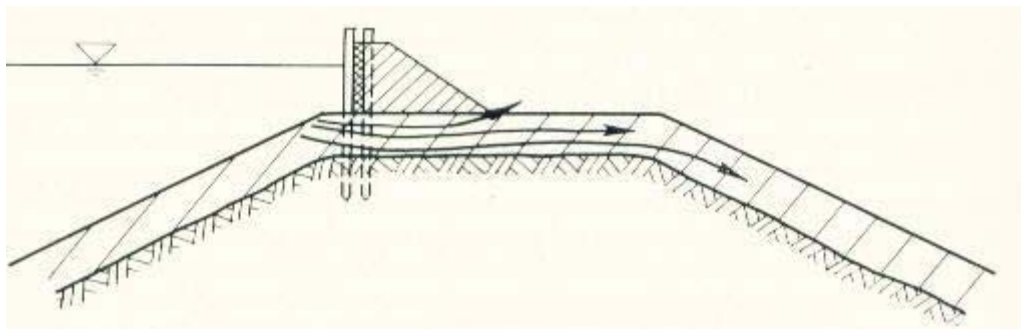
Azt, hogy a magasítást milyen módszerrel végezzük, a rendelkezésre álló idő, védekező létszám, technikai, gépi eszközök mennyisége, védekezési anyag milyensége és mennyisége, a magassági hiányos védvonal hossza, továbbá a magasítandó védvonal műszaki jellemzői határozzák meg. A munkaszervezés és az anyagellátás kulcsfontosságú, mert szűk munkaterületen, nehéz időjárási körülmények között gyorsan kell dolgozni.

Töltés koronát meghaladó vízszint ellen elsősorban töltésmagasítással, töltésfejeléssel, nyúlgát és jászolgát építéssel védekezünk. A különböző anyagokat felhasználva 0,8 m, maximálisan 1 m-ben lehet megszabni a töltés koronára kerülő ideiglenes védmű legnagyobb magasságát, bár szükség-helyzetben készültek ennél magasabbak is. Minden ilyen mű építésénél (nem csak a Közép- és Alsó-Tiszán) gondolni kell a hullámzás elleni védelemre, ami megemeli a kiépítési szintet.

A tapasztalat szerint 60 cm-nél alacsonyabb magasítás esetén nyúlgáttal, 60-80 cm magasítás esetén nyúlgáttal vagy jászolgáttal, 80 cm-nél nagyobb magasítás esetén jászolgáttal védekezhetünk sikerrel.

Amikor a folyó vízszintje megközelíti a gátkorona magasságát (vagy netán meg is haladta azt és ideiglenes magasítás tartja a vízszintet) a gát felső, külső burkoló, előregedett rétegében (ld. 6.5.1. fejezet) szivárgás indul meg (13-1. ábra). A szivárgás eláztathatja a korona felső részét, a gátkorona járhatatlanná válik (13-1. kép). Ennek a káros hatásnak a kompenzálására a nyúlgát mögött kavicssterítést lehet alkalmazni a töltéskoronán azért, hogy a védmű ellenőrzését, fenntartását és javítását végre lehessen hajtani. Ekkor gondoskodni kell a felső előregedett réteg víztelenítéséről az árvíz ideje alatt.

Meghágásnál a töltésen átcsorduló, átfolyó, átömlő víz először a töltéskoronának a mentett oldali részűjét, majd a padkát kezdi ki, mossa el. Minél homokosabb, lazább a töltés anyaga, az átcsordulásból keletkező kimosás annál gyorsabb, az elhabolás, elmosás veszélye annál nagyobb. Jelentősen csökkenthető a mentett oldal meghágás következtében kialakuló elmosása, ha a mentett oldalon a vizet fólián vezetjük le, úgy, hogy a víz nem jut be a fólia alá.

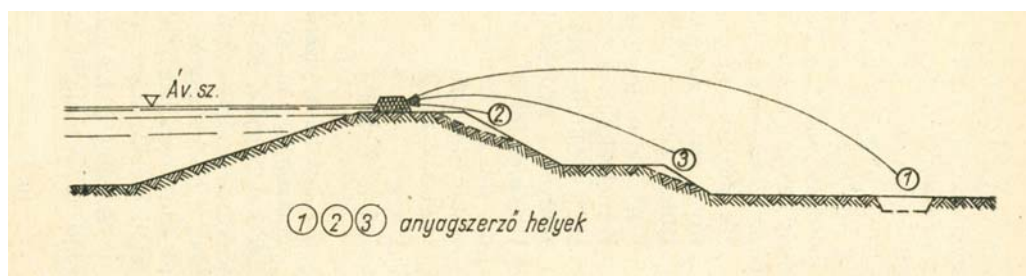


13-1. ábra. A töltés felszíni, előregedett rétegében kialakuló szivárgás az ideiglenes magasítás alatt eláztatja a töltés koronáját.



13-1. kép. Felázott, járhatatlanná vált korona a gát felső rétegének öregedése miatt kialakult szivárgás hatására.

A gátmagasításhoz anyagot a 13-2. ábra szerint a mentett oldali koronaélből (2), padka külső éléből (3), közeli és távoli anyagnyerőhelyről (1) valamint tartalék depóniából lehet nyerni. A (2) és (3) megoldások alkalmazása csak sürgős, veszélyhelyzetben alkalmazható (13-2. kép), ugyanis gyengíti a töltést és utána jelentős helyreállítás szükséges. Közeli anyagnyerőhely (a gát lábától kevesebb, mint 110 méterre) is jelentős veszélyforrás, a kötött fedőréteg gyengülése szivárgási úthossz rövidülést jelent.



13-2. ábra. Anyagnyerő helyek nyúlgát építéséhez. Amennyiben mód van rá, anyagnyerőhelyről származó anyagot használjunk.



13-2. kép. Mentett oldali töltéskorona, mint anyaggyerőhely a 2006. évi árvízvédekezésnél.

Töltésfejelés

Töltésfejelés a gátkorona gépi földmunkával végzett magasítása lehetőleg teljes szelvényben (13-3. kép). Miután a gátkorona teljes szelvényű magasítása a jelentős mennyiségű védelmi anyag és az árvízvédekezésre rendelkezésre álló rövid idő miatt rendkívüli nehézségekbe ütközik, ezért ez legfeljebb rövid szakaszon lehetséges. Hosszabb szakaszon ezzel a védekezési móddal kérdéses, hogy sikerül-e lépést tartani a vízszintemelkedéssel. Alapvető fontosságú a megfelelő földanyag, a magasítás helyes alapozása és az, hogy van-e olyan széles a korona, amelyik elbírja a töltés teljes szélességű rézsűs magasítását.



13-3. kép. Töltésfejelés teljes szelvényben az Egyesült Államokban, alighanem elfelejtettek lehumuszosítani. Ez a munka elég lassan halad, mert a dózer és a szállító jármű nem tudja kikerülni egymást a koronán. A talaj durva szemcséjűnek, túlságosan magas vízáteresztő-képességűnek tűnik, és ne feledjük, hogy dózerrel nem lehet tömöríteni!

Abban az esetben, ha földmunkagépek és gépi szállítóeszközök megfelelő mennyiségben rendelkezésre állnak az alacsony szakasz magasításához, alkalmazhatjuk a töltésfejelést. Ennek lehetőségét korlátozza a töltés koronaszélessége is. 2,5 m-nél kisebb szélességű töltéskoronán a földszállító gépek közlekedése már nem biztonságos, figyelemmel arra is, hogy a töltés esetleg átázott vagy – a korábbi esős idő miatt – a töltéskorona csúszós. Nagyobb, 6-7 m-es koronaszélesség esetén – ha nincs elég idő – elegendő 3-4 m szélességben a magasítást végezni, amin a szállító járművek közlekedhetnek. A kiépítési szint és a meglévő korona magasságának különbsége adja a magasítás (m) értékét. A magasítás két oldalára ideiglenesen 1:1 rézsűhajlást feltételezve az új korona szélesség $sz_{új} = sz_{régi} - 2$ méter értékű lehet az ideiglenes jellegre tekintettel.

A töltésfejelés végrehajtása:

- Ki kell jelölni az anyagnyerő helyet a töltéstől olyan távolságra, hogy a megnyitott gödör a töltés biztonságát ne veszélyeztesse (előírás szerint legalább 110 m). Törekedni kell töltésépítéshez alkalmas jó földanyag kiválasztására.
- Ha a töltésen a feljáró rámpák egymástól távol vannak, ideiglenes feljárókat kell építeni.
- Felázott talaj vagy esős idő esetén szükség lehet ideiglenes árvízvédelmi út építésére is.
- El kell távolítani a humuszos felső réteget (13-4. kép).
- A magasítás helyén a töltéskoronát meg kell tömöríteni.
- A magasítást előredöntéssel vagy szkréperrel végezzük.
- A töltéskoronára hordott földet földtolóval kell elegyengetni, majd tömöríteni.
- Kis koronaszélesség esetén a koronán egyirányú forgalmat (a munkaterületen körforgalmat) kell szervezni.

Két jármű kitéréséhez elegendő koronaszélesség esetén egy szakaszt két irányból is magasíthatunk, bár ilyen védvonal Magyarországon kevés helyen fordul elő. Gépi földmunkával történő magasítás esetén is be kell tartani azt a szabályt, hogy a munka alá vett szakaszon, 20-25 cm-es rétegekben, tömörítés után szakaszosan magasíthatjuk a töltést. Rendszerint a töltésen nincs hely párhuzamos közlekedésre, így az elterített talajban a nagyobb rögök szétdarabolása nem lehetséges a szállítójárművel!



13-4. kép. Töltésfejelés egy lokalizációs gáton a 2006 évi árvízvédekezéskor. Valószínűleg a humusztalanítás elmaradt. A helyszínre szállított föld túl nagy rögöket tartalmazott.

A gátkorona magasítása nyúlgáttal

A nyúlgát mindig a töltés korona vízoldalára kerül. A nyúlgátat kézi erővel lehet építeni és 10-15 cm-es rétegekben fokozatosan magasítani. Nyúlgát építésnél minden esetben figyelni kell a következő négy tényezőre:

- a korona szintjét elérő víz ne szivároгjon, csuroгjon a nyúlgát alatt a mentett oldal felé,
- a nyúlgát megfelelően stabil legyen, ellen tudjon állni a víz statikus nyomásának, (nem jó az a nyúlgát, amelyik önmagában, tehát vízterhelés nélkül sem állékony),
- a nyúlgátnak állékonynak kell lennie a hullámzás dinamikus hatásával szemben. Ez elsősorban a nyúlgát műanyag fóliába vagy geotextíliába „csomagolásával” érhető el, illetve a vízoldalon pallófal kialakításával,
- a nyúlgátan ne legyenek olyan üregek, építési hézagok, melyeken keresztül a víz a mentett oldalra átfolyhat.

A maximálisan 80 cm magasságú nyúlgátat a töltéskorona vízfelőli szélére vagy annak közelébe építjük, hogy a töltéskoronán maradjon elég széles hely a közlekedésre (13-5. kép). A nyúlgát koronaszélessége átlagosan 40-60 cm, kétoldali rézsűje 1:1, ennek megfelelően például a 60 cm magasságú nyúlgát 1,6-1,8 m széles sávot foglal el a koronából.

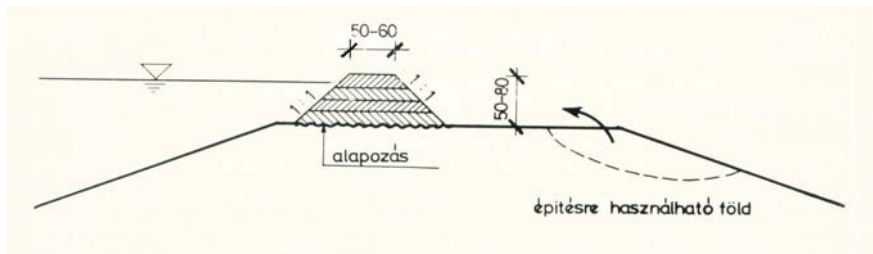


13-5. kép. Rossz helyre, a mentett oldalra épített nyúlgát. Ha a vízoldalra rakták volna, a közlekedést és a védekezést is fenn lehetett volna tartani. Így gátszakadáshoz vezetett.

Földből készült nyúlgát

A humusztalanított építési felületet (az un. tükröt) meg kell tömöríteni. Az első fektetett réteget a töltéssel a lehetőségekhez mérten jól össze kell dolgozni, az odahordott földet gondosan tömöríteni kell (13-3. ábra). A további rétegeket is tömörítéssel kell az előzőekkel összedolgozni. Földből készült nyúlgát csak rézsús kialakítású lehet (13-6. kép és 13-3. ábra), talpszélessége általában több mint két és félszerese a magasságának.

Földből épített nyúlgátat hullámverés ellen feltétlenül védeni kell. Erre legegyszerűbb módszer a fóliával való bevonás. Erre már az építkezés előtt kell gondolni, mert az elegyengetett gátkoronára először a fóliát kell elhelyezni. A hullámverésnek kitett szakaszokon további erősítést jelent, ha 1-2 méterenként karókkal rögzítjük a nyúlgátat (13-19. kép).



13-3. ábra. Nyúlgát építése földből.



13-6. kép. Rossz minőségű, növényi anyagokat tartalmazó földből épült nyúlgát.

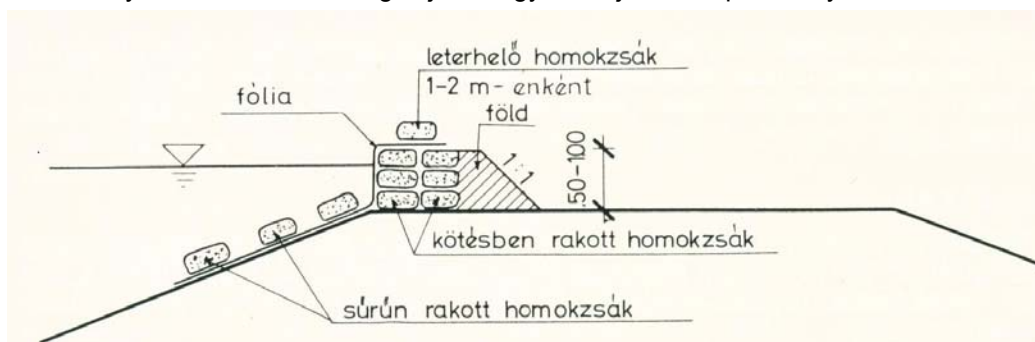


13-7. kép. Földből készülő nyúlgát építésénél a rossz anyagnyerőhely miatt túlságosan darabos a beépített anyag. A földtoló nem tud megfelelően tömöríteni, tömörítő eszköz szükséges.

A földből készült nyúlgátaknál a kis felületen jelentkező tömörítés megoldása mellett a legnagyobb probléma a megfelelő talaj kiválasztása. A nyúlgát anyagául olyan porhanyós, földnedves talajt célszerű választani, amelyik jól tömöríthető, ellenáll az erózióknak és nem ereszt át a vizet. Nem jöhet szóba alacsony konzisztenciájú száraz agyag, mert a száraz rögöket nem lehet aprítani (13-7. kép); kavics és homoktalajok, mert átteresztik a vizet; magas víztartalmú kötött talajokat pedig képtelenség kézzel beépíteni; magas plaszticitású kövér agyag, mert a magas kohézió miatt kezelhetetlen; humuszos, szerves talaj (13-6. kép), mert nincs megfelelő ellenállása. Mindenképpen kerülni kell a vízérzékeny talajok beépítését, mert azok víz hatására szétfolylhatnak. Földből készült nyúlgát anyagszükséglete a méret függvényében 50 – 100 m³ föld 100 méterenként.

Nyúlgát homokzsákból

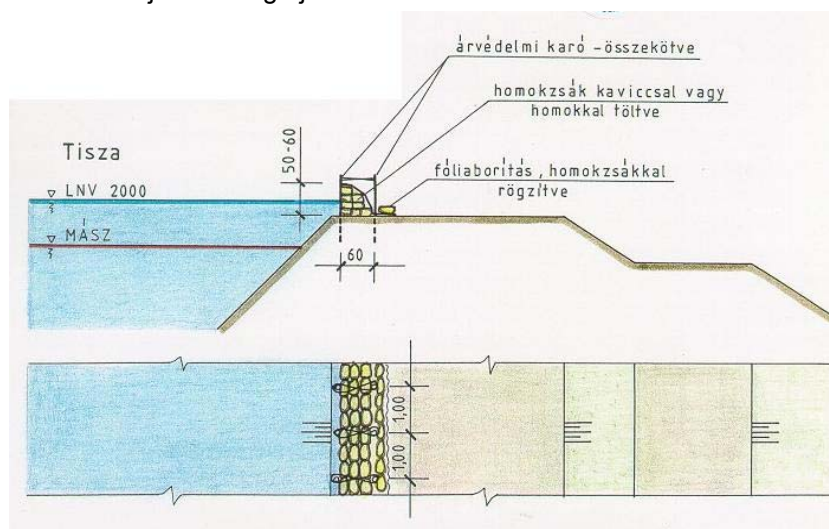
A földből készült nyúlgátnál gyorsabban építhetünk nyúlgátat homokzsákból. A munkát úgy célszerű szervezni, ha erre lehetőség van, hogy a homokzsákokat az anyagnyerőhelyen – viszonylag kedvezőbb körülmények között – előre megtöltjük és így szállítjuk a beépítés helyére.



13-4. ábra. Nyúlgát homokzsákból földmegtámasztással.

A homokzsákokat a töltés tengelye irányában, soronként és rétegenként kötésbe kell rakni. A homokzsákból készülő nyúlgát talpszélessége legyen nagyobb, mint a magassága. Homokzsákokkal függőleges fal is kialakítható (13-5. ábra, 13-8. és 13-9. képek). Legfeljebb két homokzsák magasságig egy sorban, annál nagyobb magasság esetén két illetve három sorban kell a homokzsákokat lerakni.

A 2000. évi Tiszai árvíznél a fővédvonal magassági hiány megszüntetésére a TIKÖVIZIG védelmi osztága Tiszadob belterületének védelmére közel másfél méter magas homokzsákból készült magasztást készített 6 sorba rakott jó minőségű jutazsákot használva.



13-5. ábra. Homokzsákból készült nyúlgát árvízvédelmi karó erősítésével.



13-8. kép. Homokzsákból készült nyúlgát fóliával védve.

Ha a homokzsákból épült nyúlgát hosszabb ideig magas vizet tart, mögötte földerősítést is alkalmazható. Ennél a vegyes megoldásnál 100 fm 50 cm magas nyúlgát homokzsákszüksége mintegy 1500 db (13-4. ábra).

A homokzsák önmagában is jó hullámvédelmet adhat, de itt is használható a fóliával történő hullámvédelem (13-4. ábra, 13-8. és 13-9. képek). A hullámverésnek kitett szakaszokon további erősítés lehet, ha 1-2 méterenként árvízvédelmi karókkal rögzítjük a nyúlgátat (13-5. ábra).



13-9. kép. Kellően át nem gondolt helyre épített homokzsákból készült nyúlgát (lehetetlenné teszi a mindkét irányú forgalmat).

Nyúlgát vízdali pallófallal

Erősebb szerkezeti kialakítású és hullámverés ellen is jó védelmet nyújt a vízdali palló- vagy deszkafallal erősített nyúlgát. A pallófal mentett oldalára homokzsák vagy föld kerülhet. A faanyag helyszínre juttatása esetleg több fizikai igénybevételt jelent, ha közlekedési eszközzel járhatatlan a korona.

Az így megerősített nyúlgát munkaigényesebb, mint a földből vagy homokzsákból épült, ellenben kevesebb homokzsákot kell beépíteni. Alkalmazása három-négy fektetett pallómagasságig célszerű (a pallómagassága 20 cm).

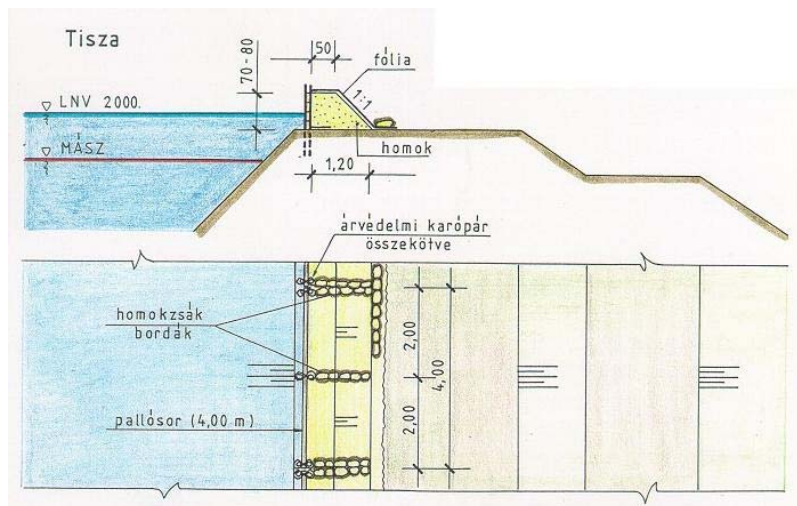
Először a pallófal készül el az árvízvédelmi karók kétoldali megtámasztásában, majd a homokzsákok kerülnek a fal mentett oldalára. Ha a homokzsákok helyett föld megtámasztás készül, akkor gondolni kell a hullámvédelemre.

Tekintettel a rendelkezésre álló rövid időre és a jelentős hosszra, 2006-ban több helyen épült a 13-10. képen bemutatotthoz hasonló pallósoros védelem, mögötte homokzsákos megtámasztással. Ezzel a módszerrel épült ki a köröszugi árvízvédelmi vonal magasság hiányos része. Három nap alatt 30 kilométer nyúlgát készült el ezzel a technológiával 2006-ban. A pallók mögötti megtámasztás a vízszint emelkedéssel erősíthető.



13-10. kép. Nyúlgát vízoldali pallófallal az 1932. évi tiszai védekezésnél.

A 2000. évi tavaszi árvíznél Tisasüly környezetében a nyúlgát **szakaszos kiépítése** történt. Először a pallósor mögötti homokzsák borda épült meg, ami 10-20 cm vizet tartott. A pallósor stabilitását a hullámverés miatt karóssal kellett megerősíteni. Amikor a töltéskoronát elérte a víz, akkor a bordák közötti rész fóliával borított, fóliába csomagolt homokkal lett kitöltve, hogy megfelelő védelmet biztosítson (13-6. ábra és 13-11. kép). Ez a technológia igen gyors előrehaladást tett lehetővé és biztosította a továbbfejleszthetőséget is.



13-6. ábra. A homokzsák bordák köze utólag homokkal lett kitöltve.

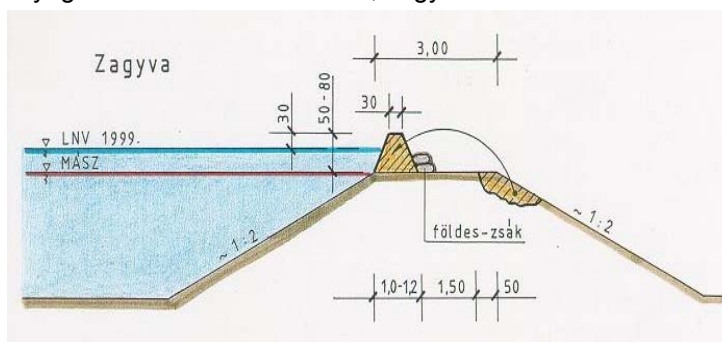


13-11. kép. Négy palló magasságú nyúlgát épül 2000-ben Tiszasülynél.

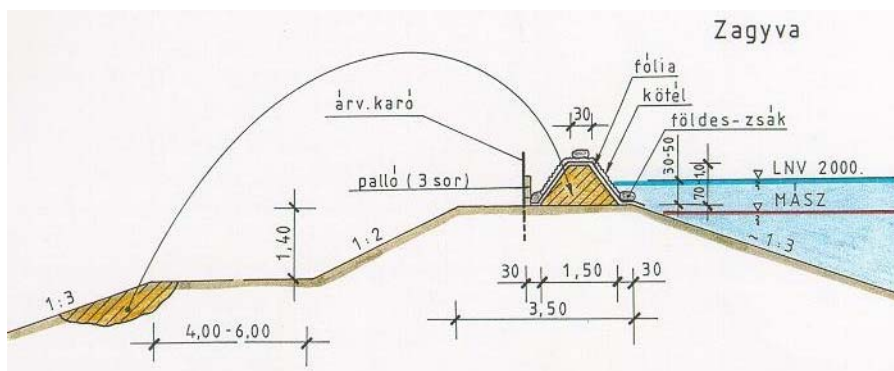
Nyúlgát építése helyi anyagból

Nehezen megközelíthető helyeken sokszor hasznos segítség a magassági hiány elleni védekezéskor, ha helyi anyag felhasználható az árvízvédekezéshez. Ekkor csak olyan anyagot és eszközt szállíthatunk, ami feltétlenül szükséges. A legfontosabb védelmi anyag a homokzsák és a legfontosabb védelmi eszköz a lapát. Ezek a védekezés helyszínére minden körülmények között eljuttathatók, ha más-ként nem, kézben. Szükség esetén nem kell félni a gátkorona mentett oldali élének vagy a mentett oldali padka külső élének elbontásától, a gát teherviselésének ezek a legkevésbé kitett részei. A töltés ilyen irányú bontását rendszerint helyreállítás követi. Ott, ahol ilyen védekezés történik, rendszerint nagyobb mértékű gátfejlesztésre is szükség van, mert jelentős a magassági hiány, tehát remélhetőleg a gát állékonyasága később biztosított lesz.

1998-ban a Felső-Tiszán az ukrainai határ alatti Tisza jobb parti töltésszakaszon a meghágás elleni védelem a korona mentett oldali éléből épült sikeresen. 2000 és 2002 között ezt a gátat megerősítették. A mentett oldali koronaél mint anyagnyerőhely felhasználása sok esetben segített az árvízvédezőkön, amikor az anyagszállítás nehézkessé vált, vagy ellehetlenült.



13-7. ábra. A Zagyva 1999. évi árvízvédekezésénél alkalmazott nyúlgátépítés (Jásztelek).



13-8. ábra. A Zagyva 2000. évi árvízvédekezésénél alkalmazott nyúlgátépítés (Zagyvarékas).

A gyorsan kialakult árhullámoknál, mint pld. a Zagyván 1999 nyarán, olyan technológiát kellett választani, amelyik gyors és hatékony meghágás elleni védelmet nyújt. Mivel más megoldást nem sikerült találni, így itt is a mentett oldali koronaél megbontásával (13-7. ábra), annak anyagából készült a nyúlgát. A szükséges 3 tkm hosszat egy nap alatt sikerült így megépíteni a Zagyva jásztelki szakaszán. 2000-ben gyakorlatilag ugyanez a megoldás került alkalmazásra Zagyvarékas térségében, azzal a különbséggel, hogy itt a nyúlgáthoz szükséges földmennyiség a töltés padka anyagából került ki. A nyúlgát utólagos palló sor biztosítással lett erősítve (13-8. ábra), mivel a beépített anyag nem volt elég tömör.

Jászolgát

Abban az esetben, ha az árvízvédelmi gátnál 60 cm-nél nagyobb magasításra van szükség, jászolgát építünk. A jászolgátnál rendszerint a palló- vagy deszkafal van nemcsak a vízoldalon, hanem a mentett oldalon is. A jászolgát két oldalának egymáshoz erősítése (a keresztkötés) vashuzalból készül. A hetvenes évek egyik árvízvédelmi gyakorlatának jászolgájtait mutatja a 13-12. és 13-13. képek. Jászolgát rőzse borítással már nem alkalmazott módszer (13-13. kép).



13-12. kép. Jászolgát palló fallal egy árvízvédelmi gyakorlaton.



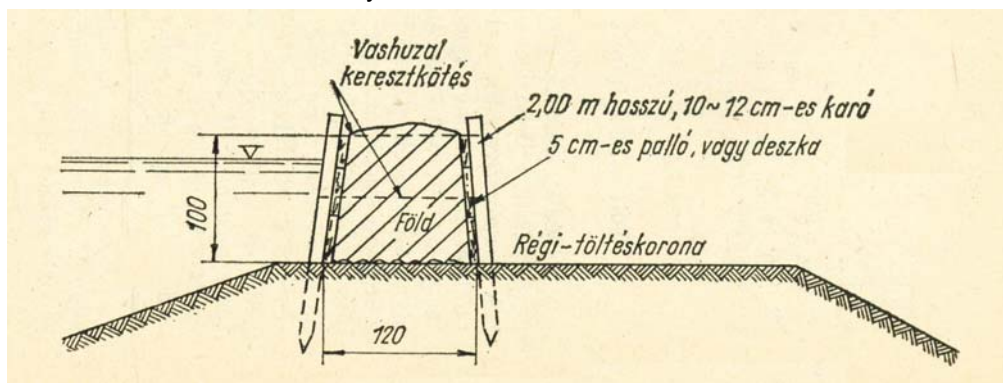
13-13. kép. Jászolgát rőzse borítással egy árvízvédelmi gyakorlaton.

A jászolgát alsó részének szélessége legalább akkora legyen, mint a magassága. Az egymással szemben levett (10-12 cm vastagságú) árvízvédelmi karókat vashuzallal kell összefogni a jászolgát magasságának függvényében akár több sorban is (13-9. ábra). Az építés munka- és anyagigényessége miatt töltésmagasításhoz csak rövidebb szakaszon jöhet szóba.

A jászolgátat megtámasztó palló falat csak kézi erővel lehet építeni. A földanyag beépítése 10-15 cm-es rétegekben fokozatosan magasítva történhet géppel is. A szükséges földet tartalék depóniából, vagy anyagnyerőhelyről nyerhetjük, a helyi körülményektől függően. Jászolgát építésnél a következő három tényezőre kell figyelemmel lenni:

- A korona szintjét elérő víz ne a jászolgát alatt szivárogjon, csurogjon a mentett oldal felé, a jászolgát a koronához történő kapcsolódást vízzáróan kell kialakítani.
- A jászolgát megfelelően stabil legyen, ellent tudjon állni a víz statikus nyomásának, (nem jó az a jászolgát, amelyik önmagában, tehát vízterhelés nélkül sem állékony). Statikus víznél nem alakulhat ki $i = 0,5-0,6$ -nál nagyobb hidraulikus gradiens.
- A jászolgát állékonynak kell lennie a hullámszás dinamikus hatásával szemben. Ezt elsősorban a jászolgátban lévő földanyag erózió gátlásával lehet megoldani. A talajkimosódás elleni védelmet a pallófal belső oldalára helyezett geotextíliával lehet elérni mind a víz oldalon, mind a mentett oldalon.

Árvízvédekezésnél jászolgát épült régebben akkor is, ha a töltésben lévő műtárgy védelme érdekében a hozzá csatlakozó csatornában ellennyomó medencét kellett kialakítani.



13-9. ábra. Jászolgát pallófallal.

13.1.2. Árvízvédelmi falak magasítása

Belterületen, elsősorban városokban sok helyen árvízvédelmi fal látja el a település védelmét. Az árvízvédelmi fal magasság hiányos részén is biztosítani kell a meghatározott kiépítési szintet. A belterületi szakaszokon készült ideiglenes védművek különböző, a helyi adottságokhoz igazodó megoldásokat igényelnek, ezekből mutat egy-egy megoldást a 13-14. és 13-15. kép valamint a 13-10. és 13-11. ábra.

A meglévő beton szerkezet miatt az árvízvédelmi fal meghágás elleni védelménél először egy olyan megtámasztó szerkezetet kell építeni, amelyik kellő alapot nyújt a további magasításhoz, ugyanis általában a beton fal kis keresztmetszete (vagy teherbírási hiánya) nem engedi meg azt, hogy arra stabil magasítás készüljön.

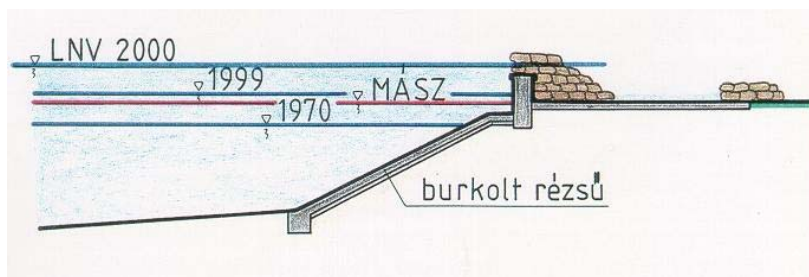
A 13-14. kép és 13-10. ábra a Szolnok belvárosi parti sétány partfalának megerősítését mutatja. Az árvízvédelmi fal mellett kialakított homokzsák sorok egyrészt megfelelő megtámasztást nyújtottak a falnak, másrészt lehetővé tették, hogy a partfal tetejét túlépítve el lehessen érni az előírt magasságot. A kis támfal és a térburkolat alatt olyan szivárgás alakult ki, mely egy hátsó ellennyomó medence sor kiépítését is indokoltá tette szorítógáttal (13-14. kép).

2000-ben Szolnok belterületén volt olyan terület, ahol a meglévő támfal megközelítése az ott elhelyezkedő épületek miatt lehetetlen volt (13-15. kép). Itt a szükséges ideiglenes védmű megépítéséhez a területet először alkalmassá kellett tenni. Így 6-10 m szélességben 800 m-es hosszon az épületeket le kellett bontani, hogy az árvízvédelmi fal magasítása megépíthető legyen. Ez egy gyors védelmi biztonsági döntést követően vált lehetővé. Így épülhetett ki a 13-11. ábrán és 13-16. képen látható védmű, amely biztosította a megfelelő magasságot is.

Belterületen sok helyen a melléképületek bontása és a főépület meghagyása mellett, igen szűk területen volt lehetőség ideiglenes védműveket építeni. Gyakran fel lehetett használni a korábbi védekezés alkalmával kialakított nyúlgátat is, mivel a nyomvonal gyakorlatilag szinte azonos. Megjegyzendő, hogy ezek a kijelölt védvonalak többnyire nem önkormányzati kezelésűek.



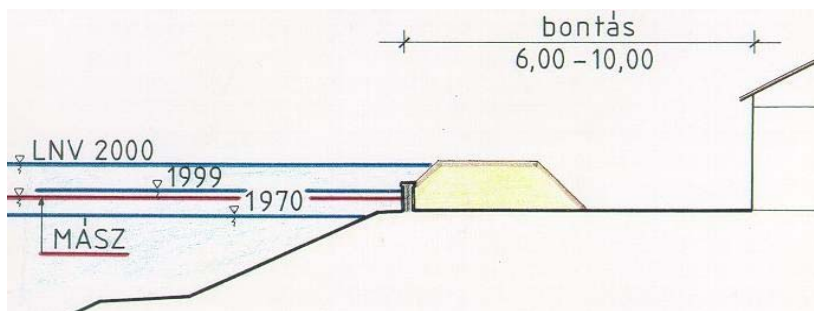
13-14. kép. Szolnok parti sétány parapetfal magasítása 2000-ben. A képhez tartozó keresztmetszeti ábra: 13-10.



13-10. ábra. Szolnok parti sétány parapetfal magasítás keresztmetszete 2000-ben.



13-15. kép. Szolnok téglaházi szakasz parapetfal magasítás 2000-ben. A hozzá tartozó metszet a 13-11. ábra.



13-11. ábra. Szolnok téglaházi szakasz parapetfal magasítás keresztmetszet 2000-ben.



13-16. kép. Árvízvédelmi fal magasztása Szolnokon 2000-ben.

13.1.3. Ideiglenes védművek kiépítése magaspartokon

Gyakran előfordul, hogy a víz olyan magasságokba emelkedik, ahol korábban nem veszélyeztetett területet, értéket is meg kell védeni. A kiépítési szintek itt is érvényesek. Magasparti ideiglenes műveknél ugyanazok a módszerek alkalmazhatók, mint gátmagasításnál: töltésfejelés, nyúlgát építés jászolgát építés (ld. 13.1.1. fejezet).

Ideiglenes védművek korábban elsősorban belterületi magaspartokon jelentkeztek. Ezen művek magasztásánál a legnagyobb probléma a helyhiány és a korábbi árvizek során megépített és magára hagyott ideiglenes védművek nem megfelelő kialakítása és anyaga volt.

Külterületi magas partokon az ideiglenes árvízvédelmi művek állékonysági problémái elsősorban abból származtak, hogy

- árvízkor ideiglenesen megépített és felhagyott nyúlgátak helyi anyagból készültek,
- az anyagyerőhely gyakorlatilag az árvízvédelmi gát mellett volt közvetlenül és
- a korábbi ideiglenes védművet a növényzet erősen benőtte.

A fentiek a 2000 évi tartósan magas vízállások esetében komoly állékonysági problémát okoztak, emiatt egyes helyeken csak többszörös erősítéssel lehetett megtartani az ideiglenes magasparti védvonalat.

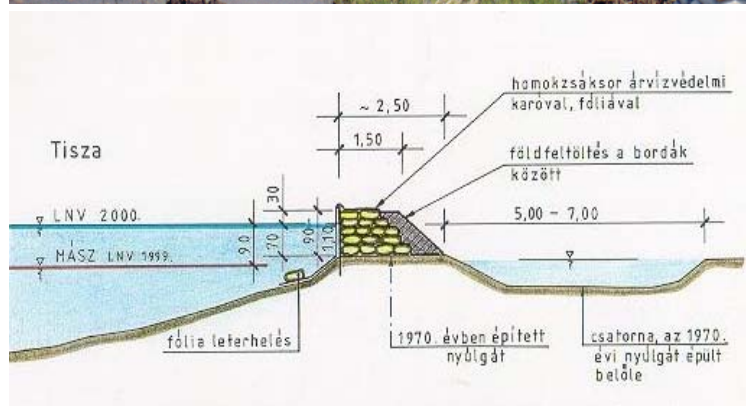
Tiszajenő-Vezseny magasparti védekezés különösen emlékezetes volt azért, mert a gát nagyon nehezen volt megközelíthető,

- a korábbi nyúlgát mentett oldalán állt a víz, járhatatlan volt a gát előtere,
- helyi visszaduzzasztás miatt a kiépítési szintet jelentősen emelni kellett, mégpedig akkor, amikor már az ideiglenes védmű koronáját nyaldosta a víz.

Az elkezdett védekezési szerkezeten menet közben már nehéz lett volna változtatni, alkalmazkodni kellett a homokzsákból épített nyúlgát kialakításhoz, így a Tiszajenő-Vezseny magasparti védekezésnél helyenként 1,2 méternél magasabb nyúlgát épült homokzsákból (13-17. kép és 13-12. ábra). A nyúlgátat hosszabb rövidebb szakaszonként homokzsák borda támasztotta meg.



13-17. kép. Tiszajenő-Vezseny magasparti védekezés. A hozzá tartozó metszet a 13-12. ábra.

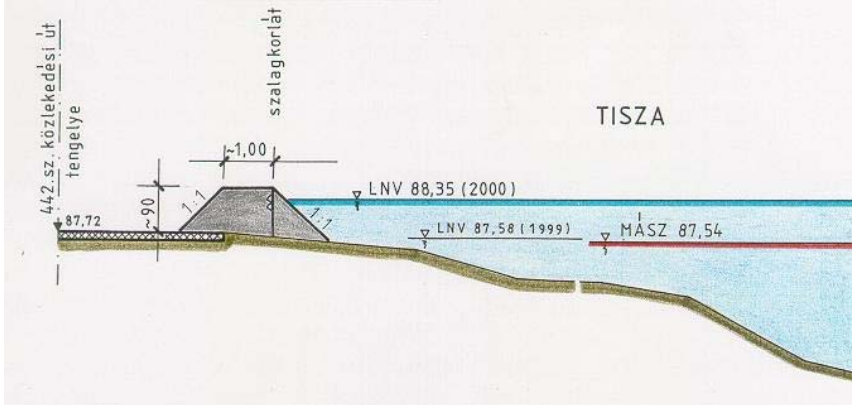


13-12. ábra. Tiszajenő-Vezseny magasparti védekezés.

Az ezredforduló csúcspdöntő árvizeinél sok helyen a könnyebb építhetőség miatt az ideiglenes védmű magasparti kialakítása, főközlekedési út mellett történt. Ezekben a helyeken a magasításhoz a főközlekedési út egy részét is igénybe kellett venni (13-18. kép és 13-13. ábra). Martfű térségében is ez történt, ahol gyakorlatilag csak az országos jelentőségű úton volt hely a nyúlgát megépítésére. Itt a gyors építést maga a burkolt út tette lehetővé. Az ideiglenes magasítás összedolgozása az útburkolattal nem lehetséges (az út felülete sima, a talaj szemcsés, így maradtak szivárgási helyek, járatok a határoló felületen), így vízterhelés hatására sok helyen jelentkezett talpszivárgás, talpcsurgás (ld. 13.3.4. és 13.3.5. fejezetek).

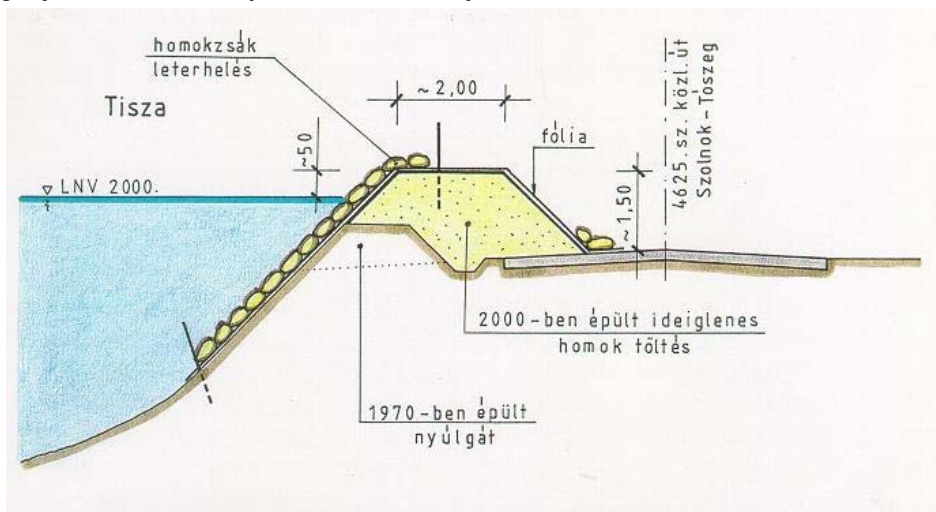


13-18. kép. A földből készült nyúlgát ráépült az útra és a védőkorlátra a Martfű feletti magasparton. A fényképhez tartozó metszet a 13-13. ábra.



13-13. ábra. Földből készült nyúlgát keresztmetszete a Martfű feletti magasparton.

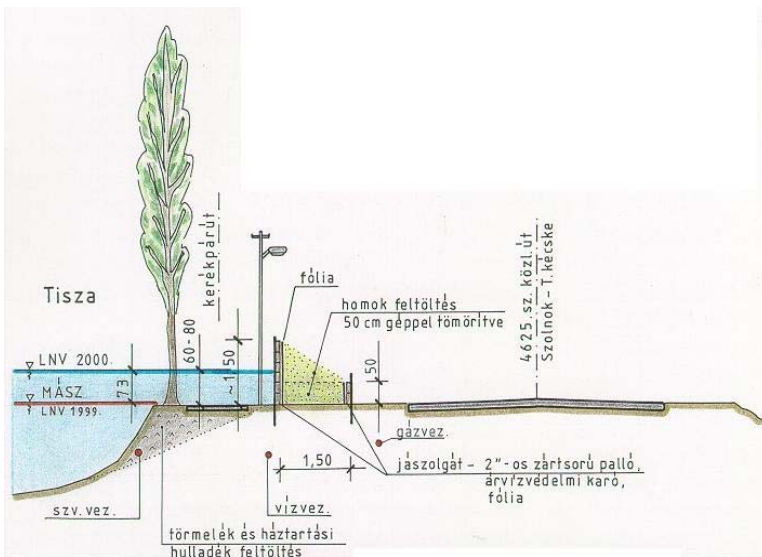
Hasonló volt a helyzet Tószegen az un. Sasi-kanyar esetében, de ott már az út teljes lezárására volt szükség. A korábban épült nyúlgátat (13-14. ábra) kellett tovább fejleszteni úgy, hogy az új ideiglenes védmű az útpálya felé lezárta. Problémát okozott, hogy a védvonal előtti hullámtér szélessége 3,5-5,0 km közötti volt. Így a tartósan magas vízállás miatt az esetleges szeles időjárásra is fel kellett készülni. A nagy meghajtási hossz és a nyílt vízfelület miatt jelentős hullámverésre is kialakulhatott volna.



13-14. ábra. Nyúlgát Tószeg-Sasi kanyar, a közúti közlekedést ideiglenesen el kellett terelni.



13-19. kép. Nyúlgát Tószeg belterületén, 2000. áprilisban.



13-15. ábra. Nyúlgát Tószeg belterületén (keresztmetszet).

Tószeg térségében a 13-19. képen és 13-15. ábrán látható ideiglenes védmű az 1999-ben a kerékpárút vízoldalán épült. A kerékpárút alatt olyan szivárgások keletkeztek, amelynek kezelése állandó jelenlétet és védelmi munkát igényelt a nagyvíz időszakában. Ezért 2000-ban a védmű a kerékpárút és az út közé került, így a védmű árvíz idején már kellő biztonságot nyújtott.

13.1.4. Magassági hiány azonnali lokális megszüntetése

Előfordulhat olyan eset, hogy a gát magasítását – szakmai megfontolások figyelmen kívül hagyásával – rövid szakaszon **azonnal** kell megoldani (pl. akár olyan esetben is, ha a gáton keresztül már folyik vagy ömlik a víz a mentett oldalra). Ekkor a magassági hiány elsősorban a nagy mennyiségű védelmi anyag minél gyorsabb „beépítésével” szüntethető meg. Az ilyen vészforgatókönyvhöz hasonló eljárásokra inkább az azonnali intézkedés, a begyakorlott sémák alkalmazása, mint a tervezett beavatkozás a jellemző.

Ha rövid 5-8 méter hosszú szakasz magasságának sürgős növeléséről van szó, minden célravezető megoldás alkalmazható. Ilyenek lehetnek:

- A teherautó platójáról hátradöntéssel nagy mennyiségű védelmi anyagnak a magassági hiányba öntése. Egyedül ekkor alkalmazzunk bekötött szájú homokzsákok² azért, hogy a víz ne mossa el a

² Ekkor hasznos, ha a homokzsákok össze is vannak kötve a víz elragadó ereje ellen.

homokzsák tartalmát. Még szerencsésebb homokzsákkal töltött konténerzsák³ alkalmazása azért, hogy a víz ne mossa el magát a homokzsákot se.

- Helikopterről homokzsákkal töltött konténerzsákoknak a magassági hiányba rakása. (Alkalmazható ömlesztett anyag is, ha a konténerzsák zárható.)



13-20. a. kép. Mobil árvízvédelmi gát, egy tömlős gát bemutatója



13-20. b. kép. Inflater mobil árvízvédelmi gát Wallingfordban az ellenőrző méréseken

Az utóbbi években terjedt el a mobil árvízvédelmi falak alkalmazása. Hasznuk, hogy kis súlyuk miatt könnyű a területre szállítani. Ezek a módszerek az amúgy is nagy mennyiségben a helyszínen lévő víz súlyát használják fel a védekezéshez. A tömlős gátaknál (13-20. a. kép) a vizet a tömlő belsejébe szivattyúzva a tömlő és a talaj közötti surlódás (áttételesen a vízzel telített tömlő súlya) tartja meg a tömlőt a vízszintes elcsúszástól. Szivattyú sem kell az EU által az Inflater projektben fejlesztett mobil gáthoz (13-20. b. kép). A legfelső hurkában lévő levegő emeli a gátat a növekvő vízállás hatására.

13.1.5. Az árvízszint csökkentése szükségátározóval

Ennél a védekezési módnál az előrejelzés szerint a töltéskoronát meghaladó vízszintek ellen a folyó vízszintjének csökkentésével védekezünk. Szükségátározásnak nevezzük az árvízvédekezésnek azt a módját, amikor az árvízszint csökkentését azáltal érjük el, hogy az árvízhozam egy részét a mentesített terület egy meghatározott részére, a szükségátározóba tervszerűen kiengedjük. A folyó ilyen megcsapolási lehetőségének előzetes megtervezése, helyének kijelölése az árvízvédekezési tervek részét képezi. Az esetleges kieresztő művek pedig célszerűen az árvízvédelmi építkezésekkel egyidejűleg készíthetők el. Az árvízvédekezés során, az előre kiépített tározók üzemelésén túlmenően, a még ki nem épített területre történő megcsapolás csak egészen kivételes esetben – a területi hatóságokkal egyetértésben jöhet szóba. Az előntésre kerülő terület elárasztása csak megfelelő előkészítés, biztosítás és kiürítés után engedhető meg. A szükségátározással kisebb vízfolyásokon, hosszabb szakaszon, akár 40-50 km-en is lehet gyors apadást elérni, vagy akár egy méteres vízszint csökkenést is el lehet érni. Ez előre számolható, tervezhető megfelelő hidraulikai modell segítségével.

Szükségátározáskor minden esetben gondoskodni kell a kieresztő nyílás bevédéséről, túlfeljődésének megakadályozásáról, majd a víz visszavezetéséről. Az elárasztásra kerülő területen az elterülő víz kormányzását, szétterülésének szabályozását előre kiépített, vagy rögtönzött lokalizáló gátakkal kell szabályozni. Mindez a sokrétű munka szükségessé teszi, hogy az ilyen lehetőségek felmérése, a művelet megtervezése árvízen kívüli (un. „béke”) időben készüljön el.

A beavatkozás eredményességét nagymértékben befolyásolhatja a megcsapolás helyes időzítése.

³ Alkalmazható ömlesztett anyaggal töltött konténerzsák is, csak akkor a konténerzsák zárása szükséges azért, hogy a víz ne mossa ki az ömlesztett anyagot.

Kívánatos, hogy a megcsapolás maximális hozama az árvíz hullám csúcsát vágja le. Ehhez lehetőleg pontos hidrológiai előrejelzésre és a megcsapolás pontos hidraulikai számítására van szükség. Már a megnyitás elrendelésével egyidejűleg intézkedni kell az elzáráshoz szükséges műszaki egységek felvonulásáról is. A tározó nyitásnak jelentős anyagi következményei vannak, ezért döntést csak a vízügy irányításával megbízott miniszter, illetve rendkívüli védekezés esetén a KKB vezetője hozhat. Senkinek se jusson eszébe saját hatáskörben szükségtározót nyitni, vagy a gátat átvágni. Ez nem csak veszélyes művelet, de súlyos anyagi és büntetőjogi következményekkel jár.



13-21. kép. Üzemben a fix bukós tamáshidai árvízi szükségtározó.

13.2. VÉDEKEZÉS HULLÁMVERÉS ELLEN

Azokat a töltésszakaszokat, ideiglenesen épített nyúlgátakat, ahol a szél keltette hullámozás a védmű jelentős károsodását, vagy funkciói elvesztését eredményezheti, hullámverés ellen be kell védeni. A hullámozó víz elmosó, eróziós hatását **elhabolásnak** nevezzük. Az 13-22. kép víz oldali valamint víz oldali és mentett oldali elhabolást mutat.

Nagyobb vízfelületen már a gyenge szél hatására is hullámozás kezdődik, ami a szél erejének fokozódásával erősödhet, különösen ott, ahol széles vízfelület, a szél irányában kellő meghajtási hossz áll rendelkezésre. Ilyen helyek a Kárpát-medence nagy folyóinál, elsősorban a Tisza széles hullámterein fordulnak elő.

13.2.1. A hullámozást befolyásoló tényezők

A kialakuló hullámmagasság függ a vízmélységtől. Kellő vízmélység és meghajtási hossz esetén a szélerősség függvényében 60-80 cm, sőt 1,0 m-t meghaladó hullámok kialakulásával is számolhatunk. A hullámozásnak a töltésekre kifejtett romboló hatása rendszerint nem hat a nyugvó vízszint alá 0,2 m-nél mélyebbre.



13-22. kép. Töltésrészsű elhabolása a vízoldalon (bal oldali ábra) és mindkét oldalon (jobb oldali ábra) az átcsapó hullámok hatására.

A hullámok romboló hatása a víz **periodikus mozgása** miatt alakul ki. Minden hullámnál víznyomás, majd szívás keletkezik a vízzel érintkező talaj felületén és közvetlenül a felszín alatt. Ugyanakkor a felfutó-lefutó víz **áztatja, erodálja** a rézsűt.

A hullámverés okozta elhabolás annál nagyobb, minél magasabb hullámok alakulnak ki. A hullám

magasságát, és ezáltal a hullámozás elleni védmű kialakítását az alábbi tényezők befolyásolják:

- a szél sebessége⁴ (erősebb szél magasabb hullámokat gerjeszt),
- a hullám meghajtási hossza (a szabad vízfelület hossza). Hosszabb szélirányú szabad vízfelület, magasabb hullámok kialakulását gerjeszti,
- a széliránynak az árvízvédelmi gáthoz viszonyított iránya (legveszélyesebb a gátra szemből, merőlegesen fújó szél),
- a vízmélység nagysága (mélyebb víz esetén ugyanaz a szél magasabb hullámokat gerjeszt),
- aktív véderdő jelenléte (a gát előtt lévő hullámtéri véderdő redukálhatja a hullámmagasságot, de meg nem szünteti),
- az árvízvédelmi töltés víz oldali rézsűjének lejtése (meredek rézsű sokkal erózió veszélyesebb, mint a laposabb),
- vízdoldali földrézsűk felületének anyaga: gyepesítettsége, burkolata (új töltéseknél, töltés erősítéseknél, amikor még nem alakult ki a gyeptakaró, a földrézsű sokkal erózió veszélyesebb, mint a beállt, biológiai védelemmel ellátott füves rézsű),
- az árvízvédelmi töltés vízdoldali rézsűjének anyaga, állapota (laza, rossz állapotú rézsűt a víz könnyebben bont meg).

A **veszély kettőssége** erősíti egymást, ugyanis nagyvíznél a hullámtér szélesebb, a vízmélysége nagyobb, aminek következtében magasabb hullámok alakulnak ki, pontosan akkor, amikor a nagyvíz miatt a töltésből is kevesebb áll ki a vízből. Ugyanakkora és ugyanolyan irányú szél hatására tehát nagyvíznél sokkal magasabb hullám kell számítani. A fentiek alapján megállapítható, hogy magas árvíz alatt kialakult hullámozás többszörösen rontja a hullámozással szembeni védekezési esélyeinket.

13.2.2. A hullámozás hatása a vízdoldali rézsűre

A hullámozás a meredekebb rézsűt könnyebben megbontja, a lapos rézsűn magasabbra fut fel. A burkolatlan rézsű hullámozás elleni védelemében segít a rézsű biológiai védelme és a hullámvédő erdősáv. A hullámtéri véderdő közvetlenül a töltés vízdoldalánál található, helyenként hajózási nyiladékkal megszakítva. Az erdősáv sűrűségével⁵ (levelek, ágak csillapító hatásával) megtöri a hullámozás jelentős részét, így a töltést csak csökkentett hatás éri.

Ha számításba vesszük, hogy egy 1:3-as földrézsűt már tartósan jelentkező 10 cm magas hullámok is megbontanak, nyilvánvaló a vízdoldali védelmének szűkségessége. Nem megoldás a rézsű laposítása sem. Még az 1:5 rézsűhajlást⁶ is kikezdi a hullámozás⁷.

Kis magasságú hullámozás is megbonthatja a rézsűt, a napi 30-50 ezerszer ismétlődő szívó-nyomó hatással! Meg kell jegyezni, hogy rendszerint ritkák a másfél napnál hosszabb ideig tartó szelek a Kárpát-medencében, bár egyetlen árvíznél több szeles periódus előfordulhat.

Az 1998 óta tartó 10 év árvízvédekezéseinek a természet kegyes volt az árvízvédekezőkkel, nem alakult ki tartós szél, nagy hullámozás. Nem volt ilyen szerencsés az 1876 évi árvíz, amikor is három szeles nap is volt. A Csongrád alatti egyik Tisza töltésen közlekedő lovas kocsis lovai úgy megbokrosodtak a koronára is felcsapó hullámveréstől, hogy a kocsit berántották a vízbe, hajója a helyszínen életét veszítette.

A Tolna-Mözsi öblözetbe 1941-ben kitört árvíz a töltést hátulról támadta meg, és egyetlen éjjeli hullámverés a töltés korona szélességének $\frac{3}{4}$ -ét elhálta több száz méteres hosszon!

Az utóbbi 100 évre visszatekintve talán a legnagyobb hullámverés volt az 1940. áprilisi a Közép-Tisza mentén, amikor a méteres hullámok több mint két napon át ostromolták a gátakat a Kisköre alatti szakaszon, mintegy 4 kilométer hosszon tönkretéve a Tisza-völgyben a téglaburkolatot (13-23. – 13-25. képek). Erről az eseményről a következő módon emlékeztek meg a szemtanúk:

„Már-már azt lehetett hinni, hogy az árvíz minden különösebb kártétel nélkül fog lefolyni, amikor április 6-, 7- és 8-án irtózatoss erejű szélvihar korbácsolta fel a tengerré szélesedett árterületen lévő víztömegeket. A szélvihar nemcsak szokatlan erejével tűnt ki, hanem kitartónak is bizonyult, amennyiben 72 órán át változatlan hevességgel dühöngött.

⁴ A hullámverés kialakulásának feltétele, hogy a szél sebessége meghaladja a 2,5 m/s-t (~9 km/h-t).

⁵ Csak vegetációs időszakban hatékony, 6-7 hónapig egy évben.

⁶ 1:5 rézsűhajlás épült az 1895 évi tiszai árvíz után a Köröszugban.

⁷ Meg kell jegyezni, hogy a laposabb vízdoldali rézsűhajlás nagyobb földtömeg beépítését, magasabb fenntartási költséget és nagyobb terület igénybevételt jelent.

Az óriási szélviharban 2 m-es hullámhegyek keletkeztek és a hullámok kitartó következetességgel ostromolták a töltések oldalát. A szél északkelet felől zúdult az Alföldre, így legjobban azok a töltésszakaszok szenvedtek, amelyek iránya északnyugat-délkelet irányú.

Az erős hullámverésben a védekezés szinte a lehetetlenséggel volt határos. A szegényesen és hiányosan öltözött munkások nehezen állották a szélvihar ostromát. A töltéseken is átcsapó hullámok pillanatok alatt átmedvesítették a védekezők ruháit, akik így nem tudták lelkiismeretesen teljesíteni kötelességüket. A hullámok kikezdték a töltések oldalát, kitépték a földbe vert karókat és a nehezen elhelyezett védanyagot elsodorták. A keletkezett elhabolások széle a szélviharban kitett helyeken a töltések koronáját is elérte, sőt meg is haladta. A helyzet az éjszaka folyamán még csak rosszabbodott. A szélviharban mindenféle világítás felmondta a szolgálatot. A vak sötétben az emberek nem tudtak dolgozni, elhagyták helyüket. A sötétséggel párosult bizonytalanság, az elemekkel folytatott küzdelem, felőrölte az emberek ellenálló képességét, az idegek felmondták a szolgálatot és helyenként az éjszakában pánik keletkezett. ... A hajnal hasadása enyhülést hozott a védekezőknek. A nappali világosság mellett végre kezdetét vette a komoly, rendszeres védekezés, amely gátat vetett a további elhabolásnak.”



13-23. kép. A töltés koronán is átcsapó hullámok az 1940. évi áprilisi orkánál. A vízszint a téglaburkolat hullámtörőjéig ért.

„Lényegesen veszélyesebb volt a helyzet azokon a szakaszokon, ahol a töltés vízfelőli oldala téglaburkolattal van ellátva. A társulatok ugyanis hullámverésnek gyakran kitett helyeken az ismételt károk elkerülése céljából, vagy ott, ahol a töltés vízfelőli lejtőjének kiépítéséhez nem állott rendelkezésre a szükséges terület, a töltés oldalát szilárd burkolattal látták el. A burkolat kavicsagyazatba szárazon rakott ékelt termésköböl, vagy cementhabarcsba élére rakott téglából készült.

Számos tapasztalat igazolta, hogy az ilyen szilárd töltésburkolat a legnagyobb hullámverésnek is biztosan ellenáll és a töltés átázását megakadályozza. Hátránya az, hogy idők folyamán a burkolaton a bekövetkezett egyenlőtlen ülepedés vagy kifagyás folytán, esetleg más okból repedések keletkeznek. A repedésekbe árvíz alkalmával a víz bejár, a burkolat alatt lévő talajt megbontja és kimossa. A tartós kimosás következtében a burkolat alatt tekintélyes üregek keletkeznek, amelyek később a burkolat tönkremenetelét és beomlását idézik elő. Ilyen beomlás a Heves-Szolnok-Jászvidéki Társulat területén Sarud, Tiszánána, Tiszasüly és Köttelek községek határában összesen mintegy 900 m hosszú szakaszon, a Közép-tiszai Ármentesítő Társulat területén Tiszaderzs, Abádszalók és Pusztataskony községek határában 150 m-en következett be.”



13-24. kép. 1940. áprilisi orkán hatása a téglarézsűburkolatra Tiszaderzsnél. A csonkolt fűzek hullámvédélme elhanyagolható volt.



13-25. kép. 1940. áprilisi orkán hatása a téglarézsűburkolatra Tiszaderzsnél. Jól azonosíthatóak a téglaburkolat több sorban beépített hullámtörői.

Az elhabolás elleni védekezés időben két típusra osztható:

- megelőző védekezés, amikor az előrejelzés alapján tudjuk, hogy milyen irányú és milyen erősségű szél várható,
- hullámverés közbeni védekezés, melynek két fajta lehet:
 - amikor még nincs elhabolás, és
 - amikor a hullámszél már elkezdte a töltést (a XIX. századi szóhasználat: amikor a hullámszél „már partot mart”).

Az első esetben a védelmet a hullámszél várható idejének vízszintjére, mindkét utóbbi esetben a hullámvédelmet a pillanatnyi vízszintre kell kiépíteni. A vízszint változással a hullámvédelmet át kell helyezni az aktuális magasságra. Ebből ered a jó hullámvédelemmel szemben támasztott egyik legfontosabb igény, követni lehet a vízállás változását. Olyan hullámvédelemnél, mely a felszínről, a szárazulatról nem áthelyezhető, a víz alatti építés jelentkezik követelményként.

A hullámverés elleni művek hagyományos és új anyagai:

- rőzse alapanyagú művek,
- geoműanyagok (georács, geotextília szűrőszövet és fólia),
- vízzáró műanyag fólia,
- vízépítési terméskő,
- homokzsák, ami kavicssal, homokkal vagy földdel tölthető,
- homokos kavicssal töltött konténerzsák,
- puha védanyag (pl. szalma, kátré),
- faanyag (palló, deszka, árvízvédelmi karó), és ezen anyagok kombinációi.

13.2.3. A hullámverés elleni megelőző védelem

A rézsú védelmére természetesen már a töltés építése során gondolni kell. Leggyakoribb eljárás a megfelelő gyepesítésű enyhe hajlású rézsú építése és a töltések elé telepített hullámtéri véderdő. A hullámtéri véderdő hatása azonban csak arra az időszakra korlátozódik (évente csak mintegy fél évre), amikor a fák már kizöldelltek. A Tisza hóolvadásából származó árhulláma rendszerint még a rügyfakadás előtt vonul le.

Olyan szakaszokon, ahol – leginkább helyszűke miatt – véderdő telepítésére lehetőség nincs, ott régen a rézsút burkolattal, első sorban **téglaburkolattal** látták el.

Biológiai védelemmel nem rendelkező (építés alatti) rézsú műszaki védelméről az árhullám kialakulásánál azonnal gondoskodni kell (13-26. kép), nem szükséges megvárni a magas vízállást. Elkerülendő, hogy nagyvíznél víz alatti munkával kelljen rézsú műszaki védelmét kialakítani.

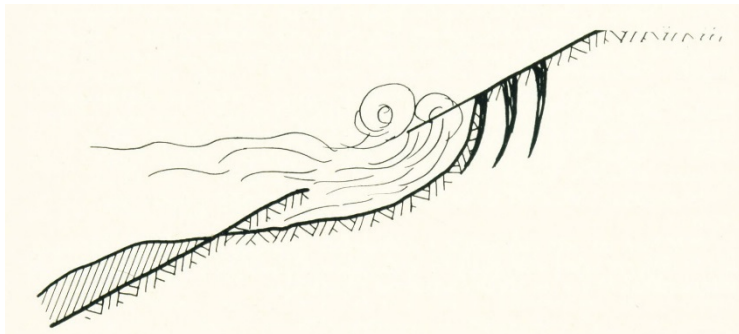


13-26. kép. Az épülő Kisdel-tározó ideiglenes hullámvédelme.

A hullámtéri erdősáv helyi hiányosságai miatt, vagy tartós erős szél hatására a hullámok a kellő gondossággal megtervezett és megépített rézsút is megbonthatják. Ez a megbontás a kétféle rézsú típusnál (gyepesített és burkolt rézsú) alapvetően két formában jelentkezik.

A hullámverés a **gyepesített rézsúnél** eleinte a kis elhabolás a fűcsomók közeit bontja meg, majd magukat a fűcsomókat is kiborítva jellegzetesen közel függőleges hátoldalú elhabolási kagyló alakul ki (13-16. ábra). A meredekké vált hátoldal támasztát veszítve a hullámszél alámosása miatt tovább szá-

kad. A leszakadó szétomlott földanyag további lesodrása már könnyen megy és így a hullámverés berágódása rohamosan halad előre. A gáton hosszában egymás után kialakult **elhabolási kagylókat** mutatja a 13-22. kép.



13-16. ábra. Hullámverés hatására kialakuló elhabolási kagyló.

13.2.4. Védekezés hullámszás közben

A hullámverés magas vízállásnál a legveszélyesebb, a felfutó hullámok a töltéskoronán is átcsaphatnak. Az átcsapó hullámok romboló hatására a víz lefut a mentett oldali részsún. Már aránylag kisméretű átömlés hatására is jelentkezhet a mentett oldal eróziója, elmosása (13-22. kép). Amennyiben a mentett oldalon a földmű tömörsége nem megfelelő, vagy nincs megfelelő minőségű biológiai védelem, a mentett oldali részsún gyorsan erodálódik. Ezért a hullámok átcsapása ellen ugyanolyan eréllyel kell védekezni, mint a koronát meghaladó árvizek átömlése ellen. Ennek érdekében a koronán nyúlgát építésével egy időben a hullámok erejének megtörésére is törekedni kell. A jó minőségű gyeperősség a mentett oldali tömörített talajon akár 12 órán át is képes 5-8 cm-es átbukási vízmagasságot levezetni, ennek hiányában már egy óra alatt is jelentős erózió alakulhat ki (pl. Tarna 1999. évi árvize a bal parton).



13-27. kép. Több szintben károsodott földrészsún Tisza-sülynél az 1940. április 6-8. közötti szélvihar hatására. A hullámszás a koronát is megbontotta.

Amikor hullámszás elleni részsúvédelmet építünk, figyelemmel kell lenni arra, hogy védőanyaggal **burkolt részsún** (így pl. fóliával letakart földrészsún), enyhe 1:3-1:4 hajlás esetén is, a hullámok felfutása a természetes gyepes töltésen kialakulóhoz képest számottevően nagyobb értéket ér el. Erre a védekezés kialakításánál gondolni kell. Sajnos az ideiglenesen burkolt (hullámszás ellen bevédett) részsúknél nem lehet olyan **hullámtörőket** kialakítani, mint például a Tisza-völgyi téglaburkolatoknál vannak.

Erős hullámverés esetén, különösen a kisebb szelvényű töltéseken minden lehetséges módon meg kell akadályozni az elhabolást. A hullámverés elleni védelemnek a hazai árvízvédekezésben sok, változatos módszere alakult ki, amelyek még vidékenként is mutatnak eltérést. Sok évtized számos árvízvédekezése során kipróbált védekezési módok megegyeznek azonban abban, hogy legfontosabb anyaguk a fűzrözsze volt. Minthogy a rözse hagyományos módon való termelése megszűnt, manapság már nem áll rendelkezésre. A hullámszás elleni védelem kialakítására számos kezdeményezés történt, új anyagok és módszerek kerültek kipróbálásra, ezek azonban még nem terjedtek el széles körűen. Korszakváltás van a hullámszás elleni védekezés területén. A rözseművek helyett a geoműanyagok alkalmazása és a nagy tömegű védelmi anyag gyors bevethetősége vezethet a megoldáshoz.

Ideiglenes hullámvédelem építése nehéz fizikai munka, a nedves, vizes vízdoldali részsún állva kell a

védelmi művet esetenként már erős hullámszásban, esetleg kilométereken keresztül méterről-méterre kialakítani. Hullámverésnek erősen kitett rézsún, a felcsapódó vízben nyáron is nehéz dolgozni, nem beszélve esetleg a fagypont körüli hőfokról. Ehhez a feladathoz búvárok segítségét kell igénybe venni, akik rendelkeznek megfelelő védőruhával, és úszni is tudnak.

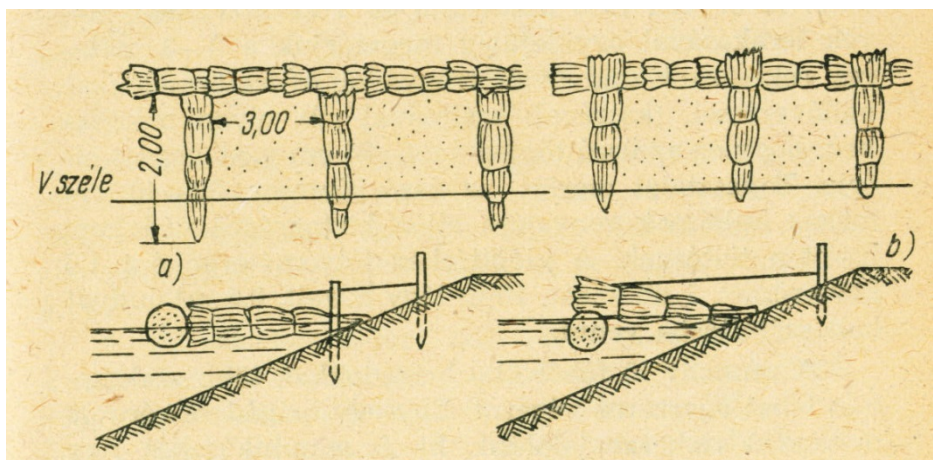
E könyvben a hagyományos rőzseműves védekezés fajtái is bemutatásra kerülnek. Ezek szerkezete alapanyag hiányában manapság már csak a módszer szintjén létezik, de a szerkezet, a kialakítás szempontjából fontosak azért, hogy valamely helyettesítő eljárás, új típusú hullámvédelem kidolgozásakor az alkotó gondolkozását megvezetve segítséget nyújtson. A hullámszás elleni védelemnek a következő **főbb szempontoknak** kell megfelelni:

- nyújtson védelmet a hullámszás káros hatásai ellen,
- egyszerű szerkezetű, könnyen építhető legyen,
- viselje el a hullámszás periodikus szívó (húzó) – nyomó terhelését,
- a vízszint emelkedése vagy süllyedése esetén áthelyezhető legyen,
- vízszint alá is lehelyezhető legyen,
- hullámszásban is elhelyezhető legyen,
- nyújtson védelmet ott is, ahol a hullámszás már partot mart.

A következő fejezetekben felsorolandó módszerek közül többet ma már nem alkalmazunk. A rőzse termelése munka és költségigényes, a készletek gyors állagromlása gyakori 2-3 éves selejtezési ciklust, ezzel párhuzamosan visszapótlást igényel. A szakszerűen kivitelezett rőzse hullámtörő mű, kedvező hatékonysági mutatóját meg nem kérdőjelezve, az előállítás és a mű elkészítésének nagy munkaerő ráfordítása miatt a tömeges alkalmazásból egyre jobban kiszorul.

13.2.5. Hullámvédelem rőzseművekkel

A rőzseművek **alapanyagát** a fűz- és nyárfák töről természetett levágott vesszői (rőzséi) alkotják. A vízkárelhárítás területén alkalmazott rőzsét kévébe kötötték és kazlakban tárolták. A rőzseművek fő építőelemei a **rőzsekévék**, a **rőzsekolbászok** és a különféle karók. Az elemek összeerősítéséhez lágyított acélhuzalt használtak.



13-17. ábra. Úszó rőzsehenger.

A hagyományos rőzse alapú védekezési módszereket a korábban megjelent árvízvédekezési kézikönyvek a következőképpen csoportosították:

- **úszóművek:** rőzseláp, úszó rőzsehenger, úszó rőzsepokróc, megkötött katré;
- a töltésrézsút borító **fekvőművek:** rőzse- és szalmaborítás, deszkaborítás, rőzsepaplan;
- a töltésrézsúre helyezett **állóművek:** futó rőzsesor, ollós karózás, rőzsehenger sor, fejkarózás, földeszakkal történő védekezés.

Ez a sorrend egyben kifejezi a különböző erősségű hullámok romboló hatása ellen eredményesen alkalmazható védekezési módszerek sorrendjét is. Álló rőzseműveket kellett korábban telepíteni akkor is, ha a hullámok már megbontották a töltésrézsút.

A rőzsekolbász és a rőzsekévé a rőzseművek leggyakoribb alkotó elemeinek alapanyaga a 2-5 cm tövstagságú fűz- és nyárfavessző. Kötésben egymásra rakott rőzséből készült az 4-6 m hosszú, lágyított acélhuzallal szorosán összekötött, 30-40 cm átmérőjű, henger alakú tömör rőzseköteg.

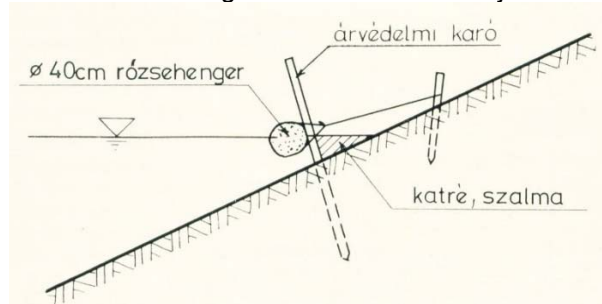
Úszó rőzseműveket célszerű alkalmazni a téglaburkolatú töltésszakaszokon a burkolatot érő dinami-

kus hatások csökkentésére (pl. úszó farönkök ütköző energiájának csökkentésére). Az úszóművek a várható tetőző vízszint felett levert árvédelmi karókhöz kötöző huzalokkal vannak rögzítve, így a vízszintváltozást folyamatos után állítással követik.

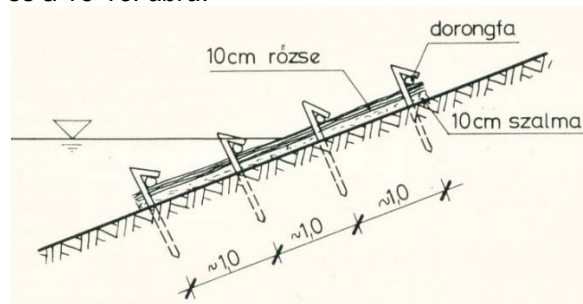
Az úszóművek viszonylag kisebb erősségű hullámverés esetén alkalmazhatók. Erős hullámverés esetén, s ha a hullámok már megbontották a töltésrészűt, állóműveket kell alkalmazni.

Úszó rőzsehenger

Az úszó rőzsehenger előre elkészített, mintegy 40 cm átmérőjű, 4-6 m hosszú rőzsekolbászból készül. Az úszó rőzsehenger két változatát mutatja a 13-17. és a 13-18. ábra.



13-18. ábra. Úszó rőzsehenger.



13-19. ábra. Hullámvédő rőzseborítás (fekvőmű) keresztmetszete

A rőzsekévéket rőzsesorrá kell összekötözni lágyhuzallal. A rőzsesort rá merőlegesen, 3 m-enként rőzsekévéekkel kell a rézsúhöz kikötni. Amikor ez 8-10 m hosszúságban elkészült, egyik végénél kezdve be kell tolni a vízbe. A merőleges kévéket karóval a töltéshez kell rögzíteni, míg a másik végén folyamatosan készül a rőzsesor hosszabbítása. A rőzsesorból és a kitámasztó kévékből alkotott rekeszeket úszó anyaggal, szalmával, rőzsetörmelékkel stb. ki kell tölteni, úgy, hogy ez az úszó tömeg 20-25 cm vastag legyen.

A rőzsehengert a vízállásváltozásnak megfelelően mozgathatjuk, állíthatjuk be az aktuális vízszintre. Főként új, gyeptakaróval még nem rendelkező, vagy gyenge gyeptakarójú töltésrészű védelmére alkalmazható, amelyet még az árhullám megérkezése előtt kell a rézsúre helyezni.

Rőzseláp, rőzsepaplan és rőzsepokróc

Rőzsehenger, rőzsepokróc és rőzsepaplan létezik úszó- és fekvőmű kivitelezésben. Az „egydimenziós” úszó rőzsesorhoz hasonló a „kétdimenziójú” úszó rőzseláp és úszó rőzsepokróc.

Az úszó rőzseláp töltés rézsújére fektetett, összekötött rőzsekévék szőnyege. A víz szélével párhuzamosan, áradó víznél 1,30 m, apadó víznél 0,30 m-re a víz szélétől, s 3 m-enként árvízvédelmi karóval rögzítve.

Az úszó rőzsepaplan lágyított acélhuzallal szorosan egymáshoz kötött fűz vessző nyálábokból álló, lepedőszerű, rugalmas, összefüggő rőzseréteg (13-19. ábra és 13-28. kép). A rőzsepokróc merevítésére átlagosan 4 m-enként keresztben egy-egy rőzsekolbászt kötnek be.



13-28. kép. Hullámvédő rózse fekvőmű (fekvő rózsepokróc) egy árvízvédelmi gyakorlaton. A rózse alatti szalma (a korabeli szűrőszövet) a talaj erózióját akadályozta meg.

A fekvő rózseművek (pl. rózsepokróc) a vízállás változásának megfelelően elvileg áttelepíthetők, de a gyakorlat azt mutatja, hogy hosszú bevédendő szakaszok esetében a gyors áradásból adódó időkorlát és a nagy munkai igény miatt ez általában kivitelezhetetlen.

Futó rózsesor

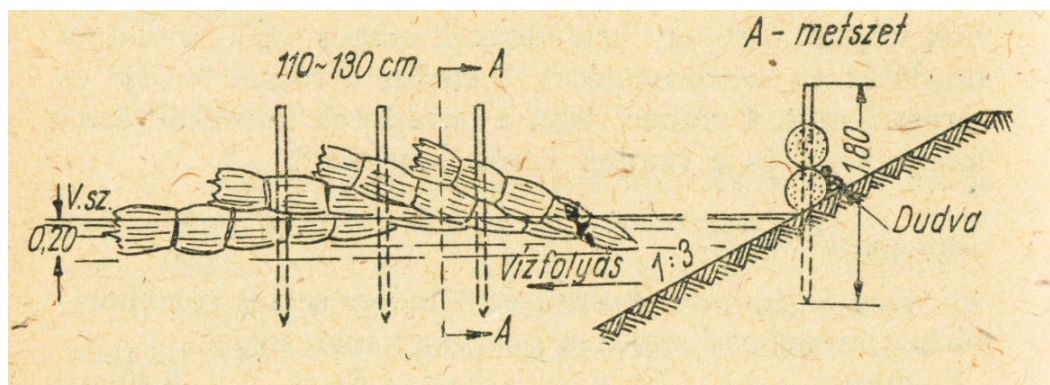
Seprűs végével a vízfolyással szembe fordított rózsekévéket hosszuk egyharmadával eltoltan egymásra kell helyezni, majd (1,5-2,0 m hosszú) árvízvédelmi karóval a töltéshez kell erősíteni úgy, hogy minden kéve legalább két helyen legyen rögzítve. (13-29. és 13-30. kép) A karókat a rózsekévéken keresztül kb. méterenként kell levetni. A rózsesor alja legalább 30 cm-rel legyen a vízszint alatt. Szükség szerint, erősebb hullámverésnél a rózsesor mögötti részt ki lehet tölteni. Elterjedt védekezési módszer, mert gyorsan, kevés anyagból készíthető, s a vízállásváltozásnak megfelelően könnyen áthelyezhető. A futó rózsesor nézetét és metszetét a 13-20. ábra mutatja.



13-29. kép. Futó rózsesor készítése a víz színére.



13-30. kép. Futó rózsesor egy árvízvédelmi gyakorlaton.

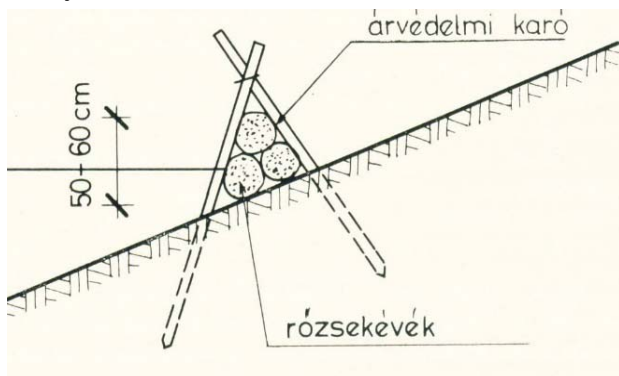


13-20. ábra. Futó rőzsesor nézete és metszete.

Ollós karózás

Erős szélben, nagy magasságú hullámok romboló hatása ellen alkalmazzuk az ollós karózást (13-21. ábra). A hullámvölgnél mélyebben, egymástól 40-50 cm-re a korona felé hajló dőléssel karósort kell levetni a töltésbe. E mögé, az 13-21. ábra és 13-31. kép szerint, három kéve rőzsét lehet elhelyezni hosszirányban átfedéssel, majd a kévek másik oldalán, szemben az alsó sorral, szorosan újabb karósort kell levetni. A karópárokat erősen össze kell kötni.

Magas hullámverés esetén alul három, fölötté kettő, s e fölött egy kéve rőzse rögzíthető ezzel a módszerrel. Az ollós karózás készítésénél egy keresztmetszetben egy, három vagy hat rőzsekévet alkalmazhatunk. Ez alapján egy-, két- vagy háromsoros rőzsehengersornak nevezik. Vízsztváltozás esetén új művet kell készíteni.



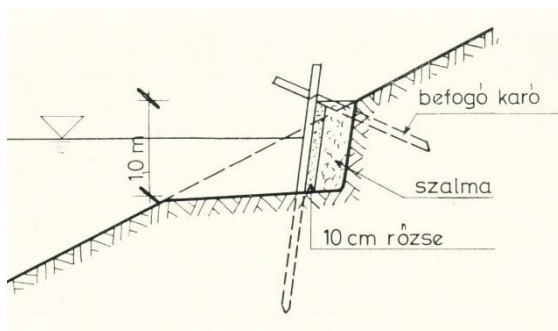
13-21. ábra. Ollós karózás keresztmetszete három rőzsekévével.



13-31. kép. Ollós karózás egy árvízvédelmi gyakorlaton.

Fejkarózás

Rendszerint akkor kell alkalmazni, ha a hullámverés a töltésrészűt már megbontotta. Az elhabolás előtt 30-40 cm-re és egymástól 40-50 cm távolságra kb. 2 m hosszú, 10 cm vastagságú árvízvédelmi karókat kell levetni. A karósort belső oldalán, szétbontott rőzsekévék anyagából 10 cm vastagságú rőzsefalat kell kiképezni oly módon, hogy mögötte a nedves szalma, vagy más hasonló tulajdonsággal bíró anyag megtartsa az oda csömöszölt földet, s ezáltal a rőzse a karóshoz legyen szorítva (13-22. ábra).



13-22. ábra. Fejkarózás

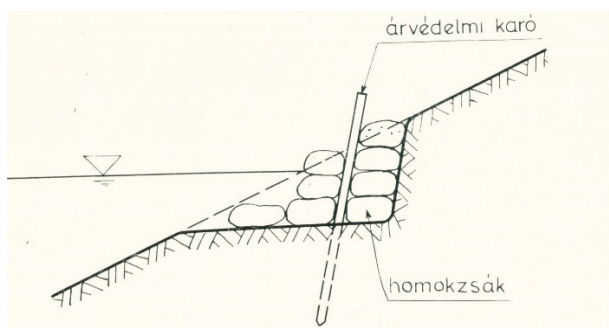
Ily módon akár 1 m magasságig is emelhető a védőfal. Ha a tartós hullámverés a karósort meglazítja, amit utánveréssel esetleg már nem lehet rögzíteni, akkor az 13-22. ábra szerint befogó karókat kell a töltésbe verni és azokat az első karókkal össze kell kötni. Ha a hullámmozgás már a rőzsét és szalmát is megmozgatja, homokzsákkal kell leterhelni. Egy 8 főből álló brigád teljesítménye 1 óra alatt 6-10 m hosszú, 1 m magas fejkarózás.

13.2.6. Hullámvédelem homokzsákkal és konténerzsákkal

Az utóbbi időben a megelőző védekezésnél is az árvízvédekezési gyakorlatban az elmaradó rőzseművek mellett egyre nagyobb szerepet kap a homokzsák, a kavicssal töltött juta vagy pp. zsák valamint a konténerzsák alkalmazása. Víz oldalon a töltés rézsűjének teljes (13-32. kép) vagy részleges befedése (13-23. ábra és 13-33. kép) is jó megoldás, ha a rézsű hajlása laposabb, mint 1:2,5. Ilyenkor a zsákokat kötésbe kell lerakni (mint a tetőcserepeket), azért, hogy a hullámzás ne tudja megbontani a zsákok alatti talajt. Erre a feladatra a juta zsákok alkalmasabbak a magasabb súrlódási tényező miatt, mint a pp. zsákok. Az építést alulról felfelé kell végezni. Az alsó sor homokzsákjának a rézsűn kiterített üres részére rá kell helyezni a közvetlenül felette lévő sor zsákjának megtöltött részét a zsákok közt átfedésben.



13-32. kép. A teljes vízoldali rézsű hullámvédelme homokzsákkal a Mississippi mellett 1912-ben.



13-23. ábra. Elhabolt rézsű védelme homokzsákkal.

Ha a hullámverés a töltésrézsűt már megbontotta, a fejkarózáshoz hasonlóan alkalmazhatunk homokzsákokat a rézsű védelmére (13-23. ábra). A rézsű elhabolt részébe 40-50 cm-enként karókat kell levetni úgy, hogy mögé a homokzsákokat elhelyezhessük. Szükség szerint a karósort elé is rakhatunk homokzsákokat. Ha az elhabolás még nem nagy, a karósort el is maradhat.



13-33. kép. Elhabolt rézsű hullámvédelme geotextíliára helyezett konténerzsákokkal Tiszanánánál.

Hullámverésnek erősen kitett, vagy már elhabolt töltésszakaszon eredményes beavatkozást lehet elérni kavicszsákok vagy homokos kavicszal töltött konténer zsákok alkalmazásával. Ha a körülmények lehetővé teszik célszerű a konténerrek alá geotextíliát fektetni. Amennyiben a feladat végrehajtása viharos körülmények között történik, úgy a konténer zsákok közvetlenül az elhabolt felületre kerülhetnek a töltés koronán álló emelőgép segítségével. A konténer zsákok közötti hézagokat célszerű kavicszal töltött árvédelmi zsákokkal kitölteni (13-33. kép).

13.2.7. Hullámvédelem geoműanyagokkal

Az utóbbi időben, az árvízvédekezési gyakorlatban az elmaradó rőzseművek mellett egyre nagyobb szerep jut az új anyagok, a műanyag fóliák, a georácok, a geotextíliák és a geokompozitok alkalmazásának. Az árvízvédelemben a mai anyagellátás mellett lehetőség van nagy mennyiségű geoműanyag gyors alkalmazására. Ezen anyagok alkalmazása lényegesen megváltoztatja a hullámzás elleni védekezést, általában egyszerűsíti az elhelyezést, gyorsítja a védelem kiépítését, azonban gond lehet a vízszintváltozás követésével. További tapasztalatokra van szükség, hogy a különböző anyagok a töltés vízoldalán hogyan viselkednek, milyen kialakítás a legmegfelelőbb, hogyan kell víz alá elhelyezni, hogyan kell rögzíteni, hogy stabil maradjon. A hullámvédelem két nagy területe itt is változatlan, milyen módszer alkalmazható, ha megelőző védekezés van és milyen, ha a víz már partot mart.

Megelőző védekezés hullámverésnél

Geoműanyagok fektetése (4-5-6 méter szélességben) a várható tetőző vízállás figyelembevételével történik úgy, hogy a vízborítás a textília szélességének felét lehetőleg ne haladja meg. Töltéskoronát megközelítő tetőző vízállás esetén a geoműanyag fektetési szintjének felső éle érjen fel a koronára, és legyen összedolgozva a töltésmagasítás hullámvédelmével. A rézsűre fektetett geoműanyagot (pl. acél) rögzítő tüskével kell biztosítani annak szélén és közepén is, majd az alsó és felső szélét, valamint a rézsű irányában 3 méterenkénti távolságban homokos kavicszal töltött árvédelmi zsáksorral kell leterhelni. A rézsű irányú zsáksort a védmű felső szélénél levert karókhöz műanyag zsinórral kell rögzíteni (13-34. és 13-35. kép). Alkalmazhatjuk a geotextíliát új töltésrézsű védelme érdekében, ha még az árhullám odaérkezése előtt lehetőség van az elhelyezésére és megnyugtató módon való rögzítésére (13-26. kép). A rézsűre fektetett geoműanyagra előregyártott betonelemek is helyezhetők. Ez a módszer csak a magas vízállás bekövetkezése előtt, preventív védekezésként alkalmazható és 1:3 vagy laposabb rézsűk esetén.



13-34. kép. Rézsű hullámvédelve geotextíliával.



13-35. kép. Hullámvédelem geotextília terítése kő leterheléssel.

Az ideiglenes töltésmagasítások elhabolás elleni védelmével a 13.2. fejezet foglalkozik.

A geoműanyagok egyenletes rögzítéséhez a rézsű felületén acélhálók is szóba jöhetnek (13-39. kép). Az acélhálók elősegíthetik a geoműanyagok rögzítését a rézsűfelülethez.

A geotextília acélhálóval történő leterhelésénél kevésbé tűnik jó megoldásnak az 13-35. kép módszere, a kővel történő leterhelés. Igaz, hogy egy gépkezelő ellátja a feladatot, azonban nem lehet tudni, hol kötnek ki a rézsűre helyezett kövek, és árvíz után a kövek összeszedése sem lesz egyszerű.

Árvíz alatti védekezés hullámverésnél

Az árvíz alatti védekezés alapvetően kétféle lehet annak függvényében, hogy a hullámozás már partot mart vagy még nem. Magas vízállásnál eredményes hullámvédelmet geotextília felhasználásával csak bűvárok közreműködésével építhető.

13-36. kép. Hullámvédelem fóliával, Kalifornia 2001.
A fólia leterhelése belógatott homokzsákokkal.

13-37. kép. Földrézsű hullámvédelve geotextíliával, előtérben az összegyűlt katré.

A bűvármunka elkerülésére korábban a fólia egyik szélét visszahajtással és ragasztással úgy alakították ki, hogy oda egy vascső behúzható legyen. Ezt követően a fóliát a vascsőre felcsavarták, majd a szabadon maradt szélét a rézsűn rögzítve a tekercset legörgették a rézsűn úgy, hogy a vascső a víz alá húzza a fóliát saját súlyánál fogva. Ezután a fóliára homokzsák leterhelést kell rakni. Manapság a fólia elhelyezését is bűvárok végzik, nem csak a leterhelést.



13-38. kép. Rézsűburkolat épülő fólia védelemmel.



13-39. kép. Lehetséges, hogy a jövő évtizedek hullámzás elleni védelme a geotextília lesz, hegesztett hálóval lefogva és tuskékkal a talajhoz rögzítve.

Fólia alkalmazása esetén feltétlenül figyelembe kell venni azt, hogy a sima fólián a hullámok felfutása a rézsűn sokkal magasabb, mint a gyepesített felületen.

13.2.8. Burkolt rézsű hullámvédelme

A burkolt rézsű hullámvédelme a korábbiaktól lényegesen eltérő módon jelentkezik, eltérő módszert kíván. Burkolt rézsű sűrűlódási ellenállása kisebb, mint a biológiai védelemmel rendelkező rézsűé, így ugyanazon körülmények esetén a burkolt rézsűn a víz felfutása hosszabb. Ezért a legtöbb helyen a vízdali rézsű burkolatába **hullámtörő téglasort**, **habvetőt** vagy különleges téglá elemeket építettek be.

A vízdali rézsűt elsősorban a XX. század elején látták el burkolattal azért, hogy óvja a töltést a hullámverés káros következményeitől. Az elhabolás ellen megépített még ép rézsűburkolatnak a hullámveréstől való védelmére nem javasolható hatékony módszer (13-40. kép).

A Tisza mellett épült téglaburkolatokon mindenhol volt hullámvető (ld. pl. 13-24., 13-25. és 13-40. képek). Sajnos az utóbbi évek árvizeinek magassága lényegesen meghaladta a hullámvetők magasságát, így szerepük jelentéktelenné vált ezen igazán magas árvizek esetén.



13-40. kép. Téglaburkolatú rézsű megelőző hullámvédelme, Szeged 1970.



13-41. kép. Elhabolt rézsűjű gátat rőzsekévék belógatásával próbáltak megóvni a gátszakadástól.

Erős hullámvás megbonthatja a vízdali burkolatot. Ekkor sajátos módon a kiépített hullámvédelmet kell a hullámok hatásától védeni. A károk kialakulását nagymértékben befolyásolja a burkolat anyaga, állapota és építési módja:

- **Szárazon rakott kőburkolat** a töltésbe való beszivárgást nem csökkenti ugyan, de hullámvás ellen különösen, ha szakszerűen és kellő nagyságú kövekből épült, igen jó (fontosak a kő méretei). Előnye az is, hogy követi a gát kisebb mozgását, a burkolat alatti eróziót besüppedésével hamar elárulja, idejében való javítását így lehetővé teszi.
- **Kőtőanyagba rakott burkolatok**, különösen a különböző méretű lapburkolatok töltésátázás szempontjából előnyök ugyan (főképp vízáteresztő anyagú töltésnél), de miközben a burkolat a hullámvásnak hosszú ideig ellenállni látszik, rajta szemmel látható kár nem keletkezik, azalatt a megnyílt hézagokon át bejáró víz az ismételt áradások alatt kiszívhatja a burkolat mögötti földanyagot. Lassan számottevő üregek képződhetnek a burkolat alatt, ezek esetleg évekig észrevétlenül maradnak, majd egyszer az alátámasztását vesztett burkolat jég vagy hullámvás hatására beroppan. Ilyenkor az üregbe betörő víz rohamosan tönkretelheti a töltés testét, annál is inkább, mert a meredekebb hajlású burkolat mögötti töltéstest amúgy is csak kisebb keresztelvényű. A beszakadó burkolat és törmelékei alaposan nehezítik a védekezést. Árvízen kívüli időben történő felülvizsgálattal elkerülhető az ilyen meglepetés.

A hullámvás első sorban ott kezdi ki a rézsűburkolatot, ahol nem illeszkedik megfelelő módon az ágyazó réteghez vagy a töltéshez. Amennyiben a burkolat már beomlott, és a hullámvás a burkolat alatti földet támadja, akkor homokzsák elhelyezésével (esetleg beszórásával) lehet megakadályozni a további elhabolást. Ekkor mindenképpen kérjük bűvárok segítségét.



13-42. kép. Elhabolt rézsű helyreállítása 1940-ben Abádszalókon



13-43. kép. Hullámvás hatására tönkrement rézsű Bangladesben. A téglaburkolat maradványai megfigyelhetők a képen. A rézsű ideiglenes védelmét a kettős bambuszor látja el.

Ha a hullámvás már jelentős részt elhabolt a gátból (13-42. és 13-43. képek), és már a koronába is belemart, minden lehetséges eszközzel a gátszakadás megakadályozására kell koncentrálni.

13.3. VÉDEKEZÉS AZ ÁRVÍZI JELENSÉGEK ELLEN

Árvízi jelenségnek nevezünk azokat a víznyomás hatására az árvízvédelmi gátban kialakuló vízmozgással kapcsolatos folyamatokat, melyek az árvízvédelmi gát károsodását, legrosszabb esetben átszakadását okozhatják.

13.3.1. Az árvízvédelmi műveknél előforduló káros jelenségek

A védvonalat az árvíz négy „szinten” támadva teheti tönkre és azt átszakítva törhet a mentett oldali ártérre:

- a töltéskoronánál magasabbra emelkedve, azon átömölve,
- a töltés testén át vagy a vízdalt megbontva,
- a töltést alulról megkerülve, az altalajon át a mentett oldalra törve,
- ritkán a mentett oldalról⁸.

Az árvízvédelmi gátakat a vízterhelés részben mechanikai (ütő, külső eróziós) hatások, részben belső szerkezeti, egyensúlybomlást előidéző (szivárgás, átázás) hatások útján támadja. Ezek leggyakrabban a következő formában idézhetik elő az árvízvédelmi gátak tönkremenetelét:

- külső erózió hatására szemcsék mosódnak le az árvízvédelmi gátról (hullámozás, koronán átbukó víz);
- vízterhelés hatására a gátban és az altalajban megemelkedik a pórusvíznyomás⁹, ami a statikai egyensúly szempontjából a mentett oldal felé eltoló erőt és függőlegesen felfelé felhajtó erő növekedést jelent;
- az árvízvédelmi gát laza talajánál a nyírószilárdsági paraméterek (különösen az agyag szemcsék között jelentkező kohézió) jelentős csökkenését eredményezheti.

Ezen hatások összefüggésben a felsorolt veszélyforrásokkal különböző árvízi jelenségeket eredményeznek. Az árvízi jelenségeknél meg kell találni annak okát, amihez a védekezést igazítani kell. A fontosabb árvízi jelenségek, melyeket jelen könyvben megkülönböztetetten vizsgálunk a következők:

- szivárgás (13.3.4. fejezet),
- csurgás (13.3.5. fejezet),
- suvadás (13.3.6. fejezet),
- buzgár (13.3.7. fejezet).

Ugyanezen fejezetek tárgyalják az egyes árvízi jelenségek elleni védekezés kérdéseit is.

Az árvíz alatt a védvonalakon keletkező jelenségek mindegyikének aprólékos felsorolása szinte lehetetlen. Ebből következően ez a könyv nem térhet ki minden egyes esetre. Ehelyett a jelenségek és a beavatkozási módok főbb csoportjait igyekszik számba venni és támpontot adni a káros jelenségeknél a védekezési módok megválasztásához és végrehajtásához. Az árvízvédekezés az árvízi jelenségek okainak megszüntetésére, illetve azok következményeinek csökkentésére irányulnak. Az árvízvédekezés fő feladata:

- Az árvízvédelmi vonalon bekövetkező jelenségek észlelése (őrszolgálat), e jelenségek gyors felismerése, minősítése, illetőleg a várható következmények előrelátó értékelése. A védekezés sikere vagy sikertelensége döntően a fenti feladat végrehajtásán múlik. Nem elégséges azonban az észlelt jelenségek alapján gépiesen védekezni, hanem ezen túlmenően előre mérlegelni kell a későbbiekben várható következményeket is. A siker nagymértékben függ attól is, hogy az árvízvédekezés az árvíz alatt a védvonalak tönkremeneteli folyamatával lépést tud-e tartani, illetőleg ezen túlmenően képes-e megelőző beavatkozások végrehajtására. Erre pedig csak akkor van meg a lehetőség, ha a ténylegesen észlelt jelenségeken túl a védekezés irányítója előrelátóan gondosan elemzi és számol a védekezés későbbi fázisaiban várható eseményekkel és jelenségekkel. Ennek hiányában az árvízvédekező az események rabjává válik, és ekkor minden jelenség „váratlan”.
- A védelmi beavatkozások meghatározása és végrehajtása. Ezen belül is meg kell határozni a várható védelmi anyag mennyiségét, a szállítási útvonalat és szállítási módokat. A logisztikai lehetőségek és a rendelkezésre álló védelmi anyagok alapján az árvízvédekezés egy-egy árvízi jelenségnél többféle eszközrendszerrel többféleképpen is végrehajtható. Azonban a létrehozott ideiglenes védelmi műnek olyannak kell lennie, amelyet a jelenség igényel. Ezért fontos a jelenség pontos diag-

⁸ Az előző 150 év árvízvédekezése során többször is előfordult, hogy egy gátszakadáson kifolyt víz a topografikus viszonyok miatt egy nem távoli helyen a töltés mentett oldali lábát elmosta, és újabb gátszakadás alakult ki.

⁹ A talajszemcsék közötti víznyomás.

nózisa és megnevezése¹⁰. Az árvízvédelmi beavatkozásoknál embert, eszközt és védelmi anyagot kell biztosítani azonnal a jelenséggel összemérhető mértékben a védekezés helyszínére.

13.3.2. Árvízi jelenségek felismerése, azonosítása

A védelmi beavatkozások eredményessége nagyrészt attól függ, hogy a beavatkozásokra okot szolgáltató jelenség felismerése megfelelő időben történt-e, veszélyességének minősítése helyes volt-e, s jól volt-e megválasztva az ellenintézkedés módja, időpontja. Az árvízi jelenségek felismerésében segít jelen könyv is. Korábban csak a helyszínen, árvíz alatt lehetett elsajátítani az árvízvédekezés alapjait. A könyv jelentős képanyaga segít az árvízvédekezési ismeretek elsajátításában, de a gyakorlatot természetesen nem pótolja.

A gátakat támadó árvizek okozta káros jelenségek, melyek ellen védekezni kell közvetlenül felmérhető, előre térképezhető. A hullámverést és a töltéskorona-meghágást leszámítva a jelenségek valamilyen szivárgási folyamatra vezethetők vissza. Elsősorban ezek helyes értékelése határozza meg a védekezés módját, terjedelmét és sikerét.

Nem lehet tehát eléggé hangsúlyozni, hogy az átázások és szivárgások leküzdése a veszélyes suvadások és buzgárok elleni harc jelenti a védekezés legnehezebb műszaki feladatát. E feladatokat csak nehezíti, hogy a gáttestben olyan inhomogenitások vannak, melyek rendkívül nehezé teszik a szivárgási jelenségek okának, veszélyességének megítélését. Ezt a munkát segítik:

- az árvízi jelenségek árvízről-árvízre történő összeírása, nyilvántartása 1970 óta,
- az árvízvédelmi gátak általaj vizsgálata,
- az árvízi veszélyforrások térképezése (mint pl. holtmeder keresztezések összeírása, osztályozása),
- az árvíz alatti feltárások, fúrások.

Sok helyen az OMIT Töltésfeltáró Szakcsoportjának megjelenése a lakosságban azt a képzetet keltette a talajmechanikai fúrásról, hogy töltésrobbantás készül, pedig már az 1974-ben megjelent árvízvédekezési kézikönyv is a következőket fogalmazta meg a védvonal árvíz ideje alatti vizsgálatával kapcsolatban:

„Nagy jelentősége van 1965-ös dunai árvíznél megindult, majd az 1970-es tiszai árvíznél általánossá vált eljárásnak, amely a gáttest feltárására alapozta a megteendő védelmi intézkedéseket. A vizsgálat általános módszere a talajfúrás és ennek segítségével történő mintavétel volt, de alkalmaztak roncsolás mentes vizsgálatokat is, izotópos és geoelektromos eljárással.

A tapasztalatok azt mutatták, hogy a kis átmérőjű védőcsővel ellátott és szakszerűen kivitelezett furatok a hiedelemmel ellentétben, nem jelentettek veszélyt az árvízvédelmi gátak védképességére. Ugyanakkor azonban értékes adatokat szolgáltatottak a védekezők számára arra vonatkozóan, hogy a szivárgás a töltés keresztmetszet, az általaj melyik részében következett be, milyenek a nyomásviszonyok, a töltés keresztmetszet egyes részeiben milyen mértékű a vízfelvétel és ennek hatására miképpen alakult a gátat alkotó anyag nyírószilárdsága. A fenti tapasztalatokat azért tartottuk szükségesnek elmondani, mert a korábbi felfogás, a szivárgási és átázási folyamatoknál a töltések, de főleg azok általajának árvíz esetén fúrással történő feltárását megengedhetetlennek tartotta.”

13.3.3. Védekezés az árvízi jelenségeknél

Az árvízi jelenségek elleni védekezés leggazdaságosabb módja a jó minőségben megépített kellő magasságú árvízvédelmi gát. Ekkor védekezésre csak igen különleges esetekben volna szükség, védekezési költség elenyésző merülne fel.

Az árvíz egy természeti jelenség, mely igen nagy gazdasági kárt tud okozni. Ezért az árvíz elleni védekezés ignorálása¹¹ a jelenlegi körülmények között **nem megengedhető**. Az árvízvédekezést a következő két csoportra oszthatjuk: preventív védekezés és árvíz alatti védekezés.

Preventív védekezés, árvízen kívüli időben:

- korábbi árvízi jelenségek okának megszüntetése,
- az árvízi jelenségekre veszélyes helyek térképezése,
- olyan töltés építés (fejlesztés), mely csökkenti az árvízi események kialakulásának esélyét.

Védekezés árvíz alatt:

¹⁰ A makói buzgár 1970-ben – mint ahogy az árvíz utáni feltárás mutatta – egy korhadt gyökérjáraton kialakult csurgás volt, azonban a buzgár szó rajta maradt a jelenség megnevezésén.

¹¹ 1907-ben a Rezsőházi szivattyútelep mellett a finom homokban keletkező buzgár, ami fokozatosan növekedett. Nyolc napig senki sem védekezett ellene, át is szakadt a gát.

- megelőző, a korábbi árvizek, vagy az árvízi jelenségekre veszélyes helyek térképezése alapján meghatározott helyeknek a magas víz kialakulása előtti bevédése,
- aktív védekezés a vízdalon,
- aktív védekezés a mentett oldalon.

A nemzeti vagyonnak, a polgárok értékeinek megvédése az árvíztől nem csak humanitárius cselekedet, gazdasági érdeke is az országnak. Az árvízvédekezés költségei – melyek a nagyobb kár elhárítása érdekében jelentkeznek – nem elhanyagolhatóak, de meg sem közelítik a gátszakadás következtében kialakuló károk nagyságát. A költségek összehasonlítására álljon itt három példa, mely jól bizonyítja, hogy a megelőzés, a kárelhárítás és a védekezés költségei hogyan aránylanak egymáshoz:

- Az 1876 évi árvíznél az árvízvédekezés költsége (a gátszakadások helyreállításával együtt) a károknak csak 4%-ot tette ki.
- 2001-ben a védekezési költség a Tisza teljes hosszán kevesebb volt, mint 10 milliárd Ft, a gátszakadás következtében a Beregi öblötben az újjáépítés költsége megközelítette a 130 milliárd Ft-ot.
- Két homokzsák beépítése árvíz alatt kézi erővel körülbelül akkora költséget jelent, mint árvíz mentes időben egy köbméter föld gépi úton történő beépítése (nem is beszélve arról, hogy árvíz után a zsákokat el kell távolítani).

A nagyobb kár megelőzésére már az első vízügyi törvény¹² is tág lehetőséget biztosított az árvízvédekezők részére.

13.3.4. Védekezés szivárgás ellen

A talajban történő vízmozgás, a szivárgás természetes folyamat, melyet a Darcy-törvény ír le. A szivárgási folyamatban, a víznek a talajban történő mozgásában meghatározó jelentőségű az áteresztőképességi együttható értéke. Agyag talajokban, melyekben kicsi az áteresztőképességi együttható víz nagyon lassan mozog, míg a durva szemcséjű kavicsban a víz gyorsan áramolhat, mert kicsi a talajnak a szivárgással, a vízmozgással szembeni ellenállása.

A töltés folyó felőli oldalát borító árvíz, a víznyomás hatására igyekszik a töltéstestbe, illetve az altalajba behatolni. Mivel abszolút vízzáró talaj nincs, a víz a töltés anyagának pórusait bizonyos idő alatt, kisebb-nagyobb magasságig kitölti, abban a mentett oldal felé mozog. A szivárgó víz felső határvonala, az átszivárgott vízmennyiség egyszerűen számítható, a szivárgási áramkép meghatározható homogén gátban. A helyzetet legtöbb esetben rontja, a számításokat megnehezíti a töltések anyagának inhomogenitása (pl. zónás töltések), melynek következménye a réteg és talpszivárgás kialakulása. Ezek nagymértékben elősegíthetik a töltések gyors és veszélyes átázását.

A töltéstest anyagának pórusaiba benyomuló víz hatására a vízzel telített részben megváltozik, csökken az anyag nyírószilárdsági ellenállása, kötött talajok esetében elsősorban a kohézió. Általában ez önmagában még nem jelenti gátszakadás kialakulásának közvetlen veszélyét (ha jó minőségű tömör földművel rendelkezünk), de megkönnyíti a gát állékonyság vesztesését.

A szivárgás tehát mindig létrejön, de rövid időtartamú árvíz vagy jó vízzáró, homogén töltésanyag esetén a szivárgó víz nem éri el a mentett oldalt. A szivárgás veszélyessé akkor válik, amikor a töltés teljes keresztmetszetében átnedvesedik, és a szivárgó víz a mentett oldalon megjelenik, azaz a töltés átázik. Ekkor a kialakuló szivárgási, áramlási erők – a teljes átázás hatására a töltés anyagának megváltozott fizikai és kémiai tulajdonságainak következtében – már veszélyeztethetik a rézsűk állékonyosságát, azokat suvadásra hajlamossá tehetik, aminek következményeként gátszakadás is kialakulhat. E helyzetet megelőzően kell a töltéstestben kialakuló szivárgás káros hatásai ellen védekezni.

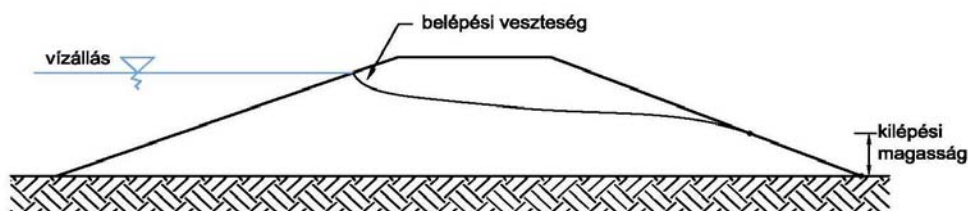
Az átnedvesedett, laza kötött anyag elveszíti kohézióját, ami a gát suvadását, tönkremenetelét eredményezheti. Az 13-44. kép jól mutatja az átázás helyét a Kettős-Körös jobb parti töltésén. A lekaszált fű segíti a jelenség felismerését és azonosítását. Sokszor az a veszélyes szivárgás, amelyik el sem éri a mentett oldalt. A mentett oldalt elérő szivárgás ugyanis a rézsűn eltávozik, elpárolog, lefolyik. Ez kedvező abból a szempontból, hogy nem jelent a mentett oldalra jelentős többlet nyomást. Tehát ha a szivárgás kilép a mentett oldalon, akkor az áramlási nyomás szempontjából kedvezőbb helyzet alakul ki, mint ha bent szorulna. Ekkor „csak” a víztartalom okozta nyírószilárdság csökkenés jelent problémát.

¹² Vízügyi Törvény 1885.

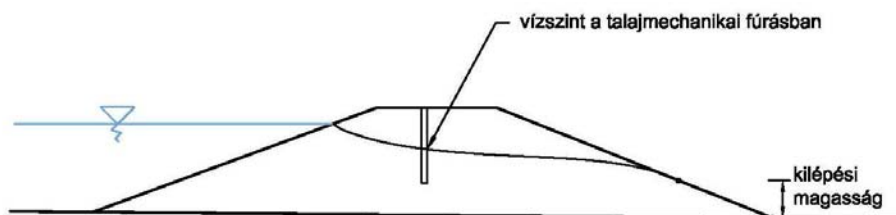


13-44. kép. A szivárgó víz megjelenése a Kettős-Körös jobb parti töltésén.

A szivárgást jellemezhetjük a szivárgási vonallal. A szivárgási vonal azon pontok összessége, melyek megmutatják adott vízszintnél a töltésben a víz helyét (13-24. ábra), vízoldalon a vízszintből indul, a mentett oldalon a vízkilépés helyén ér véget. Ezt a görbe vonalat a számításoknál egyenessel is közelíthetjük homogén gátban.



13-24. ábra. Szivárgási vonal a homogén árvízvédelmi gátban.



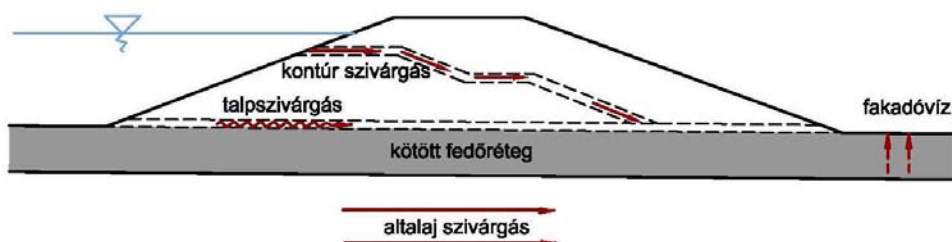
13-25. ábra. A szivárgási vonal helyének megállapítása árvíz idején talajmechanikai fúrással.

Rendszerint a homogén töltés annál jobban ellenáll a szivárgásnak, minél alacsonyabban van a kilépési magasság. Ha a kilépési magasság nem jelentkezik a mentett oldalon, akkor a legtöbb esetben arra következtethetünk, hogy megfelelően vízzáró a töltés, mert árvíz ideje alatt a szivárgás nem érte el a mentett oldalt a töltésen keresztül.

Zónás gát esetén a kilépési magasság a legtöbb esetben azt a magasságot mutatja, ahol a vízvezető réteg eléri, vagy megközelíti a mentett oldali rézsút.

A szivárgási vonal helyének megállapítására kevés adatból kell következtetni, úgymint a belépési magasság (vízszint) és a kilépési magasság. Ha további pontosítás szükséges, vagy nincs kilépési magasság (mert például szivárgózott¹³ a gát) a szivárgási vonal helyére a töltésben talajmechanikai fúrás alapján következtethetünk árvíz idején.

¹³ A mentett oldalon pl. kémény vagy paplan szivárgóval ellátott.



13-26. ábra. A szivárgás fajtái.

A szivárgás természetes folyamat, az árvízvédekezők feladata a veszélyes (a gát állékonyságára károsan ható) szivárgás elkülönítése a veszélytelentől. A szivárgás speciális típusai, a töltés szivárgás, a rétegszivárgás, a talpszivárgás, a kontúrszivárgás és az altalaj szivárgás a 13-26. ábrán látható.

A szivárgás fajtái

Rétegszivárgás

A zónás töltés testében végbemenő átázási jelenségek gyakori megjelenési formája a rétegszivárgás, amikor a szivárgás egy a vizet jobban vezető rétegben indul meg.

Hosszan tartó árvizek esetén a szivárgási jelenséget mutató töltést megvizsgálva, sok esetben azt találhatjuk, hogy úgyszólván száraz rétegek között van olyan réteg, esetleg rétegek, melyek telítettek vízzel, melyekben a fellépő víznyomás lényegesen meghaladja a felette és alatta levő rétegekben kialakult értéket. Az ilyen rétegek kialakulása

- a helyileg lehatárolható hibás építési anyagokra,
 - a helytelen beépítésre,
 - az eredeti helyén hosszú idő óta zavartalan fekvéséből kiemelt földanyag öregedésére (6.5.1. fejezet), és
 - a tömörítés hiányára (6.5.2. fejezet)
- mint alapvető okokra vezethető vissza.

A rétegszivárgás nagy valószínűséggel követi a töltés bővítések kontúráját, ellene első sorban a vízoldalon védekezhetünk, a szivárgási zóna lezárásával.

Talpszivárgás

A talpszivárgás a rétegszivárgásnak egy különleges esete, amikor a töltés alapozásában szivárog a víz. Oka a nem megfelelően tömörített első réteg, illetve a humuszos fedőréteg eltávolításának hiánya lehet (ld. 13-26. ábra).

Megelőző védekezésként hasznos lehet a korábbi árvizek tapasztalata alapján a talpszivárgásra veszélyes szakaszok kijelölése, ezeken a szakaszokon a töltés víz oldali lábánál őrfal vagy agyagék készítése. Árvíz ideje alatt az észlelt talpszivárgásból engedni kell kifolyni a vizet, a kifolyt vizet el kell távolítani a töltés lábától. Talpszivárgásnál az elázott töltéslábban a nyírószilárdság csökkenése suvadást okozhat. Ekkor a suvadás elleni védekezésnél írtak szerint kell eljárni (13.3.6. fejezet), például bordás megtámasztás építésével.

Kontúrszivárgás

Kontúrszivárgás az árvízvédelmi műtárgyak, földben haladó keresztezések felületén (ld. 13.4.2. fejezet) vagy töltés építési fázisok felületén (13-26. ábra) kialakuló szivárgás.

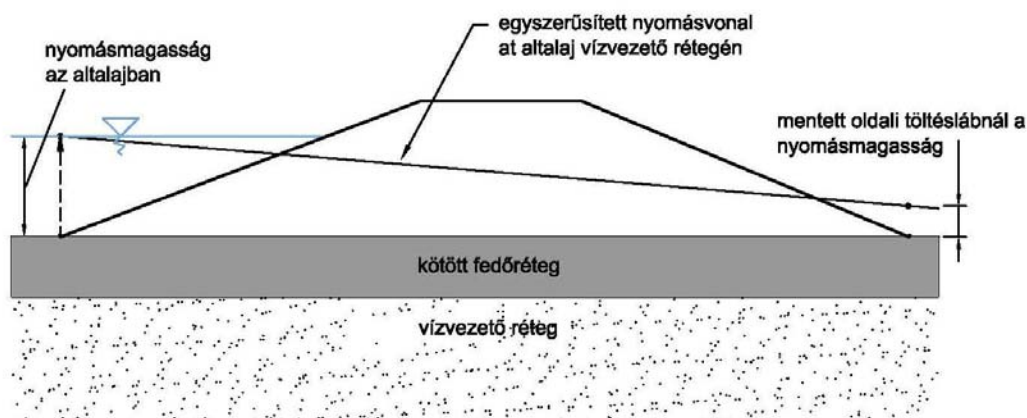
Altalajszivárgás

Vízvezető altalajban, vagy vízvezető réteget tartalmazó altalajban intenzív szivárgás indul meg árvíz idején a mentett oldal felé, hiszen itt jelentkezik a legnagyobb víznyomás. Altalajszivárgásból származik a mentett oldalon a **fakadóvíz** (13-26. ábra). Árvízkor az altalajszivárgás az első megfigyelhető jelenség, mert:

- a folyó még ki sem lépett a medréről, amikor az altalaj már víznyomás alá helyeződik,
- az altalajban a talajvízszint miatt már telített rétegek vannak.

Vízzáró altalaj (agyagok) esetén fakadóvíz megjelenésére számítani nem kell, azonban ha nincs víz-

záró fedőréteg, vagy ha a vékony fedőréteg alatt vízvezető talaj van, fakadóvíz mindenképpen kialakul. A vízvezető altalajban a víz áramlás megindulásakor jelentkezik a vízdali víznyomásnak a súrlódással csökkentett része a gát alatt és a mentett oldalon. A beszivárgási helytől (a vízdaltól) távolodva a nyomó magasság csökken. Az altalaj vízvezető rétegében kialakuló egyszerűsített nyomásvonalat mutatja a 13-27. ábra.



13-27. ábra. Az altalaj vízvezető rétegében kialakuló egyszerűsített nyomásvonal.

A fakadóvíz (13-45. kép) az altalaj természetes szivárgásának eredménye, mely árvízi víznyomás hatására először a mentett oldali mélyedéseit tölti fel, majd összefüggő vízfelületet képez. A fakadó víz mennyisége függ az árhullám időtartamától és az altalaj átteresztőképességétől. Az altalaj legvízvezetőbb talaja határozza meg a szivárgási és a nyomás viszonyokat azon határon belül, ami geometriailag még lehetséges.

Az altalajszivárgásnál a legjobb vízvezető talajban kell vizsgálni a kialakult nyomásvonalat (13-27. ábra). A nyomásvonal hosszan a mentett oldali terepszint felett halad, vagyis az altalaj vízvezető rétegében kialakult pórusvíznyomás (vagy másneven semleges feszültség) magasabb a mentett oldali terepszintnél. A nyomásvonal megmutatja, hogy mekkora felhajtó erő hat a mentett oldalon.

A fakadó vizet könnyű elkülöníteni a talpszivárgásból származó víztől. Meg kell nézni a gát altalaját bemutató hossz-szelvényt (ez a hossz-szelvény része az árvízvédelmi nyilvántartási tervnek). Azokon a helyeken, ahol a töltés alatt több méter vastag agyag fedőréteg van, ott valószínűleg nem fakadóvízből származik a mentett oldali elöntés. Meg kell jegyezni, hogy a legtöbb esetben árvíz hatására a mentett oldalon összegyűlt víz fakadóvíz. Fontos, hogy a gát melletti lefolyástalan területeken összegyűlt csapadék vízről ne tételezzük fel, hogy az fakadóvíz. Fakadóvíz csak a mentett oldali terepszintnél magasabb folyó vízállásból keletkezhet.

A 2001. évi gátszakadásokat leszámítva utóbbi években árvízkor a legtöbb kár az árvízvédelmi gát közelében a fakadó vízből keletkezett, ami ellen megfelelő terület használatával illetve a fakadóvíz elvezetésével lehet védekezni.



13-45. kép. A kavics altalaj fakadó vize tölti fel a mentett oldali ellennyomó medencéket a Szigetközben. A kavics altalaj miatt a víz saját maga alakítja ki ellennyomását, védelmét.

A szivárgás hatásai

A vízzel telített töltés állékonysága rosszabb, mint a száraz vagy nedves töltésé, mert:

- a felhajtóerő miatt csökken a töltés hatékony súlya,
- az agyagok belső összetartó ereje (a kohézió) a talaj telített állapota miatt akár kritikus mérték alá is lecsökkenhet,
- a töltés átázik, telítődik, a mentett oldalt az áramlási erő is terheli.

A fentiek alapján

- megteremtődik a suvadás kialakulásának veszélye,
- kialakulhat a mentett oldali rézsú eróziója,
- az átszivárgó és a fakadó víz rontja a védekezés feltételeit.

Árvízvédekezés ideje alatt homogén szerkezetű töltésekben a hosszan tartó árvízi terhelés hatására a töltéstestbe bejutó víz a mentett oldalon a rézsú felületén egy bizonyos magasságban kilép. Ekkor a védekezés célja a töltés nagyobb mértékű átázásának megakadályozása és a rézsústabilitás megromlásának megelőzése. Az előzőek következménye akár gátszakadás is lehet, ami több fizikai folyamattal is végbe mehet. Bár önmagában szivárgásból származó gátszakadásról nincsenek történelmi adataink, de a töltéstestben kialakult káros szivárgást követő tönkremenetelre vannak, és ugyancsak vannak arra is, hogy a laza állapotú töltés elázásának következtében nem tudta elviselni a terhelést.

Védekezni szivárgás, illetve a hatása az átázás ellen nem minden esetben szükséges. A legnehezebb kérdés talán az, mikor indokolt a védekezés¹⁴, mikor alakul ki az a helyzet, amikor a védekezés feltétlenül szükséges. Ha védekezni kell, akkor a **szivárgás elleni védekezés alapszabályai** a következők:

- A szivárgás addig, amíg valamilyen káros jelenség meg nem indul, csak közvetett veszélyt jelent; a szivárgó, átázó töltésszakaszokat tehát állandóan figyelni kell; a védelemre fel kell készülni; védekezni azonban csak akkor kell, ha a szivárgó víz hatására a rézsú felületén vagy a mentett oldalon káros elváltozások jelei mutatkoznak.
- Az átszivárgó víznek a töltéstestből való kivezetéséről gondoskodni kell; sokszor elég, ha a gyökérzónát átvágva 10-15 cm mély árokkal elősegítjük az átszivárgott víz elvezetését.
- A töltés nagyobb mértékű átázását, a mentett oldali rézsúk megcsapolásával és szűrésével lehet csökkenteni.

¹⁴ Nem helyes azt a régi vasutas álláspontot magunkévá tenni, hogy „abból még baj nem volt, hogy a sorompó le van eresztve”.

- Amennyiben az előzőek nem vezetnek kellő eredményre, a töltéstestbe beszivárgó víz mennyiségének csökkentését kell megkísérelni, a vízfelőli rézsű vízzáróbbá tételével, vagy a szivárgási úthossz növelésével.



13-46. kép. Egy megoldás az átszivárgó víznek a töltéstestből való kivezetésére kis vízhozam esetén. Ez a módszer 1-2 nap alatt ki tudja szárítani a töltés felső részét.

A szivárgás elleni védekezés módjai

A szivárgás elleni védekezés lehetőségei:

- Megelőzés, árvízen kívüli időszakban új töltés esetén jelenti az előírásoknak megfelelő, jó minőségű töltés építését, töltéserősítés esetén szerkezetes töltés kialakítását (5-4. ábra), agyagékelés (vagy örfal) és „mellezés” építése a víz oldalon és/vagy mentett oldali szivárgó építése (13-48. kép).
- A szivárgás, átázás elleni védekezés árvíz idején a mentett oldalon (13-46., 13-47. és 13-52. képek) és a víz oldalon (13-50. és 13-51. képek) történhet.

Homogén töltésekben, hosszan tartó árvízi terhelés hatására, a töltéstestbe bejutó víz a mentett oldalon a rézsű felületén egy bizonyos magasságban kilép. Ekkor a védekezés célja az, hogy megakadályozza a töltés nagyobb mértékű átázását és megelőzze a rézsű stabilitásának megbomlását. Az átázásból a szivárgó víz kivezetését és ezzel a szivárgási vonal süllyesztését lehet elérni a töltés megcsapolásával. A nagyobb mérvű átázás megakadályozására a töltés rézsűjén megfelelő távolságonként pl. 2-4 méterenként 0,1 – 0,2 m mély megcsapoló árkocskákat (vápákat) kell készíteni, majd az összegyűlemlő vizet a töltéslábtól el kell vezetni (13-46. és 13-49. képek). Az árkok kövel, kavicsal vagy rőzsével való feltöltése nem ajánlható, legalább látjuk, hogy hatékony-e a megcsapolás. A megcsapoló árkok (vápák) távolságának igazodnia kell a talaj minőségéhez és a jelenséghez. A vápák távolságának meghatározásánál szem előtt kell tartani, hogy esetleg a későbbiekben kialakítandó homokzsákos megtámasztásnak ne legyen útban. A vízelvezető árkocskák szükség esetén sűrűsíthetők. Ennek a munkának a szárító hatása lehet, hogy csak egy nap múlva jelentkezik.

Amennyiben az előző módszer nem járna kellő eredménnyel, illetve a megcsapoló árokrendszer a töltés állékonyságát veszélyeztetné, nagyobb méretű szűrőzött árkok (drének) létesítésével oldhatjuk meg a problémát. Az árkokat szakaszosan kell elkészíteni és az egyes szakaszokat azonnal szűrőzni kell. Ebben az esetben is meg kell oldani a víznek a töltés lábától történő elvezetését.



13-47. kép. Szivárgó vizek kivezetése a gátból.

Gyakorisága miatt külön meg kell említeni azt az esetet, amikor a töltéserősítés során készült padka vízzáróbb (rosszabb vízvezető tulajdonságú anyagból épült, mint az eredeti töltés, vagy ugyanabból az anyagból a jobb tömörítő munka eredményeként vált vízzáróbbá). Ennek következtében az átszivárgó víz a töltéstestben felduzzadva a padkakorona és töltés rézsű metszésvonala fölött lép ki a töltés testéből. Ez két szempontból is veszélyes lehet. Egyrészt a töltéstestben a természetesnél nagyobb mértékű átázás keletkezhet, másrészt a töltés és padka érintkezési felületén csúszólap alakulhat ki és a padka lecsúszhat.

Mentett oldali töltéserősítésnél, mentett oldali védekezésnél arra kell ügyelni, hogy biztosítva legyen a **víz szabad kifolyása** a töltésből (13-47. kép), vagyis a szivárgó víz ne legyen visszaduzzasztva a gátban. Visszaduzzasztást okozhat a humuszos fedőréteg megterhelése is. A humuszos fedőrétegnek terhelés hatására úgy lecsökkenhet az áteresztőképességi együtthatója, hogy megemeli a szivárgási vonalat. Ezért kell bordásan megtámasztani a rézsűt, szivárgót építeni a bordák közé esetleg a bordás megtámasztás alá is, vagy suvadásnál a húzási repedésből a vizet kiengedni (13.3.6. fejezet). Korábban ebben az esetben a padka teljes vagy részleges átvágásával kellett kialakítani a szivárgó rendszert, és a töltés testéből a felgyülemlett vizet kivezetni.

Régebben a töltéstestbe behatoló vízmennyiség csökkentésére a vízdali rézsűn **fóliaterítés** készítését javasolták (13-50. kép), azonban ennek hatékonysága erősen megkérdőjelezhető, ugyanis lényegesen kevesebb víz szivárog a talajban, mint amennyi a fólia alá bejuthat. Hasonló megállapításra jutottak az 1970. évi tiszai árvízvédekezés során, amikor fóliaterítési kísérletek folytak a töltéstestbe behatoló vízmennyiség csökkentésére. Az eredmények általában kedvezőtlenek voltak, és a bevédett szakaszokon egyáltalán nem volt kimutatható a fóliaterítés hatékonysága.



13-48. kép. Megelőző védekezés, szivárgó (drén) építése gépi technológiával a töltés mentett oldalába. A drén megszakítja a szivárgási utat, nem jut terhelés a mentett oldalra.

A szivárgó víz hatására bekövetkező átázások várható káros hatásait abban az esetben, ha megfelelő mennyiségű durva szemcsés anyag áll rendelkezésre és a töltések mérete sem megfelelő – megelőz-

hetjük **szűrő padkák** építésével is. Ezek a padkák földmunkagépek segítségével viszonylag könnyen és gyorsan megépíthetők és a töltés végleges részévé válnak, a védekezés után elbontásuk nem szükséges. A padkát 3-4 m koronaszélességgel kell megépíteni. Magassága az átázási zóna magasságától, illetőleg attól függ, hogy az árvíz levonulása után van-e lehetőség arra, hogy a padkát esetleg lapos rézsűvé lehessen átalakítani.

Ha a töltés anyaga rossz minőségű, laza és már a kisebb mértékű átázás is veszélyeztetheti a rézsűk állékonyságát, feltétlenül a víz behatolásának megakadályozására kell törekedni, ezért a vízfelőli oldalon kell védekezni (13-51. kép). Ez a szivárgás elleni védekezés XIX. századi klasszikus módja. A vízfelőli oldalon készített fal mögötti területet kellően tömörített földdel kell feltölteni. Az utóbbi években ilyen védekezésre nem került sor. Nehéz is elképzelni a fal mögé a vízbe beöntött kötött talajt, amint éppen a vízben tömörítik. Ezt az eljárást javasolták alkalmazni akkor is, ha rétegszivárgásról volt szó (rétegszivárgásnál a szivárgó réteg fekvése általában nem állapítható meg). Természetesen ebben az esetben is feltétlenül gondoskodni kell a mentett oldalra kiszivárgó vizek elvezetéséről. (13-46., 13-47, 13.49., 13-65. és 13-67. képek).

Ha vízfelől falat készítünk (melynek anyaga acél szádlemez vagy fapalló), akkor azt a víz széléről vagy úszótagról kell levetni (13-51. kép). Úszótag esetén a fal helyét a víz szélétől a jelenség nagysága, a földmű mérete, a szivárgó sáv vastagsága, a földmű anyaga határozza meg. A falat esetleg ki kell horgonyozni, szükség esetén meg kell erősíteni. Az ily módon készült elzárást a szivárgó töltésszakasz alsó és felső végén is legalább 10-10 m-es hosszban az egészséges töltéstestbe kell bekötni. Ez az eljárás alkalmazható akkor is, ha rétegszivárgásról vagy kontúrszivárgásról van szó, amikor a szivárgó réteg fekvése általában nem állapítható meg.

Régebben megfelelő védelmet nyújtott a **fa pallók** verése, majd az acél Pátia és Union pallók lejuttatása. A nagyobb CS2, CS2M acél szádlemezeket mára olyan nagy keresztmetszeti merevségű (inerciájú) **Larssen lemezek** váltották fel, melyeknek és a hozzájuk tartozó verőberendezéseknek már a területre való bejuttatása is nehézséget okoz¹⁵.



13-49. kép. A szivárgó vizek kieresztése a gyökérszóna átvágásával.

¹⁵ Vegyük figyelembe az esetlegesen járhatatlan koronát, vagy a vízzel elöntött mentett oldali töltéslábat. Kielégítő megoldás lehet a víz oldalon verés esetén az úszótagról történő szádfal verés, azonban a nagy gépek keltette dinamikus hatásoktól (gyorsulás és pórusvíznyomás növekedés) semmiképpen nem tekinthetünk el a biztonság csökkenése miatt.



13-50. kép. A szivárgó vizek ellen lefóliázott vízoldali burkolat Szentendrén. A fólia nem hatékony szivárgás gátlás, mert nem tapadt neki a rézsűnek.



13-51. kép. Úszótagról szádlemez verés a gát vízoldalán az 1970. évi árvíznél.

Különösen veszélyessé válhat a szivárgás, ha a szivárgó víznek a mentett oldalon utólag épített vízzáróbb padka, vagy esetleg a mentett oldali rézsű átfagyása útját állja, a vizet így a töltésbe visszaduzzasztja. Ilyen esetben a rézsű alatt a víz fokozódó felhajtó ereje suvadást okozhat. Ekkor a suvadás elleni védekezésnél írtak szerint kell eljárni (13.3.6. fejezet).



13-52. kép. Átázott töltésrészű leterhelése. A víz kifolyásának biztosítására a leterhelés rőzsére került.

13.3.5. Védekezés csurgás ellen

A csurgás árvízi terhelés hatására, az árvízvédelmi gát mentett oldalán megjelenő koncentrált, tisztavízű és nem nyomás alatti vízkifolyás. A csurgásnál valamilyen járat alakul ki a mentett oldal felé, vizét felületen is gyűjtheti. A percenkénti vízhozam nagysága az egy-köbcentimétertől a több száz literig terjedhet.

A klasszikus értelemben vett féregjárat és ennek következtében fellépő csurgások ma már csak a mellékvízfolyások kisebb méretű töltésein fordulhatnak elő. Nagy szelvényű töltéseken ilyen, a töltést közvetlenül áttörő féregjárat nem képzelhető el. **A csurgás oka** a következőkben adható meg:

- felszín közeli vakond járat lehet laza töltésekben,
- egyenlőtlen süllyedés,
- új és régi töltésrész hibás egymáshoz építése, de leginkább,
- kötött anyagú töltésekben kialakult zsugorodási repedés,
- fa gyökérzetének korhadása a gátban.

A XIX. századi felfogással szemben a féregjárat csurgásoknál még a belépési vagy a kifolyási szakaszon sem képzelhető el komoly befolyásoló tényezőként. Legtöbb esetben magában a töltéstestben az összekötötést a kötött talaj zsugorodása folytán keletkezett kereszt- vagy hosszirányú repedések, a töltés altalajában pedig korhadt gyökerek járatai adják.

A csurgás elleni **védekezés alapszabályai** a következők:

- a mentett oldali kifolyónyílást elzárni tilos,
- a vízfelőli befolyó nyílást (ha van) lehetőleg fel kell deríteni,
- a csurgást állandóan figyelni kell, védekezni azonban csak akkor kell, ha a kifolyónyílásban a víz zavarossá válik,
- a csurgáson át kifolyó vizet a töltés lábától el kell vezetni (13-53. kép),
- az elzárást a vízoldalon, a belépés helyén, illetve ennek feltételezett környezetében kell megkísérelni.



13-53. kép. Csurgás egy frissen elkészült gát mentett oldalán.

A csurgás elleni **védekezés lépései** a következők:

1. Csurgás azonosítása (hely, vízhozam).
2. Meg kell vizsgálni, hogy tiszta-e a csurgásból kifolyó víz, vannak-e kimosott talajszemcsék a kifolyás körül. (Tiszta vizű csurgás ellen a legtöbb esetben nem kell védekezni. A víz szabadon távozik a töltésből, a csurgás úgy működik, mint egy víztelenítő rendszer, aminek történetesen földfala van. Tiszta vizű kifolyás esetén, vagyis ha nincs talajkimosódás a legtöbb esetben a rendszeres megfigyelésen kívül más teendő nincsen.)
3. Tapogató ponyvával kísérletet kell tenni a befolyó nyílás megkeresésére. Ha nincs levágva a fű, vagyis magas fű van a vízdalon ez a munka valószínűleg eredménytelen lesz, mert a tapogató ponyvát a víz könnyen meg tudja kerülni. A tapogató ponyva alkalmazása nagy vízhozamú csurgásnál koncentrált bemeneti nyílásnál nagy valószínűséggel sikerrel járhat. Ha vízbelépés helye a vízdali rézsún a vízszinttől messze van, akkor a ponyva 2 méteres rúdja 3-4 méterig hosszabbítható.
4. Amennyiben a csurgás talajt nem sodor ki, de más körülmények indokoltá teszik, mint például a nagy vízhozam, vagy a pulzáló vízhozam, a csurgás felfedezésével egyidőben bűvár is igényelhető. A bűvár feladata a csurgással szemközti vízdalon szisztematikusan (lépésről lépésre haladva) betaposással a befolyási pontot eltömmedékelni. Amikor a csurgás vízhozama csökkent a mentett oldalon, oda a bűvárnak a vízdalon homokzsákokat kell helyezni, hogy nőjön a belépési ellenállás. Ezt a keresztelvényét a gát koronáján egy árvízvédelmi karóval meg kell jelölni.
5. Amennyiben a bűvármunka 2-3 órán belül sem hoz eredményt, fa vagy vas pallókat kell verni a csurgással szemben a vízdalon (13-28. ábra). Alternatív megoldásként szóba jöhet a XIX. században alkalmazott ún. „császár-vágás” amennyiben a csurgás korona közeli tetőző vízállásnál keletkezett. Ennek lényege a vízdali kocsinyomban hosszirányú, maximálisan fél méter mély árkot kell ásni a csurgás járatáig. A járat megtalálása után úgy kell a kiásott földet döngölve visszatemetni, hogy a csurgás járata elzáródjon. Ez a módszer első sorban a vakond járatok okozta csurgások kezelésére alkalmas.

Külön kell szólnunk arról az esetről – mely elsősorban kötött, kővér agyagokból épült töltéseknél fordulhat elő – amikor egy-egy koncentrált csurgás a töltés hosszirányú repedéseiben, az eltömődött szivárgóban összegyűlt víz kitörésének eredménye. Ebben az esetben természetesen a javasolt módszerek egyikével sem szüntethető meg a csurgás, mely ebben az esetben nagy felületen sok vizet összegyűjtő hálózat felszíni megjelenése. A repedés hálózat csaknem akadálytalanul vezeti a vizet, ha koncentrált belépési hely van, akkor az akár több tíz méterre is lehet.

A csurgás önmagában kevésbé veszélyes, ha

- nem mos ki talajszemcséket a gátból (talajszemcsé kimosódásnál már buzgár ellen kell védekezni, ld. 13.3.7. fejezet),
- kicsi a vízhozama (nagy vízhozamú csurgás $q > 10$ liter/perc, könnyen megbonthatja a járat falát, elmoshatja a kilépésnél a rézsűt, stb.)
- gravitációsan folyik ki a gátból (a nyomás alatt kifolyó víznek nem tudjuk becsülni az erejét, a leszakadó rögök ideiglenesen elzárhatják a járatot, vízkitörés jöhet létre más kilépési ponttal, ld. 13-54. kép).

Ezen esetekben mindenképpen állandó megfigyelést igényelnek a csurgások. Árvíz után a csurgást fel kell tární és az okát megszüntetni.

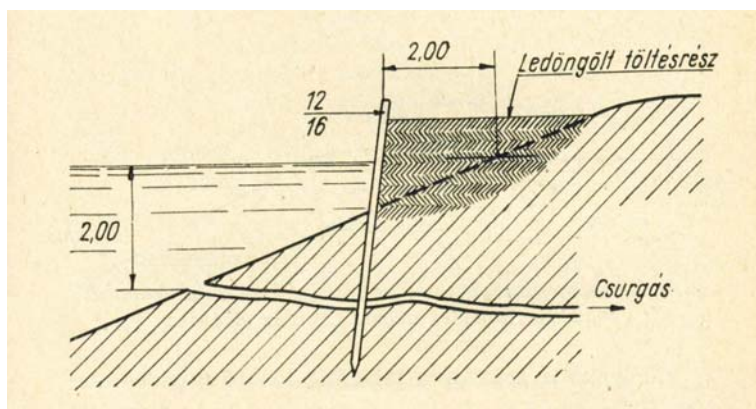


13-54. kép. Tiszta vizű csurgás Tizsakürt és Tiszaug között



13-55. kép. Csurgás befolyó nyílásának műanyag fóliával való leterítése az 1970. évi Tisza árvíznél

A töltéseken át történő koncentrált csurgások elhárításának alternatív módszere lehet – amennyiben a befolyó nyílás felderített és a rézsűkön gyepecs nincs – a befolyó nyílás műanyag fóliával való leterítése. Az elhelyezés búvárok segítségével, a rögzítés pedig sűrűn rakott homokzsákokkal történhet. Sajnos a legtöbb esetben ez a módszer nem elég hatékony, víz egyszerűen elfolyik a fólia alatt (13-55. kép).



13-28. ábra. Csurgás elzárása vízdali szádálással.

„Niagara” csurgás

1999 márciusában – akkor még – minden idők legmagasabb vize vonult le a Tisza középső részén. Szolnok belterületén egy előírtnál nagyobb méretű (töltés magassága 5,0-6,0 m korona szélesség 7,0-10,0 m!, vízdali rézsűhajlás 1:2,5, mentett oldali rézsűhajlás 1:5-1:7 !!) töltésen korábban sehol nem tapasztalt méretű csurgás alakult ki a Tisza jp. 68+745 tkm. szelvényben. A növekvő vízállás mellett a volt vasúti töltés mentett oldali rézsűjének alsó harmadában több felpuhulás és felpúposodás jelentkezett. A védelemvezetés a hazai gyakorlatnak megfelelően kezelte a jelenséget, a felpuhulás ellen bordás leterhelést alkalmazott, mintegy 17 fm hosszú és fél méter magas bordákkal a mentett oldali rézsűn lábtól felfelé. A felpúposodás felszakadása után bő vizű csurgás alakult ki a töltés a rézsűjén a lábtól 10-15 méterre. A csurgás eleinte zavaros vizet ho-

zott, majd a víz letisztult.

A nagy vízhozamú, koncentrált csurgás hatástalanítására a rézsún ellennyomó medence készült, benne egy méternél magasabb víznyomást tartottak. Az ellennyomó medence sugárirányú bordás megtámasztást kapott. Ekkor az ellennyomó medencéből mintegy 100-150 liter tiszta víz folyt ki percenként. A beavatkozással a jelenség nem szűnt meg, a töltés rézsújének átnedvesedése a rézsún felfelé haladt és már kezdte elérni a rézsú felét.

A következő nap hasonló jelenségek mutatkoztak folyás irányban lejjebb. Az újabb csurgás megjelenése után a korábbi ellennyomó medence építésén alapuló védelmi módszer elvetésre került, ugyanis a jelenség az ellennyomó medence visszaduzzasztása miatt terjedt tovább. Végül biztonságos módszernek a víz szabad kivezetése bizonyult. A hatalmas vízhozam miatt (azért, hogy a töltéslábat ne mossa el) a töltésből kifolyó tiszta víz kavicssal töltött zsákokon került levezetésre (13-56. kép).



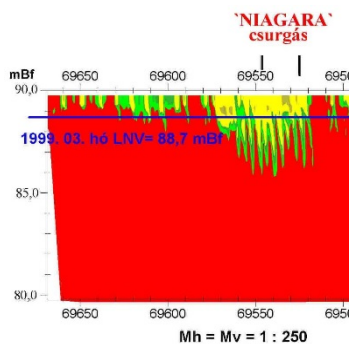
13-56. kép. Szolnok volt vasúti töltés „Niagara” csurgása.

Ekkor még nem lehetett tudni a jelenség okát és a védekezőket aggodalommal töltötte el a korábban sehol nem tapasztalt hatalmasra, 400+/-50 liter/perce nőtt vízhozam. A védekezés ezen fázisában rendkívül fontos kiegészítő ismereteket adtak a töltés koronán és a mentett oldalon a szűrőpálcával végzett vizsgálatok, amik azt mutatták, hogy a mentett oldalon 10-50 cm mélységben valamilyen kő található, ami nem engedi a pálcá mélyebbre tolását. A jelenség környezetében több száz ilyen vizsgálat készült és mindegyik ugyanazt az eredményt szolgáltatva.

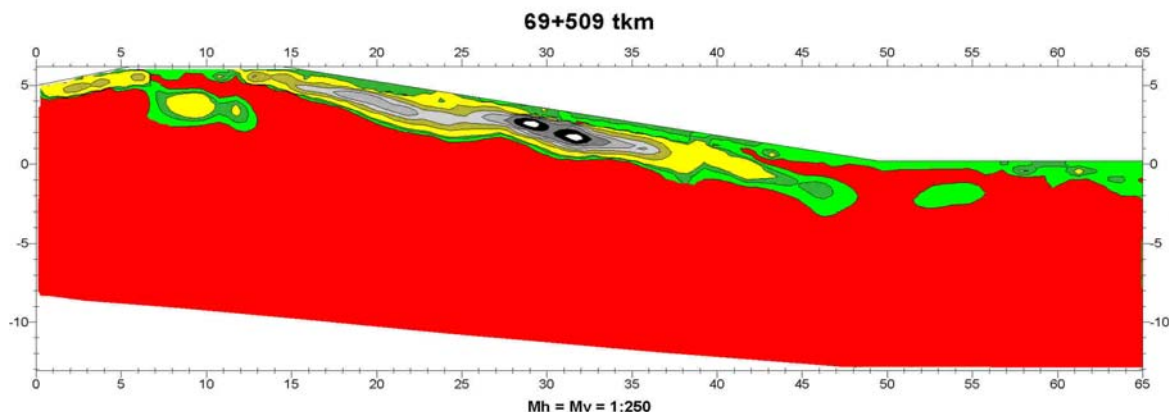
Ekkor a Tisza vízszintje 65 centiméterrel volt a korábbi LNV felett, amikor március 22-én reggel elkezdődött a „Niagara” csurgás és környezetének feltárása roncsolás mentes, geoelektromos módszerrel és hagyományos közvetlen feltárással. A geoelektromos vizsgálatok első eredményei alapján, már aznap kora délután már tudni lehetett a jelenséget kiváltó okokat (13-29. és 13-30. ábra) és már bátran ki lehetett jelenteni, hogy a volt vasúti töltés teljes bizonyossággal megvédhető.

A korábban vasúti töltés koronájáról az ágyazatot a mentett oldalra dózerolták le, majd több-kevesebb földdel takarták le, illetve egyenlítették ki. A víz a mentett oldalra egy küszöbszint meghaladása után a vasúti töltés egyenlőtlen süllyedését megakadályozni hivatott szárító bordákon keresztül jutott.

A töltés talajával, szerkezetével kapcsolatos információkat a roncsolás mentes, geoelektromos vizsgálatok szolgáltatták. Első ízben került sor árvízi műszaki döntéshozás támogatására végzett geofizikai mérésre rendkívüli védekezési körülmények között.



13-29. ábra. A csurgás helyén mélyen lenyúló jó átteresztőképességű talaj volt azonosítható a gátban. Ezek voltak a szárító-bordák (sárga színnel jelölve).



13-30. ábra. A mentett oldal geoelektromos keresztmetsvénye. A csurgás vize a fekete színű zúzottkőben tározódott és onnan került a felszínre. Valószínűleg a koronáról a mentett oldalra tolták le a zúzottkövet.

Taktaközi példa

A Taktaköz Tisza jobb parti töltésén, a tiszadobi komplejáró alatt mintegy 300 méterre az éber segéd-örök csobogásra lettek figyelmesek, de vizet sehol sem lehetett felfedezni a felszínen. A vízdalon nem látszott semmilyen víznyelő. Feltételezni lehetett, hogy valamilyen vakond járaton jut keresztül a víz a mentett oldalra, de mivel nem lépett ki a felszínre félő volt, hogy valahol tározódik, és majd hirtelen löki le a mentett oldalt előre megbecsülhetetlen mértékben. A csaknem koronával színelő vízállás óvatosságra intette a jelenlevőket. Azonnal nyilvánvaló volt, hogy a vízdali magas fű miatt a vízdal föliázása és lyukkereső ponyva alkalmazása értelmetlen. A várható negatív esemény megelőzésére a következő intézkedések születtek:

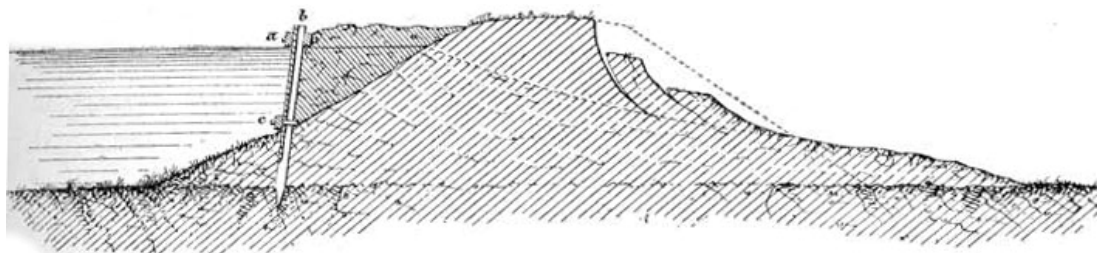
- bűvár kirendelése, a bemeneti nyílás kitapogatása és betaposása érdekében. Homokzsákok elhelyezése a bemeneti nyílásra és köré,
- a mentett oldalon minél magasabban a rézsű felszúrása és a víz kivezetése a töltésből (abból a megfontolásból, hogy inkább a felszínen folyjék a víz ellenőrzött körülmények között),
- bordás megtámasztás építése a mentett oldalon az esetleges suvadás kialakulásának elkerülésére. A bűvár elvégezte feladatát, a bordás megtámasztás egy órán belül elkészült, a Taktaköz pedig megmenekült az elárasztástól.

13.3.6. Védekezés suvadás ellen

Suvadásnak nevezzük általában azt a felszínmozgást, amikor a rézsűs felszínű talajtömeg egy része önsúlyának és a víz áramlásának hatására görbe felület mentén lefelé és kifelé mozog. A mozgás viszonylag gyors, az elmozduló tömegnek határozott kerülete van. Az eredeti térszín jellegzetes „S” alakot vesz fel, az alsó részen a suvadás kitüremkedik az eredeti felületből.

Tapasztalatok korábbi suvadásoknál

A XIX. században a mentett oldali suvadások elleni védekezést alapvetően a vízdalon oldották meg a korona víz felé történő eltolásával (13-31. ábra). A megmozdult földtömegnél – valószínű, hogy a nagyobb mennyiségű védelmi anyag hiányában – hagyták a maximális elmozdulás kialakulását, vagyis a megmozdult földtömeg alakítsa ki a saját maga egyensúlyi állapotát. Így alaposan gyengítetté vált a töltés felső részének keresztmetszete, a meg nem mozdult töltésrész viszonylag magas függőleges fala maradt megtámasztás nélkül. Ez által lehetővé vált a suvadás hátrarágódása, ugyanott további suvadások kialakulása, ami a gát átszakadásához vezethetett. Lényegesen kevesebb védelmi anyaggal a mentett oldali suvadások ellen a vízdalon védekeztek. Nem állt rendelkezésre hatékony eszköz, amivel nagy mennyiségű védelmi anyagot a mentett oldali védekezéshez lehetett volna szállítani. Mint ahogy Péch József is megjegyzi több helyen az 1892-ben megjelent Gátvédelem című könyvében, hogy az árvízvédekezőknek gyakorta csak „szalma, sás, dudva, gaz, kukoricaszár vagy szálas trágya” állt rendelkezésére. Ehhez kellett az alkalmazott védelmi módszert igazítani. Azóta a védekezés átalakult, azonban azért, hogy a tapasztalatok átöröklődjenek, szükséges a korabeli védekezési módokat (vagy egyes részleteit) is feleleveníteni.



13-31. ábra. Suvadás elleni védekezés a vízoldalon kisebb suvadásnál.

Töltés repedés bekövetkeztekor – Péch leírása alapján – a védekezés vezetőjének első feladata

„a gátcsuszamlás helyszínére érkező, és a csuszamlás nagyságából meggyőződve, hogy a gáttest már át van ázva, azonnal intézkedjünk lehető jó minőségű földnek gyors és nagymennyiségben való szállításáról, úgy hogy a megérkezett földet a gát víz felőli oldalára dobják, és a gát tetején legalább 2-3 méter szélességű kocsiutat tartanak fenn a közlekedés és anyagszállítás számára. Mivel a földet nagy távolságból kell szállítani, a földszállítási intézkedéssel nem szabad késlekedni.”

Manapság a suvadás elleni védekezés ennél lényegesen nagyobb léptékű a feladat (nagyobbak a gátak és a védett érték is), több napra teljes infrastruktúrát kell felállítani a suvadás bevédezéséhez.

13-1. táblázat. Történelmi suvadások

év	hely	leírás	védekezés
1876	Soroksári-Duna	A Soroksári-Dunát keresztben elzáró gát alvízi oldalán.	A védekezést elrendelték, a módjáról nincs információ.
1876	Tisza bp.	Dombrádon 26 láb (824 cm) magas víz a töltést alapjaiban támadta meg. A töltés meghasadt és a mentett oldalon süllyedni kezdett. Az odavezényelt lakosok megvédték az átszakadástól.	A védekezés módjáról nincs információ.
1876	Maros jp.	A Mindszent-apátfalvi Társulat ún. nagy-vetrói gátján több helyen, mintegy 200 méter hosszúságú csuszamlások mutatkoztak.	A védekezés módjáról nincs információ, utána téglaburkolattal látták el.
1876	Maros jp.	A Mindszent-apátfalvai Tisza-szabályozási Társulat porgányi töltésénél mintegy 30 ölnyire (57 m hossz) még mindig tartott a szivárgás, s az alján elázott töltésekből egész földtömegek folytak ki.	E töltést erős cölöpözés és földzsákok elsüllyesztésével erősítik és ez által remélik a következményeiben borzasztó töltéscsuszamlást elhárítani.
1879	Tisza jp.	A szegedi katasztrófához vezető petresi gátszakadást rézsúcsúszás okozta. A szurkos anyagból épült és nem kellően tömörített új töltés először kapott vízterhelést, de rögtön rekord magasságút. A laza töltésanyag teljes átázása miatt a töltés hirtelen megrogyott és átszakadt.	A védekezésre nem volt idő.
1881	Béga jp.	Ótelek lakossága a túlpártot megnyitotta, mert a Dinnyés-ótelki vonalon 15 db töltéscsúszás keletkezett. A Temes-begavölgyi Társulat területén az elöntött terület 4600 ha. A szakadás hossza 60 méter.	A védekezés módjáról nincs információ.
1888	Kettős-K. jp.	Hosszúfoki ármentesítő társulatnál szikes töltés.	A védekezés módjáról nincs információ.
1888	Tisza bp.	Mindszenti szakaszon 590 fm suvadás.	Vízoldali töltés bővítés, mentett oldalon töltés megcsapolás.
1891. márc. 13.	Duna bp.	Jeges árvíz hatására Harta és Dunapataj községek határában lévő "kopolyapadkán" a talajvíz nagymérvű átszivárgása folytán csuszamlás állt be.	A helyreállítás közérővel nem sikerült, ezért fizetett munkásokkal dolgoztattak, de a jég hirtelen eltakarodott.
1895	Tisza bp.	Mindszenti szakaszon 287 fm suvadás. Többek között Akolszegen 25 méter hosszban. Egy másik suvadás 25 méteresről 90 méteresre fejlődött.	Vízoldali töltés bővítés, mentett oldalon töltés megcsapolás.
1913	Kettős-Körös jp.	Július 14-16. között kialakult, a békési hídnál 748 cm-el tetőző árhullámnál a szikes töltések átáztak. A bodzászugi szakaszon, ahol még nem épült meg a vízzáró fal, a töltésben a szivárgás megindult, majd töltéscsúszás keletkezett. A következő évben 65 méter hosszú szakaszon épült fal a gátba, a 18+842-18+907 szelvények között.	A védekezés módjáról nincs információ.

év	hely	leírás	védekezés
1932	Tisza	Az Alsó-Tiszán minden addigig meghaladó magas és tartós árvíz vonult le, mely mintegy 8 hétig fekküdté meg a töltéseket. Az Atka-szigeti szakaszon kb. 7,0 m magasságú töltés mentett oldali rézsűjén a szivárgás a térszint felett még csak 1,5 m magasságig jelentkezett, ami még nem jelentős töltésátázás. Az altalaj átázása a térszint alatt 3-4 m mélységben levő folyós homokrétegen át jelentkezett. A tetőzés idején minden előjel nélkül a rézsű lecsúszott 35-40 m hosszon függőleges érintősíkú felület mentén a padka élétől kiindulva kagylósan, csaknem egy darabban mintegy 350 m ³ . A mozgást az első félórán szemmel is figyelemmel lehetett kísérni. A csúszást a kb. 1,5 m mélységig folyós, péppé ázott altalajnak a terhelés alóli kitérése idézte elő, amit szűrőpálcával végzett tapogatás is igazolt.	A rézsű aljának elázása az altalajon keresztül történt. A védekezés célja az ép töltésrész sürgős megtámasztása volt. A megcsúszott földtömeg száraz anyagából és a padka koronaéléből kitermelt száraz földből második padka épült, mert a töltés közelében más-hol száraz talaj nem volt. Szivárgó létesítése nélkül végrehajtható volt a munka, mert áramló víz a töltésben nem jelentkezett. A padkaépítéssel egyidejűleg a vízdalon szádfal verés folyt, ami utólag túlzott óvatosságnak bizonyult, mert a töltéstest nem volt átázva, a szádfal el sem érte a töltés altalaját.
1932	Körös	Péterszegi magaspart töltésén az utolsó erősítés a mentett oldalon szikes agyagból történt, ami nem engedte át a vizet, a töltés 20 méter hosszon megcsúszott.	A védekezés módjáról nincs információ.
1940	Dunavölgyi főcsat. jobb part	Március 22-én a 2+600 tkm szelvényben mintegy 30 méter hosszban a padka koronán repedések jelentek meg. Az elmozdult rész 75 m-re nőtt úgy, hogy a padkából már csak 50 cm volt, ami nem mozdult el. A csúszásból iszapos homok mosódott ki.	Vízdali pallózás 3 m hosszú pallóval. Gyorsan áradt a visszaduzzasztott részen és gyorsan apadt.
1942	Körös	A hosszan tartó árvíz alatt a mintegy 5 méter magas vízoszlop terhelésére az altalaj és a mentett oldali töltésláb teljesen átázott. A töltés rézsűje a padka korona élét elérő ferde lap mentén mintegy 60 méter hosszban kagylósan megcsúszott és a megmozdult földtömeg a felázott altalajt helyéből kinyomta. A védelemvezető a töltésre merőlegesen feltáró ásást végeztetett, mely szerint a töltéstest felsőbb rétegei még nem áztak át, de tartani kellett attól, hogy a repedésben felgyülemlt víz további átázást okoz.	Szivárgó épült a repedés mentén jól beágyazva az átázott töltéstestbe. A szivárgó rövidesen érezte hatását, a megcsúszott földtömeg kiszikkadt és visszanyerte ellenálló képességét, a továbbiakban támaszul szolgált a még ép töltéstestnek. Az eredményességet elősegítette az is, hogy megindult az apadás.
1954. július	Duna jp.	54+684 szelvényben, a Dunakiliti holtágnál töltés csúszás. Az elöntött terület 20600 ha. A gátszakadás hossza 43 m.	A védekezés módjáról nincs információ.
1965. június 26.	Duna bp.	Dunacsébnél, 11.45-kor megcsúszott a töltés. A kialakult gátszakadás következtében az elöntött terület 4400 ha.	A védekezés módjáról nincs információ.
1970	Sebes-Körös jp.	Foki-híd alatt a 18+080-18+640 szelvények között 560 fm hosszban. A töltésen átszivárgó víz lenyomta a mentett oldali jobb vízzáró tulajdonságúra készített töltés bővítést.	A védekezéshez több mint egy nap múlva kezdtek hozzá a bordás megtámasztást a megcsúszott talajra helyezték. Gátszakadás nem alakult ki.

A védekezési felfogás az **1970. évi tiszai árvíznél** már alapvetően más volt, mint a Péch által leírtak. Nem a vízdal felé történő korona eltolással akarták megoldani a suvadás elleni védekezést, hanem a mentett oldali leterhelő és megtámasztó homokzsák bordák építésével. Ennél az árvíznél mind a felhasznált védekezési anyag, mind a védekezők létszáma nagyságrendi növekedést mutatott a XIX. századi eseményekhez képest. Köszönhető ez részben az 1956. és 1965. évi katasztrofális dunai árvizeknek, valamint annak, hogy a kormányzat politikai kérdésként kezelte az árvízi élet- és vagyonbiztonságot.



13-57. kép. Foki-híd alatti suvadás 1970 évi árvíznél.

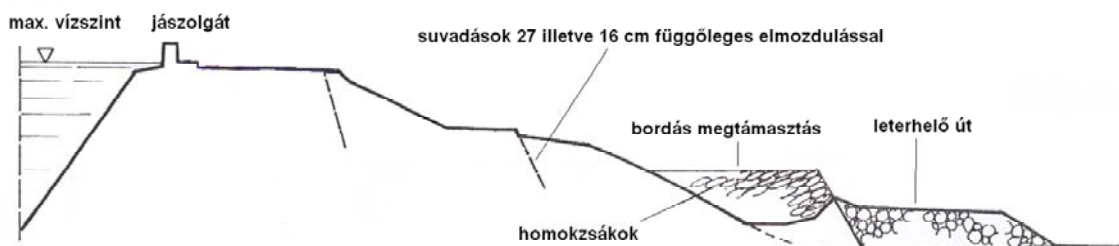
A Foki-hídi felszínmozgás volt gyakorlatilag az egyetlen suvadás 1945-98 között. Bár a suvadás nem lett feltárva, annyi azonban a kollégák elmondása alapján valószínűsíthető, hogy a néhány évvel korábban készült mentett oldali kötött anyagú erősítést dobta le a szivárgó víz a Sebes-Körös jobb parton (13-57. kép). Az alkalmazott védekezés bordás megtámasztás volt, amit részben a megcsúszott földtömegre raktak. A régi töltés teherbírásának köszönhetően gátszakadás nem alakult ki.

A 2000. évi közép-tiszai árvíz alatt sorozatosan alakultak ki suvadások, melyek négy területre koncentráálódtak, úgymint Akolhát, Tiszabura, Tiszakécske és a Tisasüly-Doba közötti szakaszra. A 24 db suvadás összes hossza 954 méter. Jelentős újítást hozott ez az árvíz a védelmi anyag szállítás és a gátláb leterhelése terén. A védelmi anyag szállításában megjelentek üzemszerűen a kételtű járművek, illetve a helikopterek a nehezen megközelíthető helyek ellátásában. Ugyanakkor elterjedté vált a kisteherautós zsákszállítás az árvízvédelmi gáton.

A 2000. évi tavaszi árvíznél a 10.03 védelmi szakaszon a Kolopi-rámpa alatti és feletti sorozatos suvadások nagy veszélyt jelentettek még Szolnok árvízvédelmi biztonságára is. Közvetlenül a rámpa feletti szakaszon (ahol az első suvadások jelentkeztek) három hátrarágódó, alámetsző csúszólap is kialakult; a suvadások merev testként elmozduló földtestek voltak (13-32. ábra). A folyamatos és tömeges suvadások stabilizálására új módszer került alkalmazásra, mely „összevontan” kezelte a suvadásokat. A mentett oldali töltéslábhhoz épített leterhelő-megtámasztó kőpadka (de nevezhetjük „kőútnak” is) megakadályozta a suvadások hátrarágódását, további suvadások kialakulását (13.7.7. fejezet, 13-152. kép).

A **suvadások okaként** több más tényező mellett a következők emelhetők ki:

- a koronával színelő, helyenként annál magasabb vízállás,
- a fővédvonal előtti egyre magasodó nyárigát 1970 óta minden árvizet felfogott, a gát nem kapott vízterhelést,
- a töltés ki volt száradva, a repedéseken keresztül vezette a vizet,
- a vízoldali téglaburkolat felett a korona alatti részen a biológiai, előregedett zónában (13.3. fejezet) szabadon áramlott a töltésbe a víz.



13-32. ábra. A Kolopi-rámpa feletti második suvadás keresztmetszete a Tisza jp. 110+894 szelvényben. Merev testként elmozduló földtestek.

A 2001. évi felső-tiszai árvíznél a Tisza jobb parton Tarpa és Tivadar között rövid idő alatt 16 db talpponti suvadásból háromnál¹⁶ alakult ki gátszakadás. A suvadásokért az előregedett, szelvényhiányos töltés külső egy méterében lejátszódott folyamatok voltak okolhatók (ld. 13.3. fejezet), amihez hozzájárulhatott az is, hogy a korona tengelyére rakott nyúlgát miatt a megsuvadt szakaszon a szivárgási úthossz jelentősen lecsökkent és talajtörés alakult ki. A 16 suvadásnál a kialakult mechanizmus valójában ugyanaz volt. A gátszakadás előtti napok esőzése miatt a mentett oldali rézsú és altalaja is teljesen átázott, telítődött, a rézsú „elnehezedett” és a nyírószilárdsága lecsökkent. Suvadás ott alakult ki, ahol a nyúlgát felett átfolyó víz még tovább áztatta a talajt, így az atmoszférikus hatások miatt laza töltésanyag másodpercek alatt sárszerűen lefolyt és legyező formában szétterült a töltéslábnál (13-58. kép). A jelenségek nagy száma és gyors egymásutánja miatt a védekezés még akkor sem lehetett volna hatékony, ha van elegendő homokzsák. A Tarpa és Tivadar közötti suvadások a máshol tapasztaltaktól eltérő mechanizmus szerint alakultak ki. Az ilyen suvadások ellen a védekezés elsősorban a megelőzés lehet, jó minőségű, megfelelő méretű töltéssel ilyen helyzet nem alakulhat ki.



13-58. kép. Tarpai suvadás 2001-ben. Puha telített talajú rézsú lefolyt a töltéslábnál és ott legyezőszerűen szétterült.



13-59. kép. Istvánházi suvadás.

2006-ban mind a Dunán, mind a Tiszán csúcsdöntő árvíz vonult le. A tiszai árvíznél sok káros árvízvédelmi jelenség volt, de a gát állékonysága szempontjából a legveszélyesebb jelenségek a kialakult suvadások voltak. Itt is az árvízi jelenségek nagy része a gátak korábbi időkből is jól ismert geotechnikai problémáira vezethető vissza. 2006. április 19.-e után gyakorlatilag naponta keletkezett új suvadás egészen május elsejéig. A sorozatos suvadások időben eltolódva jelentettek feladatot. A Szolnok és Szeged közötti Tiszán és a visszaduzzasztással érintett Hármaskörösön 12 suvadás (ebből 10 db a KÖTIVIZIG területén) volt tetőző vízállás környékén (13-59. kép). Az árvíz alatt több olyan szakmai kérdés is felmerült, melyek értékelése nemcsak a szakmai közönség számára fogalmazható meg érdekességgént.

A 2006. évi árvíznél tapasztalt suvadások azért voltak veszélyesek, mert a merev testként elmozduló suvadásoknál korábban nem látott sebességű függőleges elmozdulások voltak mérhetőek. Kétségtelen, hogy a legveszélyesebb ebből a szempontból is a Hármaskörös jobb parton Csongrád Nagyréten a 0+500 szelvény környékén kialakult első suvadás volt. A függőleges elmozdulás elérte a 2 cm/5 perc értéket

¹⁶ Kettő közel volt egymáshoz, a megnyílás növekedésével később összezáródott, és így a történetírásba is csak két gátszakadás került be.

(megfelel 24 cm/órának). Az alakváltozás sebessége, az elmozdulások nagysága és a kialakult másodlagos hatások szükségessé tették korábban nem ajánlott és nem használt árvízvédelmi módszerek alkalmazását is. A 2006. évi árvíznél kialakult 12 db suvadást vizsgálva több közös jellemző is megállapítható, ugyanakkor a suvadások hasonlósága mellett egyedi vonások is azonosíthatók voltak:

- A **gátak túlterheltek** voltak mind a 12 suvadásnál, a vízállás meghaladta a tervezési vízszintet, a mértékadó árvízszint számított értékét, valamint több esetben a korona szintet is.
- A **szelvényhiányos gát** volt mind a 12 esetben. A töltés nem rendelkezett az előírt minimális töltés méretek minden paraméterével (rendszerint a mentett oldali rézsűhajlás nem érte el az előírt 1:3 értéket).
- A gátak magasságihiányosak¹⁷ voltak 11 suvadásnál.
- A környezetéhez képest a legmagasabb volt a töltés mind a 12 suvadásnál, tehát valamilyen terpmélyedés volt. Ezek közül 5 esetben holtág keresztvezés volt a suvadás szelvényében.
- A mentett oldalon a töltés lábánál a lefolyástalan, vízenyős területen víz tározódott mind a 12 suvadásnál.
- Mind a 12 töltéskárosodásnál **agyagok alkották a töltés altalaját** a suvadással figyelembe vehető mélységig.
- **Kötött talajú töltés** volt ugyancsak mind a 12 esetben (többnyire felszín közelből keresztzállítással¹⁸ épültek a töltések).

Ezen fontosabb megállapítások, melyeket részben már az árvíz alatt is valószínűsíteni lehetett, azt mutatták, hogy a suvadások kialakulásánál nemcsak a vízterhelésnek, hanem az agyag-víz kölcsönhatásnak is jelentős szerepe volt.

A suvadásoknál alkalmazott hagyományos, homokzsákos megtámasztással és ellennyomással történő védekezés kellő időben történt, okszerű és eredményes volt, a védelmi szervezet gyorsan és hatékonyan válaszolt az árvízi jelenségre, a geotechnikai ismeretek az árvízvédekezésnél jól hasznosultak. Gátszakadás azonnali veszélye a Csongrád nagyréti suvadáson kívül esetleg még rövid ideig szelevényi suvadásnál állt fenn, azonban a beavatkozás gyorsasága lehetővé tette a további megalapozott védekezést. A korábbi évek (1998-2002) tapasztalatán alapuló 2006 évi tiszai árvízvédekezés sikeres volt. A védekezés egyes elemei az előző nyolc évben sokat fejlődtek. Ehhez hozzájárult a honvédségi szakemberekkel való együtt gondolkodás és együttműködés is.

A suvadások osztályozása

A suvadások különböző módon osztályozhatók, ezen belül a suvadás mechanizmusa még eltérő is lehet.

Suvadások osztályozása hely szerint:

- Vízoldali,
- Mentett oldali.

Suvadások osztályozása a kiváltó víz szerint:

- Árvíz,
- Záporhatás (vagy intenzív hóolvadás a töltés felületén),
- Vízszint csökkenés.

Suvadások osztályozása a csúszólap kimetsződése szerint:

- Rézsűcsúszás (ha a csúszólap alsó éle már a rézsűben kimetsz),
- Suvadás talpponti csúszólappal (ha a csúszólap alsó éle a töltéslábnál jön a felszínre),
- Suvadás alámetsző csúszólappal (ha a csúszólap alsó éle a mentett oldali terepszinten metsz ki).

Azt, hogy a csúszólap hol metsződik ki, a helyi talajviszonyok és a rézsűhajlás döntik el, de legnagyobb valószínűséggel alámetsző csúszólap várható az árvízvédelmi gátaknál. Az állékonyagszámítás mindhárom változatnál korrektül elvégezhető.

¹⁷ A töltésmagasság nem érte el a mértékadó árvízszint + 1,0 méteres magasságot.

¹⁸ A töltés a legkisebb szállítási távolsággal a vízoldali lábban kialakított anyaggyerőhely felhasználásával épültek.



13-60. kép. Csongrád Nagyréti suvadásnál órák alatt kialakult egy méteres függőleges elmozdulás.



13-61. kép. Vízoldali suvadás Szolnok téglaházi szakasz, újvárosi gát.

Suvadások osztályozása a csúszólap alakja szerint (a kör „négyzetesítésének” fokozatai):

- kör (rendszerint homogén talajviszonyok esetén),
- körhöz közelítő¹⁹ (ha a rétegek között nincs jelentős szilárdsági eltérés),
- összetett (rendszerint rétegzett talajnál, ha van egy a többtől jelentősen eltérő réteg),
- sík (ha a rétegzett talajnál az eltérő teherbírású réteg felszín közeli, vagy kimetsz a felszínre).

A kör- és a síkcsúszólap, mint a két határesetet jelentő „tisztá” csúszólap közötti átmenet fordul elő leggyakrabban. A tiszai árvízvédelmi gátaknál körhöz közelítő csúszólapok kialakulása várható. Az állékonyságszámítás mindegyik alakú csúszólapnál megoldott. A csúszólap alakjának védekezési szempontból csak elvi jelentősége van.

¹⁹ Ide sorolva a logaritmikus spirális csúszólapot is.



13-62. kép. A Szamos fenntartótöltés suvadása szemből.

Vízoldali suvadás apadó víznél alakul ki (13.3.6. fejezet). A hirtelen vízszint csökkenés hatására a folyó partjában és a töltésben lévő víz áramlási nyomására a vízoldali rézsű (esetleg a parttal együtt) elmozdulhat (13-61. kép). Egy-egy nagyobb vízszint csökkenés hatására tízesével keletkeznek a folyó mellett vízoldali suvadások, partmozgások, partcsúszások, de állékonysági szempontból csak azokkal foglalkozunk, melyek műtárgyat veszélyeztetnek vagy belterületen találhatóak. Árvízvédekezési szempontból a vízoldali suvadásnak (13.3.6. fejezet) csak akkor van jelentősége, ha már a helyreállítás előtt új árhullám várható.

Mentett oldali suvadás árvízi vízterhelés hatására alakul ki, korona közeli vízállás esetén. Az 1998., 2000. és 2006. évi összes hazai suvadásnál merev testként elmozduló földtömegek voltak, melyek erőtani viszonyai jól leírhatók, a suvadás mechanizmusa ismert, az állékonyság számítására részletes geotechnikai módszerek vannak.

A suvadás geometriája

A suvadásoknál az elmozdult földtömeg alakja sok hasonló jellegzetességgel szolgál. Az elsődlegesen kialakult mozgás rendszerint a suvadás világos jegyeit mutatja: felül karéjos elválás, a megmozdult földtömeg lépcsős lezökkenése, kissé hátradőlő felszínnel. A suvadás talpánál megfigyelhető a rézsű kihasodása és a lábánál a megmozdult anyag feltüremkedése, felgyűrődése, szétfolyása (13-58. kép).

A csúszólap felül karéjos alakjába többnyire egy egyenes szakasz is beékelődik a töltés tengelyével párhuzamosan. Ez az egyenes szakasz rendszerint ott tapasztalható, ahol a karéj legfelső pontja a koronára vagy a padkára metsz ki, tehát többnyire csak a rézsűben kialakult suvadásnál hasonlít a suvadás alakja egy oldalra fordított másodfokú parabolára (ld. pl. 13-62. kép). A töltés tengelyével párhuzamos egyenes szakasz csak hosszabb suvadásoknál található.

A csúszólap felső (rendszerint a koronán vagy a padkán való) kimetsződése függőleges vagy közel függőleges érintővel kapcsolódik a felszínhez vagy a felszíni repedéshez (13-60. kép). A csúszólap felső karéja sok esetben egyenes nyírási repedéssel fut le a rézsűn és kapcsolódik a töltés lábánál kialakult anyagtorlódáshoz. A lábánál feltüremkedett anyag ideális kimetsződése szintén karéjos, de enyhébb ívben, mint a koronánál.

Körécsúszólap esetén a gát lábánál a talaj felgyűrődik ugyancsak karéjosan. Hosszabb suvadás esetén az alsó karéjban is lehet egyenes szakasz. A felgyűrődéséből, a megmozdult földtömegeből, a mentett oldali lábánál kialakult anyagtorlódásából hasznos információkhoz juthatunk a csúszólap alakjával kapcsolatban már a védekezés során is. A csúszólap mentett oldali kimetsződése a 2006. évi suvadásoknál rendszerint a töltéslábtól kevesebb, mint 5 méterre volt. Síkcúszólap esetén a karéj helyett inkább egyenes szakaszok dominálnak, sőt a csúszólap alsó élénél kevésbé a felfelé mutató mozgás, mint inkább a vízszintes irányú mozgás lehet a jellemző.

A 2000. évi suvadásoknál az elmozduló merev földtestek elmozdulásai viszonylag kicsik voltak, elmozdulás méréseket az idő függvényében végeztek, de nem volt praktikus műszaki oka meghatározni a mozgás sebességét.

13-2. táblázat. A 2006. évi suvadásoknál a mozgás sebessége

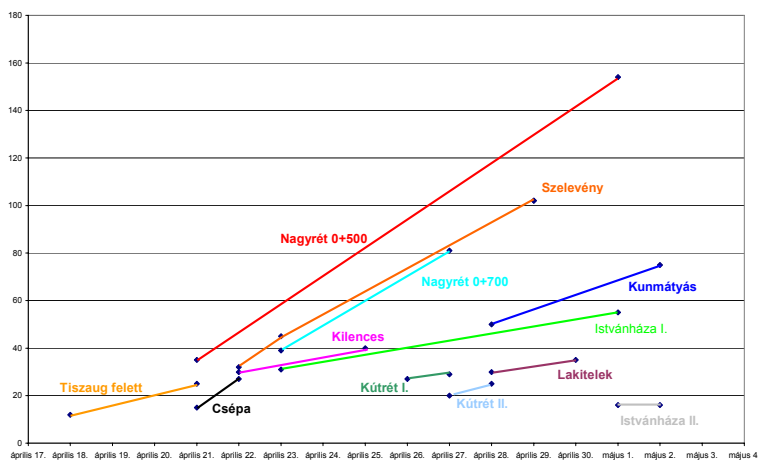
Hely	Szelvény	Mozgás maximális sebessége
Nagyrét	0+500	24 cm/óra
	0+700	2 cm/óra
Szelevény	10+440	6 cm/óra
	10+465	
Istvánháza	13+100	3 cm/óra
	13+400	1 cm/óra
Kútrét	42+400	2 cm/óra
	42+100	1,0-1,5 cm/óra
Lakitelek	6+650	4 cm/óra
Kilences	72+270	2 cm/óra
Dóc	46+340	1 cm/óra

A suvadás sebessége az árvízvédekezés ideje, időelőnye miatt fontos. Mervev testként elmozduló mentett oldali suvadásoknál a kialakuló elmozdulás nagysága a mozgás sebességétől és az árvízvédekezők aktivitásától függ. Az elmozdulás nagyságának szélső értéke a maximális elmozdulás, ami védekezés nélkül kialakul a suvadásnál.

A kialakult elmozdulás nagysága függ az árvízvédekezők aktivitásától is, milyen gyorsan tudnak „rámozdulni” a feladatra. Ebben az idővel folytatott versenyben a felkészültségnek van a legfontosabb szerepe. A helikopteres anyagszállítással gyakorlatilag akár egy óra²⁰ alá is csökkenthető az idő, ami a suvadás felfedezése és a védelmi anyag beépítésének elkezdése között szükséges. Távoli felvonulási hely, előre nem egyeztetett logisztika esetén ez az idő 3-6 órára (esetleg még többre is) becsülhető.

A suvadás hossza elsősorban a védekezők létszámát és a védekezési anyag mennyiségét, kisebb mértékben a védekezés idejét befolyásolja. A kezdeti hossz csak a védekezés kezdetére nyújt támpontot. Az, hogy egy suvadás hossza hogyan fejlődik, függ a talajviszonyoktól, a suvadás alakjától, a kialakulásának a vízszint tetőzéshez való viszonyától és a védekezők aktivitásától. A suvadások kezdeti hossza a 2006. évi tiszai árvíz tapasztalata szerint nem haladta meg a 35 métert (13-33. ábra). Más árvizeknél a suvadás kezdeti hosszára vonatkozóan nem rendelkezünk információval.

A suvadás hossza időben változik. Az első napokban kétségtelenül gyorsabban nő, mint akkor, amikor már apadt a víz 30-40 cm-t. A suvadás végső hossza a különböző helyeken a 13-33. ábra szerint változott. Természetesen a korábbi tapasztalat nem garancia arra, hogy a jövőben is hasonló méretű suvadásokat alakít ki a természet az ember közreműködésével, azonban a meglévő tapasztalatok támpontot adnak arra vonatkozólag, hogy a történelmi események alapján mire lehet számítani.



13-33. ábra. A suvadás kezdeti és végső hossza.

²⁰ Másik, nem távoli suvadáson dolgozó helikopterek átirányítása rendkívül gyorsan megy, de ha az infrastruktúrát frissen kell felállítani, akkor akár fél napra is szükség lehet.

A **kezdődő suvadás húzási repedése** a gát állékonysága szempontjából legveszélyesebb repedés, ami rendszerint tetőző vízszintnél alakul ki. Hogyan lehet ezt a húzási repedést és a duzzadási repedést megkülönböztetni?

- A duzzadási repedés iránya rendszerint alkalmazkodik a felszíni repedésekhez, a töltés korona középső részén, esetleg a keréknyomban halad.
- Suvadás repedése rendszerint egyenesebb (ha a koronán van), és a repedés végén befordul a rézsű irányába (karéjos alak).
- A duzzadási repedésnél nincs magasságkülönbség a repedés két oldala között.
- Duzzadási repedésnél nem tapasztalható a mentett oldali terepszinten a talaj felgyűrődése.



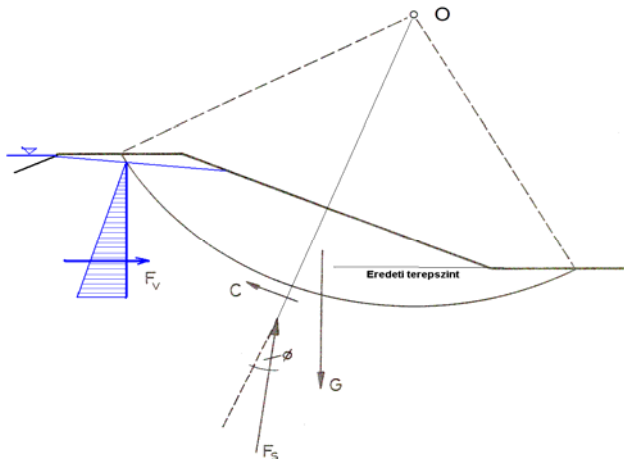
13-63. kép. Duzzadási repedés a szelevényi suvadásnál.

A **duzzadási és zsugorodási repedés** kedvezőtlen hatása az állékonyságra első sorban a következő két szempontnál jelentkezik:

- a repedés helyén nincs erő, ami átadódna, tehát nem tud kialakulni nyírási ellenállás sem,
- ha vízzel telik meg a repedés, akkor nem az áramlási ellenállással csökkentett víznyomás hat, hanem annál nagyobb.

Védekezés suvadásoknál

A suvadás elleni küzdelemben – nem lehet eleget hangsúlyozni –, a legfontosabb feladat a megelőzés, a jó minőségű gátak építése. Ezzel kapcsolatban egy régi beidegződést kell megcáfolni. Hosszú ideig az a téves vélemény volt, hogy a mentett oldalra kötöttebb talaj nem kerülhet, mint amilyen a töltést alkotja. Mai tudásunk szerint úgy fogalmazzunk, hogy a mentett oldalra jobb vízvezető képességű talajt kell beépíteni! Tekintettel arra, hogy a töltés tömörségét ma már előírások szabják meg, az a régebben szokásos eljárás helytelen, hogy a mentett oldalra kevésbé tömörített talajt teszünk, azért hogy jobb vízvezető legyen. A megfelelő szivárgási tényezőt nem a tömörítés elhagyásával, hanem a megfelelő anyag kiválasztásával kell elérni! Ha azonban nem áll rendelkezésre megfelelő minőségű jobb vízvezető anyag, akkor szerkezetes töltést kell kialakítani szivárgó beépítésével.



13-34. ábra. Az O középpont körül elmozduló körcsúszólap erőjátékában részvevő erők (F_v a víznyomás, G az önsúly, C a kohéziós erő, F_s a támaszerő és a surlódási erő eredője).

Minden suvadásnál két alapvető feladat van, melyeknek a helyi körülményekhez való alkalmazásával lehet sikeresen védekezni. Az egyik a védekezési infrastruktúra lehetőleg azonnali kialakítása (honnan

milyen anyagok, milyen szállítással, mivel kerül beépítésre), a másik a helyszíni elrendezés kialakítása, a helyszínre érkező védelmi anyagok azonnali beépítése. Utóbbinál elsősorban a korábbi védekezési tapasztalatok és a geotechnikai ismeretek dominálnak.

Suvadásnál a helyszínen végzendő legfontosabb munkák, amelyek kivitelezésére a szervezési tevékenység irányul, kettős feladatot kell, hogy ellásson. Egyrészt növelni kell a suvadással szembeni ellenállást, amit megtámasztó-leterhelő mű építésével lehet biztosítani, másrészt csökkenteni kell a terhelő erőt, amit a mai gyakorlat szerint a csúszólapon a vízterhelés csökkentésével, többek között a suvás repedéséből a víz kivezetésével tudunk elérni. A munka során folyamatos ellenőrzésre van szükség azért, hogy a védekezés hatékonyságát fel lehessen mérni. Ez többek között a folyamatos mozgásmérések segítségével történik.

Napjaink árvédekezésénél a legfontosabb az árvízi jelenség minél korábbi szakszerű felismerése, azonosítása és a hatékony ellenintézkedés megtétele. Az árvízi jelenségek, így a suadások időben történő felfedezése az egész védekezési stratégia alapeleme. A megfelelő árvízvédelmi fokozatban fontos feladata a gátörnek és a segédöröknek a rájuk bízott töltésszakasz előírás szerinti vizsgálata, kötelességük a töltés koronáján és mentett oldali felszínén elsősorban repedések után kutatni, mert ezek előjelei lehetnek a töltés suadásának. Ugyanilyen feladatuk a mentett oldali terepszint vizsgálata, nincs-e felgyűrődési jelenség; s állandóan szemmel kell tartaniuk a töltés átázásának jeleit. A megfelelően ellátott őrszolgálat lehetővé teszi a gyors és hatékony ellenintézkedések megtételét.

A suvás megindulása, felfedezése, jelentése után elkezdődik egy versenyfutás az idővel. A suvás kialakulása után esetleg még óráknak kell eltelnie, hogy a védelmi anyag, a munkaerő a helyszínre érkezen. Ez az idő jelentősen csökkent a 2006. évi árvíznél. Ebben a „versenyben” jelent nagy segítséget a helikopteres anyagszállítás, amelyiknél nappal akár 20-25 perc alatt a helikopterek az új helyszínre átirányíthatóak.

Gyakran előfordulhat, hogy a helyszínre érkező védekezők megelőzik az anyagszállítást, vagy akadózva érkeznek a védelmi anyag. Ekkor helyi anyag beépítése szükséges. (Hasonlóan történik ez a meghágás elleni védekezésnél is, amikor védelmi anyag hiányában a mentett oldali korona élből épül a nyúlgát, vagy a mentett oldali korona élből kivett anyagot teszik a zsákba.) Suvás elleni védekezéskor is található elérhető közelségben olyan „anyagnyerőhely” (rámpa, ellennyomó medence töltése, mentett oldali koronaél, stb.), amelyik a védekezést ideiglenesen kíséri. Nincs annál rosszabb, mint tétlenségre ítélt védekezőket látni²¹ akkor, amikor nagy a baj.

Fontos szervezési szempont, hogy a helyszínre érkező anyag azonnal beépítésre kerüljön, ne képezünk külön depót vagy tartalékokat. A védelmi anyagot mindig oda építsük be ahol az a leghatékonyabb a suvás elleni védekezésben. Lehet, hogy ezért félóránként át kell szervezni a munka menetét, a zsák adogató láncokat, amiért esetleg úgy tűnhet, hogy kapkodik a védekezés irányítója, de ez csak sokadlagos szempont.



13-64. kép. Geotextília elválasztó, vízáteresztő réteg terítése, alapozás az árvízvédekezési beavatkozáshoz.

A suvás elleni védekezés néhány fontos szabálya a következő:

²¹ Például, mert nincs lapát.

- a víznek a mentett oldalra történő átjutását meg kell akadályozni (vagy legalább csökkenteni, késleltetni kell),
- ha már átért a szivárgó víz, a védekezés során a töltésen átszivárgó víz mentett oldali kivezetéséről a lehetőségek szerint folyamatosan gondoskodni kell,
- ha már a suvadás bekövetkezett csökkenteni kell a terhelést és növelni a suvadással szembeni ellenállást,
- a csúszásra hajlamos töltést meg kell támasztani, ügyelve arra, hogy a megtámasztás valóban megtámasztás és ne terhelés legyen (13-35. ábra),
- az alkalmazandó beavatkozás függ a helyi körülményektől, a töltést terhelő vízoszloptól és a töltés magasságától. Ilyenkor válik fontossá, hogy a vízoldali rézsűn van-e burkolat, ami meghiúsíthatja a vízoldali védekezést, milyen a töltés talaja, milyen gyors a mozgás, van-e és milyen széles repedés a csúszólaponál, stb.

A suvadás elleni védekezés jól használható felderítő eszköze a szűrőpálca vagy vaspálca (6 mm átmérőjű méteres betonacél az egyik vége behajlítva, hogy könnyebb legyen lenyomni és kihúzni a talajból). A suvadást megelőző átázás mélységéről úgy győződhetünk meg könnyűszerrel, hogy a mentett oldalt vaspálcával tapogatjuk végig, s a lenyomásánál tapasztalt ellenállás fokmérője a töltés állapotának. A tapasztaltak meghatározzák a további teendőket.

Terhelés csökkentése

A folyó vízállása a suvadás szelvényében nem csökkenthető hatékonyan, azonban a csúszólapha ható víznyomás eltoló ereje csökkenthető. Ha feltételezzük, hogy a csúszólapha ható víznyomás a mélységgel lineárisan nő, akkor a víznyomásból származó vízszintes erő nagysága a mélységgel második hatványon nő.

Hat méteres nyomómagasságnál a terhelés további 10%-ot nő, ha a vízmélység 30 centimétert nő. Újabb 10%-os terhelés növekedéshez már csak 28 cm vízszint növekedés szükséges. A mértékadó árvízszint feletti vízszintnél így minden centiméter vízállás növekedés fokozottan számít. Ha a MÁSZ helyett MÁSZ+1,0 m vízállás alakul ki, és azzal számítjuk az állékonyságot, az egy méteres többlet magasság 30-35%-os terhelés növekedést eredményez. Nem véletlen, hogy a mértékadó árvízszint felett, de különösen a korona közelében lévő vízszintnél az árvízi jelenségek, árvízi események sűrűsödnek. Ez a rövid számítás választ ad arra a kérdésre is, hogy miért a legmagasabb vízállás közelében következik be a suvadás.

A suvadási repedés megjelenése után rögtön az első, azonnal kezdhető feladat lehet a csúszólapon ébredő terhelés, a víznyomás csökkentése. A 2000. évi akolhádi suvadásnál az elmozdult talajtömb és a helyben maradt töltés közötti mintegy 25-35 cm széles, helyenként 0,6 – 0,8 m mély repedésben ömlött a víz a mentett oldal felé a suvadás két oldalán, ami már a mozgás (csúszás) idején is jelentősen hozzájárult a csúszás megállításához. (A víznek a csúszólapon történő levezetése, kivezetése, a terhelés csökkentés tette lehetővé azt, hogy a suvadás még azt is elbírta, hogy a csúszólapot homokzsákkal megterhelték a védekezők.) Azonban nem mindig alakul ilyen sikeresen a csúszólap alakja, hogy a suvadás önmagát tudja vízteleníteni. A csúszólapon a terhelés csökkentése nem azonos azokkal a felszíni összefolyókákkal, amiket a korábbi években a mentett oldalon alkalmaztak, amikor 10-15 cm mély árok készültek az átnedvesedett mentett oldali felületek kiszáraitására, az átszivárgó víz koncentrált elvezetésére (13-65. kép.). Ezzel el is lehet érni egy szárazabb felszínt, azonban nem oldja meg a suvadás vízterhelésének a csökkentését²².

A 2006. évi árvíznél áttörés volt ezen a területen. A Csongrád nagyréti suvadásnál rögtön az első napon a csúszási repedésben a repedés felső szélétől mintegy 20 cm-re nyílt víztükör alakult ki (13-66. kép.). A védekezés vezetője elfogadta, hogy a csúszólapha a víz kivezetésére arra alkalmas helyeken megcsapoló árkokat létesítsünk, slicceljük meg a töltést a tengelyére merőlegesen. Ezeknek a vízkivezető árkoknak a szélessége mintegy 20 cm (ásószélesség), mélysége 1,2-1,4 m volt (ameddig ásóval le lehetett érni), így (1:2 mentett oldali rézsűt feltételezve) az árok lejtősen kialakított fenék-hossza mintegy 4 m-re adódott. Ezeket az árkokat folyamatosan fenn kellett tartani, az árok alját tisztítani kellett, amit 1-2 lapáttal rendelkező ember folyamatosan végzett. A későbbiekben a megtámasztó leterhelő bordáknak az elhelyezésénél figyelemmel kellett lenni a vízkivezetések helyére. A vízkivezető árok folyamatosan csökkentették a csúszólapha ható víznyomást.

²² Meg kell jegyezni, hogy a csúszólap felületén az elmozdulás miatt a talaj elkenődik, a korábbi járatok elzáródnak, egy vízzáróbb felület alakul ki, ami a szivárgó víz visszaduzzasztását eredményezi, miáltal nő az eltoló erő.



13-65. kép. A felszínt szárító folyókák, vízkivezetések.

A csúszólapra ható terhelés csökkentésének lehetőségei:

- Az átszivárgott víz levezetése a csúszólap karéjos részén keresztül. Ennek pozitív hatását korábban a 2000 évi árvíznél az akolhádi suvadásnál lehetett tapasztalni. A szűrőpálcás vizsgálat azt mutatta, hogy mind a suvadás, mind a mellette lévő talaj rendkívül puha volt, a szűrőpálcá csaknem akadálytalanul jutott le 1 m-t, vagyis a teljes hosszát a talajban. Amint a vízáramlás a csúszólap repedésében megindult, a talaj keményebbé vált, a szűrőpálcá behatolásával szembeni ellenállás megnőtt.
- Az átszivárgott víz kivezetése a csúszólap felső, a töltés tengelyével párhuzamos egyenes vonalából a töltésre merőleges szivárgókkal. Ezen szivárgók mélysége meghaladhatja az egy métert is (amilyen mélyen ásóval meg lehet ásni), szélessége gyakorlatilag ásó szélesség, fenékszintje a mentett oldal felé lejt. Fontos, hogy kialakításánál meg legyen a hidraulikai kapcsolat a csúszólap és a szivárgók között. Tekintettel arra, hogy a korona közelében a talaj háromfázisú, a kialakítandó szivárgó függőleges fallal megáll. Ha olyan jelek mutatkoznak, hogy a szivárgó fala bedőlésre veszélyes, geotextíliába ágyazott homokos kavicssal, kavicsos homokkal vagy kavicssal kell kitölteni. A vízkivezető szivárgókat oda célszerű telepíteni, ahol a víz megjelent a csúszólap repedésében, ahol a csúszólap karéjában törés van, vagy szabályos közönként hosszabb suvadásnál.
- A suvadást sok esetben a töltés átázása előzi meg. A töltés lábánál kialakult kisebb suvadásoknál mindazok az eljárások, amelyek a töltés átázását a mentett oldal felől mérséklék, többnyire a suvadásnál is alkalmazhatók. Mindenek előtt gondoskodni kell arról, hogy a suvadás helyén felszínre kilépő vizet a töltés testéből elvezessük, hogy az ne áztassa tovább a megcsúszott részt. Alapos megfontolás után dönthetünk úgy is, hogy a megcsúszott töltés szikkasztását a mentett oldalról a töltés testébe épített szivárgóval végezzük el. Ezt a beavatkozást rendkívül óvatosan és csak rövid szakaszok feltárásával szabad végezni.



13-66. kép. A koronán a húzási repedésben azonnal megjelent a víz.

Hangsúlyozni kell, hogy ezen vízkivezető szivárgók (13-46. ábra) minőségileg mások, mint korábban a felszín szikkasztására alkalmazott 10-15 cm mély felszíni árkok (13-67. ábra). A víztelenítő szivárgók alkalmazása új az árvízvédekezésben és a 2006. évi árvíznél pozitív tapasztalatokat nyújtott.



13-67. kép. Vízkivezető szivárgó csökkenti a terhelést a Csongrád nagyréti suvadásnál.

Ellenállások növelése

A suvadás többnyire alámetsző, ritkán talpponti csúszólappal alakul ki. Az alámetsző suvadással szembeni ellenállások növelése két módon történhet, vízdali és vagy mentett oldali védekezéssel.

A **vízdali védekezésnél** kerülő három védekezési módszert mutatunk be az ellenállások növekedésére, amennyiben a XIX. századi felfogás szerint a vízdalra rakott feltöltés elzárja a szivárgás mentett oldalra futó vízszálait. Lényegében ezt az előnyös tulajdonságot emelte ki Péch József is a vízdali rézsűburkolatoknál.

A szivárgási úthossz növelésének egyik módja a földes zsákok alkalmazása a vízdalon:

„Kisebb 1,0 – 1,5 m magas víznyomás esetén a csúszásnak indult töltés előtt földdel töltött zsákokból építhetjük meg a körgátat oly módon, hogy a zsákok között szálás, dudvás szalmával töltjük ki. Annak érdekében, hogy a zsákok szét ne csússzanak, a zárófal elé karókat verünk le”.

Ma már ezt a védekezési módot nem alkalmazzuk, de mint elvi lehetőséget feltétlenül meg kell említeni, már csak azért is, hogy lássuk, milyen módszerektől indult el a suvadás elleni védekezés. Meg kell jegyezni, hogy ha ezt valaki alkalmazni akarná, a zsákok szétcsúszását valamilyen más módon volna kénytelen megoldani. A szálás, dudvás szalma alkalmazásának a célja valószínűleg a zsákok között áramló víz kizárása volt.

Vízdali szádfal építésének jelenleg inkább a járható töltés korona megtartása, a biztonságos keresztmetszet kialakítása lehet a cél a suvadás szelvényében. Itt a szádfalnak nincs vízzáró funkciója, csak a mögé kerülő zsákoknak, vagy zsák nélküli földanyag megtartása a feladata. Ezen megoldásnál csak az a két kérdés merül fel, hogyan marad száraz a föld, amit vízbe öntünk, illetve hogyan döngölünk földet a vízben?

A 2006. évi suvadások elleni védekezésnél a Csongrád nagyréti suvadásoknál a vízdali védekezésre három példa is volt:

1. A korona kibővítése a vízdal felé (ennek szélessége mintegy 3 méter volt, ez látható a 13-68. képen).
2. Szádlemez verése a vízdali koronaéltől mintegy 6 méterre.
3. A „Víziló ketrec” névre keresztelt vízdali beavatkozásnak a jövő árvízvédekezése szempontjából van nagy szerepe, egy olyan szépen kivitelezett megoldás készült helyi anyagból (13-69. kép), ami minta lehet következő árvízvédekezésekhez. Amikor elkészült, már biztosan lehetett tudni, hogy a gátat már sikerült megvédeni. Ezzel több, mint 100 éves, az árvízvédekezésben részben már elfelejtett módszert, hagyományt sikerült felújítani.



13-68. kép. A korona kiszélesítése a vízoldal felé homokzsákokkal



13-69. kép. Vízoldali védekezés oldalsó megtámasztással.

Suvadás elleni **mentett oldali** védekezés lehetőségei:

- a legfontosabb a megelőző jellegű védekezés az árvízen kívüli időben (sajnos a döntéshozók ezt sokszor nem veszik komolyan), olyan töltést kell építeni, amelyik stabil,
- a suvadás előtti védekezés fontos kárcsökkentő lehetőséget kínál, védmű építendő oda, ahol suvadás kialakulása várható (például töltés átázás miatt),
- a suvadás utáni védekezés a nagyobb katasztrófa elhárítására irányul, amikor a védekezési költségek elhanyagolhatóak egy esetlegesen kialakuló gátszakadás várható kárához képest.

Mentett oldali védekezésnél az első döntési pont a terület berendezése, amit az elmozdulás sebessége, a suvadás méretei határoznak meg, de már figyelemmel kell lenni a suvadás esetleges továbbterjedésére is. A töltés magassága és a suvadás méretei alapján lehet megadni a megtámasztó-leterhelő bordák magasságát, hosszát, és az alkalmazandó védekezési anyagszállítási mód alapján a bordák szélességét. A védekezéskor is gyakran felmerülő kérdés az, hogy mekkora mentett oldali védmű készüljön. Ez számolható, tervezhető, bizonyos ökölszabályok és peremfeltételek betartásával, természetesen függ a töltés geometriájától is, de mégis leginkább védekezéskor alakul ki.

A csúszásra hajlamos, erősen átázott töltésen, vagy a már megcsúszott töltésnél jó eredményt lehet elérni a ma már klasszikus **bordás megtámasztás** alkalmazásával, leterhelő és megtámasztó homokzsák bordák kialakításával (13-70. kép). A bordák közötti rész a szivárgó víz kivezetését szolgálja. A bordás védekezés kialakítását alapvetően minden árvízvédekező ismeri. A suvadás jellegétől, a töltés méretétől függően a mentett oldali bordás védekezés elve csak kis mértékben, a védmű méretei nagyobb mértékben térnek el.



13-70. kép. Bordás megtámasztás homokzsákból.

A kialakítandó bordák mérete, a megtámasztást-leterhelést biztosító tömeg nagysága, a kialakult erőjáték, stb. a védekezés során többször értékelésre kell, hogy kerüljön. Erre különösen a „nagy” suvadásoknál (Nagyréti, Szelevény) volt szükség 2006-ban. Gyors számítások a helyszínen is végezhetőek, sőt kell is végezni párhuzamosan az elmozdulás mérések értékelésével. A védekezés szakmai vezetéséhez hozzátartozik, hogy műszak átadás-átvételkor ne csak a feladatokat adják tovább a védekezés vezetői.

A helikopteres anyagszállítás és a hozzá kapcsolódó konténerzsák megjelenésével a suvadások megtámasztására kialakított homokzsák bordák lényegesen szélesebbek, mint korábban voltak. Ennek következményeit a védekezésnél is figyelembe kell venni. A helikopterek 1,0-1,2 méter széles (megfelel kb. három homokzsák szélességnek) konténerzsákokat szállítanak. Ezeknek egymásra helyezésének csak elméletileg van meg a lehetősége. A szoros beépítés így csak álom marad annak ellenére, hogy a helikopter pilóták a lehető legprecízebben végzik munkájukat. Ezek alapján szélesebb megtámasztó-leterhelő bordák kialakítására kell felkészülni. A bordák szélessége így elérheti a 7-8 zsákszélességet.

A megcsúszott, vagy nagymértékben átázott töltés mentett oldalán ellensúlyként földes zsákokat, homokzsákokat, újabban kavics zsákokat kell, több rétegben egymásra és egymás mellé elhelyezni úgy, hogy a zsák sorok között megfelelő hézag maradjon. Az így kialakított zsákréteg lényegében a töltésszelvény erősítését jelenti, a töltés megtámasztása mellett súlyával is nyomást ad a rézsűcsúszás ellen. Ugyanakkor pedig a töltésen átáramló vizet nem fojtja be a töltés testébe, mert a víz a bordák közötti részen távozhat. Ezt az eljárást eredményesen használták az 1954. évi júliusi dunai árvíz óta minden árvízvédekezéskor, valamint a közelmúltban az 1998., 1999., 2000., 2001. és 2006. évi tiszai árvizeknél is. Jelenleg ez a leghatékonyabb beavatkozás a suvadás elleni védelemnél.

Korábban az a szempont volt, hogy a bordák között minimálisan 0,5-1,0 m széles szabad sávok maradjanak, ahol az átszivárgó víz zavartalan kivezetésére lehetőség van. A módszert kombinálni kell a szivárgó-rendszerrel. Szükség esetén a homokzsák bordák között vízvezető anyaggal fel lehet tölteni. A terepre rakott, kővel való feltöltés nem vált be, mivel a nehéz kődarabok a fellágyult rézsűbe és talajba benyomódtak és akadályozták a víz elfolyását. Árvíz után a kő eltávolítása körülményes, ha ott marad, nem lehet fenntartási, kaszálási munkát végezni. Így ez a módszer nem ajánlható. Jobb megoldás lehet azonban, ha a kő alá geotextíliát helyezünk, ami elválasztó réteggé megakadályozza a kőnek az altalajba nyomódását (13-71. kép).

Más helyzet volt a kőfelhasználással Szentendre belvárosában, ahol a zúzottkővet a gát melletti aszfalt útra rakták. A csaknem a töltés koronáig érő árvízszinttel helyenként a csak mintegy egy méteres korona szélességű gátnak kellett volna ellent tartania. A megelőző védekezés koncepciója szerint a gátat az aszfaltra helyezett homokzsák bordákkal próbálták megtámasztani, megerősíteni. A bordák végénél lezárásként homokzsák fal készült, felkészülve arra, hogy esetleg az így kialakított medencét vízzel töltsék fel. A víz elszivárgása valószínűleg gyors lett volna, mert a töltésből kiszivárgó víz így is elfolyt, visszaduzzasztás nem keletkezett. A medencék végül zúzottkővel lettek feltöltve (13-72. kép). Ennek előnye:

- a zúzottkő halmazsűrűsége legalább kétszerese a víz sűrűségének,
- a zúzottkő halmaz jelentős (a kavicsnál is nagyobb) nyírószilárdsággal rendelkezik.

A minél magasabb nyírószilárdság pedig akkor fontos, ha bármilyen okból kifolyólag (pl. gátszakadás) elmozdulás alakul ki. Ekkor a nagyobb nyírószilárdság, a nagyobb ellenállás késlelteti a megnyílás kialakulását, bővülését.



13-70. kép. Zúzottkő leterhelés készítése a kő alá helyezett geotextíliával lehet megakadályozni az altalajba történő benyomódást.



13-72. kép. Bordás megtámasztások köze zúzottkővel feltöltve Szentendrén (kőszekrény).

Hogyan építsünk bordás megtámasztást?

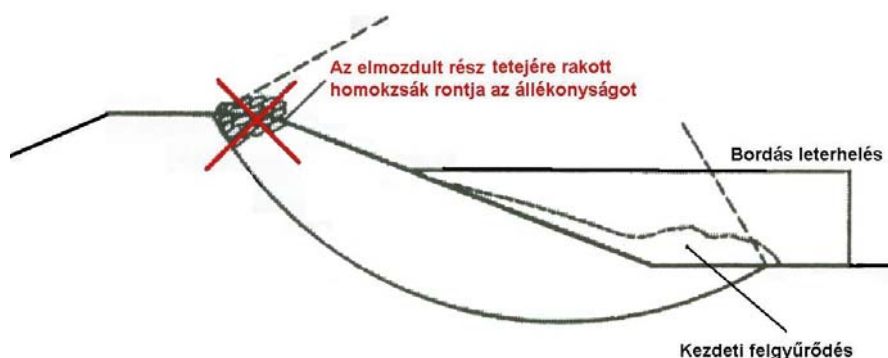
Hova kerüljön az első homokzsák? A suvadás területén belülre, a töltésláb melletti felpúposodott részre, lehetőleg a suvadás tengelyébe kell helyezni, mert ott tudja a leghatékonyabban kifejteni az ellennyomó, leterhelő hatást.

Milyen széles legyen egy borda? A borda szélességét az anyaga, a homokzsák beépítés minősége és a várható magassága szabja meg. Másfél méteres magasságig kétsoros borda megfelel. Háromsoros bordát sem érdemes 2-2,5 méternél magasabbra építeni. Várhatóan 2,5 m-nél magasabb bordás leterhelés, megtámasztás esetén 4–5 soros bordák építése célszerű, ha gyakorlott emberek helyezik el a zsákokat. Minden borda között legalább 2 zsák szélességet kell üresen hagyni. A helikopteres védelmi anyagszállítással, a körülbelül 2 tonnás konténerzsákok elhelyezésével a bordák szélessége is megnőtt, elérheti a 6–7 métert is.

Milyen hosszú legyen egy borda? A borda hosszát mind a töltés irányában, mind a védett terület irányában ésszerű, illetve statikailag indokolt szempontok határozzák meg. A töltés irányában a rézsún a borda ne érjen túl a körcsúszólap körének középpontján, mert akkor már terhelésnek számít. A mentett oldal felé a borda egy-másfél méterrel érjen túl a mentett oldali lábnál kialakult felgyűrődésen a biztonság miatt.

Hány borda legyen? A bordák száma függ a suvadás hosszától. A suvadás tengelyében elkezdjük építeni az első bordát (hacsak nincs valamilyen más szempont) és onnan haladunk kifelé két irányban. Egyszerre több borda is készülhet. Fontos, hogy a meg nem suvadt részre is kerüljön borda, legalább egy.

Meddig védekezzünk? Inkább tovább, mint kevesebb ideig. Nem szabad elfelejteni, hogy több gátszakadás is volt már a Kárpát-medence árvízvédelmének a történetében, amikor napokkal tetőzés után szakadtak a gátak. A Tisza mellett, ahol a tetőzés 2-3 napig tart, és utána lassú apadás tapasztalható célszerű kivárni, hogy már legalább 40-50 cm-t apadjon a víz, vagy 3-4 napig ne legyenek észlelt mozgások a suvadásoknál. Kisebb suvadásoknál, mint ahogy a 2006. évi árvizek mutatták akár 2-3 napos védekezés is elégséges volt.



13-35. ábra. A csúszólap leterhelése.

A csúszólap leterhelése

A megcsúszott földtest felső részére rakott homokzsák (13-35. ábra) jelentősen rontja az állékonyságot. Elhelyezése értelmetlen, a beavatkozás hibás, azonnal elbontandó! Sajnos a 2006 évi árvíznél is több helyen volt ilyen beavatkozás. A szakzsargon szerint ez a beavatkozás röviden a „**csúszólap terhelése**”. Ha a csúszólap felső kímetsződése közelébe homokzsákokat helyezünk (13-35. ábra) a suvadás erőjátékában ez a mozgást elősegítő erőket növeli. A csúszólap leterhelése a rézsú leszakadásának veszélyét csak fokozza. Ahhoz, hogy az egyensúly helyreálljon a töltés lábánál lévő leterhelő tömeget (a forgató nyomatékok egyenlősége miatt) mintegy 2,5-3,0 szoros tömeggel kell terhelni, mint amit a „csúszólap terhelésére” felhordtunk. Az amúgy is szorult helyzetű, a beavatkozáskor anyaghiánnyal küzdő árvízvédekezéskor ez 3,5-4,0 szoros „veszteséget” jelenthet.

Az elmondottak értelmében a „csúszólap terhelését” továbbra sem javasoljuk, sőt tiltani kell. Van azonban kivétel, amikor fel kell vállalni a „csúszólap terhelését”. Ilyen, amikor közvetlenül gátszakadást előzünk meg, mert vagy túlságosan magas szabadon álló (megtámasztás nélküli) függőleges földfalak ki a suvadás alatt, vagy, mert a korona már annyira elfogyott a sorozatos hátrahagyódó suvadások miatt, hogy a víz átbukása fenyeget. Ez utóbbi alakult ki a Csongrád nagyréti suvadásnál, ahol a mozgás sebessége, és az egymás után kialakuló a vízoldal felé közelítő csúszólapok miatt már első nap késő délutánján meg kellett támasztani a helyben maradt függőleges földfalat. Ekkor az eredetileg hat méter széles koronából helyenként már csak 1,2-1,3 méter volt (13-73. kép). A korona szélességének további elvesztése már újra a meghágás elleni védekezés igényét vetette volna fel. A

gátszakadás elkerülése miatt növelni kellett a korona szélességét. Ez először a mentett oldal felé történt, majd később a vízoldal irányában. A Csongrád nagyréti suvadásnál a „csúszólap megterhelésének” természetesen megvolt a következménye, rontotta a védekezés esélyeit a mentett oldali töltés-lábnál. Azonban a késő délutáni órákban a védelmi anyag nagy tömegű, vízi és terepi beszállítása meggátolta, a helyzet további romlását.



13-73. kép. A korona elvékonyodása a folyamatosan hátrarágódó suvadásnál.

A függőleges elmozdulás nagysága miatt a csúszólapot a szelevényi suvadásnál is meg kellett terhelni. A szabadon álló földfal megtámasztására helyesen kialakított „csúszólap terhelést” mutat a 13-74. kép, ahol a megtámasztástól távolodva a homokzsák vastagsága fokozatosan csökken.



13-74. kép. Szabadon álló földfal megtámasztása a szelevényi suvadásnál.

13-75. kép. Helytelenül kialakított megtámasztás, amiből leterhelés lett. Ennek is köszönhető a talaj kigyűrődése a mentett oldali lábnál.



Helytelenül kialakított megtámasztást, a csúszólap leterhelését mutatja a 13-75. kép. A homokzsák borda vastagsága állandó, aminek következtében a töltésláb megemelkedett.

A suvadásra hajlamos töltést is meg kell támasztani, ügyelve arra, hogy a megtámasztás valóban megtámasztás és ne terhelés vagy a mentett oldal befedése legyen.

Ballonok alkalmazása

A 2006. évi tiszai védekezés kétségtelen egyik újjátása volt az egy köbméteres tartályok (ballonok) alkalmazása leterhelésre (13-76. kép).



13-76. kép. Ballonok az Istvánházi suvadás bordái között, rendezett védekezés.

A tartályok előnye közismert, könnyen a helyszínre szállítható, a helyszínen a víz adja az ellensúlyt. Kettőnél többet nem lehet egymásra helyezni, de nem is kell, mert a négyzetméterenkénti $\sim 1,5$ tonna (15 kN/m^2) terhelés megfelelő kell, hogy legyen általában a hazai töltés méreteknél. Mégis óvatosan kell kezelni a ballonokat egyrészt, mert csak közel sík területre helyezhető (már kicsi ferde térszín esetén is megkérdőjelezhető a második sor ráhelyezése), másrészt csak olyan helyre rakható, ahol felszínmozgás már nem várható. A felszínmozgása miatt beszorulhatnak (13-77. kép), sőt el is törhetnek. A beszorult, törött ballont onnan kiszedni már nem lehet.



13-77. kép. Az utólagos mozgások indikátorai a ballonok, csak olyan vízszintes helyre szabad ballonokat elhelyezni, ahol további mozgások már nem várhatók.

Mérések suvadás elleni védekezés idején

Minden suvadásnál az első feladatok egyike legyen a vízdalon leszúrni egy karót, Bothot vagy pálcát, amit ideiglenes relatív vízmércének lehet használni. A védekezés irányítója is, és az összes ott dolgozó napról-napra, óráról-óra nyomon tudja követni a vízszint változást. Sajnos egy suvadás kivételével sehol sem lett elhelyezve ideiglenes vízmérce (akár csak egy osztással ellátott lécs is megfelelő). Ez is hozzá tartozik a megfelelő körültekintéssel történő védekezéshez.



A védekezés mérésekre alapozott (13-78. kép) folyamatos értékelése megmutatja, hogy hova kell a kapacitásokat összpontosítani. Ehhez nyújtanak segítséget a különböző adatok, a fuvarok száma, az egy fuvarral szállított védelmi anyag mennyisége, az elmozdult földtest tömege és azok a számok, melyek a 2006. évi árvízvédekezés suvadásaira jellemzők voltak, mint például a megtámasztó tömeg, fajlagos tömegek, hosszok, magasságok, stb. Ezek a számok segítenek eligazodni az árvízvédekezésben és bizonyítani azt, hogy a védekezők megfelelően jártak el. Az árvíz alatti értékelésnek figyelembe kell vennie a védekezés ideje alatt kialakult további mozgásokat, a napi és az addig összesen beszállított védelmi anyag mennyiségét valamint annak elhelyezését. Ezek a számok segítenek eligazodni a suvás elleni védekezés nagyságrendjében és bizonyítani azt, hogy megfelelően jártak el.

13-78. kép. Elmozdulás mérés a 2000. évi Kolopi-rámpa feletti suvásnál.

A suvásnál a beépített védelmi anyag mennyisége nem csak az árvíz utáni elszámoláshoz szükséges. Az egyes suvásoknál 2006-ban beépített védelmi anyag mennyisége konténerzsák, homokzsák és ballon bontásban a 13-3. táblázatban található. A 12 suvásnál összes védelmi anyag több mint 42000 tonna volt²³. A legnagyobb suvásnál a beépített védelmi anyag mennyisége csaknem megegyezik az összes többi tömegével.

13-3. táblázat. Beépített védelmi anyag megoszlása és tömege.

Hely	Szelvény	Beépített védelmi anyag ²⁴			
		konténerzsák	homokzsák	ballon	tömeg
		db			tonna
Nagyrét	0+500	750	875000	760	19760
	0+700	190	160000	410	3990
Szelevény	10+440	390	300000	0	6780
	10+465				
Istvánháza	13+100	520	100000	223	3263
	13+400	280	7500	52	762
Kútrét	42+400	180	50000	33	1393
	42+100	76	23000	23	635
Lakitelek	6+650	780	40000	128	2488
Csépa	10+680	28	12000	0	296
Tizsakürt	24+600	166	6000	0	452
Kilences	72+270	0	74000	24	1508
Dóc	46+340	0	130000	0	2600

Vízoldali suvás

A töltésrészű csúszása a szivárgás hatására elsősorban a mentett oldalon fordulhat elő, de – leginkább hirtelen apadó árvíznél – bekövetkezhet a vízfelőli részsík lecsúszása is. Gyors apadás esetén előfordulhat, hogy a töltésből a folyó felé visszaszivárgó vizek áramlási nyomása az átázott vízoldali részsík állékonyságát megbontja és a kagylós töréssel leszakad. Ez a jelenség különösen hullámveréssel párosulva lehet veszélyes, és erre a védekezés során feltétlenül figyelemmel kell lenni. A megcsúszott töltésrészű azonnali ideiglenes megtartása, illetve a megrongálódott részfelület biztosítása legcélszerűbben a hullámtéri töltéslábnál kialakított termékő-támasztással érhető el.

Vízoldali részsík csúszása több árvízvédelmi gátnál is előfordult. Feltehetően Szolnok város kis nyírószilárdságú altalajjal van összefüggésben (13-79. kép), hogy a Zagyva-torkolat környékén több vízoldali részsúcsúszás is lejátszódott, valamint a Tisza mellett a 13-80. képen látható újárósi és téglaházi

²³ Megfelel 84 db vasúti szerelvénynek, melynél minden szerelvény 50 db 10 tonnás kocsi áll.

²⁴ A konténerzsák tömegét 2, a ballon tömegét 1 tonnával véve figyelembe. A homokzsákok átlagosan 20 kilósak.

szakaszon. Ezek a csúszások az árvíz levonulásával összefüggő vízszint-csökkenés után jöttek létre, és csak akkor válhattak volna igazán veszélyessé, ha nem fedezik fel őket idejében, és nem javítják ki az újabb árvízig. A vízdali rézsú csúszásának veszélyessége elmarad a mentett oldali csúszásétól, de a kár (helyreállítási költség) ebben az esetben is jelentős lehet.



13-79. kép. Zagyva jp. 1+324 – 1+350 szelvények közötti suvadás 1985-ben.

Apadó víz hatására a folyópartok, magas partok beszakadása olyan gyakori jelenség, hogy számon sem tartjuk. Jelentőssé akkor válnak, ha a folyópart beszakadása veszélyezteti a gát állékonyságát, ill. amikor belterületi szakaszok kerülnek veszélybe. A 2000. évi árvíz után többek között Tiszavárkonyban mozdult meg a szakadó part, és közelítette meg jelentősen a település házait.

A vízdali rézsúcsúszás helyreállításánál is a megmozdult földtömeg teljes eltávolítását kell előírni. Ez alól kivételt csak a víz alatti helyreállítás jelenthet, ekkor viszont valamilyen más erősítési módszert kell alkalmazni. Minden esetben mérlegelni kell, hogy a helyreállítás költsége arányban van-e más megoldás (pl. kisajátítás) költségével.



13-80. kép. Vízdali suvadás Szolnok téglaházi szakasz, újvárosi gát.



13-81. kép. Vízoldali suvadás az 1967. évi Mississipp-i árvíz után.

13.3.7. Védekezés buzgár ellen

Buzgárnak nevezzük azt az árvízi jelenséget, amikor a mentett oldalon víz tör fel, és a vízfeltörés szemcsés anyag kimosódásával jár. A hidraulikus talajtörés elméletét a hidraulika és a talajmechanika pontosan leírja, azonban a törvényszerűségek ellenére olyan helyeken is kialakul buzgár, ahol az elmélet azt nem támasztja alá. A buzgárképződés és a buzgáros talajtörés az árvízvédelmi gátak tönkremenetelének műszakilag talán a legérdekesebb és egyben a "leglátványosabb" módja. Talán itt a legfontosabb a jelenség pontos felismerése és a megfelelő védekezési mód megválasztása. Már itt is hangsúlyozni kell, hogy **a buzgárt nem szabad elfojtani**, a víz kivezetésének helyét eltömni, bedugaszolni. Ha a buzgárt elfojtjuk, új helyen tör elő.

A helyszín, a helyszínen lévő talaj jellemzői (benne hangsúlyozottan a szemeloszlás) és a hozzá kapcsolódó víznyomás és talajrétegződés lehetnek azok a szempontok, amelyek együttes kezelése közelebb visznek a buzgár jelenség megismeréséhez. Mindegyik tényező szerepe fontos abban, hogy adott környezeti feltételek mellett mekkora az a legkisebb hidraulikus gradiens, mely mellett a buzgár beindul. Buzgár kialakulásának három feltétele tehát a

- talajrétegződés,
- víznyomás, hidraulikus gradiens,
- szemeloszlás, mint a talajréteg legfontosabb paramétere.

Mind a három kritérium alapvető fontosságú, azonban az elmélet és a gyakorlat a fokozatos és részletes közelítés ellenére még nem fedi egymást. További feltétel lehet az árvíz tartóssága, ami csak konkrét árvízvédekezéskor jelentkezik, ugyanis az elméleti megközelítés mindig statikus vízszintet és az ehhez tartozó kialakult szivárgási áramképet tételez fel.



13-82. kép. A csongrádi nagybuzgár 1970-ben.

13-4. táblázat. Gátszakadással végződött hidraulikus talajtörések a Kárpát-medencében.

időpont	folyó	gátszakadás rövid leírása
1873. 05. 13.	Duna jp.	Bátai zsílip aláüregelődés, 10 hónappal az elkészülte után bedőlt (vagy elsüllyedt) a folyós homokban. 1700 ha került víz alá.
1876. 02.25.16.30.	Duna bp.	Nagy jégzajlás volt, de 3 órákor megállt a jég. 57+749 tkm-nél az un. tököli kis szakadás alakult ki, Tököl alatt mintegy 1000 ölnyire (1900 m-re) lévő ún. „Anna kápolna” alatt még 200 ölnyire (380 m) a Pest megyei töltésen. 12000 ha elöntés Csepel-szigeten.
1876. 02.25.16.30.	Duna bp.	59+332 tkm-nél kezdődött, tököli "nagy szakadás" az 59+300-59+405 tkm szelvények között (kb. 20+900 km szelvényénél), Pest megyei töltésen. Gátszakadás hossza 105 méter. Az elöntött terület 12000 ha.
1881. 04.18.	Tisza bp.	Ósmeder keresztezés, 22+400 tkm tiszauagi holt Tisza, szivornya mellett, 13+800-13+900 km-nél. A víz 18 óra alatt töltötte meg az öblözetet. Hat falu elöntése. Az áldozatok száma 6 fő, kitelepítettek 92 fő. 41 lakóház és 37 egyéb építmény összedőlt.
1885. 12.11.	Szamos jp.	Szamosújlakon, az új kanyar-töltésnél. A helyreállított gátat az anyaggödörökből kiinduló alámosással vitte el a víz. A gátszakadás 76 méteresre bővült.
1896. 08.	Kis-Duna jp.	A nagylégi határban a Nagyannai töltés 13+200 szelvényénél. Az elöntött terület 7200 ha. A gátszakadás 46 méteresre bővült.
1897	Duna bp.	Kevevára községnél, Pancsova-kubini Társ.
1897	Duna bp.	Sándoregyháza községnél, Pancsova-kubini Társ.
1897	Rábca	Fakadóvíz következtében, Rábaszabályzó Társ. Elöntött terület 1150 ha.
1899. 09.20.	Duna bp.	Csicsónál (1797 fkm) az altalaj anyaga nem volt megfelelő az Alsó-csallóközi Társ. területén. Az elöntött terület 37000 ha. A gátszakadás hossza 255 méter.
1907. 05.25.	Duna bp.	14+000-14+200 Rezsőházi sztp., műtárgy aláüregelődés, folyós homok, 8 nappal korábban már észlelték. Az elöntött terület 8280 ha. A gátszakadás hossza 180 méter.
1923. 02.10.	Duna jp.	Szentendrei sziget Göddel szemben, nád gyökerek a szakadásban az 1669-1670 fkm között, jelenleg surányi lokalizációs töltés.
1945. 02.12.	Duna jp.	Bogyiszló, 40+300 tkm-ben a Bogyiszlói átvágás előtt buzgár. Az elöntött terület 9000 ha a dombori szakadásokkal együtt. A lakóházak 3/4-e összedőlt. A gátszakadás 140 méteresre bővült.
1926. 07.16.	Duna bp.	Kandlejánál(?), az Apatin-szondi társulat területén.
1954. 07.	Duna jp.	25+396 Ásványráró felső, buzgár. A gátszakadás hossza 95 méter.
1954. 07.	Duna jp.	35+021 Kisbodaki, buzgár. A gátszakadás hossza 58 méter.
1956. 03.13.-14.	Duna bp.	Dunafalvánál 4 db., Szeremnél 4 db. és Vajastoroknál 3db hidraulikus talajtörés.
1956. 03.11. 04.45	Duna bp.	39+112 Dombori buzgár. Az elöntött terület 15000 ha. A gátszakadás 114 méteresre bővült.
1965. 06.10. 07.30	Duna bp.	Zsitvatoroki buzgár. Az elöntött terület 10000 ha. A gátszakadás hossza 80 méter.
1965. 06.17. 11.00	Duna bp.	31+700 tkm, Csicsó, buzgár homokzsákos leterhelése. Az elöntött terület 55000 ha. A kitelepítettek száma 53693 fő, az összedőlt lakóházak száma 3530 (máshol 5969) db. A gátszakadás hossza 77 méter.
1965. 06.10. 07.30	Duna bp.	Bácsújmező holtágkeresztesben, 12 óra alatt feltöltődött, buzgár. A gátszakadás hossza 150 méter.
1965. 06.16. 05.00	Duna bp.	Kamariste, buzgár + 6 db régi fatuskó. Az elöntött terület 17400 ha. A gátszakadás hossza 700 méter.
1965.	Nádor bp.	2+340 buzgár az anyaggödörben, a gátszakadást eltírtolták, kis terület elöntése.

A Kárpát-medence árvíztörténelmében sok gátszakadás kezdődött hidraulikus talajtöréssel. Az 1870-es évekből származik az első olyan információ, amely a gátszakadás mechanizmusára altalajtörést említ (13-4. táblázat). Az utóbbi 60 évből vannak adataink azokról a buzgókról, melyek ellen a védekezés sikeres volt (13-5. táblázat). Péch József könyve alapján fel kell tételezni, hogy korábban is hatékonyan és nagyrészt sikeresen védekeztek buzgár ellen, csak a történetírás ezeket nem jegyezte fel. Mint ahogy a 2000. évi árvízről is csak a Tisasasi buzgár szerepel a táblázatban, annak ellenére, hogy csak a Közép-Tiszán több mint száz buzgár helyét tartalmazza az árvízvédelmi nyilvántartási terv. Ezek nagy része olyan törpe buzgár volt, mely beavatkozást nem igényelt. A védekezés haté-

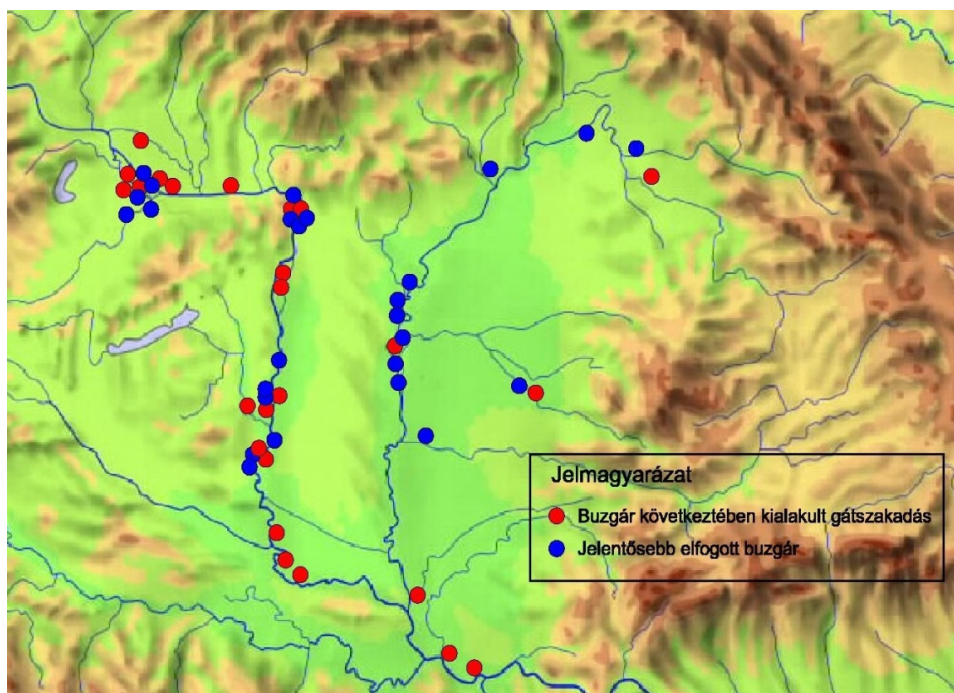
konyságának köszönhetően Magyarországon 1991. óta nem volt gátszakadás hidraulikus altalajtörés következtében²⁵.

A 2006. évi dunai árvíznél 10 db olyan buzgár volt, mely a közepes mérettel illelhető, a 2013. évi Duna árvíznél pedig több tucatjával. Különösen veszélyes helyzet alakult ki a Mosoni-Duna bal partján, ahol a kivitelező hosszabb távon megbolygatta a mentett oldali töltésláb kialakult biztonságos állapotát.

13-5. táblázat. Nagyobb történelmi buzgárok, melyekből nem lett gátszakadás.

év	hely	védekezés
1965	Báta	Ellennyomó medence, homokzsák bordás leterhelés.
1965	Margitta-sziget	Magas, nagy területű ellennyomó medence.
1970	Csongrád	Ellennyomó medence, zúzottkő leterhelés.
1970	Makó	Ellennyomó medence, zúzottkő leterhelés.
1998	Tivadar	Ellennyomó medence kb. 1 méter magas.
1998	Dombrád	Ellennyomó medence.
2000	Tiszasas	Ellennyomó medencék, vízoldali védekezés.

Buzgáros gátszakadások és jelentősebb elfogott buzgárok helyét mutatja a Kárpát-medencében a 13-36. ábra. Lényegesen több – mintegy négyszer annyi – jelentősebb buzgár alakult ki a Duna-völgyben (56 db), mint a Tisza-völgyben (14 db).



13-36. ábra. a Buzgáros gátszakadások és jelentősebb elfogott buzgárok helye a Kárpát-medencében

A buzgárt az okozza, hogy a vízoldalról átadódó hidrosztatikus nyomás nagyobb, mint amekkora mellett még a mentett oldal állékony. A mentett oldali fedőréteg szemcséinek súlya és összetartó ereje (kohéziója) elégtelenné válik a felfelé irányuló víznyomás ellensúlyozásához. A buzgár kialakulása után a töltéstest gyengülése rendszerint lassan, nem robbanásszerűen megy végbe, így lehetőség van a buzgár krátere köré olyan homokzsák ellennyomó medence építésére, amely a közlekedő edények elve alapján egyensúlyt tart. A buzgárból kifolyt víz önmaga alakítja ki a biztonságos állapotot, ugyanis az ellennyomó medencében addig emeljük a víz szintjét, amikor már az anyagkisodrás megszűnt. Ekkor a közlekedő edények elvéhez hasonlóan az ellennyomó medence vízszintje tart e-

²⁵ Az 1991. évi augusztusi dunai árhullámnál a Surányi gátszakadásnál hidraulikus talajtörés volt, szemtanú hiányában csak azt nem lehet tudni, hogy buzgár is kialakult-e (Fehér és Nagy 1993).

gyensúlyt a talajszemcséket elragadni törekvő folyóbeli víznyomással.



13-83. kép. Tiszasasi buzgár, közvetlenül a felfedezése után.

Buzgár megjelenési helye a folyó mellett

Amikor a buzgár megjelenési helyét vizsgáljuk, a folyó völgy kialakulásával, a folyók vándorlásával kapcsolatos ismeretekre, feltételezésekre kell támaszkodni. A leggyakoribb kialakulási helye a buzgárnak a 13-6. táblázat szerinti 64 buzgár adatainak feldolgozása alapján. Ettől lényegesen több buzgár volt a Kárpát-medencében, csak nem rendelkezünk adekvát adatokkal. A buzgárok eredetével kapcsolatban megállapítható, hogy a hordalékkúp, a holtágkeresztezés és az egyéb ismert hely, mint például a 13-84. képen látható közel azonos arányban képviselteti magát.

13-6. táblázat Buzgárok osztályozása eredetük alapján

	Gátszakadáshoz vezető buzgárok 1873-tól	Gátszakadáshoz nem vezető jelentősebb buzgárok 1965-től
Hordalékkúpon	14	9
Holtágkeresztezésben	15	9
Egyéb ismert helyen	2	9
Nem ismert	5	1
Összesen	36	28

Buzgár megjelenési helye a gátban

A buzgárokról készült statisztika azt mutatja, hogy nagy többséggel az altalajban lévő buzgárok voltak az árvízvédelmi gátaknál. Olyan hazai árvízvédelmi gátról nincs információ, ahol csak a töltésben lett volna buzgár, vagy az altalajból töltésbe furakodva alakult volna ki belső erózió. A hazai elnevezésnél a szivárgó is altalajnak számít, hasonlóan ahhoz, mint amikor mentett oldalon egy megközelítő csatornában alakul ki buzgár. A 13-7. táblázatban a figyelem felkeltés miatt a szivárgó árokban keletkezett buzgárok külön sorba kerültek.

13-7. táblázat Buzgárok osztályozása helyük szerint a gátban

	Gátszakadáshoz vezető buzgárok 1873-tól		Gátszakadáshoz nem vezető jelentősebb buzgárok 1965-től	
Altalajban	33	91%	19	71%
Töltésből az altalajba	0	0%	3	11%
Műtárgy mellett	2	6%	0	0
Nem ismert	1	3%	2	7%
Szivárgóban	0	0	3	11%
Összesen	36	100%	27	100%

Buzgár megjelenési helye a töltés keresztzelvényében

Keresztzelvényben buzgár megjelenése a mentett oldalon a következő helyeken várható gyakorisági sorrendben:

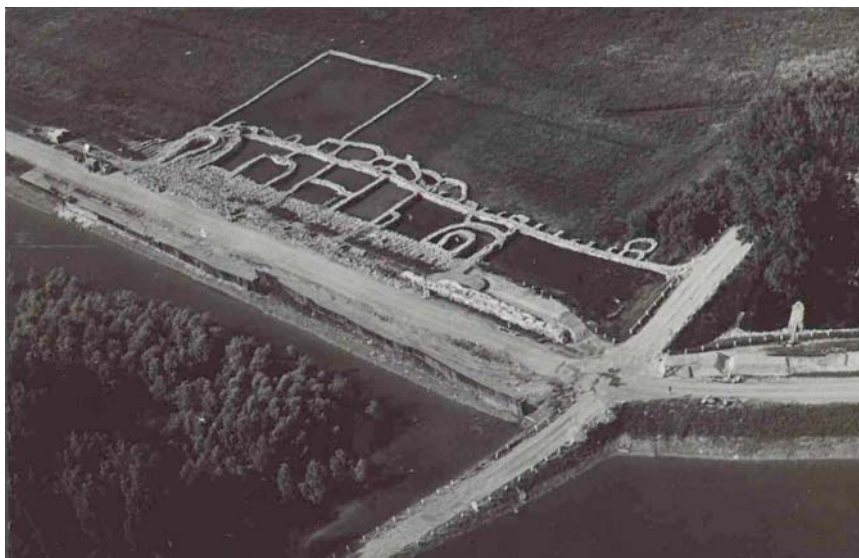
- a töltésláb környékén, ahol legnagyobb az altalaj szivárgásból származó víznyomás,
- a gátban lévő műtárgyhoz csatlakozó csatorna fenéken, ahol a környező terepszinthez képest jelentős mélyedés van,
- holtág keresztezésnél, ahol a környezetétől eltérő, szemcsésebb talaj betelepülése észlelhető,
- a töltés mentett oldali rézsűjének alsó részén és
- a töltés lábától távolodva egyre kisebb valószínűséggel.

Leggyakoribb talajrétegződés buzgárnál

Buzgárok leggyakrabban a következő talajrétegződésnél azonosíthatók:

- vízzáróbb (rendszerint kötött) fedőréteg alatti szemcsés altalajnál,
- un. „három-rétegű” altalajnál,
- fedőréteg nélküli szemcsés altalajnál,
- szemcsés rétegnek lokális beékelődésénél a kötött talajba.

Buzgár alakulhat ki csurgásból is és kontúrszivárgásból is, ha szemcse kimosódás tapasztalható. Két, vagy több rétegű altalajnál csak abban az esetben várható buzgár kialakulása, ha a rosszabb vízvezető réteg alatt legalább három nagyságrenddel jobb vízvezető talaj van.



13-85. kép. Makói nagybuzgár az 1970 évi árvízvédekezéskor (korhadt gyökér járatán folyt át a víz).

Kötött fedőréteg alatti szemcsés talaj

Ha a vízáteresztő talajon vízzáróbb fedőréteg fekszik és az árvízből származó víznek a talajba való beáramlása a fedőréteg áttörésein (például anyaggyödrökön keresztül), vagy a vízáteresztő rétegbe beágyazódott mederből történik. A töltés alatt a mentett oldal felé a talajban nyomuló víz a mentett oldali fedőréteg miatt nem tud a töltés mentett oldali lába közelében a felszínre lépni. A víznyomás növekedésével (a vízállás emelkedésével) a felfelé ható erő nő, létre jöhet a fedőréteg felszakadása, kialakulhat a buzgár. Ilyen esetben az altalajba vagy a töltésbe beáramló víz nyomása a kötött fedőréteg alsó síkját nyomja felfelé és azt felszakítani törekszik. A fedőréteget felszakítani igyekvő víznyomással szemben a fedőrétegben a súlyerő hat²⁶. Ennek elégtelensége esetén a fedőréteg felszakad. A víz utat rendszerint valamilyen repedésen, gyökérgáraton, féregjáraton talál a felszínre, vagy ott tör ki, ahol a fedőréteg relatíve a legvékonyabb. A fedőréteg elvékonyodását több tényező is okozhatja, mint például a holtmeder keresztezés, geológiai változás vagy maga az ember, amikor felszántja a 10 méteres biztonsági sávot, vagy fát ültet a gát mentett oldali lábához. A felszakadásban az ellennyomás megszűnésével az áramvonalak koncentrálódnak, az áramlás felgyorsulása, robbanásszerű eróziót indíthat meg. Ez az erózió a töltés alá hátrálva annak beszakadását idézheti elő. A veszélyre néha a felszíni kötött fedőréteg megemelkedése figyelmeztet.

²⁶ A talaj nyírószilárdságát az esetleges repedések miatt nem javasolt figyelembe venni.



13-86. kép. A nyomás alatt feltörő buzgár bugyogása.

Ha a vízvezető rétegen fekvő fedőréteg nem teljesen vízzáró, hanem például gyökérjáratokkal áttört, és különösen, ha a vízvezető réteg sem homogén, hanem a durvább szemű réteg és a vízzáró réteg közé apróbb szemű, könnyen erodálható homok települt és a fedőréteg vastagsága nem haladja meg az 1,0-1,5 m-t, akkor bizonyosan számolhatunk buzgárok feltörésével.

Hagyományos vagy "lassú buzgár" kifejlődésének folyamata során a töltéstest viszonylag vékony, kötött fedőrétegen áll, ez alatt szemcsés vagy finomszemcsés talaj található. A mentett oldali fedőrétegben, pl. egy korhadt gyökér helyén, függőleges járat keletkezik, melyen át víz léphet ki a felszínre. A koncentrált kilépés helyén a sebesség viszonylag nagy lesz, így ezen a helyen a víz megbonthatja a szemcsés réteget, amiből a felszínen kis krátert épít (13-91., 13-95. és 13-98. képek). Amennyiben nem védekezünk, a járat ezután a vízoldal felé hátráló erózióval fejlődik. A folyamat egyre gyorsul, mert a kezdeti hidraulikus gradiens a szivárgási úthossz csökkenésével egyre nő. Végül a járat elér a vízoldalig, ahol a fedőréteg beszakad az alatta keletkezett üregbe. Ekkor a nyíláson át már közvetlenül a folyó vize folyik, gyorsan tágítva a járatot, melybe a gát beszakad.

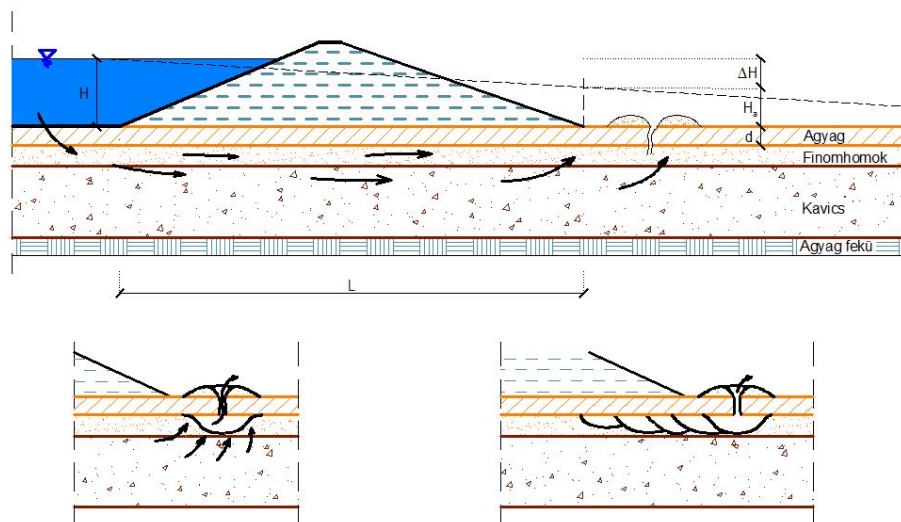
Megtörténik azonban, hogy minden előzetes jelzés nélkül hirtelen szakad fel a fedőréteg. A felszakadás után az ilyen talajtörésnél a kifejlődés olyan gyors, hogy hatékony beavatkozásra nem marad idő, ezért törekedni kell az olyan helyek megismerésére, térképezésére, ahol a fedőréteg erős kötöttsége és viszonylag vékony volta ilyen veszélyt rejthet magában.

Három-rétegű altalajnál kialakuló buzgár

A buzgár járatfejlődésének legvalószínűbb helye a háromrétegű altalaj, ahol a vizet rosszul vezető fedőréteg és a vizet jól vezető alsó réteg között egy finomszemcsés többnyire iszap mentes szemcsés talajréteg is van. A vizet jól vezető réteg biztosítja a víznyomást és vízhozamot. A kohézió mentes finom homok, homokliszt réteg a víz által könnyen elsodorható, elmosható, ha megfelelő mennyiségű víz áll rendelkezésre. A vizet rosszul vezető fedőréteg pedig visszatartja, visszaduzzasztja, növeli a víznyomást, egészen addig, amíg valamilyen járaton a koncentráltan meg nem indul a csurgás. A vízvezető rétegben nyomás alatt áramló víz a fedőréteg folytonossági hiányain át utat talál a felszínre. Erre a járatra koncentrálódik a víznyomás, mely lehetővé teszi a finom homok megbontását.



13-87. kép. Margitta-szigeti buzgár 1965-ben.



13-37. ábra. A háromrétegű buzgár kialakulása. A buzgár hátrarágódási folyamatát a nemzetközi szakirodalom is megfigyelte. A jó vízvezető réteg erős vízutánpótlást biztosít, hogy a finomszemcsés réteg kimosódhasson.

Vízáram belső eróziója először a fedőréteg alatti finom homokréteget bontja meg, majd az így kialakuló üregben még jobban megerősödő, úgyszólván akadálymentes vízáramlás ezt a járatot, amelyik a felette levő, boltozatszerűen megálló kötött réteg alatt hátráló erózióval a folyó felé tart. Közben a fedőrétegben levő kifolyó nyílás oldalai is kimosódva, a kifolyás bővül és mind több anyag kisodrása válik lehetővé. Végül, ha megfelelő és gyors beavatkozás nem történik és az árvíz nyomása továbbra is fennáll, a visszarágódás átér a töltés árvízi oldalára, majd a visszarágódott járaton át meginduló átfolyás a járat nagymértékű bővülésére, végül beszakadására vezet. Ennek a folyamatnak az eredménye a töltés berogyása, a gátszakadás. Tény, hogy a buzgáros talajtörések környezetét feltárva sok helyen ezt a jellegzetes, hármass rétegsort lehet azonosítani.

Buzgár elleni védekezés vízáró fedőréteg nélküli, vízáteresztő altalaj esetén

Vízáteresztő altalajon épült töltés alatt a vízáramlás árvíz hatására az altalajban is gyorsan kialakul. A tönkremenetel két leggyakoribb formája a következő:

- A vízszint emelkedésével a talajban, az áramlási nyomás és felhajtóerő hatására – különösen finom szemcsés talajban – először felszín közeli szemcsék, majd a mind mélyebben fekvő rétegek szemcséi lebegő állapotba kerülhetnek. Ekkor a talajszemcsék súlyával egyensúlyt a felhajtó erő és az áramlási tömegerő tart. A felfelé áramlás hatására a talaj teljesen fellazul, mely fellazulás a töltés alá is behatolhat. Az így teherbírást veszített talaj a töltés súlyát nem bírja el, kitér előre.
- Az altalajból adódó szivárgási nyomás a mentett oldalon a töltés lábánál a legnagyobb, itt koncentrálnak az áramvonalak. Ha a szivárgó víz koncentráltan és a felszínre tör, intenzív áramlás (csurgás) indulhat meg, mely a vízáteresztő altalaj finom szemcséit kimoshatja, üregeket, vízvezető „csöveket” alakíthat ki a talajban. Ezek miatt a vízmozgás felgyorsul és megindul a belső erózió, amely végül is az üregek beszakadásához és a töltés összeomlásához vezethet.

A buzgár elleni védekezés alapvető lehetőségei fedőréteg nélküli vízvezető altalaj esetén:

- védekezni nem csak a mentett oldalon lehet,
- a szivárgási úthossz növelése csökkenti a hidraulikus gradienst,
- a mentett oldali víznyomás csökkentése javítja a spontán kialakuló nyomásviszonyokat.

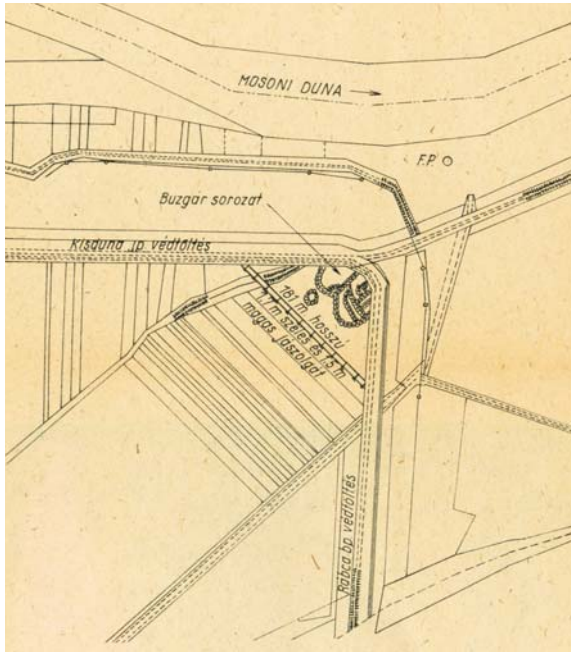
Vízoldalon a szivárgási úthossz növelése szádfal kialakítását jelenti. A lemezor a vízoldali lábánál oda kerüljön, ahol kb. 1-1,5 m magas a töltés. Az altalajba hosszan benyúló lemezek csökkentik a szivárgási nyomást, vékony vízvezető fedőréteg esetén gyakorlatilag meg is szüntethetik.

A mentett oldali védekezésre két módszer ajánlható:

- ha megfelelő vízáteresztő talaj, például folyami kavics áll rendelkezésre, akkor szóba jöhet a fellazult területek un. paplanozása úgy, hogy a leterhelés súlya meghaladja a felhajtó erőt. E célra 0,5-0,8 m vastagságú, a töltéssel párhuzamos terítés elegendő lehet. A kavicsréteg jó leterhelő, ugyanakkor a magas áteresztőképessége együttható miatt nem duzzasztja vissza a vizet. (Nagy szükségben kő is használható.) A kavics (a kő) alá a rétegek elválasztására a kavics 5-10 súlyszázalékhoz

tartozó átmérőnél kisebb lyukbőségű geohálót vagy geotextiliát és geohálót kell helyezni (nem volna szerencsés, ha a kavics benyomódna a puha altalajba és így vízzáróbb réteget hozna létre). A paplannak elég szélesnek kell lenni annak érdekében, hogy a káros jelenségeket a töltés közvetlen közelében megakadályozzuk és lehetővé tegyük szükség esetén védekezés további kiterjesztését.

- Amennyiben paplanépítésre elegendő idő vagy alkalmas anyag nincs, 0,6-1,0 m magas, vízzáró falú, szorítógátakkal is védekezhetünk. Ebben az esetben a helyi adottságokhoz igazodó kazettákat célszerű építeni a fellazult altalajú töltés mentén. Így a víz ellennyomó hatását kihasználva lehet a talajtörés veszélyét leküzdeni. Nagyon fontos azonban, hogy az egyes kazetták esetleges túlfolyását, szükség esetén például homokzsákokból épített bukókkal biztosítsuk. A kazetta mérete akkora legyen, hogy a víz kevesebb, mint egy nap alatt feltölthesse.



13-38. ábra. Szorítógát a buzgáros terület ellennyomásának biztosításár



13-88. kép. Buzgár csoport ellen a védekezés a jelenségek összevonásával, szorítógáttal.

A buzgáros talajtörés elleni védekezés alapszabályai a következők:

- a buzgárveszélyes területeket a védelmi készülség elrendelésétől kezdve állandó megfigyelés alatt kell tartani;
- a védelmi munkákat a fedőréteg felemelkedése vagy az intenzív anyagszállítás megindulásakor azonnal meg kell kezdeni;
- a buzgár kifolyónyílását eltömni tilos, ezzel csak fiókbuzgárok kialakulását segítjük elő;
- a buzgár elfogásnál az ellennyomó medence méretét a buzgár vízhozama alapján kell megválasztani;
- az ellennyomó medence töltésének szélessége minimálisan a medencében tartott vízoszlop magasságának kétszeresével egyezzen meg (kétszeres falvastagság esetén a hidraulikus gradiens $i = 0,5$) a fiók buzgárok elkerülése érdekében;
- a buzgárok elfogásánál a védelmi munkákat olyan területre kell kiterjeszteni, mely lehetetlenné teszi az elhárított buzgárok közvetlen közelében újabbak kialakulását;
- buzgár csoportoknál mindenképpen szorítógát alkalmazandó.

A fentiek alapján ismét hangsúlyozni kell, hogy a **buzgár kifolyó nyílását eltömni tilos!!** A kifolyó nyílás eltömése, a buzgár elfojtása veszélyes újabb talajtörést indukál! Még a XX. század elején is Péch József könyve ellenére is volt olyan, aki a buzgárba karót veretett a vízkifolyás és a szemcseki-mosódás megállítására. Ekkor a rövid eltömített szakaszon egy nagy hidraulikus gradiens alakul ki, ami újabb talajtöréshez vezet. Így rosszabb helyzet jöhet létre, mint amilyen korábban volt.



13-89. kép. Ez a buzgár elleni védekezés nem azért rossz, mert nem kerek, hanem azért, mert nem tart víznyomást. A vízszint meg-egyezik a háttér fakad-óvíz szintjével.

Vízet félig áteresztő fedőréteg esetén a buzgáros talajtörés elleni védelem az egyedi buzgárok homokzsákos körülzárásával történhet. Ilyen esetben a körülzárás kiterjedését igen gondosan kell meghatározni. A körülzárás kizárólag homokkal töltött zsákokból készülhet, a homokzsák is lehetőleg jutasák legyen. A buzgárt teljesen elfojtani tilos. A fal magasságát úgy kell kialakítani – illetőleg az árvízszint emelkedésével egyidejűleg folyamatosan, az anyagkihordás függvényében emelni – hogy a medencében kialakuló víznyomás hatására csak az anyagkihordás szűnjön meg. Az érkező víz kifolyását a homokzsák medencén kialakított túlfolyón kell biztosítani.

Magas ellennyomó medence esetén nem lehet látni, hogy van-e még szemcse kimosódás, kell-e még emelni az ellennyomó medencében tartott vízoszlop magasságát. Ekkor mérni kell a már kimosott szemcsék mennyiségét a medencében. Ez arra vonatkozóan is hasznos adatot ad, hogy mennyi szemcse mosódott már ki a gátból, mekkora üreg vagy járat képződött.



13-90. kép. Nagybajcsi buzgár (?) 2002-ben.

Buzgár kialakulásának megelőzése

A buzgár veszélyes helyek előre felmérhetők (térképezhetők), ellenük megelőző intézkedések tehetők. A felmérés fontos eleme azon helyek összeírása (az árvízvédelmi nyilvántartási tervek alapján), ahol korábban már voltak buzgárok. Kétség kívül buzgáros helyekként kell számon tartani a szigetközi töltéseket, és azokat az árvízvédelmi gátakat, melyek valamelyik folyó hordalékkúpján helyezkednek el.

A megelőző műszaki beavatkozások a következők lehetnek:

- csökkenteni kell a veszélyes felhajtóerőt (pl. szivárgók, szivárgó kutak, vagy ellennyomó medencék építésével), vagy
- növelni kell a fedőréteg súlyát széles nyomópadkával vagy rézsűlaposítással. Ezzel ugyan ellapítjuk a nyomásvonalat, ami a régi rézsűlábánál növeli a nyomást, de az új rézsűlábánál az egyensúly javul.

Védekezés buzgár ellen árvíz idején

A gondos megelőző tevékenység ellenére is alakulhatnak ki buzgárok. Ekkor már a kialakult buzgár veszélyes következményei ellen kell védekezni. A sikeres buzgárelfogásra sok jó példa van Magyarországon (13-5. táblázat).

Védekezés a buzgáros talajtörés ellen (buzgár elfogás) elsősorban homokzsákos védekezést jelent. A buzgár elfogás lényege a mentett oldali ellennyomó medence építése. Az ellennyomó medencében a vízszintnek nem szabad olyan magasnak lennie, mint a vízdoldali vízszint. A mentett oldali vízszint az ellennyomó medencében megfelel a buzgár járatának ellenállásával csökkentett vízdoldali vízszintnek.

A védekezés a felfakadó buzgár folyamatosan magasított körülzárásával történik. A körülzáráson belül az emelkedő víz szintjét (az ellennyomást) kell figyelni. A kellő magasságra emelkedő vízoszlop nyomása ellensúlyozza az árvízi oldalról beáramló víz túlnyomását és így annak további beáramlását csökkenti, ezzel természetesen az anyagkiszórás is megszűnik. A közlekedő edények elvéhez hasonlóan, a mentett oldalon addig kell emelni a vízszintet, amíg egyensúlyi állapot ki nem alakul. Az árvédelmi gyakorlat azonban azt mondja, hogy nincs szükség ilyen nagy nyomásra, ami esetleg feleslegesen terheli meg a környezetet. Tehát akkora vízszintet (ellennyomást) kell kialakítani a mentett oldalon, ami már azt eredményezi, hogy vízmozgás ugyan még van, de a szemcsék kimosódása már megszűnt. A szemcsék kiszórása valamivel kisebb nyomásnál, még a vízmozgás teljes leállása előtt szűnik meg, hiszen a szemcsék mozgásba hozatalához bizonyos sebesség szükséges. A két állapot közötti vízoszlop magasság különbség akár 0,4 méter is lehet. Ezeket a magasságokat előre megmondani nem lehet, védekezés közben folyamatosan értékelni kell a kialakult helyzetet, az alapján kell az ellennyomó medencében a vízszintet beállítani és tartani.



13-91. kép. Alacsony vízhozamú törpebuzgár, lesz-e belőle óriás?

A buzgár elfogására kialakítandó (rendszerint kör alaprajzú) medence területét a buzgárból kifolyó vízhozam alapján kell megválasztani. Nagy vízhozam ($q = 5 \text{ l/s}$) esetén 2-3 méteres átmérő javasolható, kisebb vízhozam esetén kevesebb. Az utóbbi években többször előfordult, hogy a buzgár nem tudta megtölteni a részére kialakított medencének az alapterületét sem (nem hogy ellennyomást biztosított volna), részint azért, mert túl nagy terület lett kialakítva, részint azért, mert az elkerítésére épített mű nagyon átteresztette a vizet. Ilyen esetekben utólag meg kell harmadolni vagy negyedelni a területet, közbenső homokzsák fal beépítésével.

Annak oka, hogy az átfolyó víz nem tudja megtölteni az ellennyomó medencét, az is lehet, hogy a körülzárás nem elég vízzáró, vagyis az ellennyomó medencében a vízvesztés lehetetlenné teszi a megfelelő ellennyomás kialakulását. Ilyenkor újabb, de most már szakszerűen lerakott, jól betaposott zsáksorral kell biztosítani a jobb vízzárást.

A megemelkedett fedőrétegre ható nyomás csökkentése céljából a fedőréteg átszúrása csak olyan esetben engedhető meg, ahol a vízáteresztő réteg nem buzgárveszélyes, és akkor is csak az esetleg jelentkező buzgár elzárására, a kifolyás szűrőzésére való teljes felkészültség mellett!

Nem helyes az a korábbi álláspont, hogy „a körülzárás kiterjedésével nem szabad túl szűkmarkúan bánni, mert a kiszórás által egyensúlyában megbontott fedőrétegben könnyen alakulnak ki oldaljáratok, ami új buzgár képződésére vezethet”. Túl nagy terület felfogása, túl nagy terület bekerítése az ellennyomó medencével, azzal a veszéllyel jár, hogy az átfolyó víz nem tudja megtölteni az ellennyomó medencét, nem alakul ki ellennyomás. Másrészt a fiókbuzgárok kialakulásának oka nem ebben keresendő.



13-92. kép. A tivadari buzgár, a háttérben jobb oldalon az 1947. december 31-i gátszakadás emlékművének kövei.

Fiókbuzgár kialakulása nem az ellennyomó medence méretének a függvénye, hanem annak, hogy az ellennyomó medence fala alatt ne jöjjön létre hidraulikus talajtörés, vagyis a hidraulikus gradiens megfelelően kicsi legyen. Ez úgy érhető el, hogy a körülzárás falát megfelelően vastagra építjük, vagy a víznyomást a buzgár helyétől távolodva lépcsőkben csökkentjük. 2000-ben a tiszasasi buzgárnál a buzgárelfogás ideje alatt három talajtörés volt, három fiókbuzgár alakult ki, mert az ellennyomó medence gyors magasítását nem követte a fal vastagítása. Így a medence fala alatt talajtörés alakult ki. A talajtörés kialakulásán nem is csodálkozhatunk, ha figyelembe vesszük, az ellennyomó medence fala milyen alpra került (13-83. és 13-93. kép). Ezzel magyarázható, hogy az összes nagyobb buzgárnál talajtörés alakult ki (Makó, Csongrád, Tiszasas). A tiszasasi buzgárnál a körülzáró medencében tartott teljes vízmagasság kb. 1,8 – 2,0 m volt, a medence fala pedig mintegy 3,3-3,5 méter, $i \approx 0,56$ a végső állapotban. Azonban építkezés közben, amikor a talajtörés kialakult, a hidraulikus gradiens $i > 1,0$ volt. A buzgár elfogásnál az ellennyomó medence fala alatt semmiképpen sem engedhető meg $i = 1$ hidraulikus gradiens sem. A biztonságot figyelembe véve inkább $i = 0,5$ javasolható.

A buzgárelfogási gyakorlatban ez azt jelenti, hogy a buzgárt körülvevő fal vastagságának kétszer akkorának kell lennie, mint a tartott vízoszlop magassága. Tehát, ha az egyensúlyi állapotot $H = 2$ m vízoszlop magassággal lehet létrehozni (ahol H az ellennyomó medencében a vízmélység vagy a medencén belüli és kívüli vízszintek különbsége) akkor a körülzáró fal szélességét biztonsággal 4 méterre kell kialakítani. Tekintettel arra, hogy buzgár elfogásnál az ellennyomó medencében tartott vízoszlop magasságát nem tudjuk előre becsülni, ezért nem kizárt, hogy a medence falvastagságát védekezés közben növelni kell. A medence falvastagsága növelhető újabb (körgyűrűs) ellennyomó medence kialakításával is. A lényeg a semleges feszültség, a pórúsvíznyomás leépítése.

A fentiek alapján nem jó megoldás az, amikor hordót vagy kútgyűrűt alkalmazunk buzgár elfogásra. Mind a hordó, mind a kútgyűrű falvastagsága meg sem közelíti a tartott vízszint különbség kétszeresét, illetve például hordónál csak 1-2 milliméter vízszint különbséget lehetne tartani biztonsággal.

Lehetőség van arra is, hogy a víznyomást fokozatosan vezessük le, fokozatosan csökkentjük. Ekkor ellennyomó medencék sorozata épül, melynél a tartott vízoszlop egyre kisebb a buzgártól kifelé haladva. Ilyenkor minden medencét körülvevő falra igaz az $i = 0,5$ határérték betartása, vagyis hogy a fal vastagsága kétszerese legyen a fal két oldalán lévő vízszint különbségének.

A buzgár elfogás kezdetén az áttörő vízhozam és víznyomómagasság esetén már látni lehet, hogy körülbelül milyen magas védművet kell építeni. Ha a feltörő víz dómot alakít ki, aminek a magassága eléri a 4-5 cm-t, várhatóan 1 méternél magasabb ellennyomó medencére lesz szükség. A körülzárás szükséges magassága ritkán haladja meg az 1,0-1,2 m-t. Ebből a szempontból is különleges volt méretével a tiszasasi buzgár, 1,8-2,0 méter magas víznyomás volt a legbelső ellennyomó medencében az eredeti terepszint felett.



13-93. kép. Buzgár elfogás vödörrel (nem jó megoldás).

Mivel a buzgárelfogás kezdetén csak annyi információ áll rendelkezésre, hogy hol van a buzgár, az első feladat ellenőrizni az altalaj és töltés anyagát, felmérni a buzgár két fontos jellemzőjét: körülbelül milyen vízhozammal folyik a buzgár és milyen magas vízdóm alakult ki. Ezek nagyon értékes információk a buzgár elleni védekezésnél, ezekből már becsülni tudjuk az ellennyomó medence várható magasságát, valamint az ellennyomó medence területét. A gondolatmenetet tovább folytatva az ellennyomó medence várható magasságából becsülhetjük az alkalmazandó falvastagságot. A fentiek alapján méteres vízszlop nyomás esetén 5-6 homokzsák szélességű fallal kell az ellennyomó medencét körülvenni.



13-94. kép. A védekezés kezdete a tiszasasi buzgárnál.

Ha az árvíz elvonul, mielőtt a buzgár teljesen kifejlődött volna, illetve működését ellennyomással megszüntettük, a járatok nem tűnnek el, többé-kevésbé megmaradnak. Újabb árhullám már ezt a romlott talajállapotot találja, ezért van az, hogy ismert buzgáros helyeken a buzgárképződés törvényszerűen megismétlődik. A fedőrétegben levő nyílás eltömődhet pl. a mezőgazdasági művelés során, de a járatból a közelben keletkező újabb nyíláson át újra kezdődhet a vízáramlás, ha újra magas víz jelentkezik. Ezért az ilyen, buzgáros szakaszokat közvetlenül az árvíz elvonulása után fel kell tární, a feltárt járatokat meg kell szüntetni.

Buzgár elleni védekezésnél különösen veszélyes, ha a járatok teljes kifejlődése nem egy árhullám alatt

történik meg, hanem több egymást követő árhullám során alakul ki. Így a buzgár észlelésekor nem lehet megállapítani, hogy annak kifejlődése már milyen stádiumban van. Ez különösen a vékony vízzáró fedőrétegű altalajok esetében lehet veszélyes, ahol a buzgár feltörése robbanásszerűen következhet be, minden különösebb előjel nélkül. Ezért a buzgárveszélyes szakaszok árvíz alatti rendszeres megfigyelése és a megfigyelés pontos feljegyzése árvízvédelmi szempontból nagy jelentőségű.



13-95. kép. Fiók buzgárok a tiszasasi buzgár mellett.

Legalább 3,0 m-t meghaladó kötött fedőréteg vastagság esetén, altalajon keresztül kialakuló buzgár veszélyével számolnunk nem kell a hazai árvízvédelmi gátaknál. Ez az állítás számítással is igazolható a töltés magasságok és a töltéssel színelő árvízszintek alapján. A kötött fedőréteg kellő vastagsága azonban nem garancia buzgár ellen. Az árvízvédekezés ideje alatti talajmechanikai feltárás azt mutatta a tiszasasi buzgárnál, hogy négy méternél vastagabb kötött fedőréteg volt az altalajban, vagyis a buzgár a töltésen vagy a talpon keresztül alakult ki. Nem szabad elfeledkezni azokról a hatásokról, melyek segítenek a víznek, hogy átjusson az agyag rétegen. Az ilyen elhalt gyökérjáratok miatt nem fásítjuk az árvízvédelmi gátakat, és az árvízvédelmi gát lábától a mentett oldalon 10 méteres biztonsági sávot szabadon kell hagyni. Sajnos ezt sok belterületi szakaszon nem tartják be. Meg kell jegyezni, hogy élő növény gyökerei mentén is alakulhat ki buzgár (13-96. kép).



13-96. kép. A gát lábánál a szabadon hagyandó sáv szélessége 10 méter. Ezen belül sem épület, sem fa nem lehet. A belterületen a töltéslábhhoz telepített fák egyrészt akadályozzák a védekezést, másrészt árvízi jelenségek forrásai lehetnek.

Egyedi esetek

Ismételten hangsúlyozni kell, hogy a buzgárok elfogása éles szélű csövek leszúrásával, kútgyűrűk beásásával, vagy talajra helyezésével, nem engedhető meg. Egyrészt ilyen elfogási mód esetén a vízszint szükség szerinti szabályozására nincs lehetőség, másrészt az éles szélek az amúgy is gyenge fedőréteget felsértik és ott újabb buzgárok kifejlődésére adnak lehetőséget, ugyanis a cső vékony széle miatt nagy hidraulikus gradiens ($i \gg 1$) alakul ki.

Csoportos buzgárok elfogásának hatásos módja a szorítógát építése. Itt a szorítógátakat a töltéssel párhuzamosan több sorban kell készíteni, annak érdekében, hogy egyrészt a töltés közvetlen közelében lévő buzgárok minél gyorsabb körülzárása történjen meg először, másrészt, az esetleges „szorítógát-szakadás” esetén, ne az egész védelmi rendszer védőképessége szűnjön meg, és így egy második vonalon a védekezés folytatható legyen. A tiszasasi buzgárt négy koncentrikus körben elhelyezett medencével (funkcióját tekintve megfelelt a szorítógátnak) sikerült hatástalanítani.

Régi felfogás szerint a csoportos buzgárok elfogására épített szorítógátak kizárólag, legalább háromszoros homokzsák falból épülhetnek. A csoportos buzgárokat összefogó ellennyomó medence fala olyan vastag legyen, hogy a fal alatt átszivárgó víz $i < 0,5$ hidraulikus gradiens mellett is biztonságban megálljon. A szorítógát szélessége mindemellett minimálisan háromsoros homokzsák falból készüljön, de ennek meghatározásánál is a hidraulikus gradiens értéke a mérvadó. A szorítógátak megcsapolására a buzgárelfogásnál írottak a mértékadóak. A túlfolyó vizet homokzsákból, pallóból vagy deszkából kialakított bukók segítségével a medencéből el kell vezetni. Külföldi árvízvédekezésnél (13-98. kép) és régi magyar árvízvédekezési fényképeken is az ellennyomó medence túlfolyó vizét csövön vezették el, hogy ne áztassa el a buzgár közvetlen környezetét.

Holland árvízvédekezésnél a buzgár elfogás ellennyomó medencéjét osztályozott nagy szemcséjű, jó vízvezető szűrőanyaggal vagy zúzottkővel töltik fel. A tapasztalatok szerint a megoldás a legerősebb buzgárok esetében is hatásosnak bizonyult. Az anyagkihordás rövid idő alatt megszűnt, ugyanakkor a tiszta víz túlfolyása minden esetben biztosított volt. A jó vízvezető szűrőanyag vagy nagy szemcsés zúzottkő volt a garancia arra, hogy nem a buzgár elfojtása történik.

Japán árvízvédekezésnél a buzgárelfogás koncentrikus kettős köre épül homokzsákból, a köztes területet pedig talajjal töltik fel (13-97. kép).



13-97. kép. Buzgár elleni védelem készül egy japán árvízvédekezésnél. A túlfolyó vizet csövön vezetik el.

Feltétlenül meg kell jegyeznünk, hogy a buzgár elleni védekezést úgy kell végrehajtani, hogy az anyagot szállító járművek a mentett oldali védekezési területeken ne közlekedjenek annak érdekében, hogy a buzgárveszélyes területek fedőréteget ne vágják fel, a buzgárt dinamikus hatások ne ériék.



18-98. kép. Az 1998. évi dombrádi buzgár körülzárása és a kimosott anyag kúpja a vízszint csökkenése után.

Amennyiben a mentett oldalon a kimosott talaj térfogata meghaladja a $0,5-1,0 \text{ m}^3$ -t, számítani lehet rá, hogy további árvízi jelenségek alakulnak ki. Az a föld ugyanis valahonnan hiányzik. A kimosott talaj, a járatok felett ugyanis időlegesen átboltozódás alakul ki, de az átboltozódás beszakadása a talajkimosódás felgyorsulásához vezethet. A beszakadt talaj átmenetileg elzárja a víz útját, de a víznyomás átszakítja ezt a szűkületet. Védekezésnél ebből csak annyit tapasztalunk, hogy pulzál a vízhozam a mentett oldalon. Ez az információnk arról, hogy a buzgár tágítja a járatát és közeledik a gát tönkremeneteléhez.

Az eddigi tapasztalatok azt mutatják, hogy a buzgároknak csak egy kis százaléka jelentett katasztrófát, legtöbbször (feltehetően a hatékony védekezés eredményeképpen) sikerül a jelenséget lokalizálni. A buzgárképződés folyamata, a talajtörést kiváltó belső és külső tényezők napjainkban még mindig nem elég ismertek. Továbbra sem tudjuk paraméterbe foglalni a buzgárképződés kritériumait, nem tudjuk egyértelműen előre meghatározni azt, hogy hol és milyen vízállásnál kell buzgárra illetve katasztrófára számítani, az ellennyomó medence építésén kívül nincs hasonló jó védekezési lehetőségünk. A növekvő vízállások mellett a szivárgási úthossz növelésén vagy vízzáró elemnek a gátba építésén kívül nincs más lehetőség a megelőzésre. Az 1984-1996 közötti szisztematikus altalaj vizsgálat alapján tudjuk, hogy melyek azok a területek, ahol a buzgárképződésre veszélyes rétegsor és talaj van. De sajnos ez sem elég, mert például a tiszasasi buzgár nem ilyen területen volt.



13-99. kép. Tiszasasi buzgár a 2000. évi árvízvédekezéskor. Felhasználva ~ 50 000 db homokzsák a vízoldali védekezéssel együtt.



13-100. kép. Talán a tiszasasi buzgár az egyetlen a Földön, amelyik emlékművet kapott.

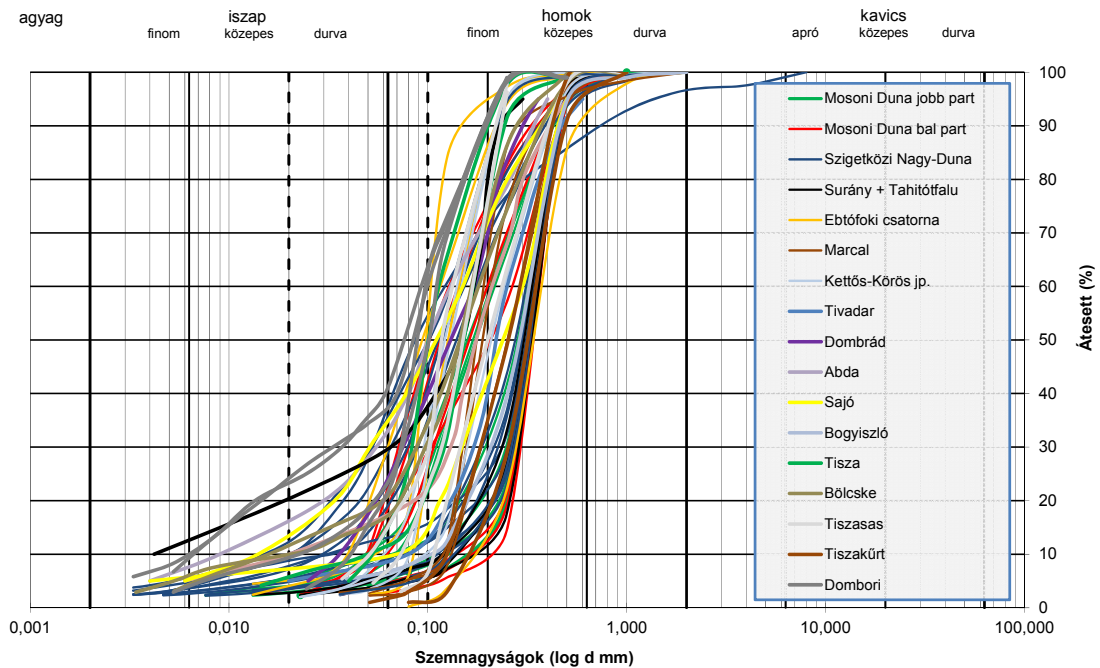
A buzgárból kimosott talaj

A szemeloszlási görbe lefutása, a talajok osztályozása

A buzgárból kimosott talajok jól definiálhatók, a szemeloszlási görbéik minden esetben folyamatos lefutásúak, természetes talajokban általánosan előforduló jelleget mutattak. Az összes görbét egy szemeloszlási ábrán bemutatva, egyértelműen megállapítható, hogy a szemcsék mérete a szemeloszlás szűk tartományát öleli fel (13-39. ábra). Ebben a sávban (iszapos homok, finom homok, homok) a talajoknak már nincs számottevő kohéziója, ugyanakkor a talajszemcsék tömege olyan kicsi, hogy az áramló víz el tudja mozdtítani a szemcséket (13-40. ábra). Meg kell azonban jegyezni, hogy megfelelően magas hidraulikus gradienssel minden talaj (sőt még a kőzet is) elmosható. Itt inkább az dominál, hogy ezen szemeloszlási tartományoknál van a legkisebb gradiensre szükség.



13-101. kép. Mintavétel a buzgárból, a buzgár kúpjának lehetőleg mindkét oldala képviseltesse magát a mintában



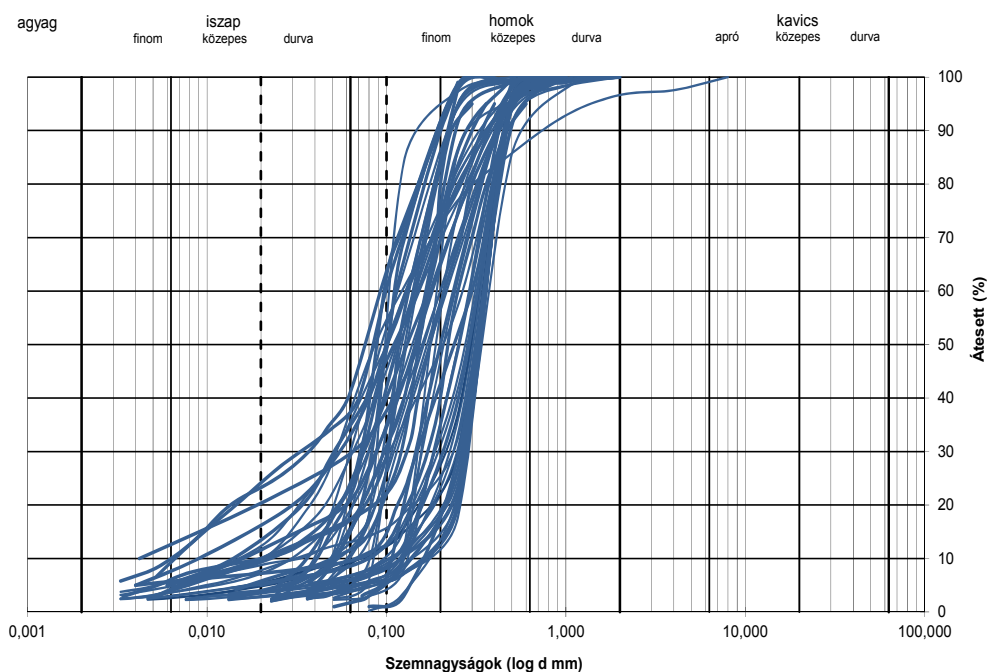
13-39. ábra. A buzgárból kimosott talajok szemeloszlási görbéi a 2013. év előtti mintáknál

A talaj szemeloszlási görbe szerinti megnevezése az EUROCODE 7 (MSZ EN ISO 14688-2) alapján egyértelmű, az egyes megnevezések megoszlását a 13-8. táblázat mutatja. A megnevezés szerint is viszonylag keskeny sáv az, amelyik a szemeloszlás széles spektrumából kimosódik, a homokos durva iszaptól a közepes homokig.

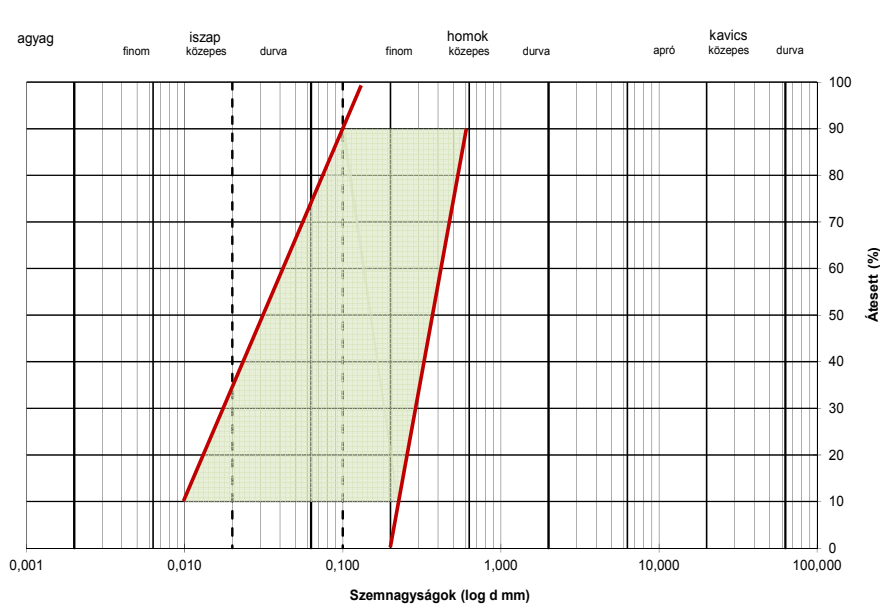
13-8. táblázat A buzgárból kimosott talajok megnevezése az EUROCODE alapján

Talaj megnevezése		Előfordulás		Összesen
		db.	%	%
Homokos durva iszap		2	3	3
Iszapos homok		24	36	36
Homok	finom és közepes	13	21	61
	finom	10	15	
	közepes	17	25	

A 13-8. táblázat alapján megállapítható, hogy a vizsgált buzgárból kimosott talajok elsősorban homok és iszapos homok megnevezésűek, az arányuk körülbelül 60-40%-ot képviselt.



13-40. ábra. Az összes buzgárból kimosott talaj szemeloszlási görbéje kijelöli a buzgárból kimosott talaj szemcséinek tartományát.



13-41. ábra. A szemeloszlási görbék helyzete

Iszaptartalom

Azt ismerjük, hogy az áteresztőképességi együttható hogyan változik finomszemcsés talajoknál növekvő iszaptartalom hatására. Arra azonban kevesebb adat van, hogy a növekvő iszaptartalom hogyan változtatja meg a talaj buzgárképződéssel szembeni ellenállását. Ennek empirikus vizsgálata a buzgárból kimosódott talaj szemeloszlásának értékelése alapján történhet.

Közismert tény, hogy növekvő iszaptartalom növeli a finom szemcsék közötti összetartó erőt, csökkenti a szemcsék leválásának lehetőségét. Az iszaptartalom megoszlását a szemeloszlási görbék alapján a 13-9. táblázat mutatja.

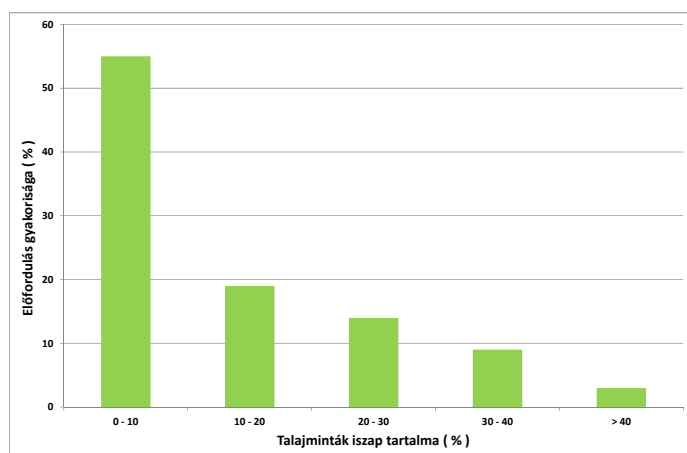


13-103. kép. A Mosoni-Duna bal part 13+980 tkm (Püspök-erdő) buzgár, mentett oldali töltéslábtól 36 m-re, az erdőben közel kör alakú ellennyomó medence lett kialakítva, nem teljesen szabályos kialakítású, nincs túlfolyója. A buzgár feltörő vize tiszta, a kráter környékén nem látható homokkihordás. A medence két zsáksorral alacsonyabb volt kezdetben, utólag magasították a képen látható szintre. A jelenség észlelése: a gát mentett oldalán az örök csobogás hallottak és intenzív talajfeltörésként tapasztaltak.

A buzgárból kimosott talaj szemeloszlását vizsgálva megállapítható, hogy az iszaptartalom ritkán volt 40% felett²⁷, a sűrűsödés 0 – 10% iszaptartalom közötti tartományban van, a görbéknek több mint a fele esik ide (13-8. táblázat). Tíz százalékonkénti iszaptartalom növekedésénél a gyakoriság változását a 13-42. ábra szemlélteti. Az iszaptartalom növekedésével a gyakoriság csökken, vagyis összefoglalóan megállapítható, hogy azok a finomszemcsés talajok hajlamosabbak a szemcsekimosódásra, melyek kevesebb iszapot tartalmaznak.

13-9. táblázat. Az iszap frakció részaránya a buzgárból kimosott talajok szemeloszlásában

Iszap tartalom	< 5%	5%-10%	10%-15%	15%-20%	20%-30%	30%-40%	40%-50%
Összesen db	25	11	6	7	9	6	2
Összesen %	38	17	9	10	14	9	3



13-42. ábra. A buzgárból kimosott talajok iszaptartalmának gyakorisága 66 vizsgálat eredménye alapján

²⁷ Csak a két milléri mintában.

Az egyenlőtlenségi mutató (C_U) értékei

Az egyenlőtlenségi mutató indikátor szerepével a hazai és nemzetközi szakmai sajtó is gyakran foglalkozik, nemcsak a buzgárosodás, hanem a földrengés hatására történő megfolyósodás szempontjából is.

13-10. táblázat. A buzgárból kimosott talajok egyenlőtlenségi mutatójának megoszlása

C_U	Darab
< 5	46
5 – 8	11
8 – 11	4
11 – 14	3
> 14	2
Összesen	66

A buzgárból kimosott talajok egyenlőtlenségi mutató (C_U) értékei a 13-10. táblázatban vannak feltüntetve. A 2013. évi mintáknál az egyenlőtlenségi mutató átlagos értéke csak 3,7 volt! Az egyenlőtlenségi mutató megoszlását a 13-42. ábra mutatja, melyben a $C_U = 2-5$ kategória a legnépesebb, több mint a minták fele esik ide. Az egyenlőtlenségi mutató növekedésével számossága csökken az egyes tartományoknak (13-42. ábra, 13-10. táblázat). Az alacsony egyenlőtlenségi mutatójú finom szemcsés talajok a legkönnyebben elmoshatók, vagy elmozdíthatók a helyükről, ugyanis kohéziójuk nincs, a szemcsék tömege pedig kicsi.

Várhatóan a nagyon jól graduált talajok kevésbé lesznek érzékenyek a buzgárképződésre, de nem szabad elfelejteni arról, hogy minden talaj elmosható megfelelően nagy hidraulikus gradienssel.

Talajok értékelése a buzgár veszélyesség alapján

A talaj vázát a finom és durva szemcsék együttesen határozzák meg. A buzgárból kimosott talajoknál mintha a szemeloszláson belül a durvább szemcsék volnának a meghatározók, ami a talaj jellegét biztosítja. Amíg a 10 súlyszázalékhoz tartozó átmérőkben lényegesen nagyobb az eltérés, ezzel szemben a 80 súlyszázalékhoz tartozó átmérőkben feleakkora. Lehetséges, hogy ezt a viselkedést magasabb súlyszázalékhoz tartozó átmérővel volna célszerű jellemezni, például d_{80} értékével.

Az egyenlőtlenségi mutató értékének leggyakoribb előfordulásával a buzgárképződés szemeloszlási kritériuma adható meg. Az egyenlőtlenségi mutató $C_U = 1,8 - 18,7$ között változott a vizsgált mintáknál, értéke leggyakrabban $C_U < 12$ volt.

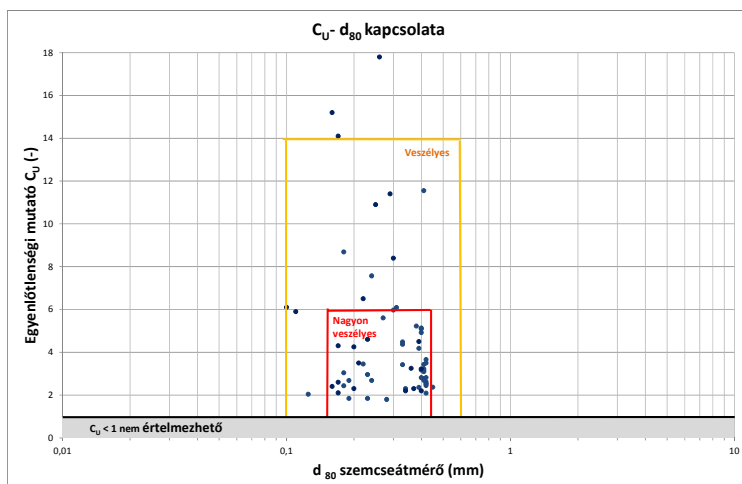
Ugyanakkor felállíthatunk különálló veszélyességi fokozatokat a szemeloszlási görbe kiválasztott pontjára, jelen esetben a d_{80} -ra:

nem veszélyes	$d_{80} < 0,1$ és $d_{80} > 0,6$ mm
veszélyes	$d_{80} = 0,1 - 0,15$ és $d_{80} = 0,45 - 0,6$ mm
nagyon veszélyes	$0,15 < d_{80} < 0,45$

és/vagy az egyenlőtlenségi mutató értékére:

nem veszélyes	$C_U > 12$
veszélyes	$6 < C_U < 12$
nagyon veszélyes	$C_U < 6$.

A szemeloszlás veszélyességének kombinált értékelése a 13-43. ábra szerinti osztályozással lehetséges a szemeloszlási görbe illetve annak kitüntetett pontjai alapján.



13-43. ábra. A szemeloszlás veszélyességének kombinált értékelése az összes mintán

azonosítása, a többféle kezelési mód, a veszélyesség megítélése eltérő módon jelentkezett az egyes szakaszvédelem vezetési helyeken. Ez indokolja, hogy az árvízi jelenségek között ezzel a két jelenséggel külön foglalkozunk.

A felpuhulás és a felpúposodás az első magyar nyelvű árvízvédekezés végrehajtásáról írt, 1892-ben megjelent könyvben (Pécs József: Gátvédelem) még nem szerepelt, hasonlóan az 1962-ben megjelent „Az árvízvédekezés gyakorlati ismeretei” című kézikönyvhöz. A felpuhulás és a felpúposodás megemlítésre kerül az 1974-ben kiadott „Árvízvédekezési kézikönyv”-ben, mely körülírja a felpuhulás jelenségét és védekezésnek a szivárgási úthossz növelését. A könyv a talajszemcsék szűrőzött leterhelését javasolja. Ezt az eljárást nevezhetnénk a felpuhulás és a felpúposodás elleni védekezés klasszikus módszerének.

Ezekben a könyvekben a felpuhulás és a felpúposodás tüneti kezelését írják le, a jelenségek fizikai tartalma nincs meghatározva. A tüneti kezelés alapján történő védekezés semmiképpen nem nevezhető tudatos cselekvésnek. A felpuhulásról és a felpúposodásról az irodalmi leírásokban sem sikeres, sem sikertelen védekezés eredménye nem szerepel.

Az 1998 évi novemberi, 1999 évi márciusi, 2000 év áprilisi Tiszai és Körös árvizei során több felpuhulás és a felpúposodás is előfordult. A felpuhulás kezelésénél a következő négy módszert alkalmazták a kiszúrással kombinálva:

- Zsákos bordás leterhelés,
- Alacsony körgáttal történő körbevétel,
- Vízáteresztő leterhelő szőnyeg alkalmazása,
- Nem csinálni semmit.

A fenti védekezési módszerek alkalmazása mindenhol elégséges beavatkozásnak tűnt és sehol nem kellett többlet védekezést foganatosítani. Ugyanakkor több helyen is bátran kiszúrták a felszíni megemelkedett réteget felpúposodásnál.

13-11. táblázat. Felpuhulás és felpúposodás jelensége.

jelenség	felpuhulás	felpúposodás
azonosítása	A felszíni talajrétegek süppedékenyek, jelentős oldalkitérés és "gumizás" tapasztalható, az ugrálás helyétől akár 2-3 méterre is reng, hullámzik a talaj. A felpuhult talajtömb szűrőbottal három dimenzióban lehatárolható.	A felszíni fű és gyökérréteg alatt egy vízdóm alakul ki, szűrőbottal a gyökérréteg alatt ellenállás nélküli folyadék, az alatt rendszerint megfelelő ellenállású altalaj található.
helye	A mentett oldali töltésláb környékén tapasztalható a terepszinten és a rézsú lábánál.	A mentett oldali töltésláb 5-15 méteres sávjában a terepszinten. A töltéslábtól mért távolság növekedésével az előfordulás valószínűsége csökken.
mérete	Mélysége elérheti az 1-1,5 méteres mélységet, vízszintes kiterjedése meghaladhatja a több száz négyzetmétert.	Mélysége elérheti a 40-60 centimétert, átmérője a 3-4 métert, de az átmérője leggyakrabban 2 méter körüli.
talaj	Kötött és átmeneti talajrétegek.	Gyengén kötött és átmeneti altalaj rétegek.
oka	A felszíni laza (tömörítetlen) réteg az alulról jövő szivárgó víz hatására kvázi telítetté válik, terhelést a folyadék fázis veszi fel (terhelés hatására megnő a pórusvíznyomás és lecsökken a talaj nyírószilárdsága), a talajtömb mint egy magas viszkozitású folyadék viselkedik. A szemcsék közé bezárt levegő és az oldalkitérés miatt jelentősen összenyomható a talaj.	Az összefüggő fű illetve gyökérréteges talajszivárgási tényezője alacsonyabb, mint az altalaj szivárgási tényezője, ezért az alulról áramló víz megemeli a gyökérréteget, azonban felszakítani már nincs ereje. Terhelés hatására a víz látványosan kitér oldal irányba (mint egy folyadékkal telt léggömb).
védekezés	A mentett oldali terepszinten bordás leterhelés, a bordák 2-4 homokzsák magasak. A mentett oldali rézsúlánál bordás megtámasztást kell készíteni a felpuhulás magasságáig. A felpuhulás kiszúrása nem segít. A felpuhult talajtömeg emberi beavatkozással növelhető.	A felpúposodást ki lehet szűrni pl. lapátnyéllel, újra kiszűrni a későbbiekben rendszerint nem kell, de szükséges lehet. A kifolyó víz mennyisége gyorsan csökken. Kiszúrást után a kifolyó víz gyakran hoz talajszemcséket, de ez a kísértő jelenség hamar abba marad.

<p>megjegyzés</p>	<p>A mentett oldali rézsúlábnál bordás megtámasztásánál vigyázni kell arra, nehogy a rézsű felpuhult része ne csússzon le. A mentett oldali terepszint felpuhulása a nyírószilárdság csökkenése miatt rézsű vagy töltés állékonyság veszteséget okozhat. A kialakulás fizikai folyamata kutatással még nem alátámasztott.</p>	<p>Ha a talajszemcsék kihordása vagy a kifolyó víz intenzitása nem csökken buzgárként kell a védekezést folytatni. A kialakulás fizikai folyamata kutatással még nem alátámasztott.</p>
--------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

A felpuhulás és a felpúposodás jelenségekkel kapcsolatos ismeretek a 13-11. táblázatban rendezetten áttekinthetők. A történeti adatok alapján úgy tűnik, hogy a felpuhulás és a felpúposodás kevésbé veszélyes árvízi jelenségek. Egyetlen ismert gátszakadás feljegyzése sem tartalmaz olyan megállapítást, hogy a gátszakadás felpuhulás és a felpúposodás eredményeként jött létre. Természetesen ez két ok miatt is alakulhatott így:

- Nem ismerték vagy nem tulajdonítottak jelentőséget a felpuhulásnak és a felpúposodásnak.
- Amikor már veszélyessé alakult a jelenség elképzelhető, hogy már másfajta jelenség ellen kellett védekezni.

A felpuhulás és a felpúposodás fizikai alapja még nem kidolgozott, a védekezés csak megszokott sémák alapján lehetséges. Az azonban mindkét jelenségnél helytállóan tűnik, hogy:

- Alulról jövő szivárgás és telítődés hozza létre,
- Olyan védekezést kell választani, ami megengedi a víz szabad kifolyását,
- A fizikai alapok megismerésére kutatási munkát kell végezni, hogy a jelenség klasszikus kezelése tudatosan végezhető lehessen,
- Veszélyességük nem áll összhangban a buzgár veszélyességével.

Felpúposodás valószínűleg ott jön létre, ahol az altalaj áteresztőképességi együtthatója nagyobb, mint a felszíni füves rétegnek. Így a rosszabb vízvezető réteget a víz megemeli és alatta egy vízdóm alakul ki. Kiszúrással a víz távozik a fedő réteg alól. Kiszúrása csak ott engedélyezhető, ahol nem folyós homok, vagy buzgár veszélyes rétegsor van a mentett oldalon.

A felpuhulásnál a laza kötött talajvízzel telítődik, és terhelés hatására ún. „gumizik”. A felpuhulásokat pontosan kijelzik azokat a helyeket, ahol nem volt tömörítés a töltésnél, vagy a mentett oldali tereprendezésnél.

13.4. ÁRVÍZVÉDEKEZÉS EGYEDI HELYEKEN

Az árvízvédekezés egyedi helyeken az árvízvédelmi falak, partfalak, parapet falak, műtárgyak, hidak, egyéb keresztezések és a koronán levő út speciális árvízvédekezéssel kapcsolatos feladatainak megoldását jelenti.

Magyarország 4200 km hosszú árvédelmi vonalában a 2001. évi felmérés szerint 2484 gátkeresztezés van. Ez a nagy szám is azt mutatja, hogy nem egyedülálló problémával kell szembe nézni. A keresztezések egyedi árvízvédelmi problémát jelentenek. A zsilipeknél, szivattyútelepeknél, nyomócsöveknél stb. a műtárgyak léte, kialakítása miatt sajátos védekezési módok szükségesek.

Az egyedi helyek különlegessége a különbözőség és a sokféleség. Nagyon sokszor az, hogy nem rendelkezünk tervekkel, ismeretekkel arról, hogy milyen a szerkezet, hol van az alapozási sík stb. Ezek a helyeken az árvízvédekezés továbbra is kihívás lesz.

13.4.1. Védekezés árvízvédelmi falaknál

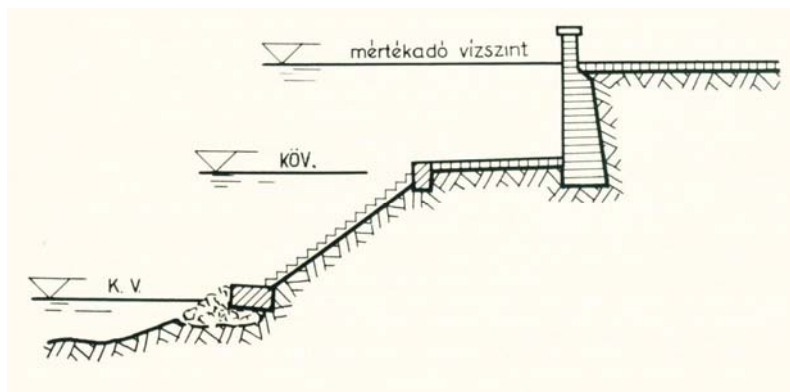
Magyarországon az árvízvédelmi gátak 2%-án található árvízvédelmi fal. Ilyen fal a védvonal kis részén elsősorban helyszűke miatt, vagy városrendezési okokból épült. Ide tartoznak a partfalak, a parapetfalak és a mellvédfalak.

Az árvízvédelmi falaknál az egyik legnagyobb probléma a dilatációs hézagok öregedése és ezáltal vízáteresztővé válása. A dilatációs hézag öregedése szivárgás vagy csurgás kiinduló pontja lehet, ugyanakkor az időszakos vízterhelés miatt az árvízvédelmi falak mozgása lényegesen megnőhet. A dilatációs hézagon keresztül áramló víz csökkentésére, megállítására a következő védekezési megoldások javasolhatóak:

- vízdoldalon homokzsák bordának a hézag elé rakása,
- mentett oldalon a dilatációs hézag köré ellennyomó medence építése,
- a dilatációs hézag geopur habbal történő kinyomása (megelőző védekezés).

A vízdoldali védekezésnél nehézséget okozhat a magas vízállás, általában kérni kell bűvárok kirendelését.

Az árvízvédelmi falaknál a belterület miatt fontos a környező épületek pincéinek felmérése, a pince padlószint meghatározása, az alapozási sík és mód ismerete. A pincék rendszeres bejárására külön árvízvédelmi csapatot kell szervezni. Itt kell felhívni a figyelmet arra, hogy már az 1876 évi budapesti árvíznél is nyilvánvalóvá vált, hogy ha egy pincében megjelenik a víz, valószínűleg az a jó megoldás, ha nem szivattyúzzuk ki onnan az árvíz időtartama alatt.



13-46. ábra. Partfal egy lehetséges kialakítása. A kisvízi elhabolás árvízkor maga után ránthatja a teljes keresztmetszély károsodását.

Hazánkban árvízvédelmi falak főleg városok belterületén épültek. Anyaguk: téglá, kő, beton, vasbeton és ezek kombinációja. Szerkezetüket tekintve is változatosak. Az árvízvédelmi falakon a védekezést anyaguktól és szerkezetüktől függően egyedileg kell megtervezni, és a védekezésre ennek alapján kell felkészülni.

Árvízvédelmi falat rendszerint csak helyszűke miatt építünk. A helyszűke magával hozza azt, hogy az árvízvédelmi fallal összeépített földtöltés keresztmetszeti méretei korlátozottak. A fallal összeépített földmű csatlakozása is nehézséget okozhat. Bármilyen gondos építés esetén is, helyi hiányosságokból kifolyóan leggyakrabban a következő meghibásodásokkal kell számolni:

- A helyszűke miatt meredekebbre épített vízoldali rézsű megcsúszása vagy elhabolása az árvízvédelmi fal kiborulásával fenyeget. Ezért különös figyelmet kíván a rézsű lábának, esetleg az alámetesződő medernek biztosítása, a lábazati kőhányás épsége, illetve megerősítése.
- A hullámverés elleni védekezés hangsúlyozott fontosságú, hiszen éppen a helyszűke miatt ilyen szakaszokon véderdő nem telepíthető.
- Az árvízvédelmi fal magasítása azt meghágó vizek ellen ugyanolyan nehéz feladat, mint a partfalaknál, sőt még annál is nehezebb, mert a korlátozott töltésméreték miatt már a legkisebb méretű túlsordulás is súlyos kárt okozhat, a töltés eláztatásával vagy erodálásával járhat.

Partfalak

A partfalak (13-46. ábra) rendszerint városrendezési célból épültek úgy, hogy a mögöttes területük többnyire olyan szélességben vannak feltöltve, hogy árvízvédelmi szempontból veszélyes szivárgásokra csak a legnagyobb vizek esetén kell számítani. A szokásos elrendezésű partfal állékonyságát a direkt árvízi nyomás csak helytelen tervezés, rossz kivitelezés vagy a szerkezeti részek öregedése esetén károsítja. Ezek az esetek azért veszélyesek, mert nem lehet felkészülni rájuk, meglepetésszerűen jelentkeznek. A partfalak viselkedését a következő három esetben kell különös figyelemmel kísérni:

- amikor először kap árvizet, és még nincs tapasztalat az árvíz alatti viselkedéssel kapcsolatban,
- amikor minden korábbinál nagyobb víz támadja a partfalat, és
- amikor hosszabb idő (10-15 évig) után ismét nagy árvízi terhelés jelentkezik.

Hirtelen apadásnál, és/vagy igen hosszan tartó árvíznél az átázott háttöltés nyomásának hatására (különösen további leterhelésnél) a partfal károsodhat. A rongálódás kárain túlmenően közvetlen árvízvédelmi veszélye csak egy rövidesen bekövetkező, a helyreállítást megelőző újabb árhullámnál van, az apadó árhullám a magas és széles háttöltés miatt veszélyt általában nem jelent.



13-104. kép. A szegedi partfal megtámasztása 2006-ban.

A legnagyobb problémát a partfalaknál az esetleges, a partfal magasságát meghaladó árhullám jelenti. Ekkor a partfal szélétől a mentett oldal felé meghágás elleni védelmet kell kiépíteni, ügyelve arra, hogy ez a partfal állékonyságát apadáskor se befolyásolja kedvezőtlenül. A nyomvonal kijelölésekor mindenképpen tájékozódni kell a közművek elhelyezkedésével kapcsolatban.



13-105. kép. Szegeden a 2006. évi árvíznél ellennyomó medencék kialakítása a partfal mögött. A folyó vízszintje és az első ellennyomó medence vízszintje között csak kis különbség van, mert a partfal nem tartja vissza a vizet.

A kulisszanyílások az árvízvédelmi gátban vagy árvízvédelmi falban kialakított nyílások, melyek a könnyebb átjutást segítik elő. Magasságuk a korona szint alatt van, ezért árvízkor gondoskodni kell az elzárásukról. A kulisszanyílás két végén kialakított hornyokba kell az előre legyártott, az árvízvédelmi raktárban őrzött betétgerendákat behelyezni. A betétgerendák között csömöszölt vízzáró talajjal kell kitölteni. Magas vízterhelés esetén a biztonság miatt mentett oldali megtámasztást kell alkalmazni (13-106. és 13-107. kép).



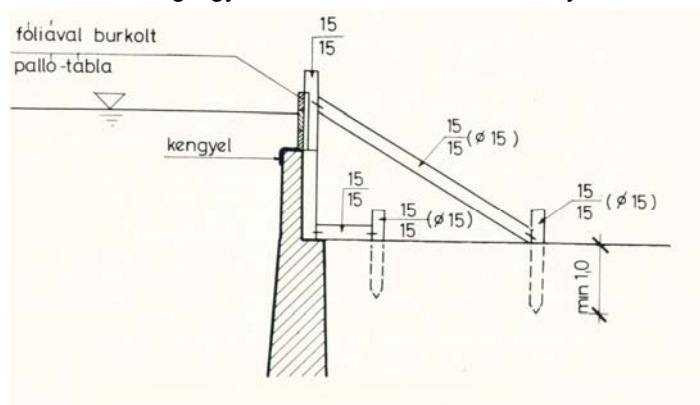
13-106. kép. Kulisszanyílás bevédése a Szentendrei-szigeten.



13-107. kép. Kulisszanyílások védelme 2006-ban Szegeden.

Árvízvédelmi falak

Az árvízvédelmi fal betonteste és az alatta levő rétegek lezárását célzó szádfal vagy résfal között keletkező nyílásokon át meginduló koncentrált szivárgás a töltés testében váratlan gyorsasággal járatokká fejlődhet, az árvízvédelmi fal megrogyását, beszakadását okozhatja.



13-47. ábra. Árvízvédelmi fal magasztása ácsmunkával.

A veszély közeledtére a mentett oldalon jelentkező helyileg lehatárolható erős szivárgás vagy a töltés-korona helyi berogyása figyelmeztet. Mindkét esetben azonnali beavatkozásra van szükség. A beavatkozás legcélszerűbben a vízoldalon történhet. Burkolt rézsűnél a burkolatnak fóliával való letakarásával, burkolatlan rézsűnél a vízben lehajtott szádfal mögötti terület vízzáró föld feltöltésével.

Minthogy az árvízvédelmi falakon alkalmazható védekezési módok eltérnek a földműveknél alkalmazott és az árvízvédekezési gyakorlatban szélesebb körben elterjedt védekezési módoktól, feltétlenül ajánlatos és szükséges figyelembe venni, hogy a védekezési mód megválasztásában az árvízvédelmi falak megbízható terveinek ismeretében szabad dönteni. A vízszint alapján sokszor elég csak a fal megtámasztása a mentett oldalon (13-108. kép).

Az árvízvédelmi fal magasításával kapcsolatban szerkezetének függvényében kétfajta alapvető megoldására kell felhívni a figyelmet. Meg kell vizsgálni, hogy az árvízvédelmi falnak a mentett oldali te-repszint fölé nyúló része (a mellvédfal) egy szerkezeti egységet képez-e az egész fallal, vagy külön szerkezet. Ha ugyanis a mellvédfal külön szerkezeti egység, akkor az e fölé emelkedő víz a falat kiboríthatja. A meghágás elleni védelem a fal szélességének függvényében a következő két módon hajtható végre homokzsák felhasználásával:

- Ha a mellvédfal elegendő széles ahhoz, hogy homokzsákokat rá lehet tenni, akkor a magasítást magán a mellvédfalon kell megépíteni. Több sor homokzsák esetén a homokzsákokat a mentett oldalon például fából vagy homokzsákból épített palánkkal kell megtámasztani. Ha szükséges, a palánkot úgy kell megépíteni, hogy azzal a mellvédfalat is megtámasszuk. A homokzsákoknak a víz felé való bedőlését úgy akadályozzuk meg, hogy a zsáksor elé deszkát teszünk, s azt a palánkhoz költjük. Az átszivárgás csökkentésére alkalmazhatunk fóliát.
- Ha a mellvédfal olyan keskeny, hogy homokzsákokat nem lehet rátenni (ez fordul elő csaknem minden esetben), akkor a mellvédfal mögé több oszlopban annyi homokzsákokat kell rakni, amennyi a magasításhoz szükséges. A homokzsák építménynek a mellvédfal fölé nyúló részénél különös gondossággal rakjuk a homokzsákokat, hogy az átszivárgó víz minél kevesebb legyen. Az apadás bekövetkezésekor, annak üteme szerint a homokzsákokat el lehet távolítani, a homokzsákok miatt túlterhelés ne jelentkezzen, ami az egész fal állékonyságát veszélyeztetheti (13-10. ábra).

Az árvízvédelmi fal magasítása lehetséges a 13-47. ábrán bemutatott módon ácsmunkával is.

Az átszivárgó vizek intenzitása miatt szükségessé válhat a falnál ellennyomó medence kialakítása a semleges feszültségek fokozatos csökkentése érdekében (13-14., 13-105. képek és 13-10. ábra).



13-108. kép. Gátszakadás az 1956. évi árvíznél a Tassi zsilip mellett. A Soroksári Duna-ágból kifolyó víz alámosta a zsilipet is. A műtárgynak olyan erős vasbeton alaplemeze volt, hogy a helyreállításnál felmerült a visszabillentés kérdése.

Parapetfalak

Az árvízvédelmi gátra helyezett parapet falaknál az árvízvédelmi falaknál írottak értelemszerűen alkalmazhatók. Néhány parapetfalnál az építési tervek hiányában nem ismert az alapozási sík. Ez olyan problémát jelent, hogy nem magasítható a fal tetszőleges szintig veszélytelenül meghágás elleni védekezésnél.

Ugyancsak veszélyforrás a parapetfal felületén kiinduló kontúrszivárgás. Ez ellen elsősorban a vízoldalon védekezhetünk. Ha erre nincs lehetőség, a mentett oldalon bordás megtámasztás építése javasolható.

Hibásan kialakított parapetfal tönkremenetele okozta az gátszakadást a Tassi zsilipnél (13-108. kép) az 1956. évi árvíznél.

13.4.2. Árvízvédekezés műtárgyaknál

Az árvízvédelmi töltésbe beépített műtárgyak minden esetben megszakítják a vonal anyagi folytonosságát, és ezért minden műtárgy külön figyelmet érdemel, egyedi árvízvédelmi hibaforrásnak tekintendő. A műtárgyaknál a következő általánosan előforduló jelenségekre kell figyelemmel lenni:

- a műtárgy anyagi jellemzőivel összefüggő hibák (repedezett, nem vízzáró beton, elmállott téгла, eltört vascső az árvíz során átszivárgást tesz lehetővé és a töltéstestet átáztatja);
- a szakszerűtlen tervezés és kivitel következtében keletkezett hiányosságok (rövid szádfalak, műtárgy körüli szivárgás, dilatációs hézagok, nyomócső káros rezgése, szivattyú rossza alapozása következtében keletkező rezgések, munkagödrök víztelenítésekor elkövetett hibák, stb.);
- a fenntartás, karbantartás elhanyagolása (elzárószervezetek hibái, korróziói stb.) miatt bekövetkezett hiányosságok;
- az árvízvédekezés során a nagyarányú és a nagy tömegeket szállító járműforgalom statikus és dinamikus túlterhelésének káros hatása.

A műtárgyak mellett sokszor jelentős kontúrszivárgás alakul ki. Ez nagy valószínűséggel a következő három okra vezethető vissza:

- a beton és talaj eltérő dilatációja,
- a műtárgy és talaj eltérő összenyomódása,
- a műtárgy különböző részeinek az eltérő terheléséből adódó mozgása.

A műtárgyak vizsgálata fontos, az évenkénti rendszeres vizuális megfigyelésen kívül rendszeres műszeres méréseket is kell végezni. A műtárgy és talaj kapcsolatának műszeres, roncsolás mentes vizsgálata megmutatja azokat a helyeket, ahol kontúrszivárgás lehetséges. Ez a feladat árvízmentes időben végzendő.

A műtárgyak körüli legkisebb szivárgás, csurgás ellen azonnal védekezni kell. Különösen nagy veszélyt jelent a nyomócsövek repedése, mert ez a töltés gyors és erős elázását, a csövek alatti és melletti talaj és/vagy a töltéstest elmosását okozhatja. Ugyancsak a töltés aláüregelődésének veszélyével fenyeget a töltéshez közel épített medencék és szivóaknák repedése is.

A 1998 novemberében és 1999 márciusában a Tisza-völgyi árvizek idején is több műtárgy környékén alakult ki olyan szivárgás, mely jelentős károsodást okozott volna árvízvédekezés hiányában. A műtárgy melletti szivárgások megszüntetése okszerű beavatkozásokat igényel. Keresni kell azokat a lehetőségeket, hogy a műtárgyak kontúrszivárgásának megszüntetését kitakarás nélkül el lehessen végezni, vagyis ne kelljen az egész gátat elbontani és újra építeni. Különösen fontos ez a módszer veszélyes, mélyvezetésű keresztezések rehabilitációjánál.

Veszélyes helyekként kell számon tartani a használaton kívül helyezett, de a töltésből el nem távolított műtárgyakat. Ezek a funkciójukat veszített keresztezések évről évre nagyobb veszélyt jelentenek.

A műtárgyak mellett jelentkező csurgás vízhozamának (a sebesség és/vagy átáramló felület) növekedésével nő a veszély is. Nagyobb vízsebességnél gyakrabban tudnak a járat faláról talajszemcsék, talajrögök leszakadni. Ezek a talajdarabok időszakosan elzárhatják, majd tovább mozdulva újra megnyithatják a járatot. Ekkor a mentett oldalon a szemlélő azt tapasztalja, hogy pulzál a vízhozam²⁸, időnként csökken, illetve nő. Ez a tönkremenetel előtti utolsó lehetőség hatékonyan beavatkozni. A gát tönkremenetele előtt hirtelen megnő a vízhozam, a vízoldalon megjelenik a szivótölcsér, ekkor már nincs mit tenni.

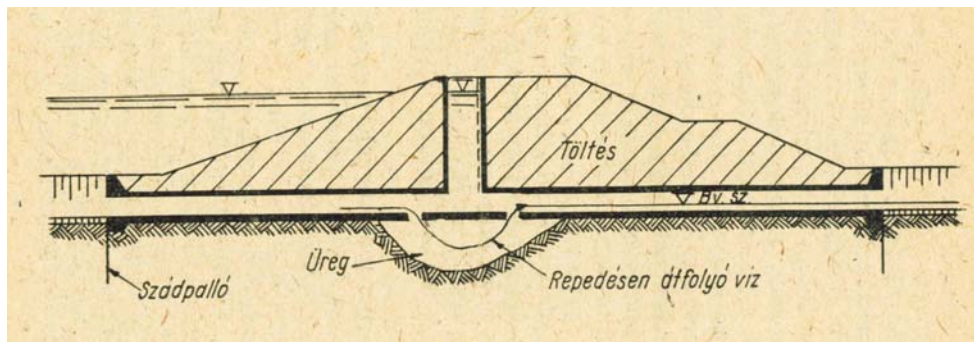
Zsilipek

Zsilipek esetén kétféle meghibásodás jelent leggyakrabban veszélyt, a zsilipek melletti kontúrszivárgás és a zsiliptest repedése, törése. A zsiliptest mellett, illetve alatta a kapcsolódó eltérő tulajdonságú építési anyagok érintkezési felületén mindig várható erősebb szivárgás. Ennek csökkentése céljából a szivárgási útvonal meghosszabbítására kell törekedni. E célból a zsiliptesthez kapcsolódva szárnyfalakat, gallérokat és az alapozásba megfelelő méretű szádfalakat építenek be. A szivárgási útvonal meghosszabbításának különös jelentősége van a régebbi építésű zsilipeknél.

Bármilyen gondos tervezésnél és építésnél sincs kizárva az, hogy helyi építési hiányosságok, egyes szakaszok előre nem látott süllyedése okozhassa a zsiliptest elválását a töltés anyagától, mikor is a kisebb ellenállású szakaszon fokozódó vízmozgás tovább lazíthatja a zsilipet körülvevő talajt – a zsilip

²⁸ Az 1999 évi tiszai árvízvédekezéskor az újlőrincfalvi szivattyútelep műtárgyánál már ebben a fázisban volt a tönkremenetel.

melletti csurgássá fajulhat. A zsilip melletti csurgás (13-48. ábra) idővel az alapozásból károsodó talaj miatt helyi kiüregelődésre, a zsiliptest egyenlőtlen süllyedésére, repedésére, végső esetben törésére vezethet.



13-48. ábra. Zsilip csövénél az elzáró szerkezet két oldalán keletkezett hiba miatt vízáramlás és talajkimosódás alakul ki.

Mélyen fekvő zsilipeknél a töltéstest megrogyása sem figyelmeztet idejében a bekövetkezett szivárgásra (az átboltozódás miatt), általában csak a zsiliptest törésével egyidőben észlelhető. Ezért minden szivárgásnak, ami a zsilipfej közelében jelentkezik, nagy figyelmet kell szentelni, és a szivárgás megszüntetésére késedelem nélkül be kell avatkozni.

A műtárgyak melletti (alatti) szivárgás megszüntetése nehéz. Első tennivaló minden esetben a műtárgynak magának mindkét végén való lezárása, mert a zsilipcső repedése vagy törése (13-48. ábra) esetén a csövön át történő – úgyszólván akadálytalan – vízáramlás az anyagkiszorítást erősen fokozza, akár a csőből kifelé irányul, akár abba befelé.

Vízoldali és mentett oldali védekezési lehetőség is van. Mentett oldalon ellennyomó medence létrehozása. A medenceméretet a helyi körülmények határozzák meg, szóba jöhet akár a zsiliphez kapcsolódó csatorna elzárása is (13-49. ábra és 13-109. kép). Ekkor szükség esetén szivattyúval kell segíteni az ellennyomó medence feltöltését. Első lépésként néha elegendő a zsilipcsatorna áttöltése, erős csurgásnál azonban az áttöltés körülzárását körtöltésszerűen a terep felé kell magasítani (13-109. kép).

Csongrád belterületén a sárkányfarki zsilip mentett oldalán először ellennyomó medence készült félkörben, majd a biztonság növelése miatt a zsilip betonnal ki lett töltve (13-110 kép). Így az árhullám biztonsággal levonult, de a zsilipet át kellett építeni.



13-110. kép. Sárkányfarki zsilip bevédése a 2006. évi árvízkor

Olyan csőzsilipeknél, melyeknek a vízoldali rézsűből kiemelkedő része nincsen, meg lehet kísérelni a zsilipfő és környezetének leterhelt fóliás lefedésével csökkenteni a beáramlást. Ennek sikerétől függetlenül a mentett oldali ellennyomás mielőbbi létrehozásával kell a szivárgás csökkentéséről, elállításáról gondoskodni.

Előnyös lehet a zsilipcső mellé (ferde csövekkel a cső alá is) olyan anyag besajtolása, amelyik elzárja a hézagokat, réseket. Erre a célra alkalmazható habarcs vagy bentonit besajtolása, újabban geopurhab is, védekezés alatti alkalmazása esetenként eldöntendő, de körültekintést igényel. A 2000 évi árvízvédekezéskor a Zagyva jobb parton lévő Határmenti-zsilipnél erős csurgás mutatkozott, a csurgás az ellennyomó medence, szorítógát építésénél sem csökkent jelentősen. Harmadfokú árvízvédelmi készültség idején a terepszintről a műtárgy fala mentén végzett geopur injektálással sikerült a csurgást elállítani.

Nyomócsövek

A zsilipekhez hasonló meghibásodással lehet számolni a nyomócsöveknél is. Azzal az eltéréssel, hogy a csőben lévő túlnyomás folytán, ha a csővön repedés támad, akkor a nagy erejű kitérés, a cső mellett a mentett oldal felé irányulva a vízoldalról beszivárgó víznek mintegy előre utat épít. Ezért nyomócsöveknél első teendő a nyomás megszüntetése, ha erre lehetőség van. A további teendők a zsilipekre vonatkozóan megfogalmazottakkal egyeznek.

Szivattyútelepek

A szivattyútelepek leggyakrabban a töltés közelében, esetleg kivételesen magában a töltésben épültek. A belvízi szivattyútelepnél a védvonalon keresztül történő szivárgást az a körülmény teszi különlegessé, hogy a szivattyútelep üzemelése folytán a szívóaknában és a csatlakozó főcsatornában létesített depresszió miatt a szivárgás a szivattyútelep környezetében fokozódik. A fokozott szivárgás a csatorna fenekén talajkimosódást, fellazulást, buzgárt okozhat és ezzel megindítója lehet a szivattyútelep környezetében bekövetkező talajtörésnek, a telep és/vagy a védvonal beszakadásának is.

Az első jelek – a fenéken jelentkező felduzzadás és buzgárok – a mozgó vízben nehezen ismerhetők fel. A telep közelében fellépő térszínmegrogyások, esetleg az épületen észlelhető repedések, már a helyzet súlyosbodását jelentik. Ezért nagyon fontos, hogy az árvédekezők már előre tájékozva legyenek a szivattyútelep körzetében az altalajviszonyokról, sőt a telep egész építéstörténetéről is! Ezen káros jelenségek észlelése esetén a szivattyúzást megszüntetve a vízszintet emelni, ezáltal a depressziót csökkenteni kell. Súlyosabb esetben a csatorna elzárására is szükség lehet. A csatorna vízszintjének emelésére szükség esetén jászolgátat kell építeni. Az elzárás célszerű helyét a helyi körülmények határozzák meg, a védvonaltól mért 60-100 m-re is lehet telepíteni. A gyorsabb vízszint emelkedés elérésére a csatorna elzárt részének feltöltését, az ellennyomás létrejöttét vízátemeléssel is siettetni lehet.

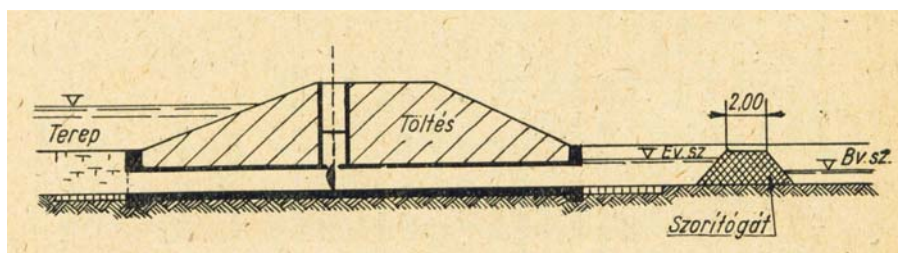
A csatorna fenekén keletkező buzgárokat folyamatosan figyelni kell, akárcsak a csatorna oldalának a stabilitását. A 2000 évi árvíznél több marosi ill. alsó-tiszai szivattyútelepnél jelentkeztek buzgárok a szivattyúteleptől 10-15 m-en belül. Az 1999 évi körös-völgyi árvíznél a hosszúfoki szivattyútelep közvetlen közelében csúszott meg a belvízcsatorna rézsúja.

Belvíz szivattyútelepeknél a buzgárképződést elősegítheti a gépek működéséből származó dinamikus hatás is.

A szivattyútelepeknek az árvízvédelmi töltést keresztező nyomócsövei esetében az egyéb nyomócsövekre vonatkozó 7.2.2. pontban foglaltak szerint kell eljárni.

Szükséghelyzetben a szivattyútelep csövének, a cső és a szivattyútelep kapcsolatának vagy az elzáró szerkezetének meghibásodása miatt előfordulhat, a gépház és kapcsolódó létesítmények elárasztása, ekkor a teendők a következőkben sorolhatók fel:

- a telep áramtalanítása,
- a szivattyútelep szabadon álló falainak külső megtámasztása,
- ablakokban meghágás elleni védelem kiépítése, ha szükséges,
- a telephez kapcsolódó csatornában ellennyomó medence kialakítása, szorítógát építése.



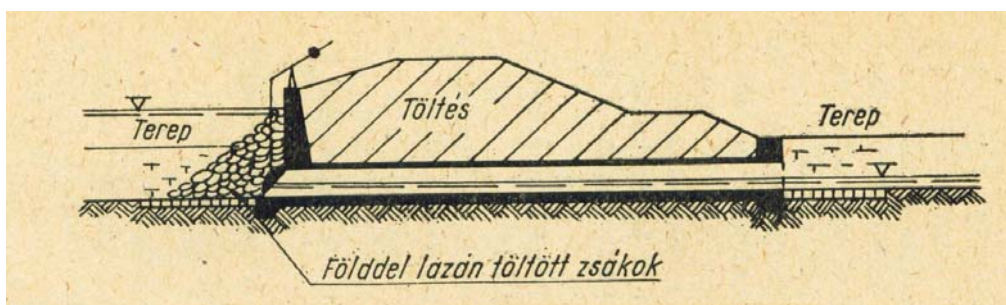
13-49. ábra. Szorítógát építése a műtárgyhoz vezető csatornában.

Sokszor segít a szivattyútelep megfelelő üzemeltetése is a jelenségek csökkentésében. Hasznosabb egy egyenletes szivattyúzás, mint hirtelen vízleszívás és az utána következő feltöltődés gyakori ismételtetése. A hirtelen vízleszívásnál a talajban mindig hirtelen nagy hidraulikus gradienst állítunk elő, aminek következtében könnyen jöhet létre helyi károsodás. Egyenletes vízszivattyúzással nincs a talajban lévő víz „rángatása”, statikus vízszinteknél folyamatos áramlás, állandó áramkép alakul ki.



13-109. kép. Ellennyomó medence kialakítása szorítógáttal a műtárgyhoz vezető csatornában.

Elzáró szerkezet meghibásodása



13-50. ábra. Vízoldali elzáró szerkezet hibája esetén alkalmazandó védekezés.

Zsilipek, szivattyútelepek csöveinek, víz oldali elzáró szerkezetének hibája miatt nehézségekbe ütközik a vízvisszatartás megoldása, több helyen nincs is meg a keresztezések kötelezően előírt mindkét oldali elzárási lehetősége. Különösen veszélyesek lehetnek a régi öntöttvas csappantyúk. A vízoldali elzárás hibája miatt akár 8-9 méteres vízoszlop is nehezedhet hirtelen a mentett oldali elzáró szerkezetre, ha van. Ha nincs, akkor közvetlenül a mentett oldalra nagy átmérővel, erős vízszög lövellhet ki. Ekkor nincs idő a javak mentésére, percek vagy akár másodpercek alatt beállhat a műtárgyban a vízoldali vízszint. Mind a mentett oldali, mind a vízoldali védekezést meg kell próbálni.

Vízoldalon a cső elvezető nyílásának az elzárása a feladat (13-51. ábra). Egyenként vízbedobott homokzsákokkal nem érünk célt, ugyanis ha a nyílás mellé megy, akkor nem javítottunk a helyzeten, ha eltaláltuk a nyílást, akkor pedig a víz egy pillanat alatt átviheti a túloldalra. Meg kell próbálni:

- erősen összekötött bekötött szájú, megtöltött homokzsákokat egyszerre vízbe dobni,
- nagyobb tömegben megtöltött homokzsákokat vízbe dobni,
- töltött konténer zsákot a meghibásodott elzáró szerkezetnél a vízbe juttatni.

Csak ilyenkor használunk bekötött szájú homokzsákokat!

A vízoldali védekezéssel párhuzamosan meg kell kísérlni a mentett oldalon ellennyomást biztosítani a helyi körülményeknek megfelelően a csatlakozó csatorna elgátolásával és/vagy a szivattyútelep épületének, falainak felhasználásával.

13.4.3. Árvízvédekezés egyéb keresztezéseknél

Az egyéb keresztezéseknél az árvízi jelenségeket egyedileg kell megvizsgálni. A védekezést a helyi körülményeknek megfelelően kell kialakítani, mérlegelve, hogy vízdalon, vagy mentett oldalon célszerűbb-e védekezni. A vízdali védekezés rendszerint alacsonyabb költségű, a mentett oldali védekezés rendszerint jobban gépesíthető és jobb védelmi anyagellátás biztosítható.

13.4.4. Árvízvédekezés a töltéskoronán lévő burkolt úton

A koronán lévő burkolt utak három legfontosabb hiba forrása, ami árvízvédekezéskor jelentkezik a következő:

- Utat csak a magassági biztonsággal növelt mértékadó árvízszint felé szabad alapozni. Ennek ellenére sok helyen az országban a burkolat koronaszintje sem éri el az előírt gátmagasságot. Ilyen esetekben a nagyvíz kialakulása előtt már meg lehet szervezni a védekezést a vízdalon. A nyúlgátat mindenképpen a termett talajra javasolt helyezni, és nem az útburkolatra. Így egyrészt a nyúlgát terhe alatt az útpadka kicsit tömörödik és csökken az áteresztőképességi együtthatója, másrészt az útburkolaton, mint sima felületen nem indul meg szivárgás a mentett oldal felé.
- Az út ágyazata rendszerint jó vízvezető rétegből készült, ami azt jelentheti, hogy a burkolat alatt jelentős vízmozgás alakulhat ki. A vízmozgás kimosódást és a gát átszakadásához vezethet, ha idejében nem azonosítják a jelenséget. Ilyen esetekben a vízdali védekezéssel kell elejét venni a jelenség kiterjedésének. Szóba jöhet a bemeneti nyílás vagy felület betaposása, homokzsákkal burkolása bűvárok segítségével. Ezek a helyeken a vízdalnak fóliával történő burkolása csak abban az esetben hatékony, ha már jelentős a vízmozgás és folyamatos a fólia leterhelése. A 2000 évi közép-tiszai védekezésnél Tisza jobb partján Nagykőrű területén volt hasonló jelenség tötözés idején. A korona vékony aszfalt rétege beszakadt egy arra járó jármű alatt, és láthatóvá vált a zúzottkő ágyazatban sebesen csorgó víz. A vízdal le volt fóliázva, és mintegy 50 cm magas homokzsákból készült nyúlgát volt. A folyó vízszintje a korona burkolattal színelt. Első lépésként a beszakadt területen az aszfalt eltávolításra került, majd miután látszott, hogy a kimosódás nagyobb területű, fel lett bontva a teljes lebegő rész. Ekkor már látszott a teljes károsodási terület. A kimosódott anyag védelmi anyaggal lett kitöltve és a védelmi anyag a csurgás irányában az aszfalt alá is be lett krampácsolva (csákánnyal betömörítve, beverve).
- Előregyártott beton elemekből készült útnál jelentkező általános hiba, hogy a beton elem nem fekszik fel mindenhol az alapozásának kialakított talajra (ami sokszor homok ágyazó réteg volt – ld. előző bekezdések). Így ezeken a helyeken szivárgás, csurgás alakulhat ki. Különösen veszélyes lehet a beton elemeknek a finom homokon, homokliszten alapozása, mert ezeket a talajokat a víz könnyen elmoshatja, elsodorhatja (elég finomak a szemcsék az elmosáshoz, de még nincs kohéziójuk).

13.4.5. Vasúti pálya védelme

Kéves helyen az országban a vasúti töltés az árvízvédelmi fővédvonal. Ezek a szakaszok rendszerint hosszúak, közúton nehezen megközelíthetőek és árvízvédekezésnél két szempontból veszélyesek:

- a földmű eleve nem árvízvédelmi gátnak épült, bárhol tartalmazhat vizet jól vezető rétegeket (ld. Szolnok volt vasúti töltés „Niagara” csurgása, 13-56. kép és 13-29. ábra).
- árvíz alatt a töltés magassítása a zúzottkő ágyazat miatt csak nehezen oldható meg. Árvíz előtt a töltés lábától kell felmagasítani egy olyan teherbíró szerkezetet, mely nyúlgát vagy jászolgát alapja lehet (13-111. kép). Erre pedig akkor már nincs lehetőség, ha az alépítmény lábát már ellepte a víz.



13-111. kép. Vasúti pálya védelme a Komárom – Almásfüzitő szakaszon. Azon kevés helyek közé tartozik, ahova a védelmi anyagot vasúton célszerű szállítani.

13.4.6. Hidak védelme

A hidak nagy értékű létesítmények, károsodásuk nem csak az árvízvédekezést hozza súlyosabb helyzetbe, blokkolhatja a védelmi anyag szállítását és a lakosság ellátását. A hidak védelme jelenti:

- A parti- és mederpillérek védelmét a kimosódástól. Árvíz alatt ennek megfigyelése elég nehéz, azonban ha ilyen tapasztalánk, eredményesen közsákok elhelyezésével védekezhetünk ellene.
- Az áthidaló szerkezet védelmét az uszadékoktól. A folyó áradó víznél sok uszadékot szállít, ezek fenn akadhatnak a hídpilléreken (13-112. és 13-113. kép), vagy beszorulhatnak az áthidaló szerkezet alá (akár hajók is 13-114. kép). A megakadt uszadékhoz újabbak érkehetnek, elzárva a meder egy részét, visszaduzzasztást okozva a folyóban. A visszaduzzasztó hatás olyan nagy is lehet, hogy a víz meghágja a töltés koronát. A fennakadt uszadékra hat az áramló víz nyomóereje, amit a hídra ad tovább. Ez az erő akkora is lehet, hogy a hídszerkezetet elmozdítja a sarukról vagy benyomja a vízbe (13-115. kép). A torlóúszadék a víz áramlási nyomását adja át a hídra. Ez ellen a védekezés a hídról történik. A hídon álló markoló a fennakadt uszadékot teherautóra rakja, amit a teherautó elszállít.
- Az áthidaló szerkezet védelmét a víznyomástól. Többször előfordult már, hogy a vízszint olyan magasra emelkedik, hogy szakaszokon vagy teljes hosszban eléri a híd alsó síkját (13-116. kép). Ekkor az áramló víz jelentős oldalnyomást ad át a hídra, ami a sarukról történő elmozdulását jelentheti. Ez ellen a híd leterhelésével, a függőleges erők növelésével védekezhetünk. Vasúti hídnál rendszerint zúzottkővel rakott vasúti szerelvénynek a hídra tolásával, közúti hídnál földdel töltött teherautóknak a hídon parkolásával védekezhetünk.



13-112. kép. A hidaknak ütköző úszó hordalék jelentős vízszintes erővel hat a hídszerkezetre.



13-113. kép. Lengyelországban 1997. évi árvízkor az Odera hídon fennakadt uszadék jelentős visszaduzzasztást eredményezett.

A hídpillérek süllyedése (13-117. kép), vagy a hídszerkezetnek a sarukról történő leugrása azonnal csökkenti az átfolyási szelvényt, az áthidaló szerkezetre még nagyobb nyomást fog jelenteni, és azonnal nő a felvizen a visszaduzzasztás. A gátszakadás kialakulásának veszélye hirtelen megnő a lokális vízszint emelkedés miatt. Ezért, ha a híd alsó síkját a folyó vízszintje megközelíti, a híd megfigyelésére, védelmére folyamatos szolgálatot kell elrendelni.



13-114. kép. Elszabadult hajó az Elbán 2002-ben beszorult a híd alá, nemcsak az acélszerkezetet, de a hídpillért is veszélyeztette.



13-115. kép. A víz nyomására a híd leugorhat a sarukról, el is viheti a híd a víz.



13-116. kép. Zagyva vízszintje elérte a szolnoki vasúti híd alsó élét 2000-ben. Az elhaladó személyvonat mögött látszik a híd leterhelésére beállított kővel rakott tehervonat.



13-117. kép. A Nagy-ág torkolatánál 1998-ban az áramló víz elmosta a hídpillér környezetében a talajt, a pillér megsüllyedt, ami híd lebontásához vezetett.



13-118. kép. Egy komplett város torlódott fel a vasúti hídon a Red folyó árvizénél.

13.5. ÁRVÍZVÉDEKEZÉS JEGES IDŐBEN

Az elmúlt években nem voltak pusztító jeges árvizek, melyek arra emlékeztetnének, hogy a magyarországi folyók nagy részén, különösen pedig a Duna Budapest alatti szakaszán mennyit szenvedtek az ártéren élők. Azonban az időjárási és vízjárési tényezők kedvezőtlen alakulása folytán nem zárható ki teljes mértékben, hogy jeges árvizek, veszélyes jégtorlaszok keletkezzenek.

A jégzajlást és a jég beállást a negatív hőösszeggel²⁹ jellemezhetjük (napi átlag hőmérséklet szorozva a folyamatosan fagyos napok számával). Az utóbbi ötven évben a Dunán kétszer volt jégbeállás, ezzel szemben a XIX. században az évek kétharmadában. A jégbeállások számának drasztikus csökkenése a következő tényezőkre vezethető vissza:

²⁹ A XX. század első felében a budapesti Duna szakaszra a 10×10 szabály volt érvényben, miszerint a Duna beállt, ha 10 napig az átlaghőmérséklet -10 °C volt. Ennek megfelelően a negatív hőösszeg -100 °Cnap-ra adódott.

- A folyó szennyezettségének növekedése. A szennyezés hatására a víz fagyáspontja csökken nagyobb negatív hőösszegre van szükség a folyó beálltához.
- A folyószabályozással rövidültek a folyók, nőtt az esés és a sebesség. A nagyobb sebességű folyóvíz alacsonyabb hőfokon fagy be.
- Nőtt a folyók hőterhelése, aminek kompenzálására nagyobb negatív hőösszeg kell a befagyáshoz.

A folyók hőterhelésének növekedését a következő fontosabb összetevők határozzák meg:

- globális felmelegedés,
- befolyó szennyvizek mennyiségi növekedése,
- duzzasztó művek bögében jégdugó kialakulásának elkerülésére alsó ürítéssel a nagyobb fajsúlyú melegebb vizet engedik le a folyón,
- a folyó beágyazódása és a kisvizek csökkenő szintje a mederbe áramló melegebb talajvíz mennyisége nő.



13-120. kép. Múrtárgy kezelő szerkezetének jégtelenítése.

13-119. kép. Beállt folyószakasz.

Ha a jéggel borított, un. beállt folyószakaszt (13-119. kép) az enyhülés alulról, a befogadó irányából éri, akkor a jégtakaró felszakadása alulról indul meg, a jég akadálymentes levonulását a mellékfolyók öblítő hatása is elősegítheti. Ez a típusú helyzet a Duna esetében a Földközi-tenger és a Dél felől érkező enyhülés esetében következik be. Amennyiben tartós hidegben bepáncélozódott jégtakarójú folyók felső vízgyűjtőjére hirtelen, esőzessel párosuló enyhülés érkezik, ráadásul a magasabb fekvésű vízgyűjtőkön számottevő hó halmozódott fel, akkor a gyors olvadás jelentős árhullámokat indít a beállt, jéggel fedett folyószakaszokra, felülről szakítva fel a jégtakarót. Ilyenkor igen veszélyes, jégtorlódásos árvizek alakulnak ki, az árhullám előre haladtával újabb és újabb jégdugók jöttek létre.

A Duna Európa második leghosszabb folyója. Sokszor előfordult, hogy a felső folyásnál más időjárási viszonyok, más meteorológiai események játszottak szerepet, mint a Kárpát-medencében. A déli széllel a Duna és az Inn medencéjében kialakult felmelegedés több esetben nem érte el a Kárpát-medencét, így a kialakult árhullám a Kárpát-medencében a Dunán még stabil jégpáncélt talált. A jég megtorlódott, jégtorlasz alakult ki, aminek következtében a felvizen gyorsan emelkedett a vízszint. Nem lehet előre jelezni a vízszintemelkedés végleges magasságát, mert nem a vízhozam, hanem a meder elzáródása okozza. Jeges árvíz első sorban meghágás elleni védekezést (13.1. fejezet) kíván, a vízszint olyan gyorsan nő a jégdugó feletti folyó szakaszon, többnyire nincs idő, hogy szivárgás kialakulhasson a gátban, vagyis általában nem árvízi jelenséggel van dolgunk.

A Tisza vízgyűjtője lényegesen kisebb, mint a Dunáé, a jellemzően nyugatról vagy dél-nyugatról jövő felmelegedés először a mélyebben fekvő alföldi területekről takarítja el a jeget, így a Tisza vízgyűjtőjében rendkívüli jeges árvizek ritkán fordultak ki. A mellékfolyókon akkor volt jeges árvíz néhány esetben, amikor a téli felmelegedés után elinduló árhullám lefolyása alatt újra jelentős lehűlés alakult ki (ld. pl. 1966 Berettyó árvíz).

Jeges árvizekkel kapcsolatban az első pontosabb adatok a XVIII. század közepéről állnak rendelkezésre, akkor is a nagyvárosokról. Az 1744. évi árvíz Pesten 80 házat pusztított el, 1768. évi 611-et. Az 1799. évi jeges árvíz romba döntötte Ferencvárost, délebbre Kalocsán, Foktón és Fajszon okozott jelentős károkat. Az 1809, majd az 1811. évi árvíz nyomán Pesttől délre 7 község házai pusztultak el oly mértékben, hogy négyet újjá sem építettek, három pedig áttelepült magasabban lévő területre.

Az 1838. évi Duna-völgyi jeges árvíz kialakulásában jelentős szerepe volt annak, hogy az igen kemény télben a Duna jege – több helyen torlódva – egészen Bécsig rakódott fel. A felülről érkező olvadással indult árhullám hatalmas jégtorlaszokat képzett, a lezúduló víz- és jégtömeg Pozsonytól a Drávaig végigdúlta az árteret: 10100 ház dőlt össze (Pesten és Óbudán a házak több mint fele), 3200 megrongálódott. Az elöntött terület meghaladta a 400 000 ha-t, a kár értéke a 20 millió forintot. Pest lakossága nem volt felkészülve ekkora áradásra, az alagsori és pincelakásokban élőket sem figyelmeztették. A csepel-szigeti torlasz okozta visszaduzzasztás miatt a vízszint rohamosan emelkedett, az akkori pesti Duna parti védműveket mintegy másfél méter magas víz lepte el. Életét veszítette 153 ember, az áldozatok számát az növelte meg, hogy éjjel tört a víz a városra. Ez a legsúlyosabb ismert árvízi katasztrófa töltésezett folyónál a Kárpát-medence történelmében.



13-121. kép. Az 1956. évi dunai jeges árvíz Dunaföldvárnál.

1876-ban három nagy árvíz pusztított a Kárpát-medencében, kettő a Duna- egy a Tisza-völgyben. A Duna jeges árvize csaknem mindenhol kiöntött Pozsonytól a Bajáig. Budapestnél 867 cm volt a tetőzés februárban, a második legmagasabb jeges árvíz volt a XIX. században. A Duna hóolvadásból származó második árvize a mellékfolyók mentén törte át a gátakat és további elöntéseket okozott a Baja alatti Duna szakaszon. Ez a márciusban és áprilisban kialakult árhullám 1965-ig a legmagasabb jégmentes árvíz volt Budapesten.

A Duna-völgy két és a Tisza-völgy egy árhulláma következtében 347 gátszakadásról van feljegyzésünk 1876-ból (220 esetben a Duna- és 127 a Tisza-völgyben). Az elöntött települések száma 807, az elöntött terület nagysága 937000 ha volt. A károsodott épületek száma 6917db (Duna-völgy 4558 és Tisza-völgy 2359), több mint félezer híd ment tönkre, a kitelepítettek száma megközelítette a 19000 főt. A károk összege meghaladta a 42,5 millió forintot.



13-122. kép. Az 1876. évi árvíz, a Victoria gát szakadása Angyalföldön a korabeli rézkarc szerint. Háttérben a Victoria gőzmalom épülete a Duna parton.

Az 1890-es évekig, a megkezdett folyószabályozási munkák végéig, a Duna mellett a jeges árvizek jelentették a legnagyobb veszedelemet a Budapest alatti folyó szakaszon. Nem lehetett tudni, hogy adott évben hol torlódik meg a jég³⁰ (annak ellenére, hogy voltak visszatérő veszélyt jelentő helyek, mint például a Hármassziget Fajsz mellett), a torlódott jég a meder mekkora területét zárja el, mikor indul meg, mekkora visszaduzzasztást okoz és a visszaduzzasztással mekkora vízszintemelkedés alakul ki³¹. A Felső-Dunán (Rajka-Gönyű között) az 1886-96. években megépített művek hatására a jéglevonulási viszonyok megjavultak. Csökkent a jeges, főleg az állójeges időszakok tartóssága, valamint a beállás gyakorisága.

Az utolsó jelentős jeges árvíz a Dunán 1956-ban volt. Az árvizet megelőzően a vízgyűjtőn jelentékeny mennyiségű hó hullott. A szokatlanul hideg február közepére a Dunán Pozsonyig, igen erős jégpáncél alakult ki. Február végén és március elején a Nyugatról érkező enyhülés intenzív olvadást eredményezett, mely a Kárpátok Ny-i karéján 100 mm csapadékkal párosult. A kialakult árhullám a folyó mentén, Dunaföldvár alatt számos jégtorlaszt hozott létre. Az árvíz tetőzése a korábbi maximumokat 28-103 cm-rel haladta meg, annak ellenére, hogy 58 (!) gátszakadás alakult ki. Víz alá került 74 ezer ha, 39 községből 60 ezer embert kellett kitelepíteni.

A jeges árvizek ellen elsősorban folyószabályozással védekezünk. A korszerűen végrehajtott folyószabályozással ki lehet küszöbölni a jégmegállásra és torlódásra veszélyes helyeket. Meg kell szüntetni

- az éles kanyarulatokat,
- a középvízi meder szűkületeit,
- az egészségtelenül szétterülő mederszakaszokat,
- a mélyen benyúló parti zátonyokat, és
- túlszélesedett folyómeder inflexiók pontjait, az átmeneti szakaszok sekély gázlóit.

E beavatkozások csak akkor hajthatók végre helyesen, ha megfelelő ismeretekkel rendelkezünk a folyóról, a jégképződés és a jégmozgás törvényszerűségeiről. Fontos, hogy a keresztező műtárgyak is úgy legyenek kialakítva, hogy jégmegállást ne okozzanak. A műtárgyak helyénél a vízzel kapcsolódó méretezést minden esetben modell kísérlet alapján kell végrehajtani.

A hullámterek méretei, szélessége, magassági viszonyai, benőttsége, beépítettsége, emésztőképessége általában tág határok között változik. A jeges árvizek kialakulása szempontjából ezek szerepe is jelentős lehet. Ha az árvízi mederszűkületekben kifogástalan mederviszonyok, megfelelő vízmélységek vannak, a jég csak a legkritább esetben áll meg. A szűk hullámtéren a felduzzasztott víz nem tudja az akadályt megkerülni, csak a gátakat meghágvva tud magának utat találni, és így torlasz tovább épülése miatt a katasztrófa elkerülhetetlen.

³⁰ Így alakult ki, hogy Bécs, Pozsony, Komárom és Pest-Buda különböző években szenvedett jeges árvíztől.

³¹ A XX. század elejéig a nagyobb településeken a jég megállását ágyúlövéssel hozták a lakosság tudomására. Ilyenkor a polgárok ezrei lepték el a folyó partját, hogy saját szemükkel győződjenek meg a veszély mértékéről, kell-e csomagolni és biztonságosabb, magasabban fekvő helyre távozni?

13.5.1. Árvízvédekezés a védvonalakon jeges időben

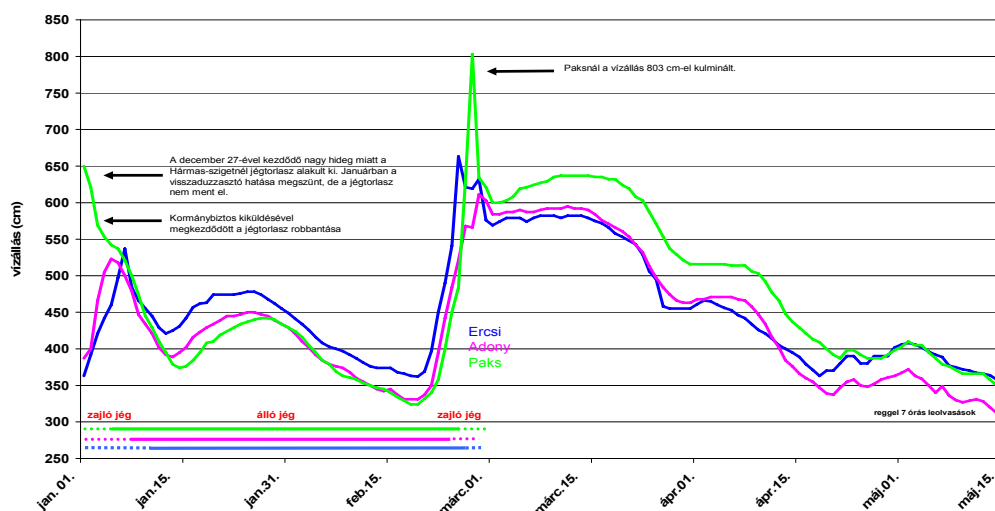
A jeges árvizek alatt jelentkező események időbeni lefolyása általában viszonylag rövid, azaz az események gyorsan zajlanak le, általában 3-5 nap alatt, ritkán tartott a magas víz egy hétnél tovább. Elég itt csupán az alig órák alatt kifejlődött jégtorlasz miatti gyors vízállás emelkedésre utalni³². A jeges árvizeknek egyik jellemzője a hirtelen vízszint emelkedés után kialakuló kiugróan magas tetőző vízállások (13-51. ábra). Jeges védekezésnél a napi egyszeri vízállás rögzítés nem elég, esetenként még a kétóránkénti vízszint rögzítés is ritka lehet (13-52. és 13-53. ábra). A jégtorlaszok miatt megduzzadt víz sok esetben méterekkel magasabbra emelkedett, mint a jégmentes árvízi maximum úgy, hogy nem tartozott hozzá jelentős vízhozam. Ilyen esetben a víz nagyobb hosszon rövid idő alatt a töltéskoronák fölé emelkedett, ami a védekezést igen kétségessé teszi. Jeges árvíz esetén a védekezésnek a jégmentes árvizekhez képest kevesebb idő áll rendelkezésére a tennivalók meghatározására és a tényleges védelem megszervezésére. E körülmények olyan nehézségeket okozhatnak, amelyeket a védekezés esetleg nem tud ellensúlyozni. Ezért a megelőző intézkedések közül azok a legfontosabbak, melyek megszüntetik azokat az okokat, amelyek jeges árvízi katasztrófa kialakulásához vezetnek:

- nem keletkeznek jégtorlaszok, illetőleg
- ha mégis keletkeznék jégtorlasz, veszélyes vízállás emelkedés nem következik be.

A jeges időben történő védvonalai árvízvédekezésnél jelentkező fontosabb védekezési feladatok, melyek eltérnek a jégmentes időben alkalmazottól:

- Védekezés a gátkoronát meghaladó jeges árvizek ellen,
- Árvízvédekezés fagyott földdel,
- Árvízi jelenségek elleni védekezés jeges időben.

A jeges árvíz levonulására jellemző, hogy a torlaszok, jégdugók feletti rövidebb szakaszokon rendkívüli lehet a vízmagasság. A hirtelen duzzasztás következtében gyakori a gátkorona magasságát elérő, vagy meghaladó árvízszint. A védekezőknek elsősorban a gátkoronát meghaladó magasságú árvízre kell felkészülniük. A legnagyobb veszélyt az átömlés (meghágás) és az átömlés következtében jelentkező elmosás jelenti.



13-51. ábra. Vízszint változások a paksi, ercsi és adonyi vízmércéken 1876. évi jeges árhullámnál. A paksi jelentős vízszint emelkedést a Hármás-szigetnél kialakult jégdugó idézte elő.

Jeges árvizek alkalmával általában zord időjárási körülmények között kell védekezni. Hideg, szél, jeges eső, hó, járhatatlan, sáros és síkos utak és gátkoronák nehezítik a védekezést, a védelmi anyag szállítását. Ilyen körülmények között mind az emberi, mind a technikai erő hatékonysága jelentősen csökken. Jeges időben történő árvízvédekezésnél nagy figyelmet kell fordítani a dolgozók megfelelő **munkakörülményeinek** kialakítására. A védekezésben résztvevők számára megfelelő melegedő helyiséget kell előkészíteni, különös gondot kell fordítani arra, hogy a ruházat, a melegítő ital és étel a

³² Az 1966. évi Berettyó árvíznél 24 perc alatt 187 cm volt a vízszint emelkedés értéke.

védekezők rendelkezésére álljon.

A védekezésre való felkészülés szokásos teendői közé tartozik a védekezési segédletek, anyagok, eszközök, gépek stb. előkészítése. Azonban az anyagok és eszközök helyszínre szállításának előzetes megszervezésénél, valamint helyszíni raktározásánál figyelemmel kell lenni az esetleges hideg, fagyos időre (pl. melegen tartás stb.).

Védekezés a gátkoronát meghaladó jeges árvizek ellen

Jeges árvíz esetén mindig számolni kell a váratlanul jelentkező jelentős vízállás emelkedésre. Nehezebbi a helyzetet, hogy a vízállás emelkedés várható mértéke nem számítható, ezáltal nem is jelezhető előre a kiépítési szint. A védekezés módszerei gátkoronát meghaladó jeges árvizek ellen a töltés magasztásával, nyúlgát és jászolgát építésével történik (13.1.1. fejezet) a téli időszak eltérő körülményeire figyelemmel. A meghágás elleni védekezésnél mindent meg kell tenni, hogy ne alakuljon ki átömlést követő gátszakadás, azonban ha a jégnyomás miatt a jég felcsúszik a koronára és elnyomja a védművet, tehetetlenek vagyunk. A jégnyomás nagysága akkora is lehet, hogy a gát koronát lefejezi.

A gátmagasztás legfontosabb építőanyaga a homok (a föld magasabb víztartalma miatt lassabban, jobban megfagy). A talajfagyok miatt az anyagnyerőhely nehezen kitermelhető. A szállítás alatt jelentős hideg éri a talajt, ami a további munkafázisokban (pl. deponálás) tovább hűl. Nagy hidegben ne is csodálkozzunk, ha a beépítés helyére érkező anyag már meg van fagyva. A homokzsák megtöltése, beépítése, a földművek építése, az egyéb védelmi anyagok alkalmazása, a közlekedés, a szállítás a téli körülményeknek megfelelő technológiát kíván. Figyelembe kell venni, hogy hideg, fagyos eszközökkel és anyaggal csak korlátozott teljesítmény vehető figyelembe. A védekezés gépi eszközeinek megegyeznek a nyári árvíz elleni védekezésnél alkalmazottakkal.

A közlekedést és az anyagszállítást szolgáló eszközök mozgását körültekintően, irányításról gondoskodva, körforgalom biztosításával kell megszervezni; a felvonuló utakat, a gát koronáját a gépjárművek részére folyamatosan kell homokozni.

A téli védekezés gépei, a szádfal- és cölöpverő áramfejlesztő és világító berendezések megegyeznek a nyári védekezésnél használt eszközökkel; az osztagok felszerelése is azonos, a kezelő személyzetet téli munka- és védőruházattal kell felszerelni.

Árvízvédekezés fagyott földdel

Különleges gondossággal derítendőek fel és jelölendőek ki az **anyagnyerő helyek**. Fagyban, hóban, rossz közlekedési viszonyok között is hozzáférhető anyagnyerő helyeket kell kijelölni, ahonnan a szükséges földanyag fagyott időben is kitermelhető. Az anyagnyerőhely területe alapján előre kijelölhetőek a szállítási útvonalak is, ezeket jó karba kell hozni, nehéz járművek közlekedése számára alkalmassá kell tenni. Az árvízvédekezés sikere múlhat azon, ha az anyagszállító jármű nem képes a rámpán felmenni (például azért, mert fél a gépjármű vezetője a meredek jeges rámpától).

Olyan anyagnyerőhelyet kell keresni és kijelölni, ahonnan a kikerülő védelmi anyag nehezebben fagy meg. A kijelölt anyagnyerő helyen legyen

- a talaj víztartalma alacsony, hogy lassabban és kevésbé fagyjon meg a talaj,
- a talaj iszap tartalma alacsony azért, hogy nehezebben alakuljon ki fagyott kéreg a depónia felszínén. A magas az iszap tartalmú (és különösen az agyag) talajok víztartalma magasabb és nehezebben adják le a vizet.

Árvi jelenségek elleni védekezés jeges időben

A védvonalak és műtárgyak előzetes felülvizsgálatánál figyelemmel kell lenni arra, hogy sokszor vastag hótakaró fedti a létesítményeket, amely nehezítheti a jelenségek felismerését. A töltés koronáján levő hó a közlekedést is megghiúsíthatja. Első feladat, eltávolítani a havat és esetleges egyéb akadályokat, ezáltal hozzáférhetővé tenni a töltést a védekezés számára. A koronáról a havat általában a vízfelőli oldalra kell tolni. Nemcsak a töltések koronájáról kell eltávolítani a havat, hanem a töltésfeljáróról is, valamint a védekezési központok, a gátórházak és a raktárak stb. közeléből is. Veszélyesnek minősülő töltésszakaszokon a mentett oldali rézsút is le kell takarítani, mert ellenkező esetben a rézsún esetleg jelentkező meghibásodásokat nem lehet azonosítani.

A gátkoronát elérő, rendkívüli vízmagasság és tartósabb árhullám esetén a megnövekedett víznyomás hatására a töltésszivárgás, csurgás, átázás, buzgár is előfordulhat. A veszélyt növeli, hogy a mentett oldali rézsú fagyott kérgé miatt a jelenségek sok esetben késve észlelhetők. Az árvi jelenségek és hatásuk ellen a nyári árvíznél szokásos védekezési módok alkalmazhatók.

Jeges gáton a koronát meghaladó vízszint miatt az előző évszázadokban igen sok gátszakadás alakult ki. Nem szabad abban bízni, hogy a mentett oldali rézsú jeges talaja majd károsodás mentesen levezeti az átömlő vizet. Kétségtelen, hogy a mentett oldali rézsú fagyott talaja bizonyos ideig ellenáll az átömlő víznek, azonban ez időtartam nem becsülhető, ezért rá számítani sem szabad.

Az árvízi jelenségek sokszor nem alakulnak ki, mert a fagyott vízoldal nem engedi elindítani a szivárgást. Ez a hatás kedvező az árvízvédekezőknek. Azonban ha a szivárgás, csurgás vagy bármilyen árvízi jelenség elkezdődött a töltés testében végbemenő folyamatok rejtve maradnak a védekezők előtt és váratlanul, már erősen kifejlett stádiumban jelentkezhetnek. A mentett oldal fagyott kérge nem engedi, hogy akár részlegesen is tehermentesítve legyen a mentett oldal, nem engedi, hogy a mentett oldalon a víz kiléphessen a töltésből. A visszaduzzasztott víz miatt lényegesen nagyobb erő adódik át a mentett oldal 20-40 cm vastag átfagyott külső héjára. A töltésben szivárgó, csurgó víz hőmérséklete fagypont feletti, így felmelegítheti a mentett oldali fagyott kérget. Amikor a kéreg itt-ott foltokban felenged, szilárdságát veszti és szinte robbanásszerű gyorsasággal tönkremehet a töltés. Ilyenkor az árvízi jelenségek fokozott gyorsasággal jelentkeznek. Különösen veszélyes lehet, ha mindez a mentett oldali hótakaró alatt játszódik le, vagyis vizuálisan is rejtve marad a védekezők előtt. Példa erre az 1956-os pörbolyi gátszakadás, vagy az 1963. évi tavaszi Marcal gátszakadás.

Összefoglalóan azt kell mondani, hogy a fagyott árvízvédelmi gát jelenthet előnyt is és hátrányt is jelenthet az árvízi jelenségek elleni védekezésben, azonban a védekezőknek a hátrányra kell készülniük.



13-123. kép. Az árvízvédelmi gát vízoldalán feltorlódtott jégtáblák az 1941. évi dunai jeges árhullámnál.

13.5.2. Jeges árhullámok kialakulása

Jeges árvizek kialakulását előidéző feltételek a következők:

- meteorológiai,
- hidrológiai,
- meder morfológiai és
- földrajzi.

A **meteorológiai feltételek** a jég megjelenésében és levonulásában döntő szerepet játszanak. Statisztikailag becsülhető a napi középhőmérsékletek alapján az a negatív hőösszeg, amely feltétlenül szükséges a jégzajlás megindulásához, valamint a jég megállásához.

A **hidrológiai feltételek** alatt a jeges időszak vízjárásának jellegét, a mellékfolyók hatását értjük. A vízjárás, illetve mederteltség hatása nem egyértelmű. Kis mederteltségnél a folyó jelentős felszín alatti betáplálást kap. Ez a viszonylag meleg, állandó hőmérsékletű víz késlelteti a jég megjelenését. Ugyanakkor alacsony vízállással felszínre kerülnek a különböző szabályozási művek és ezek gyorsítják a víz lehűlését, ezzel együtt a jég megjelenését. Sok esetben olyan látszólag elhanyagolható tényezők, mint a lebegő anyag mennyisége és az ásványi anyag tartalom is nagy szerepet játszhat. Kimutatható, hogy ismételt jégzajlás esetén a jégképződés megindulásához lényegesen erősebb lehűlés szükséges, mint az elsőhöz. Ennek oka, hogy az első alkalommal, mint kristályosodási középpont, a vízben lévő lebegő anyag nagy része kiválik és így később a kristályosodás már lényegesen nehezebben indul meg. A mellékfolyók hatása a jégzajlás megindulásánál jelentős. A kis vízfolyásokon az esetek többségében előbb jelenik meg a jég, és így a nagy folyók jégképződésében tulajdonképpen ezek alkotják a kiindulási alapot.

A **meder morfológiájának**, amelyet a mederszélesség, mélység, kanyarulati viszonyok és esés jellemz, jelentős szerepe van a kihülési folyamatban és általában meghatározó feltétel a jégmegállások helyét illetően.

A **földrajzi feltételeket** alaposan ismerni kell a folyókon végbemenő folyamatok helyes értékeléséhez. A jéglevonulás szempontjából földrajzi elhelyezkedés tekintetében két alaptípust különböztetünk meg: az északról délre, illetve a délről északra haladó folyókat. A két típus közül a jeges árvizek keletkezésére való hajlam a második típusnál a nagyobb, mert az enyhülés a felső szakaszon hamarabb következik, mint az alsókon. A Duna folyó helyzete kedvezőtlen, mivel általában az enyhülés szintén a felső szakaszon kezdődik. Kedvezőtlen a jeges árvizek kialakulása szempontjából az a körülmény, ha hosszú szakaszon nincs mellékvízfolyás. A mellékvízfolyásokon hamarabb levonuló árhullám ugyanis általában kedvező hatást gyakorol, mert felszaggatja és elviszi a fővízfolyás jegét. A Duna ebből a szempontból is kedvezőtlen, mert az Ipoly és a Dráva között nincs számottevő mellékvízfolyás.

Jeges árhullámok kialakulásának feltételei

A **jégeképződés** folyamatának megismeréséhez a vízfolyás hőháztartási egyenletét kell meghatározni. Ehhez figyelembe kell venni, a besugárzási meleg, a folyómederből származó geotermális meleg, a talajvízből származó hozzááramlási meleg és a mederfenéken termelődő súrlódási meleg összegét valamint a kisugárzási hőveszteség, a párolgási hőveszteség, a kondukciós és konvekciós hőveszteség és a hóesés során az olvadáshoz szükséges elvont latens hő összegét. A hőháztartási vizsgálatok során a fenti tényezőket külön-külön vizsgálják és határozzák meg a jégeképződéshez szükséges túlhűlés bekövetkezésének a feltételeit.

Az álló- és folyóvizek jégviszonyai lényegesen eltérnek egymástól. Az állóvizekben – a vízre jellemző sajátos fajsúlyváltozás hatására – hőmérsékleti rétegződés alakul ki, folyóvizekben azonban a turbulencia miatt ilyen jelenség nem észlelhető, és a folyó keresztszelvényében a teljes víztömeg gyakorlatilag azonos hőmérsékletű.

A jégeképződés helye szerint a jég három fajtáját különböztetik meg:

- a víz felszínén képződő felszíni jeget,
- a vízfolyások teljes keresztszelvényében képződő lebegő jeget,
- a mederfenéken képződő fenékjeget.

A lebegő jeget és a fenék jeget, szerkezetük után együttesen kásajégnek nevezik.

A felszíni jég képződésénél általános az a vélemény, hogy az állóvizek (ide sorolhatók a csendes folyású vizek és a duzzasztóterek is) felszíni rétege a hőmérsékleti rétegződés hatására néhány század fokkal túlhűl, a felszínen vízszintes hossz tengelyű, tű alakú jégkristályok képződnek, melyek finom hálónak néznek össze, majd megkezdődik a függőleges hossz tengelyű kristályok képződése és összefüggő jégtakaró alakul ki.

A jégeképződés megindulásához a túlhűlés mellett kristályosodási középpontok (góccok) jelenléte is szükséges. A jégréteg addig vastagszik, amíg rossz hővezető lévén, nem biztosítja azt, hogy az alsó felületével érintkező vízrészecskék ne hűlhessenek 0°C alá. A jégtakaró tehát, mint szigetelő réteg, védi a vizet a további lehűléstől. Állóvizekben a jégeképződés mindig a víz felszínén kezdődik és ezt a folyamatot statikus jégeképződésnek nevezik. Csendes folyású vizeknél a folyamat hasonló, az áramlás a jelenség időbeni lefolyását késlelteti.

A vízfolyásoknál a jég a szabályozási művektől, a sarkantyúközökből kiindulva képződik, majd parti (karéj, szegély) jég alakul ki, amely a meder közepe felé terjed, és tartós hideg esetén összefüggő jégtakaró kifejlődésére vezethet.

Sebes folyású vizeken a partok mentén és a szabályozási művek árnyékában képződhet ugyan felszíni jég, azonban a folyó beállását ne a parti jég terjeszkedése, hanem a víz teljes keresztmetszetében és a mederfenéken képződő, úgynevezett belső vagy felszín alatti jég okozza.

A felszín alatti jégeképződés folyamata ma sem teljesen tisztázott. A jégeképződésre vonatkozó elméletek, főleg a fenékjég képződése tekintetében különböznek egymástól, megállapítható azonban, hogy

- a jégkristályok megjelenése csak a víz túlhűtött állapota mellett lehetséges;
- a jégeképződésben kristályosodási középpontok jelenléte szükséges;
- az első jégkristályok megjelenhetnek a víz felszínén, vagy a vízfolyás tetszőleges mélységében, a kristályosodási középpontokul szolgáló tárgyakon;
- a jégeképződésnél szükség van a felszabaduló kristályosodási hő elvezetésére (bizonyos áramlási sebességre, turbulens vízmozgásra);

- a felszabaduló kristályosodási hő elvezetéséhez szabad vízfelület szükséges.

Megfigyelések szerint a felszín alatt képződő fenék- és lebegő jég tömege a kásajég, a felszíni jég tömegének többszöröse lehet. A folyóvizeken, mivel a jégképződés nemcsak a felszínen, hanem a turbulencia miatt a teljes keresztmetszvényben történik, dinamikus jégképződésről beszélünk.

Jégjelenségek a vízfolyásokon

A hideg időszak beálltával a vízfolyások lassúbb folyású helyein, felszíni, ún. parti- vagy karéjjég képződik, majd megindul a jégképződés a sebesebb folyású helyeken is, mind a felszínen, mind a felszín alatt.

A felszín alatt képződő lebegő és fenékjég (kásajég) gomolyagokba összeállva a víz felszínére emelkedik. A jég e megjelenési formáját szotyajégnek nevezik. A felszínen a gomolyagok összeverődnek, a levegővel érintkező felületükön felszíni jégréteg keletkezik, jégtáblák alakulnak ki, amelyek a megindult jégzajlás során egymáshoz és a partokhoz ütköznek, súrlódnak, lekerekednek. A zajlás kezdetben szórványos vagy ritka, majd a hideg erősödésével sűrűbbé válik.

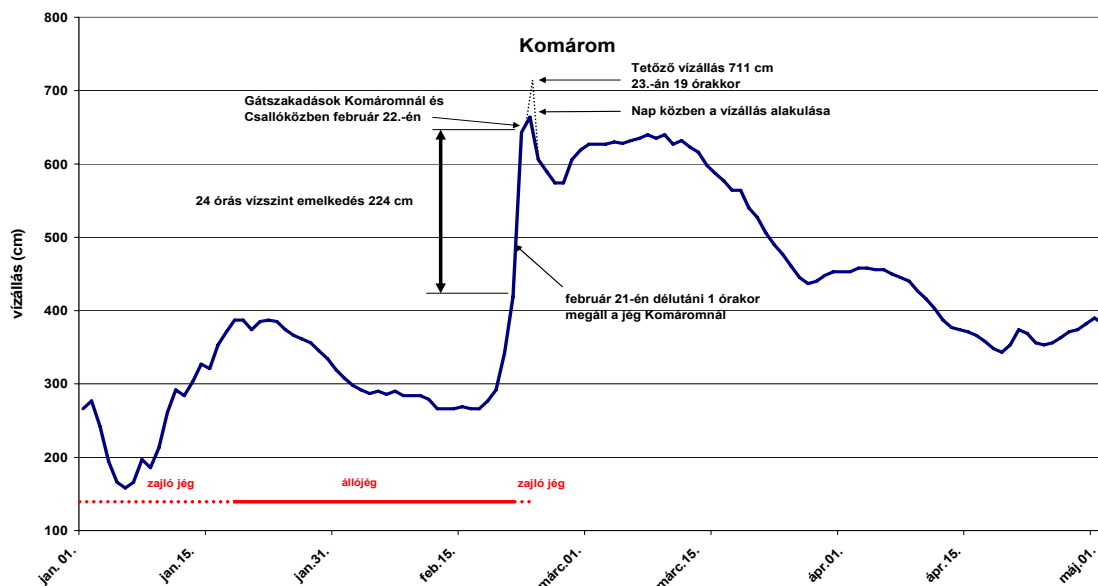
A zajló jégtáblák a folyó jéglevonulás szempontjából legkedvezőtlenebb szelvényében (éles kanyarulat, középzátony, mederszűkület) a partok közé ékelődve jégboltozatot alkotva megállnak. Ha a jég valahol már megállt, a felülről érkező táblák a jégboltozathoz ütköznek és azt vagy kimozdítják helyéből, vagy fennakadnak rajta, és megkezdődik a folyásiránnyal szemben a jégtakaró felépülése, a folyó beáll.

A jégtakarót alkotó jégtáblák elhelyezkedése szerint torlódott, illetve sima jégtakarót különböztetünk meg. Az első általában a sebes, a második a csendes folyású szakaszokon képződik. A jégtakaró felépülési sebessége, kiterjedése elsősorban a jégboltozatot érkező jég mennyiségétől, minőségétől, ill. az ezeket befolyásoló hőmérsékleti, hidrológiai viszonyoktól és a morfológiai adottságoktól függ. Torlaszmentes sima jégtakaró általában 60-70 cm/s sebességnél kisebbek esetén alakul ki. Állékony jégtakaró csak egy bizonyos vízhozamnál kisebb érték esetén képződik.

A jégtakaró kialakulásával a lefolyási viszonyok megváltoznak, a szelvény vízemésztő képessége lényegesen csökken. A víz a jégtakaró alatt csak az esés növelésével, azaz a duzzasztással folyhat le, amely visszahat a jégtakaró feletti szakaszra, és ennek következtében olyan szelvényekben is képződhet jégboltozat, amelyek egyébként a felülről érkező jég hozamot le tudták volna vezetni. Ilyen esetben már a másodlagos jégboltozat tartja vissza a felülről érkező jeget és erre támaszkodva épül tovább a jégtakaró.

Gyakran előfordul, hogy a jégtakaró hosszabb-rövidebb szakaszon megcsúszik és a jégtáblák a szilárdan álló jégtakaró alá vagy fölé, ill. egymásra torlódhatnak. Ha az összecúszott jégtáblák, a lefolyási szelvényt nem szűkítik lényegesen, jégtorlódásról, jelentős szelvénytűkítés és ennek következtében számottevő duzzasztás esetén pedig jégtorlaszról beszélünk.

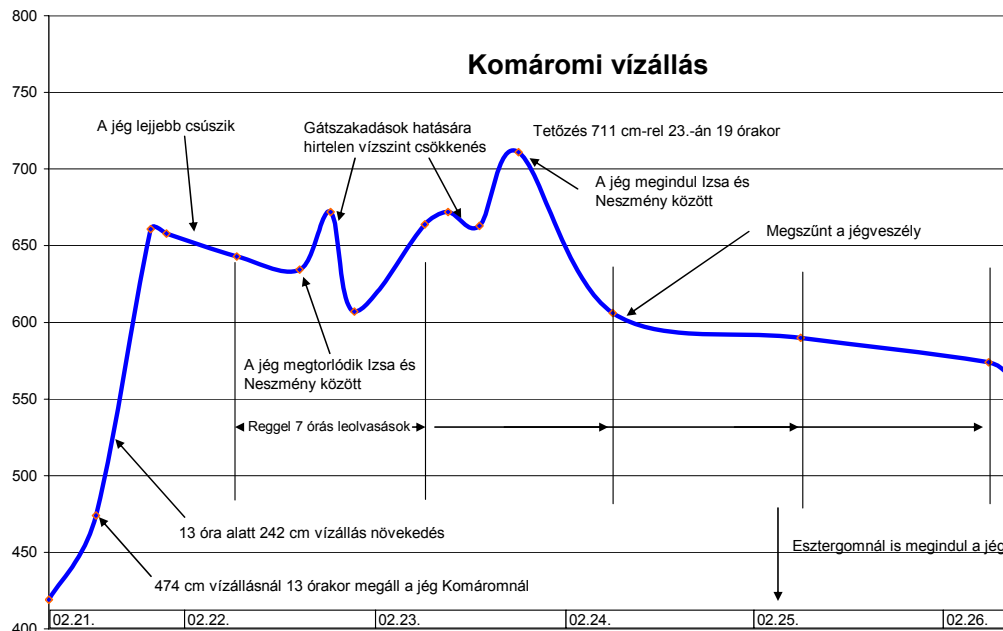
A beállítás során, vagy a jégtakaró megcsúszásakor a folyó hosszabb-rövidebb szakaszán szabad vízfelület alakulhat ki. Az ilyen szakaszon a vízrészecskék túlhűlnek és a belső jégképződés rendkívül élénk lesz. Ezeket a helyeket „jéggyárak”-nak nevezik. A képződő szivacsos vagy kásás szerkezetű, gomolyagokba összeverődött jégmasszát a víz a felszínen úszó jégtáblákkal együtt a jégtakaró alá sodorhatja. A jégtakaró alá sodort jégtömeg, az átfolyási szelvény jelentős részét elzárva jégdugót hozhat létre. A hirtelen lehűléskor tömegesen keletkező kásajég a magyarországi folyószakaszon nem szokott árvizet előidéző mederelzárást okozni. Annál gyakoribbak azonban az olyan esetek, amikor a jégtakaró kialakulása után átmeneti felmelegedés következik be, a jégtakaró felszakad és az összetöredezett jégtáblák torlódva az álló jégtakaró alá kerülnek és jégdugót képeznek. Ha az átmeneti enyhülést hosszabb hideg időszak követi, a jégtakaró tovább épül, a jégdugó az álló jégtakaró alsóbb végénél helyezkedik el és a jég újbóli felszakadása esetén, rendkívül veszélyes jégtorlasz magját képezheti.



13-52. ábra. Az 1876. évi árvíz lefolyása Komáromnál a reggeli leolvasások alapján.

Jeges árhullámok

A tavaszi felmelegedés a vízgyűjtőterület felső részén rendszerint esőzéssel jár, a hóolvadás is megkezdődik. Ezek hatására árhullám indul el a folyón. Ha az árhullám nem heves, csak mérsékelt vízál-lás emelkedést okoz, akkor a víz a jégtakaró alatt – esetleg azt megemelve – lefolyhat anélkül, hogy összetörné. Ha azonban az árhullám vízhozama jelentős, a jégtakarót felszakítja, összetöri és amennyiben a felmelegedés hatására a jégtáblák elvesztették szilárdságukat, szétmállanak, az árhullám magával ragadja, és megkezdődik a zajlás, a jég levonulása.



13-53. ábra. Az 1876. évi árvíz lefolyása Komáromnál: a vízszint változások és az azt előidéző okok.

Ha az árhullám a hőmérsékleti viszonyok kedvezőtlen alakulása következtében nagy szilárdságú jégtakarót talál maga előtt, az a nagyobb víznyomásnak is ellenáll és csak fokozatosan tör össze. Az acélos jégtáblák az ellenállóbb jégtakaróba ütközve vízszintes helyzetükből kibillenve egymáshoz préselődve gyakran több km hosszú szakaszon néhány m-rel a vízszint fölé érve ismét összefagnak (13-54. ábra). Illetve részben a jégtakaró alá sodródnak és a lefolyási szelvény jelentős részét elzárva

jégtorlaszt képeznek. A víz kénytelen addig duzzadni, amíg a felhajtóerővel együttműködő hidrosztatikus nyomás képes a torlaszt felemelni és megbontani. A legtöbb torlasz a hátul felduzzadt víz felhajtó erejének következtében szűnik meg. Ehhez rendszerint hozzá járul a felmelegedés is. A jégtakaró felszakadásakor tehát két fő tényező hat. Az árhullám hidrosztatikus nyomása és a vele együttműködő felhajtóerő, azaz a víz mechanikai hatása, valamint a felmelegedés hőhatása. Minél nagyobb a hőhatás a mechanikaihoz képest, annál kedvezőbb körülmények között szakad fel a jégtakaró és vonul le a jég. Ha a hőhatás kisebb vagy éppen ellentétes, akkor a torlaszképződés és vele összefüggésben a jeges árvíz veszélye fenyegethet.

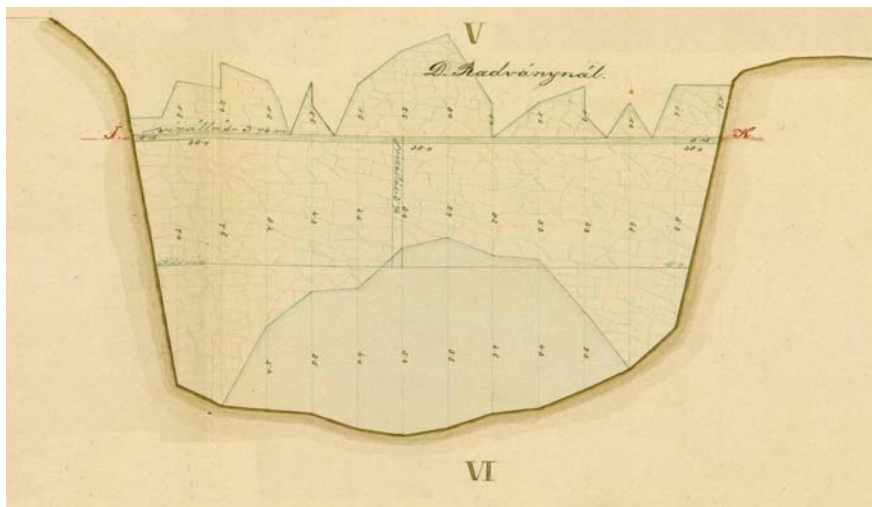
A jégtorlaszok és a jégdugók visszaduzzasztó hatására kialakuló maximális vízállások előrejelzésének lehetőségeit a szakértők általában lehetetlennek tartják, a jégtorlaszok, jégdugók kialakulásának periodikus és véletlenszerű jellege folytán.

13.5.3. Jégvédekezés

A jégvédekezés a veszélyes jégtorlaszképződés megelőzése és megszüntetése irányuló tevékenység. A múlt században a dunai jeges árvizek gyakori kialakulásának magyarázata, hogy a szabályozatlan folyó a hullámtéren szabadon vándorolt, a mellékágakban megoszló víz nem tudott egységes medret kialakítani, a zajló jég könnyen felakadt és összetorlódott. Az elsődleges jégeképződés szinte mindig kis vizek idejére esett.

A jégjelenségek sajátosságaiból adódóan zajlás idején a jégboltozat képződésekor általában a kisvízi, a jégtorlódások, jégtorlaszok, jégdugók képződésekor a középvízi; a jeges árvizek kifejlődése során pedig már a nagyvízi mederviszonyok a döntőek. A meder méretei akkor megfelelőek a jégjárás szempontjából, ha túlmélyülések, szűkületek nem keletkeznek és a kedvező mederszakaszok állandósulnak.

A folyó jégjárását befolyásoló tényezők (15.5.2. fejezet) együttes hatására azonban a jégtorlaszképződés veszélye folyóink egyes szakaszain továbbra sem kizárt. Ezért a szabályozáson túlmenően, a jeges árhullámok elleni védekezés során szükséges a kialakult jéghelyzet folyamatos megfigyelése, valamint esetenként és helyenként a jégvédekezés.



14-54. ábra. A dunaradványi jégtorlasz torzított keresztmetszete az 1876. évi árvíznél. A szabadon maradt keresztmetszetet a világoskék terület mutatja.

Jégmegfigyelés feladatai és módjai

A védekezés idején a védekezés irányítóinak folyamatosan tájékozottnak kell lenniük a folyó teljes hosszában a jéghelyzetről. A jéghelyzet megfigyelését földi és légi felderítéssel lehet végrehajtani.

Földi felderítésnél a jeges árvizek kialakulására hajlamos folyók jéghelyzetét minden esetben földi figyelőszolgálat kíséri figyelemmel. Észlelők és jelentők az állandó vízmérce észlelők, és a jégvédekezés idejére szervezett új jégjelentő állomások (körzetek) megfigyelői. Az állomások távolsága egymástól a folyó jégjárásától függően 4-6, illetve 2-3 km. A földi megfigyelő és jelentő szolgálatot a Dunán és mellékfolyóin, valamint a Tiszán és mellékfolyóin mintegy 2700 fkm hosszon kb. 500 fő jégjelentő, többségében gátőr látja el.

A jégjelentők, jégmegfigyelők a kijelölt folyószakaszon kötelesek a jégviszonyokat állandóan figyelemmel kísérni és a változásokat azonnal jelenteni. A jégmegfigyelés eredményének jelentése:

- a jég megjelenése után a hozzá legközelebb eső hely környezetében a jégzajlás mértékét figyelemmel kell kísérnie naponta;
- ha a zajlás eléri a 70-80%-ot (a folyó majdnem teljes szélességében zajlik), akkor a folyószakaszt be kell járnia legalább naponta egyszer;
- a torlódások keletkezésekor reggel és délután, tehát naponta kétszer kell a folyószakaszt bejárni, ami szükség esetén többször is megtörténhet;
- álló jég esetén elegendő a legközelebb eső hely környezetének figyelése. A jéghelyzet változását azonnal jelenteni kell;
- az álló jég várható megindulásakor a folyószakaszt be kell járnia naponta egyszer;
- az álló jég felszakadozása esetén naponta kétszer;
- torlasz keletkezésekor naponta többször.

Zajlás csökkenésével elegendő, ha a hozzá legközelebb eső hely környezetében folytatja a megfigyelést, a zajlás megszűnéséig, naponta egy alkalommal.

A jégjelentőnek minden előírt megfigyelés és szakaszbejárás után – továbbá a váratlanul beálló változások észlelése esetén azonnal –jelentést kell tenni. A jelentés tartalmazza: az észlelés időpontját (hónap, nap, óra), vízállást, léghőmérsékletet, időjárásra utaló szavakat, és a kiadott „Jégkulcs” szerint a jégviszonyokat (parti jég, zajlás %-ban, álló jég, jégtorlasz, jégvastagság).

A **légi felderítés** adatai az információszerzésében minőségi változást jelentenek, ezért az időjárástól és egyéb feltételektől függően a légi felderítést folyamatosra és szervezetté kell tenni. A felderítés leghatásosabb eszközei azok a repülőgépek, amelyek utazósebességüket 150-100 km/ó sebességre is le tudják csökkenteni. A gépek 4-5 órát tartózkodhatnak a levegőben és 1000 km hosszú útvonalat is berepülhetnek. A repülőgépről történő szemrevételezés, megfelelő méretarányú térképek, helyszínrajzok birtokában rögzíthető. Rendkívüli esetben a jégrombolás, jégtörés munkája a repülőgép fedélzetéről közvetlenül is irányítható. A légi felderítésnél jól alkalmazható digitális fényképezés, digitális adatrögzítés.

Jégvédekezés módszerei

A jégvédekezés módszerei: jégrombolás, jégtörés és a kettő kombinációja. A jégrombolás történhet kézi szerszámokkal és robbanó anyaggal.

Hazánkban a Dunán és a mellékfolyókon a jégvédekezésre, a jégmezők megbontására, a torlaszok, torlódások, jégdugók megszüntetésére jégtörőhajókat és különböző robbantó eszközöket használnak. A mederben keletkezett jégakadályok eltávolítására, a védművek műtárgyainak védelmére és kezelhetősége érdekében többféle, pl. hidraulikus és termikus módszer kerülhet használatra. Alkalmazási területük függ a folyó nagyságától, a megvédendő műtárgyak méreteitől. Korábban az a tapasztalat alakult ki, hogy a mederben folyó jégrombolási tevékenységnek a leghatékonyabb eszköze a különböző teljesítményű jégtörőhajókkal történő jégtörés a robbantásos eljárással kombinálása.

Ezek a kisebb és nagyobb vízfolyásokon egyaránt külön-külön és együtt is alkalmazhatók. A jégrombolás egyéb eszközei a folyókon létesített műtárgyak, vízlépcsők és az árvédelmi töltésekben vagy belvízcsatornában lévő műtárgyak védelménél használhatók.

Jégrombolás kézi szerszámokkal

A kézi szerszámokkal végzett jégrombolás általában nagy gyakorlatot igénylő, jelentős erőfeszítéssel járó és elég lassú munka (13-124. kép). Mégis nélkülözhetetlen olyan esetekben, amikor más módszer nem alkalmazható, vagy nem áll rendelkezésre. Így kisvízfolyások és csatornák átereszeit, szűk hídnyílásait gyakran elzárják a zajló jégtáblák, és ez hirtelen hóolvadásnál helyi elöntéseket okozhat. Jégtörő hajókkal egyáltalában nem, robbantással pedig csak lakott területen kívül lehet beavatkozni.



13-124. kép. Jégvédekezés kézi szerszámokkal az Algyői-főcsatornán 1940-ben.

Kis műtárgyak lefagyott zsiliptáblái, vízkivételi művek, kis vízerőművek stb. csak kézi módszerekkel jégteleníthető, de előfordult már, hogy a nagy tiszai vízlépcsők közvetlen közelében is csak hagyományos szerszámokkal lehetett munkát végezni. A jég rombolásához a következő kézi szerszámokat használják:

- A *jégvágó fejsze* vastagabb jégben lék készítésénél, vagy a jégmentes sáv kialakításánál munkakezdő szerszám. Hosszú fejú fejsze, hosszú nyéllal, vágófelülete keskeny.
- A *jégvágó balta* a jégvágó fejszéhez hasonló fejú, rövid nyelű kéziszerszám. Kisebb vastagságú jégben lékvágáshoz és a jégmentes sáv kiképzéséhez alkalmazzák.
- A *jégvágó fűrész* a kialakított lék bővítésére, vagy a jégmentes sáv elkészítésére szolgál. A fűrészszel két ember dolgozik egymással szemben állva. Ha vékonyabb fűrészlapból készül, a lefelé mozzgatás megkönnyítésére ellensúlyal kell ellátni.
- Az *ejtegető vésőt* lék készítésére használják. A fogantyúval ellátott vasrudat két ember kezeli. A jégre ejtegetve a véső fokozatosan a jégbe hatol. Nagyobb vastagságban összetorlódott jég átütésére toldható nyéllal készül.
- Kisebb vastagságú jégben a kialakított lék bővítése, vagy a megkezdett jégmentes sáv folytatása *motoros láncfűrész* segítségével gyorsan elvégezhető.
- A *kézi fúró* a jégvastagság méréséhez szükséges lyuk elkészítésére szolgál. Előtte a torlódott jéget ejtegető vésővel át kell ütni.
- A *jégvastagság mérő* cm beosztású rúd, amelynek alján ütközési kallantyú van. A kézi fúróval, vagy egyéb módon kialakított furatban megméri a jég vastagságát.
- A jégen járás biztosítására és az úszó jégtáblák terelésére használják *csáklyát*. A csáklya nyele 5 m hosszú, 20 cm-enként fehér-piros beosztással, így jégvastagság közelítő mérésére is alkalmas.
- A *dobókörte* nagyobb távolságban (15-20 m) úszó jégtáblák terelésére szolgál. A hajózásban használt egyszerű dobókörtétől abba különbözik, hogy a rászertelt acélhorgok a jégtábla szélében megakadnak. A kötél segítségével a jégtábla a parthoz húzható.

Jégrobbantás

Azokat a vegyi anyagokat, vagy a vegyi anyagok azok keverékét, amelyek külső behatásra igen gyorskémiai változáson mennek át, miközben magas hőfok mellett nagymennyiségű, munkavégzésre képes gáz keletkezik, robbanóanyagoknak, a folyamatot pedig robbanásnak nevezik. A robbanótöltet robbanási folyamatának előidézéséhez meghatározott energiamennyiséget kell közölni a robbanóanyaggal. A robbanóanyagok indítására robbantószerkeket használnak.

A brizancia a robbanóanyagok egyik igen fontos jellemzője. A nagyobb brizanciájú robbanóanyag nagyobb teljesítményű, rövidebb idő alatt szabadul fel az anyagban levő kémiai energia, és így romboló hatása is nagyobb. A nagyobb brizanciájú és a kisebb brizanciájú robbanóanyagok közötti különbség egyszerűen úgy is jellemezhető, hogy az előbbiek hatása ütősszerű, míg az utóbbiak inkább toló hatást fejtenek ki. Szilárd, kemény közetek, beton, vasbeton és fémszerkezetek darabolásához nagyobb brizanciájú robbanóanyag (pl. TNT) szükséges. Árvíz, belvíz és jég elleni védekezéskor töl-

tés, csatorna, műtárgy és jégrobbantásokhoz a gyakorlati tapasztalatok alapján a kisebb brizanciájú, nagyobb toló hatású robbanóanyagok (pl. paxit) a legalkalmasabbak. Víz alatti és jégrobbantáshoz csak vízálló, vagy vízállóvá tett robbanóanyagok használhatók.



13-125. kép. Jégrobbantás eszközeinek telepítése hajóra és a jégfelületre.

A jégrobbantás technológiája

A jégrombolási módszerek a legtöbb esetben egyszerre komplexen kerülnek alkalmazásra, de egyesek önállóan is alkalmazhatók. A jégrobbantásnak több módja ismeretes, függetlenül attól is, hogy a jégtöréssel együtt, vagy önállóan alkalmazzák.

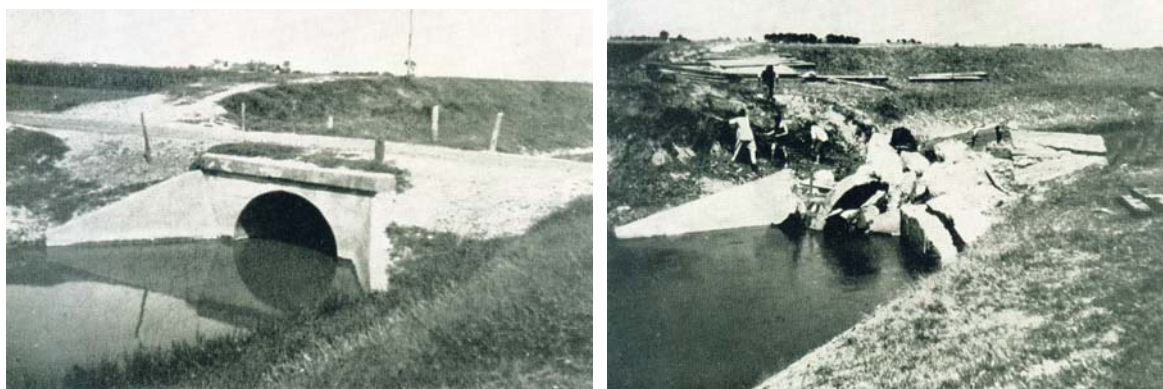
A robbantások célja is az, hogy a folyóinkon a zajlás időszakában biztosítsák a jég szabad levonulását. A nagyobb táblákat így pl. dobótöltetekkel darabolni kell, a jég levonulását akadályozó torlódást nagyobb töltetekkel szét kell zúzni, hogy a torlódás feletti jég zavartalanul levonulhasson. Beállt folyó jegét, amennyiben a jégveszély elleni védekezés ezt indokoltá teszi, egyszerre több jégrobbantó töltettel roncsolják meg. Álló vizeknél (pl. tó, vagy kikötő) ha szükséges, a beállt és a hideg hatására fokozatosan vastagodó jeget partról a kívánt pontra beszállított töltetek robbantásával törlik.

A jégrobbantásokat általában partról (beszállított, vagy dobótöltetek), műtárgyról (dobótöltetek), esetleg közvetlenül jégtörő hajóról, csónakról, és helikopterről végezhetik. Szerepet kaphat a jégrobbantás a jégbe szorult tárgyak, vízijárművek kiszabadításánál is.

A jégrobbantás végrehajtáshoz szükséges a jó felderítés, valamint a robbantást végrehajtók és a jég-helyzet figyelését végzők jó kapcsolatára. A jégrobbantás szempontjai általában különböző robbantás technikai felszereléseket kívánnak meg a robbantást végrehajtóktól. Ezért a jégrobbantás végrehajtásánál előzetesen megismerni kell a feladatot, amihez a megfelelő felszerelést kell a helyszínre szállítani.

A leggyakrabban alkalmazott jégrobbantási módok a következők:

- Zajló jég robbantása, ha műtárgyat kell megvédeni, vagy kanyarokban, mederszűkületben torlódások keletkezhetnek. Zajló jeget rádobott töltetekkel robbantanak.
- Karéjjég robbantása zátonyokon, kanyarokban, ahol a víz sebessége kisebb, a folyó parti részén karéjjég alakulhat ki. A karéjjég gátolhatja a sodorvonalban levonuló jégtáblák mozgását. Ezért a karéjjeget partról, árral szemben robbantják, hogy a darabolt jég levonulása biztosítva legyen.
- Jégrobbantás összefüggő jégtakaró esetén: A sima, összefüggő jégtakarót valamely műtárgy védelme érdekében robbantják, vagy abban az esetben, ha a folyó felső szakaszán a jég levonulása megindult, illetve a levonulás meteorológiai előrejelzés szerint várható. A jeget ilyenkor 2-300 méteres hosszban megbontják a folyó teljes szélességében, hogy a fentről jövő jég szabad útját biztosítsák. A robbantást a kijelölt szakasz alsó végén kezdik, hogy felfelé haladva a darabolt jég leúsztatása biztosítható legyen. Összefüggő jégtakaró esetén a folyó hosszabb, esetleg több kilométeres szakaszán középfolyosót is nyithatók robbantással. A folyosó nyitás a sodorvonalban célszerű. A folyosó szélessége a folyó $\frac{1}{3}$ - $\frac{1}{4}$ része, nagyobb folyóknál 40-50 méter.
- Torlódott jég robbantása az egyik legveszélyesebb jégrobbantási művelet. A torlaszt állandó megfigyelés alatt kell tartani a robbantás előkészítése és a robbantás alatt. A töltetek szerelése közben a menekülés lehetőségéről állandóan gondoskodni kell. A torlasz megbontása történhet partról járópallók, mentőkötél biztosítása mellett, jégtörő hajóról és helikopterről. A torlaszokat célszerű nagyobb jégtörő hajókról robbantani (13-125. kép), mert ilyenkor a robbantók elvonulása a hajóval biztonságosabb.
- Csatornák hó és jégmentesítése robbantással akkor szükséges, ha olvadáskor a csatornában levő hó és jég a lefolyást akadályozhatja (13-126. kép). Ez különösen hófúvásos helyeken jelentkezhet. A csatornákat a víz vezetése érdekében tisztítani kell. A tisztítás gyors módszere a kábel-töltetek alkalmazása.



13-126. kép. Sámson-apátfalvi csatorna hídja az 1940. évi jeges védekezés előtt és után.

Jégrobbantó-töltetek

Különleges jéglyukasztó és jégrobbantó töltetek elsősorban a jégrobbantási feladatoknál, de a töltés és műtárgy robbantásoknál is gyorsan és hatékonyan alkalmazhatók.

A *jéglyukasztó töltetek* kumulatív hatásúak, a robbanás pillanatában ébredő erőt a betétkúp fókuszban egyesíti. A töltetek egyrészt a lékvágás veszélyes, nehéz és hosszadalmas kézi munkáját helyettesítik, másrészt a több méter vastagságú jégtorlaszok átütésére szolgálnak azért, hogy az így kialakított lyukba a jégrobbantó töltetek leereszthetők legyenek. A töltetek kumulatív hatásuk révén beton és vasbeton műtárgyak rombolására is eredményesen használhatók. A *jégrobbantó töltetek* elsősorban a jégtakaró alá süllyesztve, a sima jégtakaró, vagy pedig a jégtorlaszok megbontására, aprítására szolgálnak, de az árvízvédelmi töltések megnyitásánál is alkalmazhatók. Ilyenkor az előre kiépített, vagy közvetlenül a robbantás előtt fúrt robbanó lyukakba kerülnek leeresztésre.

- Jéglyukasztó irányított töltetek,
- Helyszínen tölthető irányított töltetek,
- Jégrobbantó trotil töltetek,
- Műanyag burkolatú jégrobbantó paxit töltetek,
- Rádobott töltetek,
- Kábeltöltetek.

Kisebb vízfolyások, belvízcsatornák medrének hó és jégmentesítésére, továbbá vízlevezető földcsatornák gyors kirobbantására különböző méretű vízhatlan műanyag tömlőben elhelyezett ún. kábeltöltetek használhatók.

Jégtörés

A jeges árvíz kialakulásának lehetőségét a megelőző védelem során elsősorban a korszerű folyószabályozási tevékenység csökkenti. Mivel azonban a kedvezőtlen hidrometeorológiai tényezők esetén a jeges árvíz veszélyét a folyó szabályozottságával sem lehet megszüntetni, ezért a jég elleni védekezés hatékony eszközének bizonyult jégtörő hajókat nemcsak a védekezés, hanem a megelőzés érdekében is szükséges alkalmazni. A jégtörés elrendelése taktikai harc, mely függ a jégviszonyoktól és a várható időjárási helyzettől. A jégviszonyoknál fontos a zajlás mértéke, a víz hőmérséklete, hol alakultak ki jégtorlaszok, ill. hosszabb-rövidebb állójég. Az időjárási viszonyok szempontjából más döntést igényel a várható felmelegedés, vagy lehülés. Vizsgálni kell a várható éjszakai hideget és a nappali felmelegedés mértékét.

A hajócsoporthoz munkáját úgy kell irányítani, hogy a folyó alulról felfelé jéggel felrakodjon és a folyó teljes hosszában beálljon. A folyamatos felrakódás érdekében szükségessé válhat, hogy egy-egy feljebb beállt szakaszt meg kell bontani és zajlást kell előidézni. Az elsődleges zajlásnak ez a legkritikusabb időszaka, hiszen el kell döntenie, hogy a zajlást, vagy a beállást segítsék-e a jégtörőhajók. A kérdés eldöntésében legtöbbször maga a természet segít az erőteljes éjszakai lehülésekkel.

Ha a zajlás eléri a 80-100%-ot és a meteorológiai és hidrológiai előrejelzések szerint tartós lehülés várható áradás nélkül, továbbá a jégmegállásra hajlamos szakaszokon a folyó már beállt, a jégtörőhajóknak a sima beállást kell elősegíteni.

Ha a zajlás < 80% a jégtörő hajóknak a jég biztonságos levonulását kell elősegíteni. A nagy sebességgel haladó hajók hullámai a jégtáblák összefagyását meg tudják akadályozni, a parti jégnél pedig a

felrakódott táblákat újra mozgásba hozzák, úszásra kényszerítik.

Beállt folyó szakaszon a jég törése úgy történik, hogy a jégtörő hajó kinetikai energiáját felhasználva folyamatosan halad a zajló vagy álló jégben előre addig, amíg a vastagabb jég megállásra nem kényszeríti. A törőerő az ütközést megelőző kinetikai energiának potenciális energiává történő átalakulásából származik.

A beállást követően – ha szükséges – azonnal hozzá kell fogni hegymenet haladva a 15-20 m széles folyosó nyitásához. A folyosó nyomvonalát a hajózási lehetőségek határozzák meg, mégis törekedni kell arra, hogy az inflexiós pontokon át, a kanyarok domború partjainak közelében legyen kialakítva. A folyosót naponta járva kell fenntartani, hogy esetleges áradás következtében a torlódásos helyek gyorsan megközelíthetők legyenek.

A vastagabb (0,8-1,0 m) jeget a jégtörő hajó – előre-hátra mozgással – a jégre történő ráfutással, „vasalással” töri. Ennél a műveletnél a jégtörő hajó a szabad vízfelületről maximális sebességgel, teljes géperővel ráfut a jégre és alatta a jég összeroppan. Amikor már nem képes előrehaladni, hátramenetben visszavonul a sík vízre, ahonnan a műveletet újra megismétli. Vasalásnál a gyorsulás rendkívül fontos. Ezt a bontási módszert, legyező alakban alkalmazva ki lehet szélesíteni a folyó teljes – még hajózható – szélességében.

Ha a jég vastagsága már olyan, hogy vasalással sem tud a hajó előre haladni, akkor a „döngölővel” felszerelt hajók alkalmazására van szükség. Az excentrikus ellensúlyokkal felszerelt hajók a beszorulás veszélye nélkül képesek a vastagabb jégben is előre haladni, illetve a döngölés közben ráfutást, vasalást végezni. A külön segédüzemmel megforgatott (6-12 t) ellensúlyok előre- és hátramenet, vasalás közben is folyamatosan spirális csavarmozgásban tartják a hajót. A döngölő berendezés a jégtörés hatásfokát a tapasztalatok szerint mintegy 50%-kal növeli.



13-127. kép. Jégtörő hajók munkában és a jégtől megtisztított folyosóban.

A jégtörő hajók a biztonság és a hatékonyság fokozása érdekében csoportosan dolgoznak. Rendszerint a nagy és kis teljesítményű jégtörő hajók kombinációjából 3 hajó alkot egy csoportot úgy, hogy az eltérő hajótípusok egymást jól kiegészítse. A döngölő nélküli hajót a döngölővel felszerelt, illetve mindkét típust a kisebb teljesítményű jégtörő hajó segíti, melyek a sekélyebb vizeket is bejárhatják.

Zajló jég mozgásban tartására célszerű a hajókat ék alakban jártni. Ekkor elől, a háromszög csúcsán teljes sebességgel a döngölővel felszerelt vezérhajó halad és egymástól is lemaradva ezt követi kétoldalt – célszerűen a hajóút két szélén – a többi hajó. Zajlaskor a folyószakaszt mindkét irányban folyamatosan, egyenletes sebességgel járva a jég állandó mozgásban tartható a folyó teljes szélességében. Ilyen módon a felrakódott parti jég is könnyen megbontható.

Torlódások, torlaszok bontásánál a feltámaszkodási pontok, helyek környezetének a megkeresése a feladat. Megerősített hajócsoportokkal a torlódások, torlaszok bontása úgy történik, hogy a vezérhajó halad lefelől, a többi hajó ék alakban egymást követve és nem zavarva, vasalással töri a jeget. Megfelelő szélesség elérése után pedig a segédjégtörők elnyújtott ellipszis pályán mozognak úgy, hogy a bontott jeget mozgásban tartásuk. A hátsó hajóknak a folyót teljes hajózható szélességben meg kell tisztítani az álló jégtől.

Amikor a torlódott jég, jégtorlasz jégtörés közben megindul, a hajókürttel kell a veszélyt jelezni. Erre a felhívásra valamennyi hajó gyors fordulással völgyemenetben menekül. A váratlanul megindult jégmezőt a megállásos helyeken át kell kísérni egészen addig, amíg a következő hajócsoport a kísérést át nem tudja venni.

A beállt folyóban másodlagos zajlás következtében torlódott helyek megközelítésére folyosót (csatornát) kell nyitni. A folyosó kialakításának az a módja vált be legjobban, amikor a vezérhajót egy nyomon követi a csoport többi hajója. Előfordul a normál jégtörő hajókkal, hogy vasalás közben beszorulnak és mozgásképtelenné válnak. A beszorult hajó mentését a többi hajóval azonnal meg kell kezdeni, aminek módszere rendszerint hátrafelé vontatás. A két hajó motorjának közös erőfeszítésével ez rendszerint sikerül is.

A tavaszi olvadás első jelenségei közé tartozik beállt folyószakaszon, hogy a jég helyenként megcsúszik. Előfordult, hogy az álló, összefüggő jégmező felső határától mintegy 20 km jég az álló jégmező alá csúszott és az alatta lévő szakaszon 4-6 m-re vastagította az álló jeget. Ilyen esetben a jég eresztését bontással alulról felfelé haladva haladéktalanul meg kell kezdeni. A jégtörők munkáját segíti a folyó azzal, hogy a torlódott jég 3-5 m-es vízlépcsőt is képes kialakítani. A visszaduzzasztó hatás miatt jelentkező toló illetve felhajtó erő addig gyengíti a torlaszt, amíg a víznyomás azt szinte ki nem löveli helyéről. (Még a 8 m vastagságban összetorlódott jeget is sikerült 6 hajó összehangolt munkájával megbontani úgy, hogy a duzzasztott víz idővel el tudta nyomni.) A XIX. században a jégtorlaszok nagy része a torlasz felvizen a megemelkedett vízszint toló, illetve felhajtó ereje miatt vonult tovább és a felmelegedés miatt szűnt meg.

A jégtörés általános irányelvei

Elfogadott gyakorlatnak tekinthető a természetes és csatornázott folyókon a jégtörő hajók alkalmazása:

- elsődleges jégzajlásnál, a folyamatos jéglevonulás biztosításánál, a beállítás késleltetésénél, a torlaszképződés előfeltételeinek csökkentésénél, a torlódásmentes beállítás biztosításánál,
- a beállott jégtakaróban, majd
- a másodlagos jégzajlásnál, a jég egyenletes levonulásánál.

A jégészlelési feladatok feldolgozásával – a döntéshez szükséges információk ismeretében – a jégtörés irányítása lehetővé teszi több száz km-es folyószakaszon is a jégtörő hajókkal a hatékony jégtörést. A kritikus helyeken kialakult jégtorlódások, jégtorlaszok bontásánál a jégtörő hajók nélkülözhetetlenek, és esetenként a robbantással kombinált jégtörés a leghatásosabb jégvédekezés.

A jég elleni védekezés a figyelő szolgálat elrendelésével kezdődik. A jég megjelenése előtt a téli kikötőket alkalmassá kell tenni a hajók fogadására. A téli kikötő kezelőjének a védekezés kezdetéig ki kell alakítania a kikötői rendet.

A jégjelenségek fizikai jellemzői, a folyómedrekben kialakult jégviszonyok nem térnek el egymástól olyan mértékben, hogy a jégtörés technológiáját folyónként kellene kidolgozni, az általános érvényűnek tekinthető, azonban a helyi adottságokat azonban mindig figyelembe kell venni.

A hajópark tevékenységének az irányítását végző védelmi központ munkáját a földi és légi felderítés, a meteorológiai és hidrometeorológiai hosszú és rövidtávú előrejelzések segítik. A beérkező adatok feldolgozása és értékelése helyszínrajzokon, vízszinhossz-szelvényeken, sematikus grafikonokon történik a folyó teljes hosszában, hogy a védelemvezetés döntései megalapozottak legyenek.

A jégvédekezés a III. fokú árvízvédekezés előírásainak megfelelő körülmények között folyik. A vízügyi szolgálat a jégzajlás erősödésekor a jégtörő hajóparkot a veszélyeztetett folyószakaszra, a kijelölt állomáshelyre vezényli. A jégzajlás megindulásakor a kitűző jeleket beszedik, ezért a hajókon a folyószakaszt jól ismerő, lehetőleg a hajóút kitűző szolgálatból vezényelt műszakiak teljesítenek szolgálatot. A hajók állomáshelyeit, éjszakai pihenőhelyeit úgy kell megválasztani, hogy azok minden esetben a jégtörésre kijelölt szakasz alsó szelvényében helyezkedjenek el. Állomáshelyükről, ha a látási viszonyok (szürkület, köd) megengedik, korán reggel kifutnak és napi munkájuk végeztével, de feltétlenül sötétedésig vissza is térnek. A jégtörést tiszta, ködmentes időben, napkeltétől napnyugtáig lehet a legeredményesebben végezni.

A jégtörésben résztvevő hajók munkájának az irányítása a védekezésre kijelölt szakaszon összehangoltan történik. A felderítésből ismert jéghelyzetek megfelelő intézkedéseit a védelemvezetés továbbítja a hajókra. A hajócsoporthajói egymással is közvetlen kapcsolatban vannak. Így a vezérhajón tartózkodó műszakiak és a hajók kapitányai is folyamatos kapcsolatban vannak egymással.

13.6. ÁRVÍZVÉDEKEZÉS GÁTSZAKADÁS ESETÉN

Gátszakadásnak nevezzük a folyamatot és a folyamat eredményét, amikor a gáton keresztül olyan megnyílás (folytonossági hiány) alakul ki, melyen keresztül jelentős vízmennyiség jut a mentett oldalra³³.

A Kárpát-medencében kialakult gátszakadások tanulmányozása sok olyan tapasztalathoz segíti az árvízvédekezőt, amelyek ma is alkalmasak arra, hogy elődeink tudásából a ma is használhatót felelevenítsük, illetve hibáikból tanulhassunk. A **gátszakadás elzárása** az a tevékenység, amelyik közvetlenül a szakadás megnyílásának kezdete után egyrészt a megnyílás növekedésének a megállítására, másrészt szélességének csökkentésére vonatkozik. Ha ez a tevékenység sikeres volt, akkor a gátszakadást „elfogták”.

Minden árvízvédekező a gátszakadás kialakulása ellen dolgozik. A gátszakadás elleni küzdelem leghatékonyabb módszere a **megelőzés**. Ha már a gátszakadás kialakulásának folyamata elkezdődött a védekezési feladatok fokozottan jelentkeznek. Csak a feladatra kiképzett és felhatalmazott egyszemélyi vezető irányításával lehet a gátszakadás ellen az árvízvédekezőt hatékonyan folytatni. A védekezést, a gátszakadás bezárására a felkészülést már akkor el kell kezdeni, amikor a hidrológiai helyzet felveti gátszakadás kialakulásának esélyét. Nem megoldás, hogy a gátszakadást magára hagyjuk, mert itt már úgysem lehet mit csinálni (13-128. kép).

Pécs József – a hidrológiai mérések magyarországi megszervezője – 1892-ben kiadott könyve alapján megállapítható, hogy az általa bemutatott módszereknek nagy jelentősége volt a XIX. század második felének árvízvédekezésében egy olyan időszakban, amikor egy-egy nagyobb árvíznél százával³⁴ szakadtak a gátak. Így az sem lehet véletlen, hogy könyvének mottójául a következőt választotta: „Soha ne csüggedj”. Fokozottan érvényes ez a kijelentés a suvadások, buzgárok és gátszakadások körüli eljárásokra, mert ezek elleni védekezés napokon keresztül tartó folyamat mely bármikor rosszabbra fordulhat, a helyzet még veszélyesebbé válhat.



13-128. kép. Gátszakadás Tarpánál 2001-ben.

13.6.1. Gátszakadások a Kárpát-medencében

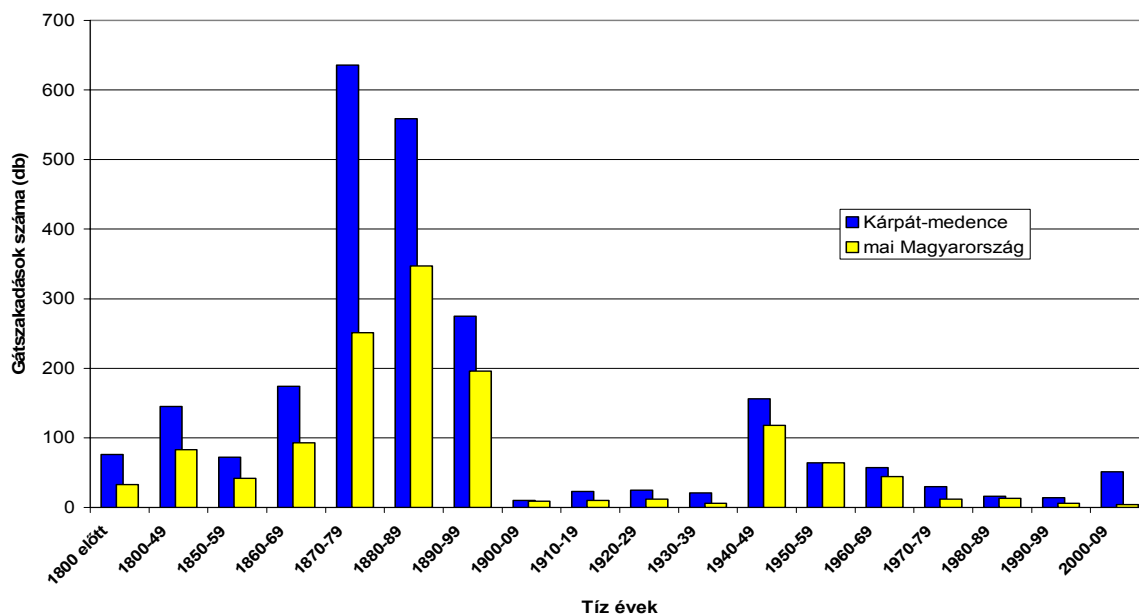
A Kárpát-medence árvízvédekezésének viharos történetében sok jelentős árvíz volt, gyakran szakadtak a gátak. Gátszakadások számának a megoszlását 10 évenkénti bontásban 1800-tól a 13-55. ábra mutatja. Ezen statisztika értékelésénél nem szabad elfelejtenünk arról, hogy a vizsgált évben hány kilométer és milyen minőségű gát volt. A XIX. század elején mintegy 340 kilométer töltés védte az ártérnek csupán egy kis részét. A töltések hossza 1850-re 720 km-re nőtt Lászlóffy szerint, ez az érték azonban kissé alábecsli a gátak tényleges hosszát, ami Zawadowsky részletes kimutatása szerint csak a Tisza-völgyben több mint 650 km-re volt tehető a későbbi társulati töltéseknél. 1850 előtt azért volt kevés gátszakadás, mert viszonylag kevés töltés volt. A nagy léptékű töltés építések 1846 után indultak, új lendületet kaptak az 1876 évi árvíz után és ismét felgyorsultak az 1888 évi árvíz hatására.

³³ A definíció alapján a koronán átbukó víz nem jelent gátszakadást, mert nincs folytonossági hiány a gátban, a buzgárnál vagy fakadó víznél pedig nincs jelentős vízmennyiség.

³⁴ Az 1876 évi dunai és tiszai árvíznél több mint 300 gátszakadást regisztráltak a Kárpát-medencében, de az 1888 évi tiszai árvíznél is több mint 200-at.

A Duna völgyben párhuzamosan a társulatok számának növekedésével a korábban meglévő töltések erősítése az 1876 évi árvíz hatására gyorsult fel.

A legtöbb gátszakadás a XIX. század második felében történt (13-55. ábra), amikor a töltésépítés magassága késve követte az egyre emelkedő árvízszinteket. Szerencse, hogy az érdekeltek a sok gátszakadás és a magas kivetési százalék ellenére sem kedvetlenedtek el, így a XX. századra konszolidált állapot alakult ki az árvízvédelemben. Különösen a Tisza-völgy gátjai szakadtak sokat ott, ahol a folyók a nagyobb lejtésű völgyekből az alföldre értek és az esés lecsökkent. A XIX. század második felében volt néhány nagyon súlyos év: 1876, 1879, 1881, 1888, amikor több mint 100 gátszakadás történt, és ennek megfelelően az elöntött területet is százezer hektárokon lehetett mérni. Gátszakadás kialakulásával kapcsolatos keserű példa tehát van bőven. A korábbi tapasztalatok és a tapasztalatok értékelése kell, hogy vezérfonalként szolgáljon a gátszakadás kialakulásánál az árvízvédekezésben.



13-55. ábra. Gátszakadások számának a megoszlását 10 évenkénti bontásban 1800-tól.

A gátszakadások statisztikáját elemezve megállapítható, hogy a XX. század első felében mint egy varázsütésre visszaesett a gátszakadások száma. Az 1900-1939 évek közötti 40 évben a Kárpát-medencében csak mintegy 70, a mai Magyarország területén 29 db gátszakadást sikerült összeírni, ami első sorban a XIX. század végének nagy gátépítési erőfeszítésével magyarázható. A Béga és Temes folyóknál például a gátszakadások számának csökkenése közvetlenül az első világháború előtt a nagy állami költséggel befejezett folyószabályozás és gátépítés eredménye.

13-12. táblázat. Gátszakadások ismert mechanizmusának megoszlása.

Gátszakadás mechanizmusa	Gátszakadás száma (db)	%
mehágás	434	70,0
altalajtörés	46	7,4
erőszakos átvágás ³⁵	46	7,4
elhabolás	16	2,6
töltéstest tönkremenetele	38	6,1
műtárgy tönkremenetele	24	3,9
egyéb ismert	16	2,6
Összesen	620	100

A gátszakadás mechanizmusának ismerete részben meghatározza a gátszakadás bezárására irányuló tevékenységet is. Sokfajta mechanizmus elvezet a gátszakadáshoz. Kétségtelen tény, hogy azoknál a gátszakadásoknál, melyeknek ismerjük a mechanizmusát a legnagyobb gyakorisággal a meghágás szerepel (13-12. táblázat). A gátszakadás bezárása szempontjából azonban az egyik legfontosabb

³⁵ Az ún. „erőszakos átvágás” bűncselekmény, fel nem hatalmazott személyek és/vagy szervezetek szándékos károkozása, a gát megnyitása.

kérdés a kopolya meglétéhez tartozik. Bizonyos mechanizmusokhoz (mint például a hidraulikus altalajtörés) mindig tartozik kopolya, a többinél a helyi adottságok függvényében alakulhat ki. A gátszakadás elzárásánál a kopolyát célszerű elkerülni.

13.6.2. Gátszakadás elzárás a XIX. században

Tény, hogy a XIX. század második felében a gyenge lehetőségek ellenére csaknem napi feladat lehetett megkísérelni a gátszakadás elzárását. Nem várták meg, hogy a folyó visszatérjen a medrébe, hanem haladéktalanul munkába kezdtek. A rendelkezésre álló viszonylag kevés és mai szemmel rossz minőségűnek mondható árvízvédelmi anyaggal, a maihoz képest fejletlen infrastruktúrával, szakmunkások hiányában csodák sorozatát vitték végbe az árvízvédelmi társulatok mérnökei. Az elfogott gátszakadások közül néhányat a 13-13. táblázat mutat. A társulati mérnökök munkájának alapja a váratlan helyzetekre történő alapos felkészülés volt, ennek köszönhető az elért eredményeket. A gátszakadás kialakulásának kezdete után minél korábban kezdtek hozzá a szakadás elzárásához, annál nagyobb volt az esély arra, hogy hamar el is készül az ideiglenes védmű, az ideiglenes elzárás.

Ez a tudás a nemzedékek váltakozásával megkopott, betudhatóan nagy részben annak is, hogy a XX. század első felében lényegesen csökkent a gátszakadások száma Magyarországon. A XX. század második felében az új gépesített technológiák miatt kicsit lenézetté vált az a kézügyesség, amivel száz évvel korábban sikereket értek el. Jelenleg nem rendelkezünk olyan megbízható technológiával, mellyel képesek lennénk gátszakadás elzárásának hatékony végrehajtására.

Pécs József „Gátvédelem” című könyvének IV. részében 46 oldalon keresztül foglalja össze a gátszakadások elzárásával, mit kell tenni, ha már megnyílt a gát. Könyvének idevonatkozó fejezeteiben nem csak összegyűjtötte a korabeli védekezők ismereteit, de rendszerezte is azokat:

57. §. Legelső teendők gátszakadásnál
58. §. A gátszakadás továbbterjedésének megakadályozása
59. §. Kisebb gátszakadások elzárása
60. §. Nagyobb gátszakadások elzárása földes zsákokkal, töltött rőzsehengerekkel, vagy földdel töltött kasokkal
61. §. Nagyobb gátszakadások elzárása egysorú cölöpözéssel és földeszsákokból készült töltéssel
62. §. Nagyobb gátszakadások elzárása többsoros cölöpzetű körtöltéssel
63. §. Gátszakadások elzárása rőzsepokróccokkal és kosárhengerekkel

A kor technikai színvonalát meghaladó mű még nyolcvan évvel később is verte a hasonló tárgyú szakmai irodalmat, azonban a korabeli geotechnikai ismeretek hiányában az alkalmazott módszerek még csak gyakorlati tapasztalaton alapultak. Pécs munkája alapján valószínűsíthető, hogy a XIX. században minden árvíznél rendszeres probléma lehetett a gátszakadás elzárása.

Ma is érvényes lehet az a gazdasági megközelítés, melyet Pécs József megfogalmazott: „Gátszakadás esetén mindenképp gyorsan át kell tekinteni a helyzetet, számba venni a körülményeket és rögtön határozni a fölött, hogy érdemes-e a gátszakadás elzárására költeni, vagy sem?

- Nem érdemes rá költeni:
 - Ha az elzárással megmentendő terület, illetőleg ha az elhárítandó kár értéke kisebb, mint az elzárás költsége.
 - Ha rövid idő alatt a vízállásnak oly apadása várható, amelynek következtében vagy magától megszűnik az átömlés, vagy az elzárás munkája annyira megkönnyebbül, – anélkül, hogy ezzel szemben az elárasztás által okozható károk aránytalanul növekednének, – hogy később tekintetbe vehető a gátszakadás elzárása.
 - Ha biztosan előrelátható, hogy az elzárás nem fog sikerülni. De ennek a megítélésében nagyon bizonyosnak kell lennünk és a legnagyobb nehézségektől sem kell visszariadnunk; tehát csak az esetben mondjunk le az elzárás megkísérléséről, ha egyáltalában lehetetlennek kell tartanunk az elzárás sikerültét.
- Ellenben a gátszakadás elzárása azonnal munkába veendő:
 - Ha az elárasztás által okozható károk nagyobbak, mint az elzárás költsége.
 - Ha időnyeresre van szükségünk vagy abból a célból, hogy az ártérben lakó emberek menekülhessenek, és becsesebb holmijukat megmenthessék, – vagy pedig azért, hogy az elárasztást szűkebb területre lehessen szorítani az arra alkalmas magaslatokon rögtön emelendő nyúlgátak készítésével, – vagy más egyéb oly okokból, amelyek kívánatosá teszik, hogy a teljes elárasztás minél lassabban történjék, és minél későbbre halasztódjék.
 - Ha még huzamos ideig magas vízállás várható, és ezért sokáig tartó, még magasabb beömléstől lehet tartani.

– Ha bármily csekély eredmény van hozzá, hogy az elzárás sikerülni fog.”

13-13. táblázat. Sikeresen elzárt gátszakadások a XIX. és XX. század első felében.

év	hely	leírás
1813.12.11.	Tisza	Nagy tiszai árvíz, az erős északi szélről felkorbácsolt hullámok a szilléri töltést átszakították, de a szakadást elzárták Vedres István vezetésével.
1860	Tisza bal part,	Tiszakeszínél kisebb méretű, rögtön elfogott gátszakadás, az alkalmazott technológiáról nincs információk.
1860	Tisza jp.	97+500-98+300 Nagykörű felett a "Hidas" érben, a szakadás gyorsan, egy nap alatt eltömetett, Heves-Szolnok-Jászvidéki társ. területén.
1876.02.20.	Béga-csat. jp.	Iktár határában, de hamar betömték, a szakadás hossza 23 m. Temesvári hiv. területén.
1876.02.20.	Fehér-Körös	1876. márc. 2.-án Gyula megmentésére több kilátás van, de földeken a víz folyton terjed, a nagyobb szakadások befogása lassan halad, részint az ár sebessége, részint azok nehéz megközelíthetősége és az anyagok szállításának nehézsége miatt. Az 5 szakadásból eddig 3 van befogva, a negyediken és ötödiken dolgoznak.
1876.03.18.	Tisza jp.	Tiszatardosi gátat még az árvíz alatt helyreállították ideiglenesen. Szabolcs megye.
1877.03.22.	Fehér-Körös jp.	Május 22-én éjjel kiszakadt a gát a Székudvari erdőben, Aradmegyei társ. területén. A víz a főhercegi birtokon vonul le az Oláh rét felé. A 40 méterre szélesedett szakadást 23-án elzárták.
1877.03.23.	Fekete-Körös bp.	Tormászugban május 23-án szakadt át a gát. Három, a helyi újság szerint két helyen az Alsófehérekörösi társ. területén, a víz az Oláh-rétre özönlött, a szakadások összes szélessége 42 méter volt, azokat gyorsan elzárták.
1887.05.22.	Sebes-Körös bp.	Komádi határában a sebesfoki őrház felett, Sebes-Körös társ. 1,38 m vízszint különbség mellett 48 óra alatt elzártott a 120 méter hosszú szakadás.
1887.05.22.	Sebes-Körös bp.	Komádi határában a sebesfoki őrház alatt, Sebes-Körös társ. 1,38 m vízszint különbség mellett 48 óra alatt elzártott a 70 méter hosszú szakadás.
1887.05.30.	Béga-csat. jp.	33 és 34 km között az Ótelekiek átvágták a túlparti töltést, mert a balparti töltéseken veszélyes csúszások keletkeztek, de 30 méter hosszú szakadást egy nap múlva már bezárták.
1879. dec.	Kis-Duna jp.	A decemberi jégzajlás elszegte a Kis-Dunába ömlő nagy víz Eberhard és Dunahidas közti kanyarnál a töltést. A nyílást pilótázással és szádfallal, de fagyos földdel zárták el.
1881.03.10.	Béga jp.	Óteleki község lakossága a túlpartot megnyitotta, mert a Dinnyés-ótelki vonalon 15 db töltéscsúszás keletkezett. A Temes-begavölgyi társulat területén az előntött terület 4600 ha. A szakadás hossza 60 méter.
1881	Tisza bal part	A Szentés-Mindszenti szakaszon a gát frissen épült laza magasztását habolta el és szakította át a hullámzó víz, azonban az ott lévő katonaság gyors közbelépése eredményeként a gátszakadást elzárták dudvázás és karózás segítségével.
1883	Duna bp.	Monostorszegnél először sikerült megakadályozni, hogy a szakadás 15 méternél nagyobbra nőjön, majd a 8 napi munkával kialakított 100 méteres körgát bezárását 0,5 méter vízszint különbségnél fejezték be. A 8 nap alatt az elzárás kétszer átszakadt. A szakadás elzárásnál cölöpöztek és 12000 homokzsákokat dobáltak a vízbe.
1886.06.15.	Béga-csat. bp.	16+800 km-nél, a 16-23 km között épített párhuzammú jelentős visszaduzzasztást okozott, ezért volt az első előntés. Másnapra a 12 méteres szakadást betömték, de az alispán rendelkezése újra kinyitották a túlpart védelmére. Előntött terület 2300 ha.
1886.06.15.	Béga-csat. bp.	16+840 km-nél, a 16-23 km között épített párhuzammú jelentős visszaduzzasztást okozott, ezért volt az árvíz. A 14 méter hosszú szakadást másnapra betömték, de az alispán rendelkezése újra kinyitották a túlpart védelmére.
1886.06.15.	Béga-csat. bp.	16+890 km-nél, a 16-23 km között épített párhuzammú jelentős visszaduzzasztást okozott, ezért volt az árvíz. A 10 méter hosszú szakadást másnapra betömték, de az alispán rendelkezése újra kinyitották a túlpart védelmére.
1887	Béga bp.	24-25 km között. A szakadást még aznap elzárták.
1890	Duna bal part	Dunaszekcsőnél a 65 méter széles és 5 méternél mélyebb gátszakadást 0,5 méteres vízszint különbség mellett zárták el kosár hengerek és rőzsepokrócok felhasználásával.
1890	Duna kopolyai zárógát	A 40 méter széles szakadáson keresztül 4 méternél nagyobb mélységgel tört ki a víz. Kosárhengerek és rőzsepokróc segítségével 1,2 méteres vízszint különbség mellett sikerült a zárás elkészíteni.

1895	Béga jp.	39 km-nél. A még meg nem nőtt szakadást két óra alatt elzárták.
1895	Kutas-csatorna	A csatorna torkolata Szeghalomnál ekkor még nyíltan ömlött a Berettyóba, amit az árvíz hírére elzártak, de átszakadt. A szakadást gyorsan elzárták, ezért az elöntött terület csak mintegy 330 ha.
1909	Váli-víz	Malonta pusztánál, Ercsi-lváncsa társ., a szakadást elfogták. A legnagyobb megnyílás 5 méter volt
1940	Algyői-főcsatorna	A főcsatorna gátját utászok zárták el pilótázással (fa cölöpök leverésével), hossza nem érte el a 10 métert, a tartott vízoszlop meghaladta a 2 métert).
1940	Sebes-Körös	A Trianoni gáton a szakadást fa cölöpök verésével fogták el, a hossza kevesebb, mint 10 méter volt (13-129. kép).

13.6.3. Gátszakadás elzárásával kapcsolatos tapasztalatok, előírások

Amikor a gátszakadás kialakulása elkezdődik két területen kell intézkedni:

- Ki kell nevezni a gátszakadás elzárásának irányítóját, aki meghatározza az elzárás módját és helyét, a szükséges anyagot, létszámot és technikát, és
- Ki kell nevezni a lokalizációs munkák irányítóját, ha nem fog sikerülni a gátszakadás elzárása, milyen lokalizációs feladatokat kell elvégezni, hogy az elárasztott területen ne emelkedjék magasabbra a kiömlött víz, mint amilyen éppen kikerülhetetlen és hol fog történni a vízviisszavezetés.

A gátszakadás elzárás irányítójának a következők szerint kell eljárnia:

1. A gátszakadásánál a töltéscsonkok védelme,
2. Helyszín megismerése: topografikus viszonyok, hidraulikai viszonyok, töltés és altalaj viszonyok feltérképezése,
3. A gátszakadás mélyülésének megakadályozása,
4. A gátszakadás során keletkezett nyílás betömése.

Amikor a gátszakadás kialakulása elkezdődik, – mint ahogy Péch József is megírta – a helyszínen lévő munkaerővel azonnal el kell kezdeni a töltés csonkok védelmét majd a gátszakadás ideiglenes bezárását (13-130.–13-131. képek). Nem az a megoldás, hogy elmenekülünk a gátról, mert itt már semmit sem tudunk tenni, vagy tétlenül fogadást kötünk a gátszakadás várható hosszára. A 13-13. táblázat sikeres adatai bizonyítják, hogy van értelme a gátszakadás elzárásra időt, energiát és pénzt áldozni.

Fontos szempontok a gátszakadás elzárásához:

- Meg kell határozni a gátszakadás mechanizmusát, mert ennek ismeretében hatékony a beavatkozás.
- A gátszakadás elzárásánál a kopolyát célszerű elkerülni, mert jelentős többlet anyagot és költséget igényel.
- Gátszakadás elzárásánál figyelemmel kell lenni arra, hogy a víz nagy sebességgel folyik keresztül a gát megnyílásán. A vízsebesség a bukóképletből számolható.
- A védekezéshez szükséges anyag szállítása legtöbbször az átázott, sáros töltéseken nehézkesen történik, sokszor lehetetlen. Ezért legjobb, ha vízi és légi szállításra rendezkedünk be. Manapság a nagy tömegben légi úton szállított anyag lehet a megoldás a rossz terepi viszonyok elkerülésére.



13-129. kép. Elfogott gátszakadás a Sebes-Körös melletti ún. trianoni gáton 1940. III. 17.

Minden gátszakadás elzárásának az első lépése tehát megakadályozni, hogy a szakadás tovább növekedjen. A töltéscsonk biztosításával elérhető, hogy az átfolyó víz elmosó ereje ne találkozzék közvetlenül a töltés anyagával, az átömlő víz ne mossa alá a gátszakadásban kialakuló függőleges földfalat. A töltés-

csont korai biztosításával el lehet érni, hogy a gátszakadás szélességének növekedése megálljon még a beavatkozás nélküli egyensúlyi helyzet kialakulása előtt. Ha csak annyit tettünk, hogy nem engedjük a gátszakadás megnyílását tovább nőni, már jelentős eredményt értünk el. A gátszakadás megnyílásának növekedése ugyanis óhatatlanul együtt jár a kifolyt vízmennyiség növekedésével, ami pedig azt jelenti, hogy nagyobb lesz az elöntött terület, mélyebb lesz az elöntés, hosszabb ideig tartózkodik az ártéren a víz és több vizet kell visszavezetni a folyóba. Mind a négy tényező a károk és költségek növekedését jelenti.



13-130. kép. Töltéscsont védelme és a gátszakadás bezárása a Sámson-apátfalvi-csatorna szakadásánál 1940-ben.

A szakadás kiterjedésének megállítását célzó munka, a két töltéscsont biztosítása a vízoldalon kissé befelé, töltés felé dőlő fejszakóval oldható meg. A fejszakók, cölöpök távolsága 30-40 cm legyen. A karok leverését a víz felőli oldalon kezdjük. Itt a víz sodra kisebb. A már leverett karok védelme alatt a többi kar is könnyen leverhető. A karosor és a töltés közötti részt ki kell tölteni. Erre a XIX. században rözse, szalma, gaz szolgált, így biztosítva a csontot az elmosás ellen. Manapság célszerűen valamilyen geoműanyag jöhet szóba. A karokat a kimosás ellen a karosor lábvonalaéhoz süllyesztett földzsákokkal, kő, illetve kavicsal töltött zsákokkal biztosíthatjuk. A zsákokat az elsodrás veszélye ellen ki is lehet kötni. Hasonló lehetőség kő gabionok vagy matracok alkalmazása.

A töltéscsontok védelme után az építést is két oldalról kell kezdeni. Ha két foglaló fa közötti rész elkészült, újabb foglalófát kell elhelyezni. Cölöpök segítségével azok között jászolgátat kell építeni (13-129. és 13-130. kép). Legnehezebb az utolsó nyílások beépítése, mert ott már az áramló vízben kialakuló lépcső nagyobb s azzal a víz sodra is erősebb lesz (13-129. kép).

Az alkalmazható módszereket elsősorban a helyszíni viszonyok és a rendelkezésre álló infrastruktúra dönti el. A XIX. század második felének Kárpát-medencei árvízvédekezése sok olyan esetet feljegyzett (13-13. táblázat), ahol egy-két nap alatt a gátszakadást bezárták még jelentős vízszint különbség mellett, azonban ezt nem a torrens vízfolyásokon hajtották végre, hanem olyan helyeken, ahol a nagyvíz tartóssága esetleg hetekben mérhető.



13-131. kép. Zala gátszakadások elzárása 1941.

A két töltéscsontra helyezett talpgerendára fektetett 2-3 db gerendával, vagy fatörzsszel a szakadás áthidalható (13-131. kép). A gerendákat az elmozdulás, elfordulás ellen támaszgerendákkal kell biztosítani. Ha az áthidalás megvan, a befolyás felőli áthidaló gerendához fektetve, kissé az áthidalás felé

döntve, szádfalszerűen cölöpöket, vagy pallókat kell leverni, először hézagosan végighaladva az áthidaláson, azután a hézagokat kitöltve (13-130. kép). Végül a cölöpfal elé és mögé földes zsákokat dobunk, amivel a falat kimosás ellen biztosítjuk, s amivel a jobb zárást elősegítjük.



13-132. kép. Gátszakadásnál kialakuló függőleges földfal az 1980. évi Berettyó bal parti és Kettős-körös jobb parti gátszakadásoknál.

Nagyobb, 10-12 m-es szakadást két soros cölöp-, vagy pallófallal zártak le a XIX. században az alábbi módon. Két áthidaló gerendát fektettek át a szakadáson. Az áthidaló gerendákat támaszcölöpökkel rögzítették, s a szakadás szélénél és a széltől számított 2-2,5 m távolságban foglalófákkal fogták össze. A foglalófák között, a gerendák mellett a belső oldalon olyan cölöpfalat készítettek, melynél a cölöpök távolsága egymástól 20-25 cm volt. A két cölöpfal közötti részt földes zsákokkal, szalmás földdel, vagy szalmaszálalal kitöltötték ki.



13-133. kép. Hosszúfoki gátszakadás bezárása acél szádlemezekkel 1980-ban.

A gátszakadás ideiglenes bezárása az újabb időkben acél szádlemezzel történt. A szádlemezek – hacsak a helyszíni viszonyok mást nem indokolnak – a vízdali töltés lábához kerülnek. A Cs-2 lemezzel elzárt Szeghalmi vész tározó 1980 évi bezárását mutatja a 13-133. kép a vízdali töltés lábánál.

Gyakorlati tapasztalat, hogy a gátszakadás szélén a töltéscsonknál rendszerint függőleges földfal alakul ki (13-132. kép). Az ott áramló víz kikezdi a töltés lábát a fölötte lévő töltés újra függőleges fallal szakad be. Ez a folyamat annál gyorsabb, minél gyorsabban tudja megbontani az áramló víz a töltéscsonk szélét. Ezt a tapasztalatot használták ki az árvízvédekezők a XIX. század végén a gátszakadás további növekedésének megakadályozására, csökkentésére. A függőleges földfalat a töltéscsonkon rézsűsre faragták le az így kialakuló rézsű láb egyidejű védelme mellett. Ezzel a módszerrel kisebb gátszakadás szélesség mellett lehetett egyensúlyi állapotot biztosítani, a gátszakadás elzárására nagyobb lehetőség mutatkozott.

13.6.4. Jelenlegi lehetőségek a gátszakadások elzárásával kapcsolatban

Árvízvédelmi töltéseink belseje még ma is elég sok eredendő hiányosságot és bizonytalanságot rejt. Ezek mellett számos új hiba is keletkezhetett bennük. Ilyenek a mőtárgyak körüli repedések, kiüregelések is. Ezeket folyamatosan kutatni, vizsgálni kell, helytelen lenne arra várni, hogy az árvíz maga jelölje ki a töltés hibás pontjait, kötelességünk azokat éppen árvízmentes időben felkutatni és kijavítani.

A gátszakadás körüli eljárásra nincs előírás, nincs olyan leírás, amit pontról pontra végrehajtva bizto-

sak lehetünk a sikerben. Csak általános szabályok fogalmazhatók meg, olyan alapelvek, melyek betartása mellett az egyéni helyzetértékelésre, a műszaki szemléletre továbbra is szükség lesz. Ahhoz, hogy a védekező szervezet valamit végrehajthasson határozott elképzeléssel, kidolgozott módszerrel, meglévő eszközökkel és begyakorolt személyzettel kell rendelkezni.

Fontos, hogy egy gátszakadás elzárását egy a szakaszvédelmi védekezési szervezettől független kinevezett személy irányítsa, aki a feladatra ki van képezve és a vízszintnek a töltésláb alá csökkenéséig felel a bezárási munkáért.

Annak ellenére, hogy a 2006. évi csúcsdöntő tiszai és dunai árhullámok ellen sikeres védekezés zajlott, nem lehetünk nyugodtak afelől, hogy ez a jövőben is így marad. Nincs például hatékony módszerünk gátszakadás elzárásra, sem kicsire, sem nagyra. Példa volt erre a 2001. évi felső-tiszai árvíz.

A jelenlegi helyzet szerint úgy tűnik, hogy a gátszakadás elzárás stratégiai fejlesztésénél többek között a veszélyes munkakör és a nehéz megközelítési lehetőségek miatt csak kevés megoldási lehetőség körvonalazódik. Egyik lehetséges megoldás lehet ezek közül a 13-147. képen bemutatott módszer, mely kisebb gátszakadások gyors elzárását teheti lehetővé. A másik módszer a helikopterek védelmi anyag szállító képességének kihasználását jelenti (13-138. kép).

13.7. AZ ÁRVÍZVÉDEKEZÉS LOGISZTIKÁJA³⁶

Az árvízvédelemben kulcsszerepe van az ellenintézkedések gyorsaságának. Ezért mind a szervezeti felépítést, mind a döntési szinteket, mind az árvízvédelem logisztikáját úgy kell kialakítani, hogy azok a hatékony védekezést szolgálják. A gyors ellenintézkedések meghozatala nem csak helyismeretet igényel, de a védelmi anyagok és módszerek ismeretét is, valamint kitűnő szervező készséget feltételez. A területet jól ismerő, a speciális árvízvédelmi ismeretekkel rendelkező, a szállítandó anyagokat, a szállítási utakat és szállító gépeket rutinosan alkalmazó, nem utolsósorban megfelelő emberismerettel rendelkező, vagyis a jól képzett árvízvédekezőt az árvízvédelemből kiiktatni a jövőben sem lehet. Az árvízvédekezés sikere nagyon sok esetben a logisztikai feladatok jó megoldásán múlik. Az alkalmazott szállítási módok és védelmi anyagok a lehetőségektől és az igényektől függenek.

Árvízvédekezésnél a munkaidő általában 12 órás (a 24 órás ügyeleti szolgálatot leszámítva), váltások 6 vagy 7 órakor történnek. Éjszaka is van munkavégzés a teljes vertikumban (13-129. kép). Harmadfokú árvíz és rendkívüli készültség idején a vízügyi dolgozóknak védvonal elhagyási tilalom van érvényben.

13.7.1. Az árvízvédelmi osztagok feladatai és felszereltsége

A vízügyi igazgatóságok árvízvédelmi osztagai a vízügy gépesített, gyors reagálású védekező erői. Az osztagok létszáma 40-60 fő között változik. Az osztagok igazgatóságokénti eltéréssel a következő speciális feladatok elvégzésére vannak felszerelve:

- szádlemez verés (esetleg vízről is),
- szivattyúzás,
- térvilágítás,
- vízi szállítás.

Az árvízvédelmi osztagok el tudnak végezni és irányítani minden árvízvédekezéssel kapcsolatos munkát.

³⁶ A logisztika egy széles ismereteken alapuló szervezési feladat. A jelen kézikönyvben a logisztikának csak néhány árvízvédelmi vonatkozású alkalmazása szerepel.



13-134. kép. Árvízvédekezés éjszaka (a vízzel nem lehet „tűzszüneti” megállapodást kötni).

Az éjszakai műszaknak is erősnek kell lennie, és azt sem szabad elfelejteni, hogy átlagosan a 24 óra fele sötétben van.

13.7.2. A védelmi anyag szállításának láncolata

A XIX. században mindent felhasználtak a védekezéshez, ami elérhető közelségben volt és relatíve alacsony költséggel hozzá lehetett jutni: szalma, kátré, kukoricaszár, trágya, stb. A XX. század elejére az árvízvédelmi raktárakban a korábbihoz képest jelentős mennyiségű védelmi anyagot helyeztek el, amire a gyorsaság és az esetenként gyenge szállítási lehetőségek miatt volt szükség. Azonban a gyakorlatban végül úgyis olyan módszerhez folyamodtak, amihez védelmi anyaguk volt. Megváltozott a védekezés az utóbbi 30-40 évben. A védelmi anyagok nagy tömegű gyors szállítása lehetővé tette azonos típusú nagy mennyiségű védelmi anyag szállítását, a védekezés tipizálását a leggyakrabban előforduló „tömeges” jelenségeknél. A védekezés rögtön elkezdhető, mert a leggyakrabban szükséges védelmi anyagok úgymint homokzsák, geotextília, fólia, stb., nagyobb mennyiségben raktározva van. Ennek a nagymennyiségű védelmi anyagnak a helyszínre szállítása fejlett logisztikát igényel.

Hosszú az út, mely elvezeti a homokot a homokbányából a beépítés helyére. Az egyik első logisztikai feladat a zsákolás (zsáktöltés) helyének megválasztása. Rendszerint a következők közül választhat a helyi védekezés irányítója:

Ha a beépítés helyén történik a homokzsáktöltés, akkor zsákot, homokot és lapátot kell biztosítani a védekezők számára. Abban az esetben ajánlható, ha a védekezés helyszíne jól megközelíthető. Ha a megközelítési útvonalak járhatatlanok, akkor is már zsák és lapát bejuttatásával a védekezés elkezdhető, mindig van olyan föld a gát környezetében³⁷, ami felhasználható zsáktöltéshez, és nem rontja észrevehetően az árvédelmi biztonságot (13-2. ábra és 13-2. kép). Ekkor a lapátot és zsákot a védekezők is vihetik a helyszínre.

Homokzsáktöltés a legközelebbi településen (vagy ha a település nem esik útba, akkor valamilyen arra alkalmas helyen, mint például útkereszteződésnél).

Homokzsáktöltés központi töltőhelyen (13-135. kép). Bár nagy szállítási távolság lehet, folyamatos kiszolgálást biztosít és a központi töltőhely készletezési helyet is biztosít.

Homokzsákos védekezésnél a védelmi anyag szállításának láncolatában fontos a homokzsák megtöltése. A homokzsákokat térfogatuk 40-50%-ig kell megtölteni³⁸. Azért, hogy ne kelljen minden zsáknál mérlegelni, hogy mennyi van benne, a zsák térfogat és a lapát mérete alapján a munka elején meg kell határozni, hogy egy zsákba hány lapáttal kell tenni. Gyakran látni külföldi árvízvédekezéskor, hogy dagadtra tömnek a homokzsákokat. Az ilyen zsákok alakíthatatlanok, a körhöz közelítő keresztmetszetükkel egymás mellé helyezve a közöttük lévő hézagok miatt nem vízzáróak.

³⁷ Sok helyen van előkészített homok tartalék depónia a gát mentett oldalán, de végszükség esetén a rámpák és a mentett oldali koronaél is elbontható.

³⁸ Sajtóban is megjelentek olyan téves feltételezést tartalmazó hírek, hogy az árvízvédekezők pazarolnak, mert csak félig töltik meg a homokzsákokat.



13-135. kép. Zsáktöltés a településen szabadtéren és fagyos időben fedett helyen.

A védelmi anyag szállítható a földön (terepen és/vagy kiépített úton), a levegőben és vízben. A védelmi anyag beépítésének helye legjobban légi úton közelíthető meg, legtöbbször a szárazföldi szállítás jelenti a legnagyobb élőmunka igényt.

Az árvízvédelmi anyag szállításánál fontos megszervezni, hogy a gépjárművezetők a kívánt helyre vigyék a szállítmányt:

- tudják pontosan, hogy hova kell szállítaniuk,
- ne hagyják eltéríteni a szállítmányt más védekezési helyre.

Fontosak az emberi tényezők is. Az 1999. évi árvíznél voltak tehergépkocsi vezetők, akik nem mertek burkolt gátkoronára felmenni a víz közelsége és a korona keskenysége miatt, pedig még hullámvíz sem volt (ld. 13.2. fejezet). Ez az eset is rávilágít arra, hogy a természeti erőkkel kapcsolatban milyen sokrétű problémával kell megküzdeni az árvízvédekezésnél.

Az árvízvédelmi anyag szállításánál sokszor átrakóhelyeket kell beiktatni, ahol a közúti szállításról kell váltani másfajta szállításra. Az átrakóhelyeken a különleges problémák a következők:

- Vízi szállításra átrakódásnál rendszerint kicsi a rendelkezésre álló terület (13-136. kép),
- Légi szállításához az átrakó hely éjjel tölthető fel praktikusán.

A homokzsák rendszerint csatláncban kerül az utolsó szállítóeszköztől a beépítés helyére. Ez az a munka, ami nagyon megnöveli az árvízvédekezés élőmunka igényét. Ennek köszönhető, hogy a 2000. évi tiszai árvízvédekezésnél a napi legnagyobb védekező létszám megközelítette a 17 000 főt.

Az árvízvédelmi anyag szállításának láncolatát úgy kell összeállítani, hogy a kapcsolódó szállítások kapacitása megegyezzen. Csak a szükséges mértékű deponálásra és tározásra legyen szükség.



13-136. kép. Homokzsák átrakóhely a gátat megközelítő útnál.

A védelmi anyag szállításának végpontja a homokzsák beépítése. A homokzsák beépítésének gyakorlati ismerete gyorsan elsajátítható. Maga a beépítés nehéz fizikai munka, azt a személyt, aki elhelyezi a homokzsákokat a helyére, gyakran kell váltani.

A beépítés helyére érkezett homokzsákokat le kell rakni. A zsák meg nem töltött felső részét le kell hajtani, majd a két oldalán megfogva (a lehajtást is hozzáfogva) sorban és oszlopban csatlakoztatva a helyére be kell illeszteni. A lehelyezett homokzsákokat a helyén be kell taposni, hogy az alatta és mellette levő üregeket, csatlakozási hiányokat kitöltse. Csak így lesz stabil a homokzsákból készített védelmi mű. Ekkor jöhet a következő zsák.

A vízzel érintkezett homokzsákokat ki kell dobni, nem használható fel a védelmi mű építéséhez, mert a vizes homok a zsákban már nem alakítható jól a betaposással. Ez alól kivételt képeznek azok a homokzsákok, melyeket vízbe kell lerakni.

13.7.3. Védelmi anyag szállítása helikopterrel

A helikopteres anyagszállítás az árvízvédekezés olyan speciális esete, amikor már a védekezési hely megközelítéséhez alkalmazható szárazföldi és vízi szállítási módok kimerültek, lehetetlenné váltak, illetve nem elegendők (13-137.–13-139., 13-143. és 13-144. képek). Az 1998, 1999. évi védekezési tapasztalatok, a helyi körülmények felvetették a légi úton történő anyagszállítás szükségességét, alkalmazási feltételének kidolgozását a Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóságon (13-137. kép).



13-137. kép. Védelmi anyag szállítása légi úton az akolhádi suvadásnál 2000 áprilisában.



13-138. kép. Katonai helikopterek New Orleans árvízvédekezésénél.

Csapadékos időjárási körülmények, illetve fakadó és szivárgó vizes területeken az anyagszállítást PTSZ-szel vagy gumi hevederes erőgépekkel lehet megoldani, azonban a járó talpak által okozott nyomok az amúgy is vékony fedőréteg állapotát rendkívüli mértékben rontják. Ezért a védvonal megközelítést esetleg korlátozni kell.

A légi szállítás térhódítása lehetővé tette a konténer zsákok elterjedését az árvízvédekezésben, ami további lehetőségeket kínált a nagy tömegű rakodás, szállítás szervezéséhez (13-138. kép). A légi szállítás megszervezésének legfontosabb eleme a szállító kötélszerkezetének, hosszának és a helikopterhez történő csatlakozásának megoldása. A MI-8 helikopterek teherbírását figyelembe véve egyszeri szállításkor alkalmazott két, egyenként 10 m hosszú drótkötél használható. A drótkötél egyik vége emelő horoggal, másik vége egy karikával összefogva került legyártásra. A helikopter így egyszerre két konténer zsákokat szállíthatott egyenként 0,8-1,0 tonna tömeggel. A légi úton szállított konténerek a beavatkozási helyen a szükséges mélységig leereszkedve drótkötelestől leoldásra kerültek a helikopterről. A drótköteleket a konténerzsákokról lekasztják, és a drótkötél párok meghatározott mennyiségének összegyűjtése után szükséges egy helikopter leszállása és a drótkötelek elszállítása az ismételt felhasználásra.

A helyszíni beépítésnél a konténer zsákok elhelyezésénél az egyik legnagyobb probléma az, hogy a pilóta nem látja a maga alatti területet, ezért földi irányítással mozog közvetlenül a célterületen. Ilyen körülmények között kell helyére tenni a forgó zsákokat, ráadásul úgy, hogy még ne is zökkenjen nagyot az a két tonna, elkerülve a dinamikus hatást. Ugyanakkor a pilótától és a földi irányítótól függetlenül harmadik személy oldja ki a drótkötelet. Ilyen körülmények között a konténer zsákok szoros beépítése csak álom marad annak ellenére, hogy a helikopter pilóták a lehető legprecízebben végzik munkájukat. Több tényező is nehezíti a pontos lerakást, ilyen például az, hogy a helikopterre akasztott két konténerzsák saját súlypontja körül forog. A beépítés helyén a konténer zsákok pontos beigazítást humán operátor nem végezheti, mert agyonütné a helikopterről leváló drótkötél.

Helikopteres szállításkor az alábbi szervezési feladatokat kell elvégezni még a védekezésre való felkészülés időpontjában:

- a konténer töltő bázisok kijelölése, anyagellátásának megszervezése,
- helikopterrel megközelíthető leszálló és rakodó helyek kijelölése,
- töltő és rakodó helyek között szárazföldi szállítás megszervezése (szállítóeszköz, azok mennyisége, és szállítási útvonal),
- a szállító kötélet visszaszállítása.

Konkrét védekezési munka esetén szükség van:

- a leszálló, rakodó helyek és a védekezési hely útvonalának előzetes berepülése,
- az anyagszállítási igény és körülmények figyelembevételével a szállító helikopterek optimális számának megválasztása,
- a konkrét védelmi beavatkozás (pl. leterhelés, rézsű megtámasztás) technológiai folyamatának meghatározása,
- a beépítés helye és a helikopter közötti kommunikáció megszervezése.



13-139. kép. Védelmi anyag szállítása a Kútréti II. suvadásnál.

A Csongrád-nagyréti suvadásoknál végrehajtott helikopteres védekezési beavatkozás jellemző adatai:

- A rakodó hely és a beépítés hely között a légi útvonal hossza ~3 km,
- 6-7 db MI-8 helikopter folyamatos munkavégzése,
- 2 percenként 2 db konténer zsák beépítése (2x~0,9 tonna =~1,8 tonna homokos kavics leterhelés).

A helikopteres védelmi beavatkozás lehetővé teszi a nagy tömegű védelmi anyag gyors beépítését nehezen megközelíthető területen. A Csongrád-nagyréti suvadásoknál több mint 30 kilométeres egyirányúsított szállítási útvonalat kellett volna kijelölni. A kellő mennyiségű töltött zsák (~ 400-600 konténer zsák megfelel 20-30 ezer homokzsáknak) helyszíni biztosítása egész napos folyamatos munkavégzést tesz lehetővé. Bár a helikopterrel történő védelmi anyagszállítás a legköltségesebb, bizonyos helyeken a védekezésnél nélkülözhetetlen. Ilyen volt a 2000. évi tiszai védekezésnél Tiszajenő térségében az ideiglenesen épített nyúlgát (homokos talajon épített laza szerkezetű tömörítetlen védmű) gátszakadás elleni védelme (13-17. kép és 13-12. ábra). A töltés mentett oldalán is nagy kiterjedésű vízborítás volt az átszivárgó vizek hatására. A védekezés helyét más szállítóeszközzel nem lehetett megközelíteni, csak vállon lehetett volna a homokzsákokat beszállítani. A közel 1,5 m magas, rögtönzött építési módszerekkel készült „nyúlgát” szakadását helikopteres anyagszállítással sikerült elhárítani.

Hosszabb védekezés esetén a helikoptert kiszolgáló bázis éjszakai feltöltése javasolható, amikor repülési tilalom van. Így a teherautók és a helikopterek egymás zavarása nélkül dolgozhatnak.

A helikopteres védelmi anyagszállításnak előnyei, hátrányai és következményei vannak. Kétségtelen előny, hogy nem igényel felvonulási utat, könnyen átirányítható, a gyakorlott pilóták 30-40 cm pontosan helyezik le a terhüket, kevés központi zsáktöltő bázis szükséges, minden más védekezési anyagszállítási útvonaltól függetlenül működik és kevés különlegesen képzett műszaki irányítói tevékenységet igényel. Hátránya, hogy közvetlen környezetében semmilyen más tevékenységet nem lehet folyamatosan végezni a szél és zaj miatt. A helikopteres védelmi anyagszállítás következménye, hogy lényegesen szélesebbek a bordák és egy kicsit szabálytalanabbak is.

13.7.4. Vízi szállítás

Az előző években a 2006 évi árvíz kivételével, a védelmi anyag vízi szállítását kisebb mértékben alkalmazták, mint amilyen lehetőségek vannak, pedig a vízi szállításra a folyón kívül a meglévő hajózási nyiladékok és nagyvíz esetén a töltés melletti sáv is rendelkezésre áll. A védelmi anyag vízi szállítása megoldott (13-142.–13-145. képek) Árvízvédekezéskor a magas víz miatt csaknem az összes töltésezett folyónk alkalmas vízi szállításra. A vízi szállítás szárazföldön nehezen megközelíthető helyek árvízvédekezéséhez nyújt megközelítési módot. Nem szabad megfeledkezni a folyón történő keresztirányú szállításról sem. A túlsátról esetleg jobban és könnyebben kiszolgálható egy védekezés vízi szállításával!

A beavatkozás közelében – például kompátjárónál vagy rámpánál – lehetőleg burkolt útnál kikötőt kell kialakítani, a védelmi anyag mozgatása érdekében (13-141. és 13-136. kép).



13-139. és 13-140. kép. Ideiglenes kikötők kialakítása árvízvédekezéskor.

A vízi szállítás önmagában is rendkívüli jelentőséggel bír, de hatékonysága akkor derül ki igazán, amikor esőzés miatt a korona és a mentett oldali töltésláb járhatatlanná válik. Az árvízvédekezés ideje alatti vízi szállítás a következő feladatokat jelenti:

- operatív tevékenységek,
- vízről védekezés, bevédések, biztosítások építése,
- szállítási feladatok végrehajtása, úgymint személy és eszközszállítás, gép és anyagszállítás,
- megfigyelési és ellenőrzési feladatok,
- katré és uszadék eltávolítás,
- egyéb kiegészítő- és kiszolgáló tevékenységek
- gátszakadás elzárási (szádfal verési) munkáknál felvonulás és eszköz biztosítása,
- mentési feladatok.



13-141. kép. Ponton vízre helyezése a 2006. évi árvíznél.



13-142. kép. Ömlesztett anyag vízi szállítása az 1970. évi árvíznél.

Előkészítő és munkaszervezési feladatok a vízi szállításnál a felkészülési időszakban:

- felvonulási és állomásoztatási helyek kijelölése,

- parti kapcsolódási helyek kijelölése – rakodási helyek,
- fővédvonal és hajóút közötti vízi utak felderítése, ellenőrzése,
- hajózási nyiladékok állapotának felmérése, tisztántartása,
- töltés előterek hajózhatóságának ellenőrzése, a megfelelő méretek akadálymentességének biztosítása,
- vízi járművek állomásoztatásának és logisztikai ellátásának biztosítása,
- vízretételi és sólyázási lehetőségek kijelölése,
- védekezés elrendelésének időpontjában – az előrejelzések ismeretében,
- készenléti szolgálat felállítása,
- a kijelölt állomáshelyekre történő felvonultatás végrehajtása,
- anyagmozgatási és szállítási tervek előkészítése.

A balesetvédelmi előírásokat a hajókon és vízi járműveken árvíz idején is be kell tartani! A balesetek megelőzése érdekében fontos megjegyezni, hogy az utóbbi 50 évben csaknem az összes árvízvédekezési halál a vízi közlekedéssel volt kapcsolatban.



13-143. kép. Vízi és légi szállítás a Csongrád-Nagyréti első suvadásnál.



13-144. kép. Vízi szállítás a Hármaskörös jobb parton a Kútréti I. suvadásnál.



13-145. kép. 2006-ban olyan magas volt a víz, mintha a töltés koronaszintje felett úszna a ponton.

13.7.5. Szárazföldi anyagszállítás kiépített úton

Az utóbbi időben a gátkoronán történő közlekedésnél a kisteherautós védelmi anyagszállítás egyre jobban elterjedt. A kisteherautók kevésbé szántják össze a burkolatlan koronát, illetve nem törik össze a burkolt koronát, az alacsony plató miatt a rakodás, ürítés is gyorsabb (13-141. kép). A kisteherautókkal esetleg kétirányú forgalmat is ki lehet alakítani egyes helyeken, amit a nagy teherautókkal nem.



13-146. kép. Védelmi anyag szállítása kisteherautóval.

Helyi vízkárnál vagy a kitörő vizek vándorlásánál gyakran előfordul, hogy a víz hosszabb-rövidebb szakaszon elmossa a kiépített utat, lehetetlenné válik a védelmi anyag szállítása, a lakosság ellátása. A közúti forgalom fenntartásában nagy segítséget jelentenek a hídvetők (13-147. kép).



13-147. kép. Hídvetővel gyorsan helyreállítható a forgalom az elmosott gáton (Fargo árvíz 2001), és a gátszakadás elzárás is mehet oldalra billentéssel.

13.7.6. Szárazföldi anyagszállítás terepen

Az 1999 óta eltelt években a honvédségi lánctalpas PTSZ-el történő védelmi anyagszállítás bizonyította kitűnő alkalmazhatóságát (13-148. és 13-150. kép). Több napon keresztül ugyanazon az útvonalon haladó járművek azonban olyan sarat képesek dagasztani, hogy ezek a kételtű gépek is felfekszenek, elakadnak. 2006-ban ennek megakadályozására dorongút készült a Csongrád-Nagyréti védekezésnél (13-149. kép). A nehéz terepviszonyokra készült Ural tehergépkocsik is jól vizsgáztak az árvízvédekezésben.



13-148. kép. Szárazföldi anyagszállítás terepen. Az is előfordul, hogy a különben jól hasznosítható PTSZ-ek elakadnak, egymást próbálják kihúzni.



13-149. kép. A Csongrád-Nagyréti suvadásnál a PTSZ-ek úgy összezárták a területet, hogy a kép bal alsó sarokban látható dorongút építése vált szükségessé.

Szárzsföldi anyagszállítás nagyon fontos láncszeme a helyszínre érkezett védelmi anyagnak a beépítés végső helyére juttatása. Ez a hely rendszerint gépekkel nehezen megközelíthető, a homokzsákok csatárláncban kerülnek a helyükre. Ebben a sok élők munkát igénylő folyamatban gyakran kell a rézsún fel vagy lejuttatni a védelmi anyagot. A gépesítés itt is sok élők munkát kiválthat, ld. például a 13-149. kép közepén, vagy a 13-150. kép látható szállítószalagot. Ugyancsak segítség és a munka jelentős könnyítése, gyorsítása, ha a rézsún lefelé fólián vagy műanyag félcsőben csúszik le a homokzsák (13-151. kép).



13-150. kép. Szállítószalag viszi át a víz felett az árvízvédelmi anyagot.



13-151. kép. Műanyag félcső és fólia segíti az árvízvédelmi anyag mozgatását a rézsún.

13.7.7. Árvízvédelmi út építése

A 2000. évi árvízvédekezéskor nagy mennyiségű, több mint a 24 000 tonna kő beépítésére került sor Tiszasúly térségében. Az egy nap alatt leszállított és beépített kő átlagosan 3000 tonna volt. A kőből készült védművek funkciójuk szerint két csoportba sorolhatók:

- a megközelíthetetlen veszélyeztetett szakaszokhoz feltáró, megközelítő útként funkcionáló,
- a megcsúszott töltésrézsűk lábazati megtámasztását szolgáló utak.

Az árvíz még nem tetőzött Tiszasúlynél, amikor a Kolopi-rámpa felett 100-150 méterre az első töltés-repedések és megcsúszások keletkeztek a mentett oldali padka külső éle környezetében (13-152. kép). A megcsúszott részek bordás megtámasztása azonnal megindult, amivel a közvetlen veszély elhárításra került. A védelemvezetésben felmerült a kérdés, mi történik, ha a vízszint tovább nő és a nyúlgáton keresztül elnedvesedett töltéskorona járhatatlanná válik, illetve ha a nagy erővel megindult védekezés ellenére a mozgás tovább folytatódik és hátráló mozgással a következő repedések már a töltéskoronáról indulnak és ezen ok miatt válik járhatatlanná a gátkorona.

A töltés mentett oldali lába PTSZ-el nem volt megközelíthető a közeli erdősáv miatt. A védekezés folyamatosságának biztosítására kőből készült út építése vált szükségessé. A tervezett útépités paraméterei a következőkben fogalmazódtak meg:

- támaszkodjon a töltéslábhöz minden olyan helyen, ahol védekezési tevékenység még nem volt

(megelőző védekezés).

- a védekezési tevékenységek helyét (ahol már volt bordás megtámasztás) szorosan kerülje ki,
- az út 60-80 cm vastagságú 5-7 m szélességű legyen (13-152. kép),
- a kő geotextíliára helyezett geohálóra kerüljön hátrabillentéssel.

Az így megépített út lehetővé tette:

- a védelmi anyag folyamatos beszállítását,
- a töltésből kifolyó vizek ki- illetve elvezetését,
- az altalajból a víz szűrőzött elvezetését,
- szükség esetén a bordás megtámasztás növeléséhez az út megfelelő alapul szolgálhatott,
- a geotextíliának elválasztó szerepe volt, nem nyomódott bele a kő a lágy mentett oldali felszíni talajba,
- a geoháló feladata a teherelosztás volt.



13-152. kép. Árvízvédelmi út építése, mely megtámasztja a töltést és ellennyomást ad az altalajnak.

Az árvízvédelmi útépítésnél nehézséget okozott:

- a közúton közlekedő 30 tonnás kamionok a gátat nem tudták megközelíteni, átrakó helyet kellett építeni a gát és a közút közé,
- a geotextília illetve a geoháló nem volt országos árvízvédelmi készlet, úgy kellett „levadászni” és begyűjteni a szükséges mennyiséget építkezésekről nagypénteken, illetve ünnepek alatt,
- az útépítéssel egy időben folyt a védekezési tevékenység.

Az egyre gyakoribb, egymást követő rézsúcsúszások szükségessé tették a műút és a töltés között a bekötőút, valamint töltéslábbal párhuzamosan védelmi út építését a Kolopi-rámpa alatti szakaszon is. Az út szerkezeti felépítése megegyezett a lábazati leterhelés műszaki megoldásával, csak vastagsága kisebb, 0,3 – 0,5 m volt. Az alkalmazott két műszaki megoldás együttes hossza 2850 m-ben adható meg.

A nagytömegű anyagszállítással egyre nagyobb igény jelentkezik a védekezési helyek megközelíthetőségére, az árvízvédelmi gáton történő szállításra. A 2006. évi árvízvédekezéskor Kunszentmártontól délre épült bekötőút az árvízvédelmi gát jobb megközelíthetősége érdekében. A 13-153. kép tanúsága szerint egy átrakóhely kialakításánál készül zúzottkőterítés azért, hogy esetleges eső esetén is járható terület álljon rendelkezésre.



13-153. kép. Homokzsák átrakóhelyhez
térkialakítás épül.



13-154. kép. A megáradt víz kiszámíthatatlan,
ne menjen bele, csak ha már semmi más lehe-
tőség nincs!