

FOLYÓ- HELYREÁLLÍTÁSI ESZKÖZTÁR

INTÉZKEDÉSEK A HORDALÉKEGYENSÚLY
JAVÍTÁSA ÉRDEKÉBEN AZ ÖTOLDALÚ
MURA—DRÁVA—DUNA BIOSZFÉRA-REZERVÁTUM
TERÜLETÉN



© Revital



A projekt Európai Unió társfinanszírozásban valósul meg (ERDF, IPA alapok),
DTP-308-2.3-lifeline MDD



© Johannes Kostenzer





© Johannes Kostenzer



Tartalomjegyzék

4	Előszó	40	Tervezési modul M06 Eróziót irányító művek
5	Összefoglalás	45	További hordalékmobilizálási stratégiák
6	Bevezetés	46	Szójegyzék
12	Kulcsfontosságú lépések	48	Felhasznált irodalom
14	Tervezési eszközök	50	Impresszum
16	Eszköztár és tervezési modulok		
20	Tervezési modul M01 Erodálható partok („szakadó- partok”)		
24	Tervezési modul M02 Mechanikus szélesítés		
28	Tervezési modul M03 Vezérárok		
32	Tervezési modul M04 Árterek süllyesztése		
36	Tervezési modul M05 Hordalék-utánpótlás		



© Revital





© WWF

Előszó

A *Folyó-helyreállítási eszköztár* lényegre törő információkat tartalmaz azokról a módszerekről, amelyek a revitalizáción keresztül megvalósuló hordalék-utánpótlás esetén használatosak és kombinálhatóak.

A téma aktualitását mutatja, hogy a hordalékhiány és az abból eredő mederbevágódás és morfológiai dinamikaveszteség együttesen az egyik legnagyobb vízépítő-mérnöki és ökológiai problémát jelentik az Ötoldalú Mura–Dráva–Duna Határonkon Átnyúló UNESCO Bioszféra-rezervátum (TBR MDD) térségében.

Az eszköztár „tervezési modulok” közül válogat, amelyek nem csak önmagukban, hanem egymással vagy más módszerekkel kombinálva is alkalmazhatóak annak érdekében, hogy elősegítsék a hordalék-utánpótlást a természetes eróziós folyamatok beindításával. Az alapmodulokhoz tervezési lépések és tervezési eszközök társulnak.

A *Folyó-helyreállítási eszköztár* a lehetséges intézkedések keretrendszerét ismerteti. Folyórestauráció esetén mindig részletes, interdiszciplináris, hidraulikai és hordalékmodellekkel alátámasztott tervezési lépésekre van szükség azért, hogy a későbbiekben elfogadható intézkedések, valamint azok megfelelő kombinációi kerüljenek meghatározásra, majd végül megvalósításra.

Az eszköztár nem konkrét, térbelileg meghatározott revitalizációs intézkedésekre tesz javaslatot, nem helyettesíti azokat a tervezési folyamatokat, amelyeket figyelembe kell venni az adott területre jellemző feltételek keretrendszerében.

Az eszköztárat nem csak vízügyi szakemberek figyelmébe ajánljuk, szintén hasznos biológusok, tájépítészek, közvetlenül a fenntartásban érintettek és a téma iránt érdeklődők számára az ártéri ökoszisztémák kezelése során.

Az eszköztárral motiválni szeretnénk az olvasót olyan megoldások alkalmazására, amelyek a hordalék-utánpótlást célozzák vagy azt részesítik előnyben más mérnöki megoldásokkal szemben. Ez többszörösen kifizetődő, mert a helyi mederanyag mozgatására irányuló intézkedésekből származó haszon más területeken is jelentkezik.

A *Folyó-helyreállítási eszköztár* alkalmazása remélhetőleg széles körben elterjed, így az elöntések biztosításával a különleges értékű képviselő ártereken tovább növekedhet azok diverzitása és rekreációs vonzereje.

Összefoglalás

A Mura, Dráva és Duna (MDD) folyók képezik a Duna-medence egyik legértékesebb vízi folyosóját, amely a világ első, öt országon átnyúló UNESCO bioszféra-rezervátuma. A mesterséges emberi beavatkozások és természetes folyamatok következtében a vízi folyosón belüli folytonosság több helyen sérült. A lifelineMDD projekt célja a Mura–Dráva–Duna folyosó ökológiai kapcsolatainak és biodiverzitásának helyreállítása és védelme különböző ágazatok együttműködésén keresztül.

A folyó-helyreállítás stratégiájának kidolgozása biológiai indikátor hal- és madárfajok, a hordalékszállítás, a folyószabályozási építmények vizsgálatán, valamint hidrológiai és klímaváltozással kapcsolatos kutatásokon alapul. A vízügyi és természetvédelmi hatóságok közötti különböző ágazatokat érintő, kísérleti restaurációs eljárások által alátámasztott tanulási folyamatok erősítik a kompetenciafejlesztést és kooperációt minden kulcsfontosságú érdekelt között. A civil szervezetek, a helyi és nemzeti döntéshozók és a lakosság bevonása elősegíti a tudatos hozzáállást és a fenntartható eredményeket.

Az élő és élettelen környezettel kapcsolatos vizsgálódások és korábbi tanulmányok rámutattak, hogy az emberi beavatkozások következtében fellépő hordalékhiány (pl. a vízerőművek gátjai által felfogott vagy a mederből kitermelt hordalék) köz-

ponti probléma a Mura, Dráva és a Duna esetében. A *Folyó-helyreállítási eszköztár* azokra az intézkedésekre fókuszál, amelyek csökkentik ezek negatív hatásait.

Különösen azokra a módszerekre helyezi a hangsúlyt, amelyek elősegítik az oldalirányú és hosszirányú folytonosságot, elősegítik a hordalékszállítást, valamint javítják a medermorfológiát és a hordalék-egyensúlyt. Az eszköztár olyan tervezési szemléleteket foglal magába, amelyeknek célja, hogy ellensúlyozzák a meglévő mederbevágódást és az árterek elzáródását a folyóktól (holtágak, ártéri erdők, mocsarak és a víz megtartására alkalmas más területek).

A *Folyó-helyreállítási eszköztár* a projekt-partnerekkel egyeztetett, közösen kiválasztott kulcsfontosságú tervezési modulok leírását tartalmazza. Ezek a modulok a következők:

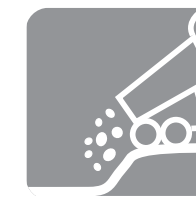
- Erodálható partok („szakadópartok”)
- Mechanikus szélesítés
- Vezérárok
- Árterek süllyesztése
- Hordalék-utánpótlás
- Erőziót irányító művek

A tervezési modulok, az alkalmazásuk és lehetséges kombinációik vízpépítési, hidrológiai és morfológiai nézőpontból kerültek meghatározásra, felhasználva korábbi, a régióban megvalósított projektek során

gyűjtött tapasztalatokat. A határokon átívelő bioszféra-rezervátumban történt intézkedések során fellépő kihívásokkal és hatásokkal szükséges foglalkozni. A jó gyakorlatok, amit nemcsak a Mura, Dráva és Duna, hanem más, közép-európai régióban található folyók kapcsán dolgoztak ki, megmutatják, hogy a helyi beavatkozások hogyan képesek:

- áttörni a szabályozott és kiegyenesített szakaszok szűkületeit,
- mobilizálni a part és az ártér hordalékanyagát,
- teret engedni és elősegíteni a folyó dinamikus folyamatait, közelítve a természetes állapotukhoz, és
- csökkenteni a medret érő nyomást és süllyedési folyamatokat.

A *Folyó-helyreállítási eszköztár* része egy átfogó, határokon átívelő stratégiai, jövőbeni intézkedésekre hangsúlyt helyező keretrendszernek, amely kutatásokon, kísérleti projekteken és közös ismeretszerzésen alapszik. Az eszköztár hozzájárul az ökológiai folyosók fejlesztéséhez és az érdekeltek együttműködésének elősegítéséhez a Mura, Dráva és Duna területein.





© Goran Šafarek

1. ábra: Dinamikus Mura–Dráva összefolyás Légradnál (Horvátország)

Bevezetés

A Mura–Dráva–Duna élő rendszere

2021. szeptember 15-én az UNESCO hivatalosan is kihirdette a Mura–Dráva–Duna Bioszféra-rezervátumot. Az 5 országot érintő bioszféra-rezervátum a világon egyedülálló a maga 13 védett területével és Ausztriától Szlovénián, Magyarországon, Horvátországon át haladva egészen Szerbiáig érő folyórendszerével (6. ábra).

Értékes ártéri erdőivel, kavicsos és homokos partjaival, szigeteivel és morotváival az új Ötoldalú Mura–Dráva–Duna Határokon Átnyúló UNESCO Bioszféra-rezervátum (TBR MDD) rendkívül változatos területeket ölel fel. Itt található Európa legnagyobb rétisas-populációja, és mindamellett, hogy a rezervátum otthont ad vidráknak, hódoknak és a súlyosan veszélyeztetett tokféléknek, éves szinten több mint 250 000 vonuló madár fontos pihenőhelye.

A folyó és árterületei azonban nem csak a biodiverzitás megőrzése szempontjából jelentősek, hanem megélhetést biztosítanak a helyi lakosok számára. A természetes folyók talajvízre gyakorolt hatásukkal és öntisztító képességükkel fenntartják a part menti erdőket és mezőgazdasági kultúrákat, valamint ivóvizet is biztosítanak. A hullámtér az árhullámok természetes levezetése mellett szórakozási, üdülési lehetőséget nyújt a helyi lakosság számára.

Morfológiai változatosság

A TBR MDD területén az egyenestől a fonatoson át a meanderezőig minden folyótípus megtalálható (2–6. ábra). Az osztrák–szlovén határ mentén a Mura eredetileg fattyúágas, kavicsos medrű folyó volt. Távolabb, az alsóbb szakaszokon kanyargós, meanderező típusúvá válik, továbbra is megtartva kavicsos medrét.

A Dráva ausztriai felső szakasza eredetileg alpi folyó, ami részben egyenes, részben pedig kanyargós vagy fattyúágas. A Murával való összefolyás feletti szakaszon fonatos folyórendszerre alakul, több mellékággal. Az összefolyás alatt a Dráva egykor átmenetet képezett a meanderező és fattyúágas típusok között. Medrének anyagát kavics és durvaszemcsés homok alkotja. Ez elősegíti a gazdag morfológiai diverzitás kialakulását.

A Duna és Dráva összefolyása felett a Duna medre meanderezőként írható le néhány mellékággal és homokos hordalékkal. Az alsóbb szakaszokon hatalmas síksági folyóvá változik homokos mederrel, kanyarolatai és fattyúágai mentén megjelenő magaspartokkal.

Restaurációs beavatkozások esetén figyelembe kell venni az egyes szakaszok morfológiai jellegzetességeit.





2. ábra: A Mura fonatos szakasza a szlovén–horvát határ mentén



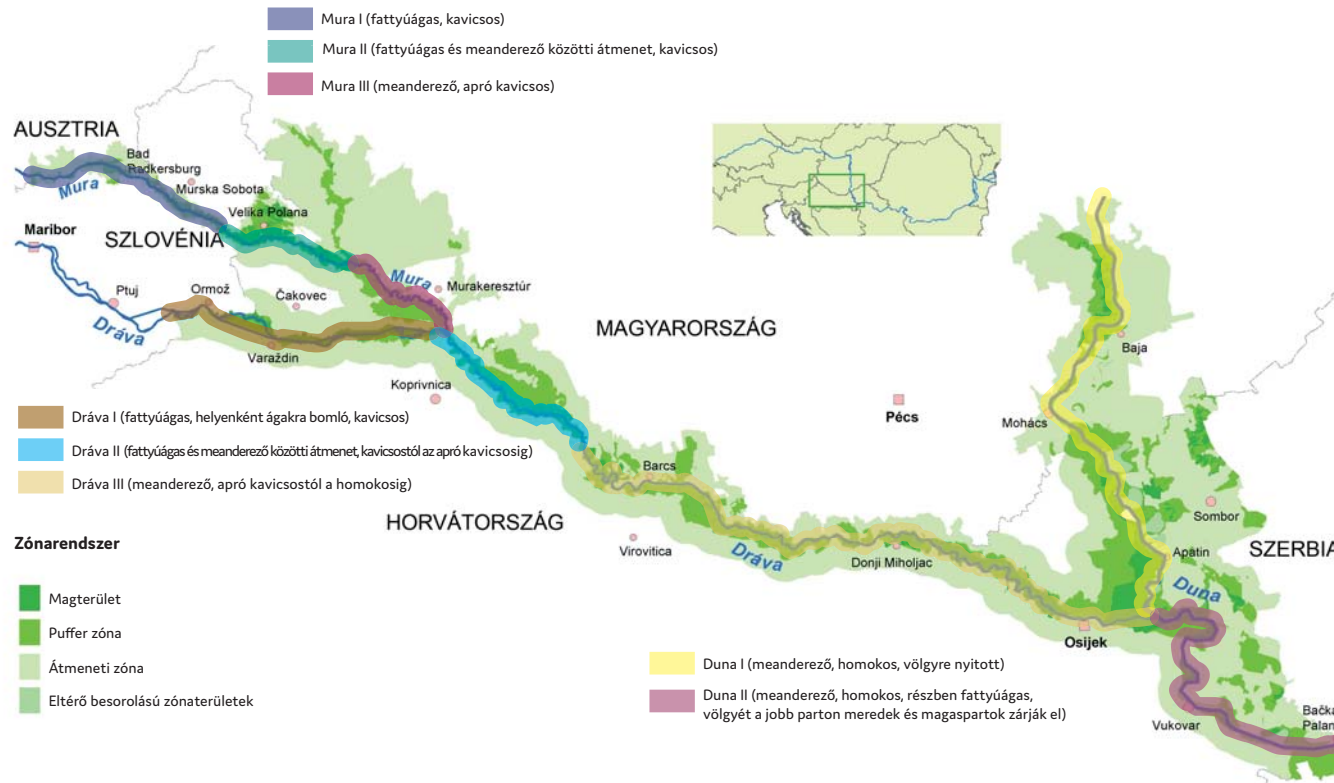
3. ábra: Természetközeli Dráva-szakasz mellékággal és nagy kiterjedésű kavicszátányokkal Horvátországban



4. ábra: Meanderező Alsó-Dráva



5. ábra: Duna a Kopácsi-rétnél



6. ábra: A Mura, Dráva és Duna morfológiai referenciaállapota az Ötoldalú Mura–Dráva–Duna Bioszféra-rezervátumon belül (Schwarz 2014; szerkesztett)

Szakasztípus	Morfológiai referenciaállapotok
Mura I	Mérsékeltten fattyúágas folyó kisebb mellékággal, közepes méretű, kavicsos síksági folyó
Mura II	Átmeneti típus a fonatostól a kanyargós, meanderezőig, mérsékeltten fattyúágas, kisebb mellékággal, közepes méretű, kavicsos síksági folyó
Mura III	Meanderező, egy főmedres folyórendszer, néhány mellékággal, közepes méretű, kavicsos síksági folyó
Dráva I	Túlnyomórészt fonatos folyórendszer, fattyúágas, sok kis mellékággal, kisebb lejtéssel; több kanyarulat és kevesebb mellékág, hatalmas, kavicsos síksági folyó
Dráva II	Átmeneti típus a Dráva I-ből (lásd fent) a kanyargós, meanderező típusig, csak részben fattyúágas, hatalmas síksági folyó, kavicsos és durva homokos meder
Dráva III	Meanderező egymedres folyórendszer, számos kis mellékággal és tipikus ártéri vizekkel, hatalmas síksági folyó, homokos meder
Duna I	Főleg egy, erősen meanderező főág néhány mellékággal, homokos, hatalmas síksági folyó
Duna II	Részben fattyúágas, hatalmas, homokos síksági folyó, a déli parton meredek löszteraszai mentén csonka kanyarulatokkal



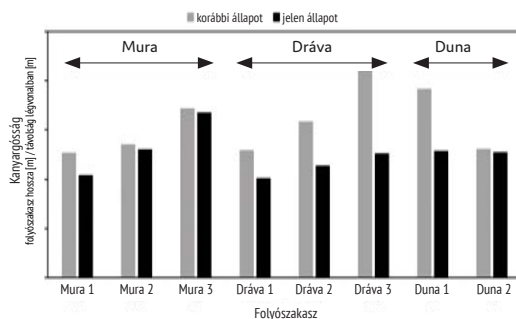
Problémák

Amikor a 19. és 20. században megnövekedett az igény a mezőgazdasági területek, infrastruktúra és településfejlesztés iránt, fontosabbá vált az árvízvédelem is, így megkezdődött a Mura, a Dráva és a Duna szabályozása. Mederszakaszokat egyenesítettek ki, és a folyók vizét védett partok közötti keskeny csatornába terelték (Habersack & Piegay 2007).

Folyószabályozás

A folyószabályozási műtárgyak, mint a sarkantyúk, árvédelmi töltések, partvédművek megépítése az árterek vagy természetes teraszok elvesztését vonta maga után. A kanyarulatok átvágásával és kiegyenesítésével a folyók jelentősen megrövidültek (7. ábra).

A folyópartok állapota a TBR MDD határain belül mindössze 9%-ban (189 km-en) tekinthető természetesnek és 38%-ban (765 km) mondható természetközelinek. A folyószabályozási művek megépítése a partok több mint 53%-át (1081 km) érintette (14. ábra).



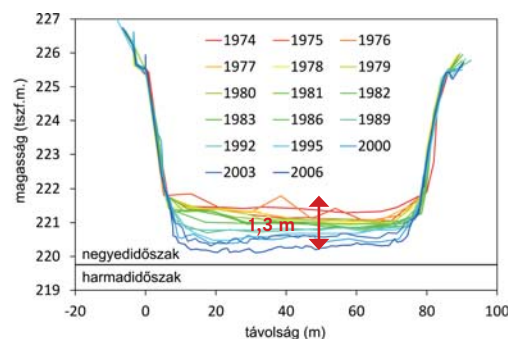
7. ábra: A folyókanyarulatainak egykori és jelen állapota (Klösch et al. 2022, Schwarz 2022 alapján)

FOLYÓ-HELYREÁLLÍTÁSI ESZKÖZTÁR

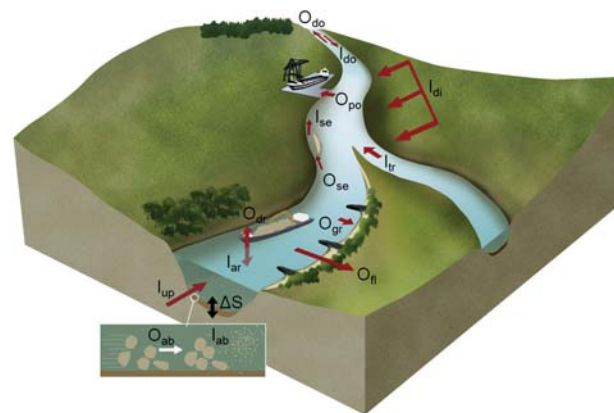
Felborult hordalékegyensúly

A folyók hordalékmennyisége számos tényezőtől függ (9. ábra). A természetes, dinamikus folyami ökoszisztéma fenntartásához elengedhetetlen a kiegyensúlyozott hordalékhoz tartás. Természetes állapotában a folyók kavics- és homokszállítása akadálytalan. A vízerőművek tározói sokszor jelentősen csökkentik az alsóbb szakaszokra jutó hordalék mennyiségét, de minden esetben megváltoztatják a természetes évszakos dinamikát és folyamatokat.

A hordalékhozamot csökkentő folyamatok egyben a meder süllyedését is fokozzák. A kialakult hordalékhiány a felborult hordalékegyensúly következménye, mivel a hordalék-szállítás folytonossága a gátak és mederkotrás miatt megszakad. A partvédművek pedig a folyó oldalirányú mozgását és a partoldal megbontását akadályozzák. A Duna-deltába és a Fekete-tengerbe jutó lebegtetett hordalék mennyisége az elmúlt évszázadban mintegy 60%-kal csökkent (10. ábra).



8. ábra: A Mura osztrák-szlovén szakaszának mederkeresztmetszete 1975–2006. A mederbevágódás eléri az 1,3 m-t. A kavicsréteg mélysége az alapot képező finomszemcsés hordalék fölött helyenként kevesebb mint 0,5 m, ami előre jelzi a folyómeder áttörését (Klösch et al. 2021)



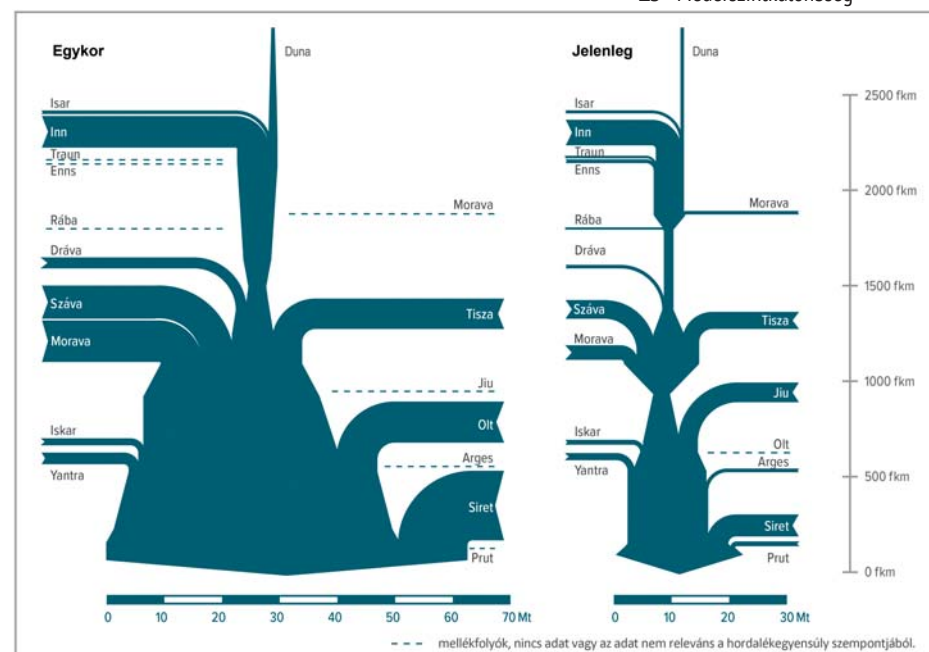
9. ábra: A folyó hordalékegyensúlyát meghatározó tényezők (Hillebrand & Frings 2017)

Hordalék bekerülése

- I_{up} Felső szakaszokról érkező hordalék
- I_{tr} Vízyűjtőről érkező hordalék
- I_{se} Mellékágakból érkező hordalék
- I_{di} Egyéb területekről származó hordalék (pl. parterózió)
- I_{ar} Mesterséges hordalékbevitel
- I_{ab} Durvább szemcséjű kövek abrázója általi hordalékképződés
- I_{or} Alsó szakaszokon bekerülő hordalék

Hordalék kikerülése

- O_{do} Hordalék kiáramlása az alsó szakaszokba
- O_{se} Hordalék kiáramlása mellékágakba
- O_{dr} Hordalék kivétele kotrással
- O_{gr} Hordalék kivétele sarkantyúmezők megépítéséhez
- O_{fl} Hordalék kikerülése hullámtéren
- O_{po} Hordalék kikerülése kikötőkben
- O_{ab} Abrázión keresztül kikerülő hordalék
- ΔS Mederszintkülönbség



10. ábra: A Duna folyórendszerének lebegtetett hordaléka egykor és ma (Habersack et al. 2019a)



© Revital

11. ábra: A folyómeder bevágódásának súlyos és költséges következményei lehetnek, mint például alámosott partok vagy instabillá váló hídalapok



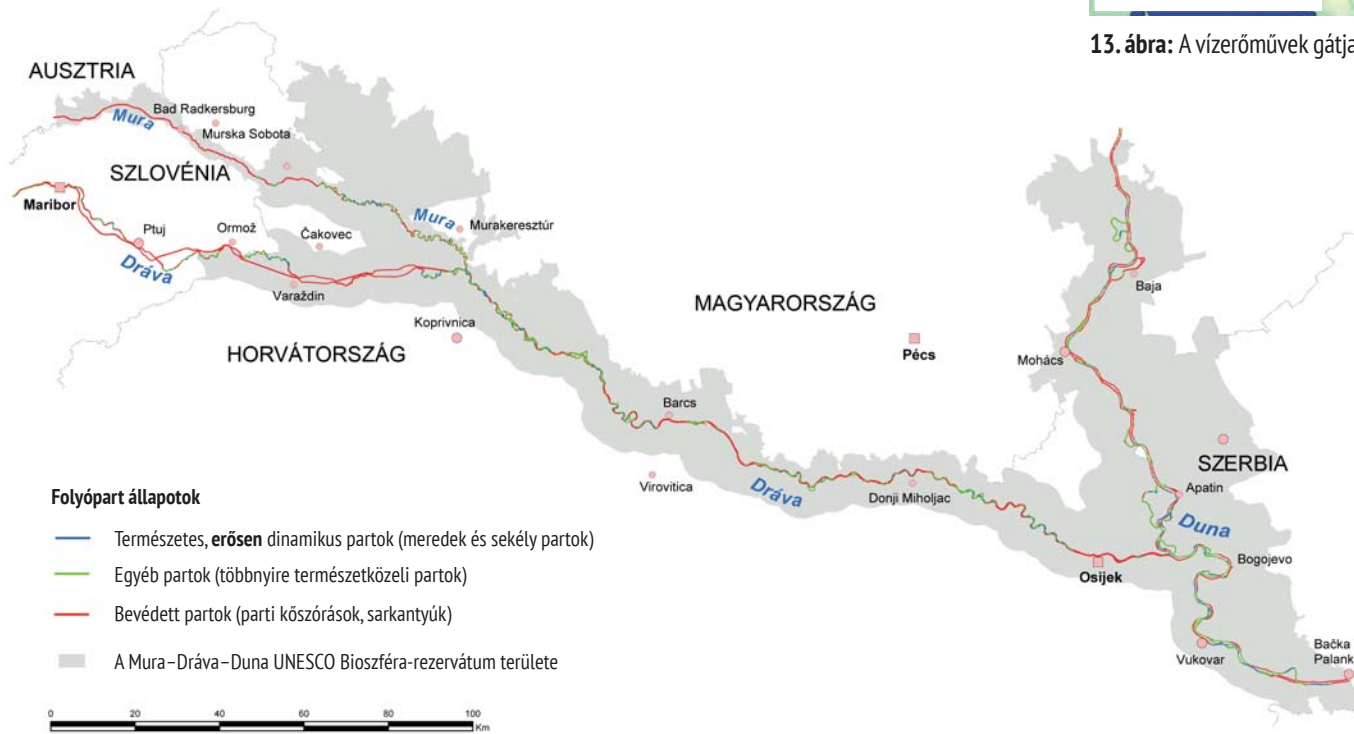
© WWF

12. ábra: A mederkostrások miatt nagy mennyiségű hordalék (kb. évi 200 000 tonna) kerül ki a folyami rendszerekből, aminek visszapótlása nem történik meg



© FLUVIUS

13. ábra: A vízerőművek gátjai visszatartják a hordalékot a TBR MDD vízgyűjtő területein



Folyópart állapotok

- Természetes, erősen dinamikus partok (meredek és sekély partok)
- Egyéb partok (többnyire természetközeli partok)
- Bevédett partok (parti kőszórások, sarkantyúk)
- A Mura-Dráva-Duna UNESCO Bioszféra-rezervátum területe



14. ábra: A folyók partjának állapota a Mura, Dráva és Duna mentén a határokon átnyúló Mura-Dráva-Duna Bioszféra-rezervátumon belül (Schwarz 2022 alapján)



© Osztrák Állami Levéltár



© Basemap

15. ábra: Az Ausztriát és Szlovéniát összekötő Mura folyó szabályozás során megrövidített szakasza. Fent: Második katonai felmérés 1821–1836, Lent: ortofotó 2006



Szükséges intézkedések

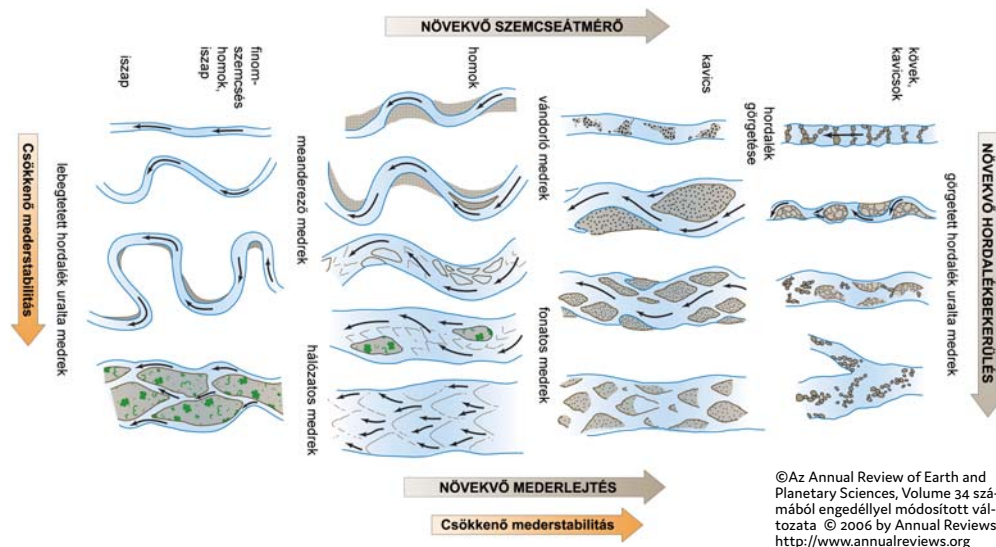
A Mura, Dráva és Duna rendszerében az utóbbi évtizedekben felbomlott az erózió, a hordalékszállítás és -lerakódás egyensúlya. Sok vízerőmű épült és azok gátjai visszatartják a hordalékot a TBR MDD vízgyűjtő területein (13. ábra). Az élő folyók számára a hordalékegyensúly fenntartása szükséges, mert csak így őrizhetők meg a változatos élőhelyek és ökoszisztéma-szolgáltatások (16. ábra).

A TBR MDD területein azonnali beavatkozások szükségesek a megfelelő hordalékház-tartás visszaállítása, a folyómeder süllyedésének megállítása és a folyódinamika javítása érdekében. Mivel a folyó ökológiai állapota a hordalékellátottság függvénye, így az ebből adódó problémák is csak **vízgyűjtő**

szintjén orvosolhatók. Az erre vonatkozó alapstratégiákat jelen eszköztár tárgyalja (lásd a „További hordalékanyag-mozgatási stratégiák” részben), de szintén megtalálhatóak a lifelineMDD projekt keretében készült tanulmányokban.

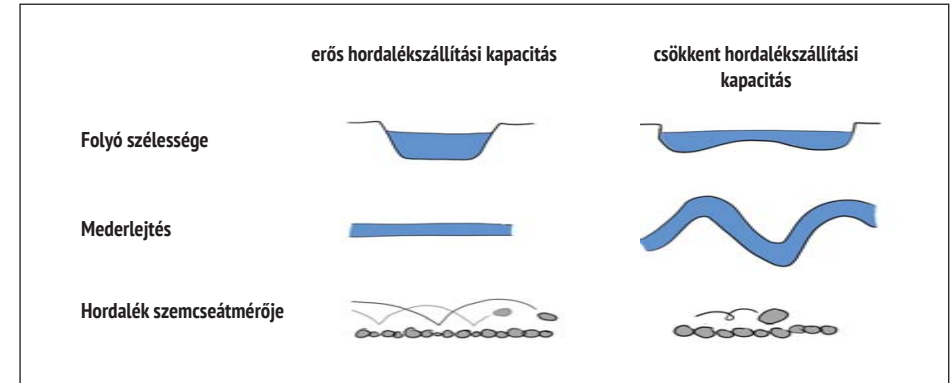
Hatékony lépéseket tudunk tenni újra teret adva a folyónak, így erősítve a hordalék mobilizálását (17. ábra).

Adott folyószakasszal kapcsolatos tervezés során a célállapot meghatározásakor hosszabb folyószakasz történelmi referenciaállapotát és aktuális paramétereit (pl. meglévő infrastruktúra, beépítettség) is figyelembe kell venni.



16. ábra: A hordalékszállítás, a meder esése és a hordalékanyag szemcsemérete együttesen határozzák meg a természetes folyók morfológiáját és a meder szélességét. A mederstabilitás fenntartásához szükséges egy meghatározott hordalékmenyiség, enélkül a folyó medre szűkül, bevágódik és megszűnik a kapcsolata az ártér egyes részeivel

FOLYÓ-HELYREÁLLÍTÁSI ESZKÖZTÁR



17. ábra: A hordalék szállítását meghatározó tényezők. A hordalékszálítási kapacitás csökken, ha a folyó szélesedik, kanyargóssá válik és a hordalék szemcsemérete nő (Klösch et al. 2021)

Folyó-helyreállítási lehetőségek

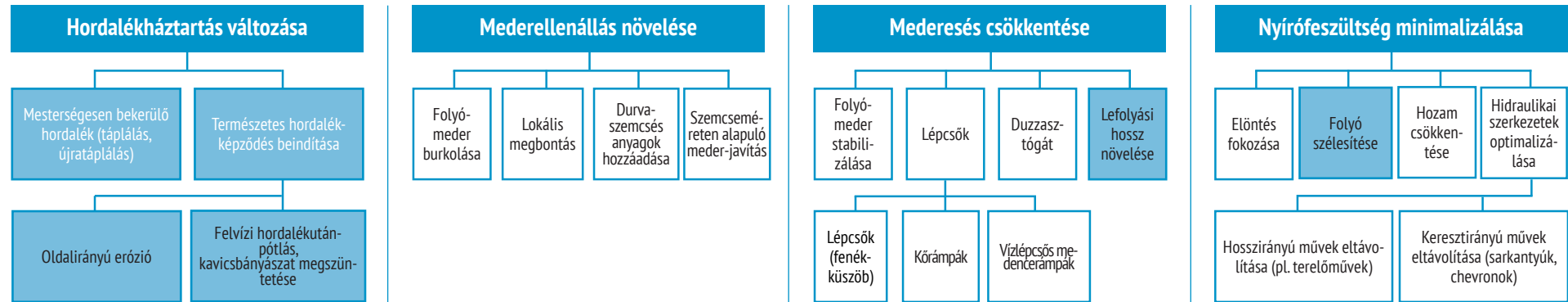
A Mura, Dráva és Duna hosszabb szakaszain mutatkoznak további lehetőségek a partvédelem eltávolítására, mellékágak visszacsatolására és a hordalék mobilizálására (Schwarz 2014):

- a partok mintegy 1081 km-nyi (60%) szakasza alakítható vissza dinamikus és természetközeli partokká
- 120 olyan mellékág van, mely visszacsatolható a főmederhez, ezek hossza 519 km
- az árvízvédelmi töltéseken kívül eső hullámterek 36%-a szintén visszacsatolható lenne a folyók árteréhez

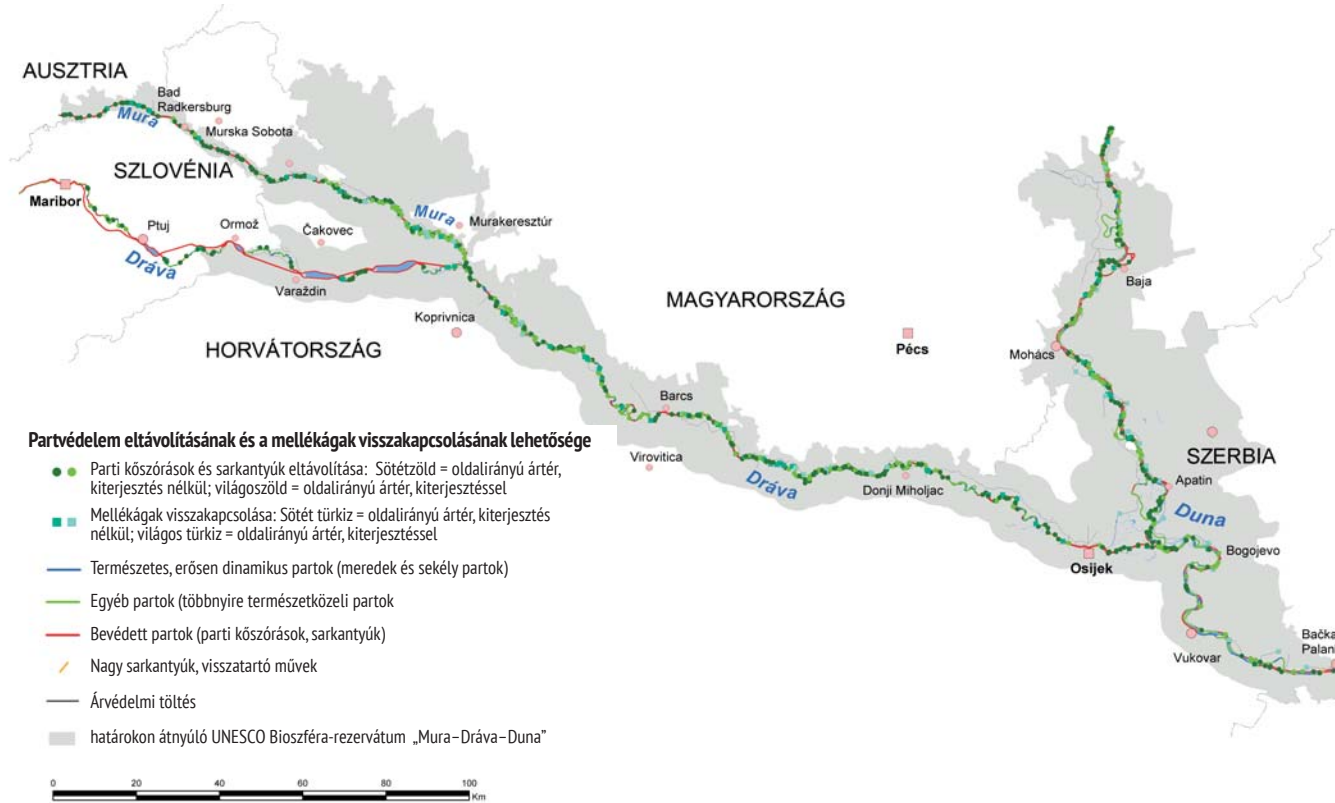


18. ábra: Folyó-helyreállítás a Murán Gosdorf közelében az osztrák-szlovén határ mentén. Az intézkedés a mederanyag-mozgatást és a morfológiai állapot javítását célozza (Klösch & Habersack 2008)

Mederbevágódás elleni intézkedések szabad folyású folyószakaszokon



19. ábra: A folyómeder stabilizálása különböző módokon történhet. A *Folyó-helyreállítási eszköztár* olyan helyi intézkedésre fekteti a hangsúlyt, amelyek az adott területen beindítják a természetes hordalékképződést, növelik a folyó lefolyási hosszát vagy a folyómeder szélességét (kékel jelzett: Habersack et al. 2019b alapján)



20. ábra: Korábbi folyómedrek és partok restaurációjának lehetősége a Mura, Dráva és Duna mentén a TBR MDD keretében (Schwarz 2022 alapján)



21. ábra: Természetes parterzió a Dráván (Libanovec, Horvátország)

Kulcsfontosságú tervezési lépések

„Gondolkodj globálisan, cselekedj lokálisan”

A folyórendszerek változatos gazdasági, ökológiai és szociális funkciókat látnak el. Elősegítik az árhullámok vízének hasznosulását, a talajvíz megtartását, valamint a települések és művelt területek vízellátását, mindezekkel a természet és környezetünk védelmét. A vízgyűjtő kezelése során kihívást jelent az eltérő ágazati érdekek összeegyeztetése, egyaránt figyelembe véve az árvízi kezelést, a természet védelmét és a rekreációs lehetőségeket.

Mindezen túl a jogi előírások, mint például az Európai Unió Árvízvédelmi, Víz Keretirányelve és Élőhelyvédelmi Irányelve, valamint a társadalmi értékek változásai is megkövetelik a fenntarthatóságot szem előtt tartó árvízvédelmi megoldásokat. Ez tehát azt jelenti, hogy a modern folyóvíz-gazdálkodásnak már nem csak a gazdasági, de az ökológiai és szociális vonatkozásokat is figyelembe kell venni, amihez folyamatos együttműködésre és kommunikációra van szükség. Szükséges a vízgyűjtő szintű

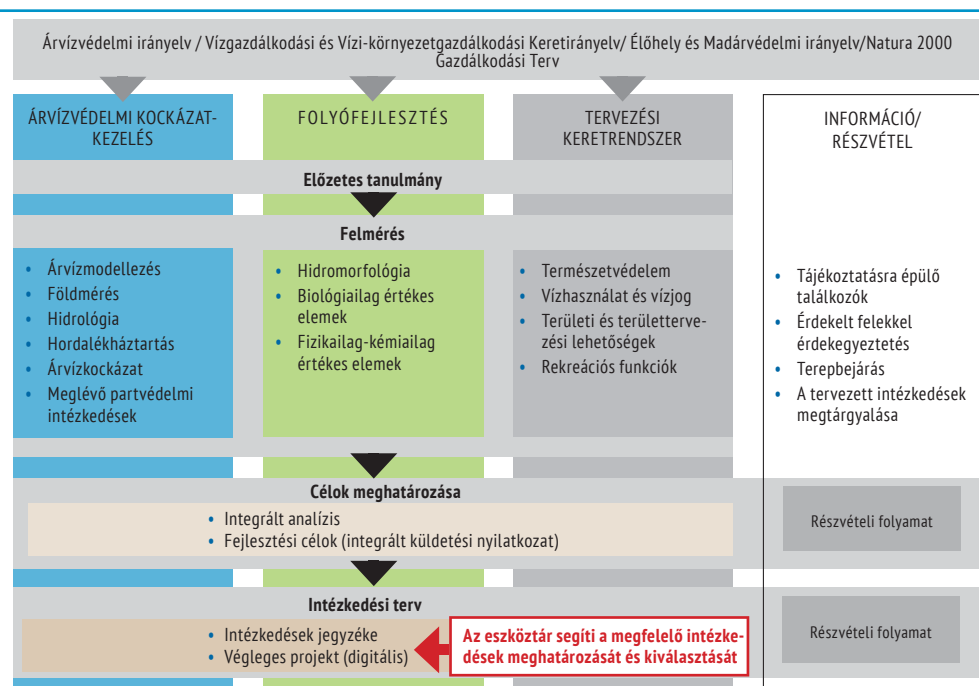
megközelítés, bevonva minden érintettet és a széles nyilvánosságot (22. ábra).

Ilyen módon valósíthatók meg széles körben elfogadott és fenntartható megoldások, kihasználva az árvízi kezelés, a vízi ökoszisztémák és a rekreáció terén mutatkozó szinergiákat.

Jelen eszköztárunk segítséget tud nyújtani a Vízgyűjtő-gazdálkodási terv intézkedési terveinek kidolgozása során.

O Az átfogó koordinálás szükségessége

Mint eszköztárunk ismétlődően kiemeli, a mederanyag mobilizálására irányuló intézkedéseket **regionális szintű ágazati tervek összehangolásával** szükséges meghatározni. Ilyenek a vízgyűjtő-gazdálkodási tervek, az árvízi kockázatkezelési tervek, adott esetben a Natura 2000 fenntartási tervek. Ideális esetben ezek a tervek egymással összhangban állnak és így alkalmazhatók, erre jó példa Ausztriában a „River Development and Risk Management Concept” és „Water Development and Risk Management Concept” GE-RM (lásd itt: <https://life-iris.at>).



22. ábra: Az osztrák Vízgyűjtő-gazdálkodási és Árvíz-kockázat-kezelési Terv elemei és a lehetséges kapcsolata az eszköztárral (forrás: BMLRT 2018) *) Megjegyzés: Az eszköztár nem helyettesíti a részletes tervezést vagy a hidraulikai- és hordalékmodelllezést

Hogyan lehetséges az intézkedések összehangolása hosszabb folyók esetén?

Az osztrák Árvízi Kockázatkezelési Terv (ÁKK) bemutatása

A Vízgyűjtő-gazdálkodási és Árvíz-kockázatkezelési Tervet („GE-RM”) Ausztriában elsősorban olyan felszíni vizekre és vízgyűjtő területekre készítették, ahol lépések szükségesek a vízgyűjtő-gazdálkodást és az árvízvédelmi kockázatkezelést illetően. Az árvízveszély mellett az ökológiai állapotot, földhasználati és területtervezési lehetőségeket és harmadik felek jogait is figyelembe vették. Tanulmányokra és status quo értékelésre támaszkodva határoztak meg interdiszciplináris célokat és intézkedéseket. Ez lett az alapja a további általános projekteknek és részletesen kidolgozott terveknek.

A „GE-RM” a következő lépéseket tartalmazza:

- **Előzetes tanulmányok:** a hatékony tervezés érdekében a meglévő adatokat felülvizsgálják, majd meghatározzák a szükséges módosításokat, javításokat.
- **Kimutatás:** releváns hiányzó adatok összegyűjtése a hiányok, célok és intézkedések meghatározásához
- **Célok felállítása:** a kimutatás és a vízgyűjtő-gazdálkodás és árvízvédelmi kockázatfelmérés céljainak keresztesztését alapul véve a lehetséges hiányok vagy veszteségek beazonosíthatók. Ezáltal integrált megközelítéssel a főbb irányelvek megfogalmazhatók a célállapot elérése érdekében.
- Egy kiforrott rendeleteket tartalmazó jegyzék támogatásával az **intézkedési koncepció** végül segít meghatározni és priorizálni az adott területen elvégzendő beavatkozásokat.

Kulcslépések és tervezési elvek

1 Az aktuális helyzet feltérképezése, elemzése, problémák azonosítása

- A hordalékháztartás helyzetének hosszú távú fejlesztése (bevágódás, lerakódás, hordalék-visszatartás, kotrás)
- Morfológia (lehetőségek és korlátozó tényezők)
- Hidrológia, hidraulika
- A folyó és környékének geometriája
- Élőhelyek/állatok, biológiai értékek

2 Keretrendszer feltételeinek tisztázása

- A terület hozzáférhetősége (pl. vásárlás, bérlet, csere)
- Értékesebb területhasználat, infrastruktúra, hidak, vízszolgáltatás, települések
- Területrendezés
- Hidrológiai és hordalékkal kapcsolatos keretfeltételek
- Pénzügyi keretrendszer

3 Intézkedések céljainak meghatározása az alábbiakkal kapcsolatban:

- Folyómeder stabilizálása
- Hordalékellátás
- Árvízvédelem – művek, víztároló képesség növelése
- Mikroélőhelyek, halak élőhelyei (pl. ívőhelyek)
- Átmeneti élőhelyek (pl. kavicszátonyok stb.)

4 Célállapot meghatározása

- A víztest referenciaállapotának figyelembe vétele és a célállapot meghatározása a jellemző keretparaméterek alapján
- Lejtés, hidrológia, szemcse nagyság meghatározása
- Becslés a folyó várható morfológiai tulajdonságaira empirikus vízmérnöki megközelítésben, amely módszerek a DaSilvaorHyMoCARES eszköztárban megtalálhatóak (<https://hymo.azurewebsites.net/>)
- Célok és intézkedések összehangolása az előirányozott folyómorfológiával

5 A legjobb változat kiválasztása

Vízépítő mérnöki megközelítéssel

- A folyó által igénybe vehető terület meghatározása, amelyben a tervezési modulok kezdeti intézkedéseknek tekinthetők a hosszú távú dinamikus folyókép kialakításához
- Az előirányozott folyómorfológia kialakítása az eszköztár tervmoduljaiban leírtak alapján vagy azok kombinációit alkalmazva
- Javaslat különböző intézkedések kombinációira és azok változataira
- A lehetséges változatok kielemezése: pro és kontra
- A legjobb verzió kiválasztása, koordinálása és optimalizálása interdiszciplináris megközelítéssel

Tervezési elvek:

- A lehető legnagyobb szélesség és hosszúság biztosítása a vízi, szárazföldi és átmeneti élőhelyek lehetőségeinek maximalizálásához
- Hordalékellátás biztosítása
- A folyó erodáló képességének biztosítása a partoknál és az ártereken



6 Részletes terv kidolgozása

- Intézkedések részletes meghatározása az előirányozott folyómorfológia megvalósulása érdekében: eróziót elősegítő intézkedések alkalmazása, stabilizációs intézkedések redukálása a legszükségesebbekre
- A kezdeti intézkedések optimalizálásához hidraulikai modellezés alkalmazása (fekvés, kiterjedés)
- Természetvédelmi, biodiverzitást, víz- és földhasználatot érintő hatások elemzése
- Hordalékanyag megóvása, rendszerben tartása. A hordalék utánpótlásának biztosítása

7 Szükséges engedélykés és terület megszerzése

- A kapcsolódó engedélykés beszerzéséhez szükséges dokumentumok előkészítése (vízügyi, erdészeti, természetvédelmi előírások)
- A területhasználathoz szükséges megállapodások és szerződések aláírása (pl. hosszú távú földbérlet vagy a terület megvásárlása)

8 Munkaszervezés és pályázatok átgondolása

- Megvalósítási terv készítése a logisztikai végrehajthatóság, útfelújítási munkálatok, anyagszállítás és határidők figyelembe vételével
- Pályázatok a legkedvezőbb ár érdekében

9 Próbaintézkedések és azok monitorozása

- Sikeres végrehajthatóság ellenőrzése hidromorfológiai, folyóökológiai és természetvédelmi stb. aspektusok mentén
- Hiányosságok észrevétele, kijavítása

Tervezési eszközök

Hidrológiai modellek

A vízépítés során az egyik legfontosabb figyelembe veendő tényező a vízhozam, azaz a kisvíz, középvíz és magas vízállás esetén érkező víz mennyisége és évenkénti változása, amely a vízmércék adatainak statisztikai elemzése során kerül meghatározásra. A vízhozam számítható hidrológiai modellek alkalmazásával is, amelyek digitális felszínmodelleken és eltérő csapadékmennyiségeken alapulnak. Ezek segítségével a folyók lefolyásának mintázata határozható meg.

Szemcseméret-analízis

A szemcseméret és az altalaj ismerete mindenképp szükséges az intézkedések hatásainak megállapításához. A szemcseméret



23. ábra: A szemcseméret meghatározó tényező a hordalékszállítás szempontjából

FOLYÓ-HELYREÁLLÍTÁSI ESZKÖZTÁR

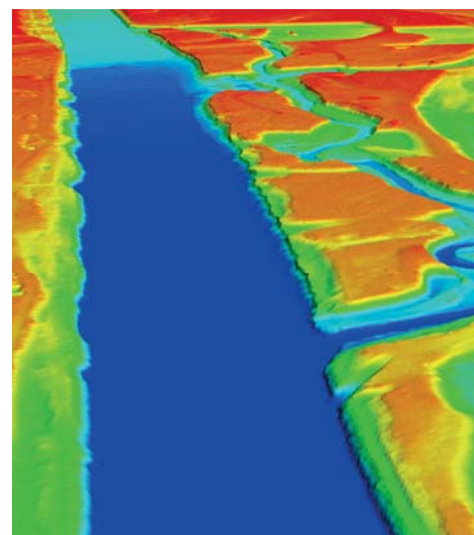
meghatározása jellemzően a hordalékból vett minta szabványosított szitákon keresztül történő átszitálásával történik. A felszín rétegének vizsgálata (pl. kavicszátonyon) azok stabilitása mellett az anyaguk fella-
zításához és a hordalék mobilizálásához szükséges energia mértékéről is információt szolgáltat.

A partokon és ártereken lehetséges próbakotrás. A kavicsos és finomszemcséjű hordalékok rétegződésének ismeretében a partok és part menti területek átalakulási lehetőségeire lehet következtetni különböző vízhozamok mellett (alacsony vízállás, mederformáló vízállás, különböző árvízi helyzetek).

Terepi felmérések

A folyószakaszok hidraulikai felmérése előtt a meder, a partok és árterek részletes felmérése szükséges. A folyómedret keresztmetszvényenként haladva felvételezik ultrahangos szonár segítségével. A profil-távolság megválasztásával a mederben található művek és szerkezetek részleteiben vizsgálhatók. A szárazföldi térképezés általában lézerszkenelés útján történik. A hidak, árvédelmi töltések, átereszek, töltések felső részei, kavicszátonyok – ún. releváns törésvonalak – szárazföldi mérések tárgyát

képezik. A felvételekből 3D terepmodellek készülnek, amelyek a hidraulikai modellezés alapját adják.



24. ábra: A Mura folyó osztrák-szlovén határszakaszának új 3D terepmodellje



25. ábra: A Mura mederfenék-vizsgálata modern szonár- és lézertechnológiával felszerelt csónakkal

Numerikus modellek

Régebben a vízhozamot és a hordalékszálítást a keresztmetszvényekből manuálisan kalkulálták. Ma már informatikai szimulációs modellek (ún. numerikus modellek) segítségével végzik ezeket (26. ábra). Hogy melyik numerikus modellt használják, az a tanulmányozandó terület nagyságától és a megválaszolendő kérdésektől függ. Minél részletesebb a felbontás és nagyobb a modellezésre szánt terület, a szimuláció annál hosszabb ideig tart.

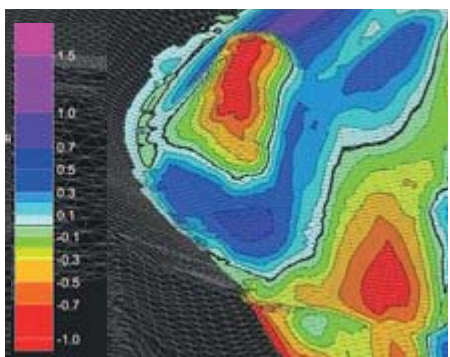
Az 1D modellek (pl. Hec-RAS) átlós irányú keresztmetszvényeken alapulnak, nagy léptékű és hosszú távú megfigyelésekre alkalmasak. Segítségükkel például a vízszintemelkedést vagy az áramlási sebesség szelvényenkénti átlagát lehet kiszámolni. Ezek a modellek leginkább a szabályozott szakaszokon alkalmazhatók ott, ahol egyszerű geometriájú, alacsony keresztirányú művek találhatóak. Ahol olyan összetett alakzatokkal találkozhatunk, mint a folyó fonatos szakasza vagy a kiszélesedett meder, ez a módszer nem elégséges.

A 2D modellek digitális terepmodelleken alapulnak. A meder geometriáját három- és négyszög alakú elemek segítségével térképezik fel. Az egyes elemekhez a modell vízállási adatokat, vízmélységet és áramlási sebességet szolgáltat. Ez a módszer olyan összetett folyóalakzatok modellezésére is alkalmas, mint a fonatos medrek.

A 2D modellezés mélységi átlageredményeket szolgáltat az egyes cellák releváns hidraulikai paramétereire. Alkalmazhatóságuk korlátozott, amikor a vertikális elemeket kell meghatározni (pl. duzzasztóművek vagy az erőművek bevezető részei stb.).

Olyan esetekben, amikor kis léptékű, turbulens, vertikális áramlás a vizsgálat tárgya, **3D modellek** (pl. Flow-3D) alkalmazása a megfelelő. Például a hidak pillérenek alámosódása szimulálható ezzel a módszerrel.

A vízhozam mellett a **hordalékszállítás** is lehet numerikus modellekkel (pl. basement vagy DHI-MIKE) szimulálni. Segítségükkel következtetések vonhatóak le a folyómedret érintő morfológiai folyamatokról. A hordalékszállítás számításaihoz empirikus képleteket használnak. Az eredmény függ a választott módszertől.



26. ábra: Vízmélység javításának részletes szimulációja 3D modellezéssel

Fizikai modellek

A fizikai modellekben az összetett lefolyási mintázatok és hordalékszállítás vizsgálata együttesen merül fel, meghaladva a numerikus modellezés lehetőségeit.

A módszer egyik hátránya annak rugalmatlansága: a tervek megváltoztatása sokkal körülményesebb, mint a numerikus modellek esetén. A gyakorlatban ezért a két modell hibridjét alkalmazzák. A fizikai modellek a numerikus modellek alátámasztása mellett képesek a finomhangolásra.



27. ábra: Fizikai modellezés a Mura szélesítéséhez Gosdorfnál (Stájerország, Ausztria)

Földrajzi információs rendszerek

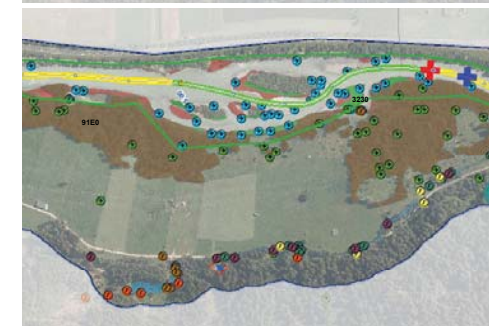
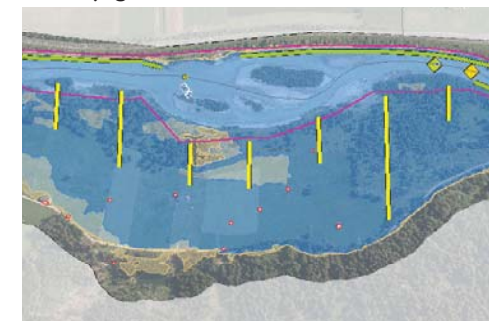
A földrajzi információs rendszerek (GIS) alkalmasak a tervezés során használt (saját vagy hivatkozási forrásokból átvett) adatok megjelenítésére és szerkesztésére.

Minél inkább megfelelő adatokkal dolgozunk, annál pontosabban határozható meg a tervezési keretrendszer a benne rejlő fejlesztési lehetőségekkel és akadályokkal (tiltott zóna).



A tervezés során használt adatok a következők lehetnek:

- Élőhelytérképek
- Natura 2000 terület határai
- Közösségi jelentőségű élőhelyek és fajok térképei
- Halak és az aljzatban élő élőlények adatai
- Faunisztikai térképezések adatai
- A víz ökológiai státuszára vonatkozó adatok
- Hidromorfológiai állapot
- Területhasználati adatok (pl. Corine)
- Zónarendszer tervek
- Területrendezés
- Vízjog stb.



28. ábra: Tervezéssel összefüggő adatok jelölése az aktuális állapotot bemutató ábrán (vízépítés fent; ökológia lent) GIS rendszer segítségével megjelenítve

Eszköztár és tervezési modulok

Folyó-helyreállítási eszköztár

Az eszköztár hasznos **áttekintést** nyújt:

- a természetes morfordinamikai folyamatok visszaállítására törekvő helyreállítási beavatkozásokkal kapcsolatban
- a folyó oldalirányú mozgását lehetővé téve a folyószabályozás kedvezőtlen hatásainak mérséklésével kapcsolatban
- a megfelelő hordalék-utánpótlás lehetőségeivel és a dinamikusan stabil folyók medermorfológiájával kapcsolatban

Ahhoz, hogy helyi szinten elérhetőek legyenek ezek a célok, **6 tervezési modul** került meghatározásra:

- **Erodálható partok („szakadópartok”)** (M01)
- **Mechanikus szélesítés** (M02)
- **Vezérárok** (M03)
- **Árterek süllyesztése** (M04)
- **Hordalék-utánpótlás** (M05)
- **Eróziót irányító művek** (M06)

A következő oldalakon az eszköztár ezeket a modulokat részleteiben is kifejti.

Először az intézkedéseket és azok alkalmazási lehetőségeit mutatja be korábbi projektek tapasztalataira épülő vízépítő mérnöki szempontok szerint, majd a lehetséges hatásokat és kihívásokat ismerteti röviden. A Mura, Dráva és Duna területről és a környező régiókból származó **jó gyakorlatok** alapján leírja, hogy a helyi beavatkozások hogyan tudják:

- a szabályozott és kiegyenesített szakaszok beszűkített medrét helyreállítani
- a partok és árterek anyagát mobilizálni
- önszabályozó folyamatok elősegítésével a folyók és környezetük szorosabb kapcsolatát elősegíteni

Tervezési modulok kiválasztása és kombinálása

A tervezési modulok önmagukban is megvalósíthatók, de leghatékonyabban akkor működnek, ha kombinálva alkalmazzák őket hosszabb folyószakaszokon, a hordalékellátás pedig biztosított a felső szakaszok felől. A helyreállításra kijelölt folyószakaszon a tervezési modulok kifejezetten kezdő lépésként alkalmazhatók, amelyek hatására hosszú távon javul a dinamikus folyókép.

A cél mindenképp a folyómeder dinamikus egyensúlyban tartása. Ha a projekt megvalósítása során sikerül a környező területek ökológiai állapotát is javítani és a folyó helyi regenerációs képességét is növelni, többszörösen hasznosulnak a megtett intézkedések eredményei.

A 17. oldalon található táblázat a **modulok használhatóságát** mutatja be különböző kiindulási állapotok, feltételek és alkalmazási területek esetén a következő **kritériumok** alapján:

- medersüllyedés helyzete
- jellemző hordalékanyag
- keretfeltételek (pl. területhez való hozzáférés, természetvédelem)
- morfológiai célállapot
- célállapot eléréséhez szükséges idő

Az intézkedések különféle módokon kombinálhatók. A 18–19. oldal a beavatkozások lehetséges kombinációit mutatja be keskeny és szélesebb folyószakaszokon.

A fejlesztési intézkedések kezdő lépésként különböző megoldások elemzése szükséges a morfológiai cél, az árvízvédelem, a földterület elérhetőségének és a természetvédelmi jogszabályok keretrendszerének stb. figyelembe vételével (lásd 12–13. oldal).



Tervezési modul M01
Erodálható partok
(„szakadópartok”)
(pp. 20–23)



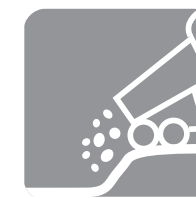
Tervezési modul M02
Mechanikus szélesítés
(pp. 24–27)



Tervezési modul M03
Vezérárok
(pp. 28–31)



Tervezési modul M04
Árterek süllyesztése
(pp. 32–35)



Tervezési modul M05
Hordalék-utánpótlás
(pp. 36–39)



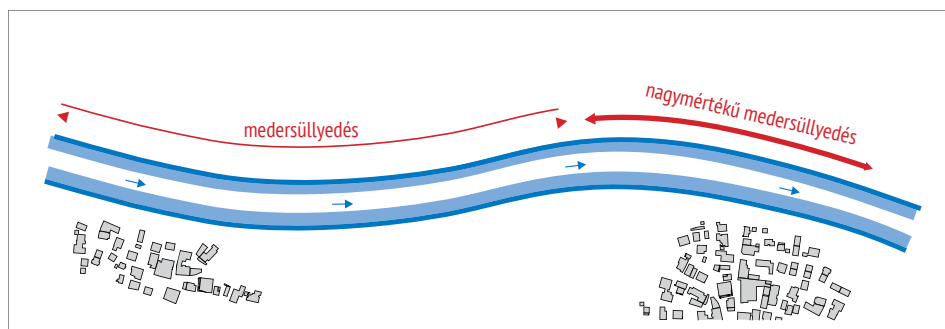
Tervezési modul M06
Eróziót irányító művek
(pp. 40–43)



Kritériumok	Tervezési modul					
	Erodálható partok „szakadópartok”	Mechanikus szélesítés	Vezérárok	Árterek süllyesztése	Hordalék-utánpótlás	Eróziót irányító művek
Medersüllyedés mértéke						
lokális, mérsékelt mederbevágódás		X			X	X
lokális, erős mederbevágódás		X			X	X
folyószakaszon jelentkező mérsékelt bevágódás	X		X	X	X	X
folyószakaszon jelentkező erős bevágódás	X	X		X	X	X
Árterek uralkodó hordalékanyaga						
kavics/durvaszemcsés hordalék	X	X	X	X	X	X
homok	X	X	X	X	X	X
Keretfeltételek (területhez való hozzáférés, természetvédelem)						
keskeny folyómeder értékes élőhelyek/védett területek nélkül	X	X		X	X	X
keskeny folyómeder értékes élőhelyekkel/védett területekkel	X	X		X	X	
széles folyómeder értékes élőhelyek/védett területek nélkül	X	X	X	X	X	X
széles folyómeder értékes élőhelyekkel/védett területekkel	X		X	X	X	X
A kívánt morfológiai állapot eléréséhez szükséges idő						
rövid táv (1–2 év)		X		X	X	X
középtáv (2–5 év)	X		X	X	X	X
hosszú táv (>5–15 év)	X		X			
Morfológiai célállapot						
főmeder egy vagy több mellékággal és szélesítéssel	X	X	X	X	X	X
fonatos folyó kavicsos/homokos partokkal	X	X	X	X	X	X
meanderek/holtágak visszacsatolása		X	X			X

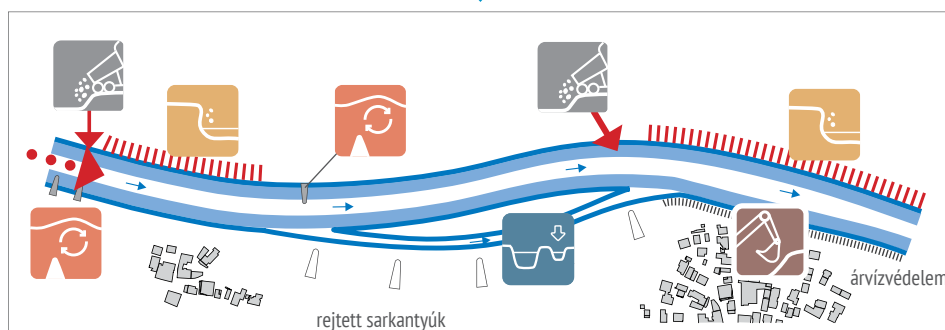


Példa: tervezési modulok kombinált alkalmazása szűk folyómeder esetén



Aktuális állapot

A feltételezett kiindulási állapot egy szabályozott folyó jelentős medersüllyedéssel árvízveszélyes helyen található település közelében. A beavatkozáshoz szükséges terület korlátozott; a part mentén értékes ártéri erdők találhatók (ahol beavatkozások nem tervezhetők).



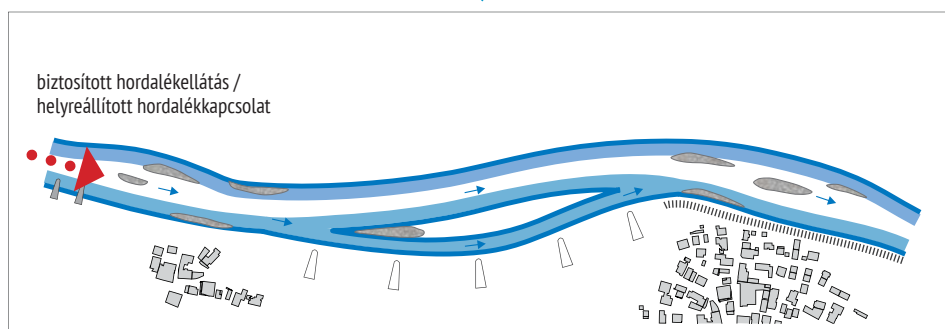
Kiindulási állapot

A meder szélesítése megtörtént, a medersüllyedés rövid távú mérséklése céljából a partvédelem áthelyezésre került. A meder középtávon történő szélesítése érdekében a szemközti oldalra erodálható part lett tervezve.

Árvízvédelmi töltés épült a mechanikusan szélesített szakaszok mentén. A mederszélesítés során kitermelt anyag visszajuttatása a felsőbb szakaszon, amely által így biztosított a leáramló hordalék mennyisége és a mederstabilitás.

A felsőbb szakaszon, ahol értékes élőhelyek találhatók, erodálható partok kialakítása. A kialakított vezérárkot rejtett sarkanyúk biztosítják, melyek létrehozásához a partvédelem eltávolítása során felszabadult köveket használtak fel.

Fakivágások csak egy keskeny parti sávban történtek. Az eltávolított partvédelem köveiből épített sarkanyúk irányítják a víz mozgását, elősegítve az oldalirányú eróziót.

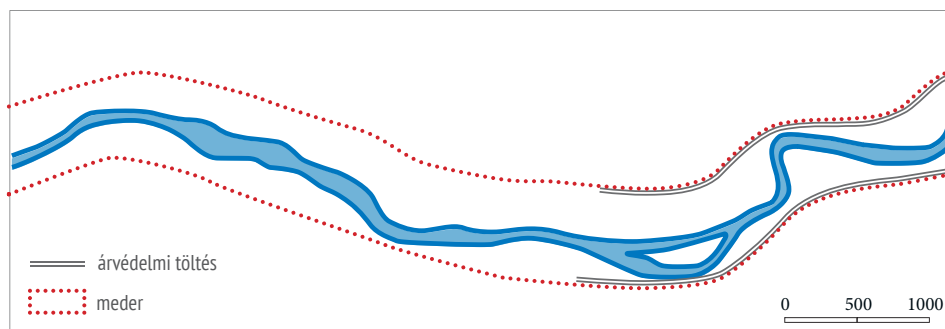


Célállapot

A beavatkozások eredményeként egy dinamikus stabil folyómeder alakul ki, melyben az erózió és lerakódás egyensúlyban van. Mindez kedvező hatást gyakorol a terület növény- és állatvilágára és új kikapcsolódási lehetőségeket teremt.

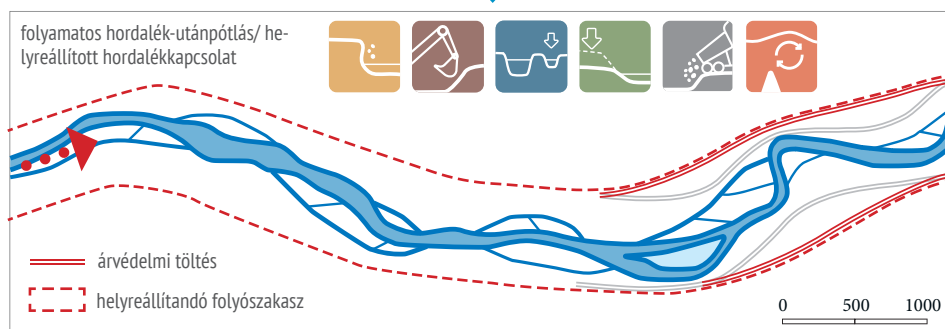
Az állapot fenntartásához hosszú távon elengedhetetlen a hordalék-utánpótlás biztosítása a felsőbb szakaszok felől vagy oldalirányból.

Példa: Tervezési modulok kombinált alkalmazása széles folyómeder esetén



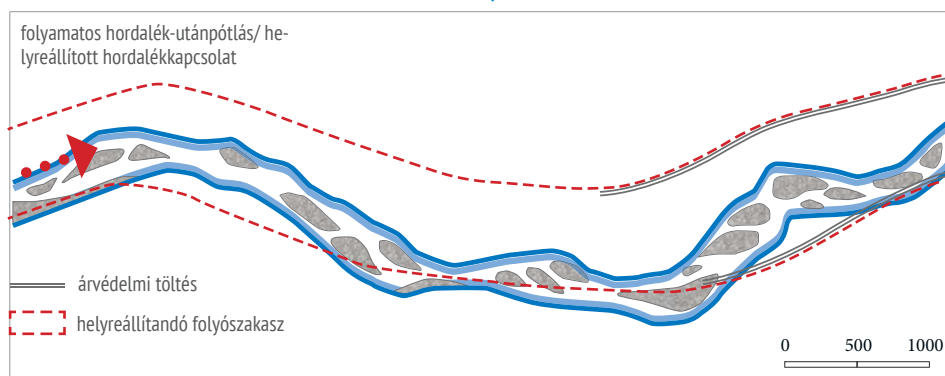
Aktuális állapot

Ebben a példában a folyó széles mederben kanyarog, részben töltésekkel szegélyezve. Eredetileg a meder szélesebb volt, és benne a folyó számos ágra bomlott. A felsőbb szakaszokról érkező hordalék hiánya medersüllyedéshez és a ligeterdők ártértől való elszakadásához vezetett, a pionír élőhelyeket létrehozó mederdinamikai folyamatok pedig egyre inkább visszaszorultak.



Kiindulási állapot

A beavatkozás kijelölt helyszínén a kézikönyvben szereplő 6 modul elemeinek kombinálásával hosszú távon dinamikus folyami rendszert alakítunk ki. Első lépésként a főággal párhuzamos vezérárkokat ásunk, melyekbe a víz bejutását sarkantyúk segítik. Nem épül partbiztosítás, terület adva az eróziós folyamatoknak és a meder szélesedésének. A főmedret a vezérárkokkal összekötő ágak hálózatot alkotnak, amely növeli az árterek dinamikus fejlődésének lehetőségét.



A medersüllyedéssel fokozottan érintett részekben azonnali intézkedések történnek. A meder szélesítésével és az ártér szintjének süllyesztésével a medret érő eróziós nyomás csökken, egyben hordalék kerül a rendszerbe, mivel a kitermelt mederanyag a mederbe kerül visszatöltésre. A megszüntetett partvédelem anyagát szintén felhasználták: a meder mentén rejtett sarkantyúk épülnek belőle. A kikotort fenékhordalékot szintén nem távolítják el, hanem visszavezetik a folyóba. A beavatkozások eredményeként idővel fattyúágas folyószakasz alakul ki, az árvédelmi töltések helyenkénti áthelyezésével az árterek még inkább kiterjednek, kedvező ökológiai állapotokat teremtve az érintett szakaszon.

Célállapot

Helyreállított dinamikája révén a folyó évek elteltével éri el a modellekben előrejelzett szélességet. A meder szélesedésével az azt érő eróziós nyomás csökken, a hordalék felhalmozódik, a meder pedig stabilizálódik és emelkedni kezd. Idővel a főág számos mellékágra oszlik, kanyargósabbá válik és csökken az esése. Ennek eredményeként a hordalék hosszabb ideig tartózkodik a mederben, így változatos formákat képez: kavicsátonyokat, kavicsos partokat és rajtuk pionír növényzetet.

Hosszú távú hatás fenntartásához azonban a hordalékellátásnak biztosítottnak kell lennie. Szélesebb és kanyargósabb meder kisebb mennyiségű hordalékkal is egyensúlyban tartható, mint egy szabályozott, kiegyenesített meder.



29. ábra: Szabadon erodáló partok a partbiztosítást ellátó kövezés eltávolítása után

© Revital



Tervezési modul M01

Erodálható partok („szakadópartok”)

Leírás

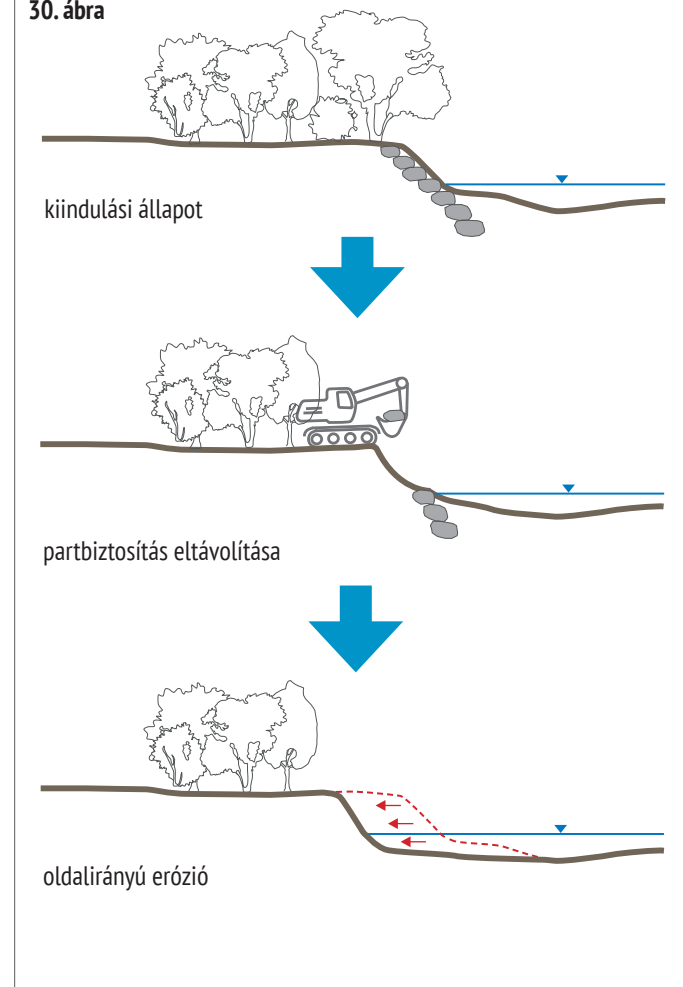
Erodálható partok, más néven dinamikus vagy szakadópartok létrehozásához a partvédműveket eltávolítják, így idővel megindulnak az eróziós és hordalékmobilizációs folyamatok. (30. ábra).

A partok anyagösszetételüktől és a lefutó árhullámok előfordulásától függően fokozatosan erodálódnak és kifelé tolódnak. A folyó visszanyert dinamikájának köszönhetően új területeket nyer és újjáformálja a part képét.

A parterózió szélesíti a medret, csökkenti a hordalékszállítás mértékét és ezáltal stabilizáló hatású. A felsőbb szakaszokról bejutó hordalék meggyorsítja a partok dinamikus átalakulását.

A fenti folyamatokhoz többnyire nincs szükség az ártéri erdők letermelésére; a megjelenő dinamika eredményeként fák és bokrok dőlhetnek ki és mosódhatnak el.

30. ábra



Mikor alkalmazzuk?

- Amikor **hosszú távú, dinamikus folyamatok** elérése és a partok fokozatos alakítása, valamint a meder szélesítése a cél. Az erodálható partok kialakítása hosszabb folyamat; nem alkalmazható gyors vészhelyzeti válaszreakcióként.
- Amikor árvíz esetén a cél az **oldalirányú erózió és hordalék-utánpótlás**.
- Amikor a meder fokozatos szélesedése az **ökológiai** értéket képviselő ligeterdők rovására megengedhető.
- Amikor a természetes erózió megengedhető csereerdősítés vagy más kompenzációs intézkedés nélkül, így a természetvédelmi és erdészeti hatósági engedélyek könnyen és gyorsan megszerezhetők.
- **Hasznos kombinációk:**



Alapismeretek és szabályok

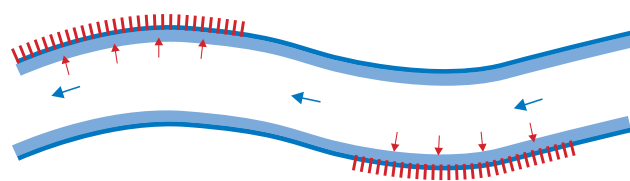
Tervezés és méretezés

A szakadópartok dinamikus alakulásában a következő tényezők jelentősége kiemelkedő:

Folyásirány

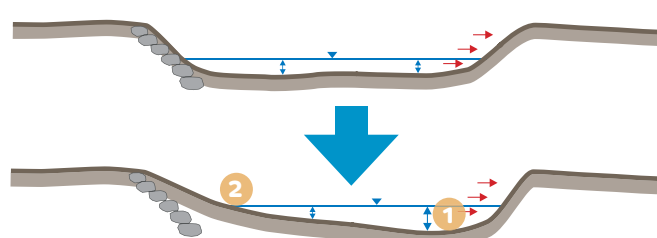
Az erodálható partokat a folyókanyarulat külső ívére kell tervezni (31. ábra), így a természetes folyásirány a partok felé tolik és az oldalirányú erózió erősödik.

31. ábra



A partbiztosítás eltávolítása a kanyarulatok külső ívein célravezető

32. ábra

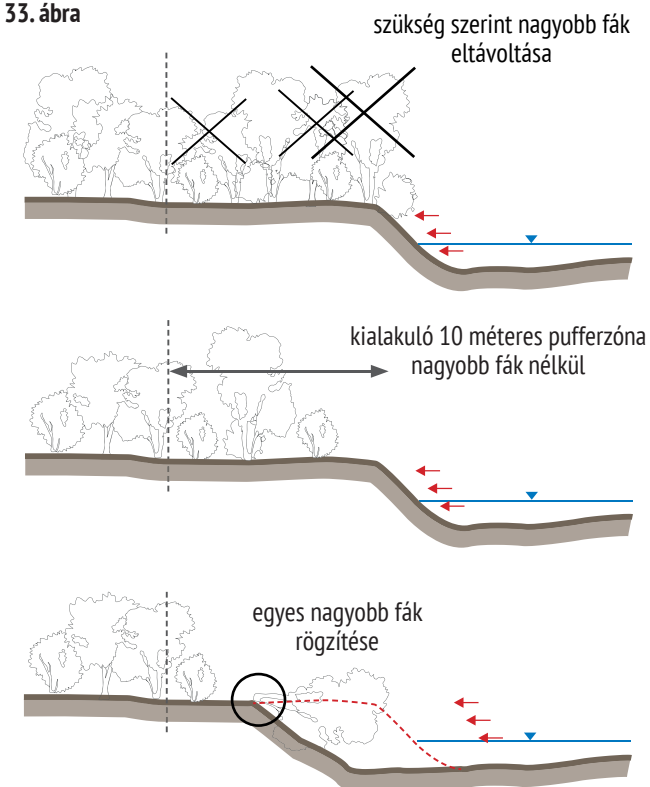


Ahol a partvédelmet eltávolítják, a szakadópart tövében (1) a meder **kímélyül**, míg a szemközti oldalon (2) **ellaposodik**.

Az uszadékfa és szálfatorlódás elkerülése

Az ártéri vegetáció stabilizálja a partot és akadályozza az eróziót. A nagyobb fák elmosódásuk esetén problémákat okozhatnak, ezért érdemes őket eltávolítani. A jelentősebb ökológiai értéket képviselő idős fák eltávolítása helyett indokolt lehet helyzetük megerősítése (33. ábra).

33. ábra



Döntéshozatal során figyelembe kell venni a fennálló ökológiai állapotot.



34. ábra kövek újrafelhasználása

rejtett sarkantyú

A meglévő partvédművek eltávolítása után a partvédelmet **rejtett sarkantyúk** biztosítják, amik az eltávolított partvédművek anyagából épülnek.

Hogyan épülnek a rejtett sarkantyúk?
 Úgy érdemes rejtett sarkantyút építeni, hogy először egy függőleges vájatot fúrunk és azt megtöltjük kővel. Ahogy az erózió eléri a köveket, azok stabil partvédelmet fognak biztosítani. Ez a módszer költség- és helytakarékos.

35. ábra kövek újrafelhasználása

rejtett partvédmű

A **rejtett hosszirányú partvédelem** az oldalerózió kiterjedését határolja be

36. ábra

engedélyezett terület határa
 beavatkozási határ
 erodálható part

Amikor a folyó eléri a **beavatkozási határt**, további intézkedések szükségesek

Biztonsági megfontolások

Köves, kavicsos part megbontásához lényegesen nagyobb energia szükséges, mint homokos part esetén. Ezek a partok stabilabban és eróziójuk csak nagyobb vízhozamok esetén indul meg, míg a homokos partok eróziója sokkal gyorsabb és váratlan eróziós események is bekövetkezhetnek. Az ilyen esetekre már a tervezés során fel kell készülni, például rejtett sarkantyúk (34. ábra) vagy rejtett hosszanti partvédelem kiépítésével (35. ábra).

A rejtett partvédművek megépítése nem szükséges azonnal. Amikor a part eróziója közelít az erre engedélyezett határhoz, további intézkedések is szükségesek lehetnek (36. ábra).

Kivitelezési javaslatok – kezdő kotrás

Markolóval nem csak a kövek, hanem a part más anyagai is eltávolíthatók, ezzel az oldalirányú erózió gyorsítható (37. ábra). A kitermelt anyag a folyómederbe kerül vissza.

37. ábra

Hatások

- **Alacsonyabb fenntartási költségek**, mivel nincs szükség a partvédelem megújítására.
- **Változatosabb élőhelyek**: az eltérő meredekségű partok kialakítása változatos élőhelyeket biztosít veszélyeztetett fajok, mint például a partifecske számára.
- Mivel az intézkedés megvalósításához csak egy keskeny földszávról van szükség, így az **ökológiailag értékes területek igénybevétele** is kismértékű. A folyó maga foglalja el fokozatosan a lehetséges területeket, így csökkenthető a természetvédelmi szervekkel szembeni konfliktus.

Nehézségek

- **Bizonytalan előrejelzés**: a szakadópartok kialakulása rengeteg tényezőtől függ, ezért a folyamat csak nagy bizonytalansággal jelezhető előre.
- **Megfelelő hordalék-utánpótlás biztosítása**: a part eróziója csak akkor megy végbe, ha a felsőbb szakaszokról elegendő hordalék érkezik. Ennek hiányában, mint a Murán Gosdorfnál, csak csekély mértékű parterózióra számíthatunk.
- **Fogadtatás**: ahhoz, hogy a beavatkozás kedvező fogadtatásra találjon a helyi lakosok és odalátogatók között, szükség lehet turistautak áthelyezésére és a folyóhoz való lejtás megkönnyítésére.



Jó gyakorlatok



- Bár csak kismértékű beavatkozás történt, a hatás mégis jelentős: kisebb vízállások és **kavicspadok** jöttek létre, amik ívóhelyek és a halivadékok fejlődését biztosító védett élőhelyek (különösen **csúcsra járatás** okozta hirtelen **vízállásváltások** esetén)
- 1
 - 2 Erős oldalirányú erózió a partvédelem eltávolítása után. – Lech folyó (Tirol)
 - 3 Szabodon erodálódot part a Felső-Dráván (Ausztria)
 - 4 Természetes dinamikus part a Dráván (Libanovec, Horvátország)



38. ábra: Kavicskotrás egy mellékág bejáratának szélesítéséhez (Duna, Wachau, Ausztria)



© Revital

Tervezési modul M02

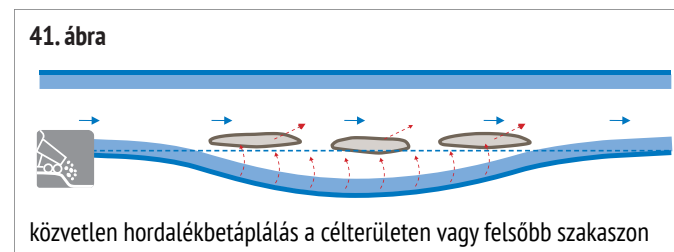
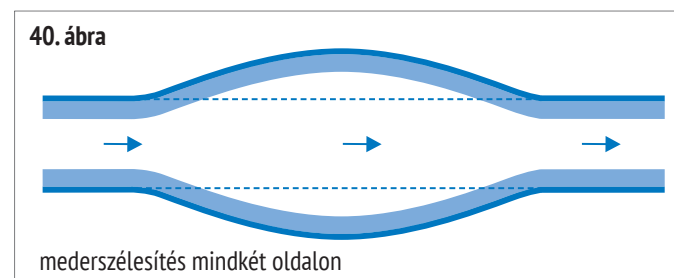
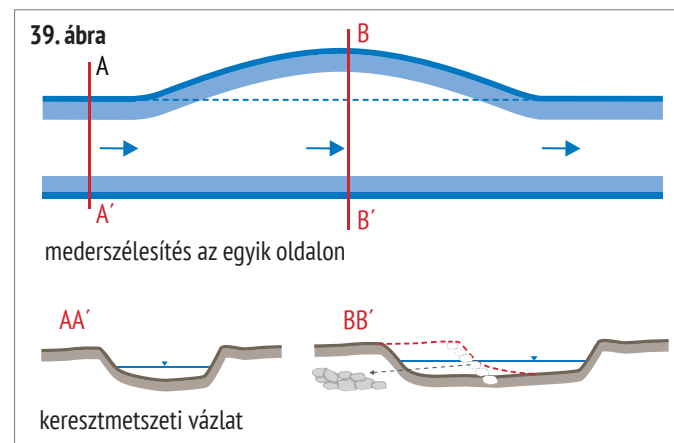
Mechanikus szélesítés

Leírás

A folyómeder mechanikus szélesítéséhez markoló- és rakodógépek szükségesek. A partvédelem eltávolítása után az adott szakaszokon a folyómedret először kotrással szélesítik, majd a keletkezett anyagot eltávolítják. A munkálatok megkezdése előtt a területen levő fákat letermelik, eltávolítják a partvédműveket, a tuskókat, az ágakat és a gyökereket.

A területen levő hordalékot szintén eltávolítják, ideális esetben pedig visszatöltik a folyóba a beavatkozási területen (41. ábra; lásd Tervezési modul M05).

Vizsgálendő, hogy a part további dinamikus alakulása cél lehet-e (vö. Tervezési modul M01). Szükség esetén további beavatkozások merülhetnek fel, mint új partvédelem kiépítése vagy rejtett sarkantyúk telepítése, amik akkor töltik be funkciójukat, mikor a folyó eléri a meghatározott szélességét.

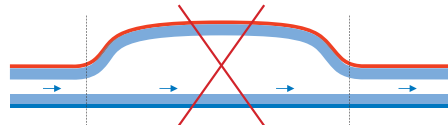


Hol alkalmazzuk?

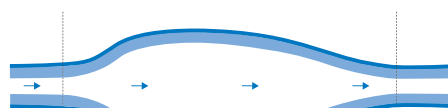
- Azokon a szakaszokon, ahol a **medererózió** különösen **erős** és azonnali hatású intézkedésekre (pl. további hordalékbevitel) van szükség.
- Ahol **kotrás szükséges** a megfelelő hordalék-utánpótlás érdekében.
- Ahol csak **kismértékű oldalirányú erózió** várható.
- Települések és infrastrukturális létesítmények közelében, ahol **csak keskeny és korlátozott földterület** áll rendelkezésre.
- Hasznos kombinációk:**



42. ábra



kedvezőtlen formájú mederszélesítés (hirtelen kiszélesedés és összeszűkülés)



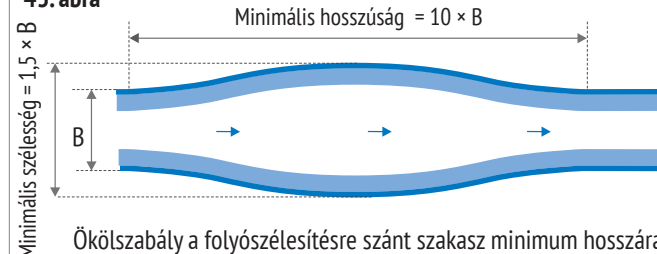
kedvező formájú mederszélesítés (fokozatos kiszélesedés)

Alapismeretek és szabályok

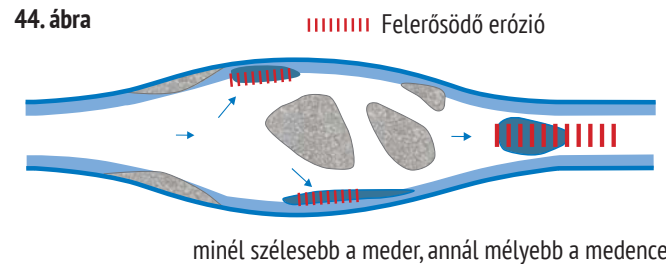
Tervezés és méretezés

A folyómeder szélesítése általában a vízmélység csökkenéséhez vezet, ami a csúsztatófeszültség csökkenését idézi elő. Ezzel együtt a medererózió is csökken és a hordalék lerakódik, kavics- és homokpadok képződnek, valamint zúgók és medencék alakulnak ki (44. ábra).

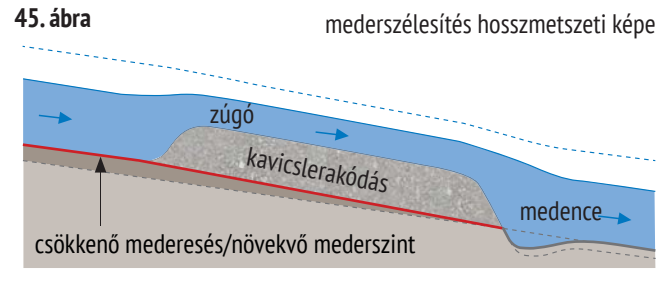
43. ábra



44. ábra



45. ábra



Forma

A mederszélesítés alakja megnyúlt lencse formájú (42. ábra). Mind a kezdeti, mind a záró szakaszon ez a fokozatosságot mutató forma ideális, mivel hirtelen változások a part futásában nem kívánt parteróziót okozhatnak.

Szélesség és hosszúság

A mederszélesítés által érintett területen a mederstabilizáció hosszú távú fenntartása és a dinamika megőrzése érdekében elegendő bekerülő hordalékmenyiség szükséges és a szélesített szakasz nem lehet túl rövid. A szélesített szakasz hosszának el kell érnie legalább az eredeti szélesség 10-szeresét, szélességének pedig legalább az eredeti szélesség 1,5-szeresét (43. ábra).

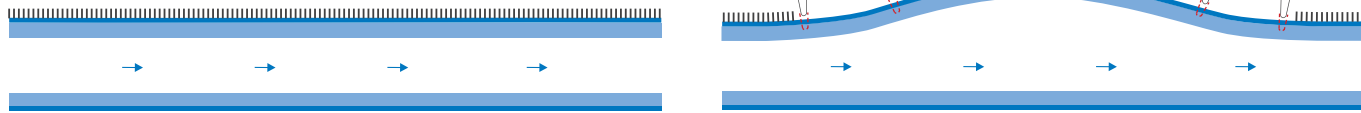
A felerősödő dinamika és kanyarulatosság következtében kiemélyült részek és fokozott hordaléklerakódás figyelhető meg a kiszélesített szakaszokon (44. ábra).

A kiszélesített folyó egy új egyensúly felé tart (45. ábra). Ezen a szakaszon egyre több hordalék halmozódik fel egészen addig, míg egy szintet elérve a hordalék tovább szállítódik a kiszélesített szakaszon. Az így feltartóztatott hordalék az alvízen időleges hordalékhiányt okoz.

A szélesítés során nyert mederanyag feljebb visszajuttatható a folyóba, ezzel is elősegítve az új egyensúlyi állapot kialakulását.

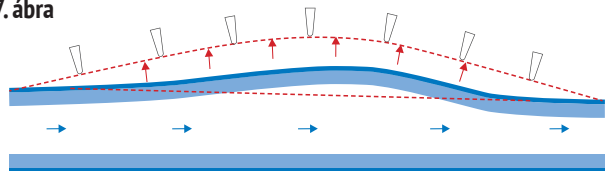


46. ábra



A hosszanti helyett keresztirányú partvédelem rugalmasságot biztosít

47. ábra



Mederszélesítés erodálható parttal kombinálva

Biztonsági megfontolások

A kiszélesített területen ellenirányú áramlások jelennek meg, hordalék halmozódik fel és kavicspadok, sőt akár új ágak jelenhetnek meg. Ugyanakkor a beavatkozás alatti szakaszon erősebb eróziós nyomás jelentkezik (44. ábra). Emiatt mederszélesítés esetén hidrológiailag megalapozott intézkedési terv kidolgozása szükséges.

Megfelelő védelmi intézkedések különösen a fokozott erózióval érintett részeken szükségesek. Hosszirányú védelemnek leginkább sarkantyúk sora alkalmas, mert ez a meder szélességének szabályozásában kellő rugalmasságot biztosít (46. ábra).

Amennyiben a meder további szélesedése is megengedhető, a már védendő területektől meghatározott távolságra rejtett sarkantyúk telepítendők. Ebben az esetben ügyelni kell arra, hogy a meglévő és új partvédművek egységes rendszert képezzenek (47. ábra.)

Kombinálható intézkedések

A meder mechanikus szélesítése kombinálható erodálható partokkal (48. ábra) vagy az ártér süllyesztésével, ez esetben a földmunka mennyisége csökkenthető.

Hatások

- Mechanikus szélesítés esetén a későbbi **dinamikus folyamatok lehetősége korlátozott**, de hidrológiailag jól modellezhető.
- Hatása gyors, de a hosszú távú hatás fenntartása érdekében mindenképpen szükség van **hordalék-utánpótlásra**.
- **Negatív hatásként** kezelendő a magas kivitelezési költség, a víz zavarossá tétele és esetlegesen érzékeny területek érintettsége.
- Pozitív hatás a változatos és **ökológiailag értékes** vízi és szárazföldi élőhelyek kialakulása.
- Különböző élőhelyek sora alakulhat ki a helyreállított szakaszokon.

Nehézségek

- Ha ritka állat- és növényfajok állományai is érintettek a beavatkozás során, már a folyamat elején tisztázni kell, hogy szükség lehet-e kompenzációs intézkedésekre.
- A meder lehetséges szélesítésének **mértéke** folyónként és folyószakaszonként **változó**; függ a kiindulási állapotoktól és paraméterektől. A folyamat során ügyelni kell arra, hogy mind a meder mélyülését, mind feliszapolódását elkerüljük.



előtte



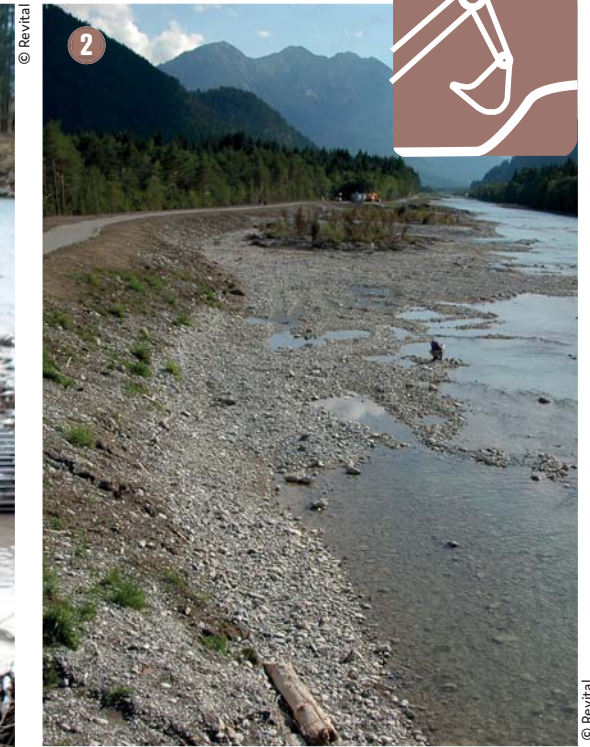
utána

48. ábra: Mederszélesítés vezérárokmal kombinálva (Lech, Augsburg, Németország)





Jó gyakorlatok



- 1 Mechanikus szélesítés a partvédelem eltávolításával kombinálva – Lech (Tiro, Ausztria), kivitelezés közben
- 2 ... a kivitelezés után
- 3 A folyómeder szélesítése az árvízi védekezést is segíti (Felső-Dráva, Sachsenburg, Ausztria)
- 4 A Salzach medrének szélesítése Freilassing közelében (Salzburg fölött, Ausztriában). A kitermelt kavics a folyóba került visszatöltésre





49. ábra: Vezérárok – Felső-Dráva St. Peter közelében (Ausztria)

Tervezési modul M03

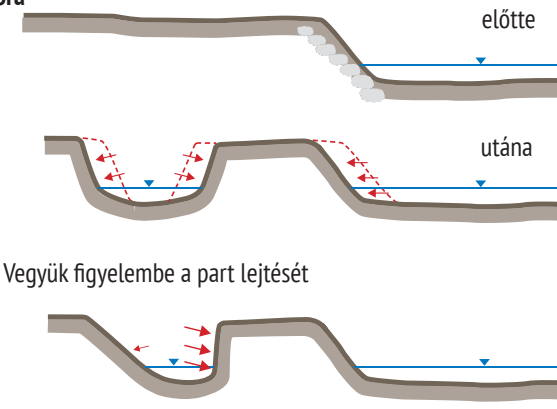
Vezérárok

Leírás

A vezérárok kialakításának célja a főmederben érkező vízmennyiség szétszétvása és spontán folyódinamikai folyamatok megindítása (50. ábra). A hidrológiai állapottól vagy az ártér uralkodó hordalékanyagaitól (finom- vagy durva szemcseméret) függően mellékágak jönnek létre eróziós folyamatoknak köszönhetően.

A vezérárok általában keskenyre tervezett, medergeometriája egyszerű, például trapéz alakú. Mélysége ideális esetben a főmeder mélységével egyenlő. A kikotort anyag lehetőség szerint a főmederbe visszatöltésre kerül (lásd Tervezési modul M06).

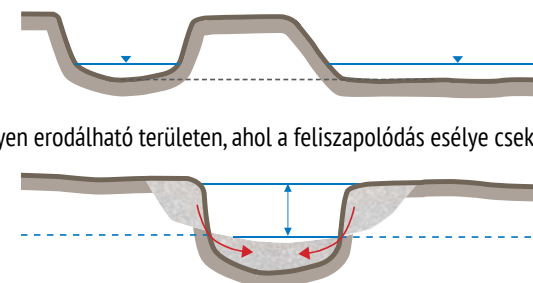
51. ábra



Vegyük figyelembe a part lejtését

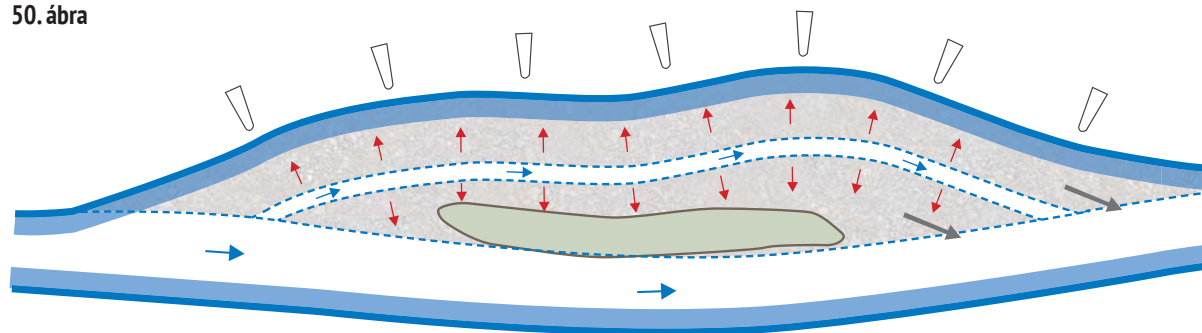
52. ábra

Vezérárok ideális mélysége



Könnyen erodálható területen, ahol a feliszapolódás esélye csekély

50. ábra



Vezérárok vázlatos képe: az egyszerű kialakítású árok később tovább alakul dinamikusan változó fonatos ágrendszer képezve

Mikor alkalmazzuk?

- Amikor erre elegendő tér áll rendelkezésre.
- Amikor előnyös a főmederre eső eróziós nyomás csökkentése.
- Amikor a **kotrásból származó anyag** főmederbe való visszatáplálása szükséges.
- Amikor **cél** az ártér **folyamatos eróziója** és ez a hidraulikus viszonyok alapján várható.
- Amikor egy **létező ágrendszer** visszacsakcsolható a főmederhez.
- Amikor a területen ökológiailag értékes élőhelyek találhatóak, a vezérárkot a **kritikus területek érintetlenül hagyásával** kell tervezni.

Hasznos kombinációk:



Alapismeretek és szabályok

Tervezés és méretezés

Mederlejtés

A vezérárok keresztmetszete trapéz alakú, meredek oldalakkal, ezzel segítve elő az eróziót (51. ábra).

Mélység

A vezérárok mélységének megközelítőleg a főmeder mélységével kell megegyeznie (52. ábra).

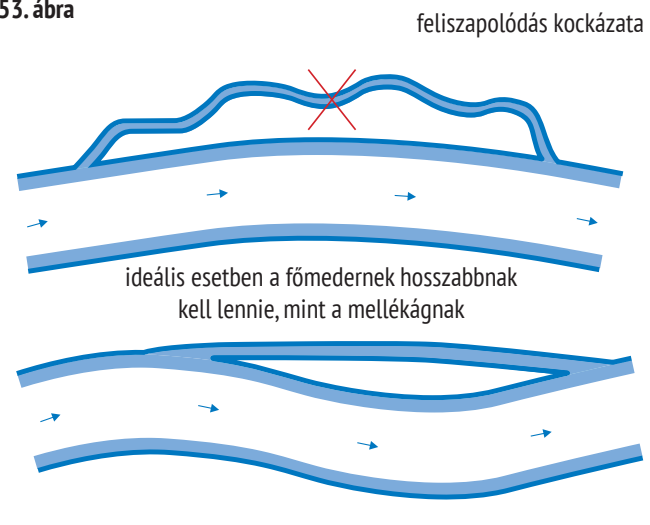
Hosszúság

A vezérárok hossza ideális esetben ne haladja meg a főág hosszát (53. ábra). Ha a vezérárok túl hosszú, megnő a hordalék-le rakódás veszélye, mivel a kisebb lejtés miatt itt a víz áramlási sebessége is lelassul.

Megfelelő elhelyezés

Az eredmény szempontjából meghatározó a vezérárok elhelyezkedése. Jellemzően a külső kanyarulat végén helyezik el. (54. ábra).

53. ábra



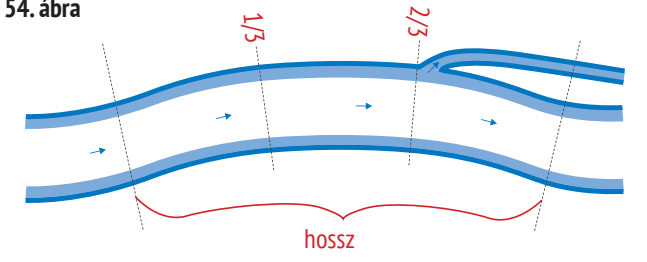
Lehetőség szerint a vezérárok lejtése ne legyen kisebb a főág lejtésénél, hogy megfelelő sebességet elérve biztosítva legyen a hordalék tovább szállítása. Nagyjából a teljes vízhozam harmadára tervezhető a vezérárok kapacitása annak kialakítása után közvetlenül (55. ábra).

Megfelelő hordalékhozam esetén a vezérárok dinamikusan alakulva fonatos lefutásúvá válik és változatos medermorfológiai szerkezetet képez, aminek következtében a hordalék-képződés és erózió között dinamikus egyensúly alakul ki.

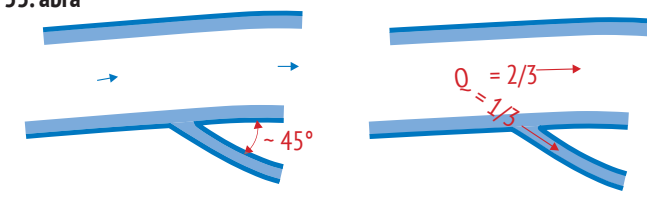
Biztonsági megfontolások

Mivel a vezérárok várhatóan dinamikusan tovább alakulnak, így környezetükben partvédelem nem kerül kiépítésre. Ezzel együtt szükséges lehet a szabad folyódinamikának határt szabni rejtett sarkantyúk vagy hosszirányú partvédművek telepítésével (34–36. ábra).

54. ábra



55. ábra





Az eróziós folyamatok dinamikája során további kiigazítások válhatnak szükségessé, mint például a kritikus pontokon partvédművek kiépítése vagy épp eróziót fokozó művek telepítése, ahol erre szükség és lehetőség van.

Kombinálható intézkedések

Elágazó mederrendszer

A medersüllyedéssel fokozottan érintett szakaszokon akár több vezérárk is kialakítható (56. ábra).

Az erodálható partok felé történő többszöri terelések következtében az érintett folyószakasz elágazóvá válik, benne dinamikus szállított hordalékkal. A célállapot elérése akár évekig, sőt évtizedekig is eltarthat. A tervezés során meghatározandó az elérni kívánt mederszélesség (lásd „Kulcsfontosságú lépések” 12. oldal és „Tervezési eszközök” 14. oldal).

A meder áthelyezése

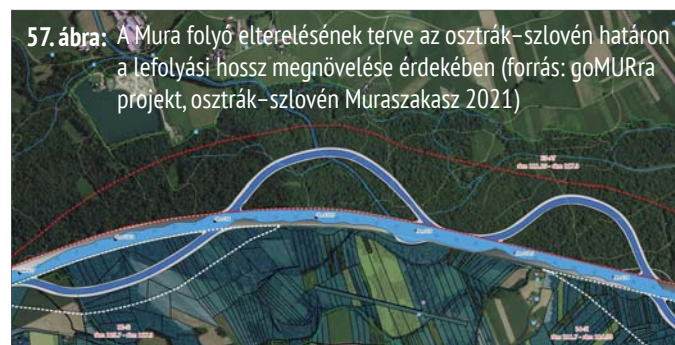
Kiegyenesített, szabályozott szakaszokon megfontolandó egyes mederszakaszok áthelyezése és kanyaratosabbá tétele. Ezáltal a lefolyás hossza megnő, a szakasz esése csökken és összességében csökken a mederre gyakorolt nyomás. Ebből a célból alkalmazható vezérárkok vagy – elsősorban sík vidéki szakaszokon –



FOLYÓ-HELYREÁLLÍTÁSI ESZKÖZTÁR

mellékágak visszacsatolása. Ebben az esetben fontos az új ágak kezdőpontjainak megválasztása és hogy a vízhozam nagyobb része az új ágakba kerüljön. Ennek érdekében a szemközti parton sarkantyúk telepítése válhat szükségessé (88. ábra).

A várhatóan intenzív eróziós folyamatok miatt megfelelő rendelkezésre álló teret kell biztosítani és a már védendő részeken (rejtett) partvédművek telepítése is szükséges lehet. A kezdeti intézkedésektől a célállapot (lásd 57. ábra alsó kép) eléréséig évtizedek telhetnek el.



Hatások

- A vezérárkok **megteremtik** egy dinamikus folyami rendszer kialakításának alapjait. **Jelentősen növelik** a partok felől bekerülő hordalék mennyiségét.
- **Nagy kiterjedésű eróziós zónák** alakulnak ki, amik hosszú távú hordalék-utánpótlást biztosítanak.
- **Értékes élőhelyek mozaikjai** jöhetnek létre, amelyek természetes szukcessziós folyamatok során alakulnak tovább.

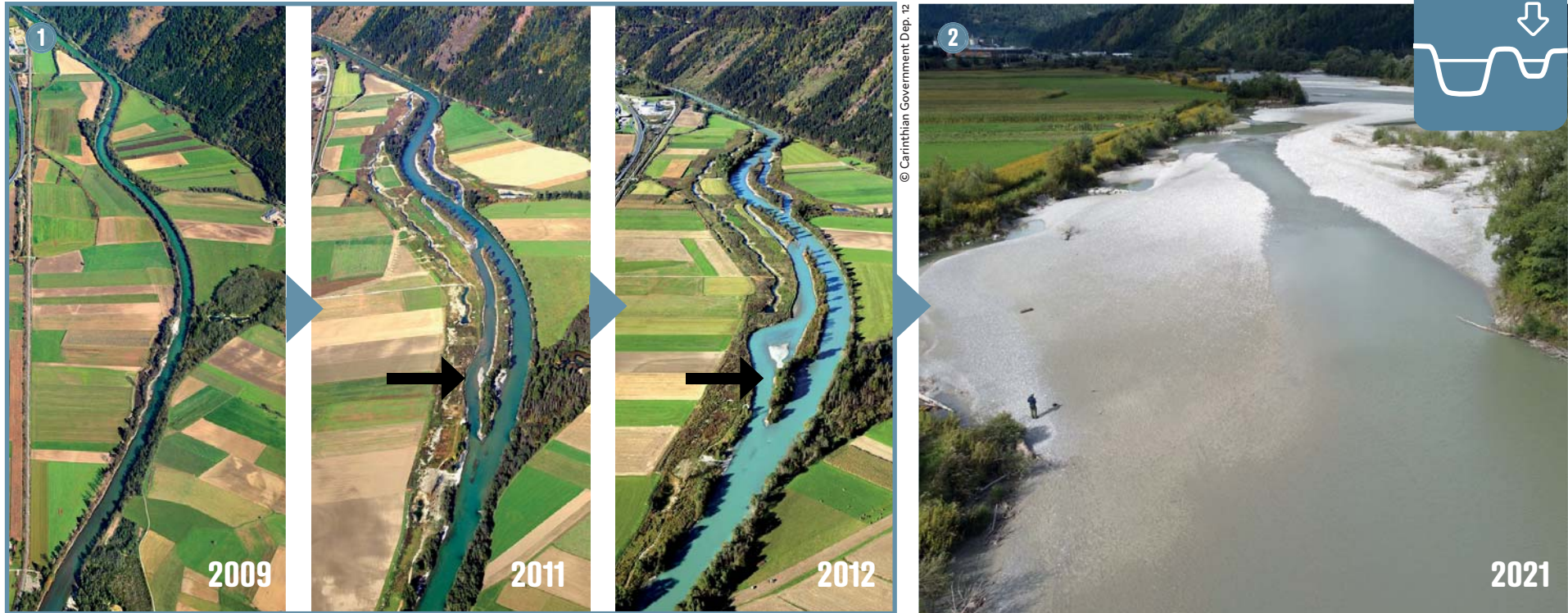
Nehézségek

- A túl gyors mederátalakulás part menti **infrastruktúrákat veszélyeztethet**.
- A **rendelkezésre álló tér** kulcsfontosságú. Ezért már a tervezés során meg kell határozni a szükséges területet és a hatásterületet is.
- Ha a vezérárkok nem a kívánt módon fejlődnek tovább, eróziót elősegítő vagy éppen gátló **beavatkozások** válhatnak szükségessé.
- Ha adott helyen a természetvédelem nem támogatja eltűnő, majd kialakuló élőhelyek mozaikjának létrejöttét, **konfliktushelyzetek** alakulhatnak ki.
- Bányavállalatok, helyi lakosok és más érintettek bevonására **érdekegyeztetések** lehetnek szükségesek.



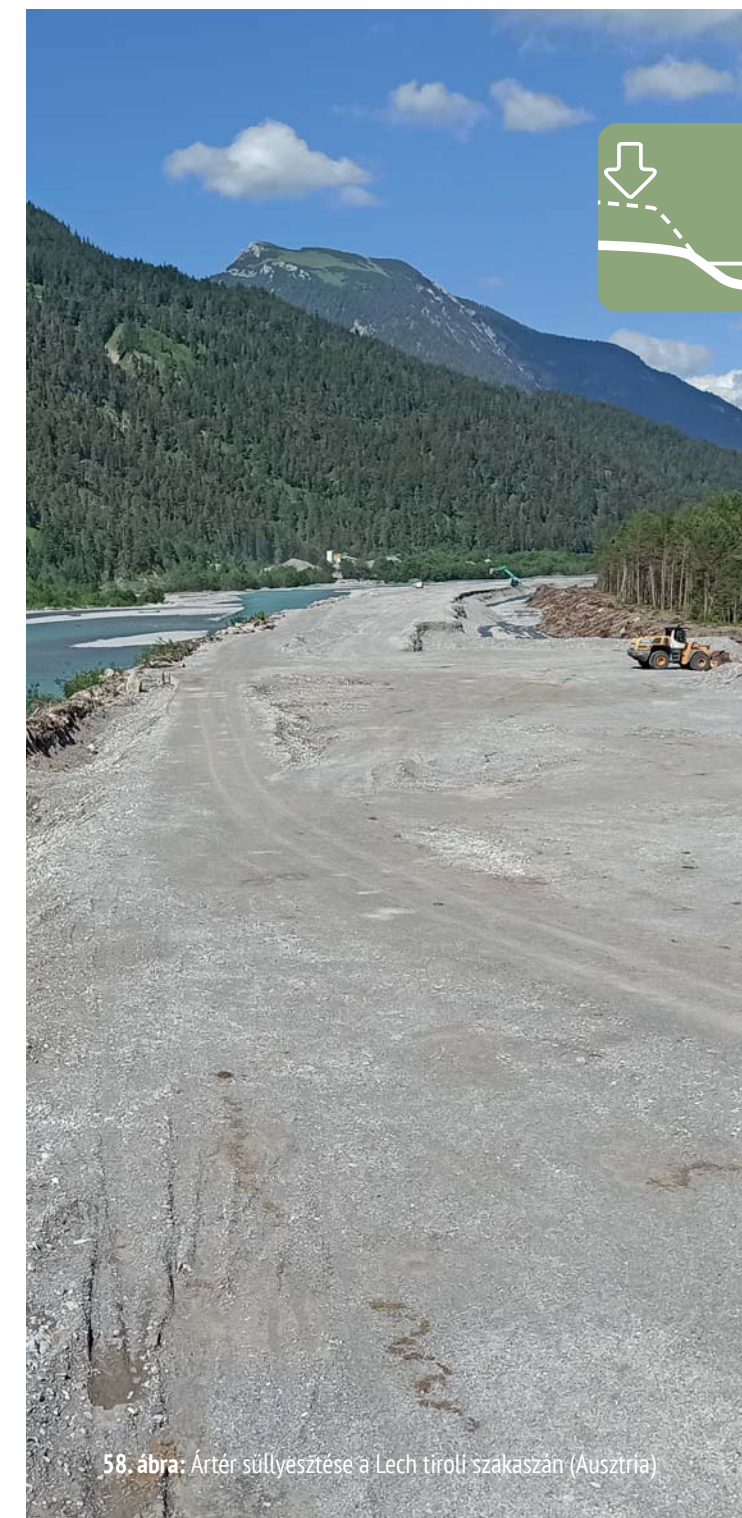


Jó gyakorlat



- 1 Vezérárok kialakítása a Felső-Dráván, Ober-gottesfeld közelében (Ausztria), 2009–2011
- 2 Felső-Dráva Obergottesfeldnél, 2021
- 3 Vezérárok nyitása 2012-ben
- 4 Erős parterrózió áradáskor, 2012-ben





58. ábra: Ártér süllyesztése a Lech tiroli szakaszán (Ausztria)

Tervezési modul M04

Árterek süllyesztése

Leírás

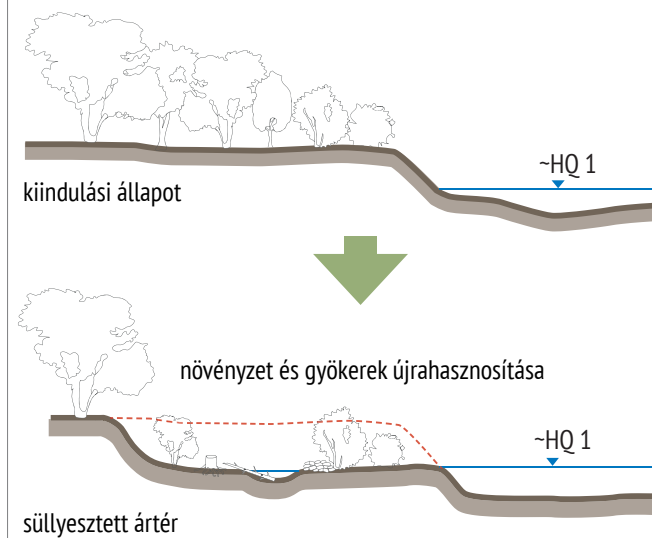
Ez a modul a folyópartok és árterek kiterjesztése és dinamikájának helyreállítása érdekében azok süllyesztését foglalja magában. A földmunkák megkezdése előtt a kijelölt területen megtörténik a növényzet eltávolítása az ökológiailag értékes állományokat megőrizve.

A szabad folyódinamika kialakítása érdekében a partvédművek csak egyes helyeken maradnak meg. Az eltávolított ágak és gyökerek felhasználhatók új élőhelyek kialakításához (59. ábra). A gépekkel eltávolított mederanyag egy része közvetlenül visszatáplálható a folyóba (60. ábra és Tervezési modul M05).

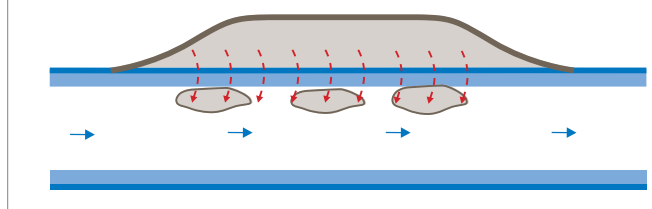
A tervezési szakaszban feltáróárok ásásával érdemes a terület anyagösszetételét meghatározni.

Az árterek süllyesztésének tervezése az elérendő cél szerint történik, amely lehet a gyakoribb elöntés biztosítása vagy parterziós folyamatok megindítása. A részben meghagyott partvédművek szerepe kettős: segíthetik az eróziót vagy stabilizálhatnak egyes szakaszokat.

59. ábra



60. ábra: a folyamat során kitermelt anyag a mederbe kerül visszatöltésre vagy a beavatkozási területen vagy fentebbi szakaszon





Mikor alkalmazzuk?

- Amikor a mederbevigódás előrehaladott és a **hullámtér nagymértékben elszakadt a folyótól** (azaz elárasztás nem történik).
- Amikor az ártér visszakapcsolása **nem oldható meg a meder szintjének emelésével**.
- Amikor a meder süllyedése miatt **nagy a hordalékigény** az intézkedési területen és annak alvívén.
- Amikor áradások idején **nagymértékű hordalékbeáramlás a cél**.
- Amikor lehetséges alternatíva a süllyesztett ártéri területen **új ligeterdő** kialakítása.
- Amikor **vízzerőművek alvívén** a hordalékhiány kompenzálása szükséges.
- Amikor a **hosszú távú folyódinamikai folyamatok** működtetése a cél, nem az azonnali eredményre vezető beavatkozások.

			P1	P2	P3
Vízmélység	h	[m]	7,50	5,00	3,30
Szemcseméret	d_{50} bzw. d_m	[m]	0,10	0,10	0,10
Mederszélesség	B_w	[m]	100	200	400
	h/D	[-]	7,50E+01	5,00E+01	3,30E+01
	B/h	[-]	1,33E+01	4,00E+01	1,21E+02

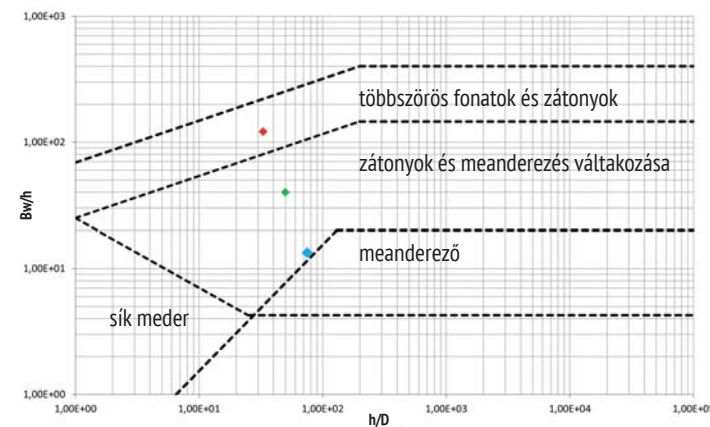
Alapismeretek és szabályok

Tervezés és méretezés

Az ártér süllyesztése magas vízállás esetén szélesebb keresztmetszetet eredményez, ami csökkenti a mederre gyakorolt nyomást. Ezért a meder süllyesztésének működőképességét és különösen magának a süllyesztésnek a mértékét hidraulikai modellekkel kell szimulálni és optimalizálni. Első megközelítésben az éves gyakoriságú árvízi szintig süllyeszthető (HQ1) (60. ábra).

Az ártér süllyesztése a meder szélesítésével kombinálva különböző mederstruktúrák megjelenéséhez vezet, amiknek az alakulása Da Silva (1991) munkája alapján becsülhető.

Az Ahmari & Da Silva (2011) által kidolgozott ún. (B/h; h/D)-terv a mederszélesség (B) és a vízmélység (h) arányát a vízmélység (h) és a szemcseméret (D) arányához viszonyítva lehetővé teszi a különböző morfológiai folyótípusok elkülönítését (61. ábra). Eszerint körvonalazható az a mederszélesség, amely a kívánt medermorfológia eléréséhez szükséges (ez az Mo1 és Mo2 tervezési modulok esetén szintén használható).



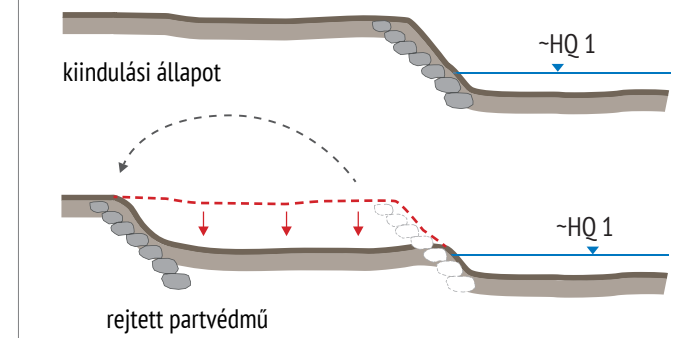
61. ábra: Várható medermorfológia meghatározása a mederszélesség, meder-mélység és a hordalék szemcsemérete alapján (Ahmari & Da Silva 2011 szerint)

Biztonsági megfontolások

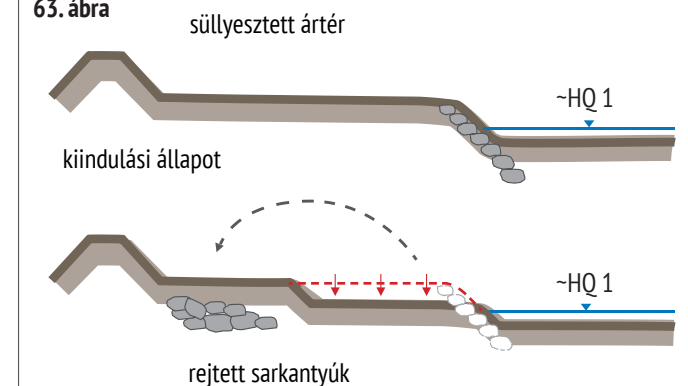
A többnyire megszüntetett partvédművek anyaga távolabb rejtett partvédműként kerül beépítésre. Ezen a területen belül a süllyesztett ártéren folyódinamikai folyamatok indulnak meg.

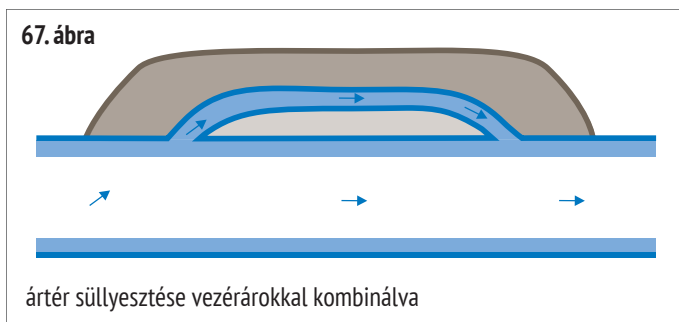
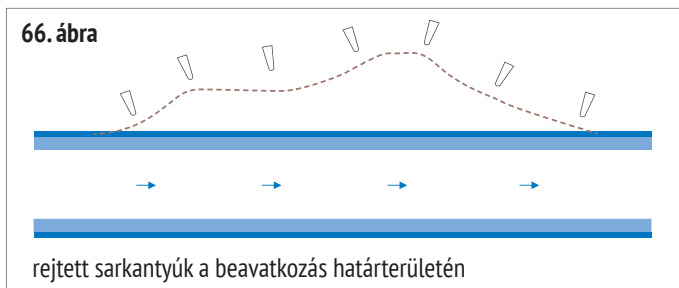
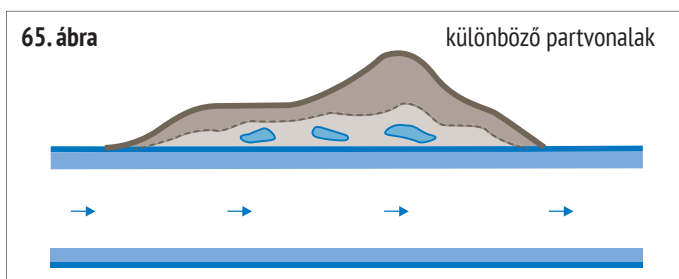
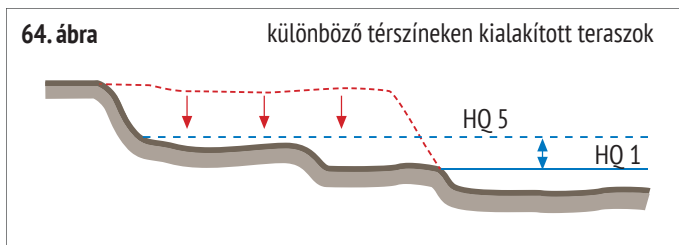
Az eltávolított partvédművek anyagából rejtett sarkantyúkat is építhetnek (63. ábra). Ezek optimális hossza és egymástól való távolsága szimulációs modellek segítségével határozható meg.

62. ábra



63. ábra





Kombinálható intézkedések

Az ártér lépcsőzetesen is süllyeszthető: a folyó közvetlen szomszédságában az éves árvízszintig (HQ1), távolodva pedig az öt éves árvízi szintig (HQ5) (64. ábra). Így pionír élőhelyektől a puhafás és keményfás ligeterdőkig különféle növényzet kialakulása segíthető elő. Az egyes szintek felülete lehet egyenetlen, tovább növelve a mozaikosságot és a kialakítható élőhelyek számát (65. ábra).

Az ártér süllyesztése kombinálható az erodálható partokkal és a meder szélesítésével is. Ekkor a növényzetet és a partvédműveket eltávolítják és a kijelölt területen rejtett sarkantyúkat telepítenek (66. ábra).

Az ártér süllyesztését vezérárok kialakításával kombinálva a kialakított csupasz felszínek miatt az erózió erősebb lesz, a hordalék könnyebben mobilizálható és folyamatosan kerül be a folyóba. Ennek eredményeként dinamikus folyókép alakul ki oldalágakkal, zátonyokkal és változatos élőhelyekkel. A kialakuló medermorfológia Ahmeri & Da Silva (2011) diagramja alapján előre jelezhető (61. ábra).



68. ábra: Ártér süllyesztése vezérárokkal kombinálva (fotómontázs: Lech, Augsburg, Németország)

Hatások

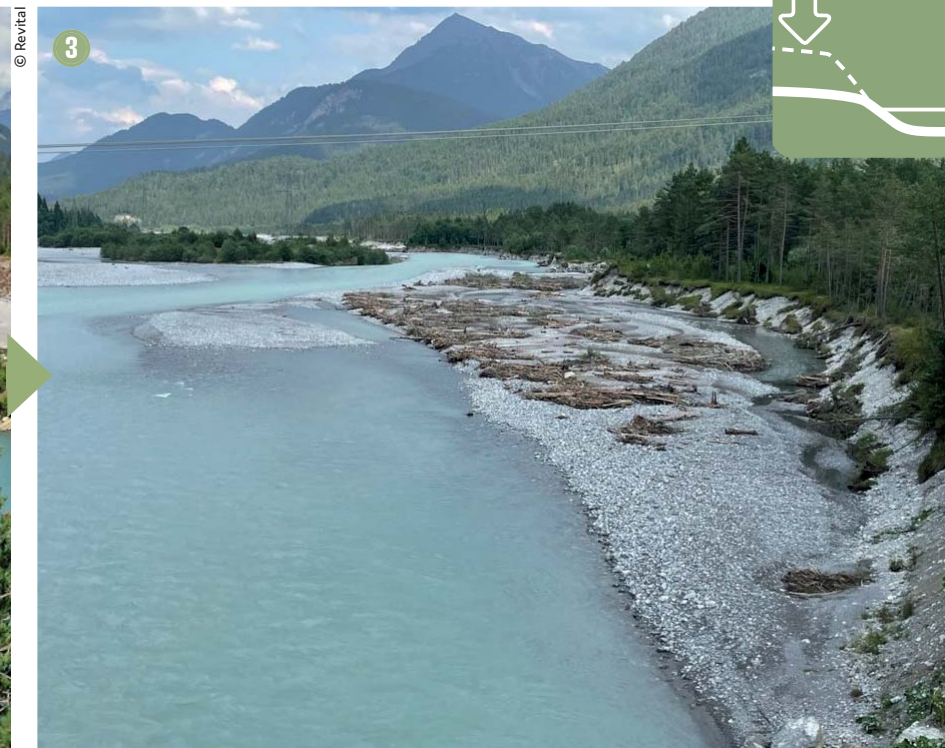
- Az ártér süllyesztésével a folyó alacsonyabb vízállásoknál is elárasztja a területet, az árvízi hozamok keresztmetszelve megnő és a **mederre nehezedő eróziós nyomás csökken**.
- A süllyesztett ártér területén megindul a növényzet szukcessziója értékes élőhelyeket hozva létre (bokorfüzeseket, állandó és ideiglenes állóvizeket, sekély part menti és egyéb vizes élőhelyeket).

Nehézségek

- Az ártér süllyesztésének **nagy területigénye** és a meglévő növényzet eltávolítása konfliktushoz vezethet az erdészeti és természetvédelmi szervekkel, ezért előre tisztázandó esetleges kompenzációs intézkedések szükségessége.
- A földmunkák során kitermelt **nagy mennyiségű anyag szállítása**, tárolása és a folyóba történő folyamatos visszatáplálása hely-, energia- és időigényes.
- A folyamat során kitermelt kavics értékes építőanyag, ezért nagy lehet a **nyomás** annak értékesítése, mintsem a folyóba történő visszatöltése irányában.

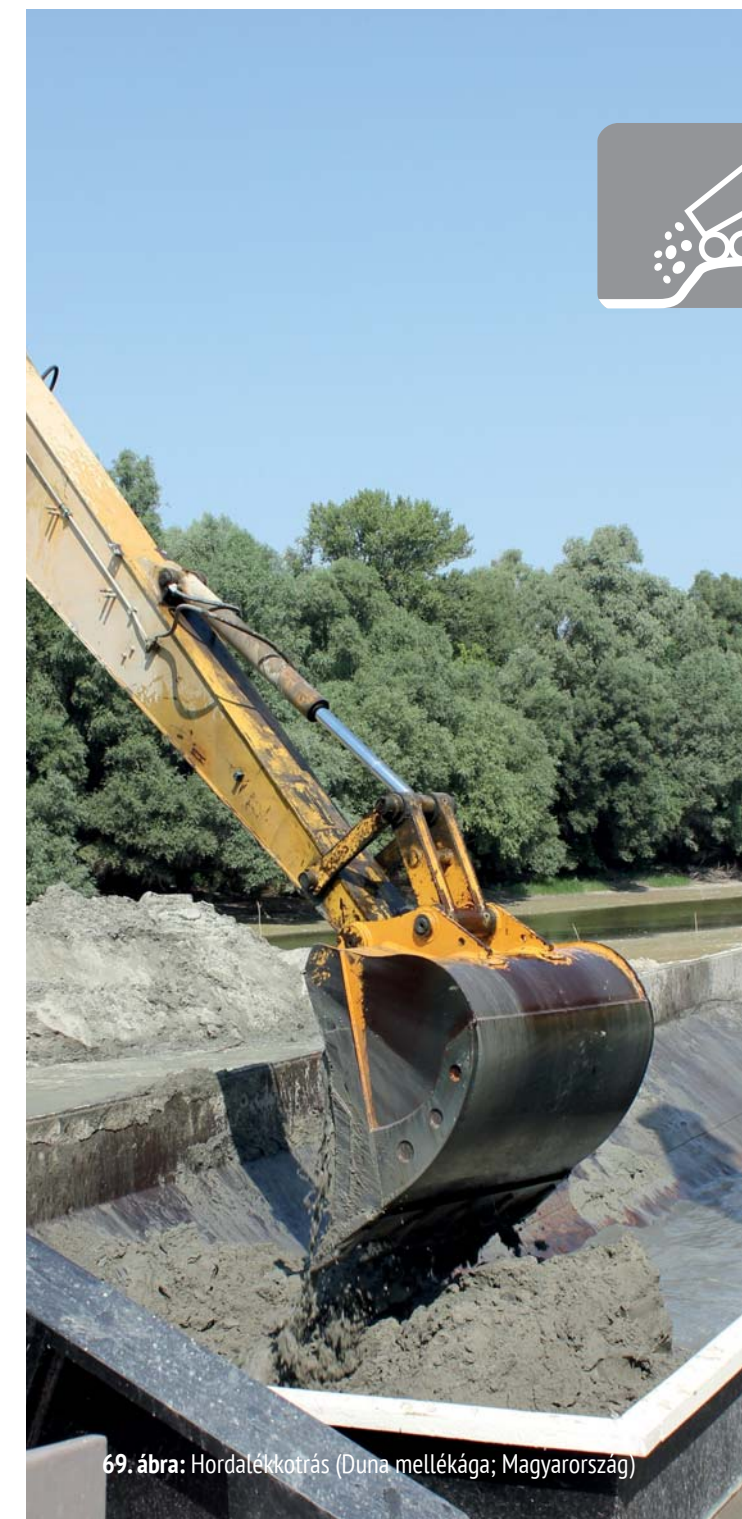


Jó gyakorlat



- 1 Meder süllyesztése a Lech mentén Forchach közelében (Tiro, Ausztria) – Előkészítő tisztítás
- 2 ... a hordalék gépekkel történő eltávolítása
- 3 ... egy évvel későbbi állapot a meder megindult szélesedésével
- 4 Hordalék-visszatáplálás a Salzachba (Ausztria)
- 5





69. ábra: Hordalékkotrás (Duna mellékága; Magyarország)



WWF Magyarország

Tervezési modul M05

Hordalék-utánpótlás

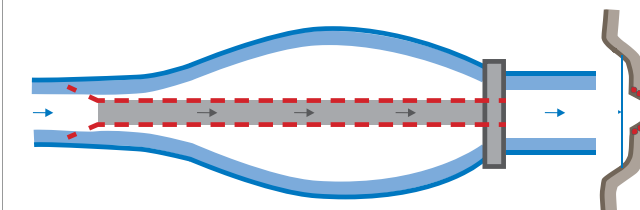
Leírás

Ahogy azt a bevezető rész tárgyalta, adott folyószakasz aktív és dinamikus fejlődéséhez elengedhetetlen a felvízről folyamatosan érkező görgetett és lebegtetett hordalék-utánpótlás. Ez a modul az aktív hordalék-utánpótlás lehetőségeit mutatja be olyan szakaszokon, ahol a felvízről érkező hordalék hiánya jelentős probléma. A hordalék-utánpótlás különféle módokon valósulhat meg:

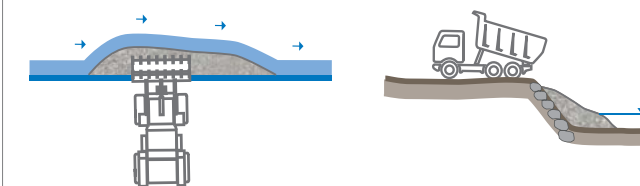
- A hordalék víztározókon történő átjutásának elősegítése a tározó megfelelő kialakításával (70. ábra).
- Hordalék felhalmozása a folyóparton, ahonnan aztán az fokozatosan szállítódik el különösen nagyvíznél és árvizek esetén (71–72. ábra).
- A kitermelt hordalék elszállítása hajóval egy felsőbb szakaszra, majd itt változó helyszíneken való visszatáplálása. Visszatáplálás során a víz átmenetileg zavarossá válhat.

A visszatáplált hordalék az alsóbb szakaszokon változatos medermorfológiai mintázatok kialakulását teszi lehetővé.

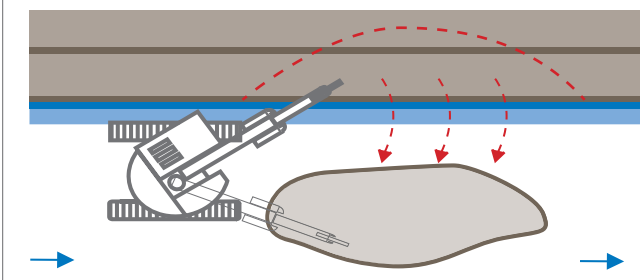
70. ábra hordalék számára átjárható tározó



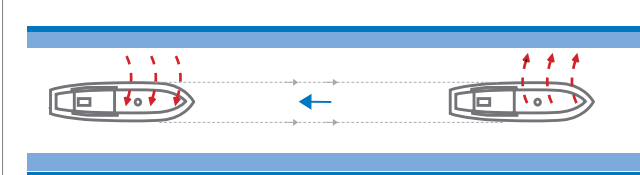
71. ábra



72. ábra



73. ábra





Hol alkalmazzuk?

- Olyan szakaszok mentén, ahol **hordalékhiány** vagy mederbevágódás a jellemző.
- Ahol **megfelelő és elegendő hordalékanyag** áll rendelkezésre.
- **Kiszélesített szakaszok felett** aktívan elősegítve a kiszélesített szakasz mederfejlődését.
- Olyan helyeken, ahol a folyó **hordalékszállító képessége** ezt megengedi vagy a hordalék mobilizálása lehetséges.
- Ahol **más beavatkozások eredményeként hordalékanyag** érhető el (pl. víztározókban, gátak által felfogott vagy kotrásból származó hordalék).
- **Hasznos kombinációk:** A hordalékbevitelnél többnyire más intézkedésekkel együtt van létjogosultsága. Kiszélesített folyómedrek esetén például a hordalékbevitel igen előnyösen hat a meder stabilitására.



Alapismeretek és szabályok

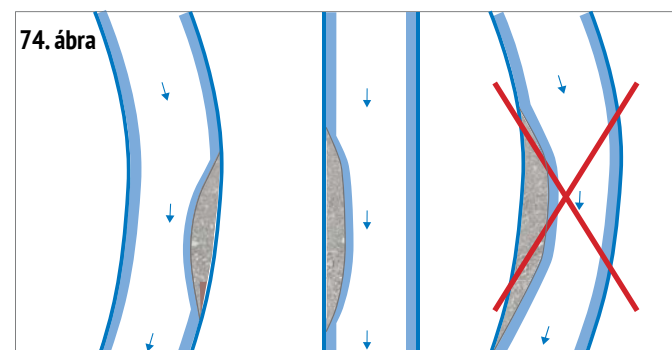
Tervezés és méretezés

A folyószabályozások során a meder esésének és szélességének kialakítása a maximális lefolyás érdekében történt, így a hordalék is gyorsan tovább szállítódik, ahelyett, hogy felhalmozódna.

A nagymértékű hordalékhiány miatt számos folyó medre bevágódott és határozott lépések szükségesek a folyamat megállításához. Ilyen megoldás lehet a meder szélesítése és a hordalék visszatáplálása. A bemutatott M01–M04 tervezési modulok és azok kombinációi alkalmasak keresztmetszvény szélesítésére, a szállítási kapacitás csökkentésére és a hordalékellátás biztosítására. A hordalék betáplálása történhet a beavatkozással érintett szakaszon vagy attól fentebbi szakaszon.

A tapasztalatok szerint a párhuzamos vagy váltakozó helyszíneken történő hordalék-visszatöltés lényegesen kedvezőbb hatású. Így például sodorvonalban kialakított szigetek jóval gyorsabban erodálódnak, mint a parton felhalmozott hordalék (75. ábra).

A kialakított hordalékszigetek anyaga jóval gyorsabban mobilizálódik homorú partokon és nagy görbületű folyókanyarulatokban. Domború parton elhelyezett hordalékot a folyó nehezen tud mobilizálni (74. ábra).



Az eredmény szempontjából meghatározó a hordalék szemcsemérete. A finomabb szemcséjű hordalék könnyebben és gyorsabban mobilizálódik, mint a nagyobb méretű kavicsos hordalék. A folyóba juttatott hordalék típusának összhangban kell állni az érintett szakaszok (és alvük) hordalék-összetételével, valamint a kitűzött célokkal.

A hordalékszállítás mértéke különböző keresztmetszvényeken meghatározható a Meyer-Peter & Müller (1949) vagy Smart & Jäggi (1983) által kidolgozott függvények segítségével. Az egyes megközelítések áttekintését adja Hunziker (1995).

Biztonsági megfontolások

A folyóba juttatandó hordalékanyag mennyiségének meghatározásához az átlagos éves hordalékszállítási kapacitást érdemes alapul venni vagy olyan mennyiségből kiindulni, ami lehetővé teszi természetközeli medermorfológiai elemek megjelenését. A túlzott mértékű hordalékbevitel és az ennek következtében jelentkező túlzott mértékű hordaléklerakódás árvízvédelmi szempontból problémát jelenthet.

A hordalékszállítás dinamikájával kapcsolatos számítások bizonytalanságát rendszeres monitorozással ellensúlyozhatjuk. Ennek köszönhetően a nem kívánt hordalékfelhalmozódás korai stádiumban észlelhető és megfelelő válaszlépések tehetők (pl. eróziót irányító művek telepítése lásd Tervezési modul M06).

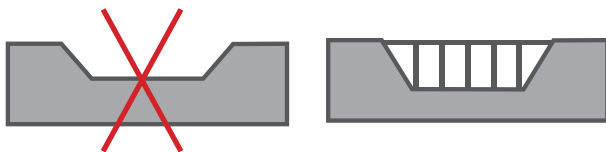


75. ábra: Szigetet alkotó hordaléklerakás (Duna, Ausztria)





76. ábra



© Revital



© Revital

77. ábra: Újonnan épített gát Feistritzbach-nál (Felső-Dráva, Ausztria). A régi gátat eltávolították és a medret megtisztították a felhalmozott hordaléktól

Hordalék-utánpótlás folytonosságának biztosítása

A hordalék visszatáplálása minden olyan beavatkozáshoz kapcsolható, melynek során mederanyag válik elérhetővé. Minden ilyen esetben szükséges ennek a folyóba történő visszatáplálása, és nem megengedhető a rendszerből való kikerülése.

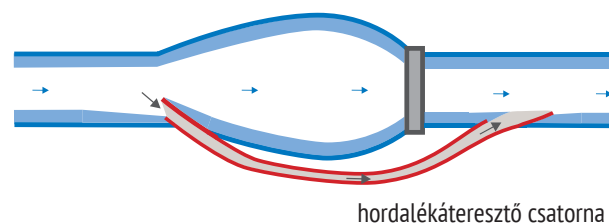
A folyókban gyakran erős hordalékhiány jelentkezik a vízgyűjtőn és a vízerőművek gátjai által visszatartott hordalék miatt.

Hordalékot szállító folyók és patakok hordalékfogó gátjainak megnyitásával a hordalékgyűjtő terület növelhető (76–77. ábra).

A víztározók kiépíthetők úgy, hogy legalább a hordalék egy része átjusson rajtuk és ne essen csapdába a tározó területén. A tározók nagyobb vízullámmal történő átmosása bevett gyakorlat, amikor elsősorban finomszemcsés üledék jut át a tározón (alvízen esetleg problémát okozva).

A tározó végében létesített terelőcsatorna különösen meredekebb szakaszokon és kellő mértékű szállítási kapacitás esetén alkalmas durvaszemcsés hordalék gát alatti szakaszokra való eljuttatására (78. ábra).

78. ábra



Hatások

- A hordalékanyag **természetes módon eljut** hordalékhiányos területekre.
- A hordalék-utánpótlás **csökkenti a mederre nehezedő eróziós nyomást** és az oldalirányú eróziót segíti elő.
- A hozzáadott hordaléknak köszönhetően a folyótípusra jellemző mederalakzatok fejlődnek (homok- és kavicsátonyok, szigetek).

Nehézségek

- A kitermelés helyétől a visszatáplálás helyszínéig történő **szállítás** munka- és energiaigényes, **zavarhatja** a környező településeket és a természetes területek élővilágát.
- A visszatáplált hordalék **helyileg vízszintemelkedést okozhat**, növelve az **árvíz kockázatot**, a kiszélesedő részekben és tározókban pedig **felhalmozódhat** a mederanyag. Emiatt a meder szélesítése és a hordalék visszatáplálása úgy koordinálandó, hogy középtávon és hosszú távon a lerakódás és erózió egyensúlyba kerüljön (részletes monitoring tevékenység segít a zajló folyamatok megértésében és időben történő válaszleptések megtételében).
- A kavics keresett építőipari alapanyag, így konfliktusok alakulhatnak ki a kitermelésben érdekelt bányavállalatokkal. **Ismételten hangsúlyozzuk, hogy a hordaléknak nem szabad kikerülnie a folyami rendszerekből!**



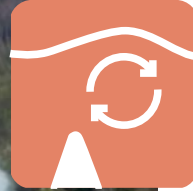


Jó gyakorlat



- 1 A St. Sauver tározóból 44 000 m³ durvaszemcsés hordalék kikotrása történt meg
- 2 Vezérárok kombinálása durvaszemcsés hordalékanyag hozzáadásával a Murában Gosdorf mellett (Ausztria)
- 3 Hordalékanyag eltávolítása a Duna egyik mellékágából (Szabadság-sziget, Magyarország) ...
- 4 ... és visszatöltése a Dunába (Magyarország)





© WWA Kempten

79. ábra: A lefolyást a szemközti part felé terelő sarkantyú (Lech; Tirol, Ausztria)

Tervezési modul M06

Eróziót irányító művek

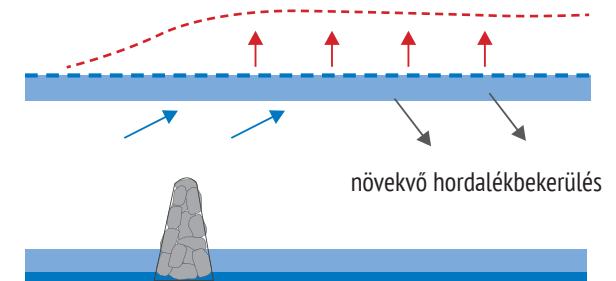
Leírás

Az eróziót irányító művek a szállítási kapacitás lokális megnövekedését okozzák az áramlást az erodálандó területek felé irányítva. Ezáltal az eróziós folyamatok felerősödnek és az alsóbb szakaszok hordalékellátása javul (80. ábra).

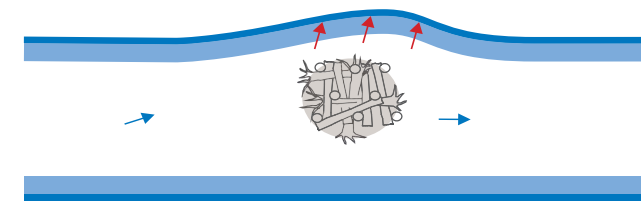
Az eróziót segítő művek gyakran a mederpáncélzatból kerülnek kialakításra, mivel erőteljes sodrásnak vannak kitéve és a nagyobb vízhozamok hatásainak is ellen kell állniuk. Ezek miatt a megfelelő kialakítás (alapozás, kövek mérete) különösen fontos. Egyes esetekben az eltávolított partvédművek építőanyaga is felhasználható erre a célra (81. ábra).

A folyó szállítási kapacitásának ellenálló durvaszemcsés hordalék ugyanígy képes a lefolyást a szemközti part felé irányítani és ott parteróziót előidézni (82. ábra).

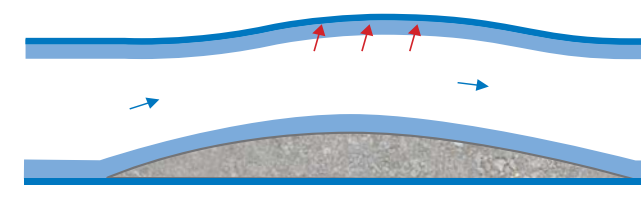
80. ábra: kőből épült, eróziót irányító mű



81. ábra: fából épült, eróziót irányító mű



82. ábra: hordalékanyag lerakódás

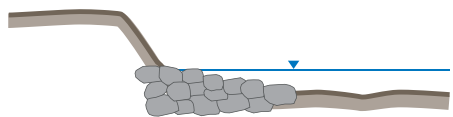


Hol alkalmazzuk?

- Ahol a meder szélesedése megengedhető, de a hordalék hiánya vagy más kedvezőtlen adottságok miatt ez **spontán módon nem következne be.**
- Ahol az erodálható partok kialakítása **nem hozta el a kívánt változásokat.**
- Ahol a **hordalékfelhalmozódást megakadályozó** és a hordalék mobilizálását elősegítő folyódinamikai folyamatok megindítása vagy felerősítése a cél (pl. kiszélesített szakaszokon).
- Hosszabb **folyószakaszok felső végén**, mivel alvízi hatások hosszú szakaszon jelentkezhet.

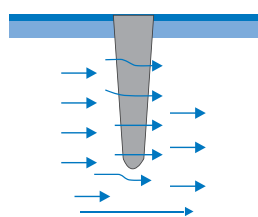
83. ábra

a sarkantyút a vízszint azon magasságáig kell építeni, amely ponton a hordalékszállítás kezdődik

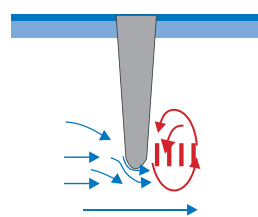


84. ábra

a) partra merőlegesen álló sarkantyú

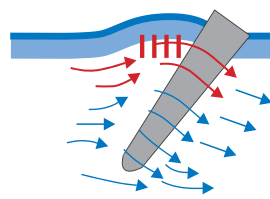


teljes elárasztás esetén

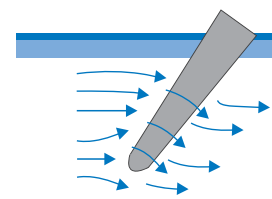


részleges elárasztás esetén

b) folyásiránnyal szembe hajló sarkantyú

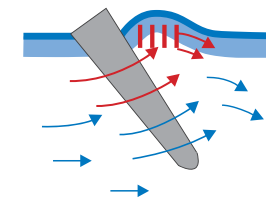


teljes elárasztás esetén

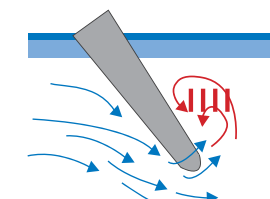


részleges elárasztás esetén

c) folyásirányba hajló sarkantyú



teljes elárasztás esetén



részleges elárasztás esetén

|||| fokozott erózió

Alapismeretek és szabályok

Tervezés és méretezés

A művek helyzete, kialakítása és méretezése határozza meg a kifejtett eróziós hatás helyét és mértékét.

- A **partra merőlegesen telepített sarkantyúk** a folyás irányát és a part erózióját csak kismértékben módosítják, azonban kisebb medencéket hozhatnak létre a mederben (84. a) ábra).
- **Folyásiránnyal szembe hajló sarkantyúk** a vizet a sodorvonal felé terelik, ha teljesen víz alá kerülnek (84. b) ábra).
- **Folyásirányba hajló sarkantyúk** elöntésük esetén a vizet továbbterelik az alvízi part irányába (84. c) ábra).

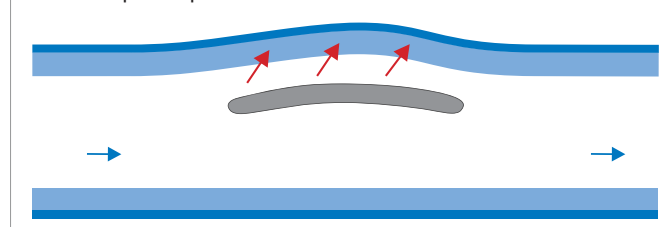
Fontos a valamelyik irányba hajló sarkantyúk megfelelő méretezése, hogy elöntésre kerüljenek a hordalékszállítás megindulásával (83. ábra). A hordalékszállítás akkor indul meg, amikor a mederfenék csúsztatófeszültsége eléri a határ-cúsztatófeszültséget; ennek értéke minden esetben egyedileg határozandó meg (vö. Meyer-Peter & Müller 1949).

Áramlást irányító műtárgyak a parttól távol is elhelyezhetők a következő esetekben:

- fatörzsek, ágakból, gyökerekből épített torlaszok (81. ábra);
- parttal párhuzamos, sarló alakú művek, melyek a mögöttük fekvő part erózióját erősítik (85. ábra);
- vezérárok belépési pontjának közelébe telepített sarkantyúk (88. ábra);
- szigetcsúcsokra, így a szigetek terelőműként irányítják a vizet a part felé (89–90. ábra).

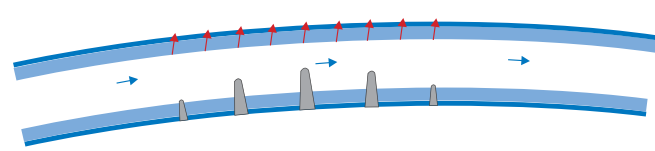
Elhelyezkedésüktől és magasságuktól függően ezeknek a műveknek különböző áramlasmódosító hatásai vannak, ezek hidraulikai modellekkel határozhatók meg és optimalizálhatók.

85. ábra parttal párhuzamos sarló alakú mű és hatása

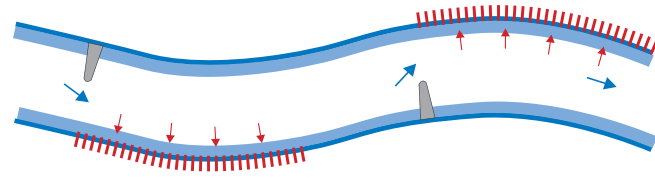




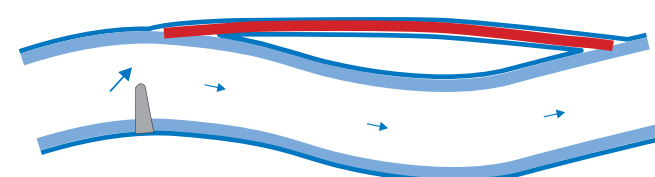
86. ábra: Sorban telepített sarkantyúk a szemközti part erózióját fokozzák



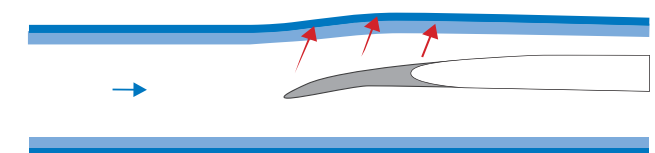
87. ábra: Erodálható partok és sarkantyúk kombinációja



88. ábra: Vezérárok és sarkantyú kombinációja



89. ábra: Megerősített szigetcsúcs eltereli a sodorvonalat és a parton eróziót okoz



Kombinálható intézkedések

Sarkantyúk és hordalék-utánpótlás (lásd Tervezési modul M05) kombinálása gyorsabb hordalékáramlást tesz lehetővé.

A sorban telepített sarkantyúk védik a partot, a sodorvonalat a szemközti part felé terelik, ahol felerősödik az erózió. A sorban telepített sarkantyúk egymástól való távolsága hozzávetőleg hosszuk másfélszerese (86. ábra).

Az erodálható partok fölött elhelyezett sarkantyúk ezek felé irányítják a sodrást (87. ábra). Megfelelően méretezett és elhelyezett sarkantyúkkal a főmeder víztömege is átírányítható.

A vezérárok belépési pontjánál az átellenes partra telepített sarkantyú erősíti a vezérárok felé jutó áramlást (88. ábra). Hasonló hatással bír ugyanebben a situációban ívelt telepítése (89–90. ábra).



90. ábra: Ívelt sarkantyúkkal a főmeder felől a vezérárokba terelhető a víztömeg (Felső-Dráva, Ausztria)

Hatások

- Bár **kis kiterjedésű**, de **jelentős hatást** kifejtő művek.
- **Fokozzák** az eróziót, ugyanakkor rögzítenek is egyes képződményeket. Mérlegelni kell a különböző hatásait.
- **Rugalmasan** használhatók és alakíthatók az optimális hatás elérése érdekében.
- Növelik a vízi és parti **élőhelyek diverzitását**.
- **Lokális medermélyülést** okozhatnak, ami egyes folyószakaszokon problémát jelenthet.

Nehézségek

- Optimális telepítési helyük gyakran **nehezen megközelíthető** és energiagigényes.
- A beavatkozások hatásai **nem mindig láthatók előre**, ezért utólagos optimalizálásra lehet szükség.

Hasznos kombinációk:

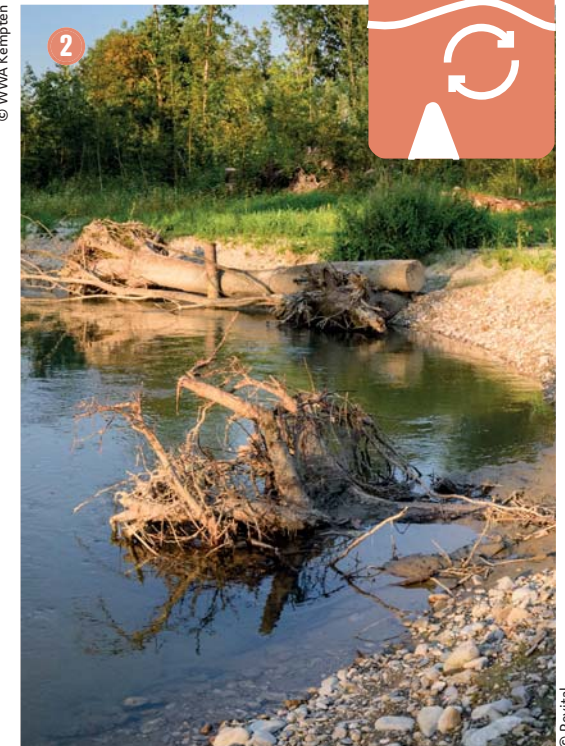




Jó gyakorlat



© WWA Kempten



© Revital



© Revital



© Revital



© Revital

- 1 Folyásiránnyal szembe hajló sarkantyúk a sodorvonalat a szemközti part felé irányítják és segítik a hordalékáramlást (Lech, Németország)
- 2 Uszadékfák, rönkök és gyökértörzsek segítik az oldalirányú eróziót (Reitbach, Ausztria)
- 3 Régi sarkantyú maradványai a Dráva medrében (a 3. ábrán balra), amik felerősítik az oldalirányú eróziót. Az érintett mezőgazdasági területet ebből adódóan ért károk kompenzálására kerültek (Libanovec, Horvátország)
- 4
- 5





91. ábra: Szakadópart a Dráván Đelekovec közelében. A szomszédos mezőgazdasági területen alkalmazott extenzív tájhasználat alkalmazásával sikerült csökkenteni a folyó szomszédságából adódó kockázatokat és vált elfogadhatóvá a folyamatos parterrózió





További hordalékanyag-mobilizációs stratégiák¹

- **Extenzív tájhasználat** a folyó közelében (földvásárlás, bérlet vagy csere útján)
- **Hordalékkitermelés tiltása** (homok, finom- és durvaszemcsés kavics)
- Az energia- és vízgazdálkodással összhangban álló **hordalékgazdálkodás**, akár mesterséges hordalékbevitelt is magában foglalva
- A **hordalékkapcsolat** folytonosságának fenntartása a folyóban és a teljes vízgyűjtőn
- **Ártéri folyosó koncepciójának** kialakítása: a folyó (potenciális) típusának megfelelő helyreállítási intézkedésekkel hosszú távon természetes folyódinamikájú szakasz alakulhat ki (57. ábra)
- A természetes folyódinamikai folyamatok az eszköztárban felsorolt példák egymást kiegészítő alkalmazásával is segíthetők vagy kombinálhatók a töltések áthelyezésével.
- A jelen kézikönyvben leírtak szerint lehetséges a **hordalék-utánpótlás elősegítése**. A meder szélesítése, esésének csökkentése, a kanyargóság növelése, vezérárok építése, a parterrózió elősegítése mind a természetes folyódinamikai folyamatok helyreállítása irányába hatnak és csökkentik a hordalékszállítás mértékét, együttesen kedvezőbb hordalék-háztartást kialakítva.
- **A természetvédelmi és vízgazdálkodási szervek közötti konszenzus megteremtése** a folyó-helyreállítás irányelveinek kialakításával. Fontos lépés a dinamikus természetvédelmi szemlélet kialakítása a rezervátum-szemlélettel szemben. Így indokolt lehet egyes, közösségi jelentőségű (91E0) ligeterdő-állományok beáldozása kedvezőbb folyódinamika kialakítása érdekében, vagy ha a beavatkozások elmaradása épp ezen állományok fokozatos leromlását okozná. Ezek az irányelvek beépíthetők a folyó-helyreállítási stratégiába vagy kidolgozhatók nemzeti szinten az EU Élőhelyvédelmi Irányelveit alapul véve.

¹ Klösch, M., Schobesberger, J., Sandberger, J., Franta, F., Nagl, L., Sindelar, C., Habersack, H. (2022): Hydromorphological laboratory model alapján. A WPT2/A.T2.1/D.T2.1.1 a Project DTP3-308-2.3-lifelineMDD keretében került összeállításra az Európai Unió alapjainak (ERDF, IPA) társfinanszírozásában.





© Goran Šafarek

Szójegyzék

Általános projekt vagy tanulmány

Olyan tanulmány, ami áttekintést nyújt a vízgazdálkodási célok által szükségesnek ítélt védelmi intézkedésekről. Vázlat, amely kiemeli a vízgazdálkodási célokat és az intézkedések módját. Ez adja a részletes terv alapját.

Árvízvédelmi Irányelv

Az Európai Parlament és a Tanács 2007/60/EK Irányelve az árvíz kockázatok értékeléséről és kezeléséről, ami előírja az árvíz kockázatok felmérését, értékelését és kezelését.

Csúszópart

Folyó kanyarulatában található, kis mértékben elárasztott part.

Csúsztatófeszültség

Érintő menti feszültség a mederfelszín és a víztest találkozásánál.

Élőhely-helyreállítás

Élőhelyek természetes állapotának visszaállítása. Generációkon átívelő feladat, mely a vízgazdálkodás, árvízvédelem és természetvédelem összehangolt fellépését igényli és eredménye a helyi kikapcsolódási lehetőségekre pozitív hatással van.

Fenék-csúsztatófeszültség

A meder egységnyi területére vonatkoztatott, az áramlás irányában kifejtett súrlódási erő. (Az egyedi talajjegyenetlenségek csúsz-

tató és nyomó hatása és a szemcseméret-hányados integrálja.)

Folyófejlesztés

Természetközeli vízepítési folyamat során teret adunk a folyónak, hogy újra természetes ártér alakulhasson ki. Ez többnyire a korábban kiépített partvédművek eltávolításával valósítható meg.

Folyómeder-bevágódás

A folyómeder mélyülése, szűkülése és az árterek lekapcsolódása a felvízről érkező elégtelen hordalékmenyiség következtében. A víz energia-szétoszlata a folyómeder eróziója által történik.

Folyószélesítés

A folyó keresztmetszetének növelése és az áramlási sebesség csökkentése. Ezzel több tér jut a folyónak és a meder dinamikus alakulására.

Hidraulika

A jellemzők tanulmányozása és kalkulálása, pl. mélység (vízfelszínmagasság), áramlás, vízfolyás lejtése stb.

Hidrológia

A hidrológia a Föld vizeinek tulajdonságával és elosztásával foglalkozó, valamint a föld felszínén vagy belsejében és a légkörben megjelenő víz körforgását vizsgáló tudomány.



Hordalék

Gleccser vagy folyóvíz által szállított lekerekített köves anyag vagy törmelék. A hidrogeológiában és hidrobiológiában a folyóvíz által szállított csúsztatott vagy görgetett anyagot nevezik hordaléknak.

Hordalékgazdálkodás

A hordalékszállítás szabályozására történő lépések a vízgyűjtőn vagy adott folyószakaszon.

Hordalékháztartás

A hordalékmennyiség be- és kikerülésének kvantitatív összehasonlítása a vízgyűjtő területen belül vagy egy adott szakaszon.

Hordalékszállítási kapacitás

A folyóvíz képessége egy adott hordalékmennyiség elszállítására a szemcse méretének és alakjának függvényében.

Jellemző szemcseméret

Az a szemcseméret, amellyel egy adott szemcseméret-eloszlású keverék jellemezhető.

Kapcsolódás

Különböző vízi élőhelyek, illetve vízi és szárazföldi élőhelyek között lezajló folyamatok, mint a víz, a hordalék, tápanyagok és élő szervezetek szállítása. Az oldalirányú kapcsolódás a folyó és az ártér kapcsolatait foglalja magában. A hosszanti kapcsolódás a folyó alsó és felső szakaszai közötti kapcsolatokat jelenti, míg a függőleges kapcsolódás alatt a folyó és a felszín alatti vizek kapcsolatait értjük.

Kritikus áramlási sebesség

Az az áramlási sebesség, amelynél például a hordalék szállítása megkezdődik.

Kritikus csúsztatófeszültség

Az a csúsztatófeszültség, amelynél a hordalék mobilizálása vagy a meder megbontása megkezdődik.

Lerakódás

Az anyag leülepedése a folyóban, majd ennek eredményeképpen a folyómeder szintjének megemelkedése.

Monitorozás

Az intézkedésekkel érintett szakaszok megfigyelése és értékelése meghatározott (élő és élettelen) indikátorok alapján.

Partvédelem

A part sérüléseinek vagy pusztulásának megakadályozására tett intézkedések.

Rézsűburkolás

Lejtős partszakaszok megerősítésére szolgáló beavatkozás, pl. parti kövezés, betonozás stb.

Sarkantyú

Partra merőleges folyamszabályozó műtárgy. A sarkantyúk sorba is telepíthetők.

Újraelosztó szakasz

Olyan folyószakaszok, ahol váltakozó lerakódási és eróziós folyamatok játszódhatnak le. Nagyobb áradások esetén a hordalék lerakódik, míg a rákövetkező kisebb események fokozatosan elszállít-

ják azt az alsóbb szakaszokra. Ezeken a szakaszokon a folyómeder a dinamikus egyensúlyra törekszik.

Vízgazdálkodási és Vízi-környezetgazdálkodási Keretirányelv

Az Európai Parlament és a Tanács 2000/60/EK irányelve a vízpolitika terén a közösségi fellépés kereteinek meghatározásáról. Az irányelv célja a felszíni vizek, a parti és átmeneti vizek, valamint a talajvíz védelmi kereteinek megteremtése.





© Goran Safarek

Felhasznált irodalom

Helyreállítás és hordalékbevitel

BAFU (Hrsg.) (2017): Geschiebe- und Habitatdynamik. Merkblatt-Sammlung Wasserbau und Ökologie. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, 84 pp.

Church, M. (2006): Bed Material Transport and the Morphology of Alluvial River Channels, Department of Geography, Annu. Rev. Earth Planet Sci.n

Da Silva, A. M. A. F. (1991): Alternate Bars and Related Alluvial Processes, Master of Science Thesis, Queen's University, Kingston, Ontario, Canada.

Habersack, H., Piegay, H. (2007): River restoration in the Alps and their surroundings: past experience and future challenges. In: Habersack, H., Piegay, H., Rinaldi, M. (Eds.), Gravelbed rivers 6 „From process understanding to river restoration“, Developments in Earth Surface Processes 11, 703–735; Elsevier.

Habersack, H., Baranya, S., Holubova, K., Vartolomei, F., Skiba, H., Babic-Mladenovic, M., Cibilic, A., Schwarz, U., Krapesch, M., Gmeiner, Ph., Haimann, M. (2019a): Danube Sediment Management Guidance. Output 6.1 of the Interreg Danube Transnational Project DanubeSediment co-funded by the European Commission, Vienna.

Habersack, H., Baranya, S., Holubova, K., Vartolomei, F., Skiba, H., Schwarz, U., Krapesch, M., Gmeiner, Ph., Haimann, M. (2019b): Sediment Manual for Stakeholders. Output 6.2 of the Interreg Danube Transnational Project DanubeSediment, Vienna.

Hillebrand, G., Frings, R. M. (2017): Von der Quelle zur Mündung: Sedimentbilanz des Rheins im Zeitraum 1991–2010, International Commission for the Hydrology of the Rhine Basin, 282 pp.

Klösch, M., Habersack, H. (2008): Monitoring the effectiveness of material input and self-initiated bank erosion in mitigating channel incision at the Mur River, Austria. [Poster] In: EGU (Ed.), Geophysical Research Abstracts; ISSN 1029-7006

Klösch, M., Tritthart, M., Beikircher, U., Dunst, R., Eder, M., Habersack, H. (2021): Sediment transport study. Deliverable D.T1.3.2 of the EU Interreg SI-AT Project goMURra, BOKU, Vienna, 110 pp.

Klösch, M. et al. (in prep.): Sediment balance and transport study. Deliverable D.T1.2.3 of the EU Interreg Danube Transnational Programme lifeline MDD, Vienna.

Schwarz, U. (2007): Pilot Study: hydromorphological survey and mapping of the Drava and Mura Rivers. IAD Report prepared by FLUVIUS, Floodplain Ecology and River Basin Management, Vienna, 140 pp.

Schwarz, U. (2014): Assessment of the River and Floodplain Restoration Potential in the Transboundary UNESCO Biosphere Reserve „Mura–Drava–Danube“ Executive Summary prepared by FLUVIUS, Floodplain Ecology and River Basin Management, Vienna, 14 pp.

Schwarz, U. (Fluvius) (2022): River Training Structures and Historical Mapping, Report compiled in the frame of the Project DTP3-308-2.3- lifelineMDD, co-funded by European Union funds (ERDF, IPA).

Water Research Institute & project partners (2019): Sediment Balance Assessment for the Danube, Water Research Institute VUVH, Bratislava, 148 pp.

Sobočan, S., Pomgrad, VGP d.d. (2022): Sediment mobilization study. Deliverable D.T1.2.2 of the EU Interreg Danube Transnational Programme lifeline MDD, Maribor.

Tervezési lépések és eszközök

Klösch, M. et al. (2019): HyMoCARES Project - WPT2. Integrating hydromorphological assessment and management at different scales D.T2.3.1. Technical notes on tools to support planning and design of hydromorphological management and restoration measures. Interreg Alpine Space. Report, 206 pp; www.alpine-space.eu/hymocares



Erodálható partok ("szakadópartok")

Ashmore, P. E. (2001): Braiding phenomena: statics and kinetics. In: Gravel-Bed River, V (Ed. M. P. Mosley), pp. 95–120. New Zealand Hydrological Society, Wellington, New Zealand.

Griffiths, G. A. (1981): Stable channel design in gravel-bed rivers. *Journal of Hydrology*, 52, 291–305.

Henderson, F. M. (1966): Open channel flow. MacMillan Publishing, New York, 522 pp.

Mechanikus szélesítés

Ashmore, P. E., Bertoldi, W., Gardner, J. T. (2011): Active width of gravel-bed braided rivers. *Earth Surface Processes and Landforms*. 36, 1510–1521.

Aufleger, M. et al. (2012): Flussaufweitungen als flussbauliche Methode – Grundsätze und Werkzeuge. In: *Österr Wasser- und Abfallwirtschaft* 64, 363–378, Springer Verlag.

Hunzinger, L. M. (1998): Flussaufweitungen – Morphologie, Geschiebehaushalt und Grundsätze zur Bemessung, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich, 206 pp.

Hunziker, L. M. (2004): Flussaufweitungen: Möglichkeiten und Grenzen, In „Wasser Energie Luft“ 96. Jahrgang, 2004, Heft 9/10, Baden.

Klösch, M., Dunst, R., Pessenlehner, S., Stephan, U., Rindler, R., Gmeiner, Ph., Habersack, H. (2019): Technical note on the evaluation of physical and ecological effects of river restoration works, Drava, Mur and Salzach Rivers. DT3.3.1 HyMoCARES.

Requena, P. et al. (2005): Aufweitungen in erodierenden Flüssen. In: *Wasser Energie Luft – 97. Jahrgang, Heft 7/8, Baden*, pp. 183–189.

Rohde, S. (2005): Integrales Gewässermanagement - Erkenntnisse aus dem Rhône-Thur Projekt. Synthesebericht Gerinneaufweitungen. Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf.

Vezérárok és árterek süllyesztése

Bledsoe, B. P., Watson, C. C. (2001): Logistic analysis of channel pattern thresholds: meandering, braiding, and incising. *Geomorphology* 38: 281–300.

Fink, S., Döring, M., Franca, M. J., Martín Sanz, E., Nadyeina, O., Robinson, Ch., Schleiss, A., Scheidegger, Ch. (2017): Dynamik und Biodiversität in Auen. In: *Geschiebe- und Habitatdynamik. Merkblatt-Sammlung Wasserbau und Ökologie. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. Merkblatt 5.*

Scheidegger, C., Werth, S., Gostner, W., Schleiss, A., Peter, A. (2012): Förderung der Dynamik bei Revitalisierungen. In: *Merkblatt-Sammlung Wasserbau und Ökologie. BAFU, Bern. Merkblatt 1.*

Hordalék-utánpótlás

Brousse, et al. (2019) 10.1002/rra.3527. Liébault, F. et al. (2019). Technical note on the evaluation of physical and ecological effects of river restoration works, Buëch and Upper Drau rivers. DT331 HyMoCARES.

Smart, M., Jäggi (1983): Sedimenttransport in steilen Gerinnen. *Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich*, Nr. 64. Zürich.

Hunziker, R. P. (1995): Fraktionsweiser Geschiebetransport, *Mitteilungen, Herausgeber: Prof. Dr.h.c. D. Vischer Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich*, 207 pp.

Meyer-Peter, E., Müller, R. (1949): Eine Formel zur Berechnung des Geschiebetransports. *Schweizerische Bauzeitung*, 67. Jahrgang, Nr. 3, pp. 29–32.

Eróziót irányító művek

Widmer, A. et al. (2019): Planungshilfe Engineered Log Jam (ELJ) Grundlagen – Dimensionierung – Planung – Bau, Renaturierungsfond des Kantons Bern, 60 pp.

Linkek - eszköztárak

<https://www.alpine-space.eu/hymocares>

<https://hymo.azurewebsites.net/HyMoCARES-Tools>

Linkek - további információk

<http://www.amazon-of-europe.com/en/>

www.bafu.admin.ch

<https://www.drava-life.hr/>

<https://wwf.hu/wisedrava/?en/kezdooldal>

<https://www.interreg-danube.eu/approved-projects/lifelinemdd>

<https://www.wwf.at/artikel/mur-drau-donau-5-laender-biosphaerenpark/>

<https://rhesis.org/modellversuche>

https://ec.europa.eu/environment/publications/guidance-barrier-removal-river-restoration_en



© G. Safranek

Impresszum

Szerkesztő

WWF Austria
Ottakringer Straße 114-116, 1160 Wien
ZVR number: 751753867
Telefon: +43 1/488 17-0
E-Mail: wwf@wwf.at
www.wwf.at

Projektmenedzser

Kerstin Böck
kerstin.boeck@wwf.at

Szerzők

Susanne Mühlmann (REVITAL)
Klaus Michor (REVITAL)
Stephan Senfter (REVITAL)

Közreműködők

Mario Klösch (BOKU Vienna)
Helmut Habersack (BOKU Vienna)
Emőke Györfi (WWF Austria)

Szerkesztés és tördelés

Marian Unterlercher
REVITAL Integrative
Naturraumplanung GmbH,
9990 Nußdorf-Debant, Austria

Magyar változat

WWF Magyarország
2022. december

Grafika

Stefanie Holzer (REVITAL)

Korrektúra

Michaela Goldenitsch (WWF Austria)

Képek forrása

lásd az egyes képeknél

Borítófotó

A Dráva folyó erodálódó partjai (Libanovec,
Horvátország)

1. kiadás

2022. május

© Copyright WWF

ISBN 978-963-8470-36-2

ISBN 978-963-8470-37-9 (pdf)





A hordalékhiány miatt bekövetkezett medersüllyedés és az ebből fakadó mederdinamikát érintő változások komoly vízügyi és ökológiai problémákat jelentenek a Mura–Dráva–Duna Bioszféra-rezervátum területén. A *Folyó-helyreállítási eszköztár* a folyók revitalizációja során használható hordalék-utánpótlási módokat ismerteti.

A kiadvány vízügyi szakemberek, továbbá biológusok, tájépítészek és a vízgazdálkodásban érintett, illetve érdeklődő olvasók számára készült. Az eszköztárban foglaltak egyaránt segítenek a különleges táji értékeket képviselő árterek ökológiai állapotának javításában, az árvízi kockázatok mérséklésében és a területek vonzóvá tételében.

Köszönet minden közreműködőnek, akik hasznos információkkal segítették az eszköztár elkészítését.



A projekt az Európai Unió alapok (ERDF, IPA), DTP3-308-2.3- lifeline MDD társfinanszírozásában valósul meg. A magyar partner részvétele a projektben a Magyar Állam társfinanszírozásával valósul meg.

