

A Duna-delta természeti földrajza és környezeti problémái

SZILASSI PÉTER¹

Abstract

The Danube Delta: physical geography and environmental problems

The most important aspects of the geohistorical evolution of the Danube Delta are discussed, along with its geomorphology, hydrology and the environmental conflicts within the area.

Geologically the Danube Delta is one of the youngest regions of Europe, as its formation started in the Late Pleistocene. Recently the topography of the Delta has intensely been developing by processes of fluvial and lacustrine accumulation and abrasion. As a result of water regulation works all over the catchment area and on the delta itself the rate of the above geomorphological processes has been modified. Changes in land use during the socialist era adversely effected the environmental conditions in the delta.

After the Romanian revolution (1989) the delta became an area of nature conservation and environmental protection though various parts now are objects of different kind of protection (Ramsar Territory, Part of World Heritage, Biosphere Reserve). A massive all-European habitat reconstruction scheme of agricultural fields, forests and fish-ponds started, but effective protection could only be realized with the reduction of negative effects of human activity over the whole Danube catchment.

Bevezetés

A magyar nyelvű földtani, természetföldrajzi szakirodalomban szép számmal találkozunk az épülő tengerpartok fejlődését és a Föld deltáit bemutató tanulmányokkal. E munkák zömében a szerzők távoli tájak deltáinak példáján mutatják be a deltaképződés mechanizmusát, és csak utalás szintjén foglalkoznak Európa harmadik², Földünk huszonkettedik legnagyobb deltájával, a Duna-deltával (BALDI T. 1994; BORSY Z. 1993; CAYA, E. 1988; LÓKI J.–SZABÓ J. 2004). Jelen tanulmányban a legújabb külföldi szakirodalmi források alapján próbáljuk meg felvázolni a Duna-delta fejlődéstörténetének főbb vonásait, jelenlegi geomorfológiáját, ill. környezeti problémáit.

¹ SZTE JGYTF Kar Földrajz Tanszék 6725, Szeged, Hattyas sor 10. E-mail: toto@jgytf.u-szeged.hu

² Európában a Duna-delta területének nagysága a Volga, és a Kubány folyók deltája után következik (IACOVINI, E.–NICHERSU, I. 1995).

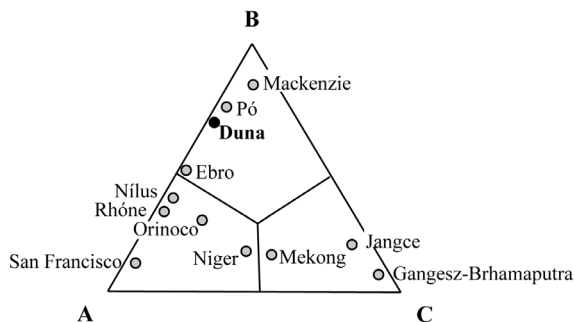
A Duna-delta természetföldrajzi jellemzői

A deltatorokolat kialakulásának alapfeltétele, hogy a folyó torkolati szakaszán több hordalékot rakjon le, mint amennyit a tengerparti vízmozgások (tengerjárás, tengeráramlások) elszállítanak. A folyótorkolatokat genetikailag GALLOWAY, W. E. (1975), BÁLDI T. (1994) osztályozta aszerint, hogy képződésükben, és fejlődésükben milyen folyamat játszotta a főszerepet. Rendszerében elkülöníti egymástól a hullámmás uralta, a folyóvíz uralta, és a tengerjárás uralta torkolatokat. A szerző áttekinthető, szemléletes háromszögdiagramjába minden folyótorkolatot el lehet helyezni. Így jól látható, hogy a Duna torkolatának kialakításában, a hordalék mozgatózásában a folyóvízi folyamatok a hangsúlyosak, a tenger hullámmása kisebb, míg a tengerjárás elhanyagolható jelentőségű. A Duna torkolatát tehát a folyóvíz uralta delták közé sorolhatjuk (1. ábra).

A delta épülése a Duna mindig az aktuálisan legnagyobb vízhozamú, egyben a nagyobb hordalékmennyiséget szállító ágán volt a leggyorsabb. Az egyes folyóágak közötti területek feltöltődése a síkvidéki gátak által szabályozott folyók hullámterének feltöltődéséhez hasonlít, csak itt nem a gátak közötti, hanem a folyóhátak és turzások által határolt térszínnek töltődnek fel.

Fejlődéstörténeti vázlat

A C¹⁴-es kormeghatározás lehetővé tette a Duna-delta fejlődéstörténetének korábbiánál pontosabb ősvízrajzi rekonstrukcióját (PANIN, N. 2003). A pleisztocén végén a Fekete-tenger szintje a jégtakarók olvadása nyomán a mai szint közelébe emelkedett. Ezt követően indult meg a tulajdonképpeni deltaképződés³. A delta helyét ekkor még

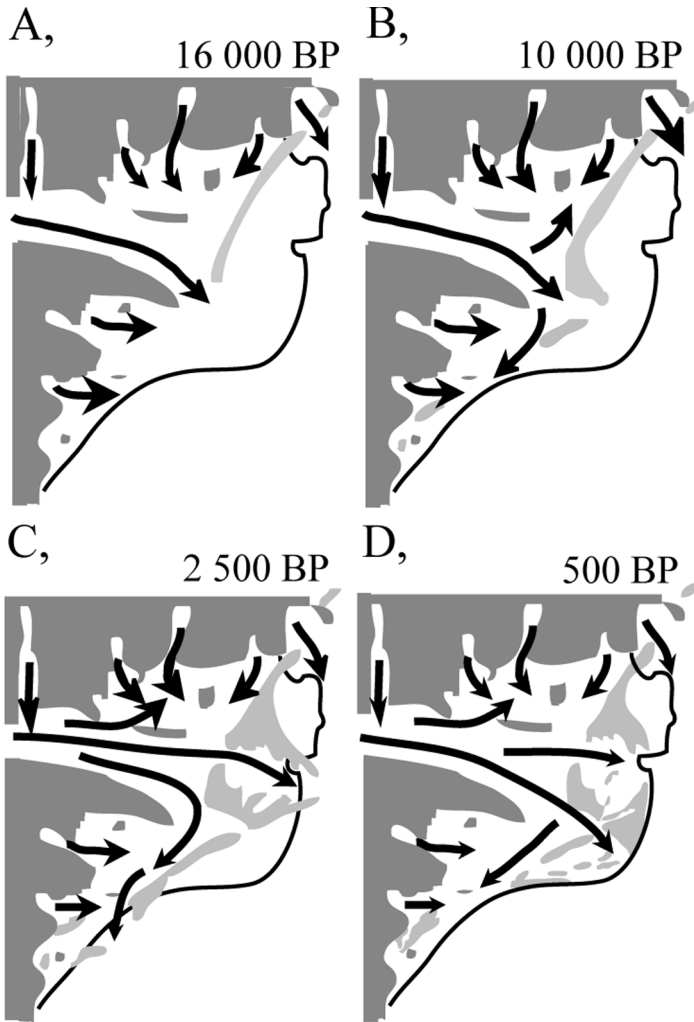


1. ábra. A folyótorkolatok osztályozása GALLOWAY, W. E. (1975) szerint (In: BÁLDI T. 1994). – A = hullámmási folyamatok hatása; B = fluviális folyamatok hatása; C = tengerjárás hatása

Classification of deltas according to GALLOWAY, W. E. (1975) (In: BÁLDI, T. 1994). – A = wave processes; B = fluvial processes; C = tidal processes

³ A felsőpleisztocénben és holocénben akkumulálódott deltaüledékek 300–400 m vastagságot is elérik (ÚJVÁRI J. 1973).

az úgy nevezett Duna-öböl foglalta el. Az öböl két széle (Jibreni és a Murighol) között a Duna hordalékanyagát a tenger hullámzása, és a tengeráramlások turzágátakba rendezték 11700–7500 BP között létrehozva a Letea, és a Karaorman zátonoszigeteket (2. ábra, A). A delta É-i részén a tengerbe torkolló vízfolyások (Nistru, Dnyeszter, Bug, Nipru, Dnyeper) jelentős mennyiségű hordalékukkal járultak hozzá e turzások kialakulásához, és a turzások közötti területek feltöltődéséhez.



2. ábra. A Duna-delta kialakulása (forrás: Nemzeti Deltakutató Intézet, Tulcea, Románia). – A magyarázatot l. a szövegben

Evolution of the Danube Delta (after National Delta Research Institute, Tulcea, Romania). - For explanation see the text

A delta legidősebb ága, a Szent György-ág, ekkor D-en folyt keresztezve a Letea és a Karaorman szigetek homokdűnéit. 9–7200 BP között alakította ki a Duna első deltáját a Szent György I.-deltát (2. ábra, B).

Ezt követően az egyre több hordalékot szállító Sulina-ág, 7200–2000 BP között létrehozta saját deltaszárnyát a Sulina-deltát. E periódus végén a delta D-i részén a Duna elágazásából egy másodlagos kis delta, a Cosna-Sinoie delta formálódott 3500–1500 BP közötti időszakban. Ekkor a Sulina-delta vízhozama csökkent, s a Letea-Karaorman homokanyagától eltérő hordalékból kialakult a Sărăturila homokdűnesor (2. ábra, C).

A Chilia-ág É-on, míg a Szent György-ág D-en 2800–0 BP között építette fel a saját, Chilia I–II–III. és a Szent György II. nevű szubdeltáját. E két jelenleg is fejlődő mellékdelta a Duna hordalékából jött létre, amelyet a partmenti tengeráramlatok szállítottak tovább, és raktak le a Chilia-ág É-i részén (2. ábra, D). A delta D-i területeinek feltöltődése, valamint az É-i terület süllyedése miatt i.e. 1000 körül megkezdődött a Chilia II. szubdelta kialakulása (PANIN, N. 2003).

Tekintettel a megnövekedett hordalékszállításra, a 16–17. sz.-tól kezdődött a Chilia III. szubdeltájának formálódása. Jelenleg is a Chilia-ág szállítja a Duna vízhozamának zömét, tehát itt a legjelentősebb az akkumuláció. A Chilia-delta másodlagos ága rendkívül gyorsan, mintegy 41–121 m/éves sebességgel terjeszkedik a Fekete-tenger rovására. Az utóbbi 300 évben kb. 350 km²-rel nőtt a Chilia-ágnál a delta területe. Ehhez képest a Szent György-ág fejlődése sokkal lassúbb. A Duna 1897-es nagy áradása hozta létre a Szachalin-szigetet a Szent György-ág előterében. Jelenleg a mintegy 2 km²-es területű sziget É-i felét a tenger egyre erősebben erodálja (COMAN, C. 2002). A folyóágak torkolati szakaszainak morfogenetikája, jelenlegi fejlődése eltérő vonásokat mutat. A Chilia-ág a Mississippi, a Sulina-ág a Tiberis, a Szent György-ág a Visztula torkolatával mutat rokonságot.

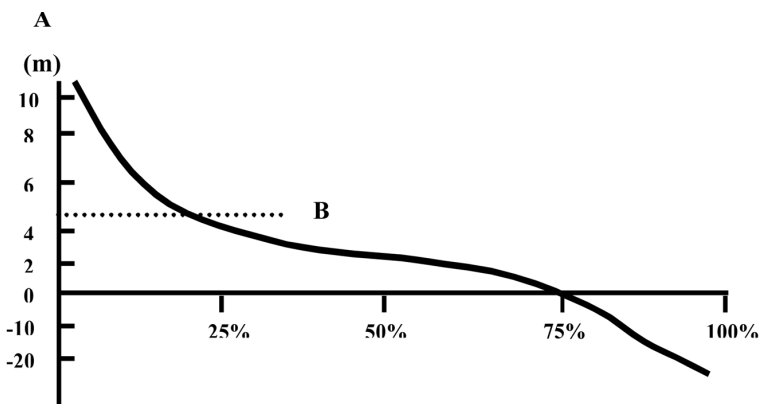
A Duna-delta domborzata és jelenlegi geomorfológiája

Az 5800 km² területű Duna-delta alföldjének átlagmagassága⁴ mindössze 0,52 m a Fekete-tenger közepes szintje fölött. A felszín lejtése rendkívül alacsony, átlagosan 6 mm/km. A delta 20,5%-a mélyföld (2. ábra). Nagyobb árvizek alkalmával a delta felszínének mindössze 3,5–5%-a marad szárazulati térszín (ÚJVÁRI J. 1973). Ez az érték az újabb kutatások szerint az ármentesítések miatt 10%-ra nőtt (3. ábra).

A delta alföldje geomorfológiai, morfogenetikai alapon két részre osztható: tengeri, és folyóvízi eredetű felszínre (4. ábra).

A folyóvízi, tavi üledékekből felépült terület a delta 61%-át teszi ki. K-en a Letea-sziget Ny-i partja – Răduceanu – Ceamurlina folyóág – Karaorman-sziget

⁴ A Duna-delta területéhez tartozónak vesszük a 20 m-nél nem mélyebb selfterületeket is.



3. ábra. A Duna-delta hipszografikus görbéje (ÚJVÁRI J. 1971) alapján módosítva. – A = abszolút magasság a Fekete-tenger közepes vízszintjéhez képest; B = vízjáték a tulceai vízmérce alapján

Hypsographic curve of the Danube Delta (modified after ÚJVÁRI, J. 1971). – A = absolute elevation above the mean level of Black Sea; B = water level changes detected at Tulcea

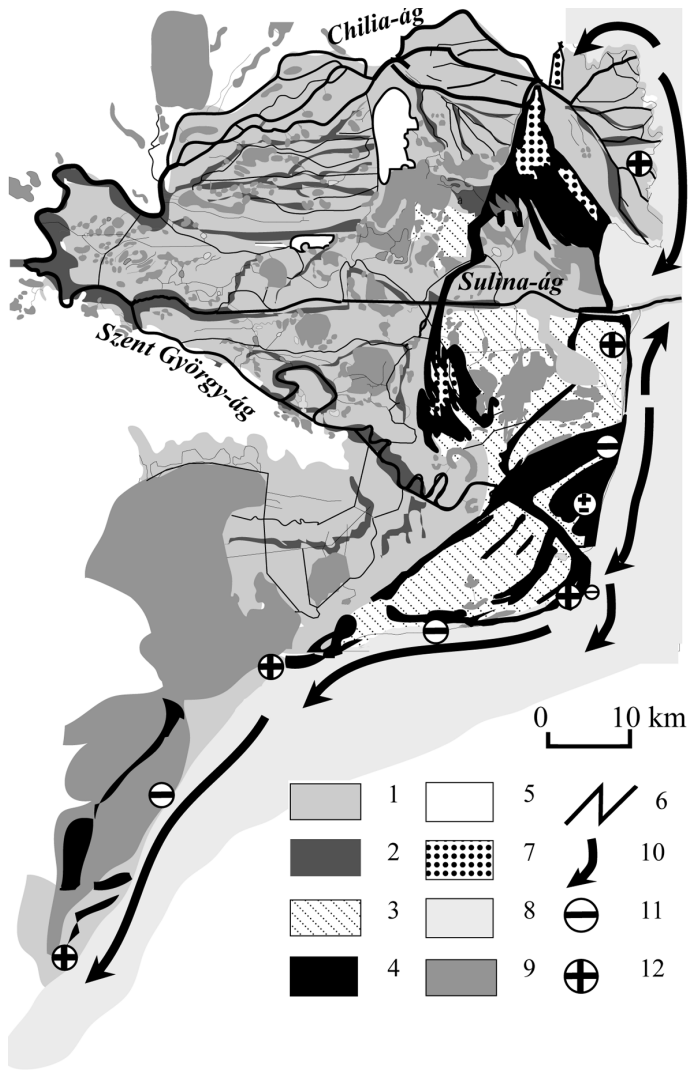
Ny-i széle – Ivancea-ág – és a Ceamurlina-ág Ny-i partja határolja a folyóvízi üledékekből (homok, homokos agyag, agyagos homokból) kialakult deltarészt. E terület átlagmagassága 0,6 m. A delta folyóvízi üledékekből felépülő részét folyóhátak, csatornák, mocsarak rendszere hálózta be.

A fluviátilis eredetű deltaterületet geomorfológiailag két részre: ártérre, és a folyópártot szegélyező folyóhátakra oszthatjuk. A folyóhátak folyóvízi üledékek akkumulációjából jöttek létre, és valamennyi deltaág, sőt mellékág mindkét partján megfigyelhetők amint a vízfolyásokat több 10 km hosszúságban kísérik. Magasságuk a folyóágak középvízszintjéhez képest 1,5–2 m körüli, a torkolat felé haladva csökken. Szélességük ritkán haladja meg a 100 m-t.

A folyóvízi deltafelszín átlagmagassága mindössze 0,6 m. E terület talajai zömmel öntés- és réti talajok, a közethatású talajok jelenléte alárendelt. A talajok gyengén sósak.

A delta összterületének 32%-át tengeri, ill. fluviomarin eredetű deltaüledékek borítják. Ez a térszín Ny-on a már említett vonal mentén határolódik el a folyóvízi feltöltéssel kialakult deltaterülettől, míg keleten a deltafront jelenti a határát. A jellegzetes legyező alakú Letea, és Karaormán-szigetek, mint egykori homokturzások, a C¹⁴-es kormeghatározások adatai alapján 11 700–7500 éve⁵ alakultak ki. A domborzat magas és alacsony egykori tengerparti síkságra osztható. Tőzeggel kevert tengeri és folyóvízi homokból, valamint biogén tavi üledékekből jött létre ez a felszín. Az egykori turzáságatok átlagos tengerszint feletti magassága 3,5 m, maximumát (13 m-t) a

⁵ ROMANESCU, G. (1997) az egykori turzások kialakulását 7000–5000 BP közé teszi.



4. ábra. A Duna-delta geomorfológiai térképe MUNTEANU, I. (1995) és COMAN, C. (2002) alapján módosítva. – 1 = fluviolakusztikus eredetű akkumulációs síkság; 2 = folyóhát; 3 = tengeri eredetű akkumulációs síkság; 4 = egykori turzás; 5 = deltaképződés előtti felszín, löszplató maradványa; 6 = deflációs terület; 7 = tenger; 8 = tó, mocsár; 9 = vízfolyás, csatorna; 10 = tengeráramlás; 11 = pusztuló tengerpart; 12 = épülő tengerpart

Geomorphological map of the Danube Delta (after MUNTEANU, I. 1995 and COMAN, C. 2002). – 1 = accumulation plain (of fluvial/lacustrine origin); 2 = fluvial and lacustrine levee; 3 = accumulation plain (of marine/lagoon origin); 4 = marine lagoon sandbar; 5 = remnants of loess plain, canal; 6 = oastal dunes; 7 = sea; 8 = lake, swamp; 9 = water course, channel; 10 = sea fluxes; 11 = shoreline in stage of erosion; 12 = shoreline in stage of accumulation

Letea-sziget dűnesoránál éri el. A tengerparton 20 km-t is meghaladó szélességű homokos partszegélyek alakulnak ki a tengeráramlások, hullámlás által átmozgatott folyóvízi hordalékból. Ha a homok kiszárad a parton, a szél dűnesorokba rendezi az anyagot, így a tengerparti dűnemezők a folyóvízi deltaterületnél tagoltabb domborzattal jellemezhetőek. Megfigyelhetőek a félig kötött, (garmadák, maradékgerincek, szélbarázdák) ill. szabadon mozgó (parti dűnék, vándordűnék) homokformák is. A dűnesorok között időszakosan megjelenő mocsarak, vizenyős térszínek, mint vizes élőhelyek az élővilág nagy változékonyságát eredményezik. Láptalajok, tőzeges talajok jellemzőek a rendkívül változó⁶ sótartalmú területre (IACOVINI, E.–NICHESU, I. 1995; GASTESCU, P.–OLTEAN, M. 1998).

A vízhálózat elemei

Duna-ágak

A Dunának 4 fő ága van: Chilia-, Tulcea-, Sulina- és Szent György-ág. A körülbelül 300 mellékág és csatorna összhosszúsága meghaladja a 3500 km-t. Ennek fele természetes vízfolyás, fele mesterséges csatorna. A vízhálózat sűrűsége 1,03 km/km². A tulajdonképpeni Duna-delta területét a Duna első elágazásától (Ismail-zátony) számítjuk, ahol a folyam a Chilia- és a Tulcea-ágakra szakad. Mivel a Chilia-ág a leghosszabb, a legfiatalabb, és legnagyobb vízhozamú, valamint ez az ág szállítja a legtöbb hordalékot, sok zátony és elágazás jellemző rá. A 116 km hosszú⁷ ág vezeti le a Duna összvízhozamának 55%-át. A Chilia-ág egyben határfolyó is Románia és Ukrajna között.

A Tulcea-ág a vízhozam 45%-át szállítja, legnagyobb mélysége 38 m Tulceánál. A 10 km hosszú Tulcea-ág elágazásából jön létre a Sulina- és a Szent György-ág.

A Szent György-zátonymnál kezdődik az egyetlen Duna-ág, amely tengerjáró hajók számára is hajózható; ez a 84 km hosszúságú Sulina-ág. A Duna összes vízhozamának 22%-át szállítja. A 109 km hosszú Szent György-ág a hasonló nevű zátonynál kezdődik, s a Duna vízhozamának 23%-át vezeti a tengerbe. Ez az ág a „legkanyargósabb”, 17 kisebb-nagyobb meander alakult ki rajta. A Duna főágaiban a víz sebessége alacsony vízállásnál 0,3–0,5 m/s, nagyvíznél 0,6–0,2 m/s között mozog.

Elhagyott egykori Duna-medrek

A 20. sz. elején készült VIDRASCU-féle térképen még fel vannak tüntetve a régi ágak, azonban a vízrendezési munkálatok nyomán vizüket csatornába vezették, ill.

⁶ A talajvíz sótartalma is nagyon változó lehet. Egyes kutak vize a magas sótartalmuk miatt ihatatlan.

⁷ A továbbiakban az egyes Duna-ágak hosszúságát kanyarulataik mentén, átvágások nélküli hosszukban mérve mutatjuk be.

feltöltődtek. Régen a Sireasa-, Şontea-, Păpădia-, Iacob-, Adanca-, Pardina Repede-, Gotca-, Poliacova-, Bratusca- és Statului-ágak folytak a Chilia- és a Sulina-ágak között, de közülük jelenleg már csak a Şontea-, Poliacova-, Bratusca- és a Statului-ágak léteznek. A többi eltűnt, vagy jelentősen átalakult a gátépítési, vagy csatornázási munkálatok miatt.

Kisebb vízfolyások

Természetes kapcsolatot jelentenek az ágak, és az állóvizek között a Delta belsejében, létrehozva a központi területek jellegzetes fluviolakusztikus vízhálózatát. A Sulina- és a Szent György-ág között az Eracle, Loptana, Matița, Sulimanca, Magearu vízfolyások említhetők. A vízfolyások, és az egykori medrek a delta összterületének 2,5%-át, mintegy 99,6 km²-t borítanak.

Állóvizek

Főbb típusaik a delta-belseji tavak, a tengeri eredetű deltafelszín tavai, és a lagúnák. Ny-on a folyóvízi deltaterület 0 m alatti mélyedéseit töltik ki, míg a tengeri eredetű K-i deltaterületen a -0,5 m-nél mélyebb részeken alakultak ki. Az állóvizek⁸ területe 1964-ben a delta összterületének 9,3%-a (312,6 km²) volt, amely a mező, és erdőgazdasági területhasználat térnyerése miatti lecsapolási munkálatok következtében 1990-re 8%-ra azaz 258 km²-re csökkent. 1980-ban a Duna-delta területén még 668 állóvizet számláltak össze (GASTESCU, P.–OLTEAN, M. 1998).

A delta belsejének (fluviátilis deltafelszín) tavai a korábban nagyobb, összefüggő állóvizek biogén, és abiogén üledékekkel történő feltöltődése révén alakultak ki. Sekélyek, kis területűek. A Sulina-ágtól É-ra elhelyezkedő medencék közül a Tătaru-, Păpădia-, Nebinu-, Băclănestii-, Roşca- és Buhaiova-medencék érdemelnek említést.

A tengeri eredetű deltafelszín tavai, a nagy területű, és nagy mélységű delta peremi tavak. A feltöltődés eltérő stádiumaiban vannak. Üledékvastagságuk 0,5–3 m között van. A legnagyobbak: Furtuna (9,77 km²), Matița, (6,44 km²), Babina, Messter, Merhei (10,57 km²), Obretin a Chilia-, és a Sulina-ágak között, míg az Isac (11,01 km²), a Lumina (13,67 km²), a Roşu (14,45 km²) a Sulina- és a Szent György-ágak között helyezkednek el.

A lagúnatavak nagy területű sekély állóvizek, amelyek a delta külső szegélyén, a rekesztő-turzások épülése lévén váltak le a nyílt tengervíztől. A lagúnák a homokturzások sora révén fűződtek le a Dobrudzsa-öböl vizéről. Razelm a legnagyobb lagúna (731 km²), majd a Sinoie (115 km²), Golgovita (85 km²), Zmeica (60 km²) kö-

⁸ A lagúnatavak nélkül.

vetkeznek a méretük szerinti sorrendben. Ha a turzások pusztulni kezdenek, a tavak egyre növekvő kapukon keresztül kinyílnak a nyílt vízfelület felé. Ebben a stádiumban vannak a Zătonul Mare, és a Zătonul Mic tavak a delta D-i részén.

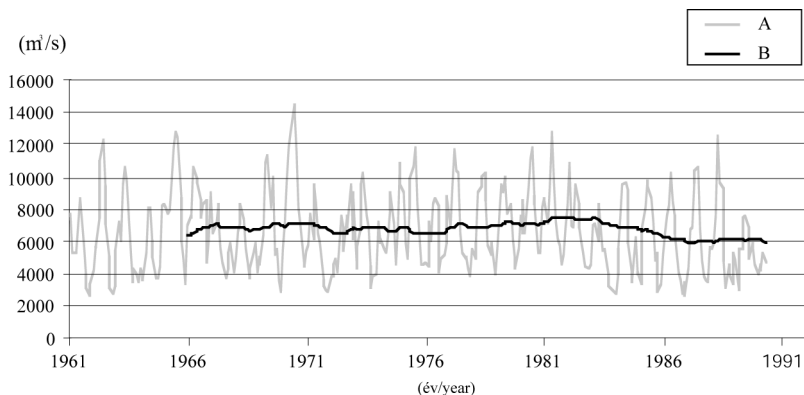
A lagúnák elősegítik a víz áramlását a Szent György-ág felől a Dunavájt, és a Dranov-csatornák felé (ÚJVÁRI J. 1973; HANGANU, J. et al. 2002; GASTESCU, P.–STIUCA, R. 2003).

A Duna vízjárása a deltában

A deltában a Duna összes ágának közepes vízhozama az 1921–1990 közötti évek átlagában 6570 m³/s, ami nagyjából 199 km³ víz tengerbe ömlését jelenti évente. A maximális vízhozamot 1897-ben 20 500 m³/s-nak, a minimumot pedig 1921-ben 1350 m³/s-nak mérték.

Tavasszal, és koranyáron alakul ki a legnagyobb, míg ősszel és télen jellemző a legalacsonyabb vízállás (5. ábra).

A folyó és állóvizek közötti kapcsolat a Duna évszakos vízhozam-ingadozásainak megfelelően alakul. Tavasszal, a vízhozam növekedése nyomán az örvénylő víz hordalékot, és szerves üledéket szállít a vízfolyásokon, csatornákon és korábbi medrekén keresztül a delta belsejének tavai felé. Ebben a május végéig tartó feltöltődéssel jellemezhető szakaszban mintegy 5 milliárd m³ víz halmozódik fel a deltában. Ekkor általában 4500 km² kerül víz alá. A tavaszi, nyári árvizek során 2–3 hónap alatt folyik le a delta évi vízhozamának 33%-a. Ezekre a magas hozamokra a nagy hordaléktöménység (250–359 g/m³) a jellemző; a helyi lakosság az ilyen vizeket „sárga vizek” névvel illeti (ÚJVÁRI J. 1973, GASTESCU, P.–OLTEAN, M. 1998).



5. ábra. A Duna összes torkolati vízhozamának időbeli változása (HANGANU, J. et al. 2002 nyomán).
– A = havi átlag; B = 5 éves mozgóátlag

Sum-discharge of the Danube at its outlet (after HANGANU, J. et al. 2002). – A = monthly average;
B = 5 year moving average

Ezt követi egy stagnáló szakasz, amelyre főként az állóvizek feliszapolódása jellemző: éves szinten 1–1,5 millió tonna Duna hordalék ülepedik le. Az ekkor lerakódó üledék évente átlagosan 2–3 cm vastagságban borítja be a területet. Ám az átlag mögött nagyon változó értékek húzódnak meg: az ágakhoz közeledve egyre nagyobb a vastagsága, a távoli tavak esetében viszont 1 cm/év alatt marad (DIESCU, L. C.–DULIU, O. G. 2001).

A későnyári, és őszi vízhozam-minimum miatt (amely során a vízhozam értékek a delta évi átlagos vízhozamának 17–18%-a körül alakulnak) a delta „kiürül”, a nagy szervesanyag-tartalmú („fekete vizeknek” nevezett), vizek a csatornákon, patakokon keresztül visszafolynak a mellékágakba. Ekkor a víz hordaléktöménysége jóval kisebb (15–20 g/m³), mint a nyár eleji árvizeké.

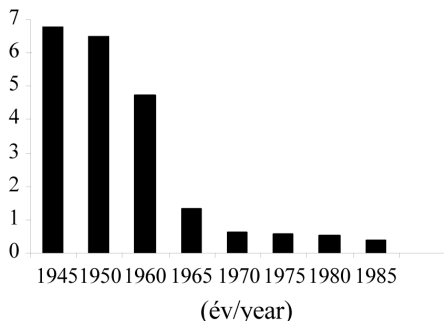
A tavak vízszintingadozása követi a főágak vízhozamának változását; a delta K-i tavaiban a vízszint ingadozása 1 m körüli, a Ny-iakban viszont a 2–3 m-t is eléri. Az évente lerakódó 2–3 cm-nyi üledék, és a terület 2–3 cm-es tektonikus (epirogenetikusan) süllyedése miatt a Duna-deltában az üledék lerakódása lépést tart a terület süllyedésével (ÚJVÁRI J. 1973).

Antropogén folyamatok, és hatásaik a Duna-deltában

A Duna-delta geomorfológiai, hidrológiai rendszere rendkívül változatos élőhelyek kialakulását tette lehetővé, hiszen a folyóvízi, tavi környezetet kedvelő fajok mellett megtalálhatóak itt az árterek, folyóhátak, homokdűnék jellegzetes vegetációtípusai, állatfajai is. A flórát 1615, a faunát mintegy 3500 faj képviseli. Különösen gazdag a vidék madárvilága, hiszen eddig 331 madárfajt észleltek a delta területén, és a 125 fajt számláló halfauna diverzitása kiemelkedőnek mondható.

A Duna-delta Európában egyedülálló ökológiai sokféleségét azonban erős antropogén hatás veszélyezteti. Jól példázza ezt a madárfauna egyedszámának utóbbi évtizedekben megfigyelhető jelentős mérvű csökkenése (NAVODARU, I. et al. 2004) (6. ábra).

(millió db / million)



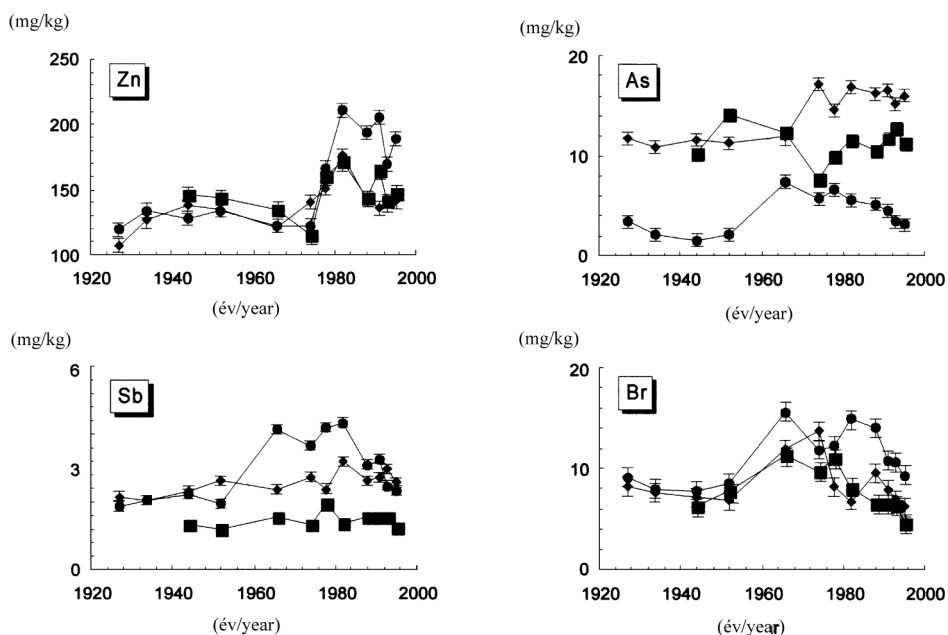
6. ábra. A madárpopuláció egyedszámának változása a Duna-delta területén (NAVODARU, I. et al. 2004) alapján)

Changes in individuals in bird populations on the territory of Danube Delta (after NAVODARU, I. et al. 2004)

A delta ökológiai problémáiért egyrészt a Duna felsőbb folyásán, és vízgyűjtőterületén, másrészt magán a delta területén belül zajló antropogén környezeti változások a felelősek. A környezeti változások részben a vízrajzi beavatkozásokkal (gátak, mesterséges csatornák kiépítése, kotrása) részben a területhasználat változásaival, valamint a víz szennyezésével hozhatók összefüggésbe (MARGESSON, R. 1997).

A Duna felsőbb szakaszán és vízgyűjtőjén zajló emberi tevékenység hatásai

A 2830 km hosszú Duna 817 103 km² felszíni vízgyűjtőterülettel rendelkezik. Az Európa területének 8%-át, kivevő Duna-vízgyűjtőn mintegy 86 millió lakos él, ipari, agrár és kommunális szennyvízével terhelve a Dunát, és annak deltáját is. A Duna-delta – főként kommunális, és mezőgazdasági eredetű – foszforterhelése több mint 14 szeresére, nitrogén terhelése több mint 7 szeresére nőtt a 20. sz. folyamán (NAVODARU, I. et.al. 2004). A delta néhány tavának szedimentológiai vizsgálata során mérhető volt az antropogén eredetű nehézfém szennyezés mértéke, és az ülepedés éves nagyságrendjének ismeretében annak időbeni változása is (DIESCU, L.C.–DULIU, O.G. 2001) (7. ábra).



7. ábra. A nehézfémkoncentráció rekonstruált időbeli változása 1928–1996 között a Duna-delta tavi üledékeiben (DIESCU, L.C.–DULIU, O.G. 2001 nyomán)

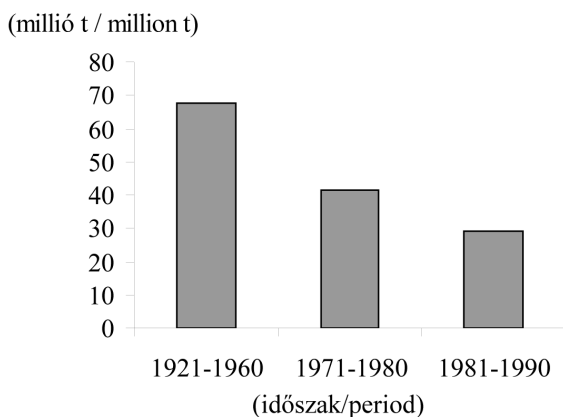
The reconstructed profiles of the heavy metal contamination in some lacustrine sediments of the Danube Delta between 1928–1996 (after DIESCU, L.C.–DULIU, O.G. 2001)

Látható, hogy az 1960-as évek iparosítási hullámától kezdve a rendszerváltásig nő, majd a rendszerváltást követően a nehézipari termelés csökkenése, és új környezetbarát technológiák alkalmazása miatt a valamelyest csökken a delta nehézfém terhelése (DIESCU, L. C.–DULIU, O. G. 2001).

A Duna felsőbb szakaszain az utóbbi 80 évben számos vízierőművet, gátat építettek, amelyek közül az 1972-ben megépült Vaskapu Erőmű fejt ki a legjelentősebb hatást a Duna-deltába érkező hordalék mennyiségére. E mesterséges műtárgyak jelentősen csökkentették a Duna torkolati szakaszának hordalékmenyiségét. Míg az 1971–80 közötti években másodpercenként átlagosan 1308 kg hordalékot szállított a folyó, ez az érték 1981–1990 között 926 kg-ra csökkent. Bár a Duna évi hordalékmenyisége 1941-ben volt a legnagyobb (ebben az évben 192 millió tonna hordalékot szállított a folyam), és a minimális hordalékmenyiséget (19,8 millió tonnát) 1921-ben mérték, a sokévi átlagos hordalékmenyiség időben csökkenő tendenciát mutat (8. ábra).

A hordalékmenyiség csökkenése, és a tengerszint – főként globális fölmelegedéssel magyarázható évi 0,128 cm-es (MALCIU, V. 2000) – emelkedése a deltafejlődés lassulását eredményezte. A tengerpart mentén az erózió (abrázió) mértéke helyenként a 17 m/évet is elérte. Jelenleg a Bioszféra Rezervátum tengerparti területeinek 57%-án erózió zajlik, 36%-án a szárazföld növekedik a tenger rovására, míg 7%-án alig van mérhető változás (2. ábra). Egyes elemzések szerint (COMAN, C. 2002) a delta területe 1962 és 1992 között 22 km²-rel csökkent a fenti okok miatt.

A partpusztulás mértékét a folyóágak hordalékmenyiségén kívül a partmenti tengeráramlások is befolyásolják, amelyek évente 1,2 millió tonna hordalékot szállítanak É-ről D-i irányba. A Sulina-ág torkolati szakaszán a folyóág folytatásában hajózási, navigációs célokra gátakat építettek. A gátak végénél homokos, és iszapos üledékekből zátony képződött, amelyet jelenleg is kotorni kell. A 8 km hosszán a tengerbe nyúló műtárgyak jelentősen visszafogják a partmenti tengeráramlás által szállított hor-



8. ábra. A Duna évi átlagos torkolati hordalékmenyiségének változása (COMAN, C. 2002 alapján)

Yearly mean sediment discharge of the Danube at its outlet (after COMAN, C. 2002)

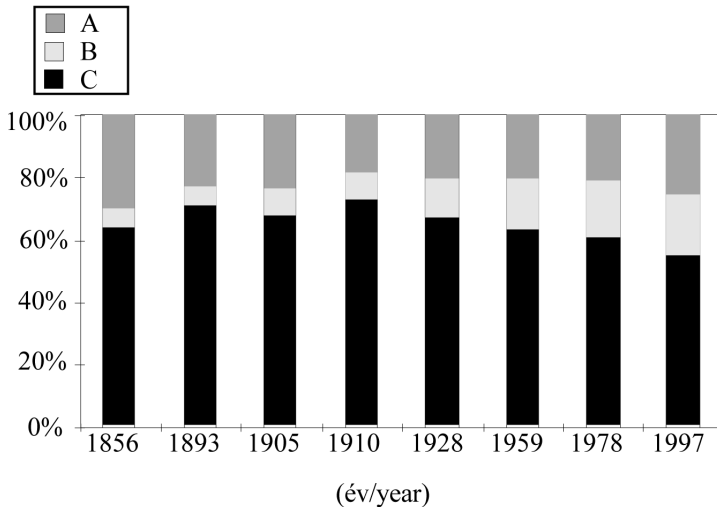
dalék mozgását. Emiatt a Sulina-ágtól D-re eső partszakaszok mentén kevesebb hor-
dalék rakódik le, a part pusztulása itt a legintenzívebb.

A tengerparti erózió üteme 1962–1985 közötti években felgyorsult, de jelenleg
kisebb mérvű. A Sulina- és a Szent György-ág torkolata közötti tengerpart szakaszon
a part pusztulásának (hátrálásának) évi átlaga 1962–1979 között 8,3 m, míg
1979–2000 között 6,6 m volt. Jelenleg egyedül a Portița partszakaszon alakítottak ki
mesterséges védműveket a partpusztulás ellen (MALCIU, V. 2000; COMAN, C. 2002).

A Duna-delta területén zajló emberi tevékenység hatásai

a) Vízrendezési munkálatok

Az eredetileg 84 km hosszú, széles, és sekély Sulina-ágot az 1857–1902-kö-
zötti folyamszabályozási munkálatok során 21 km-rel rövidítették meg. Átvágták a
kanyarulatok zömét, és kikutorták a fenékszapot, miáltal a Sulina-ág óceánjárók szá-
mára is hajózhatóvá vált. Ez volt az első jelentősebb emberi beavatkozás a delta hid-
rológiai rendszerébe. A Szent György-ág 7 nagy meanderét is átvágták 1862 és 1987
között, így az eredetileg 109 km hosszúságú Duna-ág így 69,7 km-re rövidült. Az
egyes ágakon átfolyó vízmennyiség aránya a fenti vízrendezési beavatkozások miatt
jelentősen megváltozott (9. ábra).



9. ábra. A torkolati Duna ágak vízhozamának változásai, az összes vízhozam %-ában (HANGANU, J.
et al. 2002 nyomán). – A = Szent György-ág; B = Sulina-ág; C = Chilia-ág

Discharges of tributaries in relation to the sum-discharge of the Danube (after HANGANU, J. et al.
(2002). – A = Sf. Gheorghe branch; B = Sulina branch; C = Chilia branch

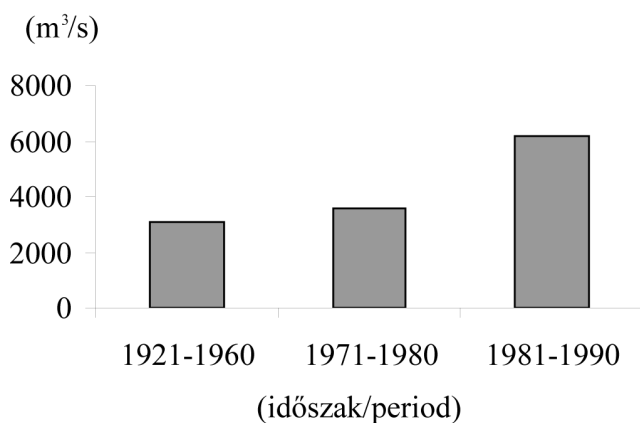
1910-ig természetes folyamatok révén a Chilia-ágon szállított vízmennyiség (az ág vízhozama) növekedett a Szent György-ág rovására. A Sulina- és a Szent György-ágak szabályozása következtében azonban 1910 után ezek az ágak egyre nagyobb mértékben részesülnek a Duna összvízhozamából. A Sulina-ágon átfolyó víz aránya a korábbi 11,2%-ról 18,9%-ra, míg a Szent György-ág vízhozama 19%-ról 22,5%-ra nőtt (HANGANU, J. et al. 2002).

A mederátvágási munkálatok nem csupán a mellékágakon átfolyó vízmennyiséget változtatták meg. A Sulina-ág kotrása, a kanyarulatok átvágása, ill. a csökkenő hordalékmennyiség miatt növekedett a Deltán átfolyó víz sebessége. A Duna átlagos vízhozama az 1950-es években mért 2600 m³/s értékről az 1990-es évekre 6200 m³/s-ra emelkedett (10. ábra).

A deltában egy év alatt átfolyó vízmennyiség a vízsebesség növekedése miatt mintegy 3,7 szerese az 1900-as évek eleji értékeknek (NAVODARU, I. 2004). A víztömeg gyorsuló átfolyása miatt a növényzet víztisztító képessége kevésbé tud érvényesülni. A sokszor jelentősen szennyezett víz így közvetlenül a Fekete-tengerbe kerül. Jelentősen csökken tehát a Duna deltájának szűrő szerepe, nincs idő a víz természetes úton történő tisztulására. A folyamat azért is riasztó, mivel a Fekete-tenger édesvíz utánpótlásának 60%-át a Dunából kapja (MALCIU, V. 2000).

A Duna-delta hidrológiai rendszerét, vizes élőhelyeit veszélyeztető beruházások nem értek véget a rendszerváltással. A közeljövőben Ukrajna a Chilia-ág egyik mellékágát, a Bristolje-csatorna megépítésével akarja hajózhatóvá tenni, veszélyeztetve a terület rózsás gödényeinek (*Pelecanus onocratalus*) fészekrakó helyét (KISS J. B. szóbeli közlése, 2004).

Antropogén vízrajzi változások zajlottak a lagúnatavakban is. A Razelm-Sinoe lagúnakomplexum mesterséges gátépítések miatt elveszítette a tengeri kapcsolatát, ami



10. ábra. A Duna évi átlagos torkolati vízhozamának változása (GASTESCU, P.–STIUCA, R. 2003 adatai alapján)

Yearly mean discharge of the Danube at its outlet (after GASTESCU, P.–STIUCA, R. 2003)

miatt vízének sótartalma jelentősen csökkent. Manapság már csak a Sinoe-tó jelent brakvízi környezetet az élővilág számára.

A területhasználat változásai

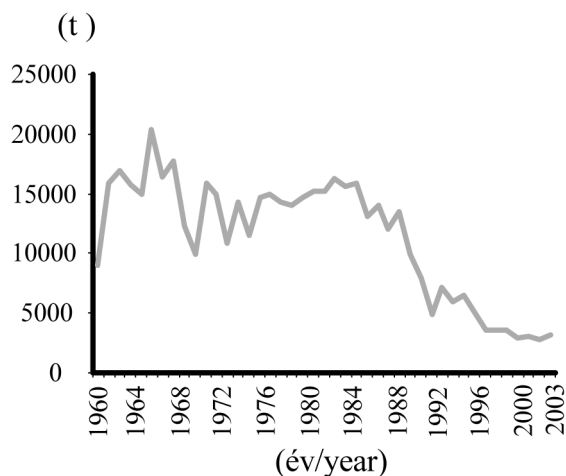
A hagyományos tájhasználatra a halászat, vadászat, és a rideg, külterjes pásztorkodás (félvad disznó, szarvasmarhatartás) volt a jellemző (KISS J. B. 1982). A szocializmus időszakában a Duna-delta területén nagy lendülettel induló, majd később elvetélt próbálkozások voltak a nagyüzemi nádtermesztés, haltenyésztés, és mezőgazdaság kiépítésére. Az egyes korszakokat a domináns területhasználatról „nád korszaknak” (1960–1970), „halászat korszakának” (1970–1980), és „mezőgazdaság korszakának” (1980–1990) is nevezhetjük (GASTESCU, P.–OLTEAN, M. 1998; HANGANU, J. et. al. 2002; GASTESCU, P.–STIUCA, R. 2003).

Az 1960–70 közötti időszakra tehető a cellulózgyártási alapanyagként felhasznált nád ipari méretű kitermelése. Az olasz nád (*Arundo donax*) meghonosítására, iparszerű termesztésre történt próbálkozások rendre kudarcba fulladtak, és a nád helyett inkább az ültetett erdők váltak a cellulózipar legfontosabb nyersanyagforrásaivá.

Már az 1960-as évektől megindultak az erdőgazdálkodás céljaira történő lecsapolási munkálatok a delta egyes területein. A telepített fajok 97%-a fűz, és nyár. Ezek a jelenleg is erdőgazdálkodás alá eső területek alacsony ökológiai értékűek, ráadásul jelentősen csökkentették a Duna-delta biodiverzitását. Az ültetett erdők közül egyedinek tekinthető a Grindul Sărăturile erdő, amelyet a mozgó parti dűnék megkötésére telepítettek. A legnagyobb erdőgazdasági művelés alá eső területe: a Păpădia (20 km²), Rusca (12 km²), és a Pardina (4,25 km²). Ültetett erdők a folyóhátakon, és gátakon is előfordulnak.

A szocialista tervgazdálkodás kereteiben fogant területhasználat-változások harmadik csoportja a halastavak létrehozása volt, és a nagyüzemi halászat 1970–1980 közé tehető fellendülésével esik egybe. A halászat mára gazdaságtalanná vált, jelenleg az évente fogott halmennyiség töredéke az 1960–1970-es évek hasonló adatainak (11. ábra).

A rosszul megtervezett, nem kellően karbantartott halastavak komoly ökológiai problémák forrásai (KISS J. B. 1999). A Sticop halastavat más területhasználati formák számára kedvezőbb löszös térszínen alakították ki, megváltoztatva ezzel a tradicionális legelő-, és szőlőgazdálkodást. A Letea homokvidéke mellett létrehozott Popina területet pedig eredetileg mezőgazdasági célú földhasználatra szánták, később az É-i részén halastavat alakítottak ki. Az ármentesített térszínen a természetes vízutánpótlás megszűntével sófelhalmozódás indult meg a talaj mélyebb rétegeiben, amely a tamariska (*Tamarix sp.*) fajokból álló bozót rohamos terjedését eredményezte. A Razim és a Dranov tavak határában kialakított Holbina I–II. halastavak alján nagy mennyiségű tőzeg halmozódott fel, amely savanyúvá tette a víz pH-ját, így e tavak alkalmatlanná váltak a haltenyésztésre. Jelenleg összesen 378 km² területen találunk halastavakat a deltában, amelyek jórészt gazdaságtalanok, csökkent ökológiai értékűek.



11. ábra. A halfogás évi változása a Duna-delta területén (NAVODARU, I. et al. 2004 szerint)

The change of the fish catch in the Danube Delta area (after NAVODARU, I. et al. 2004)

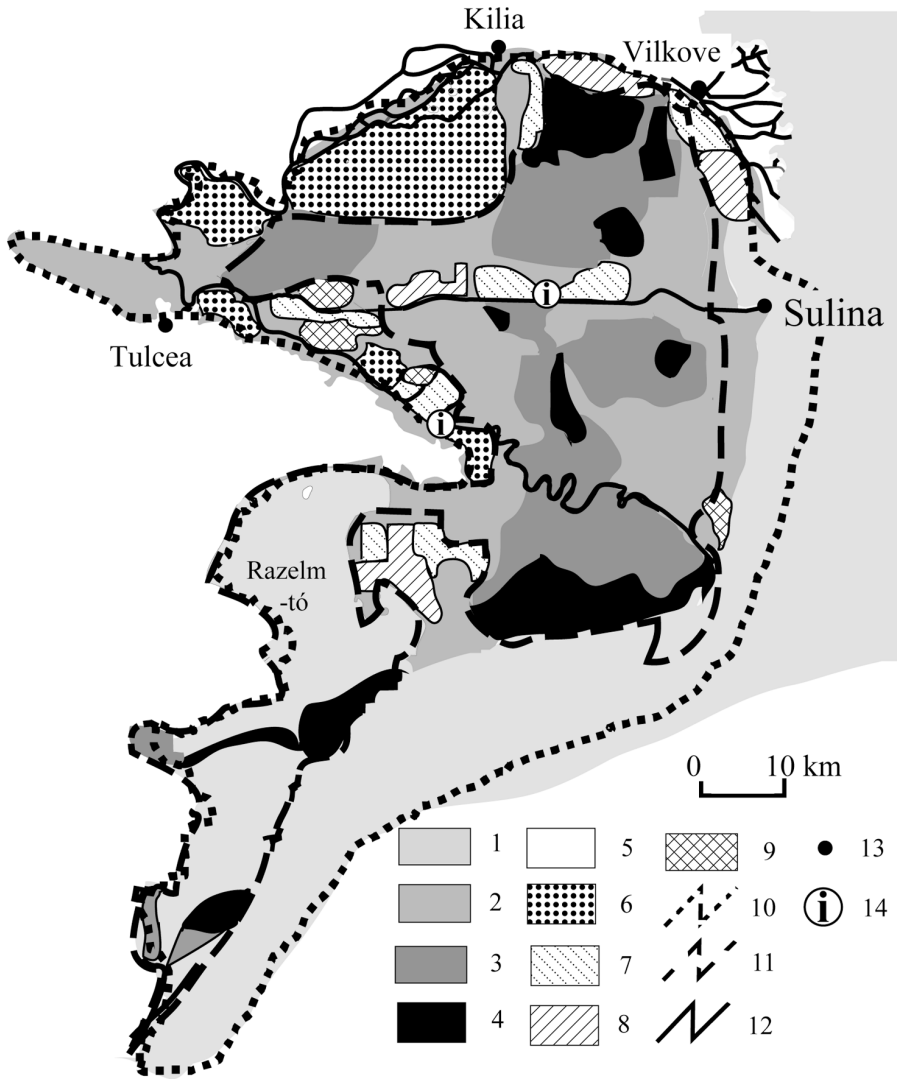
Bár az első mezőgazdasági célú ármentesítésre, feltöltésre már 1939-ben sor került (Ostrovul Tataru 26 km²), csak 1983-tól kezdődően nőtt jelentősen a „tervszerűen” mezőgazdasági művelés alá vont területek (polderok⁹) aránya. Ezt az időszakot a delta „agrár korszakának” tekinthetjük (GASTESCU, P.–OLTEAN, M. 1998). Az ekkoriban kialakított 530 km² ármentes területből jelenleg már csak 390 km² áll művelés alatt. A legnagyobb ilyen területek a Pardina (270 km²), és Sireasa (77,5 km²). A szántóföldi művelés alá vont lecsapolt területek a vizes élőhelyek csökkenésén túl a peszticidek, és műtrágyák használata miatt károsak a környező ökoszisztémákra is.

A Duna-delta legújabb keletű, az 1990-es évektől meginduló területhasználat változásai két új tájfunkció, a természetvédelem és a turizmus térhódításával fűggenek össze (12. ábra).

Bár Romániában az elsők között a Letea-sziget erdei kaptak védelmet 1938-ban, ám csak a rendszerváltást követően, 1990-ben nyílt meg a lehetőség a delta majdnem egész területének védelmére, a Duna-delta Bioszféra Rezervátum létrehozásával.

1990 szeptemberében került a terület a Ramsari Konvenció védelme alá, majd 1990 decemberétől jelentős része a Világörökség részévé vált. A Duna-delta Bioszféra Rezervátum Romániához tartozó területe 5800 km², Ukrajnához 46 km² tartozik. A Bioszféra Rezervátum romániai területeinek 7%-a szigorúan védett, amelynek látogatása tiltott. A 18 fokozottan védett magterület zöme a Román Tudományos Akadémia által 1938-ban létrehozott Rezervátumban helyezkedik el. A szigorúan védett

⁹ Bár polder névvel általában a tengertől elzárt, és mesterségesen kiszáritott területeket illetjük, a romániai szakirodalomban a delta ármentesített felszíneire is alkalmazzák ezt a kifejezést.



12. ábra. A Duna-delta romániai részének területhasználat térképe (GASTESCU, P. et al. 1998 alapján). – 1 = tó, tenger; 2 = gazdasági terület; 3 = puffer zóna; 4 = szigorúan védett zóna; 5 = nem védett terület; 6 = mezőgazdasági polder; 7 = halastó; 8 = élőhelyrekonstrukció alatt álló terület; 9 = telepített erdő; 10 = bioszféra rezervátum határa; 11 = világörökségi terület határa; 12 = folyóág; 13 = város; 14 = látogatóközpont

Land use on the Romanian part of the Danube Delta (after GASTESCU, P. et al. 1998). – 1 = lake, sea; 2 = economic zone; 3 = buffer zone; 4 = strictly protected area; 5 = non-protected area; 6 = agriculture polder; 7 = fish pond; 8 = area under ecological reconstruction; 9 = silviculture (planted forest); 10 = border of the biosphere reserve; 11 = border of the World Heritage State area; 12 = main branch, channel; 13 = urban area; 14 = visitor centre

zónát körülvevő puffer zóna 2233 km² (48,5%), míg a gazdaságilag hasznosítható zóna – a Rezervátum 38,2%-a – 3061 km² kiterjedésű (1. táblázat).

1. táblázat. A Duna-delta Bioszféra Rezervátum jelenlegi területhasználatának fontosabb adatai GASTESCU, P.–OLTEAN, M. (1998) alapján

A Duna Delta Bioszféra Rezervátum területe összesen	5800 km ²	km ²	100%
Szigorúan védett zóna	506		8,7
Puffer zóna	2233		38,5
Gazdasági terület	3061		52,8
– mezőgazdasági (főként szántó) polderek		(433,91)	(14,2)
– halastavak		(395,61)	(12,9)
– telepített erdők		(64,42)	(2,1)
– beépített területek		(272,43)	(8,9)
– ökológiai rehabilitáció alatt álló területek		(114,25)	(3,7)
– egyéb használatú (nádaratás, halászat) területek		(1780,32)	(58,2)

A természetvédelmi hatóságok feladata a flóra, és fauna védelmén túl a gazdaságtalanná vált, művelés alól kivont mezőgazdasági területek, halastavak rehabilitációja, revitalizációja is. A vizes élőhelyek rekonstrukciója a Cernovca és Babina-szigeten 1994–1996 között már eredményes volt, a Holbina-Dunaváţ és a Furtuna területeken jelenleg is folyamatban van. Az Európában a legnagyobb mérvű élőhelyrekonstrukció során összesen 114 km² területet állítanak vissza természetes állapotába.

A helyi lakosság számára megélhetésük szempontjából az egyik lehetséges kiterjesztési pontot az ökoturizmus jelenti, amely azonban még kezdeti stádiumban van. A turisztikai infrastruktúra (két látogatóközpont, kilátópontok) kiépítése megtörtént, ám a szállásférőhelyek száma és minősége még nem éri el a kívánt színvonalat. Ennek ellenére a Duna-deltába látogatók száma 1993-ben 70 000 fő, 1994-ben 74 000 fő körül mozgott (MALCIU, V. 2000).

Összegzés

A pleisztocén végétől kialakuló Duna-delta földtani értelemben Európa legfiatalabb tájai közé tartozik. A napjainkban is gyorsan formálódó deltafelszínen egyszerre zajlik erőteljes folyóvízi, tavi akkumuláció, és tengerparti erózió. A folyam felsőbb szakaszain, és a Delta területén véghezvitt vízrendezési, vízepítési munkálatok miatt jelentősen módosult a geomorfológiai folyamatok sebessége, intenzitása. Emellett a szocializmusban végbement területhasználat változások negatív környezeti hatásai is számottevőek.

A rendszerváltást követően a delta különféle fokozatú, és jellegű (Ramsari terület, Világörökség, Bioszféra Rezervátum) védelem alá került. Megindulhatott Európa legnagyobb területű élőhelyrekonstrukciós programja a korábban mező és erdőgazdasági művelés alatt állt területeken, és a halastavakon. A Duna deltájának hatékony védelme azonban nem valósítható meg a Duna egész vízgyűjtőjén zajló negatív környezeti hatások csökkentése nélkül.

IRODALOM

- BÁLDI T. 1994. Elemző (általános) földtan II. – ELTE TTK (kézirat) Bp., pp. 594–609.
- BORSY Z. (szerk.) 1993. Általános természetföldrajz. – Nemzeti Tankönyvkiadó, Bp., pp. 436–439.
- CAYA, E. 1988. A Föld folyói. – Gondolat Kiadó, Bp., pp. 163–173.
- COMAN, C. 2002. Danube Delta (Romania) – EUROSION Case Study, 21 p.
- DIESCU, L.C.–DULIU, O. G. 2001. Heavy metal pollution of some Danube Delta lacustrine sediments studied by neutron activation analysis. – *Applied Radiation and Isotopes* 54. pp. 853–859.
- GASTESCU, P.–OLTEAN, M. 1998. Ecosystems of the Romanian Danube Delta Biosphere Reserve. Explanation to a map 1: 175 000 – (Manuscript) 35 p.
- GASTESCU, P.–STIUCA, R. 2003. The Danube Delta. – In: Summaries of Background Papers to the Report of the Workshop on the Planning and Management of Modified Mega Deltas Netherlands, Hague, First Iteration pp. 8–13.
- HANGANU, J.–GRIGORAȘ, I.–ȘTEFAN, N.–SĂRBU, I.–DUBYNKA, D.–ZHMUND, E.–MENKE, U.–DROST, H. 2002. Geographical framework in: Vegetation of the Biosphere Reserve „Danube Delta” with transboundary vegetation map – RIZA Report. 049. pp. 11–14.
- IACOVINI, E.–NICHERSU, I. 1995. Superlative și curiozități din Rezervația Biosphere Delta Dunării. - Analele științifice ale Institutului Cercetări și Proiectări Delta Dunării Tulcea, Romania Vol. *III* 2. pp. 1–10.
- KISS J. B. 1999. A Duna-delta könyve. – HUBERTUS Vadkereskedelmi Kft. Bp., 229 p.
- LÓKI J.–SZABÓ J. 2004. A külső erők geomorfológiája. – Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen, pp. 132–136.
- MALCIU, V. 2000. Implications of Accelerated Sea-Level Rise (ASLR) in Romania. – Proceeding of SURVAS Expert Workshop on European Vulnerability and Adaptation to impacts of Accelerated Sea-Level Rise (ASLR) Hamburg, Germany 19th–21th June 2000 pp. 23–24.
- MARGESSON, R. 1997. Environment and international water management: dealing with the problems of the Danube Delta. – *Environmental Impact Assessment, Review* 17. Elsevier Science IC. pp. 145–162.
- NAVODARU, I.–KISS, J. B.–CERNIȘENCU, I. 2004. Fishery and piscivorous birds forced to sustain together in Danube Delta, Romania (Review). – *Universitatea din Bacau Studii și Cercetări Biologie* 8. 128–139. pp.
- PANIN, N. 2003. Le delta du Danube Géomorphologie et évolution holocène: une synthèse. – *Géomorphologie: relief, processus, environnement* 4. pp. 247–262.
- ROMANESCU, G. 1997. Delta Dunării Ghid turistic. – Editura Corson. Iași 216 p.
- ÚJVÁRI J. 1973. A Duna-delta fejlődéstörténeti vázlat, és szerkezeti egységei. – *Földtani Közlöny* 103. pp. 270–284.

FELHASZNÁLT TÉRKÉPEK

- GASTESCU, P. 2003. Harta Turistica Delta Dunării M: 1: 75 000
- GASTESCU, P.–OLTEAN, M.–NICHERSU, I.–CONSTANTINESCU, A. 1998. Land Use Map. – In: Ecosystems of the Romanian Danube Delta Biosphere Reserve M = 1: 75 000
- MUNTEANU, I. 1995. Geomorphology Map – In. Soils of the Romanian Danube Delta Biosphere Reserve in: HANGANU, J.–DUBYNKA, D.–ZHMUND, E.–GRIGORAS, I.–MENKE, U.–DROST, H.–ȘTEFAN, N.–SĂRBU, I. 2002. Vegetation of the Biosphere Reserve „Danube Delta” with Transboundary Vegetation Map on a 1:150 000 scale. pp. 1–88.