

**IZSÁK TIBOR**



**A katasztrofális árvizek  
természeti és antropogén tényezőinek  
vizsgálata Kárpátalján**



Izsák Tibor

A KATASZTROFÁLIS ÁRVIZEK  
TERMÉSZETI ÉS ANTROPOGÉN TÉNYEZŐINEK  
VIZSGÁLATA KÁRPÁTALJÁN

Monográfia

SCREENED BY



Izsák Tibor

**A KATASZTROFÁLIS ÁRVIZEK  
TERMÉSZETI ÉS ANTROPOGÉN TÉNYEZŐINEK  
VIZSGÁLATA KÁRPÁTALJÁN**

Monográfia



II. RF KMF – „RIK-U” Kft.  
Beregszász–Ungvár  
2023

A tudományos kiadvány az árvizek kialakulásának antropogén és természeti tényezői között fellelhető összefüggések vizsgálatával foglalkozik. Kárpátalján a XX. század végén előfordult magas árhullámok kialakulásában több tényező is szerepet játszott, közöttük a természetben végbemenő folyamatokat lehet okolni, viszont az ember gazdasági tevékenysége is jelentős mértékben elősegítette. Legfontosabb célja a kutatásoknak az összefüggések vizsgálata volt a természeti és antropogén tényezők között, valamint azok térbeli ábrázolása. Árvizek a jövőben is elő fognak fordulni, viszont katasztrofális jellegük csökkentésében fontos szerep fog hárulni az ember összehangolt, hatékony gazdasági és árvízvédelmi tevékenységére a folyók árterén.

A monográfia alapját a Pécsi Tudományegyetemen 2012. június 28-án cum laude minősítéssel megvédett doktori értekezés (Izsák T. 2012) eredeti, változtatások nélküli közreadása képezi, valamint tartalmazza az értekezés rövidített összefoglalásának angol és ukrán nyelvű változatait.

*Kiadásra javasolta a II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola  
Tudományos Tanácsa (2022.06.28., 5. számú jegyzőkönyv).*

Kiadásra előkészítette a II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola  
Kiadói Részlege, valamint Földtudományi és Turizmus Tanszéke.

Szerző:

*Izsák Tibor*

Lektorálták:

*Dr. Schweitzer Ferenc DSc, a földtudományok doktora, professor emeritus  
(Természettudományi Kar, Földrajzi és Földtudományi Intézet,  
Pécsi Tudományegyetem, Pécs)*

*Dr. Elekes Tibor PhD, egyetemi docens (Műszaki Földtudományi Kar,  
Földrajz Intézet, Természetföldrajz-Környezettan Tanszék, Miskolci Egyetem, Miskolc)*

*Dr. Gönczy Sándor PhD, docens (Földtudományi és Turizmus Tanszék,  
II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola, Beregszász)*

Műszaki szerkesztés: *Dobos Sándor és Vezsdel László*

Tördelés: *Vezsdel László*

Korrektúra: *Gricza-Varcaba Ildikó*

Borítóterv: *Vezsdel László*. A borítón Vezsdel László fényképfelvétele látható.

ETO-besorolás: *a II. RF KMF Apáczai Csere János Könyvtára*

A kiadásért felel:

*Dobos Sándor* (a II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola  
Kiadói Részlegének vezetője)

A monográfia tartalmáért a szerző a felelős.

A tudományos kiadvány tartalmát az „Unicheck”  
online plágium-ellenőrző program segítségével ellenőriztük.

**A monográfia megjelentetését a Magyar Tudományos Akadémia támogatta.**

**Kiadó:** a II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola (cím: 90 202 Beregszász, Kossuth tér 6. E-mail: foiskola@kmf.uz.ua) és a „RIK-U” Kft. (cím: 88 000 Ungvár, Gagarin u. 36. E-mail: print@rik.com.ua)

**Nyomdai munkálatok:** „RIK-U” Kft.

ISBN 978-617-8276-05-8

© Izsák Tibor, 2023

© II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola, 2023

# TARTALOM

BEVEZETÉS .....	7
1. KUTATÁSI ELŐZMÉNYEK .....	11
2. KUTATÁSI MÓDSZEREK .....	19
3. A KUTATÁSI TERÜLET FÖLDRAJZI JELLEMZÉSE.....	25
3.1. Természetföldrajzi viszonyok.....	25
3.1.1. Kárpátalja térbeli fekvése .....	25
3.1.2. Geológiai felépítés .....	26
3.1.3. Domborzati viszonyok.....	29
3.1.4. Az éghajlat .....	31
3.1.5. Vízirajzi adottságok .....	32
3.1.6. Talajadottságok .....	37
3.1.7. Növényzet, természetvédelmi területek.....	39
3.2. Gazdaságföldrajzi viszonyok .....	41
4. AZ ÁRVIZEK KIALAKULÁSÁRA HATÓ TERMÉSZETI ÉS ANTROPOGÉN TÉNYEZŐK .....	45
4.1. Az árvizekről .....	45
4.1.1. Az árvizek gyakorisága.....	46
4.2. Az éghajlat hidrológiai hatása.....	52
4.2.1. A léghőmérséklet változása a beregszászi és a rahói meteorológiai állomások adatai alapján.....	53
4.2.2. A maximális és minimális hőmérsékletek változása.....	56
4.2.3. A léghőmérséklet módosulása .....	60
4.2.4. A csapadék mennyiségének változása .....	62
4.2.5. Az éghajlat hidrológiai hatása.....	66
4.3. A domborzat hidrológiai hatása.....	68
4.4. A növényzet (erdő) szerepe az árvizek kialakulásában .....	72
4.4.1. Az erdő csapadék-visszatartó és -tározó szerepe .....	72
4.4.2. Kárpátalja erdősültségének változása a XX. század végéig.....	76
4.4.3. Kárpátalja erdősültsége a jelenkorban.....	81
4.5. A talajtakaró szerepe a lefolyásban .....	89

4.6. Vízgazdálkodási tényezők.....	97
4.6.1. Kartográfiai felmérések Kárpátalján a tiszai felmérések előtt .....	97
4.6.2. A védművek jelenkori helyzete Kárpátalján .....	100
4.7. A beépítettség és a gazdasági infrastruktúra szerepe az árvizek kialakulásában.....	101
4.7.1. A népesség és a települések számának növekedése .....	101
4.7.2. A közlekedési utak, vezetékek hosszának (és szélességének) növekedése.....	104
4.8. Az állattenyésztés és a növénytermesztés hidrológiai hatása .....	106
4.9. Az árvízvédelmi beruházások finanszírozása.....	106
5. AZ EREDMÉNYEK ÖSSZEGZÉSE .....	109
6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS A TOVÁBBI KUTATÁSOK IRÁNYA.....	119
FELHASZNÁLT IRODALOM.....	121
FÜGGELÉK .....	135
1. A Tisza kiöntései a hullámtérre 1970–2009 között Tiszaújlaknál .....	137
2. Havi hőmérsékletátlagok Beregszászban 1970–2009 között (°C).....	138
3. Havi hőmérsékletátlagok Rahón 1970–2009 között (°C).....	140
4. Havi csapadékátlagok Beregszászban 1970–2009 között (mm).....	142
5. Havi csapadékátlagok Rahón 1970–2009 között (mm).....	144
6. A csapadék 40 mm/nap fölötti értékei Rahón 1970–2009 között.....	146
ÁBRÁK JEGYZÉKE.....	147
TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE.....	149
TÉRKÉPEK JEGYZÉKE.....	151
THE ANALYSIS OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS OF DISASTROUS FLOODS IN TRANSCAR- PATHIA ( <i>SUMMARY</i> ).....	153
ВИВЧЕННЯ ПРИРОДНИХ І АНТРОПОГЕННИХ ФАК- ТОРІВ КАТАСТРОФІЧНИХ ПАВОДКІВ НА ЗАКАР- ПАТТІ ( <i>УЗАГАЛЬНЕННЯ</i> ).....	167



„Mohog a Tisza, hallgat a harang.  
Miért is beszélne félre? Csak a megkötött,  
magára hagyott barom bődiül az égre. [...]   
Mint szakadt az ín, szakadt a gát,  
és szakadt a szívből az átok.  
De úgy tért vissza, mint bumeráng,  
Lecsapva reánk és rátok.”  
(Vári-Fábián L. 2009)

## BEVEZETÉS

Az árvizek kutatása iránti érdeklődésem személyes tapasztalatoknak köszönhető. Környezetemben a XX. század végén (1998 novemberében) és a XXI. század elején (2001 márciusában) az Alföld északkeleti részén, Kárpátalja síkvidéki részén katasztrofális árvizek vonultak le a Tiszán és annak kárpátaljai mellékfolyóin, amelyek mély nyomokat hagytak bennem. Személyesen láttam, tapasztaltam az árhullámok által végzett rombolást, láttam az árvíz sújtotta lakosság veszteségeit, az árvíz elleni védekezésben magam is részt vettem. Ekkor merültek fel bennem azok a kérdések, amelyek a későbbi kutatásokat megalapozták: mi változott meg a természetben, az összetevő elemekre ható tényezők kapcsolatrendszerében, milyen szerepe lehet az ember gazdasági tevékenységének a kialakuló katasztrofális árvizekben?

Az árvizek olyan folyamatokat idéznek elő, amelyek sok esetben meghatározzák a természeti komponensek<sup>1</sup> (összetevők) és a közöttük kialakult kapcsolatrendszerek további működését. Az áradások idején és az őt követő időben negatív jelenségek sora játszódik le (csuszamlások, talajerózió stb.), amelyek változásokat idéznek elő az árvizek által érintett ártereken.

A mai tudomány több ágazata (hidrológia, meteorológia stb.) foglalkozik az árvizek keletkezésének, lefolyásának és a velejárá jelenségeknek tanulmányozásával. A hidrológia a jelenkorban már sokat tud az árvizekről, ismeri a folyókon levonuló áradások kialakulási tényezőit, a lefolyás szabályozásának szükségességét. Nem minden országban,

---

<sup>1</sup> Természeti komponensek – a természeti komplexumok természetes összetevői (kőzet, levegő, víz, növény, állat, talaj) (Izsák T. 2004).

régióban tudnak megtenni minden szükséges intézkedést ahhoz, hogy megelőzzék, vagy legalább csökkentsék az árvizek által okozott károkat. Maguk a kutatások intenzitása is hullámzó, attól függően, hogy mikor, milyen jelentőségű árvíz keletkezik a vízgyűjtőterületen, milyen ezeknek az árvizeknek a környezetre gyakorolt hatása.

A tudomány árvizekkel foglalkozó képviselői különbözőképpen vélekednek a pusztító árvizek kialakulásának tényezőiről. Egy részük a globális felmelegedést (Pardeep, P. et al. 2011; Min, S.K. et al. 2011) jelöli meg az első helyen, míg mások az ember gazdasági tevékenységét (Jakucs L. 1982; Konecsny K. 2002/b; Csubatij, O. 1968; Lisztopad, O. 2001; Hensziruk, Sz. – Bondar, V. 1973), és ezen belül a környezetre gyakorolt negatív hatást, sokszor a természeti összetevők kapcsolatrendszerébe való felelőtlen beavatkozást emelik ki a katasztrofális árvizek kialakulásában (Csubatij, O. 1968; Lisztopad, O. 2001).

A Felső-Tisza vidékén (többek között Kárpátalján) kialakuló magas árhullámok okainak megítélésében szintén nem egységes az álláspont. A kutatók egy része az éghajlatváltozási tendenciákban látja a nagy árvizek kialakulásának okát (Bodolainé Jakus E. 1983; Homokiné Ujváry K. 1999; Jakucs L. 1982), mások pedig a kárpátaljai erdők területének, fajösszetételének, kitermelési módszereinek változásában (Kolodko, M. – Tretyak, P. 2004; Konecsny K. 2002/a; Rakonczai J. 2000).

A kutatás során statisztikai évkönyvek, kiadványok elemzésére támaszkodtam. Figyelmem a Kárpátalja területén levonuló árvizek kialakulására ható tényezők (természeti, gazdasági, technogén) vizsgálatára irányult, hangsúlyosan az ember gazdasági tevékenységének a természeti környezetre gyakorolt hatására és növekedésére az utóbbi negyven évben, és ennek a tevékenységnek a szerepére a katasztrofális árvizek kialakulásában.

Az árvizek kialakulására és jellegére hatással vannak természeti és antropogén tényezők. A természeti környezet elemei (kőzetek, domborzat, éghajlat, növény- és állatvilág, talaj, folyók stb.) szoros kapcsolatban állnak egymással. Bármelyik összetevő változása a többi összetevőben is változást eredményez. A természeti komplexumok összetevői között fennálló kapcsolatrendszerek megbomlását az ember gazdasági tevékenysége idézi elő. Az árvizek tényezőinek kutatása során azoknak az éghajlati komponenseknek (hőmérséklet és csapadék) és antropogén eredetű összetevőknek (erdősültség, beépítettség, mezőgazdaság) vizs-

gálatát tűztem ki célul, amelyek előidézői lehetnek a kialakult magas víz-állásoknak. A vízgyűjtőben általam folyamatos mérések nem történtek a vizsgálat alatt, így elsősorban ezek térbeli rendjének tanulmányozását tudtam elvégezni, ezeken keresztül megítélni szerepüket az árvizek ki-váltásában. Mindegyik elem-tényező esetében a kutatást az 1970 és 2009 közötti<sup>2</sup> 40 évre terjesztettem ki.

A kutatás előtt és a vizsgálatok végzése közben több megválaszolandó kérdés is felmerült, amelyek a következő fő célokban összesíthetők:

- Az árvizekkel foglalkozó szakirodalom áttekintése.
- Az árvizek előfordulásának vizsgálata 1970 és 2009 között.
- A hullámtér vízzel való borítottságának időtartama az áradások idején.
- Az éghajlati tényezők (hőmérséklet, csapadék) változása az 1970–2001 közötti időszakban.
- Az éghajlati tényezők (hőmérséklet, csapadék) és az árvizek kialakulása közötti kapcsolat vizsgálata.
- A domborzat és az árvizek kialakulása közötti összefüggések.
- Az árhullámok vizének összegyülekezési ideje a Felső-Tisza vidékén.
- Az erdőszűtség területi változása és az erdők szerepe a magas árhullámok kialakulásában.
- Változások Kárpátalja gazdasági életében (növénytermesztés, állattenyésztés), amelyek kihatással lehetnek az árvizek keletkezésére és lefolyására.
- A technogén tényezők (beépítettség, közlekedési utak) hatása az árvizek lefolyására.
- Az árvizek kialakulását elősegítő tényezők (természeti, gazdasági, technogén) hatásának regionalizálása.

---

<sup>2</sup> Erre az időszakra volt teljes az adatsor.



## 1. KUTATÁSI ELŐZMÉNYEK

Az árvizek kialakulásának és a jelenségek lefolyásának természete már régóta foglalkoztatja a folyók környékén élő embereket és a szakembereket. A tiszai folyószabályozási munkálatok előtt a folyók áradáskor elöntötték az árteret, lerakták hordalékukat, majd visszahúzódtak medrükbe. A folyók mellett élő lakosság minden évben „várta” az áradást, tudta, magas vízálláskor meddig önti el az ártéri területeket a víz, hol lehet építkezni, hol keletkeznek mocsaras területek, hol lesznek állóvizek, hol van lehetőség fokokat kialakítani a halállomány növelésére, hol tudnak kaszálókra, vagy legelőkre számítani. Mégis, komoly gondok voltak az áradásokkal. A szabályozások előtti idők (XVII. és XVIII. század) árvízvédelmi munkálatairól Ung és Bereg megyékben, az árvízvédelmi töltések átszakadásairól, kijavításáról, emeléséről, tanúskodnak a megyék közötti korabeli levelezések (Soós K. 1996, 2000).

A Vásárhelyi Pál Tisza szabályozási tervének megvalósulása egy új korszakot jelentett a folyó és környékén lakók életében (Botár I. – Károlyi Zs. 1970, 1971; Vágás I. 1991). A szabályozás után árvízvédelmi töltések közé szorított folyókon a csapadékosabb időkben egyre magasabb vízszintek alakultak ki. Szolnok környékén a vízszintemelkedés meghaladta a 3 métert (Alföldi L. – Schweitzer F. 2003). Az árvizeket kiváltó okok között az éghajlati szélsőségek fontos szerepet játszanak. A XIX. század időjárásai kilengéseiről és a vele kapcsolatos jelenségekről Hajósy F. (1954) és Réthly A. (1999) írt. Az ármentesítések a természeti összetevők és a tájegységek számára nem múltak el nyomtalanul (Csányi B. 1993). A XX. század időjárásai viszonyairól és a folyók vízjárásáról<sup>1</sup> Konecsny K. (2002/b) írt tanulmányt. A Tiszán kialakult árhullámok hidrológiai jellemzésével 1876–1975 között a Hidrológiai Közlönyben megjelent cikkeiben foglalkozik Vágás István (1977, 1978/a, 1978/b, 1979/a, 1979/b, 1980). A külföldi vízgyűjtőkön történt beavatkozásokról már az 1980-as években írtak (Várnainé Pongrácz M. 1984). A magyarországi folyószabályozás negatív és pozitív hatásairól a természeti feltételekkel kapcsolatban több kutató is foglalkozott (Somogyi S. 2000; Réthly A. 1936).

---

<sup>1</sup> Vízjárás – a felszíni vizek szintjének ingadozása különböző tényezők (eső, szárazság) hatására (Izsák T. 2004).

A tiszai árvizek, főleg a XX. század 70-es éveitől kezdve Kárpátalján, esetenként katasztrófálisakká (1970, 1998, 2001) váltak. Az utóbbi negyven évben csaknem minden évben előfordulnak magas árvízszintek a Kárpát-medence valamely részén.

A Felső-Tisza<sup>2</sup> vidékén 1970-ben, 1998-ban és 2001-ben kialakult katasztrófális árhullámok jellemzéséről írt többek között Lászlóffy W. és Szilágyi J. 1971-ben, Vágás I. 1999-ben és Szilágyi L. és Vágás I. 1999-ben, Illés L. és Konecsny K. 1999-ben. Az árvizek kialakulásának, lefolyásának hidrológiai és meteorológiai kérdéseivel, az árvíz elleni védekezéssel behatóan foglalkoztak a Magyarországon megjelenő szakfolyóiratok: *Vízügyi Közlemények* (Babos Z. 1953, Baranyi S. 1965, Gábris Gy. – Telebisz T. – Nagy B. – Belardinelli, E. 2002, Lászlóffy W. – Szilágyi J. 1971, Várnainé Pongrácz M. 1984 és mások), *Hidrológiai Közlöny* (Bonta I. 1998, Bonta I. – Homokiné Újvári K. – Zsotér E. 1998, Konecsny K. 2002/a, Konecsny K. 2002/b, Vágás I. 1977, Vágás I. 1979/b és mások), *Léghkör* (Homokiné Újváry K. 2001), *Földrajzi Közlemények* (Jakucs L. 1982).

Ukrajnában az árvizek okainak kivizsgálására az Ungvári Nemzeti Egyetem, Ukrajna Erdészeti Gazdaságának Állami Bizottsága és az Ukrájnai Tudományos Akadémia külön bizottságokat állított fel, amelyek az 1998. novemberi és 2001. márciusi árvizek okait tanulmányozták. A bizottságok megvizsgálták az árvizek lefolyását, az okozott károkat. Az Ungvári Nemzeti Egyetem a zárójelentésében (2001) a fő okok közé sorolja a globális felmelegedést, az éghajlat regionális változását, az antropogén tényezők növekedő hatását, a gazdasági tevékenység viszonyulását a természeti erőforrásokhoz (többek között az erdőkhöz), amelyek a romboló hatású árvizekhez vezetnek.

Az Ukrán Tudományos Akadémia Zárójelentésében (2001) természetes (heves esőzések, az árhullámok összeadódása) és antropogén (erdőgazdálkodási, mezőgazdasági, vízgazdálkodási, ipari, infrastruktúrális, beépítettségi, szervezési, pénzügyi és technikai) tényezőket sorol fel, amelyek az árvizek előidézői lettek.

Ukrajna Erdészeti Tudományos Akadémiája saját hatáskörén belül folytatott vizsgálatot az árvizek okairól, amelynek eredményeit (Ukrajna

---

<sup>2</sup> Felső-Tisza – a Tisza jobbparti mellékfolyójától, a Borzsától a Fekete-Tisza és Fehér-Tisza forrásokig tartó vízgyűjtő terület Magyarországon, Ukrajnában és Romániában (CHOLNOKY J. 1907).

Erdészeti Tudományos Akadémiája 2008) tanulmányban összesített. A jelentés kiemelte, hogy az elmúlt évtizedekben (főleg az 1947–1957 években) intenzív erdőkitermelés ment végbe a hegyvidéki területeken, amely az erdős területek jelentős csökkenéséhez vezetett. Azonban az utóbbi években kialakult katasztrofális árvizek legfőbb okozója az intenzíven lehulló csapadékmennyiség, amelyet még az ember gazdasági tevékenységével nem érintett erdők sem képesek kellőképpen csökkenteni.

Az árvizek kutatása nyomon követi az áradásokat, egyes években kisebb, az árvizeket követő időben egyre hevesebben kutatják a kialakult helyzetet. Az utóbbi évek katasztrofális árvizei újra és újra felvetik a kérdést: csak a természeti tényezők, negatív folyamatok egybeesése, összejátszása okozza az egyre gyakrabban előforduló magas árvízszintek kialakulását, vagy az ember gazdasági tevékenységének (részben vagy egészében) negatív hatása?

A szakirodalomban a szerzők különféleképpen vélekednek az árvizeket előidéző tényezőkről, másként állnak a probléma vizsgálatához, megoldásához. Az államhatárokat a XX. század folyamán többször is áthelyezték egyik helyről a másikra, egységes kutatási adatrendszereket, folyamatosan bővülő közös adatbázisokat a mai napig nem sikerült létrehozni. Bár az 1998-as és 2001-es katasztrofális árvizek után együttműködési projektek indultak (CLAVIER<sup>3</sup>, AIMS-Tisza<sup>4</sup>, A Beregszászi Határon Átnyúló Vízta-roszó Rendszer fejlesztése stb.), sok esetben lokális gazdasági, vagy politikai érdekek kiszolgálása szab határt a közös, a Kárpát-medencei államokat összekapcsoló és a kutatásokat elősegítő projektek megvalósulásának.

A kutatók egy része a természetben végbemenő, esetenként az okozati tényezők véletlenszerű egybeeséseinek folyamatával (rekordmennyiségű eső hóolvadással, téli vagy tavaszi magas csapadékmennyiség stb.) magyarázzák a csúcsárvizek kifejlődését. Más kutatók a természetben végbemenő negatív tendenciák elé helyezik az ember gazdasági tevékenységének szerepét a gyakori árhullámok kialakulásában.

<sup>3</sup> CLAVIER – éghajlatváltozás és a változékonyság: hatások Közép- és Kelet-Európában; tervzet (CLAVIER project – Climate Change and Viability: Impacts on Central and Eastern Europe) <http://www.clavier-eu.org/> (KÁRPÁTALJAI MEGYEI MELIORÁCIÓS ÉS VÍZGAZDÁLKODÁSI TERMELESI HIVATAL adattára).

<sup>4</sup> AIMS-Tisza – automatikus információs mérőrendszer (Automatic Informational Measuring System) a Felső-Tisza vidékén, 40 mérőállomással rendelkezik (KÁRPÁTALJAI MEGYEI MELIORÁCIÓS ÉS VÍZGAZDÁLKODÁSI TERMELESI HIVATAL adattára, <http://www.vodhosp.uzhgorod.ua/about.html>).

Az éghajlatkutatással foglalkozók a légkörben végbemenő jelenségeket, folyamatokat teszik felelőssé a katasztrófális árvizeket előidéző tényezők sorának elejére (Bodolainé Jakus E. 1983; Péczely Gy. 1979; Homokiné Ujváry K. 1999; Jakucs L. 1982; Bodnar, V. et al. 1987), főleg a lokálisan, egyes évszakok idején kialakuló meteorológiai állapotokat okolják.

Bodolainé Jakus E. (1983) a dunai és tiszai árhullámok kialakulásának időjárás helyzetekkel való kapcsolatát elemzi. Felhívja a figyelmet, hogy az 1970 májusában és júniusában kialakult árvizek távolabbi okai között szerepelt az 1969-es év időjárásának alakulása, majd döntő szereppel bírt a márciusi két árhullám, miután az ezt követő árhullámok magasabb szintekről indultak. A monográfiában a szerző nem foglalkozik az ember gazdasági tevékenységének szerepével.

A csapadék éves eloszlásáról a Kárpát-medencében Péczely Gy. (1979) *Éghajlattan* könyvében olvashatunk, ott kifejti, hogy a legtöbb csapadék Magyarország területén a május–július hónapokban hullik, amely változhat az évek folyamán: „... a legcsapadékosabb években háromszor annyi eshet le, mint a legszárazabb évek során.” Ezzel szemben a maximális megoszlásban a napi csapadékhozamoknak rendszeressége nem ismerhető fel. A legtöbb csapadékos napot ősz végén, tél elején regisztrálják. A folyókon a vízhozam-növekedés tél végén és kora tavasszal figyelhető meg, amikor a hegyekben felhalmozódott hó olvad (Hajósy F. 1954).

Homokiné Ujváry K. (1999) az árvizet meteorológiai szempontból jellemezte. Az 1998. novemberi tiszai árvíz fő okaként a csapadék intenzitását emelte ki. Konklúziójában azt írta, hogy *„a november eleji tiszai árvíz kialakulásához nem rendkívüli meteorológiai események vezettek. ... egyes időjárás helyzetek bár esetenként sok csapadékot eredményeztek, de önmagukban nem okai a rendkívül magas vízállásoknak. Meteorológiai szempontból a hosszan tartó, szeptembertől novemberig zajló, csapadékos napok sorozatát emelhetjük ki.”*

Homokiné Ujváry K. (2001) a 2001. márciusi árhullám kialakulásában a március 3-án és 4-én átvonuló ciklonokat teszi felelőssé. Megállapítása szerint: *„... a rövid idő alatt lehulló nagy mennyiségű csapadék a felelős szinte egyedül a történetekért.”*

Az ember gazdasági tevékenységének szerepét sokan emelik ki a katasztrófális árvizeket előidéző tényezők közül (Jakucs L. 1982; Konecsny K. 2002; Csubatij, O. 1968; Koval, V. 2008; Kolodko, M. – Tretyak, P. 2004; Kuzik, P. 2010; Lisztopad, O. 2001; Ruscsak, M. –



Pagyak, V. 2004; Hensziruk, Sz. – Bondar, V. 1973). A kutatók nemcsak az erdők területének és összetételének változásával magyarázzák az árvizeket, hanem ennek a tevékenységnek utóhatásaival is (talajerozió, csuszamlások, erdőszint csökkenés, vízjárás változás stb.).

A Kárpátok erdeinek éghajlat-alakító, vízszabályozó és talajvédelmi szerepét kutatta és elemezte Csubatij, O. 1968-ban megjelent írásában, aki azokról a jelentős változásokról írt, amelyek a felszíni és talajvizek vízjárásában következtek be az ember növekvő gazdasági tevékenységének eredményeként. Kiemelte, hogy az emberi tevékenység hatása pozitívan tükröződhet a vízkészletek állapotában és a vízjárás kialakulásában, ha a nem effektív vízvesztés (árvizek, vízpárolgás a talajfelszínről) csökkentésére irányul, és lehet negatív a nagyarányú erdőirtások és talajművelés következtében, amelyek nem felelnek meg a természeti feltételeknek, az erdőkben elterjedt jóságlegeltetés következtében, stb.

Koval, V. (2008) a jelentős árvizek kialakulásához vezető fő tényezők közül elsősorban az éghajlati feltételek változását emeli ki. A hőmérsékleti és hidrológiai folyamatok, a felszín közeli talajrétegek nedvességtartalma megváltoztatták az erdők ökológiai feltételeit, csökkentették a vízszabályozó adottságokat. A másik fontos tényező az ember gazdasági tevékenysége. Az árvizek méreteire és előfordulásuk gyakoriságára alapjaiban véve hatással van a mezőgazdasági, erdészeti és más, ezekhez az ágazatokhoz tartozó összetevők működése (Koval, V. 2008).

A katasztrófális árvizek kialakulásában fontos szerepe van a hegyvidéki erdők és a talajtakaró vízszabályozó funkciójának. Erre hívta fel a figyelmet Kolodko, M. és Tretyak, P. 2004-ben, akik szerint az árvizek kialakulásában meghatározó tényezővé váltak a XX. század '50–60-as és '90-es éveiben történt jelentős méretű fakitermelések a hegyvidéki erdők területén.

Kuzik, P. (2010) az árvizek kialakulásáról szóló cikkében megjegyezte, hogy az erdők egyszerűen nem képesek megbirkózni az esetenként lehulló nagy mennyiségű csapadékkal. Hasonló következtetésre jutott Vágás I. is (1999), aki szerint az árhullám csúcsvízhozamait az erdők talaját feltöltő előkészítő esők fokozzák, amelyhez az eső következtében olvadó hó is hozzájárul, és végeredményben rendkívüli árhullámok alakulhatnak ki.

Jakucs L. (1982) véleménye szerint a csapadék minősége és mennyisége, az egymást követő csapadékok közötti szikkadási időtartam, a csapadékok dinamizmusa, és ezek kölcsönhatása a hőmérsékleti és

légmozgási eseményekkel a legfontosabb tényezők között szerepelnek az árvizek gyakoriságának okai között. Mindezek mellett kiemeli az emberi társadalom tájértrendező tevékenységét, főleg a hegyvidéki területek növénytakaróját ért beavatkozásokat, amelyek kihatással vannak a lefolyásra.

Ha az erdő hegyvidéki területen helyezkedik el, akkor kivágása szabaddá teszi az utat a lezúduló vizek számára, és növeli az árvízveszélyt (Tóth J. 2001).

Jakucs L. (1982) szerint az árvizek gyakoriságának növekedése nem vezethető vissza a vízgyűjtő területek csapadékosabbá válására, az okok rendkívül összetettek, számos országban bebizonyosodott az antropogén tényezők döntő jelentősége. *„Az árvízokozó tényezők között [...] vannak olyanok, amelyek fokozódó progresszivitást mutatnak”* (Jakucs L. 1982).

Konecsny K. (2002) kimutatta, hogy érzékelhetően nőtt az emberi beavatkozások hatása a lefolyásra. A vízgyűjtő lefolyási viszonyainak megváltozását (feltételeesen) négy antropogén hatás együttesére vezeti vissza: az erdővel borított terület csökkenésére, a mezőgazdasági művelésben bekövetkezett változásokra, az urbanizáció hatására, a folyók betöltésére, víztározásra.

Nehéz eldönteni, hogy természetes vagy antropogén tényezők játszottak döntő szerepet a katasztrofális árvizek kialakulásában (Rakonczai J. 2000), nehéz megosztani a felelősséget a természetes okok és az antropogén hatások következményei között. Rakonczai J. azt is megjegyzi, hogy az utóbbi évtizedekben nagy jelentőséget kapnak a hegyvidéki vízgyűjtőkön végzett beavatkozások következményei.

A Tisza szabályozása idején végrehajtott és ma is folyamatban lévő természeti átalakulások többnyire negatív hatással voltak a folyó és mellékfolyóinak természeti összetevőire, de azóta elég sok idő telt el, hogy eredeti állapotába vissza lehessen állítani őket. A folyószabályozások hatásaival foglalkozó könyvében Somogyi S. (2000) részletesen kitért az árterek és az egész természeti környezet megváltoztatása által felmerült földrajzi és ökológiai problémákra.

Az 1998-as és 2001-es tiszai árvizek kialakulási tényezőinek vizsgálatára, az Arany János Közalapítvány támogatásával, a II. Rákóczi Ferenc Kárpátalja Főiskolán kutatócsoportok alakultak. A korábbi kutatások elsősorban azt bizonyították, hogy csak az erdőirtásokkal nem magyarázható a katasztrofális árvizek gyakoriságának növekedése, viszont vízszintemelkedést eredményezhet a hullámtéri feltöltődés is (Nagy B.

et al. 2002). A későbbi kutatások arra a következtetésre jutottak, hogy az erdőirtások hatással voltak az árvizek kialakulására, azonban a fő okok között az időjárás szélsőséges esetei és a hullámterek feltöltődése játszottak főszerepet (Komonyi É. et al. 2003). A hullámterek feltöltődésének különleges szerepe van az egyre magasabb árhullámok kialakulásában (Schweitzer F. 2003; Gábris Gy. et al. 2002). A feliszapolódás eredménye, hogy időnként emelni, magasítani kell a töltéseket, vagy érdeme-sebb lenne bővíteni a hullámtereket, árvízi tározókat hozni létre, esetleg visszaadni a folyóknak természetes árterüket (Schweitzer F. 2011).

Az 1998-as és 2001-es árvizek kutatásában a II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola más kutatócsoportjai is részt vettek, amelyek elsősorban a csúcsárvízi összegyülekezési időt kutatták. A kutatások megállapították, hogy a Felső-Tisza vidékén hulló eső 23 óra alatt érkezik a tiszaujlaki folyószelvényhez (Molnár J. et al. 2003). A legveszélyesebbeknek a csúcsárvizek kialakulásában a 9 órát meghaladó kiadós esőzéseket tartják. A szabályozás előtti, meanderező, kis eséssel bíró Tiszán egy-egy árhullám hónapokig vonult le, mocsárrá változtatva az Alföld területéből mintegy 2 millió hektárt (Mike K. 1982).

A kutatások azt bizonyítják (Bartholy J. et al. 2008/a,b; Radvánszky B. – Jacob, D. 2008; Radvánszky B. 2009; Radvánszky B. et al. 2010), hogy az éghajlat jelenlegi változásának menetében további éghajlati szélsőségek sűrűsödése, a hőmérséklet és a csapadék mennyiségének növekedése várható, amely tovább növelheti az árvizek gyakoriságát és a csúcsárvizek vízszintjének emelkedését. Mit lehet ebben az esetben tenni? Vannak elképzelések, miszerint emelni kell a töltéseket (Vágás I. 1999) vagy bővíteni kell a hullámteret (Schweitzer F. 2001). Mindegyik elképzelés a probléma megoldására irányul, azonban nem lehet egyik árvíz-előidéző tényezőt sem kihagyni.

A fent említett kutatástörténeti előzményeket összefoglalva és több tekintetben kiegészítve, az árvizekkel foglalkozó tanulmányok szemléletük szerint két nagy csoportba sorolhatók aszerint, hogy mikor készültek, és a hidrológiával foglalkozó szakemberek a több tudomány-ág közül hol dolgoztak.

A vízügyi kutatások előterében elsősorban a lehullott csapadék-mennyiségek és az általuk keltett, centiméterben kifejezett vízállás-változások leírása áll (Csoma J. 1971). Ezek a kutatások részletesen feltárták a keletkezett árhullám alakját, a hossz-szelvényben kirajzolódó

alakváltozását, azaz az árhullám ellapulását. Bizonyították, hogy ebben a folyamatban milyen szerepük volt a hossz-szelvénybe torkolló mellék-vizek árhullámainak. Több tanulmány foglalkozott a védekezés műszaki vonatkozásaival is. Ezek a kutatási eredmények legfőképpen a Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézetben (VITUKI) születtek. A szerzők természetesen vízmérnökök voltak.

Az árvizek keletkezésének kutatása – legfőképpen az elmúlt 40 évben – a meteorológusokat is foglalkoztatta (Bodolainé Jakus Emma – 1983, 1971; Homokiné Ujváry Katalin – 1999, 2001). Ők az árvizek keletkezésének okát, azaz a genetikáját kutatják. Ma már hatalmas hidrometeorológiai irodalma van ennek a problémának. Miután a meteorológia elsősorban a légkörrel, és az abban lejátszódó fizikai folyamatokkal foglalkozik, a kutatók arra keresték a választ, hogy milyen légköri folyamatok okozzák azokat a nagy mennyiségű csapadékokat, amelyek a különböző nagyságú árhullámokat okozzák. Már korábban is tudta a meteorológia, hogy a ciklonokban mozgó nedves légtömegek okozzák a jelenséget. A kutatások célja többek között az volt, hogy kiderítsék azokat a ciklonokat, amelyek konkrétan okozzák az árhullámokat. Ezt azonban csak akkor teheték sikerrel, ha tipizálva lettek az úgynevezett időjárási helyzetek, amelyekben különböző térségben (Pl.: Atlanti-óceán déli, középső vagy északi medencéje), különböző irányokban vándoroltak a ciklonok. Ezeknek a kutatásoknak eredményeként tudta meg a hidrometeorológia, hogy a Tisza vízgyűjtőjében keletkezett árhullámokat legfőképpen az Atlanti-óceán déli medencéjében képződött ciklonok meleg frontjában (meleg szállító szalag) mozgó enyhe, nagy nedvességtartalmú légtömegek okozzák (Péczy Gy. 1979; Bodolainé Jakus E. 1983; Bodolainé Jakus E. – Bódy K. 1971). Esetenként, azonban a Kárpát-medencétől nyugatra keletkező és északkeleti irányban mozgó mérsékelt övi ciklon meleg frontjában áramló légtömeg is okozhat árvizet. A légtömeg szubtrópusi származási helye azonban az előzővel azonos. Igen ritkán azonban katasztrófális árvizet is okozhat a most említett mérsékelt övi ciklon hidegfrontja, amikor az Észak-Atlanti-óceán felett keletkezett légtömeg északnyugatról áramolva a Kárpátok északi peremvidékén találkozik a nagy nedvességtartalmú enyhébb szubtrópusi légtömeggel. Ezt a magasba emelve hatalmas kiterjedésű területeken képes katasztrófális árvizeket kiváltani (Bonta I. 1998). Ezek azonban szerencsére elkerülnek a Felső-Tisza vízgyűjtőjét.

## 2. KUTATÁSI MÓDSZEREK

Az árvizek kialakulására ható természetes tényezőket és azok változását az utóbbi évtizedekben három meteorológiai állomás (beregszászi, rahói és ungvári) adatai alapján, statisztikai módszerek segítségével elemeztem. A Kárpátalján több mérőállomással is rendelkező Kárpátaljai Hidrometeorológiai Központ adattárának adatait vettem alapul a hullámtéri kiöntések gyakoriságának (Tiszaújlak) meghatározásához és az éghajlati elemek havi értékeléséhez, összehasonlításához.

A hőmérséklet- és csapadéértékek változását két kárpátaljai meteorológiai állomás, Beregszász és Rahó havi felbontású meteorológiai adatainak statisztikai feldolgozásával határoztam meg az 1970–2009-es időszak alatt. Beregszász esetében a Beregszászi Meteorológiai Állomás adatait dolgoztam fel, Rahó adatait az ungvári Kárpátaljai Hidrometeorológiai Központ adattárából gyűjtöttem össze. Az elemzéshez a felsorolt állomásokon kívül figyelembe vettem Ungvár meteorológiai adatait is, amelyeket a National Climatic Data Center internetes forrásból merítettem (NCDC 2010). Az időben legkorábbi, megbízható és folyamatos adatsorok az 1970-es évtől vannak az interneten, ezért is választottam, többek között ezt az évet kiindulópontnak. A másik fontos tényező abban állt, hogy esetenként a hivatalokban megtagadták az adatszolgáltatást.

A kiértékelés során a lineáris trendelemzésre helyeztem a hangsúlyt. A vizsgálatokat, a diagramok szerkesztését a Microsoft Excel táblázatkezelő program segítségével végeztem el. Használtam a Student-féle t-próbát és a korrelációs számítást is az elemzések során. A saját szerkesztésű térképeket CorelDRAW 3 szerkesztőprogram segítségével hoztam létre.

Az erdősültség változásáról készített táblázatokat a Kárpátaljai Megyei Statisztikai Hivatal adatai alapján állítottam össze. Az esetek többségében gondot okoztak a statisztikai kiadványokban fellelhető hiányosságok, amelyek a folyamatos adatkövetést akadályozták.

### *Műholdképek kiértékelése*

Két vízgyűjtő (Talabor és Nagyg) elemzéséhez két műholdfelvételt használtam. Az egyik a NASA honlapjáról (NASA 2003, <https://zulu.ssc.nasa.gov>) lett letöltve (Landsat 5, 1990), amelynek felbontása 28,5 x 28,5 m/pixel (egy pixel kb. 800 m<sup>2</sup>). A másikat a Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszékének adattárából kölcsönöztem (Landsat 7, 2000), felbontása 30 x 30 m/pixel (egy pixel kb. 900 m<sup>2</sup>).

A kiértékelést IDRISI 2.0 programmal készítettem el. A felvételeken 4-4 színkategória állítottam fel (Lóki J. 2002). A kategóriák növényzeti összetevők alapján neveztem el (tűlevelű erdők – sötétzöld, lombhullató erdők – világoszöld, szántók – rózsaszín, magas víztartalmú területek – kék).

### *Lefolyási tényező meghatározása*

A kisvízi lefolyási idő meghatározása a Nagyszőlős feletti (a nagyszőlősi híd szelvényétől számított) Felső-Tisza vízgyűjtőjén a következő lépésekben folyt (Nagy B. et al 2002):

1. Először az átlagos lefolyási tényezőt határoztuk meg a Felső-Tisza vízgyűjtőjén. A számításokat a Kenessey-módszerre alapoztuk, eszerint a lefolyási tényező három részre lett bontva:

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3,$$

ahol  $\alpha_1$  a felszín lejtési viszonyait,  $\alpha_2$  a talaj beszivárgási feltételeit,  $\alpha_3$  pedig a felszínt borító növénytakaró hatását fejezi ki (Almássy E. 1977).

A lejtésviszonyok figyelembe vételére a következő összefüggéseket vettük számításba:

- igen erős lejtő (> 35 %-os esés):  $\alpha_1 = 0,30$
- közepes lejtő (11–35 %-os esés):  $\alpha_1 = 0,20$
- szelíd lejtő (3,5–11 %-os esés):  $\alpha_1 = 0,11$
- síkvidék (< 3,5 %-os esés):  $\alpha_1 = 0,05$ .

A Felső-Tisza (kárpátaljai) vízgyűjtőjét 10 x 10 kilométeres négyzetráccsal fedtük. A 1:100 000 méretarányú térkép segítségével meghatároztuk a rácsponti lejtésértékeket százalékban, amelyeket átalakítottunk  $\alpha_1$  értékekké. A beszivárgási viszonyok figyelembe vétele:

- igen vízzáró talaj:  $\alpha_2 = 0,30$
- közepesen áteresztő talaj:  $\alpha_2 = 0,20$
- áteresztő talaj:  $\alpha_2 = 0,10$
- igen áteresztő talaj:  $\alpha_2 = 0,05$ .

A talaj mechanikai összetételéről nem álltak rendelkezésünkre rácsponti bontású adatok, ezért a felszínt általánosan közepesen vízátteresztőnek minősítettük ( $\alpha_2 = 0,20$ ). A növénytakaró figyelembe vétele:

- kopár szilárd kőzet:  $\alpha_3 = 0,30$
- rét, legelő:  $\alpha_3 = 0,25$
- feltört művelt terület, erdő:  $\alpha_3 = 0,15$
- zárt erdő, durva hordalék:  $\alpha_3 = 0,05$ .

2. Ahhoz, hogy meghatározhassuk a vízszállításba bekapcsolódott területek nagyságát, ismerni kell a lefolyási időt a vízgyűjtő egyes pontjairól. Ez két részből tevődik össze: a terepfelületen történő vízmozgás idejéből és a mederben (völgyfenéken) végbemenő lefolyás idejéből. Az első szakaszt a terepfelületen részben lepelszerűen, részben számos kis erecske formájában teszi meg a víz, amit sok tényező befolyásol, és nehezen lehet számszerűsíteni. Ilyenek például a lejtőszögön kívül a felszín jellege és állapota, a növényzet, az avar. A völgyoldalon mozgó víz sebességének empirikus képlete a Korbély és Kenessey által ajánlott

$$v = 2\sin(\varphi^{0,6}),$$

ahol a  $v$  – a víz sebessége m/s-ban,  $\varphi$  – a lejtő hajlásszöge fokokban (V. Nagy I. 1975; Almássy E. 1977). A lefolyási sebesség és a lejtőhossz ismeretében meghatározható a terepfelületi lefolyás ideje.

A völgyoldalon való vízmozgás sebességének másik, a lehullott csapadék magasságát is figyelembe vevő tapasztalati képlete 0,10 m fűmagasságig (Stelczer K. 2000):

$$v = 1070P^{1,5}I^{1,16},$$

ahol a  $v$  – a víz sebessége m/s-ban,  $P$  – a csapadékmagasság méterben,  $I$  – a terep esése m/m-ben.

3. A vizsgált vízgyűjtő méreteit figyelembe véve a terepfelületi lefolyási idő részletes meghatározására és térképezésére nem volt módunk. Helyette a mederbe gyülekezés átlagos idejét határoztuk meg az egész vízgyűjtőre vonatkozóan. A lejtőn való vízmozgás sebessége (és ezáltal az ideje is) nagymértékben függ a lejtőszögtől. Terepi és térképi vizsgálataink, a szakirodalommal egybehangzóan, a Felső-Tisza vízgyűjtőjén a 20–30° közötti lejtőket találták uralkodónak. Ebből kiindulva a Korbély–Kenessey-képlet 0,21–0,27 m/s-os lefolyási sebességet szolgáltatott a völgyoldalon. A csapadékmagasságot is figyelembe vevő formula (Stelczer K. 2000) 5 mm csapadék esetén 0,12–0,20, 10 mm-nél 0,33–0,57 m/s-ot. További számításainkhoz a terepi megfigyelések által is leginkább igazolt 0,2 m/s-ot használtuk, ami 0,72 km/h-nak felel meg. A mederbe kerülési idő meghatározásához a terepfelületi vízmozgás sebességén kívül szükségünk volt az úthosszra is. Tekintettel arra, hogy az Északkeleti-Kárpátokban, így a kutatási területen is, a folyóhálózat átlagos sűrűsége 2 km/km<sup>2</sup>, joggal feltételezhetjük, hogy a terepre hullott csapadékvíz mederbe jutásig megtett útja többnyire nem haladja meg az egy kilométert. Vagyis a völgyoldalon mozgó víz többnyire szűk másfél óra alatt mederbe ér.

4. A lefolyás mederben végbemenő szakaszának idejét szintén a sebesség és az úthossz alapján számítottuk ki. A keresztaszelvényben az áramlás sebessége pontról pontra változik, ám számunkra elegendő a középsebesség ismerete. Ez alatt azt a sebességet értjük, amellyel a valószínűségi vízhozammal azonos vízhozam haladna át a szelvényen, ha annak minden pontját a középsebesség jellemezné. A mederben kialakuló középsebesség számítását a Chézy-képlet alábbi változata alapján végeztük:

$$v_k = C \sqrt{mI},$$

ahol  $m$  – az átlagos vízmélység (m),  $I$  – a vízfelszín esése,  $C$  – sebességi tényező, melynek értéke függ a meder érdességétől, alakjától és a vízszint esésétől.

#### *A hullámtér feltöltődése*

A hullámtéri feltöltődés két módszerrel lett vizsgálva.

1. Méréseket végeztünk szintezőkkal és összehasonlítottuk a töltéseken kívüli terület szintjét a hullámtér szintjével;

2. A hullámtér különböző részein üledékgyűjtők lettek kihelyezve a magasvizek által a vizsgált területre leülepedett hordalék mennyiségének és minőségének mérésére, amelyek egyenként 1 m<sup>2</sup>-es tényleges felszín reprezentáltak. Az üledékgyűjtők anyaga polietilén volt, amelyeket a négy sarkukon rögzítettünk. A mintaterületek úgy lettek kiválasztva, hogy két, viszonylag magasabban fekvő és két alacsonyabban fekvő rész legyen vizsgálva. A mintavételi területek a környékre jellemző mindegyik hullámtéri felszíninformát reprezentáltak (a kubikoktól a folyóhátakig).

#### *Esésgörbe számítása*

A Google Earths Internetes honlap segítségével számítottam ki a Tisza esésgörbéjét Fekete-Tisza forrásától a Tiszaújlaki Tisza-híd szelvényéig:

1. meghatároztam a Fekete-Tisza forrásának, a Fekete-Tisza és Fehér-Tisza egyesülési pontjának és Tiszaújlaki folyószelvénynek tszf. magasságát;

2. meghatároztam a folyó hosszát (a folyó melletti települések közötti szakaszokra bontva) a Fekete-Tisza forrásától a Tiszaújlaki Tisza-híd szelvényéig;

3. a kapott adatok és a Microsoft Excel táblázatkezelő program segítségével megszerkesztettem az ábrát.



A felsoroltakon kívül a használt kutatási módszerekhez tartoznak: a magyarországi és kárpátaljai könyvtárakban fellelhető szakirodalom feldolgozása, terepbejárások (fotók), amelyeket az erdőszűltség megállapításánál, a talajtakaró vizsgálatánál végeztem.

A Tisza bal oldali mellékfolyójának, a Borzsának torkolatvidékén, az 1998-as és 2001-es nagy árhullámok levonulása után, a hullámtéren visszamaradt iszapmintákat a terepbejárás során gyűjtöttem be, mindkét esetben ugyanarról a helyről.



## 3. A KUTATÁSI TERÜLET FÖLDRAJZI JELLEMZÉSE

### 3.1. Természetföldrajzi viszonyok

#### 3.1.1. Kárpátalja térbeli fekvése

Kárpátalja mint közigazgatási egység a XX. század elejéig nem létezett. A trianoni békeszerződés után jött létre hat északkelet-magyarországi (Ung, Bereg, Ugocsa, Máramaros, Szatmár és Szabolcs) vármegye részeiből és a szerződés értelmében Magyarországtól Csehszlovákiához került (Izsák T. 2001). A II. világháború előtt, 1939-ben újra Magyarország fennhatósága alá került a háború végéig, 1944 októberéig. Kárpátalja megye, mint a Szovjetunióhoz tartozó rész, 1946. január 22-én alakult meg. 1991. augusztus 24-től a független Ukrajna 24 közigazgatási megyéje közül az egyik.

Kárpátalja Ukrajna nyugati részén (*I. térkép*), az Északkeleti-Kárpátok<sup>1</sup> Verhovinai vízválasztó gerincétől délkeletre, a Kárpát-medence északkeleti részén, az északi szélesség  $47^{\circ} 53' 43''$  és  $49^{\circ} 05' 54''$  és a keleti hosszúság  $22^{\circ} 48' 29''$  és  $24^{\circ} 37' 38''$  között (Zasztavecka, O. et. al. 1996) helyezkedik el. Csaknem egyforma távolságra található az Északi-sarktól és az Egyenlítőtől. Az éghajlatára nagy hatással lévő Atlanti-óceántól csaknem 2 000 km távolságra fekszik. A legközelebbi tenger a Fekete-tenger közel 500 km-re található.

Domborzatilag a megye nyugat és délnyugat felől sík, nyitott, a légtömegek beáramlása csaknem zavartalan, a többi oldalán a Kárpátok határolják és ezzel akadályozzák a légtömegek vonulását. Területét két nagy természetföldrajzi egységre lehet felosztani: a Kárpátok hegyvidéki (a megye 80%-a) és a Kárpátaljai-alföld<sup>2</sup> síkvidéki (20%) területére.

---

<sup>1</sup> A Kárpátok Ukrajna területén húzódó részét az ukrán szakirodalomban Ukrán-Kárpátoknak, Északkeleti-Kárpátoknak vagy Erdős-Kárpátoknak is nevezik.

<sup>2</sup> Kárpátaljai-alföld – az ukrán szakirodalomban szereplő domborzati egység, az országhatár és a Vulkanikus-gerinc (Vihorlát-Gutini-gerinc) közötti terület (Ungi-sík, Beregi-síkság, Ugocsai-sík) (Cisz, P. 1962).

### 1. térkép. Kárpátalja elhelyezkedése Ukrajna területén



Forrás: Ukrajna térképe: [http://www.worldmapfinder.com/Map\\_Detail.php](http://www.worldmapfinder.com/Map_Detail.php).

Kárpátalja területe 12,8 ezer km<sup>2</sup> (Ukrajna területének 2,1%-a), amellyel az ország megyéi (24) között a 23. helyet foglalja el (Kárpátalja 2010). A Kárpátok Verhovinai vízválasztó gerincén<sup>3</sup> keresztül Kárpátalját Ukrajna más részeivel hágók kötik össze: az Uzsoki- (889 m), a Latorcai- (774 m), a Vereckei- (841 m), a Kisszolyvai- (Beszkid, 1014 m), a Toronyai- (Toruni, 930 m) és a Tatár-hágó (Jablunyciai, 931 m).

#### 3.1.2. Geológiai felépítés

Ukrajna nyugati részén, Kárpátalja, Lemberg (Lviv), Ivano-Frankivszk és Csernovci megyék területén helyezkedik el a Kárpátok hegyvidékének keleti része, az Ukrán-Kárpátok (Erdős-Kárpátok, Keleti-Kárpátok). Északnyugat–délkeleti kiterjedése, a Szjan folyótól a Szucsava folyóig 280 kilométer, legnagyobb szélessége meghaladja a 100 km-t. Területe több mint 24 ezer km<sup>2</sup> (Marinics, O. – Sicscsenko, P. 2003). Az

<sup>3</sup> Verhovinai vízválasztó gerinc – vízválasztó hegygerinc, amely elválasztja a Tisza vízgyűjtő medencéjét a Dnyeszter és a Prut vízgyűjtő medencéjétől.

északnyugat–délkeleti hegygerinceket hosszanti völgyek választják el egymástól. Tektonikai viszonylatban az Ukrán-Kárpátok a Kárpátok-hegyvidék és alpi gyűrt takarószerkezetének része. A jura (mezozoikum) időben a Kárpátok helyén geosinklinális létezett, amelyen fokozatosan szárazföld, alacsony hegyvidék (oligocén–pliocén) képződött, majd a negyedidőszak alatt kialakult a jelenlegi középmagas hegységi domborzat. Délnyugati részén a késő miocénben vulkanikus gerinc fejlődött ki (Cisz, P. 1962). Geológiai felépítésére a kréta–paleogén flis jellemző, amely főleg agyagos palából, márgából, homokkőből tevődik össze (Marinics, O. – Siscsenko, P. 2003). Tektonikai szerkezete alapján, az Ukrán-Kárpátokat három fő övre lehet osztani: belső antiklinális, központi szinklinális, külső antiklinális (a megyétől észak-északkeletre) (Cisz, P. 1962).

A belső antiklinális öv a gyűrt hegyvidéki terület fő szerkezeti tengelye, amely vastag (4000–7000 m) krétai és paleogén flistakaróból áll. Ez a takaró egy sor hosszanti gyűrődésből áll. Ehhez az övhöz tartozik a sziklás domborzatú (Máramarosi) kristályos mag és Kárpátalja két jura mészkősávja.

A Rahói-masszívumot alkotó kristályos kőzetek metamorfizálódott üledékek: gneisz, csillámos és kvarcitos pala, márványszerű mészkő, amelyek keletkezését egyesek a kora-paleozoikumhoz, mások a prekambriumhoz sorolják. A Rahói-masszívum határain belül megkülönböztetnek különálló antiklinális és szinklinális szerkezeteket. A masszívum üledékes takarója két szerkezeti emeletből áll: kora triász és jura, illetve kréta és paleogén keletkezésű flis.

A belső antiklinális övben található az Ukrán-Kárpátok és Kárpátalja legmagasabb hegyvidéki része. Ide tartozik a Poloninai-gerinc (Havasok-gerince), a Fagyalos (Szvidovec), a Csornohorai-masszívum. A tengerszint feletti magasság északnyugat–délkeleti irányban növekedik és a legmagasabb pontján (Hoverla<sup>4</sup>) eléri a 2 061 m-t. Délnyugati részén helyezkedik el az ősi, kristályos kőzetekből álló Rahói-masszívum.

A homokköves flistakaró és a kristályos kőzetek jól ellenállnak a denudációs folyamatoknak, ezért megőrizték az ősi domborzat maradványait és a pleisztocén eljegesedés nyomait.

---

<sup>4</sup> Hoverla – magyar nevén Hóvár, Ukrajna legmagasabb hegycsúcsa.

A belső- és külső-antiklinális övek között helyezkedik el a központi-szinklinális öv, amelynek szerkezetében a főszerepet a 2 000–2 500 méter vastag paleogén flistakaró játssza. A központi-szinklinális övben alacsony hegységi<sup>5</sup> domborzat terjedt el. Az öv kárpátaljai részén található a Volóci-Verhovina, a Verhovinai vízvázalasztó gerinc, a Jaszinyai(Körösmezői)-medence.

Kárpátalja tektonikai alapja az Ukrán-Kárpátok gyűrt takarószerkezetének délnyugati részét és a Kárpátaljai-süllyedéket foglalja el. Ez utóbbi neogén molasszal töltődött fel. A hegyvidék belső felépítésének kialakulásában nagy jelentősége volt a kréta-paleogén flis takarónak is. A hegyvidék és a Kárpátaljai-süllyedék határán húzódó mélységi törésvonallal vannak kapcsolatban a vulkanikus gerinc effuzív és intruzív közei. A Tisza és a Latorca völgyét negyedidőszaki üledéktakaró fedi. A hegyvidéken eluviális<sup>6</sup> és deluviális képződmények vékony rétege található, helyenként alluviális teraszokkal szabdalva (Cisz, P., 1962).

A Kárpátok belső antiklinális övének délnyugati része törésekkel szabdalt és megsüllyedt a neogén Kárpátaljai-süllyedék területén. Tektonikus törések hozták létre az itt található effúzívokat, amely a domborzatban a Vihorlát-Gutini-gerincnek felel meg.

Az Aknaszlatinai- és Csap-Munkácsi-mélyedéseket neogén üledékek töltik ki, többek között konyhasó és vulkanikus tufarétegekkel. Az Aknaszlatinai-mélyedést kora- és közép-miocén, nyugaton és délnyugaton pedig, a Vulkanikus-gerinc lábánál szarmata és pannon üledékek találhatóak. Déli részére jellemző a molassz<sup>7</sup> teljes rétegződése, de északon a rétegződésből hiányzik az alsó molasszréteg. Az antiklinálisokat sóboltozat szerkezetek bonyolítják. Az Aknaszlatinai-mélyedés felszínének orográfiailag a Felső-Tiszai-síkság (Aknaszlatinai- vagy Máramarosi-medence) felel meg (Cisz, P., 1962).

A Csap-Munkácsi-mélyedés vastag neogén molasszrétegekkel töltődött fel, amelyeket negyedidőszaki üledékek fednek. Északi részén brachiantiklinális (dómszerkezet) gyűrődéseket tártak fel. Közöttük, a Beregkisalmási (Zaluzsja) brachiantiklinális több blokkra darabolódott fel. Egyes elképzelések szerint a gyűrődés sóboltozat is lehet. A szarmata üle-

<sup>5</sup> Alacsony-hegység – átlagos abszolút magassága 400–600 m (Gönczy S. – Szalai K., 2004).

<sup>6</sup> Ellúvium – a kőzetek mállásának eredménye, amely a keletkezés helyén marad (Izsák T. 2004).

<sup>7</sup> Molassz – a hegységképződés folytán kiemelt közettömegek intenzív lepusztulásakor keletkező üledék, amely a tengerrel borított vagy szárazulati előtereken rakódik le (Gönczy S., 2004).

dékek felhalmozódási szintje alapján lehetséges a Beregszászi-antiklinális kiemelkedés létezése, amelyet a Beregkisalmásitól szinklinális választ el. Más elgondolás szerint a Beregszász és Mezőkaszony közötti kiemelkedés sasbérc jelleggel bír (Cisz, P., 1962). A beregszászi övben, a torton és szarmata törésekkel kapcsolatban van a vulkanikus hamu leülepedése és a kőzetek kiömlése. A Csap–Beregszász vonalon törésvonal húzódik, amely elválasztja a kárpátaljai mélyedéseket a Magyar-mélyedéstől, amelynek intenzív süllyedése később, a pontusz és pliocén időkben kezdődött. Az említett törésvonalhoz kapcsolódik a Beregszászi-dombvidék.

Többnyire vulkanikus (andezitek, bazaltok, tufák) képződmények alkotják a Vihorlát–Gutini-gerincet. A vulkanikus kiömléseket a mélységi töréssel hozzák kapcsolatba, amely a Kárpátok kiemelkedése és a Kárpátaljai-süllyedék határvonalán jött létre. Más elképzelés szerint több törésvonal is lehetséges, amelyek törések rendszerét alkotják és ezzel is bonyolítják a Kárpátaljai-süllyedék szerkezetét. A vulkanikus gerinc Borló-hát–Tupoj–Avas része választja el az Aknaszlatinai-mélyedést a Csap-Munkácsi-mélyedéstől. Domborzatilag a Csap-Munkácsi-mélyedésnek a Kárpátaljai-alföld felel meg (Cisz, P. 1962).

### 3.1.3. Domborzati viszonyok

Az Ukrán-Kárpátok a jelenkori geomorfológiai állapotát neotektonikus mozgások és denudációs folyamatok hatására érte el, amelyek után folyóvölgyek, kiegyenlített felszínek, eróziós és karsztformák jöttek létre.

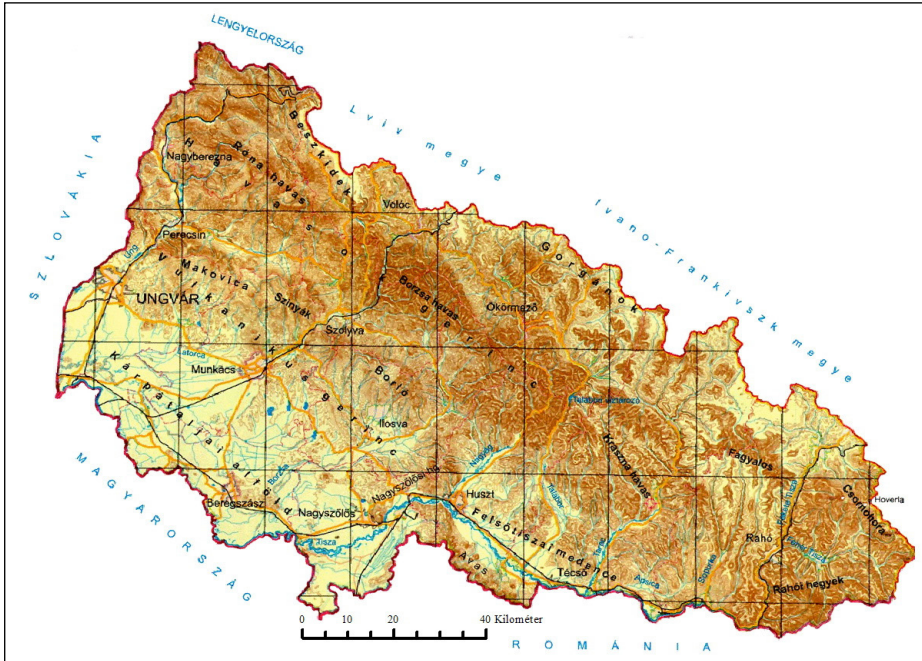
A pleisztocénben a legmagasabb hegyvidéki masszívumokon (Rahói-hegyek, Csornohora, Poloninai-hegygerinc) gleccserek jöttek létre. Itt glaciális maradványformák maradtak fenn: tómedvényedések, morénasáncok, üledékkúpok stb.

Az Ukrán-Kárpátok geomorfológiai felépítésében jelentős szerepet játszanak a jelenkori és az ősi folyóvölgyek – az utóbbiak jelentős szélességgel és hosszal rendelkeztek. A jelenkori völgyek esetében 7-8 lépcsős teraszokat különböztetnek meg, amelyek a vízszinttől 200–220 m magasra emelkednek ki (Marinics, O. – Siscsenko, P. 2003).

A megye területének csaknem 80%-át középmagas<sup>8</sup> és alacsony hegyvidéki domborzat foglalja el (2. térkép). Síkvidéki domborzattal a Kárpátaljai-alföld bír. A hegygerincek elhelyezkedési iránya északnyugat–délkeleti.

<sup>8</sup> Középmagas-hegység – átlagos abszolút magassága 600–1500 m (Gönczy S. – Szalai K., 2004).

## 2. térkép. Kárpátalja domborzati egységei



*Forrás: Vavilin, A. 2005. Saját szerkesztés.*

Északkeleten, ahol Kárpátalja határos Lemberg (Lviv) és Ivano-Frankivszk megyével, ott található a Verhovinai vízváltó gerinc (1000–1700 m), délebbre a Polonina-gerinc<sup>9</sup>. A Polonina-gerinc több masszívumra (havasokra) tagolódik: Róna-havas<sup>10</sup> (1000–1400 m), Borzsa-havas (Polonina–Borzsa, 1200–1600 m), Kraszna-havas (Polonina–Kraszna, 1200–1500 m), Fagyalos (Szvidovec, 1500–1800 m), Csornohorai-masszívum (1400–2000 m) és a Rahói-hegyek (1700–1900 m). Délkeleten húzódik a Vulkanikus-, vagy Vihorlát-Gutini-gerinc (900–1000 m), amelyet folyóvölgyek tagolnak különálló részekre: Makovica (500–900 m), Szilyák (700–1000 m), Borlós-hát (800–1000 m), Nagyszőlős-hegység (600–800 m) és az ukrán–román határ mentén az Avas (600–800 m). Az Ukrán-Kárpátok jellegzetes közepmagasságú hegyvidék, amely lekerekített hegytetőkkel, lejtős hegyoldalakkal rendelkezik.

<sup>9</sup> Polonina-gerinc – Havasok-gerince.

<sup>10</sup> Róna-havas – Polonina-Rivne, vagy Polonina-Runa.



A Verhovinai vízválasztó gerinc természetes vízválasztó a Dnyeszter, Prut, Szeret (északon és keleten) és a Tisza (délnyugaton) vízgyűjtő medencéi között.

Kárpátalja délnyugati részén, a Közép-Dunai-alföld északkeleti részén helyezkedik el a Kárpátaljai-alföld (Ung-Beregi-síkság). Északi határát a Vihorlát-Gutini vulkanikus gerinc alkotja, déli és nyugati határát a Tisza. Kelet–nyugati kiterjedése 80–90 km, szélessége 22–35 km. Átlagos, tengerszint fölötti magassága 100–120 méter között ingadozik. Déli részén emelkedik ki a síkvidékből a Beregszászi-dombvidék (legmagasabb pontja a Nagy-hegy, 365 m). Az alföld felszíne sík, kissé dőlt délnyugati irányban, amelyet a folyók (Tisza, Latorca, Ung) folyásiránya is mutat. Középső részén található a XIX. században csaknem teljesen lecsapolt Szernye-mocsár.

#### 3.1.4. Az éghajlat

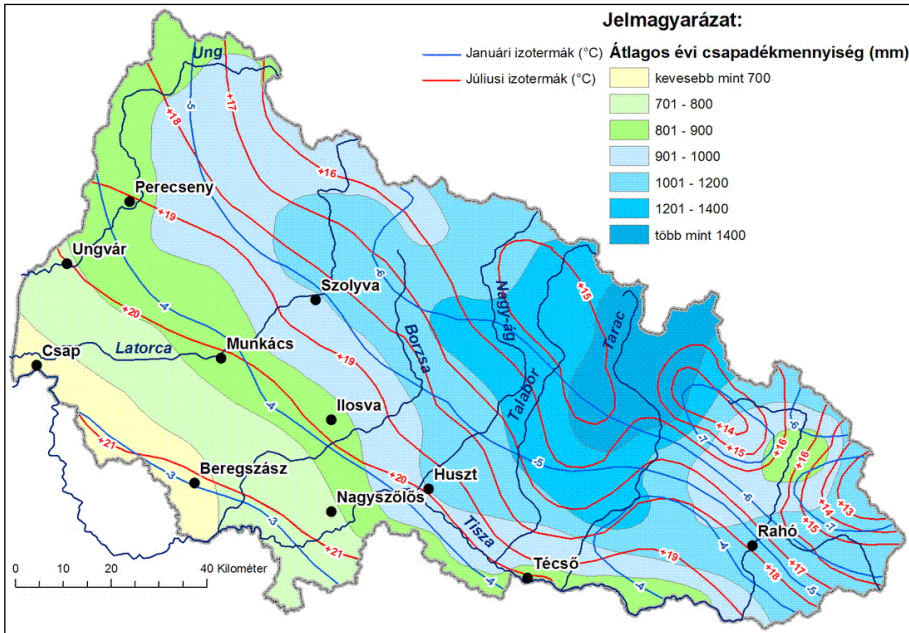
Kárpátalja éghajlata nedves kontinentális. A megye felszínét érő globális sugárzás évi mennyisége 48 kcal/cm<sup>2</sup>. Kárpátalja éghajlatára hatással vannak a mérsékelt övi óceáni és kontinentális légtömegek, kisebb mértékben a trópusi és arktikus légtömegek. Az uralkodó szélirány délkelet–északnyugati, azonban a hegyvidéken a szélirány követi a hegygerincek és hegyközi völgyek irányát, amely a légközrés sajátos hegy-völgyi jellegét alakította ki. Az éghajlat kialakulásában különösen nagy jelentősége van a Kárpátoknak, amelynek köszönhetően gyengül a szibériai és erősödik az azori anticiklon hatása. A hegygerincek akadályozzák a hideg, arktikus légtömegek betörését a Kárpát-medencébe, növelik a konvekciós<sup>11</sup> légmozgást, és ezzel heves esőket okoznak, amelyek árvizek és a hegyoldalakról lezúduló csuszamlások, kő- és sárlavinák előidézői.

A változatos domborzat változatos hőmérsékleti eloszlást eredményez. Jelentős hőmérsékleti eltérés fedezhető fel a hegyvidék és a síkvidék között. A hegyvidéken a januári középhőmérséklet  $-8 - -6$  °C, a síkvidéken  $-2$  –  $-4$  °C, a júliusi a hegyvidéken  $+14 - 16$  °C, a síkvidéken  $+20 - 21$  °C (*lásd! a 3. térképet*). A legalacsonyabb hőmérséklettel rendelkező település Kárpátalján Alsóhidegpatak (Nizsnyij Sztudenyij,  $-36$  °C) (Zasztavnij, F. 2004), a legmagasabb hőmérsékletű Beregszász ( $+38,5$  °C) (Izsák T. 2011/a).

<sup>11</sup> Konvekció – hőáramlás az eltérő hőmérsékletű lég- vagy víztömegeknél, amely függőleges helycseréhez vezet (Izsák T. 2004).

Kárpátalja keleti része (Máramarosi-medence) a Kárpát-medence egyik legcsapadékosabb része (Bulla B. – Mendöl T. 1947). A domborzat emelkedésével növekedik a csapadék mennyisége és intenzitása. A Csap–Beregszász vonaltól északkeleti irányban növekedik az átlagos csapadékmennyiség 600–700 mm-ről 1 400–1 500 mm-re. A legcsapadékosabb hely Kárpátalján Oroszmokra (Ruszka Mokra) 1 499 mm-rel (Pap, Sz. 2003).

### 3. térkép. Kárpátalja éghajlata



*Forrás: Kárpátalja atlasza, 1991. Saját szerkesztés.*

A csapadék nagy része a síkvidéken eső, a hegyvidéken hó formájában hullik. Összefüggő hótakaró november közepén (hegyvidék), december végén (síkvidék) alakul ki, amely többnyire március (síkvidék), április (hegyvidék) elejére olvad el.

#### 3.1.5. Vízirajzi adottságok

Kárpátalján a lehulló csapadékmennyiség és a domborzat változékonysága a folyók sűrű hálózatának kialakulását segítette elő. A megye területén közel 9 429 folyó található, amelyek között 152 folyó hossza meghaladja a 10 km-t, négy folyóé (Tisza, Latorca, Ung és Borzsa) a 100

km-t. A folyóhálózat sűrűsége 1,7 km/km<sup>2</sup> (a síkvidéken 1,3 km/km<sup>2</sup>, a hegyvidéken 2 km/km<sup>2</sup>) (Herencsuk, K. 1981).

Döntő többségben, a megye folyóhálózata a Tisza vízgyűjtő medencéjének jobbparti részéhez tartozik. A folyók jelentős része a Kárpátok hegyvidéki részén ered és folyásirányuk északkelet–dél nyugati. Táplálásuk többnyire esővíz (40%), olvadó hóé (30%) és felszín alatti víz (30%). A fajlagos lefolyás<sup>12</sup> sokévi átlaga 19,8 l/s·km<sup>2</sup>. Az árvízi időszak alatt (március–május) alakul ki az évi lefolyás 55–70%-a (Herencsuk, K. 1981).

1. táblázat. Kárpátalja vízkészletei és vízháztartása

	Területe (km <sup>2</sup> )	Éves lefolyás (km <sup>3</sup> )	A vízháztartási mérleg <sup>13</sup> elemei						
			Csapadék (km <sup>3</sup> /mm)	Éves lefolyás		Párolgás	Elszivárgás	A lefolyási koefficiens	
				Felszíni (km <sup>3</sup> /mm)	Felszín alatti (km <sup>3</sup> /mm)			Összesen	Felszíni
Kárpátalja	12 800	8,0	12,0/939	6,23/487	1,77/138	4,0/314	0,48	0,67	0,52

Forrás: Paszternák, P. – Prihogyko, M. 1988. Saját szerkesztés.

A kárpátaljai folyók lefolyása nagymértékben változik az év folyamán. Jellemző a gyakori vízszintingadozás, a tavaszi árhullám és a nyár eleji zöldár, amelyet az olvadó hó és eső idéz elő. A nyári időszakban előforduló gyakori heves esők kisebb-nagyobb árhullámokat (8–10) hoznak létre. Gyakran előfordulnak árhullámok a mediterrán éghajlat hatására, az őszi–téli időszakban (Martonné Erdős K. 1997). A hegyvidék és a hegyoldalak domborzati egyenlőtlensége elősegíti a víz rohamos emelkedését a folyókban és gyors apadását, vagyis a magas vízállás ritkán tart tovább 4–8 napnál. Alacsony vízállás csak hosszú idejű esőmentes vagy alacsony, < 0°C hőmérsékletű időszak idején alakul ki. A csapadék évi mennyisége eléri a 12 km<sup>3</sup>-t (lásd! 1. táblázat), amelyből a felszíni lefolyás 6,23 km<sup>3</sup>. Hidegebb teleken a folyókon november

<sup>12</sup> Fajlagos lefolyás – egységnyi területről, egységnyi idő alatt lefolyó vízmennyiség.

<sup>13</sup> Vízháztartási mérleg – egy adott terület érkező és távozó vizeinek, illetve az ott tárolt vízkészlet változásának összhangja egy adott időszak alatt (Stelczer K. 2000).

végén, december elején jégtakaró képződik, amely februárig–márciusig is megmaradhat. Esetenként a zajló folyón jégtorlasz is kialakulhat, amely a vízszint emelkedéséhez vezet.

A legfontosabb folyók vízháztartási mérlege látható a 2. táblázatban. Az éves csapadékmennyiség átlaga 950–1000 mm között változik, amelynek jelentős része elpárolog (átlagosan 416 mm), egy része pedig a helyi lefolyásban vesz részt (557 mm) (Paszternák, P. – Prihogyko, M. 1988). A lefolyás jelentős része a felszíni lefolyás (450 mm).

Kárpátalja folyói évente 1,8 millió tonna hordalékot szállítanak, amelynek mennyisége az árvizek idején nagymértékben megnő. A folyóvíz hordaléktöménysége<sup>14</sup> 60–550 g/m<sup>3</sup> között változik (Herencsuk, K. 1981).

2. táblázat. Kárpátalja fő folyóinak vízháztartási mérlege

Folyó	A vízgyűjtő területe (km <sup>2</sup> )	A vízháztartási mérleg elemei							
		Csapadék	Éves lefolyás			Párolgás	Elszivárgás	A lefolyási koefficiens	
			Összesen	Felszíni	Felszín alatti			Összesen	Felszíni
<b>Tisza</b> – Újlaknál	9 140	980	685	521	164	295	459	0,70	0,50
<b>Latorca</b> – államhatár	3 003	960	430	365	65	530	595	0,45	0,38
<b>Ung</b> – államhatár	2 000	1 000	448	376	72	552	674	0,45	0,37
<b>Borzsa</b> – torkolat	1 360	950	664	537	127	286	413	0,70	0,47

Forrás: Paszternák, P. – Prihogyko, M. 1988. Saját szerkesztés.

A Tisza a múltban a hordalékát lerakta és hatalmas hordalékkúpokat alakított ki, amelyek között a legnagyobb alapterületű (kb. 200 km<sup>2</sup>) Kárpátalján a Huszti-kaputól<sup>15</sup> a Szernye-mocsárig<sup>16</sup> húzódik (Láng S. 1942;

<sup>14</sup> Hordaléktöménység – vízfolyások által szállított hordalék hozamának és a vízhozamnak hányadosa (STELCZER K. 2000).

<sup>15</sup> Huszti-kapu – az Avas- és a Nagyszőlősi-hegycsoport áttörése a Tisza által.

<sup>16</sup> Szernye-mocsár – a Tisza szabályozásig Kárpátalja legnagyobb területű mocsara a Latorca és a Borzsa folyók között.

Radvánszky B. – Izsák T. 2006). A megye hegyvidéki részén a csapadékos időszakokban, a folyóvölgyek meredek hegyoldalain lezúduló víz gyakran kő- és sárlavinát idéz elő, amelyek kialakulását elősegítik a hegyoldalakon kiirtott erdők helyén keletkezett degradált, elvékonyodott talajok.

A megye legnagyobb folyója a Tisza, a Duna bal parti mellékfolyója. A Tisza Rahónál kezdődik a Fekete- és a Fehér-Tisza egyesülésénél. Hossza a megye területén 201 km. Kárpátalja egész területe a Tisza vízgyűjtőjéhez tartozik. A folyó nagy része határvonalat alkot Ukrajna és a szomszédos államok (Románia és Magyarország) között. Nagybocksóig (Velikij Bicskiv) a folyó hegyvidéki (felsőszakasz) jellegű, ettől kezdve síkvidéki (középszakasz) jelleget ölt. Legnagyobb kárpátaljai (jobbparti) mellékfolyói (lásd! 1. ábra): a Tarac (Tereszva, 56 km), a Talabor (Tereblya, 91 km), a Nagyág (Rika, 92 km), a Borzsa (Borzava, Borsa, 106 km), a Latorca (Latorica, 144 km), az Ung (Uzs, 107 km).

1. ábra. A Felső-Tisza vízgyűjtőjének vízrajzi térképrészlete



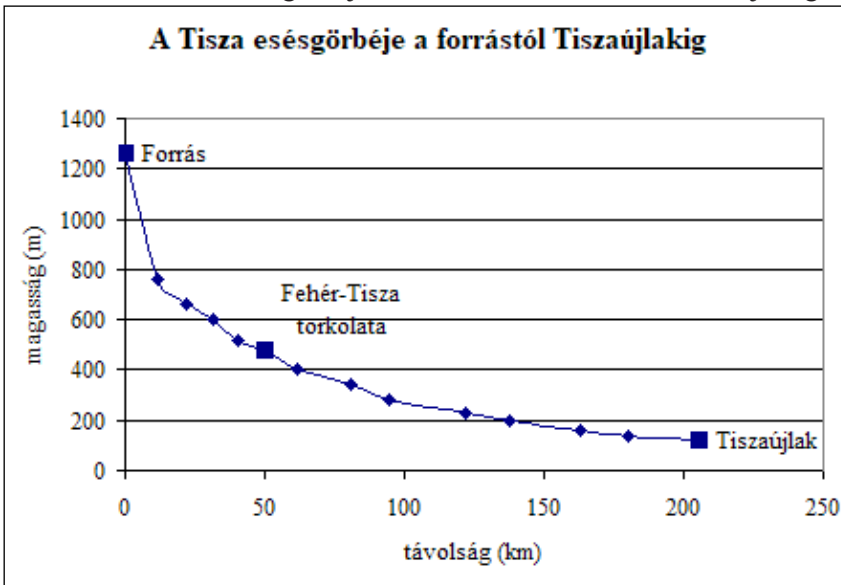
Forrás: Lászlóffy W. 1982; Nagy B. et al. 2002.

A Tisza vízhozama nagyon változó. Kisvízkor<sup>17</sup> mindössze 30 m<sup>3</sup>/s, árvizek idején viszont meghaladhatja a 3000 m<sup>3</sup>/s-ot is (Molnár J. 2009; Lászlóffy W. 1982). A nagy vízhozam ingadozásnak az okai lehetnek, hogy a Tisza forrásvidéke a vízgyűjtő területének egyik legcsapadékosabb része, a beletorkolló mellékfolyók árvizei egymásra halmozódhatnak (Martonné Erdős K. 1997).

Esésviszonyai a következőképpen alakulnak: Rahótól, a Fehér- és Fekete-Tisza egyesülésétől a Visó torkolatáig 6,33‰, a Visó torkolatától a Talabor torkolatáig 2,28‰, innen Tiszaújlakig 1‰, ez alatt 1‰ alatti (Mike K. 1991). A Google Earth internetes weboldal (www.googleearth.com) alapján meghatározott esése a Fekete-Tisza forrása és a tiszaújlaki híd között (1260 m forrás és 115 m Tiszaújlaknál) 1 145 m (lásd! 2. ábra).

A felszíni vizekhez tartoznak a tavak és a víztározók, amelyekben a megye nem bővelkedik. Területén 137 állandó jellegű tó található (Zasztavecka, O. et. al. 1996), de csak öt tó területe haladja meg az egy hektárt: Szinevéri, Apsineci, Herasaszka, Színye.

2. ábra. A Tisza esésgörbéje a Fekete-Tisza forrásától Tiszaújlakig



Forrás: Nagy B. et al. 2002.

<sup>17</sup> Kisvíz – alacsony vízállás a folyón (Izsák T. 2004).

Mocsaras vagy elláposodott területek főleg Kárpátalja síkvidéki részén találhatóak és a megye területének mindössze 0,1%-át foglalják el (Kárpátalja 2008). Említést érdemelnek: a Fekete-láp (oligotróf mocsár a Buzsora-hegyen), a Szernye-mocsár, a Fagyalos (Szvidovec) és a Csornohorai-masszívum kisebb elmocsarasodott területei.

Kárpátalja bőséges felszín alatti vízkészletekkel rendelkezik, amelyek között különösen nagy jelentősége van az ásványvíznek. A megyében több mint 360 ásványvízforrás ismert, amelyből 39 tartozik az országos jelentőségűek közé (Ukrajna ásványvízforrásainak 19%-a).

A Tisza Kárpátalján elterülő vízgyűjtője az árvizek kialakulásának szempontjából speciális helyzetben van, mert a hegységrendszer délnyugati előterében terjedelmes holocén kori medence terül el. Ennek következtében a Máramarosi-havasok átlagosan 1 000–1 500 m tszf. magasságú domborzati „gátat” jelentenek a délnyugat felől áramló, nagy nedvességtartalmú légtömegek előtt. Ennek következtében a gyakori mediterrán ciklonok meleg frontjai (meleg szállító szalag) álló (stacionárius) frontokká alakulnak, és így időegység (pl.: egy nap) alatt a hegységrendszer délnyugati részére, azaz a Tisza vízgyűjtőjére az átlagosnál több csapadék hullik. Amint a továbbiakban igazolódik: ez az egyik legfontosabb oka a nagy árhullámoknak.

### 3.1.6. Talajadottságok

Kárpátalján 29 talajtípust különböztetnek meg (Németh T. et al. 2003), amelyeket fizikai és kémiai jellegzetességeik alapján további alcsoportokra lehet bontani. A talajtípusok között nagy különbség fedezhető fel a hegyvidéki és síkvidéki között. Az előbbi talajtípusok viszonylag fiatalok, vékonyak és az ember gazdasági tevékenysége elősegíti erodálásukat. Az utóbbi talajok az ősi és jelenkori folyóhordalékokon fejlődtek ki. A talajvíz közelsége a felszínhez a glejesedést, az erdőterületek a podzolosodást idéznek elő. A legelterjedtebb talajtípusok közé a barna hegyvidéki erdei talaj, a barna podzolos talaj, a hegyvidéki barna réti talaj és a podzolosodott glejes gyeptalaj tartozik (Herencsuk, K. 1981).

Barna hegyvidéki erdei talajok (*lásd! 4. térkép*) a Kárpátokban a hegyi kőzetek erodálásának maradványain keletkeztek, enyhén nedves éghajlati feltételek mellett bükkös és lucfenyőerdők alatt. A talajok kaviccsosak, gazdagok az alumínium és a vas mozgó formáiban. A Kárpátok barna talajai savanyúak, mert a talajképző kőzetek karbonátmentesek, humusztartalmuk 3–5% (Zasztavecka, O. et al. 1996).

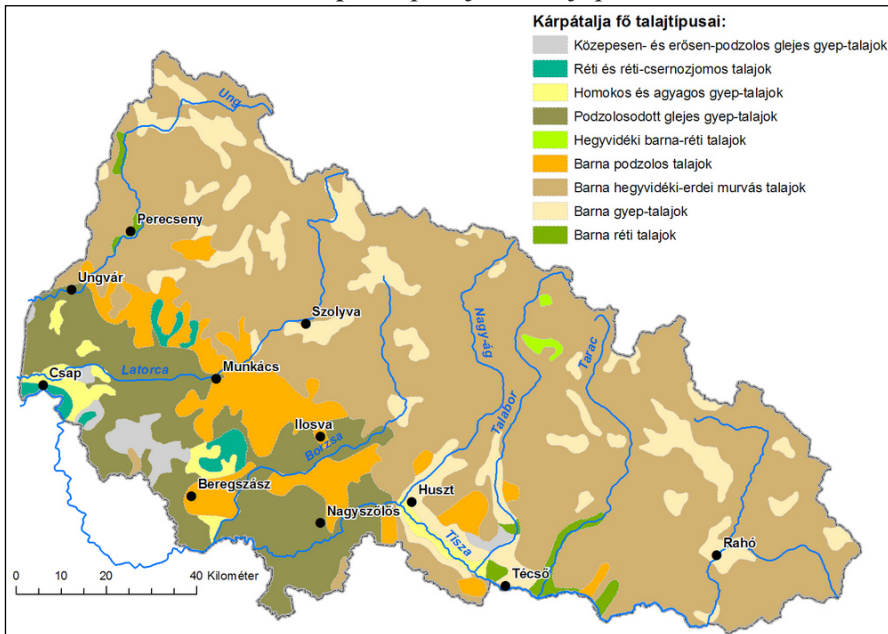
Barna podzolos talajok az ősi alluviális üledékeken keletkeztek a Kárpátaljai-alföldön, tölgyerdők alatt. A talajok savasak, alumíniumban gazdagok, fizikai tulajdonságaik kedvezőtlenek. Humusztartalmuk a felső szinten 4–5%.

Barna podzolos talajok a Kárpátok délnyugati előhegységeiben terjedtek el. A talajtípus hasonlít a podzolos talajra. A rozsdabarna podzolos talajok erősen savasak (pH 3,8–4,8), humusztartalmuk 2–3%. A barna erdőtalajok természetes termékenysége alacsony. A Kárpátokban kevés területet szántottak fel, a talajtípus nagy része erdők alatt található.

Hegyvidéki barna réti talajok az Ukrán-Kárpátok magaslatain és erdőmentes hegygerincein terjedtek el. Ezek a talajtípusok füves területeken magas nedvességtartalom mellett jöttek létre. A Kárpátokban a hegyvidéki réti talajok savasak, tőzeges rétegük 10–15 cm.

Podzolosodott glejes gyeptalajok a Kárpátaljai-alföldön terjedtek el nedves réti növényzet alatt, az ősi tavi és folyami üledékeken. Ezek a talajok nagyon savasak, fizikai tulajdonságaik rendkívül kedvezőtlenek. Humusztartalmuk 3,5–4%. Többnyire takarmánynövények termesztésére használják.

#### 4. térkép. Kárpátalja fő talajtípusai



Forrás: Kárpátalja atlasza, 1991. Szerkesztette: Molnár D. I. – Izsák T.

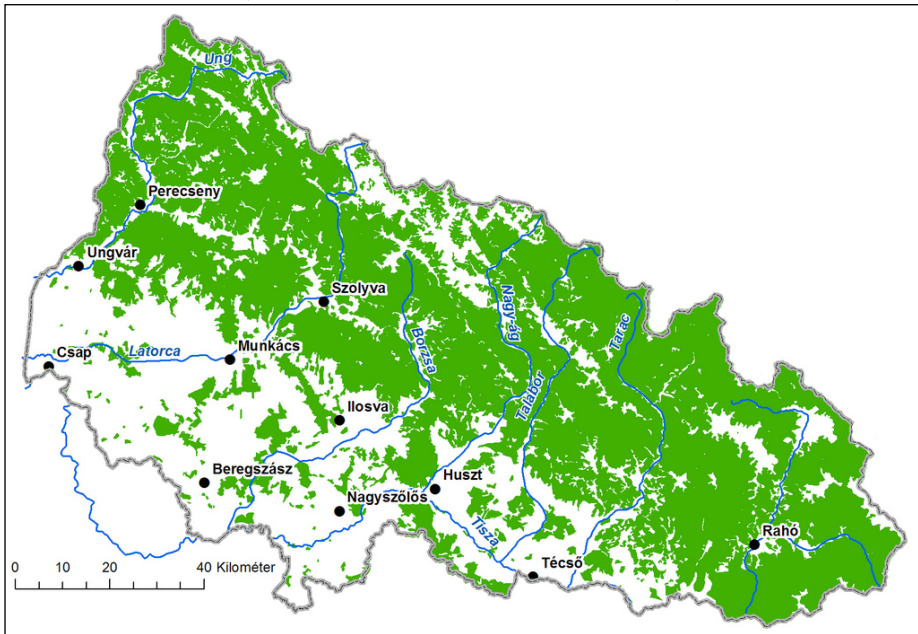


### 3.1.7. Növényzet, természetvédelemi területek

Kárpátalja változatos növényvilággal rendelkezik. A megye az európai lomblevelű övezet közép-európai tartomány kárpáti alegységének része (Herencsuk, K. 1981). Területén 2,6 ezer felsőrendű növényfaj, 650 moha- és 860 zuzmófaj található. A hegy- és síkvidéki növénytársulások eltérnek egymástól. A természetes növénytakaró, az ember gazdasági tevékenységének következtében jelentős változásokon ment keresztül, főleg a síkvidéken és az alacsony hegységi övezetben. A jelenlegi növényzet alapján a síkvidéki részt már az erdőssztyeppi tartományhoz lehet sorolni.

Kárpátalja legnagyobb növényteni értéke az erdő, amelynek területe (5. térkép) az 1970-es évektől kezdve folyamatosan növekszik, területe ma már meghaladja a megye területének felét (56,8%) (Kárpátalja 2010). A síkvidéken az erdősültség mértéke 10% alatti.

5. térkép. Kárpátalja erdővel borított területei  
(zöld szín – erdővel borított területek)



*Forrás: Kárpátalja atlasza, 1991. Szerkesztette: Molnár D. I.*

A hegyvidéken megfigyelhető a növényzet magassági övezetessége. Az előhegységi övezetben, amely 500 m tszf.-i magasságig húzódik, tölgyesek, gyertyánosok, bükkösök, rezgőnyár-égeres erdők terjedtek el.

Az alacsony hegységi övezet különböző megvilágítású (expozíciójú) lejtőin 500–700 m tszf.-i 1 000–1 200 méterig (sőt 1 350–1 450 m-ig) a magas törzsű bükkösök, lucfenyves-bükkösök, gyertyános-bükkösök és tölgyes-bükkösök vannak többségben (Zasztavecka, O. et. al. 1996). A lucfenyves övezetben, amelynek felső határa eléri az 1 350–1 500 métert, találhatóunk tiszta fenyveseket és bükkös-fenyveseket. A Csornohorai- és Rahói-hegyek lejtőinek felső részét csak lucfenyőből álló erdők borítják. A szubalpesi övezetben 1 600–1 800 m-es tszf.-i magasságban borókafenyves, zöld égeres bokrok terjedtek el, rododendronnal, réti fű- és gyeptakaróval, helyenként foltokban luc- és jegenyefenyves erdők. Az alpesi övezethez sorolják a 1 800 m tszf.-i magasságon felül füves és bokros társulásokat, amelyek foltokban terjedtek el a hegyvidék magassalain (Zasztavecka, O. et. al. 1996).

Kárpátalja területén csaknem 200 növény tartozik a fokozottan védettek közé, amelyek Ukrajna Vörös Könyvében is szerepelnek (Saparenko, O. – Saparenko, Sz. 2002).

Jelentős változások történtek az Ukrán-Kárpátok természet- és élővilágában a II. világháború utáni évektől kezdődően, amikor elkezdődött a hegyvidéki területeken az őshonos, értékes fafajták nagyipari kitermelése (Izsák T. 2009/a), amely a Kárpátok erdősültségét több mint 30%-kal csökkentette. A nagyméretű erdőkitermelést az ország háború utáni újjáépítésével magyarázták.

A Csornohorai és az Uglyai Erdős Rezervátumok alapjain 1968-ban létesítették a Kárpáti Természetvédelmi Területet 12,6 ezer hektáron, amelyhez 1979-ben csatolták a Nárciszok Völgyét, 1980-ban a Széleslonkai (Sirokoluzsánszki) Rezervátumot, 1990-ben a Radomir, Fehér Patak, Kuzij Rezervátumokat. 1997-ben a Természetvédelmi Területet átalakították Kárpáti Bioszféra Rezervátummá.

Az első nemzeti parkot Kárpátalján 1989-ben hozták létre (Maca, N. 2001) több, mint 40 ezer hektáron (Szinevéri Nemzeti Park), amelyhez több rezervátumot és természeti emléket csatoltak: Kamjanka, Szinevéri-tó stb.

Jelenleg a megye területén egy bioszféra-rezervátum, két nemzeti park található 133,5 ezer hektáros összterülettel (3. táblázat). Ezenkívül 49 rezervátum (állami és helyi jelentőségű), 8 védett kistáj, több mint 100 természeti emlék és 44 kultúrparkot hoztak létre.

**3. táblázat.** Nemzeti parkok és védett bioszféra szám és területe Kárpátalján

	1990	1995	2000	2005	2009
<b>Nemzeti parkok és védett bioszféra (db)</b>	2	2	3	3	3
<b>Területük (ezer ha)</b>	60,3	60,3	113,2	133,5	133,5

*Forrás: Kárpátalja 2005, 2009. Szerkesztette: Izsák T.*

### 3.2. Gazdaságföldrajzi viszonyok

Kárpátalja – egyike Ukrajna 27 közigazgatási egységének – az ország nyugati részén helyezkedik el, Európa közepén. Távolsága a fővárostól és földrajzi fekvése (az Ukrán-Kárpátok hegyvonulatai választják el az ország többi részétől), az ásványkincsek és a természeti sajátosságok változatossága, a gazdasági fejlődés történelmi és tradicionális aspektusai meghatározták a vidék gazdasági életét és fejlődését.

A rendszerváltás utáni években, a gazdaságban végbemenő negatív folyamatok (a gazdasági kapcsolatok felbomlása, iparvállalatok csődje, a termelés átszervezése, a piacgazdaságra való áttérés, privatizáció stb.) a gazdasági szerkezet változását hozták magukkal. Sokan veszítették el munkahelyüket és külföldön kerestek munkát.

**4. táblázat.** Kárpátalja által elfoglalt hely Ukrajna megyei között

	2001	2005	2007	2009
<b>Népesség</b>	20	17	17	17
<b>Ipari össztermelés</b>	25	–	–	–
<b>Mezőgazdasági össztermelés</b>	24	25	23	24
<b>Munkanélküliség</b>	5	11	11	9–11

*Forrás: Kárpátalja 2004, 2006, 2009. Szerkesztette: Izsák T.*

A gazdasági hanyatlás Kárpátalját sem kerülte el. Egymás után zártak be a gyárak és az üzemek, feloszlottak a mezőgazdasági termelőszövetkezetek. A rendszerváltást a gazdaság (főleg az ipar) a mai napig nem heverte ki (Izsák T. 2009/b).

Jelenleg a függetlenné vált Ukrajna területén országos viszonylatban Kárpátalja rendelkezik az egyik legkisebb területtel (24.), a legkevesebb szántófölddel, az egyik legalacsonyabb népességszámmal és urbanizációs szinttel, általában a sereghajtók között található az ipari és a mezőgazdasági össztermelés terén (lásd! 4. táblázat).

Kárpátalja – agráripari vidék, amelyik jelentős rekreációs lehetőségekkel rendelkezik. A megye gazdaságának szakosodása: fakészletezés és fafeldolgozó ipar, élelmiszeripar és könnyűipar, gépgyártás, gyógy-üdülői-üdülői szolgáltatások, turizmus, mezőgazdasági termelés (Izsák T. 2009/b). Részarányát megfigyelve Ukrajna gazdaságában (5. táblázat) arra a következtetésre juthatunk, hogy a mezőgazdasági termelés részaránya csaknem eléri a népesség részarányát az országban.

**5. táblázat.** Kárpátalja részaránya (%) Ukrajna gazdaságában

	1995	2000	2005	2009
<b>Terület</b>	2,1	2,1	2,1	2,1
<b>Népesség</b>	2,5	2,6	2,7	2,7
<b>Ipari össztermelés</b>	0,5	0,5	–	–
<b>Mezőgazdasági össztermelés</b>	2,0	2,4	2,3	2,2

*Forrás: Kárpátalja 2000, 2006, 2009. Saját szerkesztés.*

A mezőgazdaság fontos helyet foglal el Kárpátalja gazdasági szerkezetében. A bruttó hozzáadott érték alapján a mezőgazdasági termelés (a vadgazdálkodással és az erdőgazdálkodással együtt) a legeredményesebb ágazat, amely az össztermelés 19,9%-át teszi ki (Izsák T. 2009/c).

A rendszerváltás előtti időszakban (1989-ben) a mezőgazdasági termelésben 125 kollektív gazdaság (kolhoz), 40 állami gazdaság (szovhoz) és 4 baromfiüzem vett részt (Izsák T. 2009/c). A megművelt földterület 453,3 ezer hektár volt (a megye területének 35%-a) (Marinics, O. 1989). Ukrajna függetlenné válásával feloszlottak a meglévő gazdaságok, helyükben mezőgazdasági kft.-k, farmergazdaságok, egyéni gazdaságok jöttek létre, növekedett a megengedett háztáji földterület. Az 1990-es évek közepéig csökkent a mezőgazdasági növények vetésterülete és termésátlaga, visszaesett az állatállomány. A hegyvidéki területen, a mezőgazdasági termelés háttérbe szorulása az erdővel borított területek növekedéséhez vezetett.

Kárpátalja összterületének (1 275,3 ezer ha) 35,5%-a tartozik (452,6 ha) a mezőgazdasági művelés alá (*lásd! 6. táblázat*) (Kárpátalja 2009), ez Ukrajna területének mindössze 0,7%-a, amely a megyék között a legalacsonyabb részarányt képviseli.

**6. táblázat.** Kárpátalja földterületének szerkezete (ezer ha)

	1988	2000	2006	2009
<b>Összterület</b>	1 275,3	1 275,3	1 275,3	1 275,3
<b>Mezőgazdasági földek</b>	664,6	479,7	454,3	452,6
<b>Erdők és más, fákkal borított területek</b>	558,3	718,6	723,9	724,1
<b>Más területek</b>	52,4	77,0	97,1	98,6

*Forrás: Kárpátalja népgazdasága 1989; Kárpátalja 2000, 2006, 2009. Saját szerkesztés.*

A mezőgazdasági művelés alá vont területek között vezető helyen szerepelnek (a mezőgazdasági földek 47,0%-a) a szántóföldek (*7. táblázat*), csaknem egyforma nagyságú területet foglalnak el a legelők és a kaszálók (22,3% és 30,7%), a gyümölcsösök területe (a rendszerváltás utáni csökkenés után) az utolsó helyen áll.

**7. táblázat.** A mezőgazdasági földek megoszlása (ezer ha)

	1968	1988	1991	1996	2001	2005	2009
<b>Összterület</b>	1 275,3	1 275,3	1 275,3	1 275,3	1 275,3	1 275,3	1 275,3
<b>Mezőgazdasági földek</b>	489,0	459,3	475,9	471,1	463,7	455,6	452,6
ebből:							
<i>szántóföldek</i>	194,9	163,6	196,0	199,2	201,4	200,6	200,2
<i>kaszálók</i>	104,3	92,5	97,7	96,6	92,3	94,7	94,8
<i>legelők</i>	136,9	149,9	145,7	141,8	142,2	133,0	130,6
<i>más földek</i>	52,9	53,3	36,5	33,5	27,8	27,3	27,0

*Forrás: Kárpátalja népgazdasága 1969, 1989; Kárpátalja 2000, 2004, 2009. Saját szerkesztés.*

A rendszerváltás (1991) utáni időben az állattenyésztés, főleg a magánszektor fejlődésének köszönhetően vált vezető ágazattá. Kárpátalja az állattenyésztés terén szarvasmarha-, sertés-, juh-, baromfi- és haltenyésztésre szakosodik (Izsák T. 2009/c). Az állatállomány változását a rendszerváltástól napjainkig figyelemmel kísérhetjük a 8. táblázatban.

A takarmánybázisra igénytelenebb juh- és kecsketenyésztés az egész megye területén elterjedt, főleg azokon a vidékeken (Técsői, Rahói, Huszti, Ökörmezői és Ilosvai járások; több mint 10 ezer darab járásonként), ahol más állattenyésztés természetes akadályokba ütközik (domborzat, takarmány stb.) (Izsák T. 2009/c). A hegyvidéki juhtenyésztés a szubalpesi növényzet változásához vezetett, csaknem 100 méterrel lejjebb ereszkedett az erdők legfelsőbb határa (Manyivcsuk, J.1996).

A növénytermesztéssel a síkvidéken, a hegyvidéki folyóvölgyek árterein és az alkalmas hegyoldalakon foglalkoznak. A legnagyobb mértékű felszántottsággal a síkvidéki járások rendelkeznek: a Munkácsi –35,8 ezer ha (a járás területének 35,9%-a), a Beregszászi – 33,2 ezer ha (50,8%), a Nagyszőlősi – 30,8 ezer ha (44,2%) (Kárpátalja 2007).

**8. táblázat.** Az állatállomány száma Kárpátalján (ezer db)

	1991	1996	2001	2006	2009
<b>Szarvasmarha,</b> ebből fejőstehén	352,5 141,5	241,2 142,6	182,4 134,7	171,0 124,9	147,8 104,0
<b>Sertés</b>	343,1	286,6	231,8	254,9	282,5
<b>Juh és kecske</b>	269,4	163,3	108,9	116,5	136,3
<b>Baromfi</b>	4 839,0	3 644,0	3 158,0	2 812,0	2 988,0

*Forrás: Kárpátalja 1991, 2009. Saját szerkesztés.*

## 4. AZ ÁRVIZEK KIALAKULÁSÁRA HATÓ TERMÉSZETI ÉS ANTROPOGÉN TÉNYEZŐK

### 4.1. Az árvizekről

Az árvizek természetföldrajzi jelenségek. A nemzetközi hidrológiai terminológia értelmezése szerint, az árvíz a folyó középvízi medrének partélét meghaladó, illetve a középvízi mederből kilépő víz (Zorkóczy Z. – Károlyi Z. 1985), amelyet úgy is érthetünk, mint a folyók kiöntéssel járó magas vízállása.

Az árvizek területi kiterjedésük és az okozott károk alapján lehetnek lokálisak, helyiek, megyeiek, regionálisak, országosak és kontinentálisak (Barinov, A. 2003). A Kárpátalján bekövetkezett árvizeket a regionálisokhoz<sup>1</sup> lehet sorolni.

A negatív természeti jelenségek különböző gyorsasággal terjednek. A terjedés sebességének fokát figyelembe véve a jelenségek lehetnek váratlan, hirtelen („flash flood”), gyors, mérsékelt gyors és lassú terjedésűek. Az árvizeket a mérsékelt sebességgel terjedő jelenségekhez lehet sorolni, amelyeknél az esetek nagy részében van idő felkészülni az elhárításához és a védekezéshez. Időtartamuk is különböző. Lehetnek rövid (néhány óra, nap) és hosszú ideig (néhány hét, hónap) tartó árvizek (Vágás I. 1982).

A folyókon kialakult árvizek esőzésből, hóolvadásból keletkezhetnek, de jeges árvizek is kialakulhatnak. Az árvíz típusok közül a Tiszán a leggyakrabban esőből és hóolvadásból keletkezett árhullámok jellemzők. Ezek az árvíz típusok különböző évszakokban jönnek létre. A hóolvadás a Máramarosi-havasok alsóbb domborzati zónájában már áprilisban megkezdődik, a kulmináció azonban általában májusban van. Az esőből származó árhullámok viszont a leggyakrabban az őszi évszakban fejlődnek ki. Nagyon veszélyes a harmadik típus, amikor az olvadó hóra nagy mennyiségű, intenzív esőcsapadék hullik. Ez nyilvánvalóan a késő tavaszi időszakban fordul elő.

---

<sup>1</sup> A regionális jelentőségű árvizek azok, amelyek két vagy több közigazgatási terület határain belül terjednek el, a károsultak száma eléri az ezer főt (BARINOV, A. 2003).

A folyók vízszintjének magasságát alapul véve az árvizek lehetnek alacsonyok, magasak, az okozott károkat tekintve jelentősek és katasztrofálisak (Hinko, Sz. 1982). A kárpátaljai folyószakasz árhullámaira jellemző a fentiekén kívül a heves levonulás. Ennek két oka lehet: vagy a hirtelen gyors olvadás, vagy az intenzív, több napos csapadékhullás. Ez utóbbinak domborzat által kiváltott oka is van. Ha a délnyugatról áramló, és az Atlanti-óceán déli medencéjében (Azori-szigetek tágabb térségében) keletkezett enyhe, nagy nedvességtartalmú légtömeg alig vastagabb, mint a Máramarosi-havasok átlagos magassága, akkor a légtömeg megáll a havasok délnyugati lejtővidékén, és napokon át képes a heves eső hullani. A nyári (június–július) árhullámok magassága általában nem éri el a kora nyári és őszi árhullámok nagyságát. Nyáron ugyanis az árvizet okozó légtömegek északnyugat felől, azaz a Lengyel-síkság felől érkeznek és délkelet felé áramolva nem ütköznek a havasokba, hanem azt „súrolva” haladnak tovább.

Az áradások által okozott károk különbözőek lehetnek. A közvetlen hatások között szerepelnek a gazdasági objektumok, hidrotechnikai építmények rongálódásai, a vetések, erdők, állatok pusztulása, az oldala-zó erózió okozta partrombolódás, a hullámtéri<sup>2</sup> feltöltődés, egyéb negatív természeti jelenségek kialakulása (csuszamlások, sár- és köllavinák), a lakosság kitelepítése az árvíz fenyegette területekről. Az utóhatások között meg lehet említeni az elmocsarasodást, a talajok minőségének romlását, a szennyező anyagok által okozott betegségek terjedését, stb.

A Tisza vízgyűjtő medencéjében gyakran váltakoztak az árvizes és csaknem árvízmentes időszakok, amelyeket Vágás I. (2011) a XIX. század közepétől 7 korszakra osztott. A XX. században (1912-től kezdve) 5 időintervallumot különböztet meg: a nagyobb árvizek 3 időszakát (1912–1942, 1962–1981, 1998–) és a ritka kivételekkel alacsonyabb árvizek 2 időszakát (1943–1961, 1982–1997).

#### 4.1.1. Az árvizek gyakorisága

Az árvizek gyakoriságának megállapításához Kárpátalján a Tisza hullámtérre való kiöntéseinek adatait vettem alapul Tiszaújlaknál (6. térkép), amelyeket a Kárpátaljai Hidrometeorológiai Központból szereztem be (1. függelék).

<sup>2</sup> Hullámtér – a folyóvölgy része, az árvízvédelmi gátak közötti térség, amelyet a folyó árvíz idején elönt (Izsák T. 2004).



A tiszai vízmérce „0” pontjának<sup>3</sup> t.sz.f. (Balti-tenger, Kronstadt<sup>4</sup>) magassága Tiszaújlaknál 115,15 méter. Ahhoz, hogy a Tisza kilépjen medréből a hullámtérre a nulla centiméter fölötti vízemelkedése egyenlő vagy meghaladja a 380 centimétert.

### 6. térkép. Tiszaújlak földrajzi elhelyezkedése Kárpátalján



Forrás: Vavilin, A. 2005. Saját szerkesztés.

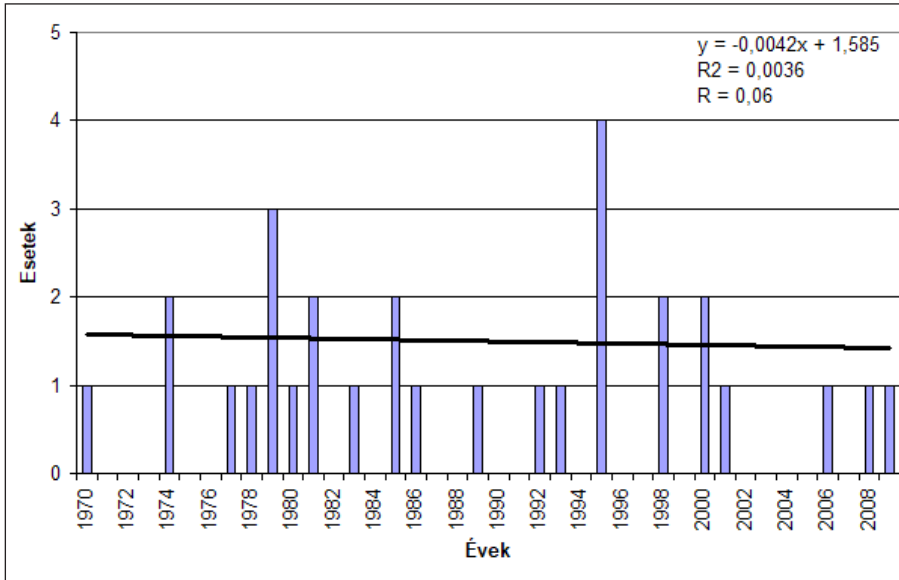
Az 1970–2009 közötti 40 éves időszakban a folyó 20 évben (1970, 1974, 1977, 1978, 1979, 1980, 1981, 1983, 1985, 1986, 1989, 1992, 1993, 1995, 1998, 2000, 2001, 2006, 2008, 2009) 30 alkalommal lépett ki a hullámtérre (3. ábra). A víz általában egy-két napon keresztül volt a hullámtéren, majd visszahúzódott. Azonban előfordultak olyan esetek is,

<sup>3</sup> A vízmérce „0” pontja – a megállapításig mért legalacsonyabb vízállási szintje a folyónak, annak tengerszint fölötti magassága.

<sup>4</sup> Ukrajna a kronstadti balti alapszintet használja az abszolút magasságok meghatározásához, amely 14 cm-rel magasabban van az amszterdami vízmagasságmérő nullpontjától, amelyet 1994-től használ Magyarország (UELN-95 színtezési hálózat) (SULINET DIGITÁLIS TUDÁSBÁZIS, 2011).

amikor a hullámtér hosszabb időn keresztül, három (1985.05.03–05., 1995.12.25–27., 1998.11.05–07., 2008.07.26–28.), illetve négy napig is (1992.10.31–11.03., 2001.03.04–07.) víz alatt volt.

**3. ábra.** A Tisza kiöntésének gyakorisága (esetek száma) a tiszaujlaki hullámtérre 1970–2009 között

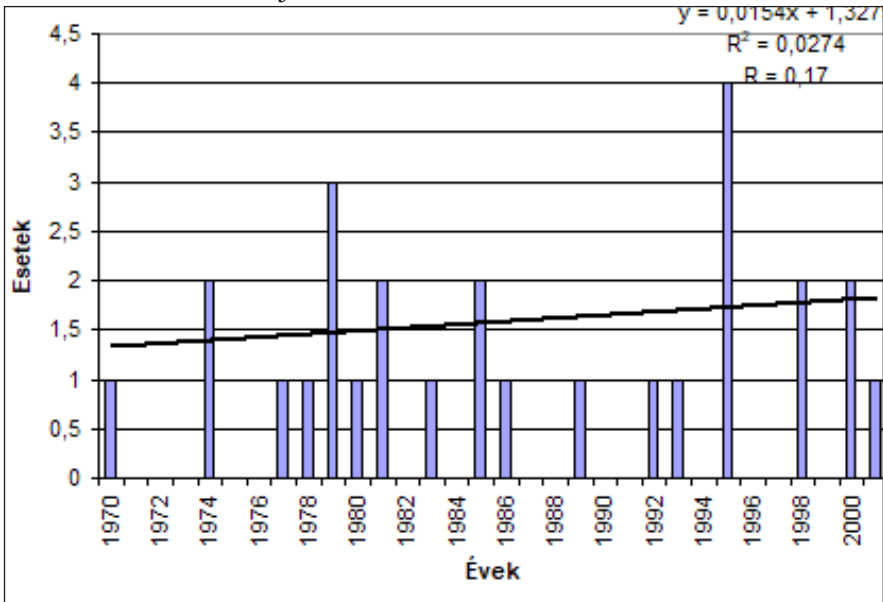


*Forrás: Kárpátaljai Hidrometeorológiai Központ adattára, 2010. Saját szerkesztés.*

Ha csak az előfordulási eseteket vesszük figyelembe, látható (3. ábra), hogy az 1970–2009-es időszakban a Tisza kiöntésének gyakorisága a hullámtérre Tiszaujlaknál csökkenő tendenciát mutatott, azonban a katasztrófális árvizeket megelőző időszakban (1970 és 2001 között) növekedett (4. ábra). A 3. és 4. ábrán szintén észrevehető az árvizek gyakoriságának sűrűsödése az 1977 és 1986 közötti időszakban, amikor 1982 és 1984 kivételével minden évben kilépett a folyó a hullámtérre. Ki kell emelni az 1995-ös évet, amikor a kiöntési esetek száma 4, a hullámtér vízzel való borítottsága pedig elérte a 7 napot (8. ábra).

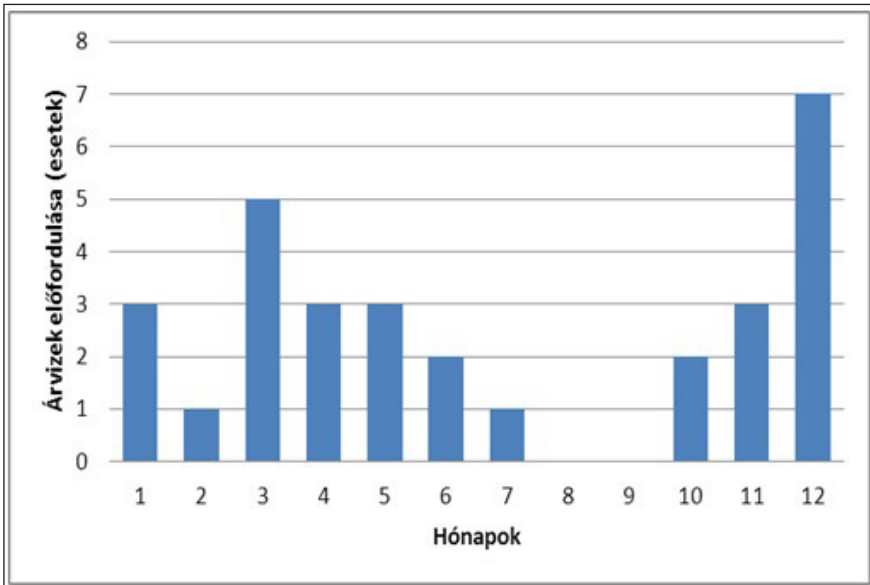
Ha havi bontásban vizsgáltam a folyó kiöntéseit (5. ábra), azt az eredményt kaptam, hogy a 40 év alatt egyszer sem történt kiöntés augusztus és szeptember hónapokban, viszont a többi hónap közül a december (7 eset) kiemelkedik. A kiöntések eseteit csökkenő sorrendbe véve a következő kép tárul elénk: 5 eset márciusban; 3 januárban, áprilisban, májusban és novemberben; 2 júniusban és júliusban; 1 februárban és októberben.

**4. ábra.** A Tisza kiöntésének gyakorisága (esetek száma) a tiszaujlaki hullámtérre 1970–2001 között



*Forrás: Kárpátaljai Hidrometeorológiai Központ adattára, 2010. Saját szerkesztés.*

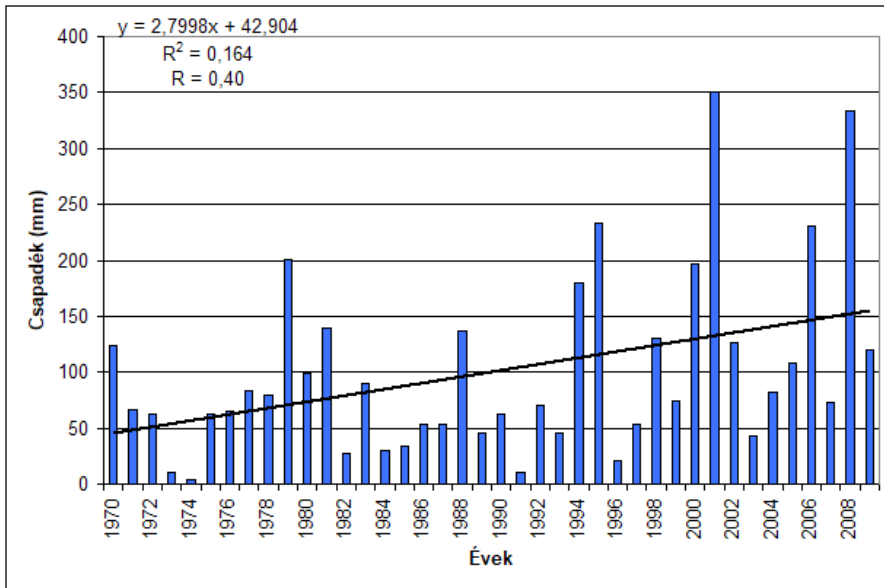
**5. ábra.** Árvizek előfordulása havi bontásban 1970–2009 között



*Forrás: Kárpátaljai Hidrometeorológiai Központ adattára, 2010. Saját szerkesztés.*

Az 1970–2009-es időszakban a csapadék mennyisége minden márciusban emelkedett (6. ábra), s minden a decemberben csökkent (7. ábra). A többi hónapban vagy kismértékű emelkedést (január, február, április, szeptember, október), vagy csökkenést (május, június, július, augusztus, november) figyelhetünk meg.

**6. ábra.** A csapadékmennyiség változása Rahón  
1970–2009 között március hónapokban

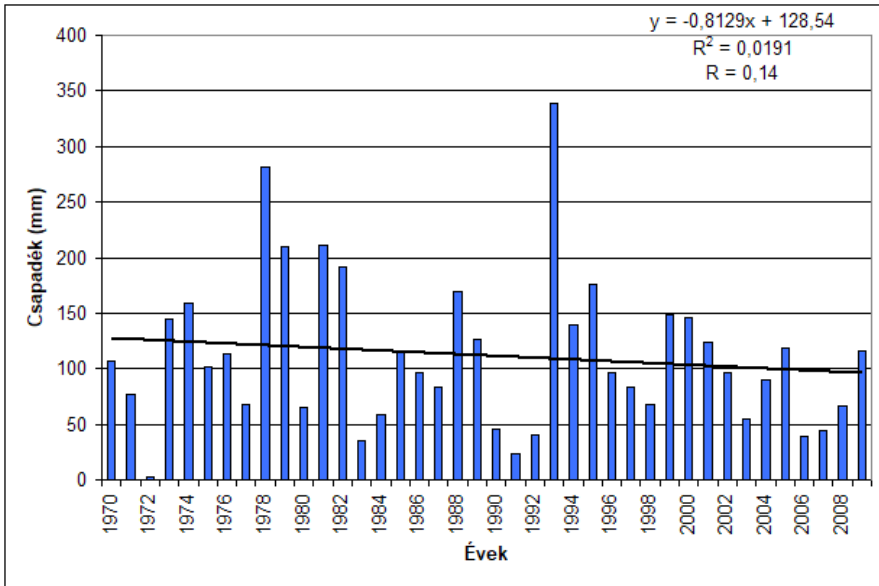


*Forrás: Kárpátaljai Hidrometeorológiai Központ adattára, 2010. Saját szerkesztés.*

Más eredményeket kaptam a Tisza kiöntésének gyakorisága esetén, ha a napok számát vizsgáltam, amely alatt az árvíz a hullámtéren tartózkodott. Mindkét esetben, az 1970–2009 közötti (8. ábra) és a nagy árvizeket megelőző 1970–2001 közötti időszakban (9. ábra) a trendvonalak emelkedő tendenciát mutatnak.

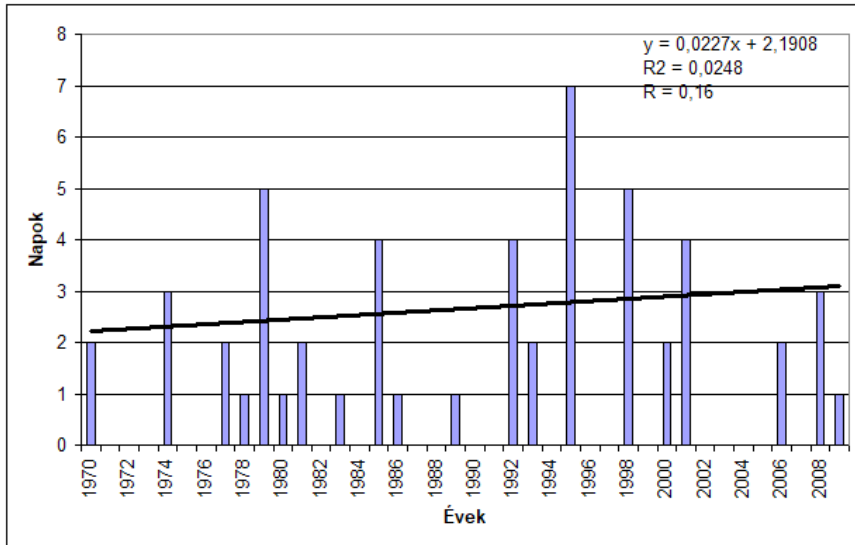
Az adatsoroknak érdekessége még az is, hogy a kiöntések gyakorisága 1974–2001 között háromévenként ismétlődött, és az árvízmentes évek nem tartottak két évnél hosszabb ideig. Hosszabb idejű (4 és 5 év) kihagyás, árvízi kiöntések nélkül csak az 1971–1973 és 2002–2005 közötti intervallumokban fordult elő.

**7. ábra.** A csapadékmennyiség változása Rahón  
1970–2009 között december hónapokban



*Forrás: Kárpátaljai Hidrometeorológiai Központ adattára, 2010. Saját szerkesztés.*

**8. ábra.** A hullámtér vízzel borítottsága (napok száma)  
Tiszaújlaknál az árvizek idején 1970–2009 között

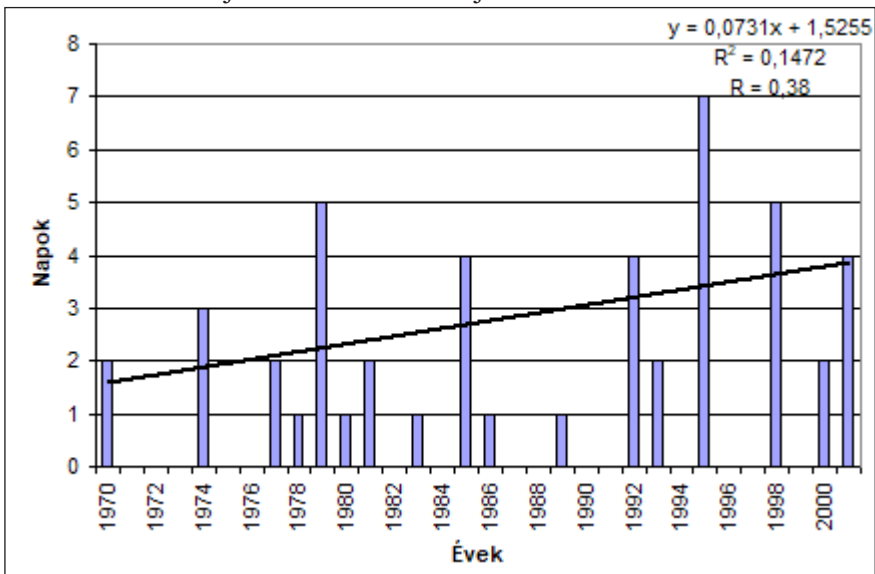


*Forrás: Kárpátaljai Hidrometeorológiai Központ adattára, 2010. Saját szerkesztés.*

A katasztrofális árvizek idején, 1998-ban a folyó két esetben összesen öt napot tartózkodott az ártéren, 2001-ben egy alkalommal négy napot.

A hullámtér vízzel borítottsága és az évek korrelációs együtthatója (az  $r$  kritikus értékei 40 évre  $-0,31$ , 32 évre  $-0,35$ )  $0,16$ -nek (8. ábra) és  $0,38$ -nak (9. ábra) adódott, amely 95%-os valószínűségi szinten 40 év alatt nem, de a katasztrofális árvizeket (1998–2001) megelőző 31 éves időszak alatt szignifikáns változást valószínűsít.

**9. ábra.** A hullámtér vízzel borítottsága (napok száma) Tiszaújlaknál az árvizek idején 1970–2001 között



Forrás: Kárpátaljai Hidrometeorológiai Központ adattára, 2010. Saját szerkesztés.

Az árvizek előfordulása nem lett gyakoribb jelenség, de a vizsgált 40 év alatt növekedett a hullámtér folyóvízzel borítottságának ideje az árvizek alatt, azaz növekedhetett az árvizek levonulása idején levonuló vízmennyiség, az árterekre leülepedő iszap vastagsága.

## 4.2. Az éghajlat hidrológiai hatása

A légkör – a Földet körülvevő levegőburok. A légkör védi a Földet napal a túlzott felmelegedéstől, éjszaka pedig a túlzott lehűléstől. A légkör tulajdonsága, hogy fel tudja venni, és le tudja adni a csapadékot, részt

vesz a felszíni és felszín alatti vizek, gleccserek keletkezésében. A víz mozgása a légkör mozgásával formálja a földfelszínt. A légkör összetevői nélkülözhetetlenek az élet keletkezéséhez és fejlődéséhez. A légkör védi a bioszférát a Nap ultraibolya sugárzásának romboló hatásától, amelyet az ózonréteg nyel el, és a légkör alsó rétegeihez kevés jut el belőle.

A légkör és más földi burkok között szoros kapcsolat van, egymástól kölcsönösen függenek. A fő szerepet a földrajzi burokban végbemenő folyamatokban a bioszféra élőlényei játsszák: baktériumok, növények, állatok. Nekik köszönhető, hogy sok alkotórész a litoszférából, vízburokból és bioszférából átkerül a légkörbe és fordítva, a légkörből más burkaiba a Földnek. A földrajzi burok részegységei közötti kapcsolatok legkisebb változása magával vonja negatív természeti jelenségek létrejöttét, erősödését.

A légkör és más Földi burkok közötti kapcsolatok megbomlása a globális klímaváltozáshoz is vezethet. „A globális klímaváltozás az egyik legveszélyesebb tényező, ami a Föld környezeti egyensúlyára leselkedik, a következményei pedig veszélyesek lehetnek az egész földi élővilágra, beleértve az embert is. Már láthatók az ökoszisztémákra nehezítő nyomás ijesztő jelei...” (Dinyar, G. 2004).

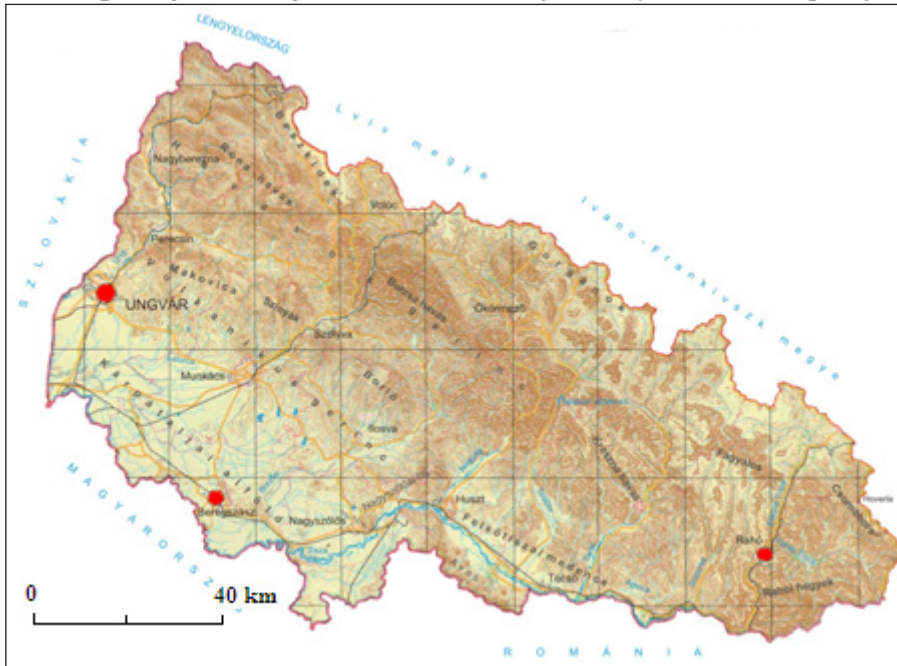
#### **4.2.1. A léghőmérséklet változása**

##### **a beregszászi és a rahói meteorológiai állomások adatai alapján**

A hőmérséklet és a csapadék értékeinek változását a beregszászi (Beregszászi Meteorológiai Állomás adattára, 2010) és a rahói (Kárpátaljai Megyei Hidrometeorológiai Központ adattára, 2010) meteorológiai állomások (7. térkép) adatai alapján vizsgáltam az 1970–2009-es időszakban. Az összesítésnél figyelembe vettem Ungvár (18. és 19. ábra) meteorológiai adatait is, amelyeket a (NCDC, 2010) internetes forrásból szereztem be.

Ezekre az állomásokra azért esett a választásom, mert az egyik a megye síkvidéki (a Kárpátaljai-alföld középső részén), a másik az Északkeleti-Kárpátok magashegyvidéki részén (a Fagyalos és a Csornohorai-masszívum határán) helyezkedik el. Ungvár adatait mint hegylábi város meteorológiai állomásának adatait használtam fel. Fő célom az adatsorokban szignifikáns lineáris trendeket találni. A lineáris trendek realitásának az eldöntésére a leginkább elterjedt Pearson-féle korrelációs együtthatót alkalmaztuk. Bár, a statisztikai szakirodalom a Pearson-korreláció realitását az összevetendő valószínűségi változók normális eloszlásához köti (Ezekiel, M. – Fox, K.A. 1970). Jelen esetben az egyik korrelálandó számsor nem is valószínűségi változó, hanem az évszámok egyenletes eloszlású sora.

**7. térkép.** Ungvár, Beregszász és Rahó földrajzi elhelyezkedése Kárpátalján



*Forrás: Vavilin, A. 2005. Saját szerkesztés.*

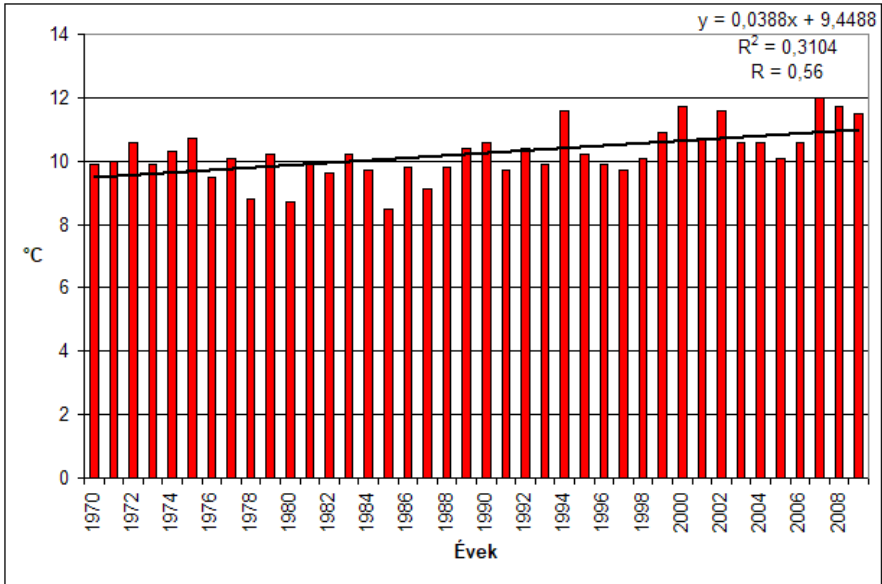
A sokéves hőmérsékleti átlag változása a trendvonalak segítségével állapítható meg a vizsgált időszak alatt: Beregszászban 1970–2009 között (9,5–11,1 °C) 1,6 °C-os emelkedést (10. ábra); Rahón 1970–2009 között (7,0–8,2 °C) 1,2 °C-os emelkedést (11. ábra) eredményezett. Az átlagos évi hőmérsékletváltozás alapja lehet az utóbbi évtizedek alatt történt árvizeknek (Radvánszky B. et al. 2010).

Az éves hőmérsékleti átlagok adatai azt mutatják, hogy a vizsgált időszak alatt a hőmérséklet évi átlagai a trendvonal szerint fokozatosan emelkedtek. Beregszász esetében (10. ábra) az évi középhőmérsékletek és az évek korrelációs együtthatója<sup>5</sup> 0,56-nak adódott, amely 95%-os valószínűségi szinten (40 év esetén a kritikus érték 0,31) szignifikáns változásról tanúskodik.

<sup>5</sup> A minta változói közötti kapcsolat mértékét és irányát mutatja.

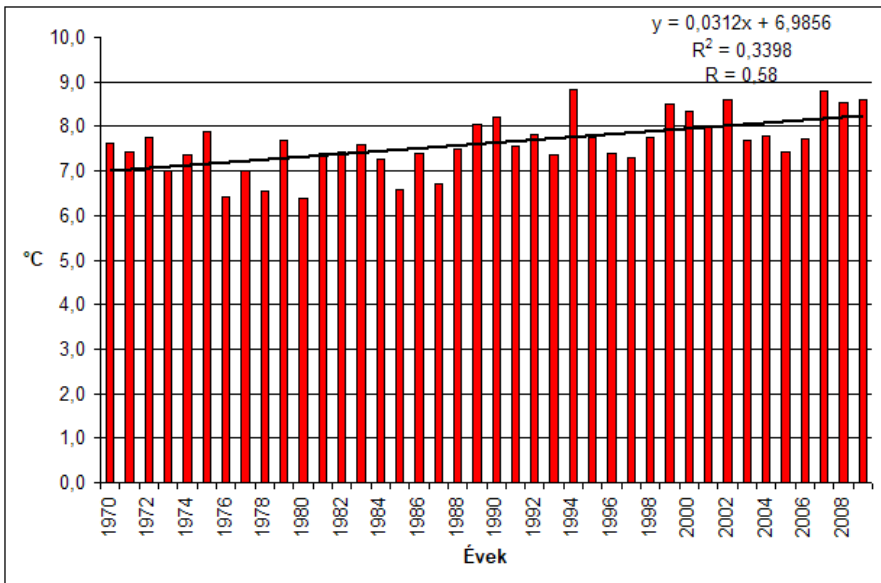


**10. ábra.** Sokévi átlagos középhőmérsékletek Beregszászban 1970–2009 között



*Forrás: Beregszászi Meteorológiai Állomás adattára, 2010. Saját szerkesztés.*

**11. ábra.** Sokévi átlagos középhőmérsékletek Rahón 1970–2009 között



*Forrás: Kárpátaljai Megyei Hidrometeorológiai Központ adattára, 2010. Saját szerkesztés.*

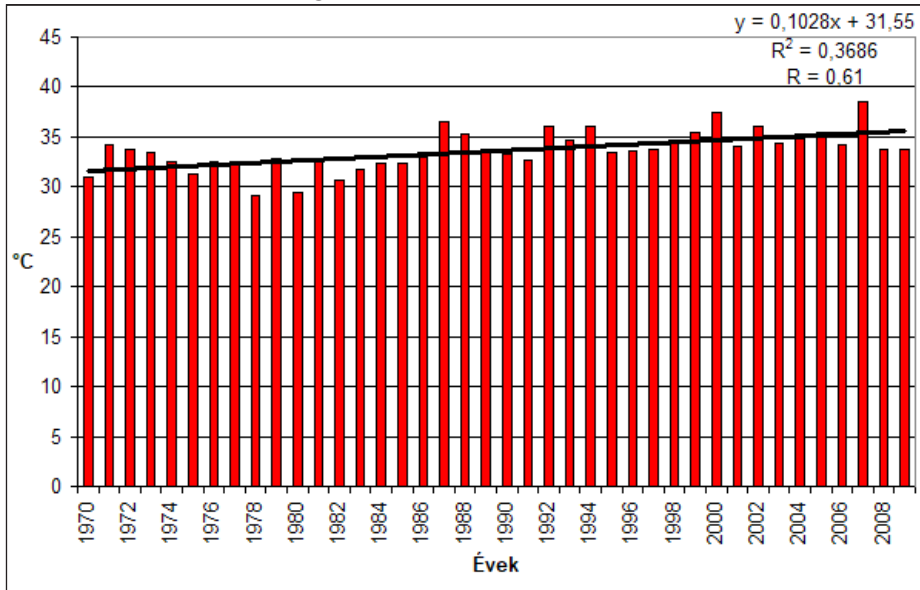
Rahó esetében a beregszászihoz hasonló értékeket kaptam (11. ábra). Az évi középhőmérsékletek és az évek korrelációs együtthatója 0,58-nak adódott, ami 95%-os valószínűségi szinten (40 év esetén a kritikus érték 0,31) szignifikáns változást mutat.

A meteorológiai állomások adataiból kitűnik (10. és 11. ábra), hogy a legmelegebb év Beregszászban a 2007-es volt, amelynek évi középhőmérséklete +12,0 °C, míg Rahón 1994 és 2007 (+8,8 °C). A leghidegebb középhőmérsékletű év Beregszászban 1985 (+8,5 °C), Rahón 1976 és 1980 (+6,4 °C) volt.

#### 4.2.2. A maximális és minimális hőmérsékletek változása

Az évi abszolút maximális hőmérsékletek fokozatosan emelkedtek a vizsgált időszakban. Beregszászban, az 1970–2009 közötti periódusban, a trendvonal alapján az évi abszolút maximum hőmérséklet (+31,8 °C-ról +35,9 °C-ra) 4,1°C-kal emelkedett (12. ábra), Rahón (13. ábra) 3,5 °C-kal (30,0–33,5 °C).

12. ábra. Az évi abszolút maximum hőmérsékletek Beregszászban 1970 és 2009 között

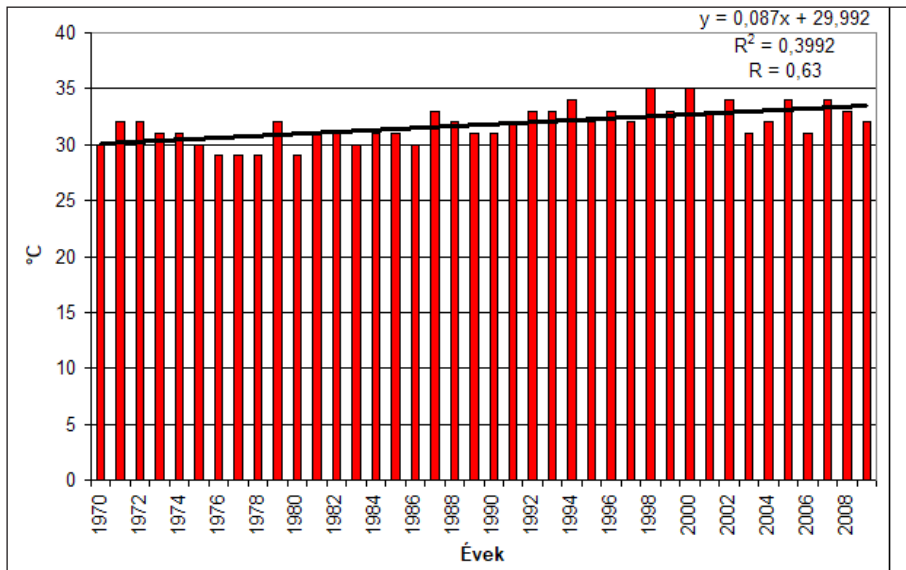


Forrás: Beregszászi Meteorológiai Állomás adattára, 2010. Saját szerkesztés.

Az évi abszolút maximum hőmérsékletek és az évek korrelációs együtthatója (40 év 0,31) Beregszászon 0,61-nak, Rahón 0,63-nak adódott, amely 95%-os valószínűségi szinten szignifikáns változás.

A legmagasabb maximális hőmérsékletet Beregszászban 2007-ben (+38,5 °C), míg Rahón 1998-ban és 2000-ben (+35,0 °C) mérték. Megfigyelhető, hogy Beregszászban 1987-ig nem fordult elő +35 °C fölötti legmagasabb hőmérséklet, illetve Rahón nem volt ritka a +30 °C alatti.

**13. ábra.** Az évi abszolút maximum hőmérsékletek Rahón 1970 és 2009 között

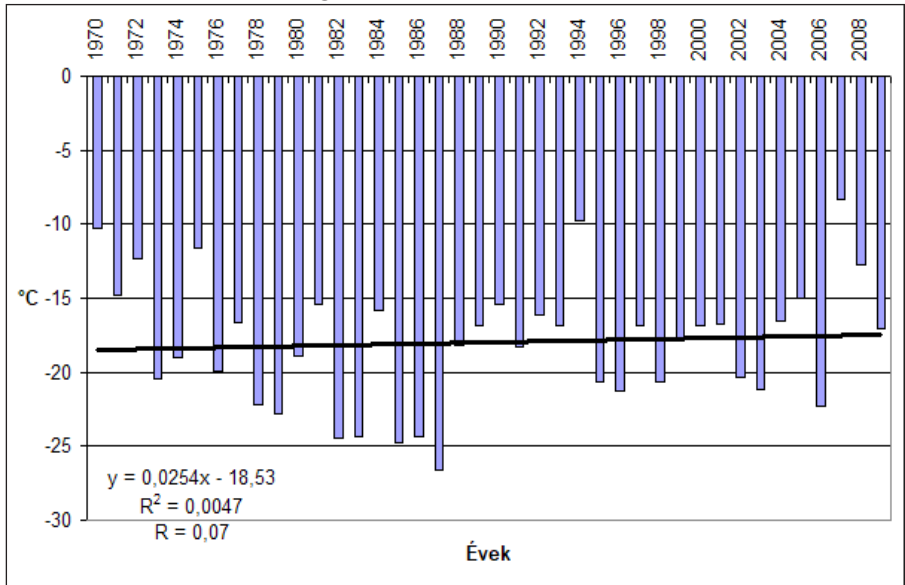


Forrás: Kárpátaljai Megyei Hidrometeorológiai Központ adataira, 2010. Saját szerkesztés.

A minimális hőmérsékletek között is változásokat figyelhetünk meg a vizsgált időszakokon belül. Beregszászban, a trendanalízis alapján a minimális hőmérsékletek 1970–2009 közötti eltérése (14. ábra) elérte az 1,0 °C-t (-18,5 °C és -17,5 °C). Rahón, az abszolút minimális hőmérsékletek (15. ábra) – Beregszásztól eltérően –, csökkentek -18,8 °C-ról -19,2 °C-ra (-0,4 °C).

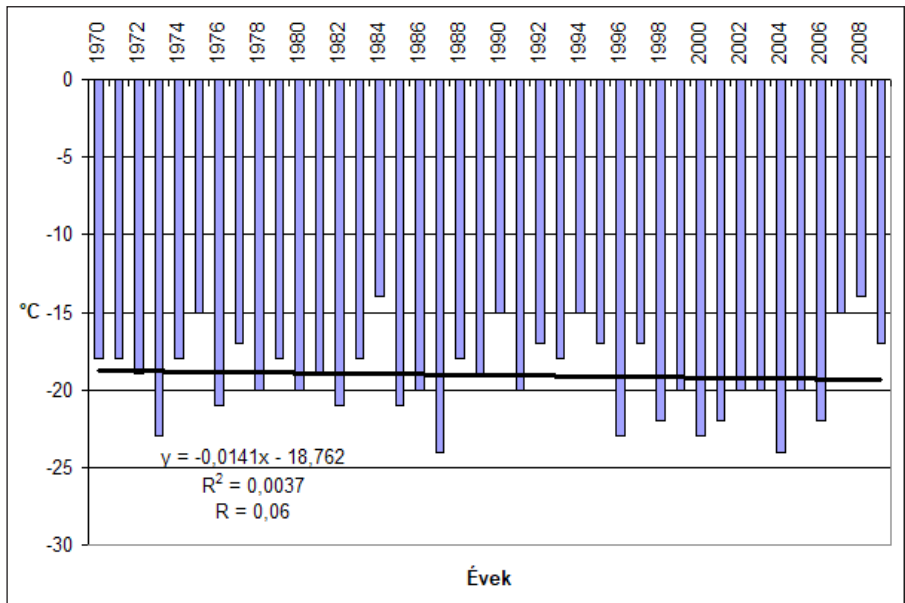
A legalacsonyabb hőmérsékletet Beregszászban 1987-ben regisztrálták (-26,6 °C), az 1970-es évektől kezdődően ritkán süllyedt -20 °C alá. Rahón a legalacsonyabb hőmérsékletet 1987-ben és 2004-ben mérték (-24,0 °C). Az évi abszolút minimum hőmérsékletek és az évek korrelációs együtthatója (40 év 0,31) 0,07-nek és 0,06-nak adódott, amely 95%-os valószínűségi szinten nem mutat szignifikáns változást.

**14. ábra.** Az évi abszolút minimum hőmérsékletek Beregszászban 1970–2009 között



*Forrás: Beregszászi Meteorológiai Állomás adattára, 2010. Saját szerkesztés.*

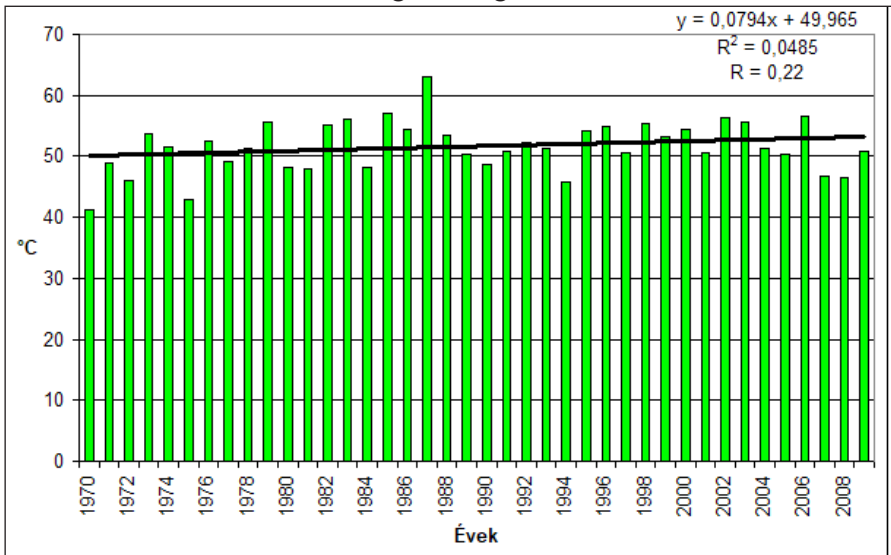
**15. ábra.** Az évi abszolút minimum hőmérsékletek Rahón 1970–2009 között



*Forrás: Kárpátaljai Megyei Hidrometeorológiai Központ adattára, 2010. Saját szerkesztés.*

A legalacsonyabb hőmérsékletet Beregszászban 1987-ben regisztrálták ( $-26,6\text{ °C}$ ), az 1970-es évektől kezdődően ritkán csökkent  $-20\text{ °C}$  alá. Rahón a legalacsonyabb hőmérsékletet 1987-ben és 2004-ben mérték ( $-24,0\text{ °C}$ ). Az évi abszolút minimum hőmérsékletek és az évek korrelációs együtthatója (40 év 0,31) 0,07-nek és 0,06-nak adódott, amely 95%-os valószínűségi szinten nem mutat szignifikáns változást.

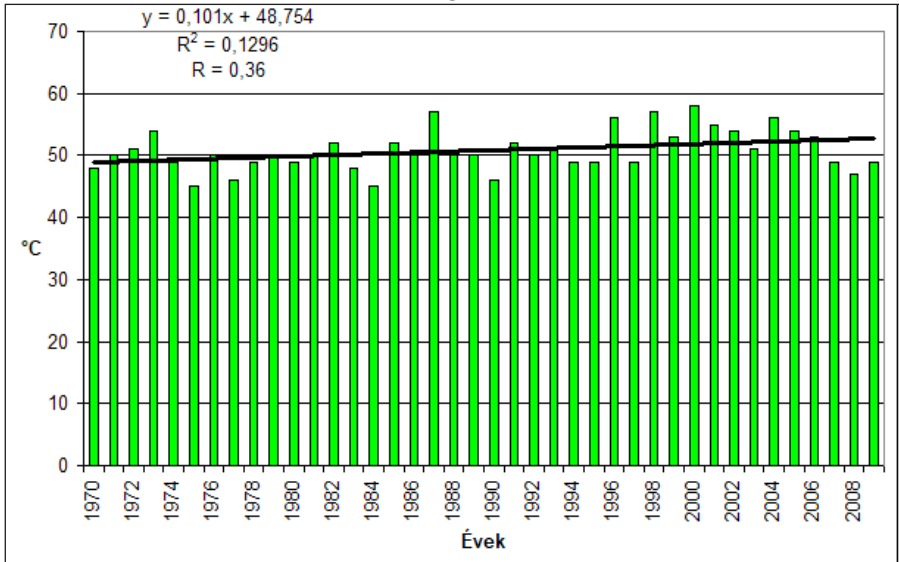
**16. ábra.** Évi abszolút hőingás Beregszászban 1970–2009 között



*Forrás: Beregszászi Meteorológiai Állomás adattára, 2010. Saját szerkesztés.*

A hőmérsékleti maximumok és minimumok közötti különbségek (évi abszolút hőingás) 1970 és 2009 között (16. ábra) a trendvonalak alapján: Beregszászban ( $50,0\text{ °C}$  és  $51,2\text{ °C}$ ) az abszolút hőingás  $1,2\text{ °C}$ , Rahón ( $48,9\text{ °C}$  és  $52,9\text{ °C}$ )  $4\text{ °C}$  (17. ábra).

A legnagyobb évi abszolút hőingást Beregszászban 1987-ben mérték ( $-26,6\text{ °C}$  és  $+36,5\text{ °C}$ , a hőingás  $63,1\text{ °C}$ ), Rahón 2000-ben ( $-23,0\text{ °C}$  és  $+35,0\text{ °C}$ , a hőingás  $58,0\text{ °C}$ ). A legkisebb különbséget a maximális és minimális hőmérsékletek között Beregszászban 1970-ben mérték ( $-10,3\text{ °C}$  és  $+30,9\text{ °C}$ , a hőingás  $41,2\text{ °C}$ ), Rahón 1975-ben ( $-15,0\text{ °C}$  és  $+30,0\text{ °C}$ , a hőingás  $45,0\text{ °C}$ ). Az évi abszolút hőingás és az évek korrelációs együtthatója (40 év 0,31) 0,22-nak és 0,36-nak adódott, amely 95%-os valószínűségi szinten csak Rahó esetében mutat szignifikáns változást.

**17. ábra.** Évi abszolút hőingás Rahón 1970–2009 között

Forrás: Kárpátaljai Megyei Hidrometeorológiai Központ adattára, 2010. Saját szerkesztés.

#### 4.2.3. A léghőmérséklet módosulása

A léghőmérséklet módosulását Kárpátalján három meteorológiai állomás (Beregszász, Rahó és Ungvár) adatainak összehasonlítása alapján is megvizsgáltuk (Molnár J. – Izsák T. 2011), amelyek során az alábbi következtetésekre jutottunk:

1. A lineáris trendelemzés mindhárom állomás évi középhőmérsékleti adatsorában szignifikánsan emelkedő trendet mutatott ki (18. ábra).

2. Az évszakos megoszlásban a nyári és őszi hónapok hőmérsékletemelkedési trendjét szignifikánsnak, a téli és tavaszi hónapok esetében nem szignifikánsnak találtuk.

3. A Student-féle t-próba<sup>6</sup> töréspont vizsgálat alapján megállapítható, hogy mindhárom állomás esetében (19. ábra) szignifikáns töréspontok találhatók (1988–89 Rahón; 1998–99 Beregszászban és Ungváron).

Az eljárás azon a feltevésen alapul, hogy az ugrásszerű változás időpontjánál elválasztott időszakok átlagainak eltérése nagyobb a más időpontoknál elválasztottakénál. Az átlagok összevetésére a *t*-értéket használtuk (Péczy Gy. 1979):

<sup>6</sup> Student-féle t-próbák egy, vagy két normális eloszlású változó átlagát vizsgálják.

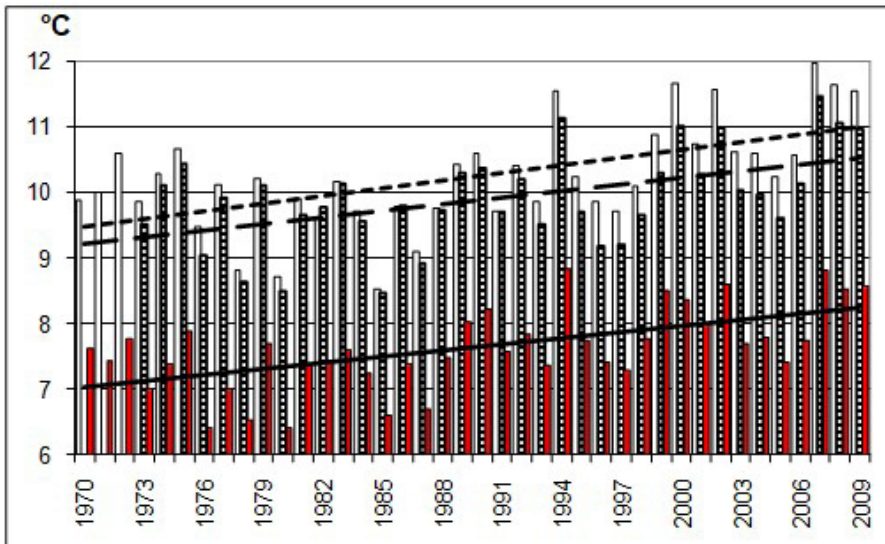
$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

ahol  $\bar{x}_1$  és  $\bar{x}_2$  – a két időszak átlagai,  $n_1$  és  $n_2$  – az elemszámok, adott esetben az évek száma az egyes részidőszakokban,  $S$  – a két minta közös szórása, amely a minták  $\sigma_1$  és  $\sigma_2$  szórásának és elemszámának ismeretében az alábbi képlettel számítható:

$$S = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)\sigma_1^2 + (n_2 - 1)\sigma_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

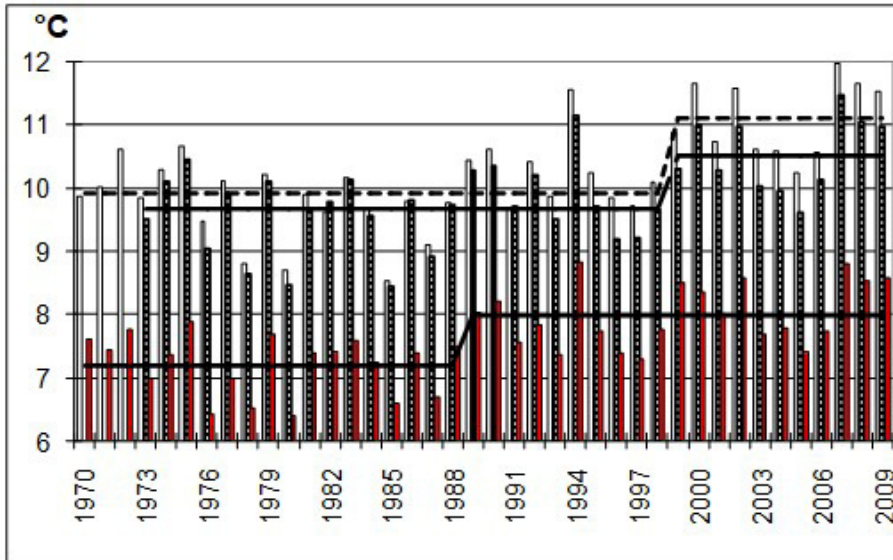
4. A hőmérsékletváltozások inkább diszkrét, mint folytonos folyamat, amelyre sok más éghajlatalakító tényező is hatással van.

**18. ábra.** A beregszászi, ungvári és rahói évi középhőmérsékletek alakulása az 1970–2009-es időszakban (középhőmérséklet: Beregszász – üres oszlopok, Ungvár – csíkos oszlopok, Rahó – kitöltött oszlopok; trendegyenesek: Beregszász szaggatott, Ungvár hosszabbra szaggatott, Rahó folytonos vonal)



Forrás: Molnár J. – Izsák T. 2011.

**19. ábra.** A beregszászi, ungvári és rahói évi középhőmérsékletek alakulása az 1970–2009-es időszakban (középhőmérséklet: Beregszász – üres oszlopok, Ungvár – csíkos oszlopok, Rahó – kitöltött oszlopok; a megtört vízszintes szakaszok az idősorokban detektált szignifikáns töréspontok által elválasztott részátlagokat jelenítik meg: Beregszász – rövidebbre szaggatott, Ungvár – hosszabbra szaggatott, Rahó – folytonos vonal)



Forrás: Molnár J. – Izsák T. 2011.

#### 4.2.4. A csapadék mennyiségének változása

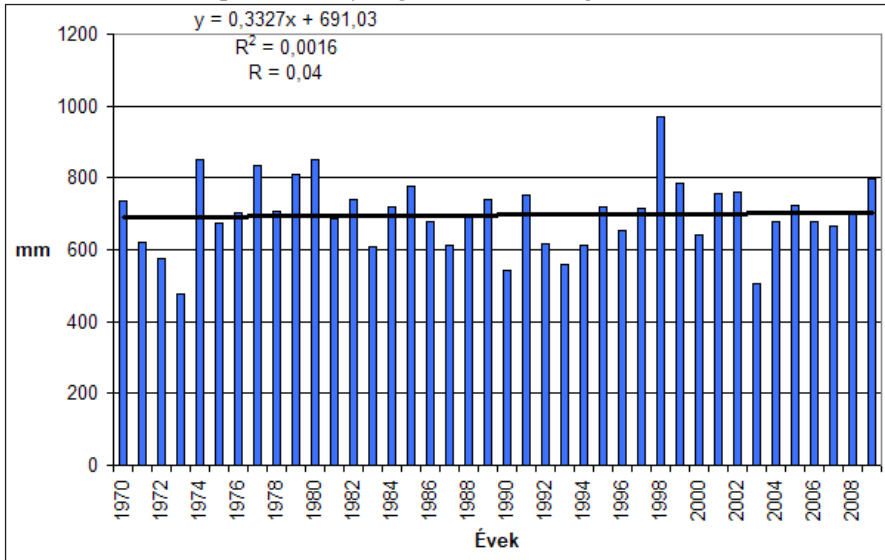
A legcsapadékosabb év Beregszászban az 1998-as volt (20. ábra), amikor az évi csapadékmennyiség elérte a 969,8 mm-t. A legkevesebb csapadék 1973-ban hullott (476 mm). Átlagon (697,8 mm 1970 és 2009 között) felüli csapadékos év a vizsgált időszakban 21 évben fordult elő, míg átlagon aluli csapadékmennyiség 19 évben. Ha a havi átlagokat vesszük figyelembe, akkor 12 évet kapunk, amikor a havi csapadékátlagon felüli hónapok száma magasabb, mint az átlagon aluli hónapok száma, és 21 évet, amelyekben az átlagon aluli hónapok száma a magasabb.

Rahón a legcsapadékosabb év szintén az 1998-as volt (1693 mm), míg a legkevesebb csapadék (21. ábra) 1991-ben hullott (883 mm). Átlagon (1253 mm 1970 és 2009 között) felüli csapadékos év a vizsgált időszakban 19 évben fordult elő, míg átlagon aluli csapadékmennyiség 21 évben. Ha a havi átlagokat vesszük figyelembe, akkor 3 évet kapunk,



amikor a havi csapadékátlagon felüli hónapok száma magasabb, mint az átlagon aluli hónapok száma, és 25 évet, amelyekben az átlagon aluli hónapok száma magasabb. A sokévi átlagos csapadékértékek és az évek korrelációs együtthatója (40 év 0,31) 0,04-nak és 0,09-nak adódott, amely 95%-os valószínűségi szinten nem szignifikáns változás.

**20. ábra.** Az évi csapadékmennyiség változása Beregszászban 1970–2009 között



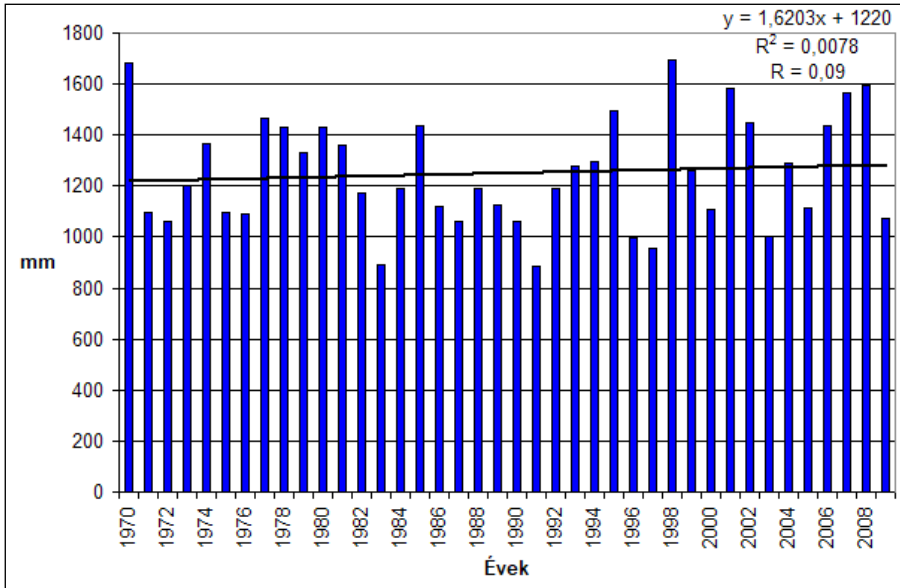
*Forrás: Beregszászi Meteorológiai Állomás adattára, 2010. Saját szerkesztés.*

Az adatok (20. és 21. ábra) alapján a trendvonalak segítségével, meg lehet állapítani a sokéves csapadékátlag változását, amely Beregszászban 1970 és 2009 között (690 mm-ről 705 mm-re) 15 mm emelkedést eredményezett, Rahón elérte a (1220 mm-ről 1280 mm-re) 60 mm-t.

A különösen magas havi csapadékmennyiség (200 mm fölött) Rahón csaknem minden évben megtörtént. 1998-ig nem fordult azonban elő, hogy egy év alatt három hónap átlagos csapadékmennyisége is meghaladta volna a 200 mm-t, viszont 1998 után három évben (1998 júniusa, júliusa és októbere, 2001 márciusa, júniusa és szeptembere, 2006 márciusa, áprilisa és augusztusa) is előfordult. Beregszászban csak három évben fordult elő (1974 júniusa és októbere, 1979 augusztusa, 1982 júliusa) 200 mm fölötti havi csapadékmennyiség. A 2001. évi márciusi árvizet megelőző időszakban Rahón négy nap (március 2–5.)

alatt 197,1 mm csapadék hullott le (7,5 mm; 25,5 mm; 71,9 mm; 92,2 mm; csaknem 50 mm napi átlagos csapadékot jelent 4 nap alatt), amely jelentős árhullámot váltott ki.

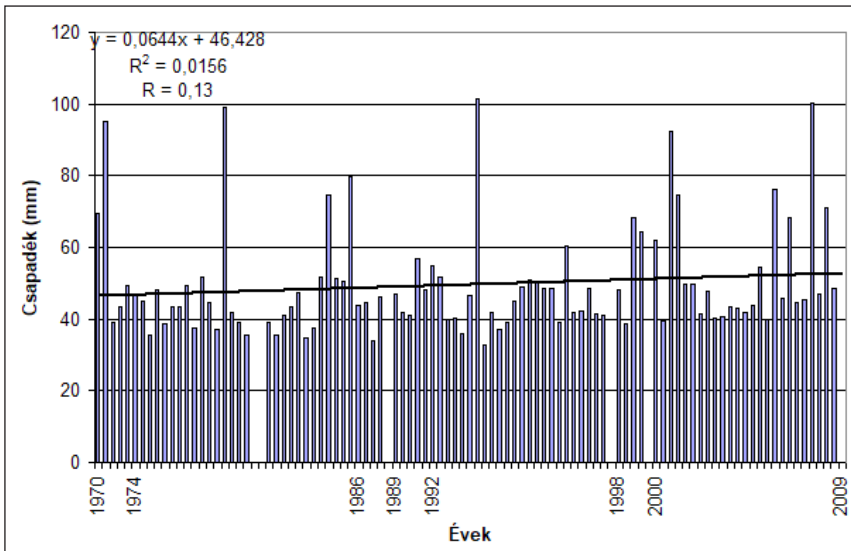
**21. ábra.** Az évi csapadékmennyiség változása Rahón 1970–2009 között



Forrás: Kárpátaljai Megyei Hidrometeorológiai Központ adattára, 2010. Saját szerkesztés.

Az árvizek idején lehulló csapadék mennyiségét vizsgálva arra a következtetésre jutottam, hogy az árvizek kialakulásához egy vagy több napon keresztül hulló 40 mm csapadékátlag fölötti vízmennyiség szükséges. A Felső-Tisza vidékén található rahói meteorológiai állomás adatait véve alapul (Kárpátaljai Hidrometeorológiai Központ adattára, 2011; 6. függelék) megvizsgáltam a csapadék 40 mm fölötti értékeinek (22. és 23. ábra) menetét az 1970 és 2009 közötti időszakban a rahói meteorológiai állomás adatai alapján (74 napon fordult elő) és az árvizek előfordulásának (3. ábra, 48. o.) adatait. A két kategória közötti kapcsolatot 17 esetben találtam meg, közöttük a két katasztrofális árvíz idejét is. 1998. november 4-én 64,4 mm, 2001. március 5-én 92,2 mm csapadék hullott Rahón és környékén. Összességében az adatok arra mutattak, hogy árhullám kialakulásához a napi csapadékmennyiségnek meg kell haladnia a 40 mm-t.

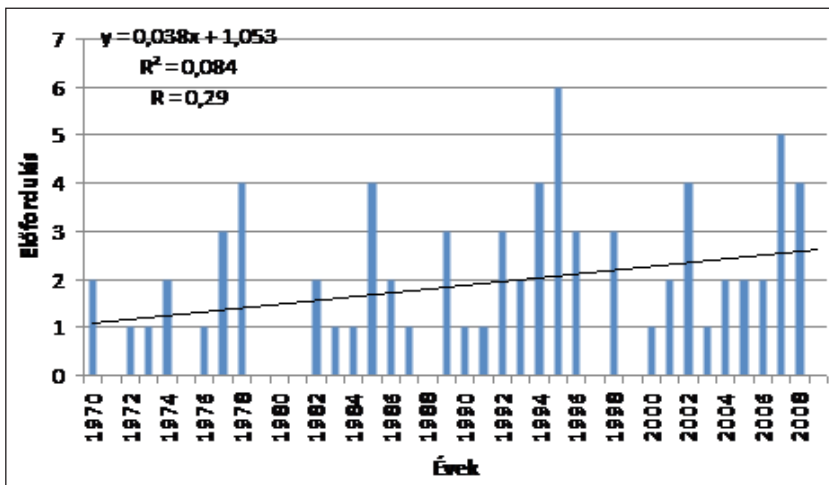
**22. ábra.** A csapadék 40 mm/nap fölötti értékeinek változása  
Rahón 1970–2009 között



*Forrás: Kárpátaljai Megyei Hidrometeorológiai Központ adataira, 2011. Saját szerkesztés.*

A napi 40 mm fölötti csapadékmennyiségek előfordulása 1970 és 2009 között (a trendvonalak szerint) enyhén emelkedő tendenciát mutat, de nem mutat szignifikáns változást.

**23. ábra.** A csapadék 40 mm/nap fölötti értékeinek előfordulása  
Rahón 1970–2009 között



*Forrás: Kárpátaljai Megyei Hidrometeorológiai Központ adataira, 2011. Saját szerkesztés.*

#### 4.2.5. Az éghajlat hidrológiai hatása

Az előbbiekben tárgyalt éghajlati adatok elemzésének tükrében megállapítható, hogy az évi középhőmérséklet és a csapadék évi mennyisége Kárpátalján az elmúlt négy évtizedben (1970–2009), ha kismértékben is, de növekedett. Az évi középhőmérsékleti átlag Beregszászban 1,6 °C-kal, Rahón 1,2 °C-kal növekedett. Emelkedtek az évi abszolút maximális hőmérsékletek (Beregszászban 4,1 °C-kal, Rahón 3,5 °C-kal) és a hőmérsékleti maximumok és minimumok közötti különbségek (hőingás), amelyek Beregszászban 1,2 °C, Rahón 4,0 °C emelkedést mutattak.

Eltérést fedeztem fel az évi abszolút minimális hőmérsékletek változása esetében is. Beregszászban 1,0 °C-os emelkedés, Rahón viszont -0,4 °C-os csökkenés figyelhető meg.

A csapadék mennyiségének vizsgálata alapján megállapítható, hogy a csapadék nem egyenletesen oszlik el az évek és hónapok során. Mindkét vizsgált meteorológiai állomás esetében a mennyiség növekedését figyelhetjük meg (Beregszászban 13 mm és Rahón 65 mm). A csapadék növekedésében szerepe lehet a blokkoló anticiklonoknak (Gyúró Gy. – Tóth T. 2008), amelyek szoros kapcsolatban állnak a jelentős mennyiségű csapadékkal járó időjárási helyzetek kialakulásával. A talaj- és növénytakaró összetételének, területi elterjedésének változása (Ács F. et al. 2008), vagy a felszín párolgási feltételeiben történő változások (Breuer H. 2009) magukkal hozhatják a csapadékmennyiség emelkedését is.

A beregszászi és a rahói adatsorok feldolgozása arra a következtetésre ad lehetőséget, hogy Kárpátalján a vizsgált időszak (1970–2009) alatt az éghajlati adottságokban kisebb változások mentek végbe, amelyek hatással lehetnek a természeti összetevők elemeinek állapotára, az összetevők közötti kapcsolatrendszerek változására.

Az előbbiekben tárgyalt éghajlati adatok elemzésének tükrében megállapítható, hogy Kárpátalján az utóbbi évtizedekben előforduló katasztrofális árvizeknek a legfontosabb okozati tényezője az átlagos és a lokálisan lehulló csapadékmennyiség (amely történhet esőzés vagy esőzés hóolvadással együtt is; Bodnar, V. et al. 1987) növekedése lehet. Ennek előidéző tényezőihez tartoznak: az évi középhőmérséklet fokozatos emelkedése, a hőmérsékleti maximumok és minimumok közötti különbségek lassú, de fokozatos emelkedése, a csapadék nem egyenletes megoszlása az évek, az évszakok és a hónapok során Kárpátalja különböző vidékein. Mindezek a tényezők befolyásolják az árvizek gyakoriságát, a kiöntések gyakoriságát az árterekre.

A vízgyűjtő éghajlati sajátosságai a legdőntőbbek az árhullámok kialakításában. Az árhullámok kialakulása szempontjából szinte kizárólag a csapadék- és a hőmérsékleti viszonyok alakulása a legfontosabb.

A vízgyűjtő Kárpát-medencei fekvése következtében elsősorban a nyugati, délnyugati irányból kapja azokat a nedves tengeri eredetű légtömegeket, amelyek az árhullámokat kiváltják. Az elemzéseim szerint az évi csapadéknövekedés általános a vízgyűjtő területén. Megfigyelhető azonban az is, hogy a növekedés mértéke kelet felé, azaz a Kárpátok magashegységi domborzatú tájai felé nagyobb. Ebben a tendenciában a domborzat hatását kell látnunk, amennyiben a magashegységi domborzat fékezi a légtömeg mozgását, és ezért időegység alatt (1 nap) több csapadék hullik egy adott területen.

A magasság növekedésével növekszik a hótakaró vastagsága is. Ez nemcsak azért van így, mert a magassággal növekszik a csapadék mennyisége is. Szerepet játszik a nagyobb hótakaró kialakulásában az időszakos hóolvadás hiánya is. A teleket tarkító időszakos hóolvadások ugyanis az alacsonyabb régiókban pusztítják a havat, de az olvadás a magasabban fekvő területeken nem következik be.

Jelentős hidrológiai hatása van a levegő hőmérsékletének is. Ez a hatás a ktavaszodás időszakában döntő jelentőségű. Az olvadás az alsóbb magasságokban kezdődik, az árhullámok, illetve az emelkedő vízállások víztömegei először az alsóbb, dombvidéki régiókból, majd később a közép- és magashegységi régiókból származnak. Az összegyűlekezési idő számításával kapcsolatos kollektív kutatásaink azt is jelzik, hogy az olvadék, illetve esővíz a vízgyűjtő keleti területein érkezik legelővidebb időn belül a mederbe.

Az elmúlt 40 év hőmérsékleti viszonyaival kapcsolatos elemzéseim viszont a klíma általános melegedésére utalnak. Ennek hidrológiai következménye, hogy a hóolvadásnak egyre nagyobb az árhullámkeltő szerepe. Vizsgálataim azonban azt is igazolták, hogy a magashegységi régióban (Rahó) a melegedés üteme kisebb.

Mi várható a jövőben? Ezzel a kérdéssel egyre többen foglalkoznak, felhasználva a technika újabb és újabb vívmányait (regionális és globális klímamodellek). Mindegyik szcenárió<sup>7</sup>-futtatás azt tételezi fel,

---

<sup>7</sup> Szcenárió – forgatókönyv.

hogyan a Kárpát-medencében a következő évtizedekben felmelegedés várható, amelynek értékei már nem egyértelműek. A *Légkör* tudományos folyóirat több cikkben is foglalkozott a jövő éghajlatkutatásával (Bartholy J. et al. 2008/a,b; Radvánszky B. 2009; Radvánszky B. – Jacob, D. 2008; Krüzselyi I. et al. 2011). A XXI. évszázad végéig a hőmérséklet emelkedése a Kárpát-medencében minden évszakban meghaladja a 2,5 °C-ot (Bartholy J. et al. 2008/a), a csapadék értékeinek emelkedését összességében nem mutatják ki, azonban említik a csapadékeloszlás átrendeződését (Bartholy J. et al. 2008/a) (nyáron kevesebb, télen több). A feltevéseket a kutatócsoport következő cikke csak megerősítette (Bartholy J. et al. 2008/b).

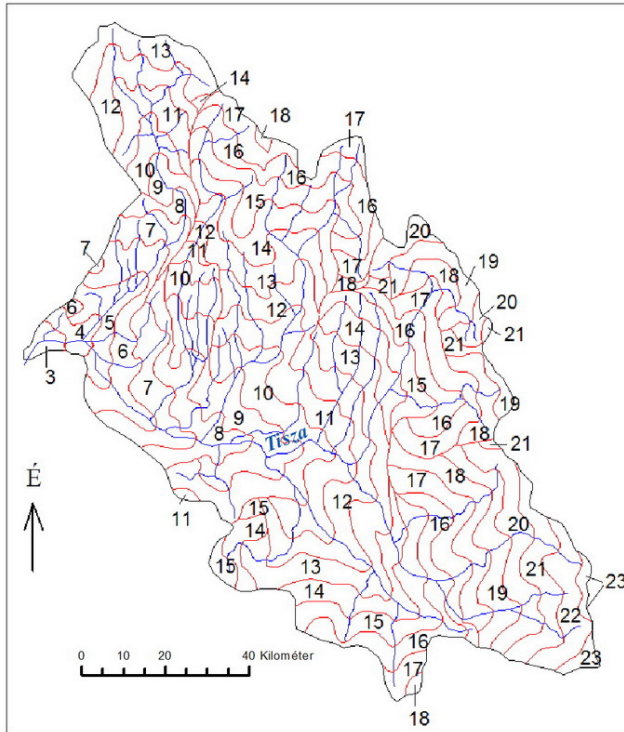
### 4.3. A domborzat hidrológiai hatása

A domborzatnak nagy szerepe van a vízhálózat kialakulásában és formálódásában, a lefolyás mértékének és sebességének növekedésében. A hegyoldalak lejtésének mértéke alapján 4 fokozatát különböztetik meg a lejtőknek: lankás hegyoldalak (0–12°), enyhén dőlt lejtők (13–20°), meredek lejtők (21–30°) és erősen meredek lejtők (több mint 30°). A Kárpátokban a meredek lejtők vannak többségben (60,6%), míg a többi (30,4%) a lankás és enyhén dőlt lejtők kategóriájához tartozik (Hnyidenko, V. 1997). Ez az összetétel hátrányt jelent a fakitermelésben, de előnyös a lefolyás növekedése szempontjából.

A 2002-ben végzett kutatásaink a Nagy B. által vezetett kutatócsoportban (Nagy B. et al. 2002) megállapította a lefolyási időt a Tisza vízgyűjtőjéhez tartozó folyókon (24. ábra). Az eredmények arra világítottak rá, hogy a Tisza forrásvidékéről a nagyszőlősi Tisza-híd szelvényéhez (árvizek idején) a víz kevesebb, mint egy nap alatt (21 óra) jut el.

A vízfolyás adott szelvényébe a vízgyűjtő különböző részeiről eltérő idő alatt jut el a lefolyó víz. A mederszelvényen átfolyó víz mennyisége az egyidejűleg odaérkező vizekből tevődik össze. Azt az időt, amely a teljes vízgyűjtő terület vízszállításba való bekapcsolódásához szükséges, összegyűlekezési időnek nevezzük.

**24. ábra.** A Felső-Tisza vízgyűjtőterületének lefolyási időtérképe a nagyszőlősi híd szelvényéhez (kék színű vonalak – a Tisza és mellékfolyói, piros szín – óránkénti izokrónok)



*Forrás: Nagy B. et al. 2002; Molnár J. – Gönczy S. – Sándor A. 2003.*

A vízszállításba bekapcsolódott területek méretének meghatározásához ismerni kell a lefolyási időt a vízgyűjtő egyes pontjairól, amely két részből áll: a terep felszínén történő vízmozgás idejéből és a mederben végbemenő lefolyás idejéből (Molnár J. – Gönczy S. – Sándor A. 2003). A terep felszínén történő lefolyást a Korbély–Kenessey-képlet alapján lehet meghatározni (V. Nagy I. 1975; Almássy E. 1977):

$$v = 2\sin(\varphi^{0,6}),$$

( $v$  – a víz sebessége, m/s,  $\varphi$  – a lejtő hajlásszöge, fokokban).

A völgyoldalon mozgó víz sebességének képlete (Stelczér K. 2000):

$$v = 1070P^{1,5} I^{1,16},$$

( $v$  – a víz sebessége, m/s,  $P$  – csapadékmagasság, m,  $I$  – a terep esése, m/m).

A vízmozgás sebessége a lejtőn nagymértékben függ a lejtőszögtől. A Felső-Tisza vízgyűjtőjén a 20–30° közötti lejtők vannak többségben, amely 0,21–0,27 m/s-os lefolyási sebességet eredményez. Figyelembe véve a vízmozgás sebességét a lejtőn, a megtett út hosszát, a lefolyás megindulásának késleltetését (a növényzet átázása, a talajfelszín vízzel való telítődése, a kisebb mélyedések feltöltődése stb.), vízgyűjtőre hulló intenzív eső két óra alatt az egész felszínről mederbe jut (Nagy B. et al. 2002; Molnár J. – Gönczy S. – Sándor A. 2003).

A vízsebesség és az úthossz alapján ki lehet számítani a lefolyás mederben végbemenő idejét, amely a mederben kialakuló középsebesség alapján (Chézy-képlet) történik:

$$v_k = C \sqrt{mI},$$

ahol  $m$  – átlagos vízmélység,  $I$  – a vízfelszín esése,  $C$  – sebességi tényező.

A Talaboron és a Nagyágon végzett kutatásaink azt a tényt igazolták, hogy a csúcsárvízi viszonyok között a lefolyási idő a Talabor és a Nagyág vízgyűjtőjén jelentősen csökken a magasabb vízállásnak megfelelő gyorsabb folyás következtében. A Talaboron ennek értelmében az összegyülekezési idő – a mederbe gyülekezést nem számítva – mindössze 11 órának adódott, míg a Nagyág megfelelője 10 óra volt (Nagy B. et al. 2002). A Komonyi É. és munkatársai által vezetett kutatások a kisvízi lefolyást vizsgálták, amely szerint a Talaboron a két folyó forrásvidékeinek és a torkolattól nem messze beömlő kis esésű, viszonylag rövid mellékágainak a kisvízi lefolyási ideje közel azonos, 30–40 óra körüli (Komonyi É. et al. 2003).

A vízgyűjtőben a pleisztocén óta szakaszos emelkedés következtében a kialakult lejtésviszonyoknak van igen nagy szerepe az árhullámok kialakulásában. Általában megállapítható, hogy a reliefenergia növekedésével egyenesen arányos a domborzat okozta fajlagos (l/sec/km<sup>2</sup>) felszíni lefolyás.

E tekintetben régiók határozhatók meg a tanulmányozott térségben. A Tisza-közeli térségben, elsősorban a nyugati területeken a terjedelmes síknak nincs árhullámkeltő szerepe. Ebben a térségben a mellékvizeknek az árhullámai a lelassuló mederbeli áramlás következtében már ellapultan érkeznek.

Ehhez a zónához azonban a hozzávetőlegesen 500–600 m tszf. magasságig terjedő hegységi előtérnek, amely dombvidéki jellegű már



figyelemre méltó az árhullámmagasság növelő szerepe. Ez a régió is a Kárpátalja nyugati részén elterülő medencesíkság északi és északkeleti szomszédságában jellemző. Ebben a régióban tehát a növekvő relief-energia következtében az összegyülekezési idő rövidül.

A vízgyűjtő legnagyobb kiterjedésű régiója közép, illetve magas-hegységi jellegű, ahol a legrövidebb az összegyülekezési idő. Ebben a térségben a legrövidebb az összegyülekezési idő, és a legnagyobb a lefolyási arány. A magas árhullámok víztömegei elsősorban ebben a régióban keletkeznek.

A Kárpátok hegységrendszerének kőzetféleségei csaknem azonosan hatnak az árvizeket kiváltó csapadéokra, amennyiben minden kőzetfajta keskeny, szűk repedésekkel tagolt, tehát rossz víztartó képességű, és ezek a kisvízhozamú, de állandó vizű forrásokon át vezetik a felszínre a vizet. Egyedül a Máramarosi-havasok jura mészköve rejt sok karsztvizet, de ennek a kőzetnek kicsiny a kiterjedése. Erre a kicsiny zónára a kőzetminőség következtében a hidrológiában ismert ún. késleltetett lefolyás a jellemző, amely azt jelenti, hogy az érkezett csapadékból előbb feltöltődik az üreghálózat, és csak ezt követően ürül ki. Ennek következtében ez az elenyésző jelentőségű folyamat elhúzhatja az árhullám lefolyását.

A felszíni vízhálózat árhullámszemponturnak értékelése során előtérbe kerül a hálózat égtáji irányultsága, és a vízgyűjtők alakja. A Tisza mellékvizei általában délies irányúak. Vízgyűjtőjük alakja É–D irányban hosszan elnyúlt. Ebből adódóan a mellékvizek mellékágai rövidek, tehát a hálózatnak ez a sajátossága az egyre rövidebb összegyülekezési idő irányába hat. Ugyanazon csapadékmennyiség hatására tehát (a hálózat jellege következtében) a csapadék rövidebb idő alatt érik el erózióbázisukat, azaz a Tiszát. Különösen jellemző ez a helyzet a vízgyűjtő keleti részén, ahol az élénk domborzat a Tiszáig tart. A vízgyűjtők elnyúlt alakja következtében az érkezett csapadék igen rövid idő alatt, és a mellékág teljes hosszában érkezik a mellékvíz medrébe. Ennek következtében ezekben nem képződik jelentős, és hosszan tartó árvíz. A Tiszának mint befogadónak a medrében viszont ezért a csapadékhullást követően viszonylag rövid időn belül heves árhullám keletkezik. A tiszai heves árhullámok keletkezésében tehát nemcsak a nagy reliefenergia (lejtősődés), de a mellékvizek hosszan elnyúlt alakja is szerepet játszik.

## 4.4. A növényzet (erdő) szerepe az árvizek kialakulásában

### 4.4.1. Az erdő csapadék-visszatartó és -tározó szerepe

A természetes növénytakaró legfontosabb összetevői az erdők. Az erdők életfeltételeit elsősorban a víz határozza meg, de az erdő hatást gyakorol a vízháztartás fontosabb elemeire. Az erdőkkel borított területekről lényegesen több víz párolog el intercepció<sup>8</sup>, evaporáció<sup>9</sup> (felszíni párolgás) és transzspiráció<sup>10</sup> (hasznos növényi párologtatás) formájában, mint fedetlen területekről (Nagy B. et al. 2002).

Az erdei avarszint feltöltődik a nedvességgel, innen a talajban keletkező rések, repedések elvezetik a mélyebb rétegekbe a légköri csapadékvizet és az olvadó hólét. Az erdő késlelteti a lehulló hó gyors olvadását, amely szabályozza a felszíni lefolyást, a folyók táplálását, növekedik az összegyülekezési idő.

Az erdők vízvédelmi szereppel is rendelkeznek. Az erdők, a folyópartok, tópartok melletti erdősávok szabályozzák a vízgyűjtő medence vízjárását, a partok erózióját stb.

Az erdők növényzete árnyékoló és szélvédelmi hatással is bír, amely enyhíti az intercepciós és evaporációs folyamatokat, az avartakaró evaporációt korlátozó jelentőségű (Mátyás Cs. 1996). Az erdő intercepciós és evaporációs vesztesége, összehasonlítva a művelt mezőgazdasági földekkel, magasabb (Mátyás Cs. 1996), azaz alacsonyabb a talajba jutó vízmennyiség. Az intercepció mértéke a fenyves erdőkben 30–40%, a lomblevelű erdőkben 10–20% (Szviridenko, V. 2007). Ökológiai szempontból az erdők jelentősége felbecsülhetetlen: szabályozzák a folyók vízhozamát, meggátolják a talaj lepusztulását és a földcsuszamlást a meredekebb hegyoldalakon, oxigénnel dúsítják a környezetet, nyáron védik a talajt a kiszáradástól. A földre csapadék formájában kihulló vízmennyiség jelentős része az erdőknek köszönhetően átszivárog a talaj mélyebb rétegeibe, és mint talajvíz, számtalan forrást táplál. Ezért a fajlagos lefolyás (l/sec km<sup>2</sup>) is nagyobb.

Az erdők nagy vízmennyiséget képesek transzspirálni. Egy hektári kifejlett tölgyes napi 25 ezer liter vizet szív fel és párologtat el.

<sup>8</sup> Intercepció – a csapadék által benedvesített növényi felületről elpárolgó víz.

<sup>9</sup> Evaporáció – a vízfelületekről és a talajfelszínről közvetlenül elpárolgó víz.

<sup>10</sup> Transzspiráció – a biocönózis tagjai által aktívan felhasznált víz.

A növények párologtatása következtében egységnyi területen fellépő vízveszteség az egységnyi szabad vízfelület-párologás okozta vízveszteségének többszöröse is lehet. Közép-Európa éghajlati viszonyai között az evaporáció mértéke mintegy 1000 t/(ha×év), ugyanakkor az evapotranszspirációt<sup>11</sup> 3–7000 t/(ha×év) értékűre becsülik (Moser M. – Pálmai Gy. 1999).

A visszatartott eső vékony rétegben, mintegy filmszerűen tapad a levélfelületre, ágakra, a növények törzsére. A potenciális intercepció<sup>12</sup> és az intercepciós veszteség<sup>13</sup> által a növényzet fokozatosan juttatja vissza a nedvességet a légkörbe.

A növényzet csapadék-visszatartó és -tározó képessége növényi adottság, növényenként és a növény fejlődési szakaszát követően változó. Az intercepció szoros összefüggést mutat a levélfelület nagyságával. Ez utóbbi a levélfelület-indexszel jellemezhető. A levélfelület-index (LAI) az 1 m<sup>2</sup> talajfelületre (tenyészterületre) jutó négyzetméterben kifejezett levélfelület. Értéke függ a növényfajtól, valamint a fejlődési szakasztól. Értéke az egyes növényekre általában 0,5 és 12 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> között változik. A levélfelület-index változásának megfelelően a potenciális intercepció mintegy 0,3 és 9 mm között változik (Vermees L. 2001). A legkisebb potenciális tározóképeséggel a lágyszárú növények rendelkeznek, majd ezt követik a bokros és cserjés növények, a lombhullató fák, végül a legnagyobb a tűlevelű fák. A fák levélzete által visszatartott csapadék nagysága jól követi az évszakok változását. Lombhullató fák intercepciója télen minimálisra csökken, ezzel szemben a tűlevelű fák télen is jelentős hócsapadékot képesek visszatartani.

A növényekkel felfogott csapadék egy része a légmozgások következtében vagy a növények szárán vagy a fák törzsén lecsurogva eljut a talajfelületig, ezért a tényleges, gyakorlati intercepció kisebb, mint a potenciális intercepció. Az intercepció nagysága a csapadék tulajdonságától (a csapadék nagysága, intenzitása, a lehulló cseppek nagysága és energiája) is függ.

<sup>11</sup> Evapotranszspiráció – a növényzettel fedett felületek párologása, a párologást meghatározó összetevők (evaporáció, transzspiráció) együttesen.

<sup>12</sup> Potenciális intercepció – az a csapadékmennyiség, amelyet a növényzet szélmentes időben maximálisan képes visszatartani és átmenetileg tárolni, majd ez a csapadék visszapárolog a légterbe.

<sup>13</sup> Intercepciós veszteség – az a vízmennyiség, amely a lombozatra és a törzsre jutva ezeket bednedvesíti, majd hasznosítatlanul a levegőbe távozik.

A nagy felületű növények egy-egy eső alkalmával 2–3 mm csapadékot is képesek visszatartani, erdők esetében az intercepció elérheti az évi csapadék 25–35%-át is (Vermes L. 2001).

Az intercepció függ a fafajától, az erdő növénytakarójától, a csapadék intenzitásától és hosszától. A fenyvesekben az intercepció 30–40%, a lombos erdőkben 10–20% lehet (Szviridenko, V. 2007). A lehulló csapadéknak egy része lecsorog a törzsön (a sima felületű törzsön a lefolyás nagyobb), például a nyírfa esetében (Szviridenko, V. 2007) ez 3–4%-kal egyenlő.

A füves, mohás takaró 5–6 mm csapadékot tud visszatartani, míg az erdei avar képes csaknem 10 mm-t (Szviridenko, V. 2007), vagy olvadó havat akkumulálni. Az avar fokozatosan veszti el ezt a nedvességet, amelynek egy része elpárolog, másik része a talajba szivárog. Az erdő nedvességvesztése a párolgás eredményeként megy végbe, de ide tartozik a gyökérzet nedvességelszívása a talajból és a transpiráció is. Más növényi társulásokhoz viszonyítva az erdő nagyobb mennyiségű csapadékot képes elpárologtatni.

A fenyves erdők a legnagyobb mennyiségű vizet 40–60 éves korukban tudják elpárologtatni; területük csökkenésével, vagy más fafajtákra való cseréjük esetén a párolgás csökken, és az adott terület mocsaras területté alakulhat át. A hegyvidéki területeken növekedhet a lefolyás, a meredek lejtők tarra vágása a csúcsvízhozamot 500–600%-kal növeli (Vermes L. 2001).

Erdős területeken a csapadék felszín közeli visszatartásában és tározásában a felszíni avartakaró fontos szerephez jut, amely a talaj felső, gyökérzettel átszótt és fellazított rétegével a szivacshoz hasonlóan magába gyűjti és visszatartja a csapadékot, majd a telítődést követően fokozatosan és egyenletesen adja le a vizet. A felszíni csapadék tározódása a lefolyás megindulását kisebb-nagyobb mértékben késlelteti, amelynek mértéke a terepadottságoztól, a lejtéstől, a felszín érdességétől, erdőkben az avartakaró vastagságától függ. Ha az avartakaró vastag, vízleadása adott csapadékot követően akár napokig, sőt hetekig is eltarthat. Az ideiglenesen tározott víz egy része elpárolog, tovább csökkentve a csapadék lefolyást adó hányadát. A felszín elérő csapadéknak a beszivárgással és a lefolyás megindulása előtt bekövetkezett párolgással csökkentett hányada a lefolyásképző csapadék (Nagy B. et al. 2002).

A vízgyűjtő természetföldrajzi adottságai, domborzata, geológiai felépítése, talaja, továbbá a területhasználatok jellege vízgyűjtőnként

erősen változik és emellett a vízgyűjtőnként eltérő éghajlati adottságok jelentősen befolyásolják a lefolyás és az összegyülekezés folyamatát, a vízgyűjtő vízrajzi arculatát. A lehulló csapadék nagyobb hányada a növények testén keresztül jut vissza a légterbe, ezért a növényzet fontos szerepet játszik a lefolyás és az összegyülekezés alakításában, a lefolyás felszíni és felszín alatti hányadának megoszlásában. Az erdő vízszabályozó szerepe a fajösszetételtől, a fák korától, produktivitásától, az erdők elrendeződésétől függ (Csubatij, O. 1968).

Az erdős területek a különféle emberi tevékenységek által megváltoztatott adottságai a lefolyási folyamatokat is megváltoztatják, mint például a természetes növénytakaró megbontása. Az erdőirtások a felszíni lefolyás és szélsőségeinek megnövekedését idézik elő. A tapasztalatok szerint egyedi csapadék esetében a legnagyobb felszíni lefolyást az ugar adja, amelyhez képest a lefolyás ritkasoros növények természetesen 5–15%-kal, sűrűsoros növények és gyep természetesen 5–20%-kal, erdővel borított talajon 30–50%-kal kisebb a lefolyás a csapadék 10–40 mm tartományában (Vermes L. 2001).

Az erdő vízháztartása az egyéb művelési ágakhoz tartozó területektől különbözik, sajátosságait elsősorban az a körülmény befolyásolja, hogy területe évtizedes tenyészidejű, olyan növényekkel fedett, amelyek egyrészt koronájukkal sajátos módon befolyásolják a csapadék talajra jutását, másrészt gyökérzetükkel különböző, általában mélyebb talajrétegeket tárnak fel és kötnek meg. Leglényegesebb sajátossága az erdőnek azonban az, hogy évente képződő avartakarója jó víztározó és a talaj vízgazdálkodásának tekintetében lényeges fizikai tulajdonságainak elsőrendű alakítója, javítója. Az erdő vízháztartása is az érkező, a felhasznált, az ideiglenesen tárolt és a tározó vízmennyiségek összetevésével jellemezhető (Vermes L. 2001).

A fák koronáján átjutó víz mennyiségét a csapadék mennyisége nagyban befolyásolja, de az állományt alkotó fák faja és kora is meghatározó. A 9. táblázatban a bükkerdők és a fenyvesek koronáin átjutó csapadékmennyiséget tüntettük fel a fák korának és csapadékinzintezésének függvényében (Csubatij, O. 1968).

Az erdő vízháztartása sajátos módon befolyásolja a vízgyűjtőről lefutó vízhozam méretét és mennyiségét, azaz a vízleadás folyamatát. Az erdő a csapadék mederbekerülését időben széthúzza, késlelteti, visszatartja a nedvességet pedig tárolja (Nagy B. et al. 2002).

**9. táblázat.** A fák koronáin keresztül átjutó csapadékmennyiség a vegetációs időszakban (%)

Az állományt alkotó fafajok	Az állomány kora (év)	Lehulló csapadék mennyisége, mm							
		0–1	1,1–2,0	2,1–5,0	5,1–10	10,1–20	20,1–30	30,1–40	40,1–50
bükk	90	18,0	30,0	58,8	71,4	79,4	83,6	90,0	96,8
fenyő	75	28,6	31,5	40,4	55,1	71,9	74,9	76,3	82,9

*Forrás: Nagy B. et al. 2002.*

Az erdősültség 1%-os csökkenése 2–2,5%-kal csökkenti az általános lefolyás mértékét (Hensziruk, Sz. – Bondar, V. 1973). Az erdősültség növekedése a rövid idő alatt lehulló nagy mennyiségű esőzések és a tavaszi hóolvadás esetén a felszíni lefolyás mértékét, a vízszintek növekedését idézi elő a folyókban. A talajba beszivárgó vízzel csökken a lefolyásban résztvevő víz mennyisége, mert csak egy idő múlva bukkan ismét a felszínre forrás formájában. Ez az árhullám csökkenését, a lefolyás intenzitásának a mérséklődését, a folyó egyenletes vízhozamát eredményezi.

Az Amerikai Egyesült Államokban végzett kutatások megállapították, hogy az erdő tarra vágása kis csapadékú területeken 17%-kal, nagy csapadékú területeken több mint 40%-kal növelte az árvízhozamot (Vermes L. 2001). A meredek vízgyűjtők tarra vágása a csúcsvízhozam 500–600%-os növekedését is okozhatja.

Különleges szerepe van az erdőknek az őszi–téli–tavaszi időszakban, amikor a fák nagy része nem rendelkezik lombozattal. A fák ebben az időszakban elősegítik, de mindemellett lassítják (a hőmérséklet emelkedésekor) a hó olvadását (Vermes L. 2001). Az olvadás folyamatában keletkezett olvadékvíz beszivárgását a talajba elősegíti az erdei talaj, de a beszivárgás intenzitása és az elnyelt víz mennyisége függ az erdei talaj avarrészének állapotától. Minél jobb minőségű a talajállomány, annál kisebb mélységig fagy át, és így nagyobb mennyiségű vizet tud elnyelni.

**4.4.2. Kárpátalja erdősültségének változása a XX. század végéig**  
Kárpátalja területe a XIX. század közepéig Európa egyik legnagyobb mértékben erdővel borított vidékeihez tartozott. A korabeli térképek, amelyek az adott vidéket is ábrázolják, magas erdősültségről tanúskodnak, legyenek azok síkvidéki vagy hegyvidéki területek. A faállomány

jelentős mértékű kitermelése a XVIII. század végén XIX. század elején kezdődött, amely negatív természeti folyamatokhoz vezetett. Az első árvizek és szél általi fakidölések ebben az időben jelentek meg. A XIX. század közepéig katasztrofális jellegű árvizek 20 évente egyszer fordultak elő (Lisztópad, O. 2001).

Kárpátalja erdeinek intenzív felhasználása a XIX. század 70-es éveitől kezdődött, amikor növekedtek a szükségletek a fakészletekben. A fakitermelés a kezdetekben a folyókhoz közeli területeken folyt, ahonnan az elszállítást a feldolgozóhelyekre faúsztatással oldották meg. Azonban a kitermelés növeléséhez újabb területeket kellett meghódítani, közlekedési utakra lett szükség, amelyek segítségével a folyóktól távolabbi területeken is folytathatták a kitermelést. A vasút építésével nőtt a fakitermelés és fafeldolgozás. Ebben az időben négy fafeldolgozó fűrész-gőzgép és 11 vízzel hajtott fűrésztelep működött Kárpátalján (Miscsenko, Sz. et al. 1973), amelyek többsége a Felső-Tisza vidékén helyezkedett el (Bustyaháza, Nagybocksó, Uszty-Csorna, Borkút stb.).

Az erdők és a fakészletek helyi földesurak tulajdonában voltak. A kitermelés növekedésével befektetők, vállalkozók jelentek meg, akik a haszon növelése érdekében olcsón megvásárolták, csaknem ingyen szerezték meg a jogot a kincstártól és a földesuraktól, a kárpátaljai erdővel fedett területek kihasználását. Kárpátalja erdőinek összterülete 1870-től 1912-ig 980,121 ezer ha-ról 842,012 ezer ha-ra csökkent, vagyis csaknem 15%-kal (Bjelouszov, V. et al. 1969).

A fakitermelő és fafeldolgozó ipar Kárpátalján a XX. század 20-as éveiben a gazdaság vezető ágazatává vált. Intenzív fejlődését a meglévő nagy területű erdő és a benne lévő értékes fafajták alapozták meg. Az 1920-as évek elején Kárpátalján közel 40 fafeldolgozó vállalat működött, de a számuk hamarosan 46-ra emelkedett. A nagyobb vállalatoknál évente 160 ezer m<sup>3</sup> fát dolgoztak fel (Hrancisak, I. et al. 1995).

A Kárpátok erdeinek értékes fafajtaí (Picea abies, Abies alba, Quercus, Fagus stb.) iránti növekvő kereslet maga után vonta növekvő kitermelésüket. 1921–1925 között – az ungvári, a bustyaházai és a rahói állami erdészetek adatai szerint – 512 ezer m<sup>3</sup>-t, 1926–1930 között több mint 766 ezer m<sup>3</sup> fát készleteztek (Hrancisak, I. et al. 1995). 1930-ban az erdős területek Kárpátalja 48,5%-át foglalták el (612 338 ha) (Hrancisak, I. et al. 1995), vagyis az erdősültség 1912-től 1930-ig 27%-kal (230 ezer ha) csökkent. Erősen csökkent a faállomány a nagyobb vízfolyásokhoz, településekhez közeli és a könnyen elérhető területeken (25. ábra).

A távolabb eső fakitermelési helyekről a fát keskeny nyomtávú vasúttal szállították el, majd tovább folyókon úsztatták le a gyűjtőhelyekre (Rahó, Nagybocksó, Taracköz, Bustyaháza stb.). Sok helyen a faúsztatást a folyók alacsony vízállása nehezítette, amely probléma kiküszöbölésének érdekében duzzasztógátákat, víztározókat hoztak létre. A tározóhelyektől a fát hosszú tutajjává (bokor) összekötve és a távolabbi feldolgozó központokig (Tiszaújlak, Szolnok, Szeged stb.) leúszatták, onnan közúton, vagy vasúton szállították a megrendelőknek Európa nagyvárosaiba (Ausztria, Németország, Csehország stb.).

**25. ábra.** Letarolt domboldalak Kőrösmező környékén (Rahói járás)



*Forrás: saját felvétel, 2010.*

Az 1945 után, az 50-es évek közepéig a Kárpátok erdőfelhasználása extenzíven, nem gazdaságosan folyt. Gyorsított ütemben növekedett a fakészletezés, amely főleg az erdők legkönnyebben elérhető részein (folyók mentén, települések környékén, fafeldolgozó központok közelében) történt. A fakitermelés mértékét, amely meghaladta az ésszerűen megengedettet, az ország háború utáni helyreállítási szükségleteinek ki-elégítésével magyarázták.



A II. világháború utáni időszakban, az 1944–1953 közötti években, a fakitermelés által a Kárpátok kárpátaljai, lemergi (Ivivi) és ivano-frankovszki területein 70,1 millió m<sup>3</sup> fát készleteztek a népgazdaság szükségleteinek kielégítésére (Vaszjuta, Sz. 1991). Kárpátalján a fakitermelés meghaladta a 3 millió m<sup>3</sup>-t (Sztudenyak, P. – Krajilo, M. 2001), amely többszörösét tette ki az észszerű, megalapozott kitermelésnek. 1956-ig a Kárpátokban 279,4 ezer hektáron vágták ki az erdőt és csak 186,6 ezer hektáron végeztek erdőfelújítást (Lisztopad, O. 2001). A népgazdasági tervekben előirányzott fakitermelést túlteljesítették, 1956-ban már az 1967-es év számlájára vágták az erdőt.

A szovjet időszak kezdetéig a fakitermelésben többnyire betartották az észszerű kitermelési mennyiséget, a munkát az akkori erdészeti tudományban elért legújabb vívmányok alapján végezték, a háború után azonban a fakitermelés többszörösen meghaladta a megengedhető mértéket (Komendar, V. et al. 1991). Az intenzív fakitermelés ahhoz vezetett, hogy a megye erdőszűlése az 1960-as évek elejére alig haladta meg a 40%-ot.

A Kárpátok erdeinek rohamos csökkenése miatt új korszak kezdődött az 1950-es évek végétől, amikor a gazdaságos erdőfelhasználás útjára tértek át, csökkentve a fakitermelés mértékét. 1959 végén Kárpátalja, Ivano-Frankovszk és Csernovci megyék területén *Kárpáti kísérlet* (Karpatszkij experiment) címmel, először az országban erdészeti vállalatokat (Pl.: Zakarpatlisz) alakítottak meg (erdészeti kombinátokat), amelyek az erdő- és fafeldolgozó Ipari Minisztériumhoz tartoztak (Vaszjuta, Sz. 1991). A minisztérium keretei között egy technológiai folyamatban kapcsolták össze az erdőhasználatot, az erdőültetéstől a teljes felhasználásig. Az erdészeti kombinátoknak az volt a feladatuk, hogy megőrizzék a késztermékek kibocsátásának ütemét, csökkentve a fakitermelést, növelve a fa teljes felhasználásának mértékét. Tudományos keretek között egyesítették az erdőgazdálkodási, az erdőkészletezési és a fafeldolgozó ágazatokat egységes erdőipari komplexumba, a fakészletek gazdaságos felhasználására és a széles körű erdőújítások elvégzésére.

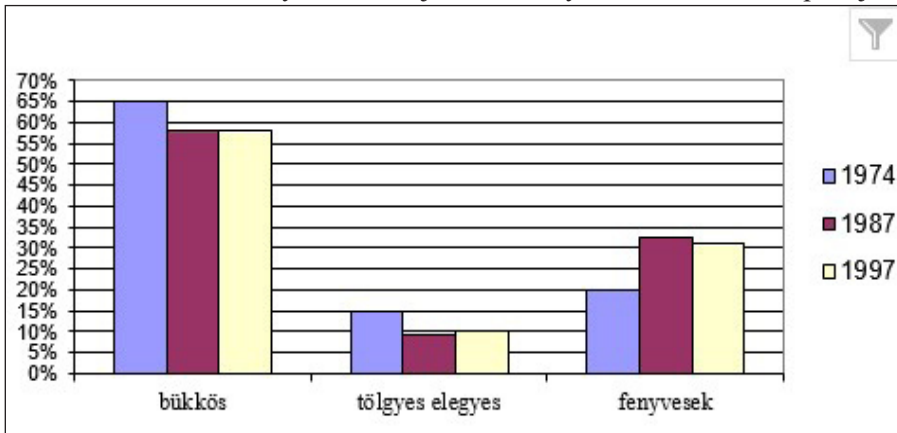
1961-től a viharkárok megelőzése, az antropogén hatások csökkentése és a sikeresebb erdőfelújítások érdekében az erdészek kiválasztott, helyenkénti fakitermelést vezettek be, majd 1962-től vegyes fajtájú faültetést végeztek (Vaszjuta, Sz. 1991). Az 1969-es évben kiadott statisztikai évkönyv az erdővel borított területet 524 ezer hektárra becsüli (Kárpátalja népgazdasága 1969), amely a megye területének 41,1%-a volt.

Az 1961–1988 közötti időszakban az 1960-as évek elején szervezett „Zakarpatlisz” erdőipari egyesülés háromszorosan csökkentette a fakitermelést a fő felhasználási területeken, bevezették a faanyag teljes mértékű felhasználásának technológiáját, a késztermékek progresszív kibocsátását. A bevezetett új munkafolyamatok eredményeként a megye erdősültsége az 1980-as évek végére elérte a csaknem 700 ezer hektárt (Vaszjuta, Sz. 1991).

Az erdők korösszetételében 1966-ban a fiatalkorú faállomány volt többségben, míg az érett fák állománya a legkisebb területet foglalta el. A korösszetételben a fiatal erdők 34,0%-ot, középkorúak 27,7%-ot, az érettek 14,9%-ot, a túlértek 23,4%-ot (Hensziruk, Sz. – Bondar V. 1973) jelentettek. Változott az erdők fajösszetétele is. Csökkent a bükkös és a tölgyes erdők, növekedett a fenyves erdők részaránya (26. ábra) a kárpátaljai erdők összterületében (Fodor, Sz. 1974; Bodnar, V. et al. 1987; Fedurca, I. et al. 1997).

Az 1970-es évek közepére Kárpátalja területén két fafeldolgozó ipari gócot (szolyvai és tereszva-bustyaházai) hoztak létre, amelyekhez 15 fafeldolgozó kombinát tartozott (Tupicija, J. – Petrov, A. – Szinyakevics, I. 1976).

**26. ábra.** A fő állományalkotó fafajok részarányának változása Kárpátalján



*Forrás: Nagy B. et al. 2002.*

A fafeldolgozó üzemek fokozódó nyersanyagigénye és a lakosság tüzfaiigényének növekedése ahhoz vezetett, hogy az 1960-es évek végére és az 1970-es évek elejére újra csökkent az erdők területe (10. táblázat).

**10. táblázat.** Az erdővel borított területek részarányának változása az összterülethez viszonyítva 1870–2000 között (%-ban)

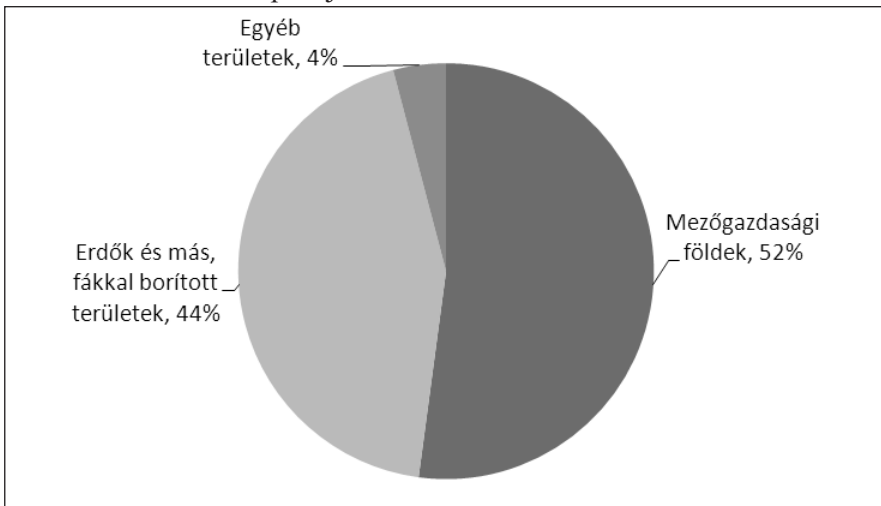
	1870	1912	1930	1955	1966	1968	1983	1990	2000
<b>Erdősültség</b>	76,9	66,0	48,0	47,7	46,6	41,1	48,9	56,2	56,3

*Forrás: Bjelouszov, V. et al. 1969; Hrancsak, I. et al. 1995; Hensziruk, Sz. – Bondar, V. 1973; Marinics, O. 1989; Kárpátalja népgazdasága 1969; Vaszjuta, Sz. 1991; Kárpátalja 2009. Saját szerkesztés.*

#### 4.4.3. Kárpátalja erdősültsége a jelenkorban

Ukrajna függetlenné válása után (1991) Kárpátalja földterületének szerkezetében változások történtek (27. és 28. ábra). A mezőgazdaság által használt földterületek 1988-tól 2009-ig 212 ezer hektárral csökkentek.

**27. ábra.** Kárpátalja földterületének szerkezete 1988-ban



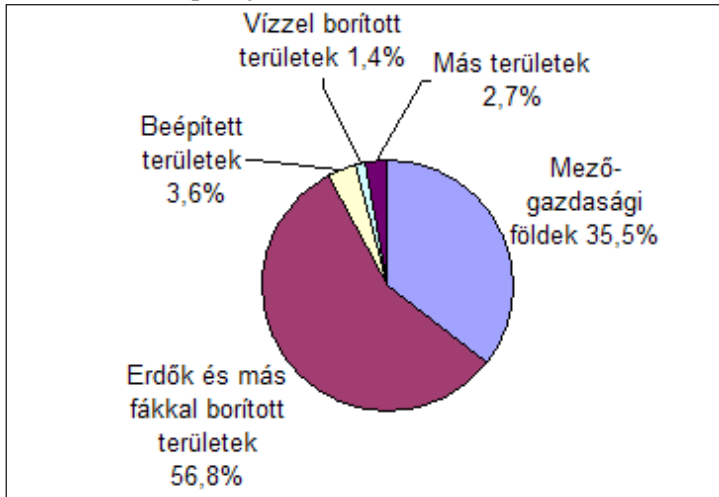
*Forrás: Kárpátalja népgazdasága 1989. Saját szerkesztés.*

Ezzel szemben növekedtek az erdővel borított és a beépített területek. Az erdők és más fával borított területek már az 1998-as és a 2001-es nagy árvizek idején meghaladták a 700 ezer hektárt, vagyis a megye területének több mint 55%-át.

Az egy hektárra számolt fanövekedés Kárpátalján 5,2 m<sup>3</sup>, vagyis a megye erdeiben évente 2,3–2,8 millió m<sup>3</sup> faállomány-növekedés figyelhető meg. A kitermelhető faállomány 1,3–0,8 millió m<sup>3</sup>, amelynek

csak egy része (300–500 ezer m<sup>3</sup>) kerül kivágásra (Sztudenyak, P. – Krajilo, M. 2001). Sok esetben azonban a térképen nem tüntetik fel a kisebb fakitermelési területeket (29. ábra).

**28. ábra.** Kárpátalja földterületének szerkezete 2009-ben



*Forrás: Kárpátalja 2009. Saját szerkesztés.*

**29. ábra.** Erdőirtási foltok Kőrösmező környékén (Rahói járás)



*Forrás: saját felvétel, 2010.*

Kárpátalja földterületének szerkezetében folyamatosan gyarapodik az erdővel borított területek mérete. A *11. táblázatban* megfigyelhető, hogy az erdőkkel és más, fával borított területek 1988-tól 2010-ig (12 év alatt) 165,8 ezer hektárral növekedtek.

**11. táblázat.** Kárpátalja földterületi szerkezetének változása 1988–2009 között (ezer ha)

	1988	1998	1999	2000	2004	2006	2008	2009
<b>Összterület</b>	1 275,3	1 275,3	1 275,3	1 275,3	1 275,2	1 275,2	1 275,3	1 275,2
<b>Mezőgazdasági földek</b>	664,6	482,3	481,3	479,7	455,6	454,3	453,2	452,6
<b>Erdők és más, fákkal borított területek</b>	558,3	717,3	717,9	718,6	722,6	723,9	724,0	724,1
<b>Beépített területek</b>	–	40,9	42,6	43,4	44,4	44,4	44,7	45,9
<b>Mocsaras területek</b>	–	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	0,9	0,8
<b>Vízzel borított területek</b>	–	17,9	18,2	18,2	18,3	18,3	18,3	18,3
<b>Egyéb</b>	52,4 <sup>14</sup>	16,1	14,4	14,5	15,4	33,3	34,2	33,5

*Forrás: Kárpátalja népgazdasága 1989; Kárpátalja 2000, 2004, 2009. Saját szerkesztés.*

Az 1993-ig meglévő erdészeti kombinátokat átadták az Erdőgazdasági, Erdészeti és Fafeldolgozóipari Állami Hivatal irányítása alá, ez azt eredményezte, hogy a fő irányvonal az intenzív kitermelés lett (Komendar, V. 2008). A Kárpátaljai Statisztikai Hivatal által kiadott *Az erdészeti gazdaságok gazdasági tevékenységéről* szóló adattárában megnevezi a kárpátaljai erdők állandó használóit. A kiadvány 34 vállalatot nevez meg. Közöttük 18 vállalat az Állami Erdőgazdasági Bizottsághoz (79,8% az erdők összterületéből), tizenegy az Agrárpolitikai Minisztériumhoz (14,8%), három az Ökológiai és Természeti Erőforrások Minisztériumához (2,6%), egy a Honvédelmi Minisztériumhoz (2,3%), egy az Oktatási Minisztériumhoz tartozik (0,6%) (Necsitajlo, M. 2005). Az egyes minisztériumokhoz (agrárpolitikai, honvédelmi) tartozó erdőkben történő fakitermelést lehetetlen ellenőrizni (Lisztópad, O. 2001).

<sup>14</sup> Ide tartoznak a beépített területek, mocsarak és vízzel borított területek is.

Az 1970-től napjainkig tartó időszakban a 2000-es évek elejéig csökkent a kitermelés (12. táblázat), az utóbbi néhány évben viszont újra emelkedik, amely az erdő privatizációjával, a gazdasági krízissel is magyarázható. A fakitermeléssel együtt csökkent az erdőfelújítás is, amelyet az alacsony finanszírozással lehet magyarázni (Ruscsak, M. – Pagyak, V, 2004).

**12. táblázat.** Erdőkihasználás és erdőfelújítás Kárpátalján  
1970–2009 között (ezer ha)

	1970	1978	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2009
<b>Fakitermelés</b>	46,9	41,5	37,4	33,0	25,1	14,0	12,2	16,1	22,0
<b>Erdőfelújítás</b>	5,0	4,4	4,4	4,5	2,8	2,3	2,2	2,7	2,7

*Forrás: Kárpátalja népgazdasága 1982; Kárpátalja 1991, 2009. Saját szerkesztés.*

A 12. táblázatból jól látható, hogy az erdőfelújítás messze elmarad a fakitermeléstől. Helyenként, szinte kopár hegytetők és hegyoldalak maradtak az intenzív fakitermelés következtében. Az erdő újratelepítését, a fakitermelési terület 50%-án végzik el, a terület másik 50%-án füves, bokros növénytársulások terjednek el (Komendar, V. 2008). A veszteségekhez a fakitermelés következtében megsérülő és elpusztuló fiatal facsemeték mennyisége is hozzájárul. Csak a nyári fakitermelés, fadöntés, fakiszállítás következtében pusztuló facsemeték részaránya eléri a 75%-ot (Hnyidenko, V. 1997).

Az 1970–80-as években az erdészetek által több olyan kitermelési technológiát fejlesztettek ki, amelyek a fiatal csemeték megóvására irányultak. Azonban nem foglalkoztak az ehhez szükséges technikai eszközök gyártásával és a kitermelés növekedésének gyorsulása következtében nem találtak ezek a módszerek széles körű felhasználást (Hnyidenko, V. 1997), kiszorították őket a termelésből a traktorok és a teherautók.

Kárpátalja erdővel borított területeinek részaránya – az összteülethez viszonyítva – a XX. század 90-es éveitől kezdve lassú növekedést mutat (13. táblázat), és 2010-re elérte az 56,8%-t. A táblázatban megfigyelhető az erdőültetés részarányának rohamos csökkenése az 1960-as évek végéig, majd növekedése az 1990-es évekig és jelenkori stagnálása.

**13. táblázat.** Erdővel borított területek részaránya, az összterülethez viszonyítva (%)

	1990	2001	2004	2006	2008	2009
<b>Erdővel borított területek</b>	56,2	56,4	56,6	56,7	56,8	56,8

*Forrás: Vaszjuta, Sz. 1991; Kárpátalja 2000, 2004, 2009. Saját szerkesztés.*

1990-ben a fakitermelés meghaladta a 27 ezer hektárt, 2009-re ez a mutató 23,1 ezer hektárra módosult. A 14. táblázatban is jól megfigyelhető, hogy a felsorolt adatok közül a legalacsonyabb mutatóval a 2000. év rendelkezik, amikor a fakitermelést csak 13,8 ezer hektáron végezték el. Ezzel együtt azonban csökkentek a megye területén elvégzett erdőültetési munkálatok is. Az erdőgazdálkodási hivataloknak korlátozottak az anyagi lehetőségei a fakitermelési területek megtisztítására, újabb erdőültetvények telepítésére és ezeknek az erdőültetvényeknek gondozására. A szükséges pénzeknek csak 30–40%-a kerül a költségvetésbe (Ruscsak, M. – Pagyak, V. 2004) és ennek az összegnek is csak egy része kerül az erdőgazdaságokhoz.

**14. táblázat.** Az erdőgazdaságokban elvégzett munka nagysága 1970–2009 között (ezer hektár)

	1970	1980	1990	1995	2000	2005	2009
<b>Az erdőkészletek felújítása:</b>	4,4	4,4	2,8	2,3	2,2	2,7	2,7
erdőültetés által	2,3	2,0	2,1	1,8	1,7	1,9	1,5
a természetes megújulás elősegítése által	2,1	2,4	0,7	0,5	0,5	0,8	1,2
<b>Területek erdőterületekké való átalakítása</b>	–	–	2,7	1,9	1,7	1,7	1,6
<b>Fakitermelés:</b>							
az erdőkészletek fő felhasználási részéből	–	–	2,8	1,5	1,6	1,6	1,1
erdővédelmi és erdőalakítási fakitermelés céljából	46,9	37,4	25,1	14,0	12,2	16,1	22,0
<b>Fakitermelés összesen</b>	–	–	27,9	15,5	13,8	17,7	23,1
<b>Erdővesztés</b> (saját számítások)	<b>42,5</b>	<b>33,0</b>	<b>22,4</b>	<b>11,3</b>	<b>9,9</b>	<b>13,3</b>	<b>18,8</b>

*Forrás: Kárpátalja 2009. Saját szerkesztés.*

Az államilag engedélyezett erdőirtáson kívül törvénytelen erdőirtások is történtek. Az 1995. évben a feltárt erdőirtások mennyisége elérte a 10,7 ezer m<sup>3</sup>-t, 1999-ben 4,8 ezer m<sup>3</sup>-re csökkent (Lisztopad, O. 2001). Sok helyen fedezhetőek fel az erdőirtások helyei a domboldalakon.

Mindegyik statisztikai kiadvány arról számol be, hogy az erdőszült-ség fokozatosan növekedik a megyében. Ezzel szemben a 14. táblázat arról tanúskodik, hogy az erdőállomány területe évente átlagosan több mint 10 ezer hektárral (az erdők összterületének 1,4%-a) csökken. A fa-kitermelés mértéke az utóbbi 20 évben évente változott. A legnagyobb mértékű fakitermelést 1990-ben hajtották végre, a legkisebbet pedig 1995-ben (15. táblázat).

**15. táblázat.** Fakitermelés az erdőgazdaságokban 1990–2009 között (ezer m<sup>3</sup>)

	1990	1995	2000	2005	2009
<b>Fakitermelés az erdőkészletek fő felhasználási részéből</b>	891,3	483,0	530,0	478,0	306,5
<b>Erdővédelmi fakitermelés</b>	556,0	113,0	376,7	715,6	596,8
<b>Összesen</b>	1 447,3	596,0	906,7	1 193,6	903,3

*Forrás: Kárpátalja 2009. Saját szerkesztés.*

Az erdővel borított területek csökkenéséhez kis mértékben közre-játszottak az erdőtüzek (16. táblázat) is. Évente átlagosan két bejelentett erdőtüzet regisztráltak. Kirívó év volt 2000, amikor a megye területén 27 eset történt.

**16. táblázat.** Az erdőtüzek száma Kárpátalja erdejeiben 1990–2009 között

	1990	1995	2000	2005	2009
<b>Erdőtüzek (eset)</b>	2	5	27	2	4
<b>Erdőtüzek (ha)</b>	4,4	3,0	51,0	1,0	9,0

*Forrás: Kárpátalja 2009. Saját szerkesztés.*

Az 1990-es évek elejétől Kárpátalja települései fokozatosan tértek át a szilárd (kőszén, barnaszén) fűtőanyagokról és a fatüzelésről a föld-gázzal való fűtésre. 1990-ben a megyében található 609 település közül 37 rendelkezett vezetékes földgázzal. 2009-re az ellátott települések szá-ma 380-ra emelkedett (17. táblázat).

Fontos megjegyezni, hogy 1990-ben még léteztek olyan települé-sek (121), ahová nem jutott el a gáz (földgáz vagy propán-bután). A la-kosság jelentős része fa- vagy vegyes tüzeléssel oldotta meg a téli fűtést. Az utóbbi két évtizedben (1990–2009) Kárpátalja minden településére



eljutott a földgáz és ezzel kevesebb tüzfát használ a lakosság. Ennek ellenére a 18. táblázatban jól látható, hogy a fakészletezés tüzelőanyag-felhasználás céljából sajnálatos módon mégsem csökkent.

**17. táblázat.** Települések ellátottsága földgázzal Kárpátalján 1990–2009 között

	1990	1995	2000	2005	2009
<b>Összes település</b>	609	609	609	609	609
Városi település	10	10	10	11	11
Városi jellegű nagyközség	28	20	20	19	19
Falusi település	571	579	579	579	579
<b>Földgáz és PB+ csak PB, együtt</b>	488	598	540	606	609
Városi település	10	10	10	11	11
Városi jellegű nagyközség	28	20	20	19	19
Falusi település	450	568	510	576	579
<b>Földgázzal és PB gázzal</b>	37	106	169	281	380
Városi település	8	8	9	10	10
Városi jellegű nagyközség	9	10	10	10	14
Falusi település	20	88	150	261	356
<b>Csak PB gázzal</b>	451	494	371	226	229
Városi település	2	2	1	1	1
Városi jellegű nagyközség	19	10	10	10	5
Falusi település	430	482	360	315	223

*Forrás: Kárpátalja 2000, 2009. Saját szerkesztés.*

**18. táblázat.** Fakészletezés Kárpátalján 1995–2009 között (ezer m<sup>3</sup>)

	1990	1997	1998	1999	2000	2005	2009
<b>Fakészletezés összesen, ebből:</b>	596,0	608,3	624,1	638,5	906,7	1032,3	905,2
a fő felhasználási területekről	483,0	396,2	396,7	395,4	530,0	420,0	306,5
az erdőgazdálkodással kapcsolatos területekről	113,0	212,1	227,4	243,1	376,7	574,3	–
<b>Fakészletezés tüzelőanyag-felhasználás céljából</b>	–	251,9	251,9	264,3	334,2	371,7	393,9

*Forrás: Maca, N. 2001; Kárpátalja 2009. Saját szerkesztés.*

A 2001. évi katasztrófális árvizek után, a II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola kutatócsoportja által végzett vizsgálatok az erdősültség csökkenését (3,4%) mutatták ki a Nagyág völgyében, és

növekedését (3,1%) a Talabor völgyében (Komonyi É. et al. 2003). Az űrfelvételek tanulmányozása mellett terepbejárásokat is végzett a kutatócsoport, amely több mint 250 ha friss erdőirtást tárt fel (19. táblázat), amely az erdős területek 3,7%-a.

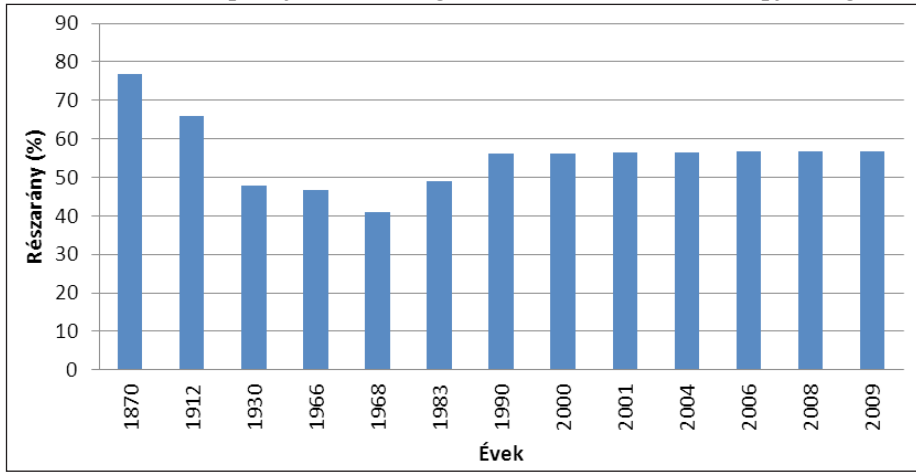
**19. táblázat.** A 2001–2002. évi terepbejárások során észlelt erdőirtások nagysága

Folyóvölgy	A teljes bejárt terület (ha)	Ebből erdővel borított (ha)	A feltárt friss irtások (ha)	A friss irtások aránya a teljes átvizsgált területből, %	A friss irtások aránya az erdőterületből, %
Fehér-Tisza	1 380	550	12	0,9	2,2
Kaszó	1 120	650	1	0,1	0,2
Sopurka	780	500	0	0,0	0,0
Tarac	4 140	2 000	64	1,5	3,2
Talabor	2 460	1 100	44	1,8	4,0
Nagyág	3 840	2 200	135	3,5	6,1
<b>Összesen</b>	<b>13 720</b>	<b>7 000</b>	<b>256</b>	<b>1,9</b>	<b>3,7</b>

*Forrás: Komonyi É. et al. 2003.*

A Csató É. által (2004) a 2001. évi árvizek után végzett kutatások, kimutatták, hogy a Felső-Tisza közvetlen környezetében (Ukrajna és Románia) vizsgált 17 000 km<sup>2</sup> nagyságú területen az erdőveszteség 1896 és 1992 között 29,7%-os, 1992 és 2000 között további 8,5%-ot ért el.

A részvízgyűjtőnként végzett összehasonlító vizsgálatok eredményei szerint (egy vízgyűjtő kivételével) az elmúlt több mint száz évben az erdőborítottság mértéke mindenütt csökkent. Mértéke 4 és 21% között változik, átlagos értéke 11%. A legnagyobb mértékű csökkenés a Fekete-Tisza, a Nagyág és a Borzsa vízgyűjtők magasabban fekvő részein következtek be (Szakó G. 2008). Összességében Kárpátalján az erdőszűltség (30. ábra) az 1870-től az 1960-as évek végéig tartó időszakban 35,8%-kal (76,9%-ról 41,1%-ra) csökkent, majd az 1970-es évektől kezdődően emelkedett, és jelenleg eléri a 56,8%-ot.

**30. ábra.** Kárpátalja erdősültségének változása 1870-től napjainkig

*Forrás: Bjelouszov, V. et al. 1969; Hensziruk, Sz. – Bondar, V. 1973; Marinics, O. 1989; Kárpátalja népgazdasága 1969, 1989; Kárpátalja 2000, 2004, 2009; Vaszjuta, Sz. 1991; Hrancsak, I. et al. 1995. Saját szerkesztés.*

A növényzet árhullámkeltő szerepét illetően előtérbe kerül az aljnövényzet és az avartakaró szerepe. Hatásukat illetően most is régiókat lehet megkülönböztetni. A felszíni lefolyás sebességét fékező szerepük elsősorban a tölgyesek alatt mérséklődik, miután ezekben gazdag az aljnövényzet és vastag az avartakaró. A gyertyánosok területén elsősorban az ún. átcepegés a figyelemre méltó, amely a gazdag lombzatban nagyon jellegzetes. Ez a két fafaj azonban a gyenge reliefenergiájú dombvidéki, illetve középhegységi tájakon fejt ki a felszíni lefolyás sebességét mérséklő hatását. A fenyvesek magashegységi régiójában a meredek lejtés következtében a különben jelen lévő avar nemigen mérsékli a lefolyást, mert a heves esőcsapadék gyakran még az avart is lemossa az alacsonyabb területekre. A természetjáró ember gyakran találkozik avarmentes csupasz talajú fenyvesekkel.

#### 4.5. A talajtakaró szerepe a lefolyásban

A talaj vízjárása azoknak a jelenségeknek az összessége, amelyek kapcsolatban állnak a nedvesség megjelenésével, mozgásával és ezáltal a talaj fizikai állapotának változásával, vízvesztésével (Nyikolajcsuk, V. – Bilik, P. 2000). A talajok víztároló képessége a talaj fizikai

összetételétől függ. A legjobb víztározó képességgel a homokos vályogtalaj rendelkezik (Mátyás Cs. 1996), amelynek 10 cm vastag rétege 20 mm/dm vizet is képes tározni. A talaj víztározási képességét tovább gyarapítja a humusztartalom növekedése, amely homok esetében (2–4%-os humusztartalom mellett) további 6 mm, vályog esetében további 4 mm/dm tározási lehetőséget jelent.

A kialakult talajtípusokra negatív hatást gyakorol a felszínükre hulló intenzív csapadék, az olvadó hólé különösen akkor, ha rövid idő alatt történik az olvadás. A hegyvidéken minél nagyobb a lejtése a hegyoldalnak, annál nagyobb a talajleemosódás, a talajerózió mértéke. Nyílt terepen, erdőtől mentes hegyoldalakon a gravitáció hatására a csapadékvíz a lejtő irányába folyik (Tompa K. 1975), magával ragadva talajszemcséket is. Az erdővel borított területeken a lefolyó víz mennyisége csökken, mert a növényzet gyökérzete lazítja a felső talajszintet, csökkenti a talaj tömörségét és az átfagyás mértékét, amely elősegíti a víz beszivárgását. Maga az erdei növényzet gátolja a felszínre hulló intenzív esők csapadékcseppjeinek talajfelszín romboló hatását is. A vegetációs időszakban a felsoroltaknak nagy jelentősége van a különböző erdőtársulásoknál, de a vegetációs időn kívül a fenyvesek esetében a jellegzetesség megmarad.

A fás, bokros, füves növényzet az erdő avartakarójával együtt csökkenti a csapadék- és olvadékvíz leáramlásának sebességét, megszüri a vizet, leülepedési és lerakódási folyamat megy végbe, amely a talajtakaró felhalmozódását, a felső szint vastagságának növekedését idézi elő. A légkörből hulló csapadéknak az erdő humusza térfogatának többszörösét képes tárolni (Firbás O. 1985).

A növényzet természetes vagy ember általi pusztulásának eredményeként a víz általi talajerózió rövid időn belül megy végbe. Az elpusztult, vagy megsérült talajtakaró regenerálódása, újratermelődése hosszú ideig tartó folyamat, amelyet felgyorsíthatnak vagy lassíthatnak az anyakőzet vagy a különböző talajszintek fizikai és kémiai tulajdonságai. A lassan erodáló talajtakaró kimosódik, helyén sárfolyamok, kőlavínák keletkeznek, amelyek esetenként megrongálják az utakat (31. ábra) és vasúti vonalakat.

A száraz, sovány, bázisokban szegény talajú fenyőerdőkben a talajt sötétbarna, szorosan összetapadó, rostos szerkezetű, tőzgszerű anyag, a nyers humusz takarja, amely növényi maradványokból és gombafonalakból áll, az ásványi szinttel nem keveredik (Tompa K. 1975).

Barna erdőtalajok a Kárpát-medence alföldi részének kivételével csaknem mindenhol előfordulnak. Főleg a hegyvidéki területek lombos

erdeinek vagy lombos fákkal vegyített fenyvesek jellegzetes talajtakarója (Tompá K. 1975). Nagy részüket mezőgazdasági területekké alakították át. A barna erdőtalajok eróziója a lejtős szántókon mindig jelentős, de a mértéktelen legeltetés is leromlásukhoz vezet. A hegyoldalak lejtettségének 10°-os csökkenése két-háromszorososan csökkenti a talaj erodálódásának intenzitását (Hnyidenko, V. 1997).

**31. ábra.** A talaj kimosódása által megsérült úttest a Talabor völgyében, a Talabori víztározó mellett (Husztai járás)



*Forrás: saját felvétel, 2006.*

A XX. században megváltozott a kitermelt fa elszállítási technológiája. A II. világháború előtt a kitermelt fát kötelek és lovak segítségével eresztették le a hegyoldalokon és keskeny nyomtávú vasúton vagy a folyókon úsztatva szállították tovább. A kitermelés növekedése közben elhanyagolják a megszokott módszereket, egyszerűen lecsúsztatják a kivágott fát a lejtőn és lánctalpas traktorokkal, nagy teljesítményű teherautókkal szállítják tovább.

Az erdők fáinak kitermelése és szállítása következtében nemcsak degradálódnak, legyalulódnak a talajok, hanem tömörödik, csökken

vízáteresztő és vízfelhalmozó képességük, amely növeli a lefolyás mértékét. A lefolyás növelésében a fakitermelésben használatos gépeknek (traktorok, tehergépkocsik) is szerepük van. A gépek nyomszélessége, mélysége változtatja a humusztakarót, bevágódik a felszínbe, amelynek a mélysége arányosan növekszik az elszállított fa mennyiségével, előbb nagyobb, majd kisebb mértékben (Firbás O. 1985). Ehhez hozzájárulnak a fiatal fák rongálódásai, a gyökérvágások, a fatörzsek sérülései is.

Már a fakitermelés utáni első évben csökken a talaj humusztartalma (Hnyidenko, V. 1997). A savas talajú fenyves erdőkben a fa szállításának következtében keveredő felső talajsztint lúgossá válik. A fakitermelés befejezése után és a lombkorona kifejlődésével elkezdődik a lehulló levelek, ágak felhalmozódása, újraképződik az avartakaró.

Az erdőkben végzett fakitermelési munkálatok növelik a talaj ki mosódását, amely a lefolyó vízben nagy mennyiségű iszap keletkezéséhez vezet (32. ábra), a talajtakaró felső része erodálódik, suvad.

**32. ábra.** Iszapfelhalmozódás a Tisza hullámterén Tiszabökénynél  
(Nagyszőlősi járás)



*Forrás: saját felvétel, 2009.*

A talajtakaró erodálódásának, a folyómeder oldalainak kimosódása következtében nagy mennyiségű hordalék kerül a folyókba (20. táblázat), amelynek döntő többségét a folyó árhullámok idején szállítja (21. táblázat) és lerakja az árterekre, vagy zátonyokat alakít ki.

**20. táblázat.** Mederbeli felhalmozódások a Tiszán és mellékfolyóin, Kárpátalján

Folyó neve	Mintavételi pont	A hordalék mennyisége (ezer m <sup>3</sup> /év)	Távolság a torkolattól (km)	A fkm-i szelvényhez tartozó vízgyűjtő terület (km <sup>2</sup> )
<b>Tisza</b>	Rahó	20	910,0	1 058,6
	Nagyszőlős	300	720,0	5 931,0
	Fancsika	200	735,0	5 952,1
<b>Tarac</b>	Gánya	50	22,0	841,4
	Kökényes	80	14,5	887,0
<b>Talabor</b>	Csománfalva	30	25,0	667,0
	Talaborfalu	60	13,5	856,0
<b>Nagyág</b>	Huszt	270	1,0	1 149,0

*Forrás: Kovalcsuk, I. 1997; Nagy B. et al. 2002. Saját szerkesztés.*

Az újabb talajtakaró kialakulása nagyon lassú folyamat, egy cm<sup>3</sup> termékeny talaj kifejlődése 400 évig tart (Komendar, V. 2008).

**21. táblázat.** Hordalékszállítás a kárpátaljai folyókon

A folyó neve	Mintavételi pont	Átlagos hordalékmennyiség (t/km <sup>2</sup> )				A fkm-i szelvényhez tartozó vízgyűjtőterület (km <sup>2</sup> )
		1947–1962	1963–1975	1976–1988	Össz- átlag	
<b>Fekete-Tisza</b>	Bilin	–	71,5	71,3	71,4	540
<b>Fehér-Tisza</b>	Nyilas	–	82,0	92,6	87,3	473
<b>Tisza</b>	Rahó	58	106,5	91,3	82,2	1 070
<b>Tisza</b>	Tiszaújlak	70	86,8	51,0	69,2	9 148

A 21. táblázat folytatása

A folyó neve	Mintavételi pont	Átlagos hordalékmennyiség (t/km <sup>2</sup> )				A fkm-i szelvényhez tartozó vízgyűjtőterület (km <sup>2</sup> )
		1947–1962	1963–1975	1976–1988	Össz-átlag	
Tarac	Dombó	–	61,5	110,6	86,0	757
Talabor	Alsókalocsa	35	83,5	104,6	74,3	369
Nagyág	Ökörmező	57	180,5	315,6	222,3	550
Nagyág	Huszt	120	103,5	92,0	105,1	1 130

*Forrás: Kovalcsuk, I. 1997; Nagy B. et al. 2002. Saját szerkesztés.*

A két nagy árvíz (1998 novembere és 2001 márciusa) idején a Borzsa torkolatától egy kilométernyire északra, a víz levonulása után a folyó jobbpartján, megközelítőleg azonos helyről a hullámtérről iszapmintákat (33. ábra) gyűjtöttem 5°-os lejtő felszínéről. Az 1998-as minta vastagsága 4,2 centimétert, a 2001-es iszapüledék vastagsága 5,7 centimétert (Izsák T. 2010/a) ért el.

**33. ábra.** Iszapminták a Borzsa hullámtéréről Mezővárinál (Beregszászi járás)



*Forrás: saját felvétel, 2002.*



A torkolatvidéken végzett kutatások azt mutatják, hogy a leülepedett és megmaradt iszap vastagsága egyenesen arányos a domborzat lejtőfokának csökkenésével. Azaz, a vízszintes területeken volt az iszapréteg vastagsága a legnagyobb, míg a töltések és a hullámtér lejtőin alacsony, vagy az üledék teljesen lemosódott (a folyómeder falán). Kivételt képeztek a zárt, hullámtéri, medenceszerű mélyedések, ahol az üledékképződés mértéke elérhette a 10–20 centimétert is. A Borzsa torkolatvidékén az átlagos hullámtér-feltöltődés az árvizek levonulásának időtartalmától függ, egy árvíz alatt eléri az 5–7 centimétert, amely 85–119 cm-es feltöltődést eredményezhetett a folyószabályozási munkálatok befejezése, vagyis a XX. század negyvenes éveinek végétől, amikor töltéseket emeltek a Borzsa bal partja mentén is (1948).

A Borzsa torkolatvidékén a gyakori vízszintingadozás hatására növekedik az oldalerózió. A XX. század 60-as éveiben ezt a folyamatot a folyó jobb partja mentén kővédvonal kialakításával lassították. A bal parti rész azonban védtelen maradt, ezért a partoldal rombolódása, eróziója is megfigyelhető. Kutatásaim szerint a parterózió hatásának mértéke (a partfal hátrálása) évente eléri a 20–30 centimétert. Az itt keletkező üledék a Tisza hullámterén rakódik le. A folyamatot megakadályozhatná a partokat övező növényzet, az ártéri erdő. Az utóbbi években a kis szélességű, ártéri erdősávokat erősen megritkították, amely az oldalerózió növekedéséhez vezetett. A folyóvíz által alámosott partokról a fák bedőlnek a folyómederbe, a kivágott, el nem takarított nagyobb ágakkal együtt feltorlódnak (34. ábra) és hosszú ideig akadályozzák a vízfolyást, az árvizek gyorsabb levonulását (35. ábra).

A 2001-es tiszai árvizek kialakulási tényezőinek vizsgálata idején a II. Rákóczi Ferenc Kárpátalja Főiskola kutatócsoportjával vizsgáltam a hullámtéri feltöltődést a Tisza tiszabökényi árterén. A kutatások azt bizonyították, hogy a Nagyszőlős–Tiszaújlak közötti folyószakaszon, a hegyekből a síkságra kilépő Tisza elveszti az esését, a magával hozott hordalékot lerakja. Az elvégzett mérések kimutatták, hogy (ötven év alatt) a feltöltődés átlagosan 30–60 cm lehetett. A kihelyezett üledékgyűjtőkben (12 m<sup>2</sup>) 22,69 kg minta rakódott le, amely a folyószakasz területére számítva (38 km<sup>2</sup>) közepes méretű magasvíz után 71,8 tonna üledéklerakódást eredményezett. Az üledékképződés emelheti az áradások szintjének emelkedését, de nem lehet vele magyarázni a katasztrófális árvízszintek nagymértékű növekedését.

**34. ábra.** Uszadékok és erodálódó partszakasz Tiszabökénynél (Nagyszőlősi járás)



*Forrás: saját felvétel, 2009.*

**35. ábra.** Feltorlódott famaradványok a Borzsa-folyó medrében  
Mezővárinál (Beregszászi járás)



*Forrás: saját felvétel, 2008.*

A talajtakarónak az árvizek keletkezésében játszott szerepe elenyésző. Elsősorban a vízbefogadó képességük a jelentős. A glejes, podzolos talajoknak a magas agyagtartalma következtében jelentősebb a vízzáró, illetve vízbefogadó képességük. Ezek a genetikai talajtípusok azonban általában a lejtős felszíneken találhatók, ahol a lejtés következtében gyors a felszíni lefolyás, így ez a tulajdonságuk nem tud érvényesülni.

## 4.6. Vízgazdálkodási tényezők

### 4.6.1. Kartográfiai felmérések Kárpátalján a tiszai felmérések előtt

Az árvizek, illetve a folyók mederváltozásaival szembeni védekezés két-féleképpen történhet: passzívan és aktívan (Mike K. 1991). A passzív védekezés annyit jelent, hogy a szabályozatlan, meanderező folyó útjából a település kitérni kényszerül oly módon, hogy a lakosság a veszélyeztetett területekről más, biztonságosabb területekre költözik. Az ilyen védekezésmód a fejletlen, minimális technikai tudással rendelkező társadalmakra volt jellemző. Az aktív védekezés a folyók megzabolázása, gátak közé szorítása.

A tiszai árvizek elleni védekezést már a XIX. századi folyószabályozások és ármentesítések előtt folytattak Kárpátalja síkvidéki (Ung, Bereg) megyéiben. Erről tanúskodnak a levéltárakban található vármelegyek közötti levelezések, amelyekben az árhullámok okozta károkról, a gátak magasításáról, az árhullámok által megrongált töltések kijavításáról, a munkálatok finanszírozásáról, a helyi lakosság védelmének szükségességéről lehet olvasni (Soós K. 1996, 2000; Lehoczky T. 1881).

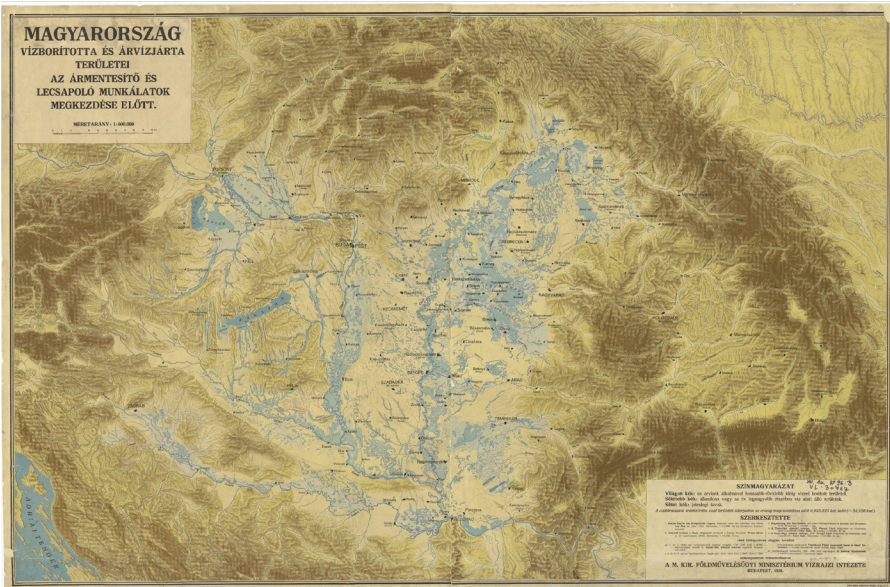
A XIX. század elejéig, Osztrák–Magyar Monarchiában, a Duna kartográfiai felmérése és szabályozása megelőzte a Tiszáét. Az árvizek idején vízzel borított terület mérete elérte az 1,9 millió kat. holdat (Fodor F. 1957). Ennek a területnek árvizek elleni védelmét megyei szinten nem lehetett megoldani (36. ábra).

A Tiszán elvégzett munkálatokat két részre, kartográfiai felmérésekre és szabályozási munkálatokra lehet tagolni. A szabályozás előtti kartográfiai felmérések a Tisza völgyében a XVIII. század elején készültek. Közöttük található Ung, Bereg és Ugocsa megyék térképei is (Fodor F. 1957).

Az első olyan térkép, amelyen már megtalálhatók a Tisza-szabályozás terveinek nyomai, a XVIII. század közepén készült a Tisza Csap és Győröcske közötti szakaszáról. A XVIII. század második felében

készült Praeliminirter Fluss-Karte nevű térképsorozatban egyes tiszai folyószakaszokat ábrázolnak, közöttük Ugocsa és Bereg megye részleteivel (Fodor F. 1957). Ekkor helyi folyószabályozási munkálatokat is végeztek szakemberek segítsége nélkül. Az egyik példa erre a Vári és Nagylónya közötti kanyarátvágások tervezete.

**36. ábra.** A Kárpát-medence északkeleti részének állandóan vagy időszakosan vízzel borított területei



*Forrás: Magyar Kir. Földművelésügyi Minisztérium Vízirajzi Intézete, 1938.*

1775-ben két megyei tiszttviselő Guthi Gábor és Guthi Pál szerkesztett vázlatot a Tisza Vári melletti szakaszáról, ahol 11 kanyar átmettését tervezték (Fodor F. 1957).

A Felső-Tisza vidékéről ebben az időben különböző tervezetek jelentek meg, amelyekben folyószabályozási munkálatok szerepeltek a sószállítás és a hajózás könnyítése érdekében. 1817-től a Tiszán felmerülő folyószabályozási munkálatokra az Építési Igazgatóság adott véleményezést.

1833 tavaszán az Építési Igazgatóság által meghirdetett pályázat alapján szervezték meg a szakemberekből álló mérnöki csoportot a tiszai mérésekhez. A méréseket háromszögelés segítségével végezték, amelyhez felhasználták a General-Kommando katonai háromszögelési adatait.

A fő munkálatokat a Tisza torkolatánál kezdték meg és haladtak a folyó folyásirányával ellentétesen (Fodor F. 1957).

A Felső-Tisza vidékén a felmérési munkálatokat 1836 tavaszán kezdték el. A háromszögelés fix pontjai Kárpátalja jelenlegi területén a következők voltak: Javornik-hegy, Polonina Runa, Munkácsi-nagyhegy, Beregi-nagyhegy, Sirokij Verh, Mencsul, Kamjanka, Bliznica, Pip Ivan, Ungvár, Polyana, Munkács, Huszt, Rahó, Hoverla, Petrosz.

1837-ben a térképezés során eljutottak Nagyszőlőstől Máramaroszigeten túlra, a részletes szelvényezések Tiszaújlakig, elkészült a Borzsa térképe Salánktól Váriig. A kartográfiai felvételezés a jelenkori Kárpátalja területén 1838–39-ben, a szelvényezések 1840-ben fejeződtek be (Izsák T. 2004/a).

A tiszai térképészeti felmérések mérnökei méréseket végeztek a szabályozási munkálatokhoz is. Kimutatásokat készítettek azokról a területekről is, amelyek időszakosan vagy állandóan vízzel borítottak voltak. A felmérések szerint Kárpátalja jelenlegi területét alkotó hajdani vármegyék adatai a 22. táblázatban szerepelnek.

A Tiszaújlak–Tokaj közötti folyószakasz szabályozás előtti hosszát (177 830 öl) 81 248 öllel tervezték megrövidíteni. Tervbe vették védtöltések építését a Tiszán Tiszaújlak és Titel között, a Borzsan Vári és Bene, Vári és Salánk, Kovászó és Remete között, a Latorcán Csap és Nagydobrony között.

**22. táblázat.** Állandóan vagy időszakosan vízzel borított területek Kárpátalján

Megye	A legszélső árhatáron belüli községek száma	Állandóan víz alatt van m. hold	Időszakosan árvíz borítja m. hold	Összes vizes terület m. hold
Bereg	116	53 806	235 452	289 253
Ugocea	52	7 015	75 830	82 846
Ung	104	10 147	94 976	105 123

*Forrás: Fodor F. 1957. Saját szerkesztés.*

A Felső-Tisza kárpátaljai szakaszán a Tisza szabályozási tervben szereplő munkálatokat 1846-ban kezdték el. Az évi munkatervben szerepelt védtöltés építése a Borzsa jobb partján és a Vérke elgátolása, illetve kanyarátmetszések végzése Bereg megyében.

#### 4.6.2. A védművek jelenkori helyzete Kárpátalján

1946-ban hozták létre a Kárpátaljai Földügyi Hivatalnak a vízügyi munkálatokkal foglalkozó Irrigációs és Meliorációs részegységét, amely 1948-tól a megyei mezőgazdasági hivatal része lett. Jelenlegi funkcióit 1994-től tölti be, mint a Kárpátalja Megyei Meliorációs és Vízgazdálkodási Termelési Igazgatóság (Kárpátaljai Megyei Vízgazdálkodási Hivatal, KMVH).

A vízgazdálkodási hivatal 5 területi részegységből (Vízgazdálkodási Járasközi Hivatal, VGJH) tevődik össze: Beregszászi VGJH, Ungvári VGJH, Munkácsi VGJH, Nagyszőlősi VGJH, Técsői VGJH.

Az árvízvédelmi töltések összhossza 739,2 km, a vízelvezető csatornák csaknem 1 500 km-t tesznek ki, mintegy 50 szivattyútelep, 700 hidrotechnikai építmény (Kárpátaljai Megyei Meliorációs és Vízgazdálkodási Termelési Hivatal adattára, 2011) segíti a vízügyi munkát.

A fentiekből tehát egyértelmű, hogy a szabályozás tervei már a XVIII. század elején elkészültek, és a XIX. század közepe táján már megkezdődtek a munkálatok. Befejezésképpen a Tiszaújlak–Tokaj szakaszon az 54%-kal rövidített folyón az árhullámok csaknem 50%-kal hamarabb vonultak le. Ezeknek az éveknek a munkálatai nevezhetők az első vízvédelmi tevékenységnek, amelyek célja az árvíz kártételeinek mérséklése. Ezek a munkálatok nagyban segítettek a napjainkban már színes és változatos társadalmi-gazdasági élet megindulását, amely azonban kismértékben ugyan, de befolyásolja az árvizek kialakulását is. A vízgyűjtőnek ma már 35,5%-án mezőgazdasági tevékenység folyik. Ez a terület elsősorban a síksági területeken fekszik, de a domb- és hegyvidék hegylábi lankás lejtőin is jellemző. A mezőgazdasági földek közel felén (46,3%) az évente többször is lazított enyhén lejtős talajokon a beszivárgás a jellemző hidrológiai folyamat. Ez pedig fékezi a magas árhullám kialakulását. A mezőgazdasági földek alig több, mint felén (53,8%-án) rét-legelő gazdálkodás folyik napjainkban. Ezekben a meredek lejtőkre is felkúszó területeken a felszíni lefolyási adottságok már lényegesen jobbakk. A viszonylag gyér növényzet ezt elősegíti. Az elmúlt 40 év alatt a mezőgazdasági földek területe 38%-ról 35%-ra csökkent, és csaknem azonos mértékben csökkent a rét-legelő gazdálkodás területe is. Végeredményben tehát ez a különben is jelentéktelen mérséklő hidrológiai hatás az elmúlt évtizedekben mérséklődött.

#### 4.7. A beépítettség és a gazdasági infrastruktúra szerepe az árvizek kialakulásában

A települések számának és a települések területének növekedése jelentős változásokat okozott Kárpátalja felszíni vizeinek lefolyásában. A beépített területek nagyságának gyarapodása megváltoztatta a természetes környezetet és a kialakult antropogén környezet jellegét. Az épületek tetőzete, a települések szilárd burkolatú részei (közterek, utcák, udvarok stb.), a szilárd burkolatú úthálózatok, a vasút, a lefolyó- és csatornarendszerek, a cső- és távvezetékek növelik a felszíni lefolyást és csökkentik a talajba jutó csapadék mennyiségét és ezzel együtt a beszivárgást.

A közlekedés fontos szerepet tölt be a megye gazdasági életében. Kárpátalja területén a személy- és teherforgalmat közúti, vasúti és légi közlekedéssel, a kőolaj és a földgáz szállítását csővezetékeken, a villamos energia szállítását magasfeszültségű távvezetékeken bonyolítják le.

A megyeszékhelyen, Ungváron található Kárpátalja egyetlen működő, nemzetközi Uzshorod nevű repülőtere, amely csak csekély számú utast szállít a környező országokba és Ukrajna nagyvárosaiba.

##### 4.7.1. A népesség és a települések számának növekedése

A megye jelenkori területe a XX. század viharos évtizedeiben több országhoz is tartozott. A helyi lakosság – el sem hagyva szülőhazáját – több állam állampolgárává vált. Kárpátalján a népesség száma 1947-től napjainkig csaknem megkétszereződött (23. táblázat). Az 1991-es rendszerváltásig tartó időszakban a lakosságszám tízévente csaknem száz ezer fővel gyarapodott. A rendszerváltás után a növekedés lelassult, majd csökkenő tendenciára váltott át. Jelenleg a megye lakosságszáma alapján (1244,8 ezer fő) Ukrajna megyéi között a 17. helyet foglalja el, amely az ország összlakosságának 2,7%-a (Kárpátalja 2009).

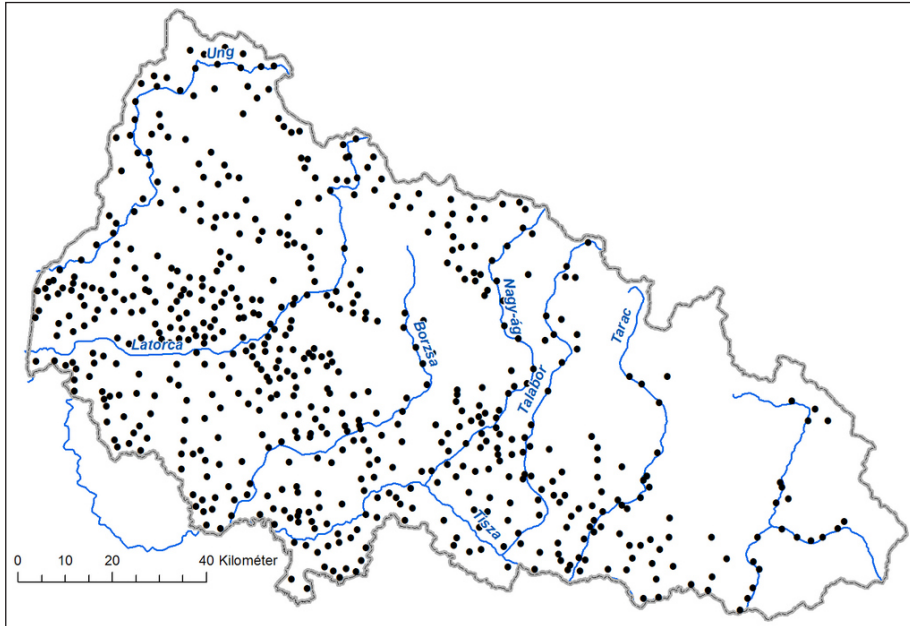
23. táblázat. A lakosságszám növekedése Kárpátalján 1947–2009 között

	1947	1959	1970	1979	1989	2000	2009
Városi népesség	163,6	264,9	314,0	436,8	515,0	499,1	457,4
Falusi népesség	628,4	655,3	742,8	717,6	737,0	782,9	784,6
Összesen	792,0	920,2	1 056,8	1 154,4	1 252,0	1 282,0	1 242,0

*Forrás: Kárpátalja népgazdasága 1989; Kárpátalja 2000, 2009. Saját szerkesztés.*

A népesség jelentős technogén nyomást gyakorol a környezetre (Ruscák, M. – Pagyak, V. 2004). A lakosság által benépesített területeken és a közlekedési utak mentén fokozatosan romlik az ökológiai helyzet, csökken a természetes növénytakaró, az erdősültség, idővel negatív természeti jelenségek és folyamatok jelennek meg.

### 8. térkép. Kárpátalja települései (egy pont – egy település)



*Forrás: Kárpátalja atlasza, 1991. Szerkesztette: Molnár D. I. – Izsák T.*

A települések száma 1901. január 1-jére (a megye jelenkori határain belül) 492 volt (Izsák T. 2001). Ez a szám 1980 elejére meghaladta a 600-at, amely jelenleg 609 települést jelent (8. térkép, 24. táblázat).

### 24. táblázat. Kárpátalja településeinek száma 1980–2009 között

	1980	1990	2001	2009
<b>Városok</b>	9	10	10	11
<b>Városi jellegű nagyközségek</b>	14	28	20	19
<b>Falvak</b>	580	561	579	579
<b>Összesen</b>	603	599	609	609

*Forrás: Herencsuk, K. 1981; Kárpátalja 2009. Saját szerkesztés.*



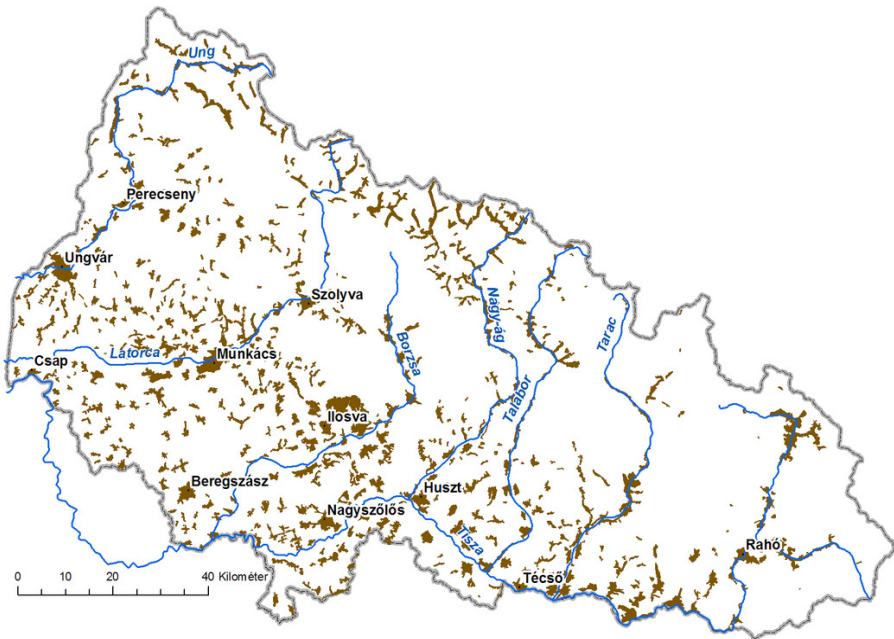
A települések számának emelkedésével növekedett a települések által elfoglalt területek nagysága is (25. táblázat, 9. térkép). A Tisza szabályozását megelőzően a települések ott épültek meg és azon a területen terjeszkedtek tovább a magas ártéri szinteken, ahol nem veszélyeztették az áradások (Schweitzer F. 2003).

**25. táblázat.** Kárpátalja beépített területei (ezer ha) 1988–2009 között

	1988	1998	1999	2000	2004	2006	2008	2009
<b>Összterület</b>	1 275,3	1 275,3	1 275,3	1 275,3	1 275,2	1 275,2	1 275,3	1 275,2
<b>Beépített területek</b>	–	40,9	42,6	43,4	44,4	44,4	44,7	45,9

*Forrás: Kárpátalja népgazdasága 1989; Kárpátalja 2000, 2004, 2009. Saját szerkesztés.*

**9. térkép.** Kárpátalja települései által elfoglalt terület (barna szín – települések)



*Forrás: Kárpátalja atlasza, 1991. Szerkesztette: Molnár D. I. – Izsák T.*

#### 4.7.2. A közlekedési utak, vezetékek hosszának (és szélességének) növekedése

A személyszállításban (a megyei szállítások 88%-a, 57 millió fő) és a teherszállításban (a megyei szállítások 89%-a, 12,1 millió t) élenjáró a közúti közlekedés (Kárpátalja 2009). A szilárd burkolatú közutak hossza eléri a 3,3 ezer km-t (26. táblázat), amely meghaladja a 261 kilométert 1 000 km<sup>2</sup>-nyi területen. A legfontosabb közutak között a legjelentősebbek a Csap–Ungvár–Munkács–Lviv–Kijev főút, az Ungvár–Kőrösmező, Huszt–Dolina, Csap–Huszt helyi jelentőségű közutak. A közlekedési utak hossza 40 év alatt (1970–2009) 100 kilométerrel növekedett. 1970-ben a meglévő utak 94%-a rendelkezett szilárd burkolattal, 2009-ben már a 100%-a.

26. táblázat. Közlekedési utak hossza Kárpátalján 1970–2009 között

	1970	1980	1990	2000	2005	2009
<b>Közutak (ezer km):</b>	3,2	3,3	3,5	3,3	3,3	3,3
ebből szilárd burkolattal	3,0	3,2	3,4	3,3	3,3	3,3

*Forrás: Kárpátalja népgazdasága 1969; Kárpátalja 2009. Saját szerkesztés.*

A közutak szélessége (a szilárd burkolattal és a hozzájuk tartozó leállósáv, vízelvezető árok és padka) átlagosan 16 méter. Kárpátalján az autópályák hossza 3,3 ezer km, vagyis a közutakra eső terület 52,8 km<sup>2</sup> (5 280 ha), amely a megye területének 0,4%-a. A földutak hossza (erdei, mezei, hegyi stb.) körülbelül ugyanennyi. A hegyvidéki területeken a közutak építése közben letarolták az út menti erdősávokat.

Második legjelentősebb szállítási eszköz a vasút, amelynek segítségével a személyszállítás 12%-át (8 millió fő), a teherszállításnak 11%-át (1,5 millió t) végzik (Kárpátalja 2009). A helyi vasutak nyomtáv-szélessége 85 mm-rel szélesebb (1 520 mm) az európai vasutak szélességétől, ezért a határátkelőkön a rakományok nagy részét átrakják, vagy cserélik a személyszállító vagonok futóművét.

A vasútvonalak hossza a XX. század 70-es éveitől (27. táblázat) 47 kilométerrel csökkent. A vasúti közlekedésben jelentős vonalak a Csap–Munkács–Lviv, a Csap–Ungvár–Lviv és a Csap–Bátyú–Bereg-szász–Huszt–Aknaszlatina. A legjelentősebb vasúti csomópontok Csap,

Munkács, Ungvár, Bátyú. A széles nyomtávú vasúti vonalakon kívül Kárpátalján megtalálhatók a keskeny nyomtávú (750 mm) vasútvonalak is (Nagyszőlős–Komlós, Beregszász–Komlós–Rókamező), amelyek működése az utóbbi 30 évben csaknem teljesen megszűnt.

**27. táblázat.** A vasút hossza Kárpátalján 1970–2009 között

	1970	1980	1990	1995	2000	2005	2009
<b>Vasút (km)</b>	653	617	639	635	624	610	606

*Forrás: Kárpátalja népgazdasága 1969; Kárpátalja 2009. Saját szerkesztés.*

A vasutak (működő és nem működő) és a hozzájuk tartozó védett sáv által elfoglalt terület Kárpátalján meghaladja a 6,5 km<sup>2</sup>-t, amely a megye területének 0,05%-a.

A kőolaj és földgázszállítás tranzitterülete Kárpátalja. A megyén keresztül halad át a Barátság kőolajvezeték, a Testvériség, az Unió és a Szibériából Európa felé tartó földgázvezetékek, a Kalus–Tiszaujváros etilénvezeték.

A villamos-energia szállítása a Béke és a Vinnyica–Albertirsa vezetékek (750 kW) segítségével folyik.

A csővezetékek, magasfeszültségű vezetékek és más hozzájuk tartozó műtárgyak által elfoglalt és a mellettük húzódó védősáv területe közel 4 ezer hektár (Ruscak, M. – Pagyak, V. 2004), amely a megye területének 0,3%-a (40 km<sup>2</sup>).

Összességében a közutak, a vasút és más közlekedési ágazatok a hozzájuk tartozó műtárgyakkal együtt a megye területének 0,75%-át foglalják el (99,3 km<sup>2</sup>), amelynek kétharmada található a hegyvidéken (65 km<sup>2</sup>), vagyis a hegyvidék minden 100 km<sup>2</sup>-nyi területéből több mint 4,5 km<sup>2</sup>-t a közlekedési utak különböző válfaja foglalja el.

A települések lélekszámának és kiterjedésének fokozatos növekedése növelte a szilárd burkolatú felületek arányát. Ezeken viszont a beszivárgási veszteség hiányzik, és a párolgás is a minimumra csökken a gyors lefolyás következtében. A településeken ebből kifolyólag két zóna határozható meg. A központban (belvárosban) a legnagyobb a szilárd felület aránya. A nagy városokban (Ungvár, Munkács) a közel 100%-ot is eléri. A külvárosi kertes, családi házas zónában e szilárd felületek általában 20–30%-ra csökkennek. A falvakban természetesen a központ és a peremterületek között igen kicsiny a különbség.

Ezek a szilárd felületek a legjelentősebbek a vízgyűjtő síkvidéki részén. Itt azonban gyakorlatilag nincs szerepük az árhullámok kialakulásában. A domb- és hegyvidékeken viszont a települések száma és kiterjedése következtében hanyagolható el hidrológiai szerepük. A statisztikai adatok lehetőséget adnak számunkra, hogy a vízgyűjtő egészére vonatkozóan nyerjünk betekintést területükre (25. táblázat). E tekintetben Kárpátalja összterületének mindössze 0,36%-a beépített terület. Ebben természetesen az ipari térség szilárd (Pl.: udvar, csarnoktető, repülőtéri kifutó stb.) burkolatú terei is bent foglalhatnak. Ezekről a szilárd felületekről közvetetten jut a Tiszába a víz. A domb- és hegyvidéki települések belső víze pedig felszíni csatornákon a közeli patakmederbe folyik.

#### **4.8. Az állattenyésztés és a növénytermesztés hidrológiai hatása**

Az állattenyésztés hidrológiai hatása legfőképpen a külterjes gazdálkodásban nyilvánul meg. A vízgyűjtő egyes területein az intenzív juh- és kecsketenyésztés a legelők talaját jelentős mértékben tömöríti, amely a beszivárgást gátolja, illetve a felszíni lefolyást növeli. Miután a tenyésztés elsősorban a hegyvidéki területeken koncentrálódik, ez az antropogén tevékenység fokozza a lefolyási részarányt, azaz az érkezett csapadék nagyobb hányada kerül közvetlen lefolyásra.

A növénytermesztés egyrészt a települések közelében, másrészt a gyengén lejtő felszíneken megy végbe. Hidrológiai hatása ezekben e térségekben érvényesül. A növénytermesztés évi átlagban többszöri talajlazítást kíván. Ez az antropogén beavatkozás a felszíni beszivárgást növeli, illetve a lefolyást mérsékli. Ez a folyamat általában a vízgyűjtő domb- és hegyvidéki településeinek közelében, és a hegylábi, gyengén lejtő felszíneken jellemző. Területi kiterjedése a vízgyűjtőben egyrészt mozaikos, másrészt elenyésző.

#### **4.9. Az árvízvédelmi beruházások finanszírozása**

Az árvizek elleni védekezés megszervezése és az előirányzott munka finanszírozása fontos helyet foglal el az ukrán állam belpolitikájában. Az árvizek elleni építkezések (töltések, átereszek, csatornák stb.) idejében

végzett megvalósítása fontos szerepet tölthet be az árvízkárok enyhítésében, megelőzésében. A legfontosabb tervezetek ebben a kérdésben már a katasztrófális árvizeket megelőző időben napvilágot láttak. Az 1994-re tervezett program költségvetési tervezete csak 30%-ban, az 1995–2000. közötti évekre tervezett beruházásokat csak 50%-ban finanszírozták, sőt, 1996 és 2000 között, a gátak és más hidrotechnikai építmények javítására meghatározott összegből a költségvetés az előirányzott költségek 1%-át biztosította (Tudományos Bizottság Zárójelentése 2001). Az 1999–2000. évre betervezett gátépítési tervezetet 39%-ra, a partszakaszok megerősítését 46%-ra, a mederszabályozási munkálatokat 64%-ra teljesítették (Tudományos-szakirányú Jelentés 2001).

Az árvizek megelőzését elősegítő építményeken kívül az 1990-es évek végén és a 2000-es évek elején akadozott a vízgazdálkodási komplexum finanszírozása is. 1999-ben a szükséges költségek csaknem 11%-át, 2000-ben 21%-át tudta a költségvetés biztosítani.

A 2001. novemberi katasztrófális árvíz után javult a helyzet. Az árvízvédelmi gátakat megemelték, elkezdődtek csúcsárvízi tározók kivitelezési folyamatai. Azonban minél távolabb kerülünk időben a nagy árvizektől, annál inkább lassul a munka. A mai napig léteznek olyan gátrészek, amelyek javításra szorulnak, áll a gátmagasítás Mezővári környékén is.



## 5. AZ EREDMÉNYEK ÖSSZEGZÉSE

A Tisza ártéri kilépései 1970-től 2009-ig 30 alkalommal fordultak elő. A vizsgált 40 év alatt csökkent a kiöntések gyakorisága, azonban az 1998-as és a 2001-es katasztrofális árvizeket megelőző időszakban (1970–2001 között) enyhén növekedő tendenciát mutattak ki az adatok. Megfigyelhető az árvizek gyakoriságának növekedése az 1977 és 1986 közötti időszakban, amikor 1982 és 1984 kivételével minden évben történt kiöntés a hullámtérre. 1970–2009 között a legtöbb kiöntés (4 eset) 1995-ben figyelhető meg. A Tisza kiöntéseinek gyakorisága és az évek között számított korreláció (a vizsgált 40 év alatt) 95%-os valószínűségi szinten nem szignifikáns változást eredményezett. A kiöntések gyakorisága (1974–2001 között) háromévenként ismétlődött és az ármentes évek nem tartottak két évnél hosszabb ideig. Hosszabb idejű (4 és 5 év) kihagyás csak az 1970–1974 és 2001–2006 időközökben voltak.

Az ártér vízzel borítottsága az árvizek idején átlagosan 1–2 nap volt, de kivételesen előfordult 3 (1985, 1995, 1998, 2008), illetve 4 (1992, 2001) napon keresztül is. 1995-ben fordult elő az, hogy az ártér a legtöbb napon át vízzel borított (összességében 7 nap) volt. A katasztrofális árvizek idején, 1998-ban a folyó (2 esetben) összesen 5 napot tartózkodott az ártéren, 2001-ben (1 esetben) 4 napot. A tiszai ártér vízzel borítottságának időhosszvizsgálata, a katasztrofális árvizeket (1998 és 2001) megelőző 31 éves időszak alatt szignifikáns változást valószínűsít.

Havi bontásban a Tisza ártéri kiöntései a leggyakrabban decemberben (7 eset) és márciusban (5 eset) fordultak elő, de 40 év (1970–2009) alatt a folyó egyszer sem öntött ki augusztus és szeptember hónapokban. Az év többi hónapjában átlagosan 1–3 kiöntés fordult elő. A vizsgált 40 év (1970–2009) alatt az árvizek gyakorisága csökkenő tendenciát mutat, azonban a vízzel borítottság időhossza fokozatosan emelkedett.

Kárpátalján az 1970–2009-es időszakban (Beregszász és Rahó meteorológiai adatainak alapján) a trendvonalak segítségével megállapítottam, hogy Beregszászban 1970 és 2009 között 1,6 °C-kal emelkedett az évi középhőmérséklet, Rahón 1,2 °C-kal. Az évi középhőmérsékletek és az évek korrelációs együtthatója mindkét állomás esetében szignifikáns változásról tanúskodik.

Az évi abszolút maximális hőmérsékletek fokozatosan emelkedtek az évek folyamán, Beregszászban az 1970–2009 közötti periódusban a trendvonal alapján  $4,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal emelkedett, Rahón  $3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal. A minimális hőmérsékletek között is változások történtek a vizsgált időszakon belül. Az évi abszolút minimális hőmérséklet Beregszászban 1970–2009 között növekedett és a változás elérte a  $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot, Rahón viszont csökkent ( $-0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Az évi abszolút minimum hőmérsékletek szignifikáns változást nem mutattak.

Az évi abszolút hőingás 1970 és 2009 között a trendvonalak alapján Beregszászban ( $1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) és Rahón ( $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) is emelkedtek, de a változás csak Rahó esetében szignifikáns.

A hőmérséklet változásának vizsgálata a Student-féle t-próba töréspontvizsgálat alapján három meteorológiai állomás adatai alapján lett elvégezve. Mindhárom állomás esetében szignifikáns töréspontok lelhetők (Rahón az 1988–89-es Beregszászban és Ungváron az 1998–99 években), amelyek inkább diszkrét, mint folytonos folyamatokra utalnak.

A természeti tényezők között különösen nagy jelentőségű az árvizek kialakulásában a csapadék mennyisége és a mennyiség ingadozása. 1970–2009 között a lehulló csapadék mennyisége (a vizsgált meteorológiai állomások adatai alapján) fokozatosan emelkedett.

A legcsapadékosabb év Beregszászban az 1998-as volt, amikor az évi csapadékmennyiség elérte a  $969,8\text{ mm}$ -t. A legkevesebb csapadék 1973-ban hullott ( $476\text{ mm}$ ). Átlagon ( $697,8\text{ mm}$  1970 és 2009 között) felüli csapadékos év a vizsgált időszakban 21 évben fordult elő, míg átlagon aluli csapadékmennyiség 19 évben. Rahón, a legcsapadékosabb év szintén az 1998-as volt ( $1693\text{ mm}$ ), míg a legkevesebb csapadék, 1991-ben hullott ( $883\text{ mm}$ ). Átlagon felüli ( $1253\text{ mm}$  1970 és 2009 között) csapadékos év a vizsgált időszakban 19 évben fordult elő, míg átlagon aluli csapadékmennyiség 21 évben.

Trendvonalak segítségével állapítottam meg a sokéves csapadékátlag változását, amely Beregszászban 1970 és 2009 között  $15\text{ mm}$  emelkedést eredményezett, Rahón a növekedés elérte a  $60\text{ mm}$ -t, de egyik esetben sem szignifikáns változás.

A Tisza hullámtéri kiöntéseinek és a csapadékátlagok vizsgálatával arra az eredményre jutottam, hogy nincs teljes mértékű összefüggés az éves csapadékátlagok és a kiöntések előfordulásának gyakorisága kö-



zött. A legcsapadékosabb évek a rahói meteorológiai állomáson az 1970-es és 1998-as évek voltak, a legtöbb kiöntés viszont az 1975-ös és 1995-ös években fordult elő. Ha az adatsorokból csak a Kárpátalján 1998-ban és 2001-ben előfordult katasztrofális árvizeket megelőző és tartalmazó 32 évet vesszük figyelembe (1970–2001), akkor a csapadékértékek csökkenését figyelhetjük meg, viszont összességében (1970–2009) a csapadékátlagok lassan emelkedő tendenciát mutatnak.

A csapadék 40 mm fölötti értékei (1970 és 2009 között, a Rahói meteorológiai állomás adatai alapján) és az árvizek előfordulásának adatai között 17 esetben találtam kapcsolatot, közöttük a két katasztrofális árvizet is.

Az 1995-ös, 1998-as, 2001-es években a csapadék és a kiöntések száma között összefüggés található. A csapadékmennyiség ezekben az években átlagon felüli volt, hasonlóan a kiöntések gyakoriságával. Az átlagon felüli csapadékos években többnyire árvizek is kialakultak. Kárpátalján az árvízveszély szempontjából kritikus hónapok a március és (különösen) a december.

A domborzat jelentősen befolyásolja az árvizek idején az összegyülekezési időt. A lefolyási idő a kisvízi lefolyás esetében a Talabornál és a Nagyágnál egyformán 30–40 óra körüli, csúcsárvízi viszonyok között ez jelentősen csökken a gyorsabb folyás következtében. A Talaboron az összegyülekezési idő csúcsárvízi viszonyok között 11 óra, a Nagyágon 10 óra.

Az erdősültség változása is fontos tényező az árvizek kialakulásában, mivel az erdő is hat a vízháztartás elemeire. Az erdőkkel borított területekről lényegesen több víz párolog el, mint a fedetlen területekről. A hegyvidéki erdők jelentős mértékben befolyásolják a vízgyűjtőről lefolyó vízhozam méretét.

A II. világháború utáni időszakban az 1960-as évek közepéig intenzív fakitermelés ment végbe. Az erdőkkel borított területek részaránya 76,9%-ról (1870) 41,1%-ra (1968) csökkent. Változások csak az 1980-as évektől kezdődtek el, amikor csökkentették a fakitermelést, újabb fafeldolgozási technológiákat vezettek be, amelyek a késztermékek gazdaságosabb kibocsátását eredményezték. 2009-ben a megye erdősültsége meghaladta a 724 ezer hektárt, amely Kárpátalja területének 56,8%-a. Az erdősültség növekedéséhez az is hozzájárult, hogy a megye települései, az 1990-es évek elejétől fokozatosan tértek át

a gáztüzelésre, így kevesebb tűzifára van szükség. A megye 609 településéből 1990-ben 37 volt ellátva földgázzal 1990-ben, 2009-re a számuk 380-ra emelkedett és mára nincs olyan település, ahol ne lenne földgáz, vagy propán-bután gázellátás. Az államilag engedélyezett erdőirtáson kívül törvénytelen erdőirtásokat is folytattak, amelyek nagysága 1995-ben elérte a 10,7 ezer m<sup>3</sup>-t.

A minden évben megjelenő statisztikai kiadványok arról tanúskodnak, hogy növekedik az erdősültség, de összevetve a kitermelés és megújulás adatait arra a következtetésre jutottam, hogy a faállomány átlagosan több mint 10 ezer hektárral (az erdők összterületének 1,4%-a) csökken évente. A legnagyobb erdőveszteség (1970-től számítva) 1970-ben ment végbe, a legkevesebb a 2000-es évben. A faállomány kitermelésének megmentésére és védelmére az egyik lehetőség újabb természetvédelmi területek létrehozása.

Az erdők talajtakarójának, különösen a felső avarszintnek van jelentős szerepe a lehulló csapadékvíz és az olvadékvíz tárolásában, az árhullámok méretének csökkenésében. A talajok víztározó képessége a talaj fizikai összetételétől függ, illetve az ember által az erdőkben végzett gazdasági tevékenységétől. Az erdőkben végzett fakitermelési munkálatok növelik a talaj kimosódását, iszap keletkezését, amelynek nagy része végeredményben leöblítődik a hegyoldalakról és a folyókba jut. A torkolatvidéken végzett kutatások azt mutatják, hogy a leülepedett és megmaradt iszap vastagsága egyenesen arányos a domborzat lejtőfokának csökkenésével. A sík hullámtéri részeken és a zárt, medenceszerű mélyedésekben a hordalékiszap felhalmozódik. Az átlagos hullámtér-feltöltődés függ az árvizek levonulásának időtartalmától, elérheti egy árvíz alatt az 5–7 centimétert, amely 85–119 cm-es feltöltődést eredményezhetett a folyószabályozási munkálatok befejezése óta.

Az 1990-es évektől kezdődően Kárpátalja gazdaságában jelentős változások mentek végbe. Növekedett a szolgáltatói ágazatok jelentősége, a gazdaságban végbemenő negatív folyamatok a gazdaságszerkezet változását hozták magukkal. Egymás után zártak be a gyárak és az üzemek, feloszlottak a mezőgazdasági termelőszövetkezetek. Kárpátalján a mai napig fontos kérdés az ipari termelés fokozatos emelése és az elhanyagolt ökológiai helyzet.

Kárpátalja agráripari vidék, amely fakészletezésre és fafeldolgozó iparra, élelmiszer-iparra és könnyűiparra, gépgyártásra, gyógy-

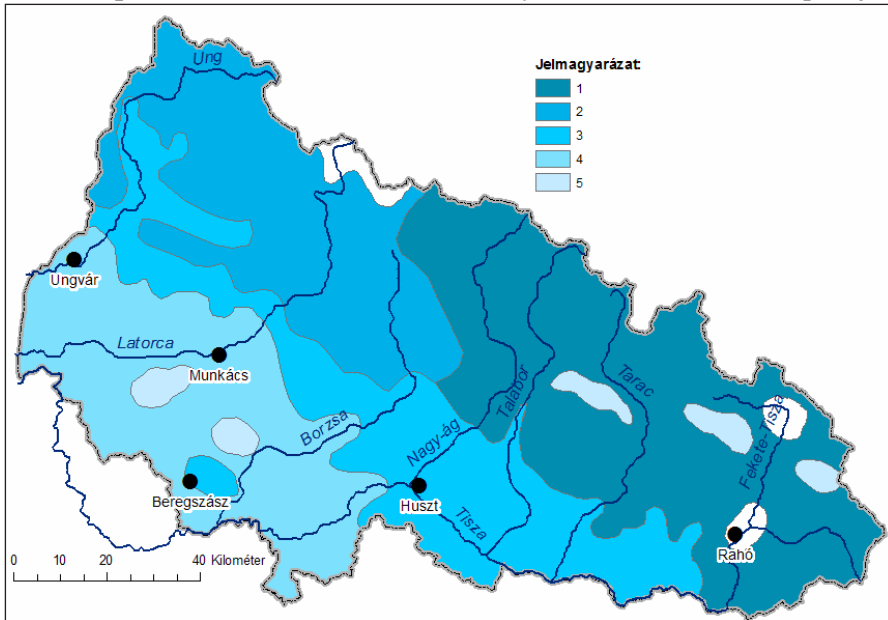
üdülői-üdülői szolgáltatásokra, turizmusra, mezőgazdasági termelésre szakosodik. A megyében található gazdasági tevékenységek között a mezőgazdaság (a vadgazdálkodással és az erdőgazdálkodással együtt) a legeredményesebb ágazat. Ebben az ágazatban tevékenykedik a megye munkaképes lakosságának 26,4%-a. Kárpátalja összterületének 35,5%-a tartozik a földművelés alá.

Kárpátalján a népességszám a II. világháború utáni időszakról (1947-ben 792 ezer fő) napjainkig (2009-ben 1242 ezer fő) csaknem megkétszereződött. A benépesített területeken és a közlekedési utak mentén fokozatosan romlik az ökológiai helyzet, csökken a természetes növénytakaró, az erdősültség, negatív természeti jelenségek és folyamatok jelennek meg.

A települések száma a megyében a XX. század elején 492 volt, jelenleg 609 található. A települések számának növekedése magával vonta az általuk elfoglalt területek gyarapodását. A beépített területek nagysága eléri a 45,9 ezer hektárt (2009), amely a megye területének 3,6%-a. Az épületek tetőzete, a települések szilárd burkolatú részei, a szilárd burkolatú úthálózatok, a vasút, a lefolyó- és csatornarendszerek, a csővezetékek és távvezetékek csökkentik a talajba jutó csapadék mennyiségét, a víz beszivárgását, és növelik a felszíni lefolyást. Összességében a közutak, a vasút és más közlekedési ágazatok a hozzájuk tartozó műtárgyakkal együtt a megye területének 0,75%-át foglalják el (99,3 km<sup>2</sup>), amelynek kétharmada található a hegyvidéken (65 km<sup>2</sup>), vagyis a hegyvidék minden 100 km<sup>2</sup>-nyi területéből több mint 4,5 km<sup>2</sup>-t a közlekedési utak különböző válfaja foglalja el.

Az árhullámokat különböző mértékben kialakító természeti (10. térkép) és antropogén (11. és 12. térkép) tényezőket (összefoglalásként) a korábbiakhoz viszonyítottan részletesebben mutatom be. A térképeken szereplő jelmagyarázatban a hatásfok-kategóriák rövid jellemzést adnak a felszínre érkezett víz mennyiségét befolyásoló (mérseklő) tényezőkről. Árhullámkeltő szerepük megítélésében jelentős mértékben vettem figyelembe az illető terület kiterjedését és a befogadóhoz viszonyított térbeli helyzetét. A térképek egységes árhullámkeltő kategória-rendszere (az igen erős hatástól az igen gyenge hatásig) lehetőséget ad arra, hogy összehasonlítást lehessen tenni az összes hatótényező között is. A Tisza kárpátaljai vízgyűjtőjében ebből kifolyólag zónák, illetve régiók ismerhetők fel.

### 10. térkép. Az árhullámkeltő természeti tényezők térszerkezete Kárpátalján



Forrás: saját szerkesztés.

#### ***Jelmagyarázat:***

1. Igen erős hatás – magashegységi régió, amelynek túlnyomó része 1 000 m tengerszint feletti felszín. Egyes részei szikla-kopárok, ill. gyakori a havasi legelő. Déli lefolyású, 40–50 km hosszú völgyeihez keskeny vízgyűjtők tartoznak, amelyekben ezen orográfiai okok miatt leggyorsabb a kiürülési idő.

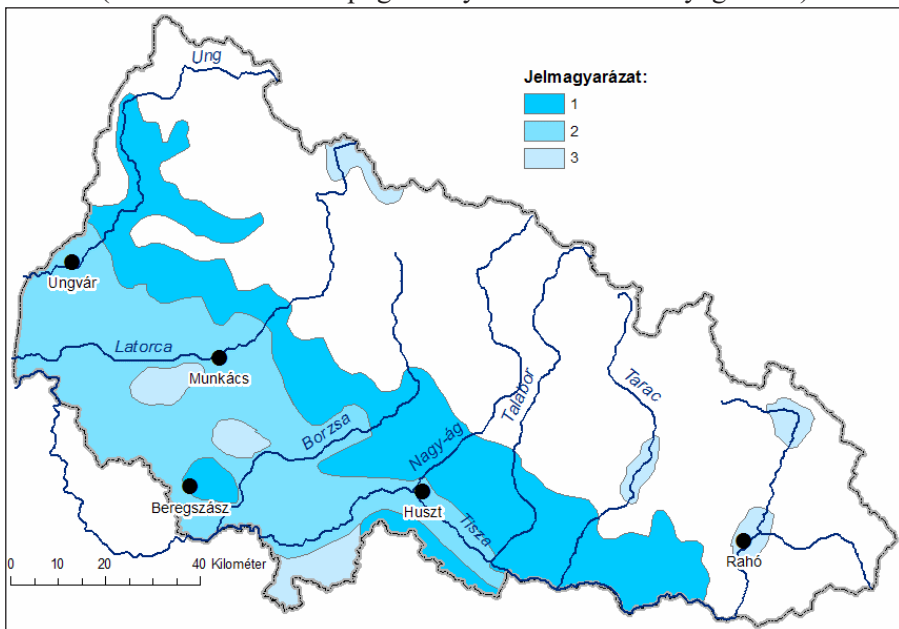
2. Erős hatás – középhegységi térség, amely túlnyomórészt 500–1 000 m tszf. magasságú, meredek oldalú lejtőkkel szabdaltnak, nagyterjedésű, erdővel borított terület, és a befogadóhoz (Tisza) viszonyítottan távol fekszik.

3. Közepes hatás – az a 200–500 m tengerszint közötti mezőgazdaságilag művelt terület, amelyet gyenge lejtők, széles háta uralnak, valamint a gyakori talajművelés következtében jelentős a beszivárgási és párolgási veszteség.

4. Gyenge hatás – az a 200 m tengerszint alatti, mezőgazdaságilag művelt, gyakorlatilag teljesen sík, laza talajú térség, amely a sűrű településhálózatú Beregszász–Munkácsi síkon, azaz a befogadó közvetlen közelében fekszik.

5. Igen gyenge hatás – havasi régiókban fekvő legelő, és sziklakopár, amelynek felszíni lefolyási viszonyai kitűnőek, de kicsiny kiterjedés, és a befogadótól való távoli fekvésük következtében árhullámkeltő hatásuk igen gyengének minősíthető. Ide tartoznak a vízgyűjtő legalacsonyabb, holocén korú süllyedék területei, amelyek a nagyarányú vízrendezések előtt lefolyástalan mocsarak voltak (lefolyásukat csak a levezető csatornák kezelésével és folyamatos tisztításával lehet biztosítani).

**11. térkép.** Az árhullámkeltő antropogén tényezők térszerkezete Kárpátalján (fehér szín – az antropogén tényezők hatása elhanyagolható)



*Forrás: saját szerkesztés.*

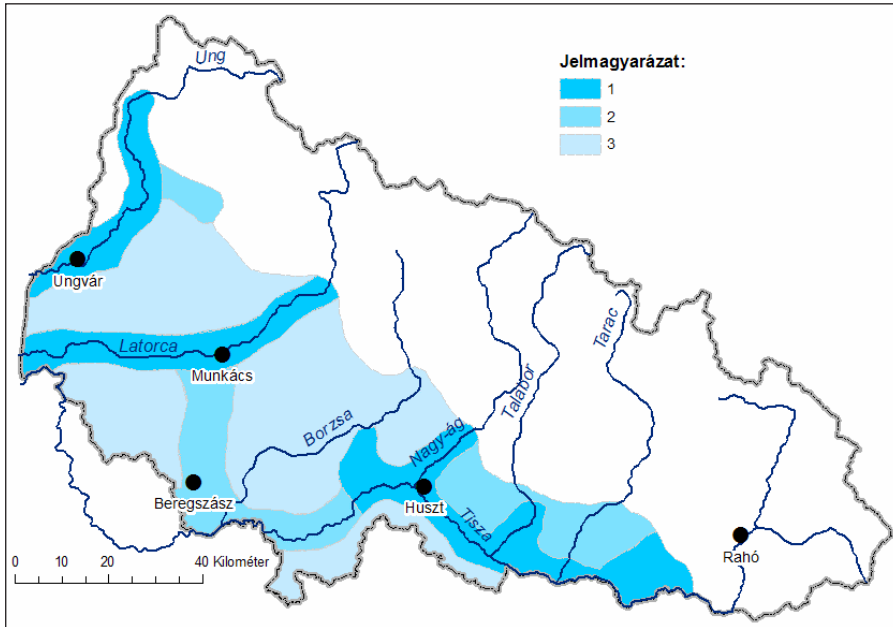
***Jelmagyarázat:***

1. Közepes hatás – hegylábi lejtők, az Északkeleti-Kárpátok délnyugati lealacsonyodó lejtővidéke, gyakran széles völgyközi háttakkal tagolt terület, amelyen terjedelmes rét-legelő fekszik. A csapadékból származó felszíni lefolyás közvetlenül a befogadóba kerül.

2. Gyenge hatás – túlnyomórészt szántó művelésű terület, amely általában 200 m tszf. magasságig terjed. A felszíni lefolyásnak jelentős párolgási, és beszivárgási vesztesége a gyakori talajlazítás következtében. A csapadékból származó felszíni lefolyás közvetlenül a befogadóba távozik.

3. Igen gyenge hatás – a vízgyűjtőben két típusát lehet meghatározni. Leggyakrabban a magashegységi völgyek nagy településeinek közvetlen szomszédságában fekvő szántóföldi művelésű térség, amelynek számottevő népesség eltartó szerepe van. A felszíni lefolyás részaránya jó, a víz közvetlenül a befogadóba kerül. A típus kicsiny kiterjedése következtében vízgyűjtőbeli összhatása igen gyengének minősíthető.

**12. térkép.** Az árhullámkeltő technogén tényezők térszerkezete Kárpátalján (fehér szín – a technogén tényezők hatása elhanyagolható)



*Forrás: saját szerkesztés.*

### **Jelmagyarázat:**

1. Közepes hatás – a vízgyűjtő településhálózatának azon régiói, ahol viszonylag jelentős számú, 5 000 fővel rendelkező és ezt meghaladó település. Ezeknek a központi térségben a fejlődés folyamán kialakult egy viszonylag jól körülhatárolható területe, amelyen a szilárd felszín aránya (épület-tetők, utak, járdák stb.) 50% felett van. Ezek a települések szinte kizárólag vízfolyás mentén fekszenek, tehát technogén felszínekről származó minimális párolgási és beszivárgási veszteség nélkül távozik a mederbe.

2. Gyenge hatás – a vízgyűjtő településhálózatának azon régiói, ahol a 2 000–5 000 fő közötti településeknek jelentős a száma. Ezeket

a kertes településkörnyezet jellemzi, ahol a szilárd felszínek részaránya 25–50% között van.

3. Igen gyenge hatás – a vízgyűjtő sűrű településhálózatú régiójának az a területe, ahol a hálózat elemei (települései) ritkán fekszenek egymástól távolabb 2,5–3 km-nél, és a népesség igen gyakran 500 fő alatti (törpe falvak). A falusias környezetben a szilárd felszínek részaránya alig éri el a 25%-ot, és élő felszíni vízfolyás gyakran több kilométer távolságban található.

A természeti tényezők között a legjelentősebb (igen erős, erős) árhullámkeltő a hegységi domborzat (*10. térkép*), amelynek két változata, a magashegységi és a középhegységi hatásváltozat különíthető el.

Az antropogén árhullámkeltő tényezők hatása a legjelentősebb (közepes) az Északkeleti-Kárpátok délnyugati, túlnyomóan szántóföldi művelés alatt álló, hegységelőtéri területein (*11. térkép*).

A természeti és antropogén tényezők térszerkezetében (*10. és 11. térkép*) egyértelműen felismerhető, illetve igazolódik a tengerszint feletti magassággal változó földrajzi (természeti és társadalmi) környezet hidrológiai hatásának mérséklődése. A technogén tényezők (a települések szilárd felszínei: tetők, utak, járdák stb.) hidrológiai hatása a természeti és antropogén tényezőkhöz természetesen nem hasonlítható, mert ezek a tájban összefüggő területként jelentkeztek, de a technogén tényezők pontszerűen, egymástól távol helyezkednek el, a vízgyűjtő legalacsonyabb felszínén, és ezen belül a nagyobb vízfolyások közvetlen közelében a legjellemzőbbek (*12. térkép*).

Összegezve az árvizek kialakulását előidéző tényezők vizsgálatát arra a következtetésre jutottam, hogy az árvizek kialakulásában, lefolyásában és katasztrofális méretűvé válásukban elsőrendű szerepe van az időközönként nagy mennyiségű csapadéknak. Az 1998-as és 2001-es kárpátaljai árvizeket a rövid idő alatt lehulló csapadék váltotta ki. A csapadék mellett az ember gazdasági tevékenységét kell megemlíteni. Vezető helyen szerepel az erdősültség változása a II. világháború utáni időszakban (különösen az 1950 és 1980 közötti években) és az utóbbi években végbemenő, sok esetben erdővédelemmel magyarázott fakitermelés.

A települések területének növekvése következtében letarolták a környezetükben található erdőket, megváltoztatták a felszínborítottságot, növelték a lefolyási tényezők árvízfokozó hatását.

Jelentős szerep hárul az árvízvédelmi beruházások megvalósítására. Az ukrán állam a mai napig nem tudott az árvizekkel kapcsolatos rendeletekben és törvényekben előírányzott és megígért finanszírozásnak eleget tenni. Továbbra is léteznek az árvízvédelemben – az elért pozitív eredmények mellett – hiányosságok és mulasztások, amelyekre a megoldást esetenként csak a megtörtént baj után találják meg.

A természeti környezet elemei (kőzet, domborzat, éghajlat, növény- és állatvilág, talaj, folyók stb.) szoros kapcsolatban állnak egymással. Bármelyik összetevő változása a többi összetevőben is változást eredményez. Az árvizek elleni munkálatoknak, tevékenységeknek negatív hatásai lehetnek az adott vízgyűjtő természeti sajátosságaira, a környezeti adottságokat meghatározó tényezőkre. Az ember sok esetben nem veszi figyelembe a környezeti összetevők között kialakult, átfonódott, szoros kapcsolatokat, amellyel előidézi, majd felerősíti a negatív hatásokat.

A természetben található összetevők, folyamatok és jelenségek fizikai törvényszerűségeit már ismerjük. Megbízhatóan előrejelezni lefolyásukat az emberiség mégsem tudja. A jelenségek és folyamatok ok és okozati tényezői tartalmazhatnak véletlen elemet (Moser M. – Pálmai Gy. 1992), amelyek meghiúsíthatják a pontos előrejelzést.



## 6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS A TOVÁBBI KUTATÁSOK IRÁNYA

Az elvégzett kutatások alapján a következtetéseket és a javaslatokat néhány pontban lehet összefoglalni:

1. Katasztrófális jellegű árvíz intenzív hóolvadás és felhőszakadászerű eső egybeesésekor keletkezett (1947, 1957, 1970, 1998, 2001).

2. Kárpátalján az elmúlt évtizedekben kis mértékben, de növekedett az évi középhőmérséklet és az évi csapadék mennyisége, az átlagon felüli csapadékos években növekedett a folyók kilépésének gyakorisága a hullámtérre, de a csapadék átlagos mennyiségének növekedése nem mutat egyöntetű összefüggést az árvizek gyakoriságának növekedésével.

3. A katasztrófális árvizek kialakulásában mindegyik természeti (csapadék, domborzat, erdősültség) és antropogén (fakitermelés a II. világháború utáni években, beépítettség területi növekedése, hidrotechnikai műtárgyak állapota stb.) tényezőnek egyaránt szerepe volt.

4. A legnagyobb mértékű befolyással az árvízszintek növekedésére az éghajlati összetevők váltakozása van, közöttük is a csapadékatlagok növekedésének, az időközönként nagy mennyiségű napi csapadéknak, amelyeknek előfordulási gyakorisága az utóbbi évtizedekben fokozatosan emelkedik.

5. Fontos tényező az erdősültség. Az erdő szabályozza a vízhozamot, jelentős mértékben csökkenti a szélsőségeket, a csapadékot időben szét húzza, visszatartja, tározza a lehulló és olvadó csapadékvizet és késlelteti a lefolyást.

6. A csúcsárvizek kifejlődésében a szovjet időkben folytatott hegyvidéki mezőgazdasági termelésnek, különösen az állattenyésztésnek is szerepe van. A szubalpesi övezetben folytatott juhlegeltetés eredményeként az erdők legfelső természetes határa csökkent, amelynek következtében a tavaszi olvadás idején kisebb idő alatt nagyobb mennyiségű olvadékvíz jut a folyók medrébe.

7. Árvizek a jövőben is elő fognak fordulni, de a károkozó jellegük megelőzésében továbbra is szerepük lesz a hidrotechnikai építményeknek (töltések, víztározók, átereszek stb.).

8. Az éghajlat változásaiban nem tudunk „pozitív” változásokat eszközölni, ezért a jövőben előforduló nagy árhullámok, csúcsárvízi

jelenségek katasztrofális jellegének megelőzésében és az árvizek hullámtéren történő megtartása érdekében szükséges komplex árvízmegeelőzési munkálatokat végezni, amelyekhez hozzátartozik:

- az erdősültség optimalizálása;
- az árvízvédelmi rendszerek állandó karbantartása;
- az árvízvédelmi töltések optimális magasítása;
- az árterekre való építkezések beszüntetése;
- az árvizek elleni védelem időbeni megfelelő anyagi támogatása.

Az árvizek előrejelzéséhez, az árvízszintek meghatározásához katasztrofális jellegük megelőzéséhez mindegyik kockázati tényező alapos vizsgálatára szükség van, mert az előidéző okok között nem egy tényező, hanem tényezőhalmazok és az őket befolyásoló természeti és antropogén elemek vesznek részt. Ezért a további kutatásokban folytatni kell:

- az éghajlati összetevők és a közöttük kialakult kapcsolatrendszerek vizsgálatát, többek között a csapadék és a hőmérséklet értékeinek alakulását, változását a Felső-Tisza vízgyűjtőjében és az Kárpát-medence egész területén;

- továbbra is kutatni és pontosítani kell az erdősültség változását a Tisza részvízgyűjtőin, felmérni a folyamatosan végbemenő csökkenését, növekedését az erdőterületeknek és ennek hatását a lefolyásra;

- fontos a hullámtér feliszapolódásának további vizsgálata, ezeknek a területeknek kartográfiai felmérése;

- folytatni kell az árvízvédelemmel kapcsolatos, határokon átnyúló együttműködés kiszélesítését, bevonva ebbe az árvizek kialakulásával, lefolyásával foglalkozó (hidrológusok, meteorológusok, geomorfológusok, politikusok), az árvízvédelmi munkálatokban részt vevő részágazatok (mérnökök, építészek, karbantartók) vezető szakembereit;

- további kutatásokat igényel az emberi beavatkozások (ipari, mezőgazdasági, közlekedési) hatása a Tisza vízgyűjtőjének egészén és a részvízgyűjtőkön is.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

1. ALFÖLDI L. – SCHWEITZER F. 2003: *A Tisza vízrendszerének földrajzi és hidrológiai jellemzése*. In: TEPLÁN I. (szerk.): *A Tisza és vízrendszere I–II*. Magyarország az ezredfordulón. Stratégiai tanulmányok a Magyar Tudományos Akadémián. MTA Társadalomkutató Központ, Budapest, pp. 41–51.
2. ALMÁSSY E. 1977: *Hidrológia – hidrográfia*. Tankönyvkiadó, Budapest, 230 p.
3. ÁCS F. – BREUER H. – HORVÁTH Á. 2008: *Esszé a talaj, a növényzet és a zivatarok közötti kapcsolatrendszeréről*. Légkör, 53. évfolyam, 4. szám, pp. 20–23.
4. BABOS Z. 1953: *Árvízvédelmünk fejlesztésének időszerűségéről*. Vízügyi Közlemények, 35. évfolyam, 2. szám, pp. 200–230.
5. BARANYI S. 1965: *A Tisza 1964. évi árvize*. Vízügyi Közlemények, 47. évfolyam, 3. szám, pp. 355–370.
6. BARINOV, A. (БАРИНОВ А.В.) 2003: *Természeti jellegű rendkívüli helyzetek és védelem ellenük (Чрезвычайные ситуации природного характера и защита от них)*. „Vladosz-pressz” Kiadó, Moszkva, pp. 21–28.
7. BARTHOLY J. – PONGRÁCZ J. – GELYBÓ GY. 2008/a: *Milyen mértékű éghajlatváltozás várható a Kárpát-medencében?* Légkör, 53. évfolyam, 2. szám, pp. 19–24.
8. BARTHOLY J. – PONGRÁCZ J. – GELYBÓ GY. – SZABÓ P. 2008/b: *Milyen mértékű változás várható a Kárpát-medence éghajlati szélsőségeiben a XXI. század végére?* Légkör, 53. évfolyam, 3. szám, pp. 19–23.
9. BEREGSZÁSZI METEOROLÓGIAI ÁLLOMÁS adattára. Beregszász, 2010.
10. BJELOUSZOV, V. (szerk.) (БЕЛОУСОВ В.И. ред.) 1969: *Az Ukrán SZSZK városainak és falvainak történelme. Kárpátaljai terület (Історія міст і сіл Української РСР. Закарпатська область)*. Ukrajnai TA URE Főszerkesztősége, Kijev, p. 28.
11. BODNAR, V. (szerk.) (БОДНАР В.Л. ред.) 1987: *Kárpátontúl természeti erőforrásai (Природні багатства Закарпаття)*. „Kárpáti” Kiadó, Ungvár, pp. 74–77.
12. BODOLAINÉ JAKUS E. 1983: *Árhullámok szinoptikai feltételei a Duna és a Tisza vízgyűjtő területén*. OMSZ hivatalos kiadványai, LVI. kötet, Budapest, pp. 12–13.

13. BODOLAINÉ JAKUS E. – BÓDY K. 1971: *Az 1970. évi tiszai árhullámok szinoptikai és hidrometeorológiai leírása*. Dunamenti országok VI. Hidrológiai Előrejelzési Konferenciája, Kijev.
14. BONTA I. 1998: *Századunk nagy árvizei meteorológus szemmel*. Hidrológiai Közlöny, 78. évfolyam, 1. szám, pp. 33–39.
15. BONTA I. – HOMOKINÉ ÚJVÁRI K. – ZSOTÉR E. 1998: *Az évszázad árvize Közép-Európában*. Hidrológiai Közlöny, 78. évfolyam, 3. szám, pp. 157–163.
16. BOTÁR I. – KÁROLYI Zs. 1970: *Vásárhelyi Pál, a Tisza szabályozás tervezője. (Adalékok a Tisza-szabályozás történetéhez)*. Vízügyi Történeti Füzetek 2. szám, Budapest.
17. BREUER H. 2009: *A növényzet és a légkör közötti kapcsolat erőssége*. Légkör. 54. évfolyam, 3. szám, pp. 8–11.
18. BULLA B. – MENDÖL T. 1999: *A Kárpát-medence földrajza*. Lucidus Kiadó, Budapest, 420 p.
19. CHOLNOKY J. 1907: *A Tiszameder helyváltozásai*. I. Földrajzi Közlemények 35 (9), pp. 381–405.
20. CISZ, P. (ЦИСЬ П.М.) 1962: *Az USZSZK geomorfológiája (Геоморфологія УРСР)*. Lvivi Egyetem Kiadója, Lviv, pp. 39–43.
21. CSATÓ É. 2004: *Úrfelvételen alapuló erdősültségi változás vizsgálat a Tisza vízgyűjtőjében*. <http://www.hso.hu/page.php?page=84> (letöltés ideje: 2009).
22. CSÁNYI B. 1993: *Az ármentesítés természetvédelmi és ökológiai hatásai*. Brit–Magyar Árvízvédelmi Szakmai Műhely. Budapest, 1993. szeptember 6–10, pp. 329–344.
23. CSOMA J. 1971: *Az 1970. évi nagy tiszai árvíz hidrológiai okai és lefolyása*. Beszámoló a VITUKI 1970. évi munkájáról.
24. CSUBATIJ, O. (ЧУБАТИЙ О.В.) 1968: *A kárpáti erdők védő szerepe (Захисна роль карпатських лісів)*. „Vidavnictvo Karpati”, Kiadó, Ungvár, p. 56.
25. DINYAR, G. 2004: *A klímaváltozás*. HVG Könyvek. HVG Kiadói Rt., Budapest, p. 3.
26. EZEKIEL, M. – FOX, K.A. 1970: *Korreláció- és regresszió-analízis. Lineáris és nem-lineáris módszerek*. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 594 p.
27. FEDURCA, I. – PECSER, I. – KICSURA, V. – KRICSFALUSIJ, V. – SZABADOS, V. – KROCSKÓ, J. (ФЕДУРЦЯ І.Ю. – ПЕЧЕР І.І. – КІЧУРА

- V.П. – КРИЧАЛУШИЙ В.В. – САБАДОШ В.І. – КРОЧКО Ю.І.) 1997: *Kárpátalja erdői. Jelenkori állapotuk, kihasználásuk és védelmük (Ліси Закарпаття. Сучасний стан, використання та охорона)*. „Patent” kiadó, Ungvár, pp. 11–12.
28. FIRBÁS O. 1996: *Erdőhasználatlan. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest*, pp. 12–13.
29. FODOR F. 1957: *Magyar vízimérnököknek a Tisza-völgyben a ki-egyezés koráig végzett felmérései, vízi munkálatai és azok eredményei*. Tankönyvkiadó, Budapest, 265 p.
30. FODOR, SZ. (ФОДОР С.С.) 1974: *Kárpátalja flórája (Флора Закарпаття)*. Lvivi Állami Egyetem nyomdája, Lviv, 208 p.
31. FRENKEL, M. (ФРЕНКЕЛ М.О.) 1982: *A szokatlan magas vízállásról (О необычном половодье)*. In: *Tudományok a Földről (Науки о Земле)*, № 6. Árvizek és küzdelem ellenük (Наводнения и борьба с ними). „Znanyije” Kiadó, Moszkva, pp. 20–21.
32. GÁBRIS GY. – TELEBISZ T. – NAGY B. – BELARDINELLI, E. 2002: *A tiszai hullámtér feltöltődésének kérdése és az üledékképződés geomorfológiai alapjai*. *Vízügyi Közlemények*, 84. évfolyam, 3. szám, pp. 305–322.
33. GÖNCZY S. 2004: *Földtani alapprogramok*. Oktatási segédanyag. II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola. „PoliPrint” Kiadó, Beregszász, 47 p.
34. GÖNCZY S. – SZALAI K. 2004: *Geomorfológiai fogalomgyűjtemény*. Oktatási segédanyag. II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola. „PoliPrint” Kiadó, Beregszász, 80 p.
35. GYÚRÓ GY. – TÓTH T. 2008: *Blokkoló anticiklonok szerepe nagy csapadék-mennyiséggel járó időjárási helyzetek kialakulásában*. *Légekör*. 53. évfolyam, 3. szám, pp. 14–18.
36. HAJÓSY F. 1954: *Adatok a Tisza vízgyűjtőjének csapadékviszonyaihoz*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 113 p.
37. HENSZIRUK, SZ. – BONDAR, V. (ГЕНСИРУК С.А. – БОНДАР В.С.) 1973: *Ukrajna erdő erőforrásai, védelmük és kihasználásuk (Лісові ресурси України, їх охорона і використання)*. „Naukova dumka” Kiadó, Kijev, p. 201.
38. HERENCSEK, K. (szerk.) (ГЕРЕНЧУК К. І. ред.) 1981: *A Kárpáton-túli terület természetvilága (Природа Закарпатської області)*. „Viscsa Skola” Kiadó, Lviv, pp. 26–102.

39. HINKO, SZ. (ГИНКО С.С.) 1982: *Katasztrófák a folyók partjain (Катастрофы на берегах рек)*. In: *Tudományok a Földről (Науки о Земле)*, № 6. Árvizek és küzdelem ellenük (Наводнения и борьба с ними). „Знання” Kiadó, Moszkva, p. 8.
40. HNYIDENKO, V. (ГНІДЕНКО В.І.) 1997: *Az erdő felújítása és alakítása az irtásokon (Відновлення і формування лісу на вирубках)*. „Patent” Kiadó, Ungvár, p. 72.
41. HOMOKINÉ UJVÁRY K. 1999: *Őszi árvíz a Tiszán*. Légkör, 44. évfolyam, 1. szám, pp. 2–6.
42. HOMOKINÉ UJVÁRY K. 2001: *Márciusi árvíz Kárpátalján*. Légkör, 46. évfolyam, 2. szám, pp. 2–5.
43. HRANCSAK, I. (szerk.) (ГРАНЧАК І. ред.) 1995: *Munkák Kárpátalja történelméből (Нариси історії Закарпаття)*. II. kötet. 1918–1945. „Zakarpattya” Kiadó, Ungvár, pp. 158–160.
44. ILLÉS L. – KONECSNY K. 1999: *Az 1998. novemberi Felső-tiszai árvíz hidrológiája*. МНТ XVII. Országos Vándorgyűlés, Miskolc, 1999. július 7–8. I. kötet, pp. 28–42.
45. IZSÁK T. 2001: *Kárpátalja demográfiai képe 1900-ban. (az 1900. évi népszámlálási adatok alapján, Kárpátalja jelenkori közigazgatási és területi határain belül)*. Acta Beregsasiensis. Kárpátaljai Magyar Tanárképző Főiskola, Beregszász, p.128.
46. IZSÁK T. 2004/a: *A Tisza szabályozásának előzményei és kezdete a folyó Kárpátaljai szakaszán*. In: BARKÁTS J. (szerk.): *Fiatalkárpátaljai magyar kutatók a természettudományi kutatásban*. „PoliPrint” Kiadó, Beregszász–Ungvár, Pp. 84–92.
47. IZSÁK T. 2004/b: *Természetföldrajzi fogalmak szótára*. II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola, Matematika és Természettudományi Tanszék. Kárpátaljai Magyar Pedagógusszövetség Tankönyv- és Taneszköztanácsa, Beregszász, 72 p.
48. IZSÁK T. 2007/a: *A Beregszászi járás természeti földrajza*. KMPSZ, II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola. „PoliPrint” Kiadó, Beregszász, 52 p.
49. IZSÁK T. 2007/b: *Ukrajna természeti földrajza*. Jegyzet. „PoliPrint” Kiadó, Ungvár, 214 p.
50. IZSÁK T. 2009/a: *Természetvédelmi területek*. In: BARANYI B. (szerk.): *A Kárpát-medence régiói II. Kárpátalja*. Dialóg Campus Kiadó, Pécs–Budapest, pp. 154–158.

51. IZSÁK T. 2009/b: *A gazdaság fejlődésének általános tendenciái*. In: BARANYI B. (szerk.): *A Kárpát-medence régiói II. Kárpátalja*. Dialóg Campus Kiadó, Pécs–Budapest, pp. 301–303.
52. IZSÁK T. 2009/c: *Kárpátalja mezőgazdasága*. In: BARANYI B. (szerk.): *A Kárpát-medence régiói II. Kárpátalja*. Dialóg Campus Kiadó, Pécs–Budapest, pp. 320–328.
53. IZSÁK T. 2010: The effect of human work on the environment in the delta of river Borzsa, the right-side branch of the Tisza. *Acta Beregsasiensis*, IX. évfolyam, 1. szám. „PoliPrint Kft” kiadó, Ungvár, pp. 233–239.
54. IZSÁK T. 2011/a: *A hőmérséklet és a csapadék értékeinek változása Kárpátalján*. Konferencia előadás. Pécs, CD-kiadvány.
55. IZSÁK T. 2012: *A katasztrofális árvizek természeti és antropogén tényezőinek vizsgálata Kárpátalján*. PhD-értekezés. Pécsi Tudományegyetem, Földtudományok Doktori Iskola. Kézirat. 143 p.
56. JAKUCS L. 1982: *Az árvizek gyakoriságának okai és annak tényezői a Tisza vízrendszerében*. Földrajzi Közlemények 30. évfolyam, 3. szám. Budapest, pp. 212–231.
57. KÁRPÁTALJA 1991. Statisztikai évkönyv (*Закарпаття 1991*. Статистичний щорічник). Ужгород, Закарпатське обласне управління статистики, 1992. 230 p.
58. KÁRPÁTALJA 2000. Statisztikai évkönyv (*Закарпаття 2000*. Статистичний щорічник). Ужгород, Закарпатське обласне управління статистики, 2001. 448 p.
59. KÁRPÁTALJA 2004. Statisztikai évkönyv (*Закарпаття 2004*. Статистичний щорічник). Ужгород, Закарпатське обласне управління статистики, 2005. 640 p.
60. KÁRPÁTALJA 2005. Statisztikai évkönyv (*Закарпаття 2005*. Статистичний щорічник). Ужгород, Закарпатське обласне управління статистики, 2006. 584 p.
61. KÁRPÁTALJA 2006. Statisztikai évkönyv (*Закарпаття 2006*. Статистичний щорічник). Ужгород, Закарпатське обласне управління статистики, 2007. 590 p.
62. KÁRPÁTALJA 2007. Statisztikai évkönyv (*Закарпаття 2007*. Статистичний щорічник). Ужгород, Закарпатське обласне управління статистики, 2008. 574 p.

63. KÁRPÁTALJA 2009. Statisztikai évkönyv (*Zakarpattya 2009. Статистичний щорічник*). Ужгород, Закарпатське обласне управління статистики, 2010. 542 p.
64. KÁRPÁTALJA ATLASZA 1991. (Атлас. Закарпатская область). Комитет геодезии и картографии СССР. Москва, 1991.
65. KÁRPÁTALJA NÉPGAZDASÁGA. Statisztikai gyűjtemény (*Народне господарство Закарпаття. Статистичний збірник*). Закарпатське обласне управління статистики, Ужгород, 1969. 191 p.
66. KÁRPÁTALJA NÉPGAZDASÁGA. Statisztikai gyűjtemény (*Народне господарство Закарпаття. Статистичний збірник*). Закарпатське обласне управління статистики, Ужгород, 1982. 196 p.
67. KÁRPÁTALJA NÉPGAZDASÁGA. Statisztikai gyűjtemény (*Народне господарство Закарпаття. Статистичний збірник*). Закарпатське обласне управління статистики, Ужгород, 1989. 211 p.
68. KÁRPÁTALJAI MEGYEI HIDROMETEOROLÓGIAI KÖZPONT adattára. Ungvár, 2010.
69. KÁRPÁTALJAI MEGYEI HIDROMETEOROLÓGIAI KÖZPONT adattára. Ungvár, 2011.
70. KÁRPÁTALJAI MEGYEI MELIORÁCIÓS ÉS VÍZGAZDÁLKODÁSI TERMELÉSI HIVATAL adattára. Ungvár. In: <http://www.vodhosp.uzhgorod.ua/about.html> (letöltés ideje: 2011).
71. KOLODKO, M. – TRETJAK, P. (КОЛОДКО М.М. – ТРЕТЯК П.Р.) 2004: *Az erdők szerepe az árvizek kialakulásában a Kárpátokban (Роль лісів у формуванні повеней у Карпатах)*. Наукові праці Лісівничої Академії Наук України. Випуск 3, Видавництво Національного університету „Львівська політехніка”. In: [http://www.nbu.gov.ua/portal/Chem\\_Biol/Nplanu/2004\\_3/LAN\\_3\\_All.pdf](http://www.nbu.gov.ua/portal/Chem_Biol/Nplanu/2004_3/LAN_3_All.pdf). (letöltés ideje: 2009).
72. KOMENDAR, V. (КОМЕНДАР В.І.) 2008: *Kárpátalja állami erdőalap erdeinek jelenkori állapota és küzdelem az árvizekkel és a zöldárval (Сучасний стан лісів держлісфонду Закарпаття та заходи боротьби з наводками і повенями)*. „Negyilja Market”, № 21, 2008. május 24–30, Ungvár.
73. KOMENDAR, V. – VINUN, M. – NEHRJA, I. – VAKAROV, A. (КОМЕНДАР В. – БІГУН М. – НЕГРЯ І. – ВАКАРОВ А.) 1991: *Megvédjük a Kárpátok erdeit (Захистимо Карпатські ліси)*. „Novini Zakarpattya”, № 246, 1991. december 25, Ungvár.



74. KONECSNY K. 2002/a: *Hegy- és dombvidéki erdők hatása a lefolyásra, különös tekintettel a Felső-Tisza vízgyűjtőjére*. Hidrológiai Közlöny 82. évfolyam, 6. szám, pp. 327–331.
75. KONECSNY K. 2002/b: *A Felső-Tisza-vidék időjárásai és vízjárásai viszonyainak változása a XX. században*. In: FRISNYÁK S. (szerk.): *A Nyírség és a Felső-Tisza-vidék történeti földrajza*. Tudományos konferencia előadásai. Nyíregyháza 2001. október 29–30. Nyíregyházi Főiskola Földrajz Tanszéke, Nyíregyháza, pp. 41–49.
76. KOVAL, J. (КОВАЛЬ Я.В.) 2008: *Katasztrófális árvizek a Kárpátokban és megelőzésük irányvonalai (Катастрофічні наводки в Карпатах і напрямки запобігання їм)*. RVV LNTU, Vip. 6, Lviv. p. 48.
77. KOVALCSUK, I. (КОВАЛЬЧУК І.П.) 1997: *Regionális ökológiai-geomorfológiai elemzés (Регіональний еколого-геоморфологічний аналіз)*. Insztitút Ukrajinoznasztva Kiadó, Lviv.
78. KOMONYI É. – MOLNÁR J. – GÖNCZY S. – IZSÁK T. – SÁNDOR A. – SASS E. 2003: *Jelentés. A Felső-Tiszai árvizek kialakulásának tényezői, különös tekintettel az utóbbi évek katasztrófáira, illetve azok elhárításának lehetőségeire c. pályázathoz (adalékok a felső-tiszai árvizek okairól és kísérőjelenségeikről)*. Kézirat. II. Rákóczi Ferenc Kárpátalja Magyar Főiskola adattára, Beregszász, 56 p.
79. KRÜZSELYI I. – BARTHOLY J. – HORÁNYI A. – PIECZKA I. – PONGRÁCZ R. – SZABÓ P. – SZÉPSZÓ G. – TORMA Cs. 2011: *The future climate characteristics of the Carpathian Basin based on a regional climate model mini-ensemble*. <http://www.adv-sci-res.net/6/69/2011/asr-6-69-2011.pdf> (letöltés ideje: 2011).
80. KUCSERJAVIJ, V. (Кучерявий В.П.) 2001: *Ökológia. (Екологія)*. „Szvit” Kiadó, Lviv, pp. 69–87.
81. KUZIK, P. (Кузик П.) 2010: *Az erdők nem bírnak ilyen mennyiségű csapadékkal (Ліси не справляються з такою кількістю опадів)*. „Viszokij zámok”, 06.02.2010, p.6.
82. LÁNG S. 1942: *A Huszti kapu és a Királyházi öböl terrasz-morfológiája*. Földrajzi Közlemények LXX, 1-2. szám, pp. 169–193.
83. LÁSZLÓFFY W. 1932: *A Tiszavölgy*. Vízügyi Közlemények. 14. évfolyam, 2. szám, pp. 108–142.
84. LÁSZLÓFFY W. 1982: *A Tisza. Vizi munkálatok és vízgazdálkodás a tiszai vízrendszerben*. Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 218–247.

85. LÁSZLÓFFY W. – SZILÁGYI J. 1971: *Az 1970. évi Tiszavölgyi árvíz hidrológiai jellemzése*. Vízügyi Közlemények 53. évfolyam, 3. szám, pp. 29–55.
86. ЛЕНОЦЗКЫ Т. 1881: *Bereg vármegye*. Hatodik Síp Alapítvány – Mandátum Kiadó, Budapest–Beregszász, 1996, 719 p.
87. ЛИСТОПАД, О. (ЛИСТОПАД О.Г.) 2001: *Írások az Ukrajnai erdők portréjához (Начерки до портрету Українського лісу)*. „Geoprint” Kiadó, Kijev, p. 34.
88. LÓKI J. 2002: *Távérzékelés*. Egyetemi jegyzet. Kossuth Egyetemi Kiadó, p. 113.
89. МАСА, N. (МАЦА Н.О.) 2001: *A környezet és a természeti erőforrások kihasználása Kárpátalján*. Statisztikai gyűjtemény (Навколишнє середовище та використання природних ресурсів у Закарпатській області. Статистичний збірник). Kárpátaljai Megyei Statisztikai Hivatal, Ungvár. p. 94.
90. MAGYAR KIR. FÖLDMŰVELÉSÜGYI MINISZTERIUM VÍZRAJZI INTÉZETE: *Magyarország vízborította és árvízjárta területei az ármentesítő és lecsapoló munkálatok megkezdése előtt*. 1 : 600 000. M. Kir. Honvéd Térképészeti Intézet, Budapest, 1938.
91. МАНІВЧУК, J. (МАНІВЧУК Ю.В.) 1996: *Az agrártermelés ökológiai rendszerei a Kárpátokban*. (Екологічні системи аграрного виробництва в Карпатах). „Zakarpattya” Kiadó, Ungvár, 276 p.
92. MARINICS, O. (szerk.) (МАРИНИЧ О.М. ред.) 1989: *Ukrajna Földrajzi Enciklopédiája (Географічна Енциклопедія України)*. II. kötet, Bacsan M. P. Ukrajnai Szovjet Enciklopédia Kiadó, Kijev, pp. 9–16.
93. MARINICS, O. – SISCSENKO, P. (МАРИНИЧ О.М. – ШИЩЕНКО П.Г.) 2003: *Ukrajna természeti földrajza (Фізична географія України)*. „Znannya” Kiadó, Kijev, p. 378.
94. MARTONNÉ ERDŐS K. 1997: *Magyarország természeti földrajza I*. Földrajz szakos hallgatóknak. Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen, p. 138.
95. MÁTYÁS Cs. (szerk.) 1996: *Erdészeti ökológia*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 312 p.
96. MIKE K. 1991: *Magyarország ösvízrajza és felszíni vizeinek története*. Aqua Kiadó, Budapest, pp. 1–698.
97. MIN, S.-K. – ZHANG, X. – ZWIERS, F.W. – HEGERL, G.C. 2011: *Human contribution to more-intense precipitation extremes*. Nature.

470. <http://www.nature.com/nature/journal/v470/n7334/full/nature09763.html>, pp. 378–381 (letöltés ideje: 2009).
98. MISZSENKO, SZ. (szerk.) (Мищенко С. ред.) 1973: *A boldogság útján (Шляхом до щасття)*. Munkák Kárpátalja történelméből. Kárpáti Kiadó, Ungvár, pp. 53–54.
99. MOLNÁR J. 2009: *Vízrajzi adottságok*. In: BARANYI B. (szerk.): *A Kárpát-medence régiói II. Kárpátalja*. Dialóg Campus Kiadó, Pécs–Budapest, p. 135.
100. MOLNÁR J. – GÖNCZY S. – SÁNDOR A. 2003: *Csúcsárvízi összegyűlekezési idő a Felső-Tisza vízgyűjtő területén*. In: Acta Beregsasiensis, Beregszász, 2003. 3. szám, III. évfolyam. A II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola tudományos közleményei. „PoliPrint” Kiadó, Ungvár, pp. 145–151.
101. MOLNÁR J. – IZSÁK T. 2011: *Trendek és töréspontok a léghőmérséklet kárpátaljai idősoraiban*. Légkör, 56. évfolyam, 2. szám, pp. 49–54.
102. MOSER M. – PÁLMAI GY. 1992: *A környezetvédelem alapjai*. Nemzeti Tankönyvkiadó Rt., Budapest, p. 113.
103. NAGY B. – KOMONYI É. – MOLNÁR J. – IZSÁK T. – GÖNCZY S. – KUCSINKA I. – SÁNDOR A. 2002: *Jelentés. A Felső-Tiszai árvizek kialakulásának tényezői, különös tekintettel az utóbbi évek katasztrófáira, illetve azok elhárításának lehetőségeire c. pályázathoz*. Kézirat. II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola adattára, Beregszász, 120 p.
104. NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). <https://zulu.ssc.nasa.gov> (letöltés ideje: 2003).
105. NECSITAJLO, M. (szerk.) (НЕЧИТАЙЛО М.О. ред.) 2005: *Az erdészeti gazdaságok gazdasági tevékenységéről (Про господарську діяльність підприємств лісового господарства)*. Statisztikai kiadvány. Állami Statisztikai Bizottság. Kárpátaljai Statisztikai Főhivatal, Ungvár, p.3.
106. NÉMETH T. – PÁSZTOR L. – SZABÓ J. – VÁRALLYAY GY. 2003: *A vízgyűjtő talajai*. In: TEPLÁN I. (szerk.): *A Tisza és vízrendszere*. Magyarország az ezredfordulón. Stratégiai tanulmányok a Magyar Tudományos Akadémián. MTA Társadalomkutató Központ, Budapest, p. 86.
107. NCDC (National Climatic Data Center) (Nemzeti Éghajlati Adatközpont adattára). <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/mpp/freedata.html> (letöltés ideje: 2010).

108. NYIKOLAJCSUK, V. – BILIK, P. (НИКОЛАЙЧУК В.І. – БЛИК П.П.) 2000: *Talajtan (Грунтознавство)*. Oktatási segédkönyv. I. rész. „Patent” Kiadó, Ungvár, p. 133.
109. PAP, SZ. (ПОП С.) 2003: *Kárpátontúl természeti kincsei (Природні ресурси Закарпаття)*. „Szpektrály” kiadó, Ungvár, 338 p.
110. PARDEEP, P. – AINA, T. – STONE, D. – STOTT, P. – NOZAWA, T. – HILBERTS, A. – LOHMANN, D. – ALLEN, M. 2011: *Anthropogenic greenhouse gas contribution to flood risk in England and Wales in autumn 2000*. Nature 470.
111. PASZTERNAK, P. – ПРИХОГЬКО, М. (ПАСТЕРНАК П.С. – ПРИХОДЬКО М.М.) 1988: *Az erdő és szennyezés elleni védelme (Ліс і охорона вод від забруднення)*. Kárpáti Kiadó, Ungvár, p. 25.
112. PÉCZELY GY. 1979: *Éghajlatlan*. Szeged. Utánnomás: Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2002, 321 p.
113. RADVÁNSZKY B. 2009: *A havi csapadékmennyiség változása és hatása a Tisza vízhozamára a XXI. század második felében*. In: Kiss T. (szerk.) 2009: *Természetföldrajzi folyamatok és formák*. Geográfus Doktoranduszok IX. Országos Konferenciájának Természetföldrajzos Tanulmányai, Szeged. <http://www.geo.u-szeged.hu/konf/index.html> (letöltés ideje: 2010).
114. RADVÁNSZKY B. – JACOB, D. 2008: *A Tisza vízgyűjtőterületének várható klímaváltozása és annak hatása a Tisza vízhozamára regionális klímamoddell (REMO) és a lefolyási modell (HD) alkalmazásával*. Hidrológiai Közlemények 88/3, pp. 33–42.
115. RADVÁNSZKY B. – BABÁK K. – BALOGH J. – FÁBIÁN SZ.Á. – SCHWEITZER F. 2010: *Az árvízvédelem biztonsága és a klímahatások kapcsolata a Tisza vízgyűjtőjén*. „Klíma-21” Füzetek. 62. szám, pp. 43–58.
116. RADVÁNSZKY B. – IZSÁK T. 2006: *Az Ős-Tisza hordalékkúpja a Huszti-kapu előterében*. In: Acta Beregsasiensis, V. évfolyam, 2. kötet. A II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola tudományos évkönyve. „PoliPrint Kft” Kiadó, Beregszász–Ungvár, pp. 135–148.
117. RAKONCZAI J. 2000: *Antropogén hatásra bekövetkező tájváltozások az Alföldön*. In: SCHWEITZER F. – TINER T.: *Tájkutatási irányzatok Magyarországon*. Tiszteletkötet Marosi Sándor akadémikus 70. születésnapjára. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, p. 44.
118. RÉTHLY A. 1936. *Megváltoztatta-e éghajlatunkat az ármentesítés?* Vízügyi Közlemények 18, pp. 134–165.

119. RÉTHLY A. 1999: *Időjárási események és elemi csapások Magyarországon 1801–1900-ig*. II. kötet. OMSZ, Budapest.
120. RUSCSAK, M. – PAGYAK, V. (РУЦАК М.Ю. – ПАДЯК В.И.) 2004: *A gazdálkodás rendszere a Kárpátaljai területen 1991–2004 években (Система хозяйствования в Закарпатской области в 1991–2004 годах)*. „Pagyak V.” Kiadó, Ungvár, p. 28.
121. SAPARENKO, O. – SAPARENKO, SZ. (ШАПАРЕНКО О.Ю. – ШАПАРЕНКО С.О.) 2002: *Ukrajna Vörös Könyve (Червона Книга України)*. „Torszing” Kiadó, Harkiv, 336 p.
122. SCHWEITZER F. 2001: *Társadalom és a környezet: Gátépítés vagy hullámtérbővítés*. In: KEMÉNYFI R. – ILYÉS Z. (szerk.): *A táj megértése felé: tanulmányok a 75 éves Pinczés Zoltán professzor tiszteletére*. Debreceni Egyetem Néprajzi Tanszék - Eszterházy Károly Főiskola Földrajz Tanszék, Debrecen, pp. 95–103.
123. SCHWEITZER F. 2003: *Folyóink hullámterének fejlődése, kapcsolatok az árvizekkel és az árvízvédelmi töltésekkel*. In: TEPLÁN I. (szerk.): *A Tisza és vízrendszere I–II*. Magyarország az ezredfordulón. Stratégiai tanulmányok a Magyar Tudományos Akadémián. MTA Társadalomkutató Központ, Budapest, p. 107.
124. SCHWEITZER F. (szerk.) 2011: *Katasztrófák tanulságai: stratégiai jellegű természetföldrajzi kutatások*. MTA FKI, Budapest, 195 p.
125. SOMOGYI S. (szerk.) 2000: *A XIX. századi folyószabályozások és ármentesítések földrajzi és ökológiai hatásai Magyarországon*. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 302 p.
126. Soós K. 1996: *A tiszai árvizek problémája Ung, Szabolcs, Zemplén és Bereg megyék levelezésében (1715–1790)*. In: Néprajzi látóhatár V. 1996. Györfly István Néprajzi Egyesület, Debrecen. 1–2 szám, pp. 1–13.
127. Soós K. 2000: *„Az kirohanó Tiszának árja ...”*. *Árvízvédelem a Tisza mentén Ung, Szabolcs és Zemplén megyék találkozásánál*. In: R. Várkonyi Á.: *Táj és történelem. Tanulmányok a történeti ökológia világából*. Osiris Kiadó, Budapest, 371 p.
128. STELCZER K. 2000: *A vízkészlet-gazdálkodás hidrológiai alapjai*. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 411 p.
129. SULINET DIGITÁLIS TUDÁSBÁZIS. <http://sdt.sulinet.hu/Player/Default.aspx?g=990d7322-2110-47e0-b19e-32fc152c8b02&cid=3258826a-bd0f-4f9a-83d5> (letöltés ideje: 2011).

130. SZAKÓ G. 2008: A beregi ártérrevitalizációs pályázat megvalósulása és eredményei. XXVI. Országos Vándorgyűlés, Miskolc, 2008. július 2–4. [http://www.hidrologia.hu/vandorgyules/26/2szekcio/Szako\\_GaborOK.htm](http://www.hidrologia.hu/vandorgyules/26/2szekcio/Szako_GaborOK.htm) (letöltés ideje: 2010).
131. SZLÁVIK L. – VÁGÁS I. 1999: A Tisza 1998. novemberi rendkívüli árhulláma. Természet világa: Természettudományi Közlöny, 130. évfolyam, 7. szám, pp. 310–314.
132. SZTUDENYAK, P. – KRAJILLO, M. (СТУДЕНЯК П. – КРАЙЛО М.) 2001: Zöld hegyek gyermekei vagyunk (Ми діти гір зелених). Oblstat Kiadó, Ungvár–Huszt, p. 4.
133. SZVIRIDENKO, V. (szerk.) (СВИРІДЕНКО В.Є. ред.) 2007: Erdőgazdálkodás. (Лісівництво). Előadások. Tankönyv. „Aristei” Kiadó, Kijev, p. 31.
134. ТОМПА К. (szerk.) 1975: Erdészeti alapismeretek. Mezőgazdasági kiadó, Budapest, p. 89.
135. ТÓТН J. (szerk.) 2001: Általános társadalomföldrajz. Dialóg Campus Kiadó, Budapest–Pécs, p. 95.
136. TUDOMÁNYOS BIZOTTSÁG ZÁRÓJELENTÉSE a 2001. március 4–8 között a Kárpátalja megyében levonult árvíz okainak tanulmányozásáról és a jövőbeni intézkedésekről a hasonló katasztrofális jelenségek elkerülése érdekében (Заклучення наукової комісії по вивченню причин паводку 4–8 березня 2001 року в Закарпатській області та перспективних заходів по уникненню таких катастрофічних явищ у майбутньому). Ungvár, 2001.
137. TUDOMÁNYOS-SZAKIRÁNYÚ JELENTÉS a Kárpátalján 1998 novemberében és 2001 márciusában levonult árvizek természetes és technogén okairól (Науково-експертний висновок про природні й техногенні причини походження паводків у листопаді 1998 та березні 2001 років у Закарпатській області). NAN Ukrajini, Kijev, 2001.
138. ТУПІЦЯ, J. – ПЕТРОВ, А. – SZINYAKEVICS, I. (ТУПЬЦЯ Ю.Ю. – ПЕТРОВ А.П. – СИНЯКЕВИЧ И.М.) 1976: A Kárpátok erdő-nyersanyag tartalékai (Лесосырьевые резервы Карпат). Kárpáti Kiadó, Ungvár, p. 109.
139. UKRAJNA ERDÉSZETI TUDOMÁNYOS AKADÉMIAJA: Katasztrófális árvizek a Kárpátok régiójában: kialakulásuk okai és intézkedések a megelőzésükhöz (Катастрофічні повені в Карпатському регіоні:

- причини виникнення і заходи щодо їх попередження. Наукові праці Лісівничої академії наук України. Львів, 2008.
140. UKRAJNA TÉRKÉPE: [http://www.worldmapfinder.com/Map\\_Detail.php](http://www.worldmapfinder.com/Map_Detail.php) (letöltés ideje 2011).
141. V. NAGY I. 1975: Hidrológia. Nemzetközi Mérnökgeológiai Továbbképző Tanfolyam. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest. 193 p.
142. VAVILIN, A. (ВАВИЛИН А.) 2005: Kárpátalja vázlattérképe (Контурна карта Закарпаття). „Bereg Press Bt.” Kiadó, Vásárosnamény.
143. VÁGÁS I. 1977: Adatok az 1876–1975 időszak Tisza-völgyi árvizeiről. I. A Tisza nagyvizeinek statisztikai jellemzése. Hidrológiai Közlöny, 57. évfolyam, 6–7. szám, pp. 311–321.
144. VÁGÁS I. 1978/a: Adatok az 1876–1975 időszak Tisza-völgyi árvizeiről. Hidrológiai Közlöny, 58. évfolyam, 3. szám, pp. 111–115.
145. VÁGÁS I. 1978/b: Adatok az 1876–1975 időszak Tisza-völgyi árvizeiről. III. A Tisza fontosabb árhullámai 1876 és 1911 között. Hidrológiai Közlöny, 58. évfolyam, 7. szám, pp. 302–311.
146. VÁGÁS I. 1979/a: Adatok az 1876–1975 időszak Tisza-völgyi árvizeiről. IV. A Tisza fontosabb árhullámai 1912 és 1961 között. Hidrológiai Közlöny, 59. évfolyam, 1. szám, pp. 27–35.
147. VÁGÁS I. 1979/b: Adatok az 1876–1975 időszak Tisza-völgyi árvizeiről. V. A Tisza fontosabb árhullámai 1962-t követően. Hidrológiai Közlöny, 59. évfolyam, 8. szám, pp. 364–372.
148. VÁGÁS I. 1980: Adatok az 1876–1975 időszak Tisza-völgyi árvizeiről. VI. A nagy tiszai árhullámok összefoglaló értékelése. Hidrológiai Közlöny, 60. évfolyam, 6. szám, pp. 260–266.
149. VÁGÁS I. 1982: A Tisza árvizei. Vízdok. Budapest, 283 p.





## **FÜGGELÉK**



**1. függelék.** A Tisza kiöntései a hullámtérre 1970–2009 között Tiszaújlaknál

Év	Kiöntés a hullámtérre	Év	Kiöntés a hullámtérre
1970	máj. 14-15.	1990	–
1971	–	1991	–
1972	–	1992	okt. 31 – nov. 3.
1973	–	1993	dec. 22-23.
1974	jún. 13-14. júl. 24.	1994	–
1975	–	1995	márc. 29. ápr. 29. nov. 18-19. dec. 25-27.
1976	–	1996	–
1977	febr. 24-25.	1997	–
1978	dec. 31.	1998	okt. 30-31. nov. 5-7.
1979	jan. 1-2. jan. 31. dec. 12-13.	1999	–
1980	jún. 2.	2000	márc. 11. ápr. 7.
1981	márc. 13. dec. 13.	2001	márc. 4-7.
1982	–	2002	–
1983	máj. 4.	2003	–
1984	–	2004	–
1985	jan. 25. máj. 3-5.	2005	–
1986	ápr. 21.	2006	márc. 30-31.
1987	–	2007	–
1988	–	2008	júl. 26-28.
1989	dec. 17.	2009	dec. 27.

*Forrás: Kárpátaljai Megyei Hidrometeorológiai Központ adataira, 2011. Saját szerkesztés.*

2. függelék. Havi hőmérsékletátlagok Beregszászban 1970–2009 között (°C)

Év	Jan.	Febr.	Már.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept.	Okt.	Nov.	Dec.	Átlag
1970	-0,4	-0,5	4,5	10,7	14	18,6	20,5	19,9	14,6	8,5	6,8	1,4	9,9
1971	-0,1	1,5	2,6	11,1	18	17,8	20,2	21,4	13,7	8,8	4,2	1	10
1972	-1,1	4	7,5	12,5	16	19,5	22,6	19,3	13,4	7,8	5	0,4	10,6
1973	-0,7	1,9	5,2	10,3	16	18,5	20,2	20	16,9	9,3	2	-1,4	9,9
1974	2	5	8,6	9,8	14	16,4	18,8	21,4	17	8,6	4,6	1,7	10,3
1975	1,3	-0,5	8,6	10,5	18	19,4	20,8	19,9	17,7	10,3	3,2	-0,7	10,7
1976	-2,9	-3,3	1,1	11,6	15	17,8	20,8	17,8	15,3	11,7	6,7	2,3	9,5
1977	0,1	4,3	8,1	9,3	17	19,5	19,3	18,4	13,6	10,4	5,3	-3,4	10,1
1978	-2,2	0,1	6,1	9,7	14	17,4	18,2	17,5	13,2	9,8	1,8	0,5	8,8
1979	-3,1	1,4	6,8	9,3	17	22	17,6	18,6	16,4	8,4	5	3,1	10,2
1980	-4,3	0,5	3,9	8,8	13	17,2	18,3	18,5	14,2	11,1	3,7	-0,3	8,7
1981	-4,5	0	7,3	9,4	16	20,1	19,9	18,8	17,1	12	3	0,2	9,9
1982	-6,5	-3,6	5,2	7,7	17	18,8	20	20	18,1	11,2	4,9	3,3	9,6
1983	1,5	0	5,9	12,5	18	18,6	20,8	19,9	16,2	9,4	0,4	-0,8	10,2
1984	-0,7	0,9	4,2	11,3	16	16,4	17,9	19,4	16	12,5	4,7	-1,8	9,7
1985	-6,9	-8,6	4,6	10,6	17	16,2	19,7	20,4	14	9	3,9	2,7	8,5
1986	-0,7	-1,7	4,9	12,9	18	18,9	19,2	21,2	15,6	8,9	4,3	-3,7	9,8
1987	-6,8	-0,7	-0,4	10,4	14	19,1	22,5	17,1	16,5	11,2	5,9	0,1	9,1
1988	2,6	2,4	3,8	9,7	16	17,5	21,9	19,9	15,6	9,1	-1,6	0,1	9,8
1989	-2	2,1	7,1	13,4	16	17,8	20,6	19,7	15,5	11,5	3,4	0,7	10,4
1990	-1,1	4,3	8,2	11	16	18,3	19,9	20,3	13,6	10,1	6	0,8	10,6
1991	-0,4	-2,1	7,5	9,8	13	18,6	22,1	19,6	16,3	9,9	6,2	-4	9,7

A 2. függelék folytatása

Év	Jan.	Febr.	Már.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept.	Okt.	Nov.	Dec.	Átlag
1992	-2,4	0,1	5,3	11,3	15	20,1	21,5	24,8	15,1	9,9	5	-1,2	10,4
1993	-1,7	-3,5	3	10,1	19	19,3	19,5	20,2	14,8	12,6	2,2	2,8	9,9
1994	2,6	2	6,8	12,1	16	19,1	23,8	22	19,7	9,5	4,8	0,5	11,6
1995	-1,9	4,5	5,7	9,5	15	19,2	23,1	20,4	14,8	10,7	1,8	-0,1	10,2
1996	-1,8	-2,6	2	12	18	20,2	19	20,7	12,7	10,9	8,4	-1,6	9,9
1997	-2,5	0,7	4,1	6,9	17	19,4	19,5	20,6	15	7,7	6,7	2,1	9,7
1998	1,5	2,4	3,3	12,7	15	19,8	20,4	20,2	15,6	11,3	3	-4,5	10,1
1999	-0,4	-1,1	6,9	12,3	15	21	23	20	18,5	10,8	4,1	0,4	10,9
2000	-3,9	1,8	5,1	14,6	18	20,3	20	22,6	14,8	13,3	9,9	3,3	11,7
2001	1,2	2,3	8	11,4	17	17,9	21,8	22,1	14,6	13	3,1	-4,4	10,7
2002	-1,7	4,5	7,8	11,5	19	20,4	23,9	21,7	15,8	9,9	7,4	-1,4	11,6
2003	-2,1	-4,4	3,8	10,6	20	21,3	22,1	23,1	16,3	8,4	7,6	0,8	10,6
2004	-3	0,2	6	12,1	15	19,5	21,7	21	15,1	12,5	5,6	1,7	10,6
2005	-0,9	-3,2	2,8	11,8	17	18,8	21,6	20,6	17,3	11,2	4,4	0,5	10,1
2006	-4,3	-1,2	3,5	12,2	16	19,6	23,4	19,6	17,3	11,6	6,7	2,8	10,6
2007	3,9	4,1	9,7	12,1	18	21,8	23,2	22,7	14,6	9,9	3,8	-0,3	12
2008	1,7	3,1	6,3	11,7	17	20,6	20,7	21,3	15,4	12,6	6,7	3,8	11,7
2009	-1,4	1,2	5,2	14,8	17	19,5	22,6	21,6	18,1	10,4	7,6	2,2	11,5

Forrás: Beregvási Meteorológiai Állomás adataira, 2010. Saját szerkesztés.

3. függelék. Havi hőmérsékletátlagok Rahón 1970–2009 között (°C)

Év	Jan.	Febr.	Már.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept.	Okt.	Nov.	Dec.	Átlag
1970	-1,9	-1,7	2,1	8	11,5	15,6	18	16,7	12,2	6,3	4,4	0,2	7,6
1971	-1,1	-0,8	-0,1	8,3	14,6	14,7	16,4	18	11,2	6,4	2,5	-0,9	7,4
1972	-6,2	1,1	4,3	9,9	13,5	16,7	18,7	16,8	11,3	5,8	3,1	-1,8	7,8
1973	-3,5	-0,5	1,4	8,2	12,7	15,1	17,3	16,1	14	7,2	-0,3	-3,8	7,0
1974	-5,5	1,1	4	6,4	11,3	13,9	15,8	18,2	14	7,5	1,7	0,1	7,4
1975	-1,5	-3	4,7	7,9	14,9	16,6	17,7	16,6	14,7	8	0,9	-2,8	7,9
1976	-4,6	-5,8	-0,6	7,9	11,5	14,5	16,9	13,8	12,1	8,6	4,2	-1,5	6,4
1977	-9,8	3	4,8	6,7	13,3	15,4	16,3	15,7	10,8	8,4	3,8	-4,3	7,0
1978	-5,7	-1,5	3,3	7,5	11,2	14,9	15,2	14,8	10,8	8,1	1,1	-1,3	6,5
1979	-4	-1,2	3,6	6,8	14	18,3	14,8	16,1	13,7	6	3,7	0,5	7,7
1980	-6,7	-0,4	0,9	6,1	10,6	14,7	15,7	15,6	11,7	8,8	1,7	-1,9	6,4
1981	-5,5	-2	4,1	6,6	12,9	17,2	16,6	16,2	13,7	9,4	1,1	-1,6	7,4
1982	-6,4	-3,8	2,4	5,1	13,9	15,4	16,7	17	15,9	9,2	1,8	1,9	7,4
1983	-0,3	-2,2	3,3	9,7	14,6	15,7	17,7	16,6	13,4	7,3	-1,1	-3,6	7,6
1984	-1,3	-1,4	1,6	7,8	12,9	13,7	15,3	16	13,2	10	2,6	-3,6	7,3
1985	-7,5	-8,8	3,1	8,4	14,4	14,2	16,8	17,8	11,5	7	1,8	0,4	6,6
1986	-2,7	-4,2	2,8	9,5	15,3	15,8	16,7	17,9	12,8	6,6	2,3	-4,1	7,4
1987	-6,7	-2,8	-3,3	7,4	11,9	16,4	19,1	14,3	14,2	7,6	4	-1,7	6,7
1988	0,2	0,4	1,2	7	13,8	15,3	19,3	17,3	13,3	7	-3	-2	7,5
1989	-3,4	0,5	4,7	10,8	12,5	15,3	17,1	17,5	12,9	8,5	1,3	-1,3	8,0
1990	-2,5	1,7	5,5	8,4	13,1	15,2	17,3	17,3	10,8	8,4	4,7	-1,3	8,2
1991	-1,7	-2,8	5,1	7,4	10,5	16,6	19,2	17,1	12,9	8,2	2,5	-4,2	7,6

A 3. függelék folytatása

Év	Jan.	Febr.	Már.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept.	Okt.	Nov.	Dec.	Átlag
1992	-3,6	-2,1	2,8	8,2	12,5	17	18,4	20,6	11,7	7,7	3,4	-2,6	7,8
1993	-2,8	-4,4	0,8	7,4	15,1	16,3	16,5	16,9	11,3	10	-0,5	1,6	7,4
1994	0,5	0	4	9,7	12,6	16	19,6	18,6	16,9	7,5	2,8	-2,2	8,8
1995	-2,8	2,1	2,9	6,8	12,2	16,8	19,7	17,1	12,5	9,1	-0,5	-3	7,7
1996	-3,2	-3,6	-0,6	8,3	15,6	17,5	16,2	17,3	10,4	8,9	5	-3	7,4
1997	-3,1	-1,4	1,8	4	13,8	16,4	17,1	17,2	11,8	6,2	3,8	-0,1	7,3
1998	0,1	0,3	0,4	9,6	12,6	17,1	17,5	17,9	12,9	9,1	1,2	-5,6	7,8
1999	-1,8	-1,8	3	9	12,1	18,5	20	17,7	15,1	8,8	2,2	-0,8	8,5
2000	-6,2	-0,6	1,2	10,6	14,6	17,2	17,1	18,6	12,5	9,5	5,3	0,4	8,4
2001	-2,3	-1,1	4,4	9,2	13,6	15,3	19,6	19,1	12,5	11	1,2	-6,1	8,0
2002	-3,9	1,6	4,8	8,3	15,4	17,6	20,8	18,4	12,7	7,8	4	-4,4	8,6
2003	-3,4	-4,7	1,8	6,5	17,5	17,7	18,4	18	12,3	6,3	4,1	-2,2	7,7
2004	-3,7	-2,6	2,4	8,9	11,9	16,5	18,2	17,4	12,3	9,5	3,6	-0,9	7,8
2005	-3,2	-3,6	-1,1	8,1	14	15,6	18,4	18	14	8,8	1,6	-1,6	7,4
2006	-6,6	-2,5	0,8	8,5	12,5	16,1	19	17,4	14,3	9,3	2,9	1,1	7,7
2007	1,7	0,9	6,4	8,8	15,2	18	18,9	18,8	11,9	7,9	0,6	-3,4	8,8
2008	-2,3	0,3	3,8	9,1	13,8	17,4	17,3	18,3	11,9	10	3,4	-0,8	8,5
2009	-3,6	-0,7	1,5	10,8	13,5	16,9	18,7	18,4	14,3	8	5,3	-0,1	8,6

Forrás: Kárpátaljai Megyei Hidrometeorológiai Központ adataira, 2010. Saját szerkesztés.

4. függelék. Havi csapadékatlagok Beregszászban 1970–2009 között (mm)

Év	Jan.	Febr.	Már.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept.	Okt.	Nov.	Dec.	Össz.
1970	55,6	41,2	79,2	58,8	101,5	84,9	49,5	54,9	53,4	26,4	50	79,5	734,9
1971	58,9	23,4	23,3	40,9	68,9	83	79,3	53,7	43,3	28,9	77,8	40,8	622,2
1972	38,1	21,3	22	40,9	59,5	80,7	16,8	129,5	78,1	31,2	49,6	6,8	574,5
1973	7,4	53,2	2,7	23,6	39,6	87,1	94,9	25,3	24,8	48,1	27,2	42,1	476
1974	27,4	47,4	0,3	15,9	73,3	200	62,9	60,9	50,4	205	37,1	69,8	850,5
1975	20,8	10,5	24,9	46	62,2	80	129	112,4	50,6	66,9	9,7	60,9	674,2
1976	78,3	0,8	53	80,8	56,9	44,4	56	15,5	137	58,7	49,4	69,9	700,8
1977	82,5	78,7	64,2	55,3	45,6	28,2	115	165,6	56	5,6	94	41,5	832,6
1978	29,5	43,5	29,5	51,5	93	94,2	126	53,9	50,2	17,7	29,6	87,4	706,3
1979	106	35,6	96,4	41,9	42,8	73,8	93,4	202,5	3,5	18,6	51,6	44,5	810,3
1980	26,4	24,2	70	48,2	48,1	132	197	43,9	36,8	82,2	101	42,2	852
1981	44,6	20	56,5	16,2	55,6	70,1	110	27,2	59,7	77	37,3	114	688
1982	49,9	13,5	20,5	54,4	56,3	102	202	66,4	25	76,5	22	51,6	739,7
1983	53,9	40,1	45,9	66,8	80,2	102	59,6	38,3	28,1	26,7	49,8	18,1	609
1984	49,3	22,8	42,9	22,6	124,2	59,4	75,5	78,7	105	34,4	55,7	47	717,3
1985	45,4	50	47	44,7	135,8	64,8	52,7	116,9	29,3	19,9	86,8	82	775,3
1986	82,4	46,7	27,6	46	104,5	105	72,4	78	0,3	35,4	13,3	64,5	676,3
1987	80,1	36,3	69,1	45	72,6	28,4	44	54,2	40,4	28,9	44,3	70,3	613,6
1988	70,7	61,5	84,2	32,2	49	59,5	38,8	81,1	81,2	24,6	30,1	75,7	688,6
1989	23,2	31,3	22,8	114	127,4	170	35,5	101	25,8	26,1	43,1	19,9	739,3
1990	33,3	22,9	22,2	61,3	35,8	59	59,4	35,6	54,9	28,3	61,2	67,6	541,5
1991	17,2	50,3	17,1	43,4	88	132	103	92,3	36,4	92,9	36,1	44,7	753



A 4. függelék folytatása

Év	Jan.	Febr.	Már.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept.	Okt.	Nov.	Dec.	Össz.
1992	28,1	25	16,7	50,3	38	60,9	75,2	7,8	86,1	108	83,7	37,8	617,8
1993	22,4	32,4	38,2	37,6	16,4	37,8	76	21,8	81,4	45,5	50,2	97,8	557,5
1994	62,4	61,8	33,5	64,9	59,5	35,3	10,6	69	59,8	47,5	34,7	71,3	610,3
1995	66,6	65	37	62,3	54,4	96,4	17,8	73,2	95,4	9,7	60,6	79,9	718,3
1996	30,9	54,2	13,8	16,9	114	10,5	53,8	62,7	121	80,1	23,4	72,9	654
1997	16,9	29	16,2	55,4	97,1	86,7	132	43,1	12	50,2	82,5	92,1	713,6
1998	27	11,4	40,5	117	55,9	190	181	52,4	115	66,9	74	38,7	969,8
1999	25,1	156	21,3	44,6	56	69	51,6	88,1	48,5	29,1	83	110	783
2000	55,1	64	79,9	40,6	26	39,4	113	1,3	89,8	3,4	18,3	109	640
2001	56,2	37,8	136	41,7	19,8	96	141	10,6	117	18,6	54,5	27	757,3
2002	28,2	67,4	26,7	23,2	80,5	69,2	62,9	101,7	113	81,3	48,5	57,1	760,1
2003	65,6	29	13,1	37,4	58,7	25,5	38,5	9,1	44,9	109	36,7	38,3	506
2004	60,6	72,9	47,3	28,8	32,6	45,2	64	88,5	60,3	52,1	79,4	45,4	677,1
2005	48,2	54,8	20,6	94,3	53,3	54,9	43,3	162,9	49,7	17,2	42,7	81,3	723,2
2006	22	67,2	107	40,7	84,3	48,5	17,1	175,7	20,8	33,8	37,9	22,2	677,6
2007	74,3	74,1	19,8	9,8	84,2	41,8	50,9	56,8	97,8	60,7	64,7	32,4	667,3
2008	37,4	15,3	66,9	68,6	88,2	108	124	30,8	52,2	23,6	25,2	68,7	708,7
2009	24,7	64	55,4	36	50,1	137	25,9	100,2	27,3	111	89,1	75,7	796,4

Forrás: Beregvási Meteorológiai Állomás adataira, 2010. Saját szerkesztés.

5. függelék. Havi csapadékatlagok Rahón 1970–2009 között (mm)

Év	Jan.	Febr.	Már.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept.	Okt.	Nov.	Dec.	Össz.
1970	98	179	124	94	257	173	119	121	154	132	122	107	1680
1971	57	49	66	113	132	211	102	37	60	41	152	77	1097
1972	33	12	62	131	72	75	154	179	129	53	160	2	1062
1973	10	98	11	39	105	184	167	36	43	148	218	145	1204
1974	28	38	4	21	140	274	193	95	85	224	106	159	1367
1975	85	33	62	187	91	107	120	101	55	111	43	101	1096
1976	237	2	65	46	82	121	130	83	119	53	40	114	1092
1977	65	250	83	132	135	106	178	172	62	17	196	68	1464
1978	65	39	79	68	149	132	198	82	281	44	10	282	1429
1979	148	78	201	43	89	97	181	137	30	54	62	210	1330
1980	59	29	99	88	131	252	166	108	79	188	167	65	1431
1981	79	36	140	54	123	88	129	96	92	196	116	211	1360
1982	92	21	28	126	59	254	168	117	27	73	18	192	1175
1983	110	42	90	133	98	89	79	86	47	34	50	35	893
1984	75	24	30	20	210	164	151	52	204	55	149	58	1192
1985	87	99	34	149	264	196	116	99	102	30	147	116	1439
1986	211	45	54	103	57	124	150	185	6	64	26	97	1122
1987	163	26	54	46	119	107	111	145	94	33	79	83	1060
1988	81	65	137	115	103	129	107	89	101	39	55	170	1191
1989	12	48	45	112	126	145	82	177	79	82	90	127	1125
1990	59	63	63	114	60	135	81	36	151	69	183	45	1059
1991	60	40	11	65	143	74	70	98	96	151	52	23	883

Az 5. függelék folytatása

1992	49	64	70	128	52	63	64	36	181	280	162	40	1189
1993	92	26	46	94	63	90	144	104	179	40	60	339	1277
1994	74	84	180	92	154	126	32	100	110	126	78	139	1295
1995	120	125	233	134	104	106	116	85	96	27	174	176	1496
1996	26	43	21	59	115	56	107	112	202	96	60	97	994
1997	26	80	53	73	137	101	101	78	84	86	52	84	955
1998	90	34	130	171	109	213	203	115	169	224	167	68	1693
1999	94	189	74	115	116	78	103	87	75	118	62	149	1260
2000	116	78	197	73	115	74	144	15	99	17	34	146	1108
2001	42	122	350	56	66	208	140	53	201	37	183	124	1582
2002	70	215	126	48	112	97	92	133	146	233	79	96	1447
2003	88	16	43	74	41	63	219	26	65	234	80	55	1004
2004	94	171	82	71	101	77	119	71	158	58	199	90	1291
2005	106	46	108	131	69	99	116	188	42	52	37	119	1113
2006	20	79	231	233	171	163	50	248	30	64	110	39	1438
2007	363	173	73	27	182	72	187	99	188	44	116	44	1568
2008	84	32	333	134	154	92	309	109	70	88	124	67	1596
2009	33	54	120	74	92	162	82	45	29	160	106	116	1073

Forrás: Kárpátaljai Megyei Hidrometeorológiai Központ adataira, 2010. Saját szerkesztés.

**6. függelék.** A csapadék 40 mm/nap fölötti értékei Rahón 1970–2009 között

Év	Nap	mm	Év	Nap	mm	Év	Nap	mm
<b>1970</b>	05.13.	69,4	<b>1987</b>	07.18.	46	<b>1999</b>	–	–
	09.19.	95,3	<b>1988</b>	–	–	<b>2000</b>	03.09.	62
<b>1971</b>	–	–	<b>1989</b>	08.29.	46,9	<b>2001</b>	03.05.	92,2
<b>1972</b>	11.15.	43,6		09.16.	41,7		12.30.	74,8
<b>1973</b>	10.10.	49,2		11.23.	41,1	<b>2002</b>	02.28.	49,9
<b>1974</b>	07.22.	47	<b>1990</b>	11.18.	56,7		03.03.	49,6
	10.26.	44,9	<b>1991</b>	08.18.	48		08.12.	41,6
<b>1975</b>	–	–	<b>1992</b>	08.06.	54,8		10.23.	47,6
<b>1976</b>	06.16.	48		08.07.	51,6	<b>2003</b>	07.13.	40,2
<b>1977</b>	02.13.	43,6		10.31.	40,4	<b>2004</b>	03.25.	40,7
	04.17.	43,5	<b>1993</b>	12.20.	46,4		09.23.	43,6
	08.01.	49,4		12.21.	101,4	<b>2005</b>	04.21.	42,9
<b>1978</b>	07.19.	51,9	<b>1994</b>	02.03.	41,7		08.08.	42
	09.01.	44,5		06.20.	44,9	<b>2006</b>	03.04.	43,8
	12.30.	99,2		10.09.	48,9		03.05.	54,6
	12.31.	41,8		12.31.	51	<b>2007</b>	01.19.	76,3
<b>1979</b>	–	–	<b>1995</b>	03.19.	50,1		05.09.	45,9
<b>1980</b>	–	–		03.20.	48,6		07.05.	68,4
<b>1981</b>	–	–		03.27.	48,7		09.12.	44,5
<b>1982</b>	12.10.	40,9		11.17.	60,5		09.19.	45,3
	12.17.	43,6		12.23.	41,7	<b>2008</b>	03.01.	100,4
<b>1983</b>	05.02.	47,5		12.24.	42,1		04.13.	47
<b>1984</b>	07.05.	51,7	<b>1996</b>	08.04.	48,6		07.24.	71,2
<b>1985</b>	05.01.	74,8		09.08.	41,3		11.21.	48,4
	05.02.	51,3		10.19.	41,1	<b>2009</b>	–	–
	05.03.	50,4	<b>1997</b>	–	–			
	06.09.	79,8	<b>1998</b>	07.08.	48,2			
<b>1986</b>	01.20.	43,7		10.29.	68,2			
	07.08.	44,5		11.04.	64,4			

*Forrás: Kárpátaljai Megyei Hidrometeorológiai Központ adattára, 2011. Saját szerkesztés.*

## ÁBRÁK JEGYZÉKE

1. A Felső-Tisza vízgyűjtőjének vízrajzi térképrészlete.....	35
2. A Tisza esésgörbéje a Fekete-Tisza forrásától Tiszaújlakig .....	36
3. A Tisza kiöntésének gyakorisága (esetek száma) a tiszaujlaki hullámtérre 1970–2009 között.....	48
4. A Tisza kiöntésének gyakorisága (esetek száma) a tiszaujlaki hullámtérre 1970–2001 között.....	49
5. Árvizek előfordulása havi bontásban 1970–2009 között.....	49
6. A csapadékmennyiség változása Rahón 1970–2009 között március hónapokban .....	50
7. A csapadékmennyiség változása Rahón 1970–2009 között december hónapokban .....	51
8. A hullámtér vízzel borítottsága (napok száma) Tiszaújlaknál az árvizek idején 1970–2009 között .....	51
9. A hullámtér vízzel borítottsága (napok száma) Tiszaújlaknál az árvizek idején 1970–2001 között .....	52
10. Sokévi átlagos középhőmérsékletek Beregszászban 1970–2009 között.....	55
11. Sokévi átlagos középhőmérsékletek Rahón 1970–2009 között.....	55
12. Az évi abszolút maximum hőmérsékletek Beregszászban 1970 és 2009 között .....	56
13. Az évi abszolút maximum hőmérsékletek Rahón 1970 és 2009 között .....	57
14. Az évi abszolút minimum hőmérsékletek Beregszászban 1970–2009 között.....	58
15. Az évi abszolút minimum hőmérsékletek Rahón 1970–2009 között.....	58
16. Évi abszolút hóingás Beregszászban 1970–2009 között.....	59
17. Évi abszolút hóingás Rahón 1970–2009 között.....	60
18. A beregszászi, ungvári és rahói évi középhőmérsékletek alakulása az 1970–2009-es időszakban .....	61

19. A beregszászi, ungvári és rahói évi középhőmérsékletek alakulása az 1970–2009-es időszakban .....	62
20. Az évi csapadékmennyiség változása Beregszászban 1970–2009 között.....	63
21. Az évi csapadékmennyiség változása Rahón 1970–2009 között.....	64
22. A csapadék 40 mm/nap fölötti értékeinek változása Rahón 1970–2009 között .....	65
23. A csapadék 40 mm/nap fölötti értékeinek előfordulása Rahón 1970–2009 között .....	65
24. A Felső-Tisza vízgyűjtőterületének lefolyási időtérképe a nagyszőlősi híd szelvényéhez .....	69
25. Letarolt domboldalok Kőrösmező környékén (Rahói járás) .....	78
26. A fő állományalkotó fafajok részarányának változása Kárpátalján.....	80
27. Kárpátalja földterületének szerkezete 1988-ban.....	81
28. Kárpátalja földterületének szerkezete 2009-ben.....	82
29. Erdőirtási foltok Kőrösmező környékén (Rahói járás) .....	82
30. Kárpátalja erdősültségének változása 1870-től napjainkig.....	89
31. A talaj kimosódása által megsérült úttest a Talabor völgyében, a Talabori víztározó mellett (Huszti járás).....	91
32. Iszapfelhalmozódás a Tisza hullámterén Tiszabökénynél (Nagyszőlősi járás).....	92
33. Iszampinták a Borzsa hullámteréről Mezővárinál (Beregszászi járás) .....	94
34. Uszadékot és erodálódó partszakasz Tiszabökénynél (Nagyszőlősi járás).....	96
35. Feltorlódott famaradványok a Borzsa-folyó medrében Mezővárinál (Beregszászi járás).....	96
36. A Kárpát-medence északkeleti részének állandóan vagy időszakosan vízzel borított területei.....	98

## TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. Kárpátalja vízkészletei és vízháztartása.....	33
2. Kárpátalja fő folyóinak vízháztartási mérlege .....	34
3. Nemzeti parkok és védett bioszférák száma és területe Kárpátalján.....	41
4. Kárpátalja által elfoglalt hely Ukrajna megyéi között .....	41
5. Kárpátalja részaránya (%) Ukrajna gazdaságában.....	42
6. Kárpátalja földterületének szerkezete (ezer ha).....	43
7. A mezőgazdasági földek megoszlása (ezer ha).....	43
8. Az állatállomány száma Kárpátalján (ezer db) .....	44
9. A fák koronáin keresztül átjutó csapadékmennyiség a vegetációs időszakban (%).....	76
10. Az erdővel borított területek részarányának változása az összterülethez viszonyítva 1870–2000 között (%-ban).....	81
11. Kárpátalja földterületi szerkezetének változása 1988–2009 között (ezer ha) .....	83
12. Erdőkihasználás és erdőfelújítás Kárpátalján 1970–2009 között (ezer ha) .....	84
13. Erdővel borított területek részaránya, az összterülethez viszonyítva (%).....	85
14. Az erdőgazdaságokban elvégzett munka nagysága 1970–2009 között (ezer hektár) .....	85
15. Fakitermelés az erdőgazdaságokban 1990–2009 között (ezer m <sup>3</sup> ).....	86
16. Az erdőtüzek száma Kárpátalja erdejeiben 1990–2009 között.....	86
17. Települések ellátottsága földgázzal Kárpátalján 1990–2009 között.....	87
18. Fakészletezés Kárpátalján 1995–2009 között (ezer m <sup>3</sup> ) .....	87
19. A 2001–2002. évi terepbejárások során észlelt erdőirtások nagysága.....	88
20. Mederbeli felhalmozódások a Tiszán és mellékfolyóin, Kárpátalján.....	93

21. Hordalékszállítás a kárpátaljai folyókon.....	93-94
22. Állandóan vagy időszakosan vízzel borított területek Kárpátalján.....	99
23. A lakosságszám növekedése Kárpátalján 1947–2009 között .....	101
24. Kárpátalja településeinek száma 1980–2009 között.....	102
25. Kárpátalja beépített területei (ezer ha) 1988–2009 között.....	103
26. Közlekedési utak hossza Kárpátalján 1970–2009 között.....	104
27. A vasút hossza Kárpátalján 1970–2009 között .....	105



## TÉRKÉPEK JEGYZÉKE

1. Kárpátalja elhelyezkedése Ukrajna területén.....	26
2. Kárpátalja domborzati egységei.....	30
3. Kárpátalja éghajlata .....	32
4. Kárpátalja fő talajtípusai .....	38
5. Kárpátalja erdővel borított területei .....	39
6. Tiszaújlak földrajzi elhelyezkedése Kárpátalján.....	47
7. Ungvár, Beregszász és Rahó földrajzi elhelyezkedése Kárpátalján.....	54
8. Kárpátalja települései.....	102
9. Kárpátalja települései által elfoglalt terület .....	103
10. Az árhullámkeltő természeti tényezők térszerkezete Kárpátalján.....	114
11. Az árhullámkeltő antropogén tényezők térszerkezete Kárpátalján.....	115
12. Az árhullámkeltő technogén tényezők térszerkezete Kárpátalján.....	116



# **THE ANALYSIS OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS OF DISASTROUS FLOODS IN TRANSCARPATHIA**

*(SUMMARY)*

## **Introduction**

My interest in the study of floods is due to personal experience. At the end of the XX century (November 1998) and the beginning of the XXI century (March 2001) there were disastrous floods in my region, the north-eastern part of the Hungarian Lowland, i. e. in Transcarpathia's flatlands where the Tisza River and its tributaries flow. These floods left an unforgettable impression on me for I saw and experienced the damage done by the high water to the population and participated in preventive measures against floods.

The scientists researching floods suggest various causes and factors for the emerging of disastrous floods. Some of them blame global warming (Pardeep, P. et al. 2011; Min, S.K. et al. 2011) as the first and foremost cause, while others claim that people's economic activity is to blame (Jakucs L. 1982; Konecsny K. 2002/b; Csubatij, O. 1968; Lisztopad, O. 2001; Hensziruk, Sz. – Bondar, V. 1973), namely the negative influence made on the environment and the irresponsible interference into the interrelated system of natural elements (Csubatij, O. 1968; Lisztopad, O. 2001).

There is no unanimous opinion on the causes of the high water in the Upper-Tisza area (mainly in Transcarpathia). Some researchers see the cause of floods in the climate change (Bodolainé Jakus E. 1983; Homokiné Ujváry K. 1999; Jakucs L. 1982), others blame the change of methods of timbering and the kinds of trees (Kolodko, M. – Tretyak, P. 2004; Konecsny K. 2002/a; Rakonczai J. 2000).

## **Aims**

Natural and anthropogenic factors influence the emerging and the character of floods. The natural elements in our environment (rocks, relief, climate, flora and fauna, soil, rivers, etc.) are closely interrelated. The change

of one element invariably causes the change of others. People's economic activity forces the connections between the elements of natural complexes to break. In the study of causes of floods I put forward the aim to research those climate components (temperature, precipitation) and anthropogenic elements (areas covered with forests, areas used for living and agriculture) that could have brought about high water levels in Transcarpathia. In the process of research I did not conduct persistent measurements in the catchment area, thus I could investigate only their territorial order and estimate their role in the emerging of floods. In my research I study each element and factor in the 40-year-period from 1970 to 2009.

Before and during the research there were many questions to be answered and they can be summarized in the following main tasks:

- the review of specialized literature on floods;
- the analysis of the emerging of floods in the period from 1970 to 2009;
- the period floodplain is under water during the flood;
- the change of climate factors (temperature, precipitation) in the period from 1970 to 2009;
- the study of the relation between the climate factors (temperature, precipitation) and the emerging of floods;
- the interrelation between the relief and the emerging of floods;
- the time when high water is accumulated in the Upper-Tisza area;
- the change of forest-covered areas and the role of forests in the emerging of high water;
- changes in Transcarpathia's economic life (cultivation of plants, animal husbandry) that could have influenced the emerging and the procession of floods;
- the influence of technologic factors (built-in areas, communication roads) on the flood run-off;
- determining the regions of influence of flood causing factors (natural, economic, technological).

### **Research methods and sources**

I have analysed the natural factors causing the emergence of floods, as well as their changes in the last decades on the basis of the data from three meteorological stations (Beregszász, Rahó and Ungvár) and have applied statistic methods. The Transcarpathian Hydrometeorological

Centre has many measuring stations and I have used their data to study the frequency of high water (Tiszaújlak) and compare the climatic elements on a monthly basis.

I have studied the temperature and precipitation changes on the basis of the statistic analysis of the data in the period from 1970 to 2009 of two Transcarpathian meteorological stations, Beregszász and Rahó. In the case of Beregszász I have used and analysed the data from the Beregszász meteorological station, the data on Rahó have been collected from the Ungvár Transcarpathian Hydrometeorological Centre. Besides the sources mentioned above I have made use of the Ungvár meteorological data collected from the National Climatic Data Center Internet source (NCDC 2010). The earliest, reliable and consistent data are available on the Internet from 1970 and this fact influenced my choice of the year as the starting point. Another important factor is that sometimes offices and stations refuse to render services.

In the process of the research I placed special emphasis on the analysis of linear trends. The analyses and the graphs have been done with the help of Microsoft Excel. I have made use of the Student t-probe and correlation analysis in the process of the investigation. The maps elaborated by me have been done by means of CorelDRAW 3.

The tables of the forest-covered areas have been composed using the data from the Transcarpathian Regional Statistical Office. In the majority of cases the deficiency of the statistical publications caused problems, thus hindering the continuity and the consistency of the data presented there.

#### *The Analysis of Satellite Photos*

To analyse two catchment areas (Talabor and Nagyág) I have made use of two satellite photos. The first one has been downloaded from the NASA website (NASA 2003, <https://zulu.ssc.nasa.gov>) (Landsat-5, 1990), its resolution is 28.5 x 28.5 m/pixel (one pixel equals to about 800 m<sup>2</sup>). The second has been borrowed with permission from the Natural Geography and Geoinformation Department of Debrecen university (Landsat-7, 2000), its resolution is 30 x 30 m/pixel (one pixel equals to about 900 m<sup>2</sup>).

The analysis has been performed with the help of the IDRISI 2.0 software. The photos contain 4-4 colour categories (Lóki J. 2002). The categories have been named according to the flora components (coniferous woods – dark green, deciduous woods – light green, plough-lands – pink, highly hydrous areas – blue).

### *Determining the Run-off Factor*

Determining the low water run-off above the Nagyszőlős (starting from the Nagyszőlős bridge) Upper-Tisza catchment area has been done in the following steps (Nagy B. et al 2002):

1. First of all, we have determined the average run-off factor in the Upper-Tisza catchment area. We based our calculations on the Kenessey method, thus, the run-off factor has been subdivided into three parts:

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3,$$

where  $\alpha_1$  denotes the surface descent,  $\alpha_2$  means the soil infiltration conditions, and  $\alpha_3$  stands for the influence of the surface vegetation (Almássy E. 1977).

To take into account the descent we have made allowance for the following correlations:

- steep descent (> 35 % downfall):  $\alpha_1 = 0.30$
- medium descent (11–35 % downfall):  $\alpha_1 = 0.20$
- gentle descent (3.5–11 % downfall):  $\alpha_1 = 0.11$
- flatland (< 3.5 % - downfall):  $\alpha_1 = 0.05$ .

We have covered the Upper-Tisza (Transcarpathian) catchment area with a 10 x 10 kilometre square grid. We have used a 1:100 000 scale map to determine the descent indices in the grid in percentage, then we have transformed it into  $\alpha_1$  value. The conditions of infiltration:

- highly watertight soil:  $\alpha_2 = 0.30$
- medium watertight soil:  $\alpha_2 = 0.20$
- pervious soil:  $\alpha_2 = 0.10$
- highly pervious soil:  $\alpha_2 = 0.05$ .

As to the soil's mechanic composition we had no grid resolution data, therefore we generally considered the surface medium watertight ( $\alpha_2 = 0.20$ ). The vegetation:

- waste solid rock:  $\alpha_3 = 0.30$
- meadow, pasture:  $\alpha_3 = 0.25$
- cultivated area, forest:  $\alpha_3 = 0.15$
- closed canopy forest, warp:  $\alpha_3 = 0.05$ .

2. To determine the size of the water supply area we have to know the run-off time from the catchment area's particular points. This consists of two parts: the time of the flow of water on the surface and in the watercourse (at the bottom of the valley). The water does the first

stage on the surface covering it altogether or in the form of numerous trickles; it is influenced by many factors, thus making it difficult to calculate. These include besides the slope angle the characteristics and the condition of the surface, the vegetation and the leaf mould. Korbély and Kenessey suggested an empirical formula to calculate the speed of the water flowing down the slopes to the valley

$$v = 2\sin(\varphi^{0.6}),$$

where  $v$  is the speed of the water in m/s,  $\varphi$  is the angle of the slope in degrees (V. Nagy I. 1975; Almássy E. 1977). Knowing the speed of the flow and the length of the slope we can determine the time of the surface flow.

Another formula to calculate the flow of water down the slopes to the valley takes into account the amount of precipitation and 0.10 m high grass (Stelczer K. 2000):

$$v = 1070P^{1.5}I^{1.16},$$

where  $v$  is the speed of the water in m/s,  $P$  is the amount of precipitation in meters, and  $I$  is the area's downfall in m/m.

3. Taking into account the size of the catchment area under investigation we have not determined and mapped the surface run-off time in detail. Instead, we determined the general accumulation time in the water-course and transferred it to the whole catchment area. The speed of the water flow down the slope (and, correspondingly, the time as well) greatly depends on the angle of the slope. Our area and map investigations together with the specialized literature show similar results – in the Upper-Tisza catchment area 20–30° slopes prevail. Thus, the Korbély–Kenessey formula has given us the 0.21–0.27 m/s run-off speed on the valley slopes. The formula taking into account the amount of precipitation (Stelczer K. 2000) has resulted in 0.12–0.20 m/s in case of 5 mm precipitation and 0.33–0.57 m/s in case of 10 mm. For further calculations we have used 0.2 m/s (equals to 0.72 m/s) which has been proven by area analysis. To determine the time the water gets into the watercourse we needed not only the speed of the water flow, but also the distance it makes. Taking into account the fact that in a research area in the North-Eastern Carpathians the river system density is generally 2 km/km<sup>2</sup>, we suppose that the distance the water from precipitation makes to get into the watercourse does not usually exceed one kilometre, i.e. it takes about an hour and a half for the water to get into the watercourse.

4. The run-off time into the watercourse has also been calculated taking into account the speed and the distance. In the area the speed of the flow changes from point to point, however, the average speed is enough for our research. We understand the latter as the speed of the actual run-off in the area with medium speed at each point of the territory under investigation. We have used the following variant of the Chézy formula to determine the medium speed in the watercourse:

$$v_k = C \sqrt{mI},$$

where  $m$  is the average depth of the water (m),  $I$  is the downfall of the water surface,  $C$  is the factor of speed;

the value of the latter depends on the raggedness of the watercourse, its form and the downfall of the water surface.

#### *Accumulation of Water in the Floodplain*

Accumulation of water in the floodplain has been determined by means of two methods.

1. Measurements have been done to see how the level of the area outside the dam differs from the floodplain level;

2. Sediment collectors have been placed in the investigated high water area to analyse the amount and the character of the sedimentary river drift which represented 1 m<sup>2</sup> actual surface. The material has been polyethylene and it has been fixed at its four angles. The sample territories have been chosen to cover two relatively high and two lower parts. The sample territories represent all kinds of floodplains characteristic of the area from ground to natural levee.

#### *Calculation of the Downfall Curve*

I have used Google Earths Internet site to determine the Tisza downfall curve from the Black-Tisza source to Tiszaújlak Tisza-bridge part.

1. I have determined the height above the sea level of the Black-Tisza source, of the junction point of the Black -Tisza and the White-Tisza, as well as of the Tiszaújlak river part;

2. I have determined the length of the river (divided into sections between the settlements) from the source of the Black-Tisza to the Tiszaújlak Tisza-bridge;

3. I have elaborated a graph using the data collected and the Microsoft Excel software.



Besides the methods mentioned above the research includes the following ones: analysis of the specialized literature in Transcarpathian and Hungarian libraries, visiting the area (making photos) when the forest coverage and the study of vegetation were conducted.

I collected warp when I visited the area in 1998 and 2001 (both times in the same place) in the estuary of the Tisza's left tributary, the Borzsa after the high water.

### Summary of the results

1. The Tisza flood-basin has over flown 30 times from 1970 to 2009. In the 40-year period under investigation the frequency of floods decreased, however, in the period before the disastrous 1998 and 2001 floods (from 1970 to 2001) the data show a slightly increasing tendency. We can see an increase in the frequency of floods from 1977 to 1986 when, with the exception of 1982 and 1984, the river overflow into the floodplain annually. Between 1970 and 2009 the greatest number of floods happened in 1995 (4 times). The frequency of floods caused by the Tisza and the correlation between the years in the 40-year period has not shown significant changes with a 95% probability. The frequency of high water (between 1974 and 2001) was repeated every three years and the floodless period did not last for more than two years. However, there were no floods for 4 and 5 years respectively in the period from 1970 to 1974 and from 2001 to 2006.

2. The areas were usually flooded for 1-2 days, however, in 1985, 1995, 1998, 2008 the flood stayed for 3 days, in 1992 and 2001 it lasted for 4 days. In 1995 the high water stayed the longest – for 7 days. During the disastrous flood in 1998 the river overflow into the floodplain twice for a total of 5 days, in 2001 it remained in the floodplain once for 4 days. The study of the length of floods caused by the Tisza in the 31-year period before the disastrous 1998 and 2001 floods renders significant changes probable.

Classified into months the Tisza overflow most often in December (7 times) and March (5 times), however, in the 40-year period (1970–2009) the river never overflow in August and September. In other months there were generally 1–3 floods.

In 1970–2009 the amount of precipitation increased in March and decreased in December. During the other months there was either a slight increase (in January, February, April, September, October) or an insignificant decrease (in May, June, July, August, November).

In the 40 years under analysis (1970–2009) the frequency of floods shows a decreasing tendency, however the time the land was covered with water grew longer, thus increasing the amount of water going down the flooded areas and leaving an ever thicker layer of warp. In 1998 the thickness of warp at the estuary of the Borzsa was 4.2 centimetres, in 2001 it increased to 5.7 centimetres.

3. With the help of the trend-lines I have determined that in Transcarpathia in 1970–2009 (on the basis of the data of the Beregszász and Rahó meteorological stations), particularly in Beregszász in the period from 1970 to 2009 the average annual temperature has increased by 1.6°C (from 9.5 to 11.1°C), in Rahó – by 1.2°C (from 7.0 to 8.2°C). The average annual temperatures and the annual correlation coefficient testify to significant changes in both stations.

The annual absolute maximum temperatures had been gradually increasing in the course of years. In Beregszász in the period from 1970 to 2009 the temperature increased by 4.1°C from +31.8°C to +35.9°C, in Rahó it increased by 3.5°C from 30.0 to 33.5°C). The minimum temperatures had been changing as well in the period under investigation. The annual absolute minimum temperature in Beregszász in 1970–2009 increased and reached 1.0°C (-18.5°C and -17.5°C), in Rahó it decreased from -18.8°C to -19.2°C (-0.4°C). The lowest temperature in Beregszász was in 1987 (-26.6°C), in Rahó in 1987 and in 2004 the temperature was -24.0°C. The annual absolute minimum temperature did not show significant changes.

In Beregszász the annual absolute temperature amplitude between 1970 and 2009, according to trend-lines, was 50.0°C and 51.2°C, the absolute temperature amplitude was 1.2°C; in Rahó the annual absolute temperature amplitude was 48.9°C and 52.9°C, the absolute temperature amplitude was 4°C) showing an increasing tendency, however, the change is only significant in Rahó.

I have researched temperature changes on the basis of the data of three meteorological stations and the Student t-probe breakpoint analysis. All the three stations have significant breakpoints (in Rahó in 1988–89 in Beregszász and Ungvár in 1998–99), which testify to discrete, not continuous processes, their emergence is also conditioned by climate-forming factors.

4. Among the natural factors causing floods greatly influential are the amount and the variability of the amount of precipitation. In the period from 1970 to 2009 the amount of precipitation (based on the data of the analysed meteorological stations) was gradually increasing.

The highest amount of precipitation in Beregszász occurred in 1998 reaching 969.8 mm. The lowest amount of precipitation was in 1973 (476 mm). The average annual amount of precipitation comprises 697.8 mm between 1970 and 2009. Amount above the average occurred in 21 years, while amount below the average was in 19 years of the period under investigation. In Rahó the highest amount of precipitation was in 1998 as well (1693 mm), the lowest amount fell in 1991 (883 mm). The average annual amount of precipitation comprises 1253 mm between 1970 and 2009. Amount above the average occurred in 19 years, amount below the average was in 21 years of the period under investigation.

With the help of the trend-lines I have determined the change of the amount of precipitation in Beregszász in the period from 1970 to 2009. It has increased by 15 mm, in Rahó there has been a 60 mm increase, however neither case is significant.

5. Having analysed the floods caused by the Tisza and the average amount of precipitation I have come to the conclusion that there is no relevant connection between the average amount of precipitation and the frequency of floods. The highest amount of precipitation in Rahó occurred in 1970 and 1998, while the floods were most frequent in 1975 and 1995. In the 32 years (1970–2001) before the disastrous floods in Transcarpathia in 1998 and 2001 the amount of precipitation decreased, however, in general, in 1970–2009 we can see a slowly increasing amount of precipitation.

In 17 cases I have found connections between precipitation over 40 mm (they have become more frequent between 1970 and 2009) and the occurrence of floods, including the two disastrous floods (on 4 November 1998 precipitation amounted to 64.4 mm, on 5 March 2001 precipitation amounted to 92.2 mm).

In 1995, 1998, and 2001 there is also a connection between precipitation and the number of floods. The amount of precipitation in these years was above the average, just like the frequency of floods. In the years with above-the-average amount of precipitation floods occurred. In Transcarpathia the most critical months from the point of view of floods are March and especially December.

6. The relief greatly influences the accumulation time during floods. The run-off time in case of low-water mark of the Talabor and the Nagyág is equally about 30–40 hours, under the conditions of high water the time is reduced significantly due to faster flow. In the Talabor the accumulation time

during high water is about 11 hours, in the Nagyág it amounts to 10 hours. In the latest decades there have been no significant changes in the relief that would cause the increase of frequency of floods or a higher level of the floods.

7. Forest coverage is also an important factor in the formation of floods. After World War II till mid-1960s forests were significantly reduced, thus breaking the forests' natural balance, and timbering (from late XVIII century till nowadays) brought about negative processes (mainly floods). The forest covered area was reduced from 76.9% (in 1870) to 41.1% (in 1968). 1980s brought about changes with the reduction of timbering, introduction of new wood processing technologies, causing more economical use of wood for ready-made goods. In 2009 the region's 724 thousand hectares were covered with forests, amounting to 56.8%.

The increase of forest-coverage was also conditioned by the fact that the region's settlements since early 1990s were shifting to using gas, thus reducing the amount of firewood. In 1990 among the region's 609 settlements 37 were supplied with gas, in 2009 this number increased to 380. Nowadays there is no settlement without natural gas or propane-butane gas supply. Besides the governmentally licensed timbering illegal exploitation is going on reaching 10.7 thousand m<sup>3</sup> in 1995.

The annual statistic publications claim the increase of forest-covered areas, however, comparing the exploitation and renewal data I have come to the conclusion that the stands of trees are reduced by over 10 thousand hectares (1.4% of the forested area) every year. The greatest loss of forested area (since 1970) was in 1970, the smallest in 2000. One of the ways to maintain exploitation of forests and protect them is to establish a nature conservation area.

8. The forests' soil mulch, especially the upper dead fallen leaves level is of great importance for storing falling precipitation and melted water, as well as for reducing the size of floods. The water-storing ability of soils depends on their physical components and on the people's economic activity in the forests. The change of the technology of transporting cut-down trees downgrades, pares, increases the density of the soils, thus decreasing their pervious and water accumulating characteristics and increasing the run-off amount. Forest exploitation increases soil erosion, slurry formation which is washed down from the mountain slopes into the rivers. Research at the estuary shows that the thickness of warp is directly proportionate to the reduction of the terrain's slope angle. In the plain floodplain areas and in the closed basin-like soaks warp

is accumulated. The general filling up of floodplains depends on the run-off time of the floods. It can reach 5–7 centimetres during floods, thus causing a 85–119 cm filling up after finishing the river control activity.

At the rivers' estuaries the frequent change of water level increases side erosion. The destructive influence of erosion can reach 20–30 centimetres annually.

I give a detailed diachronic description of the natural and anthropogenic factors influencing the emerging of high water in different degrees. The influence categories in the legends to the maps give a short description of the factors influencing or moderating the amount of water that comes to the surface. In determining their role in causing high water the size of the recipient area has been taken into account. The unified flood-causing category system of the maps (from very strong to very weak) enables us to compare all the influential factors. Thus, we can distinguish areas or regions in the Tisza's Transcarpathian catchment basin.

Among the natural factors the most significant (very strong and strong) in causing floods is the mountainous relief, divided into two kinds: highlands and midlands influence.

9. Since 1990s there have been significant changes in Transcarpathia's economy. The importance of the service sphere has grown, the negative processes in the economy have brought about the change of the economic system. Many people have lost their jobs and looked for work abroad. The economic setback is present in Transcarpathia as well. Plants and factories were closed down, agricultural societies were terminated. Transcarpathia is still trying to gradually increase industrial production and improve the neglected ecological situation.

The environmentally-damaging functioning of chemical factories, storage of military vehicles, the excessive and inappropriate use of chemicals in agriculture, the allocation of industrial, agricultural and household waste, the drastic decrease of forest-covered areas pose serious problems for the partially governmentally subsidized economy.

Transcarpathia is an agricultural region specializing in wood supply and processing, food, light industry, machine-building, spa-treatment services, tourism and agricultural production. The agricultural industry complex plays an important part in the region's economy. Among the region's economic activity agriculture (together with game husbandry and sylviculture) is the most efficient branch. 26.4% of the able-bodied population work here. 35.5% of Transcarpathia's territory is cultivated.

The influence of anthropogenic factors causing floods is the strongest (medium) in the south-western part of the north-eastern Carpathians which is predominantly used as plough-land in the foothills.

The territorial structure of the natural and anthropogenic factors testifies to the moderation of the hydrological influence of geographical (natural and social) environment depending on the height above the sea level.

10. The increase in the number of settlements and their territory augments the procession of the surface water. The roofs of the houses, the hard surface roads and road systems in the settlements, the railway, the drain and pipelines, the power-lines reduce the amount of precipitation getting into the soil as well as permeation, thus increasing the surface run-off.

In Transcarpathia after World War II the population has almost doubled. In the populated areas and along the transport roads the ecological situation is becoming worse, the natural vegetation and forests are being reduced, negative natural phenomena and processes are emerging.

The number of settlements in early XX century was 492, now there are 609 settlements in the region. The greater the number of settlements the more extensive is the territory they occupy.

Before the Tisza's flow was taken under control the settlements were built in the areas threatened by floods. The erection of flood preventing protective lines and dams led people to build houses in the plains where the river formerly flowed.

The length of the hard surface roads reaches 3.3 thousand kilometres, which is over 261 km per 1000 km<sup>2</sup> area. The width of transport roads is generally 16 meters. They occupy 52.8 km<sup>2</sup> (5280 ha), i.e. 0.4% of the region. The length of unsurfaced roads (in forests, meadows, mountains, etc.) is about the same.

The length of the railway lines has not changed much since 1960s and they occupy 6.5 km<sup>2</sup> in Transcarpathia (together with the protected stretch of land belonging to it), thus taking 0.05% of the region's territory.

The pipelines, the high voltage power lines together with the artefacts and the protected stretch of land related to them occupy about 4 thousand hectares, i.e. about 0.3% of the region's territory.

The hydrological influence of technological factors (the hard surface in the settlements: roofs, roads, pavements, etc.) cannot be obviously compared to the natural and anthropogenic factors for they emerged as a complex and interrelated territory, however, the technological factors stand far from each other. The latter are most characteristic in the lowest lying parts of the catchment area near the biggest run-offs.

After analysing the causes of floods I have come to the conclusion that they emerge, run-off and have become disastrous in size mainly due to the excessive amount of precipitation. The 1998 and 2001 floods in Transcarpathia were caused by the huge amount of precipitation in a short period of time. Besides, human economic activity should also be mentioned, namely the drastic reduction of the forest-covered areas after World War II (especially between 1950 and 1980) as well as timbering in recent years which is often claimed to be performed to protect the forest.

As a result of the growth of settlements forests have been destroyed, the surface vegetation has been changed, thus increasing the influence of the flood-causing factors.

Of great significance is the realization of investments into flood-prevention measures. The Ukrainian state has not yet found the mainstream tendency in flood prevention legislation and has failed to properly finance the flood preventing measures. Besides the positive achievements there are still deficiencies, drawbacks and failures that are often solved only after the natural disaster.

### **Conclusions, suggestions and the further direction of the research**

Having conducted the research we can make the following conclusions and suggestions:

1. The disastrous floods of 1947, 1957, 1970, 1998, 2001 were due to intensive melting of snow and abundant precipitation at the same time.

2. In the recent decades in Transcarpathia there has been a small increase of annual average temperature and precipitation; in the years with above-the-average amount of precipitation the rivers overflow into the catchment area, however, the average increase of precipitation is not directly connected to the rise of the frequency of floods.

3. All the natural (precipitation, relief, forest coverage) and anthropogenic (timbering after World War II, growth of settlements, the state of hydrotechnological artefacts) factors alike played their role in the emerging of disastrous floods.

4. Most influential for the increase of high water is the change of climatic components, including the rise of the amount of precipitation, the accidental abundant daily precipitation which has been gradually increasing in frequency in recent years.

5. Another important factor is the forest coverage. The forest controls water supply, significantly reduces extreme conditions, extends precipitation in time, holds it back, stores the falling and melting precipitation, thus delaying run-off.

6. The present frequency of high water can be accounted for by agricultural production in the mountainous areas, especially by husbandry in the Soviet times. The grazing of sheep in the subalpine region brought about the lowering of the upper limit of forests and as a result of the melting snow in spring more water gets into the river bed.

7. The floods will occur in the future as well, however, in the prevention of their destructive character hydrological constructions will still play a significant role (dams, reservoirs, by-passes, etc.).

8. We cannot make “positive” changes of the climate, therefore, we have to perform complex flood-prevention measures to avoid disastrous high water and floods in the future.

To forecast floods, to determine flood levels, to avoid their disastrous character we have to make a detailed analysis of each risk factor for the causes of floods do not depend on one factor, but on a complex of factors together with the natural and anthropogenic elements influencing them. Therefore, further researches have to be focussed on:

- climate elements and the system of relations between them, especially the formation and change of precipitation and temperature indices in the Upper-Tisza catchment area on the whole territory of the Carpathian basin;
- the research and detailed analysis of the change of forest-covered areas in certain parts of the Tisza catchment area, determining the continuous reduction, increase of forests and its influence on the run-off;
- the study of the floodplain’s becoming covered with warp as well as a cartographic analysis of these territories;
- further and more extensive flood-prevention across-the-border cooperation together with specialists in the field (hydrologists, meteorologists, geomorphologists, politicians), together with the leading specialists from adjacent branches (engineers, builders, maintenance staff);
- the influence of human actions (industrial, agricultural, transport) on the Tisza catchment basin in general and its particular parts which still need further research.



# **ВИВЧЕННЯ ПРИРОДНИХ І АНТРОПОГЕННИХ ФАКТОРІВ КАТАСТРОФІЧНИХ ПАВОДКІВ НА ЗАКАРПАТТІ (УЗАГАЛЬНЕННЯ)**

## **Актуальність теми**

Моє зацікавлення тематикою повеней зумовлене власним досвідом. Наприкінці ХХ ст. (у листопаді 1998 року) та на початку ХХІ ст. (у березні 2001 року) в північно-східній частині Альфельда та в рівнинній частині Закарпаття Тисою та її закарпатськими притоками пройшли катастрофічні повені, наслідки яких залишили глибокий слід в моїй душі. Я на власні очі бачив руйнування, спричинені водою, величезні збитки, завдані населенню, а також особисто брав участь у протипаводкових заходах.

Науковці, що займаються вивченням повеней, по-різному визначають фактори, які призводять до їх виникнення. Частина з них на перше місце ставить глобальне потепління (Pardeer, P. et al. 2011 Min, S. K. et al. 2011), інші – господарську діяльність людини (Jakucs L. 1982; Konecsny K. 2002/b; Csubatij O. 1968; Lisztopad O. 2001; Hensziruk Sz. – Bondar V. 1973), вказуючи, зокрема, на негативний вплив цієї діяльності на довкілля, безвідповідальне втручання у систему зв'язків між складовими частинами природи (Csubatij O. 1968; Lisztopad O. 2001).

Щодо головних причин високих повеней у регіоні Верхньої Тиси (в тому числі і на Закарпатті) також нема єдиної думки. Частина дослідників вбачає причину великих повеней у кліматичних змінах (Bodolainé Jakus E. 1983; Homokiné Ujváry K. 1999; Jakucs L. 1982), а інші – у зміні площі лісів Закарпаття, їх видового складу та методів їх вирубування (Kolodko M. – Tretyak P. 2004; Konecsny K. 2002/a; Rakonczai J. 2000).

## **Мета і завдання дослідження**

На виникнення та характер повеней впливають як природні, так і антропогенні фактори. Елементи природного середовища (гірські

породи, рельєф, клімат, рослинний і тваринний світ, ґрунти, річки тощо) перебувають у тісному зв'язку. Зміна будь-якого з цих складників призводить до виникнення змін в інших. Саме діяльність людини викликає руйнування системи зв'язків між складовими природного комплексу. Досліджуючи фактори виникнення повеней, ми поставили за мету проаналізувати ті кліматичні компоненти (температура і опади) та складники антропогенного характеру (лісистість, забудова, сільське господарство), які могли стати передумовою утворення високого рівня води. У ході дослідження не проводилося безпосередніх постійних замірів у басейні річок (водозборі), тому в першу чергу ми здійснили вивчення просторового порядку, завдяки чому змогли визначити значення цих факторів у виникненні повеней. У випадку кожного фактора дослідження поширювалося на 40-річний період – з 1970 по 2009 роки.

На початку та у ході дослідження постало багато питань, що потребували свого вирішення. Тому для досягнення поставленої мети було передбачено реалізацію таких головних завдань:

- Огляд наукової літератури, присвяченої темі повеней;
- Аналіз виникнення повеней між 1970-2009 роками;
- Період покриття території водою під час повеней;
- Вивчення зміни кліматичних факторів (температура, опади) у період між 1970–2001 роками;
- Простеження зв'язку між кліматичними факторами (температура, опади) та утворенням повеней;
- Простеження зв'язку між рельєфом та утворенням повеней;
- Визначення часу збору води повеневою хвилею у регіоні Верхньої Тиси;
- Вивчення зміни лісистості території та роль лісів в утворенні великих повеней;
- Вивчення змін у господарській діяльності на Закарпатті (рослинництво, тваринництво), які могли вплинути на утворення та протікання повеней.
- З'ясування впливу техногенних факторів (збудова, зведення доріг) на проходження повеней;
- Регіоналізація впливу факторів (природних, господарських, техногенних), що сприяють утворенню повеней.

## Методи та джерела баз досліджень

Природні чинники, які впливають на виникнення повеней, та їх зміну протягом останніх десятиліть ми аналізували з допомогою статистичної методики на підставі даних трьох метеорологічних станцій (Берегівської, Рахівської та Ужгородської). Дані Закарпатського гідрометеорологічного центру, що бає багато вимірювальних станцій по області, були взяті нами за основу для визначення частоти затоплення заплав річки (сmt. Вілок), а також для оцінки й співставлення середніх місячних кліматичних показників.

Зміни температури та кількості опадів протягом 1970–2000 років були простежені за допомогою статистичного опрацювання на підставі щомісячних метеорологічних даних двох закарпатських метеорологічних станцій – Берегівської та Рахівської). У випадку з Берегом було опрацьовано дані Берегівської метеорологічної станції, а дані по Рахову були зібрані з бази даних Закарпатського гідрометеорологічного центру. Для аналізу, крім вище названих станцій, були використані метеорологічні дані по Ужгороду, які були взяті з інтернет-порталу National Climatic Data Center (NCDC 2010). Найбільш ранні по часу, надійні і постійні дані, розміщені в Інтернеті, датуються, починаючи з 1970 року. Це вплинуло на те, що саме цей рік було обрано нами вихідною точкою дослідження. Адже доводилося враховувати й той фактор, що у деяких випадках в установах нам відмовляли у наданні даних.

У ході оцінювання ми в першу чергу користувалися лінійним аналізом. Аналізи, редагування діаграм проводилося з допомогою програми Microsoft Excel. Під час дослідження використовувалися також t-розподіл Стьюдента та розрахунок кореляції. Власні карти були підготовлені з допомогою програми CorelDRAW 3.

Таблиці про зміну лісопокритих площ було підготовлено на підставі даних Головного управління статистики в Закарпатській області. Дуже часто у статистичних виданнях бракувало інформації, що перешкоджало безперервному простеженню даних.

### *Оцінка супутникових знімків*

Для аналізу басейнів двох річок (Теребля і Ріка) було використано знімки з двох супутників. Один знімок було завантажено з сайту NASA (NASA 2003, <https://zulu.ssc.nasa.gov>) (Landsat-5, 1990),

роздільна здатність зображення  $28,5 \times 28,5$  м/пікселів (один піксель приблизно  $800 \text{ м}^2$ ). Другий знімок було надано з бази даних кафедри географії та геоінформатики Дебреценського університету (Landsat-7, 2000), роздільна здатність зображення  $30 \times 30$  м/пікселів (один піксель приблизно  $900 \text{ м}^2$ ).

Оцінка була проведена з використанням програми IDRISI 2.0. На знімках використано 4-4 категорії кольорів (Lóki J. 2002). Категорії були названі за рослинним складом (хвойні ліси – темно-зелений; листяні ліси – світло-зелений; рілля – рожевий; території, покриті водою – синій).

### *Визначення фактору стоку*

Визначення часу стоку малої води у басейні Верхньої Тиси вище Виноградова (починаючи від виноградівського моста) відбувалося у кілька етапів (Nagy V. et al 2002):

1. Спочатку було визначено фактор середнього стоку в басейні Верхньої Тиси. Розрахунки були проведені за методом Кенешеї, відповідно до якого фактор стоку був поділений на три частини:

$$a = a_1 + a_2 + a_3$$

де  $a_1$  – це схил поверхні,  $a_2$  – умови всмоктування ґрунтом, а  $a_3$  означає вплив рослинного покриву (ALMÁSSY E. 1997).

При визначенні умов схилу ми взяли до уваги наступні взаємозв'язки:

- Дуже сильний схил (схил  $> 35\%$ ):  $a_1 = 0,30$
- Середній схил (схил  $11-35\%$ ):  $a_1 = 0,20$
- Пологий схил (схил  $3,5-11\%$ ):  $a_1 = 0,11$
- Рівнинна територія (спуск  $< 3,5\%$ ):  $a_1 = 0,05$

Басейн Верхньої Тиси (на території Закарпаття) ми поділили на сітку з квадратами площею  $10 \times 10$  км. З допомогою карти масштабом 1: 100 000 визначили рівень крутизни схилу по квадратах у відсотках, а потім перевели їх в  $a_1$ . При визначенні умов всмоктування ґрунтом:

- Ґрунт з високою водонепроникною здатністю:  $a_2 = 0,30$
- Ґрунт з середньою водопроникною здатністю:  $a_2 = 0,20$
- Водопроникний ґрунт:  $a_2 = 0,10$
- Дуже водопроникний ґрунт:  $a_2 = 0,05$

Про механічний склад ґрунтів у нас не було відомостей, тому в загальному поверхню ми оцінили як з середньою водопроникною здатністю ( $\alpha_2 = 0,20$ ). При визначенні умов рослинного покриву:

- Голі тверді породи:  $\alpha_3 = 0,30$
- Луги, пасовища:  $\alpha_3 = 0,25$
- Оброблювані площі, ліси:  $\alpha_3 = 0,15$
- Суцільні ліси, крупний алювій (річкові відклади):  $\alpha_3 = 0,05$

2. Для того, щоб визначити площу території, залучених до по-стачання води, необхідно знати час стоку з окремих точок басейну. Для цього треба врахувати фактори двох етапів: часу руху води по поверхні землі і часу стоку по руслу. Перший етап по поверхні землі вода стікає частково у формі суцільного потоку, а частково у формі численних маленьких жил. На такі стоки впливає багато факторів, які важко обрахувати. Крім кута нахилу, це, наприклад, характер і стан поверхні, рослинність, опале листя. Швидкість руху води в руслі річки обчислюється за емпіричною формулою, запропонованою Корбель і Кенешей

$$v = 2\sin(\varphi^{0,6}),$$

де  $v$  – це швидкість води (у м/с), а  $\varphi$  – кут нахилу схилу в градусах (V. NAGY I. 1975; ALMÁSSY E. 1977). Знаючи швидкість стоку та довжину схилу, можна визначити час стоку по поверхні.

Інша формула для обчислення швидкості руху води в руслі річки, яка враховує рівень опадів при висоті трави до 0,10 м (STELCZER K. 2000):

$$v = 1070P^{1,5}I^{1,16},$$

де  $v$  – це швидкість води (у м/с),  $P$  – рівень (висота) опадів у метрах,  $I$  – схил території (м/м).

3. Виходячи з розмірів аналізованого водозбору, у нас не було можливості детально визначити та позначити на карті час стоку по поверхні. Замість цього ми визначили загальний час збору води в русло з усього басейну. Швидкість руху води по схилу (а звідси й час стоку) значно залежить від кута нахилу. Дослідження на місці, вивчення карт, а також дані фахової літератури свідчать, що у басейні Верхньої Тиси домінують схили з кутом нахилу в 20-30°. Виходячи з цього, за формулою Корбель і Кенешей на боці долини маємо

швидкість стоку 0,21-0,27 м/с. За формулою, яка враховує і рівень опадів (STELCZER K. 2000), у випадку опадів висотою 5 мм швидкість становить 0,12-0,20 м/с, а при 10 мм опадів – 0,33-0,57 м/с. У подальших розрахунках, що підтвердилося і під час досліджень на місці, ми використовували цифру 0,2 м/с, що відповідає 0,72 км/год. Для визначення часу, за який вода потрапляє в русло, крім швидкості руху води по поверхні, необхідно знати й довжину шляху. Враховуючи, що в Північно-східних Карпатах, а отже й на досліджуваній території, загальна густота річкової мережі становить 2 км/км<sup>2</sup>, припускаємо, що довжина шляху води, що випала у формі опадів на поверхню землі, до потрапляння в русло річки в середньому не перевищує одного кілометра. Таким чином, вода, що рухається по долині, переважно досягає русла за півтора години.

4. Час стоку по руслу річки ми також розраховували на основі швидкості та протяжності шляху. У поперечному розрізі швидкість течії змінюється з точки в точку, однак нам достатньо знати середню швидкість. Під нею розуміємо швидкість, при якій через точки вимірювання (розрізу) пройшла кількість води, що відповідає реальній водоносності при умові, що для кожної точки розрізу характерна середня швидкість. Обчислення середньої швидкості течії в руслі відбувалося за формулою, запропонованою Чейзі:

$$V_k = C\sqrt{mI},$$

де  $m$  – це середня глибина води (м),  $I$  – кут схилу по поверхні води,  $C$  – фактор швидкості, який залежить від нерівності русла, його форми та кута нахилу рівня води.

#### *Заповнення заплав*

Заповнення заплав було досліджено з допомогою двох методів

1. Були здійснені вимірювання, наскільки рівень територій, крім греблі, відрізняється від рівня заплави;

2. Були розміщені збирачі наносного осаду для визначення кількості та якості алювію, що осів на аналізованих територіях внаслідок повені. Ці збирачі репрезентували 1 м<sup>2</sup> реальної поверхні. Виготовлені з поліетилену, чотири краї були прикріплені. Території для проб були вибрані так, щоб репрезентували дві відносно вищі і дві нижчі частини. Території для проб репрезентували усі форми поверхні заплави, характерної для цієї території.

### *Обчислення кривої падіння річки*

З допомогою інтернет-порталу Google Earths ми обчислили криву падіння Тиси від витoku Чорної Тиси до моста через Тису в смт. Вілок.

1. Визначено висоту рівнинної поверхні води у точці витoku Чорної Тиси, точці злиття Чорної Тиси і Білої Тиси та у точці моста біля смт. Вілок.

2. Визначено довжину річки від витoku Чорної Тиси до моста біля с. Вілок (ця відстань поділена на відрізки між населеними пунктами вздовж річки).

3. Виготовлено рисунок на підставі даних та програми Microsoft Excel.

Крім вище названих, під час дослідження були використані наступні методи: опрацювання фахової літератури в бібліотеках Закарпаття та Угорщини; виїзди на місце, виготовлення фотографій, які були зроблені у ході дослідження залісненості території та покриву ґрунту.

У районі гирла річки Боржава, лівої притоки Тиси, у 1998 та 2001 роках після проходження великої повені були зібрані зразки мулу на території заплав, обидва рази з того самого місця.

### **Підсумки результатів**

1. За період з 1970 по 2009 рік Тиса виходила з берегів 30 раз. За аналізовані роки частота розливу зменшилася, однак у період перед катастрофічними паводками 1998 та 2001 років (1970–2001) дані показували певну тенденцію до зростання.

Зокрема, спостерігалось певне збільшення частоти повеней між 1977 та 1986 роками, коли, за винятком 1982 та 1984 років, кожного року затоплювало заплаву річки. У період між 1970–2009 роками найбільше розливів (4 випадки) трапилося 1995 року. Кореляція між частотою розливу Тиси та роками (за аналізовані 40 років) показує не сигніфікативну зміну з ймовірністю у 95%. Розливи повторювалися що три роки (між 1974–2001 роками) і не було періоду без повеней довшого за два роки. Такі періоди (4 і 5 років) трапилися лише між 1970–1974 та 2001–2006 роками.

2. Території, затоплені під час повеней, залишалися під водою здебільшого 1–2 дні, але, як виняток, траплялося 3 (1985, 1995, 1998,

2008) і навіть 4 дні (1992, 2001). У 1995 році спостерігаємо найтриваліший період затоплення (всього 7 днів). Під час катастрофічних повеней у 1998 році річка (у двох випадках) залишалася у заплаві всього 5 днів, а в 2001 (в одному випадку) – 4 дні. Аналіз тривалості затоплення прирічкових територій Тиси у 31-річний період до катастрофічних повеней свідчить про сигніфікативну зміну.

У випадку місячного розподілу розливи Тиси найчастіше відбувалися в грудні (7 випадків) і березні (5 випадків), однак протягом 40 років (1970–2009) річка жодного разу не розливалася у серпні та вересні. В інші місяці року розливи відбувалися в середньому 1–3 рази.

У період 1970–2009 років кількість опадів збільшувалася у березні, а зменшувалася – у грудні. В інші місяці спостерігаємо або незначне збільшення (січень, лютий, квітень, вересень, жовтень), або незначне зменшення (травень, червень, липень, серпень, листопад).

За аналізовані 40 років (1970–2009) частота повеней засвідчує тенденцію до зменшення, однак поступово зростає тривалість затоплення водою, а разом із цим збільшилася кількість води, що спускалася у період повені, та товщина мулу, що осідав на заплаві. Товщина зібраного 1998 року біля гирла річки Боржава зразку становила 4,2 см, а товщина мулу, зібраного 2001 року, досягла 5,7 см.

3. З допомогою лінійного аналізу тенденцій ми встановили, що за період між 1970–2009 роками на Закарпатті (на підставі метеорологічних даних Берегова і Рахова) у Берегові середня річна температура зросла на 1,6°C (9,5–11,1°C), а в Рахові – на 1,2°C (7,0–8,2°C). Кореляція між середніми річними температурами та роками у випадку обох станцій свідчить про сигніфікативну зміну.

Абсолютні показники річної максимальної температури протягом років поступово збільшувалися, зокрема в Берегові у період 1970–2009 років, як свідчить лінійний аналіз тенденцій, максимальна температура зросла на 4,1°C (з +31,8°C до +35,9°C), а в Рахові – на 3,5°C (30,0–33,5°C). Показники мінімальної температури за аналізований період теж зазнали змін. У Берегові між 1970–2009 роками абсолютна мінімальна річна температура зростала і зміна досягла 1,0°C (–18,5°C і –17,5°C), а в Рахові зменшилася з –18,8°C до –19,2°C (–0,4°C). Найнижча температура в Берегові була зафіксована 1987 року (–26,6°C), а в Рахові – в 1987 та 2004 роках (–24,0°C). Абсолютні мінімальні річні температури не показують сигніфікативних змін.



Річне абсолютне коливання температури між 1979 та 2009 роками зросло і в Берегові (50,0°C і 51,2°C, абсолютне коливання температури 1,2°C), і в Рахові (48,9°C і 52,9°C), однак зміна є сигніфікативною тільки у випадку Рахова.

Вивчення зміни температури ми проводили на підставі даних трьох метеорологічних станцій, та аналізу точки перелому за допомогою *t*-розподілу Стьюдента. У випадку всіх трьох станцій простежуються сигніфікативні точки перелому (в Рахові у 1988–89, а в Берегові та Ужгороді – у 1998–99 роках), що більше свідчить про дискретні, ніж постійні процеси, а на їх формування впливають і фактори формування клімату.

4. З-поміж природних факторів особливо велику роль у формуванні повеней відіграє кількість опадів та коливання кількості опадів. У період 1970–2009 років кількість опадів (за даними залучених метеорологічних станцій) поступово зростала.

Найбільше опадів у Берегові випало в 1998 році, коли річна кількість опадів досягла 969,8 мм. Найменше випало в 1973 році (476 мм). Число років, коли кількість опадів була більша за середню (697,8 мм між 1970 та 2009 роками), становить 21, а в 19 роках кількість опадів була менша за середню. У Рахові найбільше опадів також випало у 1998 році (1693 мм), а найменше – 1991 року (883 мм). Більша за середню (1253 мм між 1970 та 2009 роками) кількість опадів випадала в 19 роках, а менша за середню – в 21 році.

З допомогою лінійного аналізу тенденцій ми простежили багаторічну зміну середньої кількості опадів. У Берегові між 1970 та 2009 роками спостерігаємо підвищення на 15 мм, а в Рахові – 60 мм, однак у жодному випадку не маємо сигніфікативної зміни.

5. Проаналізувавши розливи повені на Тисі та середню кількість опадів, ми дійшли висновку, що нема повного взаємозв'язку між річними показниками середньої кількості опадів та частотою виливів. Найбільша кількість опадів на Рахівській метеорологічній станції випала в 1970 та 1998 роках, а найбільше розливи відбулося у 1975 та 1995 роках. Якщо з аналізованого періоду взяти 32 роки, що передували і включали катастрофічні повені на Закарпатті в 1998 та 2001 роках (тобто з 1970 по 2001 рік), то спостерігаємо зменшення кількості опадів, однак якщо взяти до уваги весь період (1970–2009), то спостерігаємо тенденцію до повільного зростання показника середньої кількості опадів.

Між даними про дні з опадами понад 40 мм (їх кількість між 1970 та 2009 роками зросла та виникненням повеней спостерегли зв'язок у 17 випадках, зокрема і в дні катастрофічних повеней (4 листопада 1998 року випало 64,4 мм опадів; 5 березня 2001 року – 92,2 мм).

У 1995, 1998 та 2001 роках спостерігається взаємозв'язок між опадами та кількістю розливів. У ці роки кількість опадів була вищою за середню, як і частота розливів. В роки з кількістю опадів вищою за середню здебільшого утворювалися й повені. На Закарпатті з точки зору небезпеки утворення повеней критичними місяцями є березень і (особливо) грудень.

6. Рельєф значно впливає на час збирання води під час повеней. Час стоку у випадку малої води у Терєблї та Рїці становить приблизно 30–40 годин, а у випадку високої повеневої води цей показник значно зменшується внаслідок швидшої течії. На Терєблї час збирання води в умовах високої повеневої води становить 11 годин, а на Рїці – 10 годин. Протягом останніх десятиліть рельєф не зазнав таких значних змін, що могли б вплинути на частоту виникнення повеней або на підвищення рівня води під час повені.

7. Зміна лісистості також є важливим фактором у виникненні повеней. Після Другої світової війни аж до середини 1960-х років відбувалася інтенсивна вирубка лісів, що зруйнувало їх природну рівновагу. Промислова вирубка лісів (що триває з кінця XVIII ст. до наших днів) призвела до негативних природних процесів (у першу чергу повеней). Відсоток площі, вкритої лісами, зменшився з 76,9% (1870) до 41,1% (1968). Зміни розпочалися тільки з 1980-х років, коли було зменшено промислову вирубку, введено нові технології обробки деревини, завдяки яким досягнуто економічнішого випуску готової продукції. У 2009 році лісистість Закарпатської області досягла 724 тисяч гектарів, що становить 56,8% її території.

Зростанню лісистості сприяв і той факт, що з початку 1990-х років населені пункти області поступово переходили на опалення природним газом, внаслідок чого зменшилася потреба в дровах для опалення. З 609 населених пунктів області станом на 1990 рік газопостачання було проведено в 37 населених пунктів, а в 2009 році їх кількість зросла до 380. На сьогодні нема такого поселення, де не було б природного газу або де не було б налагоджено постачання пропану-бутану. Крім дозволеної державою вирубки, проводиться і незаконна, розміри якої в 1995 році досягли 10,7 тисяч м<sup>3</sup>.

Статистичні видання, що з'являються кожного року, свідчать, що лісистість зростає, однак порівнявши дані щодо вирубки та нових насаджень, можна зробити висновок, що територія лісів щороку в середньому зменшується на 10 тисяч гектарів (1,4% від загальної площі лісів). Найбільші втрати (починаючи з 1970 року) спостерігалися в 1970 році, найменші – у 2000 році. Одним із шляхів збереження та захисту лісів від вирубки є створення природоохоронних територій.

8. Грунтовий покрив лісів, зокрема його верхній шар з опалого листя, відіграє значну роль в акумуляції опадів та талої води, у зменшенні об'єму повеневої хвилі. Водонакопичувальна здатність ґрунтів залежить від їх фізичного складу, а також від господарської діяльності людини в лісах. Зі зміною технології вивезення вирубанної деревини ґрунти деградують, шліфуються, ущільнюються, внаслідок чого зменшується їх водопроникна та водонакопичувальна здатність, а це, в свою чергу, призводить до збільшення стоку. Роботи з вирубки, що проводяться в лісах, збільшують вимивання ґрунтів, утворення замулу, значна частина якого в решті-решт змивається зі схилів гір і потрапляє в річки. Дослідження, проведені в районі гирла річок, свідчать, що товщина осілого там мулу прямо пропорційна зменшенню кута нахилу стоку. На рівнинних місцях і у закритих заглибленнях басейного типу мул накопичується. Наповнення середньої повеневої хвилі залежить від часу спливу повені, може досягти під час однієї повені 5–7 см, а це може призвести до наповнення на 85–119 см після завершення робіт з регулювання русла річки.

У районі гирла річок через часте коливання рівня води пришвидшилася бічна ерозія. Щороку внаслідок ерозії руйнування берегів досягає 20–30 см.

9. Природні та антропогенні фактори, які по-різному впливають на формування повеневої хвилі, спробуємо представити детальніше. У поясненнях до карт визначення ступеню впливу дає можливість визначити, які саме і наскільки певні фактори впливають на кількість води, що потрапляє на поверхню. У визначенні їх ролі щодо створення повеневої хвилі значною мірою бралися до уваги територіальна поширеність фактора та його розміщення. Єдина система категорій (від дуже сильного впливу до дуже слабого впливу), представлена на карті, дає можливість зробити зіставлення між усіма факторами. Завдяки цьому закарпатський басейн річки Тиси можна поділити на чіткі зони та регіони.

Серед природних факторів найбільш значним у створенні поєневої хвилі (дуже сильний, сильний) є гірський рельєф, в якому можна виділити два види: високогірний та середньогірний.

10. З початку 1990-х років в економіці Закарпаття відбулися значні зміни. Зросла роль сфери обслуговування, а негативні фактори в економіці призвели до зміни структури економіки області. Багато людей залишилися безробітними і виїхали в пошуках працевлаштування за кордон. Економічний занепад не оминув і Закарпатську область. Один за одним закривалися заводи й фабрики, розпадалися сільськогосподарські колективні господарства. На Закарпатті до сьогодні важливим залишається питання поступового зростання промислового виробництва та занедбаного екологічного стану.

Шкідлива для довкілля діяльність підприємств хімічної галузі, зберігання військової техніки, надмірне та неправильне використання хімікатів у сільському господарстві, розміщення промислових, сільськогосподарських та побутових відходів, значне зменшення площі лісів – все це серйозні проблеми економіки регіону, яка й так частково функціонує на державних дотаціях.

Закарпаття належить до аграрно-промислових регіонів, основними галузями економіки якого є деревозаготівельна та деревообробна промисловість, харчова та легка промисловість, машинобудування, лікувально-санаторні послуги, туризм, сільське господарство. В економічному житті області важливе місце посідає аграрно-промисловий комплекс. Серед видів економічної діяльності області найрезультативнішою галуззю є сільське господарство (разом із природокористуванням та лісовим господарством). У цій галузі задіяно 26,4% працездатного населення краю. 35,5% території Закарпаття – це оброблювані землі.

З антропогенних факторів, що впливають на утворення поєневої хвилі, найбільш значні (середні) знаходяться на південно-західній території Північно-Східних Карпат – це переважно землі сільськогосподарського призначення у передгірській зоні.

11. Зростання кількості населених пунктів та розширення їхньої площі посилює стік поверхневих вод. Покрівлі будівель, території поселень з твердими поверхнями, асфальтована мережа доріг, залізниця, система стоку та водовідведення, трубопрово-

ди зменшують кількість води, що потрапляє в ґрунт, просочення води, і збільшують поверхневий стік.

На Закарпатті чисельність населення з часу після Другої світової війни до наших днів зростає майже удвічі. На заселених територіях та вздовж транспортних доріг все більше погіршується екологічна ситуація, зменшується природний покрив, лісистість, виникають негативні природні явища та процеси.

На початку ХХ ст. кількість населених пунктів становила 492, на сьогодні в області знаходиться 609 поселень. Зростання числа поселень призвело і до збільшення площі, яку вони займають.

До регулювання Тиси поселення будувалися там, де була небезпека повеней. Після зведення захисних протипаводкових споруд та дамб майже в кожному рівнинному населеному пункті були збудовані будинки на територіях колишніх розливів.

Довжина доріг з твердим покриттям сягає 3,3 тисяч км, що перевищує 261 кілометр на 1000 км<sup>2</sup> території. Ширина транспортних доріг в середньому становить 16 м. Таким чином, їхня площа 52,8 км<sup>2</sup> (5280 га), що становить 0,4% території області. Довжина ґрунтових доріг (лісових, польових, гірських тощо) приблизно така сама.

Довжина залізниці з 60-х років ХХ ст. змінилася небагато і разом із належною до них захисною смугою їх площа на Закарпатті сягає 6,5 км<sup>2</sup>, що становить 0,05% території області.

Площа трубопроводів, високовольтних ліній електропередач та інших належних до них предметів, разом із захисними смугами вздовж них складає приблизно 4 тисячі гектарів, що становить 0,3% території області.

Гідрологічний вплив техногенних факторів (тверді поверхні населених пунктів: покрівлі, дороги, тротуари тощо) не можна порівняти з впливом природних та антропогенних факторів, оскільки ті на місцевості проявляються як суцільні пов'язані території, а техногенні фактори розміщуються точково, на відстані один від одного. Гідрологічний вплив техногенних факторів найбільш характерний на найнижчому рівні водозбору, в безпосередній близькості до великих річок.

Узагальнюючи аналіз факторів, що спричинюють виникнення повеней, ми дійшли висновку, що у виникненні, стоці та розростанні до катастрофічних розмірів повеней першочергову роль

відіграє велика кількість опадів, що випала за певний час. Повені 1998 та 2001 року на Закарпатті зумовили великі опади, що випали за короткий час. Поряд з опадами необхідно назвати господарську діяльність людини. Важливу роль відіграє і зміна лісистості у період після Другої світової війни (особливо між 1950–1980 роками) та активна вирубка лісів протягом останніх років, яке часто пояснюють захистом лісів.

Зростання площі населених пунктів призвело до знищення лісів поблизу них, зміни покриття поверхні та до посилення певних незумовлюючих факторів стоку.

Важливе значення має реалізація протипаводкових заходів і робіт. Українська держава до сьогодні не спромоглася забезпечити фінансування тих протипаводкових заходів, які передбачені законодавством. І надалі поряд з досягненнями у протипаводкових заходах існує чимало недопрацювань та недоліків, вирішення яких від випадку до випадку знаходять тільки після великої біди.

### **Висновки, найважливіші узагальнення, рекомендації**

Висновки та рекомендації, зроблені в ході дослідження, можна узагальнити в кількох пунктах:

1. Катастрофічні повені виникли при співпадині інтенсивного танення снігу та зливових дощів (1947, 1957, 1970, 1998, 2001).

2. На Закарпатті протягом останніх десятиліть незначно, але зросла середня річна температура та середня річна кількість опадів, у роки з більшою за середню кількість опадів зросла частота вилуви річок у заплаву, однак зростання середньої кількості опадів не засвідчило прямого зв'язку зі зростанням частоти виникнення повеней.

3. В утворенні катастрофічних повеней однаковою мірою відіграли роль як природні (опади, рельєф, лісистість), так і антропогенні (вирубка лісів в роки після Другої світової війни, зростання забудованих площ, стан гідротехнічних споруд тощо) фактори.

4. Найбільший ступінь впливу на зростання рівня повеней мають зміни кліматичних складових, зокрема збільшення середньої кількості опадів, великій кількості денних опадів у короткі періоди, частота випадання яких в останні десятиліття поступово зростає.

5. Важливим фактором виступає лісистість. Ліс регулює обсяги води, значною мірою зменшує відхилення, розтягує в часі опади, затримує та накопичує дощові та талі води і стримує стік.

6. У виникненні максимальних повеней відіграли роль і сільськогосподарське виробництво, зокрема тваринництво, яке розвивалося в гірській місцевості у радянський час. Внаслідок вівчарства, що розміщувалося у субальпійському поясі, знизилася найвища природна межа лісів, а це в свою чергу призвело до того, що під час весняного танення снігу протягом меншого часу у русло річок потрапляє більше води.

7. Повені виникатимуть і в майбутньому, а в попередженні їхнього руйнівного характеру і надалі провідну роль відіграватимуть гідротехнічні споруди (греблі, водосховища тощо).

8. Ми не можемо спрямувати у „позитивному” напрямі кліматичні зміни, тому для попередження у майбутньому катастрофічних наслідків великих повеней та затримання повеневої хвилі необхідно виконати комплексні протипаводкові роботи.

Щоб вчасно попереджати про небезпеку виникнення повеней, визначати їх рівень, попередження катастрофічних наслідків, потрібно ретельно проаналізувати всі фактори небезпеки, тому що повені виникають не з якоїсь однієї причини, а через сукупність факторів, у виникненні яких участь беруть низка природних та антропогенних явищ. Тому існує гостра потреба проведення подальших досліджень:

- Вивчення кліматичних складових та системи зв'язків між ними, зокрема формування показників опадів та температури, їх зміну у водозборі Верхньої Тиси та Карпатського басейну;

- Необхідно продовжити дослідження зміни лісистості в окремих водозборах Тиси, простежити за постійним зменшенням, зростанням території лісів та з'ясувати вплив цих процесів на стік;

- Важливим є подальше вивчення замулення заплав, їх картографічний аналіз;

- Необхідно продовжувати розширення транскордонної співпраці у сфері протипаводкових заходів, залучити до неї фахівців, які займаються дослідженням виникнення та протікання повеней (гідрологів, метеорологів, геоморфологів, політиків), та фахівців, які займаються виконанням протипаводкових робіт (інженерів, будівельників, механіків);

Подальшого дослідження вимагає і питання впливу людського втручання (промислового, сільськогосподарського, транспортного) на водозбір Тиси та її приток.



**Тібор Іжак**

Вивчення природних і антропогенних факторів катастрофічних паводків на Закарпатті. Наукове видання (монографія) Закарпатського угорського інституту імені Ференца Ракоці II / Автор: Тібор Іжак. Берегове–Ужгород: ЗУІ ім. Ф.Ракоці II – ТОВ «РІК-У», 2023. – 184 с. (угорською мовою)

**ISBN 978-617-8276-05-8**

У публікації досліджуються взаємозв'язки антропогенних і природних факторів виникнення паводків на Закарпатті. У формуванні високих хвиль паводків, що виникли наприкінці ХХ-го сторіччя відіграли роль декілька факторів, до яких можна віднести процеси, що відбуваються у природі, але значний внесок внесла й господарська діяльність людини. Основною метою дослідження було дослідити взаємозв'язки між природними та антропогенними факторами та їх просторове представлення. Повені будуть і в майбутньому, але скоординована, ефективна економічна та протипаводкова діяльність у заплавах річок відіграватиме важливу роль у зменшенні їх катастрофічного характеру. Монографія базується на основі оригіналу докторської дисертації для здобуття ступеня доктора філософії на тему «Вивчення природних і антропогенних факторів катастрофічних паводків на Закарпатті», захищеної в Печському університеті (Угорщина) 28 червня 2012 р., а також доповнюється узагальненнями роботи на англійській та українській мовах.

**УДК 556.166:504.4 (477.87)**

Наукове видання

**Тібор Іжак**

# **ВИВЧЕННЯ ПРИРОДНИХ І АНТРОПОГЕННИХ ФАКТОРІВ КАТАСТРОФІЧНИХ ПАВОДКІВ НА ЗАКАРПАТТІ**

Монографія

2023 р.

*Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради Закарпатського угорського інституту імені Ференца Ракоці ІІ (протокол №5 від 28.06.2022)*

Підготовлено до друку Видавничим відділом спільно з кафедрою географії та туризму Закарпатського угорського інституту імені Ференца Ракоці ІІ

Рецензенти:

*Ференц Швейцер, доктор географічних наук, професор емерит*  
(Факультет природничих наук, Інститут географії та наук про Землю, Печський університет, м. Печ)

*Тібор Елекеш, доктор філософії у галузі природничих наук за спеціальністю «Науки про Землю», доцент* (Факультет інженерної геології, Інститут географії, Кафедра природничої географії та екології, Мішкольцький університет, м. Мішкольц)

*Шандор Генці, доктор філософії у галузі природничих наук за спеціальністю (спеціалізацією) «Науки про Землю (Петрографія)», доцент* (Кафедра географії та туризму, Закарпатський угорський інститут імені Ференца Ракоці ІІ, м. Берегове)

Технічне редагування: *Олександр Добош та Ласло Веждед*

Верстка: *Ласло Веждед*

Коректура: *Льдіко Гріца-Варцаба*

Дизайн обкладинки: *Ласло Веждед*. На обкладинці використано фотографію Ласло Веждеда.

УДК: *Бібліотечно-інформаційний центр “Опаці Черє Янош” при ЗУІ ім. Ф.Ракоці ІІ*

Відповідальний за випуск:

*Олександр Добош* (начальник Видавничого відділу ЗУІ ім. Ф.Ракоці ІІ)

За зміст монографії відповідальність несе автор

Зміст наукового видання було перевірено на наявність збігів і запозичень сервісом «Unicheck»

**Друк монографії здійснено за підтримки Академії наук Угорщини**

**Видавництво:** Закарпатський угорський інститут імені Ференца Ракоці ІІ (адреса: пл. Кошута 6, м. Берегове, 90202. Електронна пошта: foiskola@kmf.uz.ua) *Свідоцтво про внесення суб’єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції Серія ДК 7637 від 19 липня 2022 року та ТОВ «РІК-У»* (адреса: вул. Гагаріна 36, м. Ужгород, 88000. Електронна пошта: print@rik.com.ua) *Свідоцтво про внесення суб’єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції Серія ДК 5040 від 21 січня 2016 року*

**Поліграфічні послуги:** ТОВ «РІК-У»

Підписано до друку 13.12.2022. Шрифт «Times New Roman».  
Папір офсетний, щільністю 80 г/м<sup>2</sup>. Друк цифровий. Ум. друк. арк. 15,0.  
Формат 70x100/16. Замовл. № 69К.



