

PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM

Földtudományok Doktori Iskola

A katasztrofális árvizek természeti és antropogén tényezőinek vizsgálata Kárpátalján

PhD értekezés

Izsák Tibor

Témavezető:
Trócsányi András
PhD, egyetemi docens

Pécs, 2012

TARTALOM

BEVEZETÉS	4
1. CÉLKITŰZÉSEK	6
2. KUTATÁSI ELŐZMÉNYEK	8
3. KUTATÁSI MÓDSZEREK	17
4. A KUTATÁSI TERÜLET FÖLDRAJZI JELLEMZÉSE	22
4.1. Természetföldrajzi viszonyok	22
4.1.1. Kárpátalja térbeli fekvése	22
4.1.2. Geológiai felépítés	23
4.1.3. Domborzati viszonyok	26
4.1.4. Az éghajlat	29
4.1.5. Vízrajzi adottságok	30
4.1.6. Talajadottságok	35
4.1.7. Növényzet, természetvédelemi területek	37
4.2. Gazdaságföldrajzi viszonyok	39
5. AZ ÁRVIZEK KIALAKULÁSÁRA HATÓ TERMÉSZETI ÉS ANTROPOGÉN TÉNYEZŐK	43
5.1. Az árvizekről	43
5.1.1. Az árvizek gyakorisága	45
5.2. Az éghajlat hidrológiai hatása	50
5.2.1. A léghőmérséklet változása a beregszászi és a rahói meteorológiai állomások adatai alapján	51
5.2.2. A maximális és minimális hőmérsékletek változása	54
5.2.3. A léghőmérséklet módosulása	58
5.2.4. A csapadék mennyiségének változása	60
5.2.5. Az éghajlat hidrológiai hatása	63
5.3. A domborzat hidrológiai hatása	66
5.4. A növényzet (erdő) szerepe az árvizek kialakulásában	69
5.4.1. Az erdő csapadék visszatartó és tározó szerepe	69

5.4.2. Kárpátalja erdősültségének változása a XX. század végéig	75
5.4.3. Kárpátalja erdősültsége a jelenkorban	79
5.5. A talajtakaró szerepe a lefolyásban	87
5.6. Vízgazdálkodási tényezők	94
5.6.1. Kartográfiai felmérések Kárpátalján a tiszai felmérések előtt	94
5.6.2. A védművek jelenkori helyzete Kárpátalján	97
5.7. A beépítettség és a gazdasági infrastruktúra szerepe az árvizek kialakulásában	98
5.7.1. A népesség és a települések számának növekedése	99
5.7.2. A közlekedési utak, vezetékek hosszának (és szélességének) növekedése	101
5.8. Az állattenyésztés és a növénytermesztés hidrológiai hatása	104
5.9. Az árvízvédelmi beruházások finanszírozása	104
6. AZ EREDMÉNYEK ÖSSZEGZÉSE	106
7. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS A TOVÁBBI KUTATÁSOK IRÁNYA	116
Köszönetnyilvánítás	118
Felhasznált irodalom	119
Ábrák jegyzéke	131
Táblázatok jegyzéke	133
Térképek jegyzéke	135
Mellékletek jegyzéke	136
Mellékletek	137

„Mohog a Tisza, hallgat a harang.
Miért is beszélne félre? Csak a megkötött,
magára hagyott barom bődül 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 komponensek¹ (összetevők) és a közöttük kialakult kapcsolatrendszerek további működését. Az áradások idején és az őt követő időben negatív jelenségek sora játszódik le (csuszamlások, talajerozió stb.), amelyek változásokat idéznek elő az árvizek által érintett ártereken.

¹ Természeti komponensek – a természeti komplexumok természetes összetevői (kőzet, levegő, víz, növény, állat, talaj) (IZSÁK T. 2004).

A mai tudomány több ágazata (hidrológia, meteorológia stb.) foglalkozik az árvizek keletkezésének, lefolyásának és a velejáró 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, 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 katasztrófális 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 katasztrófális árvizek kialakulásában.

1. CÉLKITŰZÉSEK

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 kapcsolatrendszernek 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) vizsgálatát tűztem ki célul, amelyek előidézői lehettek a kialakult magas vízállásoknak. A vízgyűjtőben általam folyamatos mérések nem történtek a vizsgálat alatt, így elsősorban ezek térbeli rendjének tanulmányozását tudtam elvégezni, ezeken keresztül megítélni szerepüket az árvizek kiváltásában. Mindegyik elem-tényező esetében a kutatást az 1970 és 2009 közötti² 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 vízének összegyülekezési ideje a Felső-Tisza vidékén.

² Erre az időszakra volt teljes az adatsor.

- Az erdősültség 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.

2. 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 időjárási 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 időjárási viszonyairól és a folyók vízjárásáról³ 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

³ Vízjárás – a felszíni vizek szintjének ingadozása különböző tényezők (eső, szárazság) hatására (IZSÁK T. 2004).

negatív és pozitív hatásairól a természeti feltételekkel kapcsolatban több kutató is foglalkozott (SOMOGYI S. 2000; RÉTHLY A. 1936).

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

A Felső-Tisza⁴ vidékén 1970-ben, 1998-ban és 2001-ben kialakult katasztrofális árhullámok jellemzéséről írt többek között LÁSZLÓFFY W. és SZILÁGYI J. 1971-ben, VÁGÁS I. 1999-ben és SZLÁVIK 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), Léggör (HOMOKINÉ ÚJVÁRI K. 2001), Földrajzi Közlemények (JAKUCS L. 1982).

Ukrajnában, az árvizek okainak kivizsgálására az Ungvári Nemzeti Egyetem, Ukrajna Erdészeti Gazdaságának Állami Bizottsága és az Ukrajnai 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,

⁴ 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).

mezőgazdasági, vízgazdálkodási, ipari, infrastrukturális, 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 ERDÉSZETI TUDOMÁNYOS AKADÉMIAJA 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 katasztrófális 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 kutadják a kialakult helyzetet. Az utóbbi évek katasztrófális 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 katasztrófális árvizek után együttműködési projektek indultak (CLAVIER⁵, AIMS-Tisza⁶, „A Beregszászi Határon Átnyúló Víz Tározó Rendszer fejlesztése” stb.), sok esetben lokális gazdasági, vagy politikai érdekek kiszolgálása szabta határt a közös, a kárpát-medencei államokat összekapcsoló és a kutatásokat elősegítő projektek megvalósulásának.

⁵ CLAVIER – éghajlatváltozás és a változékonyság: hatások Közép- és Kelet-Európában tervezet (CLAVIER project – Climate Change and Viability: Impacts on Central and Eastern Europe) <http://www.clavier-eu.org/> (KÁRPÁTALJAI MEGYEI MELIORÁCIÓS ÉS VÍZGAZDÁLKODÁSI TERMELÉSI HIVATAL adattára);

⁶ AIMS-Tisza – automatikus információs mérőrendszer (Automatic Informational Measuring System) a Felső-Tisza vidékén, 40 mérőállomással rendelkezik (KÁRPÁTALJAI MEGYEI MELIORÁCIÓS ÉS VÍZGAZDÁLKODÁSI TERMELÉSI HIVATAL adattára, <http://www.vodhosp.uzhgorod.ua/about.html>).

A kutatók egy része a természetben végbemenő, esetenként az ok-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.

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 időjárási helyzetekkel való kapcsolatát elemzi. Felhívja a figyelmet, hogy az 1970 májusában és júniusában kialakult árvizek kialakulásában, a távolabbi okok 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 megoszlásában a napi csapadékhozamoknak rendszeressége nem ismerhető fel. A legtöbb csapadékos napot az ősz végén, a 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 időjárási 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 történetéért.*”

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 vízveszteség (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, erdőszeti 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 csúcs-vízhozamait 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 (feltételesen) 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 katasztrófális 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 környezetet 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 katasztrófális 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 érdemesebb 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 Kárpátalja 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 tudományág közül hol dolgoztak.

A vízügyi kutatások előterében elsősorban a lehullott csapadékmennyiségek és az általuk keltett, centiméterben kifejezett vízállásváltozások 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 mellékvizek 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 nagymennyiségű 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 (PÉCZELY GY. 1979; BODOLAINÉ JAKUS E. 1983; BODOLAINÉ JAKUS E. – BÓDY K. 1971). Esetenként, azonban a Kárpát-medencétől nyugatra keletkező és északkeleti irányban mozgó mérsékeltövi 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 mérsékeltövi ciklon hidegfrontja, amikor az Északatlanti-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 elkerülik a Felső-Tisza vízgyűjtőjét.

3. 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 a csapadékértékek 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 adatsorokat 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 okozott a statisztikai kiadványokban fellelhető hiányosságok, amelyek a folyamatos adatkövetést akadályozták.

Műholdképek kiértékelése

Két vízgyűjtő (Talabor és Nagyg) elemzéséhez két műholdfelvétel lett felhasználva. 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 m²). A másikat a Debreceni Egyetem Természetföldrajzi- és Geoinformatikai Tanszékének adattárából lett kölcsönözve (Landsat-7, 2000), felbontása 30 x 30 m/pixel (egy pixel kb. 900 m²).

A kiértékelés IDRISI 2.0 programmal lett elkészítve. A felvételeken 4-4 színkategória lett felállítva (LÓKI J. 2002). A kategóriák növényzeti összetevők alapján lettek elnevezve (túlevelű 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 α_1 a felszín lejtési viszonyait, α_2 a talaj beszivárgási feltételeit, α_3 pedig a felszínt borító növénytakaró hatását fejezi ki (ALMÁSSY E. 1977).

A lejtésvizonyok 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 négyzetrácsal fedtük. A 1:100 000 méretarányú térkép segítségével meghatároztuk a

rácsponti lejtésértékeket százalékban, amelyeket átalakítottunk α_1 értékekké. A beszívargási 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 vízáteresztőnek 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 terepfelszínen történő vízmozgás idejéből és a mederben (völgyfenéken) végbemenő lefolyás idejéből. Az első szakaszt a terepfelszínen részben lefelszerűen, 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, φ – a lejtő hajlásszöge fokokban (V. NAGY I. 1975; ALMÁSSY E. 1977). A lefolyási sebesség és a lejtőhossz ismeretében meghatározható a terepfelszíni lefolyás ideje.

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

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

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 terepfelszíni 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 völgyoldalakon. 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 terepfelszíni 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/km², 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. A keresztszelvényben az áramlás sebessége pontról pontra változik, ám számunkra elegendő a középsebesség ismerete. Ez alatt azt a sebességet értjük, amellyel a valóságos 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. Mérések 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 m²-es tényleges felszínt 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 felszínformát reprezentálták (a kubikoktól a folyóhátakig).

Esésgörbe számítása

A Google Earths Internetes honlap segítségével számítottam ki a Tisza esésgörbáját 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 t.sz.f. magasságát;
2. meghatároztam a folyó hosszát (a folyómelletti 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 baloldali 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.

4. A KUTATÁSI TERÜLET FÖLDRAJZI JELLEMZÉSE

4.1. Természetföldrajzi viszonyok

4.1.1. 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 Szovjetunió területéhez tartozó része, 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-Kárpátok⁷ Verhovinai-vízválasztó-gerincétől délkeletre, a Kárpát-medence északkeleti részén, az északi szélesség 47° 53' 43" és 49° 05' 54" és a keleti hosszúság 22° 48' 29" és 24° 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 2000 km távolságra fekszik. A legközelebbi tenger a Fekete-tenger közel 500 km.

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

⁷ A Kárpátok Ukrajna területén húzódó részét az ukrán szakirodalomban Ukrán-Kárpátoknak, Északkeleti-Kárpátoknak vagy Erdős-Kárpátoknak is nevezik.

lehet felosztani: a Kárpátok hegyvidéki (a megye 80%-a) és a Kárpátaljai-alföld⁸ síkvidéki (20%) területére.



1. térkép: Kárpátalja elhelyezkedése Ukrajna területén.

Forrás: UKRAJNA TÉRKÉPE: http://www.worldmapfinder.com/Map_Detail.php.

Kárpátalja területe 12,8 ezer km² (Ukrajna területének 2,1%-a), amellyel az ország megyéi (24) között a 23. helyet foglalja el (KÁRPÁTALJA 2010). A Kárpátok Verhovinai-vízválasztó-gerincén⁹ 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 (Jablunyicai, 931 m).

4.1.2. Geológiai felépítés

Ukrajna nyugati részén, Kárpátalja, Lviv, Ivano-Frankivszk és Csernovci megyék területén helyezkedik el a Kárpátok hegyvidékének keleti része, az Ukrán-Kárpátok

⁸ 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).

⁹ Verhovinai-vízválasztó-gerinc – vízválasztó hegygerinc, amely elválasztja a Tisza vízgyűjtő medencéjét a Dnyeszter és a Prut vízgyűjtő medencéjétől.

(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 km² (MARINICS, O. – SISCSSENKO, P. 2003). Az északnyugat–délkeleti hegygerinceket hosszanti völgyek választják el egymástól. Tektonikai viszonylatban az Ukrán-Kárpátok a Kárpátok-hegyvidék és alpi gyúrt-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. – SISCSSENKO, 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 gyúrt 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 emeletről 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 (Hoverla¹⁰) eléri a

¹⁰ Hoverla – magyar nevén Hóvár, Ukrajna legmagasabb hegycsúcsa.

2061 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.

A belső- és külső-antiklinális övek között helyezkedik el a központi-szinklinális öv, amelynek szerkezetében a főszerepet a 2000–2500 méter vastag paleogén flistakaró játssza. A központi-szinklinális övben alacsony hegységi¹¹ domborzat terjedt el. Az öv kárpátaljai részén található a Volóci-Verhovina, a Verhovinai-vízválasztó-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-süllyedés határán húzódó mélységi törésvonallal vannak kapcsolatban a vulkanikus-gerinc effuzív és intruzív kőzetei. A Tisza és a Latorca völgyét negyedidőszaki üledéktakaró fedi. A hegyvidéken eluviális¹² 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-süllyedés területén. Tektonikus törések hozták létre az itt található effuzívokat, amely a domborzatban a Vihorlát-Gutini-gerincnek felel meg.

Az Aknaszlatinai- és Csap-Munkácsi-mélyedéseket neogén üledékek töltik ki, többek között konyhasó és vulkanikus tufa rétegekkel. Az Aknaszlatinai-mélyedést kora- és közép-miocén, nyugaton és délnyugaton pedig, a Vulkanikus-gerinc lábánál, szarmata és pannon üledékek találhatók. Déli részére jellemző a molassz¹³ teljes rétegződése, de északon a rétegződésből hiányzik az alsó molassz réteg. Az

¹¹ Alacsony-hegység – átlagos abszolút magassága 400–600 m (GÖNCZY S. – SZALAI K. 2004).

¹² Ellúvium – a kőzetek mállásának eredménye, amely a keletkezés helyén marad (IZSÁK T. 2004).

¹³ Molassz – a hegységképződés folytán kiemelt kőzettömegek intenzív lepusztulásakor keletkező üledék, amely a tengerrel borított vagy szárazulati előtereken rakódik le (GÖNCZY S. 2004).

antiklinálisokat só-boltozat szerkezetek bonyolítják. Az Aknaszlatinai-mélyedés felszínének, orográfiaailag a Felső-Tisza-síkság (Aknaszlatinai-, vagy Máramarosi-medence) felel meg (Cisz, P. 1962).

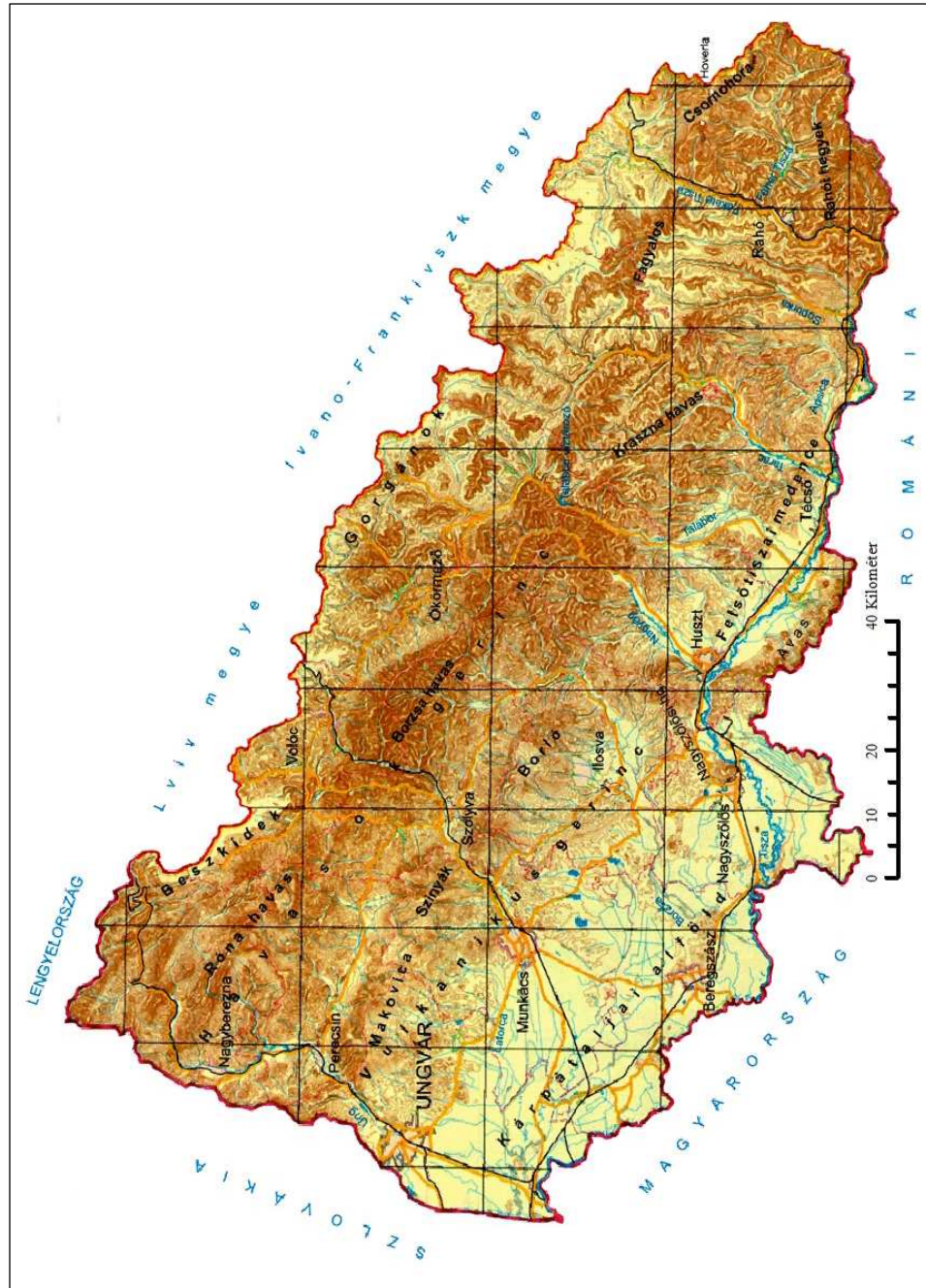
A Csap-Munkácsi-mélyedés vastag neogén molasszrétegekkel töltődött fel, amelyeket negyedidőszaki üledékek fednek. Északi részén brachiantiklinális (dómszerkezet) gyűrődéseket tártak fel. Közöttük, a Beregkisalmási (Zaluzsja) brachiantiklinális több blokkra darabolódott fel. Egyes elképzelések szerint a gyűrődés só-boltozat is lehet. A szarmata üledékek felhalmozódási szintje alapján lehetséges a Beregszászi-antiklinális kiemelkedés létezése, amelyet a Beregkisalmásitól szinklinális választ el. Más elgondolás szerint, a Beregszász és Mezőkaszony közötti kiemelkedésnek 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).

4.1.3. Domborzati viszonyok

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

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



2. térkép: Kárpátalja domborzati egységei.
 Forrás: VAVILIN, A. 2005; Szerkesztette: Izsák T.

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 középmagas¹⁴- és alacsony hegyvidéki domborzat foglalja el (2. térkép). Síkvidéki domborzattal a Kárpátaljai-alföld bír. A hegygerincek elhelyezkedési iránya északnyugat–délkeleti.

Északkeleten, ahol Kárpátalja határos Lviv és Ivano-Frankivszk megyékkel, ott található a Verhovinai-Vízválasztó-gerinc (1000–1700 m), délebbre a Polonina-gerinc¹⁵. A Polonina-gerinc több masszívumra (havasokra) tagolódik: Róna-havas¹⁶ (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), Szinyák (700–1000 m), Borló-Hát (800–1000 m), Nagyszőlősi-hegység (600–800 m) és az ukrán-román határ mentén az Avas (600–800 m). Az Ukrán-Kárpátok jellegzetes középmagasságú hegyvidék, amely lekerekített hegytetőkkel, lejtős hegyoldalakkal rendelkeznek.

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

¹⁴ Középmagas-hegység – átlagos abszolút magassága 600–1500 m (GÖNCZY S. – SZALAI K. 2004).

¹⁵ Polonina-gerinc – Havasok-gerince.

¹⁶ Róna-havas – Polonina-Rivne, vagy Polonina-Runa.

délnyugati irányban, amelyet a folyók (Tisza, Latorca, Ung) folyásiránya is mutat. Középső részén található a XIX. században csaknem teljesen lecsapolt Szernye-mocsár.

4.1.4. Az éghajlat

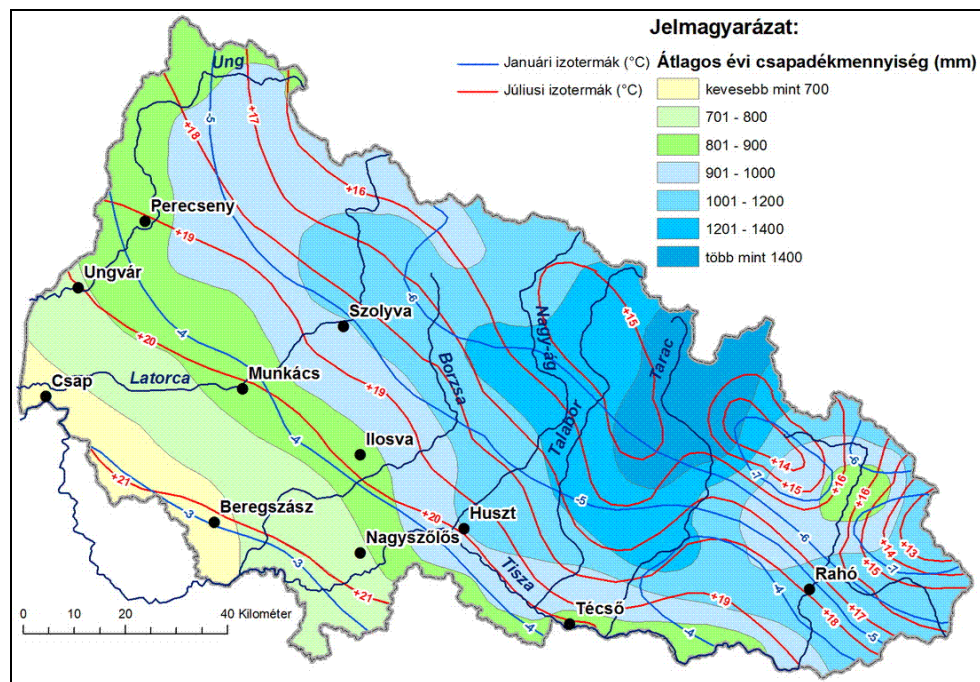
Kárpátalja éghajlata nedves kontinentális. A megye felszínét érő globális sugárzás évi mennyisége 48 kcal/cm^2 . Kárpátalja éghajlatára hatással vannak a mérsékeltövi óceáni és kontinentális légtömegek, kisebb mértékben a trópusi és arktikus légtömegek. Az uralkodó szélirány délkelet-északnyugati, azonban a hegyvidéken a szélirány követi a hegygerincek és hegyközi völgyek irányát, amely a légkörczés 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 konvekciós¹⁷ légmozgást és ezzel heves esőket okoznak, amelyek árvizek és a hegyoldalokról 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 $-8^\circ - -6^\circ\text{C}$, a síkvidéken $-2^\circ - -4^\circ\text{C}$, a júliusi a hegyvidéken $+14-16^\circ\text{C}$, a síkvidéken $+20-21^\circ\text{C}$ (3. térkép). A legalacsonyabb hőmérséklettel rendelkező település Kárpátalján Alsóhidegpatak (Nizsnyij Sztudenyij, -36°C) (ZASZTAVNIJ, F. 2004), a legmagasabb hőmérsékletű Beregszász ($+38,5^\circ\text{C}$) (IZSÁK T. 2011/a).

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 1400–

¹⁷ Konvekció – hőáramlás az eltérő hőmérsékletű lég- vagy víztömegeknél, amely függőleges helycseréhez vezet (IZSÁK T. 2004).

1500 mm-re. A legcsapadékosabb hely Kárpátalján Oroszmokra (Ruszka Mokra) 1499 mm-rel (PAP, SZ. 2003).



3. térkép: Kárpátalja éghajlata.
Forrás: KÁRPÁTALJA ATLASZA 1991.

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.

4.1.5. Vízirajzi adottságok

Kárpátalján a lehulló csapadékmennyiség és a domborzat változékonysága a folyók sűrű hálózatának kialakulását segítette elő. A megye területén közel 9429 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/km² (a síkvidéken 1,3 km/km², a hegyvidéken 2 km/km²) (HERENCSEK, 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–délnyugati. Táplálásuk többnyire esővíz (40%), olvadó hó (30%) és felszín alatti víz (30%). A fajlagos lefolyás¹⁸ sokévi átlaga 19,8 l/s·km². Az árvízi időszak alatt (március–május) alakul ki az évi lefolyás 55–70%-a (HERENCSEK, K. 1981).

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 km³-t (1. táblázat), amelyből a felszíni lefolyás 6,23 km³. Hidegebb teleken a folyókon november végén, december elején jégtakaró képződik, amely februárig–márciusig is megmaradhat. Esetenként a zajló folyón jégtorlasz is kialakulhat, amely a vízszint emelkedéséhez vezet.

1. táblázat: Kárpátalja vízkészletei és vízháztartása.

	Területe (km ²)	Éves lefolyás	A vízháztartási mérleg ¹⁹ elemei						
			Csapadék (km ³ /mm)	Éves lefolyás		Párolgás	Elszivárgás	A lefolyási koefficiens	
				Felszíni (km ³ /mm)	Felszín alatti (km ³ /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. – PRIHOVYKO, M. 1988; Szerkesztette Izsák T.

A legfontosabb folyók vízháztartási mérlege látható a 2. táblázatban. Az éves csapadékmennyiség átlaga 950–1000 mm között változik, amelynek jelentős része

¹⁸ Fajlagos lefolyás – egységnyi területről, egységnyi idő alatt lefolyó vízmennyiség.

¹⁹ Vízháztartási mérleg – egy adott terület érkező és távozó vizeinek, illetve az ott tárolt vízkészlet változásának összhangja egy adott időszak alatt (STELCZER K. 2000).

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, amelyek mennyisége az árvizek idején nagymértékben megnő. A folyóvíz hordaléktöménysége²⁰ 60–550 g/m³ között változik (HERENCSUK, K. 1981).

2. táblázat: Kárpátalja fő folyóinak vízháztartási mérlege.

Folyó	A vízgyűjtő területe (km ²)	A vízháztartási mérleg elemei							
		Csapadék	Éves lefolyás			Párolgás	Elszivárgás	A lefolyási koefficiens	
			Összesen	Felszíni	Felszín alatti			Összességében	Felszíni
Tisza – Újlaknál	9140	980	685	521	164	295	459	0,70	0,50
Latorca – államhatár	3003	960	430	365	65	530	595	0,45	0,38
Ung – államhatár	2000	1000	448	376	72	552	674	0,45	0,37
Borzsa – torkolat	1360	950	664	537	127	286	413	0,70	0,47

Forrás: PASZTERNÁK, P. – PRIHOGYKO, M. 1988; Szerkesztette Izsák T.

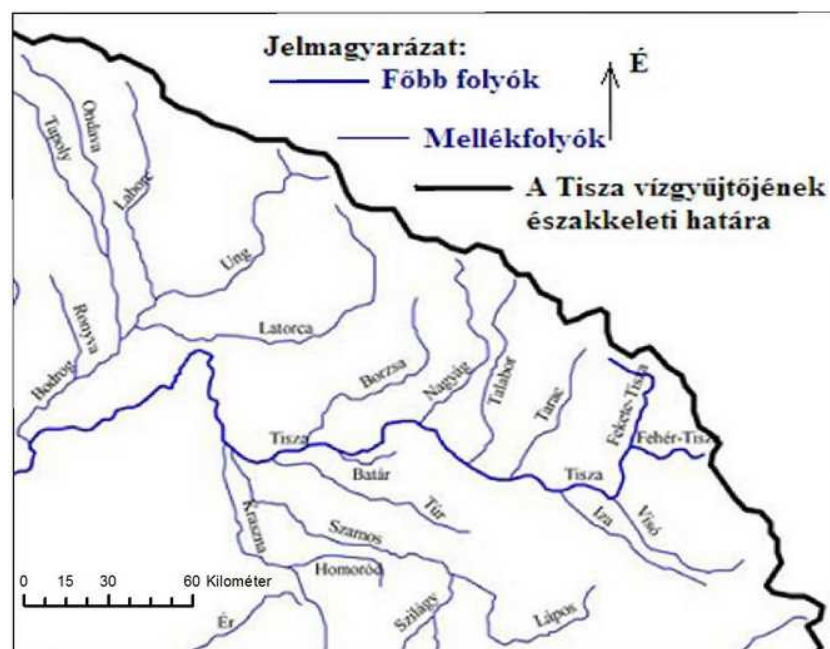
A Tisza a múltban a hordalékát lerakta és hatalmas hordalékkúpokat alakított ki, amelyek között a legnagyobb alapterületű (kb. 200 km²) Kárpátalján a Huszti-kaputól²¹ a Szernye-mocsárig²² húzódik (LÁNG S. 1942; RADVÁNSZKY B. – IZSÁK T. 2006). A megye hegyvidéki részén a csapadékos időszakokban, a folyóvölgyek meredek hegyoldalain lezúduló víz gyakran kő- és sárlavinát idéz elő, amelyek kialakulását elősegítik a hegyoldalokon kiirtott erdők helyén keletkezett degradált, elvékonyodott talajok.

²⁰ Hordaléktöménység – vízfolyások által szállított hordalék hozamának és a vízhozamnak hányadosa (STELCZER K. 2000).

²¹ Huszti-kapu – az Avas és a Nagyszőlősi hegycsoport áttörése a Tisza által.

²² Szernye-mocsár – a Tisza szabályozásig Kárpátalja legnagyobb területű mocsara a Latorca és a Borzsa folyók között.

A megye legnagyobb folyója a Tisza, a Duna balparti 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. Nagybocskóig (Velikij Bicskiv) a folyó hegyvidéki (felsőszakasz) jellegű, ettől kezdve síkvidéki (középszakasz) jellegűt ölt. Legnagyobb kárpátaljai (jobbparti) mellékfolyói (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).

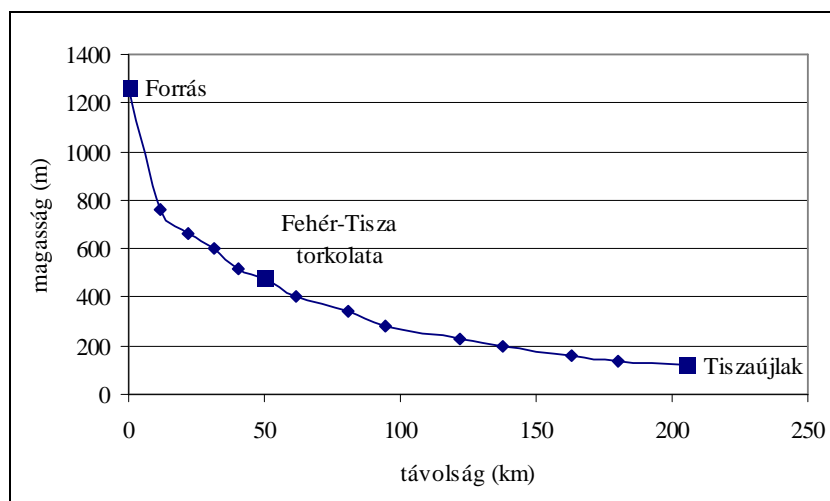


1. ábra: A Felső-Tisza vízgyűjtőjének vízrajzi térképrészlete.
 Forrás: LÁSZLÓFFY W. 1982; NAGY B. et al. 2002.

A Tisza vízhozama nagyon változó. Kisvízkor²³ mindössze 30 m³/s, árvizek idején viszont meghaladhatja a 3000 m³/s-t 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).

²³ Kisvíz – alacsony vízállás a folyón (IZSÁK T. 2004).

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 tiszaujlaki híd között (1260 m forrás és 115 m Tiszaújlaknál) 1145 m (2. ábra).



2. ábra: A Tisza esésgörbéje a Fekete-Tisza forrásától Tiszaújlakig.
Forrás: NAGY B. et al. 2002.

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, Maricsejka, Apsineci, Heraszka, Színye.

Mocsaras, vagy elláposodott területek főleg Kárpátalja síkvidéki részén találhatók és a megye területének mindössze 0,1%-t 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 1000–1500 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.

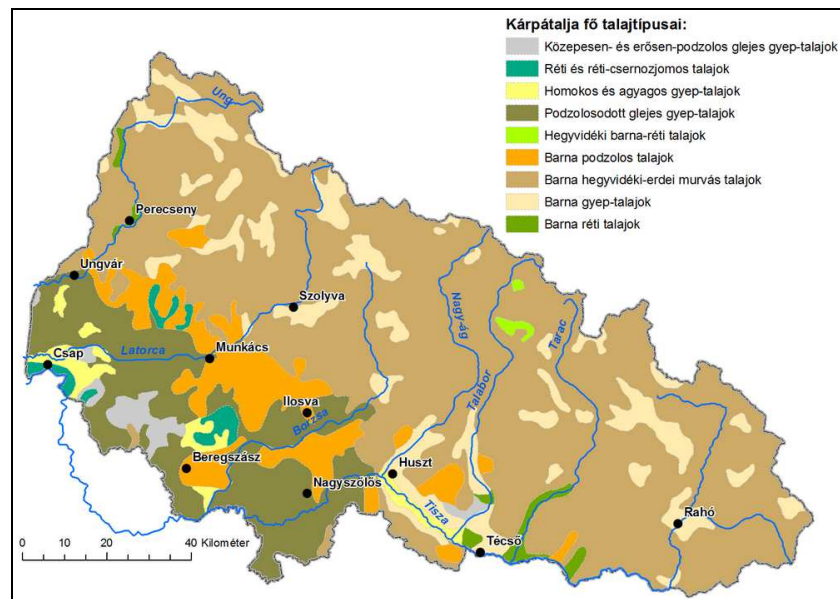
4.1.6. Talajadottságok

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 erodálódásukat. 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 (HERENCSEK, K. 1981).

Barna hegyvidéki-erdei talajok (*4. térkép*) a Kárpátokban a hegyi kőzetek erodálódásának maradványain keletkeztek, enyhén nedves éghajlati feltételek mellett bükkös és lucfenyő erdők alatt. A talajok kavicsosak, gazdagok az alumínium és a vas mozgó formáiban. A Kárpátok barna talajai savanyúak, mert a talajképző kőzetek karbonát-mentesek, 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.



4. térkép: Kárpátalja fő talajtípusai.

Forrás: KÁRPÁTALJA ATLASZA 1991; Szerkesztette Molnár D.I. – Izsák T.

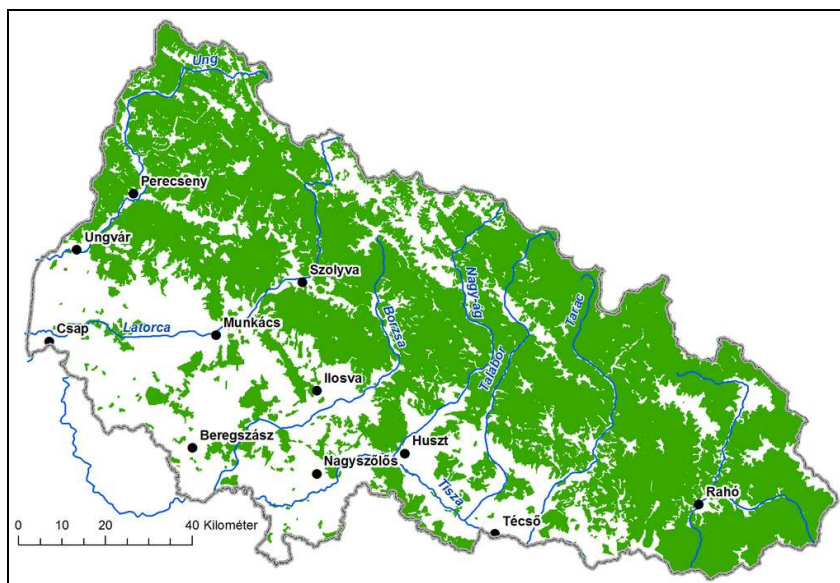
Hegyvidéki barna-réti talajok az Ukrán-Kárpátok magaslatain és erdőmentes hegygerincein terjedtek el. Ezek a talajtípusok füves területeken magas nedvességtartalom mellett jöttek létre. A Kárpátokban a hegyvidéki-réti talajok savasak, tőzeges rétegük 10–15 cm.

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.

4.1.7. Növényzet, természetvédelemi területek

Kárpátalja változatos növényvilággal rendelkezik. A megye az európai lomblevelű övezet közép-európai tartomány kárpáti alegységének része (HERENCSEK, 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 növénytani 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 1000–1200 méterig (sőt 1350–1450 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 1350–1500 métert, található tiszta fenyveseket és bükkös-fenyveseket. A Csornohorai- és Rahói-hegyek lejtőinek felső részét csak lucfenyőből álló erdők borítják. A szubalpesi övezetben 1600–1800 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 1800 m tszf.-i magasságon felül füves és bokros társulásokat, amelyek foltokban terjedtek el a hegyvidék magaslatain (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 erdőművelését több mint 30%-kal csökkentette. A nagyméretű erdőművelést 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). Ezen kívül 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 bioszférák száma és területe Kárpátalján.

	1990	1995	2000	2005	2009
Nemzeti parkok és védett bioszférák (db)	2	2	3	3	3
Területük (ezer ha)	60,3	60,3	113,2	133,5	133,5

Forrás: KÁRPÁTALJA 2005, 2009; Szerkesztette Izsák T.

4.2. 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. 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).

4. táblázat: Kárpátalja által elfoglalt hely Ukrajna megyéi között.

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

Forrás: KÁRPÁTALJA 2004, 2006, 2009; Szerkesztette Izsák T.

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 (4. táblázat).

Kárpátalja – agráripari vidék, amelyik jelentős rekreációs lehetőségekkel rendelkezik. A megye gazdaságának szakosodása: fakészletezés és fafeldolgozó-ipar, élelmiszeripar és könnyűipar, gépgyártás, gyógyüdülők-üdülők 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
Terület	2,1	2,1	2,1	2,1
Népesség	2,5	2,6	2,7	2,7
Ipari össztermelés	0,5	0,5	–	–
Mezőgazdasági össztermelés	2,0	2,4	2,3	2,2

Forrás: KÁRPÁTALJA 2000, 2006, 2009; Szerkesztette Izsák T.

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%-t 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, farmgazdaságok, 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.

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

	1988	2000	2006	2009
Összterület	1275,3	1275,3	1275,3	1275,3
Mezőgazdasági földek	664,6	479,7	454,3	452,6
Erdők és más, fákkal borított területek	558,3	718,6	723,9	724,1
Más területek	52,4	77,0	97,1	98,6

Forrás: KÁRPÁTALJA NÉPGAZDASÁGA 1989; KÁRPÁTALJA 2000, 2006, 2009; Szerkesztette Izsák T.

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

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

	1968	1988	1991	1996	2001	2005	2009
Összterület	1275,3	1275,3	1275,3	1275,3	1275,3	1275,3	1275,3
Mezőgazdasági földek	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; Szerkesztette Izsák T.

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.

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.

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

	1991	1996	2001	2006	2009
Szarvasmarha,	352,5	241,2	182,4	171,0	147,8
ebből fejőstehén	141,5	142,6	134,7	124,9	104,0
Sertés	343,1	286,6	231,8	254,9	282,5
Juh és kecske	269,4	163,3	108,9	116,5	136,3
Baromfi	4839	3644	3158	2812	2988

Forrás: KÁRPÁTALJA 1991, 2009;
Szerkesztette Izsák T.

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).

5. AZ ÁRVIZEK KIALAKULÁSÁRA HATÓ TERMÉSZETI ÉS ANTROPOGÉN TÉNYEZŐK

5.1. 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 regionálisakhoz²⁴ lehet sorolni.

A negatív természeti jelenségek különböző gyorsasággal terjednek. A terjedés sebességének fokát figyelembe véve a jelenségek lehetnek váratlan, hirtelen („flash flood”), gyors, mérsékeltén 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.

²⁴ 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 alacsonyak, magasak, az okozott károkat tekintve jelentősek és katasztrofálisak (HINKO, SZ. 1982). A kárpátaljai folyó-szakasz árhullámaira jellemző a fentieken 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 oldalazó erózió okozta partrombolódás, a hullámtéri²⁵ feltöltődés, egyéb negatív természeti jelenségek kialakulása (csuszamlások, sár- és kőlavinák), 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.

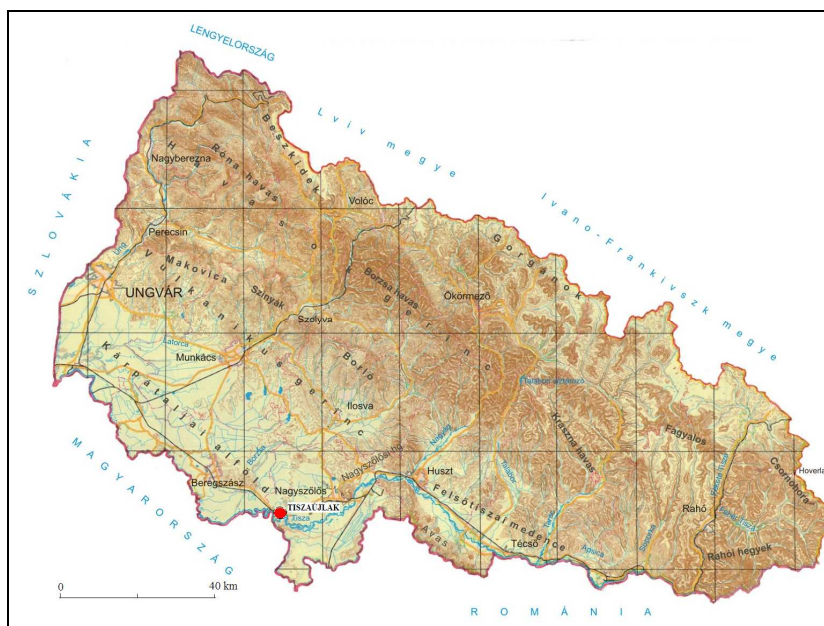
A Tisza vízgyűjtő medencéjében gyakran váltakoztak az árvizes és csaknem árvízmentes időszakok, amelyeket VÁGÁS I. (2011) a XIX. század közepétől 7 korszakra osztott. A XX. században (1912-től kezdve) 5 időintervallumot különböztet meg: a nagyobb árvizek 3 időszakát (1912–1942, 1962–1981, 1998–) és a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

²⁵ Hullámtér – a folyó völgy része, az árvízvédelmi gátak közötti térség, amelyet a folyó árvíz idején elönt (Izsák T. 2004).

5.1.1. 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. melléklet).

A tiszai vízmérce „0” pontjának²⁶ t.sz.f. (Balti-tenger, Kronstadt²⁷) 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.

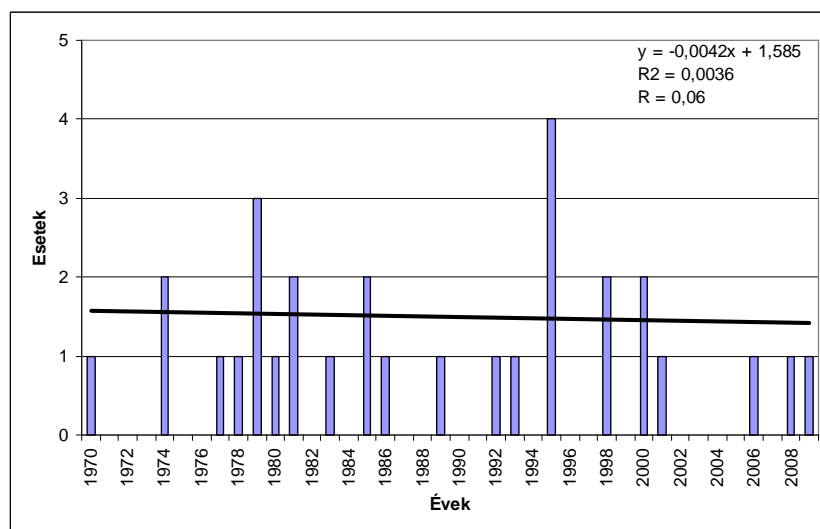
Forrás: VAVILIN, A. 2005; Szerkesztette Izsák T.

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

²⁶ A vízmérce „0” pontja – a megállapításig mért legalacsonyabb vízállási szintje a folyónak, annak tengerszint fölötti magassága.

²⁷ 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 szintezési hálózat) (SULINET DIGITÁLIS TUDÁSBÁZIS, 2011).

olyan esetek is, amikor a hullámtér hosszabb időn keresztül, három (03–05.05.1985, 25–27.12.1995, 05–07.11.1998, 26–28.07.2008), illetve négy napig is (31.10–03.11.1992, 04–07.03.2001) víz alatt volt.



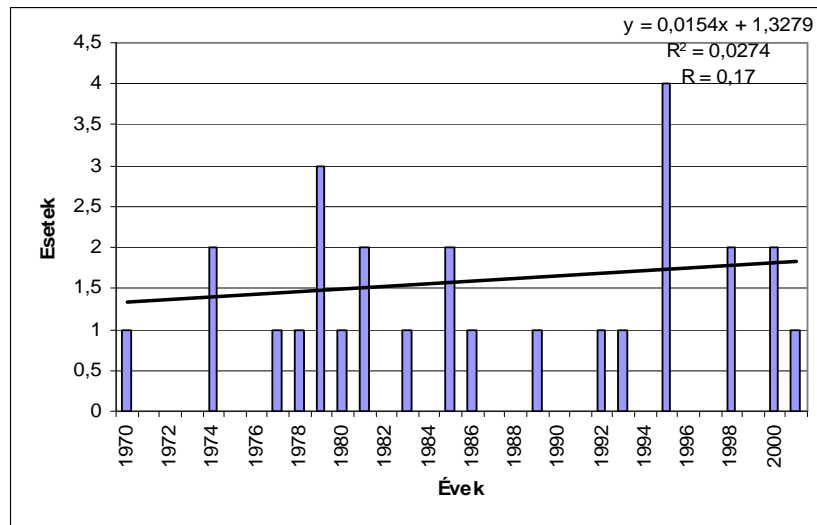
3. ábra: A Tisza kiöntésének gyakorisága (esetek száma) a tiszaujlaki hullámtérre 1970–2009 között.

Forrás: KÁRPÁTALJAI HIDROMETEOROLÓGIAI KÖZPONT adattára, 2010;
Szerkesztette Izsák T.

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).

Az 1998. évi novemberi katasztrófális árvíz során, a víz 3 napot töltött a hullámtéren (november 05–07), 2001 márciusában 4 napot (március 04–07).

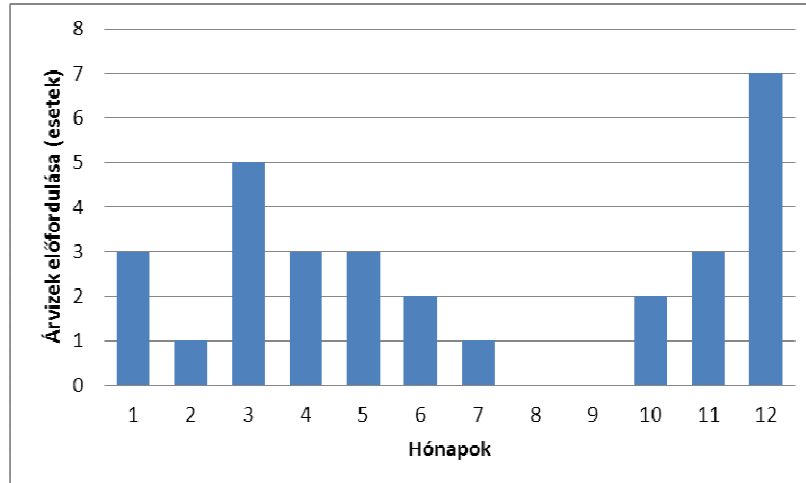
A Tisza kiöntéseinek gyakorisága és az évek korrelációs együtthatója (az r kritikus értékei 40 évre – 0,31, 32 évre – 0,35) 0,06-nak (3. ábra) és 0,17-nek (4. ábra) adódott, ami 95%-os valószínűségi szinten nem szignifikáns változás.



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

Forrás: KÁRPÁTALJAI HIDROMETEOROLÓGIAI KÖZPONT adattára, 2010;
Szerkesztette Izsák T.

Összevetve a kiöntések gyakoriságát és a csapadékmennyiségek alakulását nem találtam összefüggést a két jelenség között. Az árvizek a vizsgált időszakban nem váltak gyakoribbá.

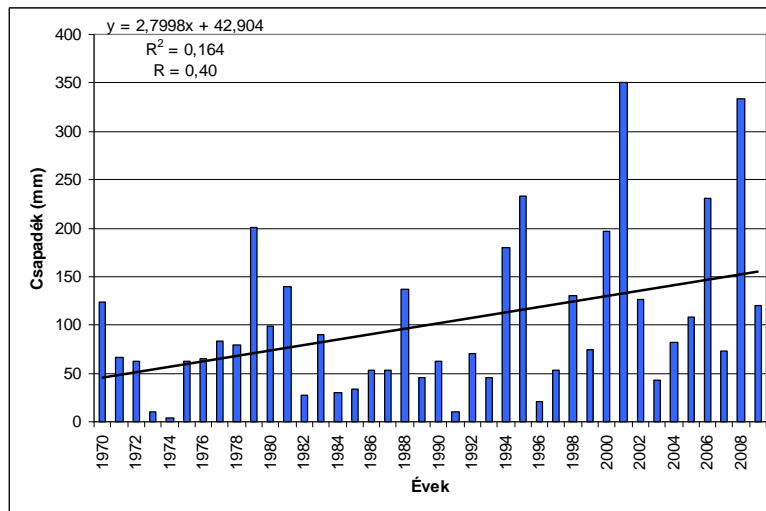


5. ábra: Árvizek előfordulása havi bontásban 1970–2009 között.

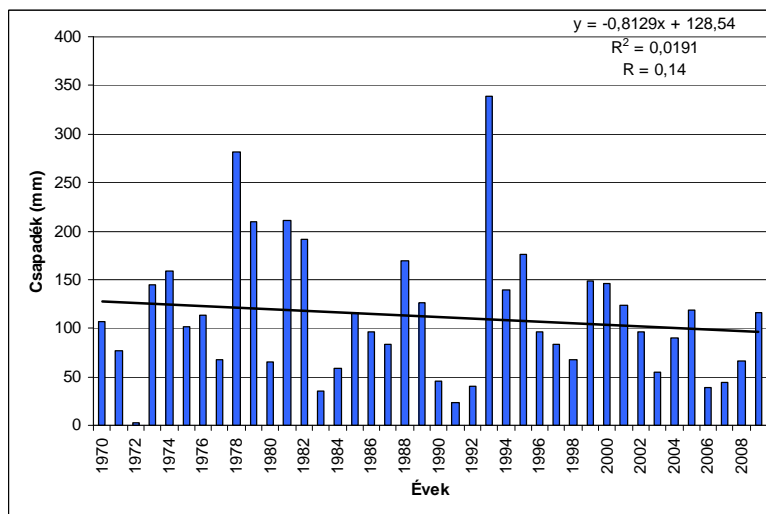
Forrás: KÁRPÁTALJAI HIDROMETEOROLÓGIAI KÖZPONT adattára, 2010;
Szerkesztette Izsák T.

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.



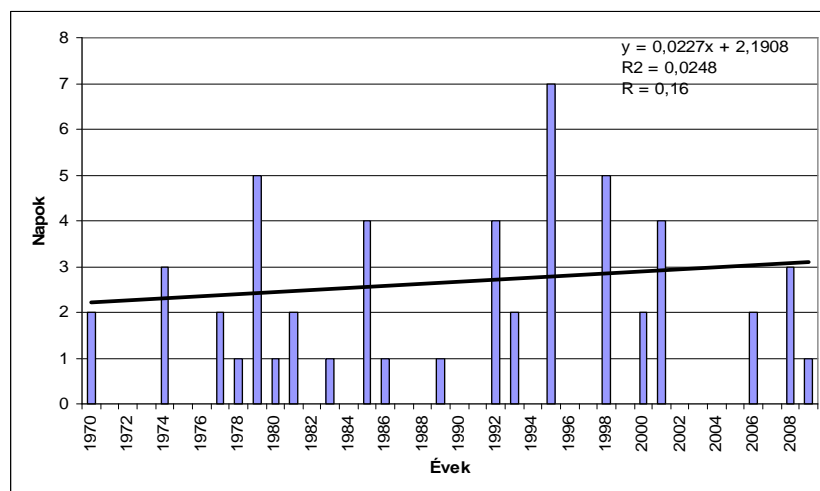
6. ábra: A csapadékmennyiség változása Rahón 1970–2009 között március hónapokban.
 Forrás: KÁRPÁTALJAI HIDROMETEOROLÓGIAI KÖZPONT adattára, 2010;
 Szerkesztette Izsák T.



7. ábra: A csapadékmennyiség változása Rahón 1970–2009 között december hónapokban.
 Forrás: KÁRPÁTALJAI HIDROMETEOROLÓGIAI KÖZPONT adattára, 2010;
 Szerkesztette Izsák T.

Az 1970–2009-es időszakban a csapadék mennyisége március hónapokban emelkedett (6. ábra) a decemberiekben csökkent (7. ábra). A többi hónap alatt vagy kismértékű emelkedést (január, február, április, szeptember, október), vagy csökkenést (május, június, július, augusztus, november) figyelhetünk meg.

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 időszakban (8. ábra) és a nagy árvizeket megelőző 1970–2001 közötti időszakban (9. ábra) a trendvonalak emelkedő tendenciát mutatnak.



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

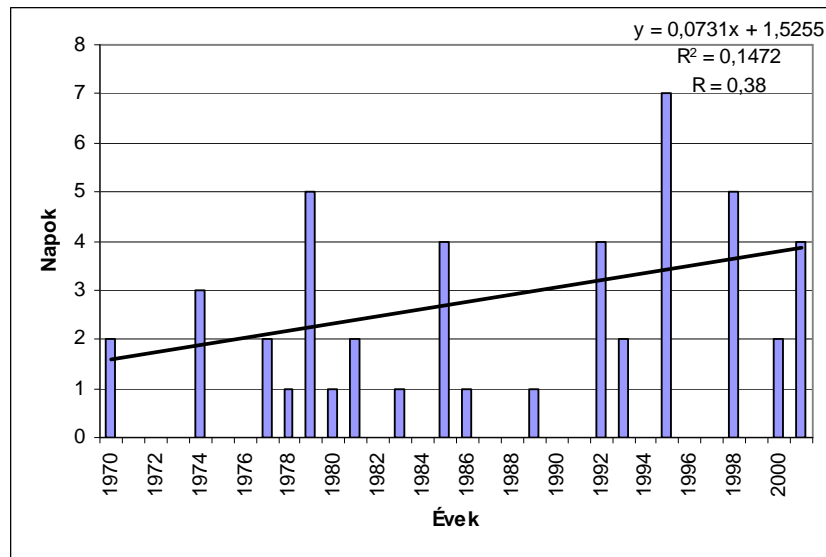
*Forrás: KÁRPÁTALJAI HIDROMETEOROLÓGIAI KÖZPONT adattára, 2010;
Szerkesztette Izsák T.*

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 intervallumokban fordultak elő.

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 való 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 való borítottsága (napok száma) Tiszaújlaknál az árvizek idején 1970–2001 között.

*Forrás: KÁRPÁTALJAI HIDROMETEOROLÓGIAI KÖZPONT adataira, 2010;
Szerkesztette Izsák T.*

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

5.2. Az éghajlat hidrológiai hatása

A légkör — a Földet körülvevő levegőburok. A légkör védi a Földet nappal 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 felszínalatti 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 litoszférától, vízburokból és bioszférától 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.

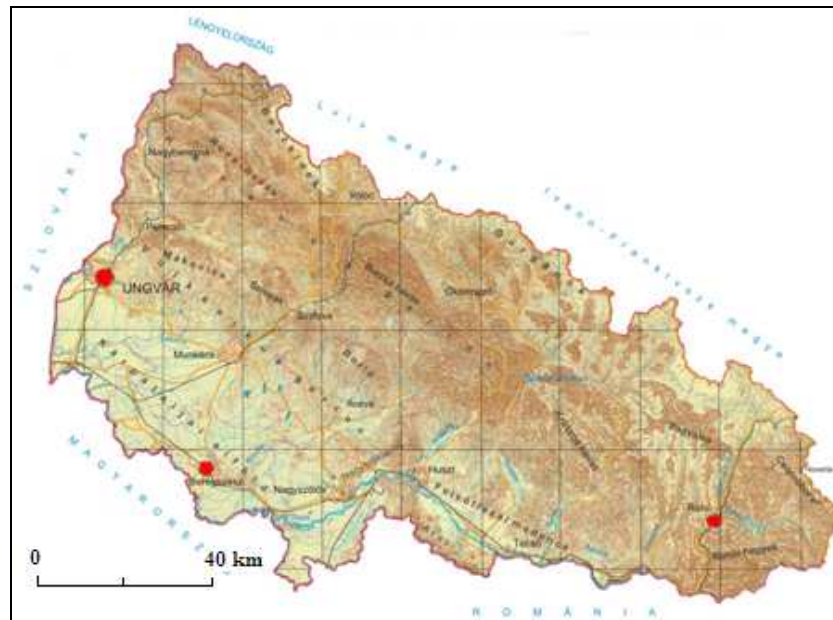
A légkör és más Földi burkok közötti kapcsolatok megbomlása a globális klímaváltozáshoz is vezethet. „A globális klímaváltozás az egyik legveszélyesebb tényező, ami a Föld környezeti egyensúlyára leselkedik, a következményei pedig veszélyesek lehetnek az egész földi élővilágra beleértve az embert is.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

5.2.1. 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; 2. és 4. melléklet) és a rahói (KÁRPÁTALJAI MEGYEI HIDROMETEOROLÓGIAI KÖZPONT adattára, 2010; 3. és 5. melléklet) meteorológiai állomások (7. térkép) adatai alapján vizsgáltam az 1970–2009-es időszakban. Az összesítésnél figyelembe vettem Ungvár (17. 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.

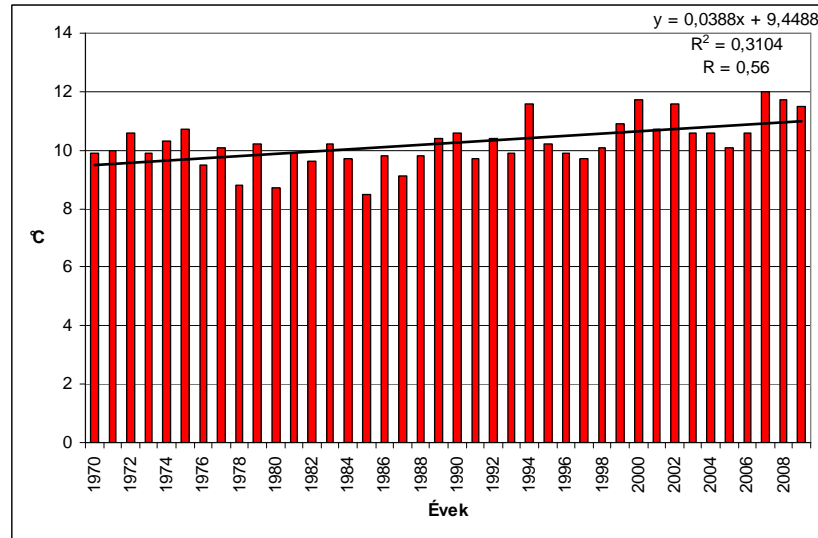


7. térkép: Ungvár, Beregszász és Rahó földrajzi elhelyezkedése Kárpátalján.
Forrás: VAVILIN, A. 2005; Szerkesztette Izsák T.

A sokéves hőmérsékleti átlag változása a trendvonalak segítségével állapítható meg a vizsgált időszak alatt: Beregszászban 1970–2009 között ($9,5\text{--}11,1^{\circ}\text{C}$) $1,6^{\circ}\text{C}$ -os emelkedést (18. ábra); Rahón 1970–2009 között ($7,0\text{--}8,2^{\circ}\text{C}$) $1,2^{\circ}\text{C}$ -os emelkedést (19. ábra) eredményezett. Az átlagos évi hőmérsékletváltozás alapja lehet az utóbbi évtizedek alatt történt árvizeknek (RADVÁNSZKY B. et al. 2010).

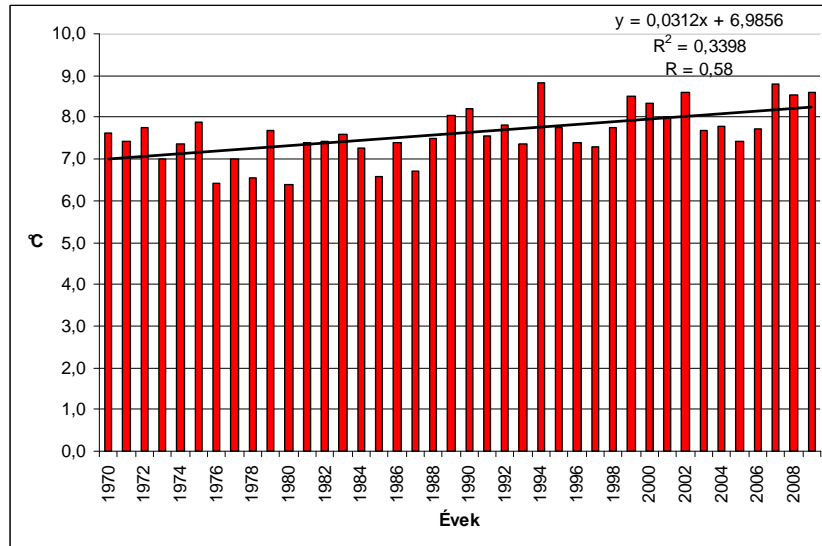
Az éves hőmérsékleti átlagok adatai azt mutatják, hogy a vizsgált időszak alatt a hőmérséklet évi átlagai a trendvonal szerint, fokozatosan emelkedtek. Beregszász esetében (10. ábra) az évi középhőmérsékletek és az évek korrelációs együtthatója²⁸ 0,56-nak adódott, amely 95%-os valószínűségi szinten (40 év esetén a kritikus érték 0,31) szignifikáns változásról tanúskodik.

²⁸ A minta változói közötti kapcsolat mértékét és irányát mutatja.



10. ábra: Sokévi átlagos középhőmérsékletek Beregszászban 1970–2009 között.
 Forrás: *BEREGSZÁSZI METEOROLÓGIAI ÁLLOMÁS* adattára, 2010;
 Szerkesztette Izsák T.

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.



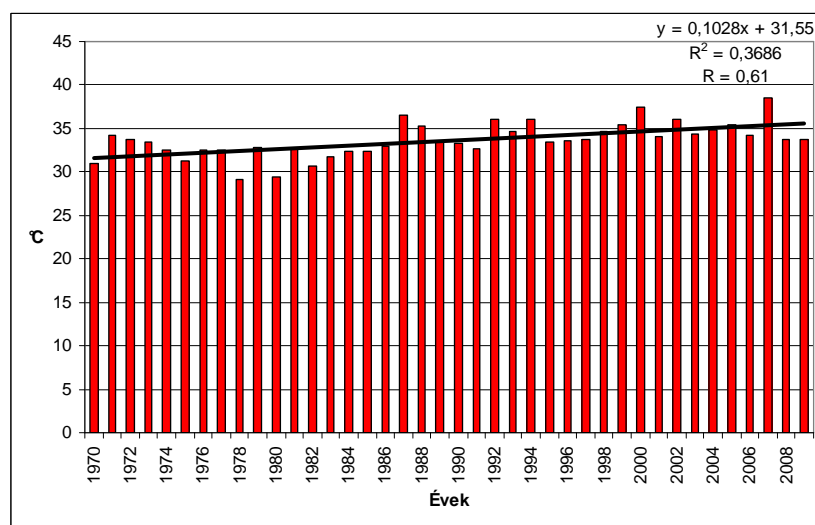
11. ábra: Sokévi átlagos középhőmérsékletek Rahón 1970–2009 között.
 Forrás: *KÁRPÁTALJAI MEGYEI HIDROMETEOROLÓGIAI KÖZPONT* adattára, 2010;
 Szerkesztette Izsák T.

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.

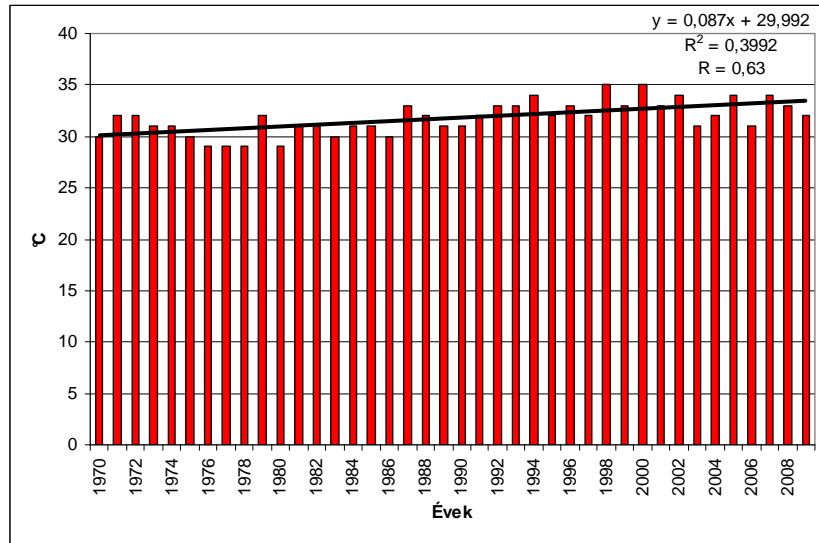
5.2.2. A maximális és minimális hőmérsékletek változása

Az évi abszolút maximális hőmérsékletek fokozatosan emelkedtek a vizsgált idő folyamán. 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).

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

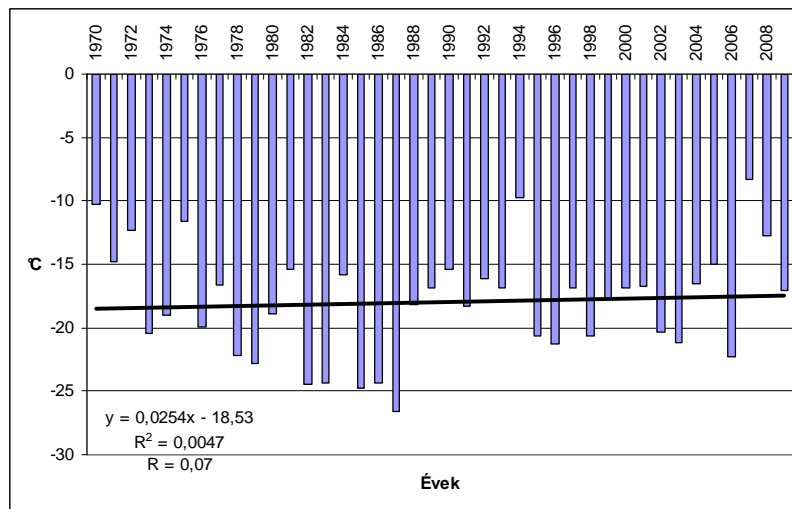


12. ábra: Az évi abszolút maximum hőmérsékletek Beregszászban 1970 és 2009 között.
 Forrás: BEREGSZÁSZI METEOROLÓGIAI ÁLLOMÁS adattára, 2010;
 Szerkesztette Izsák T.

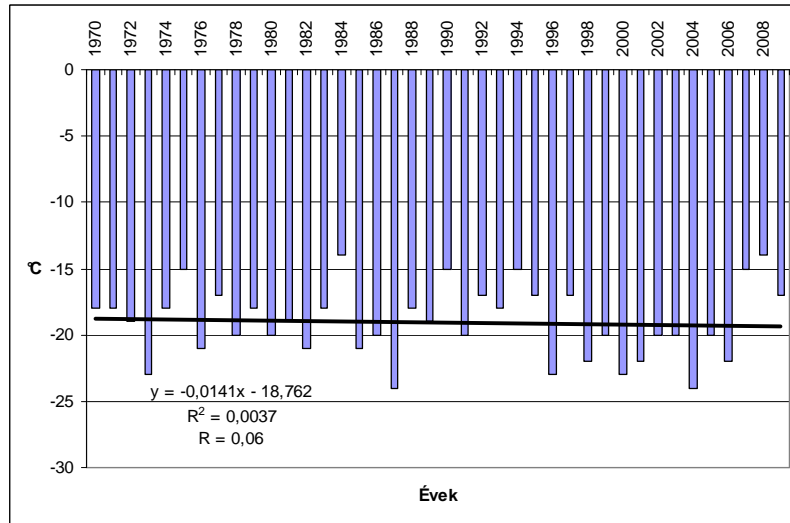


13. ábra: Az évi abszolút maximum hőmérsékletek Rahón 1970 és 2009 között.
 Forrás: KÁRPÁTALJAI MEGYEI HIDROMETEOROLÓGIAI KÖZPONT adataira, 2010;
 Szerkesztette Izsák T.

A legmagasabb maximális hőmérséklet 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.



14. ábra: Az évi abszolút minimum hőmérsékletek Beregszászban 1970–2009 között.
 Forrás: BEREGSZÁSZI METEOROLÓGIAI ÁLLOMÁS adataira, 2010; Szerkesztette Izsák T.



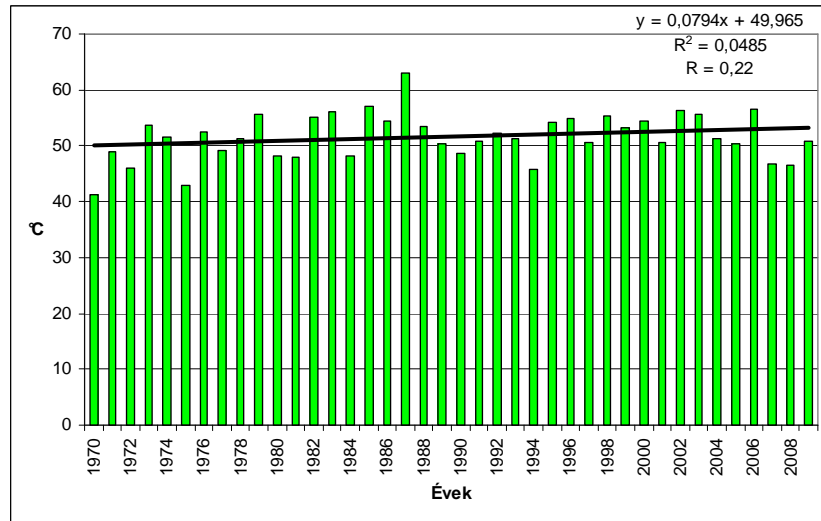
15. ábra: Az évi abszolút minimum hőmérsékletek Rahón 1970–2009 között.
 Forrás: KÁRPÁTALJAI MEGYEI HIDROMETEOROLÓGIAI KÖZPONT adattára, 2010;
 Szerkesztette Izsák T.

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

A legalacsonyabb hőmérsékletet Beregszászban 1987-ben regisztrálták ($-26,6^{\circ}\text{C}$), az 1970-es évektől kezdődően ritkán süllyedt -20°C alá. Rahón a legalacsonyabb hőmérsékletet 1987-ben és 2004-ben mérték ($-24,0^{\circ}\text{C}$). 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.

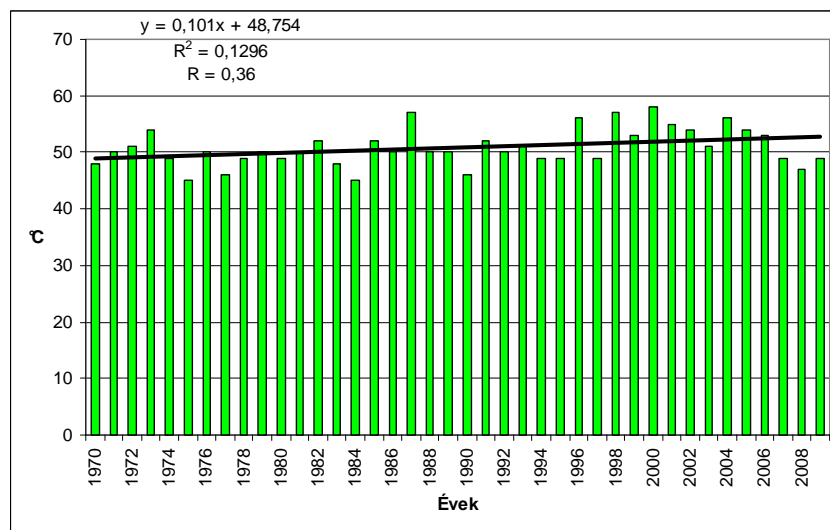
A legalacsonyabb hőmérsékletet Beregszászban 1987-ben regisztrálták ($-26,6^{\circ}\text{C}$), az 1970-es évektől kezdődően ritkán csökkent -20°C alá. Rahón a legalacsonyabb hőmérsékletet 1987-ben és 2004-ben mérték ($-24,0^{\circ}\text{C}$). Az évi abszolút minimum hőmérsékletek és az évek korrelációs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

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



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

Forrás: BEREGSZÁSZI METEOROLÓGIAI ÁLLOMÁS adattára, 2010; Szerkesztette Izsák T.



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

Forrás: KÁRPÁTALJAI MEGYEI HIDROMETEOROLÓGIAI KÖZPONT adattára, 2010; Szerkesztette Izsák T.

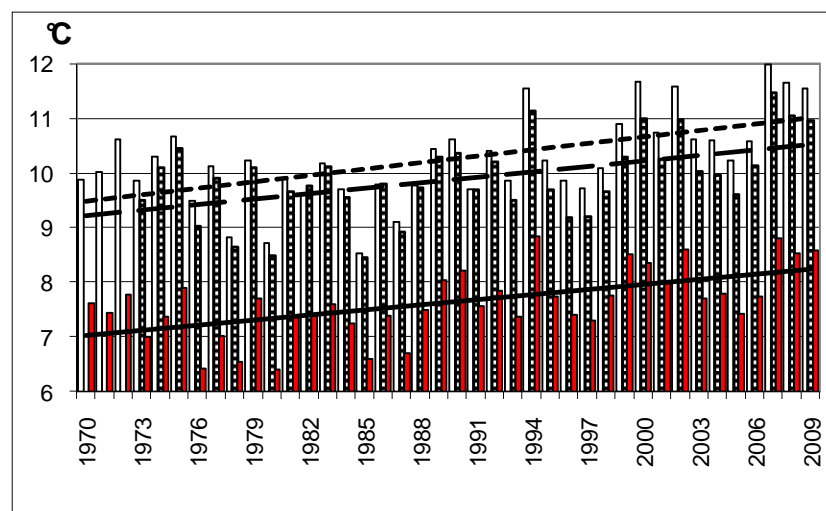
A legnagyobb évi abszolút hőingást Beregszászban 1987-ben mérték (–26,6°C és +36,5°C, a hőingás 63,1°C), Rahón 2000-ben (–23,0°C és +35,0°C, a hőingás 58,0°C).

A legkisebb különbséget a maximális és minimális hőmérsékletek között Beregszászban 1970-ben mérték ($-10,3^{\circ}\text{C}$ és $+30,9^{\circ}\text{C}$, a hőingás $41,2^{\circ}\text{C}$), Rahón 1975-ben ($-15,0^{\circ}\text{C}$ és $+30,0^{\circ}\text{C}$, a hőingás $45,0^{\circ}\text{C}$). Az évi abszolút hőingás és az évek korrelációs együtthatója (40 év 0,31) 0,22-nek és 0,36-nak adódott, amely 95%-os valószínűségi szinten csak Rahó esetében mutat szignifikáns változást.

5.2.3. 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:

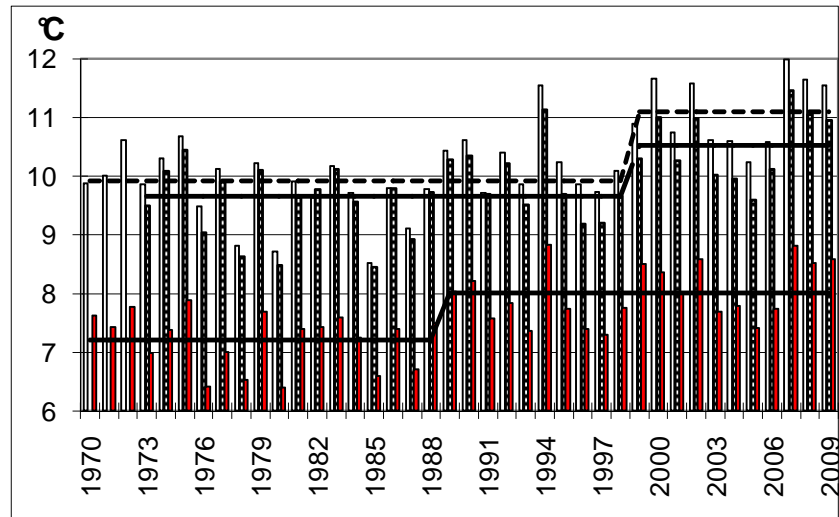
1. A lineáris trendelemzés mindhárom állomás évi középhőmérsékleti adatsorában szignifikánsan emelkedő trendet mutatott ki (18. ábra);



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.

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



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 - rövidre szaggatott, Ungvár - hosszabbra szaggatott, Rahó - folytonos vonal)

Forrás: MOLNÁR J. – IZSÁK T. 2011.

3. A Student-féle t-próba²⁹ 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 (PÉCZELY GY. 1979):

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

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 σ_1 és σ_2 szórásának és elemszámának ismeretében az alábbi képlettel számítható:

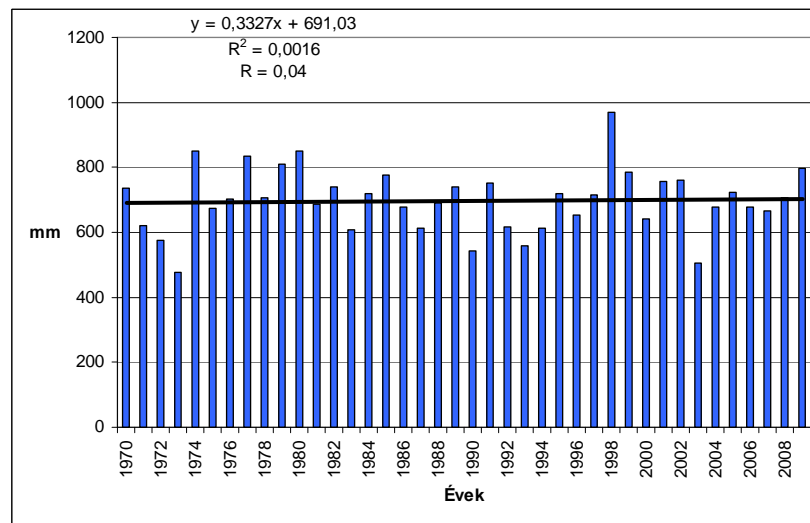
²⁹ Student-féle t-próbák egy, vagy két normális eloszlású változó átlagát vizsgálják.

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

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

5.2.4. 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 magasabb.



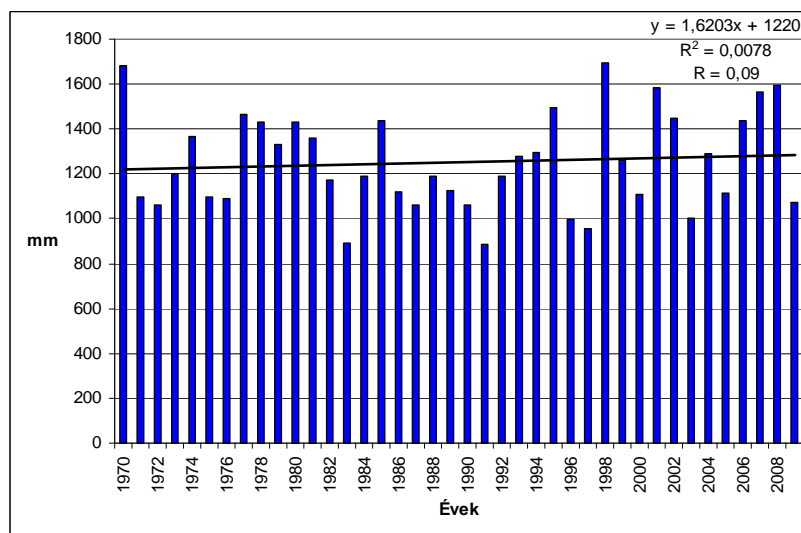
20. ábra: Az évi csapadékmennyiség változása Beregszászban 1970–2009 között.

Forrás: *BEREGSZÁSZI METEOROLÓGIAI ÁLLOMÁS adattára, 2010;*

Szerkesztette Izsák T.

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-nek és 0,09-nek adódott, amely 95%-os valószínűségi szinten nem szignifikáns változás.



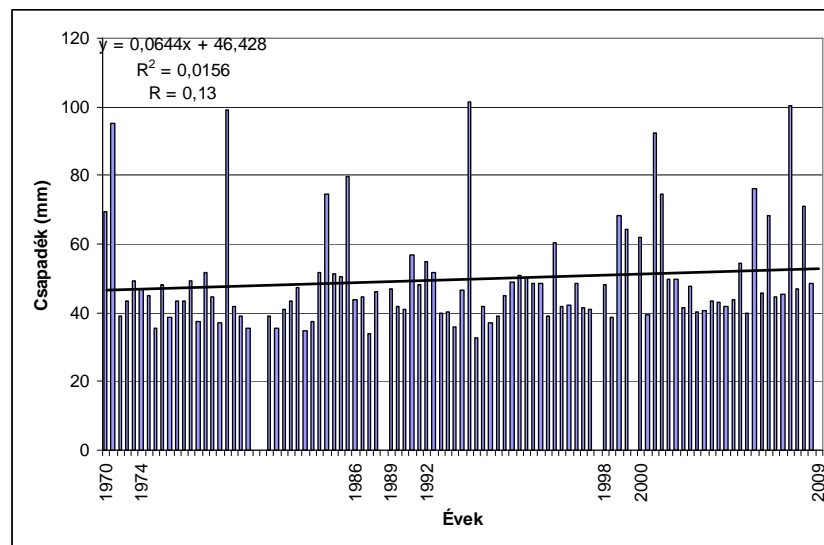
21. ábra: Az évi csapadékmennyiség változása Rahón 1970–2009 között.
 Forrás: KÁRPÁTALJAI MEGYEI HIDROMETEOROLÓGIAI KÖZPONT adattára, 2010;
 Szerkesztette Izsák T.

Az adatok (20. és 21. ábra) alapján a trendvonalak segítségével, meg lehet állapítani a sokéves csapadékátlag változását, amely Beregszászban 1970 és 2009 között (692 mm-ről 705 mm-re) 13 mm emelkedést eredményezett, Rahón elérte a (1220 mm-ről 1285 mm-re) 65 mm-t.

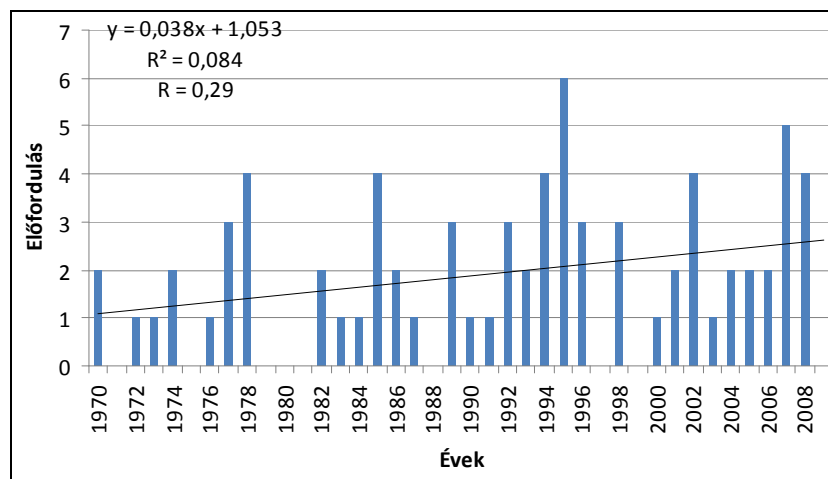
A különösen magas havi csapadékmennyiség (200 mm fölött) Rahón csaknem minden évben megtörtént. 1998-ig nem fordult azonban elő, hogy egy év alatt három hónap átlagos csapadékmennyisége is meghaladta volna a 200 mm-t, viszont 1998 után három évben (1998 júniusa, júliusa és októbere, 2001 márciusa, júniusa 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.

Az árvizek idején lehulló csapadék mennyiségét vizsgálva arra a következtetésre jutottam, hogy az árvizek kialakulásához egy, vagy több napon keresztül hulló 40 mm csapadékatlag fölötti vízmennyiség szükséges. A Felső-Tisza vidékén található rahói meteorológiai állomás adatait véve alapul (KÁRPÁTALJAI HIDROMETEOROLÓGIAI KÖZPONT adattára, 2011; 6. melléklet) 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, 43. old.) 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 adattára, 2011;
 Szerkesztette Izsák T.



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

Forrás: KÁRPÁTALJAI MEGYEI HIDROMETEOROLÓGIAI KÖZPONT adattára, 2011; Szerkesztette Izsák T.

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

5.2.5. Az éghajlat hidrológiai hatása

Az előbbieken 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 előbbieken tárgyalt éghajlati adatok elemzésének tükrében megállapítható, hogy Kárpátalján az utóbbi évtizedekben előforduló katasztrófális 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 legdöntőbbek 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 ui. 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 kitavasodás 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 összegyülekezési idő számításával kapcsolatos kollektív kutatásaink azt is jelzik, hogy az olvadék, illetve esővíz a vízgyűjtő keleti területein érkezik legrövidebb időn belül a mederbe.

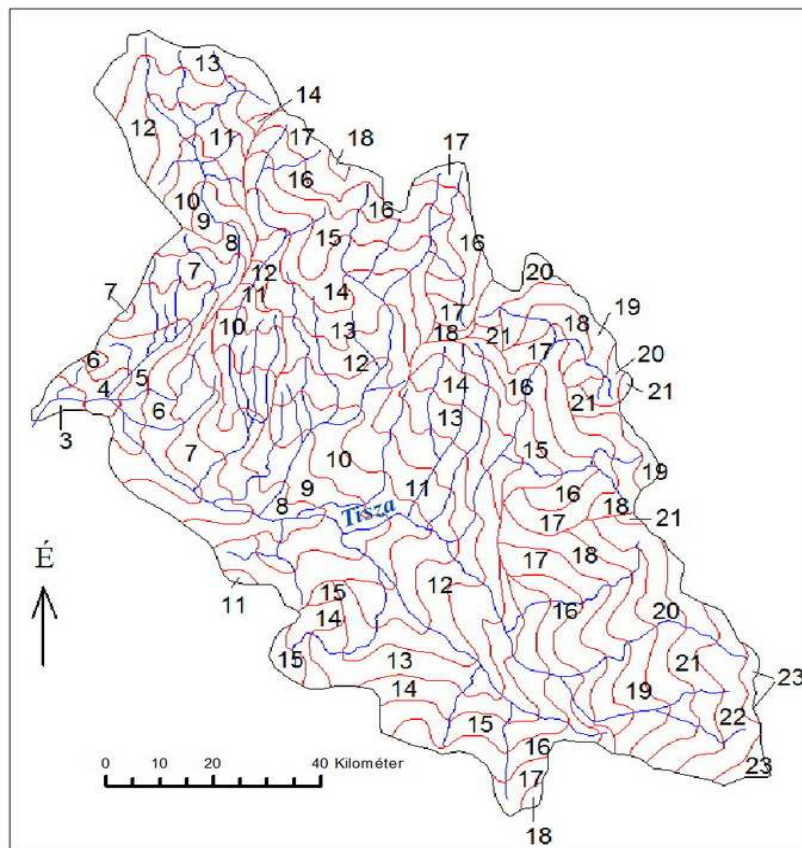
Az elmúlt 40 év hőmérsékleti viszonyaival kapcsolatos elemzéseim viszont a klíma általános melegedésére utalnak. Ennek hidrológiai következménye, hogy a hóolvadásnak egyre nagyobb az árhullám-keltő szerepe. Vizsgálataim azonban azt is igazolták, hogy a magashegységi régióban (Rahó) a melegedés üteme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

Mi várható a jövőben? Ezzel a kérdéssel egyre többen foglalkoznak, felhasználva a technika újabb és újabb vívmányait (regionális és globális klímamodellek). Mindegyik szcenárió³⁰-futtatás azt tételezi fel, hogy 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).

³⁰ Szenárió – forgatókönyv.

5.3. 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 tartoznak (HNYIDENKO, V. 1997). Ez az összetétel hátrányt jelent a fakitermelésben, de előnyös a lefolyás növekedése szempontjából.



24. ábra: A Felső-Tisza vízgyűjtőterületének lefolyási időtérképe a nagyszőlősi híd szelvényéhez.

Forrás: NAGY B. et al. 2002; MOLNÁR J. – GÖNCZY S. – SÁNDOR A. 2003.
(kék színű vonalak – a Tisza és mellékfolyói, piros szín – óránkénti izokrónok).

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, ami a teljes vízgyűjtő terület vízszállításba való bekapcsolódásához szükséges, összegyűlekezési időnek nevezzük. A vízszállításba bekapcsolódott területek méretének meghatározásához ismerni kell a lefolyási időt a vízgyűjtő egyes pontjairól, ami 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, φ – a lejtő hajlásszöge, fokokban).

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

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

(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:

$$v_k = C \sqrt{mI}, \text{ ahol } m \text{ – átlagos vízmélység, } I \text{ – a vízfelszín esése, } C \text{ – sebességi tényező.}$$

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 ($l/sec/km^2$) felszíni lefolyás.

Etekintetben régiók határozhatók meg a tanulmányozott térségben. A Tisza-közeli térségben, elsősorban a nyugati területeken a terjedelmes síknak nincs árhullám-keltő szerepe. Ebben a térségben a mellékvizeknek az árhullámai a lelassuló mederbéli 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 árhullám-magasság növelő szerepe. Ez a régió is a Kárpátalja nyugati részén elterülő medencesíkság északi és északkeleti szomszédságában jellemző. Ebben a régióban tehát a növekvő reliefenergia következtében az összegyülekezési idő rövidül.

A vízgyűjtő legnagyobb kiterjedésű régiója közép, illetve magashegységi 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 köztéfeleségei 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 üregrendszer, és csak ezt követően ürül ki. Ennek következtében ez az elenyésző jelentőségű folyamat elhúzhatja az árhullám lefolyását.

A felszíni vízhálózat árhullám-szemponitú 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 érik a mellékvíz medrébe. Ennek következtében ezekben nem képződik jelentős, és hosszantartó 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 (lejtősödés), de a mellékvizek hosszan elnyúlt alakja is szerepet játszik.

5.4. A növényzet (erdő) szerepe az árvizek kialakulásában

5.4.1. 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 intercepció³¹,

³¹ Intercepció – a csapadék által benedvesített növényi felületről elpárolgó víz.

evaporáció³² (felszíni párolgás) és transzspiráció³³ (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 km²) is nagyobb.

Az erdők nagy vízmennyiséget képesek transzspirálni. Egy hektárnyi kifejlett tölgyes napi 25 ezer liter vizet szív fel és párologtat el. A növények párologtatása következtében egységnyi területen fellépő vízveszteség az egységnyi szabad vízfelület párolgás okozta vízveszteségének többszöröse is lehet. Közép-Európa éghajlati viszonyai között az evaporáció mértéke mintegy 1000 t/(ha×év), ugyanakkor az

³² Evaporáció – a vízfelületekről és a talajfelszínről közvetlenül elpárolgó víz.

³³ Transzspiráció – a biocönózis tagjai által aktívan felhasznált víz.

evapotranszspirációt³⁴ 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 intercepció³⁵ és az intercepció veszteség³⁶ 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 m² talajfelületre (tenyészterületre) jutó négyzetméterben kifejezett levélfelület. Értéke függ a növényfajtól, valamint a fejlődési szakasztól. Értéke az egyes növényekre általában 0,5 és 12 m²/m² között változik. A levélfelület-index változásának megfelelően a potenciális intercepció mintegy 0,3 és 9 mm között változik (VERMES L. 2001). A legkisebb potenciális tározóképességgel a lágyszárú növények rendelkeznek, majd ezt követik a bokros és cserjés növények, a lombhullató fák, végül a legnagyobbal 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 hó-csapadékot 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 is (a csapadék nagysága, intenzitása, a lehulló cseppek nagysága és energiája) függ.

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).

³⁴ Evapotranszspiráció – a növényzettel fedett felületek párolgása, a párolgást meghatározó összetevők (evaporáció, transzspiráció) együttesen.

³⁵ Potenciális intercepció – az a csapadékmennyiség, amelyet a növényzet szélmentes időben maximálisan képes visszatartani és átmenetileg tárolni, majd ez a csapadék visszapárolog a légkörbe.

³⁶ Intercepció veszteség – az a vízmennyiség, amely a lombzatra és a törzsre jutva ezeket benedvesíti, majd hasznosítatlanul a levegőbe távozik.

Az intercepció függ a fafajától, az erdő növénytakarójától, a csapadék intenzitásától és hosszától. A fenyvesekben az intercepció 30–40%, a lombos erdőkben 10–20% (SZVIRIDENKO, V. 2007) lehet. 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%-al egyenlő.

A füves, mohás takaró 5–6 mm csapadékot tud visszatartani, míg az erdei avar képes csaknem 10 mm csapadékot (SZVIRIDENKO, V. 2007), vagy olvadó havat akkumulálni. Az avar fokozatosan veszi 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 gyökérszövet nedvesség elszívása 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 csúcs-vízhozamot 500–600%-kal (VERMES L. 2001) növeli.

Erdős területeken a csapadék felszín közeli visszatartásában és tározásában a felszíni avartakaró fontos szerephez jut, amely a talaj felső, gyökérszettel átszőtt 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 terepadottságtól, 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 felszínre 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 gyepek 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 csapadékmennyiség tüntettük fel a fák korának és csapadékinzításának függvényében (CSUBATIJ, O. 1968).

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

Az erdőerdősültség 1%-os csökkenése csökkenti az általános lefolyás mértékét 2–2,5%-kal (HENSZIRUK, SZ. – BONDAR, V. 1973). Az erdőerdősültség 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 csapadéku területeken 17%-kal, nagy csapadéku 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.

5.4.2. 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 évben egyszer fordultak elő (LISZTOPAD, 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 m³ fát dolgoztak fel (HRANCSAK, I. et al. 1995).



25. ábra: Letarolt domboldalak Körösmező környékén (Rahói járás).
Fotó: Izsák T. 2010.

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 m³-t, 1926–1930 között több mint 766 ezer m³ fát készleteztek (HRANCSAK, I. et al. 1995). 1930-ban az erdős területek Kárpátalja 48,5%-át foglalták el (612 338 ha) (HRANCSAK, 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 tutajj (bokor) kötötték össze és a távolabbi feldolgozó központokig (Tiszaújlak, Szolnok, Szeged stb.) leúszatták, onnan közúton, vagy vasúton szállították a megrendelőknek Európa (Ausztria, Németország, Csehország stb.) nagyvárosaiba.

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 kielégítésével magyarázták.

A II. világháború utáni időszakban, az 1944–1953 közötti években, a fakitermelés által a Kárpátok kárpátaljai, lvivi és ivano-frankovszki területein 70,1 millió m³ fát készleteztek a népgazdaság szükségleteinek kielégítésére (VASZJUTA, SZ. 1991). Kárpátalján a fakitermelés meghaladta a 3 millió m³-t (SZTUDENYAK, P. – KRAJILLO, M. 2001), amely többszörösét tette ki az ésszerű, 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.

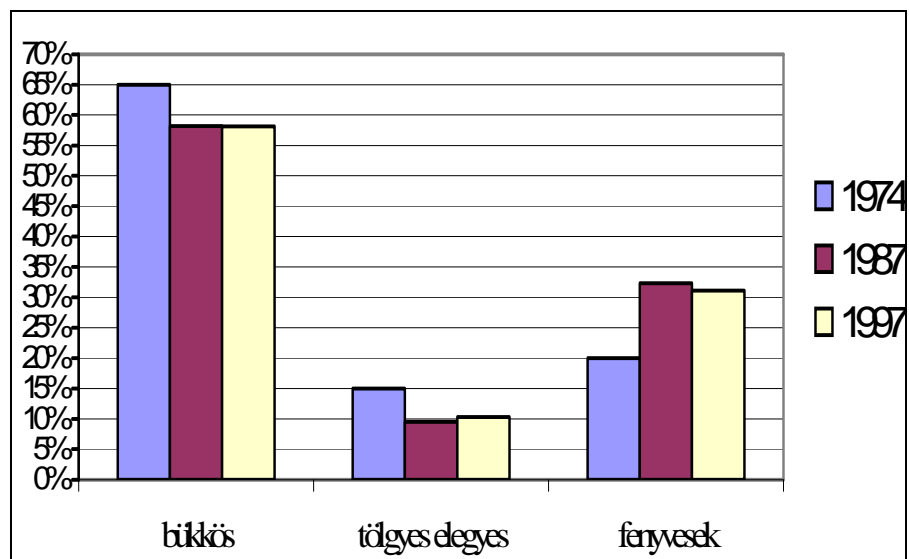
A szovjet időszak kezdetéig a fakitermelésben többnyire betartották az ésszerű kitermelési mennyiséget, a munkát az akkori erdészeti tudományban elért legújabb vívmányok alapján végezték, a háború után a fakitermelés többszörösen meghaladta a megengedhető mértéket (KOMENDAR, V. et al. 1991). Az intenzív fakitermelés ahhoz vezetett, hogy a megye erdősültsége 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 feladata az volt, 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 széleskörű 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 háromszorosán 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).



26. ábra: A fő állományalkotó fafajok részarányának változása Kárpátalján.
 Forrás: NAGY B. et al. 2002.

Az 1970-es évek közepére Kárpátalja területén két fafeldolgozó ipari gócot (szolyvai és tereszva-bustyaházi) hoztak létre, amelyekhez 15 fafeldolgozó kombinát tartozott (TUPICJA, J. – PETROV, A. – SZINYAKEVICS, I. 1976).

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

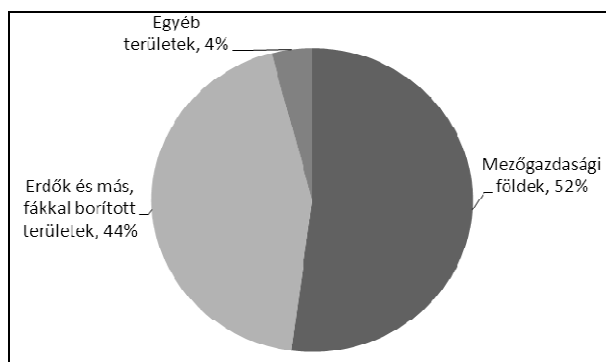
10. táblázat: Az erdővel borított területek részarányának változása az összterülethez viszonyítva 1870–2000 között (%-ban).

	1870	1912	1930	1955	1966	1968	1983	1990	2000
Erdősültség	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; Szerkesztette Izsák T.

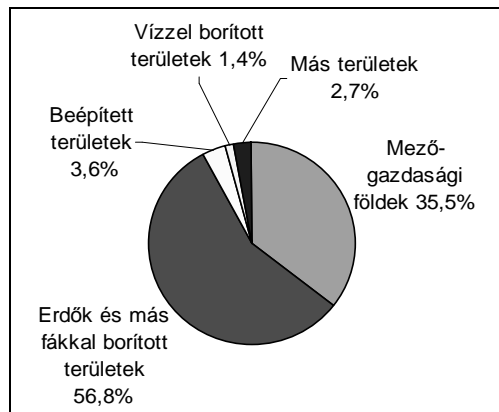
5.4.3. Kárpátalja erdősültsége a jelenkorban

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; Szerkesztette Izsák T.

Ezzel szemben növekedtek az erdővel borított területek 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 %-t.



28. ábra: Kárpátalja földterületének szerkezete a 2009-ben.
Forrás: KÁRPÁTALJA 2009; Szerkesztette Izsák T.

Az egy hektárra számolt fanövekedés Kárpátalján $5,2 \text{ m}^3$, vagyis a megye erdeiben évente 2,3–2,8 millió m^3 faállomány növekedés figyelhető meg. A kitermelhető faállomány 1,3–0,8 millió m^3 , amelynek csak egy része (300–500 ezer m^3) kerül kivágásra (SZTUDENYAK, P. – KRAJILLO, M. 2001). Sok esetben azonban a térképen nem tüntetik fel a kisebb fakitermelési területeket (29. ábra).

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.

Az 1993-ig meglévő erdészeti kombinátokat átadták az Erdőgazdasági, Erdészeti és Fa-feldolgozóipari 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 (0,6%) (NECSITAJLO, M.

2005) tartozik. Az egyes minisztériumokhoz (agrárpolitikai, honvédelmi) tartozó erdőkben történő fakitermelést lehetetlen ellenőrizni (LISZTOPAD, O. 2001).



29. ábra: Erdőirtási foltok Körösmező környékén (Rahói járás).
Fotó: Izsák T. 2010.

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

	1988	1998	1999	2000	2004	2006	2008	2009
Összterület	1275,3	1275,3	1275,3	1275,3	1275,2	1275,2	1275,3	1275,2
Mezőgazdasági földek	664,6	482,3	481,3	479,7	455,6	454,3	453,2	452,6
Erdők és más, fákkal borított területek	558,3	717,3	717,9	718,6	722,6	723,9	724,0	724,1
Beépített területek	–	40,9	42,6	43,4	44,4	44,4	44,7	45,9
Mocsaras területek	–	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	0,9	0,8
Vízzel borított területek	–	17,9	18,2	18,2	18,3	18,3	18,3	18,3
Egyéb	52,4 ³⁷	16,1	14,4	14,5	15,4	33,3	34,2	33,5

*Forrás: KÁRPÁTALJA NÉPGAZDASÁGA 1989; KÁRPÁTALJA 2000, 2004, 2009;
Szerkesztette Izsák T.*

³⁷ 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
Fakitermelés	46,9	41,5	37,4	33,0	25,1	14,0	12,2	16,1	22,0
Erdőfelújítás	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;
Szerkesztette Izsák T.

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 újraterelítését, a fakitermelési terület 50%-án végzik el, a terület másik 50%-án füves, bokros növénytakaságok terjednek el (KOMENDAR, V. 2008). A veszteségekhez a fakitermelés következtében megsérülő és elpusztuló fiatal facsémék mennyisége is hozzájárul. Csak a nyári fakitermelés, fadöntés, fakiszállítás következtében pusztuló facsémék 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 csemék megóvására irányultak. Azonban nem foglalkoztak az ehhez szükséges technikai eszközök gyártásával és a kitermelés növekedésének gyorsulása következtében nem találtak ezek a módszerek széleskörű felhasználást (HNYIDENKO, V. 1997), kiszorították őket a termelésből a traktorok és a teherautók.

Kárpátalja erdővel borított területeinek részaránya, az összterülethez 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 erdősültség részarányának rohamos

csökkenése az 1960-as évek végéig, majd növekedése az 1990-es évekig és jelenkori stagnálását.

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

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

Forrás: VASZJUTA, SZ. 1991, KÁRPÁTALJA 2000, 2004, 2009; Szerkesztette Izsák T.

1990-ben a fakitermelés meghaladta a 27 ezer hektárt, 2009-re ez a mutató 23,1 ezer hektárra módosult. A 14. táblázatból 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
Az erdőkészletek felújítása:	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
Területek erdőterületekké való átalakítása	–	–	2,7	1,9	1,7	1,7	1,6
Fakitermelés:							
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
Fakitermelés összesen	–	–	27,9	15,5	13,8	17,7	23,1
Erdővesztés (saját számítások)	42,5	33,0	22,4	11,3	9,9	13,3	18,8

Forrás: KÁRPÁTALJA 2009; Szerkesztette Izsák T.

Az államilag engedélyezett erdőirtáson kívül törvénytelen erdőirtások is történtek. Az 1995. évben a feltárt erdőirtások mennyisége elérte a 10,7 ezer m³-t, 1999-ben 4,8

ezer m³-re csökkent (LISZTOPAD, O. 2001). Sok helyen fedezhetőek fel az erdőirtások helyei a domboldalakon.

Mindegyik statisztikai kiadvány arról számol be, hogy az erdősültség 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 fakitermelés 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 m³).

	1990	1995	2000	2005	2009
Fakitermelés az erdőkészletek fő felhasználási részéből	891,3	483,0	530,0	478,0	306,5
Erdővédelmi fakitermelés	556,0	113,0	376,7	715,6	596,8
Összesen	1447,3	596,0	906,7	1193,6	903,3

Forrás: KÁRPÁTALJA 2009; Szerkesztette Izsák T.

Az erdővel borított területek csökkenéséhez kis mértékben közrejátszottak 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 erdeiben 1990–2009 között.

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

Forrás: KÁRPÁTALJA 2009; Szerkesztette Izsák T.

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

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

	1990	1995	2000	2005	2009
Összes település	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
Földgáz és PB + csak PB, együtt	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
Földgázzal és PB gázzal	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
Csak PB gázzal	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; Szerkesztette Izsák T.

Fontos megjegyezni, hogy 1990-ben még léteztek olyan települések (121), ahová nem jutott el a gáz (földgáz, vagy propán-bután). A lakosság 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 tűzifát használ a lakosság. Ennek ellenére a 18. táblázatban jól látható, hogy a fakészletezés tüzelőanyag felhasználás céljából sajnálatos módon mégsem csökkent.

18. táblázat: Fakészletezés Kárpátalján 1995–2009 között (ezer m³).

	1995	1997	1998	1999	2000	2005	2009
Fakészletezés összesen, ebből:	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	–
Fakészletezés tüzelőanyag-felhasználás céljából	–	251,9	251,9	264,3	334,2	371,7	393,9

Forrás: MACA, N. 2001, KÁRPÁTALJA 2009; Szerkesztette Izsák T.

A 2001. évi katasztrofális árvizek után, a Kárpátaljai Magyar Főiskola kutatócsoportja által végzett vizsgálatok a Talabor és a Nagyág völgyében 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.

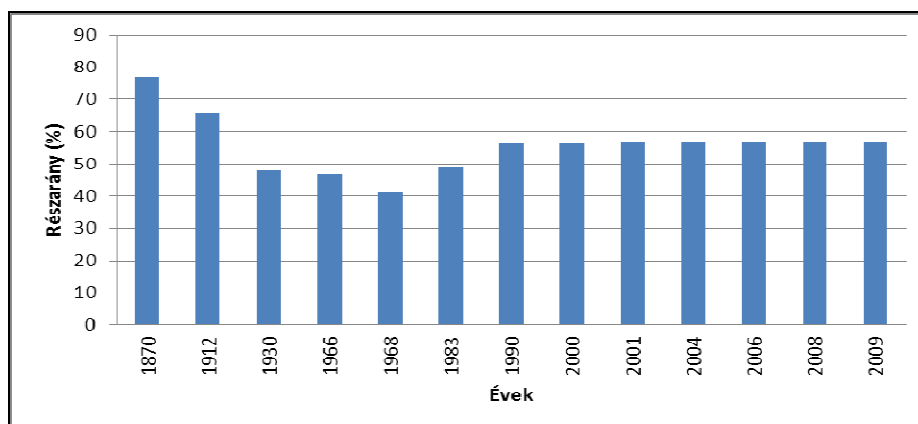
Folyóvölgy	A teljes bejárt terület (ha)	Ebből erdővel borított (ha)	A feltárt friss irtások (ha)	A friss irtások aránya a teljes átvizsgált területből, %	A friss irtások aránya az erdő-területből, %
Fehér-Tisza	1380	550	12	0,9	2,2
Kaszó	1120	650	1	0,1	0,2
Sopurka	780	500	0	0	0
Tarac	4140	2000	64	1,5	3,2
Talabor	2460	1100	44	1,8	4,0
Nagyág	3840	2200	135	3,5	6,1
Összesen	13 720	7000	256	1,9	3,7

Forrás: KOMONYI É. et al. 2003.

A Csató É. által (2004) a 2001. évi árvizek után végezett kutatások, kimutatták, hogy a Felső-Tisza közvetlen környezetében (Ukrajna és Románia) vizsgált 17 000 km² nagyságú területen az erdőveszteség 1896 és 1992 között 29,7%-os, 1992 és 2000 között további 8,5%-t 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 erdősültség (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 erdőszültségének 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; Szerkesztette Izsák T.

A növényzet árhullám-keltő 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 un. átcsepegés 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.

5.5. A talajtakaró szerepe a lefolyásban

A talaj vízjárása azoknak a jelenségeknek összessége, amelyek kapcsolatban állnak a nedvesség megjelenésével, mozgásával és ezáltal a talaj fizikai állapotának

változásával, vízveszteségével (NYIKOLAJCSUK, V. – BILIK, P. 2000). A talajok víztározó 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 talajleomosódás, 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, megszűri 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 erodálódó talajtakaró kimosódik, helyén sárfolyamok, kőlavínák keletkeznek, amelyek esetenként megrongálják az utakat (31. ábra) és vasúti vonalakat.



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

Fotó: Izsák T. 2006.

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 (TOMPA 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).

A XX. században megváltozott a kitermelt fa elszállítási technológiája. A II. világháború előtt a kitermelt fát kötelek és lovak segítségével eresztették le a hegyoldalakon 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, nagyteherautókkal szállítják tovább.

Az erdők fáinak kitermelése és szállítása következtében nemcsak degradálódnak, legyálulódnak 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 gyökérkárok, 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.



32. ábra: Iszap-felhalmozódás a Tisza hullámterén Tiszabökénynél (Nagyszőlősi járás).
Fotó: Izsák T. 2009.

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

20. táblázat: Mederbeli felhalmozódások a Tisza és mellékfolyóin, Kárpátalján.

Folyó neve	Mintavételi pont	A hordalék mennyisége (ezer m ³ /év)	Távolság a torkolattól (km)	A fkm-i szelvényhez tartozó vízgyűjtő terület (km ²)
Tisza	Rahó	20	910	1058,6
	Nagyszöllős	300	720	5931
	Fancsika	200	735	5952,1
Tarac	Gánya	50	22	841,4
	Kökényes	80	14,5	887
Talabor	Csománfalva	30	25	667
	Talaborfalu	60	13,5	856
Nagyág	Huszt	270	1	1149

Forrás: KOVALCSUK, I. 1997 és NAGY B. et al. 2002.

Az újabb talajtakaró kialakulása nagyon lassú folyamat, egy cm³ termékeny talaj kifejlődése 400 évig tart (KOMENDAR, V. 2008).

21. táblázat: Hordalékszállítás a kárpátaljai folyókon.

A folyó neve	Mintavételi pont	Átlagos hordalékmennyiség (t/km ²)				A fkm-i szelvényhez tartozó vízgyűjtőterület (km ²)
		1947–1962	1963–1975	1976–1988	Össz-átlag	
Fekete-Tisza	Bilin	–	71,5	71,3	71,4	540
Fehér-Tisza	Nyilas	–	82	92,6	87,3	473
Tisza	Rahó	58	106,5	91,3	82,2	1070
Tisza	Tiszaújlak	70	86,8	51	69,2	9148
Tarac	Dombó	–	61,5	110,6	86	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	105,1	1130

Forrás: KOVALCSUK, I. 1997, NAGY B. et al. 2002.

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 az árterekre lerakja, vagy zátonyokat alakít ki.

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 (Mezővári, Beregszászi járás).
Fotó: Izsák T. 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 balpartja mentén is (1948).



34. ábra: Uszadékok és erodálódó partszakasz Tiszabökénynél (Nagyszőlősi járás).
Fotó: Izsák T. 2009.

A Borzsa torkolatvidékén a gyakori vízszintingadozás hatására növekedik az oldalerózió. A XX. század 60-as éveiben ezt a folyamatot a folyó jobbpartja mentén kővédvonal kialakításával lassították. A balparti 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 beledőlnek a folyómederbe, a kivágott, el nem takarított nagyobb ágakkal együtt feltorlódhatnak (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 m²) 22,69 kg minta rakódott le, amely a folyószakasz területére

számítva (38 km²) közepes méretű magasvíz után 71,8 tonna üledék-lerakódást eredményezett. Az üledékképződés emelheti az áradások szintjének emelkedését, de nem lehet vele magyarázni a katasztrófális árvízszintek nagymértékű növekedését.



35. ábra: Feltorlódott famaradványok a Borzsa-folyó medrében Mezővárinál (Beregszászi járás).
Fotó: Izsák T. 2008.

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

5.6. Vízgazdálkodási tényezők

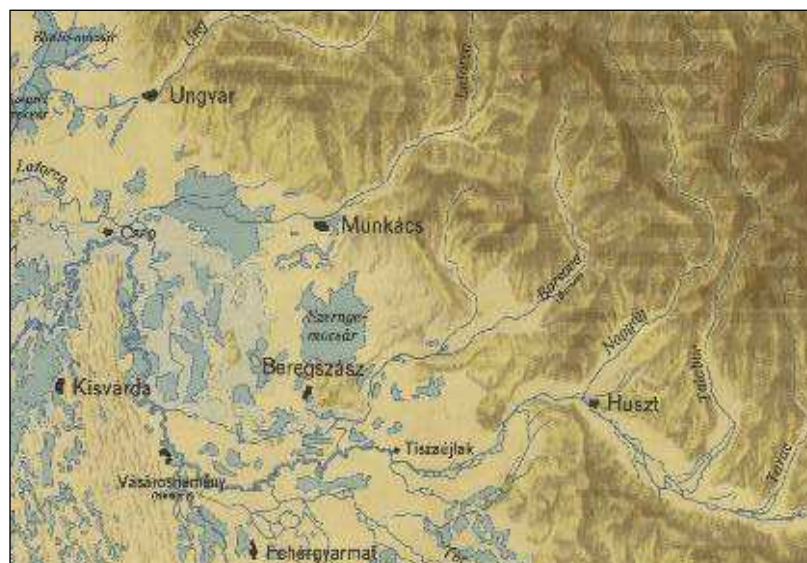
5.6.1. Kartográfiai felmérések Kárpátalján a tiszai felmérések előtt

Az árvizek, illetve a folyók mederváltozásaival szembeni védekezés kétféleképpen 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 vármegyék 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).



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

Forrás: MAGYAR KIR. FÖLDMŰVELÉSÜGYI MINISZTERIUM VÍZRAJZI INTÉZETE, 1938.

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.

1775-ben két megyei tisztviselő Guthi Gábor és Guthi Pál szerkesztett vázlatot a Tisza Vári melletti szakaszáról, ahol 11 kanyar átmetszését 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, Kamjonka, Bliznica, Pop Ivan, Ungvár, Polyana, Munkács, Huszt, Rahó, Hoverla, Petrosz.

1837-ben a térképezés során eljutottak Nagyszőlőstől Máramarosszigeten 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 a 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 Borzsán 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
UgoCSa	52	7 015	75 830	82 846
Ung	104	10 147	94 976	105 123

Forrás: FODOR F. 1957; Szerkesztette Izsák T.

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

5.6.2. 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 Járásközi 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 1500 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 segítették 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. Ezeken a meredek lejtőkre is felkúszó területeken a felszíni lefolyási adottságok már lényegesen jobbak. A viszonylag gyér növényzet ezt elősegíti. Az elmúlt 40 év alatt a mezőgazdasági földek területe csökkent 38%-ról 35%-ra, 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.

5.7. 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” repülőtere, amely csak csekély számú utast szállít a környező országokba és Ukrajna nagyvárosaiba.

5.7.1. 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 lakosság szám tízévente csaknem százezer fővel gyarapodott. A rendszerváltás után a növekedés lelassult, majd csökkenő tendenciára váltott át. Jelenleg, a megye lakosság száma alapján (1244,8 ezer fő) Ukrajna megyéi között a 17. helyet foglalja el, amely az ország összlakosságának 2,7%-a (KÁRPÁTALJA 2009).

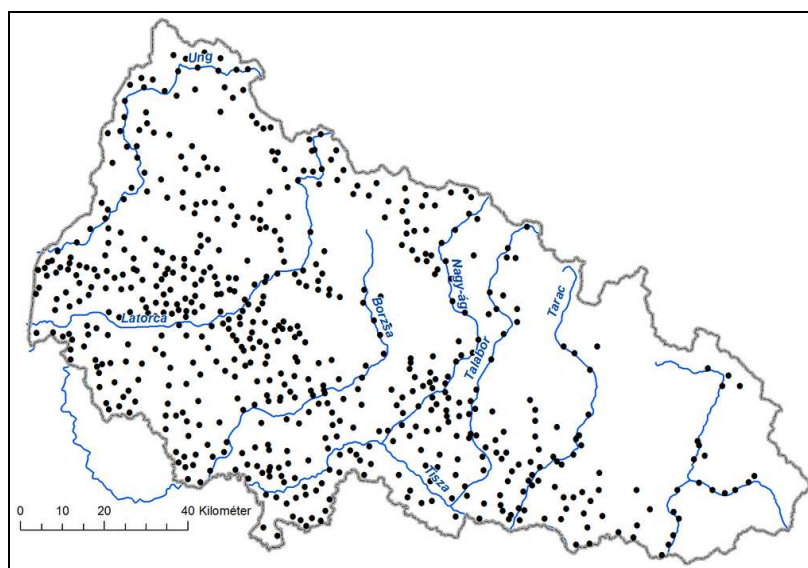
23. táblázat: A lakosság szám növekedése Kárpátalján 1947–2009 között.

	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	1056,8	1154,4	1252,0	1282,0	1242,0

Forrás: KÁRPÁTALJA NÉPGAZDASÁGA 1989; KÁRPÁTALJA 2000, 2009;
Szerkesztette Izsák T.

A népesség jelentős technogén nyomást gyakorol a környezetre (RUSCSAK, 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.

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).



8. térkép: Kárpátalja települései (egy pont egy település).

Forrás: KÁRPÁTALJA ATLASZA 1991; Szerkesztette Molnár D.I. – Izsák T.

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

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

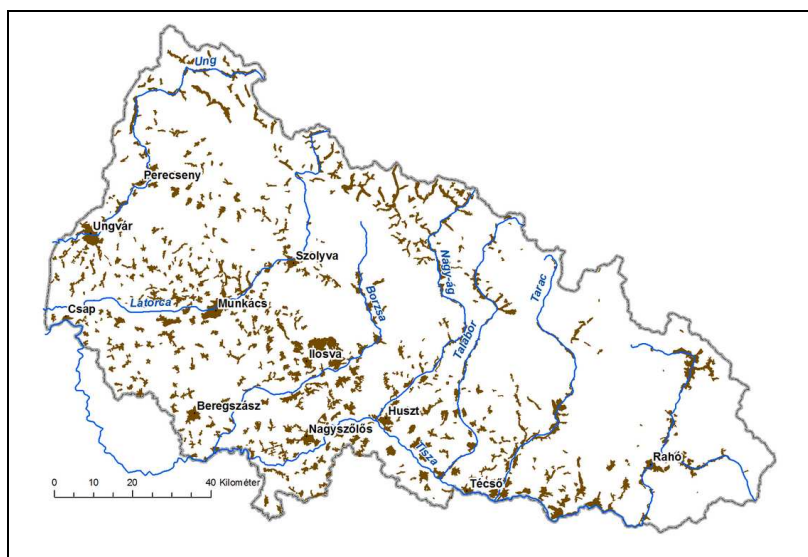
Forrás: HERENCSEK, K. 1981, KÁRPÁTALJA 2009; Szerkesztette Izsák T.

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
Összterület	1275,3	1275,3	1275,3	1275,3	1275,2	1275,2	1275,3	1275,2
Beépített területek	–	40,9	42,6	43,4	44,4	44,4	44,7	45,9

*Forrás: KÁRPÁTALJA NÉPGAZDASÁGA 1989; KÁRPÁTALJA 2000, 2004, 2009;
Szerkesztette Izsák T.*



9. térkép: Kárpátalja települései által elfoglalt terület (barna szín – települések).
Forrás: KÁRPÁTALJA ATLASZA 1991; Szerkesztette Molnár D.I. – Izsák T.

5.7.2. 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 1000 km²-nyi területen. A legfontosabb közutak között a legjelentősebbek a Csap–Ungvár–Munkács–Lviv–Kijev főút, az Ungvár–Körösmező, 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
Közutak (ezer km):	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; Szerkesztette Izsák T.

A közutak szélessége (a szilárd burkolattal és a hozzájuk tartozó leállósáv, vízelvezető árok és padka) átlagosan 16 méter. Kárpátalján az autóutak hossza 3,3 ezer km, vagyis a közutakra eső terület 52,8 km² (5280 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–Beregszász–Huszt–Aknaszlatina. A legjelentősebb vasúti csomópontok Csap, Munkács, Ungvár, Báttyú. 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.

A vasutak (működő és nem működő) és a hozzájuk tartozó védett sáv által elfoglalt terület Kárpátalján meghaladja a 6,5 km²-t, amely a megye területének 0,05%-a.

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

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

Forrás: KÁRPÁTALJA NÉPGAZDASÁGA 1969; KÁRPÁTALJA 2009; Szerkesztette Izsák T.

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–Tiszaújváros etilénvezeték.

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

A csővezetékek, magasfeszültségű vezeték és más hozzájuk tartozó műtárgyak által elfoglalt és a mellettük húzódó védősáv területe közel 4 ezer hektár (RUSCSAK, M. – PAGYAK, V. 2004), amely a megye területének 0,3%-a (40 km²).

Összességében, a közutak, a vasút és más közlekedési ágazatok a hozzájuk tartozó műtárgyakkal együtt a megye területének 0,75%-át foglalják el (99,3 km²), amelynek kétharmada található a hegyvidéken (65 km²), vagyis a hegyvidék minden 100 km²-nyi területéből több mint 4,5 km²-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, kertesi, 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). Etekintetben Kárpátalja összterületének mindössze 0,36%-a beépített terület. Ebben természetesen az ipari térség szilárd (Pl.: udvar, csarnoktető, repülőtéri kifutó stb.) burkolatú terei is bent foglaltnak. Ezekről a szilárd felületekről közvetetten jut a Tiszába a víz. A domb- és hegyvidéki települések belső víze pedig felszíni csatornákon a közeli patakmederbe folyik.

5.8. 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 kecske tenyésztés 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 érkező 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 talaj-lazítást 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.

5.9. 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 katasztrofális 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 katasztrofális 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, de áll a gátmagasítás Mezővári környékén is.

6. 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 való 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 (összeségében 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 való borítottságának időhossz vizsgálata, 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 való 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°C-kal emelkedett, Rahón 3,5°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°C-ot, Rahón viszont csökkent (–0,4°C). Az évi abszolút minimum hőmérsékletek szignifikáns változást nem mutattak.

Az évi abszolút hőingás 1970 és 2009 között a trendvonalak alapján, Beregszászban (1,2°C) és Rahón (4°C) is emelkedtek, de a változás csak Rahó esetében szignifikáns.

A hőmérséklet változásának vizsgálata a Student-féle t-próba töréspont-vizsgálat 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 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. Rahón, a legcsapadékosabb év szintén az 1998-as volt (1693 mm), míg a legkevesebb csapadék, 1991-ben hullott (883 mm). Átlagon felüli (1253 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 mm emelkedést eredményezett, Rahón a növekedés elérte a 60 mm-t, de egyik esetben sem szignifikáns változás.

A Tisza hullámtéri kiöntéseinek és a csapadékatlagok vizsgálatával arra az eredményre jutottam, hogy nincs teljes mértékű összefüggés az éves csapadékatlagok és a kiöntések előfordulásának gyakorisága között. 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 katasztrófális árvizeket megelőző és tartalmazó 32 évet vesszük figyelembe (1970–2001), akkor a csapadéértékek csökkenését figyelhetjük meg, viszont összességében (1970–2009) a csapadékatlagok 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 katasztrófális 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 erdővel 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 erdővel 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 nincsen 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 m³-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 víztároló 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.

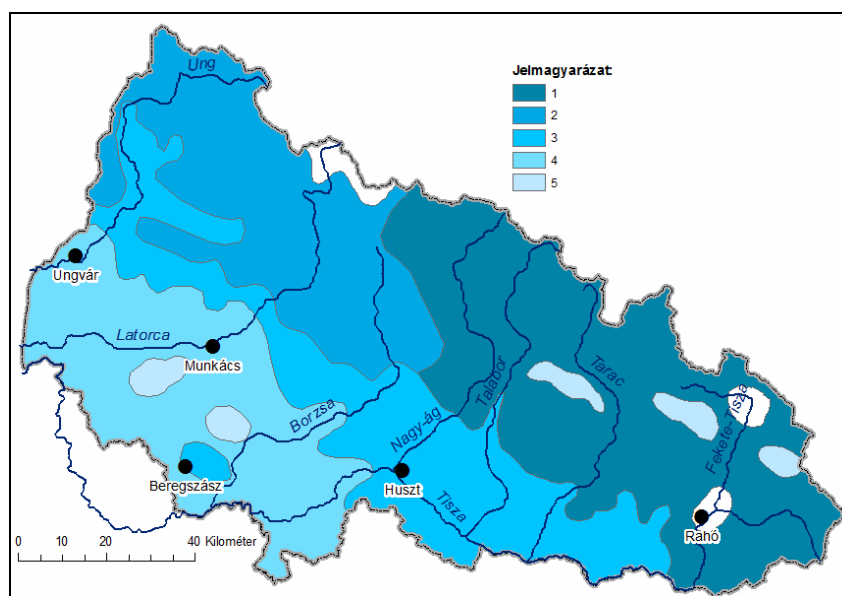
Kárpátalja agráripari vidék, amely fakészletezésre és fafeldolgozó iparra, élelmiszeriparra és könnyűiparra, gépgyártásra, gyógyüdülői-üdülői szolgáltatásokra, turizmusra, mezőgazdasági termelésre szakosodik. A megyében található gazdasági tevékenységek között a mezőgazdaság (a vadgazdálkodással és az 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 km²), amelynek kétharmada található a hegyvidéken (65 km²), vagyis a hegyvidék minden 100 km²-nyi területéből több mint 4,5 km²-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 határfok-kategóriák rövid jellemzést adnak a felszínre érkezett víz mennyiségét

befolyásoló (mérséklő) tényezőkről. Árhullám-keltő szerepük megítélésében jelentős mértékben lett figyelembe véve az illető terület kiterjedése és a befogadóhoz viszonyított térbeli helyzete. A térképek egységes árhullám-keltő 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 árhullám-keltő természeti tényezők térszerkezete Kárpátalján.
Szerkesztette Izsák T.

Jelmagyarázat:

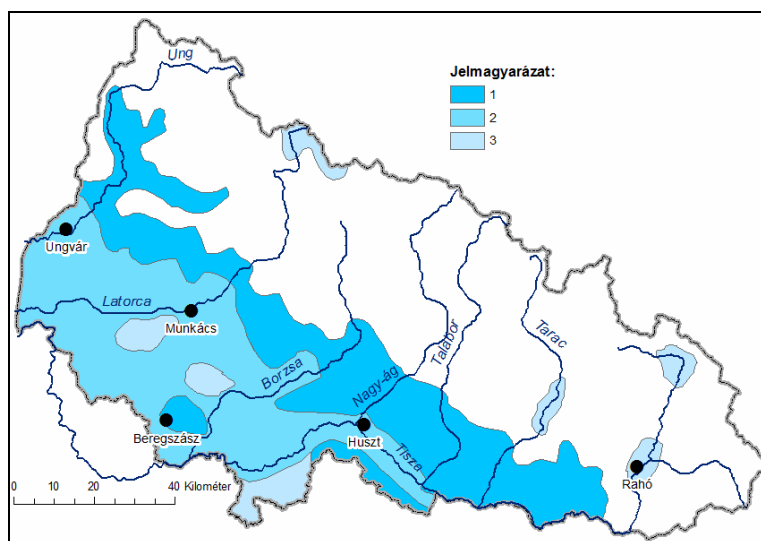
1. Igen erős hatás – magashegységi régió, amelynek túlnyomó része 1000 m tengerszint feletti felszín. Egyes részei szikla-kopárok, ill. gyakori a havasi legelő. Déli lefolyású, 40–50 km hosszú völgyeihez keskeny vízgyűjtők tartoznak, amelyekben ezen orográfiai okok miatt leggyorsabb a kiürülési idő.
2. Erős hatás – középhegységi térség, amely túlnyomórészt 500–1000 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 szikla-kopár, amelynek felszíni lefolyási viszonyai kitűnőek, de kicsiny kiterjedés, és a befogadótól való távoli fekvésük következtében árhullám-keltő hatásuk igen gyengének minősíthető. Ide tartoznak a vízgyűjtő legalacsonyabb, holocén korú süllyedék területei, amelyek a nagyarányú vízrendezések előtt lefolyástalan mocsarak voltak (lefolyásuk csak a levezető csatornák kezelésével és folyamatos tisztításával lehet biztosítani).

A természeti tényezők között a legjelentősebb (igen erős, erős) árhullám-keltő a hegységi domborzat (10. térkép), amelynek két változata, a magashegységi és a középhegységi hatás-változat különíthető el.

Az antropogén árhullám-keltő tényezők hatása a legjelentősebb (közepes) az Északkeleti-Kárpátok délnyugati, túlnyomóan szántóföldi művelés alatt álló, hegység-előtéri területein (11. térkép).



11. térkép: Az árhullám-keltő antropogén tényezők térszerkezete Kárpátalján (fehér szín – az antropogén tényezők hatása elhanyagolható). Szerkesztette Izsák T.

Jelmagyarázat:

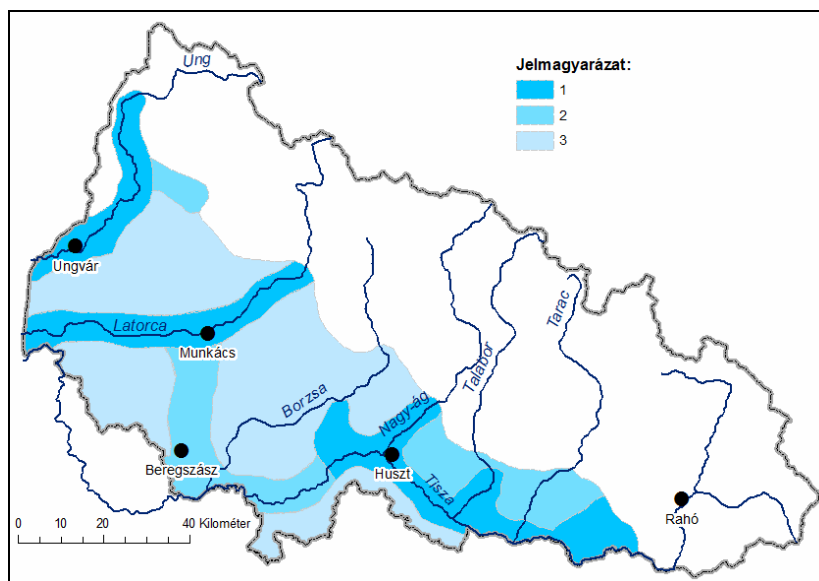
1. Közepes hatás – hegylábi lejtők az Északkeleti Kárpátok délnyugati lealacsonyodó lejtővidéke, gyakran széles völgyközi hátakkal tagolt terület, amelyen terjedelmes rét-legelő fekszik. A csapadékból származó felszíni lefolyás közvetlenül a befogadóba kerül.

2. Gyenge hatás – túlnyomórészt szántó művelésű terület, amely általában 200 m tszf magasságig terjed. A felszíni lefolyásnak jelentős párolgási, és beszívargási

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 összehatása igen gyengének minősíthető.

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).



12. térkép: Az árhullám-keltő technogén tényezők térszerkezete Kárpátalján (fehér szín – a technogén tényezők hatása elhanyagolható). Szerkesztette Izsák T.

Jelmagyarázat:

1. Közepes hatás – a vízgyűjtő településhálózatának azok a régiói, ahol viszonylag jelentős számú, 5000 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 azok a régiói, ahol a 2000–5000 fő közötti településeknek jelentős a száma. Ezeket a kertesi 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.

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 előirányzott és megígért finanszírozásnak eleget tenni. Továbbra is léteznek az árvízvédelemben, az elért pozitív eredmények mellett, hiányosságok és mulasztások, amelyekre a megoldást estenként 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.

7. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS A TOVÁBBI KUATATÁSOK IRÁNYA

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

1. Katasztrófális jellegű árvíz intenzív hóolvadás és felhőszakadásszerű 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.
2. A katasztrófális árvizek kialakulásában mindegyik természeti (csapadék, domborzat, erdősültség) és antropogén (fakitermelés a II. világháború utáni években, beépítettség területi növekedése, hidrotechnikai műtárgyak állapota stb.) tényezőknek egyaránt szerepe volt.
3. A legnagyobb mértékű befolyással az árvízszintek növekedésére az éghajlati összetevők váltakozása van, közöttük is a csapadékátlagok növekedésének, az időközönként nagy mennyiségű napi csapadéknak, amelyeknek előfordulási gyakorisága az utóbbi évtizedekben fokozatosan emelkedik.
4. Fontos tényező az erdősültség. Az erdő szabályozza a vízhozamot, jelentős mértékben csökkenti a szélsőségeket, a csapadékot időben széthúzza, visszatartja, tározza a lehulló és olvadó csapadékvizet és késlelteti a lefolyást.
5. 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, amely következtében a tavaszi olvadás idején kisebb idő alatt nagyobb mennyiségű olvadékvíz jut a folyók medrébe.
6. Árvizek a jövőben is elő fognak fordulni, de a károsító jellegük megelőzésében továbbra is szerepük lesz a hidrotechnikai építményeknek (töltések, víztározók, átereszek stb.).

7. 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 árvíz-megelőzési 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 árvízvédelemi munkálatokban résztvevő részágazatok (mérnökök, építészek, karbantartók) vezető szakembereit;

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

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom mindenk előtt Dövényi Zoltán professzor úrnak, aki mindig tudott időt szakítani a dolgozattal kapcsolatos beszélgetésre, elősegítette kritikájával az értekezés kidolgozását.

Köszönetemet fejezem ki Dr. Tóth József ny. egyetemi tanárnak, hogy hallgatója lehettem a Doktori iskolának, a dolgozat átellenőrzéséért és szakirányú véleményezéséért.

Köszönöm Dr. Trócsányi András témavezetőmnek, hogy elvállalt és elősegítette a doktori tanulmányok befejezését.

Nagy segítséget nyújtott és köszönöm fáradozását a dolgozat összeszedésében, kivitelezésében és az értékes megjegyzéseikért földimnek, Radvánszky Bertalannak a PTE Természetföldrajz és Geoinformatika Tanszék tanársegédének.

A dolgozat elkészítése folyamán jelentős segítségemre voltak kollégáim, a II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola Földtudományi Tanszékének tanárai. A légkör elemeinek, a hőmérséklet és a csapadék értékeinek változásáról szóló alfejezetben Dr. Molnár József tanszékvezető-helyettes segített, a kartográfiai részekben Molnár D. István, a földtani jellemzésben Gönczy Sándor, az idegen nyelvű fordításokban Fodor Gyula, a dolgozat szerkezeti kidolgozásában Berghauer Sándor. Hálás köszönet kollégáimnak.

Az éghajlati sajátosságok megírásához számos adatot dolgoztam fel, amelyhez segítséget nyújtottak és köszönetemet fejezem ki a Beregszászi Meteorológiai Állomás dolgozóinak, a Kárpátaljai Hidrometeorológiai Központ meteorológiai részlegének (vezetője: Bloh Vaszilina).

Végezetül köszönöm családomnak, feleségemnek és három gyermekemnek a támogatásukat, türelmüket, hogy kitartottak mellettem, tartották bennem a hitet tanulmányaim alatt, és sok esetben lemondva számukra szükséges dolgokról lehetővé tették doktori tanulmányaim befejezését.

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 (Геоморфология 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.* Britmagyar 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).* „Vidavnicтво 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 В.П. – КРІЧФАЛУШИЙ 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 kiegyezés 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 alapfogalmak*. 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 csapadékmennyiséggel járó időjárási helyzetek kialakulásában*. Légkör. 53. évfolyam, 3. szám, pp. 14–18.
 36. HAJÓSY F. 1954: *Adatok a Tisza vízgyőjtjének csapadékvizszonyaihoz*. 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 Kárpátontúli 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). „Znanyije” 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. „Zákárpátyá” kiadó, Ungvár, pp. 158–160.
 44. ILLÉS L. – KONECSNY K. 1999: *Az 1998. novemberi Felső-tiszai árvíz hidrológiája*. MHT 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.): *Fiatal kárpátaljai 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 Kft” 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 11. 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 11. Kárpátalja*. Dialóg Campus Kiadó, Pécs–Budapest, pp. 301–303.
52. IZSÁK T. 2009/c: *Kárpátalja mezőgazdasága*. In: BARANYI B. (szerk.): *A Kárpát-medence régiói 11. 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. 2011/b: *A Tisza kiöntésének gyakorisága az ártérre Tiszaújlaknál (Kárpátalja)*. Modern Geográfia, Pécs (megjelenés előtt).
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. KÁRPÁ TALJA 2000. Statisztikai évkönyv (*Закарпаття 2000*. Статистичний щорічник). Ужгород, Закарпатське обласне управління статистики, 2001. 448 р.
59. KÁRPÁ TALJA 2004. Statisztikai évkönyv (*Закарпаття 2004*. Статистичний щорічник). Ужгород, Закарпатське обласне управління статистики, 2005. 640 р.
60. KÁRPÁ TALJA 2005. Statisztikai évkönyv (*Закарпаття 2005*. Статистичний щорічник). Ужгород, Закарпатське обласне управління статистики, 2006. 584 р.
61. KÁRPÁ TALJA 2006. Statisztikai évkönyv (*Закарпаття 2006*. Статистичний щорічник). Ужгород, Закарпатське обласне управління статистики, 2007. 590 р.
62. KÁRPÁ TALJA 2007. Statisztikai évkönyv (*Закарпаття 2007*. Статистичний щорічник). Ужгород, Закарпатське обласне управління статистики, 2008. 574 р.
63. KÁRPÁ TALJA 2009. Statisztikai évkönyv (*Закарпаття 2009*. Статистичний щорічник). Ужгород, Закарпатське обласне управління статистики, 2010. 542 р.
64. KÁRPÁ TALJA ATLASZA 1991. (Атлас. Закарпатская область). Комитет геодезии и картографии СССР. Москва, 1991.
65. KÁRPÁ TALJA NÉPGAZDASÁGA. Statisztikai gyűjtemény (*Народне господарство Закарпаття*. Статистичний збірник). Закарпатське обласне управління статистики, Ужгород, 1969. 191 р.
66. KÁRPÁ TALJA NÉPGAZDASÁGA. Statisztikai gyűjtemény (*Народне господарство Закарпаття*. Статистичний збірник). Закарпатське обласне управління статистики, Ужгород, 1982. 196 р.
67. KÁRPÁ TALJA NÉPGAZDASÁGA. Statisztikai gyűjtemény (*Народне господарство Закарпаття*. Статистичний збірник). Закарпатське обласне управління статистики, Ужгород, 1989. 211 р.
68. KÁRPÁ TALJAI MEGYEI HIDROMETEOROLÓGIAI KÖZPONT adattára. Ungvár, 2010.
69. KÁRPÁ TALJAI MEGYEI HIDROMETEOROLÓGIAI KÖZPONT adattára. Ungvár, 2011.
70. KÁRPÁ TALJAI MEGYEI MELIORÁCIÓS ÉS VÍZGAZDÁLKODÁSI TERMELÉSI HIVATAL adattára. Ungvár. In: <http://www.vodhosp.uzhgorod.ua/about.html> (letöltés ideje: 2011).
71. KOLODKO, M. – TRETYAK, 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.
(letöltés ideje: 2009).

72. KOMENDAR, V. (КОМЕНДАР В.І.) 2008: *Kárpátalja állami erdőalap erdeinek jelenkori állapota és küzdelem az árvizekkel és a zöldsárral* (Сучасний стан лісів держлісфонду Закарпаття та заходи боротьби з наводками і повенями). „Negyilja Market”, № 21, 2008. május 24–30, Ungvár.
73. KOMENDAR, V. – BИHUN, M. – NEHРJA, I. – VAKAROV, A. (КОМЕНДАР В. – БИГУН 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 időjárási és vízjárési 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). Insztitut Ukrajinoznavsztva 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 katasztróféira, 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 terraszmorfológiája*. 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. Vízi 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. ЛЕНОЧКА Т. 1881: *Bereg vármegye*. Hatodik Síp Alapítvány – Mandátum Kiadó, Budapest–Beregszász, 1996, 719 p.
87. LISZTORAD, O. (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. MANYIVCSUK, J. (МАНІВЧУК Ю.В.) 1996: *Az agrártermelés ökológiai rendszerei a Kárpátokban. (Екологічні системи аграрного виробництва в Карпатах)*. „Zakarpatya” Kiadó, Ungvár, 276 p.
92. MARINICS, O. (szerk.) (МАРИНИЧ О.М. ред.) 1989: *Ukrajna Földrajzi Enciklopédiája (Географічна Енциклопедія України)*. II. kötet, Bazsan 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)*. „Znannyá” 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 ősvízrajza 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. MISCSSENKO, SZ. (szerk.) (МИЩЕНКО С. ред.) 1973: *A boldogság útján (Шляхом до щастя)*. Munkák Kárpátalja történelméből. Kárpáti Kiadó, Ungvár, pp. 53–54.
99. MOLNÁR J. 2009: *Vízrajzi adottságok*. In: BARANYI B. (szerk.): *A Kárpát-medence régiói 11. Kárpátalja*. Dialóg Campus Kiadó, Pécs–Budapest, p. 135.
100. MOLNÁR J. – GÖNCZY S. – SÁNDOR A. 2003: *Csúcsárvízi összegyülekezési 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 idősoráiban*. *Légekör*, 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. – KUČSINKA 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 (Ґрунтознавство)*. 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. – PRIHOGYKO, M. (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. Utánnyomás: 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 klímamodell (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: *Időjárési események és elemi csapások Magyarországon 1801–1900-ig*. II. kötet. OMSZ, Budapest.
120. RUSCSAK, M. – PAGYAK, V. (РУЦАК М.Ю. – ПАДЯК В.І.) 2004: *A gazdálkodás rendszere a Kárpátaljai területen 1991–2004 években (Система хозяйствования в Закарпатской області 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, kapcsolatuk 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. Györffy 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 (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. – КРАЇЛО М.) 2001: *Zöld hegyek gyermekei vagyunk (Mu òimu gip zelenux)*. Oblstat Kiadó, Ungvár–Huszt, p. 4.
133. SZVIRIDENKO, V. (szerk.) (СВИРИДЕНКО В.Є. ред.) 2007: *Erdőgazdálkodás. (Лісівництво)*. Előadások. Tankönyv. „Aristei” kiadó, Kijev, p. 31.
134. TOMPA K. (szerk.) 1975: *Erdészeti alapismeretek*. Mezőgazdasági kiadó, Budapest, p. 89.
135. TÓTH 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 katasztrófális jelenségek elkerülése érdekében

(Заключення наукової комісії по вивченню причин наводку 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 наводків у листопаді 1998 та березні 2001 років у Закарпатській області). NAN Ukrajini, Kijev, 2001.
138. ТУПІЦЯ, J. – ПЕТРОВ, А. – СЗИНЯКЕВИЧ, I. (Тупиця 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 AKADEMIÁJA: *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 (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.
150. VÁGÁS I. 1991: *Széchenyi szerepe a Tisza szabályozásában*. Vízügyi Közlemények 1991, 3–4. füzet, p. 230–233.
151. VÁGÁS I. 1999/a: *A Tisza 1998. novemberi, balparti mellékfolyói hatását nélkülöző rendkívüli árhulláma*. Hidrológiai Közlöny, 1999. 1. szám, pp. 53–56
152. VÁGÁS I. 1999/b: *Mi a magyar tudomány szerepe az árvíz elleni védekezésben?* Magyar Tudomány 1999. 1. szám, pp. 86–89.
153. VÁGÁS I. (*elemzés a várható szegedi árvízvédelmi szintekre vonatkozóan*) 2011. In: KOVÁTS G. – KOVÁTS Zs.: *Valószínűsíthető maximális árvízszintek szeged belvárosában*. A Magyar Hidrológiai Társaság XXIX. Országos Vándorgyűlése. 2011. július 6–8. Eger.
154. VÁRI-FÁBIÁN L. 2009: *A tenger nevében. Fecskehajtó idő*. Masszi Kiadó. Budapest, p. 26.
155. VÁRNAINÉ PONGRÁCZ M. 1984: *Beavatkozások a Tisza vízrendszeréhez tartozó folyóink külföldi vízgyűjtőjén*. Vízügyi Közlemények 1984, 4. füzet, pp. 635–653.
156. VASZJUTA, SZ. (ВАСЮТА С.І.) 1991: *Erdőfelhasználás az Ukrán Kárpátokban (Лісокористування в Українських Карпатах: етапи, тенденції, перспективи)*. In: *Ukrajna történeti földrajzának problémái*. Tudományos munkák gyűjteménye (*Проблеми історичної географії України*. Збірник наукових праць). „Naukova dumka” kiadó, Kijev, pp. 106–112.
157. VERMES L. (szerk.) 2001: *Vízgazdálkodás mezőgazdasági, kertész-, tájépítész-, és erdőmérnök hallgatók részére*. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 395 p.
158. ZASZTAVECKA, O. – ZASZTAVECKIJ, B. – GYITCSUK, I. – TKACS, D. (ЗАСТАВЕЦЬКА, О. В. – ЗАСТАВЕЦЬКИЙ, Б. І. – ДІТЧУК, І. Л. – ТКАЧ, Д. В.) 1996: *A Kárpáton túli terület földrajza (Географія Закарпатської області)*. „Pidrucsniki & poszibniki” kiadó, Ternopil, pp. 25–27.
159. ZASZTAVNIJ, F. 2004: *Ukrajna természeti földrajza*. Tankönyv a középiskolák számára. „Szvít” kiadó, Lviv, p. 18.
160. ZORKÓCZY Z. – KÁROLYI Z. 1985: *Folyó és tószabályozás*. Tankönyvkiadó, Budapest, p. 230.

Ábrák jegyzéke

<i>Az ábra címe</i>	<i>Oldal</i>
1. ábra: A Felső-Tisza vízgyűjtőjének vízrajzi térképrészlete	33
2. ábra: A Tisza esésgörbéje a Fekete-Tisza forrásától Tiszaújlakig	34
3. ábra: A Tisza kiöntésének gyakorisága (esetek száma) a tiszaujlaki hullámtérre 1970–2009 között	46
4. ábra: A Tisza kiöntésének gyakorisága (esetek száma) a tiszaujlaki hullámtérre 1970–2001 között	47
5. ábra: Árvizek előfordulása havi bontásban 1970–2009 között	47
6. ábra: A csapadékmennyiség változása Rahón 1970–2009 között március hónapokban	48
7. ábra: A csapadékmennyiség változása Rahón 1970–2009 között december hónapokban	48
8. ábra: A hullámtér vízzel való borítottsága (napok száma) Tiszaújlaknál az árvizek idején 1970–2009 között.....	49
9. ábra: A hullámtér vízzel való borítottsága (napok száma) Tiszaújlaknál az árvizek idején 1970–2001 között	50
10. ábra: Sokévi átlagos középhőmérsékletek Beregszászban 1970–2009 között	53
11. ábra: Sokévi átlagos középhőmérsékletek Rahón 1970–2009 között	53
12. ábra: Az évi abszolút maximum hőmérsékletek Beregszászban 1970 és 2009 között	54
13. ábra: Az évi abszolút maximum hőmérsékletek Rahón 1970 és 2009 között.....	55
14. ábra: Az évi abszolút minimum hőmérsékletek Beregszászban 1970–2009 között..	55
15. ábra: Az évi abszolút minimum hőmérsékletek Rahón 1970–2009 között.....	56
16. ábra: Évi abszolút hőingás Beregszászban 1970–2009 között.....	57
17. ábra: Évi abszolút hőingás Rahón 1970–2009 között	57
18. ábra: A beregszászi, ungvári és rahói évi középhőmérsékletek alakulása az 1970–2009-es időszakban.....	58
19. ábra: A beregszászi, ungvári és rahói évi középhőmérsékletek alakulása	

<i>az 1970–2009-es időszakban</i>	59
20. <i>ábra: Az évi csapadékmennyiség változása Beregszászban 1970–2009 között</i>	60
21. <i>ábra: Az évi csapadékmennyiség változása Rahón 1970–2009 között</i>	61
22. <i>ábra: A csapadék 40 mm/nap fölötti értékeinek változása Rahón 1970–2009 között</i>	62
23. <i>ábra: A csapadék 40 mm/nap fölötti értékeinek előfordulása Rahón 1970–2009 között</i>	63
24. <i>ábra: A Felső-Tisza vízgyűjtőterületének lefolyási időtérképe a nagyszőlősi híd szelvényéhez</i>	66
25. <i>ábra: Letarolt domboldalak Körösmező környékén (Rahói járás)</i>	75
26. <i>ábra: A fő állományalkotó fafajok részarányának változása Kárpátalján</i>	78
27. <i>ábra: Kárpátalja földterületének szerkezete 1988-ban</i>	79
28. <i>ábra: Kárpátalja földterületének szerkezete a 2009-ben</i>	80
29. <i>ábra: Erdőirtási foltok Körösmező környékén (Rahói járás)</i>	81
30. <i>ábra: Kárpátalja erdőszültségének változása 1870-től napjainkig</i>	87
31. <i>ábra: A talaj kimosódása által megsérült úttest a Talabor völgyében, a Talabori víztározó mellett (Huszi járás)</i>	89
32. <i>ábra: Iszap-felhalmozódás a Tisza hullámterén Tiszabökénynél (Nagyszőlősi járás)</i>	90
33. <i>ábra: Iszapszámok a Borzsa hullámteréről (Mezővári, Beregszászi járás)</i>	92
34. <i>ábra: Uszadékok és erodálódó partszakasz Tiszabökénynél (Nagyszőlősi járás)</i>	93
35. <i>ábra: Feltorlódott famaradványok a Borzsa-folyó medrében Mezővárinál (Beregszászi járás)</i>	94
36. <i>ábra: A Kárpát-medence északkeleti részének állandóan vagy időszakosan vízzel borított területei</i>	95

Táblázatok jegyzéke

<i>A táblázat címe</i>	<i>Oldal</i>
1. táblázat: Kárpátalja vízkészletei és vízháztartása.....	31
2. táblázat: Kárpátalja fő folyóinak vízháztartási mérlege	32
3. táblázat: Nemzeti parkok és védett bioszférák száma és területe Kárpátalján.....	39
4. táblázat: Kárpátalja által elfoglalt hely Ukrajna megyéi között	39
5. táblázat: Kárpátalja részaránya (%) Ukrajna gazdaságában	40
6. táblázat: Kárpátalja földterületének szerkezete (ezer h	41
7. táblázat: A mezőgazdasági földek megoszlása (ezer ha).....	41
8. táblázat: Az állatállomány száma Kárpátalján (ezer db).....	42
9. táblázat: A fák koronáin keresztül átjutó csapadékmennyiség a vegetációs időszakban (%).....	74
10. táblázat: Az erdővel borított területek részarányának változása az összterülethez viszonyítva 1870–2000 között (%-ban)	79
11. táblázat: Kárpátalja földterületi szerkezetének változása 1988–2009 között (ezer ha)	81
12. táblázat: Erdőkihasználás és erdőfelújítás Kárpátalján 1970–2009 között (ezer ha)	82
13. táblázat: Erdővel borított területek részaránya, az összterülethez viszonyítva (%)	83
14. táblázat: Az erdőgazdaságokban elvégzett munka nagysága 1970–2009 között (ezer hektár).....	83
15. táblázat: Fakitermelés az erdőgazdaságokban 1990–2009 között (ezer m ³).....	84
16. táblázat: Az erdőtüzek száma Kárpátalja erdeiben 1990–2009 között.....	84
17. táblázat: Települések ellátottsága földgázzal Kárpátalján 1990–2009 között	85
18. táblázat: Fakészletezés Kárpátalján 1995–2009 között (ezer m ³).....	85
19. táblázat: A 2001–2002 évi terepbejárások során észlelt erdőirtások nagysága...	86
20. táblázat: Mederbeli felhalmozódások a Tisza és mellékfolyóin, Kárpátalján.....	91

21. táblázat: Hordalékszállítás a kárpátaljai folyókon	91
22. táblázat: Állandóan vagy időszakosan vízzel borított területek Kárpátalján.....	97
23. táblázat: A lakosságszám növekedése Kárpátalján 1947–2009 között	99
24. táblázat: Kárpátalja településeinek száma 1980–2009 között	100
25. táblázat: Kárpátalja beépített területei (ezer ha) 1988–2009 között.	101
26. táblázat: Közlekedési utak hossza Kárpátalján 1970–2009 között	102
27. táblázat: A vasút hossza Kárpátalján 1970–2009 között	102

Térképek jegyzéke

<i>A térkép címe</i>	<i>Oldal</i>
1. térkép: Kárpátalja elhelyezkedése Ukrajna területén	23
2. térkép: Kárpátalja domborzati egységei.....	27
3. térkép: Kárpátalja éghajlata.....	30
4. térkép: Kárpátalja fő talajtípusai.....	36
5. térkép: Kárpátalja erdővel borított területe	37
6. térkép: Tiszaújlak földrajzi elhelyezkedése Kárpátalján.....	45
7. térkép: Ungvár, Beregszász és Rahó földrajzi elhelyezkedése Kárpátalján	52
8. térkép: Kárpátalja települései.....	100
9. térkép: Kárpátalja települései által elfoglalt terület	101
10. térkép: Az árhullám-keltő természeti tényezők térszerkezete Kárpátalján.....	111
11. térkép: Az árhullám-keltő antropogén tényezők térszerkezete Kárpátalján	112
12. térkép: Az árhullám-keltő technogén tényezők térszerkezete Kárpátalján.....	113

Mellékletek jegyzéke

<i>A melléklet címe</i>	<i>Oldal</i>
<i>1. melléklet: A Tisza kiöntései a hullámtérre 1970–2009 között Tiszaújlaknál.....</i>	<i>138</i>
<i>2. melléklet: Havi hőmérsékletátlagok Beregszászban 1970–2009 között (°C).....</i>	<i>139</i>
<i>3. melléklet: Havi hőmérsékletátlagok Rahón 1970–2009 között (°C)</i>	<i>140</i>
<i>4. melléklet: Havi csapadékátlagok Beregszászban 1970–2009 között (mm).....</i>	<i>141</i>
<i>5. melléklet: Havi csapadékátlagok Rahón 1970–2009 között (mm).....</i>	<i>142</i>
<i>6. melléklet: A csapadék 40 mm/nap fölötti értékei Rahón 1970–2009 között.....</i>	<i>143</i>

MELLÉKLETEK

1. melléklet: 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 adattára, 2011.
Szerkesztette Izsák T.

2. melléklet: 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
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: BEREGSZÁSZI METEOROLÓGIAI ÁLLOMÁS adattára, 2010; Szerkesztette Izsák T.

3. melléklet: 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
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 adattára, 2010;
Szerkesztette Izsák T.

4. melléklet: 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
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: BEREGSZÁSZI METEOROLÓGIAI ÁLLOMÁS adattára, 2010; Szerkesztette Izsák T.

5. melléklet: Havi csapadékátlagok 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
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;
Szerkesztette Izsák T.

6. melléklet: A csapadék 40 mm/nap fölötti értékei Rahón 1970–2009 között.

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

Forrás: KÁRPÁTALJAI MEGYEI HIDROMETEOROLÓGIAI KÖZPONT adattára, 2011;
Szerkesztette Izsák T.