

HORVÁTH ÁKOS–NAGY ATTILA–SIMON ANDRÉ

# A dunai árvíz időjárási háttere

2013 júniusában rendkívüli árhullám vult le a Dunán. Az Országos Vízügyi Szolgálat adatai szerint Nagybjacsnál kb. 34, Komáromnál 44, Budapestnél 31, Bajánál pedig 10 cm-rel mutattak magasabbat a vízmércék a valaha mért legmagasabb értékeknél. Az árvíz okozója a folyó vízgyűjtőjében június első napjaiban lehullott nagy mennyiségű csapadék volt, amelynek intenzitására jellemző, hogy a német-osztrák határ közelében június 2-án reggel 8 óráig a 36 órás csapadékösszeg többfelé elérte a 150 mm-t. Az árvíz kiváltó időjárási helyzetnek ugyancsak megvoltak a meteorológiai sajátosságai, illetve magát a csapadékot okozó ciklont is a globális légköri keringés egyik típusa, az ún. meridionális áramlási típus váltotta ki.

## A csapadékhullás

Az árvíz okozó csapadékos időszak május 30-án kezdődött. Az első periódusban először 30-án napközben Győr és Linz között esett területi átlagban 15–20 mm eső, majd 31-én reggelig újabb 20–25 mm csapadék hullott, ezúttal főleg a felső szakaszra koncentrálódva. A 31-én napközben Bécs és a forrásvidék közötti átlagosan 20 mm körüli eső zárta le az első hullámot.

Az ezt követő 24 órában inkább csak a felső szakaszon hullott jelentősebb mennyiségű eső, igaz a hegyek között néhány

mérőhelyen 100 mm/24 órát meghaladó értékeket is mértek. Ha június 1-én befejeződik, vagy legalábbis az előző napok értékeihez hasonló marad a csapadékhullás, akkor is elindult volna egy árhullám, azonban az a ténylegeshez képest jóval gyengébb lett volna.

A rendkívüli árvíz kialakulását alapvetően a második periódusban leesett csapadékmennyiség váltotta ki, amely június 1-én az esti órákban kezdődött. Június 1-ről 2-ra rendkívül intenzíven kezdett esni, főként Linz és Passau közötti területi átlagban 70 mm közötti csapadék is lehullott 12 óra alatt egy széles sávban (1.a ábra). Az eső folytatódott 2-án is, főként a nap első felében az Inn, az Isar és a Traun vízgyűjtőin újabb 40 mm átlagot produkálva (1.b. ábra). Ez az intenzív csapadékos periódus június 2-án estére véget ért, azonban még több napon keresztül esett kisebb, 5–10 mm eső a térségben.

Össességében a csapadékos időszakban, június 2. 20 óráig Bécs és a forrásvidék között a vízgyűjtőre négy nap alatt átlagosan kb. 90 mm, az osztrák-német határ tengelyében nagy területeken 120 mm csapadék is hullott. A május 30. és június 5. között lehullott teljes csapadékmennyiséget a 2. ábra mutatja.

Az első periódusban lehullott nem kevés eső által már megemelkedett Dunára a második periódusban rázúduló özönvíz-

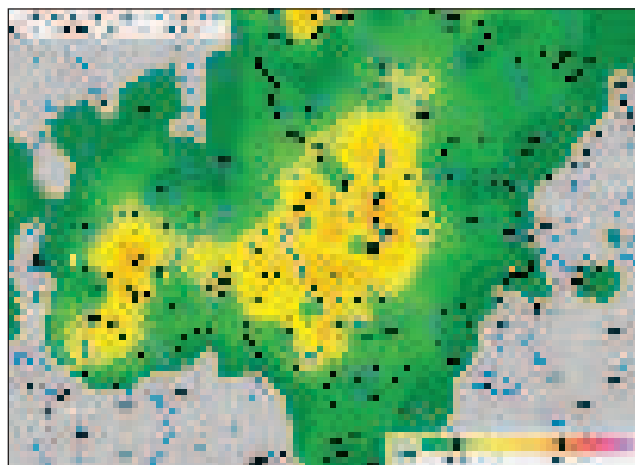
szerű csapadék drámai hatással volt. Főként a felső szakaszon, Passau környékén a Duna azonnal kilépett a medréről és már 3-án meghaladta a valaha mért legmagasabb árvízszintet. Az emelkedés mértékére jellemző, hogy az Inn vízszintje a torkolat közelében 48 óra alatt kb. 6 méterrel lett magasabb.

A csapadék egy ciklon hideg oldalán hullott, a 0 fokos izoterma magassága az előző napokhoz képest kissé csökkent. A magasabb területeken még meglévő hó a ciklon hideg levegőjében számottevően nem olvadt, így az áradásban a hóolvadás nem játszott jelentősebb szerepet.

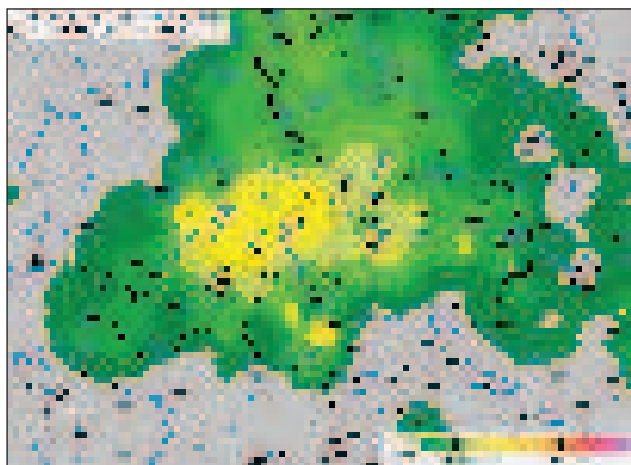
## A csapadékot kiváltó ciklon

A nagy csapadékot kiváltó ciklonnak hosszabb előélete volt. Közép- és Nyugat-Európa fölött egészen a Földközi-tenger medencéjéig lenyúlva már több hete egy alacsony nyomású, hideg léghullám tartózkodott, amely két hét alatt alig mozgott. A léghullám egyike volt a Földet körülvevő áramlási rendszer ún. planetáris hullámainak (3. ábra). A kimélyült, lassan mozgó planetáris hullámokban az alacsony nyomású területeken hosszabb ideig maradnak fenn a csapadékos időjárást okozó ciklonok, míg a magasnyomású területeken a száraz időjárást meghatározó anticiklonok az uralkodók.

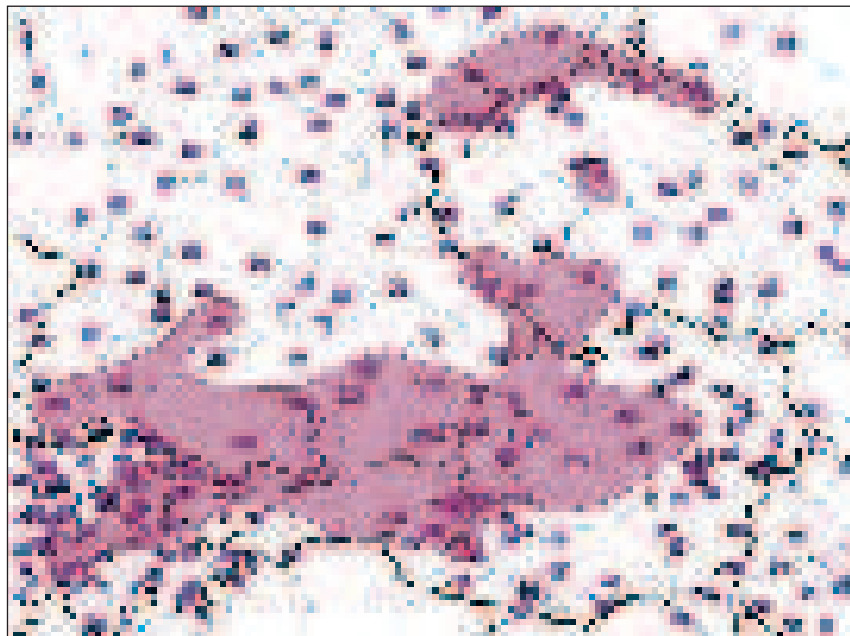
1.a ábra. A meteorológiai állomások által mért, 12 óra alatt lehullott csapadékösszeg 2013. június 2-án, 08 órákor



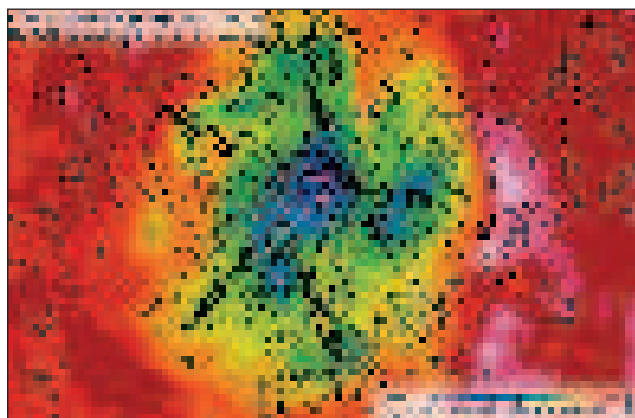
1.b ábra. A meteorológiai állomások által mért, 12 óra alatt lehullott csapadékösszeg 2013. június 2-án, 20 órákor



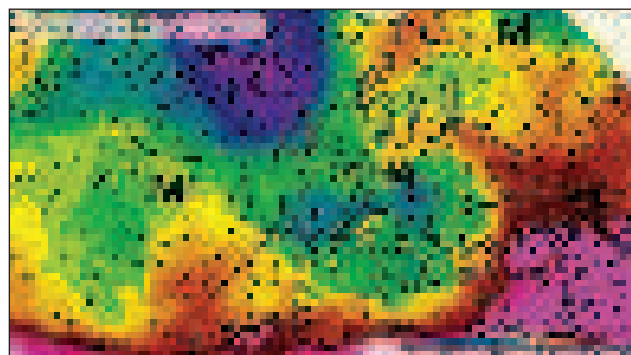
A dunai árvizet közvetlenül kiváltó ciklon egy ilyen, heteken keresztül fennmaradó és nem mozduló planetáris hullám alacsony nyomású részén alakult ki. A ciklon centruma május 31-én Csehország fölött helyezkedett el, a keleti oldalon meleg levegő áramlott Oroszország, a Baltikum és Skandinávia fölé, ott meleg nyári időjárást okozva. A ciklon hátoldalán a hűvös légtömeg francia, német valamint az alpi területeken okozott szokatlanul hideget (4. ábra). (Jellemző, hogy míg Bécsben 13 fok, addig Helsinkiben 27 fok volt a legmagasabb nappali hőmérséklet.) A nagy magasságokban (9000–10 000 m) kanyargó futóáramlások (jet stream) szerkezetét is meghatározta a hosszú ideje pörgő ciklon, az egyik ág éppen a Kárpát-medence fölött egy éles fordulatot téve körbefogta a térséget (5. ábra). A futóáramlás éles fordulója jelentősen hozzájárult ahhoz, hogy az Alpok térségében a magasabb légrétegekben függőleges légmozgások alakuljanak ki, jelentősen hozzájárulva a csapadéképződéshez.



2. ábra. A teljes csapadékos periódus hat napjának (2013. 05. 31. 02 óra – 2013. 06. 06. 02 óra) csapadékösszege; a sátrított terület a 100 mm feletti csapadéokra vonatkozik



3. ábra. A planetáris hullámok eloszlása az északi féltekén 2013. május 31. 12 UTC-kor. (500 hPa nyomási felület magassága és hőmérséklete). Az alacsony nyomású teknő folyamatosan Közép-Európa fölött tartózkodott



4. ábra. 2013. 05. 31. 12 UTC-kor a Közép-Európa fölött tartózkodó ciklon keleti oldalán meleg levegő áramlott a Baltikum és Skandinávia fölé, míg a nyugati részén szokatlanul hideg levegő árasztotta el az Alpok és Nyugat-Európa térségét. (A folytonos vonal a tengerszintű légnyomást a színezés 850 hPa nyomásfelület hőmérsékletét mutatja. Az „A” betű az alacsony nyomású ciklon, az „M” betű a magas nyomású anticiklon középpontját jelöli.)

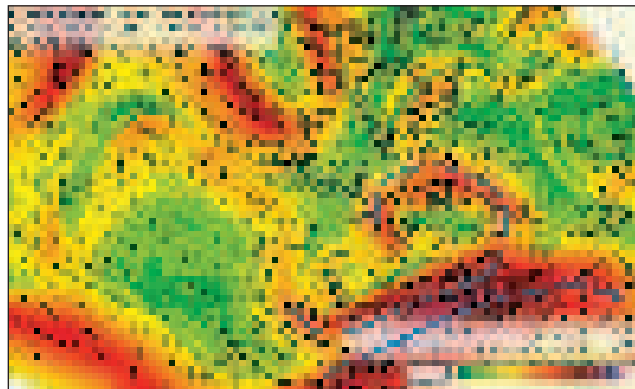
A planetáris hullám alacsony nyomású rendszerében (ún. teknőjében) az összeáramló levegőben meglehetősen sok nedvesség halmozódott fel elsősorban a Földközi-tenger medencéjében. A teknőben hosszabb idő óta újabb és újabb ciklonok alakultak ki, amelyek nem tudtak elmozdulni, így a szokásos hideg- és melegfronti szerkezet helyett spirál alakban felcsavarodó karokba, okklúziós frontokba koncentrált a nedvesség.

Az okklúziós frontok, amelyek sokszor a műholdképeken jól látható ciklonok karjaihoz köthetőek, összeáramlási (konvergencia) vonalaként viselkednek,

nedves szállítószalagokként működnek. Az ilyen nedves szállítószalagok kialakulásánál egyebek között meghatározó szerepe van a ciklon áramlási szerkezetének is. Hasonló a helyzet, mint a hagyományos mosógépbe helyezett törülköző esetén, ahol az örvénylő folyadékban a törülköző rövid idő alatt keskeny, kötélforma alakot vesz fel, azaz a törülköző anyaga „vonalba rendeződik”. A természetben hasonló módon rendeződik sávokba a mosógép szerepét betöltő ciklonban a nedvesség. A koncentráltó nedvességben könnyebben megindul a felhőképződés és a csapadékhullás. A nagy csapadé-

kot okozó ciklonban több ilyen szállítószalag is létrejött.

Az árvízhez hozzájárult az Alpok légtömegemelő hatása is. Az Atlanti-óceán felől érkező nedvesebb légtömegek a hegyek hatására megemelkednek és a csökkenő hőmérsékletű levegőben gyorsan telítette válnak és csapadékot okoznak. A Duna a vizét jelentős részben így kapja. Ezzel szemben a mediterrán ciklonok legtöbbször délnyugatról szállítják a nedvességet és az Alpok déli lábánál okoznak nagyobb csapadékot. Ebben az esetben az Alpok fölött örvénylő hatalmas ciklon szokatlan pályán, északkeleti, ke-



5. ábra. A jet stream helyzete (nyilakkal jelezve a jet tengelye) 2013. június elsején, 00 UTC-kor. (300 hPa nyomási szint magassága és szélviszonyai)

leti irányból hozta a nedvességet az Alpok északkeleti lejtőjéhez. A nedves légtömegek egy hatalmas félkörben mozogva, az Alpok és a Kárpátok vidékét keletről megkerülve érkeztek a Földközi és Fekete-tengerek térségéből.

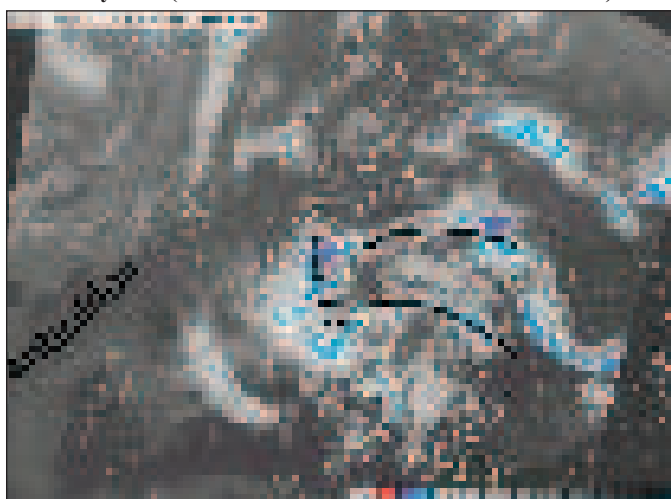
A június 1-én kezdődő rendkívül intenzív csapadékhöz a fentiekén kívül az is hozzájárult, hogy az Atlanti-óceán felől megerősödő anticiklon deformálta a ciklon nyugati oldalát. A nedves szállítószalagok a ciklon északnyugati oldalán összetorlódtak, déli irányba fordultak ahol az Alpok hegyvonulatai valósággal kirázták belőlük a koncentrált nedvességet. A ciklon Alpok és Németország felett elhelyezkedő felhő- és csapadékrendszerét a Meteosat 8 infravörös képe is jól mutatja, hasonlóan a nyugatról erősödő anticiklon felhőmentes területeihez (6. ábra).

A csapadékos periódusnak a ciklon lassú északkeletre mozdulása, illetve feltöltődése vetett véget.

### Tágabb meteorológiai összefüggések

Bár a mostani dunai árvizet egy viszonylag rövid, 36 órás intenzív csapadékos időszak váltotta ki, azonban a feltételek már jóval korábban kialakultak. A március 14-i hóvihár (lásd [http://www.met.hu/ismerettar/erdekessgek\\_tanulmanyok/index.php?id=597&hir=A\\_marcius\\_14-15-i\\_hovihar\\_meteorologiai\\_elemzese](http://www.met.hu/ismerettar/erdekessgek_tanulmanyok/index.php?id=597&hir=A_marcius_14-15-i_hovihar_meteorologiai_elemzese)), majd a hűvös tavasz és a gyakori mediterrán ciklonok végső soron a globális cirkuláció már korábban említett meridionális típusnak

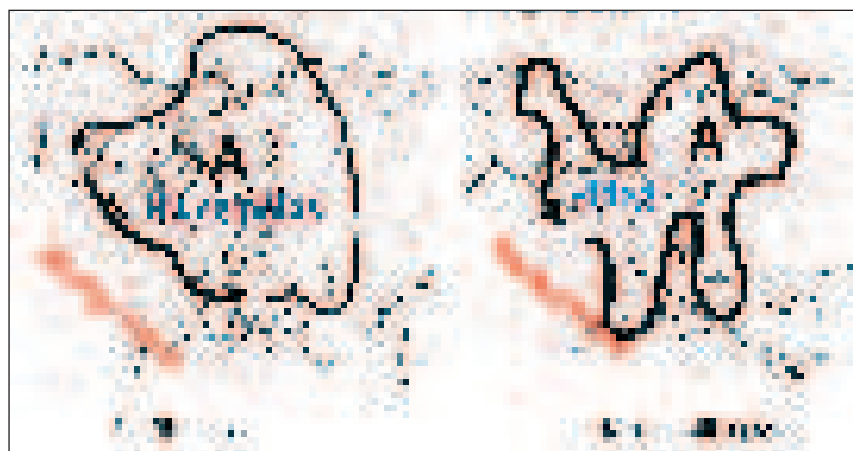
6. ábra. Műholdkép 2013. május 31. 00:10 UTC-kor. A képen látható felhőkarok, illetve nyilak mutatják a nedves szállítószalagok helyzetét. (EUMETSAT IR10.8 mikrométeres felvétele)



a közvetett következményei. A sarki hideg pólust a nyugati szelek öve veszi körül. A pólus hőmérsékletének csökkenésével a pólus körülvevő nyugat-keleti áramlás erőssége növekszik. Az ilyenkor fellépő zonális cirkulációs típusban a mérsékelt övi időjárás kiegyenlítettebb, az óceánok felől télen melegebb, nyáron hűvösebb légtöme-

gek vonulnak a kontinensek belsejébe. Ugyanakkor a zonális áramlás nem kedvez az észak-déli irányú hőcserének, és

amiatt egyre nagyobb lesz az észak-déli irányú hőmérséklet különbség. A hőmérséklet különbség és az emiatt egyre erősebb zonális áramlás miatt instabilitás keletkezik, az áramláson egyre jobban növekvő hullámok keletkeznek. A gyakran lefűződő hullámokban az áramlás meridionálisra válva északról hideget, délről meleget szállít (7. ábra). A zonális és meridionális típus gyakran váltogatja egymást, illetve nem ritka az sem, hogy a hemiszféra egyik részén alapvetően zonális, a másik részén inkább meridionálisnak mondható a cirkuláció. Van olyan közelítés, ahol a cirkulációs típusok számszerűsítésére indexeket vezetnek be. Ilyen Európára alkalmazott paraméter a NAO- (North Atlantic Oscillation) index, amelyet széles körben alkalmaznak. A szélsőséges időjárási események leggyakrabban a meridionális áramlási típushoz köthetők. Ilyen volt a 2002-es dunai



7. ábra. A többnyire kiegyenlítettebb időjárást okozó zonális és a szélsőséges időjárástért leggyakrabban felelős meridionális cirkulációs típusok sematikus ábrái

árvíz, a 2010-es viharciklonok vagy a 2013. márciusi hóvihart kiváltó légörvény. A forró, száraz periódusok sokszor ugyancsak a meridionális cirkulációs típusúhoz köthetők, csak ilyenkor az adott terület a tartósan fennmaradó és nem mozduló hullám magasnyomású területéhez, a déli áramlásokhoz kötődik.

Tény, hogy a kialakult időjárási helyzet, illetve az azt támogató cirkulációs típus bármikor kialakulhat és a múltban is volt erre bőségesen példa. Ugyancsak tény, hogy az utóbbi években megnövekedett a meridionális típus gyakorisága, amely növeli a szélsőségek bekövetkezésének esélyét. ☞