

# **Felső-tiszai valós idejű árvízi üzemirányítás a DIWA-HFMS hidrológiai modellrendszer továbbfejlesztésével**

Lucza Zoltán

## **Felső-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság**

### **I. Előzmények**

A vízgyűjtő domborzatának strukturális jellemzői, az árvíz-hidrológiai és hidrometeorológiai sajátosságai miatt a Felső-Tiszán és mellékfolyóin az év bármely időszakában lehet számítani magas, és heves árhullámokra. A Tisza határszelvényében a vízszintemelkedések 12-36 óra alatt akár elérhetik a védekezés szempontjából kritikus értékeket is, miközben a legkisebb és a legnagyobb vízhozam közötti különbség több mint százszoros is lehet.

A Tisza és mellékfolyóinak ukrán oldali szakaszain történt töltés-megerősítések, és magasítások következtében az extrém felső-tiszai árvizek tetőzési magassága több mint 2 méterrel megnövekedett, másfelől elemeztük a klímaváltozás árvizekre gyakorolt hatását is, mely alapján az valószínűsíthető, hogy a Tisza felső, ukrán hegyvidéki mellékvízfolyásain a villámárvizek gyakoriságának és súlyosságának növekedésével kell számolni.

A térségben tehát a múltban, és a jövőben is együtt kellett, kell élni az árvizekkel, azok akár súlyos következményeivel egyaránt. Ismert, hogy az árvizek elleni leghatékonyabb védekezés a strukturális (pld. árcsökkentő tározók igénybevétele) és nem-strukturális (pld. jól szervezett polgári védelem) eszközök együttes, a helyzethez arányos alkalmazása. Ahhoz azonban, hogy ezek valóban hatékonyak legyenek, az árhullám kritikus szintek elérését megelőzően megfelelően hosszú időelőnyre van szükség, amelyet azonban csakis megbízható hidrológiai előrejelző rendszerek képesek produkálni.

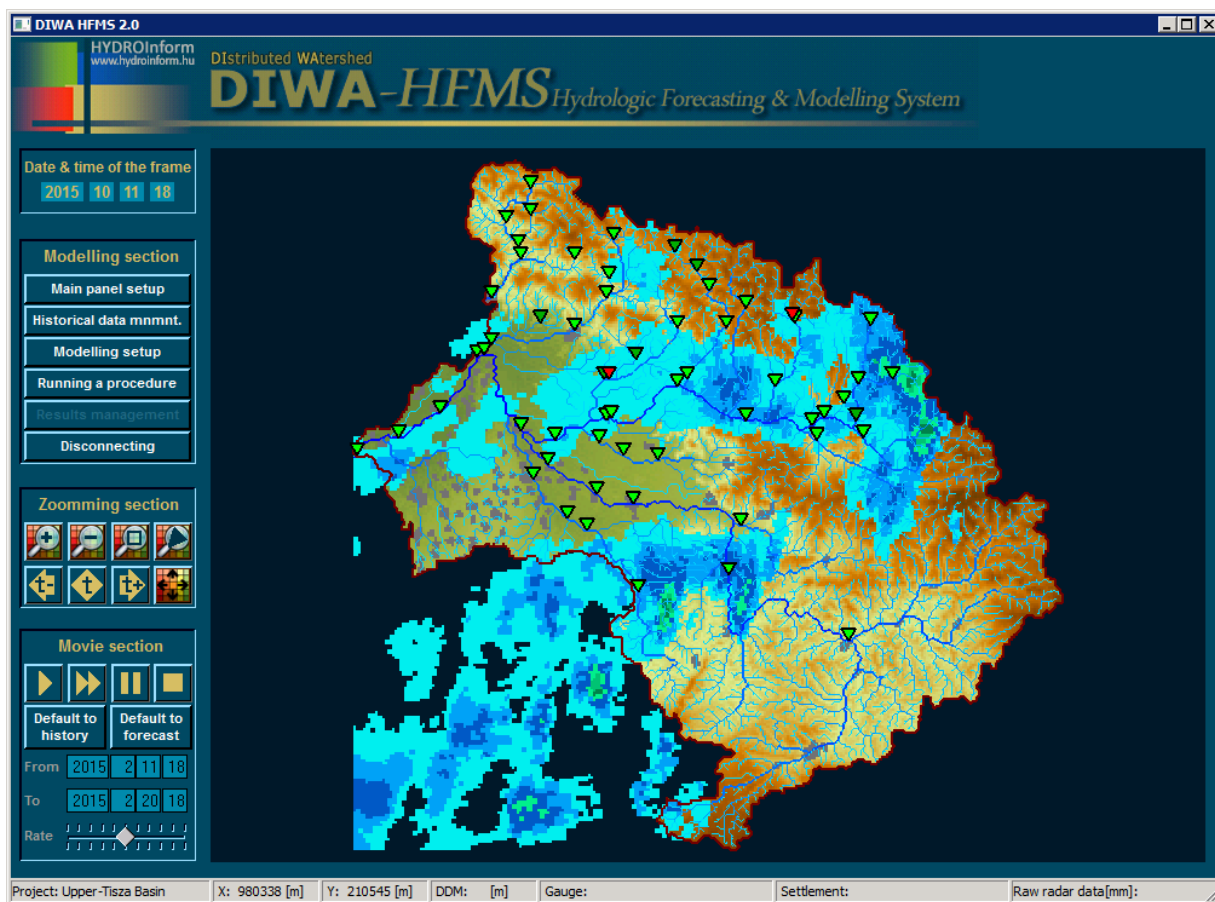
Korunk kihívásait megértve, a FETIVIZIG közösen ukrán partnerintézményeivel (Tiszai Vízgyűjtő-gazdálkodási Igazgatóság és Kárpátaljai Hidrometeorológiai Szolgálat) a Magyarország–Szlovákia–Románia–Ukrajna ENPI Határon Átnyúló Együttműködési Program keretében nemzetközi, vízgyűjtő szintű hidrológiai előrejelző rendszert alakított ki. A közös üzemeltetésű, DIWA Hidrológiai Előrejelző és Modellező Rendszert a HYDROInform Bt. fejlesztette ki a magyar és ukrán Fél számára.

Napjainkban a hatékony regionális vízgazdálkodás megteremtésének igénye, fontossága világszerte felértékelődött. Az utóbbi évtizedekben – párhuzamosan az informatika fejlődésével – a korszerű hidrológiai előrejelző rendszerek módszertani eszköztára jelentős, ugrásszerű fejlődésen ment keresztül. Az automata mérőhálózatok megjelenése egészen új távlatokat nyitott a hidrológiai előrejelző és modellező rendszerek alkalmazásában.

A műholdfelvételek alapján igen pontos képet kaphatunk a földfelszint burkoló növénytakaró sűrűségéről, állapotáról, a hóborítottságról, a vízgyűjtő szerkezetéről. A meteorológiai radarok megadják a csapadék intenzitásának területi változékonyságát. Ezek a térinformatikai adatok, információk alkotják a korszerű előrejelző rendszerek bemenő adatait. Az ilyen modelleket nevezzük térinformatikai alapú hidrológiai modelleknek.

## II. A kifejlesztett programrendszer képességei, szolgáltatásai

Ez az előrejelző rendszer voltaképpen egy korszerű, térinformatikai alapú, hidrológiai modell. A vízgyűjtő összes lefolyást befolyásoló tényezőjét (domborzat, lejtés, talaj, erdősültség) és paraméterét (vízállás, csapadék, léghőmérséklet) képes elemezni és előrejelezni.



1. ábra: A projekt célterülete, a kifejlesztett (DIWA-HFMS) program nyitó panelje

Az interaktív grafikával ellátott felhasználóbarát rendszert alapvetően kétféleképpen lehet használni: előrejelző és modellező üzemmódokban. Előrejelző üzemmódban folyamatosan – óránkénti adatfrissítéssel – készít 6 npra előre hidrológiai előrejelzéseket. A folyók várható vízállása, vízhozama, a részvízgyűjtők várható csapadéka és hóvízkészlete is 6 npra előre jelezhető.

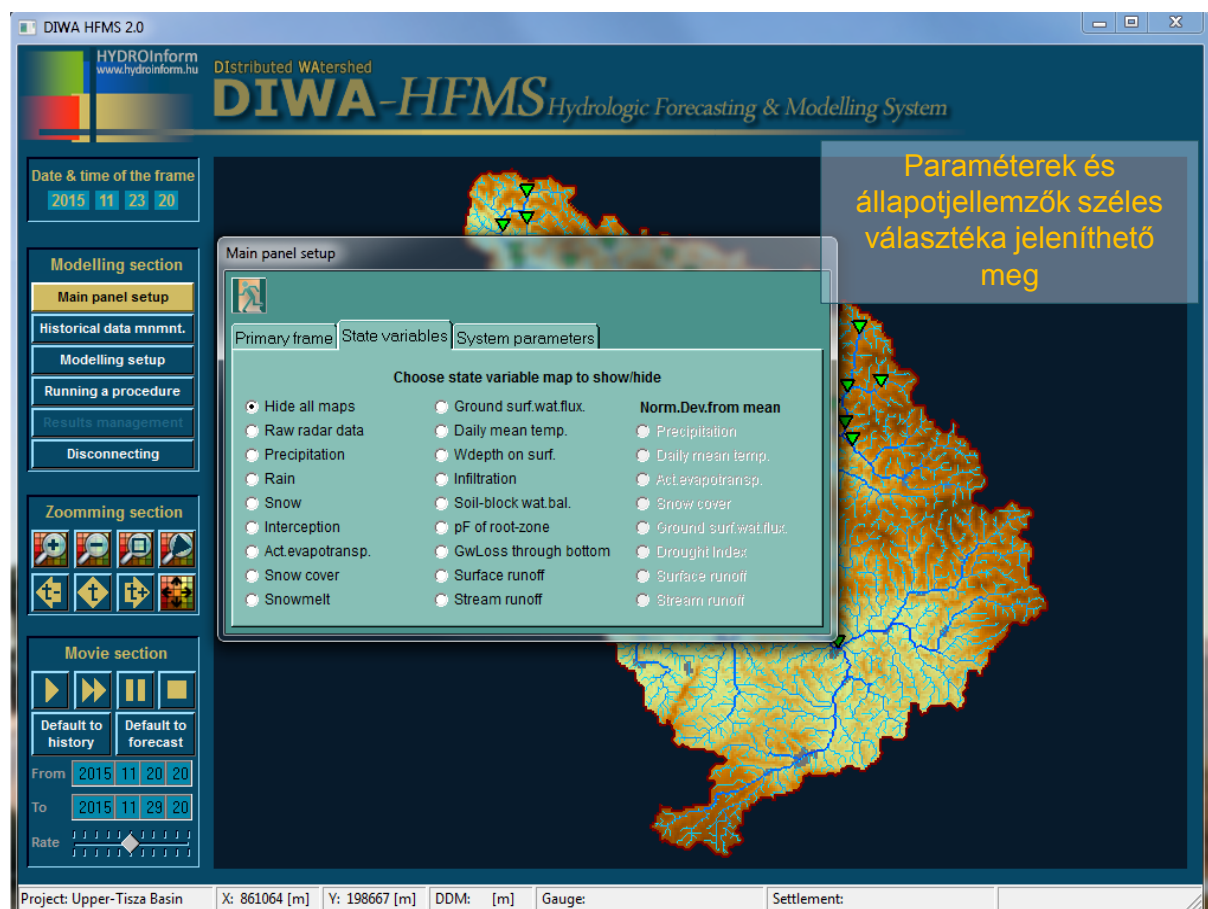
Európai viszonylatban is egyedülálló módon, a rendszer a nagy teljesítményű szerveren teljesen automatikusan, az év minden napján, minden órában lefut. A hidrológusok feladata az óránkénti modellfuttatások értékelése, szükség esetén az érintett szervezetek riasztása, tájékoztatók összeállítása.

A DIWA-HFMS programot alapvetően két féle képen lehet használni: előrejelző, és modellező üzemmódokban.

- Az előrejelző üzemmódban a program egy beépített, szigorú protokollnak megfelelően időkritikusan hajtja végre a protokoll szerinti feladatait, amelyeket folyamatosan naplóz. A protokoll egy óras előrejelzési periodicitásra lett beállítva úgy, hogy minden órai

előrejelzés előtt folyamatosan figyeli a rendszert kiszolgáló külső adatbázisokat, az ott elérhető új adatokat átveszi, elemzi, előkészíti, majd ha eljön az előrejelzési számítások ideje, az előrejelző matematikai modul rendelkezésére bocsátja. Ezalatt a rendszer felügyelő szakértő grafikus paneleken keresztül folyamatosan nyomon követheti az adatokat, avagy a megelőző adatokat is, az esetleges hibaüzeneteket, és ha kell beavatkozik.

- A modellező üzemmódban a fent említett időkritikus feladatokat nem lehet aktivizálni. Ebben az üzemmódban a szakértő felhasználó képes bármilyen alternatív előrejelzés kialakítására azáltal, hogy az épen aktuális előrejelzés peremi (csapadék, léghő), esetleg kezdeti (tározók üzemeltetési adatai) feltételeit megváltoztatja. Ugyan itt lehetőség van még valamely korábbi (akár több évvel) adatokon tetszőleges céllal hidrológiai szimulációkat végezni.



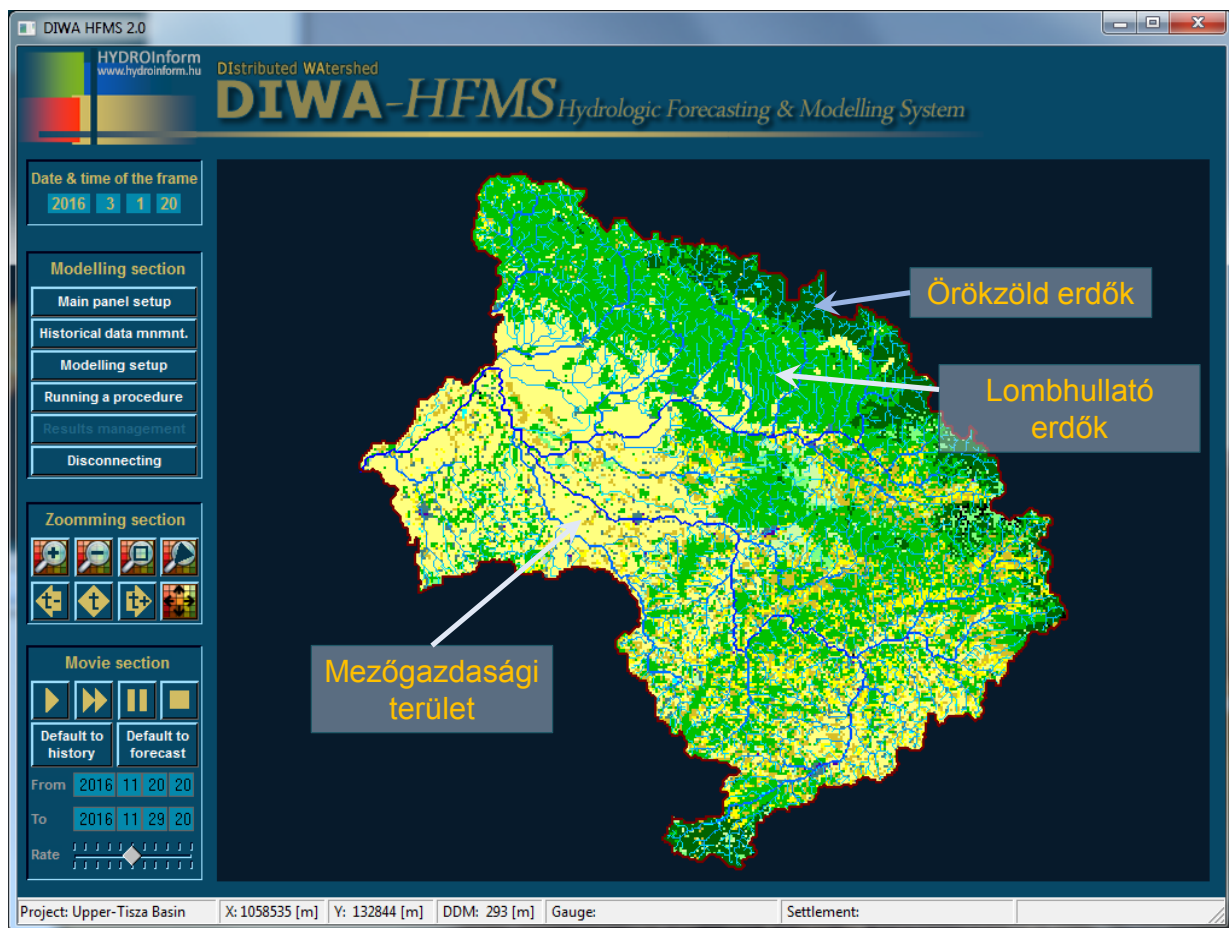
3. ábra A DIWA-HFMS fő panelje

A program további lényeges jellemzői:

- Az osztott szemléletnek köszönhetően a programmal képesek vagyunk a vízgyűjtő vízhalozatán bármely kiszemelt pontra, vagy a pont feletti részvízgyűjtőre számítások (előrejelzések) során azokra adatokat származtatni. Ezen adatok listája meglehetősen hosszú, és általuk hasznos információhoz juthatnak a terület szakértői, a védekezést irányítók. Ezen pontok/részvízgyűjtők kezelését (aktivizálás, de-aktivizálás), a lekérdezni kívánt adatok beállítását teljesen interaktív körülmények között oldhatjuk meg, és amint a

felhasználó azt beállítja, a rendszer már legközelebbi előrejelzési órától figyelembe is veszi.

- A rendszer mérőhálózatának (hidrometriai, meteorológiai állomások, tározók) módosításához nem kell újraprogramozni a rendszert. Mindössze annyit kell tenni, hogy a rendszer állomástábláját az előírtaknak megfelelően kiegészítjük, javítjuk, avagy valamely mérőpontját töröljük, és a DIWA-HFMS a következő előrejelzési ciklusban már az új állomáshálózattal dolgozik.
- A rendszer felhasználja az összes elérhető hazai, illetve külföldi adatot, legyen az távmért vagy észlelt adat. A modell felhasználja továbbá a meteorológiai radar adatokat, melyeket földi csapadék adatokkal kompozitálunk illetve figyelembe veszi az OMSZ által 6 napra kiadott csapadék- és léghőmérsékleti előrejelzéseket. A rendszer tulajdonképpen egy vízgyűjtő szintű vízrajzi adatbázis.



4. ábra A rendszer műholdas felszínborítottsági adatok alapján készíti el a területhasználati jellemzőket

#### A tájékoztatási lehetőségek:

A fentiekben már érintettek szerint a DIWA-HFMS számítási (előrejelzési) adatait számos paraméterre és tetszőleges helyre/részvízgyűjtőre lehet lekérdezni, grafikusan megtekinteni. Ezek közül azonban csak néhány, a közérdeklődésre leginkább számot tartó információkat,

adatokat, ábrákat juttatjuk el a tájékoztatási rendszer felé. A megjelenítés szerint ezek lehetnek idősoros, és térképi adatok.

- *Az idősoros adatok* közös szabálya, hogy azok a jelen időt megelőző 3, és a jövő 6 napjainak 9 napos időszakának adatait ábrázolják. A peremfeltételi adatokat (csapadék, léghőmérséklet, hóban tárolt vízkészlet) oszlopdiagram formájában, a vízállásadatokat pedig vonalasan ábrázoljuk. A vízállás-előrejelzés grafikonját kiegészítjük az előrejelzés megbízhatóságát jellemző sávval, továbbá az ábrán feltüntetjük az adott mérce-szelvényre vonatkozó készülségi szinteket, a minden idők legnagyobb vízszintjét is. A rendszer készít egy úgynevezett "zéró" előrejelzést is, amelyet szintén feltüntetünk az ábrán. A zéró előrejelzés valójában azt a feltételezést tükrözi, mintha az elkövetkező 6 napban nem lenne csapadék.
- *A térképi adatok* valójában szintén idősorok megjelenítése, csak nem skaláris, hanem területi jellegű adatok idősorai. Ezen adatokat a tájékoztatási rendszerben (és a DIWA-HFMS programban is) az úgynevezett "hurokfilm" ábrázolással tudjuk szemléletessé tenni. A térképi adatok időintervalluma az idősoros adatokhoz hasonlóan a jelen időt megelőző 3, és a jövő 6 napjainak 9 napos időszaka. A megjelenített adatok (paraméterek) a csapadék kivételével napi értelműek, a csapadék időléptéke pedig 1 óra.

### **III. A DIWA-HFMS hidrológiai modellrendszer üzemirányítási fejlesztéseinek összefoglalása**

„AZ ÜZEMIRÁNYÍTÁSI ÉS MONITORING HÁLÓZAT FEJLESZTÉSE” című KEHOP-1.4.0-15-2016-00016 projekt Megvalósíthatósági tanulmányának 6.1.3 Az árvízi tározók összehangolt előrejelzési hatáselemzési hidrológiai- hidraulikai modellezési rendszerének kidolgozása című pontja a Hidrológiai, csapadék-lefolyás modell fejlesztéséhez kapcsolódóan az alábbiakat tartalmazza:

*„Felső-Tiszán működő, Felső-Tisza (ukrán és román rész is), Túr, Szamos, Kraszna folyók, óras adatfrissítésű 6 napra vonatkozó, osztott paraméterű folyamatos hidrológiai előrejelző rendszerébe be kell építeni az árapasztó tározókat. Tekintettel arra, hogy a Felső-Tiszán rendkívüli hidrometeorológiai helyzet esetén az árapasztó tározók nyitásának előkészítésére mindössze 1-2 nap fog rendelkezésre állni, az üzemirányítási rendszert össze kell kapcsolni a meglévő hidrológiai előrejelző rendszerrel és azt az érintett Vízügyi Igazgatóságnak napi szinten üzemeltetnie kell (üzemirányítási központ).”*

#### **III.1. A fejlesztéssel kapcsolatos elvárások**

A fejlesztés alapvető célja igen egyszerűen meghatározható volt: A FETIVIZIG és Ukrán partnereinél működő DIWA-HFMS hidrológiai előrejelző és modellező rendszert olyan irányba kellett továbbfejleszteni, hogy az képes legyen a partnerek által felügyelt vízgyűjtőn, célterületen (ez a FETIVIZIG működési területe) minden, a természetes lefolyást módosító árvédelmi beavatkozás hatását elemezni, optimális üzemét valós időben meghatározni. Itt két tényezőt kiemelt hangsúlyként kezelünk:

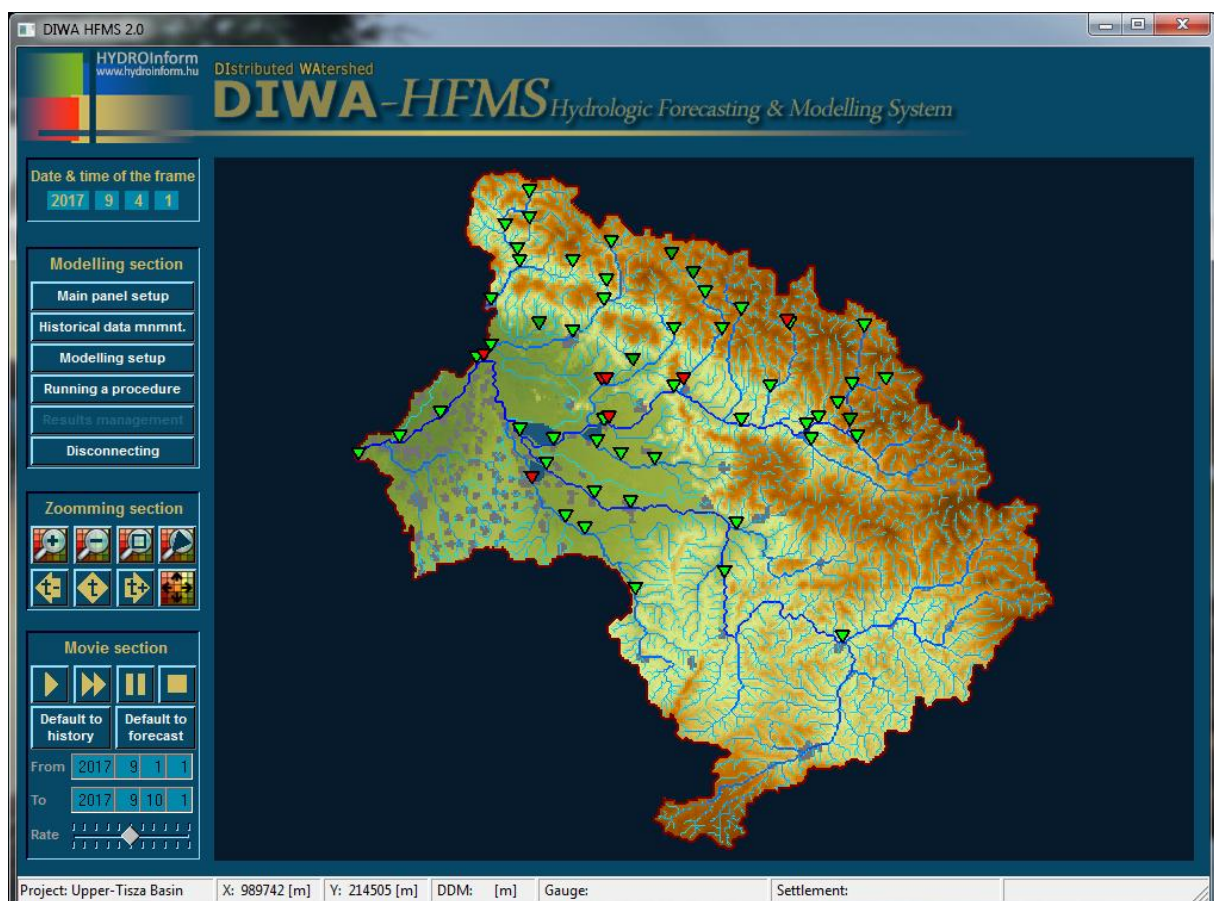
- a) "A természetes lefolyást módosító árvédelmi beavatkozás", amely alatt minden olyan vízkormányzást értünk, amely alkalmas a kritikus árhullámok csökkentésére. Ezek lehetnek:

- szabályozott/ön szabályozott völgyzárógátás tározók;
- szabályozott/ön szabályozott síkvidéki tározók;
- szükség tározók;
- átvezetések.

b) "Az optimális üzem valós időben történő meghatározása", amely elvárás azt fejezi ki, hogy az optimális/alternatív szabályozást mindenkor az aktuálisan levonuló árhullám karakterisztikáihoz (jellemzőihez) kell értelmezni, amelyről elvárjuk, hogy az a védelmi rendszer beavatkozási idején belül kivitelezhető legyen. Vagyis, olyan hidrinformatikai rendszert kell kiépíteni és integrálni a meglévő DIWA-HFMS-be, amely képes az aktuális, konkrétan levonuló (mondjuk 2 napon belül tetőző) árhullámokhoz a "legkedvezőbb" üzemirányítási stratégiát kialakítani, és annak hatásait elemezni.

### III.2. A fejlesztés pillérei

A tervezett, az III.1) alatt megfogalmazott elvárásoknak megfelelő rendszerfejlesztés alapvetően két síkon lett végrehajtva: 1 - az előrejelzés hatékonyságát fokozó adatfrissítések, aktualizálások, valamint, 2 - az optimális üzemirányítást támogató hidrinformatikai rendszer fejlesztése.



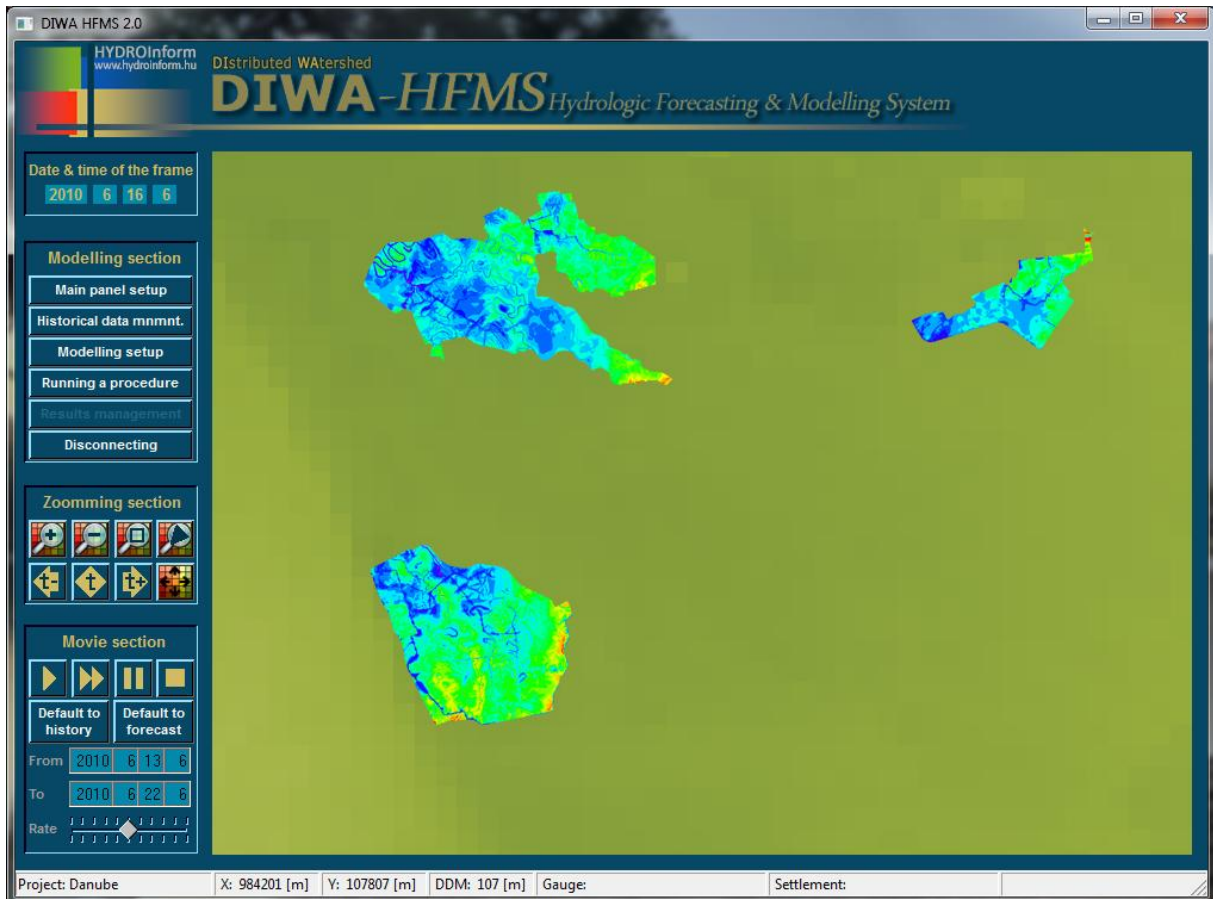
5. ábra A DIWA-HFMS modellrendszer nyitópanelje a beépített Felső-tiszai (Beregi, Szamos-Kraszna közti és a tervezett Tisza-Túr) árapasztó tározókkal

a) Az előrejelzés hatékonyságát fokozandóan feltétlenül aktualizálnunk kellett a DIWA-HFMS térinformatikai adatbázisát, a digitális vízgyűjtőmodellt. Erre azért volt szükség, mert a FETIVIZIG, és partnerei részére korábban kifejlesztett DIWA-HFMS rendszerbe

az akkor elérhető legfrissebb (2006-os) távérzékelte adatok lettek beépítve, amely azóta az EU központi kutatóintézete (JRC) által már revideálásra kerültek (2017-ben). Ezért első lépésben ezek megújítása lett elvégezve. Ez a csere konkrétan érintette: a domborzat, a felszínborítottság (növényzet, úthálózat települések, stb.), a vegetáció havi közepes sűrűségének eloszlásait. Ezzel az adatfrissítéssel a hidrológiai rendszerünk digitális vízgyűjtőmodellje közelebb került napjaink realitásához, a "valós világ" adataihoz.

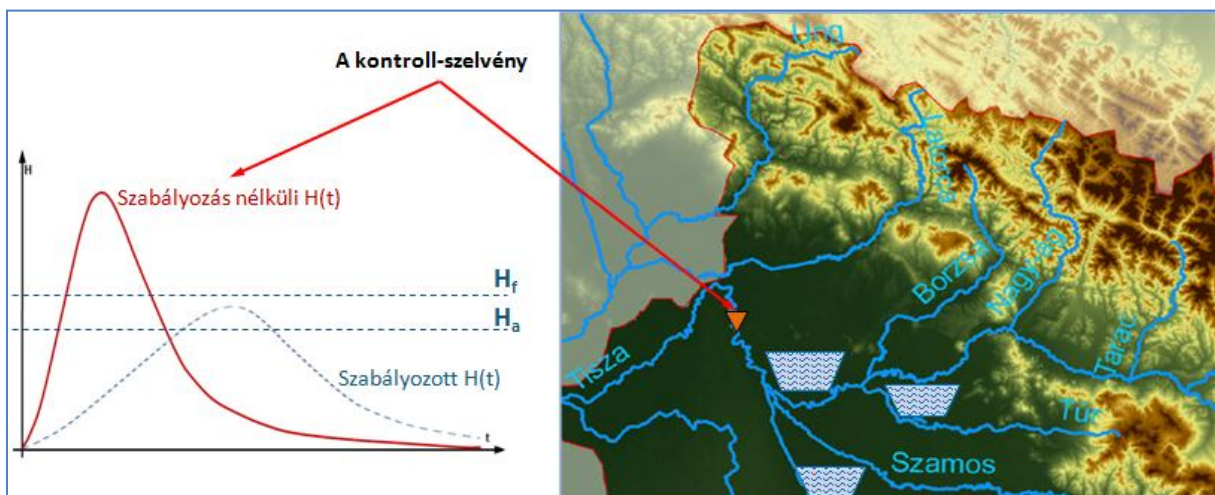
b) Az optimális üzem valós időben történő meghatározása tekintetében az alábbi fejlesztésekre volt szükség:

- Elsőként, módosításra került a meglévő DIWA-HFMS rendszer, hogy képes legyen a tetszőleges számú és helyű hegyvidéki/síkvidéki tározó, avagy szükségeltározó fogadására úgy, hogy azt a felhasználók a rendszerfejlesztők (HYDROInform szakemberei) segítségével nélkül magunk is egyszerűen meg tudják majd valósítani.
- A vízhálózaton a hidrológiai alapú mederbeli lefolyás modulját 1D-s hidraulikai modulra lett lecserélve a teljes vízhálózaton. Így a mederbeli lefolyás hidraulikai alapokra helyeződött át, melynek jelentősége négy lényeges minőségi változásban nyilvánult meg:
  - A rendszer képes lett a teljes vízhálózaton kezelni az esetlegesen kialakuló visszaduzzasztásokat (ez jellemzően a síkvidéki szakaszokon lesz előny);
  - A vízállásban kifejezett előrejelzéseket már nem csupán a vízhozam-görbével rendelkező mércezelvényeken lehet kinyerni a rendszerből, hanem minden 1x1 km-es folyószakaszon, és minden mellékvízfolyáson;
  - A síkvidéki tározókba/szükségeltározókba átfolyó víz mennyiségének reális becslése az 1D-s folyóhidraulikai modul nélkül elképzelhetetlen. Ezért ennek itt is alapvető a jelentősége.
  - Ez a fejlesztés valójában a továbbiakra szükségtelenné teszi egy esetleges külső hidraulikai szoftver (pl.: HEC-RAS) alkalmazását.
- Rendszerbe integrált, szcenárió (opcionális) üzemmódban elindítható 2D-s hidraulikai modul a tározók elárasztásának szimulációjára, amely képes a tározó elárasztásának időfejlődési, valamint a csapadék-beszivárgás-párolgás hidrológiai folyamatait is modellezni.



6. ábra A DIWA HFMS modellrendszer a beépített árapasztó tározókkal ( 5x5 méter felbontású Hidrodem terepmodell segítségével)

- A fejlesztés egyik kirívóan lényeges, és egyben újszerű, mindazonáltal a legbonyolultabb kivitelezést igénylő eleme, az adott hidrológiai helyzethez (tehát on-line, adaptív) optimális tározó-üzemrend kialakítását automatikusan megtervezni képes, úgynevezett "inverz modellezési" modul. Ennek áttekintéséhez mindenekelőtt az alábbi ábrán vázoljuk magát a feladatot. Ezek szerint, adott valamely, a vízhálózat felső szakaszain bejövő (extrém) árhullám(ok), és annak várható időbeli alakulása egy alsó, úgynevezett "kontroll-szelvény"-en.



7. ábra A szabályozás célja



A szabályozás célja, hogy a szabályozott árhullám legnagyobb értéke a kontrollszelvényen egy adott, ( $H_a$  ;  $H_f$ ) intervallumba essen, ahol a  $H_a$  és  $H_f$  értékek a szabályozás paraméterei. Ez a célkitűzés matematikailag azt vonja maga után, hogy a feladatot a valós folyamatokkal ellentétesen, tehát az inverzét kellene megoldani, hiszen valamely elképzelt/elvárt kimenethez keressük azt, a tározók által befolyásolt bemenetet, amely a kimenetet előállítja. Az ilyen problémák megoldását nevezi a szakirodalom inverz modellezési problémának. Ennek a feladatnak a megoldása közvetlenül, zárt alakban gyakorlatilag lehetetlen, ezért azokat speciálisan tervezett numerikus algoritmusokkal oldják meg. Legelterjedtebb ilyen algoritmusok, a különböző stratégiájú mintavételező eljárások, amelyek - esetünkben - a lehetséges szabályozások terét mintavételezi, majd minden lehetséges szabályozáshoz "hagyományos", tehát a folyamatokkal azonos irányú modellezéssel meghatározza a kimenő árhullámképet, és kiértékeli, mennyire "hasonló" az, az elvárthoz/tervezetthez.

Tekintve, hogy a lehetséges szabályozások tere egy, a tározók számától függően többdimenziós, végtelen lehetőséget magában foglaló tartomány, ezért az összes lehetőség kiértékelése, összehasonlítása gyakorlatilag lehetetlen, ezért csak valamely elvárt pontosságú közelítésekre szokás törekedni, amely még így is óriási mennyiségű, emberi képességeket messze meghaladó számítási feladat kivitelezésével jár. Ennek elkerülése, és a döntéstámogatás reális időkeretekben tartása érdekében a mesterséges intelligencia (MI) eszközei kínálkoznak a leghatékonyabbnak. Esetünkben is, a vállalkozó (HYDROInform) szakemberei kifejlesztettek egy speciális öntanuló MI algoritmust, amely maga tervezi, majd adaptívan maga irányítja a saját mintavételezési stratégiáját úgy, hogy az elvárt pontosságú optimális döntéshez a lehető legkevesebb mintavételre legyen szüksége.

Mivel a számítási időszükséglet még így is rendkívülien nagy, a vállalkozó a programfejlesztés során többmagos processzorra tervezett, parallel processzormag-használati programozást alkalmazott. Ennek eredményeként a kivitelező/futtató számítógép többmagos processzorain szétosztva a feladatokat, az inverz-modellezés kivitelezése a rendelkezésre álló szabad processzormagok számának arányában csökken.

Mondhatjuk tehát, hogy egy igen speciális, a célra tervezett komplex rendszerfejlesztés valósult meg, amely a nemzetközi gyakorlatban is élenjáró újdonságnak számító innováció eredménye.

#### c) Egyéb szükséges rendszerfejlesztések:

- A fejlesztést érintő szükséges adatbázisok létrehozása, integrálása a meglévőbe, és azok óránkénti automatikus feltöltését kivitelező programmodulok fejlesztése.
- A fejlesztéssel összefüggésben lévő megfelelő interaktív grafikai programmodulok fejlesztése és integrálása a meglévő rendszerbe:
- Végezetül az egész rendszert a jelenlegi DIWA-HFMS-be integrálni úgy, hogy az összes funkció és modul a már jelenleg is jól ismert és használt interaktív kommunikációs panelről legyen áttekinthető és irányítható, miközben az új modulokat a már korábban üzembe állított előrejelző modulok táplálják automatikusan.

#### IV. A tervezett üzemrend

Túl azon, hogy a fenti III.2) alatti fejlesztések megvalósításra kerültek, lényeges kérdés, hogyan is fog ez az egész rendszer üzemelni. Itt három üzemmód lett kialakítva:

- a) Az úgynevezett "normál" - tehát eseménytelen - üzemmódban a rendszer a jelenlegi (teljesen automatikus) módon fog működni. Ebben változás nem lesz.
- b) Árvízi helyzetben a döntés-előkészítő szakértő kiválasztja az üzemirányítás célértékét (pl.: tározók alatti adott vízmércén a vízszint adott szint alá esése, legnagyobb vízszintcsökkenés elérése ugyan itt, stb.), majd eldöntheti, hogy az alábbiak közül melyik elemzési módot választja:
  - a) Döntéshozói scenárió esetén a tervező maga dönti el, melyik tározót mikor, és milyen mértékben nyitja meg. A döntésének megfelelő üzemeltetés stratégiát (scenáriót) a rendszer kiértékeli (lemodellezi), majd az eredmény alapján a döntéshozó azt vagy elfogadja, vagy újabb scenáriót rendel el mindaddig, amíg ki nem alakította a számára legmegfelelőbb üzemrendet. Érezhető, hogy ez a módszer meglehetősen lassú, és egyáltalán nem garantálható az üzemeltetés optimalitása.
  - b) Automatikus döntés-előkészítést választva az üzemeltetés stratégiáját a rendszer automatikusan optimalizálja az úgynevezett "inverz modellezés"-i technika által, melynek eredménye az egyes tározók nyitási időpontjai, mértékének időbeli ütemezése, és amely egyben matematikai garancia arra, hogy a meghatározott üzemrendnél jobb megoldás az adott pontossági elvárások mellett nincs.
- c) Tréning üzemmód a védekezés bizonyos rendszerességgel történő gyakorlásának elősegítése véget került beépítésre. Lényege, hogy a ritkán előforduló "éles" helyzeteket úgy lehessen gyakorolni szintetikus adatokkal, mintha a helyzet teljesen éles lenne. Ennek előnye 1 - a rendszerismeret folyamatos fenntartása; 2 - a védekezésben résztvevő szervezetek, intézmények tréningyszerű összehangolásának gyakorlása; 3 - és nem utolsósorban az újonnan érkező kollégák felkészítése.

Mivel a DIWA HFMS rendszer része a Tisza-völgyi HEC-RAS alapú üzemirányítási rendszerének a DIWA eredmények közt is kell, hogy legyen egy „dss” adatátviteli fájl, ami automatikusan felkerül a Szolnokon lévő (KÖTIVIZIG) üzemirányítási szerverre. Ez a Tisza-völgyi üzemirányítási rendszer, Üzemeltetési szabályzatban van meghatározva.

A feladat végrehajtása érdekében a Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság (KÖTIVIZIG) megadta a szelvényeket (7 db) ahová a vízhozam és vízállás előrejelzéseket kérik. Ez a hét szelvény: Tiszabecs, Tivadar, Vásárosnamény, Garbolc, Ágerdömajor, Csenger és Dolha állomások 6 napra előrejelzett vízhozam és vízállás adatai, melyek a DIWA rendszerben rendelkezésre állnak. A későbbiekben, mivel Dolha a Borzsa folyó felső részén helyezkedik el valamelyik Salánk környéki távmérő állomást (pld. Alsóremete) előrejelzési szelvényé fogunk fejleszteni.

A DIWA-ból származó adatcsomag HEC-RAS DSS-be való integrációjához a projektben közreműködő ESRI cég közreműködésével történik meg, ahogy a vízjelző szolgálat előrejelzéseinek beintegrálásánál történt.

Az üzemirányítási projektben megvalósult rendszer keletkezett adatainak egységes megjelenítési elvárásainak koordinálása érdekében az Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) a tiszai Vízügyi Igazgatóságok közreműködésével üzemirányítási munkacsoportot hozott létre a rendszer napi szintű használatának és egységes értelmezésének elősegítése céljából.

Így a következő rendkívüli tiszai árvíz védekezési feladatai már rendszerbe szervezett árapasztó tározók üzemirányítási és döntéstámogató rendszerével lesznek szakmailag megtámogatva.

Szakirodalmi hivatkozás:

Lucza Z. (2016): A Felső-Tiszai folyamatos hidrológiai előrejelző és modellező rendszer bemutatása. Az előadás elhangzott: a Magyar Hidrológiai Társaság vándorgyűlésén, 2016.

Lucza Z. (2016): Felső-Tiszai előrejelző és riasztó rendszer fejlesztése. Felső-Tisza Híradó LV. évfolyam, 1. szám.

VIZITERV Consult Kft. - AQUAREA Kft. - VITUKI Hungary Kft. (2017): AZ ELŐREJELZÉSI-ÜZEMELTETÉSI SZIMULÁCIÓS MODELLEZÉSEK METODIKÁJA, Az üzemirányítás és monitoring hálózat fejlesztése (KEHOP- 1.4.0-15-2016-00016) projekt, Budapest 2017.