

# "Talajvízdomborzat modellezés klímamodellezési adatok felhasználásával"

Tóth György

Kovács Attila, Szócs Teodóra, Kerékgyártó Tamás és Kun Éva

Magyar Földtani és Geofizikai Intézet

**Hatásvizsgálói konzultációs workshop**

2015. június 22.

Országos Meteorológiai Szolgálat,

1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1., földszinti díszterem

## Az előadás vázlata:

- 1.) Talajvíz-domborzat modellezés a NATÉR Projekt keretében; a NATÉR célkitűzései
- 2.) A feladat
  - A feladat általános megfogalmazása*
  - Az itt használt talajvíz fogalma*
  - A regionális talajvíz-domborzati szimuláció feladata*
- 3.) A talajvíz-domborzat modellezése
  - A modell koncepciója*
  - A modell építése*
- 4.) A modell első futtatásai és eredményei

## Talajvízdomborzat modellezés a NATÉR Projekt keretében. A NATÉR célkitűzései:

- **Térinformatikai rendszer és metaadatbázis létrehozása** – Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodással kapcsolatos döntéseket támogatni egy többcélú, felhasználóbarát térinformatikai rendszer létrehozásával és működtetésével
- **Módszertani fejlesztés** – Az éghajlatváltozás területi hatásainak elemzését, és az ehhez kapcsolódó adaptációs módszereket szolgáló adatgyűjtés, feldolgozás, klímamodellezés, elemzés és sérülékenységvizsgálat módszertanát továbbfejlesztteni, a Nemzeti Téradat Infrastruktúrába illeszkedően
- **NATÉR portál kialakítása** – Internet alapú, klímapolitikai információs csomópont kialakítása. A portál segítségével minden érdeklődő megbízható, objektív információkhoz juthat az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodást érintő és azt befolyásoló szakpolitikai területekről

## A feladat

### *A feladat általános megfogalmazása (első rész)*

- 1.) a várható klíma-szcenáriók, és az azokkal együtt járó, vagy azoktól függetlenül várható emberi beavatkozások mellett **az így kialakuló felszín alatti vízviszonyok meghatározása;**
- 2.) a felszín alatti vízviszonyok előrejelzése egyúttal alapul szolgál **az ezektől függő további folyamatoknak:**
  - a felszín alatti vizektől függő ökoszisztémákkal kapcsolatos átalakulások, estenként kiszáradások, források eltűnése, megváltozása, megjelenése,
  - a természetes vagy termesztett biomassza alakulása,
  - a talajvízminőség és a kapcsolódó talaj megváltozása,
  - a megváltozott talajvíz-áramlások és szennyeződésterjedések alakulása, ...
- 3.) a fenti feladatokhoz összegyűjtött, előállított alapinformációk, táblázatos, vagy térinformatikai adatbázisok a **különböző értékelő-csoportok számára azonosak, vagy legalábbis egymással harmóniában** legyenek.



## A feladat

### *A feladat általános megfogalmazása (második rész)*

4.) Mindezen feladatrészek **legalkalmasabb megvalósítási formája** olyan **beszivárgási-utánpótlódási, megcsapolási és áramlási alapmodellek készítése**, melyek egyrészt szimulálják a jelenlegi és múltbeli klimatikus viszonyok hatását a talajvíz rendszerre, majd ennek **megfelelő kalibrációját követően előrejelzést adnak** különböző jövőképekre.

5.) A NATÉR felszín alatti vizekre vonatkozó szimulációs munkái **két fő csoportja**:

5.1.) **a telítetlen, 3 fázisú zónára** vonatkozó, a beszivárgási, tározódási, felszíni lefolyási és párolgás-párologtatási (evapotranszspirációs) folyamatokat időben nagyobb részletességgel vizsgáló, **döntően 1D tranziens rendszer**,

5.2.) **a telített zónában** az előbbieik hatására kialakuló viszonyokat vizsgáló alapvetően **regionális permanens 2-3D viszonyokat** vizsgál.

Itt kell megjegyezni, hogy a feladat természetéből fakadóan e modellezések **széles időbeli és térbeli skálákat** fognak át. .

## ***Az itt használt talajvíz fogalma***

**Talajvízként** fogalmazzuk meg a horizontálisan **folytonosan összefüggő kétfázisú rendszer legfelső részét**, melyekre a klimatikus viszonyok, a felszíni vizek és a felszín állapota közvetlenül hatással van.

Az elemzésünk tehát egyaránt vonatkozik, a **porózus, intergranuláris, a repedezett, a kettős porozitású és a karsztosodott hidrogeológiai egységekre**. Az angolszász irodalom is összefoglalóan nevezi e rendszereket: "phreatic zone", vagy "groundwater table aquifer" néven.

## ***A regionális talajvíz-domborzati szimuláció feladata***

A talajvízdomborzat a beszivárgások és megcsapolások, és a kettő között lévő geológiai egységek geometriai és hidrogeológiai viszonyainak hatására alakul ki.

A numerikus szimulációnak az a feladata, hogy a klimatikus hatók, a felszín térbeli helyzete, a felszín-borítottság és a felszínhez közeli földtani-talajtani, és hidrogeológiai egységek alapján számítsa a talajvízszint helyzetét regionális léptékben.

A számítások eredményeként előálló talajvízszinteknek közelíteniük kell a talajvíz felszínre bukkanásainak elevációs értékeit, illetve a sekély kutakban mért vízszintek tengerszinthez viszonyított magassági adatait, vagy az azok alapján szerkesztett vízszint-magassági szintvonalak (hidroizohipszák) térképi megjelenítéseit.

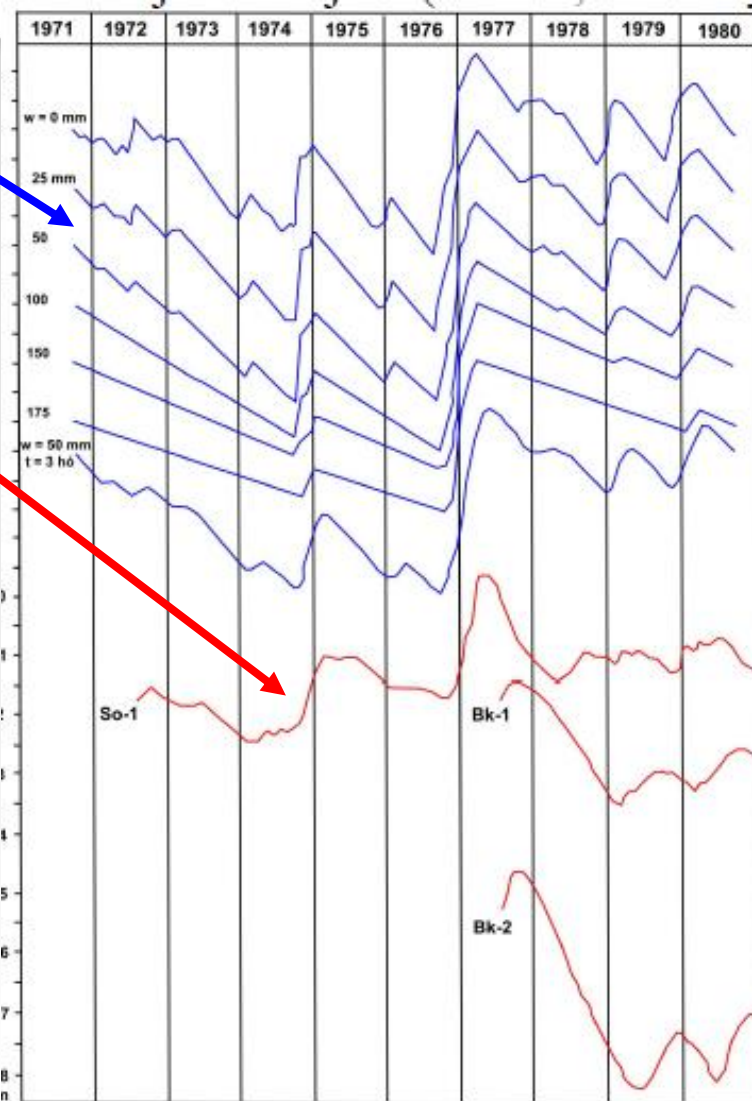
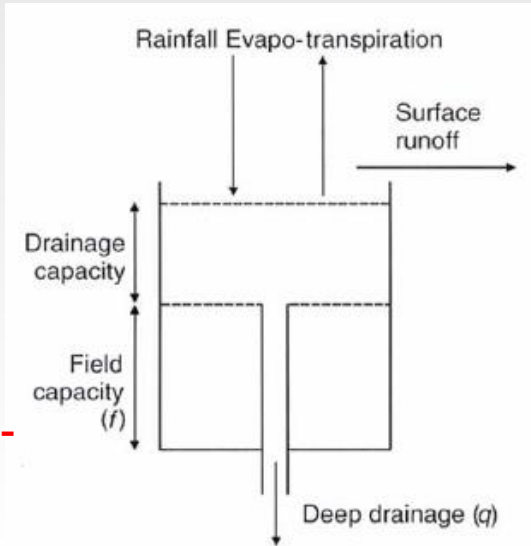
# Néhány előzmény, tanulságokkal

## 1.) Háromfázisú modellezés, bucket model, havi csapadék és párolgás

A talaj nedvességtároló képessége figyelembevételével szimulált talajvízszintek (felül), valamint a dombháti, (utánpótlódási) helyzetű solymári és berkenyei tanulmányi talajvíz-megfigyelő kutak mért vízszint-idősorai. A szimuláció havi csapadékösszegek és evapotranszspirációs veszteségek alapján készült, a „Bucket” modell használatával. (Tóth Gy, 1986)

### „Bucket” modell használata

Függően a talaj fizikai tulajdonságaitól akár ellentétes beszivárgás-változások is lehetnek



# Néhány előzmény, tanulságokkal



REGIONAL ENVIRONMENTAL CENTER

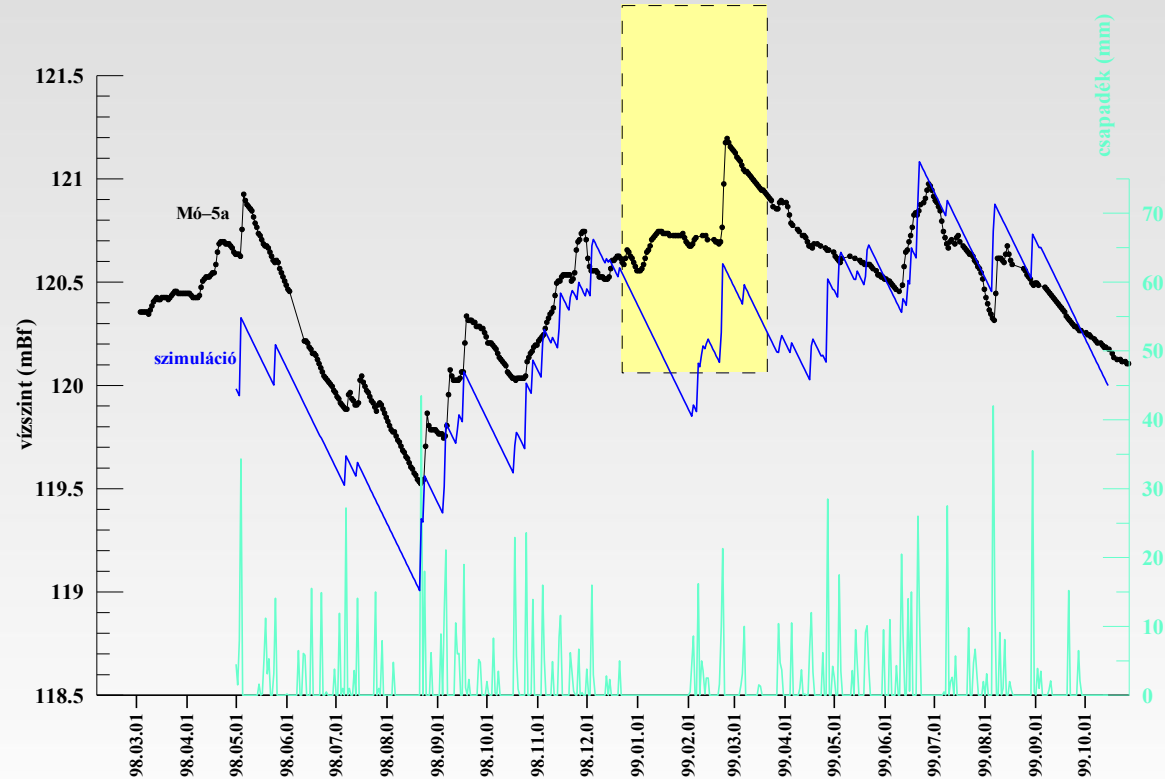
## 1.) Háromfázisú modellezés, napi csapadék és párolgás alapján, talajvízszint idősor szimulációja

A Geresdi dombvidék területén jó a közelítés, de a hó-felhalmozódást és olvadást is figyelembe kellene venni

Tanulság: szükséges részletesebb és teljesebb napi felbontású adatok figyelembe vétele

Ilyen modell kód a HELP

De számos más hasonló is létezik





A HELP modell egyaránt számítja a felszíni lefolyást, beszivárgást, párolgást, nedvesség-tározódást. Kalibrációjához hozam- és vízszint-idősorok szükségesek, durva hangoláshoz sokéves átlagok is elegendőek

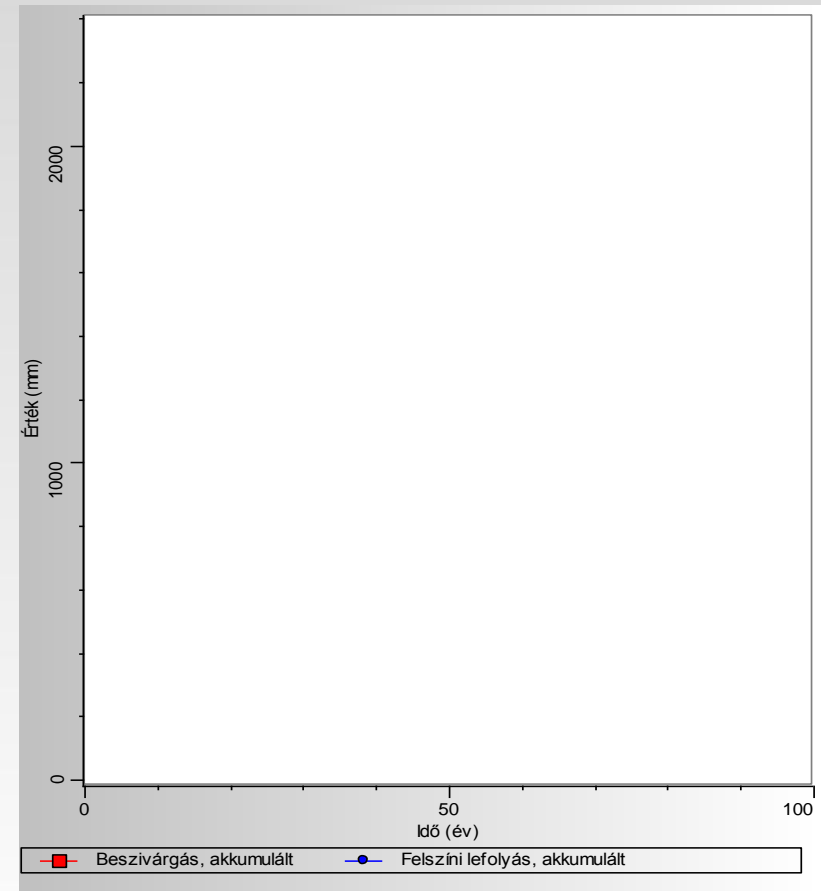


REGIONAL ENVIRONMENTAL CENTER



A Geresdi dombvidék komplex felszíni-felszín alatti monitoring-rendszere,

Vízhozam-mérő műtárgyak, télen és nyáron



Geresdi dombvidék, beszivárgás és felszíni lefolyás szimuláció, 2\*50 év, HELP modell,



# Eltérő klíma-zónák hatásának vizsgálata (sokéves átlagok összehasonlítása)



REGIONAL ENVIRONMENTAL CENTER

Az első, klimatikus előrejelzések, előjátéka.

A WGEN használatával, más klímazónák hatásait lehet megbecsülni

## Sokévi átlagos értékek és (szórások) 98 év időtartamra, Bátaapáti MÁFI Meteorológiai állomás adataival korrigált értékekkel

	<i>mm</i>	<i>szórás</i>	<i>%</i>
Csapadékösszeg	632,13	(125,13)	100,00
Felszíni lefolyás	24,34	(25,08)	3,85
Evapotranszpiráció	582,7	(87,76)	92,18
Beszivárgás	24,41	(32,04)	3,86

## Sokévi átlagos értékek és (szórások) 98 év időtartamra, Kékes meteorológiai állomás adataival

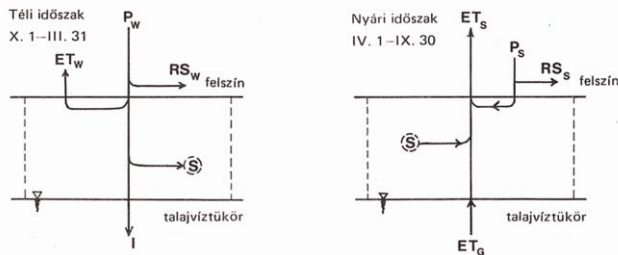
	<i>mm</i>	<i>szórás</i>	<i>%</i>
Csapadékösszeg	788,18	(104,59)	100,00
Felszíni lefolyás	104,90	(45,9)	13,31
Evapotranszpiráció	608,16	(41,01)	77,16
Beszivárgás	75,52	(52,22)	9,58

## Sokévi átlagos értékek és (szórások) 98 év időtartamra, Baja meteorológiai állomás adataival

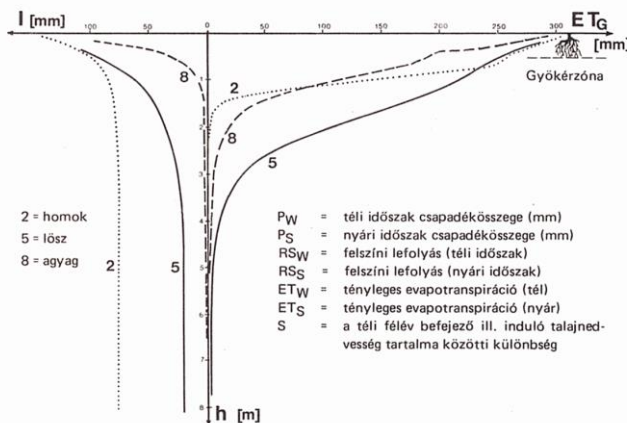
	<i>mm</i>	<i>szórás</i>	<i>%</i>
Csapadékösszeg	546,66	(78,33)	100,00
Felszíni lefolyás	15,69	(12,14)	2,87
Evapotranszpiráció	520,49	(69,21)	95,21
Beszivárgás	10,65	(22,47)	1,95

# Az első hazai országos összekapcsolt beszivárgási, talajvíz-párolgási modellezés (Tóth Gy. 1985)

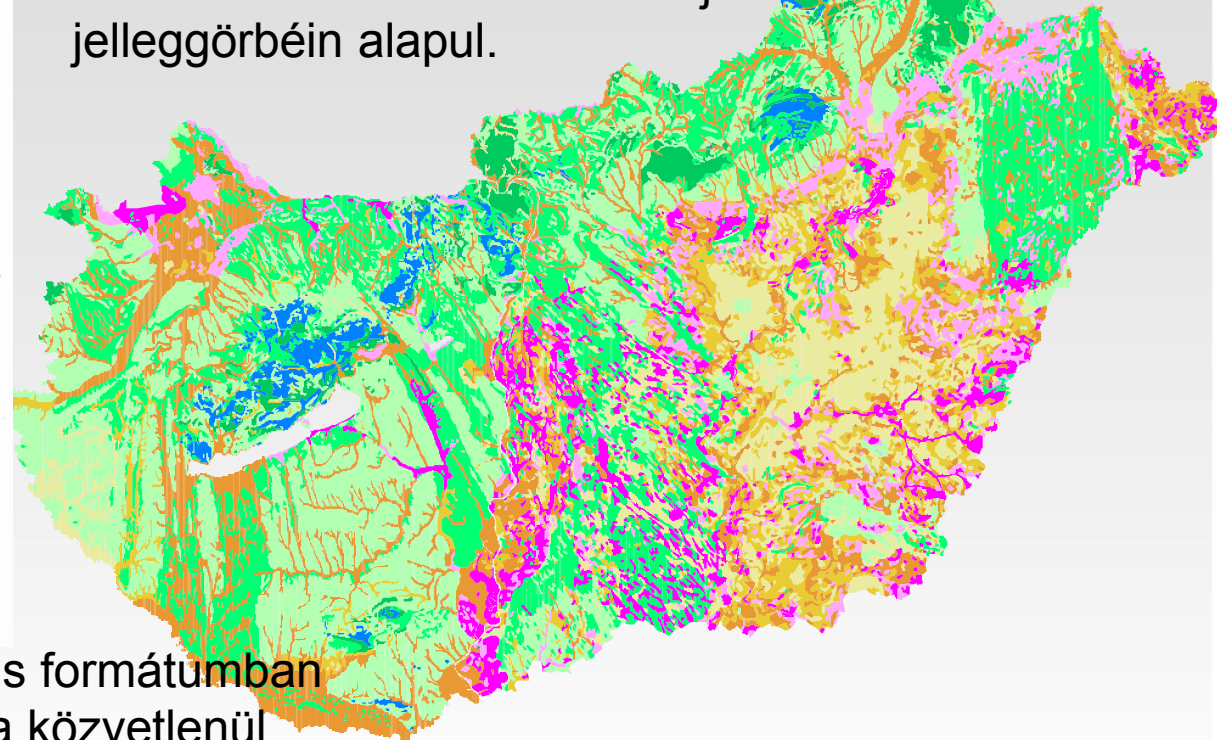
A talajvízháztartás modellje (sokévi átlag)



Beszivárgási és talajvízpárolgási jelleggörbék 3 főbb talajtípusra



A talajvízforgalmi térkép a hegy-és dombvidékek vízfolyásainak alaphozammérésein és a síkvidékek talajvízháztartási jelleggörbéin alapul.



Hiányossága, hogy nem digitális formátumban készült, scenáriók vizsgálatára közvetlenül nem alkalmas. Erőssége a talajvízpárolgás becslése fél-empírikus alapon

# A NATÉR projektben készített országos talajvíz-domborzat modell módszertana



1. Klímazónák lehatárolása (Thorntwaite)
2. Beszivárgási zónák előállítása (geológia, területhasználat, lejtőszög)
3. Beszivárgás meghatározása hidrológiai modellekkel (HELP)
4. Talajvízszint-eloszlás meghatározása numerikus modellekkel (MODFLOW)

# Alkalmazott adatok

- CARPATCLIM MO+ (258 klíma és 727 csapadékmérő adataiból interpolálva, 10x10 km gridre) (Klímazónák definiálásához és beszivárgás számításhoz)
- ALADIN (globális klímamodell 10 km-es felbontású adaptációja, jövőbeni klímaviszonyok jellemzésére)
- Felszíni földtan (Beszivárgási zónák definiálásához, paraméter zónák definiálásához)
- Fedetlen földtan (A talajvíztartók hidraulikai paramétereinek megadásához)
- Fúrt kutak adatbázisa (A talajvíztartók hidraulikai paramétereinek megadásához)
- Területhasználat (CORINE) (Beszivárgási zónák definiálásához)
- DEM 50 (Beszivárgási zónák definiálásához, peremfeltételek definiálásához, kalibrációkhoz)
- Talajvíz megfigyelő hálózat idősorai (kalibrációs adatok)
- Forráskataszter, állandó felszíni vízfolyások térbeli helyzete (Kalibrációs adatok)

# CARPATCLIM adatbázis

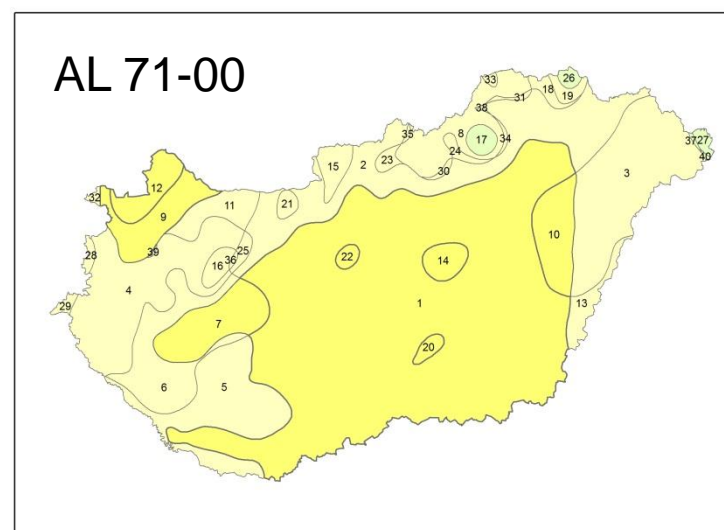
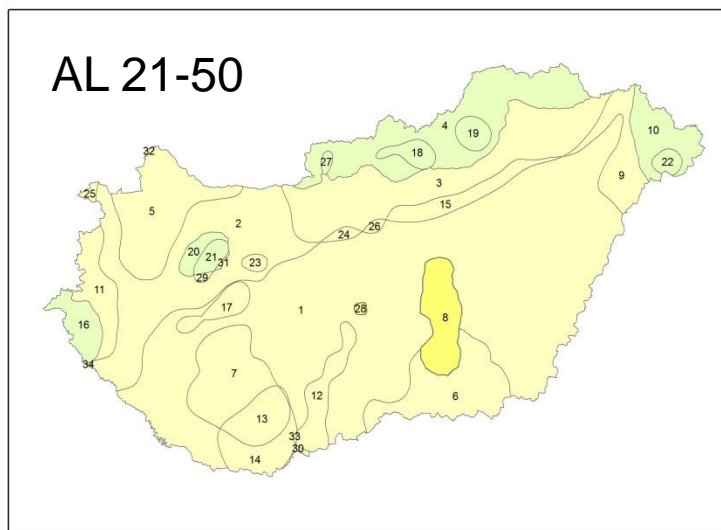
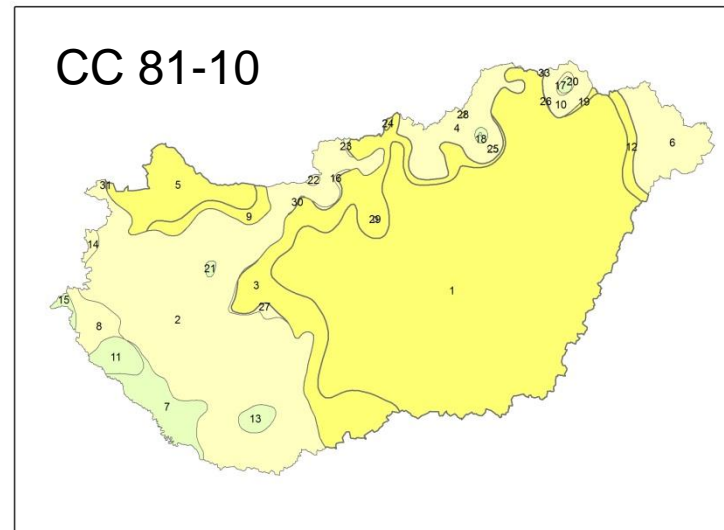
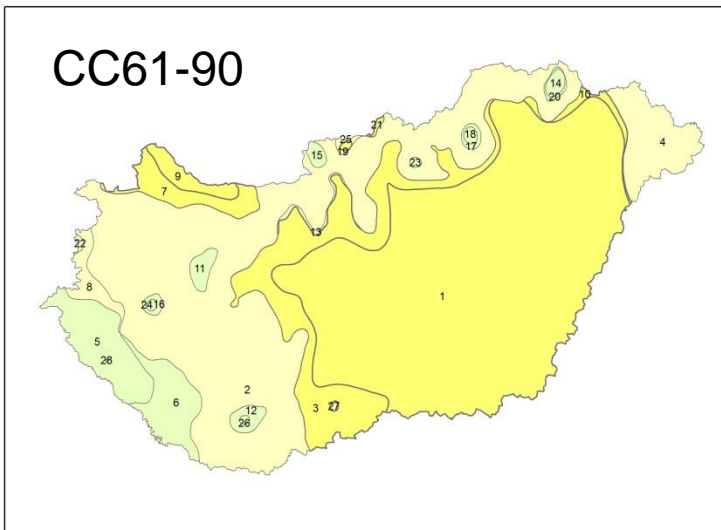
- Homogenizált, interpolált adathalmaz a Kárpát-medencére (JRC, 2010)
- 258 klímaállomás és 727 csapadék mérő állomás adatából (Spinoni, 2013)
- 9 ország Magyarország, Csehország, Szlovákia, Lengyelország, Ukrajna, Románia, Szerbia, Horvátország, Ausztria)
- 0,1° (kb. 10 × 10 km) felbontás
- t °, csapadék, besugárzás, szélesebesség, páratartalom napi adatok 1961-2010 között

# Klímazónák lehatárolása

- Thorntwaite (1948) biofizikai klímaosztályozási módszer
- Országos léptékű jellemzésre alkalmas (Szelepcsényi et al. 2009, Ács és Breuer 2012)
- Potenciális evapotranszspiráció és víztelítettség alapján számol
- Minden klímazónára területileg átlagolt napi paraméter idősorokat állítottunk elő



# Thorntwaite klímazónák lehatárolása CARPATCLIM 1961-90 és 1981-2010 valamint ALADIN 2021-50 és 2071-2100 klímaátlagokra

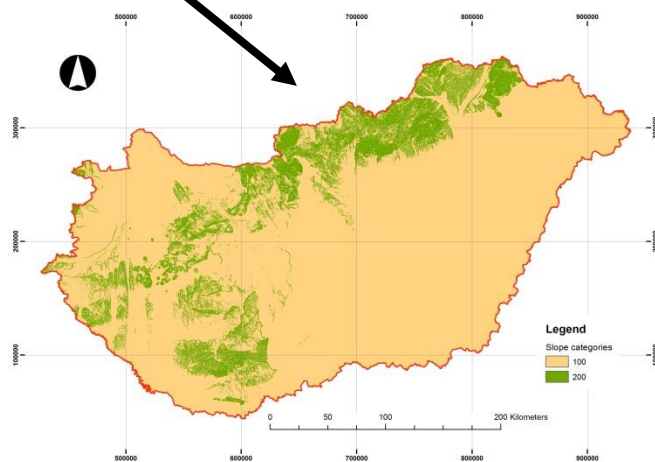
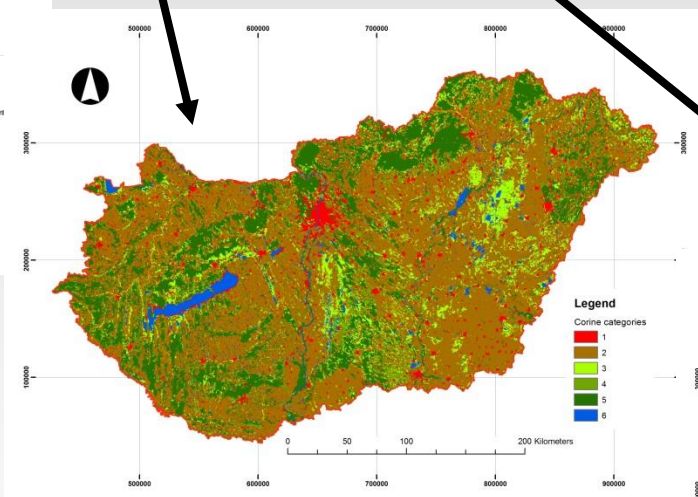
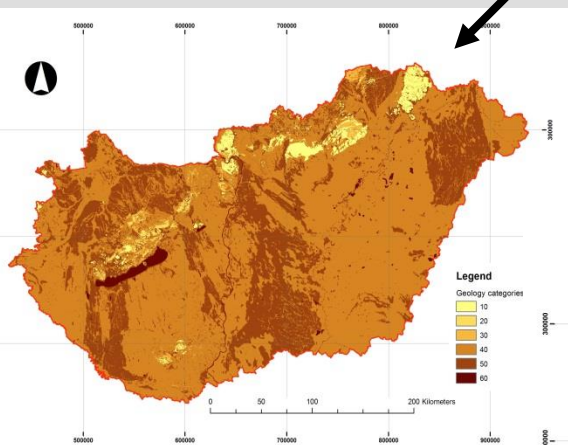


# Beszivárgási zónák lehatárolása

Felszíni földtan (6 kategória: hasadozott, dolomit, mészkő, finomszemcsés, középszemcsés, durvaszemcsés)

Területhasználat (6 kategória: Települések, szántó, legelő, gyümölcsös, erdő, víztestek)

- Lejtőszög (2 kategória: 0-5%, >5%)

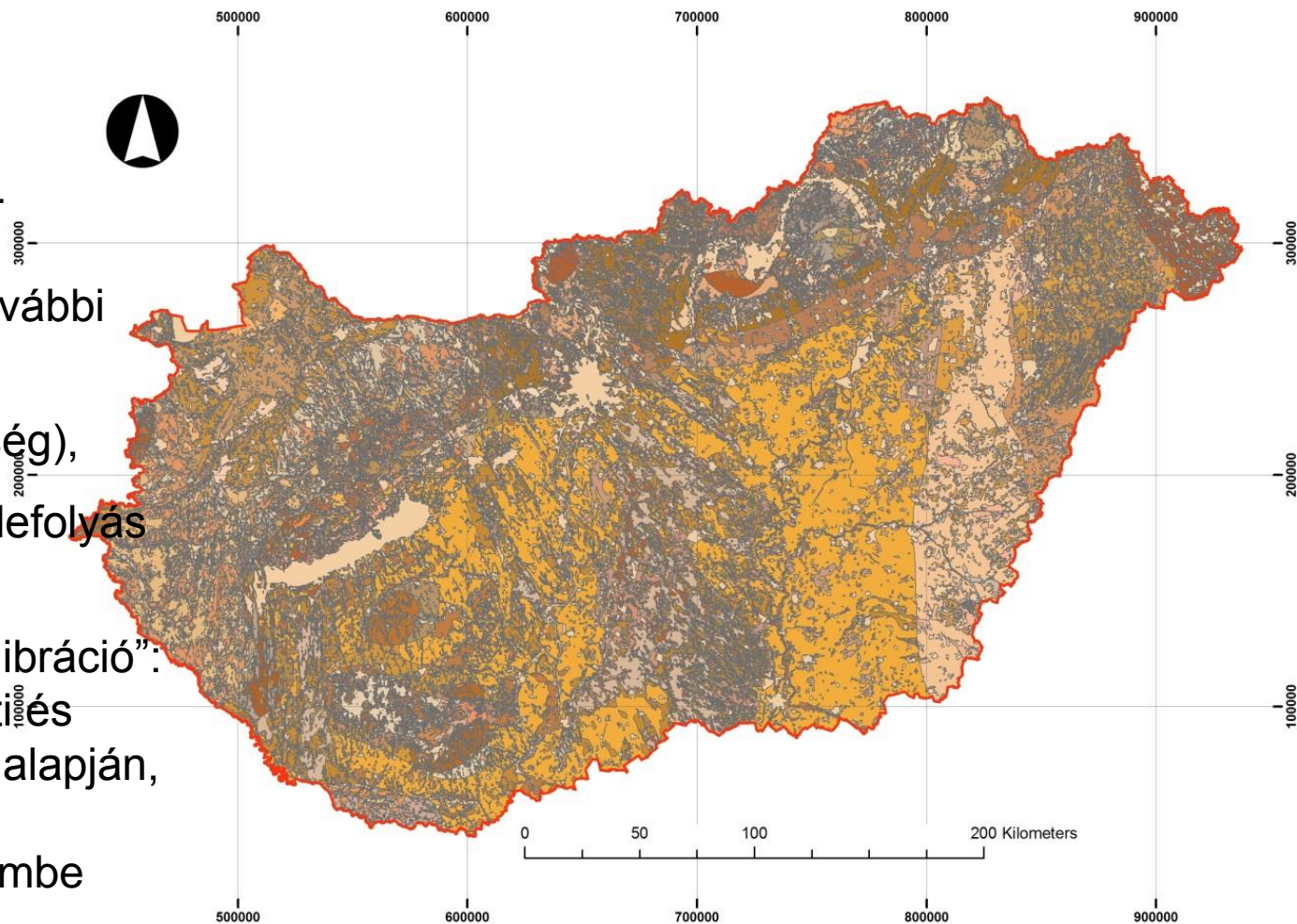


# Beszivárgási zónák

Az országos talajvíz-  
domborzat  
peremfeltételéhez további  
egyszerűsítések:

4 talaj, (földtani egység),  
4 CN típus, (felszíni lefolyás  
meghatározásához).

Durva hangolás, „kalibráció”:  
hazai kísérleti területi és  
expedíciós mérések alapján,  
korábbi modellezési  
tapasztalatok figyelembe  
vételével.





# Beszivárgás modellezés előkészítése

- Analitikus, hidrológiai modellekkel, sok empíriával
- Alkalmazott szoftver: HELP (Schroeder et al. 1994 - USEPA)
- 1D vízmérleg modell a telítetlen zóna szimulációjára.
- Bemenő adatok: Napi csapadék, hőmérséklet, besugárzás, évi szélesség és havi páratartalom → CARPATCLIM-ből klímazónákra átlagolva
- Talajprofilok: geológia, növényborítottság, lejtőszög, vagy CN → Beszivárgási zónákra számítva
- Automatizálás scriptekkel

## I. Preparation of ALADIN data for the HELP model

Temperature,  
Precipitation,  
Global radiation

### Input files:

AL\*\*\_D\_TA\_Z.txt  
AL\*\*\_D\_PREC\_Z.txt  
AL\*\*\_D\_GR\_Z.txt  
AL\*\*\_M\_TA\_Z.txt  
AL\*\*\_M\_PREC\_Z.txt  
poly\_grid\_AL\*\*\*\_TA\_D.txt  
poly\_grid\_AL\*\*\*\_P\_D.txt  
poly\_grid\_AL\*\*\*\_GR\_D.txt  
poly\_grid\_AL\*\*\*\_TA\_M.txt  
poly\_grid\_AL\*\*\*\_P\_M.txt

id\_mean\_AL\*\*\*.txt  
TAmean\_identifier.txt  
Pmean\_identifier.txt  
GRmean\_identifier.txt

TAmeanX.txt  
PmeanX.txt  
GRmeanX.txt

AL\_Mean.f

AL\_Monthly\_mean.f

id\_monthly\_AL\*\*\*.txt  
TAmontly\_identifier.txt  
Pmonthly\_identifier.txt

TA\_monthlyX.txt  
P\_monthlyX.txt

Id\_forma\_\*\*\*.txt  
TA\_identifier\_\*\*\*.txt  
PREC\_identifier\_\*\*\*.txt  
GR\_identifier\_\*\*\*.txt  
coord\_AL\_\*\*\*.txt

format\_AL\_v1.f  
format\_AL\_v2.f

format\_v1.f  
format\_v2.f

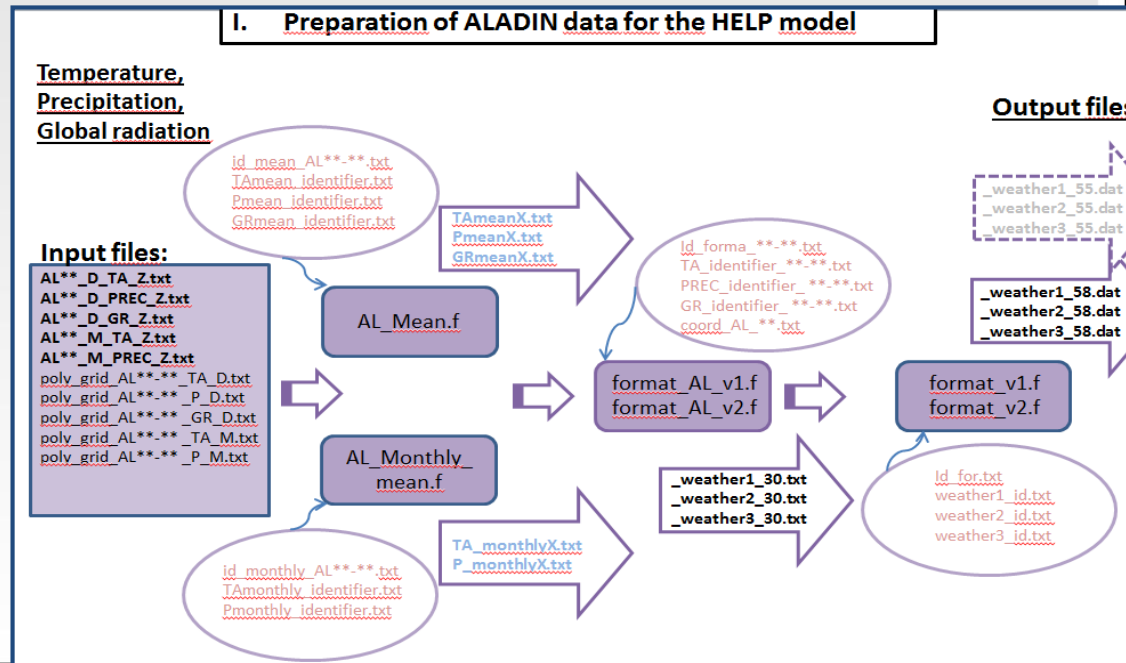
\_weather1\_30.txt  
\_weather2\_30.txt  
\_weather3\_30.txt

Id\_for.txt  
weather1\_id.txt  
weather2\_id.txt  
weather3\_id.txt

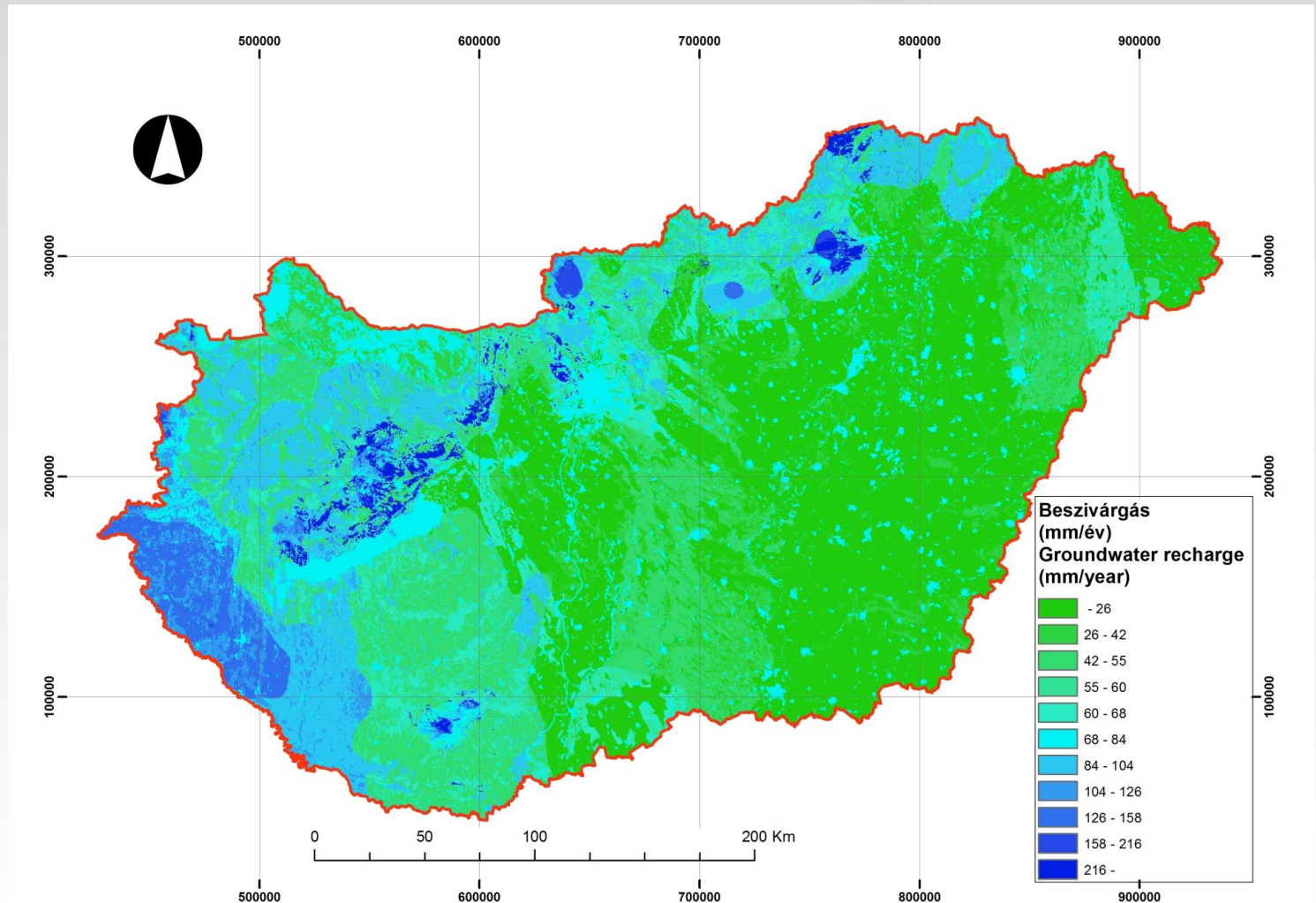
### Output files:

\_weather1\_55.dat  
\_weather2\_55.dat  
\_weather3\_55.dat

\_weather1\_58.dat  
\_weather2\_58.dat  
\_weather3\_58.dat

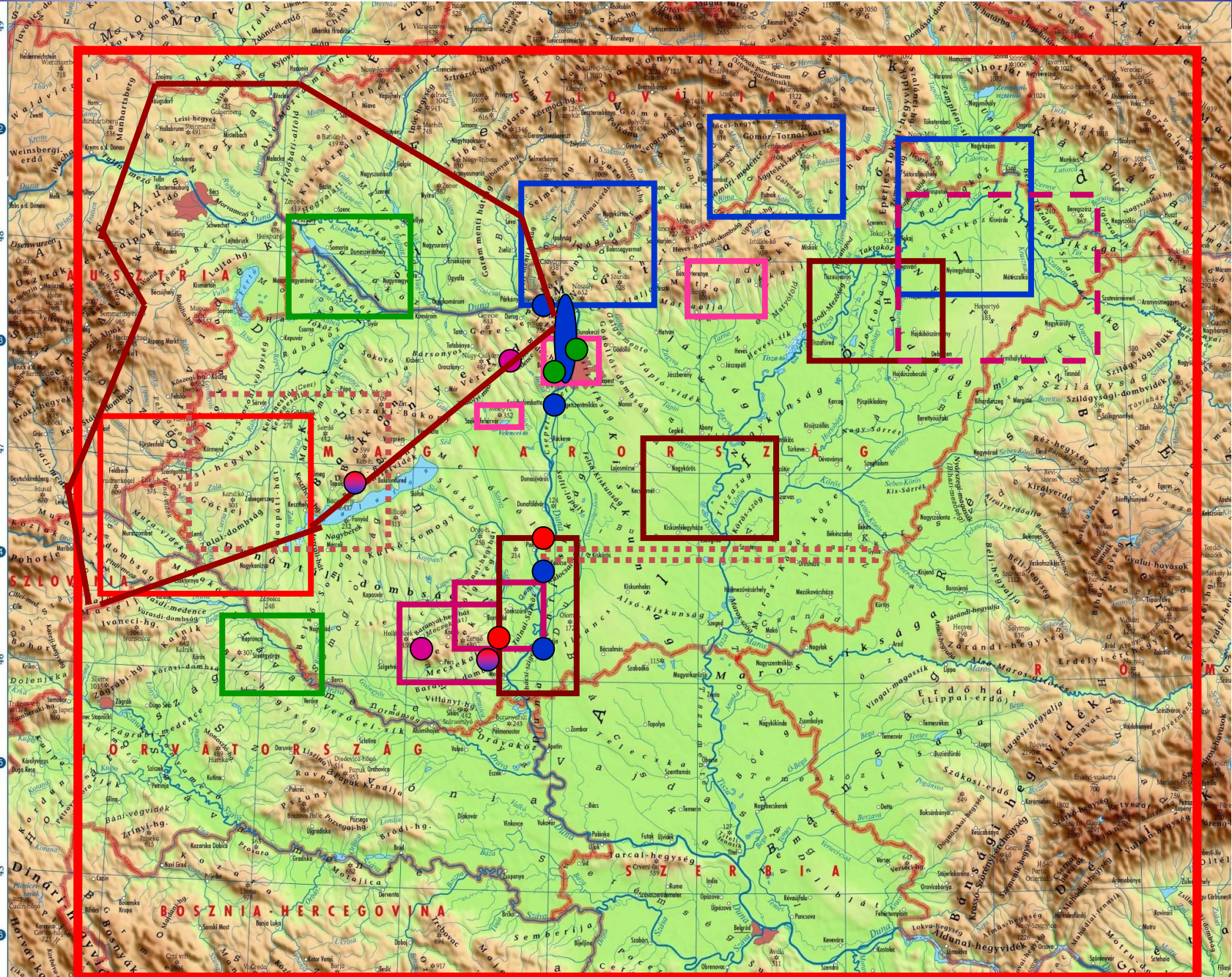


# Számított beszivárgás eloszlás 1961-65





# Előzmények: eddigi regionális modellfejlesztéseink 1

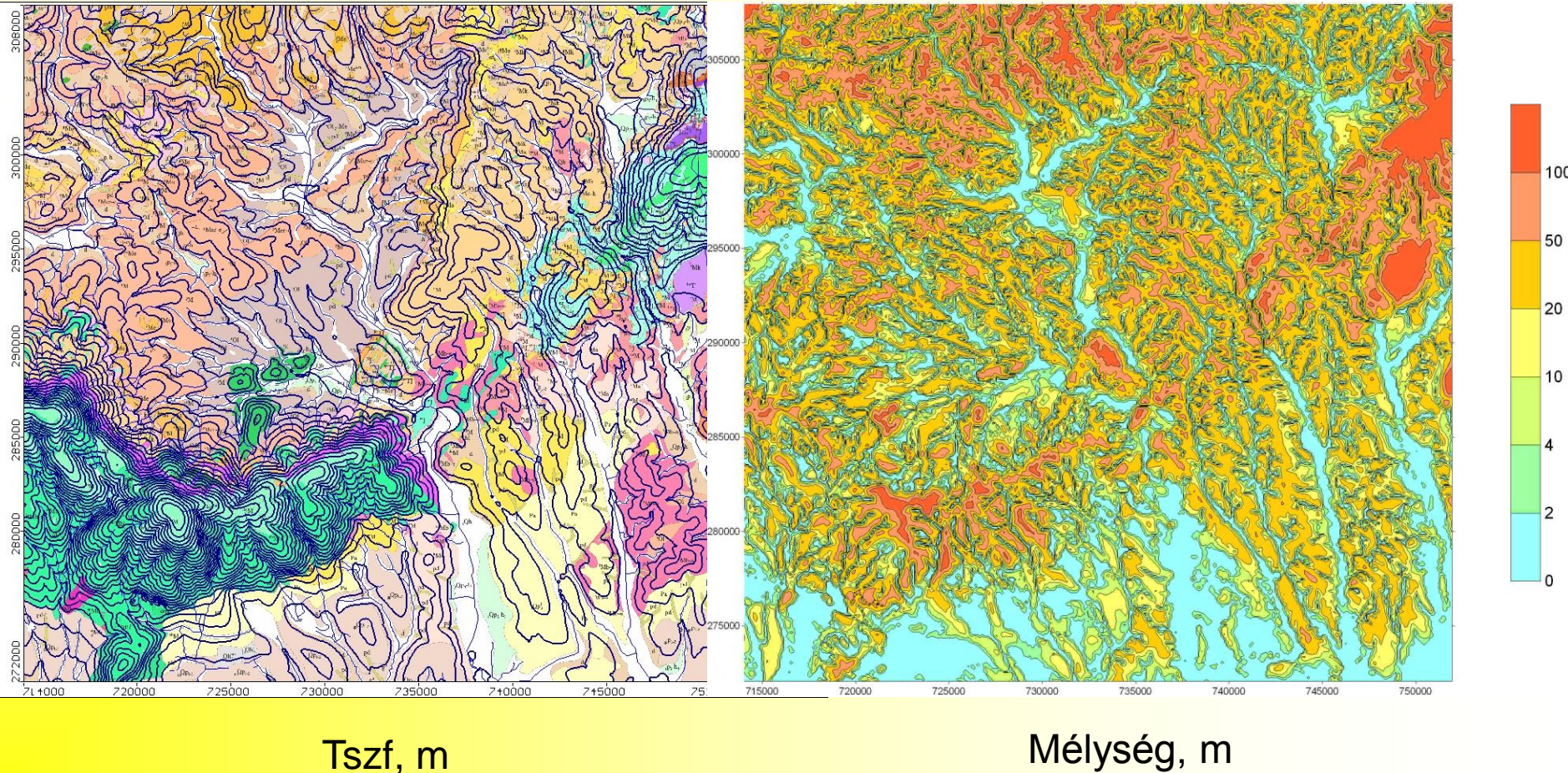




## Egyéb állapotértékeléseket támogató modellterveink 2.

Terveztük, hogy a sekély víztestek területére elkészítjük az „intelligens” regionális talajvízdomborzatot, olyan részletességgel, hogy a sekély vízminőségi monitoring-adatok ne csak sztochasztikusan, de fizikai alapon is értékelhetők legyenek.

Példák a Mátra és a Pétervásárai dombvidék környékére számított talajvízszint-térképek



# Talajvíz tükör szimulációja, NATÉR projekt

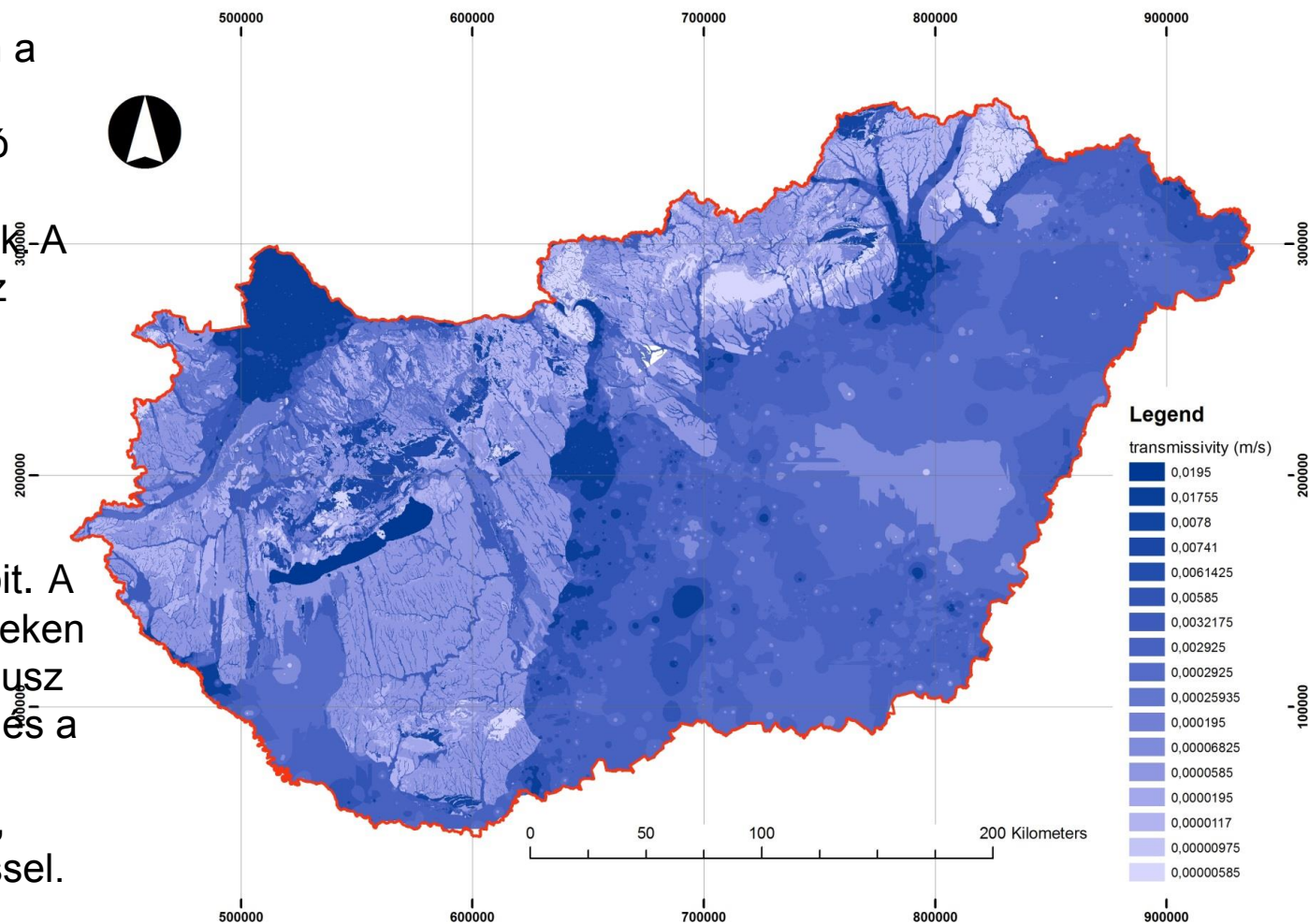


- 2D egyensúlyi numerikus áramlási modell
- Alkalmazott szoftver: VISUAL MODFLOW 4.6
- 2 db modell domén (Ny, K), átfedő tartalommal, érvényességi határ a Duna vonala
- 250 m cellaméret
- Alkalmazott peremfeltételek: Számított beszivárgás, nagy folyók (RIV), szivárgó felszínek (DRAIN) (összevontan tartalmazza a csatornák és a talajvízpárolgások megcsapolásait)
- Kalibrációs adatok: Talajvíz megfigyelő hálózat kútjai (OVF), forrásszintek, felszíni vízfolyások térbeli helyzete, szintjei
- Paraméterzónák: Víztartó típusok, hidrosztratigráfiai egységek
- Kalibráció: Manuális kalibráció az 1961-65 átlagos vízszintekre (zavartalan állapot)
- Scenáriók:
  - CARPATCLIM: 1961-90, 2005-2009 (mért)
  - ALADIN: 1961-90, 2021-2050, 2071-2100 (klímamodell)



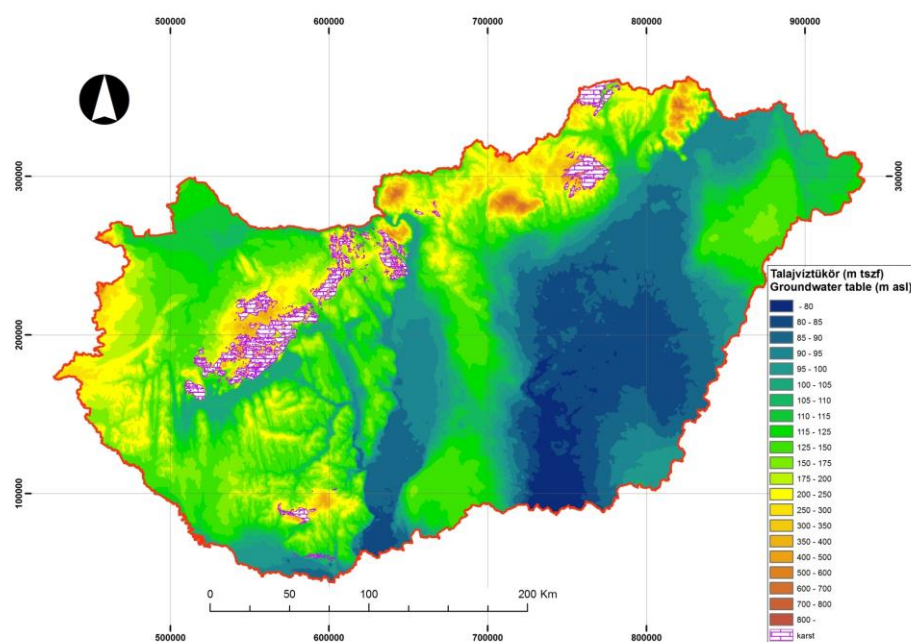
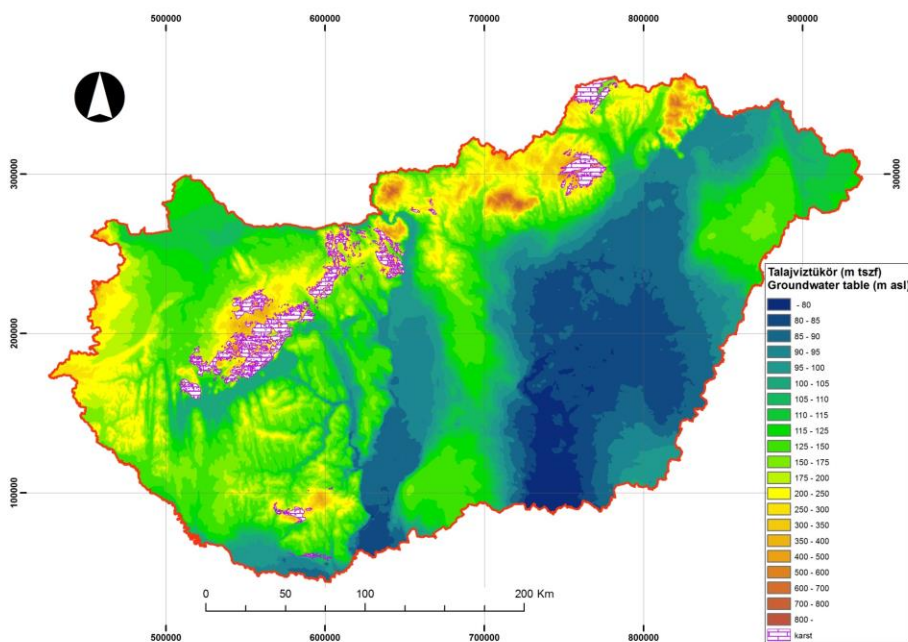
# Kalibrált transzmisszivitás eloszlás

A kvarter medenceterületeken a fúrt kutak hidraulikai adataiból számítható szivárgási tényező eloszlását használtuk a modellezés során az 1961-65 évek beszivárgási viszonyaihoz arányosítottuk a hidrosztratigráfiai egységek K-tényezőit. A hegy- és dombvidékeken a fedetlen földtan, plusz holocén allúviumok, és a felső pleisztocén teraszok kompozitja, vízföldtani minősítéssel.



## Számított talajvíz- domborzat 1961-65

## Számított talajvíz- domborzat 2005-09



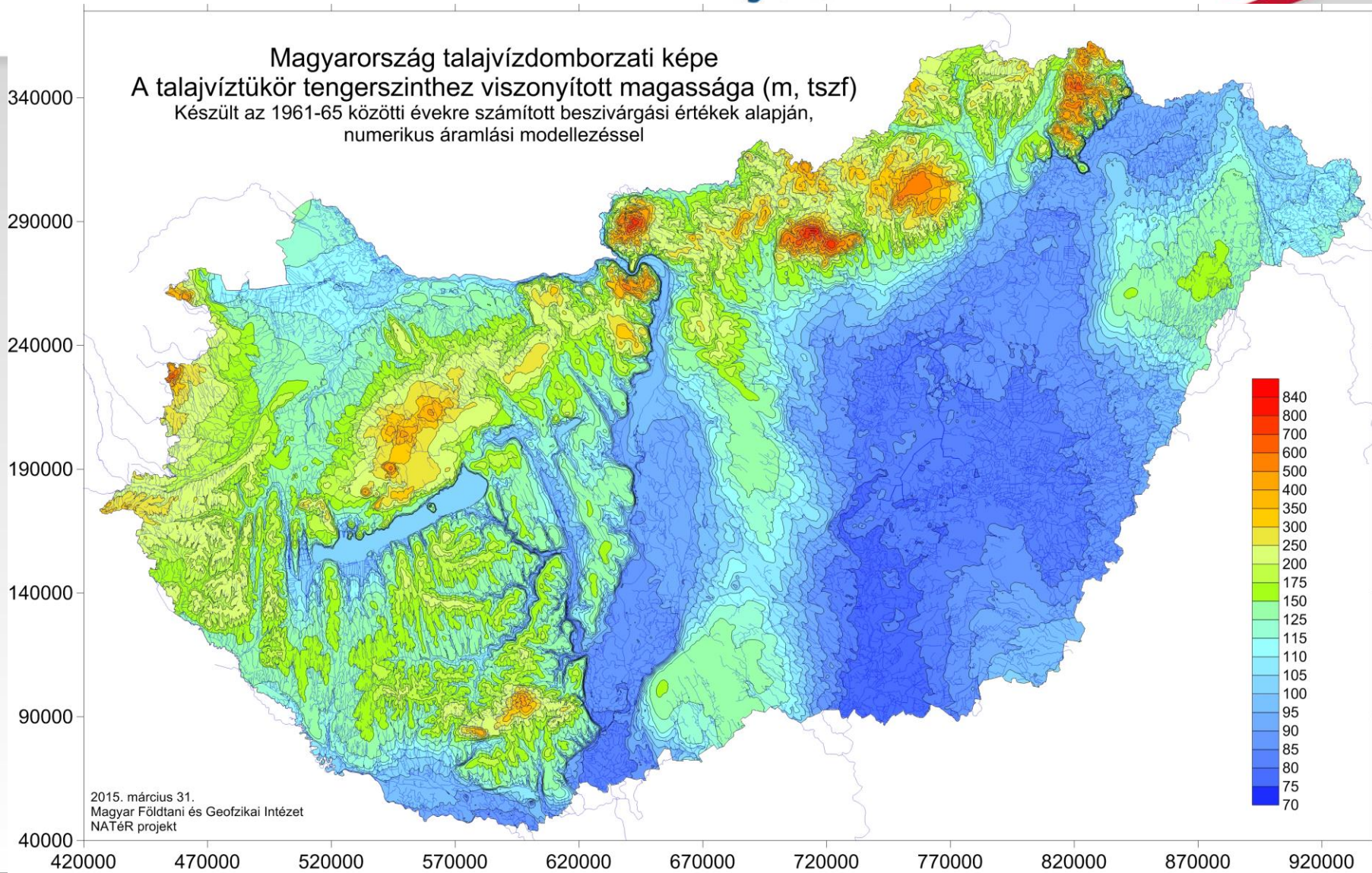


# I-GW table elevation map

(termelések hatásaitól mentes)



REGIONAL ENVIRONMENTAL CENTER



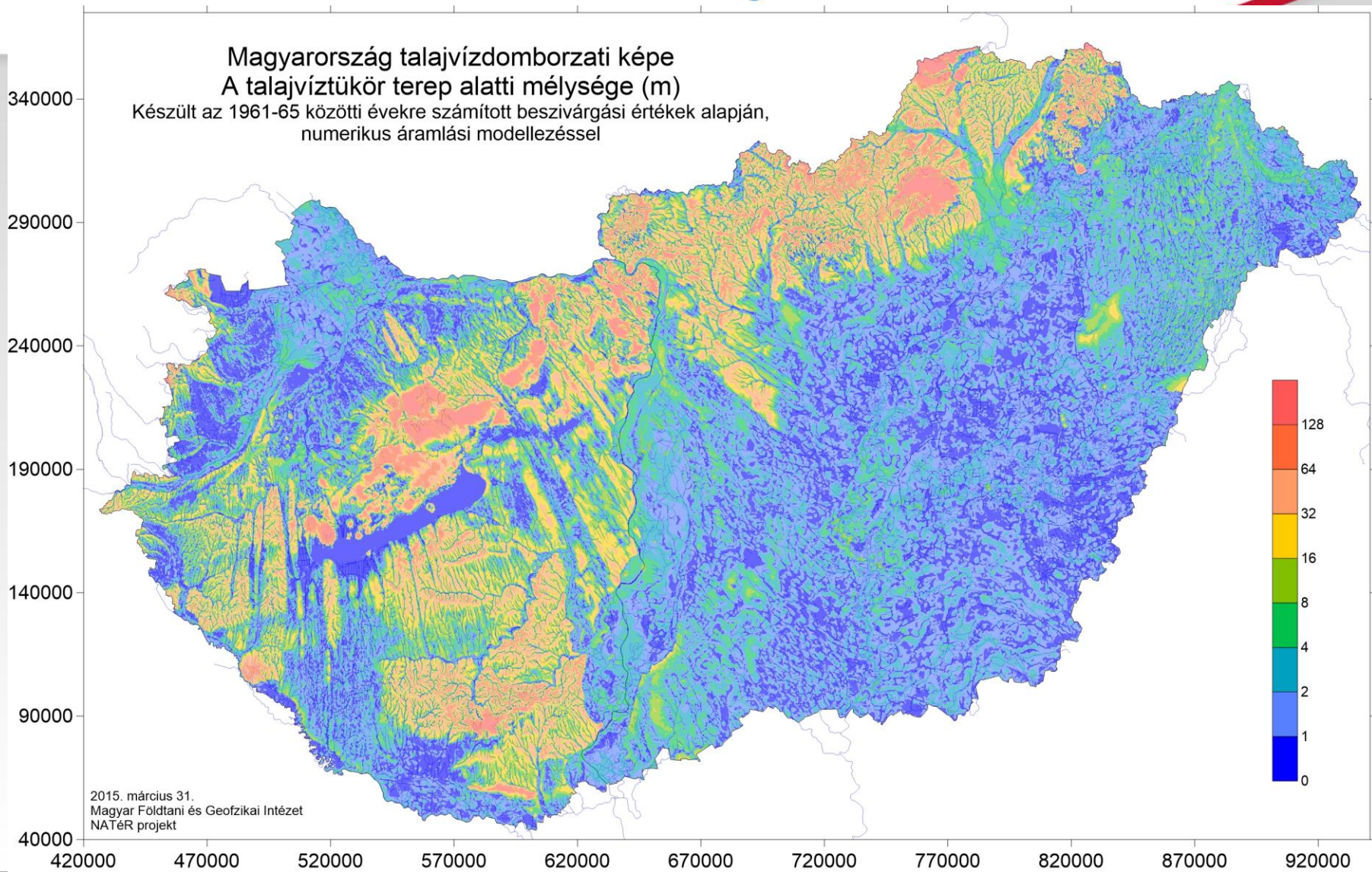


# I-GW table depth map

(Termelések hatásaitól mentes)



REGIONAL ENVIRONMENTAL CENTER





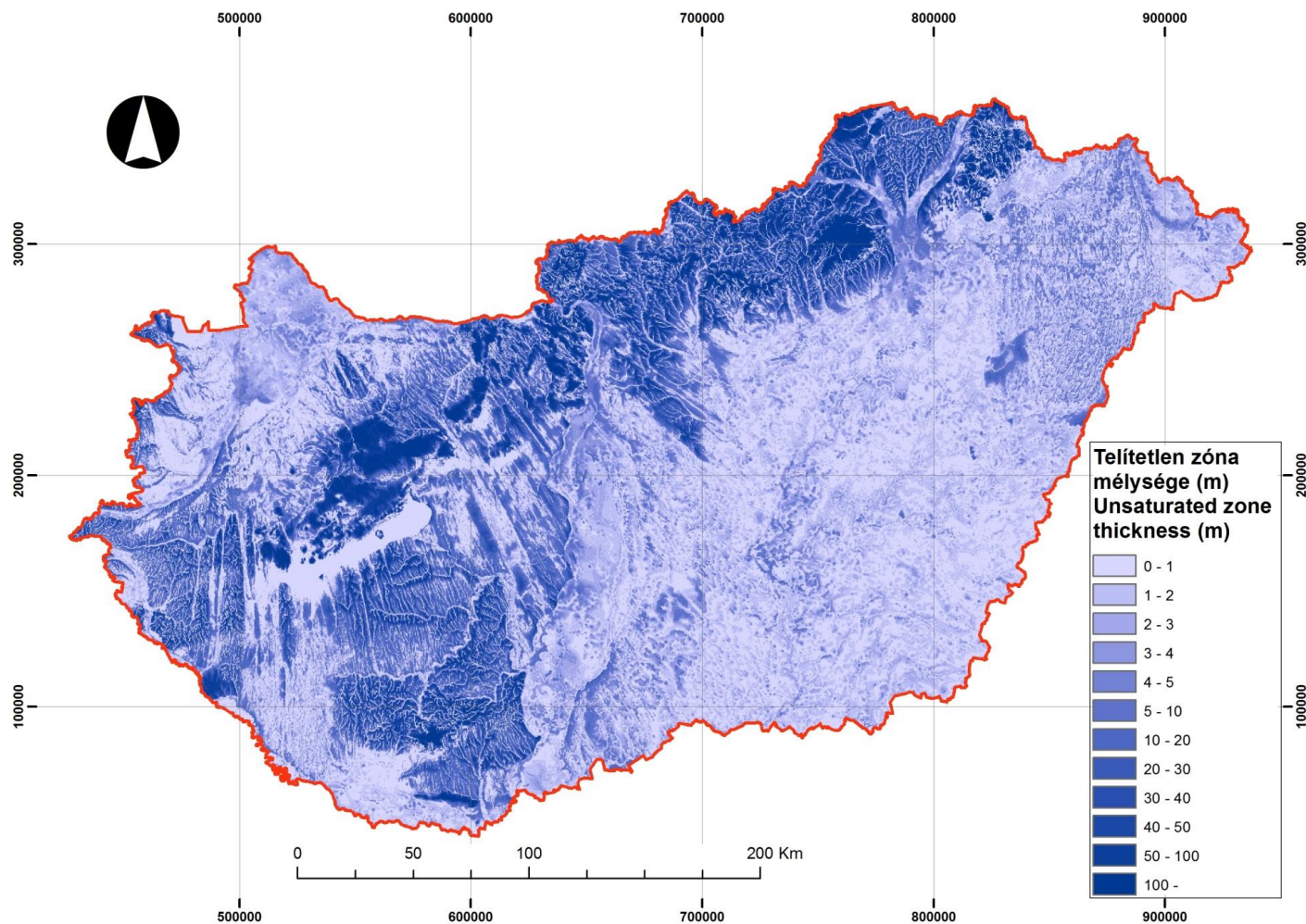
# A telítetlen zóna modellezett vastagsága (a talajvíztükör mélysége), termelések nélkül

## 2005-2009

(a térkép a VKI VGT2 keretében már a termelések hatásaival egészült ki,  
3D áramlási modellel)



REGIONAL ENVIRONMENTAL CENTER



# Konklúziók

- Olyan módszertant alakítottunk ki, amelyik
  - alkalmas a mért, illetve modellezett klímaparaméterekből a talajvízszintek, mélységek számítására;
  - Bármilyen méretarányban alkalmazható, az 50 méteres felbontástól;
  - Moduláris felépítésű és rugalmas
  - Reprodukálható, javítható, módosítható
- A módszertant **országos léptékű modellezésre** alkalmaztuk, az eredmények ebben a léptékben értelmezhetőek
- Szimuláltuk a **múltbeli (mért) és jövőbeli (modellezett) klímaváltozás** beszivárgási viszonyokra és talajvíz szintekre gyakorolt hatását is.
- A Th. klímazónákra végzett vizsgálatok mellett **javasolható a víztestekre és azon belül elevációs zónákra** is elvégezni azokat
- **Lokális vizsgálatokhoz**, (pl. a felszín alatti vizektől függő ökoszisztémák értékeléséhez) **nagyobb felbontás és a pontosabb felszíni víz elevációs adatok** szükségesek, a talajvízpárolgás és felszíni vízként távozó vizek megkülönböztetésével.

## Produktumok 1:

Olyan alaptérkép-együttes, térinformatikai háttér-csomag, **mely vetületében, részletességében, egymáshoz igazítottságában** mindezidáig a legteljesebb az országban, és amely alapját képezheti lokális, szub-regionális és regionális hidrogeológiai értékeléseknek, modellezéseknek.

1. **Új terepmodell** az MH 1:50 E digitalizált szintvonal-adataiból az ArchHydro lehetőségeivel interpolált új terepmodell, vízhálózat menti felszín-mélyítésekkel (~ stream-carving, ~river burning).
2. az MH 1:50 E digitalizált, vízügy által kiegészített felszíni **vízfolyásrajza, mely harmóniában van a terepmodellel**
3. a Corine LULC térinformatikai rendszer, és az **abból szakértői összevonásokkal** készített változatok

## Produkumok 2:

4. Az MFGI hivatalos 1:100E digitalizált **vízföldtani szempontból minősített földtani** térképváltozata, melyet az MH 1:50E terepi és vízrajzi adataival összhangba hoztak
5. Az MFGI 1:100E fedetlen földtani térképváltozata, és a fedett-fedetlen változatokból összeállított **talajvízadó térkép**.
6. A talajvíz tartó **szivárgáshidraulikai paraméter** térképe
7. Az országos talajvíz-domborzati modellezés **módszerfejlesztései, innovatív megoldásai, a kidolgozott, vagy hasznosított modellezési know-how-k, eljárások** szintén fontos termékei a NATÉR projektnek. Másképpen kifejezve: az országos talajvíz-domborzati kép sikeres "előállítás" jól reprezentálja a háttér informatikai termékek használhatóságát, természetesen a hozzáadott hidrogeológusi, meteorológusi szakértői értékekkel együtt.



# Köszönöm a figyelmet!

200000

180000

160000

500000

520000

540000

560000

