

## Klíma forgatókönyvek alkalmazása az integrált modellezésben

A jövőbeli éghajlati adatokat figyelembe vétele növeli a környezeti modellezés bizonytalanságát. A bizonytalanságnak több forrása is lehet, például a klímamodellek meghajtó adatok szerkezete, azaz az alkalmazott forgatókönyv. A bizonytalanság mértékét a több modell eredményén alapuló, ún. ensemble eljárással lehet feltárni. Ennek lényege, hogy különböző időskálákon és különböző forgatókönyvek alkalmazásával javítunk az előrejelzések pontosságán. Továbbá, összehasonlítva a megfigyeléseken alapuló adatokkal, a nyers éghajlati modellek kimenetei szisztematikus hibákat tartalmaznak. Ezeket különböző korrekciós módszerekkel lehet kiküszöbölni, például a kvantilis térképezéssel, amely az egyik leggyakrabban alkalmazott korrekciós eljárás.

A feladat célja az volt, hogy az OPTAIN modellezési megközelítés (vízgyűjtő szintű és tábla szintű modellezés) valamennyi mintaterületére vonatkozóan éghajlati modellszimulációs adatokat szolgáltatson. Ehhez egy közös éghajlati adatbázist használtunk: az EURO-CORDEX projekt RCM-szimulációit és a Reprezentatív Koncentrációs Útvonal (Representative Concentration Pathway) 2.6, 4.5 és 8.5 forgatókönyveit (a számok a XXI. századvégi sugárzási hozzájárulást jelölik). A korrekció az ERA5-Land re-analízis adatainak felhasználásával történt, nem-parametrikus empirikus kvantilis térképezéssel. A becsült torzítás referencia-időszaka az 1981-2010 közötti 30 éves időszak volt. Az 1981-2099/2100 közötti időszakra 6 különböző modellre és 7 változóra (átlagos, minimum és maximum léghőmérséklet, csapadék, napsugárzás, szélsőségek és relatív páratartalom) vonatkoztatva készültek el az előrejelzések. A nyilvánosan közzétett adatok a [ZENODO-n](#), az [OPTAIN-projekt tárhelyén](#) megtekinthetők.

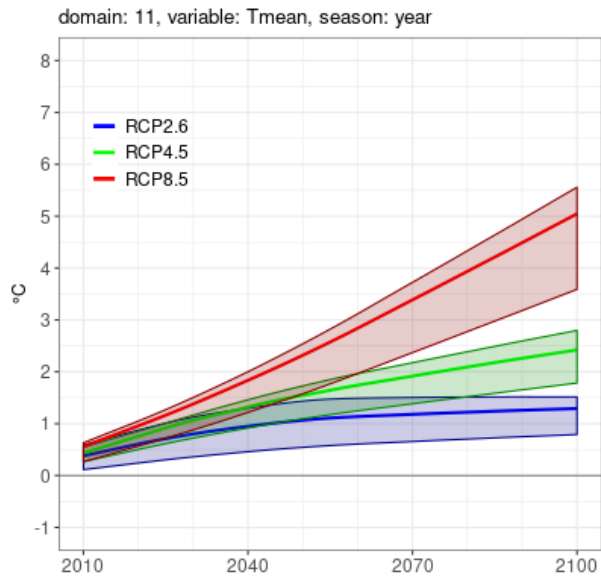
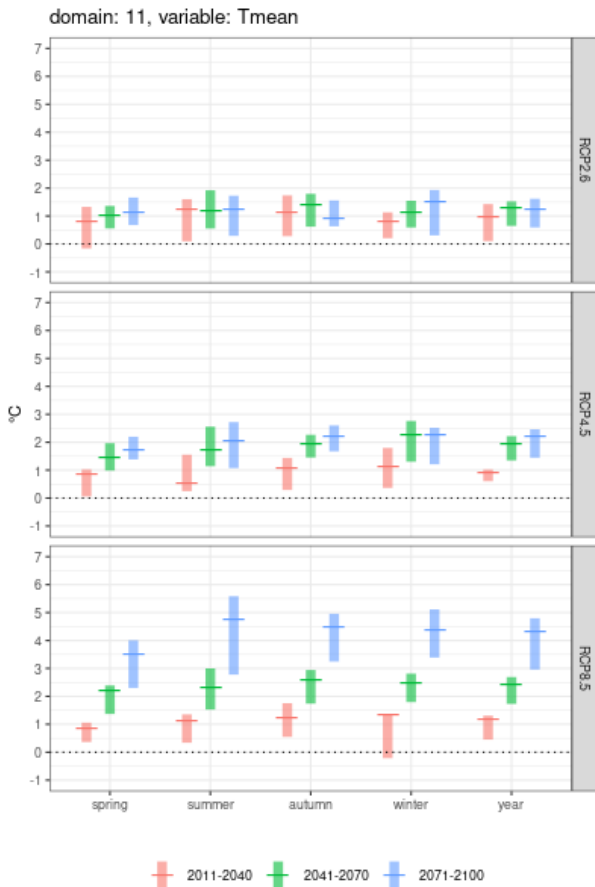
Az éghajlati szimulációk ensemble elemzéséhez az 1981-2010-es referencia-időszakhoz viszonyítva három, 30 éves előrejelzési időszakra (1.: 2011-2040, 2.: 2041-2070, 3.: 2071-2100) vonatkoztatva számítottuk ki a változásokat minden egyes RCM modellszimuláció esetében. Ezután megalkottunk egy ensemble-t, amelynek tagjai az RCM modellszimulációk voltak, és kiszámítottuk az ensemble modell értékeinek a szórását (minimum, medián és maximum értékeket). A változásokat évesenként és évszakok szintjén becsültük meg. Az éghajlat ensemble pontosságát a "változás megbízhatósága" nevű mutatóval becsültük meg, amely azt mutatja meg, hogy az ensemble modellegyüttes tagjai hasonló változásokat mutatnak-e.

Az RCM-szimulációk ensemble elemzéseiből látható, hogy az átlaghőmérséklet-változások megbízhatósága a magas vagy nagyon magas tartományba esnek. Az első előrejelzési időszakban (2011-2040) az átlaghőmérséklet éves mediánváltozásának tartománya nem jelentős, 0,8°C (RCP2,6) és 1,2°C (RCP8,5) között mozog. A tartományok közötti eltérés főként 0,1°C, de esetenként eléri a 0,3°C-ot. A legtöbb évszaki változás télen és ősszel magasabb, mint az egész éves átlag esetén, tavasszal és nyáron pedig alacsonyabb, de mindegyik 0,5°C és 1,3°C közötti értékek közé esik. A második előrejelzési időszak (2041-2070) éves hőmérsékleti változásai 0,9°C (RCP2,6) és 2,8°C (RCP8,5) között mozognak, és szintén valamivel magasabbak a téli és őszi időszakokra,

és valamivel alacsonyabbak a tavaszi és nyári időszakokra. A harmadik előrejelzési időszakban (2071-2100) a változások még hangsúlyosabbak, és a forgatókönyvek között nagy szórást mutatnak, 1°C és 4,4°C közötti eltéréssel. A tavaszi időszakra előre jelzett változások alacsonyabbak, a többi évszakra pedig hasonlóak vagy kissé magasabbak. A hőmérséklet tekintetében az előre jelzett növekedés a boreális régióban a legmagasabb, és a kontinentális régióban a legalacsonyabb.

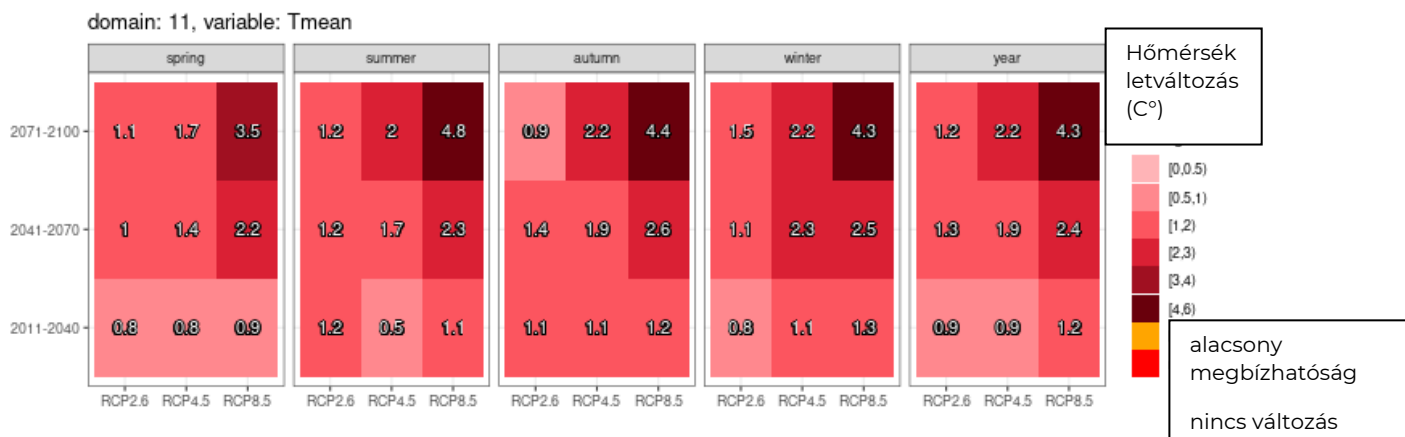
A csapadékváltozásra vonatkozó előrejelzések kevésbé megbízhatóak. A legtöbb esetben magas vagy nagyon magas a téli időszak megbízhatósága, ugyanez alacsonyabb az éves skálán, és a tavaszi időszakra vonatkozóan, de csak az RCP8.5 forgatókönyv esetében. A csapadékviszonyok éves változásai az első előrejelzési időszakban 4% (RCP2.6) és 10% (RCP8.5) között mozognak, a második időszakban 4% és 11% között, a harmadik időszakban pedig 6% és 19% között (mindkettő RCP8.5, különböző tartományok). A téli csapadék növekedésének tartománya 8% és 38% közötti, a harmadik előrejelzési időszakban sokkal nagyobb változásokkal, mint az első kettőben. A tavaszi változások tartománya az RCP8.5 esetében 9% és 27% közötti. Általánosságban elmondható, hogy az előrejelzések alapján, éves szinten a csapadék növekedése várhatóan a boreális régióban lesz a legnagyobb a vizsgált területek közül.

A napsugárzás tekintetében az előrejelzések elsősorban a téli változásokra vonatkozóan megbízhatóak az RCP4.5 és az RCP8.5 esetében, különösen a pannon régióban. A tavaszi változásokra vonatkozóan az RCP8.5 esetében, és az éves változásokra vonatkozóan csak néhány területre, különösen a boreális régióra vonatkozóan tekinthetők megbízhatónak a modellezett adatok. Az előre jelzett változások túlnyomó többsége nem megbízható a szélsőbesség és a relatív páratartalom esetében, ezért azokat figyelmen kívül kell hagyni, vagy legalábbis körültekintően és a megbízhatóságra vonatkozó megjegyzésekkel kell használni.



Az ensemble modellel előállított adatok szórása (min., max., medián változás) az átlaghőmérsékletre vonatkozóan, minden évszakra és évre, a 2011-2040, 2041-2070 és 2071-2100 közötti időszakokra, az RCP2.6, 4.5 és 8.5 figyelembevételével a Tetves mintaterületen.

Az ensemble modellel előállított adatok időbeli alakulása és szórása (min., max., medián változás) az átlaghőmérsékletre vonatkozóan az RCP2.6, 4.5 és 8.5 értékek figyelembevételével a Tetves mintaterületen.



Az átlaghőmérséklet változásának mediánja és megbízhatósága évszakonként és éves szinten, a 2011-2040, 2041-2070 és 2071-2100 közötti időszakokra, az RCP2.6, 4.5 és 8.5 figyelembevételével, a Tetves mintaterületen.

Szerző: Luka Honzak, Tjaša Pogačar