

Soproni Egyetem

Erdőmérnöki Kar

Doktori (PhD) értekezés tézisei

A klímaváltozás hatása a vízkészletekre
a felszínborítás figyelembevételével

Csáki Péter

Sopron

2019

Doktori Iskola: Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási
Tudományok Doktori Iskola

Vezető: Prof. Dr. Faragó Sándor

Program: Erdei ökoszisztémák ökológiája
és diverzitása

Vezető: Prof. Dr. Mátyás Csaba

Témavezető: Prof. Dr. Gribovszki Zoltán

Bevezetés

Magyarországon – többéves időtávot vizsgálva – a lehulló csapadék körülbelül 90%-a a párolgás révén visszakerül a légkörbe, így a lefolyásra rendelkezésre álló hasznosítható vízmennyiség mindössze 10% körül alakul. Ezen jellemzők számszerűsítésével vizsgálható egy adott terület vízháztartása, hosszabb időtávon.

A klímaváltozás hatására a 21. században az előrejelzések alapján magasabb lesz az átlaghőmérséklet, valamint kevesebb lesz a csapadékos napok száma és a nyári csapadék hazánkban. Ennek eredményeképpen a párolgás mértékében növekedés, míg a lefolyás esetében pedig csökkenés várható. Kevesebb víz állhat majd rendelkezésre az igények kielégítésére, főként az öntözés számára. Jelentős vízkészlet csökkenés várható a felszíni vizek – kiemelten a Balaton – esetében, de veszélybe kerülhet a felszín alatti ivóvízbázisok egy része is.

A párolgás és a lefolyás mennyiségének minél pontosabb meghatározása, valamint az előrejelzett változások mértékének becslése regionális és lokális szinten is fontos feladat. Az eredmények segítséget nyújthatnak különböző szakterületeken (pl.: vízgazdálkodás, mezőgazdaság, erdőgazdálkodás) hosszú távú tervek készítésében, alkalmazkodási stratégiák kidolgozásában.

Célkitűzések

Különböző felszínborítású területek vízháztartásának vizsgálatára korábban csak pontszerű mérésekből származó adatok összehasonlításával nyílt lehetőség. A távérzékelési technológiák fejlődése új távlatokat nyit a hidrológiával kapcsolatos vizsgálatok vonatkozásában is.

A kutatás egyik célja egy módszer kifejlesztése, amely segítséget nyújt különböző felszínborítás típusok vízháztartásának elemzésére, műholdas adatokon alapuló, 1 km²-es felbontású párolgástérképek (CREMAP) felhasználásával.

A gyakorlati erdőgazdálkodás számára az elérhető 1 km²-esnél nagyobb (azaz finomabb) térbeli felbontású párolgástérképekre van szükség, melyekkel egyes erdőrészek, erdőállományok vízforgalma közötti különbségek elemzésére is lehetőség nyílna. Ezért feladatunként tűztem ki a kutatásban használt párolgástérképek leskálázási módszerének kidolgozását is.

A kutatás harmadik célkitűzése egy térinformatikai alapú, hidrológiai előrejelzésre alkalmas modell kidolgozása, valamint kalibrációja és validációja kiválasztott mintaterületeken. A modell segítségével, regionális klímamodellek adatainak felhasználásával (hőmérséklet, csapadék) térben osztott hidrológiai adatok (párolgás, lefolyás) hosszú távú előrejelzésére nyílik lehetőség.

Új tudományos eredmények - tézisek

1. Kidolgoztam egy módszert különböző felszínborítások vízháztartásának térben osztott módon való vizsgálatára **[1, 2]**.

Az elemzésekhez használt 1 km²-es felbontású raszteres párolgás- és lefolyástérképeket a vektoros CORINE Land Cover 2006 adatbázissal metszettem, öt felszínborítás típus elkülönítésével. Egy párolgás vagy lefolyás pixelhez több felszínborítási kategória is tartozhat. A statisztika során az ilyen „kevert pixelek” értéke beszámításra kerülne több kategóriába is, tompítva ezzel a felszínborítás típusok között jelentkező különbségeket. E probléma kiküszöbölésére a vizsgálat során a „homogén pixelek”-re való szűrést alkalmaztam: csak a legalább 90%-ban (0,9 km²) homogén felszínborítással rendelkező területeket vettem figyelembe. A módszerrel a különböző felszínborítás típusok vízháztartása elemezhető, egymással összehasonlítható.

2. Levezettem egy eljárást, amely alkalmazható térben osztott párolgás adatok nagyobb felbontásra való leskálázására, műholdas méréseken alapuló vegetációs indexek segítségével **[3, 4]**.

A kutatásban használt CREMAP 1 km²-es párolgástérképek leskálázáshoz (azaz térbeli felbontásának finomításához) a 250*250 m-es MODIS NDVI (Normalizált Vegetációs Index) lett kiválasztva, mint változó, a regresszió meghatározásához. (Az eljárás más vegetációs indexekkel – LAI, EVI, stb. –

való leskálázásra is használható.) A leskálázást bemutattam egy melegebb és szárazabb (2003. május-október), valamint egy hűvösebb és csapadékosabb (2005. május-október) időszak példáján is. A leskálázott adatok segítségével összehasonlítottam különböző faállomány típusok egymáshoz viszonyított párolgását. Az elemzések során alkalmaztam a „homogén pixelek” módszerét, csak azokat a leskálázott párolgás cellákat vettem figyelembe, amelyek teljes területe (250*250 m = 6,25 ha) egy faállomány típusba tartozott.

3. Kidolgoztam egy térinformatikai alapú, hosszú távú hidrológiai előrejelzések készítésére alkalmas éghajlat-lefolyás modellt [5, 6].

Mért adatok felhasználásával megvizsgáltam a modell klímaérzékenységét, valamint elvégeztem a validációját [7, 8].

A modell részben a Nováky által kidolgozott éghajlat-lefolyás számítási módszer továbbfejlesztése. Kétféle paramétert használ, amelyek előállításához azonos térbeli felbontású párolgás, csapadék és hőmérséklet adatokra van szükség. Az úgynevezett α paraméter a Budyko-féle modellre épül, számítása többletvízhatástól független területekre lehetséges. A többletvízhatású pixelekre egy lineáris (a tényleges és a kádpárolgás arányát mutató) β paramétert vezettem be. A két paraméter használható a párolgás és a lefolyás becslésére térben osztott módon, bármely hosszú távú (akár jövőbeli) időszakra. Ehhez a paramétertérképek mellett (térben osztott) hőmérséklet és csapadék adatokra van szükség a modellezett időszakra. Az α paraméter klímaérzékenység-vizsgálatát, valamint a modell validációját

a Zala folyó vízgyűjtőjére (négy részvízgyűjtőre bontva) végeztem el, mért csapadék, hőmérséklet és vízhozam adatok felhasználásával. Az eredmények alapján az α nem érzékeny a klímátényezőkre. A β paraméter klímaérzékenység-vizsgálata nem volt elvégezhető, mivel nagyon kevés pixel tartozott a paraméterhez az érintett területen. A validálás során a tényleges párolgást számítottam a mért adatokból az egyszerűsített vízmérleg alapján, valamint előállítottam a modellel is, majd az értékek összehasonlításával vizsgáltam az eltérést. Megállapítottam, hogy a teljes vizsgált vízgyűjtőre kapott eltérések átlaga mindössze 1,2% volt.

4. A validált modell alkalmazásával hidrológiai előrejelzéseket készítettem a 21. századra, melyeket országos szinten, felszínborítások szerint, valamint több kiválasztott terület esetén is elemeztem [9, 10].

Az előrejelzések készítéséhez az α és β paraméterterképek mellett 12 regionális klímamodell hőmérséklet és csapadék adatait használtam fel, melyek A1B kibocsátási forgatókönyv alapján készültek. A vizsgálat során három jövőbeli időszak (2011-2040, 2041-2070, 2071-2100) párolgásának és lefolyásának változását hasonlítottam egy múltbeli (referencia) időszakhoz (1981-2010). Az országos szintű elemzéseknél kitértem a különböző felszínborítás típusok vízháztartásának várható alakulására is. Részletesen vizsgáltam az előrejelzéseket a Zala vízgyűjtő, a Bácsbokodi-Kígyós vízgyűjtő, a Belső-Somogyi-homokvidék, a Duna-Tisza közti hátság és a Nyírség esetében.

A kidolgozott módszerek (különböző felszínborítások vízháztartásának elemzése, párolgástérképek leskalázása) és az előrejelző modell természetesen közel sem tökéletesek (pl.: a modell nem veszi figyelembe a felszínborítás jövőbeli változását, valamint a szezonális változásokat). Viszont a korlátok, megkötések és bizonytalanságok figyelembe vételével jó kiindulási alapot nyújtanak térben osztott hidrológiai vizsgálatokhoz. A jövőben elérhetővé válhatnak megbízhatóbb és nagyobb térbeli felbontású adatok, amelyekkel a módszerek továbbfejleszthetők, és így még pontosabb elemzések és előrejelzések készülhetnek.

Az értekezés témaköréhez kapcsolódó publikációk

Publikációk lektorált szakfolyóiratban

Csáki, P., Szinetár, M.M., Herceg, A., Kalicz, P., Gribovszki, Z., 2018. Climate change impacts on the water balance - case studies in Hungarian watersheds. *Időjárás* 122 (1), pp. 81–99. <https://doi.org/10.28974/idojaras.2018.1.6> [10]

Szinetár, M.M., Csáki, P., Keve, G., Gribovszki, Z., 2018. Változó klimatikus viszonyok hatásai a vízháztartási mérlegre - Esettanulmány a Bácsbokodi-Kígyós vízgyűjtőjén. *Hidrológiai Közlöny* 98 (1), pp. 50-59.

Csáki, P., Kalicz, P., Brolly, G.B., Csóka, G., Czimber, K., Gribovszki, Z., 2014. Hydrological impacts of various land cover types in the context of climate change for Zala County. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 10 (2), pp. 117–131. <https://doi.org/10.2478/aslh-2014-0009> [5]

Csáki, P., Kalicz, P., Csóka, G., Brolly, G.B., Czimber, K., Gribovszki, Z., 2014. Különböző felszínborítások hidrológiai hatásai a klímaváltozás tükrében Zala megye példáján. *Erdészettudományi Közlemények* 4 (2), pp. 65-76. [6]

Könyvfejezetek

Gribovszki, Z., Csáki, P., Szinetár, M., 2019. Hydrological impacts of climate change on forests, in: Palocz-Andresen, M., Szalay, D., Gosztom, A., Sípos, L., Taligás, T. (Eds.): International Climate Protection. Springer, Cham, Switzerland. pp. 119-127.

Gribovszki, Z., Brolly, G.B., Czimer, K., Csáki, P., Csáfordi, P., Herceg, A., Kalicz, P., Kisfaludi, B., Kucsara, M., Zagyvainé Kiss, K.A., 2014. A hidrológiai viszonyok jellemzése és megváltozása, in: Bidló, A., Király, A., Mátyás, Cs. (Eds.): Agrárklíma: az előrevetített klímaváltozás hatáselemzése és az alkalmazkodás lehetőségei az erdészeti- és agrárszektorban. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország. pp. 17-31.

Gribovszki, Z., Csáki, P., Herceg, A., 2014. Földhasználat változás visszacsatolás a klímára, hidrológiára, in: Bidló, A., Király, A., Mátyás, Cs. (Eds.): Agrárklíma: az előrevetített klímaváltozás hatáselemzése és az alkalmazkodás lehetőségei az erdészeti- és agrárszektorban. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország. pp. 175-179.

Konferenciakötetben megjelent publikációk

Csáki, P., Czimer, K., Király, G., Kalicz, P., Zagyvainé Kiss, K.A., Gribovszki, Z., 2019. A CREMAP párolgástérkép leskálázása erdőállományok vízháztartásának vizsgálatához, in: Király, G., Facskó, F. (Eds.): Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar VII. Kari Tudományos Konferencia, konferencia kiadvány. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország. 6 p. Megjelenés alatt. **[4]**

Csáki, P., Czimer, K., Király, G., Kalicz, P., Zagyvainé Kiss, K.A., Gribovszki, Z., 2019. Különböző erdőállományok vízfelhasználása az Alföldön, értékelés párolgástérképek alapján, in: Csiha, I., Csiha, S., Nagy, A. (Eds.): Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap: Tudományos eredmények a gyakorlatban. Alföldi Erdőkért Egyesület, Kecskemét, Magyarország. 8 p.

Csáki, P., Kalicz, P., Peixoto Neto, A.M.L., Czimer, K., Gribovszki, Z., 2017. Water balance of different land cover types in Hungary, in: Kalicz, P., Hlavcova, K., Zagyvai-Kiss, K., Kochnova, S., Slezia, P., Széles, B., Gribovszki, Z. (Eds.): HydroCarpath International Conference, Catchment processes in regional hydrology: experiments, patterns and predictions. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország. 5 p. **[1]**

Csáki, P., Peixoto Neto, A.M.L., Zakota, T.Z., Czimer, K., Kalicz, P., Gribovszki, Z., 2017. Különböző felszínborítású területek vízháztartása 2000–2008 között, különös tekintettel az erdőkre, in: Bidló, A., Facskó, F. (Eds.): Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar VI. Kari Tudományos Konferencia. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország. 5 p. [2]

Csáki, P., Gyimóthy, K., Kalicz, P., Kisfaludi, B., Gribovszki, Z., 2015. Éghajlat-lefolyás modell kidolgozása a Zala vízgyűjtőjére, in: Bidló, A., Facskó, F. (Eds.): Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar V. Kari Tudományos Konferencia, konferencia kiadvány. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország. 5 p. [7]

Csáki, P., Gyimóthy, K., Kalicz, P., Kisfaludi, B., Gribovszki, Z., 2015. Development and validation of a climate-runoff model for the Zala River Basin, in: Gribovszki, Z., Hlavčová, K., Kalicz, P., Kohnová, S., Carr, G. (Eds.): HydroCarpath International Conference, Catchment processes in regional hydrology: linking experiments and modelling in Carpathian drainage basins. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország. 7 p. [8]

Kisfaludi, B., Csáki, P., Primusz, P., Péterfalvi, J., Gribovszki, Z., 2015. Comparison of CREMAP and MODIS MOD16 evapotranspiration, in: Gribovszki, Z., Hlavčová, K., Kalicz, P., Kohnová, S., Carr, G. (Eds.): HydroCarpath International Conference, Catchment processes in regional hydrology: linking experiments and modelling in Carpathian drainage basins. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország. 6 p.

Csáki, P., Brolly, G.B., Czimer, K., Kisfaludi, B., 2014. Spatially distributed analysis of the climatic water balance for Zala County (west-southwest Hungary), in: Kalicz, P., Hlavcova, K., Kohnova, S., Gribovszki, Z. (Eds.): HydroCarpath International Conference, Catchment processes in regional hydrology: confronting experiments and modeling in Carpathian drainage basins. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország. 9 p.

Csáki, P., Kalicz, P., Brolly, G.B., Czimer, K., Gribovszki, Z., 2014. Aktuális párolgás térképek felhasználása térben osztott éghajlat lefolyás modellek készítésére Zala megye példáján, in: Bidló, A., Horváth, A., Szűcs, P. (Eds.): Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar IV. Kari Tudományos Konferencia, konferencia kiadvány. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország. 5 p.

Csáki, P., Kalicz, P., Brolly, G.B., Czimer, K., Kisfaludi, B., Gribovszki, Z., 2014. How is water balance affected by climate change? An example based on spatial data of Zala County (west-southwest Hungary), in: Polgár, A., Bazsó, T., Nagy, G., Gálos, B. (Eds.): Local and regional challenges of climate change adaptation and green technologies / A klímaváltozás helyi és regionális kihívásai, zöld technológiák. Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Sopron, Magyarország. 7 p.

Csáki, P., Kalicz, P., Brolly, G.B., Czimer, K., Gribovszki, Z., 2013. Various land cover types impact on water balance in Zala County, in: Kalicz, P., Gribovszki, Z., Hlavcová, K., Kohnová, S. (Eds.): HydroCarpath International Conference, Catchment processes in regional hydrology: experiments, modeling and predictions in Carpathian drainage basins. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország. 12 p.

Konferenciakötetben megjelent kivonatok

Csáki, P., Czimer K., Király, G., Kalicz, P., Zagyvai-Kiss, K.A., Gribovszki, Z., 2019. Vegetation index-based evapotranspiration downscaling for Hungary, in: Kalicz, P., Hlavcová, K., Kohnová, S, Rattayová, V., Gribovszki, Z. (Eds.): HydroCarpath International Conference, Catchment processes in regional hydrology: coupling field experiments and data assimilation into process understanding and modeling in carpathian basins. Abstracts of the conference. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország.

Csáki, P., Czimer, K., Király, G., Kalicz, P., Zagyvainé Kiss, K.A., Gribovszki, Z., 2019. A CREMAP párolgástérkép leskálázása erdőállományok vízháztartásának vizsgálatához, in: Facskó, F., Király, G. (Eds.): Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar VII. Kari Tudományos Konferencia, a konferencia előadásainak és posztereinek kivonatai. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország.

Gálos, B., Csáki, P., Gribovszki, Z., Kalicz, P., Zagyvai, G., Tiborc, V., Bartha, D., Hofmann, T., Visiné Rajczi, E., Balázs, P., 2019. Multidiszciplináris adatbázis és oktatási segédanyag fejlesztés komplex erdészeti klímahatás elemzések végzéséhez, in: Facskó, F., Király, G. (Eds.): Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar VII. Kari Tudományos Konferencia, a konferencia előadásainak és posztereinek kivonatai. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország.

Csáki, P., Czimer K., Király, G., Gálos, B., Kalicz, P., Zagyvai-Kiss, K.A., Gribovszki, Z., 2018. Spatially distributed evapotranspiration maps for forest management applications, in: Kalicz, P., Hlavcová, K., Kohnová, S., Rattayová, V., Gribovszki, Z. (Eds.): HydroCarpath International Conference, Catchment processes in regional hydrology: Field experiments and modelling in Carpathian basins. Abstracts of the conference. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország.

Csáki, P., Czimer K., Király, G., Kalicz, P., Gribovszki, Z., 2018. Downscaling of the CREMAP actual evapotranspiration map using MODIS NDVI data. In: 17th Biennial Conference, Euromediterranean Network of Experimental and Representative Basins, Innovative monitoring techniques and modelling approaches for analysing hydrological processes in small basins, Abstracts of the conference, Darmstadt, Németország. [3]

Csáki, P., Király, G., Czimer, K., Kalicz, P., Gribovszki, Z., 2018. Downscaling of the CREMAP actual evapotranspiration map for forest management applications. Geophysical Research Abstracts 20, Paper: EGU2018-13532, EGU General Assembly, Bécs, Ausztria.

Zagyvai, G., Horváth, A., Csáki, P., Gribovszki, Z., Kalicz, P., Herceg, A., Tiborcz, V., Bartha, D., Hofmann, T., Visi-Rajczi, E., Balázs, P., Bidló, A., Gálos, B., 2018. Estimating changes of potential natural forest community composition using multidisciplinary approach in Hungary. Geophysical Research Abstracts 20, Paper: EGU2018-6828-2, EGU General Assembly, Bécs, Ausztria.

Csáki, P., 2017. Water balance of forest and semi natural areas in Hungary (2000-2008). Geophysical Research Abstracts 19, Paper: EGU2017-885-1, EGU General Assembly, Bécs, Ausztria.

Csáki, P., Kalicz, P., Peixoto Neto, A.M.L., Czimer, K., Gribovszki, Z., 2017. Water balance of different land cover types in Hungary, in: Kalicz, P., Hlavcova, K., Zagyvai-Kiss, K.A., Kochnova, S., Slezziak, P., Széles, B., Gribovszki, Z. (Eds.): HydroCarpath International Conference, Catchment processes in regional hydrology: experiments, patterns and predictions. Abstracts of the conference. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország.

Csáki, P., Peixoto Neto, A.M.L., Bárdos, Zs., Czimer, K., Kalicz, P., Gribovszki, Z., 2017. Különböző felszínborítású területek vízháztartása 2000–2008 között, különös tekintettel az

erdőkre, in: Bidló, A., Facskó, F. (Eds.): Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar VI. Kari Tudományos Konferencia, a konferencia előadásainak és poszttereinek kivonatai. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország.

Csáki, P., Szinetár, M.M., Herceg, A., Kalicz, P., Gribovszki, Z., 2017. Climate change impacts on the water balance – case studies in Hungarian watersheds, in: Kalicz, P. (Ed.): Water balance of small catchments in a changing climate, Abstracts of the Workshop, Euromediterranean Network of Experimental and Representative Basins and University of Sopron. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország.

Gálos, B., Csáki, P., Gribovszki, Z., Kalicz, P., Tiborc, V., Zagyvai, G., Bartha, D., Hofmann, T., Visi-Rajczí, E., Balázs, P., 2017. Multidisciplinary aspects for adaptation to climate extremes in forestry, in: Kalicz, P., Hlavcova, K., Zagyvai-Kiss, K.A., Kochnova, S., Slezák, P., Széles, B., Gribovszki, Z. (Eds.): HydroCarpath International Conference, Catchment processes in regional hydrology: experiments, patterns and predictions. Abstracts of the conference. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország.

Gálos, B., Somogyi, Z., Csáki, P., Führer, E., Berki, I., Bidló, A., Czímber, K., 2017. Assessment of the robustness and uncertainty of climate projections applied for impact analysis and adaptation support in forestry, in: Wingfield, M.J. (Ed.): International Union of Forest Research Organisations - IUFRO, Interconnecting Forests, Science and People. Paper: IUFRO17-3888.

Gribovszki, Z., Csáki, P., Herceg, A., Kisfaludi, B., Kalicz, P., 2017. Hidrológiai viszonyok a változó klímában, fókuszban az erdők, in: Bidló, A., Facskó, F. (Eds.): Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar VI. Kari Tudományos Konferencia, a konferencia előadásainak és poszttereinek kivonatai. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország.

Kisfaludi, B., Csáki, P., Péterfalvi, J., Primusz, P., 2017. Comparison of two spatially distributed evapotranspiration mapping methods by months, in: Kalicz, P. (Ed.): Water balance of small catchments in a changing climate, Abstracts of the Workshop, Euromediterranean Network of Experimental and Representative Basins and University of Sopron. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország.

Kisfaludi, B., Csáki, P., Péterfalvi, J., Primusz, P., 2017. Seasonal comparison of two spatially distributed evapotranspiration mapping methods. Geophysical Research Abstracts 19, Paper: EGU2017-13497, EGU General Assembly, Bécs, Ausztria.

Csáki, P., Herceg, A., Kalicz, P., Gribovszki, Z., 2016. A klímaváltozás hatása a vízmérlegre, esettanulmányok magyarországi vízgyűjtőkön, in: Szalai, S. (Ed.): 42. Meteorológiai Tudományos Napok: A vízgazdálkodás meteorológiai vonatkozásai. MTA Földtudományok Osztálya, Budapest, Magyarország.

Csáki, P., Kalicz, P., Gribovszki, Z., 2016. Water balance projections for Hungarian sand regions, in: Kalicz, P., Hlavcová, K., Kohnová, S., Gribovszki, Z. (Eds.): HydroCarpath International Conference, Catchment processes in regional hydrology: from plot to regional scales - monitoring catchment processes and hydrological modelling. Abstracts of the conference. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország.

Csáki, P., Kalicz, P., Gribovszki, Z., 2016. Spatially distributed evapotranspiration and recharge estimation for sand regions of Hungary in the context of climate change. Geophysical Research Abstracts 18, Paper: EGU2016-17957, EGU General Assembly, Bécs, Ausztria. [9]

Gálos, B., Ostler, W.U., Csáki, P., Bidló, A., Panferov, O., 2016. Is “the perfect model” really needed? - Analysis of the quality level of climate information necessary for supporting adaptation in agriculture and forestry. Geophysical Research Abstracts 18, Paper: EGU2016-5075, EGU General Assembly, Bécs, Ausztria.

Kisfaludi, B., Csáki, P., Primusz, P., Péterfalvi, J., Gribovszki, Z., 2016. Seasonal comparison of two MODIS-data based evapotranspiration estimation methods, in: Kalicz, P., Hlavcová, K., Kohnová, S., Gribovszki, Z. (Eds.): HydroCarpath International Conference, Catchment processes in regional hydrology: from plot to regional scales - monitoring catchment processes and hydrological modelling. Abstracts of the conference. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország.

Csáki, P., Gyimóthy, K., Kalicz, P., Kisfaludi, B., Gribovszki, Z., 2015. Éghajlat-lefolyás modell kidolgozása a Zala vízgyűjtőjére, in: Bidló, A., Facskó, F. (Eds.): Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar V. Kari Tudományos Konferencia, a konferencia előadásainak és poszttereinek kivonatai. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország.

Csáki, P., Gyimóthy, K., Kalicz, P., Kisfaludi, B., Gribovszki, Z., 2015. Development of a climate-runoff model for the catchment of Zala River. Geophysical Research Abstracts 17, Paper: EGU2015-11107, EGU General Assembly, Bécs, Ausztria.

Gálos, B. Czimber, K., Gribovszki, Z., Bidló, A., Csáki, P., Kalicz, P., Hänsler, A., Jacob, D., Mátyás, Cs., 2015. Climate change information supporting adaptation in forestry and agriculture – results and challenges. Geophysical Research Abstracts 17, Paper: EGU2015-11681, EGU General Assembly, Bécs, Ausztria.

Csáki, P., Brolly, G.B., Czimber, K., Kalicz, P., Kisfaludi, B., Gribovszki, Z., 2014. Climate change impact on various land cover types water balance in South Western Hungary. Geophysical Research Abstracts 16, Paper: EGU2014-14993, EGU General Assembly, Bécs, Ausztria.

Csáki, P., Kalicz, P., Brolly, G.B., Czimber, K., Gribovszki, Z., 2013. Aktuális párolgás térképek felhasználása térben osztott éghajlat lefolyás modellek készítésére Zala megye példáján, in: Bidló, A., Szabó, Z. (Eds.): Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar IV. Kari Tudományos Konferencia, konferencia előadásainak és poszttereinek kivonatai. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország.

Kiadványban meg nem jelent előadások

Csáki, P., Czimber, K., Király, G., Kalicz, P., Zagyvai-Kiss, K.A., Gribovszki, Z., 2019. NDVI-based downscaling of the CREMAP actual evapotranspiration maps. International Conference on Sustainable Economy and Agriculture. Kaposvári Egyetem, Kaposvár, Hungary. 2019.11.13-14.

Csáki, P., Kalicz, P., Gribovszki, Z., 2018. Water balance of agroforestry systems using remote sensing-based applications. International Workshop on modeling and simulation based analysis and decision support of agro-forestry processes, as a complex example system within Water - Food - Energy - Ecosystem Nexus. Kaposvári Egyetem, Kaposvár, Magyarország, 2018.06.07-08.

Csáki P., Herceg, A., Szinetár, M.M., Kalicz, P., Gribovszki, Z., 2018. Climate change impacts on the water balance – comparing two hydrological models with different time steps in Hungarian watersheds. Remote Sensing and Hydrology Symposium (ICRS-IAHS). Córdoba, Spanyolország, 2018.05.08-10.

Csáki, P., Kalicz, P., Gribovszki, Z., 2015. A felszín alatti vizek utánpótlódásának térben osztott becslése a klímaváltozás tükrében. Magyar Tudományos Akadémia Hidrogeológiai Albizottság ülése. Budapest, 2015.12.14.

Csáki, P., 2015. Különböző felszínborítások vízforgalomra gyakorolt hatása Zala megye példáján. XXXII. Országos Tudományos Diákköri Konferencia, Óbudai Egyetem, Budapest, 2015.03.25-27.

Csáki, P., Gálos, B., 2014. Éghajlati tendenciák hidrológiai hatásai Zala megyében. Magyar Hidrológiai Társaság Soproni Területi Szervezetének rendezvénye. Sopron, 2014.11.18.

Csáki, P., 2014. Az erdő és más felszínborítású területek vízháztartási elemeinek vizsgálata térinformatikai módszerekkel. Országos Erdészeti Egyesület Erdészeti Vizgazdálkodási Szakosztálya és a Soproni Helyi Csoport közös rendezvénye. Sopron, 2014.09.02.

Csáki, P., 2014. Különböző felszínborítások vízforgalomra gyakorolt hatása Zala megye példáján. XIV. Országos Felsőoktatási Környezettudományi Diákkonferencia, Pécsi Tudományegyetem, Pécs, 2014.05.23-25.

Az értekezés témaköréhez közvetlenül nem kapcsolódó, jelentősebb publikációk

Szita, R., Horváth, A., Winkler, D., Kalicz, P., Gribovszki, Z., Csáki, P., 2019. A complex urban ecological investigation in a mid-sized Hungarian city–SITE assessment and monitoring of a liveable urban area, PART 1: Water quality measurement. *Journal of Environmental Management*, 247. pp. 78-87.

Horváth, A., Csáki, P., Kalicz, P., Szita, R., Winkler, D., Bidló, A., 2018. Komplex városökológia vizsgálatok Székesfehérváron, in: Czupy, I., Horváth, A. (Eds.): *Kutatások a 210 éves Erdőmérnöki Karon*. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország. pp. 51-56.

Zagyvainé Kiss, K.A., Csáki, P., Kalicz, P., Szőke, E., Gribovszki, Z., 2018. A fák hidrológiai szerepe az agrárerdészeti rendszerekben, in: Czupy, I., Horváth, A. (Eds.): *Kutatások a 210 éves Erdőmérnöki Karon*. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország. pp. 41-45.

Gribovszki, Z., Kalicz, P., Csáfordi, P., Csáki, P., Gyimóthy, K., Szegedi, B., Szita, R., Gerencsér, N., Szinetár, M.M., Ambrus, A., 2012. A városiasodás hatásai a vizekre, in: Albert, L., Bidló, A., Jancsó, T., Gribovszki, Z. (Eds.): *Városok öko-környezetének komplex vizsgálata a nyugat dunán-túli régióban*. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország. pp. 169-224.