

A TALAJ–NÖVÉNY–LÉGKÖR RENDSZER FOLYAMATAINAK SZIMULÁLÁSA A METEOROLÓGIAI ALKALMAZÁSÚ MODELLEKBEN.

II. RÉSZ: HAZAI GYAKORLAT

SIMULATION OF THE PROCESSES IN THE SOIL–VEGETATION–ATMOSPHERE SYSTEM IN THE METEOROLOGY.

PART II: HUNGARIAN APPLICATIONS

Ács Ferenc, Mona Tamás

ELTE Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A.

acs@caesar.elte.hu, emfelloosz@gmail.com

Összefoglaló. A tanulmány a hazai, meteorológiai alkalmazású SVAT-modellezés (Soil Vegetation Atmosphere Transfer) tudományának fejlődését tekinti át az I. részben megadott szempontok alapján.

Abstract. A review of SVAT (Soil Vegetation Atmosphere Transfer) models applied in the Hungarian meteorological practice is given according to viewpoints presented in part I.

Hazai gyakorlat. A hazai, meteorológiai alkalmazású SVAT-modelleket az I. részben bemutatott szempontok szerint fogjuk áttekinteni a fejlődési folyamat könnyebb összehasonlíthatósága végett. A hazai SVAT-modellezés fejlődése az *I. táblázatban* látható (a táblázat az I. rész 1. táblázatának hazai megfelelője). Mivel a fejlődés folyamatát már jellemeztük az I. részben, ezúttal csak a leglényegesebb szempontok felsorolására szorítkozunk.

mázták agrometeorológiai célokra. Az elmélet mikrometeorológiai célú megközelítését *Endrődi* (1980) és *Weidinger* (1986) munkáiban láthatjuk. Az elmélet alkalmazásánál felmerülő más vonatkozások, pl. az univerzális függvényekre való érzékenység, vagy a numerikus séma meghatározó szerepének elemzése, *Weidinger et al.* (2000), valamint *Ács és Kovács* (2001) munkáiban olvashatók. A felszín közeli átvitel és a légköri rétegződés

1. táblázat: A magyarországi SVAT-modellek különböző típusai az I. rész 1. táblázatban megadott szempontok szerint. S=talaj, V=vegetáció, A=légkör, T=lég hőmérséklet, h=potenciális napfénytartam, PET=potenciális evapotranspiráció, ET=tényleges evapotranspiráció, FAO=Food and Agricultural Organization, USDA=United State Department of Agriculture.

SVAT-modellek típusai	Kölcsönhatás	Komponensek, folyamatok					
		talaj	növényzet	PET	ET	fenológia	ökológia
0. generációs modellek	V–A	–	biom	T, h	–	–	–
1. generációs modellek	SV–A	homogén	homogén	több változó függvényében	PET függvényében	–	–
2. generációs modellek	S–A, V–A, S–V	heterogén FAO, USDA	biom, növényi életforma	–	sztóma	empirikus	–
4. generációs modellek	S–A, V–A, S–V	heterogén	növényi életforma	–	fotoszintézis	szimuláció	allokáció, szukcesszió

0. generációs SVAT-modellek. Hazánkban a 0. generációs SVAT-modellek alkalmazásának van hagyománya. A külföldi tanulmányokhoz hasonlóan mikro- és makroskálájú vizsgálatokkal találkozhatunk. Az első hazai, biofizikai szempontokat is tartalmazó elemzések *Szeicz et al.* (1969), valamint *Endrődi* (1974) tollából olvashatók. A biofizikai szempontok mélyebb elemzése *Ács* (2003) munkájában látható a növényi és a csupasz talaj párolgás folyamatának összehasonlításánál. Egy újabb, biofizikai szempontú elemzéssel – habár klimatológia jellegű – *Breuer és Ács* (2010) munkájában találkozhatunk. Az inverz modellek sajátos, 0. generációs SVAT-modelleknek tekinthetők. Ilyen típusú modellek kidolgozásával *Dunkel et al.* (1989), *Szabó et al.* (1989), *Szilágyi és Józsa* (2009) és *Kovács* (2011) foglalkoztak, és többnyire a tényleges evapotranspiráció becslésére használták. *Monin és Obukhov* (1954) turbulencia elméletét elsőként *Antal* (1961) és *Kissné Tóth* (1965) alkal-

kapcsolatának részletesebb elemzésével *Ács és Druzcza* (2003) foglalkoztak. A légköri rétegződés és a szinoptikus helyzetek viszonyát *Seres és Ács* (2006) taglalták. A légköri rétegződés kérdéskörének gyakorlat-orientáltabb vonatkozásairól *Ács és Vincze* (2009) tanulmányából értesülhetünk. A légköri rétegződéssel kapcsolatos vizsgálatokhoz diagnosztikus modelleket használtak.

A nyomgázok turbulens átvitelének vizsgálatával első között *Horváth* (1983) foglalkozott. E munkában *Horváth* (1983) az ammónia felszín közeli átvitelét a neutrális rétegződés feltételezésével becsülte. *Horváth et al.* (2005) az NH₃ transzportját már sztratifikált esetben számították. A felszín közeli szén-dioxid transzport hasonlósági elméleten alapuló vizsgálatát *Barcza* (2001) végezte el. Egy terület CO₂ mérlegének légköri rétegződéstől való függését *Haszpra és Barcza* (2005) jellemezte. E tapasztalatokat a szén-dioxid áramok hosszú távú mérésében hasznosították (*Haszpra et al.*, 2001). Az

ózontranszport érzékenységét különböző környezeti tényezők változásaira *Mészáros et al.* (2009) elemezték.

Köppen (1900) módszerét elsőként *Réthly* (1933), majd később *Berényi* (1943a) elemezte. A módszer alkalmazásával legújabbán *Fábián and Matyasovszky* (2010), majd *Ács et al.* (2010a) is foglalkoztak. *Holdridge* (1947) módszerét hazánkban elsőként *Szelepcsényi et al.* (2009a, 2009b) ismertették és alkalmazták. *Köppen* (1936) és *Holdridge* (1947) módszerét egy globális léptékű adatbázison *Ács et al.* (2010b) hasonlították össze. Eredményeik alapján a *Holdridge*-féle rendszerrel kapott klímaleírás megbízhatóbb, mint *Köppené*, annak ellenére, hogy a *Köppen*-féle rendszer népszerűbb és elterjedtebb. *Feddema* (2005) módszerét hazánkban elsőként *Skarbit* (2012) ismertette és alkalmazta. E kutatás eredményeiről a nemzetközi tudományos közösség is értesülhet (*Ács et al.*, 2014).

1. generációs SVAT-modellek. Az 1. generációs SVAT-modellek közül egyaránt alkalmazták a *Thorntwaite*- és *Manabe*-típusú modelleket. *Thorntwaite* elképzeléseit hazánkban elsőként *Berényi* (1943b) vizsgálta. Később, az 1960-as években a módszer igen népszerű lett (*Kakas*, 1960; *Szász*, 1963; *Szepesiné*, 1966). A módszert újabbán *Ács et al.* (2011) is elemezték. Az első *Manabe*-típusú modellek használata hazánkban az ELTE Meteorológiai Tanszéke munkatársai között (*Mészáros*, 2003; *Ács et al.*, 2005; *Ács és Breuer*, 2006; *Ács et al.*, 2007; *Czender et al.*, 2009) honosodott meg. *Mészáros* (2003) napi léptékben, míg *Ács et al.* (2007) havi léptékben becsülték a talaj vízkészletét. A β – mindkét modellben – a relatív hasznos vízkészlet függvényében változott. *Mészáros* (2003) egyszerű lineáris közelítést alkalmazott, míg *Ács et al.* (2007) *Mintz and Walker* (1993) képletét. A θ_f területileg változott a talajtextúra területi változatosságának megfelelően.

2. generációs SVAT-modellek. A 2. generációs SVAT-modellek közül az egyszerűbb, 2–3 rétegű modellek terjedtek el. E modellek fejlesztésével *Ács* (2008) foglalkozott. A SURFMOD (Surface Flux Model) modellcsalád (*Ács*, 2008) bemutatása alapján láthatjuk, hogy a növényállomány egyrétegű, míg a talaj 2–3 rétegre van bontva. *Ács and Hantel* (1998; 1999) részletesen jellemezte az S–V kölcsönhatásokat, ami alapján meggyőződhattünk, hogy a transpiráció és a talaj hidraulikus tulajdonságai közötti kapcsolat igen erős. A SURFMOD modellcsalád mellett az ún. Noah–LSM (National Centers for Environmental Prediction–Oregon State University–Air Force–Hydrologic Research Lab–Land Surface Model; Noah–LSM az OSU LSM (Oregon State University Land Surface Model) továbbfejlesztett változata) szárazföldi felszíni sémát is használták. E séma az MM5 (Mesoscale Model Fifth-Generation) és a WRF (Weather Research and Forecasting) mezoskálájú rendszermodellek szárazföldi felszíni almodellje. A rendszermodelleket a talaj időjárás-alakító szerepének, valamint a földhasználat éghajlat-módosító hatásának vizsgálatára alkalmazták. Az előbbi témakörrel kapcsolatos első tanulmányok *Horváth et al.* (2007, 2009), *Ács et al.* (2010, 2014), valamint *Breuer et al.* (2011, 2012) tollából jelentek meg. A földhasználat éghajlat-módosító hatását *Drüszler* (2011) elemezte. A *Goudriaan*-típusú

(*Goudriaan*, 1977) sokrétegű és igen komplex modellek alkalmazásával *Hunkár* (2005), valamint *Anda and Lőke* (2005) foglalkoztak. E tanulmányokban a növényállományok mikroklimáját vizsgálták.

3. generációs SVAT-modellek. Magyarországon – tudomásunk szerint – nem foglalkoztak a 3. generációs SVAT-modellek fejlesztésével vagy alkalmazásával. Mezőgazdasági célú fejlesztéssel és alkalmazással találkozhatunk, ilyen jellegű munka *Harnos* (2003) értekezése. Ez részben logikus is, mert e modellek használata szorosan kapcsolódik a GCM-ek használatához. GCM-et Magyarországon nem futtatunk, többek között az óriási számítógép-kapacitási igénye miatt.

4. generációs SVAT-modellek. Hazánkban a 4. generációs SVAT-modellek közül a DNDC-t (Denitrification Decomposition) *Grosz* (2010) és *Machon* (2011), a Biome–BGC-t (Biome–Biogeochemical Cycles) pedig *Hidy* (2010) alkalmazták. *Barcza et al.* (2009) a Biome–BGC modell 4.1.1-es verzióját használták Magyarország CO₂ mérlegének becsülésére különböző felszínborítások esetén. Vizsgálataikban négy felszínborítást: mezőgazdasági és füves területeket, valamint lombhullató és tűlevelű erdőket különböztettek meg. Eredményeik alapján a CO₂-mérleg igen érzékeny az időjárás alakulására. A Biome–BGC modell egyes moduljainak fejlesztésével *Hidy et al.* (2012) foglalkoztak. A nyomgáz-emissziók érzékenységét a talaj egyes fizikai és biogeokémiai állapotváltozásaira *Machon et al.* (2010), *Grosz et al.* (2010) és *Machon* (2011) vizsgálták. E kutatások részletesebb leírása *Machon et al.* (2010) valamint *Machon* (2011) tanulmányaiban található.

5. generációs SVAT-modellek. Magyarországon az 5. generációs SVAT-modellek még nem terjedtek el. A legegyszerűbb, ún. mechanisztikus modellek közül megemlítenő *Mészáros and Pálvölgyi* (1990) *Watson–Lovelock*-típusú modellje, melyben *Watson and Lovelock* (1983) modelljét „egyszerű légkörrel” (az ún. egyszerű légkör üvegházhatású gázból áll, melyben aeroszol-réteg is van, mely módosítja a beérkező sugárzást) egészítették ki. *Mészáros and Pálvölgyi* (1990) eredményei igazolták *Watson* és *Lovelock* következtetését, miszerint a vegetáció környezetstabilizáló hatással rendelkezik. Más hasonló, vagy komplexebb modellek használatáról nem tudunk.

Konklúzió. Hazánkban nincs meteorológiai modellfejlesztő műhely, ennek megfelelően a modellalkalmazók taborába tartozó nemzet vagyunk. Láthattuk, hogy a hazai gyakorlatban a 0., az 1. és a 2. generációs modellek alkalmazása terjedt el. Egyes esetekben az alkalmazások mellett alap kutatás-jellegű fejlesztések is folytak (*Ács*, 2008; *Hidy et al.*, 2012). Az is észrevehető, hogy egyelőre több a biofizikai, mint a biokémiai vonatkozású kutatás.

Irodalom

Anda A. and Lőke Zs., 2005: Microclimate simulation in maize with two watering levels. *Időjárás* 109, 21–37.

- Antal, E.*, 1961: Az evapotranspiráció meghatározása az energiaháztartás módszerével és a turbulens diffúziós módszerrel. Doktori disszertáció, pp. 45
- Antal, E.*, 1966: Egyes mezőgazdasági növényállományok potenciális evapotranspirációja. *Öntözéses Gazdálkodás* 4, 69–86.
- Ács, F., and Hantel, M.*, 1998: The land–surface flux model PROGSURF. *Global Planet. Change* 19, 19–34.
- Ács, F., and Hantel, M.*, 1999: The Penman–Monteith concept based land–surface model PMSURF. *Időjárás* 103, 19–36.
- Ács, F. and Kovács, M.*, 2001: The surface aerodynamic transfer parameterization method SAPA: description and performance analyses. *Időjárás* 105, 165–182.
- Ács, F.*, 2003: A comparative analysis of transpiration and bare soil evaporation. *Bound. Layer Meteorol.* 109, 139–162.
- Ács, F., és Drucza, M.*, 2003: A légköri rétegződés hatása a szárazföldi felszíni turbulens áramok intenzitására. *Légkör* 48(2), 9–16.
- Ács, F., Breuer, H., Tarczay, K., és Drucza, M.*, 2005: A talaj és az éghajlat közötti kapcsolat modellezése. *Agrokémia és Talajtan* 54, 257–274.
- Ács, F., and Breuer, H.*, 2006: Modelling of soil respiration in Hungary. *Agrokémia és Talajtan* 55, 59–68.
- Ács, F., Breuer, H., és Szász, G.*, 2007: A tényleges párolgás és a talaj vízkészlet becslése tenyészidőszakban. *Agrokémia és Talajtan* 56, 217–236.
- Ács, F.*, 2008: A talaj–növény–légkör rendszer meteorológiai alkalmazású modellezése. Alkalmazások a tudományban és az oktatásban. *ELTE Ötvös Kiadó*, pp. 249, ISBN: 963 868 9511
- Ács, F., és Vincze, Cs.*, 2009: A felszín közeli levegő rétegződésének empirikus becsléséről. *Légkör*, 54(1), 21–24.
- Ács, F., Horváth, Á., Breuer, H., and Rubel, F.*, 2010: Effect of soil hydraulic parameters on the local convective precipitation. *Meteorol. Z.* 19, 143–153.
- Ács, F., Szelepcsényi, Z., és Breuer, H.*, 2010a: Köppen és Thornthwaite éghajlat-osztályozásának összehasonlító vizsgálata egy globális léptékű adatbázison. *Légkör* 55, 93–101.
- Ács, F., Breuer, H., Szelepcsényi, Z. és Kozma, I.*, 2010b: Köppen és Holdridge éghajlati osztályozásának összehasonlító vizsgálata egy globális léptékű adatbázison. *Légkör* 55, 102–107.
- Ács, F., Breuer, H., and Szász, G.*, 2011: Estimation of actual evapotranspiration and soil water content in the growing season. *Agrokémia és Talajtan* (1st online edition, selected papers from 2000 to 2010), 60 *Supplementum*, 57–74.
- Ács, F., Breuer, H., and Skarbit, N.*, 2014: Climate of Hungary in the twentieth century according to Feddema. *Theor. Appl. Climatol.* doi 10.1007/s00704-014-1103-5.
- Ács, F., Gyöngyösi, A.Z., Breuer, H., Horváth, Á., Mona, T., and Rajkai, K.*, 2014: Sensitivity of WRF-simulated planetary boundary layer height to land cover and soil changes. *Meteorol. Z.* doi 10.1127/0941-2948/2014/0544.
- Barcza, Z.*, 2001: Long term atmosphere/biosphere exchange of CO₂ in Hungary. PhD Thesis, *Eötvös Loránd University*, Budapest, pp. 115
- Barcza, Z., Haszpra, L., Somogyi, Z., Hidy, D., Lovas, K., Churkina, G., and Horváth, L.*, 2009: Estimation of the biospheric carbon dioxide balance of Hungary using the BIOME–BGC model. *Időjárás* 113, 203–219.
- Berényi, D.*, 1943a: Az éghajlathatárok és állandóságuk. *Földrajzi Közlemények* 71, 231–248.
- Berényi, D.*, 1943b: Magyarország Thornthwaite rendszerű éghajlati térképe és az éghajlati térképek növényföldrajzi vonatkozásai. *Időjárás* 47, 81–91.
- Breuer, H., and Ács, F.*, 2010: Surface resistance estimation of some crops using different climate, soil-, and vegetation-specific data. *Időjárás* 114, 203–215.
- Breuer, H., Laza, B., Ács, F., Rajkai, K., Horváth, Á., és Weidinger, T.*, 2011: A planetáris határreteg-magasság és a talajtextúrák közötti kapcsolat vizsgálata. *Légkör*, 56, 103–110.
- Breuer, H., Ács, F., Laza, B., Horváth, Á., Matyasovszky, I. and Rajkai, K.*, 2012: Sensitivity of MM5-simulated planetary boundary layer height to soil dataset: Comparison of soil and atmospheric effects. *Theor. Appl. Climatol.* 109, 577–590.
- Czender, Cs., Komjáthy, E., Mészáros, R. and Lagzi, I.*, 2009: Spatial and temporal variability of ozone deposition. *Adv. Sci. Res.* 3, 5–7.
- Drüszler, Á.*, 2011: A 20. századi felszínborítás-változás meteorológiai hatásai Magyarországon. PhD értekezés, *Nyugat-Magyarországi Egyetem*, pp. 135
- Dunkel, Z., Bozó, P., Szabó, T., and Vadász, V.*, 1989: Application of thermal infrared remote sensing to the estimation of regional evapotranspiration. *Adv. Space Res.* 9(7), 255–258.
- Endrődi, G.*, 1974: Időjárás és növényfiziológiai tényezők hatása az evapotranspirációra. *Időjárás* 78, 348–355.
- Endrődi, G.*, 1980: A felszín közeli 30 m-es légréteg fizikai állapotának néhány jellemzője. *Időjárás* 84, 31–42.
- Fábián, Á.P., Matyasovszky, I.*, 2010: Analysis of climate change in Hungary according to an extended Köppen classification system, 1971–2060. *Időjárás* 114, 251–261.
- Feddema, J.J.*, 2005: A revised Thornthwaite-type global climate classification. *Phys. Geogr.* 26, 442–466.
- Goudriaan, J.*, 1977: Crop Micrometeorology: A Simulation Study. *Wageningen Center for Agricultural Publishing and Documentation*, pp. 248
- Grosz, B.P.*, 2010: Üvegház hatású gázok (CO₂, N₂O, CH₄) talajfluxusainak meghatározása magyarországi mezőgazdasági és erdőszült területeknél. Doktori értekezés, *ELTE*, Budapest, pp. 121
- Grosz, B.P., Machon, A. and Horváth, L.*, 2010: The DNDC Process-Oriented Ecosystem Model. In: Haszpra, L.(ed), *Atmospheric Greenhouse Gases: The Hungarian Perspective* 211–214.
- Harnos, N.*, 2003: A klímaváltozás várható hatásai kalászos gabonafélék produkciobiológiájára: kísérleti és modellezési megközelítés. Doktori értekezés, *SZIE*, Gödöllő, pp.103
- Haszpra, L., Barcza, Z., Bakwin, P.S., Berger, B.W., Davis, K.J. and Weidinger, T.*, 2001: Measuring system for the long-term monitoring of biosphere/atmosphere exchange of carbon dioxide. *J. Geophys. Res.* 106D, 3057–3070.
- Haszpra, L. és Barcza, Z.*, 2005: A magyarországi légköri szén-dioxid mérések szerepe az éghajlati modellek megalapozásában. *AGRO 21 Füzetek* 38, 13–26.
- Hidy, D.*, 2010: Agroökológiai rendszerek szén- és vízháztartásának modellezése. Doktori értekezés, *SZIE*, Gödöllő, pp. 119
- Hidy, D., Barcza, Z., Haszpra, L., Churkina, G., Pintér, K., and Nagy, Z.*, 2012: Development of the Biome–BGC model for simulation of managed herbaceous ecosystems. *Ecological Modelling* 226, 99–119.
- Holdridge, L.R.*, 1947: Determination of world formulations from simple climatic data. *Science* 105, 367–368.

- Horváth, Á., Ács, F., and Geresdi, I., 2007: Sensitivity of severe convective storms to soil hydrophysical characteristics: A case study for April 18, 2005. *Időjárás* 111, 221–237.
- Horváth, Á., Ács, F., and Breuer, H., 2009: On the relationship between soil, vegetation and severe convective storms: Hungarian case studies. *Atmospheric Research* 93, 66–81.
- Horváth, L., 1983: Concentration and near surface vertical flux of ammonia in the air in Hungary. *Időjárás* 87, 65–70.
- Horváth, L., Asztalos, M., Führer, E., Mészáros, R., and Weidinger, T., 2005: Measurement of ammonia exchange over grassland in the Hungarian Great Plain. *Agric. For. Meteorol.* 130, 282–298.
- Hunkár M., 2005: On the use of standard meteorological data for microclimate simulation. *Időjárás* 109, 39–53.
- Kakas, J., 1960: A lehetséges évi evapotranspiráció. Az évi vízfölösleg. Az évi vízhiány. Magyarország éghajlati atlasza, *Akadémiai Kiadó*, Budapest, pp. 78
- Kissné Tóth, E., 1965: A talajközeli légréteg turbulenciajellemzőinek meghatározása gradiensmérések útján. *Időjárás* 69, 240–247.
- Kovács, Á., 2011: Tó- és területi párolgás becslésének pontossága és magyarországi alkalmazásai. PhD értekezés, *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem*, Budapest, pp. 101
- Köppen, W., 1900: Versuch einer Klassifikation der Klimata, vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzen. *Geograph. Zeitschr.* 6, 593–611, 657–697.
- Köppen, W., 1936: Das geographische System der Klimata. Handbuch der Klimatologie, Band 1, Teil C. *Gebrüder Borntraeger*, Berlin, pp. 44
- Machon, A., Horváth, L., Weidinger, T., Grosz, B., Pintér, K., Tuba, Z., and Führer, E., 2010: Estimation of net nitrogen flux between the atmosphere and a semi-natural grassland ecosystem in Hungary. *European Journal of Soil Science* 61, 631–639.
- Machon, A., 2011: Egy tájleptékű füves ökológiai rendszer és a légkör közti nitrogén kicsrélődés mértékének meghatározása mérések és modellszámítások alapján. Doktori értekezés, *SZIE*, Gödöllő, pp. 124
- Mészáros, E., and Pálvölgyi, T., 1990: Daisyworld with an atmosphere. *Időjárás* 94, 339–345.
- Mészáros, R., 2003: A felszínközeli ózon száraz ülepedésének meghatározása különböző felszín típusok felett. PhD. értekezés, *Eötvös Loránd Tudományegyetem*, pp. 113
- Mészáros, R., Zsély, I. Gy., Szinyei, D., Vincze, Cs., and Lagzi, I., 2009: Sensitivity analysis of an ozone deposition model. *Atmospheric Environment* 43, 663–672.
- Mintz, Y., and Walker, G.K., 1993: Global fields of soil moisture and land surface evapotranspiration derived from observed precipitation and surface air temperature. *J. Appl. Meteorol.* 32, 1305–1335.
- Monin, A.S., and Obukhov, A.M., 1954: Basic laws of turbulent mixing in the atmosphere near the ground. *Trudi. Akad. Nauk.SSSR Geofiz. Inst.* 24, 163–187.
- Réthy, A., 1933: Kísérlet Magyarország klímaterképének szerkesztésére a Köppen-féle klímabeosztás értelmében. *Időjárás* 35, 105–115.
- Szabó, T., Tóth, R., Csapó, P., Tiringner, Cs. és Lambert, K., 1989: Estimation of evapotranspiration of wheat canopy under dry soil conditions using surface temperature data. *Időjárás* 93, 253–260.
- Seres, A., és Ács, F., 2006: A szinoptikus helyzetek és a felszín közeli légkör stabilitási viszonyainak párhuzamos elemzése. *Léggör* 51(3), 20–23.
- Skarbit, N., 2012: Magyarország éghajlata a XX. században Feddema módszere alapján. BSc szakdolgozat, *ELTE, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék*, pp. 34
- Szász, G., 1963: A vízháztartás klimatikus tényezőinek vizsgálata Magyarországon. *Debreceni Agrártudományi Főiskola Tudományos Közleményei*, 49–71.
- Szász, G., Ács, F., Breuer, H., and Szalai, Sz., 2006: Modeling of climate and net ecosystem exchange in Debrecen. *Cereal Research Communication* 34, 9–12.
- Szeicz, G., Endrődi, G. and Tajchmann, S., 1969: Aerodynamic and Surface Factors in Evaporation. *Water Resour. Res.* 5, 380–394.
- Szelepcsényi, Z., Breuer, H., Ács, F. és Kozma, I., 2009a: Biofizikai klímaklasszifikációk. 1. rész: a módszerek bemutatása. *Léggör* 54(3), 21–27.
- Szelepcsényi, Z., Breuer, H., Ács, F. és Kozma, I., 2009b: Biofizikai klímaklasszifikációk. 2. rész: magyarországi alkalmazások. *Léggör* 54(4), szám, 18–24.
- Szepesiné, L.A., 1966: A Kárpát-medence hidroklimájának jellemzői. Beszámoló az 1965-ben végzett tudományos kutatásokról, *Az Országos Meteorológiai Intézet hivatalos kiadványai*, XXIX évfolyam, 86–114.
- Szilágyi, J., and Józsa, J., 2009: Estimating spatially distributed monthly evapotranspiration rates by linear transformations of MODIS daytime land surface temperature data. *Hydrol. Earth System Sci.* 13, 629–637.
- Watson, A.J., and Lovelock, J.E., 1983: Biological homeostasis of the global environment: the parable of Daisyworld. *Tellus* 35B, 284–289.
- Weidinger, T., 1986: A talajközeli légréteg néhány jellemzője a szarvasi toronymérések alapján. *Időjárás* 90, 266–281.
- Weidinger, T., Pinto, J., and Horváth, L., 2000: Effects of uncertainties in universal functions, roughness length, and displacement height on the calculation of surface layer fluxes. *Meteorol. Z.* 9, 139–154.