

A CSUPASZ TALAJ FELSZÍNI HŐMÉRSÉKLETÉNEK ÉRZÉKENYSÉGE A TALAJ SUGÁRZÁSI ÉS TERMIKUS TULAJDONSÁGAINAK VÁLTOZÁSÁIRA

THE SENSITIVITY OF THE SURFACE TEMPERATURE OF THE BARE SOIL ONTO THE CHANGES OF THE RADIANT AND THERMAL CHARACTERISTICS OF THE SOIL

Ács Ferenc¹, Szabó László¹ és Jávör Csongor¹

¹ELTE, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék

Összefoglaló. A csupasz talaj felszíni hőmérsékletének (T_{skin}), a talaj sugárzási (albedó és emisszivitás) és termikus (hővezető képesség) tulajdonságainak változásaira való érzékenységet elemeztük. A T_{skin} -t egyszerű, diagnosztikus típusú egyenlet alapján becsültük különböző talajnedvességi és légrétegződési viszonyokban. Numerikus vizsgálataink alapján a T_{skin} érzékenysége nagyobb a sugárzási, mint a termikus tulajdonságok változásaira. Labilis rétegződésben a T_{skin} albedóra való érzékenysége nagyobb, mint az emisszivitásra való érzékenység, míg a stabilis rétegződésben kisebb. Említsük meg azt is, hogy az emisszivitásra való érzékenység a stabilis rétegződésben nagyobb mutatkozott, mint az albedóra való érzékenység a labilis rétegződésben. Vizsgálataink eredményei nem csak a felszín-légkör kölcsönhatás tudományában, hanem a mindennapi meteorológiai gyakorlatban is hasznosíthatók.

Abstract. The bare soil surface temperature (T_{skin}) sensitivity to soil radiation (albedo and emissivity) and thermal (heat conductivity) properties is analyzed. T_{skin} is estimated using a simple diagnostic equation for different soil moisture and stratification conditions. The tests showed that T_{skin} is more sensitive to the changes of radiation than to the changes of thermal properties. In the unstable stratification, the T_{skin} /albedo sensitivity is larger than the T_{skin} /emissivity sensitivity. In spite of this, in the stable stratification it is smaller. It should be mentioned that the T_{skin} /emissivity sensitivity in the stable stratification is larger than the T_{skin} /albedo sensitivity in the unstable stratification. The results can be applied not only in the science of the land-surface/atmospheric interactions but also in the meteorological practice from day to day.

1. Bevezetés. Minden meteorológiai és klimatológiai modell egyik legfontosabb összetevője a felszíni hőmérséklet számítására szolgáló almodell. Manapság már ezen almodellek sokasága áll rendelkezésünkre (Lemon *et al.*, 1971; Goudriaan and Waggoner, 1972; Parton and Logan, 1981). Ezek közül a sémák közül a legegyszerűbbek diagnosztikus, míg az összetettebbek prognosztikus egyenleteket használnak. A prognosztikus egyenleten alapuló sémák (Bhumralkar, 1975; Blackadar, 1976; Noilhan and Mahfouf, 1996) adatigénye nagy, így alkalmazhatóságuk is korlátozottabb. Ezzel szemben a diagnosztikus egyenleten alapuló sémák adatigénye kisebb és alkalmazhatóságuknak inkább az egyenlet fizikai megalapozottsága és ennek következményeképpen jelentkező jósága szab határt (Jones, 1983). Ennek dacára az ilyen típusú egyenletek alkalmazása mindinkább elterjedőben van, még az összetettebb mezoskálájú modellekben is.

E munka célja egy ilyen egyszerű felszíni hőmérsékleti séma (Sridhar *et al.*, 2002) tesztelése, azaz, e séma érzékenységének vizsgálata a talaj albedójának, emisszivitásának és hővezető-képességének parametrizálásaira, valamint nedvesség-tartalom változásaira. Ilyen típusú összehasonlító vizsgálatokat Magyarországon még nem végeztek (Ács *et al.*, 2012). A sémát Sridhar *et al.* (2002) használta az MM5 mezoskálájú modell (Mesoscale Model 5th Generation) a NOAA-LSM (National Centers for Environmental Prediction-Oregon State University-Air Force-Hydrologic Research Lab-Land Surface Model) almodelljének keretében.

Emeljük ki azonban azt is, hogy az elemzés eredményei nemcsak a mezoskálájú, hanem a mikrometeorológiai modellezésben is hasznosíthatók.

2. Anyag és módszer

2. 1 Modell. A $T_{skin}(\theta)$ -t az energiaháztartás egyenletéből határozzuk meg:

$$R_n(\theta) - G(\theta) = H(\theta) + L \cdot E(\theta) \quad (1)$$

ahol $R_n(\theta)$ a sugárzási egyenleg, $G(\theta)$ a talajhőáram, $H(\theta)$ a szenzibilis hőáram és $L \cdot E(\theta)$ a látens hőáram. A szenzibilis hőáram kifejezhető a

$$H(\theta) = \rho_a \cdot C_p \cdot \frac{T_{skin}(\theta) - T_a}{r_a}, \quad (2)$$

formában, ahol ρ_a a levegő sűrűsége, C_p a levegő állandó nyomáson vett fajhője, T_a a z_a szintben levő levegő hőmérséklete és r_a a felszín valamint a z_a szint közötti aerodinamikai ellenállás. Az r_a -at a Monin-Obukhov elmélet alapján parametrizáljuk. Az (1)-es a (2)-es egyenletek kombinálásával kifejezhető a T_{skin} :

$$T_{skin}(\theta) = T_a + \frac{r_a}{\rho_a \cdot C_p} \cdot [R_n(\theta) - G(\theta) - L \cdot E(\theta)], \quad (3)$$

A $T_{skin}(\theta)$ függ tehát az R_n -től, illetve $R_n(\theta)$ -án keresztül az albedótól [$\alpha(\theta)$] és a talaj emisszivitásától [$\varepsilon_g(\theta)$]:

$$R_n(\theta) = S \cdot [1 - \alpha(\theta)] + \varepsilon_a \cdot \sigma \cdot T_a^4 - \varepsilon_g(\theta) \cdot \sigma \cdot T_{skin}^4(\theta), \quad (4)$$

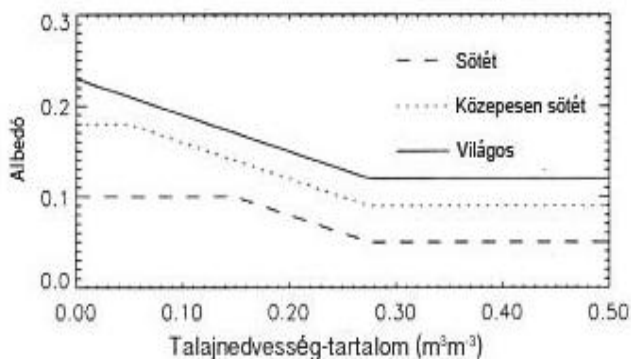
ahol az $S \cdot [1 - \alpha(\theta)]$ az elnyelt sugárzás, az $\varepsilon_a \cdot \sigma \cdot T_a^4$ a légköri visszasugárzás és az $\varepsilon_g(\theta) \cdot \sigma \cdot T_{skin}^4$ a felszíni kisugárzás. S a globálisugárzás, $\alpha(\theta)$ a talajnedvességtől függő albedó, ε_a a levegő emisszivitása, σ a Stefan-Boltzmann állandó [$5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$], $\varepsilon_g(\theta)$ a felszín talajnedvességtől függő emisszivitása. Az $\alpha(\theta)$ és az $\varepsilon_g(\theta)$ részletes parametrizálását a következő fejezetben mutatjuk be. A $T_{skin}(\theta)$ függ a $G(\theta)$ -tól is. A „force-restore” hőmérséklet előre jelző módszer alapján e függés a következőképpen jellemezhető:

$$G(\theta) = \sqrt{\frac{C \cdot \omega \cdot \lambda(\theta)}{2}} \cdot [T_{skin}(\theta) - T_{deep}], \quad (5)$$

ahol C a talaj hőkapacitása, ω a Föld szögsebessége (forgási sebessége), λ a talaj hővezető-képessége és T_{deep} a talaj 30-40 cm-es rétegében levő hőmérséklete. A $T_{skin}(\theta)$ függ az $L \cdot E(\theta)$ tagtól is. Így

$$L \cdot E(\theta) = \frac{\rho_a \cdot c_p}{\gamma} \cdot \frac{e_s[T_{skin}(\theta)] - e_a}{r_a + r_c(\theta)}, \quad (6)$$

ahol θ a pszichrometrikus állandó, $e_s[T_{skin}(\theta)]$ a „bőrvékony” felszíni talajréteg hőmérsékletén levő telítési vízgőznyomás, e_a a z_a szintben levő tényleges vízgőznyomás és r_c a csupasz talaj felszíni ellenállása.



1. ábra: A talaj albedójának és nedvesség-tartalmának kapcsolata különböző fényességű talajok esetén

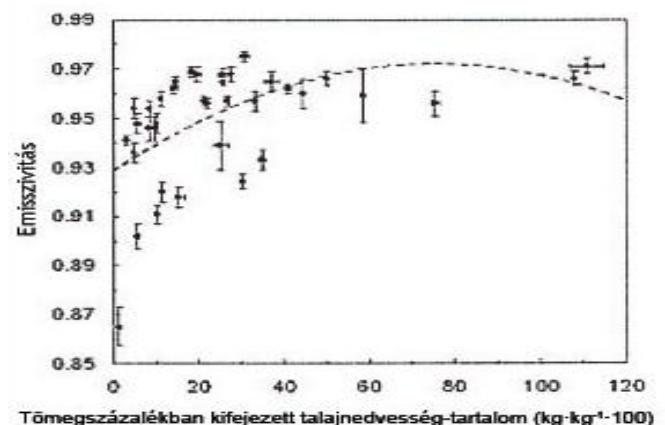
Mindezek alapján látható, hogy a (3)-as egyenlet (Sridhar et al., 2002) bal és jobb oldalán egyaránt szerepel a $T_{skin}(\theta)$. Az ilyen típusú egyenletek az iteratív eljárás alkalmazásával oldandók meg. Az iterálás első lépésében a (4)-es, (5)-ös és (6)-os egyenletekben szereplő $T_{skin}(\theta)$ hőmérsékletet a levegő T_a hőmérsékletével egyenlítettük ki. Ebben az esetben a rétegződés neutrális és az r_a aerodinamikai ellenállás könnyen számítható. A (3)-as egyenlet alkalmazásával megkapható az először számított $T_{skin}(\theta)$. Ha a $T_{skin}(\theta) > T_a$, a rétegződés labilis, így a labilis rétegződéshez tartozó súrlódási sebességet és aerodinamikai ellenállást számítjuk. Fordítva, ha a

$T_{skin}(\theta) < T_a$, a rétegződés stabilis, és ennek megfelelően a stabilis rétegződéshez tartozó súrlódási sebességet és aerodinamikai ellenállást számítjuk. A rétegződés jellegét egyértelműen a légköri határfeltételek határozzák meg.

A $T_{skin}(\theta)$ -nak és az r_a -nak a (4)-es, (5)-ös és (6)-os egyenletekbe való behelyettesítésével, majd az (1)-es egyenlet újbóli alkalmazásával, megkapható a másodszor számított $T_{skin}(\theta)$. A $T_{skin}(\theta)$ végső értékeként az 5. iteratív lépésben kapott értéket vettük, mert a konvergencia igen gyors. E számításokban a $\theta = 0 - 0,50 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, míg a lépésköz $0,01 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$.

2.2 Talaj és légköri adatok. A talajadatok a talaj sugárzási és termikus tulajdonságait, míg légköri adatok a felszín közeli levegő rétegződését jellemzik.

2.2.1 A csupasz talaj sugárzási tulajdonságai. A talaj legfontosabb sugárzási tulajdonságai: az albedó és az emisszivitás. Mindkettő függ a talaj nedvességtartalmától (θ); alapvetően azért, mert a nedvességtartalom változásával változik a fényesség, sötétség is. Ugyanakkor a száraz talaj fényessége, sötétsége anyagfüggő is, így a száraz talajok fényességében markáns különbségek vannak.



2. ábra: A talaj emisszivitásának és nedvesség-tartalmának kapcsolata a 8-14 µm-es hullámhossz-tartományban

A különböző sötétségű talajok albedójának nedvességtartalomtól való függését labormérések alapján határozzák meg. Egy ilyen mérési sorozat eredményeit szemlélteti az 1. ábra, ami az NCAR LSM (National Center for Atmospheric Research Land Surface Model) SVAT-modellben (Soil Vegetation Atmosphere Transfer) alapbeállításként szerepel (Bonan, 1996).

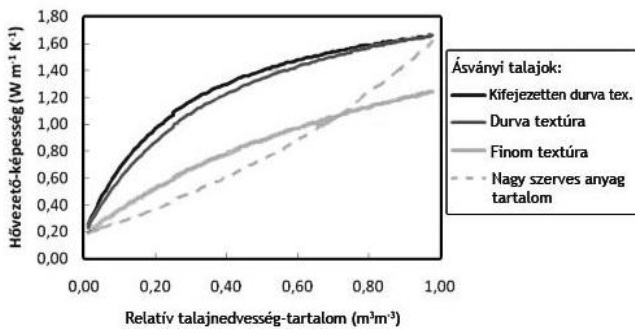
Értelemszerűen a legnagyobb albedó-értékek a világos, míg a legkisebb albedó-értékek a sötét talajok esetén vannak. Így, a világos, a közepesen sötét és a sötét talajok esetén a $\alpha(\theta=0) = 0,23$; $0,18$ és $0,10$ rendre. Látható, hogy a száraz és a nedves állapot közötti átmeneti θ -

1. táblázat: A labilis és a stabilis rétegződést jellemző légköri állapotváltozók és fluxusok. R_n a felszín sugárzási egyenlege, T_a a z_a szintben levő levegő hőmérséklete, T_{deep} a 30-40 cm-es mélységben levő talajhőmérséklet, e_a a z_a szintben levő levegő parciális vízgőznyomása és U a z_a szintben levő szélesség

	R_n (W m ⁻²)	T_a (°C)	T_{deep} (°C)	e_a (hPa)	U (ms ⁻¹)
Labilis rétegződés	850	25,8	22,8	18,00	6,0
Stabilis rétegződés	20	17,4	18,5	15,80	3,0

2. táblázat: A referencia futtatás során használt α , ϵ_g és λ paraméterek alapbeállításai

Paraméter / A referencia futtatás alapbeállítása	
α	a talaj fényessége: közepesen sötét
ϵ_g	az $\epsilon_g(\theta)$ kapcsolat: négyzetes egyenlet
λ (Wm ⁻¹ K ⁻¹)	Côté & Konrad (2005) parametrizációja, durva textúra, kicsi szerves anyag tartalom



3. ábra. Az ásványi talajok hővezető-képességének és relatív talajnedvesség-tartalmának kapcsolata a Côté & Konrad (2005) modell alapján

tartomány szélessége különbözik a sötét (kb. 0,15 és 0,28 m³m⁻³ között), a közepesen sötét (kb. 0,04 és 0,28 m³m⁻³ között) és a világos (nincs átmeneti tartomány) talajok esetén.

A talaj sötétsége, fényessége – mint külön tényező – nem hat a talaj emisszivitására. De a talaj nedvességtartalmától való függés fennáll, amit sokszor el szoktak hanyagolni, ilyenkor az 1-hez közeli értékeket általában 1-nek veszik. Ha az ϵ_g θ -tól való függését számításba akarjuk venni, használhatjuk pl. Mira et al. (2007) mérési eredményeit, amelyek a 8 – 14 μ m-es hullámhossz-tartományra vonatkoznak. Ezek alapján

$$\epsilon_g = c \cdot \left(\frac{\theta \cdot 100}{\rho_b}\right)^2 + b \cdot \left(\frac{\theta \cdot 100}{\rho_b}\right) + a, \quad (7)$$

ahol a, b és c állandók, θ a tömegszázalékban kifejezett tényleges talajnedvesség-tartalom és ρ_b a száraz talaj sűrűsége. Értelemszerűen a nedves talaj emisszivitása nagyobb,

míg a szárazé kisebb. Látható az is, hogy az ϵ_g maximális értéke 0,97 körüli.

2.2.2 A csupasz talaj termikus tulajdonságai. A talaj termikus tulajdonságai közül a hővezető-képessége (λ) az egyik legfontosabb. Az ásványi talajok λ -nak relatív talajnedvesség-tartalomtól (θ_r) való függését a 3. ábra szemlélteti. A $\lambda(\theta_r)$ kapcsolatot Côté és Konrad (2005) modellje alapján határoztuk meg különböző fizikai félésegek és szerves anyag tartalmak esetén. A kifejezetten durva, durva és finom textúrák esetén a szerves anyag-tartalom kicsi. A nagy szerves anyag-tartalmú talajoknál textúra szerinti megkülönböztetést nem használtunk, mert a textúra-hatás ekkor nem fontos. Láthatjuk, hogy a durva és a finom textúrájú talajok közötti $\lambda(\theta_r)$ különbségek nagyok. Hasonlóan nagyok a különbségek a durva textúrájú és kicsi szerves anyag-tartalmú, valamint a nagy szerves anyag-tartalmú talajok között.

2.2.3 Légköri rétegződés. Érzékenységi vizsgálatainkat labilis és stabilis légköri rétegződésekre vonatkozóan végeztük. A rétegződéseket jellemző légköri állapotváltozókat és fluxusokat az 1. táblázat szemlélteti. A táblázatban a T_{deep} hőmérséklet is megtalálható, ami a G felszíni talaj hőáram-sűrűség számításához szükséges.

2.3 Numerikus vizsgálatok. Vizsgálatainkban a $T_{skin}(\theta)$ -nak a talaj sugárzási és termikus tulajdonságaira való érzékenységét elemeztük a felszín közeli levegő labilis és stabilis rétegződése esetén. Így, külön elemeztük T_{skin} α -ra való érzékenységét a sötét, közepesen sötét és világos talajokra vonatkozó $T_{skin}(\theta)$ -görbék összehasonlításával. Hasonlóképpen vizsgáltuk a T_{skin} ϵ_g -re és λ -ra való érzékenységét is elemezve a különböző ϵ_g - és λ -parametrizációkra kapott $T_{skin}(\theta)$ -görbék közötti különbséget. Összehasonlításaink során mindig egy aktuális- és referencia-görbepárt szemléltünk. A referencia görbe az α -, ϵ_g - és λ -alapbeállítások alapján kapott görbe; ezeket az alapbeállításokat a 2. táblázat szemlélteti. Az aktuális görbe esetén két paraméter alapbeállítású, de a 3. paraméter beállítása eltér az alapbeállítástól. Így az aktuális és a referencia-görbék közötti különbségek becslésével elemezhetjük az adott paraméterre való érzékenységet. Említsük meg azt is, hogy vizsgálatainkban a talajt jellemző mindhárom paraméter (α , ϵ_g , λ) függ a θ -tól.

3. Eredmények. A $T_{skin}(\theta)$ függvény érzékenységét a sugárzási és a termikus tulajdonságok változásaira különböző légrétegződések esetén külön-külön fogjuk elemezni.

3.1 Érzékenység a sugárzási tulajdonságokra. A $T_{skin}(\theta)$ -függvényeket a közepesen sötét (referencia futtatás) és a sötét (aktuális futtatás) talajok esetén a labilis rétegződésben a 4. ábra szemlélteti. Értelemszerűen a sötét talajok hőmérséklete nagyobb, mint a közepesen sötétké, de e hőmérsékleti különbségek maximális értékben 0,1 – 0,2 °C körüliek. Látható, hogy e különbsé-

gek nagyobbak a száraz ($\theta < 0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) és kisebbek a nedves ($\theta > 0,30 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) talaj esetében.

A $T_{\text{skin}}(\theta)$ ε_g -változásaira való érzékenységet a labilis rétegződésben az 5. ábrán láthatjuk. A referencia futtatásban az ε_g a θ függvénye, míg az aktuális futtatásban az $\varepsilon_g = 1$ -el. Láthatjuk, hogy az aktuális futtatás $T_{\text{skin}}(\theta)$ -görbéje mindig a referencia futtatás $T_{\text{skin}}(\theta)$ -görbéje alatt van. Ez értelemszerű, mert az aktuális futtatásban a kisugárzás nagyobb, mint a referencia futtatásban. Ugyanakkor e különbségek igen kicsik, mindössze $0,05 \text{ }^\circ\text{C}$ körüliek.

A $T_{\text{skin}}(\theta)$ -függvényeket a közepesen sötét (referencia futtatás) és a sötét (aktuális futtatás) talajok esetén a stabilis rétegződésben a 6. ábra szemlélteti. A kapott hőmérsékleti különbség-értékek kisebbek, mint $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$. A kicsi különbségek ellenére a nedvesség hatása észrevehető. Láthatjuk azt is, hogy e hőmérsékleti különbség-értékek kisebbek, mint a labilis rétegződés esetén.

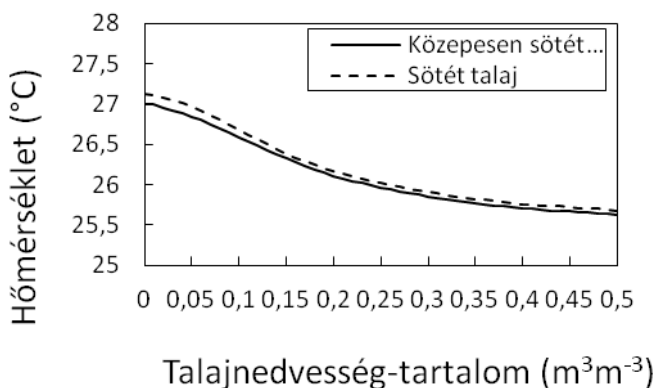
A $T_{\text{skin}}(\theta)$ ε_g -től való függése stabilis rétegződés esetén a 7. ábrán látható. A kapott különbségek – az előbbi esetekhez képest – a legnagyobbak. A száraz talajoknál e különbségek $0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ körüliek. Ez az eredmény különben összhangban van Edwards (2009) cikkének 8. ábráján

bemutatott eredményeivel. Vegyük észre, hogy a $T_{\text{skin}}(\theta)$ ε_g -re való érzékenysége egyértelműen nagyobb a stabilis, mint a labilis rétegződésben mind a száraz, mind a nedves talajok esetén.

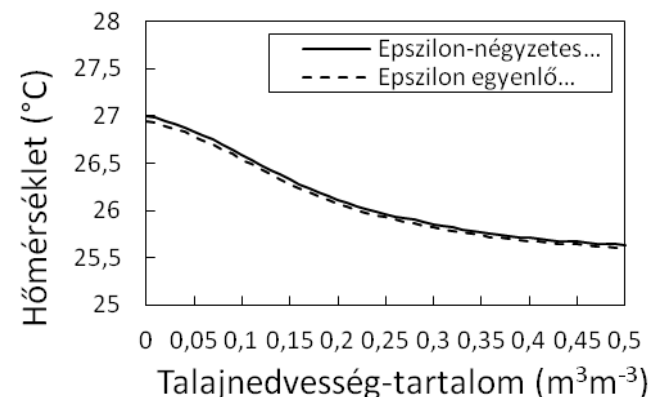
3.2 Érzékenység a termikus tulajdonságokra. A $T_{\text{skin}}(\theta)$ -függvényt a durva textúrájú és kicsi szerves anyag tartalmú (referencia futtatás), valamint finom textúrájú és kicsi szerves anyag tartalmú (aktuális futtatás) talajok esetén labilis rétegződésben a 8. ábra szemlélteti. Látható, hogy a két függvény között szinte nincs különbség.

Hasonlóképpen, a $T_{\text{skin}}(\theta)$ -függvényt a kicsi (referencia futtatás) és a nagy (aktuális futtatás) szerves anyag tartalmú talajok esetén a labilis rétegződésben a 9. ábra mutatja. A két függvény menete között gyakorlatilag nincs különbség, szinte ugyanúgy, mint az előbbi esetben.

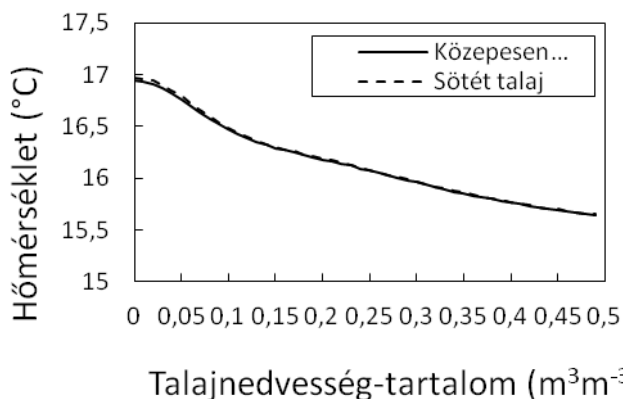
A $T_{\text{skin}}(\theta)$ -függvényt a durva textúrájú és kicsi szerves anyag tartalmú (referencia futtatás), valamint finom textúrájú és kicsi szerves anyag tartalmú (aktuális futtatás) talajok esetén a stabilis rétegződésben a 10. ábra szemlélteti. A kapott különbségek kicsik (maximálisan $0,10 \text{ }^\circ\text{C}$) és valamelyest nagyobbak a száraz ($\theta < 0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$), mint a nedves ($\theta > 0,30 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) esetben. Láthat-



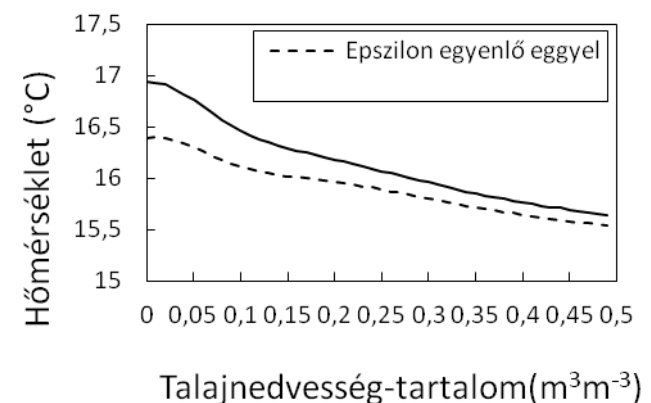
4. ábra: Különböző sötétségi talajok felszíni hőmérsékletének (T_{skin}) változása a talajnedvesség-tartalom függvényében labilis rétegződés esetén. Jelölés: telt vonal - referencia futtatás, szaggatott vonal – az aktuális futtatás



5. ábra: Különböző emisszivitású talajok felszíni hőmérsékletének (T_{skin}) változása a talajnedvesség-tartalom függvényében labilis rétegződés esetén. Jelölés: telt vonal - referencia futtatás, szaggatott vonal – az aktuális futtatás.



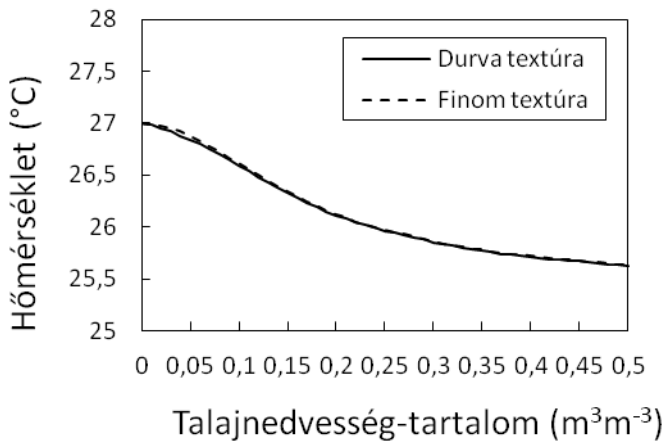
6. ábra: Különböző sötétségi talajok felszíni hőmérsékletének (T_{skin}) változása a talajnedvesség-tartalom függvényében stabilis rétegződés esetén. Jelölés: telt vonal - referencia futtatás, szaggatott vonal – az aktuális futtatás.



7. ábra: Különböző emisszivitású talajok felszíni hőmérsékletének (T_{skin}) változása a talajnedvesség-tartalom függvényében stabilis rétegződés esetén. Jelölés: telt vonal - referencia futtatás, szaggatott vonal – az aktuális futtatás.

jük azt is, hogy a kapott különbségek hasonlóképpen kicsik mind a labilis, mind a stabilis rétegződésben.

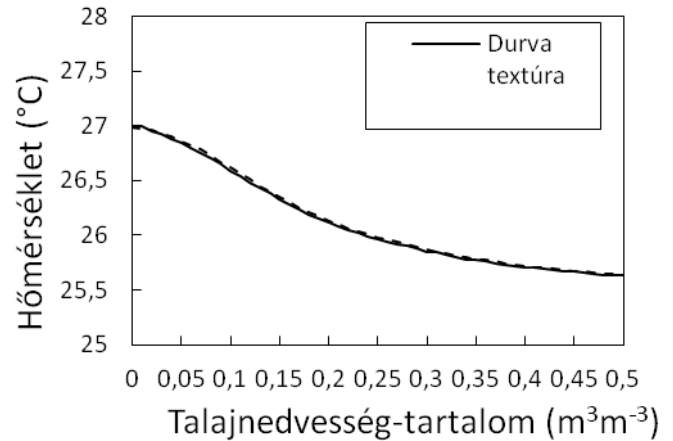
A $T_{\text{skin}}(\theta)$ -függvényt a kicsi (referencia futtatás) és a nagy (aktuális futtatás) szerves anyag tartalmú talajok esetén a stabilis rétegződésben a 11. ábra mutatja. A két görbe közötti különbség a θ növekedésével nagyon lassan, de folyamatosan csökken. A $T_{\text{skin}}(\theta)$ -különbségek azon θ -értékekre vonatkozóan a legnagyobbak, amely θ -értékekre vonatkozóan a $\lambda(\theta)$ -különbségek is a legnagyobbak (lásd a 3. ábrát). A különbségek maximális értékei 0,10 °C körüliek. Ugyanakkor e különbségek nagyobbak, mint a labilis rétegződés esetén kapott különbségek.



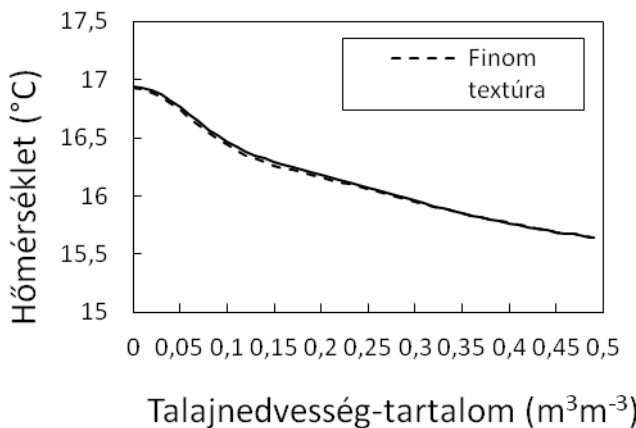
8. ábra: Különböző fizikai féleségű (textúrájú) ásványi talajok felszíni hőmérsékletének (T_{skin}) változása a talajnedvesség-tartalom függvényében labilis rétegződés esetén. Jelölés: telt vonal - referencia futtatás, szaggatott vonal - az aktuális futtatás.

diagnosztikus jellegű felszíni hőmérséklet modellt használtunk. A modellt Sridhar *et al.* (2002) is alkalmazta az MM5 modellrendszer keretében. Eredményeink alapján

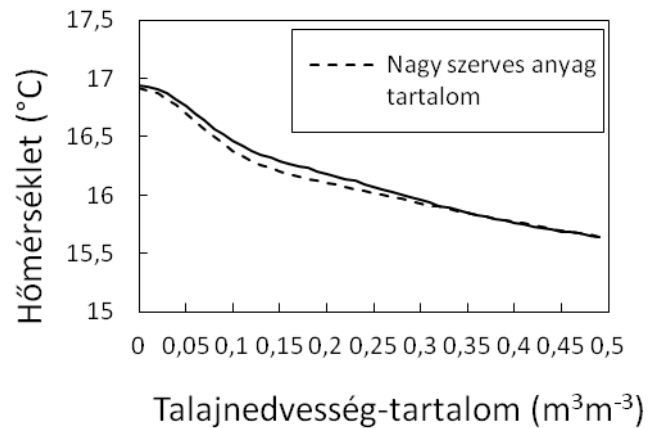
- a $T_{\text{skin}}(\theta)$ $\alpha(\theta)$ -ra és $\epsilon_g(\theta)$ -ra való érzékenysége egyértelműen nagyobb, mint a $\lambda(\theta)$ változásokra kapott érzékenység.
- Az $\alpha(\theta)$ -ra való érzékenység nem nagy (a $T_{\text{skin}}(\theta)$ hőmérséklet-különbsége maximális értékben 0,1-0,2 °C körüliek), gyakorlatilag csak a száraz talajok felett a labilis rétegződésben tapasztalható.
- Az $\epsilon_g(\theta)$ -ra való érzékenység nagyobb, mint



9. ábra: A durva textúrájú és a nagy szerves anyag tartalmú ásványi talajok felszíni hőmérsékletének (T_{skin}) változása a talajnedvesség-tartalom függvényében labilis rétegződés esetén. Jelölés: telt vonal - referencia futtatás, szaggatott vonal - az aktuális futtatás.



10. ábra: Különböző fizikai féleségű (textúrájú) ásványi talajok felszíni hőmérsékletének (T_{skin}) változása a talajnedvesség-tartalom függvényében stabilis rétegződés esetén. Jelölés: telt vonal - referencia futtatás, szaggatott vonal - az aktuális futtatás.



11. ábra: A durva textúrájú és a nagy szerves anyag tartalmú ásványi talajok felszíni hőmérsékletének (T_{skin}) változása a talajnedvesség-tartalom függvényében stabilis rétegződés esetén. Jelölés: telt vonal - referencia futtatás, szaggatott vonal - az aktuális futtatás.

4. Konklúzió. E tanulmányban a csupasz talaj felszíni hőmérsékletének a talaj sugárzási és termikus tulajdonságaira való érzékenységét vizsgáltuk különböző rétegződési viszonyokban. A vizsgálatban igen egyszerű,

$\alpha(\theta)$ -ra való érzékenység. Az $\epsilon_g(\theta)$ változásaira kapott maximális $T_{\text{skin}}(\theta)$ hőmérséklet-különbségek 0,5 °C körüliek. Az ilyen nagyságú különbségek a száraz talajokra és a stabilis rétegződésben voltak jellemzők. Stabilis

rétegződés esetében a nedves talajok felett e különbségek kisebbek; nem nagyobbak, mint $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Eredményeink a csupasz talaj felszínére vonatkoznak. Látható, hogy a stabilis rétegződésben kapott eltérések jelentősen nagyobbak, mint a labilis rétegződésre vonatkozó tipikus eltérések. Erősen stabilis rétegződések esetében (fagyott- vagy hó-felszín felett) ez az érzékenység még nagyobb. Ezt hűen tükrözik a T_a nagyságával kapcsolatos előre jelzési problémák, ami különben a modern meteorológia egyik sarkalatos pontja. Az extrém téli esetekben a T_a igen érzékeny nemcsak az ε_g -változásaira, hanem sok egyéb más folyamatra is, pl. a geosztrófikus szél nagyságára, a turbulens átkeverődés mértékére vagy a kisugárzás magasság szerinti változására. A T_a alakulását főleg e két utóbbi tényező szabályozza, ezek relatív hatása pedig a felszín közeli szél sebességének függvényében változik. Erre Savijärvi (2006) mutatott rá, kiemelve, hogy az $U < 3\text{ ms}^{-1}$ esetén a turbulens átkeverődés, míg az $U > 3\text{ ms}^{-1}$ a kisugárzási hatás a domináns. E megállapításait komplex PHR modell-számítások, valamint megfigyelések alapján tette. Itt említjük meg azt is, hogy az általunk kapott $T_{\text{skin}}(\theta)$ hőmérséklet-változások stabilis rétegződési viszonyokban szintén igen érzékenyek a szél változásaira, annak ellenére, hogy vizsgálataink nem terjedtek ki az extrém stabilis rétegződésre; ezért ezeket be sem mutatjuk. Summázva: a $T_{\text{skin}}(\theta)/\varepsilon_g(\theta)$ kapcsolat erőssége és ezen kapcsolatra vonatkozó bizonytalanságok nagysága nagyobb, mint a $T_{\text{skin}}(\theta)/\alpha(\theta)$ kapcsolat esetében.

Irodalom

- Ács, F., Breuer, H., Rajkai, K., and Horváth, Á., 2012: The impact of soil on atmosphere: an overview of Hungarian modeling efforts. Submitted to Időjárás.
- Blackadar, A.K., 1976: Modeling the nocturnal boundary layer. Proceedings of the Third Symposium on Atmospheric Turbulence, Diffusion and Air Quality. American Meteorological Society, Boston, Mass., pp.46-49.
- Bhumralkar, C. M., 1975: Numerical experiments on the computation of ground surface temperatures in an atmospheric general circulation model. J. Appl. Meteor., 14, 1246-1258.
- Bonan, G.B., 1996: A Land-Surface Model (LSM Version 1.0) for Ecological, Hydrological and Atmospheric Studies: technical Description and User's Guide. NCAR/TN-417+STR, NCAR TECHNICAL NOTE, pp 150.
- Côté, J., and Konrad, J.-M., 2005. A generalized thermal conductivity model for soils and construction materials. Can. Geotech. J. 42, 443–458.
- Edwards, J. M., 2009: Radiative Processes in the Stable Boundary Layer: Part II. The Development of the Nocturnal. Boundary-Layer Meteorol, 131, 127–146.
- Goudriann, J. and Waggoner, P.E., 1972. Simulating both aerial microclimate and soil temperature from observations above the foliar canopy. Neth. J. Agric. Sci., 20: 104-124.
- Jones, H.G., 1983: Plants and microclimate: A quantitative approach to environmental plant physiology. Cambridge University Press. Cambridge, London, New York, 309 pp.
- Lemon, E., Stewart, D.W. and Shawcraft, R.W., 1971: The sun's works in a cornfield. Science, 174, 371-378.
- Mira, M., Valor, E., Boluda, R., Caselles, V. and Coll, C., 2007: Influence of soil water content on the thermal infrared emissivity of bare soils: Implication for land surface temperature determination. J. Geophys. Res. 112, F04003, doi:10.1029/2007JF000749.
- Noilhan J. and Mahfouf, J.-F., 1996: The ISBA land-surface parameterization scheme. Global and Planetary Change, 13, 145-159.
- Parton, W. J., and Logan, J. A., 1981: A model for diurnal variation in soil and air temperature. Agricultural Meteorology, 23, 205-216.
- Savijärvi, H., 2006: Radiative and turbulent heating rates in the clear-air boundary layer. Q. J. Roy. Meteorol. Soc. 132, 147–161.
- Sridhar, V., Elliott, R.L., Chen F. and Brotzge, J.A., 2002: Validation of the NOAA-OSU land surface model using surface flux measurements in Oklahoma. J. Geophys. Res. 107, ACL 3-18

KISLEXIKON

POCKET ENCYCLOPAEDIA

Folytatás a 60. oldalról

nowcasting <ang., ultra-rövidtávú> a pár órás időszakokra történő időjárás-előrejelzés. A numerikus időjárás-előrejelző modellek eredményein mellett az aktuális időjárási helyzet elemzésével a kisebb skálájú folyamatok nagyobb megbízhatósággal jelezhetők előre. (Bonta I.: Bodolainé Jakus Emma búcsúztatása 2012. június 29-én a Kelenföldi Szent Gellért plébánia ravatalozójában)

prognosztikai egyenlet olyan kormányzó egyenlet, amely időtől függő tagot tartalmaz, –időfüggő–, ezáltal alkalmas az adott változó értékének meghatározására egy későbbi időpontban, azaz előrejelzésére. (Ács F., Szabó L., Jávorka Cs.: A csupasz talaj felszíni hőmérsékletének érzékenysége a talaj sugárzási és termikus tulajdonságainak változásaira)