

Meteorologija Meteorology

STARsci modelio pritaikymas Kauno MS iðmatuotø eriteminės spinduliuotės rodikliø kalibracijai

Judita Liukaitytė, Egidijus Rimkus

Vilniaus universitetas El. paštas: Judita.Liukaityte@gf.vu.lt

ÁVADAS

UV spinduliuotė yra trumpesniam nei 400 nm bangø ilgio diapazone. Ji sudaro tik kelis procentus visos þemės pavirðio pasiekiančios spinduliuotės, bet dėl bangos trumpumo vieno UV protono energija gali nu-traukti cheminá ryšá tarp ávairiø molekuliø. Taigi UV stipriai veikia biomolekules ir tai turi rimtø padariniø gyviems organizmams (Caldwell ir kt., 1998; Hader ir kt., 1998; Longstreth ir kt., 1998).

UV spinduliuotė susilpnėja prie þemės pavirðiaus dėl to, kad ozonas absorbuoja ją troposferoje ir stratosferoje. Taèiau dėl plonėjančio ozono sluoksnio UV spinduliuotės kiekis prie þemės pavirðiaus pastaraisiais metais iðaugo (Bojkov ir kt., 1990; Stolarski ir kt., 1991; Neuendorfer, 1996; WMO, 1999). UV spinduliuotė veikia ir kiti atmosferos komponentai, ið jø svarbiausi yra aeroliø dalelės ir debesuotumas, nemaþiau reikšmingas pavirðiaus albedas ir vietovės aukštis virš jūros lygio. Visø ðiø komponentø poveikis priklauso nuo saulės zenito kampo, jis nulemia UV spinduliuotės intensyvumo pasiskirstymà pagal bangos ilgá (Koepke, Reuder, Schwander, 2002).

Ultravioletinė spinduliuotė yra vienas ið aplinkos veiksniø, labai svarbiø þmogui. Tai buvo þinoma jau daugelá metø (Riemerschmid, 1938; Blum, 1948), taèiau labiau susidomėta tik pastaraisiais deðimtmeèiais (De Gruji, der Leun, 1994; Elwood, Jopson, 1997), kai suplonėjo stratosferinio ozono sluoksnis ir padaugėjo odos vėþio susirgimø. Dėl ðiø prieþasėiø iðkilo poreikis suteikti þmonėms daugiau informacijos apie UV spinduliuotė.

Ultravioletinis bangø diapazonas dar yra skirstomas á tris dalis: UVA, UVB ir UVC. Taip pat UV spektre iðskiriama eriteminė radiacija, esanti 280–320 nm bangos ilgyje (artima UVB) bei daranti stiprø fiziologiná poveiká

Pastaruoju metu daugiau dėmesio yra skiriama ir UV spinduliuotės matavimams. Ji yra matuojama daugelyje pasaulio vietø su plaèiabangiais bei spektriniais radiometrais ir skaièiuojama spinduliuotės perdavimo modeliais (Kerr, Seckmyer, 2003).

Lietuvoje UV pradėta matuoti 2000 m. Kauno meteorologijos stotyje. Taip pat jau keleri metai yra sudarinėjamos UV indekso prognozės.

Ðio darbo tikslas yra Kauno meteorologijos stotyje iðmatuotø eriteminės spinduliuotės rodikliø kalibracija.

DARBE NAUDOJAMI DYDÞIAI

Þiame skyriuje paaiškinami kai kurie darbe naudojami dydþiai ir terminai.

$E_{sky}(\lambda)$ – „tikroji“ (reali) eriteminio veikimo spektro spinduliuotė, patenkanti ið saulės ir dangaus skliauto, matuojama (W/m^2nm):

$$E_{sky} = \int E_{sky}(\lambda) \times CONST_{ery} \times S_{ery}(\lambda) \times d\lambda = \int E_{sky}(\lambda) \times S_{ery}(\lambda) \times d\lambda. \quad (1)$$

$E_{mod}(\lambda)$ – eriteminio spektro spinduliuotė, patenkanti ið saulės ir dangaus skliauto (W/m^2nm), sumodeliuota idealiomis matavimo sąlygomis, $CONST_{ery} = 1$:

$$E_{mod} = \int E_{mod}(\lambda) \times CONST_{ery} \times S_{ery}(\lambda) \times d\lambda = \int E_{mod}(\lambda) \times S_{ery}(\lambda) \times d\lambda. \quad (2)$$

$E_{modslmax}(\lambda)$ ir $E_{modslmin}(\lambda)$ – eriteminio spektro spinduliuotė, patenkanti ið saulės ir dangaus skliauto (W/m^2nm), sumodeliuota naudojant maksimalaus (minimalaus) spektrinio ir kampinio prietaiso jutiklio jautrumo reikšmes:

$$E_{modslmax} = \int E_{mod}(\lambda) \times CONST_{slmax} \times S_{slerymax}(\lambda) \times d\lambda = CONST_{slmax} \times \int E_{mod}(\lambda) \times S_{slerymax}(\lambda) \times d\lambda; \quad (3)$$

$$E_{modslmin} = \int E_{mod}(\lambda) \times CONST_{slmin} \times S_{slerymin}(\lambda) \times d\lambda = CONST_{slmin} \times \int E_{mod}(\lambda) \times S_{slerymin}(\lambda) \times d\lambda. \quad (4)$$

$S_{ery}(\lambda)$ – eriteminio veikimo spektro CIE (*Commission Internationale de l'Éclairage*) funkcija, naudo-

jama (1) ir (2) formulėse, tiek sumodeliuotai, tiek išmatuotai spinduliuotei su „idealiu“ (pagal kosinoidės dėsną) kampiniu jutiklio jautrumu. CIE veikimo spektras, sumodeliuotas pagal kaukazietiško tipo odos jautrumą ādegimui ir pasiūlytas A. McKinlay bei B. Diffey (1987), buvo priimtas Tarptautinės iliuminacijos komisijos kaip standartinis (WMO, 1999).

$S_{slerymax}(\lambda)$ ir $S_{slerymin}(\lambda)$ – spektrinio jautrumo funkcija su prietaiso pase nurodytu maksimaliu (minimaliu) spektriniu ir kampiniu jutiklio jautrumu.

$CONST_{slmax}$ ir $CONST_{slmin}$ – konstantos, parodančios naudoto biometro absoliutą jautrumą esant maksimaliam (minimaliam) spektriniam jautrumui.

$CONST_{ery}$ – absoliuti jautrumo konstanta pagal CIE. Ji yra lygi 1.

MED – minimali eriteminė dozė. Šis dydis priklauso nuo odos tipo.

MED/h – UV spinduliuotės kiekis. Analizuojamu atveju tai:

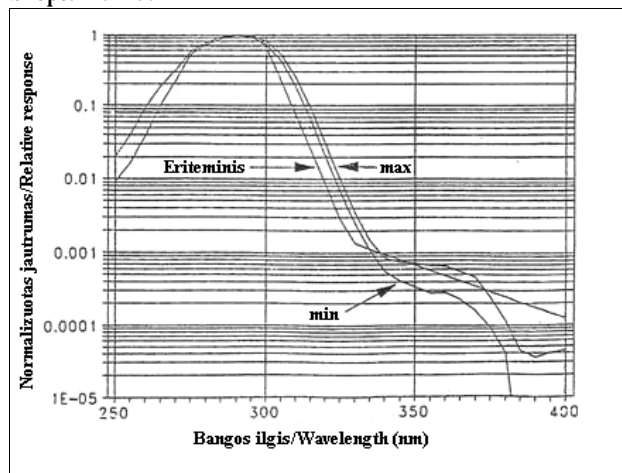
$$1MED/h = 0,058333 \text{ W/m}^2. \quad (5)$$

DUOMENYS IR DARBO METODIKA

Ėiame darbe naudojami 2001–2002 m. Kauno meteorologinės stoties eriteminės spinduliuotės paros maksimumo duomenys (MED/h), gauti iš Hidrometeorologijos tarnybos archyvø. Sudarant kalibracijos matricà buvo naudojamas STARsci modelis (Liukaitytė, Rimkus, 2004).

Kauno meteorologijos stotyje UV spinduliuotė matuojama UV biometru 501-A. Tai vienas iš Robertsono-Bergerio hermetizuotø prietaisø, visame pasaulyje naudojamø UV monitoringui. UV biometro 501-A spektrinis jautrumas yra artimas eriteminiam (UV biometras..., 2000).

Biologinis UV spinduliuotės poveikis yra matuojamas MED/h. Biologiškai aktyvi dozė yra nustatoma integruojant biologiškai aktyvià energijà per apibrėptà laikà.

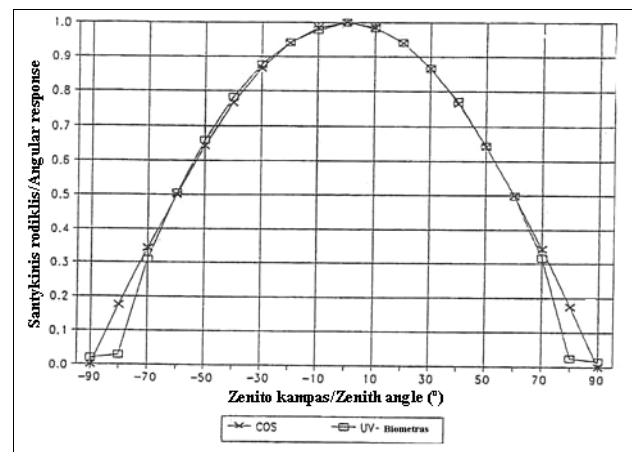


1 pav. UV biometro 501-A spektrinis jautrumas (UV biometras..., 2000)

Fig. 1. Spectral response of UV biometer 501-A (UV biometras..., 2000)

UV biometro pradinà kalibravimà atlieka gamintojas. Prietaisas matuoja saulės spinduliuotės biologinà aktyvumà pagal CIE veikimo spektrà. Jutiklis kalibruojamas giedru oru, kai saulės zenito kampas – $< 30^\circ$, bendras ozono kiekis – 270 DU (Dobsono vienetø), o jutiklio temperatūra – 25°C (UV biometras..., 2000).

Darbe naudojami duomenys apie prietaiso spektrinà (1 pav.) ir kampinà (2 pav.) jutiklio jautrumà yra gauti iš UV biometro naudojimo vadovo. Jame pateiktos vidutinės ėio tipo instrumentø reikðmės. Pasaulinės meteorologijos organizacijos ataskaitoje matome, kad àvairūs instrumentai turi labai skirtingà kampinà jutiklio jautrumà, nustatytà kalibracijos metu (Bais ir kt., 1999).



2 pav. UV biometro 501-A kampinis jutiklio jautrumas (UV biometras..., 2000)

Fig. 2. Angular response of UV biometer 501-A (UV biometras..., 2000)

Pagrindinė problema, atliekant biometrø kalibracijà, yra ta, kad jø spektrinis jautrumas skiriasi nuo CIE veikimo spektro. Ėiuo atveju nėra ėinomas ir tikslus Kauno MS naudojamo prietaiso spektrinis ir kampinis jautrumas. Prietaiso naudojimo vadove pateikiamos minimalios ir maksimalios spektrinio jautrumo reikðmės, tad pagal jas buvo atliekami visi pradiniai skaiėiavimai. Dvi kampinio jutiklio jautrumo reikðmės, esant vienodam saulės zenito kampui (ryte ir vakare), buvo suvidurkintos (2 pav.).

Absolūtus prietaiso jautrumas taip pat nėra ėinomas, nes rezultatai pateikiami kaip absoliutus išmatuotas dydis, o ne kaip dydis, priklausantis nuo jautrumo. Todėl pirmoji prielaida yra ta, kad $CONST_s = CONST_{slmax} = CONST_{slmin} = 1$ (kaip kad tai yra $CONST_{ery}$), o spektrinio veikimo spektro funkcijos $S_{slerymax}(\lambda)$ ir $S_{slerymin}(\lambda)$ reikðmės lygios 1.

Pirmiausiai reikia sudaryti kalibracijos matricà, apibūdinanėià santykà tarp „tikrosios“ ir išmatuotos spinduliuotės. Šis atsiranda dėl prietaiso spektrinio ir kampinio jautrumo ypatumø: jie skiriasi atitinkamai nuo CIE spektro ir idealios kosinoidės. Skaiėiavimai buvo atliekami su STARsci modeliu esant àvairioms atmosferos sąlygoms. Atlie-

kant kalibraciją buvo naudoti tokie modelio ávesties duomenys:

1. *Saulės zenito kampas.* Buvo skaičiuojamas visos galimos reikšmės nuo 10 iki 90 laipsnių, kas 10°.

2. *Atmosferos slėgis jūros lygyje.* Buvo naudojama 1000 hPa reikšmė – apytikslė vidutinė slėgio reikšmė mūsų platumose.

3. *Aerozolių tipas.* Vidutinis kontinentinis bei óvarus kontinentinis, kai aerozolių optinis tankis (AOD) 550 nm bangose atitinkamai yra 0,2 ir 0,1. Tokios reikšmės buvo pasirinktos atsiþvelgiant á stoties padėtá ir aplink esančią aplinká.

4. *Vietovės albedas.* Buvo pasirinktos skirtingos albedo reikšmės UV spektro srityje: 3%, 10%, 20%, 50% ir 80%.

5. *Aukštis virš jūros lygio.* Stoties aukštis virš jūros lygio yra 76 m, o prietaiso aukštis – 84,5 m. Modelyje tai paverčiama kilometrais – 0,085 km.

6. *Atmosferos paribio sluoksnio storis* – 1,5 km. Toks vidutinis paribio sluoksnio storis būna vasarà.

7. *Bendras ozono kiekis.* Buvo skaičiuojamas 200–500 DU reikšmėms kas 50 DU.

8. *Vertikalus temperatūros ir drėgmės profilis.* Temperatūros ir drėgmės skiltyse galima pasirinkti po du vertikalius profilius – vasaros ir þimos, tačiau óiuo atveju buvo rinktasi tik vasaros.

Skaičiavimai buvo atliekami tris kartus su tais pačiais ávesties duomenimis, bet su skirtingu spektriniu ir kampiniu jutiklio jautrumu:

1) su prietaiso naudojimo vadove pateikiamu minimaliu spektriniu ir kampiniu jutiklio jautrumu;

2) su prietaiso naudojimo vadove pateikiamu maksimaliu spektriniu ir kampiniu jutiklio jautrumu;

3) su CIE spektro jautrumu ir atitinkama kosinoidės reikšme.

Santykis tarp „tikrosios“ spinduliuotės ir išmatuotos, kuris bus naudojamas keičiant matavimo duomenis, buvo skaičiuojamas esant abiem spektrinio jautrumo reikšmėms:

$$CAL = E_{sky} / E_{skysl} \quad (6)$$

Pagrindiniai parametrai, turintys átakos óiam santykiui, yra saulės aukštis bei ozono koncentracija

Lentelė. UV biometro absoliutaus jautrumo kalibracijos konstanta

Table. Absolute sensitivity constant of UV biometer

Atmosferos sąlygos/Atmosphere parameters				
Absoliutaus jautrumo kalibracijos konstantos/ Absolute sensitivity constant	O ₃ – 280–380DU, $\theta_{SUN} > 25^\circ$, AOD – 0,2, albedas/albedo – 3%	O ₃ – 270DU, $\theta_{SUN} < 30^\circ$, AOD – 0,2, albedas/albedo – 3%	O ₃ – 270DU, $\theta_{SUN} < 30^\circ$, AOD – 0,2, albedas/albedo – 10%	O ₃ – 270DU, $\theta_{SUN} < 30^\circ$, AOD – 0,1, albedas/albedo – 3%
CONSTslmax	0,3511	0,3844	0,3850	0,3848
CONSTslmin	0,4724	0,4947	0,4954	0,4952

($CAL = f(\theta_{SUN}, O_3)$). Saulės aukštis turi reikšmės kampiniam jutiklio jautrumui ir spektriniam spinduliuotės pasiskirstymui, tuo tarpu ozono koncentracijos kitimas keičia UV spinduliuotės intensyvumą bei daro poveiká spektriniam spinduliuotės pasiskirstymui. Paprastai óis santykis (6) lygtyje pateikiamas kaip kalibracijos matrica, kuri priklauso nuo saulės zenito kampo bei ozono koncentracijos (Schreder, 2005).

Norint sudaryti kalibracijos matricá, reikia ávertinti ir aerozolių bei albedo poveiká. Atsiþvelgiant á tai, kad UV matavimai yra svarbesni vasaros metu, kalibracijos matrica buvo sudaryta vasaros sąlygomis: buvo naudotas aerozolių optinis tankis 550 nm bangos ilgyje – 0,2, o paviršiaus albedas UV spinduliuotei – 3%, tai yra tipiškas albedas vegetacijos metu.

Naudotas prietaisas matavimo rezultatus pateikia MED/h, kurie buvo paverčiama á W/m² naudojant (5) formulá, nes modelis rezultatus pateikia W/m².

Naudoto biometro absoliutų jautrumá parodanti konstanta (CONST_{sl}) nėra þinoma. Siekiant já gauti, su STARsci modeliu sumodeliuoti eriteminės spinduliuotės dydþiai buvo prilyginami „tikrajai“ UV spinduliuotei, pasiekiančiai þemės pavirðių, su prielaida, kad $E_{sky} = E_{mod}$. Vėliau analizuoti skirtumai, atsirandantys tarp sumodeliuotos ir išmatuotos UV spinduliuotės giedromis dienomis þinomomis atmosferos sąlygomis.

Absoliutus jautrumas yra konstanta, kuri yra išreiškiama kaip santykis tarp „tikrosios“ ir išmatuotos spinduliuotės:

$$CONST_{max} = E_{sky} / E_{modslmax} \text{ bei } CONST_{min} = E_{sky} / E_{modslmin} \quad (7)$$

Skaičiavimai buvo atliekami esant trimis skirtingoms atmosferos sąlygoms (lentelė).

Óios kalibracijos konstantos leidþia atskirti skirtingo spektrinio ir kampinio jautrumo daromá poveiká nuo instrumento absoliutaus jautrumo. Pastarasis dydis yra netiesiogiai átrauktas kaip išmatuotų dydþių $E_{skyslmax}$ ir $E_{skyslmin}$ kalibracijos rodiklis.

Naudojant absoliutaus jautrumo reikšmę yra galimybė nustatyti santykiná nuokrypá tarp išmatuotos ir „tikrosios“ spinduliuotės, kuris priklauso nuo instru-

mento savybių, t. y. nuo jo spektrinio bei kampinio jutiklio jautrumo. Šis poveikis yra atvaizduojamas kaip kalibracijos matrica – CAL:

$$CAL = f(\theta_{SUN}, O_3). \quad (8)$$

Absoliuėios ir santykinės kalibracijos matricos kombinacija duoda ieškoma „tikrąją“ spinduliuotą:

$$E_{sky} = CAL \times E_{skysl} = CAL \times CONST_{sl} \times \int E_{mod}(\lambda) \times S_{slery}(\lambda) \times d\lambda. \quad (9)$$

Norint gauti kalibracijos veiksnius, formuojanėius kalibracijos matricą $CAL(\theta_{SUN}, O_3)$, buvo apskaiėiuotas santykis esant abiem spektrinio jautrumo reikėmėms ir tai pateikiama grafiėkai:

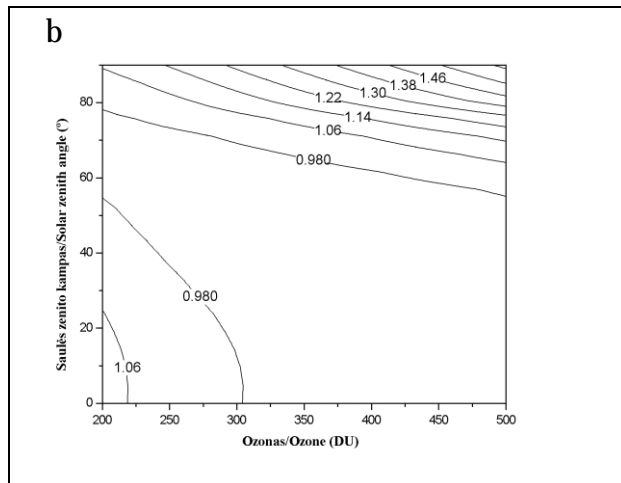
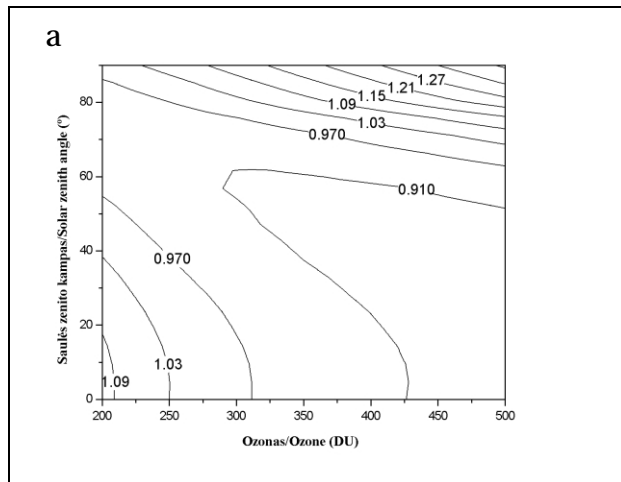
$$CAL(\theta_{SUN}, O_3) = RAT/CONST; = E_{mod} / \int E_{mod}(\lambda) \times S_{slery}(\lambda) \times d\lambda. \quad (10)$$

Kadangi nėra įinomas Kauno MS naudojamo instrumento spektrinis jautrumas, buvo skaiėiuojamas vidurkis tarp maksimaliø ir minimaliø kalibracijos matricos reikėmiø:

$$CAL(\theta_{SUN}, O_3) = (CAL_{max}(\theta_{SUN}, O_3) + CAL_{min}(\theta_{SUN}, O_3)) / 2. \quad (11)$$

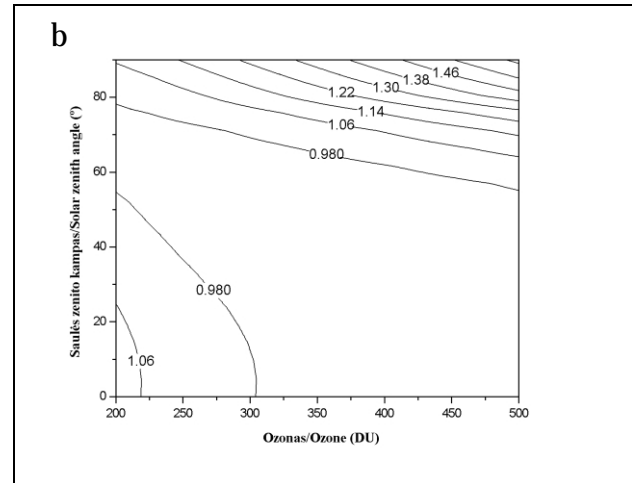
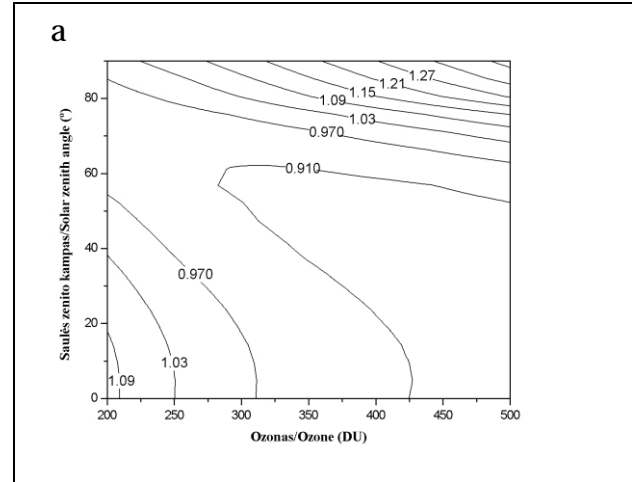
Siekiant ávertinti galimas paklaidas, apskaiėiuotas nuokrypis tarp pagrindinės kalibracijos matricos ir matricø, gautø su maksimaliomis ir minimaliomis spektrinio jautrumo reikėmėmis.

Darbe buvo naudojami maksimalūs paros eriteminės spinduliuotės dydžiai, kuriems atlikta kalibracija. Tad kiekvienam dydžiui, atsiųvelgus á tos dienos ozono koncentracijos reikėmę bei UV spinduliuotės maksimalaus intensyvumo metu buvusá saulės zenito kampá, buvo pritaikoma atskira kalibracijos matricos reikėmė.



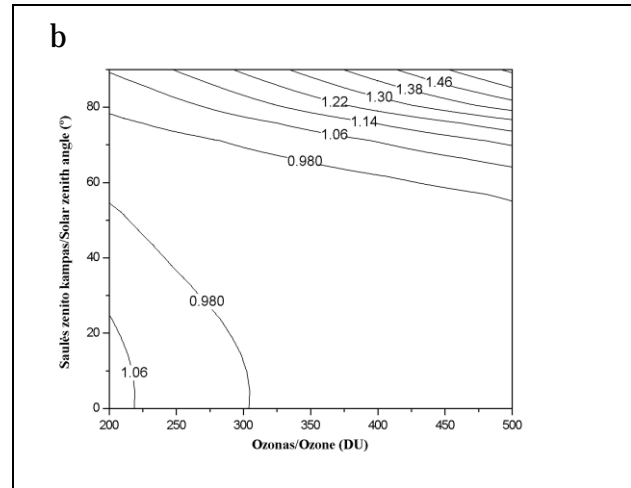
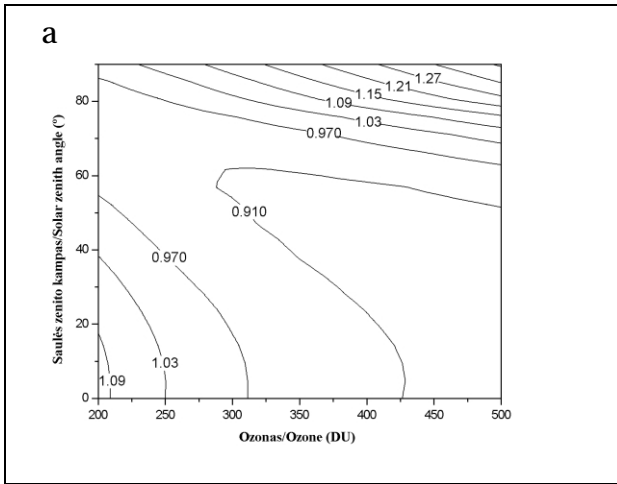
3 pav. Kalibracijos matrica, kai CONSTsl buvo apskaiėiuota esant ėioms atmosferos sálygoms: O_3 – 270 DU, $\theta_{SUN} < 30^\circ$, AOD – 0,2, albedas – 3%; *a* – su maksimalia, *b* – minimalia spektrinio jautrumo reikėme

Fig. 3. Calibration matrix where CONSTsl was calculated for the following atmospheric characteristics: O_3 – 270 DU, $\theta_{SUN} < 30^\circ$, AOD – 0.2, albedo – 3%, with maximal (*a*) and minimal (*b*) spectral sensitivity



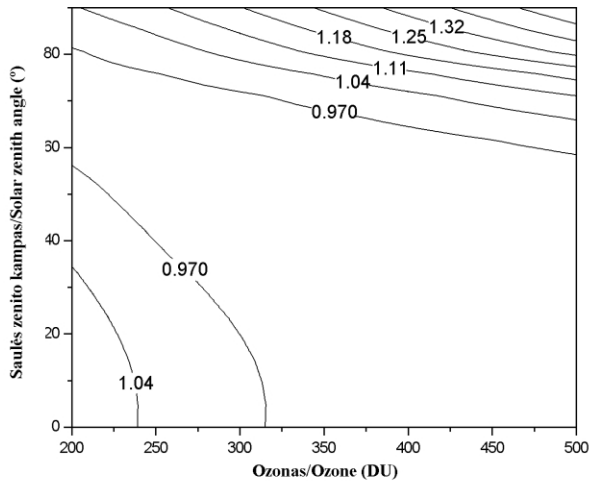
4 pav. Kalibracijos matrica, kai CONSTsl sudaryta esant ėioms atmosferos sálygoms: O_3 – 270DU, $\theta_{SUN} < 30^\circ$, AOD – 0,1, albedas – 3%; *a* – su maksimalia, *b* – minimalia spektrinio jautrumo reikėme

Fig. 4. Calibration matrix where CONSTsl was calculated for the following atmospheric characteristics: O_3 – 270 DU, $\theta_{SUN} < 30^\circ$, AOD – 0.1, albedo – 3%, with maximal (*a*) and minimal (*b*) spectral sensitivity



5 pav. Kalibracijos matrica, kai CONSTsl sudaryta esant žiems atmosferos sąlygoms: O_3 – 270 DU, $\theta_{SUN} < 30^\circ$, AOD – 0,2, albedas – 10%; *a* – su maksimalia, *b* – su minimalia spektrinio jautrumo reikšme

Fig. 5. Calibration matrix where CONSTsl was calculated for the following atmospheric characteristics: O_3 – 270 DU, $\theta_{SUN} < 30^\circ$, AOD – 0.2, albedo – 10%, with maximal (*a*) and minimal (*b*) spectral sensitivity



6 pav. Pagrindinė kalibracijos matrica, kai CONSTsl sudaryta esant žiems atmosferos sąlygoms: O_3 – 270 DU, $\theta_{SUN} < 30^\circ$, AOD – 0,2, albedas – 3%, su vidutine spektrinio jautrumo reikšme

Fig. 6. “Real” calibration matrix where CONSTsl was calculated for the following atmospheric characteristics: O_3 – 270 DU, $\theta_{SUN} < 30^\circ$, AOD – 0.2, albedo – 3%, with average spectral sensitivity

Norint atlikti prietaiso kalibraciją, reikia įnotti ne tik kalibracijos matricą, bet ir bendrą kalibracijos konstantą. Jutiklio jautrumas yra pateikiamas prietaiso pase ir išreiškiamas $(W/m^2)/V$ arba $(MED/h)/V$. Pasirinkus prielaidą, kad prietaisas metams bėgant nepakeitė savo savybių, bendroji kalibracijos konstanta buvo gauta palyginus išmatuotus ir iš kalibracijos matricos padaugintus dydžius su sumodeliuotais dydžiais. Tai buvo atliekama remiantis 2001–2002 m. giedromis dienomis išmatuotais ir sumodeliuotais eriteminės spinduliuotės rodikliais. Ryšio grafike (8 pav.) pateiktas krypties koeficientas naudojamas kaip bendroji kalibracijos konstanta; toliau buvo atlikta pilna išmatuotė rodiklių kalibracija: jie dauginami iš kalib-

racijos matricos ir bendrosios kalibracijos konstantos gauto dydžio.

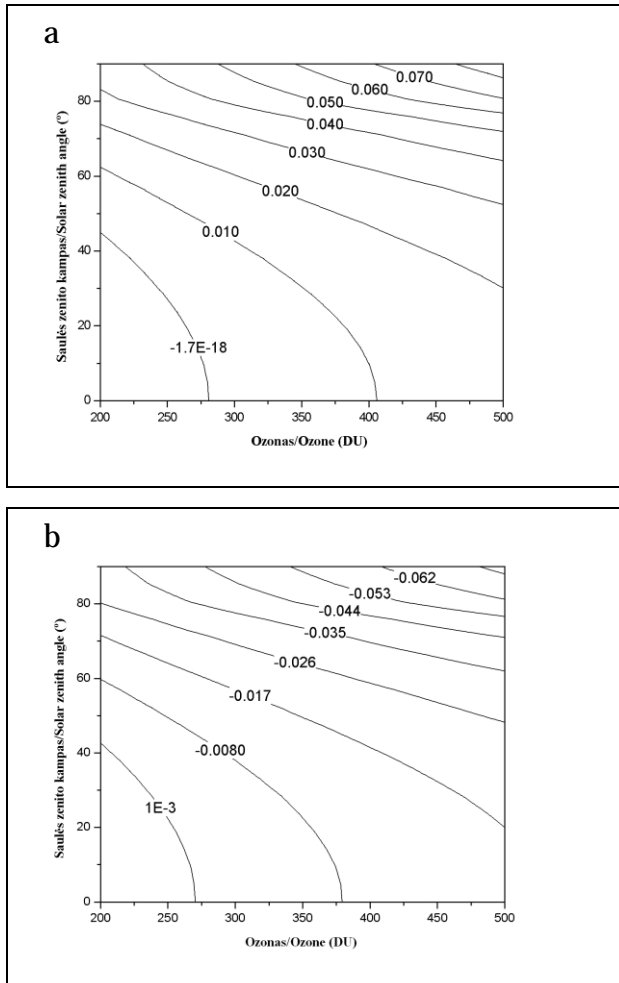
KAUNO MS IŠMATUOTŲ ERITEMINĖS SPINDULIUOTĖS RODIKLIŲ KALIBRACIJA

Kalibracija buvo atliekama Kauno meteorologijos stotyje 2001–2002 m. išmatuotiems eriteminės spinduliuotės paros maksimumo duomenims.

Apskaičiavus kalibracijos konstantą nustatyta, kad labiausiai išsiskiria reikšmės, gautos esant vidutinėms Europai būdingoms vasaros atmosferos sąlygoms. Tačiau prietaiso gamintojai pateikia, kad jutiklio kalibracija atliekama, kada saulės zenito kampas – < 30 laipsnių, o ozono koncentracija – 270 DU, tad geriau naudoti žiemos saulės zenito kampo ir ozono koncentracijos dydžius. Tuo tarpu keičiamas albedo ir aerolių optinio tankio reikšmės didelės įtakos neturi, nors tai ir buvo įvertinta sudarant kalibracijos matricą.

Palyginę 3, 4 bei 5 paveikslus matome, kad besikeičiantis albedo ir aerolių optinio tankio reikšmė kalibracijos matricai neturi didelio poveikio. Tad pagrindinė kalibracijos matrica buvo sudaryta su CONSTsl ir apskaičiuota esant žiems atmosferos sąlygoms: O_3 – 270DU, $\theta_{SUN} < 30^\circ$, AOD – 0,2, albedas – 3 (esant abiem spektrinio jautrumo reikšmėms). Vėliau buvo skaičiuojamas vidurkis tarp maksimalių ir minimalių kalibracijos matricos reikšmių ir sudaroma pagrindinė kalibracijos matrica.

Pagrindinės kalibracijos matricos reikšmės, kurios buvo taikomos išmatuotai eriteminei spinduliuotei kalibruoti, svyruoja nuo 0,9 iki 1,55. Norint įvertinti paklaidas, kurios gali atsirasti, jei būtų taikoma ne vidutinė spektrinio jautrumo reikšmė, buvo skaičiuojami nuokrypiai tarp pagrindinės matricos ir kalibracijos matricos su minimalia ir maksimalia spektrinio jautrumo reikšme (7 pav.). Abiem atvejais maksima-



7 pav. Nuokrypis tarp pagrindinės kalibracijos matricos bei matricos su maksimalia (*a*) ir minimalia spektrinio jautrumo reikšme (*b*)

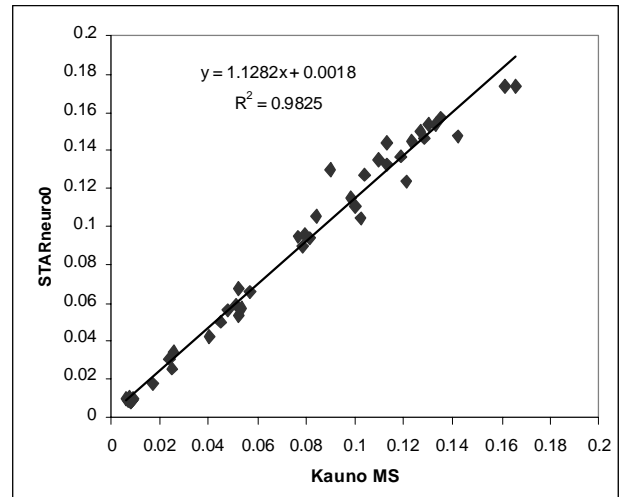
Fig. 7. Deviation between the “real” calibration matrix and the matrix with maximal (*a*) and minimal (*b*) spectral sensitivity

lus nuokrypis – apie 7%, jei saulės zenito kampas yra $>80^\circ$, o ozono koncentracija – apie 500 DU.

Kaip jau minėta, atliekant kalibraciją būtina įninti ne tik kalibracijos matricą, bet ir bendrą kalibracijos konstantą. Ji buvo gauta palyginus išmatuotus ir iš kalibracijos matricos padaugintus dydžius su sumodeliuotais dydžiais. Ryšio grafike gautas krypties koeficientas naudojamas kaip bendroji kalibracijos konstanta. Nustatyta, jog bendroji kalibracijos konstanta yra 1,1282 ir iš jos turėtų būti dauginami visi Kauno MS išmatuoti ir iš kalibracijos matricoje gautos reikšmės padauginti dydžiai.

IŠVADOS

1. Kauno MS išmatuotos bei STARsci modeliu sumodeliuotos eriteminės spinduliuotės paros maksimumai giedromis dienomis skiriasi iki 10–15%. Norint gauti tikslius eriteminės spinduliuotės matavimų rezultatus, būtina Kauno MS išmatuotą eriteminę spin-



8 pav. Maksimalaus paros eriteminės spinduliuotės intensyvumo ryšys 2001–2002 m. tarp Kauno MS išmatuotos bei iš kalibracijos matricos padaugintos ir STAR modeliu apskaičiuotos eriteminės spinduliuotės (W/m^2) giedromis dienomis

Fig. 8. Relation between the calculated (STAR model) and by the calibration matrix multiplied values of maximum intensity erythemal radiation (W/m^2) measured by Kaunas MS in 2001–2002 during cloudless days

duliuotė padauginti iš kalibracijos matricos bei bendrosios kalibracijos konstantos gauto dydžio.

2. Kalibracijos matricos reikšmės, kurios turi būti taikomos Kauno MS prietaisu išmatuotai eriteminei spinduliuotei kalibruoti, svyruoja nuo 0,9 iki 1,55 ir priklauso nuo bendro ozono kiekio bei saulės zenito kampo. Bendroji kalibracijos konstanta yra lygi 1,1282.

3. Išanalizavus paviršiaus albedo ir aerolių optinio tankio poveiką kalibracijos matricos sudarymui nustatyta, kad šie parametrai kaita jai nėra reikšminga, tad šie dydžiai gali būti laikomi konstanta.

PADEKA

Darbo autoriai nuoširdžiai dėkoja Hidrometeorologijos tarnybai už suteiktą galimybę pasinaudoti Kauno meteorologijos stoties matavimų duomenimis, Miuncheno universiteto meteorologijos institutui už galimybę atlikti dalį darbo jame ir naudotis STAR modeliu, taip pat visai UV spinduliuotės grupei už supratimą ir suteiktą pagalbą.

Gauta 2005 09 12
Parengta 2005 09 28

Literatūra

Bais A. ir kt. (1999). Report of the LAP/COST/WMO intercomparison of erythemal radiometers. *WMO TD No. 1051*.

- Blum H. F. (1948) Sunlight as a causal factor in cancer of the skin of man. *Journal Natl Inst Cancer*. 9: 247–258.
- Bojkov R. ir kt. (1990). A statistical trend analysis of revised Dobson total ozone data over the Northern hemisphere, *Journal of Geophysic Resourse*. 95: 9785–9807.
- Caldwell M. M. (1998). Effects of increased solar ultraviolet radiation on terrestrial ecosystems. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. 46: 40–52.
- De Gruji F. R., der Leun J. V. C. (1994). Estimate of the wavelength dependency of ultraviolet carcinogenesis in humans and its relevance to the risk assessment of a stratospheric ozone depletion. *Health Phys*. 67: 314–325.
- Elwood M. Jopson J. (1997). Melanoma and sun exposure: an overview of published studies. *Journal Cancer*. 73: 198–203.
- Hader D. ir kt. (1998). Effects on aquatic ecosystems. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. 46: 53–68.
- Kerr J. B., Seckmeyer G. (2003). Solar ultraviolet radiation: past and future. *Global ozone monitoring project*. 47: 46.
- Koepke P., Reuder J., Schwander H. (2002). Solar UV radiation and its variability due to the atmospheric components. *Transword Research Network*.
- Liukaitytė J., Rimkus E. (2004). Maksimalios eriteminės spinduliuotės prietakos modeliavimas STARsci modeliu. *Geografija*. 40: 3–9.
- Longstreth J. ir kt. (1998). Health risk. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. 46: 20–39.
- McKinlay A. F., Diffey B. L. (1987). A reference action spectrum for ultra-violet induced erythema in human skin. *CIE Journal*. 6: 17–22.
- Neuendorfer A. C. (1996). Ozone monitoring with TIROS-N operational vertical sounders. *Journal of Geophysic Resourse*. 101: 18807–18828.
- Riederschmid R. (1938). Zur Entwicklung der natuerlichen ultraviolettstrahlung. *Radiologica*. 2: 126–137.
- Schreder J. (2005). Standart calibration method (www.schreder-cms.com)
- Stolarski R. S. ir kt. (1991). Total ozone trends deduced from Nimbus 7 TOMS data. *Geophys. Res. Lett*. 18: 1015–1018.
- UV biometras. Naudojimo vadovas* (2000). Red. R. Jonaviėienė, J. Karkozas, Lietuvos HMT.
- WMO (1999). Scientific assessment of ozone depletion: 1998. *Global Ozone research and monitoring project. Report No. 44*. Geneva.

Judita Liukaitytė, Egidijus Rimkus

APPLICATION OF THE STAR MODEL FOR CALIBRATION OF ERYTHEMAL RADIATION MEASURED AT KAUNAS METEOROLOGICAL STATION

Summary

The aim of the work was to make the calibration of quantities measured by the STARsci model, to make the calibration of the data measured at Kaunas MS in 2001–2002, to make the matrix of the calibration and to find the single calibration constant.

The problem was to get E_{SKY} from E_{SKYSL} values measured with a Solar Light instrument of unknown calibration. In the measurements it is not known whether the response of the instrument is maximum or minimum or inbetween, and also the cosine response only can be taken from the manual. Moreover, the absolute sensitivity is not known, either, since the manufacturer gives the measured results as absolute values but not as a value for the sensitivity. However, since the measured values are given as absolute, the first assumption is that $CONST_{sl} = 1$ (as it is for $CONST_{ery}$) and the sensitivities $S_{slerymax}(\lambda)$ ir $S_{slerymin}(\lambda)$ are absolute. But they are also normalized to 1.

The question is to determine the calibration matrix CAL which describes the difference or better the ratio between E_{sky} and E_{skysl} , i.e. the effects of the erythemal weighting function really used in the instrument and cosine response against the ideal erythemal CIE values and an ideal cosine response. Thus, the values $CAL = E_{sky} / E_{skysl}$ had to be determined. This has been made for both max and min instrument response.

The main influence parameters for this ratio are the solar zenith angle and the ozone content. The solar zenith angle is significant with respect to cosine weighting but also to the spectral composition of the irradiance, and the ozone content shifts the intensity and thus is significant for spectral weighting.

After the analyzing the influence of albedo and aerosol optical density on the calibration matrix it has been established that the change of the parameters has nearly no influence on this matrix, therefore these quantities remain constant.

The 'real' values of calibration matrix which were applied for calibration of erythemal radiation measured by the Solar Light instrument ranged from 0.9 to 1.55. The single calibration constant that gives correction of the sensitivity of sensors is 1.1282.