

prípadová štúdia

Modelovanie množstva dopadnutého slnečného žiarenia

(v programe SAGA GIS)

Igor Gallay

Katedra aplikovanej ekológie

Fakulta ekológie a environmentalistiky, Technická univerzita vo Zvolene

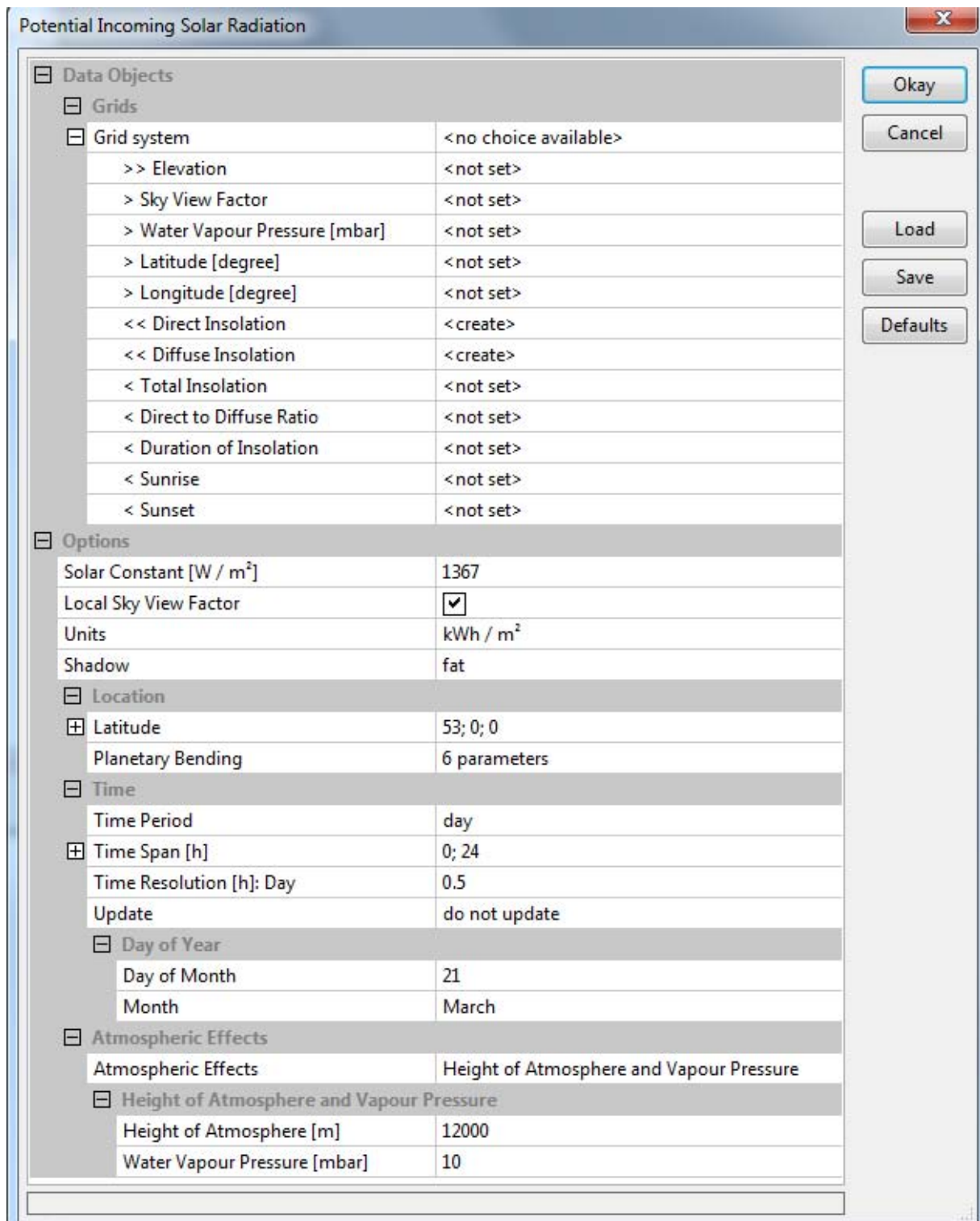
Množstvo dopadnutého slnečného žiarenia patrí medzi základné ekologické faktory na Zemi od celoplanetárnej úrovne až po topickú. Je to najdôležitejší zdroj energie na Zemi. Je základom mnohých procesov, ako napríklad:

- cirkulácie ovzdušia - rozdiely v množstve dopadnutého, pohlteneho a odrazeného slnečného žiarenia na rôznych miestach planéty rôznymi povrchmi sú zdrojom energie vzdušného prúdenia od planetárnej úrovne (napr. monzúny) až po úroveň miestnu (výmena vzduchu medzi mestom a okolitým lesom)
- patrí medzi exogénne činitele, napr. fyzikálne zvetrávanie hornín teplotnými zmenami, vietor, ako dôsledok nerovnomerného ohrievania povrchu zeme – veterná erózia, transport, sedimentácia
- je zdrojom energie pre fotosyntézu, čo je nenahraditeľný proces pre život na Zemi
- je zdrojom elektrickej energie, či ako obnoviteľný zdroj energie, alebo vo forme fosílnych palív
- svetlo a teplo patria medzi hlavné ekologické faktory, ktoré spolurozhodujú o rozšírení organizmov na zemi, o veľkosti produkcie, o vhodnosti či nevhodnosti územia pre život či rôzne využívanie človekom, atď.

Množstvo dopadnutej slnečnej energie je najväčšie ak slnečné lúče dopadajú na povrch pod pravým uhlom, so znižovaním uhla dopadu sa znižuje aj príjem slnečnej energie. V tejto súvislosti sa mení množstvo dopadnutého slnečného žiarenia:

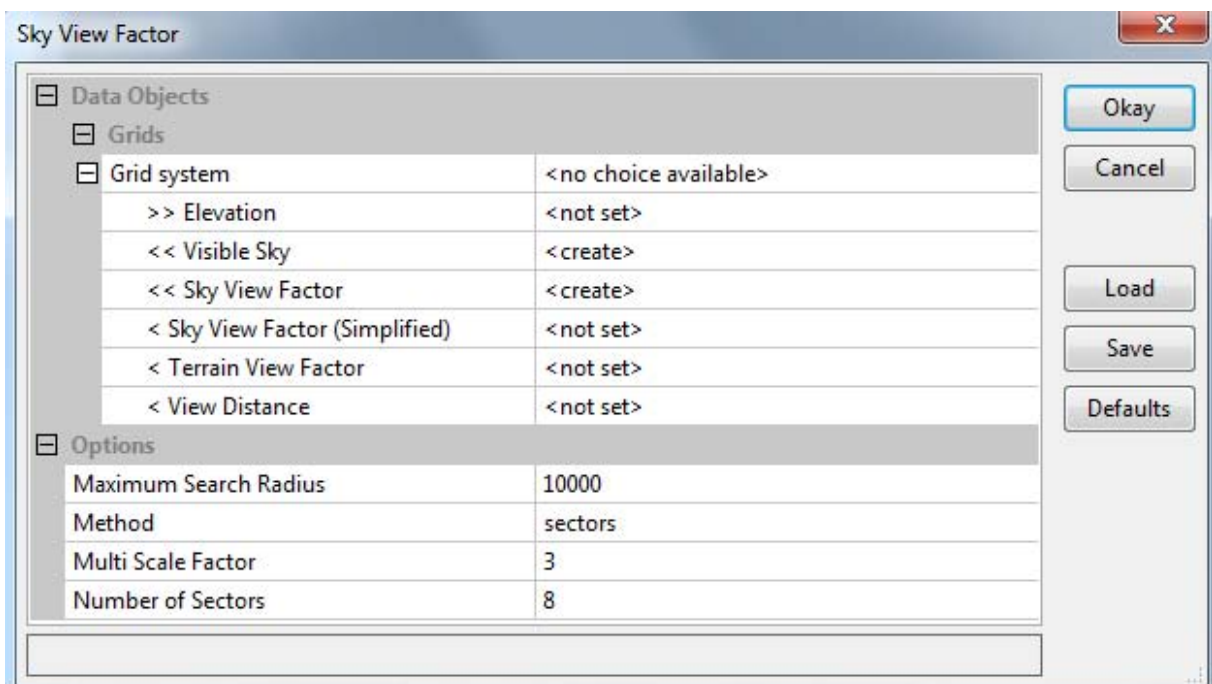
- od rovníka k pólom v dôsledku tvaru Zeme (Sláviková a kol., 2010)
- ročného obdobia – privrátenosť severnej pologule k Slnku v letných mesiacoch a jej odvrátenosť v zimných mesiacoch (Sláviková a kol., 2010)
- expozície – privrátenosti svahov k svetovej strane, južné svahy majú vyšší príjem ako roviny a tie ako severné svahy
- sklonu – v našej zemepisnej šírke dopadajú slnečné lúče na južne orientované svahy pod strmším uhlom ako na rovnú plochu. Uhol dopadu sa blíži kolmému pri sklone okolo 30°. Naopak pri severne orientovaných svahoch – čím vyšší sklon, tým menej dopadnutej slnečnej energie
- tienenie okolitého reliéfu
- oblačnosti, alebo všeobecne od priepustnosti atmosféry – prašnosť a pod.
- časti dňa – najviac dopadnutého žiarenia okolo poludnia od rána sa množstvo zvyšuje na obed je najviac k večeru sa zasa znižuje

Všetky tieto faktory je potrebné zohľadniť pri modelovaní množstva dopadnutého slnečného žiarenia, čo nám veľmi dobre umožňujú napr. nástroje obsiahnuté v programe SAGA GIS.



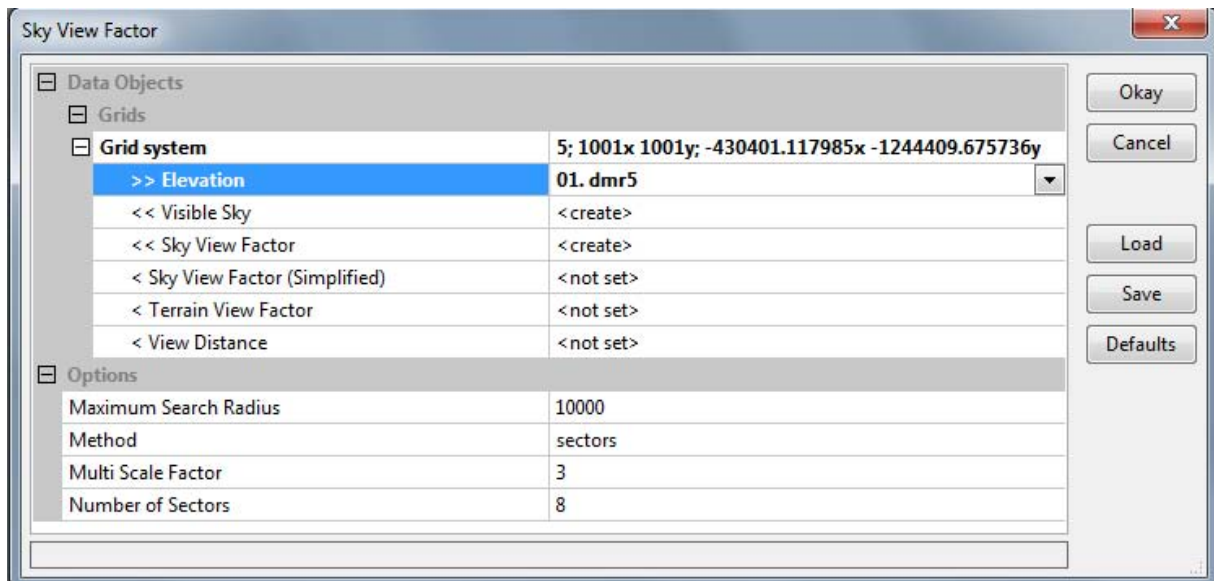
Obr. 1: Nástroj na modelovanie potenciálneho množstva dopadnutého slnečného žiarenia v programe SAGA GIS

Pre modelovanie množstva dopadnutého slnečného žiarenia použijeme nástroj „Potential Incoming Solar Radiation“, ktorý nájdeme kliknutím na Geoprocessing v hlavnom menu Incoming Solar Radiation“, ktorý nájdeme kliknutím na Geoprocessing v hlavnom menu a ďalej prejdeme na „Terrain Analysis / Lighting“. Okno nástroja je zobrazené na Obr. 1. Ako je možné vidieť jediným nevyhnutným vstupom je DMR, ktorý importujeme z ArcGIS postupom, ktorý uvádzame v prípadovej štúdií o modelovaní erózie pôdy. Ostatné vstupy sú dobrovoľné. Jedným z nich je aj „Sky View Faktor“, ktorý nám modeluje zatienenie okolitým reliéfom a v programe Saga existuje nástroj, ktorým si túto vrstvu môžeme vytvoriť. Preto ešte skôr ako spustíme nástroj na modelovanie oslnenia (zatvoríme okno Potential Incoming Solar Radiation) vyhľadáme cez Geoprocessing / Terrain Analysis / Lighting a spustíme nástroj „Sky View Faktor“ (Obr. 2).



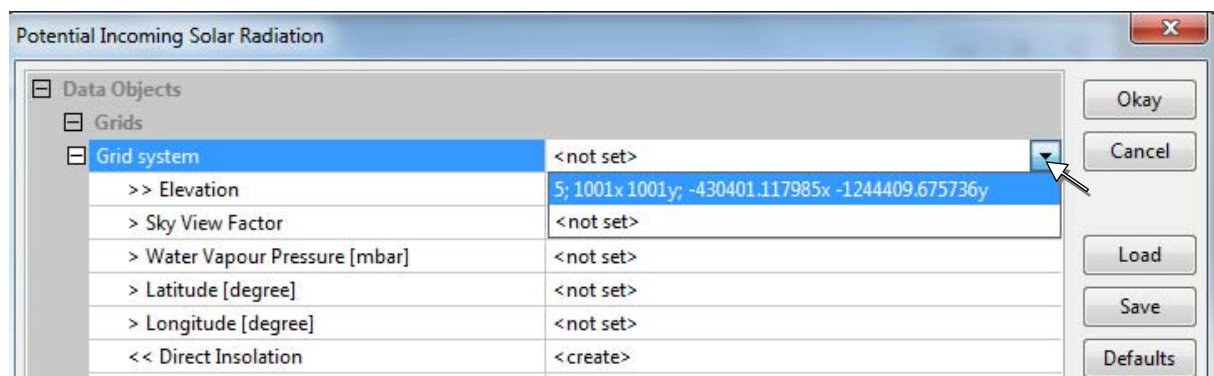
Obr. 2: Okno nástroja na modelovanie tienenia okolitým reliéfom

Jediným vstupom, ktorý potrebujeme je DMR. Výstupov je niekoľko, dva "povinné" a tri voliteľné (majú v pravom stĺpci nastavené "not set"). Ak chcete voliteľný výstup vytvoriť, je potrebné kliknutím ľavým tlačidlom myši v pravom stĺpci príslušného riadku zobrazíť možnosti a vybrať "create". Nás však zaujíma vrstva "Sky View Faktor", ktorá patrí medzi "povinné" výstupy, preto stačí, ak v riadku "Grid system" v pravom stĺpci kliknutím myšou vyvoláme ponuku jednotlivých "Grid systémov" a vyberieme (v tomto prípade) ten jeden ponúkaný. Následne v pravom stĺpci riadku Elevation dvojklikom zobrazíme ponuku rastrových vrstiev (momentálne by tam mala byť len jedna - DMR) a vyberieme raster DMR. Nič ďalšie už nemusíme nastaviť. V spodnej časti v oddelení " Options" môžeme meniť niektoré nastavenia, ako napr. polomer kruhu, v rámci ktorého sa "preveruje" tienenie daného bodu okolitým reliéfom, ale pre naše potreby ponecháme predvolené nastavenia. Vaše okno nástroja by malo vyzeráť podobne ako na Obr. 3. Pre spustenie klikneme na tlačidlo "Okay" v pravom hornom rohu okna.



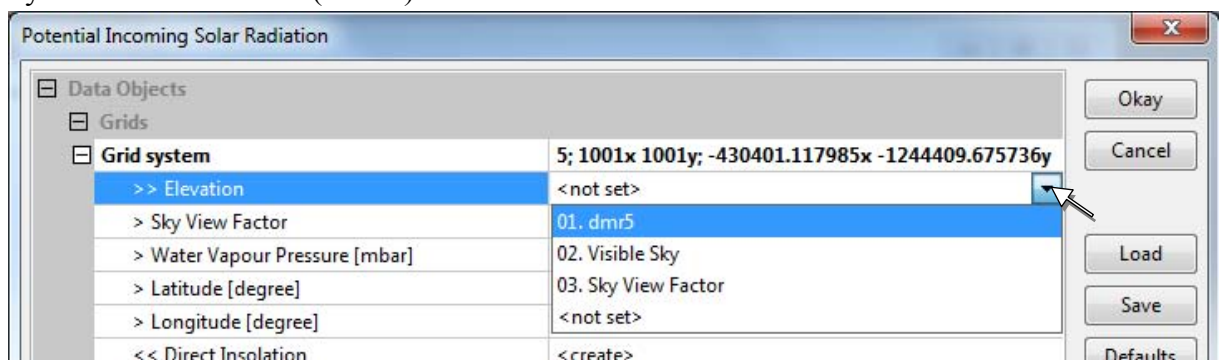
Obr. 3: Nastavenie parametrov v okne nástroja modelovania tienenia okolitým reliéfom

Následne môžeme prísť k modelovaniu oslnenia. Znova spustíme „Geoprocessing / Terrain Analysis / Lighting / Potential Incoming Solar Radiation“. V zobrazenom okne v prvom riadku (Obr. 4) kliknutím ľavým tlačidlom myši nastavíme "Grid system" (je tam len jeden).



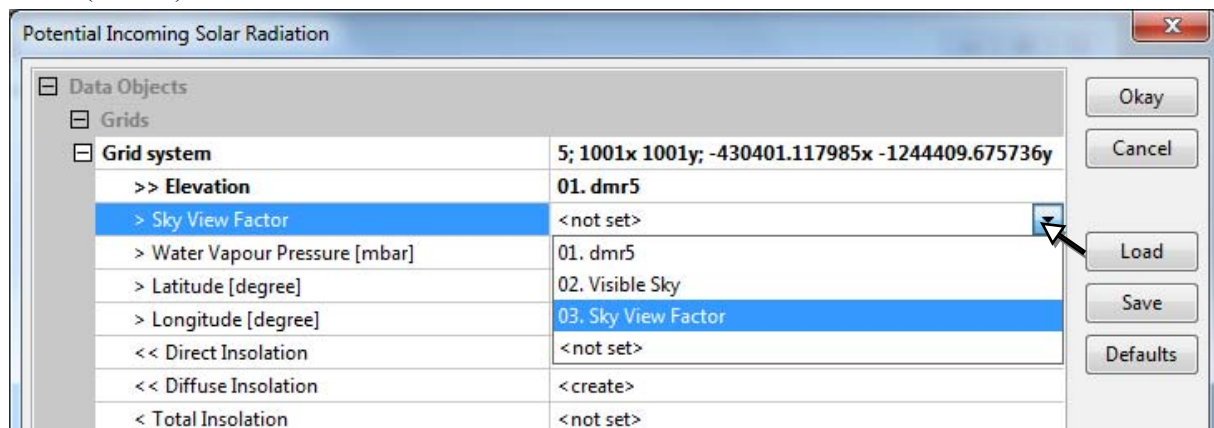
Obr. 4: Nastavenie „Grid systému“ v okne nástroja na modelovanie príkonu slnečnej energie

V riadku Elevation kliknutím v pravom stĺpci zobrazíme ponuku rastrových vrstiev a vyberieme raster DMR (Obr. 5).



Obr. 5: Vloženie rastre DMR v okne nástroja na modelovanie príkonu slnečnej energie

V treťom riadku Sky View Factor rovnakým spôsobom v pravom stĺpci nastavíme príslušný raster (Obr. 6).



Obr. 6: Vloženie rastre tienenia okolitým reliéfom v okne nástroja na modelovanie príkonu slnečnej energie

V ďalších riadkoch máme ešte tri voliteľné vstupy - raster tlaku vodných pár a rastre zemepisnej šírky a dĺžky. Tieto voľby je vhodné využiť ak máme prístup k dostupným údajom (raster tlaku vodných pár pre územie) a ak riešime rozsiahle územia (rastre so súradnicami). Pre menšie územia, kde zemepisná šírka a dĺžka okrajov územia sa výrazne nelíšia od súradníc centra územia, stačí ak zadáme len jednu hodnotu zemepisnej šírky pre celé územie v časti Options v spodnej časti okna.

Nástroj umožňuje vytvoriť viacero výstupov. Medzi "povinné" výstupy patria:

množstvo priameho slnečného žiarenia (Direct Insolation)
 množstvo rozptýleného slnečného žiarenia (Diffuse Insolation)

Medzi voliteľné výstupy patria:

- celkové množstvo dopadnutého slnečného žiarenia (Total Insolation)
- pomer priameho a difúzneho žiarenia (Direct to Diffuse Ratio)
- Dĺžka oslnenia (Duration of Insolation)
- Východ Slnka (Sunrise)
- Západ Slnka (Sunset)

Ak chcete vytvoriť niektorý (alebo aj všetky) z voliteľných výstupov, je potrebné kliknutím ľavým tlačidlom myši v pravom stĺpci príslušného riadku zobrazíť možnosti a vybrať "create".

Ako sme sa zmienili v úvode, množstvo dopadnutého slnečného žiarenia závisí od viacerých faktorov. Tým, že sme do modelu vložili DMR, si program odvodí parametre ako nadmorská výška, expozícia, sklon. Tienenie okolitým reliéfom sme definovali vložением vrstvy „Sky View Factor“. Teraz je ešte potrebné nastaviť zostávajúce parametre, a to urobíme v časti „Options“ s spodnej časti okna (Obr. 1).

Prvé štyri riadky (hodnota solárnej konštanty, jednotky výpočtu oslnenia, atď.) v oddelení „Options“ ponecháme bez zmeny, prejdeme priamo na časť Poloha (Location). V riadku

„Latitude“ zadajte hodnotu zemepisnej šírky - stupne, minúty a sekundy. Jednoduchšie tieto hodnoty zadáte po kliknutí na symbol „+“ pred riadkom, kedy sa ponuka rozvinie a pre každý údaj sa zobrazí vlastný riadok (Obr. 7.).

[-] Location	
[-] Latitude	53; 0; 0
Degree	53
Minute	0
Second	0
Planetary Bending	6 parameters

Obr. 7: Dialóg pre nastavenie zemepisnej šírky územia

Zistiť zemepisnú šírku hodnoteného územia možno viacerými spôsobmi, avšak jeden z možných je, že si pre niektoré zo sídel nachádzajúcich sa v hodnotenom území vyhladáte webovú stránku sídla, kde je zvykom uvádzať aj jeho súradnice.

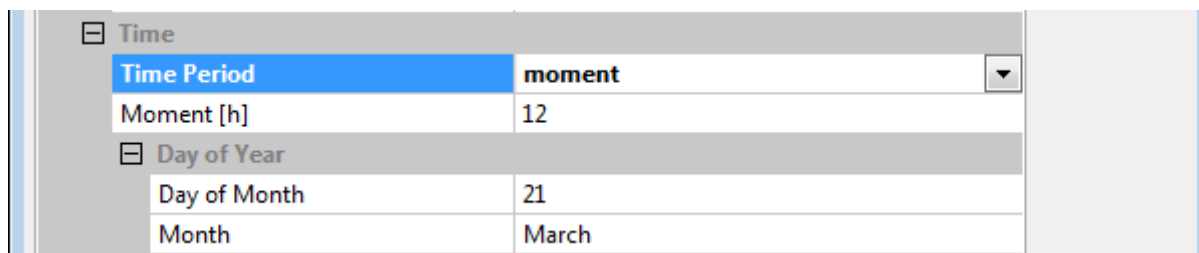
V časti Čas (Time) nastavíme časový interval, pre ktorý chceme modelovať množstvo dopadnutého slnečného žiarenia. V riadku „Time Period“ kliknutím ľavým tlačidlom myši v pravom stĺpci otvoríme ponuku s tromi možnosťami (Obr. 8):

- moment - výpočet množstva dopadajúceho žiarenia v určitej (zvolenej) hodine konkrétneho (zvoleného) dňa
- day - množstvo dopadnutého žiarenia v konkrétnom (zvolenom) dni v zvolenom časovom intervale, prípadne za celý deň
- range of days - množstvo dopadnutého žiarenia vo zvolenom období roka, či počas celého roka

[-] Time	
Time Period	day
Time Span [h]	moment
Time Resolution [h]: Day	day
Update	range of days
[-] Day of Year	
Day of Month	21
Month	March

Obr. 8: Nastavenie časového intervalu, pre ktorý chceme množstvo dopadnutého slnečného žiarenia modelovať

Podľa zvolenej možnosti sa následne upraví aj ponuka ďalších nastaviteľných parametrov. Ak zvolíme možnosť „**moment**“ (Obr. 9) zobrazí sa len jeden riadok, a to „Moment [h]“, kde v pravom stĺpci zadáme hodinu, pre ktorú chceme modelovať množstvo dopadajúceho žiarenia.

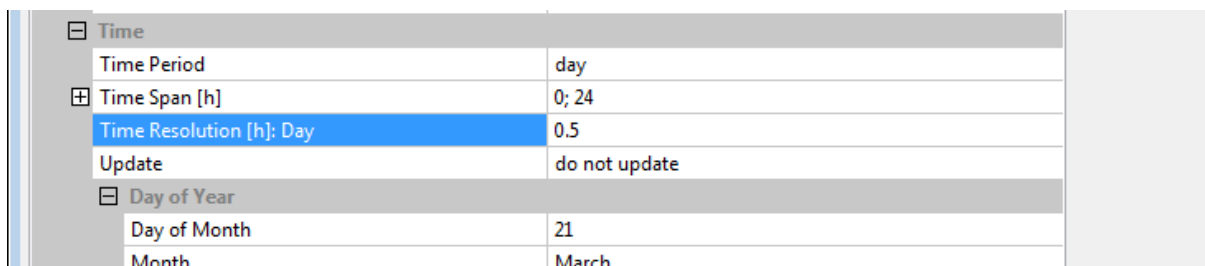


Obr. 9: Vzhľad okna pri zvolení možnosti „moment“

Nižšie, v oddelení „Day of Year“ môžeme kliknutím ľavým tlačidlom myši v pravom stĺpci nastaviť deň a mesiac, pre ktorý chceme (pre vyššie nastavenú hodinu) oslnenie modelovať.

Pri zvolení možnosti „**day**“ (Obr. 10) sa zobrazia tri nové riadky. V riadku „Time Span [h]“ môžeme nastaviť časový interval v rámci dňa (od do), v rámci ktorého sa bude množstvo dopadnutého slnečného žiarenia modelovať. Pre ľahšie nastavenie kliknite na symbol „+“ pre zobrazenie samostatných riadkov pre začiatočnú i konečnú hodinu. Ak ponecháte prednastavené hodnoty (0; 24) výpočet sa uskutoční za celý deň (od východu do západu slnka). V nasledujúcom riadku „Time Resolution [h]: Day“ môžeme nastaviť, ako často sa majú korigovať (prepočítavať) parametre súvisiace s „chodom“ Slnka po oblohe počas dňa - výška Slnka nad horizontom, uhol dopadu slnečných lúčov, atď. Prednastavená hodnota prepočtu je každých 30 min (0,5 h). Zväčšením čísla skrátime čas výpočtu, čo môže byť výhodné ak modelujeme veľké územie pre dlhý časový úsek, pre ktoré môže výpočet trvať dlho. Je však potrebné myslieť zároveň na zníženie presnosti. Napr. ak by sme zadali hodnotu 6, výška slnka a uhol dopadu by sa prepočítal pri východe Slnka, a potom každých 6 hodín. Avšak výška Slnka sa za ten čas zmení dosť výrazne, preto z hľadiska presnosti odporúčame v prípade potreby zvýšiť hodnotu najviac na 1 hodinu. V treťom riadku „možnosti Day“ s názvom „Update“ môžete kliknutím v pravom stĺpci zobrazit' tri voľby:

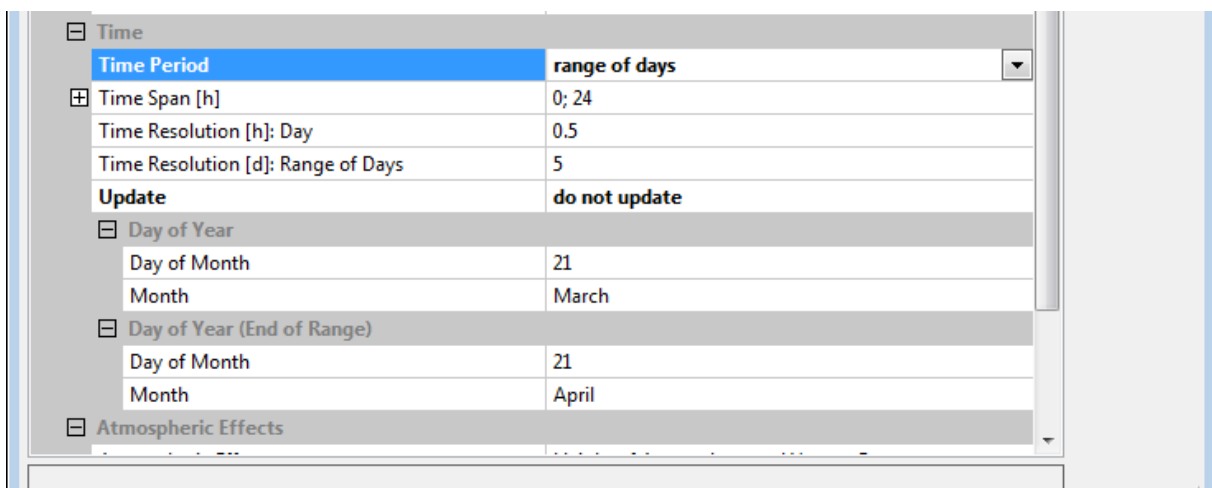
- do not update - nebudú sa zobrazovať medzivrstvy - výsledky modelovania množstva dopadnutého žiarenia po každej polhodine, či hodine (podľa nášho nastavenia). Zobrazí sa len výsledný raster
- update, colour stretch for each time step - zobrazí aj jednotlivé medzivrstvy, pričom pre každú medzivrstvu prepočíta nanovo farebnú škálu, teda tá istá farba bude predstavovať vždy inú hodnotu, podľa toho ako bude s pribúdajúcim časom množstvo dopadnutého žiarenia pribúdať
- update, fixed colour stretch - zobrazí aj jednotlivé medzivrstvy, pričom farebná legenda zostáva stála



Obr. 10: Vzhľad okna pri zvolení možnosti „day“

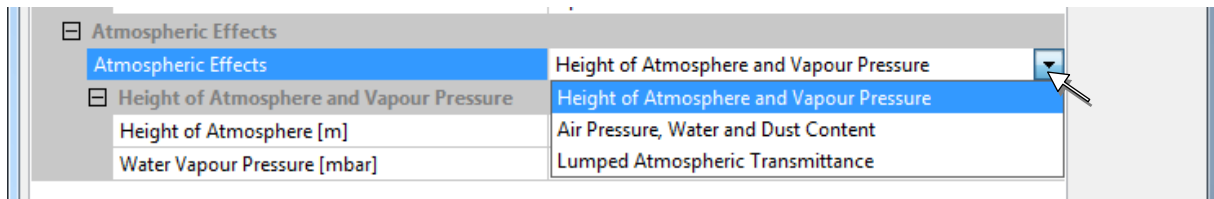
Následne je ešte potrebné nastaviť dátum dňa, pre ktorý chceme modelovať príkon slnečného žiarenia. Na to nám slúži voľba "Day of Year", kde kliknutím ľavým tlačidlom myši v pravom stĺpci príslušného riadka nastavíme požadovaný deň a mesiac.

Pri zvolení možnosti „**range of days**“ (Obr. 11) sa zobrazia štyri voľby, pričom tri sú rovnaké ako v predchádzajúcom prípade a jedna je nová. Znova tu máme voľbu „Time Span [h]“, kde môžeme nastaviť, pre aký časový interval v rámci každého dňa chceme modelovať oslnenie (prednastavené hodnoty znamenajú celý deň). Nasledujúca voľba „Time Resolution [h]: Day“ má rovnakú funkciu a možnosti nastavenia, ako sme popísali vyššie. Rovnako aj voľba „Update“ v štvrtom riadku. Novou voľbou je „Time Resolution [d]: Range of Days“. Keďže výška Slnka nad horizontom, a tým aj uhol dopadu slnečného žiarenia, sa nemenia len počas dňa, ale i v rámci roka (v zimných mesiacoch je Slnko nižšie nad horizontom ako v letných), je potrebné uvažovať v modeli so zmenou aj tohto parametra počas roka. Na to slúži práve uvedená voľba, kde prednastavenou hodnotou je 5. Teda každých 5 dní sa prepočítajú parametre (pre danú zemepisnú šírku, ktorú ste zadali vyššie), ako je čas východu a západu Slnka, výška Slnka nad horizontom v konkrétnej hodine počas dňa, atď. Zadať môže hodnotu nižšiu (čas výpočtu sa predĺži, presnosť sa zvýši) i vyššiu (čas výpočtu sa skrúti, presnosť zníži) ako je prednastavená hodnota. Okrem tohto parametra sa pri voľbe „range of days“ oproti predchádzajúcim možnostiam rozšírila aj voľba nastavenia „dátumu“, keďže nenastavujeme už len jeden konkrétny deň, ale interval od do. V oddelení „Day of Year“ nastavíme deň a mesiac, od ktorého sa má modelovanie začať a v oddelení „Day of Year [End of Range]“ nastavíme deň a mesiac, ktorým sa má modelovanie ukončiť. Ak chceme vypočítať oslnenie za celý rok, je potrebné ako začiatkový dátum uviesť 1. január a konečný dátum 31. december.



Obr. 11: Vzhľad okna pri zvolení možnosti „**range of days**“

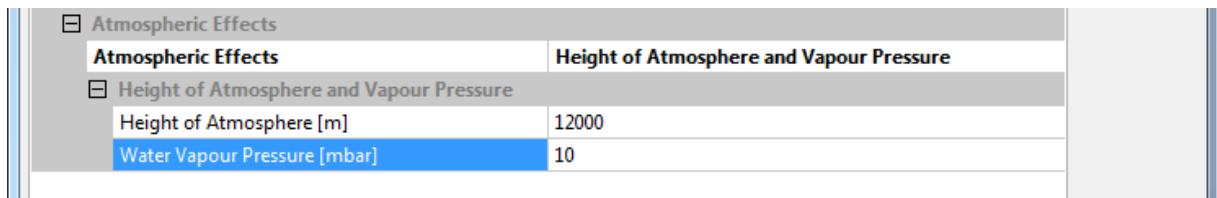
Posledným parametrom, ktorý je potrebné definovať, je priepustnosť atmosféry pre slnečné žiarenie. Služi na to oddiel „Atmospheric Effects“ v spodnej časti okna. Môžeme si vybrať z viacerých spôsobov, v závislosti od toho, aké údaje máme k dispozícii. Kliknutím v pravom stĺpci v riadku „Atmospheric Effects“ zobrazíme ponúkané tri možnosti (Obr. 12).



Obr. 12: Možnosti nastavenia parametrov priepustnosti atmosféry pre slnečné žiarenie

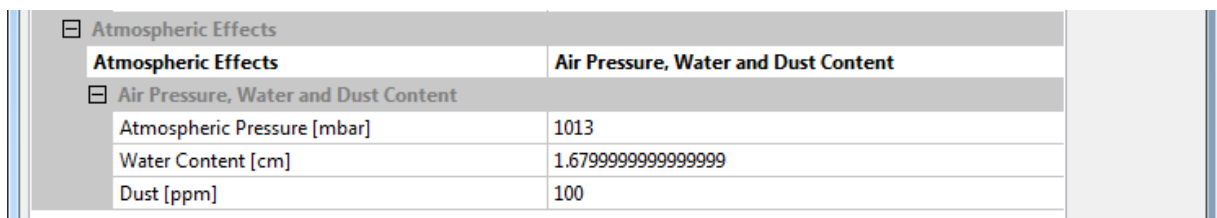
Podľa vybranej možnosti sa nám prispôsobí aj ponuka v nasledujúcich riadkoch. Ak zvolíte:

- **Height of Atmosphere and Vapour Pressure** (výška Atmosféry a tlak vodných pár) – ak máte pre vaše územie informáciu o tlaku vodných pár, napr. z meraní meteorologických staníc, vlastné meranie a pod. môžete využiť túto voľbu. Je potrebné zadať aj výšku atmosféry, v skutočnosti je myslená výška troposféry, teda najspodnejšej časti atmosféry, ktorej výška sa mení od 8 – 10 km nad pólmi, cez asi 11 km nad miernym pásmom až po 16 – 18 km nad rovníkom. Hodnoty zadáme do príslušných riadkov (Obr. 13).



Obr. 13: Vzhľad okna pri zvolení možnosti „Height of Atmosphere and Vapour Pressure“

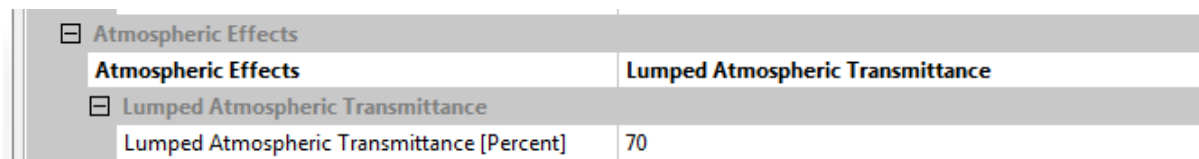
- **Air Pressure, Water and Dust Content** (tlak vzduchu a obsah prachu) – po vybratí tejto voľby sa zmení ponuka okna nástroja, zobrazia sa tri nové riadky (Obr. 14). Kliknutím ľavým tlačidlom myši do pravého stĺpca riadku „Atmospheric Pressure [mbar]“ vložíme hodnotu atmosférického tlaku vzduchu. V nasledujúcom riadku „Water Content [cm]“ je potrebné zadať hodnotu množstva vody vo vertikálnom stĺpci atmosféry z intervalu 1.5 až 1.7cm, prípadne ponechať (čo odporúčame) prednastavenú hodnotu (podrobnejšie napr. na http://www.saga-gis.org/saga_module_doc/2.1.3/ta_lighting_2.html). V riadku „Dust [ppm]“ je potrebné zadať množstvo prachových častíc v ovzduší, ak disponujete uvedeným údajom. Prednastavená hodnota je 100 ppm.



Obr. 14: Vzhľad okna pri zvolení možnosti „Air Pressure, Water and Dust Content“

- **Lumped Atmospheric Transmittance** (priepustnosť atmosféry v percentách) – toto bude zvyčajne vaša najčastejšia voľba. Po vybratí tejto voľby sa zobrazí jeden nový riadok (Obr. 15), kde môžete zadať hodnotu od 0 do 100. Najčastejšie sa zadávajú hodnoty z intervalu 60 – 80%. Prednastavenou hodnotou je 70 %. Priepustnosť atmosféry veľmi

závisí od ročného obdobia, či je počasie sychravé, oblačné alebo slnečné s jasnou oblohou. Pri výpočte oslnenia za celý rok odporúčame zadať hodnotu 60 %.



Obr. 15: Vzhľad okna pri zvolení možnosti „Lumped Atmospheric Transmittance“

Na záver pre spustenie modelu je potrebné kliknúť na tlačidlo „Okay“.

PodĎakovanie

Prípadová štúdia bola vypracovaná s finančnou podporou Kultúrnej a edukačnej grantovej agentúry (KEGA) Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky v rámci projektu Nové formy výučby geoinformatiky na TU Zvolen, KEGA č. 008TU Z-4/2013