

Česká zemědělská univerzita v Praze - Katedra agroekologie a biometeorologie

Česká bioklimatologická společnost

Slovenská klimatologická spoločnosť

Český hydrometeorologický ústav, pobočka v Brně a Ústí nad Labem

BIOKLIMA 2010

BIOKLÍMA 2010

Sborník příspěvků
z mezinárodní konference

Bioklima 2010, Bioklíma 2010

Mezinárodní konference

Praha 7. až 9. 9. 2010

Editace:

*Ing. Věra Kožnarová, CSc.
Ing. Soňa Sulovská*

Grafická úprava:

© Ing. Věra Kožnarová, CSc.

© Česká bioklimatologická společnost

ISBN: 978-80-213-2097-0

Obsah / Summary

Úvod	1
Vladimír Adamec, Vilma Jandová, Roman Ličbinský	3
Emise z dopravy, jejich vývoj a podíl na znečištění ovzduší v ČR Emission from transport, their trends and share on air pollution in Czech Republic	
Daniel Bareš, Martin Možný, Jiří Novák	12
Nové trendy ve fenologickém pozorování na Mezinárodní fenologické zahrádce (IPG) v Doksanech New trends in phenological observation on the International Phenological Garden (IPG) in Doksy	
Rober Baszo	18
Aplikácia dnových sedimentov na poľnohospodársku pôdu – legislatívne a praktické problémy Bottom sediments application to the agricultural soil – legislation and practical problems	
Svetlana Bičárová, Anna Pribullová, Jozef Mačutek	23
Výskyt nebezpečných dažďových zrážok vo vysokohorskom prostredí Incidence of extreme rainfall events in mountain areas	
Peter Borsányi, Štefan Soták	29
Modelovanie extrémnych charakteristík vetra v oblasti Kráľovoohorských Tatier Modelling extreme wind characteristics in the region of Kráľovoohorské Tatras	
Josef Brechler, Vladimír Fuka	39
Modelovanie transportu a rozptylu pevného aerosolu Modelling of transport and dispersion of particulate matters	
Zlata Čabajová, Viera Horecká	46
Perspektívy medicínsko-meteorologických predpovedí Perspectives of the medical-meteorological prognosis	
Vladimír Čaboun, Zuzana Sitková, Milan Zemko, Jozef Ištoňa, Jozef Capuliak	49
Mikroklimatické sledovania na výskumných plochách vo Vysokých Tatrách s odlišným pokalamitným vývojom Microclimatic observation on research plots in High Tatras with different development of vegetation after wind throw disaster	
Ján Čimo, František Špánik, Lucia Maderková, Dušan Igaz, Michal Gembicky	59
Zrážkové obdobia v Podunajskej nížine Precipitation periods in Danubian lowland	
Marek Fabrika, Ján Merganič	65
Modelovanie slnečného žiarenia v stromovom rastovom simulátore Modelling of solar radiation in tree growth simulator	

Petra Fukalová, Jaroslav Rožnovský, Filip Chuchma	75
Diference vybraných klimatických charakteristik v porostu sadů a na klimatologické stanici	
Differences of selected climatic characteristic in orchards and at a climatological station	
Jan Haberle	85
Simulace vlivu diferencované zásoby vody po kvetení na výnos zrna ozimé pšenice	
The simulation of the effect of different water supply after anthesis on wheat grain yield	
Lenka Hájková, Dáša Richterová	91
Časová a prostorová variabilita nástupu fenofází psárky luční v letech 1991 – 2009	
Temporal and spatial variability of phenophase entrance in 1991 – 2009	
Petr Hlavinka, Miroslav Trnka, Jan Balek, Daniela Semerádová, Josef Eitzinger, Martin Možný, Zdeněk Žalud	100
Půdní klima – stanovení teplotních a vlhkostních režimů	
Soil climate – determination of temperature and moisture regimes	
František Hnilička, Helena Hniličková, Petr Svoboda, Karel Krofta	109
Vliv počasí na výši výnosu chmele	
Effect of weather on the yield of hop cone	
Josef Holec, Miroslav Jursík, Pavel Hamouz, Josef Soukup	116
Počátek doby kvetení u vybraných druhů polních plevelů v roce 2010	
Beginning of flowering time of selected arable weed species in 2010	
Viera Horecká, Mária Tekušová	122
Biologicky aktívne slnečné žiarenie v Bratislave	
Biologically active solar radiation in Bratislava	
Viera Jakubíková, Alena Vinceová, Mária Semanová	131
Klasenie pšenice ozimnej (<i>Triticum aestivum</i> L.) na Podunajskej a Východoslovenskej nížine	
Heading of winter wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) in Podunajská and Východoslovenská Lowlands	
Karol Kalúz, Jozefína Paulovičová	136
Stanovenie depozičnej rýchlosťi síry prevodom objemových koncentrácií oxidu siričitého	
Assesment of deposition velocity of sulphur by conversion mass concentrations of sulphur dioxide	
Małgorzata Kepinska-Kasprzak, Przemysław Mager	142
Growing season in different regions of Poland in changing climate	
Grażyna Knozová	151
Meteorologické příčiny zvýšených koncentrací znečištění ovzduší PM10 v Brně	

Bioklima 2010, Bioklíma 2010

Mezinárodní konference

Praha 7. až 9. 9. 2010

The meteorological cause of increased PM10 concentrations in Brno

Gražyna Knozová, Mojmír Kohut, Jaroslav Rožnovský

160

Hodnocení modelových řad základních meteorologických prvků aplikovaných k predikci klimatu České republiky

Assessing model data applied for agroclimate prediction in the Czech Republic

Ivan Kott

168

Meteorologicko-synoptické metody zpracování fenologických dat
Meteorology-synoptic methods of phenological data processing

Dana Kovalčíková, Daniel Kurjak, Katarína Strelcová, Lubica Ditmarová

172

Vplyv sucha a charakteristik prostredia na transpiráciu a vodný potenciál sadeníc smreka (*Picea abies*, Karst. L.)

The influence of drought and environmental characteristics on transpiration and water potential of spruce seedlings (*Picea abies*, Karst. L.)

Silvie Kozlovska, František Toman, Jana Kozlovsky Dufková

182

Sezonalita výskytu vyšších denních srážkových úhrnů a její vliv na vodní erozi
Seasonality of the occurrence of higher precipitation sums and its influence on the soil erosion

Jana Kozlovsky Dufková

189

Simulace vlivu mrazu na rozpad půdních částic
Simulation of freeze influence on soil aggregate disruption

Věra Kožnarová, Jiří Klabzuba, Soňa Sulovská

197

Variabilita radiačních podmínek za anticyklonálních situací ve střední Evropě
Variability of radiation conditions during anticyclone situations in Central Europe

Karel Krofta

205

Dlouhodobý vývoj obsahu alfa kyselin v českých odrůdách chmele
Long-term development of alpha acid contents in Czech hop varieties

Adriana Leštianska, Katarína Strelcová, Vladimír Krišsák, Andrea Kohútová

215

Zhodnotenie zimných inverzií vo Zvolenskej kotline za roky 2007/2008 a 2008/2009
Assessment of winter inversion in Zvolen hollow in years 2007/2008 and 2008/2009

Tomáš Litschmann, Pavel Hadaš

223

Teplotní inverze v oblasti Pavlovských vrchů
Temperature inversions in the region of Pavlovské vrchy hills

Jozef Mačutek

232

Hodnotenie výskytu obdobia sucha a vlhka v teplom polroku vo Vysokých Tatrách v rokoch 1961 – 2007
Evaluation of dry and wet periods in the warm half-year in the High Tatras in 1961 – 2007

Lucia Maderková, Jaroslav Antal, Ján Čimo

241

Výpočet kinetickej energie dažďa a jej vplyv na hodnotu dažďového faktora R
Calculation of kinetic energy and its influence on the value of rain factor R

Dagmar Magová, Katarína Střelcová	250
Sezónna dynamika zmien obvodov kmeňov smrekov a smrekovcov v závislosti od klimatických faktorov	
Seasonal dynamics of stem circumference changes of spruce and larch trees in relation to climatic factors	
Tomáš Mašíček, František Toman	259
Srážko-odtokové poměry v povodí Fryšávky	
Rainfall-runoff conditions of the Fryšávka river basin	
Božena Michalska	269
The tendencies of air temperature changes in Poland	
Martin Možný, Daniel Bareš, Jana Nosková	274
Využití sítě stanic s měřením půdní vlhkosti pro monitoring sucha	
Use of the network stations measuring soil moisture for drought monitoring	
Bronislava Mužíková, Vladan Jareš, Jana Kozlovsky-Dufková	280
Změna účinnosti větrolamu s měnícím se olistěním dřevin	
Variation of windbreak effectivity due to changing foliage of wood species	
Jiří Nekovář	288
Budoucí chování člověka v důsledku klimatické změny	
Future effort of human behavior due to climate change bad effects	
Jiří Nekovář, Rudolf Bagar	295
Trend indexu Severoatlantické Oscilace (NAO) v období 1950 – 2009	
Trend of North Atlantic Oscillation index within 1950 - 2009 periods	
Lenka Nohejlová, Milena Fantová, Věra Kožnarová, Jaromír Šantrůček	303
Vliv povětrnostních podmínek na kvalitu a využití pastevních porostů pro produkci jehněčího masa	
Effect of weather conditions on a pasture quality and its use for production of lamb meat	
Jana Nosková, Martin Možný	312
Extrémní výkyvy počasí v Severozápadních Čechách za posledních 500 let	
Extreme weather in Northwest Bohemia in the last 500 years	
Martin Novák	316
První zkušenosti s UTCI (Universal Thermal Climate Index) v podmínkách ČR	
First experiences with UTCI (Universal Thermal Climate Index) in conditions of the Czech Republic	
Martina Nováková, Rastislav Skalský, Jozef Takáč, Zuzana Tarasovičová	324
Aplikácia fenologických údajov pri hodnotení sucha v SR – príklad jačmeňa jarného	
Phenological data application in drought assessment in Slovakia – spring barley example	

Marian Ostrožlík	334
Závislosť atmosférických zrážok od cirkulačných podmienok vo vysokohorských polohách Dependence of precipitation on circulation conditions in the high-mountain locations	
Ala Overcenco, Potop Vera	342
Výskyt období veder ve střední a východní Evropě: Česká republika a Moldavská republika – případová studie Summer heat episodes in Central and Eastern Europe: Czech Republic and Republic of Moldova case	
Ivana Pálešová, Zora Snopková	352
Bozk pod rozkvitnutou čerešňou na 1. mája? Realita alebo minulosť? Is it still possible to get or to give a kiss on the May Day?	
Ivana Pálešová, Zora Snopková	359
Zhodnotenie fenologických fáz jarabiny vtáčej (<i>Sorbus aucuparia L.</i>) Evaluation of phenological stages of European Rowan (<i>Sorbus aucuparia L.</i>)	
Hana Pavlendová, Ján Dubiel	365
Vplyv vybraných meteorologických parametrov na koncentrácie ozónu v mestskom a vidieckom prostredí Impact of selected meteorological characteristics on ozone concentration in the city and background environment	
Hana Pokladníková, Petra Fukalová, Jaroslav Rožnovský	375
Mikroklima vybraných městských prostředí Microclimate of selected urban environments	
Vera Potop, Josef Soukup	385
Důsledky sucha pro produkci kukuřice ve východní Evropě: Moldavská republika - případová studie Drought consequence on maize production in Eastern Europe: Republic of Moldova - case study	
Vera Potop, Luboš Türkott, Martin Možný	395
Variabilita výnosů zelenin ve vztahu k suchým a vlhkým obdobím v Polabí The sensitivity of vegetable crops to dryness and wetness spells in the Polabi lowland region	
Anna Pribullová, Miroslav Chmelík, Jozef Pecho	405
Premenlivosť priemernej ročnej teploty vzduchu v oblasti Vysokych Tatier Variability of annual air temperature in the High Tatra mountains	
Jana Smolíková, Jaroslav Rožnovský	415
Vliv tání sněhové pokrývky na povodeň v roce 2006 Influences of snow melt on flood in 2006	

Tomáš Středa, Martin Hajzler, Jaroslav Rožnovský	423
Teplotní zvrstvení v porostu kukuřice	
Air temperature stratification of maize stand	
Jaroslav Střeštík	430
Změna srážkových úhrnů a průtoků vody v řekách v průběhu 20. století	
The course of precipitation totals and water flows in rivers during the 20th century	
Soňa Sulovská, Věra Kožnarová, Jiří Klabzuba	438
Tepelný ostrov města v chladném období roku	
Urban heat island during the cold season of the year	
Bernard Šiška, Jozef Takáč, Lenka Malatinská, Martina Nováková	447
Spatial changes of winter wheat yields in condition of changing climate on Danubian lowland	
Jana Škvareninová, Zora Snopková, Jaroslav Škvarenina	457
Analýza nástupu fenologických fáz jedle bielej (<i>Abies alba</i> Mill.) na Slovensku vo vzťahu k faktorom prostredia	
Start analysis of Silver Fir (<i>Abies alba</i> Mill.) phenological phases in relation to the environmental factors in Slovakia	
Jaroslav Šottník	466
Súčasné trendy tvorby mikroklimy v chove zvierat	
Present trends in creation of microclimate in animal husbandry	
Martina Vičanová, František Toman, Tomáš Mašíček, Jana Kozlovska Dufková, Marcel Svoboda	476
Měření infiltrace půd a její využití v protierozní ochraně	
Measurements of soil infiltration and their use in erosion control	
Tomáš Vida, Jaroslav Škvarenina	486
Vplyv počasia na vlhkosť bukového opadu vo vybraných porastoch pohoria Javorníky a v NP Slovenský Raj	
Influence of weather on beech litter moisture in selected forest stands of Javorníky Mts. and Slovenský Raj National Park	
Jaroslav Vido, Jozef Zverko	496
Prispevok k poznaniu mikroklimatických vlastností porastu <i>Fallopia</i> sp.	
Contribution of knowledge of microclimate of <i>Fallopia</i> sp. stand	
Marie Vymazalová	502
Rozdílnost fenologických fází rostlin přirozených lesních a stepních lokalit Moravy	
Dissimilarity in plant phenological stages of natural forest and steppe vegetation of Moravia	
Jan Winkler, Jan Brotan	512
Vliv výšky a délky trvání sněhové pokrývky na plevele v jarním ječmenu	
The effect of height and duration of snow cover on weeds in spring barley	

Bioklima 2010, Bioklíma 2010

Mezinárodní konference

Praha 7. až 9. 9. 2010

Vážené dámy, vážení pánové,

účastníci konference, i ti kteří následně dostáváte do rukou tento sborník abstraktů z mezinárodní konference „BIOKLIMA 2010“, máte možnost získat přehled o současné bioklimatologii.

Letošní konference je další z tradičních bioklimatologických konferencí. Obsah sborníků dokládá široké pole bioklimatologické problematiky, která je v současné době řešena českými, slovenskými a polskými odborníky. Nejde však jen o téma národní, ale díky mnoha kontaktům i mezinárodní. Potvrzuje to významné a rostoucí uplatňování výsledků bioklimatologického výzkumu. Zvýšený zájem o dopady prostředí na živé organizmy dává právě bioklimatologii její nezastupitelné uplatnění. Bioklimatologie nastupuje všude tam, kde je nutné hodnotit vlastnosti prostředí k organizmům, příkladem může být celá problematika změny klimatu, jeho projekce do budoucnosti. Podklady klimatologů je nutné vyhodnotit s ohledem na dopady na krajину, na organizmy, ale hlavně na člověka. Jak vyplývá z uvedených příspěvků, je mnoho nových poznatků a mnoho témat, která bioklimatology budou ještě hodně dlouho náročně zaměstnávat.

Občas jsou kladený otázky, proč v době internetu pořádat takovéto konference, jsou náročné na organizaci, znamenají finanční náklad apod. Předpokládáme, že každý, kdo si vezme tento sborník do rukou či se začte do plných znění konferenčních příspěvků, si uvědomí ještě jednu důležitou stránku těchto konferencí. Tou je osobní setkání, možnost o dané problematice jednat přímo s autory, odbornou stránku daného problému si spojit s konkrétní osobou.

Organizátoři, kterými jsou již tradičně Česká bioklimatologická společnost, Slovenská bioklimatologická společnost a Český hydrometeorologický ústav a letos katedra agroekologie a biometeorologie České zemědělské univerzity v Praze se snažili dát konferenci mimo odborný obsah i její stránku společenskou. Prostředí Prahy je k tomuto výbornou příležitosti.

Vážené dámy, vážení pánové, věříme, že tento sborník bude pro Vás zdrojem dalšího poznání, inspirujícím podkladem pro zaměření výzkumu a též důvodem pro Vaši aktivní účast na dalších bioklimatologických konferencích. Těšíme se na setkání s Vámi.

Praha, 7. – 9. září 2010

Organizátoři

Ladies and Gentlemen,

Conference participants, even those who subsequently get the proceedings of the International Conference "BIOKLIMA 2010" into your hands you have an opportunity to gain an overview of current bioclimatology.

This year's conference is another of traditional bioclimatological conferences. Contents of the proceedings illustrate the wide range of bioclimatological issue, which is currently dealt with by Czech, Slovak and Polish scientists. This is not just about national issues, but thanks to the many contacts from abroad even international ones. This confirms significant and increasing application of bioclimatological research results. Increased interest in environmental impacts on living organisms gives bioclimatology irreplaceable application. Bioclimatology enters wherever it is necessary to evaluate characteristics of relation between organisms and environment. An example may be the whole issue of climate change and its projection into the future. Climatological underlayers should be evaluated with regard to impacts on landscape, organisms and also humans. As it is clear from these contributions, there are many insights and topics which will keep bioclimatologists for a long time busy.

Sometimes questions are asked, why organize such conferences in era of Internet when they are demanding for organization and represent a financial cost. We assume that anyone who gets these proceedings in their hands or starts reading full text of conference papers will realize one more important aspect of these conferences which is personal meeting, possibility to deal an issue directly with the authors, connect professional aspects of a problem with a specific person, etc.

The organizers, who are traditionally Czech Bioclimatological Society, Slovak Bioclimatological Society and Czech Hydrometeorological Institute and this year also the Department of Agroecology and Biometeorology of Czech Agricultural University in Prague have been trying to give the conference not only its scientific content but also a social aspect. City of Prague is perfect place for this occasion.

Ladies and gentlemen, we believe that these proceedings will be not only a source of further knowledge for you but also an inspiring basis for targeting of your research and a reason for your active participation on other bioclimatological conferences. We are looking forward to meeting you.

Prague, September 7th – 9th 2010

Organizers

**MODELovanie slnečného žiarenia v stromovom
RASTOVOM SIMULÁTORE****MODELLING OF SOLAR RADIATION IN TREE GROWTH
SIMULATOR****Marek Fabrika, Ján Merganič***Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra hospodárskej úpravy lesov
a geodézie, fabrika@vsld.tuzvo.sk***Abstract**

The paper presents methodology of model for solar radiation in tree growth simulator SIBYLA. The model is composed from: model of solar radiation in open area and model of solar radiation intercepted in canopy. Amount of solar radiation in open area is composed from model of cloudiness, model of horizon and model of position and distance of sun from earth point. The model of horizon is based on horizon angle in 8 azimuths and spline function by GIS tools. The sun trajectory is modelled during day and year including sunrise, sunset and amount of solar radiation (direct, diffuse, photosynthetic active). Inputs for the model are following: initial year of simulation, period of simulation, longitude, latitude, altitude, aspect, and slope. Intercepted solar radiation into canopy is solved by modelling of upper hemisphere in tree points of each individual tree (beginning, middle and end of the crown). The hemisphere is created by sectors along changed azimuth and zenith angles. Amount of barriers is modelled in the sectors using Lambert-Beer algorithm. The polynomial model of decreasing solar radiation is developed consequently for each time point and each crown point (individually for direct and diffuse radiation). SIBYLA – Astronomer unit is the result of the software solution.

Key words: solar radiation, empirical model, process-based model, SIBYLA, modelling of upper hemisphere

1. Úvod

V súčasnosti sa s veľkým úspechom využívajú v modelovaní lesa empirické alebo semi-empirické modely. Ich výhodou je, že sú zviazané s empirickými údajmi základného súboru pre ktoré boli konštruované, čím majú dobré štatistické vlastnosti a respektujú požiadavky presnosti a správnosti modelu. Nevýhodou je však nedostatočná odpoveď na otázky procesov, ktoré v lesných ekosystémoch prebiehajú. Na Technickej univerzite vo Zvolene bol vyvinutý semi-empirický stromový model závislý na pozíciah stromov s názvom SIBYLA (Fabrika 2005, Fabrika a Ďurský 2006). Najmenší modelovací cyklus je 1 rok. Model sice disponuje údajmi o produkcií, ekológií a ekonomike, ale nerieši otázky procesov v lesných ekosystémoch ako sú fotosyntéza, transpirácia, alokácia a podobne. Vzhľadom na tento nedostatok je snahou doplniť model o modelovanie fyziologických procesov stromov vo forme zjemnenia (down-scalingu) simulácií. Účelom je zjednačiť empiricky zviazané ročné výsledky stromov na úroveň ich orgánov a kratších períód (mesiac, deň, hodina). Výsledkom budú údaje o hrubej a čistej primárnej produkcií (GPP a NPP), veľkosti asimilácie z fotosyntézy, alokácie biomasy v orgánoch stromov, množstve transpirovanej vody, efektivite využitia vody (WUE), efektivite využitia uhlíka (CUE) a dusíka (NUE) a podobne.

Prvým predpokladom je modelovanie množstva slnečného žiarenia potrebného pre modelovanie fotosyntézy a transpirácie. Cieľom príspevku je predstaviť metodiku modelovania slnečného žiarenia pre účely rastového simulátora SIBYLA, ktoré umožní zjedniť rastové simulácie. Model slnečného žiarenia je využívaný v rámci modul Astronóm, ktorý má za úlohu odvodiť množstvo priameho a difúzneho žiarenia absorbovaného korunami jednotlivých stromov.

2. Materiál a metódy

Na odvodenie modelu boli využité rôzne zdroje údajov. Pre konštrukciu modelu oblačnosti boli využité údaje meraní 78 meteorologických staníc (Zborník prác SHMÚ 1991), ktoré pokrývali nadmorské výšky od 100 do 2635 m n.m. Stanice zachytávali údaje o priemernej percentuálnej oblačnosti v jednotlivých mesiacoch roka ako aj počet jasných dní (do 20 % oblačnosti) a oblačných dní (nad 80 % oblačnosti) v mesiaci. Údaje zachytávajú 30 ročné merania v období od roku 1951 až do roku 1980. Na modelovanie hodinovej zmeny oblačnosti boli použité údaje z lokálnych meteorologických meraní v 4 lokalitách: Borová Hora (350 m n. m.), Boky Sever (510 m n. m.), Kráľová (785 m n. m.) a Predná Poľana (1264 m n. m.). Na týchto lokalitách bola zaznamenaná veľkosť slnečnej radiácie s 10 minútovým intervalom. Hodinová zmena slnečnej radiácie bola použitá na odvodenie hodinových zmien oblačnosti. Model bol validovaný na údajoch pravidelných hodinových meraní zmien oblačností na letisku Sliač. Merania pokrývali periódu úplného jedného roka. Na modelovanie viditeľného horizontu bol použitý digitálny reliéf Slovenska v rastri 90 x 90 m. Na modelovanie polohy Slnka na oblohe boli využité astronomické vzorce a opublikované vzťahy (Astronomical Almanac Online 2008). Veľkosť slnečného žiarenia na voľnej ploche sa počíta na základe fyzikálnych vzťahov opublikovaných v literatúre (Kreith a Kreider, 1978). Intercepcia slnečného žiarenia korunami stromov a jeho absorpcia v jednotlivých výškach na korune stromov je riešená na základe modelovania hornej hemisféry s využitím Lambert-Beerovho zákona (Monsi a Saeki 1953).

3. Výsledky

Výsledný model žiarenia sa skladá z modelu žiarenia na voľnej ploche a modelu žiarenia v porastovom zápoji. Model žiarenia na voľnej ploche obsahuje model oblačnosti, model horizontu, model polohy Slnka a model veľkosti žiarenia na voľnej ploche. Model žiarenia v porastovom zápoji obsahuje model hornej hemisféry intercepcie žiarenia a model absorpcie žiarenia korunami jednotlivých stromov.

Model oblačnosti

Na základe údajov 78 meteorologických staníc bol odvodený model počtu jasných dní (do 20 % oblačnosti), ktorý je závislý na kalendárnom mesiaci (Month) a nadmorskej výške lokality Altitude):

$$\text{Cleardays} = a_0 + a_1 \cdot \text{Altitude} + a_2 \cdot \text{Month} + a_3 \cdot \text{Altitude}^2 + a_4 \cdot \text{Altitude} \cdot \text{Month} + a_5 \cdot \text{Month}^5 \quad (1)$$

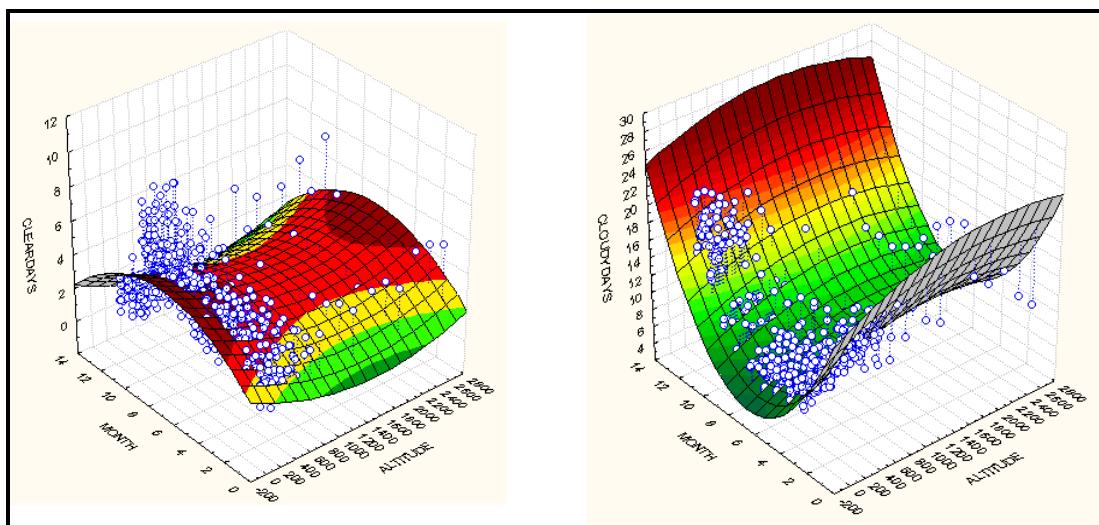
Podobným spôsobom bol odvodený aj počet oblačných dní (nad 80 % oblačnosti):

$$\text{Cloudydays} = b_0 + b_1 \cdot \text{Altitude} + b_2 \cdot \text{Month} + b_3 \cdot \text{Altitude}^2 + b_4 \cdot \text{Altitude} \cdot \text{Month} + b_5 \cdot \text{Month}^2 \quad (2).$$

V tabuľke 1 sú uvedené koeficienty modelu. Modely sú znázornené na obrázku 1.

Tab. 1 Koefficienty modelu počtu jasných dní (do 20 % oblačnosti) a oblačných dní (nad 80 % oblačnosti)

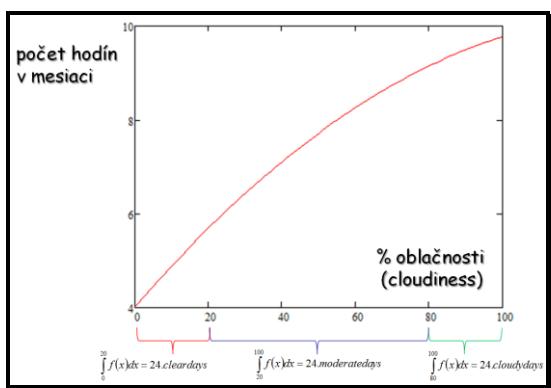
Model jasných dní (do 20 % oblačnosti)					
a₀	a₁	a₂	a₃	a₄	a₅
2,218	-0,0022	0,8728	7,2878.10 ⁻⁷	6,6197.10 ⁻⁶	-0,0648
Model oblačných dní (nad 80 % oblačnosti)					
b₀	b₁	b₂	b₃	b₄	b₅
19,3611	0,0049	-4,4057	-1,2422.10 ⁻⁶	-7,5751.10 ⁻⁵	0,3447



Obr. 1 Model počtu jasných dní (do 20 % oblačnosti) a oblačných dní (nad 80 % oblačnosti)

Na základe počtu jasných dní a oblačných dní sa dopočíta zvyšný počet dní so strednou oblačnosťou (od 20 do 80 %). Dopočet vychádza z počtu dní v kalendárnom mesiaci (Montdays):

$$\text{Moderatedays} = \text{Montdays} - (\text{Cleardays} + \text{Cloudydays}) \quad (3)$$



Na základe počtu jasných, oblačných a ostatných dní sa vygeneruje frekvenčná funkcia oblačnosti (obr. 2).

Obr. 2
Frekvenčná funkcia oblačnosti vyjadrená počtom hodín v mesiaci

Frekvenčná funkcia $f(\text{cloudiness})$ vyjadruje počet hodín v mesiaci s daným percentom oblačnosti (cloudiness):

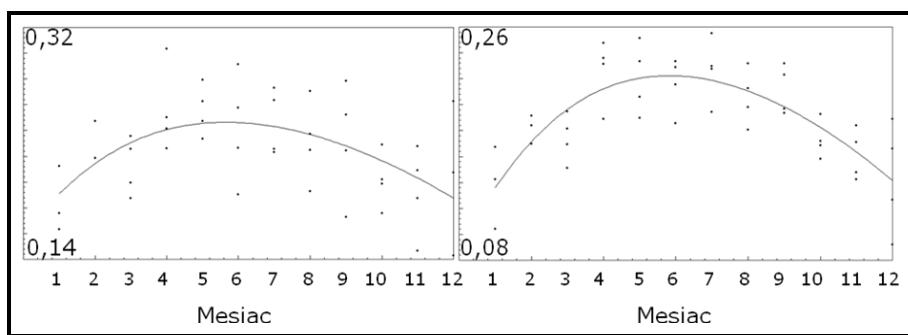
$$f(x) = c_0 + c_1 \cdot \text{cloudiness} + c_2 \cdot \text{cloudiness}^2 \quad (4)$$

Koeficienty rovnice (c_0, c_1, c_2) boli odvodené riešením sústavy rovníc tak, aby sa celkový súčet dní s oblačnosťou do 20%, s oblačnosťou nad 80 % a s oblačnosťou od 20 do 80 % zhodoval s modelmi (1), (2) a (3).

Na základe empirických údajov lokálnych meteorologických staníc (Borová Hora, Boky Sever, Kráľová, Predná Poľana) boli odvodené hodinové zmeny oblačnosti. Tie boli odvodené na základe zmeny slnečnej radiácie pomocou indexovej metódy vzhľadom na modelový denný priebeh radiácie pri nulovej oblačnosti. Model bol validovaný na údajoch podrobnejšieho odhadu oblačnosti s presnosťou na 1/8 na letisku Sliač. Ak sa oblačnosť v nasledujúcej hodine zväčšila o viac ako 1/8, ide v modeli o vzostup oblačnosti (S). Ak sa oblačnosť v modeli zmenší o viac ako o 1/8, ide v modeli o pokles oblačnosti (K). Ak je zmena v rámci $\pm 1/8$, ide o zachovanie oblačnosti (R). Výsledkom modelu sú frekvencie vzostupov a poklesov oblačnosti na základe kalendárneho mesiaca (Month) podľa vzťahu:

$$f(\text{Month}) = a + b \cdot \text{Month} + c \cdot \sqrt{x} \cdot \ln(\text{Month}) \quad (5)$$

Koeficienty modelu pre vzostup oblačnosti (S) sú $a=0,28458$, $b=-0,09363$, $c=0,1192$ a pre pokles oblačnosti (K) sú $a=0,27307$, $b=-0,13703$, $c=0,17575$. Modely sú znázornené na obr. 3.



Obr. 3 Modely frekvencie vzostupu a poklesu oblačnosti na základe kalendárneho mesiaca

Frekvencia dní so zachovanou oblačnosťou (R) sa dopočíta podľa vzťahu:

$$R = 1 - (S + K) \quad (6)$$

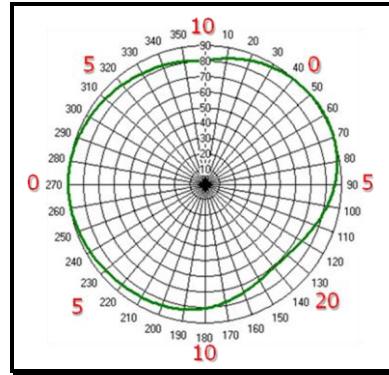
Samotný postup pre generovanie hodinovej oblačnosti vo zvolenom mesiaci sa potom vykoná na základe nasledujúceho postupu:

1. Vygeneruje sa počiatocná hodnota percenta oblačnosti podľa spojitej frekvenčnej funkcie oblačnosti (funkcia 4).
2. Vygeneruje sa typ zmeny oblačnosti podľa diskrétneho rozdelenia kategórii (S, K, R).
3. Generuje sa nová hodnota percenta oblačnosti so spojitej frekvenčnej funkcie oblačnosti (funkcia 4) dovtedy, pokiaľ vygenerovaná hodnota nesplní podmienku hodinovej zmeny vygenerovanej v predchádzajúcim bode.
4. Proces (body 2 a 3) sa opakuje dovtedy, pokiaľ sa nevytvorí časový rad percenta oblačnosti za všetky hodiny v rámci kalendárneho mesiaca.

Model horizontu

Na základe digitálneho modelu reliéfu celého Slovenska v sieti 90 x 90 m, boli v prostredí ArcGIS odvodené uhly prevýšenia horizontu v smere od streda obrazového prvku (pixla) gridu na 8 svetových strán (sever, severovýchod, východ, juhovýchod, juh, juhozápad, západ

a severozápad). Výsledkom analýzy je osem rastrových vrstiev (jedna pre jednu svetovú stranu), kde každý pixel (90 x 90 m) obsahuje prevýšenie horizontu. Na základe zemepisnej súradnice polohy vybraného porastu sa potom z rastrovej vrstvy vyberie príslušný pixel a odčítajú sa prevýšenia (uhly) horizontu pre všetkých osem smerov. Pomocou kubických splajnov sa potom odvodí spojity model horizontu pre každý azimut. Príklad v hemisférickej súradnicovej sústave je zobrazený na obrázku 4.

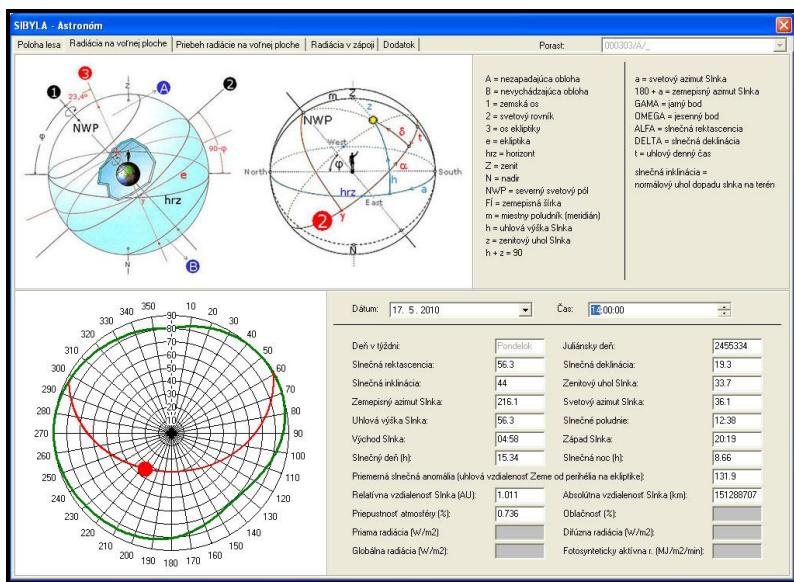


Obr. 4

Princíp modelovania horizontu na základe modelu prevýšenia horizontu vo ôsmich svetových stranach a interpolácie kubickými splajnami (obrázok je zobrazený v hemisférickej súradnicovej sústave s prirodzeným rozložením svetových strán)

Model polohy Slnka

Na základe astronomických vzorcov (Astronomical Almanac Online 2008) sa počíta poloha Slnka na oblohe a s tým súvisiaci dopad slnečných lúčov na voľnú plochu. Do modelu vstupuje zemepisná dĺžka a šírka stredu porastovej plochy, nadmorská výška, expozícia a sklon terénu. Na základe požadovaného dátumu a času sa potom dopočítajú nasledujúce parametre: slnečná rektascencia, slnečná deklinácia, slnečná inklinácia, zemepisný uhol Slnka, zemepisný azimut Slnka, svetový azimut Slnka, uhlová výška Slnka, zenitový uhol Slnka, slnečné poludnie, východ Slnka, západ Slnka, dĺžka slnečného dňa a slnečnej noci, priemerná slnečná anomália, relatívna vzdialenosť Slnka v astronomických jednotkách (AU) a absolútна vzdialenosť Slnka v kilometroch.



Obr. 5

Výstupy modelu polohy Slnka pre zemepisné súradnice -19,7; 48,8; nadmorskú výšku 500 m n. m., expozíciu východnú, sklon svahu 15°, s horizontom definovaným podľa obrázku 4, s dátumom 17. 5. 2010 a časom 14:00

Na obrázku 5 je príklad výsledkov pre dátum 17. mája 2010 a čas 14:00. Ide o porast v nadmorskej výške 500 m n. m. s geografickými súradnicami $-19,7^{\circ}$ zemepisnej dĺžky a $48,8^{\circ}$ zemepisnej šírky. Expozícia svahu je východná so sklonom 15° . Na obrázku 5 je vyobrazená dráha Slnka na oblohe počas dňa vrátane jeho polohy v zadaný čas.

Model veľkosti žiarenia na voľnej ploche

Na základe polohy Slnka, oblačnosti a prekážok vo forme horizontu sa stanoví veľkosť priameho a difúzneho žiarenia na voľnej ploche. Vypočítá sa relatívna optická dĺžka žiarenia (Rich et al. 1994) na základe nadmorskej výšky (altitude) a zenithového uhla Slnka (zenith):

$$relophlength = e^{\frac{-0,000118 \cdot altitude + 1,638 \cdot 10^{-9} \cdot altitude^2}{\cos(\text{zenith})}} \quad (7)$$

Potom sa určí veľkosť priameho slnečného žiarenia (Kreith a Kreider, 1978) pri jasnej bezoblačnej oblohe (DIR_0) na základe Linkeho konštanty (Linke 1922) znečistenia ovzdušia (linke), solárnej konštanty ($solarconst = 1367 \text{ W.m}^{-2}$), relatívnej vzdialenosťi Slnka v astronomických jednotkách (rsun), prieplustnosti atmosféry (transmissivity), relatívnej optickej dĺžky žiarenia (relophlength) a uhla dopadu slnečných lúčov na terén meraný od normálneho terénu (inclination):

$$DIR_0 = link \cdot solarconst \cdot rsun \cdot transmissivity^{relophlength} \cdot \cos(inclination) \quad (8)$$

Prieplustnosť atmosféry (Kreith a Kreider, 1978) závisí od poradia dňa v rámci roka (day) a určí sa na základe vzťahu:

$$transmissivity = 0,64 + 0,12 \cdot \cos\left(360 \cdot \frac{day - 174}{365}\right) \quad (9)$$

Podobným spôsobom sa vypočítá difúzne žiarenie (Kreith a Kreider, 1978) pri jasnej bezoblačnej oblohe (DIF_0), ktoré je okrem iného závislé aj od sklonu terénu (slope):

$$DIF_0 = 0,06 \cdot solarconst \cdot rsun \cdot transmissivity^{relophlength} \cdot \left(\frac{1 + \cos(slope)}{2} \right) \quad (10)$$

Súčtom priameho a difúzneho žiarenia dostaneme globálne žiarenie na voľnej ploche pri jasnej bezoblačnej oblohe:

$$G_0 = DIR_0 + DIF_0 \quad (11)$$

Na základe generovanej veľkosti oblačnosti (cloudiness) vypočítame výslednú veľkosť globálneho žiarenia na voľnej ploche:

$$G_C = cloudiness \cdot G_0 \quad (12)$$

Globálne žiarenie potom rozložíme na difúzne (DIF) a priame (DIR) podľa rovníc:

$$DIF_C = fraction \cdot G_C \quad (13)$$

$$DIR_C = G_C - DIF_C \quad (14)$$

Do vzťahu (13) vstupuje veľkosť zložky difúzneho žiarenia odvodená interpolačnými technikami (odvodené podľa Kreith a Kreider, 1978) na základe veľkosti oblačnosti podľa vzorca:

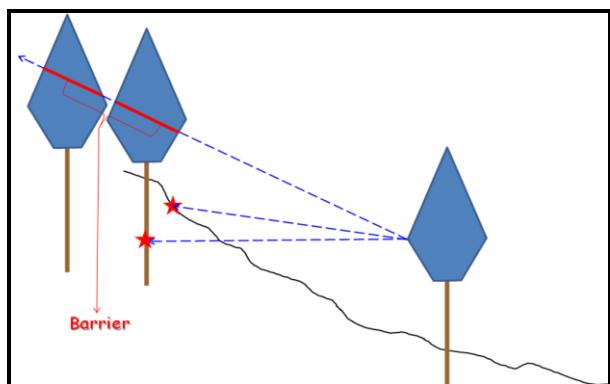
$$fraction = \frac{DIF_0}{G_0} + \left(0,7 - \frac{DIF_0}{G_0} \right) \cdot cloudiness \quad (15)$$

Model hornej hemisféry intercepcie žiarenia

Model žiarenia na voľnej ploche sa redukuje na žiarenie prenikajúce do porastového zápoja (intercepcia žiarenia). Vstupom do modelu sú údaje o jednotlivých stromoch: dreviny, súradnice na ploche, hrúbky, výšky, výšky nasadenia koruny a najširšie priemery koruny. Pre každý strom sa modeluje horná hemisféra a to v troch bodoch na korune stromu: vrchol koruny, hranica medzi osvetlenou a zatienenou časťou koruny a výška nasadenia koruny. Bod je pritom umiestnený na osi kmeňa. Tvary korún stromov sa modelujú podľa algoritmov Pretzscha (2001). Na modelovanie hornej hemisféry sa používa metóda zásahu a minutia. Princíp je znázornený na obrázku 6.

Obr. 6

Metóda zásahu a minutia pri konštrukcii hornej hemisféry intercepcie žiarenia



V cykle sa vysielá lúč z hodnoteného bodu na strome. Dĺžka lúča sa vypočíta na základe veľkosti strán simulačnej plochy (a, b) podľa vzťahu:

$$l = 1,2 \cdot \sqrt{a^2 + b^2} \quad (16)$$

Iteračne sa mení azimut posielaného lúča v intervale od 0° po 360° s krokom 2° . S rovnakým krokom sa mení zenit posielaného lúča v intervale od 0° po 90° . Na týchto lúčoch sa v kroku 0,20 m hodnotí počet prekážok. Ak narazi lúč na kmeň stromu alebo terén, ide o nepreniknuteľnú prekážku (hviezdička na obrázku 6). Tieto body indikujú 0 % žiarenia. Ak lúč prechádza korunami stromov, ráta sa počet bodov v danom smere, ktorý je vyhodnotený zvlášť podľa druhu drevín. Počet bodov sa prepočíta na dĺžku prekážky: barrier = počet bodov x 0,20. Veľkosť prekážky sa transformuje na percento preniknutého žiarenia podľa Lambert-Beerovho zákona (Monsi a Saeki 1953), ktorý bol modifikovaný pre účely modelu:

$$\% R = 100 \cdot e^{-\left(\frac{transparency}{100}\right) \cdot barrier \cdot \sqrt{\text{LAD} \cdot \cos \text{zenith} + \left(\frac{1}{\text{LAD}} \cdot \sin \text{zenith}\right)^2}} \quad (17)$$

Do vzorca vstupuje priepustnosť vetvy stromu (transparency) v percentách (odvodené podľa Ellenberga 1963) vypočítaná ako väžený aritmetický priemer na základe pomera dĺžok prekážok jednotlivých drevín (tabuľka 2). Okrem toho sa berie do úvahy distribúcia uhlov listov (LAD, leaf angle distribution), ktorá závisí od dreviny (tabuľka 2, odvodené podľa Rossa 1981).

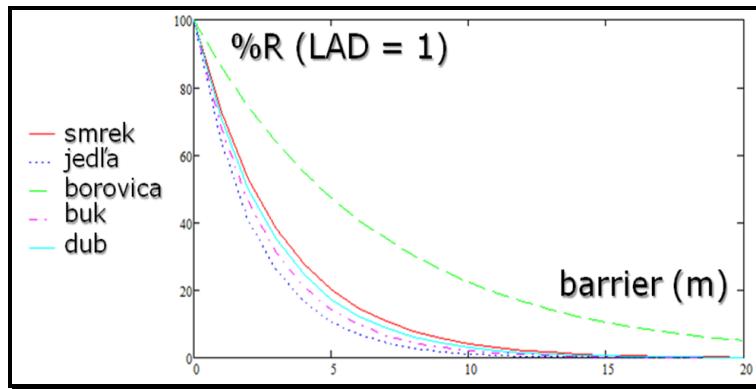
Tab. 2 Priepustnosť vetvy stromu (transparency) a distribúcia uhlov listov (LAD), odvodené podľa Ellenberga 1963 a Rossa 1981

drevina	smrek	jedľa	borovica	buk	dub
transparency	68	55	85	61	65
LAD	1,08	1,15	0,98	1	1

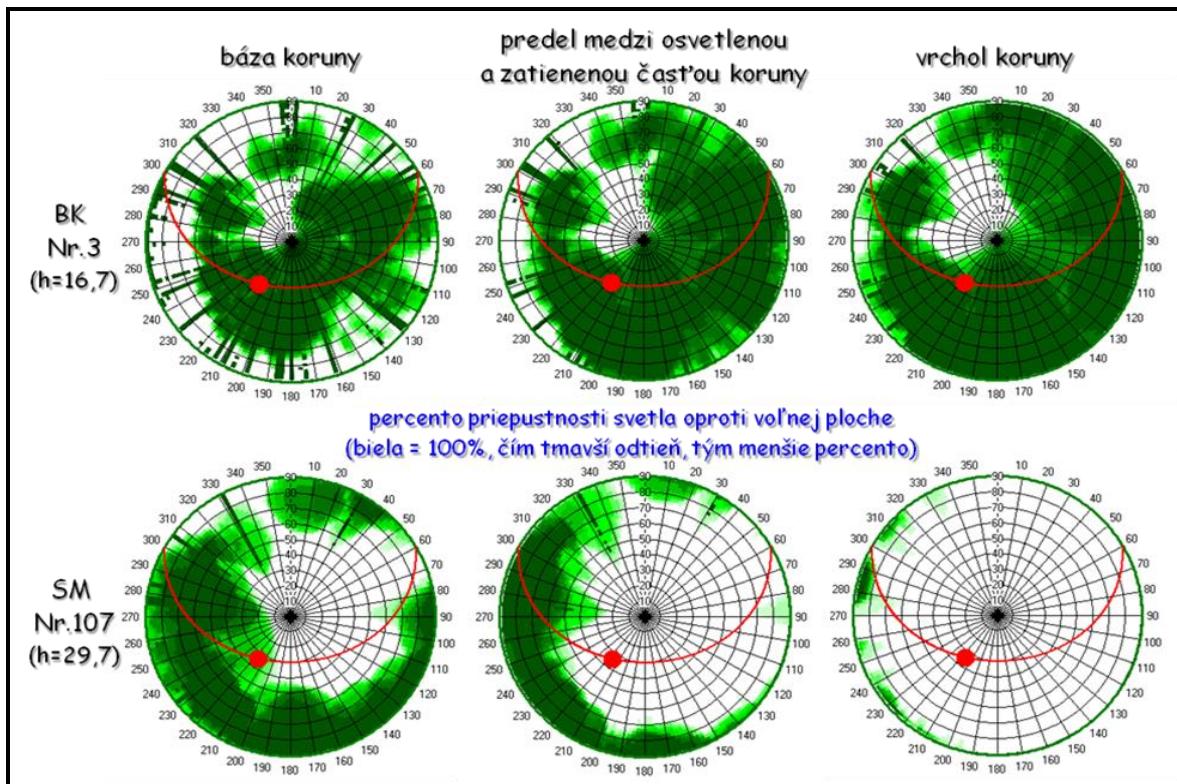
Ak je hodnota rovná 1, ide o sférické umiestnenie listov. Ak je hodnota menšia ako 1 ide o vertikálne umiestnenie listov. Ak je hodnota väčšia ako 1, ide o horizontálne umiestnenie listov. Aj táto charakteristika sa počíta ako vážený aritmetický priemer na základe podielu drevín. Príklad modelu prieplustnosti koruny na základe dĺžky prekážky koruny stromu je zobrazený na obrázku 7.

Obr. 7

Model prieplustnosti koruny na základe dĺžky prekážky koruny stromu pre jednotlivé dreviny a pre LAD = 1



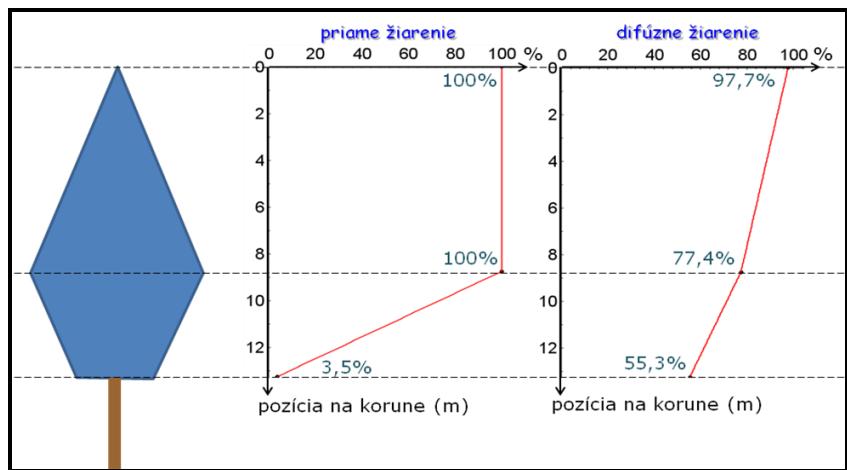
Takýmto spôsobom sa vyhodnotí hemisféra v troch bodoch na osi kmeňa. Takýmto spôsobom sa vyhodnotí hemisféra. Na obr. 8 je príklad hemisfér pre dva vybraté stromy. Ide o zatienený buk a predrastavý smrek na jednej zo simulačných plôch rastového simulátora SIBYLA.



Obr. 8 Príklad hemisfér pre dva vybraté stromy: zatienený buk a predrastavý smrek. Hemisféry sú vyprodukované na báze koruny, hranici medzi osvetlenou a zatienenou časťou koruny a vrchole koruny.

Model absorpcie žiarenia korunami jednotlivých stromov

Na základe modelu hornej hemisféry intercepcie žiarenia sa vypočíta percento priameho a difúzneho žiarenia. Percento priameho žiarenia sa určí ako aritmetický priemer hodnoty percenta priepustnosti z deviatich sektorov hemisféry, ktoré sa nachádzajú v bezprostrednom okolí polohy Slnka na oblohe. Každý sektor vyčleňuje časť oblohy o veľkosti dvoch stupňov azimutu a dvoch stupňov zenithu. Percento difúzneho žiarenia sa počíta ako aritmetický priemer zo všetkých sektorov hemisféry. Takto sa stanovia percentá pre vrchol stromu, predel medzi osvetlenou a zatienenou časťou koruny a bázu koruny. Pre ostatné polohy v rámci koruny sa prevádzza lineárna interpolácia, tak ako je to znázornené na obrázku 9 pre predrastavý smrek (Nr.107). Takýmto spôsobom je možné určiť veľkosť slnečného žiarenia absorbovaného asimilačnými orgánmi v stanovenej výške koruny každého stromu a to redukciou priameho (DIR_C) alebo difúzneho (DIF_C) žiarenia na voľnej ploche príslušným percentom prenikajúceho žiarenia cez zápoj porastu.



Obr. 9

Model absorpcie žiarenia korunou smreka (Nr.107) z obrázku 8

4. Záver

Uvedený model slnečného žiarenia umožňuje zjemniť rastové simulácie na báze stromového semi-empirického modelu. Výsledkom môžu byť simulácie, ktoré zjemňujú výsledky na úroveň orgánov stromov a na obdobie mesiaca, dňa či hodiny. Zároveň poskytnú informácie aj o prebiehajúcich procesoch ako je fotosyntéza, transpirácia, alokácia a podobne. Výhoda modelu spočíva v tom, že nie sú potrebné žiadne dotačné externé informácie, okrem udania zemepisnej polohy porastu. Všetky ostatné vstupy sú totiž standardnou súčasťou rastovej simulácie. V rámci výskumu bude potrebné preveriť model na báze empirických meraní veľkosti slnečného žiarenia v porastovom zápoji. Pre tieto účely plánujeme ďalší výskum. Ďalšou nedoriešenou otázkou je reprezentatívnosť štandardnej simulačnej plochy 50×50 m, ktorá môže najmä u starých riedkych porastov spôsobiť, že sa do modelu hemisféry nezahrňú stromy, ktoré sa v reálnom poraste tiež podielajú na znižení intenzity žiarenia avšak sú mimo simulačnej plochy. V takomto prípade navrhujeme odvodiť vhodný model na korekciu okrajového efektu. Podobný problém nastáva ak sa hodnotí strom na okraji simulačnej plochy. V tomto prípade je horná hemisféra neúplná. Na riešenie problému navrhujeme vykresliť do hemisféry aj hranice simulačnej plochy a do aritmetického priemeru pre difúzne žiarenie bráť do úvahy len tie sektory hemisféry, ktoré spadajú do plochy porastu. V prípade, ak sa poloha slnka nachádza v sektorroch mimo plochy, tak navrhujeme pri priamom žiareni proces zrkadlenia polohy Slnka do kvadrantu hemisféry, ktorý je úplne vyplnený porastovou

plochou. Uvedený model slnečného žiarenia predstavuje vhodný doplnok pre zjednenie rastových simulácií, čím sa simulácie posúvajú smerom od empirického prístupu k procesnému.

Poděkovanie: Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0022-07.

Literatúra

- Astronomical Almanac Online, 2008: U.S. Nautical Almanac Office and Her Majesty's Nautical Almanac Office.
- Ellenberg, H., 1963: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen: in kausaler, dynamischer und historischer Sicht. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 943 p.
- Fabrika, M., 2005: Simulátor biodynamiky lesa SIBYLA, koncepcia, konštrukcia a programové riešenie. Habilitačná práca, Technická univerzita vo Zvolene, 238 p.
- Fabrika, M., Ďurský, J., 2006: Implementing Tree Growth Models in Slovakia, In: Hasenauer, H., et al.: Sustainable Forest Management. Growth Models for Europe. Springer Berlin Heidelberg New York, 398 s, p. 315-341.
- Zborník prác Slovenského hydrometeorologického ústavu, 1991: SHMÚ, Zväzok 33/I, Klimatické pomery Slovenska. Vybrané charakteristiky, ALFA, Bratislava, 239 p.
- Kreith, F., Kreider, J. F., 1978: Principles of solar engineering. McGraw-Hill, New York, NY, 623 p.
- Linke, F., 1922: Transmissions-Koeffizient und Trübungsfaktor. Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre 10, p. 91-103.
- Monsi, M, Saeki, T., 1953: Über den Lichtfaktor in den Pfalzengessellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. Jap. J. Bot., 14, p. 22-52.
- Pretzsch, H., 2001: Modellierung des Waldwachstums. Parey Buchverlag Berlin, 341 p.
- Rich, P. M., Dubayah, R., Hetrick, W. A., Saving, S. C., 1994: Using Viewshed models to calculate intercepted solar radiation: applications in ecology. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing Technical Papers, p. 524-529.
- Ross, J., 1981: The radiation regime and architecture of plant stands, W. Junk, Boston, Massachusetts, 391 p.