

## KLIMATICKO-TOPOGRAFICKÝ POTENCIÁL PODMALOKARPATSKA NA VINOHRADNÍCTVO: NÁVRH REGIONALIZÁCIE

Marek Súľovský

---

*Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra fyzickej geografie a geoekológie, e-mail: marek.sulovsky@uniba.sk*

**Abstract:** The climatic conditions belong to most important environmental factors determining the quality of grape production and, thus, also wine. In Slovakia, the existing viticultural zonation is based mainly on surface radiation balance and not on crucial bioclimatic indices. Furthermore, there is a need for complex evaluation of climate potential based on ecological demands and limits of grapevine also due to climate change. In first step of our approach, we focused on search of spatial limits of viticulture in the test area of Little Carpathian Region which are set by bioclimatic indices. Next, we used Huglin heliothermic index as the leading factor of regionalization because it is very important in the process of variety selection. Finally, we also evaluated the discussed solar radiation of surface. The result is a three-level hierarchical classification of climatic and topographic potential of Little Carpathian Region. The main limits for viticulture in the area were set by low average air temperature in January, occurrence of late spring frosts and insufficient solar radiation of surface. The presented approach is very promising and after a refinement of the model's known deficiencies (using extended 30-year long series of meteorological data and more accurate erosion base) could be helpful to viticultural practice.

**Key words:** viticulture, climatic potential, bioclimatic index, topographic potential, Little Carpathians, Slovakia

### 1 ÚVOD

Klimatické podmienky patria k najvýznamnejším prírodným faktorom určujúcich kvalitu produkcie hrozna i hlavného produktu vinohradníctva – vína (Jackson, 2008). Extrémne počasie ako silné mrazy, lejaky či krupobitie môžu spôsobiť výpadky v úrode (Blanco-Ward et al., 2007), vo výnimočných prípadoch, najmä pri dlhotrvajúcich extrémnych mrazoch v zimnom alebo suchu v letnom období, aj odumieranie krov viniča (Pavloušek, 2011). Správny výber lokality a následne odrody viniča je preto dôležitý nielen z pohľadu očakávaných pestovateľských výsledkov, ale i pri prevencii pred neočakávanými ekonomickými stratami. Hlavnými faktormi určujúcimi vhodnosť územia na vinohradníctvo sú ekologické nároky viniča na pro-

stredie. Ušľachtilý vinič (*Vitis vinifera* subsp. *sativa*) je pritom nenáročná rastlina z hľadiska nárokov na substrát, no vyžaduje dostatočný prísun tepla a svetla (tab. 1).

**Tabuľka 1** Základné klimatické nároky *Vitis vinifera* subsp. *sativa* na stanovište

Klimatický ukazovateľ	požadované hodnoty	jednotka
priemerná ročná teplota vzduchu	min. 9, opt. 11-16	°C
priemerná teplota vzduchu od 01.04. do 31.10.	min. 13, opt. 15	°C
najvyššia denná teplota vzduchu počas kvitnutia	min. 15, opt. 25-30, max. 35	°C
priemerná teplota vzduchu najteplejšieho mesiaca	min. 18	°C
priemerná teplota vzduchu najchladnejšieho mesiaca	min. -1,1	°C
najnižšia teplota vzduchu	min. -20	°C
priemerný ročný úhrn zrážok	min. 350, opt. 500-700	mm
priemerný úhrn zrážok od 01.04. do 31.10.	min. 300	mm
dĺžka vegetačného obdobia	170-190	dni
trvanie slnečného svitu počas vegetačného obdobia	min. 1100, opt. 1700-2000	hod
heliotermický index podľa Huglina	min. 1500	°C

Vysvetlivky: min. – minimum, opt. – optimum, max. – maximum

Zdroj: Pavloušek, 2011; Záruba et al., 1985

Na určenie makro- a mezoklimatických podmienok nielen potenciálnych, ale i súčasných, vinohradníckych území sa používajú bioklimatické indexy, ktoré umožňujú optimalizovať odrodovú skladbu týchto území. K základným bioklimatickým indexom patrí priemerná teplota vzduchu počas vegetačného obdobia alebo suma efektívnych teplôt vzduchu nad 10 °C, tzv. Winklerov index (Winkler, 1962). V súčasnosti sa viac uplatňuje heliotermický index podľa Huglina, ktorý vznikol upravením Winklerovho indexu; okrem priemernej dennej teploty vzduchu ( $T$ ) počítá i s maximálnou dennou teplotou vzduchu ( $T_x$ ) a geografickou šírkou prostredníctvom koeficientu dĺžky svetlej časti dňa ( $d$ ), ktorý pre vinohradnícke oblasti SR nadobúda hodnoty 1,05 do 48° s. š. a 1,06 nad 48° s. š. (Huglin, 1986):

$$HI = \sum_{01.04.}^{30.09.} \frac{[(T - 10) + (T_x - 10)]}{2} d$$

Heliotermický index podľa Huglina ( $HI$ ) sa spolu s indexom chladnej noci ( $CI$ ) a suchosti ( $DI$ ) stal základným kritériom komplexnej klimatickej klasifikácie vinohradníckych regiónov (Tonietto a Carbonneau, 2004), ktorá vychádzala z údajov reprezentatívnych klimatických staníc pre jednotlivé vinohradnícke oblasti sveta a nerozlišovala tak vnútornú priestorovú diferenciaciu ich podmienok. Test tejto metodiky MCC (angl. *Multicriteria Climatic Classification*) na vyjadrenie priestoro-

vej diferenciácie klimatického potenciálu v rámci vinohradníckeho regiónu uskutočnili Blanco-Ward et al. (2007) na príklade povodia rieky Miño v Španielsku s rozlohou 17 757 km<sup>2</sup>. Podobne MCC využili aj Montes et al. (2012) pre oblasť centrálného Čile. Využitelnosť rôznych bioklimatických indexov pri určení klimatického potenciálu testovali Blanco-Ward et al. (2007) a Hall a Jones (2010). Iný, komplexný prístup, hodnotiaci nielen klimatickú a topografickú vhodnosť, ale i pôdnosubstrátovú vhodnosť územia na vinohradníctvo ukázali Jones et al. (2004) na príklade regiónu Umpqua Valley (USA).

Na úrovni mezo- a najmä mikroklímy ovplyvňuje klimatický potenciál územia na vinohradníctvo i topografia georeliéfu, ktorá je dôležitým faktorom najmä pri tzv. vinohradníctve chladného podnebia (angl. *cool climate viticulture*) vyznačujúcim sa striedaním teplých dní a chladných nocí počas dozrievania (Pavloušek, 2011). Makroklimatické podmienky modifikuje okrem nadmorskej výšky najmä relatívna výška nad lokálnou eróznou bázou, sklon svahu, orientácia svahu voči svetovým stranám a prítomnosť, resp. vzdialenosť väčších vodných plôch (Jones a Hellman, 2003). Bioklimatické indexy často nie sú schopné tieto významné topografické špecifiká zachytiť, či už z povahy svojej definície alebo z dôvodu nedostatočnej hustoty siete meteorologických staníc. Mimoriadne dôležité sú pre vinič dobré svetelné podmienky (tab. 1), ktoré sa odvodzujú priamo z charakteristík georeliéfu v podobe potenciálnej dĺžky slnečného svitu alebo oslnenia georeliéfu. Práve faktory tepelnej bilancie povrchu sa stali vedúcim, resp. jedným z najdôležitejších faktorov pri bonitácii vinohradníckych honov alebo území vinohradníckych obcí, ktoré boli alebo sú doteraz používané na území Slovenska (vyhláška MP SR č. 153/1998 Z. z., vyhláška MP SR č. 350/2009 Z. z.).

Pre územie Slovenska sa otázkami rajonizácie a zonalizácie zaoberali v modernej dobe ako prví Kišon a Hanák (1962), ktorý určili podľa ekologických podmienok osem vinohradníckych oblastí (o dve viac než dnes podľa zákona MP SR č. 313/2009 Z. z.). Neskôr sa tejto problematike venovali Valachovič et al. (1986), ktorých práca sa stala východiskom pri legislatívnej kategorizácii vinohradníckych obcí na základe energetickej bilancie (vyhláška MP SR č. 153/1998 Z. z.). Komplexnejší návrh na metodiku zonalizácie vinohradníctva priniesli Pospíšilová et al. (2005), ktorá sa uplatnila v systéme hodnotenia kvalifikovaných vinohradníckych honov (vyhláška MP SR č. 350/2009 Z. z.). Ďalšie výskumy rajonizácie pestovateľských oblastí viniča na Slovensku sa zameriavali najmä na fenologickú odozvu viniča na meniace sa klimatické podmienky, napr. Gálik et al. (2002) a Magdová (2008). Práve téma zmeny klímy je vo vzťahu k vinohradníctvu dnes mimoriadne aktuálna pre posun klimatických oblastí a zvýraznenie extrémov počasia (Fraga et al., 2013; Jones et al., 2005; Ruml et al., 2012).

Cieľom článku je na základe dostupných údajov navrhnúť a otestovať novú modernú metodiku hodnotenia klimaticko-topografického potenciálu vybraného regiónu na vinohradníctvo. Cieľovým kritériom takejto metodiky je zároveň jej čo najjednoduchšia interpretovateľnosť v kontexte vinohradníckej praxe. Práve priama implikácia pre vinohradníctvo chýba Končekovej klimatickej klasifikácii územia Slovenska (SHMÚ, 2015).

## 2 MATERIÁL A METÓDY

### 2.1 Zájmové územie

Zájmové územie bolo určené ako Malokarpatská vinohradnícka oblasť s. s., ktorá patrí k najznámejším a najtradičnejším vinohradníckym územiám Slovenska (Kazimír 1986). V tomto ponímaní sme ju stotožnili s vinohradníckymi rajónmi Podmalokarpatska – Bratislavským, Pezinským, Modranským, Doľanským a Orešanským – s celkovou rozlohou 574,86 km<sup>2</sup>. Do územia patrí 29 vinohradníckych obcí od Devína až po Horné Orešany (obr. 1). Podľa legislatívy (vyhláška MP SR č. 153/1998 Z. z.) patria, okrem uvedených, do Malokarpatskej vinohradníckej oblasti aj severnejšie obce regiónu pod Malými Karpatmi (Vrbovský rajón), priľahlé obce Podunajskej nížiny a Podunajskej pahorkatiny (Senecký a Trnavský rajón), obce zo severozápadnej strany Malých Karpát (Stupavský a Záhorský rajón) a dokonca aj priestorovo oddelené územia v okolí Skalice (Skalický rajón) a Hlohovca (Hlohovecký rajón). Takto široko definovanú oblasť vnímame ako Malokarpatskú vinohradnícku oblasť s. l. Pre veľkosť a geografickú nesúrodosť jej častí sme sa rozhodli pre potreby tejto štúdie pracovať s menším, no reprezentatívnym regiónom.

Súčasťou Podmalokarpatska sú stanovišťa s rôznymi topografickými, pôdno-substrátovými i klimatickými podmienkami. Územie totiž patrí do troch geomorfologických celkov (Malé Karpaty, Podunajská pahorkatina a Podunajská rovina), na ktorých utváraní sa podieľala v rôznej miere široká škála geomorfologických činiteľov. Značná disekcia georeliéfu (najnižší bod 123 m n. m. na toku Čierna voda v blízkosti Triblaviny; najvyšší bod 741 m n. m. pod vrcholom Čertovho kopca) sa prejavila vo veľkých rozdieloch v klimatických podmienkach. Všetky tieto faktory viedli k vysokej diverzite abiokomplexov na území Malokarpatskej vinohradníckej oblasti s. s. Z hľadiska systému MCC (Tonnieta a Carbonneau, 2004) má tento región mierne chladnú (trieda HI-1) a mierne vlhkú (DI-1) klímu s veľmi chladnými nocami (CI+2). Podľa Končekovej klimatickej klasifikácie (SHMÚ, 2015) patrí väčšina regiónu do teplej oblasti (okrsky T2, T4 a T6), ktorá sa viaže na Podunajskú nížinu, Podunajskú pahorkatinu a na úpätia a nižšie polohy Malých Karpát; ostatné časti Malých Karpát patria do mierne teplej oblasti (okrsky M1, M3, M4 a M6).

### 2.2 Vstupné údaje

Vstupnými dátami do analýzy klimatického potenciálu Malokarpatskej vinohradníckej oblasti s. s. na vinohradníctvo boli:

- denné údaje o teplote vzduchu od 1.1.2004 do 31.12.2013 (denná priemerná, maximálna a minimálna teplota vzduchu v °C) na klimatologických staniaciach priestorovo relevantných pre zájmové územie (poskytnuté SHMÚ): Bratislava-Koliba, Bratislava-Letisko, Bratislava-Mlynská dolina, Jaslovské Bohunice, Kráľová pri Senci, Malý Javorník, Modra Piesok a Slovenský Grob (obr. 1),
- mesačné priemery zrážkového úhrnu v mm od januára 1981 do decembra 2010 na zrážkomerných staniaciach priestorovo relevantných pre zájmové územie (SHMÚ) – okrem klimatologických staníc (avšak bez stanice Modra-

Piesok, kde začali merania od roku 1988) aj: Bohdanovce nad Trnavou, Boleráz, Bratislava-Devín, Bratislava-Mudroňova, Bratislava-Vajnory, Cifer, Častá, Dolné Orešany, Modra, Pezinok, Smolenice. Ďalšie zrážkomerné stanice pre krátkosť časovej rady meraní neboli zahrnuté: Bratislava-Liščie údolie (do 2001), Limbach (do 2002) a Svätý Jur (od 2000).

Okrem údajov SHMÚ boli v analýzach v GIS (ArcGIS v10.1 a GRASS GIS v7.0.3) využité aj výrezy rastrových digitálnych modelov nadmorských výšok (ďalej DEM) SRTM v rozlíšení 90 m (Jarvis et al., 2008) pri modelovaní klimatických podmienok a v rozlíšení 30 m (U. S. Geological Survey, 2015) pri modelovaní oslivenia. Za účelom identifikácie eróznej bázy bola využitá geologická mapa regiónu 1: 50 000 (ŠGÚDŠ, 2013). Výsledky klimaticko-topografickej regionalizácie boli vyhodnotené vo vzťahu k súčasnému rozmiestneniu vinohradníckych honov na podklade údajov databázy Openstreetmap (OpenStreetMap contributors, 2015).

### 2.3 Použité metódy

Východiskom metodického prístupu k hodnoteniu klimatického potenciálu boli ekologické nároky viniča na teplo, svetlo a vlahu (tab. 1) a hľadanie ich priestorových limitov v záujmovom území. V prvom kroku boli preto vyhodnotené nasledujúce ukazovatele pre klimatologické (tab. 2), resp. zrážkomerné stanice (tab. 3):

- priemerná ročná teplota vzduchu  $T_{(2004-13)}$ ,
- priemerná ročná teplota vzduchu počas vegetačného obdobia  $T_{VEG(2004-13)}$ ,
- priemerná januárová teplota vzduchu  $T_{JAN(2004-13)}$ ,
- priemerná júlová teplota vzduchu  $T_{JUL(2004-13)}$ ,
- najnižšia teplota vzduchu  $T_{MIN(2004-13)}$ ,
- helietermický index podľa Huglina  $HI_{(2004-13)}$  (Huglin, 1986),
- index chladnej noci  $CI_{(2004-13)}$  – priemerná denná minimálna teplota vzduchu v septembri (Tonietto a Carbonneau, 2004),
- najnižšia májová teplota vzduchu  $T_{MINmaj(2004-13)}$ ,
- priemerný ročný úhrn zrážok  $Z_{(1981-2010)}$ ,
- priemerný úhrn zrážok počas vegetačného obdobia  $Z_{VEG(1981-2014)}$ .

Vzhľadom na údaje zo zrážkomerných staníc (tab. 3), ktoré ukázali, že zrážky nepredstavujú limit pre vinohradnícku produkciu (tab. 1), neboli tieto do ďalších analýz zahrnuté. Ďalej sme pracovali len s teplotnými ukazovateľmi z klimatologických staníc (tab. 2), ktoré boli priestorovo vyhodnotené pre záujmové územie v dvoch krokoch:

1. „ručné“ zahustenie siete vstupných bodov interpoláciou a extrapoláciou na základe existujúcich lokálnych gradientov (8 staníc bolo doplnených rovnomerne rozmiestnenými 30 interpolačnými a 8 extrapolačnými bodmi),
2. vlastný priestorový výpočet pre záujmové územie so zohľadnením nadmorskej výšky pomocou 3D-vektorovej vrstvy a rastra DEM SRTM-90 v GRASS GIS nástrojom ‚v.vol.rst‘ (s nastaveniami tension=30, smoothing=0.1 a z-factor=28).



**Tabuľka 2** Vstupné klimatologické stanice siete SHMÚ s hodnotami vybraných teplotných ukazovateľov

Názov stanice	LAT (°)	LONG (°)	ALT (m n. m.)	T <sub>(2004-13)</sub> (°C)	T <sub>VEG</sub> (2004-13) (°C)	T <sub>JAN</sub> (2004-13) (°C)	T <sub>JUL</sub> (2004-13) (°C)	T <sub>MIN</sub> (2004-13) (°C)	HI <sub>(2004-13)</sub> (°C)	CI <sub>(2004-13)</sub> (°C)	T <sub>MINMAJ</sub> (2004-13) (°C)
Bratislava-Koliba	48.1678	17.1059	287	10.6	16.5	-0.4	21.4	-20	2027	11.9	1.6
Bratislava-Letisko	48.1717	17.2000	133	11.1	17	0.1	22.2	-17.8	2114	11.6	0.6
Bratislava-Mlynská dolina	48.1522	17.0677	182	10.9	16.6	0.2	21.5	-18.9	2080	11.9	1.3
Jaslovské Bohunice	48.4863	17.6641	176	10.2	16.1	-0.9	21.1	-19.6	2005	10.3	-1.5
Kráľová pri Senci	48.1982	17.4527	124	10.9	16.9	-0.3	22.1	-18.5	2128	11.4	0.9
Malý Javorník	48.2556	17.1525	586	8.6	14.3	-2.1	19.2	-23.5	1507	10.5	-1.3
Modra-Piesok	48.3727	17.2738	533	8.7	14.4	-1.9	19.2	-21.9	1589	10.3	-0.7
Slovenský Grob	48.2611	17.2775	141	10.8	16.5	-0.1	21.6	-19	2082	11.3	0.1

Vysvetlivky: LAT-geografická šírka, LONG-geografická dĺžka, ALT-nadmorská výška, T-teplota vzduchu, VEG-vegetačné obdobie, HI-Huglinov helietermický index, CI-index chladnej noci; zdroj: SHMÚ

**Tabuľka 3** Vstupné zrážkomerné stanice siete SHMÚ s hodnotami vybraných zrážkomerných ukazovateľov

Názov stanice	Dĺžka údajovej rady	LAT (°)	LONG (°)	ALT (m n. m.)	Z <sub>(1981-2010)</sub> (mm)	Z <sub>VEG(1981-2010)</sub> (mm)
Bohdanovce nad Trnavou	1981-2010	48.4364	17.5369	172	567.7	360.6
Boleráz	1981-2010	48.4671	17.4852	183	613.7	378.4
Bratislava-Devín	1981-2006	48.1766	16.9796	141	568.8	374.9
Bratislava-Koliba	1981-2010	48.1678	17.1059	287	672.8	426.6
Bratislava-Letisko	1981-2010	48.1717	17.2000	133	562.3	352.1
Bratislava-Mlynská dolina	1981-2010	48.1522	17.0677	182	636.1	413.0
Bratislava-Mudroňova	1981-2008	48.1506	17.0913	244	618.8	389.8
Bratislava-Vajnory	1981-82 a 1985-2009	48.2059	17.2039	132	613.7	366.4
Cífer	1981-2010	48.3144	17.5033	145	572.4	368.6
Častá	1982-2010	48.3992	17.3581	250	731.0	436.2
Dolné Orešany	1981-2010	48.4358	17.4308	202	616.2	377.7
Jaslovské Bohunice	1981-2010	48.4863	17.6641	176	552.7	369.4
Kráľová pri Senci	1981-2010	48.1982	17.4527	124	527.4	349.4
Malý Javorník	1981-2010	48.2556	17.1525	586	764.7	540.3
Modra	1981-2010	48.3283	17.305	168	694.4	405.7
Pezinok	1981-2010	48.2889	17.2792	163	630.4	380.6
Slovenský Grob	1981-2010	48.2611	17.2775	141	626.5	384.9
Smolenice	1981-2010	48.4919	17.4158	228	724.0	445.3

Vysvetlivky: LAT-geografická šírka, LONG-geografická dĺžka, ALT-nadmorská výška, Z-zrážkový úhrn, VEG-vegetačné obdobie; zdroj: SHMÚ

Výsledky výpočtov (rastre) boli porovnané s klimatickými limitmi pestovania viniča (tab. 1) i medzi sebou a ukázali, že hlavným limitujúcim faktorom produkcie sú mrazy – dlho-trvajúce zimné (vyjadrené prostredníctvom izotermy  $T_{JAN(2004-13)} = -1,1^{\circ}\text{C}$ ), extrémne zimné ( $T_{MIN(2004-13)} = -20^{\circ}\text{C}$ ) a neskoré jarné ( $T_{MINmaj(2004-13)} = -0,5^{\circ}\text{C}$ ). Vzhľadom na rozmiestnenie staničnej siete SHMÚ (obr. 1, tab. 2) nie je možné vyššie uvedenou metodikou priestorovo určiť oblasti zasahované neskorými jarnými mrazmi (chýbajú stanice, ktoré by boli lokalizované v teplej zóne svahov Malých Karpát). Tento faktor je však natoľko dôležitý, že ho ne-možno opomenúť. Pristúpili sme preto k jeho nepriamemu určeniu – vylúčeniu stanovišť predstavujúcich lokálnu eróznú bázu a teda k zohľadneniu topografie terénu. Lokálnu eróznú bázu sme pre rozľahlosť územia určili pomocou geologickej mapy 1: 50 000, v ktorej bola stotožnená s fluvialnými (nivné a sedimenty nízkych terás), organickými a fluvialno-organickými sedimentmi a s vodnými tokmi Dunaj a Morava. Týmto územiám bol priradený nulový potenciál na vinohradníctvo, pretože je tu veľmi vysoké riziko neskorých jarných mrazov. Následne pomocou DEM SRTM-30 a ArcGIS modulu „Height Above River“ (search radius: 5000 m) bola vypočítaná relatívna výška nad takto definovanou eróznou bázou ( $H_{REL}=0$ ). Na základe porovnania výstupov tohto modulu s priestorovým rozložením vinohradov bola zvolená limitná hodnota  $H_{REL}=10$  m pre určenie území s vysokým rizikom neskorých jarných mrazov. Podľa legislatívy (vyhláška MP SR č. 350/2009 Z. z.) bola prebratá limitná hodnota  $H_{REL}=50$  m, nad ktorou sa už neskoré jarné mrazy nevyskytujú. Finálny raster bol „vyčistený“ v ArcGIS-e procedúrou „Majority Filter“ (number of neighbours to use: eight directions) – „Region Group“ (number of neighbours to use: eight directions) – „Extract by Attributes“ (count  $\geq 9$  = area  $\geq 8100\text{m}^2$ ) – „Nibble“.

Pri extrémnych zimných mrazoch nepredstavuje hodnota  $T_{MIN(2004-13)} = -20^{\circ}\text{C}$  úplný limit pestovania, ale mráz, pri ktorého dlhšom trvaní dochádza u väčšiny odrôd k poškodeniu kambialneho dreva (Vanek, 2011). Keďže poškodenie mrazom v tomto prípade závisí od dĺžky mrazovej situácie a mrazuvzdornosti pestovanej odrody (Vanek, 2011), tak územia, kde v zime klesá teplota pod  $-20^{\circ}\text{C}$ , nie sú automaticky vylúčené z pestovania, vinohradník by však mal viac dbať na správny výber odrody. Za jednu z najodolnejších odrôd v tomto smere sa považuje Rizling rýnsky, ktorý znáša dlhšie trvajúce mrazy až do  $-23^{\circ}\text{C}$  (Vanek, 2011).

Rastrové výstupy modulu „v.vol.rst“ v GRASS GIS ukázali, že žiadna ďalšia teplotná charakteristika nepredstavovala limit pestovania viniča nad rámec vyššie uvedených, preto do ďalších analýz neboli zahrnuté. Z hľadiska klimatického potenciálu je najdôležitejší helietermický index  $HI$ , ktorý predstavuje vedúci faktor pri určení potenciálu územia na vinohradníctvo, ak toto nie je vylúčené alebo obmedzené inými limitmi – podľa  $HI$  je možné zvoliť sortiment odrôd s podobnými nárokmi (tab. 4).

Okrem mrazových limitov je, nepochybne, ďalším limitným a diferenciačným faktorom oslnenie georeliéfu ( $R$ ), keďže dostatok svetla je podmienkou priebehu fotosyntézy a asimilácie látok v bobuliach hrozna. Oslnenie georeliéfu počas vegetačného obdobia (1.4. až 31.10.) bolo vypočítané nástrojom „Area Solar Radiation“ v ArcGIS-e (standart overcast sky; diffuse model type; diffuse proportion: 0,3; trans-



mitivity: 0,5) pričom vstupom bol DEM SRTM-30. Raster oslnenia bol vyhladený obdobnou procedúrou ako pri rastrí relatívnej výšky nad eróznou bázou  $H_{REL}$ . Za limitnú hodnotu bola empiricky stanovená hodnota  $800 \text{ kWh.m}^{-2}$ , ktorá najviac koreluje so S, SSV a SSZ orientovanými svahmi, no zároveň nevylučuje podobne orientované svahy s nízkym sklonom na rovine a pahorkatine.

**Tabuľka 4** Typické odrody *Vitis vinifera* subsp. sativa podľa hodnôt helietermického indexu

Huglinov helietermický index (HI)	odrody ušľachtilého viniča
HI < 1500	neodporúčajú sa žiadne odrody
$1500 \leq \text{HI} < 1600$	Müller Thurgau, Modrý Portugal
$1600 \leq \text{HI} < 1700$	Burgundské biele, Burgundské šedé, Tramín
$1700 \leq \text{HI} < 1800$	Rizling rýnsky, Chardonnay, Silvánske, Sauvignon blanc, Burgundské modré, Veltlínske zelené
$1800 \leq \text{HI} < 1900$	Frankovka modrá
$1900 \leq \text{HI} < 2000$	Cabernet Sauvignon, Merlot, Rizling vlašský, Semillon
$2000 \leq \text{HI} < 2100$	Ugni Blanc
$2100 \leq \text{HI} < 2200$	Grenache, Syrah, Cinsaut
$2200 \leq \text{HI} < 2300$	Carignan
$2300 \leq \text{HI} < 2400$	Aramon

Zdroj: Huglin, 1986

Celkový klimaticko-topografický potenciál na vinohradníctvo bol vyhodnotený metódou naloženia vrstiev, pričom do nej vstupovali štyri vrstvy (niektoré vznikli čiastkovou syntézou):

0. vrstva syntézy čiastkových nulových potenciálov ( $H_{REL} \leq 0$ ,  $T_{JAN(2004-13)} < -1,1^\circ\text{C}$  a  $R < 800 \text{ kWh.m}^{-2}$ ),
1. vrstva syntézy helietermického indexu podľa Huglina s extrémnymi zimnými mrazmi delimitujúca prvú, hlavnú, hierarchickú úroveň,
2. vrstva relatívnych výšok nad lokálnou eróznou bázou delimitujúca druhú úroveň,
3. vrstva oslnenia georeliéfu delimitujúca tretiu úroveň.

### 3 VÝSLEDKY

Hlavným výsledkom je návrh trojstupňovej klasifikácie klimaticko-topografického potenciálu, ktorý bol použitý pri regionalizácii územia Podmalokarpatska (obr. 2):

0. územia s nulovým potenciálom, kde  $H_{REL} \leq 0$ ,  $T_{JAN(2004-13)} < -1,1^\circ\text{C}$  alebo  $R < 800 \text{ kWh.m}^{-2}$  (obr. 3),
- I. oblasti – určené hodnotami  $HI$  (krok intervalu  $100^\circ\text{C}$ ) a izotermy  $T_{MIN} = -20^\circ\text{C}$  predstavujúcej čiastočný limit:

- 1) veľmi teplá oblasť bez rizika poškodenia extrémnymi zimnými mrazmi ( $HI$  od 2000 do 2100°C,  $T_{MIN}$  nad -20°C),
- 2) teplá oblasť bez rizika poškodenia extrémnymi zimnými mrazmi ( $HI$  od 1900 do 2000°C,  $T_{MIN}$  nad -20°C),
- 3) teplá oblasť s rizikom poškodenia extrémnymi zimnými mrazmi ( $HI$  1900 až 2000°C,  $T_{MIN}$  pod -20°C) – pozn.: Pre malý priestorový rozsah (len 30,42 ha) a hodnoty len  $HI$  len málo prekračujúce 2000°C tu boli pričlenené aj plochy s  $HI$  od 2000 do 2100°C s rizikom poškodenia zimnými mrazmi  $T_{MIN}$  pod -20°C,
- 4) mierne teplá oblasť s rizikom poškodenia extrémnymi zimnými mrazmi ( $HI$  1800 až 1900°C,  $T_{MIN}$  pod -20°C),

II. podoblasti – určené hodnotami  $H_{REL}$ :

- 1) podoblasť bez výskytu alebo s veľmi zriedkavým výskytom neskorých jarných mrazov ( $H_{REL}$  nad 50 m),
- 2) podoblasť so zriedkavým výskytom neskorých jarných mrazov ( $H_{REL}$  10 až 50 m),
- 3) podoblasť s častým výskytom neskorých jarných mrazov ( $H_{REL}$  0 až 10 m),

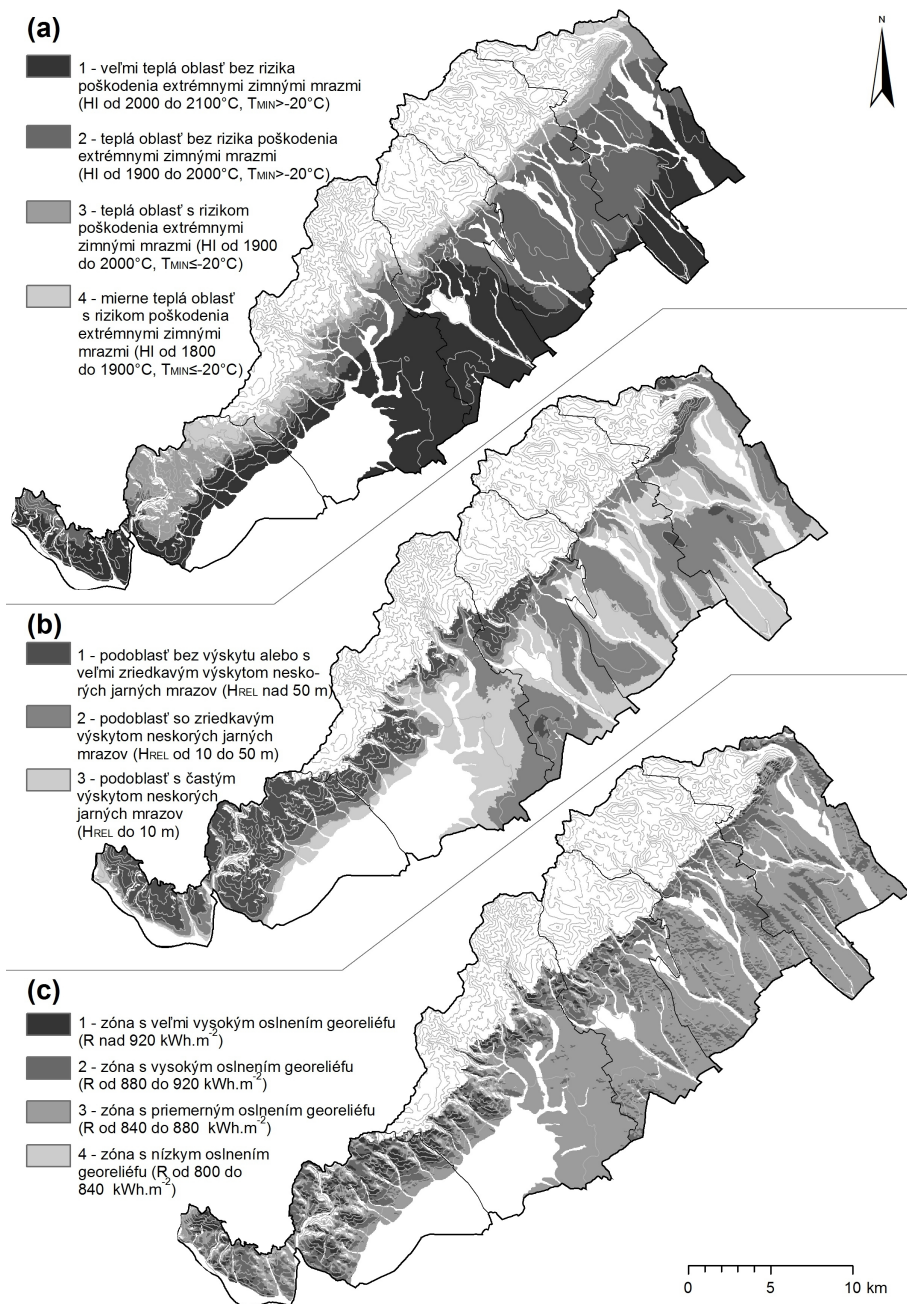
III. zóny – určené hodnotami  $R$  (krok intervalu 40 kWh.m<sup>-2</sup> stanovený podľa rozloženia hodnôt dátového súboru):

- 1) zóna s veľmi vysokým oslnením georeliéfu ( $R$  nad 920 kWh.m<sup>-2</sup>),
- 2) zóna s vysokým oslnením georeliéfu ( $R$  880 až 920 kWh.m<sup>-2</sup>),
- 3) zóna s priemerným oslnením georeliéfu ( $R$  840 až 880 kWh.m<sup>-2</sup>),
- 4) zóna s nízkym oslnením georeliéfu ( $R$  800 až 840 kWh.m<sup>-2</sup>).

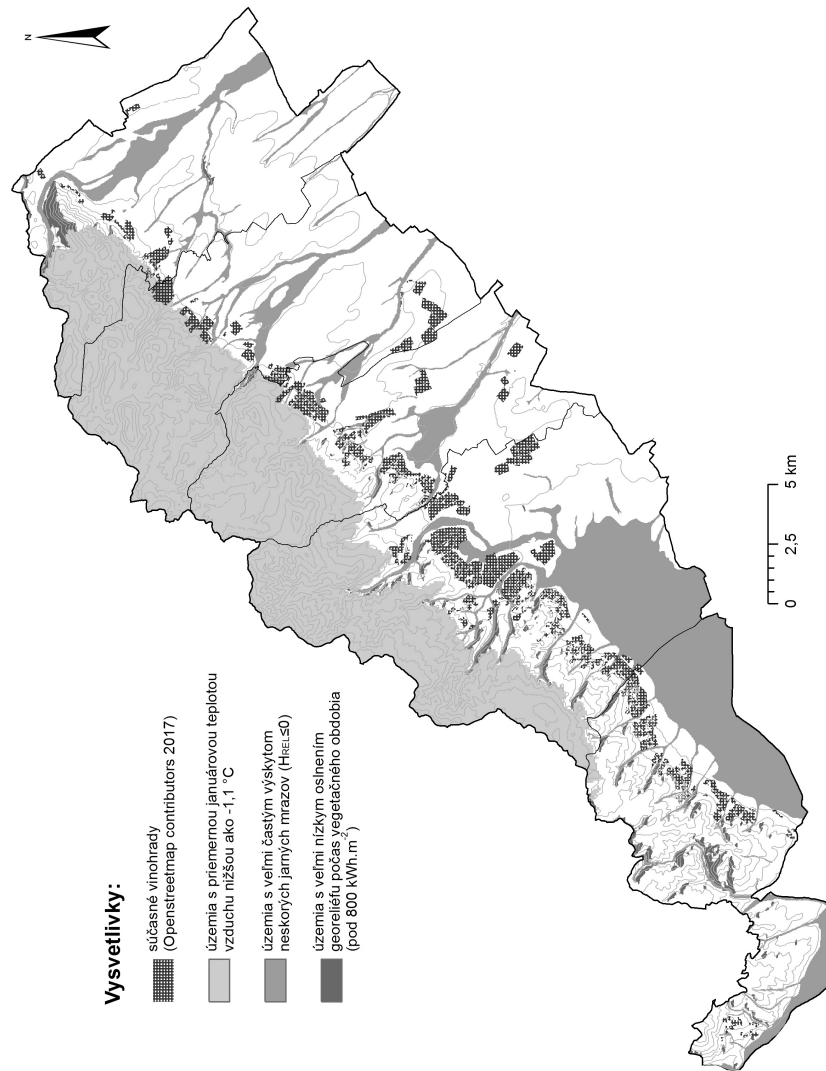
Každá hierarchická úroveň má priamu implikáciu pre prax. V prvom kroku vinohradník zistí, akú skupinu odrôd môže na danom území pestovať, v druhom s akou mierou rizika poškodenia jarnými mrazmi bude svoju pestovateľskú činnosť realizovať a v treťom kroku aké výsledky môže s vybranou odrodou očakávať v porovnaní s vinohradníkmi v regióne. Samozrejme, len za predpokladu dostatočného prísunu živín a ochrany pred biologickými škodcami.

Najrozsiahlejšou oblasťou navrhovanej klasifikácie klimaticko-topografického potenciálu Podmalokarpatska je najteplejšia oblasť (1) pokrývajúca štvrtinu územia (tab. 5). Rozsiahlosť a výhodnosť tejto oblasti podčiarkuje, že až takmer 45 % rozlohy vinohradov je lokalizovaných práve v nej. Nakoľko sa však nachádza v najnižších častiach regiónu (Podunajská rovina, úpätia Malých Karpát a nižšie časti Podunajskej pahorkatiny) je prakticky polovica plochy tejto oblasti v podoblasti s častým výskytom neskorých jarných mrazov (13) a zároveň rozloha zón s najlepším oslnením georeliéfu (111, 121 a 131) je len nepatrný zlomok jej rozlohy. Väčšina vinohradov je lokalizovaná v zónach ,123‘, ,122‘ a ,133‘.

Druhá najteplejšia oblasť (2) leží na 1/5 regiónu, najmä na Podunajskej pahorkatine a úpätiach Malých Karpát, preto je jej tiež veľká časť v podoblasti ,23‘ (35 %) a najlepšie zóny (211, 221 a 231) sú len okrajové. Väčšina vinohradov je v opäť zónach ,223‘, ,222‘ a ,233‘.



**Obrázok 2** Klimaticko-topografický potenciál Podmalokarpatska na vinohradníctvo: (a) oblasti, (b) podoblasti, (c) zóny. Vlastné spracovanie (zdroj vstupných údajov: Jarvis et al. 2008; SHMÚ; ŠGÚDŠ, 2013; U.S. Geological Survey 2012)



**Obrázok 3** Územia Podmalokarpatska s nulovým potenciálom na vinohradníctvo. Vlastné spracovanie (zdroj vstupných údajov: Openstreetmap contributors, 2017; SHMÚ; ŠGÚDŠ, 2013)

**Tabuľka 5** Vyhodnotenie klimaticko-topografického potenciálu Podmalokarpatska na vinohradníctvo

oblasť	rozloha územia/ vinohradov/ využitie vinohradmi (%)	pod- oblasť	rozloha územia/ vinohradov/ využitie vinohradmi (%)	zóna	rozloha územia (%)	rozloha vinohradov (%)	využitie zóny vinohradmi (%)
1	<b>26.21</b>	11	<b>2.47</b>	111	0.3	0.9	14.28
	44.7		4.98	112	1.3	3.15	11.53
	8.11		9.59	113	0.7	0.76	5.16
				114	0.17	0.16	4.71
	12	<b>10.8</b>	121	0.1	0.25	12.36	
			28.58	122	2.46	11.04	21.36
			12.58	123	8.09	17.1	10.05
			124	0.16	0.2	5.8	
	13	<b>12.94</b>	131	0.02	0.02	3.42	
			11.13	132	1.11	1.9	8.11
			4.09	133	11.7	9.22	3.74
			134	0.1	0	0.16	
	2	<b>19.53</b>	21	<b>2.66</b>	211	0.64	1.6
33.38		6.36		212	1.2	3.31	13.1
8.13		11.37		213	0.66	1.32	9.5
				214	0.16	0.12	3.54
22		<b>9.91</b>	221	0.08	0.8	45.49	
			16.53	222	2.9	6.89	11.31
			7.93	223	6.74	8.55	6.03
			224	0.19	0.29	7.33	
23		<b>6.96</b>	231	0.01	0.12	64.29	
			10.5	232	1.16	3.67	15.01
			7.17	233	5.69	6.59	5.51
			234	0.1	0.12	5.64	
3	<b>6.84</b>	31	<b>4.37</b>	311	1.25	0.33	1.25
	10.44		2.58	312	1.82	1.56	4.08
	7.25		2.8	313	0.89	0.67	3.54
				314	0.41	0.02	0.19
	32	<b>2.15</b>	321	0.12	0.44	17.02	
			7.3	322	1.25	5.87	22.35

oblasť	rozloha územia/ vinohradov/ využitie vinohradmi (%)	pod- oblasť	rozloha územia/ vinohradov/ využitie vinohradmi (%)	zóna	rozloha územia (%)	rozloha vinohradov (%)	využitie zóny vinohradmi (%)
			16.1	323	0.73	0.98	6.38
				324	0.05	-	-
		33	<b>0.32</b>	331	0.02	0.13	33.9
			0.57	332	0.12	0.42	16.56
			8.53	333	0.17	0.02	0.65
				334	0.01	-	-
4	<b>3.9</b>	41	<b>3.28</b>	411	1.01	0.98	4.61
	4.12		2.92	412	1.49	1.5	4.78
	5.01		4.24	413	0.6	0.45	3.54
				414	0.18	-	-
		42	<b>0.51</b>	421	0.1	0.22	10.87
			1.2	422	0.23	0.94	19.46
			11.19	423	0.12	0.04	1.48
				424	0.07	-	-
		43	<b>0.12</b>	431	0.01	-	-
			-	432	0.05	-	-
			-	433	0.05	-	-
				434	0.01	-	-
0	<b>43.52</b>	7.36	<b>0.8</b>				

Zdroj: vlastné spracovanie

Napriek malému podielu zón s nadpriemerným oslnením georeliéfu (1 a 2) na rozlohe najteplejších oblastí (1 a 2) je práve potenciál týchto kontrétnych zón vinohradníkmi najviac využívaný. Keďže zvyšné, teplotne menej výhodné, oblasti (3 a 4) sa nachádzajú už len na úpätiach a svahoch Malý Karpát, klesá v nich podiel najrizikovejšej podoblasti (3) a stúpa podiel zón s nadpriemerným oslnením (1 a 2). Zodpovedá tomu, samozrejme, i rozloženie súčasných vinohradov, ktoré sa v oblasti ,3<sup>c</sup> koncentrujú do zón ,322<sup>c</sup> (viac ako polovica vinohradov oblasti len v tejto zóne) a ,312<sup>c</sup>, a v oblasti ,4<sup>c</sup> do zón ,412<sup>c</sup>, ,411<sup>c</sup> a ,422<sup>c</sup> (spolu takmer 90 % rozlohy oblasti). Keďže sa tieto oblasti viažu už len na Malé Karpaty zaberajú len necelú desatinu regiónu a vinohrady v nich len necelých 15 % všetkých vinohradov.

Veľká časť územia Podmalokarpatska nie je pre vinohradníctvo vhodná (43,5 %), najmä stredné a vyššie časti Malých Karpát, kde klesá  $T_{JAN(2004-13)} < -1,1^{\circ}\text{C}$  (obr. 3). Druhým limitujúcim faktorom v poradí sú neskoré jarné mrazy, ktoré obmedzujú vinohradníctvo v najnižších a zároveň najteplejších polohách regiónu. Nedostatočné oslnenie sa takmer výlučne viaže na strmé severne orientované svahy

Malých Karpát, výnimkou je len zosuvný svah pri obci Vištuk a svah pri obci Suchá nad Parnou na Podunajskej pahorkatine. Do území s nulovým potenciálom vyčlenených podľa prezentovanej metodiky zasahuje aj časť existujúcich vinogradov (7,36 %), najmä do oblastí s nízkymi januárovými teplotami alebo veľmi častým výskytom neskorých jarných mrazov (tab. 6).

Podľa výsledkov regionalizácie klimaticko-topografického potenciálu a sortimentu odporúčaných odrôd (tab. 4) je pre súčasnú klímu Podmalokarpatska (oblasť ,1‘) najvhodnejšia odroda Ugni blanc (syn. Trebbiano), ktorá sa tu nepestuje a je typickou odrodou Provensálska a Apeninského polostrova. Z ďalších odrôd sú to Cabernet Sauvignon, Merlot a Rizling vlašský pre oblasť ,2‘ a ,3‘ a Frankovka modrá pre oblasť ,4‘. Samozrejme, v teplejších oblastiach nie je automaticky vylúčené pestovanie odrôd určených pre chladnejšie podmienky.

**Tabuľka 6** Rozloha súčasných vinogradov s nulovým potenciálom podľa prezentovanej regionalizácie

Vinohradnícky rajón	Vinohrady s $T_{JAN} < -1,1 \text{ } ^\circ\text{C}$ (%)	Vinohrady s $R < 800 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$ (%)	Vinohrady s $H_{REL} \leq 0 \text{ m}$ (%)	Celkovo (%)
Bratislavský	0.00	0.12	0.52	0.64
Pezinský	0.02	0.05	1.41	1.48
Modranský	0.46	0.01	0.71	1.19
Doľanský	3.13	0.00	0.40	3.53
Orešanský	0.27	0.00	0.26	0.53
Celkovo	3.88	0.18	3.30	7.36

Zdroj: vlastné spracovanie

## 4 DISKUSIA

Hlavným problémom predloženého hodnotenia klimaticko-topografického potenciálu Podmalokarpatska je vysoká chyba, teda podiel vinogradov s nulovým potenciálom (tab. 6), čo možno vysvetliť, resp. zdôvodniť nasledovne:

- existujúcou pozemkovou držbou (tvar a priebeh pozemku) najmä pri výskyte vinogradov v územiach s veľmi nízkym oslnením. Ide najmä o okrajové zasahovanie pozemkov do takýchto plôch, navyše, rozlíšenie vstupného DEM pri analýze oslnenia bolo 30 m. Podobne veľkú chybu možno preto vysvetliť aj u vinogradov s príliš nízkymi januárovými teplotami vzduchu a veľmi častým výskytom neskorých mrazov – pozorovaná chyba je však rádovo vyššia.
- nízkou hustotou vstupnej siete klimatologických staníc pri výskyte vinogradov v územiach s nízkou januárovou teplotou vzduchu, čo dokladá predovšetkým lokalizovanie väčšiny takýchto vinogradov do Doľanského rajónu (cirka 80 %). Práve úpätie Malých Karpát v tomto rajóne patrí k najviac

- vzdialeným od stanice lokalizovanej v ich predpolí, preto napriek použitej metodike tu zrejme prevládol vplyv najbližšej stanice Modra-Piesok.
- nepresnou vstupnou vrstvou (geologická mapa 1 : 50 000) pri určení územi s veľmi častým výskytom neskorých jarných mrazov. Výskyt zvolených sedimentov pre identifikáciu eróznej bázy (najmä nívne fluviálne sedimenty) nemusí s ňou úplne presne korešpondovať, tiež mierka tejto mapy (1 : 50 000) je výrazne nižšia než mapy vinohradov na úrovni honov (cirka 1 : 10 000).
  - topovariatami mezoklímy, ktoré zvolená metodika pre rozlíšenie vstupných dát alebo výber ukazovateľov nebola schopná identifikovať. Tento faktor môžeme uvažovať najmä pri vinohradoch zasahujúcich do údolí s viac ukloneným dnom, na ktorom síce sú uložené fluviálne sedimenty, ale dochádza tu k presunu chladných vzduchových hmôt ďalej pozdĺž údolia a nie k ich hromadeniu. Čiastočne to môže platiť i o neidentifikovaní teplej svahovej zóny s teplými výstupnými prúdmi v Doľanskom rajóne, aj keď tu podľa nás prevažuje faktor nízkej hustoty vstupných údajov.

Ďalším výsledkom do diskusie je identifikácia teplej oblasti s *HI* od 2000 do 2100°C, ktorej odporúčaný sortiment odrôd sa na Slovensku momentálne ani nespustuje. S tým následne súvisí i celkový posun ďalších teplých oblastí podľa Huglinovho heliotermického indexu (obr. 2, tab. 4). Spôsobené to môže byť dvoma navzájom súvisiacimi faktormi: prebiehajúcou klimatickou zmenou (oteplením) a použitím len minimálneho 10-ročného obdobia pre určenie klimatických podmienok. Štandardné klimatické normály majú dĺžku 30 rokov (napr. 1961 – 1990), no tak dlhú údajovú radu sme nemali od SHMÚ k dispozícii. Navyše použité desaťrocie (2004 – 2013) patrí k teplotne nadpriemerným, vo výsledkoch sa tak výrazne odráža klimatický trend (Fraga et al., 2013), ktorý pri predpokladanom pokračovaní v budúcnosti môže prakticky ovplyvniť vinohradníctvo a sortiment pestovaných odrôd.

Prínos predloženej klasifikácie klimaticko-topografického potenciálu tak možno hľadať najmä v metodologickej rovine, keď po spresnení modelu (predovšetkým využitím 30-ročnej údajovej rady a upresnením eróznej bázy) môže priniesť výsledky priamo využiteľné a ľahko interpretovateľné pre vinohradnícku prax. Všetky tri hierarchické úrovne totiž obsahujú súbor kritérií smerodajných pre výber čo najlepšieho stanovišťa a odrody. Jednoduchá interpretovateľnosť výsledkov by mala byť práve výhodou oproti ostatným na Slovensku používaným metodikám (vyhláška MP SR č. 153/1998 Z. z., vyhláška MP SR č. 350/2009 Z. z.). Určitou nevýhodou klasifikácie je jej súčasná lokálna optimalizácia na územie Podmalokarpatska, čo pri topograficky veľmi odlišných územiach nemusí vyhovovať. Uvedená lokálna špecifikácia je zrejma na tretej hierarchickej úrovni (oslzenie georeliéfu), pretože klasifikačný krok intervalu ( $40 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$ ) je stanovený podľa rozloženia hodnôt dátového súboru. Pôvodným zámerom na tejto úrovni bolo vychádzať z existujúcich metodík (vyhláška MP SR č. 153/1998 Z. z., vyhláška MP SR č. 350/2009 Z. z.), no nejednoznačné definovanie výpočtu ukazovateľa energetickej bilancie, nevedlo k zosúladeniu hodnôt výsledkov ani pri zanedbaní rozptýleného žiarenia. Na ilustráciu: v staršej vyhláške sa uvádza limitná hodnota  $180 \text{ MJ}\cdot\text{cm}^{-2}$ , v novej 200  $\text{kJ}\cdot\text{cm}^{-2}$ , čo je rozdiel troch rádov (naša limitná hodnota  $800 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2} = 288 \text{ kJ}\cdot\text{cm}^{-2}$  má aspoň rá-



dovú zhodu s novšou legislatívnou metodikou). Môžeme predpokladať dobrú využiteľnosť koncipovanej metodiky pri určení klimaticko-topografického potenciálu iných vinohradníckych území SR, predovšetkým takých, ktoré sa nachádzajú na styku nížiny alebo pahorkatiny a pohoria ako napr. Tokaj (rozhranie Zemplínskych vrchov a Východoslovenskej nížiny), Hlohovecký (Považský Inovec/Podunajská pahorkatina), Nitriansky (Trábeč/Podunajská pahorkatina), Tekovský (Štiavnické vrchy/Podunajská pahorkatina), Modrokamenský (Krupinská planina/Juhoslovenská kotlina) či Sobranský rajón (Vihorlatské vrchy/Východoslovenská pahorkatina).

V porovnaní s metodikou MCC (Tonietto a Carbonneau, 2004; Blanco-Ward et al., 2007; Montes et al., 2012) sme využili len jeden zhodný klimatický ukazovateľ – helietermický index podľa Huglina (*HI*). Ďalšie dva ukazovatele – index chladnej noci (*CI*) a index sucha (*DI*) – sa ukázali pre klasifikáciu ako nevýznamné (*CI*), resp. na kvantifikáciu sme nemali dostatočné vstupné údaje (*DI*). Na území Podmalokarpatska sú naopak významnými priestorovými limitmi mrazové situácie, ktoré nehrajú rolu pri územiach v severozápadnom Španielsku (Blanco-Ward et al., 2007) a strednom Čile (Montes et al., 2012). V porovnaní s metodikou Jones et al. (2004) sme pri topografickom potenciáli využili bezprostrednejší súvis s vinohradníckou produkciou – nadmorskú výšku sme nahradili relatívnou výškou nad lokálnou eróznou bázou, sklon a orientáciu georeliéfu voči svetovým stranám oslnením georeliéfu počas vegetačného obdobia a oproti syntéze faktorov ballovou metódou sme použili hierarchickú regionalizáciu.

## 5 ZÁVER

Štúdia prináša nový prístup k hodnoteniu potenciálu územia na vinohradníctvo založenom na vyhodnotení významných klimatických (helietermický index podľa Huglina, priemerná teplota vzduchu v januári, najnižšia teplota vzduchu) a topografických faktorov (relatívna výška nad lokálnou eróznou bázou, oslnenie georeliéfu). Na jednej strane, takáto potreba vyvstáva najmä v súvislosti s čoraz viac vo svete rozpracovanou metodikou bioklimatických indexov, na ktorých základe je priamo možno hodnotiť odrodový sortiment; na strane druhej, súčasným 100-bodovým hodnotiacim systémom kvalifikovaných vinohradníckych honov (vyhláška MP SR č. 350/2009 Z. z.), ktorý nedostatočne zohľadňuje známe klimatické (najmä teplotné) limity a potenciály a zdôrazňuje najmä vplyv oslnenia georeliéfu.

Navrhovaná trojstupňová klasifikácia klimaticko-topografického potenciálu umožňuje pomerne jednoduchú interpretáciu výsledkov z nej odvodennej regionalizácie vo vzťahu k praktickému vinohradníctvu:

1. klimaticko-topografická oblasť určuje základný sortiment odrôd viniča,
2. klimaticko-topografická oblasť určuje mieru rizika poškodenia viniča jarnými mrazmi,
3. klimaticko-topografická zóna určuje lokálne svetelné podmienky a teda perspektívu kvality výnosov pestovanej odrody.

Existujúcimi nedostatkami metodického prístupu (a zároveň námetmi na ďalšiu výskumnú prácu v tomto smere) sú:

- lokálna špecifikácia na testovacie územie (územie Podmalokarpatska), čo je možné odstrániť zahrnutím ďalších vinohradníckych území SR;
- neprenosti spôsobené lokálne nedostatočne hustotou staničnou sieťou (zrejme najmä v Dolňanskom rajóne) a krátkou dĺžkou použitej časovej rady, čo je možné odstrániť použitím inej interpolačnej metódy (alebo lokalizáciou doplnkovej stanice) a použitím štandardnej 30-ročnej údajovej rady;
- nepresnosti spôsobené metodikou určenia eróznej bázy na základe regionálnej geologickej mapy 1: 50 000, čo je možné odstrániť testovaním iných prístupov založených napr. na analýze DEM.

Okrem uvedených smerov, ktorými by sa ďalší výskum mal venovať, môže byť námetom aj práca na komplexnom prírodnom potenciály krajiny na vinohradníctvo, ktorá by mala zahŕňať identifikáciu pôdno-substrátového potenciálu a jeho následnú integráciu s klimaticko-topografickým potenciálom.

### Pod'akovanie

*Publikácia vznikla v rámci riešenia projektov APVV-15-0597 „Využitie geologických podkladov v rámci zavádzania precízneho poľnohospodárstva“ a VEGA 1/0421/16 „Analýza zmien krajinnej pokrývky v kontexte environmentálnych hybných síl“.*

### Literatúra

- BLANCO-WARD, D., GARCÍA QUEIJEIRO, J. M., JONES, G. V. 2007. Spatial climate variability and viticulture in the Miño River Valley of Spain. *Vitis*, 46 (2), 63-70.
- EEA 2016. *Corine Land Cover (CLC) 2012, Version 18.5.1*. [online] [cit. 2017-01-10]. Dostupné na: <<http://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc-2012/>>
- FRAGA, H., MALHEIRO, A. C., MOUTINHO-PEREIRA, J., SANTOS, J. A. 2013. Future scenarios for viticultural zoning in Europe: ensemble projections and uncertainties. *International Journal of Biometeorology*, 57, 909-925.
- GÁLIK, M., ŠPÁNIK, F., HRONSKÝ, Š. 2002. Energetické ukazovatele rajonizácie viniča hroznorodého na Slovensku. In: *XIV. Česko-slovenská bioklimatologická konferencia, Lednice na Moravě, 2. – 4. září 2002*, 110-116.
- HALL, A., JONES, G. V. 2010. Spatial analysis of climate in winegrape-growing regions in Australia. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 16, 389-404.
- HUGLIN, P. 1986. *Biologie et écologie de la vigne*. Paríž: Lavoisier.
- JACKSON, R. S. 2008. *Wine Science: Principles and Applications*. Oxford: Elsevier.
- JARVIS, A., REUTER, H. I., NELSON, A., GUEVARA, E. 2008. *Hole-filled SRTM for the globe Version 4*. [online] [cit. 2017-02-01]. Dostupné na: <<http://srtm.csi.cgiar.org>>
- JONES, G. V., HELLMAN, E. W. 2003. Site assessment. In: Hellman, E. W. (ed.) *Oregon Viticulture*. Corvallis: Oregon State University Press, 44-50.
- JONES, G. V., SNEAD, N., NELSON, P. 2004. Modeling viticultural landscapes: A GIS analysis of the terroir potential in the Umpqua Valley of Oregon. *Geoscience Canada*, 31 (4), p. 167-178.
- JONES, G. V., WHITE, M. A., COOPER, O. R., STORCHMANN, K. 2005. Climate change and global wine quality. *Climatic Change*, 73, 319-343.

- KAZIMÍR, Š. 1986. *Pestovanie viniča a produkcia vína na Slovensku v minulosti*. Bratislava: Veda.
- KIŠON, A., HANÁK, R. 1962. *Rajonizácia viniča v ČSSR*. Bratislava: Slovenská akadémia vied.
- MAGDOVÁ, J. 2008. *Návrh novej agroklimatickej rajonizácie viniča hroznorodého (Vitis vinifera L.) v podmienkach klimatickej zmeny na Slovensku*. Dizertačná práca, Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita.
- MONTES, C., PEREZ-QUEZADA, J. F., PEÑA-NEIRA, A., TONIETTO, J. 2012. Climatic potential for viticulture in Central Chile. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 18, 20-28.
- OPENSTREETMAP CONTRIBUTORS 2015. *OpenStreetMap Planet*. [online] [cit. 2017-01-10]. Dostupné na: <<https://market.trimbledata.com>>
- PAVLOUŠEK, P. 2011. *Pěstování révy vinné: moderní vinohradnictví*. Praha: Grada Publishing.
- POSPÍŠILOVÁ, D., SEKERA, D., RUMAN, T. 2005. *Ampelografia Slovenska*. Bratislava: Výskumná a šľachtiteľská stanica vinárska a vinohradnícka Modra.
- RUML, M., VUKOVIĆ, A., VUJADINOVIĆ, M., DJURDJEVIĆ, V., RANKOVIĆ-VLASIĆ, Z., ATANACKOVIĆ, Z., SIRČEV, B., MARKOVIĆ, N., MATIJAŠEVIĆ, S., PETROVIĆ, N. 2012. On the use of regional climate models: implications of climate change for viticulture in Serbia. *Agriculture and Forest Meteorology*, 158-159, 53-62.
- SHMÚ, 2015. Klimatická klasifikácia podľa Končeka. In: *Klimatický atlas Slovenska*. Banská Bystrica: Slovenský hydrometeorologický ústav, 202-205.
- ŠGÚDŠ, 2013. *Geologická mapa Slovenska M 1: 50 000*. Bratislava: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra [online] [cit. 2017-02-01]. Dostupné na: <<http://mapserver.geology.sk/gm50js>>
- TONIETTO, J., CARBONNEAU, A. 2004. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agricultural and Forest Meteorology*, 124, 81-97.
- U. S. GEOLOGICAL SURVEY 2015. *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 Arc-Second Global*. [online] [cit. 2017-02-01]. Dostupné na: <<https://ita.cr.usgs.gov/SRTM1Arc>>
- VALACHOVIČ, A., VEREŠ, A., POLAKOVIČ, F. 1986. *Štúdium využitia potenciálnej energie vo vinohradníctve*. Bratislava: Výskumný ústav vinohradnícky a vinársky.
- VANEK, G. 2011. Kontrolujeme dôsledky zimných mrazov. *Vinič a víno*, (1), 5-6.
- Vyhláška MP SR č. 153/1998, ktorou sa vykonáva §5 ods. 7 zákona č. 332/1996 Z. z. o vinohradníctve a vinárstve a o zmene zákona č. 61/1964 Zb. o rozvoji rastlinnej výroby v znení zákona č. 132/1989 Zb.
- Vyhláška MP SR č. 350/2009, ktorou sa vykonávajú niektoré ustanovenia zákona č. 313/2009 Z. z. o vinohradníctve a vinárstve.
- WINKLER, A. J. 1962. *General Viticulture*. Berkeley: University of California.
- Zákon č. 313/2009 Z. z. o vinohradníctve a vinárstve.
- ZÁRUBA, F., HOMOLOVÁ, L., KAŠA, A., PAZDERKA, V. 1985. *Vinohradníctvo*. Bratislava: Príroda.

## The climatic and topographic potential of Little Carpathian Region for viticulture: a proposal for regionalization

### Summary

Grapevine is not very demanding species in relation to soil and substrate but it requires a sufficient supply of heat and light (tab. 1). Thus, the climatic conditions belong to most important environmental factors determining the quality of grape production and also wine. In Slovakia, the existing viticultural zonation is based mainly on surface radiation balance and does not reflect the crucial bioclimatic in-

dices (e. g. Winkler index, Huglin index) that allow to optimize the varieties of viticultural areas. Furthermore, there is a need for complex evaluation of climatic potential based on ecological demands and limits of grapevine also due to climate change. Our approach was based on the search of such spatial limits in the area of Little Carpathian Region (fig. 1) that is one of Slovakia's premium and traditional viticultural areas. The input air temperature and precipitation data and the 90 m SRTM were used in 3D-modelling in GRASS GIS by the tool 'v.vol.rst'. Topographic potential for viticulture was evaluated through factors of relative height above local erosion base and surface solar radiation using the 30 m SRTM in ArcGIS by the tools 'Height Above River' and 'Area Solar Radiation'.

The result is a three-level hierarchical classification of climatic and topographic potential of Little Carpathian Region (fig. 2) that spatially delimits:

0. areas with null potential, where relative altitude above local erosion base  $H_{REL} \leq 0$ , average air temperature in January  $T_{JAN} < -1,1^{\circ}\text{C}$  or surface solar radiation  $R < 800 \text{ kWh.m}^{-2}$  (fig. 3)
- I. regions – determined by values of heliothermic index  $HI$  (step  $100^{\circ}\text{C}$ ) and isotherm of lowest observed air temperature  $T_{MIN} = -20^{\circ}\text{C}$ 
  - 1) very warm region without risk of strong winter frosts ( $HI$  from 2000 to  $2100^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{MIN}$  above  $-20^{\circ}\text{C}$ )
  - 2) warm region without risk of strong winter frosts ( $HI$  from 1900 to  $2000^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{MIN}$  above  $-20^{\circ}\text{C}$ )
  - 3) warm region with risk of strong winter frosts ( $HI$  from 1900 to  $2000^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{MIN}$  below  $-20^{\circ}\text{C}$ )
  - 4) temperate warm region with risk of strong winter frosts ( $HI$  from 1800 to  $1900^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{MIN}$  below  $-20^{\circ}\text{C}$ )
- II. subregions – determined by values of relative altitude above local erosion base  $H_{REL}$ 
  - 1) subregion without or with very rare occurrence of late spring frosts ( $H_{REL}$  above 50 m)
  - 2) subregion with rare occurrence of late spring frosts ( $H_{REL}$  from 10 to 50 m)
  - 3) subregion with frequent occurrence of late spring frosts ( $H_{REL}$  from 0 to 10 m)
- III. zones – determined by values of surface solar radiation  $R$  (step  $40 \text{ kWh.m}^{-2}$ )
  - 1) zone with very high surface solar radiation ( $R$  above  $920 \text{ kWh.m}^{-2}$ )
  - 2) zone with high surface solar radiation ( $R$  from 880 to  $920 \text{ kWh.m}^{-2}$ )
  - 3) zone with average surface solar radiation ( $R$  from 840 to  $880 \text{ kWh.m}^{-2}$ )
  - 4) zone with low surface solar radiation ( $R$  from 800 to  $840 \text{ kWh.m}^{-2}$ )

The presented approach is very promising and after a refinement of the model's known deficiencies (using extended 30-year long series of meteorological data and more accurate erosion base) could be helpful to viticultural practice. Future research could be oriented also towards the determination of soil and substrate potential for viticulture and its integration with climatic and topographic potential.