

Možnosti uplatnenia fyzickogeografických prístupov ako príspevku ku kvalitatívne orientovanej vinohradníckej produkcii

Marek SÚLOVSKÝ, Dávid HRINÍK

Abstract: *The objective of the paper is to review the state of physical geographical research related to the viticulture, specifically this with findings that have potential to contribute to the improvement of quality-oriented viticultural production. As an introduction we briefly mentioned the state of viticulture in Slovakia and discussed the ecological demands of *Vitis vinifera* L. as a cultivated species because they are the base for the identification of overall viticultural potential. The main areas of interest between physical geography and viticulture are (i) the research of site conditions of vineyards, (ii) precision viticulture, (iii) terroir and its identification, and (iv) soil erosion as a specific threat to viticultural production. Although a concept of geography of wine is elaborated in science literature, in Slovakia the main goal of viticultural producers (and opportunity for science community) should be gradual implementation of precision viticulture, i.e. adapting the production units to the delimitation of natural terroir units on the basis of site conditions research with regard to the threat of soil erosion.*

Keywords: *viticulture, site conditions, terroir, viticultural potential, soil erosion*

Úvod

Vinič (*Vitis vinifera* L., čeľaď *Vitaceae*) je jednodomá svetlomilná a teplomilná drevitá liana rastúca prirodzene v lesoch a lesostepiach severného mierneho pásma. V súčasnosti je v rámci rodu *Vitis* opísaných cirka 15 000 kultivarov odvodených najmä z hospodársky najvýznamnejšieho druhu *Vitis vinifera*, subsp. *sativa* (Jackson 2008). Problematikou odrôd viniča sa detailne zaoberá ampelografia (gr. *ampelos* – vinič, *grafein* – písať), odbor botaniky venujúci sa identifikácii a klasifikácii kultivarov viniča a opisu ich pestovateľských nárokov. Prehľad o stave ampelografie na Slovensku poskytuje Pospíšilová et al. (2005). Ampelografiu dopĺňa uvológia (gr. *uva* – hrozno, *logos* – náuka) skúmajúca mechanické (hmotnosť strapca a bobule, podiel dužiny a pod.), agrofyzikálne (napr. pevnosť bobule, pútacia sila k stopke) a chemické vlastnosti hrozna (obsah vody, cukrov, kyselín, trieslovín a pod.). S vinohradníckou a vinárskou praxou sú najviac prepojené enológia a vlastné vinohradníctvo. Enológia (gr. *oinos* – víno, *logos* – náuka) sa zaoberá mikrobiologickými a chemickými vlastnosťami vína a technológiou jeho výroby, naproti tomu vinohradníctvo, ako odvetvie rastlinnej výroby, pestovaním viniča na produkciu hrozna. Praktickému vinohradníctvu sa venuje niekoľko publikácií rôzneho zamerania (Záruba et al. 1985, Pavloušek 2011, Kraus 2012).

Vinohradníctvo nie je nemenným systémom – v uplynulých 150 rokoch prešlo mnohými zmenami v súvislosti s rozvojom vedy a techniky a globalizáciou (rozšírenie do nových regiónov a trhov, zavlečenie invázných škodcov do Európy v 19. stor.). Ekonomické dopady týchto zmien viedli na Slovensku k úpadku tradičného rodinného remeselného vinohradníctva. Prispel k tomu i rozpad feudálneho systému a zameranie na krátkodobý zisk. Tzv. konvenčné vinohradníctvo vyvrcholilo po roku 1948 zavádzaním mechanizácie, chemizácie a socialistických veľkoprodukčných manažmentových plánov, čo deformovalo vývoj vinohradníctva a došlo k narušeniu ekologickej rovnováhy vo vinohradoch (Vanek 2010). Na druhej strane vinohradníctvo (v prostredí štátom umelo uzatvoreného a dotovaného trhu)

dosiahlo svoj novodobý plošný i ekonomický vrchol (Spišiak a Valúšková 2002). Po roku 1989, v súvislosti so spoločenskými zmenami, výrazne klesla výmera rodiacich vinohradov, pričom pokles pokračuje aj v posledných rokoch (tab. 1).

Nelichotivý stav vinohradníckej krajiny po desaťročiach konvenčného hospodárenia sa snaží zlepšiť prístup ekologického vinohradníctva (angl. *organic viticulture*), ktorého cieľom je produkcia kvalitného hrozna a vína bez použitia umelých hnojív a syntetických chemikálií (White 2009) a teda obnovenie ekologickej rovnováhy vo vinohrade (Vanek 2010). Kombinuje prístup tradičného vinohradníctva predindustriálnej doby s najnovšími vedeckými poznatkami (Dougherty et al. 2012). Špecifickým prípadom je biodynamické vinohradníctvo, ktoré realizuje agrotechnické práce v súlade s lunárnym kalendárom (White 2009) a uplatňuje poznatky o alelopatii (Vanek 2010). Na Slovensku sa rozloha ekologických vinohradov zvyšuje len veľmi málo (tab. 1), no v Českej republike a Rakúsku tvorí nezanedbateľný podiel z celoštátnej rozlohy vinohradov (Svobodová et al. 2014). Kompromisnou alternatívou k ekologickému vinohradníctvu je integrovaná produkcia hrozna a vína, ktorej zásady sú menej striktné pri používaní hnojív a ochranných postrekov.

Tab. 1. Ekologická a integrovaná produkcia hrozna na Slovensku v rokoch 2011 a 2015

rok	2011		2015	
ukazovateľ	rozloha (ha)	rozloha k poľnohospodárskej pôde v SR (%)	rozloha (ha)	rozloha k poľnohospodárskej pôde v SR (%)
vinohrady celkovo	13 954	0,72	11 109	0,58
rodiace vinohrady	10 226	0,53	8 652	0,45
vinohrady v integrovanej produkcii	6686	0,35	4 784	0,25
vinohrady v ekologickom vinohradníctve	69	0,00	684	0,04

Zdroj: Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR (2015), Svobodová et al. (2014) a Štatistický úrad SR (2011, 2015)

Cieľom článku je zhrnúť najdôležitejšie fyzickogeografické (priestorové a systematické) prístupy k štúdiu prírodnej zložky krajiny, ktoré môžu prispieť ku kvalitatívnemu zlepšeniu vinohradníckej produkcie. Agronóm môže dosiahnuť lepšiu produkciu znalosťou prírodného prostredia a práve tu má fyzická geografia príležitosť pri priestorovej syntéze informácií špeciálnych disciplín.

Ekologické nároky viniča

Klimatické nároky

Základným predpokladom úspešného pestovania viniča sú vhodné makro- a mezoklimatické podmienky, najmä teplota vzduchu, slnečné žiarenie a prísun zrážok (tab. 2). Teplota vzduchu zásadne ovplyvňuje rast a vývoj viniča – dôležitá najmä počas kvitnutia, keď sa rozhoduje o budúcej úrode. Nízke teploty v zimnom období (pod -20 °C) spôsobujú poškodenie púčikov a jednoročného dreva, veľmi nízke teploty (pod -25 °C) i viacročného dreva (Záruba et al. 1985). Dostatok slnečného žiarenia je dôležitý pri fotosyntéze a dozrievaní hrozna. Voda je významná pri transporte látok a ako základ všetkých fyziologických procesov, jej nadbytok spôsobuje nadmerný rast letorastov a náchylnosť na hubové ochorenia, nedostatok oslabenie rastu, odumieranie listov a malý rozvoj hrozna. Silný vietor môže spôsobiť mechanické poškodenie viniča a veterné polohy majú špecifickú mikroklimu chladnejšiu od okolia (Pavloušek 2011).

Tab. 2. 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
suma efektívnych teplôt	min. 1200	°C

Zdroj: Pavloušek (2011) a Záruba et. al. (1985); Vysvetlivky: min. – minimum, opt. – optimum, max. – maximum.

Územie Slovenska leží vzhľadom na klimatické danosti na okraji makroregiónu pestovania viniča, preto má charakter vinohradníctva chladného podnebia (angl. *cool climate viticulture*), ktoré sa vyznačuje striedaním teplých dní a chladných nocí počas dozrievania. Jednotlivé ročníky vín sú preto značne kvalitatívne diferencované, v priaznivých rokoch však je možné produkovať špeciálne vína ako je napr. ľadové víno (Pavloušek 2011).

Pôdno-substrátové nároky

Nároky na pôdu sú oproti iným poľnohospodárskym plodinám nízke, vinič často rastie na stanovištiach, ktorých pôdne podmienky neumožňujú inú rentabilnú formu intenzívneho poľnohospodárstva – typické sú exponované svahy s plytkou a skeletnatou a piesčitou pôdou, kde vzrastá význam vlastností materskej horniny. Hlavné korene viniča tu môžu v ceste za zdrojom vody dorásť až do hĺbky niekoľkých metrov (Záruba et al. 1985). Inde má materská hornina pôdy len sprostredkovaný vplyv na kvalitu hrozna a vína, často je takmer úplne prekrytý dominanciou pôdnych, topografických a klimatických charakteristík, pretože väčšinu živín vinič získava z hĺbky do 0,6 m a vody do 2 m (Huggett 2005). Od materskej horniny je čiastočne zdedený obsah živín v pôde, no pôdotvornými procesmi a najmä agrotechnickými zásahmi je výrazne modifikovaný. Ich nedostatok či nadbytok spôsobuje fyziologické choroby viniča ako sú nekróza orgánov (najčastejšie listov alebo strapiny), opŕchanie kvetov alebo chloróza. Zvýšený obsah horčíka vyvoláva fyziologický nedostatok draslíka (Pavloušek 2011). Podrobne sa tejto téme venujú Jackson (2008), White (2009) a Pavloušek (2011).

V súvislosti s obsahom makro- a mikroprvkov je dôležitý podiel ílu v pôde (častice do 0,002 mm), pretože ílové minerály majú veľký špecifický povrch a súčasne záporný náboj, na ktorý sa tak viažu živiny vo forme kationov (napr. NH_4^+ , Ca_2^+ , Mg_2^+ , K^+). Odber živín rastlinou z pôdy tak nastáva kationovou výmenou medzi pôdnym roztokom a povrchom ílových minerálov, pričom určujúcim faktorom prístupnosti niektorých živín je pH pôdy. Ideálne pH pôdy pre vinič Záruba et al. (1985) stanovili na 6,5 až 7,2, White (2009) na 5,5 až 7,5 a Pavloušek (2011) podľa pôdnych druhov na 6,0 – 6,5 pre piesčité, 6,5 – 7,0 pre hlinité a 6,8 – 7,2 pre ílovité pôdy. Dôležité tak je komplexné posudzovanie chemických i fyzikálnych vlastností pôdy vo vzťahu k vinohradníckej produkcii (tab. 3).

Tab. 3. Porovnanie pôdno-substrátových vlastností stanovišť s nízkym a vysokým potenciálom pre pestovanie *Vitis vinifera subsp. sativa*.

stanovište s nízkym potenciálom	stanovište s vysokým potenciálom
materská hornina: zlepenca, pieskovec alebo silne zvetrané bridlice a ich metamorfity	materská hornina: magmatické horniny (bazalty, diabázy a dolerít), slabo zvetrané bridlice a ich metamorfity alebo alúvia z týchto hornín
pôdotvorný substrát: pevná nerigolovateľná hornina	pôdotvorný substrát: jemný rigolovateľný saprolit bez bariéry pre rast koreňovej sústavy
plytká pôda (menej ako 0,5 m)	hlboká pôda (viac ako 1,0 m)
piesčitá až piesočnatohlinitá pôda alebo silnoskeltnatá pôda, nízka využitelná vodná kapacita	ilovitohlinitá pôda s nízkym obsahom skeletu (do 5 %), veľká využitelná vodná kapacita
nízke pH a uvoľňovanie výmenného Al alebo vysoké pH a zasolenie	slabo kyslá až neutrálna pôda (pH 5,5 – 7,5) a žiaden výmenný Al a bez znakov zasolenia
málo organickej hmoty, plytký a ochrický A horizont a nízky obsah minerálneho i organického N	dostatok organických látok, tmavý a hrubý A horizont (viac ako 20 cm), potenciálne vysoký obsah mineralizovateľného organického N
slabá pôdna štruktúra, najmä v podpovrchových horizontoch, pôdne agregáty nestabilné vo vode	dobre agregovaná pôda, agregáty sú vo vode stále
slabo odvodnený podpovrchový horizont (prítomnosť oxidačno-redukčných znakov)	dobře drénovaný pôdny profil (bez oxidačno-redukčných znakov)

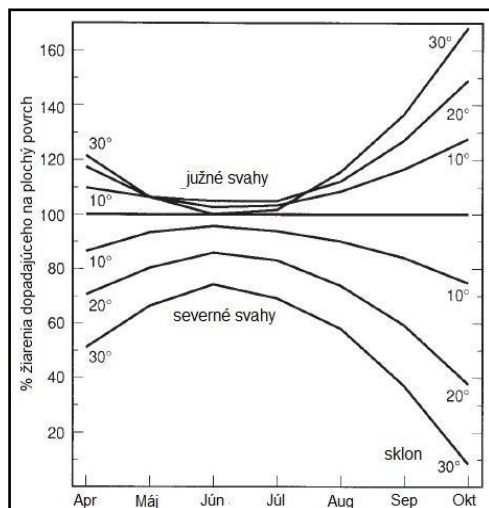
Zdroj: White (2009)

Topografické nároky

Topografické charakteristiky majú na vinič nepriamy vplyv prostredníctvom modifikácie mezo- a mikroklimy vinohradu a niektorých pôdnych vlastností (drénovanie a erózie pôdy). Vplyv na klímu je tak významný, že si zasluhuje samostatnú pozornosť, najmä v územiach vo vyšších zemepisných šírkach a nadmorských výškach. Mezklimu najviac ovplyvňuje okrem nadmorskej výšky aj relatívna výška nad lokálnou eróznou bázou, sklon a orientácia svahu voči svetovým stranám a prítomnosť a vzdialenosť vodných plôch (Jones a Hellman 2003). Vinohrady s najlepšimi podmienkami sú (Gladstones 1992 in Jones a Hellman 2003):

- v polohách s dobrou cirkuláciou vzduchu v teplej svahovej zóne nad úrovňou výskytu lokálnych hmiel, najčastejšie na výrazne vystupujúcich alebo izolovaných vrchoch s výskytom termických veterných pochodov v podobe dolinového a horského vánku
- na svahoch priamo orientovaných voči slnku po väčšiu časť dňa, najlepšia je južná orientácia, príp. juhozápadná alebo juhovýchodná, rozdielny sklon sa významne prejavuje najmä skoro na jar a následne v období dozrievania (obr. 1)
- pri vnútrozemskej polohe sa nachádzajú v blízkosti významnejších riek alebo vodných plôch, ktoré zmierňujú klímu vznikom konvekčných buniek cirkulujúceho vzduchu či dokonca odrazom z hladiny zvyšujú prísun slnečného žiarenia (Jackson 2008).

Pôdy na svahoch sú v závislosti na ich sklone náchylné na zvýšenú vodnú eróziu, ktorej dôsledkom sú plytké pôdy v hornej časti svahov a hlboké v dolnej časti svahov. Oba tieto extrémne prípady sú pre produkciu kvalitného hrozna nevhodné (zlé zakorenenie/nadmerný rast), preto najvhodnejšie pôdy v strednej časti svahov (Pavloušek 2011). Pôdy na svahoch majú lepšie drenážne podmienky vďaka laterálnemu odtoku i pre eróziu, ktorá spôsobuje odnosom jemnejšieho materiálu hrubozrnnejšiu textúru (Jackson 2008). Na druhej strane sú preto minerálne chudobnejšie a vyžadujú zvýšenú starostlivosť pri hnojení. Nižší obsah vody spôsobuje tiež rýchlejší ohrev pôdy počas dňa.



Obr. 1. Prijem priameho slnečného žiarenia podľa orientácie a sklonu svahu pre 48,25° s. š.
Zdroj: Becker (1985 in Jackson 2008).

Možnosti uplatnenia geografie

Vinohradnícka činnosť prebieha v krajine, ktorá je objektom výskumu geografie – už tu implicitne vyjadrená súvislosť týchto odborov ľudských činností. Niektoré z praktických možností uplatnenia fyzickej geografie boli naznačené vyššie. Hlavnými problémovými oblasťami, v ktorých výsledky fyzickogeografickej práce môžu viesť ku skvalitneniu vinohradníckej produkcie sú: (i) výskum stanovištných podmienok vinohradov, (ii) precízne vinohradníctvo, (iii) terroir a jeho identifikácia, a (iv) erózia pôdy ako špecifická hrozba vinohradníckej produkcie. Fyzická geografia môže nájsť uplatnenie aj pri súvisiacich témach, ktorých poznanie neovplyvňuje kvalitu produkcie, ale sa jej bytostne dotýka, napr. sledovanie zmien krajinného rázu vinohradníckych regiónov (Lieskovský et al. 2013). V súčasnosti s rastúcou popularitou vína ako produktu, rastie aj záujem geografickej obce o problematiku vinohradníctva a vinárstva, preto bola koncipovaná „geografiou vína“ ako problémová orientácia geografického výskumu (Dougherty et al. 2012), ktorá stojí na prieniku záujmu nielen fyzickej geografie.

Výskum stanovištných podmienok vinohradov

Výskumy vplyvu rôznych stanovištných a ekologických faktorov na kvalitu hrozna (napr. na cukornatosť muštu, obsah kyselín a pod.) možno klasifikovať na základe použitých faktorov na štúdie:

- 1) eliminujúce vplyv kultivarov, t. j. skúmajúce odozvu kultivarov na rôzne prírodné podmienky (Zsófi et al. 2011)
- 2) eliminujúce vplyv prostredia, t. j. skúmajúce odozvu rôznych kultivarov na rovnaké alebo približne rovnaké prírodné podmienky (Parker et al. 2013)
- 3) neeliminujúce žiadnu z týchto skupín faktorov, t. j. skúmajúce odozvu rôznych kultivarov na rôzne prírodné podmienky (van Leeuwen et al. 2004).

Výskumy stanovištných podmienok nie sú vo svojom jadre geografické, pracujú síce s priestorovými informáciami, no využívajú predovšetkým metódy špecializovaných disciplín ako napr. meteorológia a klimatológia či pedológia. Detailné poznanie prírodných podmienok je dôležité už pred výsadbou, pretože umožňuje znížiť náklady na obhospodarovanie vinohradov v budúcnosti (Taylor 2004).

Na určenie potenciálnych stanovišť, klasifikáciu existujúcich a optimalizovanie ich odrodovej skladby sa používajú bioklimatické indexy. Základným indexom je priemerná teplota vzduchu počas vegetačného obdobia (1. 4. až 31. 10.). Sofistikovanejší index, sumu efektívnych teplôt (*GDD*, z angl. *growing degree day*), definoval Winkler v roku 1974 ako sumu priemerných denných teplôt vzduchu nad vegetačnou nulou (10 °C). Pre stanovište sa počíta pre štandardné vegetačné obdobie a pre kultivary viniča od začiatku fenofázy pučania po dosiahnutie fyziologickej zrelosti hrozna (Pavloušek 2011). Heliotermický index (*HI*), ktorý navrhol Huglin v roku 1978, vznikol upravením Winklerovho indexu:

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

kde T je priemerná denná teplota vzduchu (°C), T_x maximálna denná teplota vzduchu (°C) a d koeficient dĺžky svetlej časti dňa, ktorý pre vinohradnícke oblasti SR nadobúda hodnoty 1,05 do 48° s. š. a 1,06 nad 48° s. š. (Tonietto, Carbonneau 2004).

Tonietto a Carbonneau (2004) navrhli index chladnej noci (*CI*, z angl. *cool night index*) a index suchosti (*DI*, z angl. *dryness index*), ktoré spolu s heliotermickým indexom využili ako kritériá pri koncipovaní komplexnej klimatickej klasifikácie vinohradníckych regiónov. Index chladnej noci je vyjadrený priemernou dennou minimálnou teplotou vzduchu v mesiaci september. Index suchosti je model vodnej bilancie pôdy špecifikovaný pre vinohrad:

$$DI = W_0 + P - T_v - E_s$$

kde W_0 sú odhadované zásoby vody na začiatku vegetačného obdobia (mm), P zrážky počas vegetačného obdobia (mm), T_v potenciálna evapotranspirácia vo vinohrade počas vegetačného obdobia (mm) a E_s priamy výpar z pôdy (mm). Vegetačné obdobie podobne ako pri heliotermickom indexe je reprezentované obdobím od začiatku apríla do konca septembra. Na koľko klasifikácia Tonietta a Carbonneaua (2004) postavená na týchto indexoch bola uskutocnená len na údajoch vybraných klimatických staníc reprezentujúcich jednotlivé vinohradnícke regióny sveta, testovali následne Blanco-Ward et al. (2007) výber indexov i uplatnenie metódy pri vnútornej diferenciacii klimatických pomerov územia jedného vinohradníckeho regiónu (údolie rieky Miño v Španielsku).

Na určenie klimatických charakteristík sú potrebné dlhodobé (30-ročné) teplotné a zrážkové priemery zo siete meteorologických a klimatických staníc. Pre spresnenie makro- a mezoklimatických ukazovateľov národnej pozorovacej siete a určenie mikroklimy zápoja vo vinohrade sa využívajú vhodne umiestnené automatické meteorologické stanice, najmä pri budovaní systému precízneho vinohradníctva (Matese et al. 2009). Téma klimatických podmienok je vo vinohradníctve mimoriadne aktuálna aj v súvislosti s prebiehajúcou klimatickou zmenou (Fraga et al. 2013).

Charakteristiky pôdno-substrátového komplexu sa tradične vyhodnocujú formou terénneho výskumu pôd (Čurlík a Šurina 1998). Pôdne charakteristiky, ktoré je potrebné sledovať pri výbere stanovišťa pre nový vinohrad, uvádza White (2009) nasledovne (spolu s metódami merania): hĺbka, farba, pH, textúra, štruktúra, prítomnosť CaCO_3 a pevnosť a mieru zvetrania podložnej horniny. Terénne geofyzikálne merania (penetrometer, georadar, neutrónová sonda a pod.) dnes umožňujú získať podrobnejší priestorový obraz o pôdach vinohradov.

V agrotechnickej praxi je mimoriadne dôležité stanovenie obsahu živín v pôdnej jemnozemi, najčastejšie K, P, Mg a Ca chemickou extrakčnou metódou Mehlich III a organický N Kjeldahlovou metódou, pričom podľa interpretačných tabuliek sa navrhnu vhodné opatrenia na zlepšenie minerálneho stavu pôdy (Pavloušek 2011). Vzorky o hmotnosti 1,0 – 1,5 kg by mali byť odoberané z dvoch hĺbok pôdneho profilu, prvá z hĺbky 0 – 30 cm, druhá

z 30 – 60 cm. Najpresnejšie informácie o aktuálnom stave výživy viniča poskytuje listová analýza, teda stanovenie koncentrácie živín v liste. Štandardne sa na tento účel uprednostňujú listové stopky pred listovými čepeľami, pretože majú kratšiu odozvu na fyziologické pochody rastliny (White 2009). Odber vzoriek je najlepšie realizovať v priebehu kvitnutia, keď je možné reagovať na zistený neuspokojivý stav aplikovaním mimokoreňovej výživy (Pavloušek 2011). Výskumom vzťahu medzi obsahom chemických prvkov v pôde a cukornatosťou a obsahom kyselín v mušte sa zaoberali napr. Mackenzie a Christy (2005).

Topografické charakteristiky (nadmorská výška, sklon, orientácia georeliéfu, vzdialenosť k vodnej ploche) sa určujú z digitálneho modelu reliéfu (DEM), ktorý v závislosti na mierke výskumu môže byť odvodený z existujúcich vrstevnicových máp, pozemnými geodetickými meraniami alebo metódami diaľkového prieskumu Zeme ako sú radarové a lidarové mapovania či optická stereoskopia využitím satelitných a leteckých zariadení. Čoraz viac sú v geografických výskumoch využívané pre rastúcu dostupnosť i malé nepilotované lietajúce stroje (UAV), tzv. drony (Sládek a Rusnák 2013).

Precízne vinohradníctvo

Pokračujúci vedecko-technický rozvoj viedol k inovovaniu konvenčného vinohradníctva do podoby precízneho vinohradníctva. Cieľom je racionalizácia agrotechnických zásahov vo vinohrade na základe detailnej znalosti prírodného prostredia, teda ekonomické a priestorovo cielené využívanie prírodných i ľudských zdrojov za účelom efektívnejšej produkcie. Koncept precízneho poľnohospodárstva vznikol pri pestovaní poľných plodín (kukurica, pšenica, sója), no rozšíril sa do ďalších odvetví, vrátane vinohradníctva (Tomasi et al. 2013).

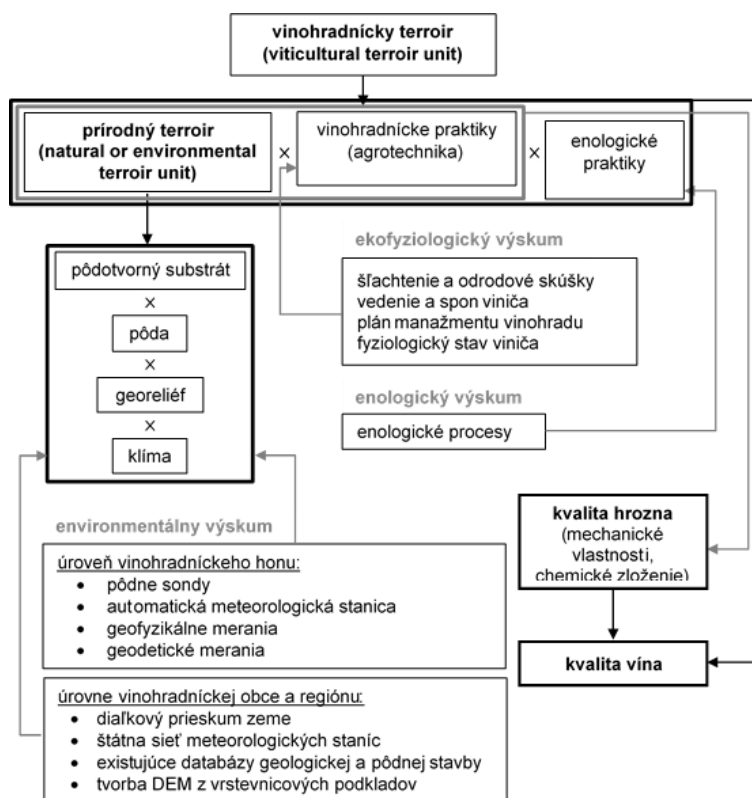
Jadro konceptu tvorí využitie geografických informačných systémov (GIS) pri archivovaní (geodatabáza) a vyhodnocovaní (geopriestorové nástroje) informácií o vinohrade (Dougherty et al. 2012). Pri zbere údajov o prírodných podmienkach, viniči a parametroch úrody sa využíva GPS a DPZ, napr. pri odvodení *NDVI* (angl. *normalized difference vegetation index*), ktorý sprostredkované charakterizuje fyziologický stav viniča z multispektrálnych snímok (Hall 2003, Acevedo-Opazo et al. 2008). Väčšina meraní je cyklickej povahy s dôrazom na automatizáciu (napr. informácie o počasí automatickou meteorologickou stanicou, o úrode snímačmi na mechanických zberačoch). Okrem týchto informácií je základom databázy vinohradníckeho podniku mapa vinohradníckych honov podľa odrôd (príp. radov) s počtom koreňov (ako základnej jednotky ekonomiky tohto typu podniku) a informáciami o pôdnej variabilite. Klasické pôdne vzorkovanie a následná laboratórna analýza je pri veľkom počte bodov pre väčšinu producentov neekonomická z finančného ale i časového hľadiska. Používajú sa preto náhradné metódy ako meranie elektromagnetickej vodivosti pôd, ktorého výsledky je možné využitím základnej siete pôdnych sond korelovať s textúrou a vlhkosťou pôdy či s obsahom solí v pôde (White 2009).

Všetky priestorové informácie sú spracované a vyhodnotené v GIS, výstupom je odporúčanie priestorovo a energeticky cieleného agrotechnického zásahu. Precízne vinohradníctvo je teda charakteristické využívaním najmodernejších agronomických i geopriestorových technológií a potrebou ich expertíznej znalosti, preto je investične náročné. S neustálym technologickým rozvojom postupne klesá kapitálová cena technológie precízneho vinohradníctva a znižuje sa rozloha samostatných manažmentových zón v rámci podniku i minimálna magnitúda variability prostredia nutná k jeho efektívnemu zavedeniu (Taylor 2004).

Na Slovensku sa problematikou precízneho vinohradníctva zaoberal Matečný (2004, 2014), predovšetkým otázkou vybudovania vinohradníckeho registra, databázy, v ktorej sú vedené všetky plochy vinohradov. Tento register, spolu s využitím údajov DEM, jeho odvodenín a BPEJ, má potenciál byť základom budovania precízneho vinohradníctva u nás. Problémom je však potreba neustálej aktualizácie tohto registru, ktorú Ústredný kontrolný a skúšobný ústav poľnohospodársky v Bratislave ako jeho správca zanedbáva.

Terroir a jeho identifikácia

Terroir (franc. pôda, región) označuje v kontexte vinohradníctva komplexnú interakciu medzi biofyzikálnymi faktormi (geologická stavba, topografia, pôda, klíma a vegetácia) vytvárajúcimi konkrétne miesto pestovania viniča (Dougherty 2012). Zdôrazňuje sa najmä vplyv pôdných a klimatických faktorov, ostatné sú často bagatelizované. Seguin (1986 in van Leeuwen a Seguin 2006) hovorí o interaktívnom ekosystéme určitého miesta, ktorý zahŕňa klímu, pôdu a vinič, Vaudour (2003 in Vaudour a Shaw 2005) o priestorovej a časovej entite produkujúcej hrozno a vinič charakterizovanej interakciou medzi pôdami, klímou a topografiou ako aj biologickými a humánnymi faktormi a White (2009) o komplexnej interakcii pôdy, klímy, odrody viniča a vinárových zručností pri vytváraní charakteru vína. Faktory formujúce a ovplyvňujúce *terroir* tak môžeme rozdeliť do dvoch základných množín na biofyzikálne a humánne – Deloire et al. (2005) preto špecifikujú (obr. 2) prírodné (environmentálne) jednotky *terroiru* (angl. *natural terroir units, environmental terroir units*) a vinohradnícke jednotky *terroiru* (angl. *viticultural terroir units*). Z dôvodu nejednoznačnosti, čo *terroir* presne je, sú pri výskumoch prírodných podmienok vinohradníctva často používané aj termíny „vinohradnícky potenciál“ a „zonalizácia vinohradníctva“ (Vaudour a Shaw 2005).



Obr. 2. Komplexnosť problematiky vinohradníckeho terroiru: jeho zložky, vzťahy a prístupy k vyhodnoteniu (Zdroj: Deloire et al. 2005 – upravené).

Terroir sa už dnes netýka len vinohradníctva a vinárstva, ale rozširuje sa čoraz viac na poľnohospodársku produkciu ako takú. Prejavom *terroiru* sa stáva akýkoľvek výrobok s chráneným označením pôvodu. Kvalita alebo vlastnosti takýchto produktov „v podstatnej miere alebo výlučne závisia od osobitného zemepisného prostredia s jemu vlastnými prírod-

nými a ľudskými faktormi a ktorého všetky etapy výroby sa uskutočňujú vo vymedzenej zemepisnej oblasti“ (Nariadenie EP a Rady EÚ č. 1151/2012 čl. 5 ods. 1). Ochrana miestnych a regionálnych poľnohospodárskych výrobkov nie je ničím novým. Už od počiatku novoveku feudálni panovníci udeľovali vinohradníkom vybraných zavedených či obľúbených oblastí výsady pri obchodovaní s vínom a súčasne prijímali i rôzne reštrikcie v pestovateľskom a výrobnom procese pre ostatných. Podobné výnosy vyžadovali istú úroveň regionalizácie vinohradníckej pôdy na základe jej bonity. Moderný systém legislatívneho vymedzenia vinohradníckych oblastí (apelácií) vznikol vo Francúzsku v roku 1905 (Sotés 2010). Dnes majú podobné systémy aj ďalšie členské krajiny OIV (*L'Organisation Internationale de la Vigne et du Vin*), ktorá vznikla a sídli v Paríži od roku 1924 a v súčasnosti má 46 členov. Slovensko ako člen EÚ i OIV malo povinnosť implementovať do legislatívy označenie pôvodu i zemepisné označenie výrobku. Pôvod nášho vína je tak charakterizovaný hierarchicky stanovenými regiónmi – na najvyššej úrovni sú vinohradnícke oblasti (§8 zákona č. 313/2009), ktoré sa členia na vinohradnícke rajóny a vinohradnícke obce (príloha č. 2 k vyhláske č. 350/2009). Na Slovensku je vyčlenených šesť vinohradníckych oblastí (Malokarpatská, Južnoslovenská, Nitrianska, Stredoslovenská, Východoslovenská a Tokaj), 40 vinohradníckych rajónov (Tokaj sa na rajóny nečlení) a 509 vinohradníckych obcí. S výnimkou Tokaja vyčlenenie týchto oblastí neprináša reštrikcie nad rámec zákona pri výbere kultivarov, kontrole úrody a výroby.

Vo vinohradníctve a vinárstve možno *terroir* stotožniť s produkčným regiónom. Delimitácia produkčných regiónov je úloha, ktorá, vzhľadom na využitie regionalizačných metód, spadá do kompetencií geografie. Výskum *terroiru* možno rozdeliť do niekoľkých kategórií na základe rôznych kritérií – z nich azda najdôležitejším je mierka, s ktorou veľmi úzko súvisí veľkosť skúmaného územia. Môžeme tak rozlíšiť výskumy:

- v malých mierkach (na úrovni vinohradníckeho regiónu či nadregionálnych jednotiek s plošným rozsahom tisícok km²),
- v stredných mierkach (úroveň vinohradníckeho rajónu s rozsahom max. stovák km²),
- vo veľkých mierkach (úroveň vinohradníckej obce s rozsahom max. desiatok km²) a
- vo veľmi veľkých mierkach (úroveň vinohradníckeho honu s rozsahom max. desiatok ha).

S mierkou úzko súvisí typ výstupu – pri malých až stredných mierkach sú to často zóny so všeobecnými odporúčaniami ako je voľba odrôd (napr. Jones et al. 2004), pri veľkých mierkach sú odporúčania konkrétnejšie, vedú k tvorbe manažmentového plánu a sú podkladom pri zavádzaní agrotechniky precízneho vinohradníctva (napr. Acevedo-Opazo et al. 2008).

Geografický prístup je neoddeliteľnou súčasťou identifikácie prírodného *terroiru* a následne i vinohradníckeho *terroiru* ako takého (obr. 2). Vaudour a Shaw (2005) rozlišujú dva základné geografické prístupy k diferenciacii vinohradníckych zón, prvý prístup zdôrazňuje diferenciaciu charakteristík viniča, hrozna či vína a má zväčša len lokálny rozmer (Bramley et al. 2011), naproti tomu druhý zdôrazňuje charakteristiky prírodného prostredia z hľadiska jeho vhodnosti k pestovaniu viniča, pričom mapuje regióny rôznych hierarchických úrovní (Irimia et al. 2013, Jones et al. 2004).

V svetovej literatúre sú v popredí najmä výskumy z krajín ako Juhoafrická republika, USA a Austrália, teda z krajín vinohradníckeho „nového“ sveta, kde mnohé vinohradnícke oblasti ešte len vznikajú a teda nemajú ustálený sortiment pestovaných odrôd. Z mnohých možno uviesť Carey et al. (2008a), ktorí určili jednotky prírodného *terroiru* v oblasti Stellenbosch (JAR) syntézou máp nadmorskej výšky, sklonu a orientácie georeliéfu, pôdnych a geologických jednotiek a dosahu vplyvu brízy. V regióne s rozlohou 845 km² identifikovali cca 1400 rôznych typov jednotiek, z ktorých len tretina mala rozlohu väčšiu ako 25 ha. Preto neskôr na základe 7-ročného výskumu odozvy odrôd Cabernet Sauvignon a Sauvignon blanc na environmentálne podmienky (Carey et al. 2008b) tieto jednotky grupovali do väčších celkov, jednotiek vinohradníckeho *terroiru* (Carey et al. 2009). Regiónu Stellenbosch sa

venovali aj Vaudour et al. (2010), ktorí pomocou regresnej analýzy satelitných snímok, DEM a údajov z 55 referenčných plôch určili osem tried *terroiru*. Na základe rozhodovacích stromov do týchto tried klasifikovali vinohrady študovaného územia (57,1 km²).

Jones et al. (2004) určili vinohradnícky potenciál vo vinohradníckej oblasti Umpqua Valley (cca 2800 km², Oregon, USA) na základe vertikálnej integrácie informácií o čiastkových potenciáloch – topografickom, pôdnom, klimatickom a potenciáli z hľadiska využitia krajiny. Každý z týchto potenciálov bol konštruovaný na základe prvoúrovňovej integrácie niekoľkých ukazovateľov (napr. pôdny potenciál na základe priepustnosti, hĺbky, vodnej kapacity a pH pôdy) klasifikovaných vo vzťahu k vhodnosti vinohradníckej produkcie. Pre každú tried komplexného potenciálu bol následne vypracovaný sortiment odporúčaných odrôd viniča.

Výskumu vinohradníckeho potenciálu sa venujú i v geograficky bližšom Rumunsku, kde Irimia et al. (2013) skúmali vhodnosť vinohradu Delalul Mare (obec Urlați, kraj Prahova) na výrobu rôznych typov vín (biele/červené akostné/stolové/šumivé a pod.) vo veľkej mierke. Vychádzali, analogicky ako Jones et al. (2004), z bonitácie jednotlivých ukazovateľov, ktoré integrovali najskôr do čiastkových potenciálov (topografický, pôdny a klimatický) a následne do komplexného potenciálu priemerovaním získaného bodového skóre.

Bonfante et al. (2011) klasifikovali *terroir* v regióne Valle Telesina (cca 200 km², Taliansko) na základe vhodnosti na kvalitatívnej produkcii vín do štyroch tried (vhodná, vhodná s obmedzeniami, málo vhodná, nevhodná). Vychádzajúc z dostupných pôdných charakteristík (pôdotvorný substrát, hĺbka pôdy, obsah karbonátov, vodná kapacita, priepustnosť, úrodnosť) vytvorili predbežné jednotky *terroiru*. Následne integráciou ďalších priestorových údajov o pôde, oslnení, sume aktívnych teplôt počas vegetačného obdobia a *CWSI* (angl. *crop water stress index*) ich spresnili do finálnej klasifikácie.

Významnosť vplyvu abiotického komplexu na vinohradnícku produkciu podčiarkli Carré a McBratney (2005) koncipovaním *terronu*, entity integrujúcej pôdne charakteristiky (pedon) so substrátovými a topografickými charakteristikami. *Terron* by mal byť akýmsi medzistupňom medzi pedonom a *terroiom*. Model a metodiku identifikácie *terronu* validovali na príklade francúzskeho regiónu La Rochelle (1054 km²) využitím národnej pôdnej databázy a DEM – výsledkom je vlastne spresnenie pôdnej mapy interpoláciou údajov z pôdných sond na základe korelácie pôdných vlastností s topografickým a substrátovým.

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). Neskôr sa tejto problematike venoval Valachovič (Valachovič et al. 1986, Valachovič 1996, 1998), ktorý vypracoval metodiku kategorizácie honov z hľadiska ich vhodnosti k vinohradníckej produkcii, pričom pre každú kategóriu navrhol sortiment odrôd. Spočiatku (Valachovič et al. 1986) však bola zaťažená táto metodika dobovými požiadavkami veľkovýroby. Vychádza z identifikácie topografických, klimatických a pôdných podmienok, pričom dôraz kládla na bilanciu tepelnej energie. Do legislatívy bola implementovaná vo vyhláske č. 153/1998, ktorá stanovila podmienky zaradenia vinohradníckych obcí a honov do kategórií podľa bonity (zóny B1, B2 a B3). Bernáth (2008) uvádza podrobnejšiu klasifikáciu na základe energetickej bilancie s rozdelením až do piatich tried.

V súčasnosti (príloha č. 26 k vyhláske č. 350/2009) sa využíva 100-bodový systém hodnotenia vinohradníckych honov, ktorý ich na základe celkového bodového skóre z environmentálnych faktorov (geologická stavba, obsah skeletu, pôdných druh, relatívna nadmorská výška, sklon a orientácia georeliéfu a energetickej bilancie) klasifikuje do troch kategórií (I – III, pričom kategória I sa člení na I.A a I.B). Výskumy rajonizácie pestovateľských oblastí viniča sa na Slovensku v súčasnosti zameriavajú najmä na fenologickú odozvu viniča na meniace sa klimatické podmienky, napr. Gálik (2002) a Magdová (2008). Najnovším príspevkom k regionalizácii vinohradníctva u nás je syntéza čiastkových informácií o prírodných podmienkach Modranského vinohradníckeho rajónu ballovou metódou (Karlík a Charvát 2014) a metódou naloženia máp (Karlík a Lauko 2014).

Erózia pôdy ako špecifická hrozba vinohradníckej produkcie

Problematiku erózie pôdy vo vinohradoch sme už naznačili v stati o topografických faktoroch lokalizácie vinohradníctva, je však tak závažná, že si zasluhuje samostatnú pozornosť.

Vinohradníctvo podobne ako každá iná poľnohospodárska činnosť je výrazným zásahom do funkčnosti i estetického vzhľadu krajiny. Viacerí autori (Cerdan et al. 2010, Blavet et al. 2009) sa zhodujú na tom, že vinohrady patria do skupiny s najväčšou mierou náchylnosti na eróziu pôd v Európe. V dôsledku straty organického uhlíka a ostatných živín je hlavnou príčinou zníženia pôdnej úrodnosti. Problematike erózie pôdy vinohradov sa v strednej Európe doposiaľ venuje pomerne malá časť vedeckého výskumu, väčšina dostupných poznatkov pochádza najmä z mediteránnej oblasti (Blavet et al. 2009, Gómez et al. 2011, Prosdomici et al. 2016), kde erózia ohrozuje rozsiahle územia v dôsledku súbehu klimatických a topografických faktorov i kultúrno-historického vývoja. Naproti tomu, na Slovensku v súčasných podmienkach nie sú všetky procesy erózie pôdy aktívne na tak vysokej úrovni. V kontexte zmeny klímy na našom území (pokles ročného úhrnu zrážok a nárast ich extrémnosti) je však potrebné štúdiu erózie vo vinohradoch venovať zväčšenú pozornosť. Dosiaľ sa pritom priamo erózii vo vinohradoch zaoberali len Zachar (1982) a Lieskovský a Kenderessy (2014), na úrovni celého Slovenska Šúri et al. (2002).

Z hľadiska ohrozenia pôd má rozhodujúci význam dažďová (ronová) erózia, ktorá závisí od viacerých faktorov. Podľa Wischmeiera a Smitha (1978) sú to faktor erózneho účinnosti dažďa (R), faktor erodovateľnosti pôdneho krytu (K), topografické faktory dĺžky (L) a sklonu svahu (S), faktor ochranného vplyvu vegetácie (C) a faktor účinnosti protieróznych vlastností (P). Sledovať eróziu vo vinohradoch ako komplexný proces všetkých faktorov je vedecky náročné – niektoré faktory vieme pomerne ľahko kvantifikovať (hodnoty erozivity dažďových kvapiek a morfometrické hodnoty reliéfu), naopak ďalšie (erodibilita pôdneho krytu, vplyv vegetácie a protierózne opatrenia) si vyžadujú skôr empirický prístup a merania týchto vlastností priamo v terénnych podmienkach. Koncepcia modelov USLE/RUSLE (*Revised Universal Soil Loss Equation*) umožnila topickú predikciu erózie pôdy vplyvom zrážok na stanovištiach s rôznym manažmentom (Renard et al. 2010). Z nich vychádza aj model WATEM/SEDEM (Van Oost et al. 2000), ktorý bol vyvinutý pre lepšiu priestorovú (chórickú) predpoveď pôdnej erózie. Na zistenie najvhodnejšieho spôsobu obhospodarovania vinohradu (lokality Horný Ohaj pri Vrábľoch) pri minimalizácii erózie použili model Lieskovský a Kenderessy (2014) a ukázali tak ako najlepšiu historickú techniku okopávania, no súčasne i prínos súčasného zatrávňovania medziradiok. Oba modely využili Falťan et al. (2014) pri vyhodnotení potenciálnej erózie pôdy vplyvom privalových dažďov pre oblasť Malých Karpát, kde významným krajinným prvkom sú vinohrady.

Fundamentálne postavenie v procese rozrušovania pôdneho krytu má morfológia reliéfu. Vinohradníci v snahe o čo najvýhodnejšiu polohu pre pestovanie viniča často odlesňovali a následne využívali strmé vhodne orientované svahy (Juráni et al. 2011). Práve strmé svahy sú najviac zraniteľné silnou eróziou (Casalí et al. 2009). Ak je známy vzťah medzi topografiou reliéfu a eróziou, kvantifikácia morfometrických parametrov môže byť dobrým podkladom pre stanovenie erózneho náchylnosti územia (Ilavská, Jambor 2005). Pri rovnako trvajúcim dažďom stekajúca voda so zväčšovaním sklonu a dĺžky svahu nadobúda na vyššej rýchlosti a tangenciálnom napätí, čím sa zväčšuje deštruktívny účinok na pôdny povrch (Holý, 1978).

Napriek dosiaľ nízkemu počtu prác venujúcim sa priestorovým (geografickým) aspektom erózie pôdy, existuje istá skupina prác, ktorá na túto problematiku nazerá cez fyzikálne vlastnosti pôd a skúma ich erodovateľnosť, teda náchylnosť na eróziu. Na odolnosť pôdy voči dažďovej erózii vplývajú priamo vlastnosti podporujúce súdržnosť pôdnych častíc a nepriamo infiltračné pôdne schopnosti. Pôda je tým odolnejšia, čím lepšie má vyvinutú štruktúru a čím sú štruktúrne agregáty vodostálejšie (Fulajtár, 2006). Erodovateľnosť pôdy je ovplyvnená pôdnymi parametrami ako sú zrnitosť, štruktúra pôdy, stabilita pôdnych agregá-

tov, obsah organickej hmoty, priepustnosť (permeabilita). Kvantifikácia erodovateľnosti pôdy je pomerne náročná vzhľadom na veľké množstvo vstupujúcich činiteľov. Dlapa et al. (2011) a Šimanský (2013) sa venovali v slovenských vinohradoch skúmaniu stability pôdnych agregátov, respektíve odolnosti pôdnej štruktúry voči eróznym vplyvom pri rôznych spôsoboch obrábania vinohradov. Vznik povrchového odtoku sledovaním infiltrácie a vodnej retencie v lokalitách pri Modre sledovali Šimkovic et al. (2011). Samotnú činnosť vodnej erózie vo vinohradoch násobí predovšetkým intenzívne obrábanie vinohradníckych pôd. Prvotným zásahom do funkcie pôdneho krytu je proces hĺbkovej orby vo fáze výsadby viniča nazývaný rigolácia, ktorá prispieva k vysokému obsahu frakcie piesku vo vrchnej časti pôdneho sola (Šimkovic et al. 2011). Následne nižší obsah organickej hmoty vedie k rýchlejšiemu erodovaniu frakcií ílu a prachu. Poesen et al. (1990) a Cerdà (2001) uvádzajú, že v minulosti praktizované zbieranie kameňov pre uľahčenie obrábania pôdy vo vinohradoch patrí medzi negatívne činnosti. Skelet znižuje vytváranie povrchového odtoku, vedie k ustálenejšej infiltrácii vody a na povrchu znižuje samotnú intenzitu erózie.

Často opomínanou vlastnosťou pôd pri vytváraní povrchového odtoku je vodoodpudivosť. Podľa Šimkovica a Dlapu (2008) k vzniku vodoodpudivých vlastností u pôd vedú chemické i fyzikálne procesy, avšak vlastnosti pôdy, ktoré tento fenomén priamo ovplyvňujú, sú najmä fyzikálnej povahy (infiltrácia a hydrodynamika pôd). Lichner (2004) uvádza, že medzi nepriaznivé dôsledky vodoodpudivosti patrí menšia úrodnosť a väčšia erózia pôdy – zmenšenie rýchlosti infiltrácie vody do pôdy totiž vedie k väčšiemu povrchovému odtoku. Počas privalových búrkových dažďov nasledujúcich po dlhých bezzrážkových obdobiach sa nepriaznivé dôsledky vodoodpudivosti pôdy môžu prejavovať najvýraznejšie.

Za významný faktor účinkujúci na pôdnu eróziu môžeme označiť vplyv vegetačnej pokrývky. Veľká časť rozlohy vinohradov má obnažený povrch pôdy (tzv. čierny úhor), čo vedie k zvýšenej pôdnej erodovateľnosti. Niektorí vinohradníci v boji proti degradácii pôd využívajú metódu zatrávnovaných medziriadkov. Vegetačná pokrývka priamo chráni povrch pôdy pred deštruktívnym pôsobením dažďových kvapiek a znižuje rýchlosť povrchového odtoku. Nepriamo vegetácia pôsobí na vlastnosti pôdy, zvlášť na pórovitosť a priepustnosť, spevňuje pôdu svojím koreňovým systémom a obmedzuje možnosť odnosu pôdy (Alena, 1991). Podľa Nováka (2008) trávne porasty vo vinohradoch, najmä na svahoch, plnia predovšetkým pôdochrannú, protieróznú a ekologickú funkciu.

Záver

Napriek tomu, že od udomácnenia koncepcie „geografie vína“ sme v slovenských podmienkach napriek rastúcemu významu nášho vinohradníctva zatiaľ veľmi vzdialený, pre fyzického geografa, resp. fyzickogeograficky orientovaný výskum, existuje niekoľko významných problematik na styku s vinohradníctvom. V jednotlivých statiach sme ukázali štyri základné problémové orientácie, ktoré sa navzájom prelínajú: (i) výskum stanovištných podmienok vinohradov, (ii) precízne vinohradníctvo, (iii) terroir a jeho identifikácia, a (iv) erózia pôdy ako špecifická hrozba vinohradníckej produkcie. Fyzická geografia svojím holistickým a syntetickým prístupom a moderným aparátom (GIS a DPZ) môže významne prispieť k prehĺbeniu znalostí v týchto problémových okruhoch a tým následne prispieť v aplikáčnej rovine i k skvalitneniu samotnej vinohradníckej produkcie. Práve spolupráca so samotnými producentmi je aj jednou z ciest k finančnému krytiu výskumných úloh v tejto oblasti. Akýmsi zastrešujúcim konceptom by mohlo byť precízne vinohradníctvo, ktorého integrálnou súčasťou je budovanie priestorovej databázy, ktorej základnou zložkou by popri informáciách o manažmente vinohradu (vstupoch a výstupoch) mali byť aj informácie o jeho prírodnom prostredí – pôde, substráte, topografii a klíme.

Literatúra:

- ACEVEDO-OPAZO, C., TISSEYRE, B., GUILLAUME, H., OJEDA, H. 2008: The potential of high spatial resolution information to define within-vineyard zones related to vine water status. *Precision Agriculture*, 9, 285-302.
- ALENA, F., 1991: *Protierózna ochrana na ornej pôde – metodická príručka*. Bratislava (Štátna melioračná správa).
- BERNÁTH, S. 2008: *Vinohradníctvo*. Nitra (Slovenská poľnohospodárska univerzita).
- 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.
- BLAVET, D., DE NONI, G., LE BISSONNAIS, Y., LEONARD, M., MAILLO, L., LAURENT, J. Y., ASSELINE, J., LEPRUN, J. C., ARSHAD, M. A., ROOSE, E. 2009: Effect of land use and management on the early stages of soil water erosion in French Mediterranean vineyards. *Soil and Tillage Research*, 106, 124-136.
- BONFANTE A., BASILE, A., LANGELLA, G., MANNA, P., TERRIBILE, F. 2011: A physically oriented approach to analysis and mapping of terroirs. *Geoderma*, 167-168, 103-117.
- BRAMLEY, R. G. V., OUZMAN, J., BOSS, P. K. 2011: Variation in vine vigour, grape yield and vineyard soils and topography as indicators of variation in the chemical composition of grapes, wine and wine sensory attributes. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 17, 217-229.
- CAREY, V. A., SAAYMAN, D., ARCHER, E., BARBEAU, G., WALLACE, M. 2008a: Viticultural terroirs in Stellenbosch, South Africa. I. The identification of natural terroir units. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 42, 4, 169-183.
- CAREY, V. A., ARCHER, E., BARBEAU, G., SAAYMAN, D. 2008b: Viticultural terroirs in Stellenbosch, South Africa. II. The interaction of Cabernet-Sauvignon and Sauvignon blanc with environment. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 42, 4, 185-201.
- CAREY, V. A., ARCHER, E., BARBEAU, G., SAAYMAN, D. 2009: Viticultural terroirs in Stellenbosch, South Africa. III. Spatialisation of viticultural and oenological potential for Cabernet-Sauvignon and Sauvignon blanc by means of a preliminary model. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 43, 1, 1-12.
- CARRÉ, F., MCBRATNEY, A. B. 2005: Digital terroir mapping. *Geoderma*, 128, 340-353.
- CASALÍ, J., GIMÉNEZ, R., DE SANTISTEBAN, L., ALVAREZ-MOZOS, J., MENA, J., DEL VALLE DE LERSUNDI, J. 2009. Determination of long-term erosion rates in vineyards of Navarre (Spain) using botanical benchmarks. *Catena*, 78, 12-19.
- CERDÀ, A. 2001: Effects of rock fragment cover on soil infiltration, interrill runoff and erosion. *European Journal of Soil Science*, 52, 59-68.
- CERDAN, O., GOVERS, G., LE BISSONNAIS, Y., VAN OOST, K., POESEN, J., SABY, N., GOBIN, A., VACCA, A., QUINTON, J., AUERSBLAETWALD, K., KLIK, A., KWAAD, F. J. P. M., RACLOT, D., IONITA, I., REJMAN, J., ROUSSEVA, S., MUXART, T., ROXO, M. J., DOSTAL, T. 2010: Rates and spatial variations of soil erosion in Europe: a study based on erosion plot data. *Geomorphology*, 122, 167-177.
- ČURLÍK, J., ŠURINA, B. 1998: *Príručka terénneho prieskumu a mapovania pôd*. Bratislava (Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy).
- DELOIRE, A., VAUDOUR, E., CAREY, V., BONNARDOT, V., VAN LEEUWEN, C. 2005: Grapevine responses to terroir: a global approach. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 39, 4, 149-162.

- DLAPA, P., CHRENKOVÁ, K., HRABOVSKÝ, A., MATAIX-SOLERA, J., KOLLÁR, J., ŠIMKOVIC, I., JURÁNI, B. 2011: The effect of land use on soil aggregate stability in the viticulture district of Modra (SW Slovakia). *Ekológia (Bratislava)*, 30, 397-404.
- DOUGHERTY, P. H. ed. 2012. *The Geography of Wine: Regions, Terroir and Techniques*. New York (Springer).
- FALŤAN, V., JANSKÝ, L., POLČÁK, N., HAZLINGER, M., MADAJOVÁ, M., SLÁDEK, J., BURIAN, L. 2014: *Urbanisticko-krajinárska štúdia na ochranu proti privalovým dažďom v Malokarpatskej oblasti*. Bratislava (Univerzita Komenského v Bratislave).
- 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.
- FULAJTÁR, E. 2006: Fyzikálne vlastnosti pôdy. Bratislava (Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy).
- GÁLIK, M., ŠPÁNIK, F., HRONSKÝ, Š. 2002: Energetické ukazovatele rajonizácie viniča hroznorodého na Slovensku. *XIV. Česko-slovenská bioklimatologická konferencia, Lednice na Moravě, 2. – 4. září 2002*, 110-116.
- GÓMEZ, J. A., LLEWELLYN, C., BASCH, G., SUTTON, P. B., DYSON, J. S., JONES, C. A. 2011: The effects of cover crops and conventional tillage on soil and runoff loss in vineyards and olive groves in several Mediterranean countries. *Soil Use and Management*, 27, 502-514.
- HALL, A., LOUIS, J., LAMB, D. 2003: Characterising and mapping vineyard canopy using high-spatial-resolution aerial multispectral images. *Computers & Geosciences*, 29, 813-822.
- HOLÝ, M. 1978: *Protierózna ochrana*. Praha (Státní nakladatelství technické literatury).
- HUGGETT, J. M. 2005: Geology and wine: a review. *Proceedings of the Geologists' Association*, 117, 239-247.
- ILAVSKÁ, B., JAMBOR, P. 2005: Soil erodibility in the conditions of Slovakia. *Vedecké práce VÚPOP*, 27, 35-42.
- IRIMIA, L., PATRICHE, C. V., QUENOL, H. 2013: Viticultural potential assessment and natural ter-roir units deliniation using environmental criteria specific to Romanian viticulture. Case study: Urlați wine-growing center, Dealul Mare vineyard. *Soil Forming Factors & Processes from the Temperate Zone*, 12, 34-47.
- JACKSON, R. S. 2008: *Wine Science: Principles and Applications*. Oxford (Elsevier).
- 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: Geology and wine 8. Modeling viticultural landscapes: a GIS analysis of the terroir potential in the Umpqua Valley of Oregon. *Geoscience Canada*, 31, 4, 167-178.
- JURÁNI, B., BALKOVIČ, J., DLAPA, P., ŠIMKOVIC, I. 2011: Vyhodnotenie pôdnych pomerov pre účely tvorby a vývoja environmentálnych technológií pri protipovodňovej ochrane v okolí Modry. *Phytopedon (Bratislava)*, 10, 13-24.
- KARLÍK, L., CHARVÁT, T. 2014: Fyzicko-geografická analýza Modranského vinohradníckeho rajónu s ohľadom na pestovanie viniča. *Geografická revue*, 10, 16-38.
- KARLÍK, L., LAUKO, V. 2014: Metódy identifikácie prírodných terroir jednotiek v prostredí GIS. *Geografické informácie*, 18, 103-114.

- KIŠON, A., HANÁK, R. 1962: *Rajonizácia viniča v ČSSR*. Bratislava (Slovenská akadémia vied).
- KRAUS, V. 2012: *Pěstujeme révu vinnou*. Praha (Grada Publishing).
- LIESKOVSKÝ, J., KANKA, R., BEZÁK, P., ŠTEFUNKOVÁ, D., PETROVIČ, F., DOBROVODSKÁ, M. 2013: Driving forces behind vineyard abandonment in Slovakia following the move to a market-oriented economy. *Land Use Policy*, 32, 356-365.
- LIESKOVSKÝ, J., KENDERESSY, P. 2014: Modelling the effect of vegetation cover and different tillage practices on soil erosion in vineyards: a case study in Vrábce (Slovakia) using WATEM/SEDEM. *Land Degradation & Development*, 25, 288-296.
- LICHNER, L. 2004: Vodoodpudivosť pôdy. Časť 2: Hydrologické a pedologické dôsledky vo vodoodpudivosti pôdy. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 52, 52-60.
- MACKENZIE, D. E., CHRISTY, A. G. 2005: The role of soil chemistry in wine grape quality and sustainable soil management in vineyards. *Water Science and Technology*, 51, 27-37.
- MAGDOVÁ, J. 2008: *Návrh novej agroklimatickej rajonizácie viniča hroznorodého (Vitis vinifera L.) v podmienkach klimatickej zmeny na Slovensku*. Dizertačná práca, Nitra (Slovenská poľnohospodárska univerzita).
- MATEČNÝ, I. 2004: Využitie technológie GIS a DPZ v poľnohospodárstve v podmienkach Slovenska. *Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitas Comeniana, Geographica*, 45, 65-77.
- MATEČNÝ, I. 2014: Spatial identification of vineyards – a prerequisite for maintaining them as a part of the cultural landscape heritage. *Acta Environmentalica Universitatis Comeniana, 22, 2, 26-41*.
- MATESE, A., DI GENNARO, S. F., ZALDEI, A., GENESIO, L., VACCARI, F. P. 2009: A wireless sensor network for precision viticulture: the NAV system. *Computers and Electronics in Viticulture*, 69, 51-58.
- MINISTERSTVO PÔDOHOSPODÁRSTVA A ROZVOJA VIDIEKA SR 2015: *Situačná a výhľadová správa k 31.7.2015: Vinič hroznorodý, hroznové víno*. Bratislava (Výskumný ústav ekonomiky poľnohospodárstva a potravinárstva).
- Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady č. 1151/2012 o systémoch kvality pre poľnohospodárske výrobky a potraviny*.
- NOVÁK, J. 2008: *Pasienky, lúky a trávniky*. Prievidza (Patria I).
- PARKER, A., DE CORTÁZAR-ATAURI, I. G., CHUINE, I., BARBEAU, G., BOIS, B., BOURSQUOT, J. M., CA-HUREL, J. Y., CLAVERIE, M., DUFOURCQ, T., GÉNY, L., GUIMBERTEAU, G., HOFMANN, R. W., JACQUET, O., LACOMBE, T., MONAMY, C., OJEDA, H., PANIGAI, L., PAYAN, J. C., LOVELLE, B. R., ROUCHAUD, E., SCHNEIDER, C., SPRING, J. L., STORCHI, P., TOMASI, D., TRAMBOUZE, W., TROUGHT, M., VAN LEEUWEN, C. 2013: Classification of varieties for their timing of flowering and veraison using a modelling approach: A case study for the grapevine species *Vitis vinifera L.* *Agricultural and Forest Meteorology*, 180, 249-264.
- PAVLOUŠEK, P. 2011: *Pěstování révy vinné: moderní vinohradnictví*. Praha (Grada Publishing).
- POESEN, J., INGELMO-SANCHEZ, F., MÜCHER, H. 1990: The hydrological response of soil surface to rainfall as affected by cover and position of rock fragments in the top layer. *Earth Surface Processes and Landforms*, 15, 653-671.
- POSPÍŠILOVÁ, D., SEKERA, D., RUMAN, T. 2005: *Ampelografia Slovenska*. Bratislava (Výskumná a šľachtiteľská stanica vinárska a vinohradnícka Modra).

- PROSDOCIMI, M., CERDÀ, A., TAROLLI, P. 2016: Soil water erosion on Mediterranean vineyards: A review. *Catena*, 141, 1-21.
- RENARD, K. G., YODER, D. C., LIGHTLE, D. T., DABNEY, S. M. 2010: Universal soil loss equation and Revised universal soil loss equation. *Handbook of Erosion Modelling*, 135-167.
- SLÁDEK, J., RUSNÁK, M. 2013: Nízkonákladové mikro-UAV technológie v geografii (nová metóda zberu priestorových dát). *Geografický časopis*, 65, 269-285.
- SOTÉS, V. 2010: Historical zoning in the world. *VIII International Terroir Congress Proceedings, Soave: 14th-16th June 2010*, 3-9.
- SPIŠIAK, P., VALÚŠKOVÁ, Z. 2002: Vinohradníctvo Malých Karpát. *Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Comenianae, Geographica*, 42, 179-196.
- SVOBODOVÁ, I., VĚŽNÍK, A., KRÁL, M. 2014: Viticulture in the Czech republic: some spatio-temporal trends. *Moravian Geographical Reports*, 22, 1, 2-14.
- ŠIMANSKÝ, V. 2013: Soil organic matter in water-stable aggregates under different soil management practices in a productive vineyard. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 59, 1207-1214.
- ŠIMKOVIC, I., DLAPA, P. 2008: Vplyv požiarov na fyzikálne a chemické vlastnosti pôd. *Antropizacia pôd IX, Bratislava: 27.-28. máj 2008*. 118-128.
- ŠIMKOVIC, I., DLAPA, P., JURÁNI, B., CVEKOVÁ, E. 2011: Zhodnotenie infiltračnej kapacity rigolovaných pôd v okolí mesta Modra vo vzťahu k ich využívaniu. *Phytopedon (Bratislava)*, 10, 52-59.
- ŠTATISTICKÝ ÚRAD SR 2011: *Súpis plôch osiatych poľnohospodárskymi plodinami k 20. 5. 2011*. Bratislava (Štatistický úrad SR).
- ŠTATISTICKÝ ÚRAD SR 2015: *Súpis plôch osiatych poľnohospodárskymi plodinami k 20. 5. 2015*. Bratislava (Štatistický úrad SR).
- ŠÚRI, M., CEBECAUER, T., HOFIERKA, J., FULAJTÁR, E. 2002: Soil erosion assessment of Slovakia at a regional scale using GIS. *Ekológia (Bratislava)*, 21, 404-422.
- TAYLOR, J. A. 2004: *Digital Terroirs and Precision Viticulture: Investigations into the application of information technology in Australian vineyards*. PhD. thesis. Sydney (Faculty of Agriculture, Food and Natural Resources, The University of Sydney).
- TOMASI, D., GAIOTTI, F., JONES, G. V. 2013: *The Power of the Terroir: the Case Study of Prosecco Wine*. Basel (Springer).
- TONIETTO, J., CARBONNEAU, A. 2004: A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agricultural and Forest Meteorology*, 124, 81-97.
- VALACHOVIČ, A. 1996: Územná a odrodová rajonizácia pestovania viniča. *Vinohrad*, 34, 4, 74-75.
- VALACHOVIČ, A. 1998: Vinohradnícke zóny a kategórie plôch viniča v zmysle predpisov EÚ. *Vinohrad*, 36, 2, 26-27.
- VALACHOVIČ, A., VEREŠ, A., POLAKOVIČ, F. 1986: *Štúdium využitia potenciálnej energie vo vinohradníctve*. Bratislava (Výskumný ústav vinohradnícky a vinársky).
- VAN LEEUWEN, C., FRIANT, P., CHONÉ, X., TREGOAT, O., KOUNDOURAS, S., DUBOURDIEU, D. 2004: Influence of climate, soil, and cultivar on terroir. *American Journal of Enology and Viticulture*, 55, 207-217.
- VAN LEEUWEN, C., SEGUIN, G. 2006: The concept of terroir in viticulture. *Journal of Wine Research*, 17, 1-10.

- VAN OOST, K., GOVERS, G., DESMET, P. J. J. 2000: Evaluating the effects of changes in landscape structure on soil erosion by water and tillage. *Landscape Ecology*, 15, 579-591.
- VANEK, G. 2010. Systémy vo vinohradníctve a vinárstve. *Elektronický informačný portál Galati.sk* <<http://www.galati.sk/index.php?page=2010/05/01>>.
- VAUDOUR, E., SHAW, A. B. 2005: A worldwide perspective on viticultural zoning. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 26, 106-115.
- VAUDOUR, E., CAREY, V. A., GILLIOT, J. M. 2010: Digital zoning of South African viticultural terroirs using bootstrapped decision trees on morphometric data and multi-temporal SPOT images. *Remote Sensing of Environment*, 114, 2940-2950.
- Vyhľadávka 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.
- Vyhľadávka MP SR č. 350/2009, ktorou sa vykonávajú niektoré ustanovenia zákona č. 313/2009 Z. z. o vinohradníctve a vinárstve.
- WHITE, R. E. 2009: Understanding Vineyard Soils. New York (Oxford University Press).
- WISCHMEIER, W. H., SMITH, D. D. 1978: Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. Washington, DC (U.S. Government Printing Office).
- Zákon č. 313/2009 Z. z. o vinohradníctve a vinárstve.
- ZÁRUBA, F., HOMOLOVÁ, L., KAŠA, A., PAZDERKA, V. 1985: *Vinohradníctvo*. Bratislava (Príroda).
- ZSÓFI, Z., TÓTH, E., RUSJAN, D., BÁLO, B. 2011: Terroir aspects of grape quality in a cool climate wine region: relationship between water deficit, vegetative growth and berry sugar concentration. *Scientia Horticulturae*, 127, 494-499.

Príspevok vznikol v rámci riešenia Grantu UK/290/2016.

Opportunities of applying physical geographical approach to contribute to the quality-oriented viticultural production

Marek SÚLOVSKÝ, Dávid HRINÍK

Summary: *The objective of the paper is to review the state of physical geographical researches related to the viticulture, specifically those with findings that have potential to contribute to the improvement of quality-oriented viticultural production. As an introduction we briefly mentioned the state of viticulture in Slovakia after changes in last 150 years (transition from traditional production on family estates into conventional socialist cooperative farming and lately to modern organic viticulture that tries to harmonize human management of natural environment according to its state). Also, the primary ecological demands on habitat (such as climatic, soil and topographic) of *Vitis vinifera* L. as a cultivated species are discussed. The main areas of interest between physical geography and viticulture are (i) the research of site conditions of vineyards, (ii) precision viticulture, (iii) terroir and its identification, and (iv) soil erosion as a specific threat to viticultural production. These partial areas of interest overlap in many ways, for example from the knowledge of ecological demands of *Vitis vinifera* L. the partial viticultural potentials (climatic, soil and topographic) can be derived for any region and subsequently the overall viticultural potential using geographic synthesis. The spatial units of viticultural potential can be identified with natural*

terroir units and used as basis to vineyard management – they can be split or merged to match the production units according to needs of agricultural enterprises. Using a GIS-environment by storing (in geodatabase) and evaluating (with geospatial tools) the information on vineyards the agricultural enterprise can be shifted towards the precision agriculture which would help the enterprise to succeed on the open market because of rational use of resources. This is interconnected also with the threat of soil erosion which can be lowered for example by appropriate tillage methods and green cover between rows in vineyards. Physical Geography with its holistic and synthetic approach and use of modern technologies (GIS and remote sensing) can significantly contribute to the deepening of knowledge in mentioned areas of concern and, consequently, at the application level also to the improvement of the actual wine-growing production. Furthermore, to cooperate with the producers themselves is one of the ways to financially cover research projects in this field.

Tab. 1. *Organic and integrated production of grapes in Slovakia in 2011 and 2015.*

Tab. 2. *Basic climatic demands of Vitis vinifera subsp. sativa on site.*

Tab. 3. *A comparison of soil and substrate properties of sites with low and high potential for the cultivation of Vitis vinifera subsp. sativa.*

Fig. 1. *Income of direct solar radiation with regard to orientation and gradient of slope for latitude N48.25°.*

Fig. 2. *The complexity of the issue of viticultural terroir: its components, relations and approaches to evaluation.*

Adresy autorov:

Mgr. Marek Súľovský
Katedra fyzickej geografie a geoekológie
Prírodovedecká fakulta UK
Mlynská dolina, Ilkovičova 6,
842 15 Bratislava 4
marek.sulovsky@uniba.sk

Mgr. Dávid Hriník
Katedra pedológie
Prírodovedecká fakulta UK
Mlynská dolina, Ilkovičova 6,
842 15 Bratislava 4
hrinik1@uniba.sk