

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta
Ústav geochemie, mineralogie a nerostných zdrojů

Studijní program: Vědy o Zemi

Studijní obor: Vědy o Zemi



Veronika Brovjáková

Studium složení vybraných viničních půd
Study of composition selected vineyard soils

Bakalářská práce

Vedoucí práce: prof. RNDr. Martin Mihaljevič, CS.

Praha, 2024

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 30. 7. 2024

Abstrakt

Viniční půdy jsou jedním z typů zemědělsky využívaných půd. Kromě environmentálních problémů se potýkají s problémy kontaminace vlivem pesticidů při dlouhodobé aplikaci. V rámci bakalářské práce byly odebrány vzorky ke geochemickým analýzám u malých rodinných vinařů, kteří své vinice mají jako hobby a jejich produkty mají převážně pro svou potřebu. Pomocí analýz byla měřena aktivní a výměnná acidita půdy (pH/H₂O a pH/KCl), vzorky byly také připraveny na kationtovou výměnnou kapacitu (CEC) a na hmotnostní spektrometrii s indukčně vázaným plazmatem (ICP MS). Cílem bakalářské práce bylo zjistit míru kontaminace půd, kvalitu půd a koncentrace stopových prvků na vybraných viničních půdách pomocí geochemických analytických metod. Součástí je rešeršní práce k danému tématu pro širší vhled a porozumění způsobu hospodaření na viničních půdách.

Klíčová slova: půda, složení, vlastnosti

Abstract

Vineyard land is one of the types of agricultural land. In addition to environmental problems, they face problems of contamination due to pesticides when applied over a long period of time. In the framework of the bachelor thesis, samples for geochemical analyses were collected from small family winegrowers who have their vineyards as a hobby and their products are mainly for their own use. The analyses were used to measure active and exchangeable soil acidity (pH/H₂O and pH/KCl), and the samples were also prepared for cation exchange capacity (CEC) and inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP MS). The aim of the bachelor thesis was to determine the degree of soil contamination, soil quality and trace element concentrations in selected vineyard soils using geochemical analytical methods. It includes a research paper on the subject for a broader insight and understanding of the management practices on vineyard soils.

Keywords: soil, composition, properties

Poděkování:

Tímto bych chtěla poděkovat prof. RNDr. Martinovi Mihaljevičovi CSc. za vedení práce, pomoc při odběru vzorků a při analýze vzorků. Dále děkuji Marii Fayadové za milou pomoc při zpracování vzorků v laboratoři. Největší poděkování patří mým nejbližším za podporu, trpělivost a pochopení, že na některé otázky nemá smysl se vůbec ptát.

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Viniční půdy	2
2.1 Eroze viničních půd.....	2
2.2 Chemismus půd	3
2.3 Stopové prvky.....	4
2.4 Pesticidy ve viniční půdě.....	5
3. Praktická část.....	7
3.1 Odběr vzorků a popis lokalit	7
3.1.1 Aplikované pesticidy	8
3.2 Příprava vzorků	8
3.2.1 Příprava na CEC	9
3.2.2 Příprava měření půdní reakce (pH/H ₂ O, pH/KCl).....	9
3.2.3 Příprava na ICP MS.....	9
3.3 Použité analytické metody (ICP MS, pH, CEC)	10
3.3.1 Potenciometrické měření pH	10
3.3.2 Kationtová výměnná kapacita (CEC)	10
3.3.3 Metoda hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem ICP MS	10
3.4 Výsledky měření.....	12
3.4.2 Výsledky CEC.....	12
3.4.3 Výsledky pH/H ₂ O a pH/KCl	13
3.4.1 Výsledky ICP MS.....	14
4. Závěr.....	16
Zdroje	17
Přílohy	21
Příloha 1 – Mapa vybraných odběrových lokalit	21
Příloha 2 – Tabulka koncentrací prvků ve vzorkách na lokalitách L1, L2 a L3.....	22

1. Úvod

Vinařství je již od nepaměti součástí zemědělství. V některých zemích by se dalo hovořit i o vinařské kultuře, určité oblasti Francie nebo i České republiky máme výslovně spojované s produkcí vína. Každý zásah člověka do přírody má následky a vinařství není výjimkou. Abychom měli úrodnou půdu, musíme ji věnovat péči a dodávat potřebné živiny, zbavovat se škodlivin, a to všechno tak, abychom minimálně zatěžovali životní prostředí kontaminanty. Nejvyužívanějšími prostředky při hospodaření na viničních půdách jsou hnojiva a pesticidy, kterými však do půdy dostáváme i toxické látky nebo zbytečně vysoké koncentrace živin, které mohou škodit nejenom škůdcům, ale i samotné rostlině a výslednému produktu. Důležitou roli při hospodaření na viničních půdách mají matečné hornin, které zvětráváním uvolňují důležité prvky do půdy. Díky tomu máme živiny jak pro rostliny, tak pro organickou hmotu, která je velmi potřebná. Celý cyklus růstu, umírání a rozkladu je naprosto klíčový pro zdravou půdu. Každá viniční půda je unikátní díky své struktuře (což může ovlivňovat propustnost vody), zásobě živin a chemismu, půdním organismům, objemové hmotnosti a pevnosti (White, 2020). V rešeršní části této práce se zaměřujeme na komplexní fungování viničních půd včetně možných environmentálních problémů a jejich spojení s antropogenním zásahem, na popis potřebných živin ve viniční půdě, jejich cyklech a vzájemném propojení a ovlivnění. Dále na výskyt a koncentraci stopových prvků a jejich mobilitu v půdě.

V analytické části práce byly zkoumány vzorky z vinic na jižní Moravě od malých vinařů. Tyto vinice neslouží k velké produkci vinné révy a vína, tudíž hospodaření na nich je šetrnější.

Cílem práce bylo zjistit, zda pesticidy využívané na vybraných vinicích mohou kontaminovat viniční půdu a v jaké míře. Analytickými metodami se zjišťovaly koncentrace vybraných prvků a rizikových kovů v půdě.

2. Viniční půdy

Vinice, často spojované se středomořskými oblastmi, najdeme všude po světě, nejčastěji mezi 30° a 50° severní a jižní šířky (Giffard et al., 2022). Půdy vinic jsou specifické pro každou oblast, a to díky několika faktorům, které vlastnost půdy a následně i produktu - vína ovlivňují (White, 2020). Francouzi využívají pro popis těchto faktorů pojem „*Terrior*“. Jedná se o environmentální faktory, jako je morfologie, klima, charakteristika krajiny a typ půdy (Van Leeuwen, 2018). Tyto faktory nám odlišují viniční půdy od zemědělských půd využívaných například pro pěstování obilovin. Zemědělské orné půdy bývají totiž často monotónní kvůli kultivačním procesům (Brooks, 2003).

„*Terrior*“ faktory jsou stálé a dlouhotrvající. Nejsou schopny se změnit v krátkých intervalech, ani antropogenním zásahem. Existují i dynamické faktory měnící rychleji vlastnosti viničních půd, jež může ovlivnit člověk. Jedná se zejména o organickou hmotu, pH, dostupnost živin a důležitých prvků, strukturu půdy a dostatek vody (White, 2020).

Díky těmto faktorům se vinná réva (*Vitis vinifera*) pěstuje na širokém spektru půdních typů oproti jiným plodinám (Lazcano et al., 2020). Není pravidlem, že by se vinná réva pěstovala na půdách se stejnou matečnou horninou. Najdeme viniční půdy na horninách jako jsou břidlice, vápence, pískovce, granity, bazalty i na přeměněném materiálu právě z těchto hornin (White, 2020). Vinice často nacházíme převážně na jižně orientovaných svazích, na kterých jsou více exponovány vůči slunci (Giffard et al., 2022) v sušších klimatických podmínkách. To je dáno klimatem, které vinná réva potřebuje (Telak et al., 2020).

Postupně se začíná do našeho podvědomí dostávat pojem „*Zdravá půda*“. Ten má za cíl poukázat na alternativní možnosti hospodaření s půdou tak, abychom si ji i při intenzivním zemědělském využívání zachovali kvalitní – plodnou a nekontaminovanou. Častými problémy, se kterými se jistojistě setkáme při obhospodařování půd jsou eroze, které odnáší organickou hmotu z půdy, nerovnováha základních živin v půdě, zasolování a sodifikace, ztráta biologické rozmanitosti půdy, kontaminace a acidifikace. Jedním z opatření, jak zmírnit následky těchto problémů, může být podpoření sekvestrace uhlíku z CO₂ do půdy např. přidáním organické hmoty nebo zatravněním. Viniční půda má pro to potenciál, neboť vinná réva zakořeňuje hluboko v půdě, kde může tvořit půdní zásoby uhlíku (Lazcano et al., 2020).

2.1 Eroze viničních půd

Blavet et al. (2009) ukázali, že právě sklon svahu, který se začal využívat až v moderním pěstování vinné révy, ale taktéž rovné řádky vinic a používání pesticidů jsou příčinami vyšší eroze půdy. Při silných srážkách dochází kvůli těmto zásahům k vyplavování půdních částic a tím i zásob uhlíku a snižování úrodnosti půdy, a odkrývání kořenů rostlin. Tím dochází ovlivnění jak vlastní půdy, tak okolí v dané agrikultury. Výsledkem eroze na viničních půdách je především ztráta několika milimetrové vrstvy půdy ročně (Quiquerez et al., 2008). Telak et al. (2020) a Giffard et al. (2022) zmiňují studie,

jejichž cílem bylo snížit erozi a odnos půdy z vinic pomocí zatravnění prostoru mezi řádky vinic a snížení koncentrace nebo úplné vynechání aplikace herbicidů do půdy. Závěrem těchto studií bylo zjištění, že zatravnění části vinic způsobilo mj. zvýšení půdní organické hmoty, snížení ztráty půdy a povrchového odtoku vody. Ponechání travního porostu proto snižuje půdní erozi i ovlivňuje využití pesticidů v ochraně viničních půd (Telak, 2020).

2.2 Chemismus půd

Abychom zachovali *terrior* vína, měla by mít viniční půda dostatečný a přirozený přísun potřebných živin bez většího použití hnojiv (Lazcano et al., 2020). Nejdůležitější makroživiny, které se v půdě nachází v koncentracích >1 000 ppm, jsou primárně N, P, S, Ca, Mg, K, a Cl. Vodu rostlina čerpá ze srážek a půdy, má z ní přísun O a H (White, 2020). Fixací CO₂ ze vzduchu přijímá rostlina uhlík, o živiny rozpustné ve vodě se musí postarat půda. Dusík se do půdy dostává z atmosféry pomocí fixace mikroorganismů. Díky nim jsou také vzájemně propojeny koloběhy prvků a pokud dojde k ovlivnění koloběhu jednoho prvku, dojde k ovlivnění koloběhu i u dalších prvků. (Šantrůčková et al., 2018).

Dusík je zároveň jeden z nejvíce limitních prvků v půdě, a proto se celosvětově doplňuje do půd formou hnojiv. Pokud rostlina nemá dostatečný příjem reaktivního dusíku (NO₃, NH₃), nezvládá přijímat ostatní prospěšné živiny v dostatečném množství. Dalo by se říct, že dostatečný přísun dusíku do půdy je nutný pro dobrou sklizeň. Vysoké koncentrace dusíku z hnojiv přidávaných člověkem do půdy naopak půdě a rostlině škodí. Vinná réva totiž oproti jiným plodinám má relativně nízkou spotřebu dusíku, a tak je snazší kontaminovat viniční půdu hnojivy s dusíkem (Lazcano et al., 2020). White et al. (2007) tvrdí, že vysoké půdní koncentrace dusíku mají vliv na výslednou chuť vína. Mimo jiné přidává důvody, proč optimalizovat dávkování dusíkatých hnojiv do viniční půdy. Ve fázi kvetení rostlina spoléhá na zásoby dusíku ve svých dřevnatých pletivech. Po odkvětu a při začátku zrání hroznů rostlina dusík přijímá především z půdy pomocí svých kořenů. Pokud v tom období je v půdě vysoká koncentrace dusíku, může docházet k rychlému růstu rostliny. Dochází tedy k využití dusíku rostlinou z větší části v oblasti jejího růstu (šlahouny a listy) a méně se dostává k plodům, což může mít za následek např. stínění velkých listů na zrající hrozny. Dusík je taktéž důležitý při kvašení hroznů a jeho koncentrace by se měla pro optimální fermentaci pohybovat v rozmezí 250-300 mg N/l (White, 2020). V půdách s poměrem C:N nižším než 20-25 se může minerální dusík vyskytovat ve větších koncentracích, než vinná réva potřebuje k vyrovnanému růstu. Ideální koncentrace dusíku jsou však pro každou odrůdu jiné. Obecně však platí, že bílé odrůdy vín potřebují ke zdravému růstu a správnému rozvinutí aromatického potenciálu vyšší koncentrace dusíku, než je tomu u červených odrůd vín.

Jako indikátorem ideálního množství dusíku, které je třeba každoročně doplňovat do půdy, je rozpětí 22-56 kg/ha, což by mělo zároveň odpovídat množství dusíku, které vinná réva vyčerpá z půdy za jeden rok (Lazcano et al., 2020). Přebytečný dusík v půdě, který rostliny nevyužijí, se může vyplavovat do životního prostředí (např.: zdroje vody) a tím jej znečišťovat (Rockström et al., 2009).

V půdách na illitických jílech se uvolňují K⁺ ionty, což způsobuje vyšší koncentrace draslíku v půdě dostupné pro rostlinu (White, 2020). Vyšší koncentrace draslíku, než kterou zvládne rostlina vyčerpat, může mít důsledek zvýšené hodnoty pH v půdě (van Leeuwen et al., 2018) a nestabilní barvu u červených vín (White, 2020).

Přírodním zdrojem dalších důležitých prvků v půdě se stávají minerály a horniny, při jejichž zvětrávání dochází k uvolňování makroživin (zmíněny výše) a mikroživin: Fe, Mn, Zn, Cu, B a Mo. Kromě těchto prvků se při zvětrávání hornin mohou uvolňovat prvky jako Al, Si, Se, I a Co (White, 2020). Určité koncentrace těchto prvků mohou mít environmentální dopad na viniční půdu. Nicméně podle studie van Leeuwen et al. (2004) neexistuje žádná korelace mezi kvalitou výsledného vína a koncentrací prvků v půdě. A jak White et al. (2007) dodávají, je v této problematice ještě stále co zkoumat.

2.3 Stopové prvky

Celosvětově se zvyšuje koncentrace kovů a metaloidů, ať už mají přírodní původ v důsledku zvětrávání mateřské horniny, biologické aktivity, vulkanických emisí, nebo antropogenní původ jako je uvolňování stopových prvků při těžbě, užívání pesticidů, hnojiv a fosilních paliv. Mobilita stopových prvků reaguje na mnoho faktorů, chemických vlastností a na klima ovlivňující půdu. Retence určitých stopových prvků se zvyšuje s pH, organickou hmotou a obsahem jílu v půdě. Elektrická vodivost půdy naopak retenci stopových prvků snižuje (Pinter et al., 2018).

I přes rozmanitost půd můžeme pozorovat určité trendy v chování stopových prvků v půdách. Hydratované oxidy Fe, Al a Mn přítomné v půdě při vyšším pH snadno adsorbují arsen (As). V důsledku srážení hydroxidů při zvýšení pH klesá dostupnost Pb a Cd. Taktéž se při vyšším pH půdy hůře rozpouští Cu a hůře váže Zn. Do hodnoty pH 8 se zvyšuje dostupnost Mo a B. Při pH <5 se dá očekávat zvýšená toxicita Al. Organická hmota značně ovlivňuje mobilitu Hg a imobilizuje Cu v horních vrstvách půdy, u Pb jsou zatím rozdílné pohledy na korelaci s organickou hmotou a adsorpci v půdě (Pinter et al., 2018, White, 2020, Komárek et al., 2008).

Vliv na přijímání rizikových prvků mají kořeny vinné révy. Rozdíly můžeme pozorovat v odrůdách vín a taktéž v hrubých či jemných kořenech, v hloubce půdy nebo nadzemní části rostliny. Zatímco Cd, Cu, Pb a Zn se snadno přijímají kořeny a následně se akumulují v nadzemních částech vinné révy, Cr se špatně přenáší kořenovým systémem do nadzemní části. Koncentrace Pb a Ni mohou být vyšší v kořenech, stonku a listech než v bobulích (Vystavna et al., 2015).

Zvýšené koncentrace stopových prvků ve vinné révě, které mohou být potenciálně toxické, se odůvodňují atmosférickou depozicí. Nejvyšší koncentrace Cu se nachází v povrchových vrstvách půdy, což pro vinnou révu, jež zakořeňuje hluboko v zemi, nemusí být problematické oproti depozicím toxických prvků. Problém mohou mít kořeny mladé révy zakořeňující právě v povrchových vrstvách půdy (Komárek et al., 2008).

2.4 Pesticidy ve viniční půdě

V dnešní době se setkáme s využíváním anorganických a organických pesticidů v konvenčním vinařství. Jsou důležité pro zdravý růst vinné révy, neboť ničí možné nemoci, plevel a škůdce. Spadají do různých chemických skupin a mají rozdílné fyzikálně-chemické vlastnosti, což poznáme na jejich chování v půdě – jsou jinak mobilní a rozdílně se transportují (Patinha et al., 2018). Využíváním takovýchto pesticidů nejenom že zvyšujeme koncentrace kontaminantů v půdě, ale také v kombinaci s půdní erozí dochází ke snižování úrodnosti půdy (Komárek et al., 2010). Borsato et al. (2020) shrnují rozdíly mezi konvenčním vinařstvím, při kterém se využívají chemické pesticidy a hnojiva pro zvýšení ekonomického výnosu, a organickým vinařstvím, které se snaží posílit biodiverzitu půdy, snížit její kontaminaci a zmírnit dopad na životní prostředí, což má za následek např. zvýšení uhlíku v půdě a zhutnění půdy.

Některé pesticidy, a především jejich nadměrné využívání ve vinařství, mohou způsobovat mobilizaci a vyplavování nežádoucích sloučenin (tirazin, atrazin, simazin, terbuthylazin, metolachlor aj.) do podzemní vody, v horších případech i do zdrojů pitné vody. Evropská unie zveřejnila směrnice s uvedenými zakázanými organickými látkami (např. ednosulfan, simazin) a s uvedenými maximálními limity pro rezidua pesticidů právě pro ochranu podzemních vod a pitných vod. Jako reakcí vznikly např. monitorovací studie vybraných problematických územích Španělska a Francie (Hildebrandt et al., 2008, Patinha et al., 2018). Nejběžněji využívané pesticidy proti chorobám vinné révy (nejčastěji proti plísni a padlí), škodlivému hmyzu a plevelu jsou na bázi mědi. Oproti jiným syntetickým organickým pesticidům jsou např. $\text{Cu}(\text{OH})_2$, $3\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuCl}_2$, CuSO_4 a Cu_2O povoleny a jsou zcela nepostradatelné pro zemědělství (Patinha et al. 2008). Patinha et al. (2008) taktéž odhaduje, že jen 0,1 % aplikovaného pesticidu se reálně dostane ke škůdci a zbytek pronikne a kontaminuje životní prostředí. Akumulace mědi v půdě je závislá na fyzikálně-chemických vlastnostech půdy, které ovlivňují rozpustnost částic mědi a jejich sorpci v půdě. Nejvyšší koncentrace mědi nacházíme ve v horních vrstvách půdního profilu kvůli imobilizaci mědi půdní organickou hmotou a Fe a Mn-(hydr) oxidy (Komárek et al., 2008). Redukce aplikace chemických hnojiv a pesticidů má za následek zvýšení biologické rozmanitosti půdy (Giffard et al., 2022).

Rezidua z pesticidů, ale rovněž některé kovy, siřičitany a mykotoxiny mnohou při zpracování zůstat v hroznech po sklizni a objevit se tak ve víně. Tyto látky mají negativní dopad na lidské zdraví, přesto není uzákoněna limitní hranice pro výskyt pesticidů ve víně (Vitali Čepo et al., 2018). V Itálii se pomocí korelačních modelů zkoumá vztah mezi dávkou pesticidů a zdravotními problémy u lidí, vyskytujících se městech poblíž intenzivně využívaných vinic. Při epidemiologických studiích využívajících tyto korelační modely je potřeba velké množství údajů, a tak není vždy jednoduché rozlišit účinky pesticidů od jiných průvodních procesů ovlivňujících lidské zdraví. Proto se vyvíjí prediktivní nástroje, které explicitně zvažují vliv určitých ekologických procesů, umožňují srovnání různých řešení problému. Aby je bylo možné využít i pro účely prevence zdraví proti pesticidům, je tvořena databáze využívání pesticidů a jejich emisí (Pivato et al., 2015).

Mailly et al. (2017) tvrdí, že nahradit chemické pesticidy, především fungicidy hojně využívané kvůli častému výskytu plísní na vinné révě, jinými alternativami je téměř nemožné (přes 80 % využívaných pesticidů jsou právě fungicidy). Dochází tedy ke stanovení postupů na základě kritérií, jak snižovat využívání fungicidů (doba využívání postřiku ve vegetačním období, četnost postřiku a objem postřiku na základě hustoty vegetace). Alternativní metody u herbicidů k odstraňování plevelu mohou být mechanické plení či vysazování krycích plodin. V neposlední řadě k nahrazení insekticidu lze využít produkty na bázi feromonů, které zabraňují množení larev.

3. Praktická část

3.1 Odběr vzorků a popis lokalit

Vzorky byly odebrány ze tří lokalit v Jihomoravském kraji. Jako první z lokalit byla vybrána vinice na okraji Dolních Bojanovic, druhá lokalita byla vinice v blízkém okolí Žeravic u Kyjova a jako poslední lokalita byla vybrána vinice jižně od Nikolčic u Hustopečí. Mapa odběrových míst je uvedena v Příloze 1. Tyto lokality jsou součástí Vídeňské pánve, nachází se v dolnomoravském úvalu, v bzeneckém a ždánicko-hustopečském souvrství. Každá z lokalit má podloží z jiné sedimentární horninu, jejich stáří můžeme datovat od oligocénu po pleistocén.

Lokalita 1 - Dolní Bojanovice	
Hornina	spraš a sprašová hlína
Útvar	Kvartér
Oddělení	pleistocén
Oblast	kvartér
Půdní typ	Antropozem
Vzorky	V1-V10
Pesticidy	Sulka, Folpan, Champion, Kumulus, Topas, Karathane, Scala, Dithane

Tab. 1: Charakteristika lokality 1



Obr. 1: Půdní sonda lokality 1

Lokalita 2 - Žeravice	
Hornina	jíly, prachové jíly, prachovce
Útvar	Neogén
Oddělení	miocén
Oblast	vídeňská pánev
Půdní typ	Černozem modální
Vzorky	V10-V16
Pesticidy	Sulka, Magnicur core, Champion, Mildicut, Mospilan, Kumulus

Tab. 2: Charakteristika lokality 2



Obr. 2: Půdní sonda lokality 2

Lokalita 3 - Nikolčice	
Hornina	Jílovce, pískovce
Útvar	paleogén - neogén
Oddělení	oligocén, miocén
Oblast	vídeňská pánev
Půdní typ	Černozem luvická
Vzorky	V16-V20
Pesticidy	Sulka, Kumulus, Folpan, Cabrio, Dynali, Ridomil, Champion, Topas, Sercadis, Switch

Tab. 3: Charakteristika lokality 3



Obr. 3: Půdní sonda lokality 3

Na lokalitě 1 byla vykopána půdní sonda dva metry od okraje prostřední řady vinohrádků. Bylo z ní odebráno 10 vzorků vždy po 10 cm (V1-V10). Každoročně se na tuto vinici naveze cca 10 cm nové půdy z přilehlého pole majitelů. Půdní sonda na lokalitě 2 byla též vykopána v prostřední řadě téměř dva metry ke konci vinohrádku. Vzorky na této lokalitě byly odebrány v jiných rozmezích než u lokality 1. Pro vrstvu 0-40 cm se vzorky odebraly po 10 cm. Ve vrstvách 40-70 cm a 70-100 cm se odebral jen jeden vzorek z každé vrstvy, a to z důvodu změny půdních vrstev. Celkem se na lokalitě 2 odebralo 6 vzorků (V11-V16). Na poslední lokalitě se z důvodu svažitého terénu a pískovcového podloží podařilo vykopat půdní sondu do hloubky jen 60 cm, neboť od 30 cm hloubky byla již matečná hornina. Vzorky byly odebrané po 10 cm, celkem tedy 3 vzorky půdy, a jako poslední vzorek byla odebrána matečná hornina (V16-V20). K analýze bylo odebráno ze všech lokalit dohromady 20 vzorků.

3.1.1 Aplikované pesticidy

Na lokalitě 1 se v minulosti využívala modrá skalice (cca 50 let zpátky), v nedávné době ještě Dithane, který je již zakázán. Místo skalice se již využívá Champion a Kumulus. Na lokalitě 3 převzala majitelka vinici v roce 2021 (rok a půl před výkopem půdní sondy), přesnou historii aplikace pesticidů nezná, dostala jen seznam naposledy využívaných a ten dodržuje stále. Lokalita 2 je jediná využívající insekticid, u zbylých dvou lokalit jsou aplikovány jen fungicidy. Přesné seznamy pesticidů u jednotlivých vinic jsou v Tabulkách 1-3.

3.2 Příprava vzorků

Odebrané vzorky byly sušeny v peci Binder při 40 °C téměř 70 hodin. Pro potřeby dalšího zpracování bylo potřeba vzorky přesít a namlít. K získání jemné frakce bylo použito 2 mm nerezové síto. Takto přesetá frakce v množství 2 ml byla spolu s devíti achátovými kuličkami vložena do achátových misek určených ke mletí v planetovém mlýnku. Po vyjmutí z mlýnku byla frakce vhodná k použití ke zkoumání pomocí analytických metod.

3.2.1 Příprava na CEC

K měření CEC byly využity 2,5 g přesítované frakce o velikosti zrn max. 2 mm, které se přidaly do lahvičky zároveň s 30 ml 0,1 M BaCl₂. Lahvičky byly následně vloženy do třepačky na dobu 1 hodinu při 100 třepch/ hodina. Následovalo odstředění 10 minut a přefiltrování suspenze přes filtrační papír.

Přefiltrovaná kapalina se doplnila znovu 30 ml 0,1 M BaCl₂ a taktéž se vložila do třepačky po dobu 1 hodiny. Stejný postup se opakoval celkem 3x. Po posledním přefiltrování se kapalina doplnila BaCl₂ do konečného objemu 100 ml.

3.2.2 Příprava měření půdní reakce (pH/H₂O, pH/KCl)

Měření pH na vzorcích bylo provedeno následující metodou. Do nádoby byly přidány 4 g přesítovaného vzorku o maximální hrubosti 2 mm. Pro každý vzorek byly připraveny takto dvě nádoby, kdy do jedné se k vzorku přililo 10 ml demineralizované vody a do druhé 10 ml KCl. Po dobu 1 hodiny se takto připravené a uzavřené nádoby vložily do třepačky nastavené na 100 třepů/min. Po uplynutí stanovené doby se nádoby ponechaly ve svislé poloze, aby suspenze mohla alespoň částečně zesedimentovat a bylo možné vložit měrnou katodu do nádoby. Měrná katoda byla před měřením nakalibrována pro měření pH v rozmezí 4,006 – 6,865.

3.2.3 Příprava na ICP MS

Pro potřeby metody hmotnostní spektrometrie (ICP MS) je nutné získat z pevného vzorku roztok. Toho se docílí chemickým rozkladem pevného vzorku. Do teflonových nádob určených k chemickému rozkladu bylo naváženo 0,2 g namletého vzorku s odchylkou 0,000 5 g. Následně do nádobek byly přidány 3 ml HF (koncentrované) a 9 ml HNO₃ (96 % v/v), aby se vzorek zcela rozpustil. Nádoby byly vloženy do mikrovlnky Anton Paar Cam, kde působením mikrovln se vzorky s přimísenými kyselinami zcela rozpustily na kapalinu.

Poté se zkapalněné vzorky přelily do odpařovací misky, pomocí demineralizované vody se vypláchl veškerý obsah nádoby na rozklad a odpařovací miska se položila na topnou desku, kde proběhlo odpařování a tím se zmenšil objem vzorku. Takto odpařený vzorek, zvaný odparek, o objemu asi jedné kapky, se následně odebral z topné desky. Do odpařovací misky s odparkem byly následně přidány 2 ml 2% HNO₃, aby se odparek řádně rozpustil, a pomocí 10 ml demineralizované vody byly přelity do plastové lahvičky. Lahvička byla následně dolita demineralizovanou vodou do celkového objemu 100 ml (Strnad et al., 2008).

Stejný postup byl aplikován i na tzv. slepý vzorek, který určuje detekční limit. Slepý vzorek se využívá při rozkladových měření ke kontrole použitých chemikálií, zda nedošlo ke znečištění a výsledky měření vzorků se stanovenou složkou tím nebudou ovlivněny. Ve výsledných měřeních se hodnoty ze slepého vzorku nepromítly (Hendl, 2009).

3.3 Použité analytické metody (ICP MS, pH, CEC)

3.3.1 Potenciometrické měření pH

Potenciometrické měření pH je metoda založená na elektrochemickém principu pomocí galvanického článku, u kterého se mění napětí na základě pH hodnoty. Galvanický článek je tvořen dvěma elektrodami (srovnávací a indikační), které jsou spojené v tzv. kombinovanou elektrodu. Srovnávací elektroda má známý konstantní elektronový potenciál, indikační elektroda závisí na hodnotě pH, neboť její potenciál je funkcí aktivity vodíkových iontů. Ve skelněné baňce, ve které jsou umístěny elektrody, se zároveň nachází i roztok o známé hodnotě pH. Ponořením skleněné baňky do námi měřeného roztoku zjistíme jeho hodnotu pH, díky potenciálovému rozdílu hodnoty pH těchto dvou roztoků (Formánek, 2013).

Stanovovala se půdní reakce aktivní a půdní reakce výměnná. Aktivní půdní reakci pH/H₂O měříme aktivitu H₃O⁺ kationtů v půdním roztoku. Výměnnou půdní reakci měříme nejenom adsorbované kationty H⁺, ale i Al³⁺ a Fe³⁺. Při měření dochází k výměně mezi kationty v půdním roztoku a neutrální bazickou solí (chloridem draselným nebo chloridem vápenatým).

3.3.2 Kationtová výměnná kapacita (CEC)

Kationtová výměnná kapacita je míra schopnosti půdy adsorbovat kationty v takové formě, že mohou být snadno desorbovány konkurenčními ionty. Jedná se o základní vlastnost půd. Díky této vlastnosti můžeme jednoduše zařadit a charakterizovat půdy, jejich původ a genezi, nebo sedimenty a zkoumat minerály a jejich kvalitu (Dohrmann, 2006).

3.3.3 Metoda hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem ICP MS

Hmotnostní spektrometrie s indukovaným plazmatem (ICP MS) se využívá ke stanovení izotopových poměrů a jednotlivé hmotnostní koncentrace prvků. Používá se především při prvkové analýze v geochemii, metalurgii či průmyslu.

ICP MS funguje na principu ionizace a následné detekce iontů ve vakuu. Přístroj vznikl spojením dvou částí, kdy první část přístroje umožňuje pohyb nabitých iontů z prostředí s atmosférickým tlakem přes komoru oddělující plazmový hořák do druhé části přístroje, kde je vysoké vakuum, iontová optika, kvadrupól a detektor a dochází zde k detekci koncentrací.

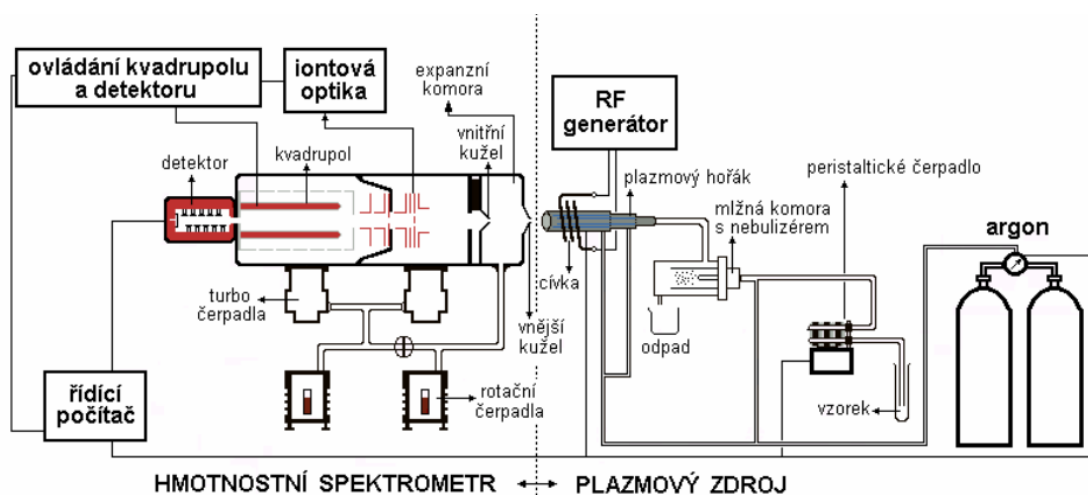
Abychom mohli vzorek spektrometricky analyzovat, musí být prvky ve sloučenině (vzorku) ionizovány. Do plazmového hořáku proudí inertní plyn argon a vzniká plazma, která prochází přes cívku a vytváří fluktuální elektromagnetické pole. Díky kolizím v elektromagnetickém poli dochází k uvolnění elektronů a iontů. Do hořáku zároveň proudí přes mlžnou komoru zkapalněný vzorek v podobě aerosolu (pomocí příprav popsanych níže), který se díky vysoké teplotě plazmatu (až 8 000 K) mění na atomy a ionty. Díky vysoké ionizační energii Ar a vysoké indukované teplotě plazmatu může docházet k ionizaci prvků ze vzorku.

Spektrometr je propojen s plazmatem expanzní komorou s kovovými kužely (děličí tlaku). Ty musí mít dobrou tepelnou vodivost, proto jsou vyrobeny nejčastěji z niklu nebo z platiny. Tlakový gradient po

stranách děličů tlaku vytváří paprsek ionizovaných částic, který vstupuje do první části spektrometru – iontové optiky, která urychluje vstup paprsku do kvadrupólového separátoru. Ten tvoří čtyři kovové tyče, které umožňují pohyb iontů směrem k detektoru díky jejich kmitajícímu elektromagnetickému poli. Ionty, které prošly kvadrupólem k detektoru a nebyly odvedeny vakuovými pumpami, zesilují svůj signál v elektronovém násobiči a dopadají na detektor v podobě kaskádového toku elektronů, který se zaznamenává již jako výsledný signál.

Kalibrace přístroje se provádí před každým měřením. Kalibrační roztok, u něhož známe koncentraci požadovaných prvků, pak porovnáváme s výslednými koncentracemi našich vzorků, jež nám přístroj na základě měření dopočítal.

S využitím ICP MS se vážou i omezení, které je nutné brát v potaz. Lépe se nám budou analyzovat těžší iont, které díky své hmotnosti snadněji prolétnou k detektoru. Vzorek by neměl obsahovat vysoké koncentrace solí kyselin, neboť zvyšují viskozitu, a organických sloučenin, které mohou způsobovat ukládání uhlíkatých částic a tím způsobovat, stejně jako soli kyselin zanášení děliče tlaku a tím změnit signál a parametry měření (Strnad et al, 2008).



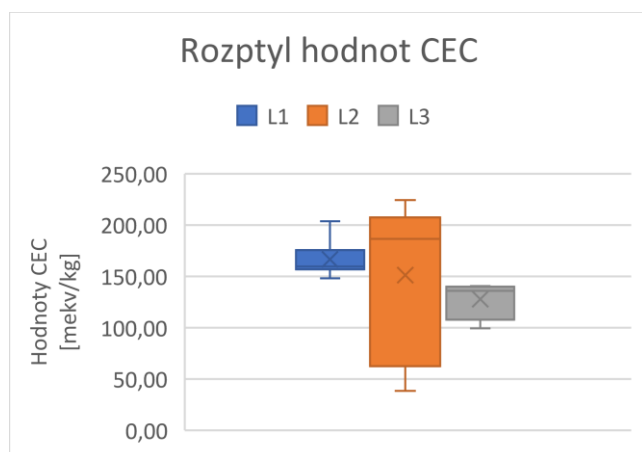
Obr. 1: Hmotnostní spektrometr s indukčně vázaným plazmatem (ICP MS), Strnad et al., 2008

3.4 Výsledky měření

3.4.2 Výsledky CEC

Lokalita	Hloubka [cm]	Al		Ca		Fe		K		Mg		Na		suma CEC
		mg/kg	mekv/kg	mg/kg	mekv/kg	mg/kg	mekv/kg	mg/kg	mekv/kg	mg/kg	mekv/kg	mg/kg	mekv/kg	mekv /kg
L1	0-10	1,26	0,1	3480	174	0,836	0,04	516	13,2	176	14	38,2	1,66	203,54
	10-20	1,59	0,2	3106	155	1,05	0,06	464	11,9	150	12	35,8	1,56	181,32
	20-30	3,39	0,4	2882	144	1,78	0,10	476	12,2	139	11	33,7	1,46	169,67
	30-40	8,44	0,9	2710	135	4,68	0,25	456	11,7	125	10	28,5	1,24	159,88
	40-50	3,84	0,4	2692	135	2,19	0,12	384	9,9	135	11	33,7	1,47	157,54
	50-60	4,24	0,5	2724	136	2,63	0,14	388	9,9	138	11	33,4	1,45	159,61
	60-70	11,4	1,3	2896	145	5,96	0,32	512	13,1	154	13	37,0	1,61	173,76
	70-80	2,79	0,3	2558	128	1,40	0,07	472	12,1	158	13	31,2	1,36	154,76
	80-90	7,96	0,9	2568	128	4,88	0,26	504	12,9	168	14	30,1	1,31	157,59
90-100	5,44	0,6	2424	121	3,36	0,18	440	11,3	161	13	34,1	1,48	148,04	
L2	0-10	7,16	0,8	4153	208	3,49	0,19	124	3,2	135	11	32,3	1,41	224,29
	10-20	12,6	1,4	3558	178	6,20	0,33	92,0	2,4	110	9	34,8	1,51	192,51
	20-30	10,6	1,2	3719	186	5,84	0,31	95,2	2,4	126	10	33,2	1,44	201,72
	30-40	15,9	1,8	3303	165	8,20	0,44	78,8	2,0	119	10	23,4	1,02	180,20
	40-70	3,75	0,4	1285	64	3,29	0,18	27,3	0,7	43,6	4	30,9	1,34	70,47
	70-100	10,0	1,1	655	33	12,1	0,65	14,8	0,4	23,9	2	32,6	1,42	38,26
L3	0-10	0,85	0,1	2297	115	0,760	0,04	313	8,0	105	9	34,8	1,51	133,20
	10-20	1,31	0,1	2518	126	0,696	0,04	183	4,7	99,4	8	36,7	1,60	140,54
	20-30	10,4	1,2	2460	123	4,44	0,24	125	3,2	112	9	35,8	1,56	138,33
	30-100	5,84	0,6	1722	86	3,09	0,17	80,0	2,1	106	9	35,3	1,54	99,24

Tab. 4: Hodnoty CEC naměřené na lokalitách L1, L2 a L3



Graf 1: Krabicový graf rozptylu hodnot CEC

Ve všech lokalitách byly naměřené vysoké hodnoty CEC (Tab 4). Na lokalitě 3 byly naměřeny nejnižší hodnoty CEC. Pohybují se v rozmezí 99,24-140,54 mekv/kg, kdy nejvyšší naměřená hodnota je v horizontu 10-20 cm. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny na lokalitách 1 a 2, kdy na lokalitě 1 se hodnoty

pohybují v rozmezí 148,04-203,54 mekv/kg. Na lokalitě 2 dosahují hodnoty největších rozdílů, hodnoty se pohybují v rozmezí 224,29-38,26 mekv/kg (*Graf 1*). Obecně to znamená, že půdy na těchto lokalitách disponují velkou zásobní kapacitou živin, vyšším obsahem organické hmoty na humusu, na který se snadněji vážou kationty.

3.4.3 Výsledky pH/H₂O a pH/KCl

Lokalita	Hloubka [cm]	pH/KCl	pH/H ₂ O
L1	0-10	7,452	7,998
	10-20	7,519	8,083
	20-30	7,550	8,124
	30-40	7,634	8,123
	40-50	7,563	8,195
	50-60	7,561	8,179
	60-70	7,585	8,221
	70-80	7,588	8,284
	80-90	7,551	8,387
	90-100	7,634	8,251
L2	0-10	7,320	8,101
	10-20	7,490	8,232
	20-30	7,404	8,057
	30-40	7,510	8,100
	40-70	7,966	8,546
	70-100	8,296	8,791
L3	0-10	7,644	8,326
	10-20	7,654	8,287
	20-30	7,710	8,476
	30-100	7,801	8,598

Tab. 5: Naměřené hodnoty pH/H₂O a pH/KCl.

Na všech měřených lokalitách bylo pH/H₂O a pH/KCl zásadité (Tab. 5). Na lokalitě 1 je patrné postupné zvýšení pH hodnot směrem do větší hloubky v profilu. Je zde patrné lehké kolísání hodnot pH/H₂O v hloubce 50-60 cm, kde se hodnota pH nepatrně snížila, a v hloubce 90-100 cm, kde se hodnota taktéž snížila oproti předchozí hodnotě. Hodnoty pH/KCl jsou na to obdobně, v horizontu 50-60 cm se hodnota velmi nepatrně snížila. K dalšímu snížení dochází v hloubce 80-90 cm, tedy o 10 cm výše, než u hodnoty pH/H₂O. Na lokalitě 2 dochází ke kolísání postupně se zvyšujících hodnot ve stejných horizontech jak pro pH/KCl, tak i pro pH/H₂O, a to v horizontech 20-30 cm a 30-40 cm. Rozdíl hodnot mezi horizontem 30-40 cm a 40-70 cm 0,446 u pH/H₂O a 0,456 u pH/KCl. U lokality 3 jsou hodnoty pH/KCl bez kolísání a hodnoty pH/H₂O se téměř zanedbatelně snížily v horizontu 10-20 cm.

3.4.1 Výsledky ICP MS

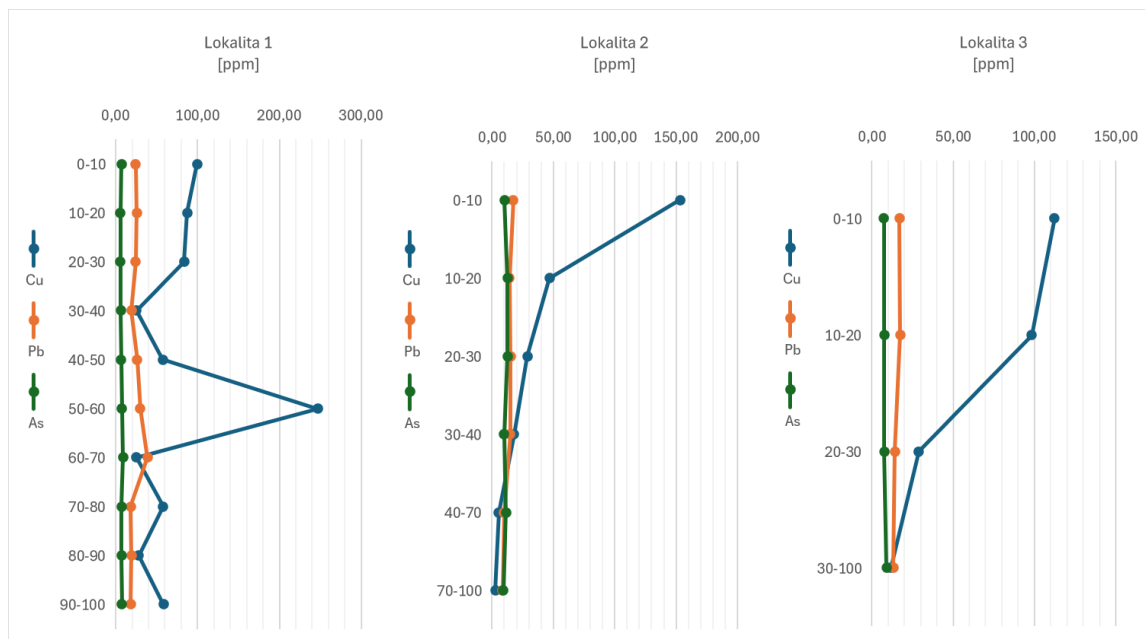
Metodou ICP MS bylo zkoumáno 22 těžkých kovů a metaloidů (Příloha 2). Obecně platí, že koncentrace kovů s hloubkou spíše klesaly. Ani jedna z vinic nesplnila limitní hodnoty Cu pro rizikové prvky (Tab. 6) z vyhlášky Ministerstva životního prostředí (MŽP) [1]. Na lokalitě 1 hodnoty mědi neklesaly s hloubkou, jak by bylo očekávané kvůli sorpčnímu komplexu. V horizontu 50-60 cm se hodnoty mědi téměř 2,5krát znásobily na hodnotu 246,58 ppm oproti hodnotám ve svrchním horizontu, což je zároveň nejvyšší naměřená hodnota ze všech lokalit. Můžeme to vysvětlit minulostí vinice, kdy byla hojně využívána modrá skalice (CuSO_4) jako fungicid a na vinici se každoročně stále dováží nová půda. V hlubších vrstvách na lokalitě 1 pak koncentrace mědi kolísají mezi 25-58 ppm. Podle vyhlášky MŽP je limitní hodnota pro Cu 60 ppm. Tento limit překročily všechny lokality ve svrchních horizontech. Může to být dáno především dlouhodobým využíváním fungicidů na bázi mědi.

Kategorie půd	Preventivní hodnota (mg/kg)										
	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	V	Zn
Běžné půdy	20	2,0	0,5	30	90	60	0	50	60	130	120
Lehké půdy	15	1,5	0,4	20	55	45	0	45	55	120	105

Tab. 6: Preventivní hodnoty obsahů rizikových prvků v zemědělské půdě zjištěné extrakcí HNO_3 [1].

Stopové prvky Pb, Cd a Zn nepřekročily limity na žádné lokalitě. Jejich naměřené hodnoty na všech lokalitách klesají s hloubkou vyjma Pb, které na první lokalitě klesá do horizontu 30-40 cm a následně jeho hodnoty znovu rostou až do horizontu 60-70 cm, poté koncentrace s hloubkou klesá. Nejvyšší naměřená koncentrace olova (38,98 ppm) na všech lokalitách byla právě na lokalitě 1 v horizontu 60-70 cm. Limitní hodnota olova je 60 ppm. Abychom takovou koncentraci na vinicích naměřili, musely by vinice být poblíž frekventovaných silnic, průmyslových oblastí nebo měst, kde dochází ke znečištění olovem. Koncentrace Zn klesaly s hloubkou ve všech lokalitách, nejvyšší naměřená koncentrace 111,68 ppm byla v horizontu 0-10 cm na lokalitě 1 především z důvodu využívání pesticidu Dithane, jež obsahuje látku mancozeb (polymerní manganato-zinečnatý komplex).

V Tab. 7 jsou znázorněny koncentrace Pb, Cu a As v závislosti na hloubce horizontů. Můžeme zde pozorovat jasný pokles hodnot Cu na lokalitách 2 a 3 s hloubkou a vysoký nárůst koncentrace Cu na lokalitě 1. Největší výkyv hodnot Pb můžeme pozorovat na lokalitě 1, v ostatních případech koncentrace Pb klesá s hloubkou. Koncentrace As se na všech lokalitách ve všech horizontech významně neliší a zároveň dosahují téměř polovičních hodnot, než jsou stanovené preventivní hodnoty vyhláškou MŽP [1].



Tab. 7: Koncentrace prvků (Cu, Pb, As) v závislosti na hloubce horizontu.

4. Závěr

Pesticidy a jejich využívání v zemědělství mohou být problematické pro životní prostředí. Evropská unie a ministerstvo životního prostředí ČR vydali vyhlášky [1] (Tab. 6), ve kterých stanovují maximální limitní hodnoty kontaminačních a rizikových prvků v zemědělské půdě. Jediným zkoumaným prvkem na vybraných vinicích, který přesáhl stanovené limity byla měď. Z výsledných hodnot můžeme konstatovat, že dlouhodobá a častá aplikace měďnatých fungicidů může způsobovat zvýšenou retenci mědi v půdě. Důvodem k časté aplikaci fungicidů je zvýšený výskyt škodlivých plísní, které je potřeba odstranit. Častému výskytu plísní napomáhá příznivé klima, ve kterém se daří vinné révě. Jedním ze způsobů, jak snížit Cu v půdě a zároveň se zbavit plísní, může být odložení prvního postřiku fungicidem (Mailly et al. 2017). Zadržování zvýšených koncentrací mědi ve svrchní části půdy může vzniknout problém v okamžiku vysazování mladé vinné révy, jejichž kořeny nejsou tak hluboké, aby unikly zvýšeným koncentracím mědi. Vyšší koncentrace mědi ve svrchních horizontech souvisí s imobilizací organickou hmotou. Jiné zkoumané kovy limitní hranici danou vyhláškou [1] nepřekročily, a to i přes to, že jsou pravidelně a dlouhodobě aplikovány i jiné pesticidy, jako třeba Dithane využívaný v na lokalitě 1. Prodej pesticidů s látkou mancozeb je v EU od roku 2022 zakázán, neboť je tato látka klasifikována jako toxická. Pomocí výsledků půdní reakce a kationtové výměnné kapacity můžeme tvrdit, že tyto vybrané vinice mají velkou zásobu dostupných živin, avšak se zvyšujícím se pH nám klesá rozpustnost Fe, Mn, Zn a Cu.

V zájmu vinařského průmyslu by nemělo být přílišné narušení přirozené skladby prvků v půdě. Podpora malých vinařů, kteří se o vinice starají šetrněji, využívají alternativní metody místo pesticidům nebo prodlužují intervaly aplikace pesticidů, nám může přinést menší zátěž na životního prostředí, omezení kontaminace zemědělských půd a menší riziko intoxikace z vinařských produktů.

Zdroje

BLAVET, Didier; DE NONI, Georges; LE BISSONNAIS, Yves; LEONARD, M.; MAILLO, L.; LAURENT, Jean Yves; ASSELINE, Jean; LEPRUN, Jean Claude; ARSHAD Muhammad A.Charlie, ROOSE Eric Jean. Effect of land use and management on the early stages of soil water erosion in French Mediterranean vineyards. Online. Soil and Tillage Research. 2009, roč. 106, č. 1, s. 124-136. ISSN 01671987. [cit. 2024-07-13].

BORSATO, Eros; ZUCCHINELLI, Maria; D'AMMARO, Daniele; GIUBILATO, Elisa; ZABEO, Alex; CRISCIONE, Paolo; PIZZOL, Lisa; COHEN, Yafit; TAROLLI, Paolo; LAMASTRA, Lucrezia; MARINELLO, Francesco. Use of multiple indicators to compare sustainability performance of organic vs conventional vineyard management. Online. Science of The Total Environment. 2020, roč. 711. ISSN 00489697. [cit. 2024-07-18].

BROOKS, Randy. Forest Soils versus Agricultural Soils. Online. University of Idaho Extension Forestry Information Series. Dostupné z: <https://www.uidaho.edu/-/media/UIDaho-Responsive/Files/Extension/topic/forestry/FM45-Forest-Soils-vs-Agricultural-Soils.pdf>. [cit. 2024-07-14].

DOHRMANN, Reiner. Cation exchange capacity methodology II: A modified silver–thiourea method. Online. Applied Clay Science. 2006, roč. 34, č. 1-4, s. 38-46. ISSN 01691317. [cit. 2024-07-14].

FORMÁNEK, Josef. Podklady k principu měření hodnoty pH a vodivosti kapaliny. Výukové texty pro předmět Měřicí technika. Česká zemědělská univerzita. 2013.

GIFFARD, Brice; WINTER, Silvia; GUIDONI, Silvia; NICOLAI, Annegret; CASTALDINI, Maurizio; CLUZEAU, Daniel; COLL, Patrice; CORTET, Jérôme; LE CADRE, Edith; D'ERRICO, Giada; FORNECK, Astrid; GAGNARLI, Elena; GRIESSER, Michaela; GUERNION, Muriel; LAGOMARSINO, Alessandra; LANDI, Silvia; BISSONNAIS, Yves Le; MANIA, Elena; MOCALI, Stefano; PREDÀ, Cristina; PRIORI, Simone; REINEKE, Annette; RUSCH, Adrien; SCHROERS, Hans-Josef; SIMONI, Sauro; STEINER, Magdalena; TEMNEANU, Elena; BACHER, Sven; COSTANTINI, Edoardo A. C.; ZALLER, Johann; LEYER, Ilona. Vineyard Management and Its Impacts on Soil Biodiversity, Functions, and Ecosystem Services. *Frontiers in Ecology and Evolution* [online]. 2022, 2022-7-22, 10 [cit. 2024-07-09]. ISSN 2296-701X.

HILDEBRANDT, Alain; GUILLAMÓN, Míriam; LACORTE, Sílvia; TAULER, Romà; BARCELÓ, Damià. Online. Water Research. 2008, roč. 42, č. 13. ISSN 00431354. [cit. 2024-07-16].

KOMÁREK, Michael; ČADKOVÁ, Eva; CHRASTNÝ, Vladislav; BORDAS François; BOLLINGER, Jean-Claude. Contamination of vineyard soils with fungicides: A review of

environmental and toxicological aspects. Online. *Environment International*. 2010, roč. 36, č. 1, s. 138-151. ISSN 01604120. [cit. 2024-07-15].

KOMÁREK, Michael; SZÁKOVÁ, Jiřina; ROHOŠKOVÁ, Marcela; JAVORSKÁ, Hana; CHRASTNÝ, Vladislav; BALÍK Jiří. Copper contamination of vineyard soils from small wine producers: A case study from the Czech Republic. Online. *Geoderma*. 2008, roč. 147, č. 1-2, s. 16-22. ISSN 00167061. [cit. 2024-07-22].

LAZCANO, Cristina; DECOCK, Charlotte; WILSON, Stewart G.. Defining and Managing for Healthy Vineyard Soils, Intersections With the Concept of Terroir. *Frontiers in Environmental Science* [online]. 2020, 2020-6-18, 8 [cit. 2024-07-09]. ISSN 2296-665X.

MAILLY, Florine; HOSSARD, Laure; BARBIER, Jean-Marc; THIOULET-SCHOLTUS Marie; GARY Christian. Quantifying the impact of crop protection practices on pesticide use in wine-growing systems. Online. *European Journal of Agronomy*. 2017, roč. 84, s. 23-34. ISSN 11610301. [cit. 2024-07-19].

PATINHA, Carla; DURÃES, Nuno; DIAS, Ana Cláudia; PATO, Pedro; FONSECA, Rita; JANEIRO, Ana; BARRIGA, Fernando; REIS, Amélia Paula; DUARTE, Armando; FERREIRA DA SILVA, Eduardo; SOUSA, António Jorge; CACHADA, Anabela. Long-term application of the organic and inorganic pesticides in vineyards: Environmental record of past use. Online. *Applied Geochemistry*. 2018, roč. 88, s. 226-238. ISSN 08832927. [cit. 2024-07-15].

PINTER, Iván Funes; SALOMON, M. Victoria; GIL, Raúl; MASTRANTONIO, Leandro; BOTTINI, Rubén; PICCOLI, Patricia. Arsenic and trace elements in soil, water, grapevine and onion in Jáchal, Argentina. Online. *The Science of the total environment*. 2018, roč. 615, s. 1485-1498. ISSN 0048-9697. [cit. 2024-07-21].

PIVATO, Alberto; BARAUSSE, Alberto; ZECCHINATO, Francesco; PALMERI, Luca; RAGA, Roberto; LAVAGNOLO, Maria Cristina; COSSU, Raffaello. An integrated model-based approach to the risk assessment of pesticide drift from vineyards. Online. *Atmospheric Environment*. 2015, roč. 111, s. 136-150. ISSN 13522310. [cit. 2024-07-19].

QUIQUEREZ, Amélie; BRENOT, Jérôme; GARCIA, Jean-Pierre; PETIT, Christophe. Soil degradation caused by a high-intensity rainfall event: Implications for medium-term soil sustainability in Burgundian vineyards. Online. *CATENA*. 2008, roč. 73, č. 1, s. 89-97. ISSN 03418162 [cit. 2024-07-13].

ROCKSTRÖM, Johan; STEFFEN, Will; NOONE, Kevin; PERSSON, Åsa; CHAPIN, F. Stuart; LAMBIN, Eric F.; LENTON, Timothy M.; SCHEFFER, Marten; FOLKE, Carl; SCHELLNHUBER, Hans Joachim; NYKVIST, Björn; DE WIT, Cynthia A.; HUGHES, Terry; VAN DER LEEUW,

Sander; RODHE, Henning; SÖRLIN, Sverker; SNYDER, Peter K.; COSTANZA, Robert; SVEDIN, Uno; FALKENMARK, Malin; KARLBERG, Louise; CORELL, Robert W.; FABRY, Victoria J.; HANSEN, James; WALKER, Brian; LIVERMAN, Diana; RICHARDSON, Katherine; CRUTZEN, Paul; FOLEY, Jonathan A. A safe operating space for humanity. Online. *Nature*. 2009, roč. 461, č. 7263, s. 472-475. ISSN 0028-0836. [cit. 2024-07-13].

STRNAD, Ladislav; MIHALJEVIČ, Martin; ŠEBEK, Ondřej. Aplikace hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem v geovědách. In: *Moderní analytické metody v geochemii*. Praha: VŠCHT, 2008, s. 45-56.

ŠANTRŮČKOVÁ, Hana, Eva KAŠTOVSKÁ, Jiří BÁRTA, Ladislav MIKO a Karel TAJOVSKÝ. *Ekologie půdy*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2018, s. 211-248. ISBN 9788073946951.

TELAČEK, Leon a BOGUNOVIC, Igor. Tillage-induced impacts on the soil properties, soil water erosion, and loss of nutrients in the vineyard (Central Croatia). Online. *Journal of Central European Agriculture*. 2020, roč. 21, č. 3, s. 589-601. ISSN 1332-9049 [cit. 2024-07-14].

VAN LEEUWEN, Cornelis; FRIANT, Philippe; CHONÉ, Xavier; TREGOAT, Olivier; KOUNDOURAS, Stephanos; DUBOURDIEU, Denis. Influence of Climate, Soil, and Cultivar on Terroir. Online. *American Journal of Enology and Viticulture*. 2004, roč. 55, č. 3, s. 207-217. ISSN 0002-9254. [cit. 2024-07-14].

VAN LEEUWEN, Cornélis; ROBY, Jean-Philippe; DE RESSÉGUIER, Laure. Soil-related terroir factors: a review. *OENO One* [online]. 2018, 2018-06-27, 52(2), 173-188 [cit. 2024-07-09]. ISSN 2494-1271.

VITALI ČEPO, Dubravka; PELAJIĆ, Maja; VINKOVIĆ VRČEK, Ivana; KRIVOHLAVEK, Adela; ŽUNTAR, Irena; KAROGLAN, Marko. Differences in the levels of pesticides, metals, sulphites and ochratoxin A between organically and conventionally produced wines. Online. *Food Chemistry*. 2018, roč. 246, s. 394-403. ISSN 03088146. [cit. 2024-07-18].

VYSTAVNA, Yuliya; RÄTSEP, Reelika; KLYMENKO, Nina; DROZD, Olena; PIDLISNYUK, Valentina; KLYMENKO, Mykola. Comparison of soil-to-root transfer and translocation coefficients of trace elements in vines of Chardonnay and Muscat white grown in the same vineyard. Online. *Scientia Horticulturae*. 2015, roč. 192, s. 89-96. ISSN 03044238. [cit. 2024-07-30].

WHITE, Robert Edwin; BALACHANDRA, Lilanga; EDIS, Robert; CHEN, Deli. The soil component of terroir. Online. *OENO One*. 2007, roč. 41, č. 1, s. 9-18. ISSN 2494-1271. [cit. 2024-07-14].

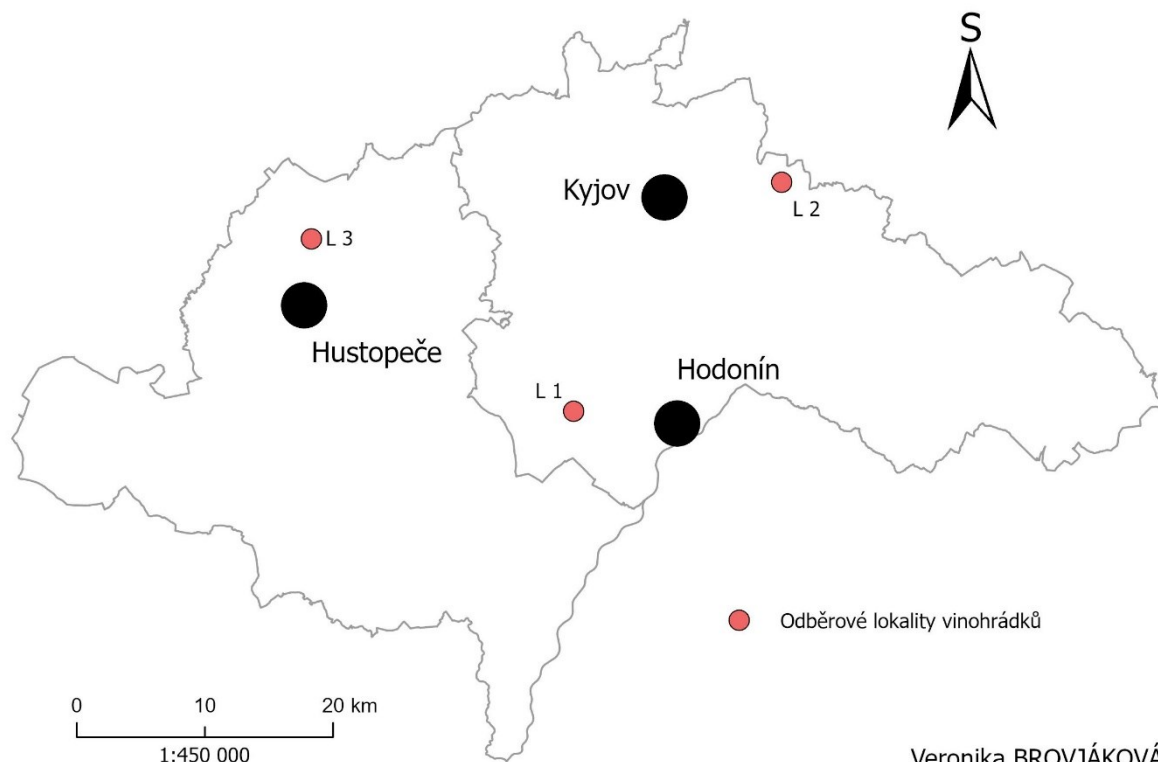
WHITE, R. E. (Robert Edwin). *Understanding vineyard soils*. 2nd ed. New York, NY: Oxford University Press, 2020, 1 online resource (289 p.). ISBN 0-19-756287-6.

[1] Příloha 1 vyhlášky č. 153/2016 Sb., o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy a o změně vyhlášky č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu ve znění vyhlášky č. 271/2019 Sb.

Přílohy

Příloha 1 – Mapa vybraných odběrových lokalit

Lokality vybraných vinohrádků



Veronika BROVJÁKOVÁ
Nehvizdy, 2024

Příloha 2 – Tabulka koncentrací prvků ve vzorkách na lokalitách L1, L2 a L3

		Be	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As	Sr	Y	Zr	Cd	Sb	Ba	La	Ce	Nd	Tl	Pb	Th	U
Lokalita	Hloubka [cm]	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
L1	0-10	1,25	47,95	51,88	549,85	7,63	23,03	99,28	111,68	7,07	109,61	18,87	228,99	0,30	3,81	322,94	25,33	52,49	23,30	0,50	24,47	7,32	2,10
	10-20	1,19	45,58	50,95	539,18	7,41	22,56	87,34	102,93	5,73	114,88	17,98	211,70	0,28	3,57	324,68	22,18	45,86	20,59	0,44	25,79	6,61	1,99
	20-30	1,24	45,04	51,99	537,08	7,43	23,13	83,75	109,06	5,77	121,21	17,74	198,07	0,26	3,64	339,37	22,64	46,74	20,98	0,44	24,47	6,50	1,94
	30-40	1,25	44,53	50,50	568,76	7,59	23,30	25,30	63,31	6,23	131,54	17,19	210,87	0,26	4,28	346,55	20,98	44,12	19,99	0,48	19,05	6,47	1,95
	40-50	1,33	49,54	56,04	523,17	7,61	22,82	57,56	59,52	6,84	109,66	18,37	194,00	0,26	3,59	403,93	23,22	48,66	22,08	0,47	26,04	7,10	2,07
	50-60	1,35	49,78	52,37	519,37	7,60	22,92	246,58	59,48	7,49	98,48	17,67	196,14	0,21	3,99	341,39	23,20	49,75	22,66	0,51	29,86	7,73	1,97
	60-70	1,39	49,28	54,68	547,46	7,67	23,10	25,49	59,80	9,21	118,40	18,46	201,23	0,22	6,08	345,50	22,66	47,40	21,64	0,64	38,98	7,01	2,09
	70-80	1,36	51,15	55,74	522,63	7,72	23,31	57,96	53,54	7,03	104,52	18,73	203,54	0,21	3,55	313,73	21,66	45,76	20,94	0,47	18,23	6,83	2,03
	80-90	1,39	54,32	58,21	540,04	8,29	24,93	27,95	54,19	7,13	99,59	20,21	235,84	0,27	3,43	326,28	23,12	49,73	22,83	0,48	19,36	7,77	2,21
	90-100	1,51	55,81	59,00	536,96	8,29	25,04	58,22	51,83	7,65	109,46	19,64	212,38	0,23	4,17	323,99	22,20	46,62	21,26	0,48	18,23	6,84	2,15
L2	0-10	1,49	62,67	62,00	507,58	9,45	30,97	153,11	66,97	10,16	87,24	16,15	166,78	0,20	3,56	328,92	20,36	43,58	20,39	0,48	17,50	6,69	1,82
	10-20	1,29	53,19	57,44	424,29	8,84	26,04	46,79	46,85	12,56	92,36	15,81	167,46	0,20	5,09	287,70	19,39	40,42	18,29	0,58	14,36	6,05	1,77
	20-30	1,38	58,02	62,20	464,95	8,94	28,29	28,96	49,01	12,63	96,16	18,02	192,45	0,23	5,32	280,77	21,01	44,56	19,99	0,56	15,06	6,70	1,96
	30-40	1,24	52,86	59,06	444,16	8,22	25,37	18,11	42,90	9,97	109,65	16,04	152,07	0,17	5,26	317,08	19,35	39,73	17,82	0,47	14,72	5,80	1,82
	40-70	0,92	32,69	39,27	204,44	8,98	14,85	5,50	23,27	11,57	90,89	8,32	74,89	0,09	4,28	300,01	11,71	23,77	10,60	0,42	9,78	3,25	1,15
	70-100	0,73	21,35	38,18	110,79	9,42	13,21	2,64	20,72	9,21	76,53	7,66	57,56	0,05	4,18	291,65	12,37	24,93	11,30	0,41	8,63	3,56	1,29
L3	0-10	1,53	55,28	56,63	474,33	5,92	23,78	112,44	98,68	7,51	181,05	16,58	85,96	0,40	8,55	305,09	20,58	40,13	17,74	0,55	16,96	5,60	2,22
	10-20	1,61	56,72	52,87	444,41	7,05	23,71	98,28	89,84	7,66	184,99	17,05	89,97	0,35	8,48	308,14	20,97	41,25	18,32	0,55	17,49	5,97	2,36
	20-30	1,67	66,16	53,73	334,99	7,30	22,48	28,93	63,29	7,60	199,54	16,52	93,55	0,30	9,13	252,94	19,35	38,05	17,53	0,55	14,18	6,01	2,65
	30-100	1,54	54,16	45,36	338,27	7,62	18,89	11,63	48,30	9,16	188,29	15,23	90,24	0,21	13,48	250,94	17,61	35,49	16,35	0,80	13,36	5,47	2,24