

Mendelova univerzita v Brně
Zahradnická fakulta v Lednici

**Možnosti uplatnění inteligentního a precizního vinohradnictví
v podmínkách ČR**

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce
doc. Ing. Patrik Burg, Ph.D.

Vypracoval
Denis Otisk

Lednice 2017



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatel : **Denis Otisk**
Studijní program: **Zahradnické inženýrství**
Obor: **Vinohradnictví a vinnictví**
Název tématu: **Možnosti uplatnění inteligentního a precizního vinohradnictví v podmínkách ČR**
Rozsah práce: **40**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte literární rešerši zaměřenou na problematiku precizního zemědělství resp. vinohradnictví a významu uplatňování tohoto systému hospodaření (inteligentní a precizní vinohradnictví). Zhodnotte současný stav a naznačte další vývoj v této oblasti.
2. Ve vztahu k vinohradnictví uveďte konkrétní příklady a charakteristiku využití těchto moderních technologií (tvorba aplikačních a výnosových map, systém přesného navádění strojů apod.)
3. Zpracujte studii zaměřenou na investiční náročnost a hlavní předpoklady pro zavádění těchto perspektivních metod a technologií do vinohradnické praxe
4. Na dané téma zpracujte powerpointovou prezentaci (její rozsah a obsahovou náplň konzultujte s vedoucím práce). Po formální stránce musí zpracování práce odpovídat platným požadavkům ZF


Seznam odborné literatury:

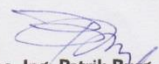
1. STRAŠKRÁBA, A. *Ekonomické aspekty precizního zemědělství*. Diplomová práce. Brno: MZLU v Brně, 2006.
2. BURGOVÁ, J. – MAŠÁN, V. – BURG, P. *Precizní vinohradnictví. Vinařský obzor*. 2015. zv. 108, č. 4, s. 180–181. ISSN 1212-7884.
3. HABRLE, J. *Ekonomický zisk a ekologický přínos precizního zemědělství*. -: Úroda, 2003. 3 s.
4. RYBKA, A. – ŠTASTNÝ, M. *Precizní zemědělství : (studijní zpráva) = Precision agriculture : (review)*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1998. 52 s. Studijní informace. ISBN 80-7271-038-9.
5. RODRIGUEZ-MORENO, F. – LUKAS, V. – NEUDERT, L. – DRYŠLOVÁ, T. *Spatial interpretation of plant parameters in winter wheat. Precision Agriculture*. 2014. zv. 15, č. 4, s. 447–465. ISSN 1385-2256. URL: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11119-013-9340-7>
6. LUKAS, V. a kol. *Stanovení a optimalizace diferencovaných dávek dusíkatých hnojiv v precizním zemědělství : metodika pro praxi*. 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2012. 45 s. ISBN 978-80-7375-686-4.
7. BURŠÍK, J. *Využití systémů GPS u techniky pro pěstování rostlin*. Bakalářská práce. Brno: MENDELU Brno, 2011. 58 s.
8. LUKAS, V. *Základní hnojení v precizním zemědělství – porovnání variabilní a uniformní aplikace. Úroda*. 2010. zv. LVIII, č. 12, s. 513–516. ISSN 0139-6013.

Datum zadání bakalářské práce: prosinec 2015


Termín odevzdání bakalářské práce: květen 2017


L. S.


Denis Otisk
Autor práce


doc. Ing. Patrik Burg, Ph.D.
Vedoucí ústavu




doc. Ing. Patrik Burg, Ph.D.
Vedoucí práce


prof. Ing. Robert Pokluda, Ph.D.
Děkan ZF MENDELU

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: *Možnosti uplatnění inteligentního a precizního vinohradnictví v podmínkách ČR* vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Lednici dne:

.....

Podpis studenta

Poděkování

Především bych chtěl poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Patriku Burgovi, Ph.D., který si na mě vždy udělal čas a poskytnul mi vzácné konzultace, rady a připomínky. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Pavlu Pospíšilovi a firmě HM, s.r.o. za cenné informace a poznatky.

Na konec bych ještě rád poděkoval mé blízké rodině, která mi umožnila studium tohoto oboru. Vždy mi byla na blízku a během studia mi dokázala poskytnout potřebnou oporu a trpělivost.

Obsah

1	ÚVOD.....	9
2	CÍL PRÁCE.....	11
3	SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY.....	12
3.1	Význam a charakteristika precizního zemědělství.....	12
3.1.1	Základ precizního vinohradnictví.....	12
3.1.2	Inteligentní vinohradnictví.....	13
3.1.3	Současný stav v této oblasti.....	14
3.1.4	Precizní vinohradnictví.....	14
3.2	GPS.....	15
3.2.1	Globální polohový systém (GPS).....	15
3.2.2	Galileo.....	16
3.2.3	Využití GPS ve vinohradnictví.....	17
3.3	Možnosti využití technologií v oblasti precizního vinohradnictví.....	18
3.3.1	Základní technologie.....	18
3.3.2	Geolokace.....	19
3.3.3	Monitorovací technologie.....	19
3.3.4	Systémy a metody hnojení.....	24
3.3.5	Tvorba výnosových map.....	26
3.3.6	Senzory a snímače.....	28
3.4	Trendy ve vývoji.....	35
3.4.1	Bezpilotní letadla (UAV).....	35
3.4.2	Drony.....	36
3.4.3	Technologie s proměnlivou sazbou (VRT).....	39
3.4.4	Robotická zařízení.....	40
4	VYPRACOVÁNÍ.....	43
4.1	Přehled výrobců GPS systému.....	43

4.1.1	Clemens Vinescout.....	43
4.1.2	System manuálního řízení	43
4.1.3	Systemy asistovaného řízení.....	44
4.1.4	Systemy automatického řízení.....	44
4.2	Studie zaměřená na investiční náročnost a hlavní předpoklady pro zavádění těchto metod a technologií	45
5	ZÁVĚR	47
6	SOUHRN	48
7	SUMMARY.....	48
8	POUŽITÁ LITERATURA	49

Seznam obrázků

<i>Obr. 1 – Skenování řádků pomocí GPS (MÜLLER, www.obstbau.at, 2012)</i>	16
<i>Obr. 2 – GPS: digitální mozek (MÜLLER, www.obstbau.at, 2012).....</i>	17
<i>Obr. 3 – GPS řízený pomocí čtyř satelitů (MÜLLER, www.obstbau.at, 2012)</i>	17
<i>Obr. 4 – Senzory pro dálkový průzkum (www.dovepress.com, 2015)</i>	22
<i>Obr. 5 – Ruční zařízení pro monitorování kvality hroznů (www.dovepress.com, 2015) 28</i>	
<i>Obr. 6 – Mapa vodivosti půdy (KROULÍK, www.agrojournal.cz, 2016)</i>	30
<i>Obr. 7 – Bezdrátová síť měřících senzorů (www.dovepress.com, 2015).....</i>	32
<i>Obr. 8 – Instalace PreDiVine senzoru (www.libelium.com, 2015)</i>	33
<i>Obr. 9 - Ukázka programu Adaptive Management (www.libelium.com, 2015)</i>	34
<i>Obr. 10 - Kontrola výsledků v praxi (www.libelium.com, 2015).....</i>	34
<i>Obr. 11 - Snímek z monitoringu vinice (STRAKA, www.agrobiznis.sk, 2015)</i>	38
<i>Obr. 12 - Dron 3DR Iris (TURNER, www.dronesglobe.com, 2015)</i>	38
<i>Obr. 13 – Přehled robotických zařízení (www.dovepress.com, 2015)</i>	41
<i>Obr. 14 – Systém Geisi v praxi (TECHNOLOGIES, www.twitter.com, 2016).....</i>	42
<i>Obr. 15 – Clemens Vinescout (www.clemens-online.com).....</i>	43
<i>Obr. 16 – Intelligent Planting System.....</i>	45
<i>Obr. 17 – Zetor Forterra CL 140</i>	45
<i>Obr. 18 – Sázeč s GPS.....</i>	46
<i>Obr. 19 – Detail stacionární GPS</i>	46
<i>Obr. 20 – Stacionární GPS.....</i>	46

1 ÚVOD

Udržitelnost zemědělské produkce vyžaduje průběžný rozvoj a implementaci nových pěstitelských technologií. Jejich zavádění do provozní praxe se neobejde bez progresivních mechanizačních prostředků, využívaných při zajištění jednotlivých pracovních operací, které jsou vybaveny moderními elektronickými prvky. Tyto prvky mohou být využívány v souvislosti s usnadněním ovladatelnosti a navádění strojů, promítají se však v konečném důsledku do úspora paliv, nižší spotřeby materiálu (postřiky, hnojiva) a mají celkově pozitivní vliv na výslednou ekonomiku produkce.

V oblasti zahradnické produkce vystihuje tyto trendy precizní a inteligentní vinohradnictví. Jedná se o systém vycházející z technologií založených na poznacích a informacích získané za roky praxe tradičního vinohradnictví a obhospodařování vinic. Celkově inteligentní a precizní vinohradnictví je založeno na využití přesnějších a podrobnějších informací od vysazení, pěstování až po sklizeň. Následná kontrola stavu půdy a vinic je daleko jednodušší díky této metodě. Hlavní přednosti této metody spočívají ve snížení nákladů, ztrátě času a ochraně prostředí. Co se týče ČR, tak ta má příznivou agrární strukturu uplatňující technologie pro zavádění precizní vinohradnictví (pestrost klimatických, pedologických, geologických a hydrologických podmínek v kombinaci s členitostí terénu). Jelikož využívá metodu skenování terénu a půdy. Přesněji prostorově orientované, podrobné a specifické informace a následné vyhodnocení pro kvalitnější produkci plodin v rámci vinohradnictví. Využívá různé stroje, které se zabývají rozdílnými problémy. Některé jsou použity na skenování a sběr informací, jiné na použití přípravků do půdy nebo také na průběžnou kontrolu růstu a výnosu. Samotné navigační systémy, které jsou stále více využívány, se v podmínkách ČR uplatňují především při výsadbě nově založené vinice nebo při tvorbě konstrukce ve vinici. Hlavní nevýhodou je však v soudobých hospodářsko-ekonomických podmínkách nepříznivá ekonomická situace u podniků a vinařství, která samozřejmě není nakloněna nákupu nových (mnohdy značně drahých) technologií, strojů i placení služeb.

Právě proto je zavádění technologií precizního vinohradnictví v podmínkách ČR velmi složité a pod značným ekonomickým tlakem. I přesto všechno by se mohl tento systém v praxi stále více uplatňovat, jelikož je o něj zájem a rovněž dodavatelé jak zemědělských strojů, tak i pesticidů a hnojiv s ním v nejbližší době počítají.

V dnešní době se ale stále využívá klasická metoda tradičního vinohradnictví, kde se nehledí tolik na problematiku dané lokality a zapravují se hnojiva, výživa nebo herbicidy apod. všude stejným dílem, i když v různých místech je odlišný obsah těchto složek.

S ohledem na relativně malé zastoupení a využívání těchto systému v podmínkách vinohradnických provozů v ČR, by práce měla přispívat k objasnění a posílení podvědomí o využitelnosti těchto systému v provozní praxi.

2 CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce bylo zpracovat a zhodnotit přehled systémů využívaných v oblasti inteligentního a precizního vinohradnictví v podmínkách ČR. Součástí práce bylo vypracování modelové studie zaměřené na investiční náročnost a hlavní předpoklady pro zavádění těchto perspektivních metod a technologií do vinohradnické praxe.

3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

3.1 Význam a charakteristika precizního zemědělství

3.1.1 Základ precizního vinohradnictví

Teorie a praxe této metody i v dnešní době není zcela stejná a největší rozdíl je v tom, že teoreticky určitá místa vinice mají různé vlastnosti půdy a měly by být ošetřovány odlišně, aby se dosáhlo co nejlepšího výnosu s co nejmenšími měrnými dávkami hnojiv a pesticidů. Bohužel v praxi je těžší správně určit tyto plochy. A tím i vstupní náklady, které by měly být nižší než výnos. Precizní vinohradnictví se především zabývá určením a analýzou prostorové a okamžité odchylky, tím chce optimalizovat produkci a dosáhnout tak vysokého a trvalého výnosu. Jako prostředky využívá především polohový systém zemědělských strojů. Prozatím jako nejlepší zdroj určení polohy jsou signály z družic. Ty dokážou určit především vodorovnou polohu s přesností na jeden metr. Ale i to není stoprocentní a signály mohou být rušeny např. stromy případně budovami a tím může dojít ke zkreslení výsledků. Na to téma byla i zjišťována nepřesnost GPS systému, kde odchylka byla zhruba jeden metr a u přijímače docházelo ke ztrátě signálu nebo přijímání jiných, nechtěných signálů. Proto byly zavedeny různé filtry, které těmto jevům zamezily. Tento systém je hojně využíván ve vinohradnictví, kde jsou potřeba různé aplikační dávky v jiných částech vinic. To znamená, že by se mělo zamezit nesprávnému určení polohy a tím k aplikaci špatné dávky na jiné místo, než byla určena. Jelikož rychlost pojezdu je přímo úměrná průchodnosti dávkovacího zařízení, je nezbytné, aby nepřesnosti v rychlosti byly minimalizovány (RYBKA, ŠŤASTNÝ, 1998).

Precizní vinohradnictví si klade za cíl maximalizovat enologický potenciál vinic. To platí zejména na vinicích, kde jsou vysoké standardy na kvalitu výroby vína a snaží postupovat řízením site-specific, což značí současně zvyšovat nejen kvalitu, ale i výnos. Zaváděním nových technologií pro podporu obhospodařování vinic umožňuje vysokou efektivitu, přičemž kvalita výroby se musí stále zlepšovat a zároveň by se měl snižovat dopad na životní prostředí. Rychlý vývoj komunikačních a informačních technologií a geografické oblasti vědy může nabídnout výborný potenciál pro rozvoj optimalizovaných řešení, pro distribuované informace a celkově pro precizní vinohradnictví (MATESE, DI GENNARO, 2015).

Použití precizního vinohradnictví a přesné mechanizace ve vinicích s chladným klimatem může poskytnout zvýšenou kvalitu hroznů a finanční udržitelnost. Při použití přesné mechanizace oproti tradiční činnosti mohou vést úspory v rozmezí k 30-80% (NEWSON, NETTELBECK, 2013).

Precizní vinohradnictví je pojem, který také souvisí s ochranou životního prostředí. Především chemické ochranné prostředky nebo hnojiva nebývají na vinicích aplikovány paušálně v množství, které bylo předem stanoveno. Naštěstí vstupní data jsou předem kvalitně zjišťovány, precizní elektronika a pracovní ústrojí jimi využíváno jsou nastaveny tak, aby aplikace mohla aktuálně pracovat s měnícími se podmínkami. V praxi to je vše využíváno např. při práci s chemickými prostředky, kdy se dávka chemikálie automaticky upravuje podle hustoty olistění keře nebo také u aktuální změny rychlosti stroje při sklizení, kdy to dokáže rozeznat počet hroznů v řádku (BURGOVÁ, MAŠÁN, BURG, 2015).

Je ale také důležité připomenout, že využití precizního vinohradnictví není přínosné v každé situaci. Příkladem mohou být některé plevely a choroby, které jsou závislé na krátkodobém počasí a nerozšiřují se po vinici systematicky. Tedy pro hubení mnoha plevelů je výhodnější provést postřik celé vinice, jelikož i několik přeživších se mohou velmi rychle množit, rozšířit se na zbylé části vinice a problém pokračuje (ŠKODA, 2014).

3.1.2 Inteligentní vinohradnictví

Využívá hlavně přesných softwarových technologií a tu nejmodernější techniku za účelem snížit jak spotřebu pohonných hmot, tak celkově nákladů na produkci (BURGOVÁ, MAŠÁN, BURG, 2015).

Vzhledem ke zvyšujícím se výrobním nákladům a nárokům podmíněnosti, je použití inteligentního vinohradnictví a například přesná dokumentace pracovní doby stále více důležitá. Pro zlepšení výroby vína je zapotřebí dostat přesnou představu, kdy a kolik pracovní doby tráví zaměstnanec ve výrobním procesu. Je to výhodné i z hlediska, jestli mají šanci zvýšit zisky, výnosy a efektivitu práce snížením pracovní doby. S pomocí dokumentace díky GPS softwaru budou moci vinaři nahrávat a analyzovat požadovaný čas každého výrobního kroku jednotlivě (VOLLMER, SCHWARZ, 2013).

3.1.3 Současný stav v této oblasti

Celkově tohle téma je pro mnoho vinohradníků a vinařských podniků známé. Je ale poměrně složité to zavést do praxe a je tedy prováděno zejména ve vyspělých státech. Hlavní důvody, proč tomu tak je, jsou především příliš vysoké nároky softwarového a hardwarového vybavení, které je přizpůsobené právě k tomu, aby provádělo sběr potřebných dat, které budou sloužit k následnému navádění strojů při práci ve vinicích i mimo ně. Do budoucna budou tyto systémy určitě zaváděny i díky velmi rychlému vývoji v oblasti digitálních technologií. Určitě taky na tom bude mít svůj podíl vývoj v pěstitelsko-ekonomické oblasti (BURGOVÁ, MAŠÁN, BURG, 2015).

3.1.4 Precizní vinohradnictví

Je založeno na dvou podporujících systémech. Jsou to GPS (globální polohový systém) a GIS (geografický informační systém). S vyspělým a technickým pokrokem GIS a GPS systémů jsou pěstitelé schopni vysazovat a pěstovat révu vinnou a při tom provádět správná rozhodnutí, která záleží na vlastnostech půdních bloků uvnitř vinohradů (LUSKA, 2009).

GPS využívá přesnou lokalizaci a ta je spojena s přesným zkoumáním vlastností půdy a pozemku. Jako jsou například obsah živin, humusu, půdní složení. Aby tyto všechny potřebné informace mohly být řádně zmapovány, provádí se většinou vzorkování dílčích míst. Vše tomuto pomáhá právě již zmiňovaný geografický informační systém, který všechna data zpracuje a vyhodnotí. Tím pádem mohou být vyrobeny topografické mapy vinic a pozemků, na kterých lze vidět různorodost. Následně pak jsou veškerá získaná data a informace využity k vytvoření aplikačních map, které slouží k zobrazení např. míst s nízkým či vysokým obsahem živin v digitální podobě. Celý systém jde také využít k analýze pozemků od zaplevelení s následující aplikací. V tomto případě se také používají letecké snímky jako další informace pro aplikaci. Systém přesného navádění je často používán k založení nové vinice, u které je schopen navrhnout případné rozvržení řádků na daném pozemku a zahrnout do úkonu i soupravu, která zároveň může provádět výsadbu sazenic. Pro tvorbu výnosových map se dají také použít elektronické systémy, které jsou doplňovány na stroje jako třeba sklízecí hroznů apod. Tyto mapy v praxi zobrazují, jaké bylo výsledné množství sklizených hroznů v řádcích (BURGOVÁ, MAŠÁN, BURG, 2015).

3.2 GPS

3.2.1 Globální polohový systém (GPS)

Slouží především k určení polohy soupravy v kterékoliv chvíli. Což pomáhá k získání informací o stavu určitých částí vinice (RYBKA, ŠŤASTNÝ, 1998).

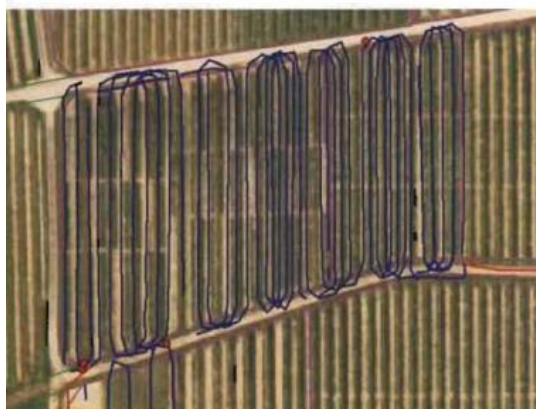
Skládá se z 24 aktivních a čtyř záložních družic, které rotují ve výšce 20 200 km nad mořem, v šesti oběžných drahách okolo Země. Doba oběhu těchto družic je 12 hodin. K samotnému měření na polích a vinicích je potřeba minimálně 4 družic. Družice v sobě nese atomové hodiny odměřující nejen přesný čas, ale také další důležité údaje (polohu ostatních družic, označení družice a její polohu, ...), které následně odešle ke GPS přijímači. Ke zjištění své aktuální pozice vypočítá GPS přijímač tzv. pseudovzdálenosti, což značí vzdálenost mezi družicemi, které jsou vidět (nad obzorem) a GPS přijímačem. Pseudovzdálenost se vypočítá tak, že se zná rychlost šíření družicového signálu a rozdíl vyslaného a přijatého signálu. K výpočtu polohy většinou bývají zapotřebí tři nebo čtyři družice, záleží, jestli chceme znát kromě zeměpisné délky a šířky i výšku. Celkově platí, že čím přesnější výpočet polohy požadujeme, tím je zapotřebí víc družic (LUKAS, NEUDERT, KŘEN, 2010).

Především ale tyto družice měly využití pro vojenské účely, tak se udělaly úpravy v podobě rušičů, které ale způsobovaly chyby. Přesnost signálu pak nebyla ideální. Proto jsou instalovány tzv. referenční stanice, které tyto chyby potlačují, a měření je daleko přesnější. Tento systém se pak nazývá diferenční (DGPS). Odchyly u těchto systému bývají kolem 1 až 5 m (KAPLAN, HEGARTY, 2006).

Samozřejmě, že k zavedení a provozu GPS systému je jednou z nejdůležitějších věcí správné zmapování pozemku a jeho vlastností, jako např. půdní profil, který ovlivňuje řadu jevů. A nejčastěji si k tomu využívají geofyzikální radary. K tomu je také potřeba vypracovat mapy, které budou obsahovat data, jako jsou zásoby živin v půdě, které jsou potřeba k správnému hnojení. Nebo taky o místním výskytu plevelů, o druhu půdy a její mechanickém stavu, o půdních reakcích apod. Některá zařízení (např. Solutech MagnaScan) při tvorbě těchto map využívají elektromagnetické pole, aby detekovaly různé změny v půdě a množství vody do hloubky až 1,5 m. Odečty u těchto zařízení mohou probíhat každou vteřinu a odečty se dělají každých zhruba 22 m. Tomuto systému se říká systém kolejových řádků (RYBKA, ŠŤASTNÝ, 1998).



GPS - řízení produkce révy vinné



Obr. 1 – Skenování řádků pomocí GPS (MÜLLER, www.obstbau.at, 2012)

3.2.2 Galileo

Galileo je název navrhovaného a budovaného evropského navigačního systému. Bohužel oproti plánu má již několikaleté zpoždění. V současné době je již ve výrobě víc jak 14 satelitů. Na oběžné dráze se nachází pár testovacích a čtyři plnohodnotné satelity. Dodělání celého systému se odhaduje nejdříve v roce 2020 (NEUDERT, LUKAS, 2015).

Navigační systém Galileo bude v porovnání s již stávajícími využívat modernější způsoby přenosu dat a generování dálkoměrného signálu, a díky tomu bude mít při stejném počtu satelitů jako ostatní, vyšší přesnost určení polohy (PRASAD, RUGGIERI, 2005).

Systém Galileo je prvním navigačním systémem, který nebude financován a provozován pro vojenské účely. Měl by být využíván pro komerční účely. Po finálním zprovoznění systému Galileo dojde nejspíš k rozšíření kombinovaných přijímačů GPS-Galileo, které budou společně určovat polohu (NEUDERT, LUKAS, 2015).

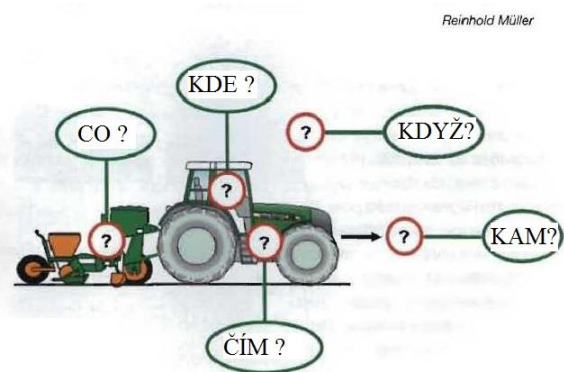
3.2.3 Využití GPS ve vinohradnictví

Výhody jsou zřejmé. Jelikož si lidský mozek nedokáže pamatovat víc věcí najednou, jako jsou přesná data a informace o rostlině či půdě. Navíc v dnešní době chce většině odběratelů znát celkový původ révy a díky GPS a příslušným systémům, se zaznamenává každá činnost a pohyb techniky. Dokáže s přesností ± 20 mm určit přesnou polohu keře.

Dalšími výhodami jsou např., že při sázení vinice jsou všechny sazenice přesně umístěny řadách a na centimetry přesně. Při prořezávání révy jsou zařízení zavěšené na mobilním zařízení a GPS určuje trasy a zaznamenává, kde pojezd přesně pracoval a jak dlouho se na daném místě zdržel. Veškerá dokumentace od vysazování do sběru hroznů nemá nikde žádné mezery. Nastavení potřebného času, doba jízdy, doba pohybu stroje, to vše si můžete přečíst na displeji a vše je automaticky uloženo. Nemluvě o akvizici ze sklizených hroznů, množství a kvalitě. Vše se osvědčilo i v praxi, kde veškerá práce, včetně čtení potřebných dat, zabrala zhruba 85 hodin, kdežto literatura na tu stejnou činnost uvádí 200 hodin. Je tedy jasné, že nám dopředu nemůže, nikdo poskytnou informace o tom, jaké budou konečné náklady, jaká bude cena hroznů, objem vína nebo finální cena za láhev. Tedy plno vinařů spoléhá na odhady a spekulace. To je nejen nedostatečné, ale naprosto nevhodné pro úspěšné řízení podniku (SCHWARZ, 2012).



Obr. 3 – GPS řízený pomocí čtyř satelitů
(MÜLLER, www.obstbau.at, 2012)



Obr. 2 – GPS: digitální mozek (MÜLLER,
www.obstbau.at, 2012)

Korekce GPS signálu

GPS signál odeslaný z družic je přesný zhruba v řádech metrů, s čímž si vystačí automobilové navigace, jelikož pracují s mapovým podkladem. Ale pro přesnější navigaci zemědělských strojů po pozemcích nebo letadel či lodí, to není plně dostačující. K tomu, aby byl signál zpřesňován, používáme referenční stanice, které využívají přesně definovanou polohu. Při využití korekčního signálu jsme schopni provádět úkony se stroji, jejichž odchylka je maximálně ± 300 mm v případě, že využijeme pomoci korekčního signálu Wass/ Egnos. Menších odchylek můžeme dosáhnout pomocí korekčního signálu Omnistar XP/ HP (± 50 až 150 mm), nebo ± 25 mm, jestliže je samotná navigace vybavena RTK stanicí a přenosem korekčního signálu za pomoci GSM sítě nebo rádiových vln (JUN, 2012).

Kompatibilita – problém u systému GPS

Jelikož se tento systém objevuje u nás častěji a častěji, tak může taky nastat problém s případnou kompatibilitou, protože v dnešní době je mnoho výrobců nabízející vlastní GPS systém. Každopádně už i to není až takový závažný problém. Výrobci se stále snaží vyvíjet kvalitnější a univerzálnější systémy právě proto, aby se daly použít do strojů od různých firem (RYBKA, ŠŤASTNÝ, 1998).

3.3 Možnosti využití technologií v oblasti precizního vinohradnictví

3.3.1 Základní technologie

Mezi základní technologie precizního zemědělství, resp. vinohradnictví můžeme považovat globální navigační satelitní systémy (GNSS), geografické informační systémy (GIS), senzorová technika a aplikační ovládací prvky.

Zpracování získaných prostorových dat se provádí v geografických informačních systémech (GIS). Mezi programy, které se zabývají zpracováním dat, řadíme desktopové nebo mobilní. Jejich činnost spočívá v provádění sběru, zpracování, analýze a exportu dvou základních typů dat – vektorů a rastrů. Samotná vektorová data znázorňují body, linie a polygony. Rastry jsou obrazovými daty s definovanou nejmenší jednotkou – pixelem. GIS pomáhá vytvářet a zobrazovat prostorová data, jako jsou např. vymezení hranic pozemků, záznamy pojezdů strojů, mapy zásobenosti půdy živinami nebo výnosové mapy. Pěstiteli a vinaři nejnámější a nejvyužívanější GIS aplikací je webové rozhraní, které zpřístupňuje registr půdy – iLPIS.

Pro stanovení variability pozemku se využívá sensorová technika, přičemž zjištění právě variability je impulzem k uplatnění metod precizního vinohradnictví. Klasické metody zjišťování půdních vlastností mohou doplňovat nebo zcela nahradit senzory, které tak mohou snížit jejich nákladnost, náročnost a operativnost. Nejpoužívanějšími senzory pro hodnocení spektrálních vlastností rostlin a půdy jsou např. N-sensor, N-tester, metody leteckého a družicového snímkování. Využívají se k mapování půdních vlastností (vlhkosti půdy, utužení půdy, měření elektrické vodivosti půdy) a mapování výnosů při sklizni. Při provádění diferencovaných zásahů se využívají aplikační ovládací prvky. Tyto prvky mohou umožnit plynulou změnu dávky hnojiva nebo postřiku, hloubku pracovního nářadí při zpracování půdy nebo i automatickou navigaci strojů a to vše díky vstupní informaci o intenzitě zásahu, což je tzv. aplikační mapa (JUN, 2012).

3.3.2 Geolokace

Georeferencování je proces, díky kterému můžeme stanovit vztah mezi prostorovými informacemi a dané zeměpisné poloze. Tím je možné provést srovnání mezi různými prostorovými daty zjištěných ve vinici, jako jsou fyzikální vlastnosti půdy, výnos a obsah vody nebo hnojiva. Zde se využívají GPS a díky diferenciální technice, poskytují přesnost určení polohy na centimetr, to především díky síti pevných, pozemních retenčních stanic (MATESE, DI GENNARO, 2015).

3.3.3 Monitorovací technologie

Primárním cílem sledovacích procesů je získávání co největšího množství informací ve vinici. Celá řada snímačů, jejichž úkolem je monitorování různých parametrů, které charakterizují prostředí růstu rostlin, se používají jak pro dálkové, tak i pro proximální monitorování geografických dat (MATESE, DI GENNARO, 2015).

Monitoring stěny keře a vitality

Kontrola stěny keře a vitality je oblast, které se pěstitelé a vinařství nejvíc věnují a to z několika důvodů. Je možné získat informace o vysokém rozlišení včas a během vegetačního období, které může být relevantní pro řízení stěny keře, hnojení a zavlažování. Tyto informace mohou být také použity k vymezení zóny s rozdíly zacílit vzorkování pro lepší zhodnocení výnosu nebo na kvalitu a nakonec naplánovat

diferenciální sklizeň podle měřené kvality. V současné době se používají dvě hlavní možnosti ke sledování stěny révy a vitality:

- systémy dálkového průzkumu
- systémy pozemního průzkumu

Systémy dálkového průzkumu

Dálkovému průzkumu Země v současné době dominuje buď anténa, nebo satelitní multispektrální senzory (modrá, zelená, infračervená vlnová délka), v důsledku nákladů a provozuschopnosti. Přednostní rozlišení obrazu pro precizní vinohradnictví je obecně asi 3 m² na pixel. To odpovídá šířce meziřadí při hustotách mezi 3000 a 4000 révy ha⁻¹. V tomto rozlišení obrazu je pixel „smíšeným“ a zahrnuje odrazivosti z révy vinné a půdy. Nicméně relativní příspěvek stěny a pozadí signálu je konstantní, bez ohledu na to, kde pixel leží v odkazu na řádku révy.

Hrubší rozlišení snímků má tendenci vynechat odpovídající detail. Naproti tomu u jemnějšího rozlišení snímků byla prokázána účinnost, která však vyžaduje více detailní zpracování.

Ve vinohradnictví vitalita obecně označuje rychlost révy růst (natáčení), zatímco v dálkového průzkumu Země, vitalita je označována jako kombinace rostlinné biomasy (velikost vinné révy) a fotosyntetické aktivity, která se nazývá ‚fotosynteticky aktivní biomasa‘. Indexy vypočtené ze vzdálených snímání se vztahují k vitalitě, od energické révy se vyznačují tím, že jsou větší a hustší než stěny révy s nižší vitalitou. Využití dat DPZ často představuje relevantní a nízkonákladový zdroj informací pro provedení vitality zónování na úrovni pozemku. Aplikace NDVI existuje i v chladném klimatu. Vinohradnictví však vzhledem ke svislým polohám produkuje obrazy včetně úzké markýzy, hluku v pozadí (půda nebo tráva), které tvoří velkou část pixelu. Informace z těchto obrazů a přístupu „mixed pixel“ jsou méně účinné. Výsledkem je, že obrazy mají tendenci vyžadovat vyšší prostorové rozlišení pro umožnění rozlišení révy a pozadí, díky rozpoznávání řádku algoritmy.

V budoucnu budou hyper-spektrální snímky poskytovat další významné informace o stěně keře a mohou pomoci rozlišit stěny od pozadí pomocí přídavné spektrální informace. A to vše ve velmi vysokém rozlišení metafor (pixelů < 0,5 m²). Tyto typy snímků mohou být také použity ke zjištění další morfologické informace, jako je např. měření tloušťky stěny nebo chybějící réva. V budoucnu je jednou z nejslibnějších

technologíí infračervená termografie (IRT) pro odvození vodního stavu rostliny a vodivosti průduchů od teploty stěny (TISSEYRE, TAYLOR, 2005).

Senzory a aplikace pro dálkový průzkum

Aplikace pro dálkový průzkum v oblasti precizního vinohradnictví jsou zaměřeny především na odrazivosti spektroskopie, optické technice, která je založena na měření odrazivosti dopadajícího elektromagnetického záření na různých vlnových délkách, a to zejména ve viditelné oblasti (400-700 nm), blízké infračervené oblasti (700-1 300 nm) a tepelné infračervené (7 500-15 000 nm). Korelace mezi intenzitou odraženého a dopadajícího zářivého toku je specifické pro každý typ povrchu.

Mezi nejběžnější senzory, které dokáží detekovat změnu transpirace nebo fotosyntetickou aktivitu na povrchu listu. Změny ve fotosyntetické aktivitě jsou spojeny s nutričním stavem, zdravím a vitalitou rostliny a mohou být detekovány pomocí multispektrálních a hyperspektrálních senzorů.

Satelitní a letecké snímky se často používají pro odhad prostorové struktury biomasy plodiny a výtěžku, s použitím indexů vegetace, jako může být např. NDVI. Korelace těchto indexů se strukturálními nebo fyziologickými znaky révy jsou již dobře prostudovány. NDVI mohou souviset s různými faktory, např. LAI, přítomnost nedostatku živin, stav stresu z nedostatku vody nebo zdravotního stavu. Zatímco úzkopásmové hyperspektrální vegetační indexy jsou citlivé na obsah chlorofylu.

Hyperspektrální dálkový průzkum dokáže poskytnout silný pohled na spektrální odezvy zeminy a zarostlých ploch, sběr dat reflektancí v širokém spektrálním rozsahu při vysokém rozlišení (klasicky 10 nm), zatímco více spektrální senzory získávají údaje odrazivostí ve sníženém rozsahu spektra se zaměřením na modré, zelené a červené. V blízké infračervené oblasti s menším rozlišením (nejméně 40 nm, široký). Další oblasti použití je studium struktury vrchlíku a biomasy pomocí systémů (např. LIDAR) na principu detekce světla. Což je technologie pro dálkové snímání, která měří vzdálenost zaměřením cíle laserem a následně provede analýzu odraženého světla (MATESE, DI GENNARO, 2015).



Obr. 4 – Senzory pro dálkový průzkum (www.dovepress.com, 2015)

(A) Multispektrální kamera Tetracam ADC-Lite, (B) Multispektrální kamera Tetracam Mini-MCA, (C) Hyperspektrální kamera Micro-Hyperspec VNIR, (D) Spektrometr Ocean Optics USB4000, (E) FLIR TAU II, (F) YellowScan LiDAR.

Monitorovací systémy pozemní

Mohou také nastat podmínky, že půda ve vinici je zavlažována nebo je celkově vlhké prostředí a v meziřádku je ozelenění, v tom případě může nastat problém. Ten vede k více sofistikovanému zpracování obrazu pro výpočet vegetativní indexu. V takovém případě musí být rozlišení obrazu dostatečně vysoké ($< 300 \text{ mm/pixel}^{-1}$). Aby bylo možné vypořádat se s problematikou dálkového ovladače, která zahrnuje snímací problémy v důsledku vertikální vrtání. Byly monitorovací pozemní systémy vyvinuty s cílem posoudit vlastnosti celého keře (rostlinnou biomasu, velikost révy a fotosyntetickou aktivitu). Tyto systémy zabránily problému na pozadí, jako je hluk v důsledku smíšených pixelů, které obsahují stopy půdy, trávy a stěny révy vinné. Což je výhoda oproti dálkovému ovladači snímací technologie. Některé z těchto systémů jsou založeny na digitálním zobrazování, které poskytuje měření některých parametrů, jako je výška stěny a pórovitost stěny.

Jiné systémy jsou založeny na pozemním měření NDVI (GreenSeeker™). S tím bylo prokázáno, že poskytnuté informace úzce souvisí s VLAI (Vertical Leaf Area Index) a pórovitostí stěny.

Tyto pozemní systémy jsou navrženy pro montáž na stávajících zařízeních, což umožňuje získávání prostorových informací během každodenního řízení vinice (ořezávání, stříkání a další). Opět platí, že v oblastech, kde dostupnost vody představuje hlavní omezení, tak tyto systémy by mohly být užitečné a charakterizovat prostorovou variabilitu, kvůli různým úrovním omezení vody v měřítku vinic (TISSEYRE, TAYLOR, 2005).

Monitoring půdy

V oblasti precizního vinohradnictví je zásadní aplikace inovačních technik, jako je sledování variability půdy, kde je použita široká škála senzorů. Při měření zdánlivé elektrické vodivosti půdy mohou být využity mobilní platformy, vybavené půdními elektromagnetickými senzory a GPS pro kontinuální opatření. Tento měřený parametr může být silně korelující s mnoha půdními vlastnostmi, jako jsou hloubka a struktura půdy, retenční vodní kapacita, obsah organického materiálu, nebo slanosti. Senzory využívané pro tento typ měření jsou buď pracující na principu invazivního elektrického odporu, nebo neinvazivního elektromagnetického indukčního snímače. První typ (elektrický odpor) se používá pro řízení odporu, a tím i vodivosti daného objemu půdy. Generování elektrických proudů a následné měření potencionálních rozdílů. Většinou se využívají komerční systémy jako je Veris 3100 (USA) a ARP systém automatického odporu u profilování (Francie). Využit se také dají nově vyvinuté senzory (GEORADAR, radiometry) pro měření pH, iontového dusíku a obsahu draslíku, dále pak pro měření v blízké infračervené oblasti a středně infračerveného spektra. Půdní náležitosti jsou velmi důležité pro pěstování révy vinné z důvodu, aby pěstitel dokázal určit prostorovou variabilitu půdních vlastností uvnitř vinice (MATESE, DI GENNARO, 2015).

Monitorování plodin

Plno systému bylo vyvinuto pro monitorování vinic a dokáže poskytnout obraz s vysokým rozlišením ve spolupráci s GPS systémy. Příkladem těchto systémů a čidel může být GrapeSense, který dokáže zachytit vysokofrekvenční digitální snímek keře, informace o výšce a textury z vinic podél řádků. Většina systémů jsou určeny k montáži

na stroje a traktory, což umožní získání prostorových dat při každodenní práci ve vinici. Dalším systémem, který je v precizním vinohradnictví využíván jsou LiDAR snímače poskytující georeferenční 3D rekonstrukce každé dané rostliny a také generování mapy prostorové variability. Při využití těchto proximálních monitorovacích systémů je možné analyzovat prostorovou variabilitu a to s vyšším rozlišením, než je uváděno u systémů monitorování na dálku (MATESE, DI GENNARO, 2015).

3.3.4 Systémy a metody hnojení

I když precizní vinohradnictví využívá nejmodernější technologii, tak výživa rostlin tedy hnojení má stále platné své základní principy. Ty spočívají v tom, že živiny, které jsou odebrány pěstovanými plodinami, tzn. následně odebrány ve formě sklizených hroznů, je zapotřebí do půdy zpět vrátit a to ve formě hnojiv (statkových nebo minerálních). Celá metoda precizního vinohradnictví využívají pozemek jako heterogenní celek. Díky mapování variability půdy je možné celý pozemek rozdělit do tzv. management zón a provádět na něm cílenou aplikaci hnojiv. Cílem se myslí efektivní využití hnojiv, optimalizace kvality produkce a snaha snížit kontaminaci životního prostředí (LUKAS a kol., 2012).

Porovnání variabilní a uniformní aplikace hnojiv

Když bychom chtěli naplánovat základní hnojení na daném pozemku, je třeba znát zásobenost půdy živinami, kterou lze zjistit laboratorními analýzami daných půdních vzorků. Co se týče precizního zemědělství a vinohradnictví, je tento způsob mapování půdy náročný, ale velmi důležitý. Celkově je zapotřebí odebrat velký počet vzorků, které slouží pro přesnou identifikaci prostorové variability. V opačném případě, když by se provedlo odebrání nízkého počtu vzorků, došlo by k získání nepřesných dat, jelikož je vysoká heterogenita půdních podmínek. Proto se provádí porovnání rozdílné hustoty půdního vzorkování a vlivu způsobu aplikace hnojiv.

Když se prováděl pokus na zjištění rozdílu ve způsobu aplikace hnojiv, došlo k jednoznačnému výsledku. Při variabilním způsobu hnojení byla dávka P hnojiv vyšší, než při uniformním způsobu. To bylo způsobeno tím, že zastoupení ploch s nedostatečnou zásobeností těchto hnojiv bylo vyšší a tím při variabilním způsobu aplikace dochází k nedohnojení. Dále pak u hnojení K a Mg byla dávka při variabilním způsobu nižší, což naznačuje, že kdyby se využilo celoplošné aplikace těchto hnojiv, zajisté by došlo ke zbytečnému přehnojování jednotlivých částí půdy, které jsou

dostatečně zásobeny. Lze tedy říci, že výhodnější a efektivnější je použití technologie variabilní aplikace hnojiv, jelikož umožní zohlednit rozdíly v zásobenosti živin na pozemku. I když je pravda, že ne vždy zajistí úsporu hnojiv (LUKAS, 2010).

Hnojení révy vinné v precizním vinohradnictví

Díky hnojení bychom měli zajistit rostlině adekvátní přísun živin pro požadovaný výnos a kvalitu produkce. Když se stanovují dávky hnojení, tak se musí brát v potaz nejen půdní a klimatické podmínky stanoviště, ale i vliv organického hnojení, zpracování půdy nebo závlah. Dále také legislativní ekologická omezení.

Při hnojení dusíkem je třeba jeho množství korigovat o dusík přijímaný z půdy, dodaný organickými hnojivy a přidán předplodinou z čeledi bobovité, které se využívají jako zelené hnojení. Abychom mohli zohlednit tento zdroj dusíku, je potřeba zahrnout do stanovení půdní a klimatické podmínky, z kterých pak můžeme odvodit obsah organického dusíku v půdě, dále pak předpokládanou intenzitu mineralizace v průběhu vegetace a tím zjistit množství vytvořeného minerálního dusíku přestupného rostlinám. Reálné a efektivní využití dávky dusíkatých hnojiv provedeme jejich dělenou aplikací (LUKAS a kol., 2012).

Diagnostické metody

Abychom se správně rozhodli, v jakém rozsahu provést výživářské zásahy pro dané místo na pozemku, musíme mít dostatek dat, které nám poskytnou přesný stav půdního prostředí a výživný stav porostu. Tyto data se dají i doplnit o letecké a satelitní snímky nebo o výnosové mapy.

Diagnostika podmínek výživy rostlin se zabývá zjišťováním množství živin a jejich forem v půdě, které by rostlina mohla přijmout a následně využít a také vnějšími faktory. U dusíkatého hnojení se v praxi využívá metoda, která stanovuje obsah minerálního dusíku v půdě (N_{min}).

Diagnostika výživného stavu rostlin se zabývá zjišťováním množství živin přímo v rostlině během její vegetace. Vzájemného poměru živin, utilizací přijatých živin atd. (LUKAS a kol., 2012).

Systém M.tronic

Se často spojuje s rozmetadlem hnojiv ZA-M Max od výrobce Amazone a dokáže aplikovat měrnou dávku hnojiva a to tak, že pracuje v tandemu společně s dálkovým ovládním pomocí satelitu, podle aplikačních map a pracuje za jízdy. Všechna práce s tímto systémem začíná nejprve tím, že vinař musí vytvořit aplikační mapu, která se skládá z informací z mapy výnosů a z potřeb živin. Když je aplikační mapa zpracována, tak se přenesou do palubního počítače MF Fieldstar v kabině traktoru, který nese rozmetadlo. Počítač přijímá a pracuje s informacemi ze dvou zdrojů: polohové informace z GPS, které udávají okamžitou polohu soupravy, a další data z aplikační mapy, jako jsou informace kolik je potřeba měrné dávky hnojiva aplikovat v daný okamžik na vinici. Další proces zařídí tzv. „chytrá černá skříňka“, která provádí spojení mezi hardware MF a Amazone. Skříňka pracuje tak, že vyvolává impulzy a tím buď otevírá, nebo zavírá hradítka u rozmetadla. Hradítka mohou být otevřena tak, že na jeden rozmetací kotouč dopadá rozdílné množství hnojiva, než na druhý kotouč. Celý systém je sestaven tak, aby řidič traktoru mohl ještě případně ovlivnit předem nastavenou měrnou dávku o dalších 10%, když je v daném okamžiku potřeba (RYBKA, ŠŤASTNÝ, 1998).

3.3.5 Tvorba výnosových map

Plánovaným výnosem je myšlena průměrná hodnota výnosu rostliny na určeném pozemku. V současnosti je sklízecí technika na tom tak, že lze provádět celoplošné monitorování výnosu sklizené rostliny. Výsledkem pro nás jsou výnosové mapy, díky kterým lze po normalizaci výnosu stanovit výnosovou úroveň na pozemku. Hodnota výnosové úrovně značí porovnání výnosu na dané části pozemku s průměrným výnosem ve sledovaném roce za celý pozemek. Výnosová úroveň se stanovuje ve dvou krocích: normalizace výnosových map a zprůměrování za více let, jsou-li data k dispozici (LUKAS a kol., 2012).

Výnosové mapy

Tyto mapy jsou ukazatelem prvotních informací o daném pozemku. Je třeba ale doplňovat informace spojené s tzv. aplikačními mapami, na které se zapisují informace o ochraně chemickými přípravky, hnojení, přípravy půdy nebo výsevu (RYBKA, ŠŤASTNÝ, 1998).

Normalizování výnosových map

Vstupní bodová data je potřeba prvně upravit (zrušit chybové, nulové a odlehlé hodnoty) a dále pak z nich prostorovými interpolacemi zhotovit celoplošné rastrové mapy, které znázorňují výnos v absolutních jednotkách ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$, $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) v každém pixelu. Výsledný normalizovaný výnos znázorňuje, o kolik procent byl rozdíl buď to nižší, nebo vyšší, než průměr celého pozemku v tom roce.

Zprůměrování historických dat

Jsou-li výnosová data za více let k dispozici, jejich zprůměrováním lze vyloučit vliv určitého ročníku na výnos a případnou rozdílnost odrůd. Tento postup také dokáže určit oblasti na pozemku s dlouhodobým podprůměrným či nadprůměrným výnosem (LUKAS a kol., 2012).

Odběr půdních vzorků

Aby mohlo dojít ke kvalitnímu sběru informací o variabilitě pozemku, které se získají díky odběru půdních vzorků, musí se provést rozmístění odběrových bodů. Systém precizního vinohradnictví dokáže navrhnout za pomoci analýzy získaných informací optimální odběrovou síť o pozemku vzorkování, s co nejmenším počtem vzorků (nákladů). Tyto vzorky jsou pak dále analyzovány v laboratořích na obsahy živin a půdních reakcí. (BURŠÍK, 2011)

Výtěžek a kvalita sledování

Systémy mají za úkol získat informace o georeferenčním výnosu. Na trhu se objevuje např. HarvestMaster Sensor System HM570 (USA), Canlink 3000GRM a Advanced Technology Vinary (ATV). Princip systému HM570 je založen na měření objemu hroznů na dopravním pásu u sklízecího. Systémy 3000GRM a ATV pracují tak, že provádí přímé měření hmotnosti dopravovaných hroznů pomocí snímačů zatížení. Tyto systémy umožňují mapovat vinici s možností rozlišení jakéhokoliv detailu.

Výnosové mapy, které jsou realizované právě pomocí těchto senzorů, představují výborný nástroj pro ověření účinnosti postupů řízení ve vinici.

Šetrná kontrola kvality hroznů se provádí pomocí optických snímačů konstruovaných jako „ruční zařízení“, neseným operátorem, který se využívá pro proximálního geografického měření. Mezi nejpoužívanější z dostupných zařízení se řadí Spectron (Francie). Toto zařízení je přenosný spektrofotometr s integrovaným GPS systémem, určeným pro sledování od zrání hroznů až přes měření parametrů týkajících se kvality hroznů (cukr, kyselost, koncentrace antokyaninu a obsah vody). Multiplex (Force – A, Orsay Cedex) je přenosný optický senzor, který využívá fluorescenci, polyfenoly a obsah chlorofylu s geograficky bezkontaktním měřením jak na cílových listech, tak i na hroznech. Díky této technické specifikaci se toto zařízení používá také v mobilních pozemních vozidlech (MATESE, DI GENNARO, 2015).



Obr. 5 – Ruční zařízení pro monitorování kvality hroznů (www.dovepress.com, 2015)

(A) Spectron, (B) Multiplex

3.3.6 Senzory a snímače

V průběhu posledních 20 let zemědělské stroje (traktory, stroje a držáky), které se využívají i ve vinohradnictví prošly řadou vylepšení. Snímací systémy zabudované do strojů a traktorů představují jedno z předních míst v těchto vylepšeních. V první řadě se u vystavěných systémů věnovalo k zlepšení stávajících funkcí na strojích. Lépe řečeno, tyto systémy byly navrženy, aby zlepšily účinnosti strojů (TISSEYRE, 2013).

Přestože se pojem precizní vinohradnictví rozšířil, momentálně jen malá část vinařů využívá této technologie. To samé platí i s ohledem na prostředky zajišťující variabilní aplikace. Uplatnění poznatků v dané oblasti nedoznalo zdaleka tak velkého rozšíření jako v ostatních oblastech výzkumu a vývoje.

Jednou z možných příčin by mohl být samotný sběr dat. Jestliže chceme používat data z měření pro popis prostorových závislostí, je nutné zajistit dostatečnou hustotu vzorkování. Většinou je používán bodový odběr, nicméně informace, které lze takto získat, ne vždy jsou vhodné pro vyhodnocení prostorové variability. Také možné půdní mapy, které poskytují využitelné informace, nemohou dodat informace pro precizní vinohradnictví v potřebném měřítku.

Mnoho pěstitelů už má například výnosová data z několika posledních let. I přesto zaručit efektivitu rozhodovacího procesu můžeme až tehdy, kdy bude možné dostat přesné informace o prostorové variabilitě půdy, tedy vlastnostech, které limitují výnos v dané části pozemku. Malé množství možností strojově rozhodnout. Která informace je užitečná a ekonomicky přijatelná, je nejvíce limitující. Variabilní aplikace hnojiv, vápnění a další vstupy do půdy, jsou bez přesných půdních map velmi často nevhodné a pochopitelně mohou vést k případným ekonomickým ztrátám. Přesně proto se, ve snaze zlepšit efektivitu v rozhodování, od výzkumu a vývoje senzorů mnohé očekává. Potenciál senzorů je hlavně v hustotě vzorkování a nízké ceně za pořízená data. I když je už řada senzorů komerčně dostupná, je zde pořád snaha o vývoj nových a výkonnějších prototypů (www.agrojournal.cz, 2016).

On-the-go senzory

Mnoho výzkumných pracovišť se snaží vyvinout senzory na průběžné měření půdních vlastností, pro které se uchytil název on-the-go. Tyto senzory jsou vyvinuty na různých a většinou jednoduchých principech měření.

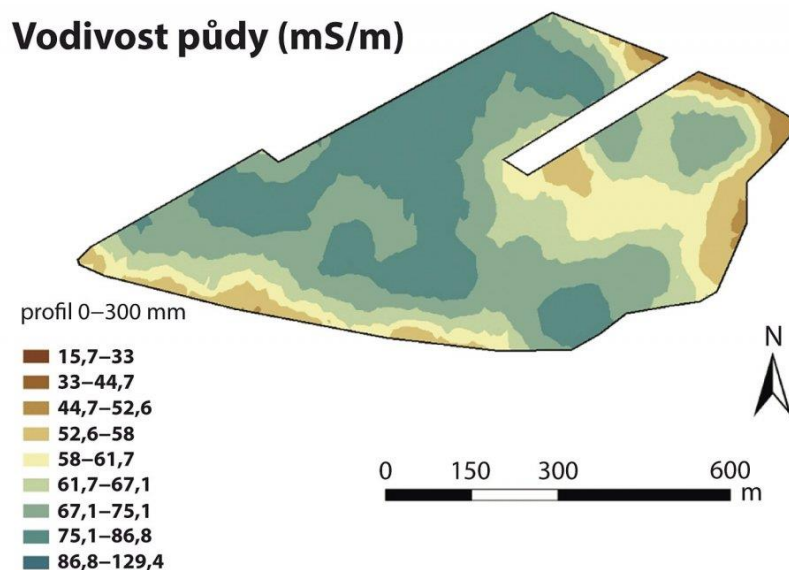
V minulých letech bylo několik prototypů on-the-go půdních senzorů zhotoveno pro účely měření v reálném čase, kdy získaná data ze senzorů byla přímo použita k řízení strojů, bez záznamu dat. I když byly tyto senzory poměrně atraktivní, řízení v reálném čase bylo limitováno především z příčiny časté neznalosti společných vazeb mezi výstupy ze senzorů a lokálními agro-ekonomickými potřebami.

Zjistilo se, že spolu s naměřenými daty je vhodné, za pomoci navigačního systému, ve stejný čas zaznamenávat jak polohu veškerých vzorků, tak měření tak, abychom mohli vytvářet mapy, které pak lze porovnávat s dalšími prostorově vztaženými daty. Tato metoda založená na vytváření map je velmi často používaná.

On-the-go senzorů je vyrobena už celá řada, nicméně způsob měření je především založen na jednom z následujících principů:

- elektrické a elektromagnetické senzory, které měří elektrický odpor, kapacitu, nebo také vodivost půdy ovlivněné půdními vlastnostmi
- optické a radiometrické senzory, které využívají elektromagnetických vln ke zjištění pohlcené nebo vyzářené energie půdy a jejich vlastních částic
- mechanické senzory, které měří tahovou sílu při práci nářadí a strojů
- akustické senzory, které zaznamenávají a ukládají zvuky při práci nářadí v půdě
- pneumatické senzory stanovující schopnost vzduchu proniknout do půdy
- elektrochemická čidla využívající prvků a částic, které vytváří elektrické napětí jako odezvu na působení vybraných iontů. Tímto způsobem je možné sledovat např. koncentrace vodíku, draslíku, dusíku apod.

Ideální sensor ukáže o variabilitě samotné půdní vlastnosti nebo znaku a samozřejmě vykazuje vysokou korelaci s konvenčními přístupy měření. Ve skutečnosti každý samotný vyvinutý sensor reaguje na nejednu vlastnost a oddělení těchto dat je velmi náročné, někdy až nemožné (www.agrojournal.cz, 2016).



Obr. 6 – Mapa vodivosti půdy (KROULÍK, www.agrojournal.cz, 2016)

Aplikace senzorů

Přesto, že je dnes vyvíjena řada on-the-go senzorů, jediná vodivost půdy je obecně rozšířená v technologiích precizního vinohradnictví. Výrobci většinou dávají přednost čidlům, která mají přímý kontakt na již existující algoritmy (www.agrojournal.cz, 2016).

Namísto komerčně dostupných senzorů poskytujících měření, jako je například elektrický odpor nebo vodivost, což nemohou být použity přímo, protože absolutní hodnota je závislá na mnoha fyzikálních a chemických vlastnostech půdy. Jsou to např. textura, organická hmota, slanost, obsah vlhkosti apod. (ADAMCHUK, HUMMEL, MORGAN, UPADHYAYA, 2004).

Naopak elektrické a elektromagnetické senzory dávají užitečné informace o půdní variabilitě, které umožní rozdělit daný pozemek na menší části, homogenní bloky, často označované jako management zóny. Tyto zóny mohou být určeny např. na základě odlišného druhu půdy. Je také třeba zmínit, že většinou je vymezení na základě hodnot vodivosti přesnější, než vymezení z běžně dostupných map. Stejně tak anomálie typu erodované plochy, případně naplaveniny, je možné mnohem jednodušeji identifikovat z mapy vodivosti. Další fakt je, že také rozdílné úrovně ve výnosech často korespondují s hodnotami elektrické vodivosti (www.agrojournal.cz, 2016).

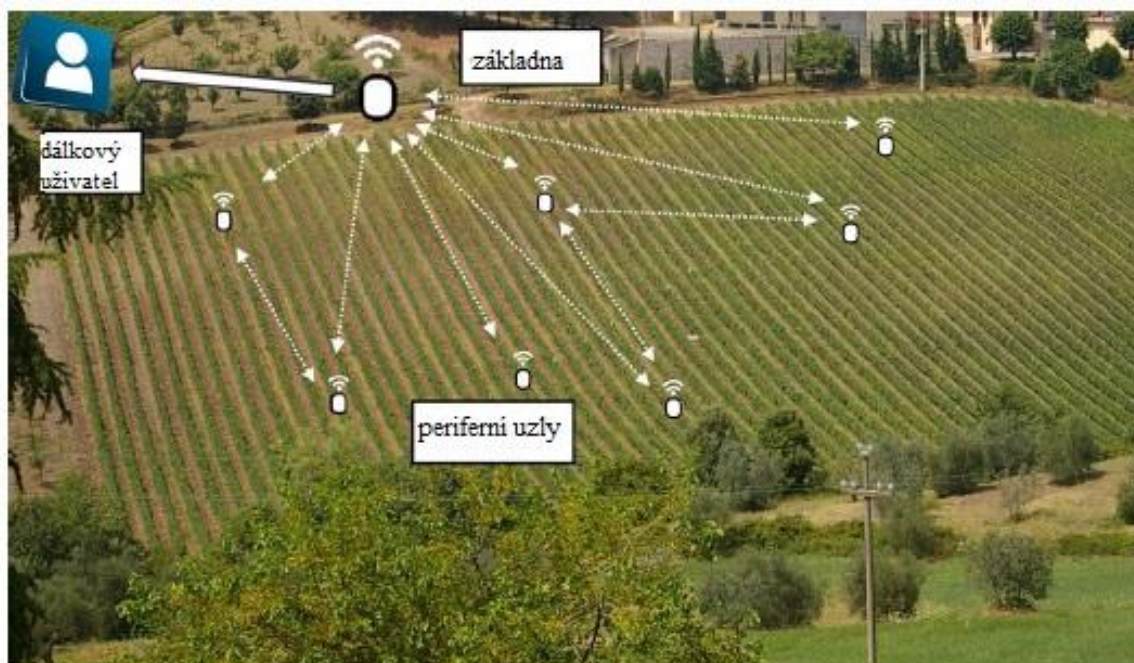
Integrace různých konceptů měření v jediném mapování je jedním z aktuálních témat výzkumů. Předpokládá se, že odlišné zdroje dat by se mohly spojit, a tím lépe předvídat agronomické vlastnosti půdy. Příkladem je spojení elektrické vodivosti s optickým snímačem k určení rozdílu v organické hmotě, struktuře půdy a obsahu vlhkosti v různých růstových podmínkách. Další možností je použití elektrické vodivosti s naměřenou hodnotou pH půdy, předepsat případnou aplikaci vápna a určit variabilní rychlost této aplikace (ADAMCHUK, HUMMEL, MORGAN, UPADHYAYA, 2004).

System prostorového rozmístění měřících senzorů

Wireless Sensor Networks (WSN) představují v současné době jednu z nejvíce vzrušujících technologií a může být úspěšně použita pro vinohradnické účely. Sběr dat ekologických parametrů včetně zpracování satelitních snímků v oblasti GIS systémů a práce s obrazovou analýzou je proces časově náročný. Použití WSN slibuje zkrácení času na přijatelnou hodnotu. (BRASA RAMOS, MONTERO RIQUELME a kol., 2012)

Tato technologie poskytuje užitečný a efektivní nástroj pro vzdálenou správu a sledování v reálném čase důležitých proměnných podílejících se jak na produkci hroznů, tak na zpracování dat a přenos dané informace pro pěstitele. WSN je síť okrajových uzlů skládajících se ze snímače, což je deska opatřená senzory a z bezdrátového modulu pro přenos dat z uzlů na základní stanici, kde jsou získaná data uložena a jsou dále dostupná pro koncového uživatele. Uzly jsou na sobě

energeticky nezávislé a jsou instalovány v oblastech, kde je variabilita vinice nejvíc zastoupena (MATESE, DI GENNARO, 2015).



Obr. 7 – Bezdrátová síť měřících senzorů (www.dovepress.com, 2015)

Přesné snímače

SmartVineyard je systém, který je určený pro ukládání, správu, přístup a šíření dat přes WebGIS aplikaci a pokročilý výzkum v oblasti precizního vinohradnictví. Využívá distribuovaných a integrovaných agrometeorologických dat, dálkový průzkum země, chemické a fyzikální analýza dat půdy. Architektura systému je navržena s využitím open source a crossplatform řešení. (DE FILIPPIS a kol., 2013)

Systém SmartVineyard zahrnuje přesné snímače, které slouží k zachycení co nejpřesnějších parametrů počasí. Speciální integrovaný LHT senzor měří všechny parametry, které jsou hlavním bodem k rozpoznání a vznícení hroznových onemocnění. Především extrémně přesné měření zajistí to, že může být určena pravděpodobnost infekce a její rozšíření, jelikož ochranou rostlin mohou být právě podpůrné systémy, které dokážou určit vztah mezi vývojem hroznových onemocnění a faktorem životního prostředí. Senzor je malý a přenosný, díky tomu jej lze dát mezi listy, a tak zaručí vinaři ty nejspolehlivější výsledky. Je vybavený o snímač vlhkosti v okolním vzduchu a také o vlhkost listu, dále pak má teplotní čidla, elektromechanické čidlo srážek s rozlišením 0,001 mm. Komunikace systému je velice dobrá a to i díky tomu, že dokáže komunikovat bezdrátově s dalšími stanicemi. Celkově tento systém pracuje tak,

že změní údaje o počasí, včetně intenzity slunečního svitu. Pak tyto získané informace a data stanice odešle na servery, kde mají být zpracovány. Stanice dokáže lokalizovat vlastní pozici a hlásit poškození, či odcizení. Obsahuje micro SD kartu k uchování rozsáhlého množství naměřených dat a odešle je díky GSM spojení (www.smartvineyard.com).

Cílem tohoto systému je podpořit nákladově efektivní integraci informací prostřednictvím používání open source softwaru a podporovat tak tvorbu prostředí sdílení znalostí pro podporu nových metod analýzy a předávání výsledků za provozních aplikací specifických pro danou lokalitu. Systém má rovněž za cíl otestovat datový tok používaný VRT stroji (DE FILIPPIS a kol., 2013).

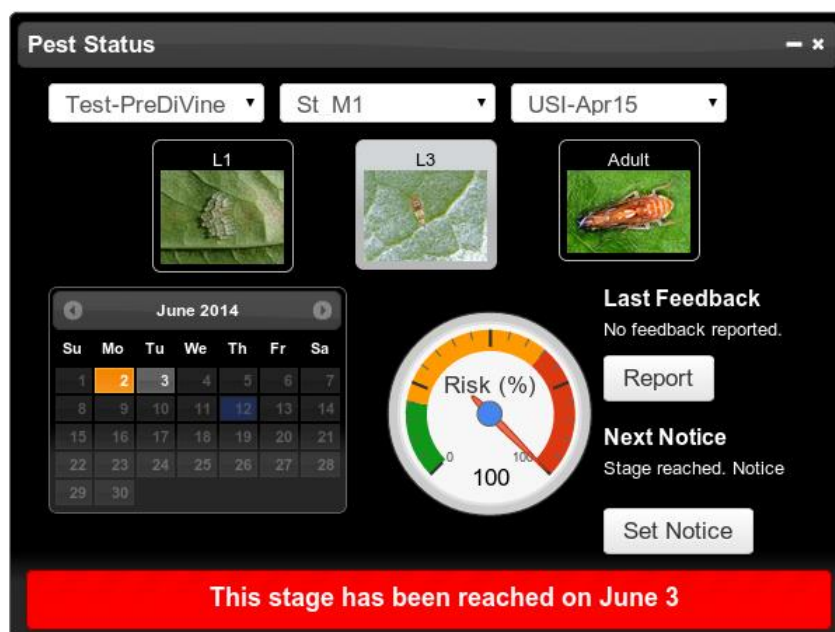
Systém lokálního rozmístění měřících senzorů

Systém bezdrátových sensorových sítí umožňuje vznik řadě nových příležitostí a inovací v oblasti prediktivních systémů. Instalace se provádí na určité části řádku ve vinici. Souvisí s tím prevence proti škůdcům a možnost zavlažování. To vše v případě potřeby. Konečným výsledkem je lepší správa a péče a révu, lepší kvalita hroznů a nižší náklady. Tyto jednoúčelové bezdrátové sítě mají plno senzorů a snímačů a mohou tak předvídat vývoj některých onemocnění a následně vyhodnotit potřebnou a cílenou léčbu, aby byla vinice zdravá. Lze tedy říci, že PreDiVine je Decision Support Systém (DSS), který dokáže monitorovat mikroklimatické podmínky a dále předpovídat šíření chorob a škůdců na révě. Co se týče monitorování, tak dokáže snímat a zaznamenávat teplotu vzduchu, vlhkost okolního vzduchu, vlhkost listu a srážky.



Obr. 8 – Instalace PreDiVine senzoru (www.libelium.com, 2015)

PreDiVine DSS pracuje společně s programem Adaptive Management. Tento počítačový systém dokáže pracovat s výsledky aktuálních podmínek na vinici.



Obr. 9 - Ukázka programu Adaptive Management (www.libelium.com, 2015)

PreDiVine generuje a pak odesílá informace s předpokládanými daty fenologických akcí, jejichž cílem je umožnit a provést monitorování. Dále pak umožní, aby si vinaři mohli připravit potřebnou ochranu v podobě insekticidů.

V některých vinařsky vyspělých zemích, jako je Itálie, Francie nebo Švýcarsko jsou tyto systémy zavedeny a vinaři mohou sledovat stav svých vinic nepřetržitě.



Obr. 10 - Kontrola výsledků v praxi (www.libelium.com, 2015)

Díky získaným datům a informacím ze snímačů, které přenášejí data do datového centra, které je vybaveno sadami algoritmů. Systém lze data uchovávat a zpracovávat. Následně

pak vyhodnotí a poskytne možné rady a výsledky. Koncoví uživatelé si tyto výsledky a zpracovaná data mohou číst např. na svých počítačích, tabletech či chytrých telefonech (www.libellium.com, 2015).

3.4 Trendy ve vývoji

Počítačové systémy vidění jsou výkonné nástroje pro automatizaci úkolů spojených se sledováním a prohlídkou celého vinohradu. Typické cílové aplikace takových systémů zahrnují třídění, kvalitní odhad, predikce výtěžku a sledování. Schopnost umělého kamerového systému přesahuje omezené lidské schopnosti vyhodnocovat dlouhodobé procesy objektivně a poskytuje cenná data a vyhodnocení rozhodnutí, které budou mít velký vliv na pozdější operace (TARDAGUILA, DIAGO, 2013).

Při hodnocení vinic z prostorového hlediska jsou v současnosti využívány různé systémy:

- Bezpilotní letadla (UAV)
- Drony
- Technologie s proměnlivou sazbou (VRT)
- Robotická zařízení

3.4.1 Bezpilotní letadla (UAV)

V současné době většina výzkumu v rámci precizního zemědělství je zaměřena na zavádění nových senzorů a nástrojů, které jsou schopny na dálku detekovat rostlinu a půdní vlastnosti v reálném čase. Vzhledem k tomu, prostorové rozlišení některých satelitních senzorů, jako jsou například IKONOS a QuickBird byla v poslední době zlepšena, nicméně některé hlavní otázky dosud budou záviset na obtížnosti opakovat měření během samotné vegetace u rostlin.

Řešení pro překonání těchto problémů je použití vzdušného dálkového průzkumu, který umožňuje velmi vysoké prostorové rozlišení (řádově několik centimetrů) a výběr nezávislého časování vzdušných průchodů. Faktem ale je, že frekvence satelitních průzkumu se mohou krýt nebo budou nedostatečné či mohou nastat špatné podmínky a vysoká oblačnost může rušit. Jsou tady i specifické limity letového dálkového průzkumu a to, že vykazují velmi vysoké provozní náklady, které tento systém dělají ekonomicky výhodný pouze na velkých plochách a další jsou např. nedostatek času, který je spojený s plánováním letových plánů.

V posledním desetiletí se vývoj bezpilotních letounů (UAV) velmi rozšířil a nabídl nové řešení pro řízení úrody a monitorování, kde je schopen včasného poskytnutí snímků s vysokým rozlišením, zejména tam, kde mají být malé výrobní prostory sledovány.

Z těchto důvodů se předpokládá, že UAV s těmito vlastnostmi by mohl být vhodný pro správu vinic, kde je třeba velmi flexibilní monitoring s oznámením obvykle méně než jeden týden. To platí zejména v oblastech, kde jsou vinice menší zhruba do 5 ha. UAV dokáží poskytnout širokou škálu informací v topografii a klimatických podmínkách a vytvořit velké rozdíly v kvalitě produkce vína.

Taková variabilita je v přímé korelaci s každoročně uloženou biomasou, která je tvořena fotosyntézou na jednotku plochy, která se obecně označuje jako vitality.

Z tohoto důvodu je zřejmé, že vitalita mapy odvozené z vegetačních indexů, jako je normalizovaný Vegetační Index (NDVI), by mohla poskytnout užitečné informace vinařům, a tím zvýšit enologický potenciál vinic.

V této práci se osvědčila plošina „*VIPtero*“, flexibilní a zcela přizpůsobitelný UAV systém, který je schopen získat ve vysokém rozlišení multispektrální obrázky a je zvláště vhodný pro precizní vinohradnictví. Indexy vegetace získané z UAV obrazů jsou ve vynikající shodě s těmi, které byly získány s pomocí pozemní techniky.

„*VIPtero*“ ukázal dobrou schopnost vykonávat požadované úkoly, jako třeba, že je schopný letět přesně nad pevný bod ve vesmíru a udržet požadovanou pozici po určitou dobu. Dále pak překonávat společný problém spojování snímků pořízených s dráhou letu, přičemž nevyžaduje použití komplexní aktivační kamery, která je řízena pomocí GPS.

Tato schopnost, spolu s možností, jak zvýšit trasové body na NaviCTRL, by mohla vést ke snadnějšímu mozaikování několika snímků. Kromě toho, protože UAV váží méně než 7 kg a letí na dohled od provozovatele, je vystaven minimálnímu omezení vzdušného prostoru, a to bez omezení plánovaných letových plánů, což je velmi flexibilní systém dálkového průzkumu, pokud jde o zpracování révy vinné.

Jedním z hlavních problémů, které je ještě třeba řešit, je mechanický systém tlumení vibrací kamery, která omezuje množství „dobrých“ obrazů a možnost překročení 2-3 průjezdů bodů za letu.

Technologické aplikace v precizním vinohradnictví mohou výrazně zlepšit vstupní účinnost, udržitelnost životního prostředí a v neposlední řadě i příjmy vinařů. Nicméně tyto nové nástroje by mohly být společným nástrojem v majetku vinaře pouze

v případě, že jsou uživatelsky přívětivé, automatické a ekonomicky dostupné. Dále jen „VIPtero platforma“ potenciálně splňuje tyto cíle, protože je to poměrně levná a je schopna dokončit autonomně téměř všechny letové kroky a získat potřebné obrazy. I přes to všechno jsou stále nutná zlepšení ohledně délky letu, snímání obrazu kamery vibrací a zajištění možnosti samostatného vzletu a přistání. Avšak předběžné výsledky jsou povzbudivé a další miniaturizaci čidel a senzorů by mohla významně zvýšit potenciál této platformě (PRIMICERIO, 2012).

3.4.2 Drony

Tyto technologie nám poskytují možnost sledovat vinohrad tak, jak to není možné volným okem. Letecké snímky, které jsou pořízeny multispektrální kamerou, pomáhají zjistit skryté závislosti a odhalit problém ve vinohradu dřív, než se dokáže projevit navenek. Společnost AI-MAPS začala ve spolupráci se společností UAVONIC nabízet služby precizního vinohradnictví na Slovensku. A tak věříme, že se to využije i Česku. Cenné data, které jsou získávány zpracováním leteckých snímků, jež jsou pořizovány pomocí bezpilotních leteckých systémů (dronů) a jejich následnou analýzou. Tento systém se snaží nabízet vinohradníkům nejen barevné mapy, ale především jim poskytnout kompletní nástroj pro správu vinohradu doplněný o užitečné informace, které jsou získány z analytických map v kombinaci s meteorologickými daty a dalšími daty zjištěnými přímo v terénu.

Díky produktu VITIportal, který nabízí společnost AI-MAPS je reálné v mapách sledovat množství chlorofylu v listech, obsah dusíku v rostlině, množství listů a celkový stav a zdraví vinohradu během celého vegetačního období. Díky těmto mapám je následně možné plánovat např. hnojení, odlistění, sledovat choroby a škůdce, dozrávání hroznů a naplánovat sběr (www.agrobiznis.sk, 2015).

3.4.3 Technologie s proměnlivou sazbou (VRT)

VRT v precizním vinohradnictví umožňuje zemědělské řízení, které by mělo být diferencované a různé aplikace a vstupy dávkuje v přesném čase a prostoru. Tato technologie používá software, který dokáže spojit získané informace o poloze, získané díky GPS modulu a následně předepsat mapy, které slouží pro každou konkrétní operaci. Agronomické vstupy už nebudou použity jako průměrný obsah a množství na hektar, ale podle skutečných potřeb révy odvozených z heterogenity vinic.

Současný vývoj standartní elektronické komunikace u zemědělských strojů umožnil propojení mezi traktory a vybavením. Bylo vyvinuto značné úsilí s cílem vytvořit mezinárodní standardy pro regulaci komunikačních protokolů a výměnu informací a získaných dat mezi senzory, ovladači a softwary od různých výrobců. Výzkum prováděný na VRT prozkoumal řadu aplikačních řešení, včetně diferencované produkce a distribuce hnojiv, pesticidů a metody prořezávání. Z technického vývoje, především v oblasti satelitních navigačních systémů, bude VRT přesnější a snadnější k použití, s menšími náklady.

Dnešní moderní zemědělské stroje dokáží využít automatizované technologie k tomu, aby mohly ovládat pohyby ve vinici, co se týče rychlosti a směru jízdy stroje, úhlu natočení volantu a řídit agronomické operace. Pokročilá technologie dnes už umožňuje mít automatický naváděcí systém, založený na využití GPS a fotobuňky. Současně s tímto byly i navrženy traktory tak, aby dokázaly provést lokálně specifické operace autonomně bez zásahu člověka, a to díky mapy, která byla vytvořena pomocí monitorovacích senzorů, namontovaných na desce, a tak může sledovat stav rostlin při jízdě v řádcích, interpretovat získané informace a řídit operace v reálném čase.

Tato technologie odpovídá současným potřebám především zemědělskému a potravinářskému průmyslu. Dokáže zajistit dostatečnou produktivitu a zisk ve vinici. Ve výsledku jsou tyto výhody podstatné při snížení práce a zrychlení operací. Naváděcí systémy mohou velmi snížit provozní napětí, zatímco VRT poskytuje racionální využívání zemědělských zásahů, s přímým dopadem jak na náklady, tak na kvalitu a udržitelnost životního prostředí (MATESE, DI GENNARO, 2015).

3.4.4 Robotická zařízení

Využití robotů je i v dnešní době v oblasti precizního vinohradnictví stále ve stádiu prototypu, ale plno projektů jsou již v závěrečné fázi vlastního vývoje. Některé už byly i uvedeny na trh. V posledních letech došlo k významné snaze u inovačních technologií v zemědělství a vinohradnictví. Tedy v příštích letech by mělo jít vidět exponenciální nárůst těchto technologií s výkonnějšími řešeními a snížením nákladů. Automatizace a robotizace budou přístupné i pro malé podniky, ale neměli bychom zapomenout, že všechny tyto technologie pro sledování budou k ničemu, jestliže nebudou podporovány zkušenostmi pěstitele a vinaře.

Celkový přehled vyplývá z robotických inovací pro precizní vinohradnictví.

Například projekt **VineRobot**, který byl koordinován ve Španělsku získal finanční prostředky ve výši více než 2 miliony euro z Evropské unie. Cílem tohoto projektu je vývoj nového zemědělského robota, který je vybaven neinvazivní snímací technologií, jako jsou čidla fluorescence, RGB pro tepelné a infračervené vidění a GPS. Systém je navržen se snahou, aby bylo provedeno proximální sledování různých kritických parametrů, jako je výnos, vitalita vodního stresu a kvalita hroznů. V neposlední řadě poskytuje nástroj pro podporu při rozhodování pěstitele k zlepšení řízení vinic.

Projekt **VINBOT** využívá technologii navrženou španělskou společností Automation Company. Ta vyvinula robotickou platformu s open-source softwarem. Tento systém je vybaven senzory pro 3D rekonstrukci listové stěny keře a multispektrálními kamerami, které mohou poskytnout důležité informace, mezi které patří například odhad produktivity. Robot získává údaje o provozní rychlosti a tím i sledovat povrch 1 ha za hodinu. Může se pohybovat na svazích až do 45° a je poháněn elektromotorem s výdrží až 8 hodin denně.

The Wall-Ye robot je produkt, která je navržený a vyvinutý pro kontrolu vinic. Může se pohybovat nezávisle na sobě podél řádků, získávat data na každém keři révy a vyrobit velmi detailní mapy vinic. Díky monitorovacímu systému založeném na mnoha optických senzorech, může tento robot provádět nejen správné posuny ve vinici, ale také provádět přesné prořezávání. Respektuje specifickou strukturu každého keře. Wall-Ye má autonomii 12 hodin a dokáže prořezávat kolem 600 keřů denně. Můžete ho také sledovat a monitorovat jeho pohyb na dálku pomocí aplikace vyvinuté pro iPad.

Vitirover je projekt vyroben ve Francii a tento malý robot je schopen sekat trávu až do vzdálenosti 20-30 mm od kmínku révy vinné a zajistit výšku sečení mezi 40-100 mm. Robot je poháněn 4 koly, které umožňují, aby mohl pracovat ve strmých vinicích až do maximálního sklonu 15%. Napájecí systém je zcela soběstačný díky solárnímu panelu. Jeho provozní rychlost není nijak vysoká (500 m.h^{-1}), a tak přibližně 100 hodin práce je potřeba k pokrytí zhruba 1 ha vinice. Robot pracuje nezávisle na základě GPS souřadnic, ale může být také řízen na dálku pomocí počítače nebo chytrého telefonu díky jednoduché aplikaci, která je kompatibilní s Iphon, BlackBerry a OS Android (MATESE, DI GENNARO, 2015).



Obr. 13 – Přehled robotických zařízení (www.dovepress.com, 2015)

(A) VineRobot, (B) VINBOT, (C) The Wall-Ye, (D) VineGuard, (E) Vitirover, (F) Vision Robotics Corporation (VRC), (G) Forge Robotic platform

Další pomocnou silou do vinice v rámci precizního vinohradnictví může být exoskelet **Hercule RB3D**. Tento stroj dokáže nést zhruba sto kilogramů na vzdálenost až 20 km. Což se ve vinici dá využít k nesení motorového postřikovače apod.

Systém **Geisi** je vlastně takový robot do vinice. Jeho využití je především ve strmých svazích. Je dálkově ovládaný a díky přesné navigaci se může pohybovat mezi řádky i sám a měl by zvládat např. postřiky či základní zelené práce. Bohužel momentální šířka tohoto zařízení je 1,7 m a tím pádem se nemůže do většiny starších vinic nebo těsných sponů vysazených vinic dostat. Z tohoto důvodu se plánuje pracovat na užším modelu (www.jizni-svah.cz, 2013).



Obr. 14 – Systém Geisi v praxi (TECHNOLOGIES, www.twitter.com, 2016)

Rychlá inovace v proximálních snímacích technologiích zahrnuje i optimalizaci systému pro podporu rozhodování (DSS) a tím umožní provádět rychlé intervenční strategie. I přesto bude zcela nutné vybrat nejlepší technologie dálkového snímání pro jednotlivé typy aplikací. I když satelity a letadla jsou vynikající nástroje pro výrobu předepsaných výnosových map, tak mají své nevýhody, jako například u satelitu, který má svá omezení vzhledem k nízkému rozlišení pro využití v precizním vinohradnictví. Letadlo oproti tomu má zase vysoké náklady na provoz. UAV platforma tedy je využitelná asi nejvíce, jelikož má vysoké pozemní rozlišovací schopnosti, vysokou flexibilitu použití a dokáže poskytnout včasný zásah. Nicméně je to výhodné pouze pro malé plochy (cca 10 ha).

VRT systémy jsou dobře navrženy a široce využívány, a to i zejména v chemických aplikacích (MATESE, DI GENNARO, 2015).

4 VYPRACOVÁNÍ

4.1 Přehled výrobců GPS systému

V následující části práce je zpracován přehled vybraných výrobců naváděcích systému a jejich výrobku.

4.1.1 Clemens Vinescout

Nový systém řízení traktorů VINESCOUT od společnosti Clemens lze přizpůsobit všem traktorům s hydraulickým řízením. Používá se při jakékoliv práci ve vinici. Systém pomocí senzorů udržuje vzdálenost mezi řádky. Traktor může být řízen automaticky v řadě pomocí 3D kamerového systému. V důsledku toho není řidič traktorů při jízdě na úzkých tratích nutný a může věnovat plnou pozornost připojenému zařízení. Akustický signál upozorní řidiče na konec řady, aby mohl obnovit ruční řízení pro přechod na další řádek. Cena tohoto zařízení se pohybuje okolo 12 500,- euro. Systém Clemens Vinescout používají v ZD Jiřice (www.clemens-online.com).



Obr. 15 – Clemens Vinescout (www.clemens-online.com)

4.1.2 Systém manuálního řízení

- **EZ-GUIDE 250 Trimble**
Navigace EZ-Guide® 250 od společnosti CASE IH je navigace charakteristická přívětivým uživatelským rozhraním, barevným displejem a řadou dalších užitečných funkcí.
- **XCN (TMX) - 2050 trimble**
Společnost CASE IH vyvinula jedinečný a zcela revoluční monitor XCN-2050™, který vyniká svojí výkonností a především operačním

systemem Android™. Jedná se o novou generaci displejů určených nejen pro zemědělství.

- **FM-750 Trimble**

Je vybaven dvěma vestavěnými přijímači pro příjem signálu ze satelitního systému GPS a Glonass. Disponuje možností rozšíření nabídky korekčních signálů z Egnos na Omnistar, RTK, RTK VRS pro práci s přesností až na 25 mm.

- **FM-1000 Trimble**

Nabízí možnost upgradování přesnosti z Egnos na Omnistar, RTK nebo RTK VRS pro práci s přesností až 25 mm. FM-1000 podporuje manuální, asistované a automatické řízení s možností navádění i nářadí (tzv. systém TrueTracker, TrueGuide).

4.1.3 Systémy asistovaného řízení

- **EZ-STEER**

Kompatibilní a přenosný mezi více než 1200 stroji různých značek a provedení. Točivý moment mezi volantem a servomotorem je prováděn pomocí třecího pastorku.

- **EZ-PILOT Trimble**

Systém charakteristicky vyšší přesností, kompaktnějším tvarem. Vyplňuje mezeru mezi navigací EZ-Steer a Autopilot.

4.1.4 Systémy automatického řízení

- **ACCUGUIDE**

Značka CASE IH má již víceleté zkušenosti se systémy precizního zemědělství AFS - Advanced Farming System.

Jejím oblíbeným produktem je již pár let zcela integrovaný satelitní systém AccuGuide, které se stal velmi úspěšným nástrojem pro zvýšení produktivity a snížení nákladů.

- **AUTOPILOT**

Autopilot představuje univerzální řešení automatického systému řízení pro starší stroje od společnosti CASE IH nebo stroje jiných značek (www.agrics.cz).

4.2 Studie zaměřená na investiční náročnost a hlavní předpoklady pro zavádění těchto metod a technologií

Na základě vlastního šetření provedeného u vinohradnického subjektu firmy VERITAS společně s jednatelem Ing. Pavlem Pospíšilem, bylo zjištěno, že společnost je zaměřena na prodej sazenic a především na výsadbu nových vinogradů pomocí precizního vinohradnictví za použití GPS.

Průměrně firma VERITAS vysazuje kolem 200 tisíc sazenic za sezónu a obhospodařuje svých 80 ha vinic.



Obr. 16 – Intelligent Planting System

K samotné výsadbě a využití metody precizního vinohradnictví používá systém IPS (Intelligent Planting System), který nachází uplatnění nejen při výsadbě, ale i u mechanické práce spojené se zatlačováním sloupků do půdy a evidence potřebných dat.

Tento systém využívá na zcela novém traktoru značky Zetor Forterra CL 140, ale samozřejmě by se systém dal nastavit do mnohem starších typů traktorů.



Obr. 17 – Zetor Forterra CL 140

Celá řídicí jednotka se skládá ze dvou GPS, načež jedna je v traktoru a druhá je na sázeči. Dále pak z jednotky na řízení hydrauliky sázeče, rovněž v traktoru. Minimálně dvou stacionárních GPS snímačů a v neposlední řadě samotného sázeče. Praxe vypadá tak, že se zvolí minimálně dva pevné body (snímače) přímo na pozemku a díky souřadnicím a satelitům se vypočítá přesná plocha pro výsadbu. Hodnoty se zadají do řídicí jednotky. Určí se vzdálenosti jednotlivých sazenic, řádku apod. podle potřeby a systém si vše vypočítá.



Obr. 18 – Sázeč s GPS

Traktor pak se sázečem jezdí rychlostí $2,5 \text{ km.h}^{-1}$ a v ideálních podmínkách se dá vysázet během dne až 20 tisíc sazenic.

Z pohledu investic se náklady na zavedení této technologie skládají z nákladů na pořízení celé řídicí jednotky, která obsahuje navigační systémy a software pro jeho provoz, příslušné komponenty, případnou evidenci a přenos dat. Komplet tedy vychází okolo 145 000,- euro.

I přesto předpokladem pro zavedení těchto metod a technologií tedy zůstává, menší časová náročnost, úspora manuální práce, vysoká využitelnost při výsadbě a monitoringu, a nakonec do budoucna i finanční návratnost nákladů.



Obr. 20 – Stacionární GPS



Obr. 19 – Detail stacionární GPS

5 ZÁVĚR

V současné době lze širší zavádění precizního a inteligentního vinohradnictví očekávat spíše v ekonomicky vyspělých zemích. V rámci ČR se tato situace velmi zlepšila a stále více podniků vyhledává tyto služby.

Vše souvisí s budoucností a s tím, že precizní vinohradnictví vychází z moderních technologií a je spjato s jejich vývojem. Můžeme se tedy dočkat zejména zdokonalování senzorových systémů a přístrojů pro detekci agrochemických půdních vlastností, které by mohly případně nahradit pracné a finančně nákladné tradiční metody.

Všechny variabilní aplikace vychází z aplikační mapy, která je schopna definovat intenzitu určitého zásahu a také umožnit ji zpětné určení pro jakékoli místo na pozemku. Dnešní palubní a navigační systémy navíc dokáží zpětný zápis reálně aplikované dávky, a to z důvodu, kdyby obsluha pojezdu potřebovala měnit nastavení přímo ve vinici. Když to všechno zkombinujeme s detailní pěstitelskou evidencí, tak můžeme získat přesnou informační základnu pro případné řešení nečekaných problémů. Také se stále pracuje a snaží o nalezení a ověření efektivních postupů, aby se dalo docílit dosažení přínosů precizního vinohradnictví v oblasti výživy a ochrany rostlin. Dále taky kromě optimalizace agrotechnických postupů se pracuje na ověření technologických řešení, která by měla umožnit přenesení rozhodovacích procesů přímo na vinici a to díky moderní správě geoprostorových informací.

Asi nejvíc významnými přínosy s ohledem na životní prostředí, když bychom zachovali úroveň produkce, jsou snižování úniku nitrátu z půdy, snížení kontaminace prostředí rezidui pesticidů, omezení eroze půdy, omezení přehnojování půdy, snížení spotřeby pohonných hmot a další. Další pozitivní vlastností precizního vinohradnictví je detailní evidence provedených operací a tedy tzv. dohledatelnost zemědělských produktů.

Především je potřeba přihlížet na to, aby výhody, jež precizní a inteligentní vinohradnictví přináší, byly ekonomicky přínosné a využitelné pro podniky a vinařství. A to bez využití moderních technologií a strojů nebude možné.

Na základě získaných informací lze z hlediska provozního uplatnění shrnout přednosti precizního vinohradnictví do následujících oblastí:

- ekonomické přínosy optimalizované rostlinné produkce
- omezení rizika environmentálního znečištění nadměrnou aplikací agrochemických prostředků
- lepší dohledatelnost výstupních dat pomocí záznamů prováděných operací

6 SOUHRN

Bakalářská práce je zaměřena na zpracování přehledu využití precizního a inteligentního vinohradnictví pomocí navigačních systému, systému využívajících bezdrátovou komunikaci a moderní technologie.

Získané informace dokazují, že precizní vinohradnictví má s ohledem na vývoj v nadcházejícím období reálné předpoklady pro uplatnění. Důvodem jsou zejména přínosy v oblasti ekonomické, v oblasti environmentální i v oblasti analýzy a zpracování výstupních dat.

Klíčová slova: precizní vinohradnictví, globální polohový systém, výnosové mapy, senzory

7 SUMMARY

The bachelor thesis is focused on processing the overview of the using of precision and intelligent viticulture using navigation systems, wireless communication systems and modern technologies.

The obtained information prove that the precision viticulture has realistic assumptions for the application in view of the development in the coming period. This is mainly due to the benefits in economic, environment and also in the field of analysis and output data processing.

Key words: precision viticulture, global positioning system, yield maps, sensors

8 POUŽITÁ LITERATURA

Knižní zdroje

BURGOVÁ, J., V. MAŠÁN a P. BURG. Precizní vinohradnictví. *Vinařský obzor*. 2015, (4), 180-181. ISSN 1212-7884.

BURŠÍK, Jakub. *Využití systémů GPS u techniky pro pěstování rostlin*. Brno, 2011. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně. Vedoucí práce Ing. Jiří Pospíšil, CSc.

LUKAS, Vojtěch a kol. *Stanovení a optimalizace diferencovaných dávek dusíkatých hnojiv v precizním zemědělství*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2012. ISBN 978-80-7375-686-4.

LUKAS, Vojtěch. Základní hnojení v precizním zemědělství: porovnání variabilní a uniformní aplikace. *Úroda*. 2010, (12), 513-516. ISSN 0139-6013.

LUSKA, Karel. *Možnosti využití technologií precizního zemědělství v podmínkách ČR*. Brno, 2009. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně. Vedoucí práce Ing. Lubomír Neudert, Ph.D.

NEUDERT, Lubomír a Vojtěch LUKAS A KOL. *Precizní zemědělství: Technologie a metody v rostlinné produkci*. Praha: Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 978-80-7509-311-0.

RYBKA, Adolf a Milan ŠTASTNÝ. *Precizní zemědělství: Technologie a metody v rostlinné produkci*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1998. ISBN 80-7271-038-9.

ŠKODA, Vítězslav. *Možnosti využití technologií precizního zemědělství v zemědělském podniku*. Brno, 2014. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně. Vedoucí práce Ing. Lubomír Neudert, Ph.D.

Internetové zdroje

ADAMCHUK, V. I, J. W HUMMEL, M. T MORGAN a S. K UPADHYAYA. On-the-go soil sensors for precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture* [online]. 2004, 2004(44), 71–91 [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169904000444>

BRASA RAMOS, A. a F. MONTERO RIQUELME A KOL. Precision viticulture using a wireless sensor network. *Acta Horti* [online]. 2012, 307-313 [cit. 2017-04-27]. DOI: 10.17660/ActaHortic.2012.931.34. Dostupné z: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.931.34>

DE FILIPPIS, T., L. ROCCHI, E. FIORILLO, A. MATESE, F. DI GENNARO a L. GENESIO. Smartvineyard: an open source web-gis application for precision viticulture. *Acta Horti* [online]. 2013, 107-116 [cit. 2017-04-25]. DOI: 10.17660/ActaHortic.2013.978.11. Dostupné z: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.978.11>

Drony sledující vinohrady. *Agrobiznis* [online]. 2015 [cit. 2017-03-24]. Dostupné z: <http://www.agrobiznis.sk/index.php/component/content/article/1-uvod/2850-drony-sledujuce-vinohrady>

JUN, Ing. Jiří. Navigační systémy 21. století v praxi. *Zemědělec* [online]. 2012 [cit. 2017-02-18]. Dostupné z: <http://zemedelec.cz/navigacni-systemy-21-stoleti-v-praxi/>

KAPLAN, Elliott D. a Christopher J. HEGARTY. *Understanding GPS: Principles and Applications* [online]. Artech House, 2006 [cit. 2017-04-01]. ISBN 1-58053-894-0. Dostupné z: https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=-sXPuOW7ggC&oi=fnd&pg=PR7&dq=GPS+compatibility&ots=2s8wDwTOMB&sig=ErtYj3ITLgljMq_1NY7OIJoiheU&redir_esc=y#v=onepage&q=GPS%20compatibility&f=false

LUKAS, PH.D., Ing. Vojtěch, Ing. Lubomír NEUDERT, PH.D. a Prof. Ing. Jan KŘEN, CSC. Precizní zemědělství a jeho přínosy. *Zemědělec* [online]. 2010 [cit. 2017-04-11]. Dostupné z: <http://zemedelec.cz/precizni-zemedelstvi-a-jeho-prinosy/>

MATESE, Alessandro a Salvatore Filippo DI GENNARO. Technology in precision viticulture: a state of the art review. *International Journal of Wine Research*

[online]. 2015, 2015(7), 69—81 [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <https://www.dovepress.com/technology-in-precision-viticulture-a-state-of-the-art-review-peer-reviewed-fulltext-article-IJWR>

Navigační systémy. *Agrics* [online]. [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <http://www.agrics.cz/navigacni-systemy>

NEWSON, D. N. a R. J. NETTELBECK, Precision mechanisation in the australian wine industry for product quality, and financial sustainability. *Acta Horti* [online]. 2013, 355-367 [cit. 2017-04-14]. DOI: 10.17660/ActaHort.2013.978.41. Dostupné z: <https://doi.org/10.17660/ActaHort.2013.978.41>

PRASAD, R. a M. RUGGIERI. *Applied satellite navigation using GPS, GALILEO, and augmentation systems* [online]. Boston Artech House, 2005 [cit. 2017-03-25]. ISBN 1-58053-814-2. Dostupné z: <https://trid.trb.org/view.aspx?id=783862>

Precision sensors. *Smartvineyard* [online]. [cit. 2017-03-24]. Dostupné z: <http://smartvineyard.com/smartvineyard-precision-viticulture/>

Predicting Vineyard Conditions, Preventing Disease. *Libelium* [online]. 2015 [cit. 2017-03-10]. Dostupné z: <http://www.libelium.com/precision-agriculture-predicting-vineyard-conditions-preventing-disease/>

PRIMICERIO, Jacopo. A flexible unmanned aerial vehicle for precision agriculture. *Precision Agriculture* [online]. 2012, (4), 517–523 [cit. 2017-04-11]. DOI: 10.1007/s11119-012-9257-6. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11119-012-9257-6>

Senzory a technika pro precizní zemědělství. *Agrojournal* [online]. 2016 [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: <https://www.agrojournal.cz/clanky/senzory-a-technika-pro-precizni-zemedelstvi-193>

SCHWARZ, Hans Peter. Gps hilft den winzern auf die sprünge. *Obstbau - Weinbau* [online]. 2012, 2012(5), 1 [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <http://www.obstbau.at/1020/Details?fachbeitragID=320>

TARDAGUILA, J. a M. P. DIAGO A KOL. Applications of computer vision techniques in viticulture to assess canopy features, cluster morphology and berry

size. *Acta Hortic* [online]. 2013, 77-84 [cit. 2017-04-16]. DOI: 10.17660/ActaHortic.2013.978.7. Dostupné z: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.978.7>

TISSEYRE, B. Sensing systems embedded in machines: towards a better management of operations in viticulture. *Acta Hortic* [online]. 2013, 21-36 [cit. 2017-04-25]. DOI: 10.17660/ActaHortic.2013.978.1. Dostupné z: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.978.1>

TISSEYRE, Bruno a James Arnold TAYLOR. An overview of methodologies and technologies for implementing precision agriculture in viticulture. *Congresso Brasileiro de Viticultura e Enologia - Anais* [online]. 2005, (12) [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/228832187_An_overview_of_methodologies_and_technologies_for_implementing_precision_agriculture_in_viticulture

VINESCOUT for viticulture. *Clemens-online* [online]. [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <http://www.clemens-online.com/index.EN.php?cnt=p4190&nav=m203&dash=vinescout>

Viniční dron, robotický exoskelet a lunární vozítko do svahů. *Jižní svah* [online]. 2013 [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: <http://www.jizni-svah.cz/2013/12/vinicni-dron-roboticky-exoskelet.html>

VOLLMER, E. a H. P. SCHWARZ. Documentation of working time in different vineyard systems. *Acta Hortic* [online]. 2013, 385-390 [cit. 2017-04-15]. DOI: 10.17660/ActaHortic.2013.978.44. Dostupné z: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.978.44>

Zdroje obrázků

Hand-device sensors for grape quality proximal monitoring, which allows quality maps to be realized. In: *Dovepress* [online]. 2015 [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <https://www.dovepress.com/technology-in-precision-viticulture-a-state-of-the-art-review-peer-reviewed-fulltext-article-IJWR>

KROULÍK, Milan. Mapa vodivosti půdy. In: *Agrojournal* [online]. 2016 [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <https://www.agrojournal.cz/clanky/senzory-a-technika-pro-precizni-zemedelstvi-193>

MÜLLER, Reinhard. Das digitale Gehirn. In: *Obstbau* [online]. 2012 [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <http://www.obstbau.at/1020/Details?fachbeitragID=320>

MÜLLER, Reinhard. GPS mit vier Satelitten. In: *Obstbau* [online]. 2012 [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <http://www.obstbau.at/1020/Details?fachbeitragID=320>

MÜLLER, Reinhard. GPS-gesteuertes Rebenpflanzen. In: *Obstbau* [online]. 2012 [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <http://www.obstbau.at/1020/Details?fachbeitragID=320>

PreDiVine installed in grapevines. In: *Libelium* [online]. 2015 [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <http://www.libelium.com/precision-agriculture-predicting-vineyard-conditions-preventing-disease/>

PreDiVine prediction dashboard. In: *Libelium* [online]. 2015 [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <http://www.libelium.com/precision-agriculture-predicting-vineyard-conditions-preventing-disease/>

PreDiVine Vineyard Installation. In: *Libelium* [online]. 2015 [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <http://www.libelium.com/precision-agriculture-predicting-vineyard-conditions-preventing-disease/>

Some kinds of sensors developed ad hoc for monitoring applications for unmanned aerial vehicle platform. In: *Dovepress* [online]. 2015 [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <https://www.dovepress.com/technology-in-precision-viticulture-a-state-of-the-art-review-peer-reviewed-fulltext-article-IJWR>

Some robot prototypes and commercial solutions for precision viticulture. In: *Dovepress* [online]. 2015 [cit. 2017-04-28]. Dostupné z:

<https://www.dovepress.com/technology-in-precision-viticulture-a-state-of-the-art-review-peer-reviewed-fulltext-article-IJWR>

STRAKA, Jakub. Snímka z monitoringu. In: *Agrobiznis* [online]. 2015 [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <http://www.agrobiznis.sk/index.php/component/content/article/1-uvod/2850-drony-sledujuce-vinohrady>

TECHNOLOGIES, Naio. #Geisi : un drôle de #tracteur pour les #vignes en pente <http://buff.ly/29BLpIi> @Journal_Entraid #hsgeisenheim. In: *Twitter* [online]. 2016 [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <https://twitter.com/naiotech/status/753109721918431235/photo/1>

TURNER, Anthony. IRIS+ by 3D Robotics has many good and only few bad sides. In: *DronesGlobe* [online]. 2015 [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <http://www.dronesGlobe.com/review/3dr-iris-plus/>

Wireless sensor network architecture deployed in a vineyard at Azienda Agricola Castello di Brolio, Siena, Italy. In: *Dovepress* [online]. 2015 [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <https://www.dovepress.com/technology-in-precision-viticulture-a-state-of-the-art-review-peer-reviewed-fulltext-article-IJWR>