

Projekt: **INOVACE VE ZPRACOVÁNÍ PŮDY**

podpořený Programem rozvoje venkova pro období 2014 – 2020 v opatření 16 Spolupráce, operací **16.2.1 Podpora vývoje nových produktů, postupů a technologií v zemědělské prvovýrobě**

je spolufinancován Evropskou unií.

Cílem operace je podpora inovací v zemědělské prvovýrobě.



EVROPSKÁ UNIE
Evropský zemědělský fond pro rozvoj venkova
Evropa investuje do venkovských oblastí
Program rozvoje venkova



MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ



PROGRAM ROZVOJE VENKOVA

Registrační číslo: **16/002/16210/453/000008**

Období řešení: **2016 – 2018**

Příjemce/žadatel:

**Zemědělské a obchodní družstvo
“Bratranců Veverkových“
Živanice**

533 42 Živanice 206, IČ: 00127876

Spolupracující partner/výzkumná instituce:

AGROEKO Žamberk spol. s r.o.
Zemědělská 1004, 564 01 Žamberk, IČ: 42197082

Vybraný dodavatel inovované investice:

AGROMETALL s.r.o.

Nový Dvůr 938, 537 03 Heřmanův Městec

Místo realizace: 533 42 Živanice č. p. 206, 533 42 Živanice

Cílem projektu je vývoj a zavedení do běžného používání technologie vertikální základní přípravy půdy hlubokým dlátovým kypřením, společně s profilovým hnojením půd do řádku (rýhy), pro budoucí porosty kukuřice pro produkci píce a technologie efektivního setí úzkořádkových plodin, slučující operace variabilní přípravy setového lůžka a hnojení půdy se setím, pro zajištění dobrého účinku na vzcházení a kontinuální výživu rostlin, technologii umožňující stabilizaci produkce rostlinné výroby v aridní oblasti.

Projektové vize: Vývoj a zavedení do provozu nových půdo-zpracujících technologií při pěstování rostlin s příznivým dopadem na půdní prostředí vlivem úspory přejezdů, zvýšení infiltrační a retenční kapacity půd pro atmosférické srážky, významné snižování zhutnění půd a omezení eroze půdy v životním prostředí. Zvýšení půdní úrodnosti v následujících letech vlivem zvýšení obsahu přístupných živin v půdě a snížením technogenního zhutňování a zlepšení hospodaření půdy s vláhou. Zavedení technologie snižující erozní degradaci půdy, spotřebu hnojiv, potřebu práce, spotřebu paliv a snižující produkci skleníkových plynů (CO₂).

Klíčová slova: výzkum pro inovace, vývoj a zavedení technologií, zhutňování půdy, zpracování půdy, hnojení, setí, úzkořádkové a širokořádkové plodiny, životního prostředí

Představení projektu

Předmětem projektu je spolupráce mezi příjemcem/žadatelem a výzkumnou institucí/dodavatelem služby výzkumu a vývoje. V rámci řešení projektu je pořizována strojová investice a jsou provedeny drobné stavební práce pro výzkumné a vývojové zázemí. Investice jsou nástrojem pro úspěšné dosažení cíle projektu. Bude provedena jejich implementace do pěstebních technologií v rostlinné výrobě a výsledkem vývoje bude zavedení nových půdo-zpracujících technologií plodin setých do řádků v úzkých a širokých roztečích s podstatným snížením technogenního zhutnění a obnovení funkcí půdy.

Na základě analýzy stávajícího stavu v roce 2016, provedené pracovníky výzkumné instituce a její vyhodnocení, byly navrženy žadateli technické specifikace strojových linek nezbytných pro inovační vývoj půdo-zpracujících technologií pro pěstované plodiny. Po návrhu technického vybavení vyvíjených technologií byl s ohledem na půdně-klimatické a výrobní podmínky žadatele a podle postupů vyplývající z Pravidel, vybrán dodavatel strojů. Do vyvíjených půdo-zpracujících technologií rostlinné výroby byly dodány výchozí, základní konstrukce strojů pro možné dovyvinutí konkrétním požadavkům:

- Vzadu nesený hloubkový dlátový pluh (kypřič) se systémem pneumatického trubicového rozvodu zakončený šterbinovými aplikačními koncovkami pro aplikaci granulovaných minerálních hnojiv do rýhy za každou polo-parabolickou slupicí (výrobce *BEDNAR FMT s.r.o., Česká republika*)
- Secí stroj se systémem vlastní variabilní přípravy půdy a seťovou, rozptylovou aplikací granulovaných hnojiv (výrobce *BEDNAR FMT s.r.o., Česká republika*)
- Univerzálně agregovatelný, přetlakový pneumatický aplikační zásobník pro granulovaná hnojiva se softwarovou kontrolou (výrobce *BEDNAR FMT s.r.o., Česká republika*)

Vyvíjená půdo-zpracující technologie **hlubokého zpracování půdy dlátovým pluhem** byla založena na pořízení základní konstrukce specifického kypřiče, s vlastním aplikačním zařízením pro aplikaci granulovaných hnojiv do půdního profilu.

Pro vývoj technologie efektivního zakládání porostů **úzkorádkových plodin** byla pořízena multifunkční secí linka, umožňující variabilní přípravu půdy podle fyzikálního stavu půdy a umožňující rozptylovou aplikaci hnojiv do seťového lůžka před výsevní ústrojí podle požadavků plodiny. V lince vlastní secí stroj navazuje na přípravu půdy hlubokým zpracováním půdy dlátovým pluhem s profilovým hnojením půdy.

Harmonogram řešení

Aktivity byly v rámci spolupráce a vyhotovené Metodiky pro plnění cíle projektu rozděleny na dílčí 2 věcné etapy:

Etapa 1: Ověření hlubokého zpracování půd dlátovým kypřičem s polo-parabolickými slupicemi v aridních podmínkách a dovyvinutí variabilní parametrizace souběžného podpovrchového uložení hnojiva do zóny půdního profilu
= období experimentálního řešení 2017 a 2018

Etapa 2: Ověření a dovyvinutí zaváděného způsobu setí jarních plodin secím strojem s variabilní přípravou půdy a souběžnou aplikací hnojiva široko-plošným rozptýlením před pracovními sekcemi pro zabezpečení dostatečné výživy rostlin v raném období růstu a vývoje v aridních podmínkách
= období experimentálního řešení 2017 a 2018

Ve vegetační sezóně roku 2017 byly provedeny ověřovací poloprovozní pokusy a konstrukční zkoušky strojů pro implementaci postupů do nové technologie základního zpracování půdy a profilového hnojení a technologie zakládání (setí) úzkorádkových plodin.

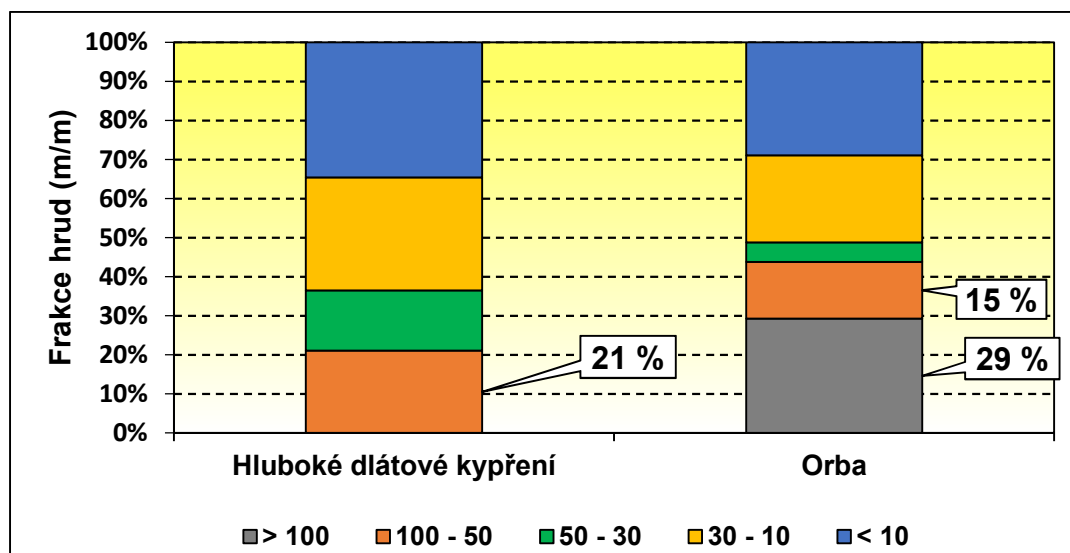
Výsledky a diskuze

Z dosavadního průběhu řešení projektu bylo ve spolupráci příjemce dotace a výzkumné instituce zjištěno pozitivní působení vyvíjených půdo-zpracujících technologií rostlinné výroby včetně pořizovaných investic na ochranu půdy před zhutněním a erozí, infiltrační schopnosti půdy pro atmosférické srážky, růst a vývoj polních plodin, kvalitu píče, snížení spotřeby paliva, pracovního času a na snížení produkce výfukových plynů včetně oxidu uhličitého (CO₂).

Etapa 1. V rámci provedených zkoušek a polních pokusů bylo zjištěno, že vyvíjená technologie **hlubokého zpracování půd dlátovým pluhem (kypřičem) s profilovým hnojením do rýh**, měla pozitivní vliv na půdní vlastnosti v celém profilu zpracování, včetně

vytvoření protierozní funkce při pěstování kukuřice jako plodiny s nízkým ochranným vlivem na půdu. Protierozní funkce je zabezpečena vysokou intenzitou rozrušení (rozpraskání) částečně ztuhlé ornice a především značně ztuhlého mikro-horizontu podorniční podlahy ve hloubce 27 – 35 cm dosavadně vytvářenou plužními tělesy. Částečně docházelo k rozrušení ztuhlého podorničí.

Hluboké dlátové kypření významně snižovalo oproti současné orbě podíl agronomicky nevyhovujících půdních agregátů (hrud) v profilu ornice pro následný výsev kukuřice. Jak je patrné z grafu 1, dlátové kypření vytvářelo větší podíl hrudkovitých a drobtovitých agregátů, charakterizující požadovaný **strukturní stav** kulturního horizontu ornice.



Graf 1. Hrudovitost půdy po základní přípravě vyvíjeným hlubokým dlátovým kypřením a po zpracování současnou technologií orby (velikost frakcí v mm, hloubka 0 – 25 cm, 25. den po zpracování, 28. 4. 2017)

Po základním zpracování půdy vyvíjenou technologií hlubokého dlátového kypření došlo k významnému snížení ztuhnutí (pedokompakce) půdního profilu. Z tabulky 1 je patrné, že technologie využívající inovativní půdo-zpracující stroj, výjimečné konstrukce pracovních orgánů, zajistila již 58. den po zpracování příznivé změny fyzikálních vlastností půdy oproti současné orbě. Oproti orbě (100 %) došlo k významnému snížení ztuhnutí a v důsledku zvýšení infiltrační schopnosti půd pro vodu.

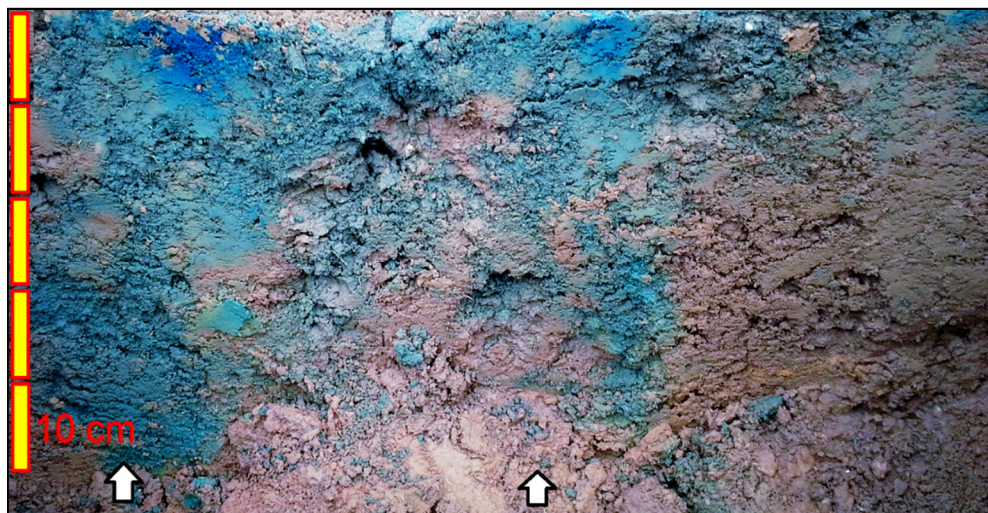
Tab. 1. Změna fyzikálních vlastností půdy po hlubokém kypření

Dno zpracování	Ztuhnutí (g/cm ³)	Pórovitost (rel.)
30 cm	-5 %	+5 %
35 cm	-13 %	+14 %
40 cm	-12 %	+9 %
50 cm	-15 %	-14 %

Pozn.: Odběrový válec vzorků ornice, půdní horizont 0 – 30 cm.

Ve sklizni 158. den po zpracování půdy vykazovala ornice setrvalost **zúrodňování co do eliminace ztuhnutí** po vyvíjeném hlubokém dlátovém kypření. Hlavní ukazatel objemové hmotnosti půdy redukované byl v rozpětí 1,30 – 1,47 g/cm³ podle hloubky zpracování, což bylo na úrovni v průměru **88 %** (84 – 95 %) **limitní meze** pro indikaci ztuhnutí vyskytující se písčitohlinité půdy. Naopak půda po orbě vykazovala již stav ztuhnutí před sklizní kukuřice v průměru na úrovni 107 % (94 – 115 %) limitní meze.

Půda vytvářela po vyvíjeném dlátovém kypření **preferenční infiltrační toky** atmosférických srážek v trajektoriích průniku pracovních slupic s dlátý půdou. V těchto místech docházelo k rychlé infiltraci simulovaných jednorázových atmosférických srážek o intenzitě 80 mm za hodinu. Vsakování modrého barviva zvýraznilo stopy po kypření (obr. 1).



Obr. 1. Vizualizace preferenčních toků vody v půdním profilu zpracovaném vyvíjenou technologií hlubokého dlátového kypření do hloubky 40 cm po infiltraci 40 mm jednorázové atmosférické srážky (stav po 24 h, 5. 5. 2017)

Po hlubokém zpracování polo-parabolickými slupicemi v rozteči 40 cm získala půda významnou **protierozní vlastnost** na principu podpory infiltrace dopadajících dešťových kapek na povrch pórovité půdy, což významně snižuje energii projektilů (kapek) při dopadu na povrch. Atmosférické kapky využijí energie pro transport zvýšeným objemem nekapilárních pórů do půdního profilu (obr. 2).



Obr. 2. *vlevo*: Detail radlice dlátového pluhu (kypřiče) s polo-parabolickými slupicemi (3x lomený pracovní úhel), osazený v zadní části trubicemi se šterbinovou koncovkou pro souběžné podpovrchové uložení hnojiva do zóny půdního profilu. *vpravo*: Profilové stimulační hnojení dlátovým pluhem (kypřičem) osazený prototypním aplikačním rozvodem a řádkovými aplikačními koncovkami hnojiv (do rýh).

Výsledky v tabulce 2 uvádí **zúrodňování půdy** vyvíjenou půdo-zpracující technologií s rýhovou aplikací hnojiv co do **agrochemických vlastností**. Půda po diagnostikované dávce

100 kg P₂O₅/ha různými formami (variantami) aplikace a po odběru testovanou plodinou kukuřicí, zvýšila obsah přístupných forem fosforu.

Tab. 2. Změna obsahu přístupného fosforu v půdě (ve výluhu Mehlich III, 0 – 30 cm)

Orba h = 27 cm (bez aplikace P)	Kypření h = 40 cm (bez aplikace P)	Zaorávka fosforu (dno h = 27 cm)	Zakypření fosforu (dno h = 40 cm)	Profilové uložení fosforu (rýhy h = 25 cm)
+ 2 %	+ 51 %	+ 10 %	+ 21 %	+ 45 %

Hluboké dlátové kypření při dně zpracování 40 cm zvyšovalo **výnos píce o 35 %** a hlavní energetické složky škrobu **o 27 %** oproti hluboké orbě do 27 cm. **Stimulační profilové hnojení fosforem na architekturu kořenů** zvyšovalo výnos píce v lehké až středně těžké půdě zejména v mělkém uložení rýh ve hloubce 15 – 20 cm, v průměru o 42 % oproti orbě a zároveň to bylo o 7 % více než po zaorávce fosforu na dno brázdy. Výnos píce nadále stoupal v průměru o 52 % oproti orbě po stabilizaci mobility fosforu v rýhách (v hlubších vrstvách půdy s vyskytujícím se nižším pH) přidávkem granulovaného vápence, což podpořilo stimulaci zakořenění.

Vyprodukovaná píce byla silážována na **výzkumném platě** a analyzována v den sklizně a následně po vyfermentování po 64 dnech. Vyprodukovaná siláž vykazovala vyšší nutriční hodnotu po vyvíjené technologii hlubokého kypření se stimulačním profilovým hnojením fosforem a vápníkem, než surová píce před konzervací. Energetická hodnota siláže byla co do obsahu škrobu v průměru o 3 % vyšší než po orbě.

Etapa 2. Vyvíjená **technologie setí** v lince inovovaný secí stroj s přihnojením granulovanými hnojivy, **umožnila sloučení operací** hnojení, přípravy seťového lůžka a vlastního setí. Technologie snižuje počty přejezdů po pozemcích a vede ke snížení technogenního ztuhování půdy a k významné **úspoře energie** a produkce výfukových **emisí**. Technologie setí umožňuje variabilní přípravu seťového lůžka podle půdních podmínek a souběžnou rozptylovou aplikaci hnojiv v seťovém půdním profilu, což zajišťuje snížení spotřeby paliva okolo 31 % a snížení produkce emisí skleníkového plynu CO₂ z motorového spalování okolo 30 %, oproti současné technologii v podniku a běžné okolní zemědělské praxi.

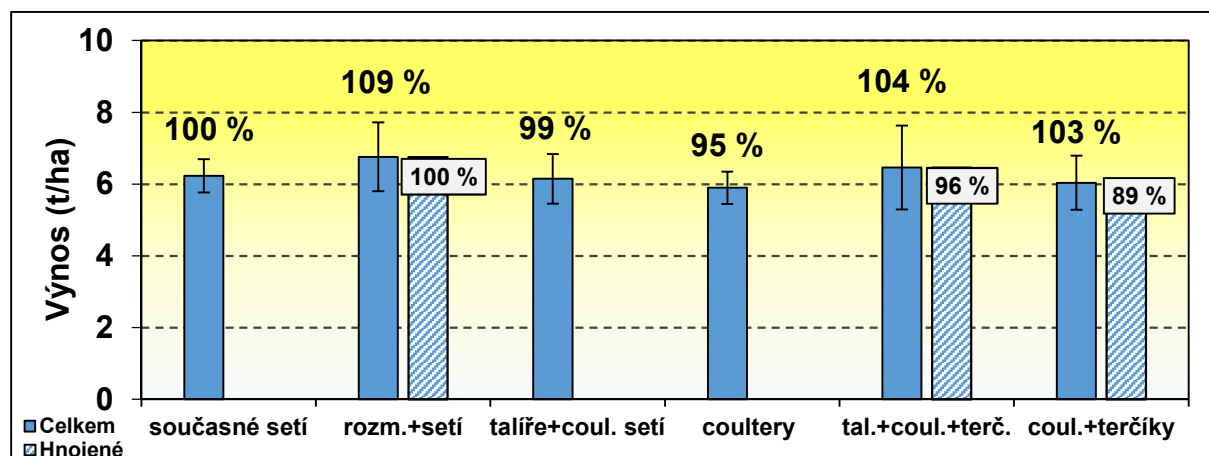
Vyvíjená technologie sloučených operací variabilní intenzity přípravy seťového lůžka do jedné operace setí, významně snížila **křivost povrchu půdy**, viz tabulka 2. Řetězovou metodou (RR) byly zjištěny významné poklesy nerovnosti povrchu půdy o 72 – 80 % oproti stávající základní předseťové přípravě vláčením. Současná technologie setí (s přípravou půdy) snížila drsnost povrchu pouze o 53 % oproti předseťové přípravě. Technologie byla zkoušena v lehké půdě při založení porostů jarního ječmene.

Tab. 3. Kvalita přípravy seťového lůžka vyvíjenou technologií setí úzkořádkových plodin podle ukazatelů drsnosti povrchu půdy mechanickým profilografem (R_{zg}), křivosti a drsnosti povrchu půdy (RR) stanovené řetězovou metodou (stav po setí ze dne 16. 3. a 17. 3. 2017)

Lokalizace	R _{zg} (mm)	R _{zg} (rel.)	Křivost povrchu T	Křivost povrchu T (rel.)	RR (mm)	RR (rel.)
Předseťová příprava	2,62	100 %	0,119	100 %	4,80	100 %
Současné setí	1,47	56 %	0,036	30 %	2,26	47 %
Vyvíjené, talíře + coultery	1,86	71 %	0,016	13 %	1,34	28 %
Vyvíjené, coultery	1,53	58 %	0,006	5 %	0,95	20 %

Výsledky sklizňových výnosů zrna jsou znázorněny v grafu 2. Ve srovnání s nehnojenou kontrolou stávajícího způsobu setí poskytla o 9 % vyšší výnos zrna současná technologie dělených operací: 1) aplikace hnojiva, 2) příprava půdy a 3) setí. Vyvíjená

technologie slučující operace poskytla o 4 % vyšší výnos zrna po intenzivní **talířové a coulterové přípravě lehké půdy** s terčíkovými aplikátory startovací dávky NPK oproti nehnojené kontrole. Bez aplikace hnojiva při přípravě půdy talířovou a coulterovou sekcí poklesl výnos zrna o 1 % a po přípravě pouze coultery o 5 %. Porosty v deficitní půdě na fosfor a draslík vykazovaly dobrou reakci na startovací výživu aplikovanou v dávce 40 kg P₂O₅/ha a 40 kg K₂O/ha do seťového profilu půdy.



Graf 2. Sklizňový výnos zrna jarního ječmene po uplatnění různých variant vyvíjené technologie seť se souběžnou variabilní přípravou půdy a hnojením terčíkovými aplikátory pro uložení hnojiva v seťovém profilu (1. 8. 2017)

Vyvíjené technologie vykazují pozitivní vliv na ochranu životního prostředí. Porovnáním produkce CO₂ technologií 1) základního zpracování a hnojení půdy byly shledány **úspory** inovativní technologie dlátového kypření se souběžnou aplikací hnojiva ve výši 26,3 kg/ha CO₂ což je 33 %, resp. úspora paliva 10 l/ha oproti současné orbě. Inovativní souprava zvýšila i výkonnost o 0,2 ha/h, tj. 10 % oproti orbě a následující aplikací hnojiv rozmetadlem. Porovnání 2) technologie založení porostů úzkořádkových plodin poskytuje snížení produkce CO₂ ve výši 7,9 kg/ha, tj. 30 %. Plošná výkonnost byla navýšena o 0,3 ha/h, resp. 5 % při snížení spotřeby paliva o 3 l/ha.

Stanovené hodnoty poukázaly na zvýšení výkonnosti u inovativních souprav, slučující operaci základního zpracování půdy s hnojením půdního profilu do aplikačních rýh. Vyvinuté technologie zpracování a hnojení půdy pro pěstování plodin umožní po plném zavedení významně snížit uhlíkovou stopu v ekosystému. U vyvíjené technologie zakládání porostů s hnojením a variabilní přípravou seťového lůžka se předpokládá zvýšení pracovní rychlosti o 3 – 5 km/h oproti současné technologii. Vyšší výkonnost doplní větší objem zásobníku osiv.

Závěry a doporučení

Vyvíjené technologie naplňují prvky **technologické inovace na úrovni podniku** příjemce/žadatele s dobrým transferem do zemědělských subjektů s podobným zaměřením zemědělské výroby. Z řešení 1. etapy hlubokého zpracování půdy dlátovým pluhem (kypřičem) s profilovým hnojením do řádků (rýh) vyplývá pozitivní vliv na půdní úrodnost významnou redukcí zhutnění. Vytvořená strukturní půda zvýšila infiltrační a retenční schopnost a ornice získala toleranci vůči erozi a zvýšila zásobenost přístupnými živinami.

Z technologie seť řešené v 2. etapě vyplývá z průběžných výnosů zrna ječmene využití především kombinace **talířové a coulterové sekce** pro přípravu seťového lůžka. Dále vyplývá nutnost **omezit** (dávku) povrchovou, rozptylovou aplikací **fosforečných** hnojiv terčíkovými aplikátory. Sloučení operace seť a minerálního hnojení umožňuje pokles spotřeby paliva a tím produkci výfukových plynů CO₂, za současného nárůstu výkonnosti.

Ing. Tomáš Javor, DiS.

Ing. Lukáš Staněk, Ph.D.

Členové řešitelského týmu AGROEKO Žamberk spol. s r.o.