

Projekt: **INOVACE PRO PRECIZNÍ ZEMĚDĚLSTVÍ S POŘÍZENÍM TECHNOLOGIE PRO PŘESNÉ DÁVKOVÁNÍ HNOJIV**

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: **18/006/16210/563/000032**

Období řešení: **2019–2020**

Žadatel/příjemce: **Solmilk, a.s.**

Olešná 114, 580 01, IČ: 25271555

Solmilk a.s.

Spolupracující partner/výzkumná instituce: **AGROEKO Žamberk spol. s r.o.**

Zemědělská 1004, 564 01 Žamberk, IČ: 42197082



AGROEKO
Žamberk spol. s r.o.

Vybraný dodavatel strojových investic: **MOREAU AGRI VYSOČINA, spol. s r.o.**

Maršovice 87, 592 31 Nové Město n. M., IČ: 26259084



Místo realizace: Olešná, 580 01

Celkové výdaje projektu:	12.626.350 Kč
Výdaje, ze kterých je stanovena dotace:	10.435.000 Kč
Poskytnutá dotace – spolufinancování (50 %):	5.217.500 Kč
- příspěvek společenství EU (49,5 %):	2.582.662 Kč
- příspěvek z národních zdrojů (50,5 %):	2.634.838 Kč

➤ **Cílem projektu** byla spolupráce zemědělského podniku (žadatele) se specializovanou výzkumnou institucí na návrhu a realizaci nové technologie řízeného hnojení tekutými organickými hnojivy a ověřování optimálního technologického použití pro pěstování brambor s dodržením principů precizního zemědělství a pozitivního vlivu na životního prostředí.

Spolupráce byla cílena na **komplexní vývoj nového technologického postupu hnojení brambor** zahrnující návrh a pořízení pokrokové inovace strojového vybavení včetně softwarového rozhraní a informačních technologií s přívětivou uživatelskou vstřícností pro řízenou aplikaci složením proměnlivých tekutých organických hnojiv z faremní produkce.

Produktem inovace je uplatnitelná zcela dovyvinutá technologie hnojení náročné plodiny na harmonickou výživu brambor pomocí lokálně přesné dávky dusíku podle předpisové mapy pozemku (a dalších živin) ve složením kolísavých tekutých organických hnojivech.

➤ **Technologie s pronikavým pokrokem v systému dávkování proměnlivých tekutých organických hnojiv nabízející podstatné zpřesnění dávkování dusíku (a dalších živin) na nejvyšší dosavadně technicky a softwarově dosažitelnou úroveň na zemědělské půdě.**

➤ **Technologie zajišťující kontinuální přesnou evidenci použití hnojiv**, podrobné statistiky spotřeby hnojiv, informace o logistice kapacit skladovacích jímek, statistiky spotřeby času, výkonnosti na pozemku a spotřeby nafty při aplikaci hnojiv v reálném čase.

Klíčová slova: tekutá organická hnojiva, aplikační mapy, diagnostika, dusík, brambor

Metodika řešení

Spolupráce Žadatele s výzkumnou institucí ve výzkumu a vývoji inovace hnojení půdy pro založení porostů brambor byla realizována ve **2 věcných etapách** v období 2019–2020. Příprava projektu a specifikace strojových investic započala již v roce 2018. Náplní spolupráce byl experimentální výzkum a vývoj uplatnění tekutých organických hnojiv v systému **uniformních a variabilních dávek dusíku** v různých úrovních hnojení podle přirozeně se vyskytující půdní variability obsahu dusíku ($N_{\min.}$) v porostech brambor se zohledněním obsahu dusíku ve hnojivech. Výzkum probíhal na vyčleněném pokusném a zkušebním pozemku s rozdělením do maloparcel (2019). Bylo provedeno komplexní hodnocení účinku variant vývoje v následné plodině jarním ječmeni a založen aplikovaný výzkum pro dovývoj systému variabilních dávek dusíku v tekutých organických hnojivech z faremní produkce na produkčních pozemcích brambor s uplatněním koncově specifikované **pořízené aplikační linky** (2020).

➤ **Systém aplikace tekutých organických hnojiv již byl řízen automatizovaně z operačního centra**, které zpracovávalo informace o aktuálním obsahu dusíku ve hnojivech v průběhu aplikace (procesní analyzátor spektrometr NIR) a o aktuální potřebě dávky dusíku podle předpisové aplikační mapy, která byla vytvořena z podrobného jarního průzkumu půdy na obsah $N_{\min.}$

Pro vývoj technologie byly založeny poloprovozní a provozní **pokusy** na užívaných pozemcích žadatele a prováděny pravidelné kontroly porostů, odběry vzorků půdy, rostlin a sklizňové produkce pro laboratorní analýzy kvality a vyhodnocování tím účinku navržených variant vývoje nejlépe odpovídající cíli projektu. Podrobněji byla **analyzována sklizeň** hlíz odděleným stanovením výnosu variant a stanovením kvality a variability hodnocených ukazatelů. Byla provedena **validace integrovaného spektrometru** blízké červené oblasti (NIR procesní analyzátor) tekutých organických hnojiv na výstupním potrubí s referenční analýzou. **Realizace komplexního vývoje s působením v následné plodině jarním ječmeni** po bramborách pro užití organických hnojiv mající delší účinek v půdě. Průběžné hodnocení vývoje bylo porovnáno se současnou nevyhovující technologií hnojení dusíkem v minerálních hnojivech. Pro účely hodnocení pokusných variant bylo zřízeno zázemí pro vážení a odběr

vzorků brambor. Průběžně bylo spolupracováno s vybraným dodavatelem strojové investice aplikační linky na dovývoji a implementaci funkcí pořízené inovativní aplikační linky včetně užití operačního centra ve webové aplikaci.

Výstupy řešení

Během experimentálního a aplikovaného vývoje v půdně-klimatických a výrobních podmínkách žadatele byla vyvinuta a do provozu implementována komplexní inovace hnojení brambor pomocí proměnlivých tekutých organických hnojiv z faremní produkce s přelomovým systémem nejpřesnější aplikace v dávce dusíku na jednotku plochy (kg N/ha) podle předpisové aplikační mapy generované z jarního půdního průzkumu obsahu dusíku (N_{min}).

Výstupem projektu je vyvinutá technologie hnojení brambor pracující na principu **minimalizace přirozené variability (1) složení hnojiv a (2) variability zásobenosti půdy dusíkem** (živinami), která působí značné nepřesnosti v současných dostupných systémech. Výstupem projektu je podstatně **inovován obor precizního zemědělství a systém aplikace stabilní produkce tekutých organických hnojiv na farmách žadatele:**

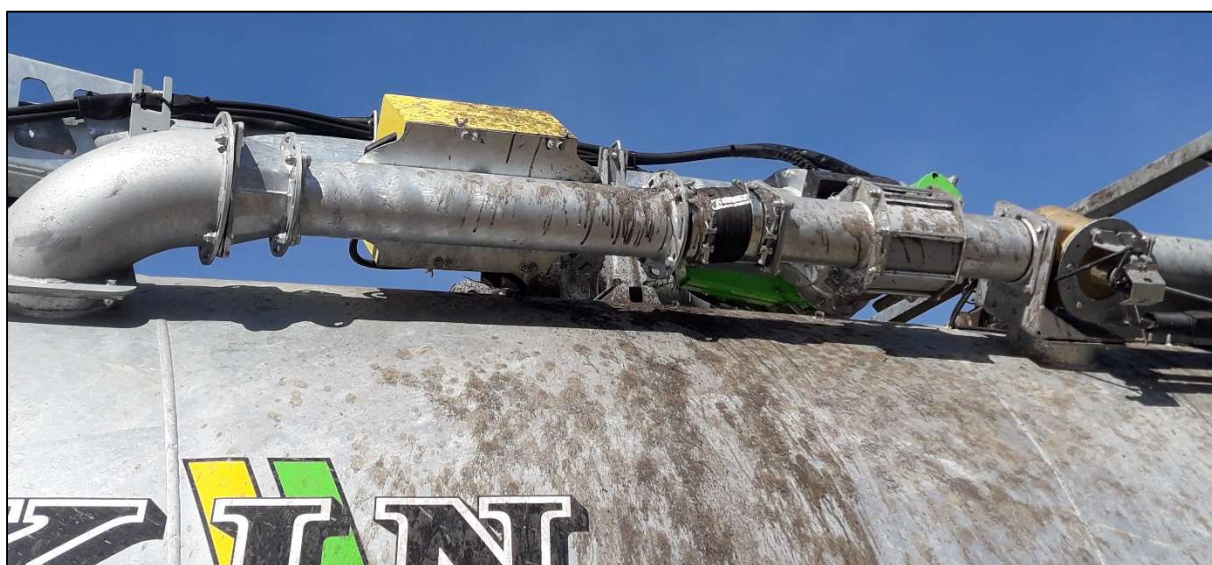
TECHNOLOGIE HNOJENÍ BRAMBOR S AKTIVNĚ ŘÍZENOU DÁVKOU ŽIVIN V TEKUTÝCH ORGANICKÝCH HNOJIVECH

- Vyvinutá technologie kromě **nejvyšší přesnosti dávkování** složením proměnlivých hnojiv **zvyšuje efektivnost (využití) dusíku** v průměru o 48 % při nastavené úrovni dostupné výživy 90 kg N/ha a o 5 % při úrovni 130 kg N/ha porostem brambor.
- Oproti současné technologii hnojení minerálními hnojivy s obsahem dusíku, fosforu a draslíku **snižuje** vyvinutá technologie potřebu hnojení dusíkem **až o 40 kg N/ha** a předzásobní hnojení fosforem **o 30 – 50 kg P_2O_5** a draslíkem **o 80 – 110 kg K_2O /ha**.
- Založení porostů brambor v systému vyvinuté technologie hnojení prokázalo **zvýšení produkce hlíz o 26 – 32 %** oproti současné technologii aplikace minerálních hnojiv, zvýšilo kvalitu hlíz i) snížením obsahu dusičnanů ($N-NO_3$) ve hlízách **o 16 – 29 %**, ii) zvýšením obsahu škrobu v sušině hlíz až **o 6 %**, iii) a zvýšením podílu konzumních hlíz v průměru **o 5 %**.
- Hnojení půdy v nejvyšší úrovni přesnosti dávkování dusíku novou technologií variabilních dávek významně **minimalizuje nevyrovnanost zásobenosti pozemků v obsahu N_{min}** . Minimalizace zaznamenané jarní prostorové variability v zásobenosti 55 kg N_{min} /ha byla vyvinutým diferencovaným hnojením dusíkem snížena na 4 kg N_{min} /ha v intenzivní růstu porostu. Vyrovnaná zásobenost půdy se projevuje v harmonické výživě porostu a konče ve zvýšení a vyrovnanosti výnosu hlíz se zaznamenaným rozdílem zanedbatelných **1,2 t/ha**.
- Technologie umožňuje **dodržení limitů dávek dusíku** pro brambor ve zranitelných oblastech s bodovou přesností a jejich dokumentaci ve webové aplikaci operačního centra (aplikace: analyzátor pole a analyzátor operací).
- Operační centrum nabízí přesnou **evidenci o spotřebě hnojiv** a plánování kapacit skladovacích jímek. Záznam aplikace nabízí přesný podklad pro zápis zákonné **evidence o použití hnojiv** na zemědělské půdě.
- Vysoce přesnou aplikací organických hnojiv převyšující kvality aplikace minerálních hnojiv a vyšší účinností hnojení tekutých organických hnojiv se vyvinutá technologie zařazuje do **šetrných postupů hospodaření a omezuje rizika znečištění vod a zátěže životního prostředí**.
- Technologie užívá tekutá organická hnojiva s přesností použití průmyslových minerálních hnojiv. Hnojení pro menší podíl organické složky působí **přímo v roce pěstování brambor** bez negativního vlivu na následnou plodinu jarní ječmen.

Vývoj technologie zahrnovalo zajištění strojového vybavení odpovídající potřebám inovace. Z průběžných výsledků výzkumu byl realizován návrh a konečná specifikace aplikační linky a ve spolupráci s vybraným dodavatelem strojové investice pořízení **inovativní aplikační linky tekutých organických hnojiv s integrovanými prvky pro automatizovanou aplikaci** složením variabilních hnojiv ve variabilních dávkách dusíku podle prostorové variability zásobenosti půdy na pozemcích. Na konstrukci linky a implementaci se podílel vybraný výrobce/dodavatel strojových investic.



Pořízená inovativní aplikační linka pro realizaci vyvinuté technologie hnojení půdy pro sázení brambor



Integrovaný spektrometr NIR (blízké červené oblasti spektra vlnových délek), elektronický průtokoměr a ovládané regulační šoupě výtoku hnojiva podle předpisu dávky a aktuálního obsahu dusíku (případně fosforu nebo draslíku) ve hnojivu



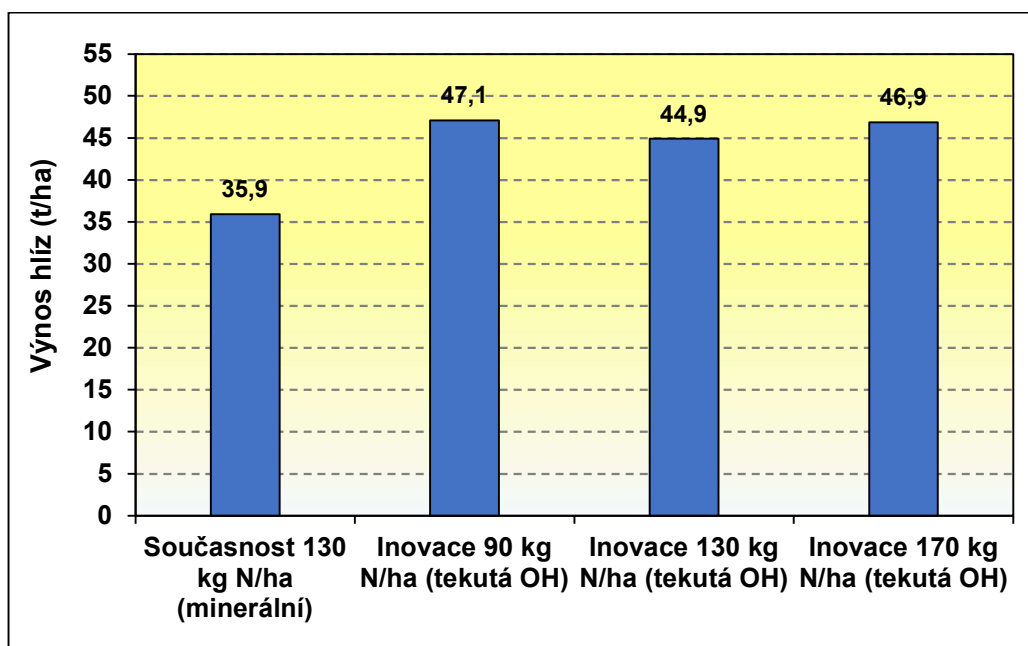
Průběh aplikace tekutých organických hnojiv v plném stupni s předpisovou mapou dávek dusíku diagnostikovaných z jarního průzkumu půdy na obsah dusíku (N_{min}). V průběhu aplikace záznam aktuální dávky dusíku, fosforu a draslíku včetně sušiny na 1 ha pomocí integrovaného NIR analyzátoru a pohyb linky po pozemku pomocí autopilotního systému napojeného na velmi přesnou satelitní navigaci (display řídicího centra tahače)



Aplikace tekutého organického hnojiva na povrch půdy před sazením a na drn před orbou

➤ Výsledky inovace v produkci brambor

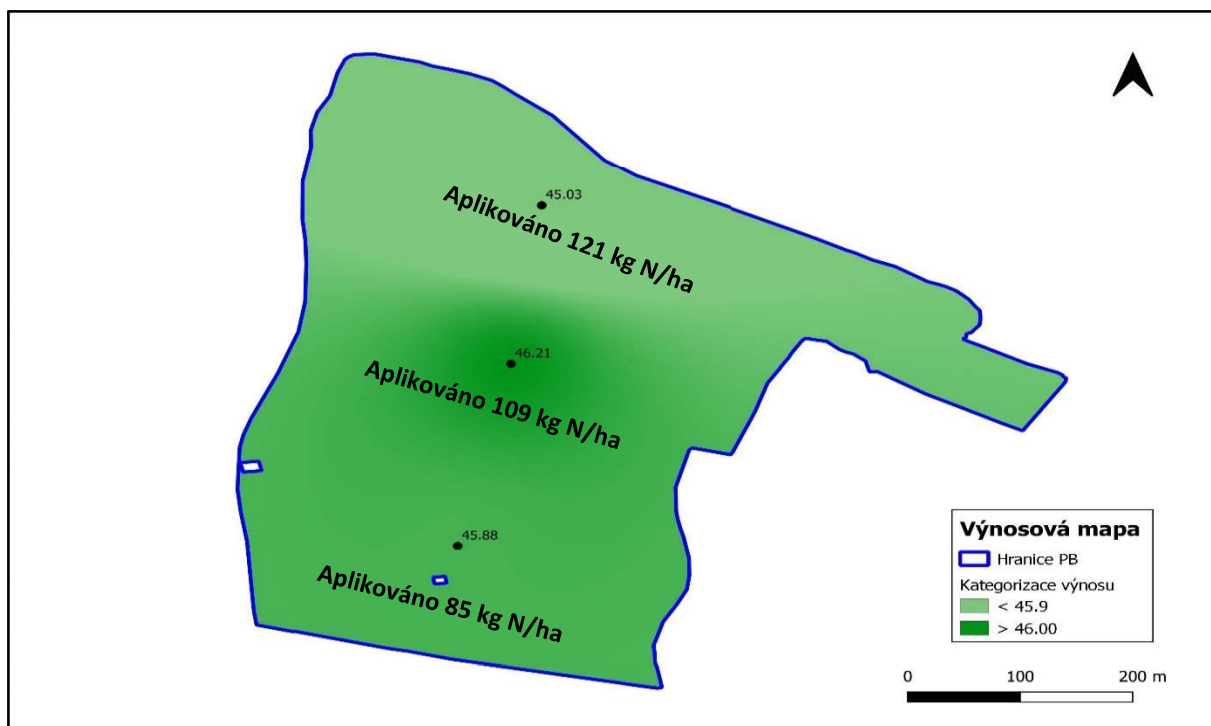
Vývoj nové technologie aplikace hnojiv s automatizovaným snímáním obsahu živin (dusíku) na výstupním potrubí cisterny pomocí spektrometru NIR přinesl významné zvýšení výnosu hlíz oproti současné technologii minerálního dusíkatého hnojení průmyslovými hnojivy (močovinou). Zvýšení výnosu bylo v průměru 31 % oproti současné technologii již při úrovni dusíkatého výživy o 40 kg N nižší. Po srovnatelné úrovni dostupné výživy 130 kg N/ha byl zjištěn v průměru o 25 % vyšší výnos hlíz po řízené aplikaci tekutých organických hnojiv a po vysoké úrovni výživy 170 kg N/ha v průměru o 31 %. Zároveň nejvyšší efektivita využití dusíku pro tvorbu výnosu byla po nízké kategorii dostupné výživy 90 kg N/ha (graf 1).



Graf 1. Vliv inovace technologie hnojení brambor na výnos hlíz v prvním roce 2019 (inovace jako průměr uniformní a variabilní aplikace dusíku na pozemku)

Vyvinutá technologie založená na principu precizního zemědělství, a tedy snižování míry variability pozemků a hnojiv prokázala cílovou funkci a výsledkem byla vyrovnaná sklizeň hlíz odrůdy Lady Clare a Kiebitz na pozemku o výměře 39,2 ha. Průměrný výnos činil 45,7 t/ha a rozdíl ve výnosu odrůdy Lady Clare byl 1,2 t/ha po aplikaci variabilních dávek 85 – 121 kg N/ha v tekutých organických hnojivech podle předpisové aplikační mapy z půdního průzkumu v hustotě vzorkování 1 bod 2 ha (obr. 1).



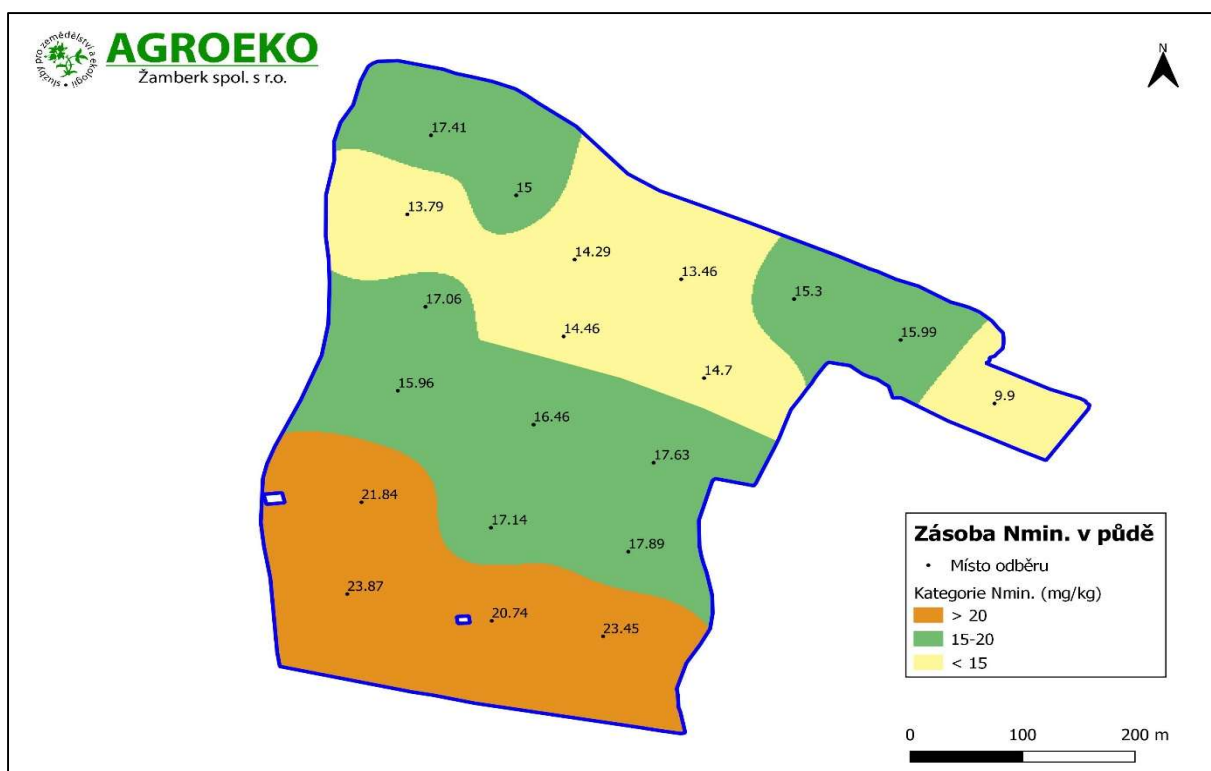


Obr. 1. Prostorová variabilita výnosu hlíz po uplatnění vyvinuté technologie variabilních dávek dusíku v tekutých organických hnojivech pomocí inovativní aplikační linky (sklizeň 2020)

➤ Vliv inovace na půdu

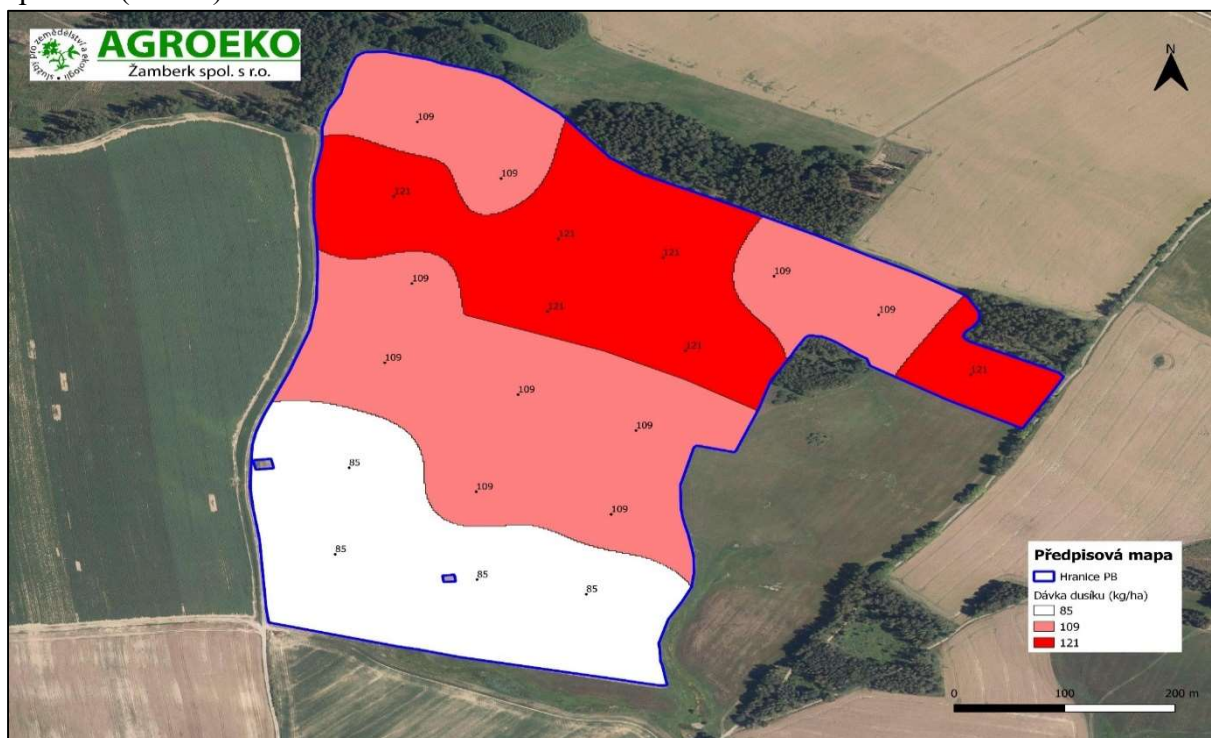
Pozemek pro sázení brambor o výměře 39,2 ha vykazoval vysokou **variabilitu v obsahu dusíku ($N_{\min.}$) 56 kg/ha**. Úkolem vyvinuté technologie je tyto rozdíly minimalizovat diferencovanou dávkou dusíku v diagnostikovaných kategoriích pomocí složením proměnlivých hnojiv, jejichž řízenou aplikaci zajišťuje spektrometr NIR snímající aktuální obsah dusíku v partii. V klasifikaci kategorií byl zjištěn výskyt malé až nižší střední zásoby $N_{\min.}$ na horizontu pozemku a ve vyvýšených částech (chudé zóny). Střední zásoby $N_{\min.}$ se vyskytovaly ve střední části mírně sklonitého pozemku (středně bohaté zóny). Nejvyšší střední až dobrá zásoba $N_{\min.}$ se vyskytovala v dolní sklonité části pozemku (bohatá zóna). Rozdíly v zásobenosti půdy jsou pro porosty brambor nepříznivé a vyžadují diagnostiku a upřesnění dávek dusíku na pozemku, aby byla zaručena harmonická výživa dusíku (dalšími živinami) na ploše pozemku. Vyvinutá technologie tuto problematiku přímo úspěšně řeší (obr. 2).

Pozemek LPIS DPB č. 8601/1, výměra 39,2 ha, sklonitost 3,1°, půdní typ kambizem na rulách 16. 3. 2020, profil ornice 0 – 30 cm, 30 dílčích vpichů do vzorku / 2 ha				
Legenda	Stav zásoby	Lokace	Rozpětí zásoby	Hodnocení
	Chudá zóna $N_{\min.}$	Horizont a vyvýšené části pozemku	9,9 – 14,7 mg $N_{\min.}/kg$ = 40 – 59 kg $N_{\min.}/ha$	Malá až nižší střední zásoba
	Středně bohatá zóna $N_{\min.}$	Střední a svažující se části pozemku	15,0 – 17,9 mg $N_{\min.}/kg$ = 60 – 72 kg $N_{\min.}/ha$	Střední zásoba
	Vysoce bohatá zóna $N_{\min.}$	Dolní svažující se část pozemku	20,7 – 23,9 mg $N_{\min.}/kg$ = 83 – 96 kg $N_{\min.}/ha$	Střední až dobrá zásoba



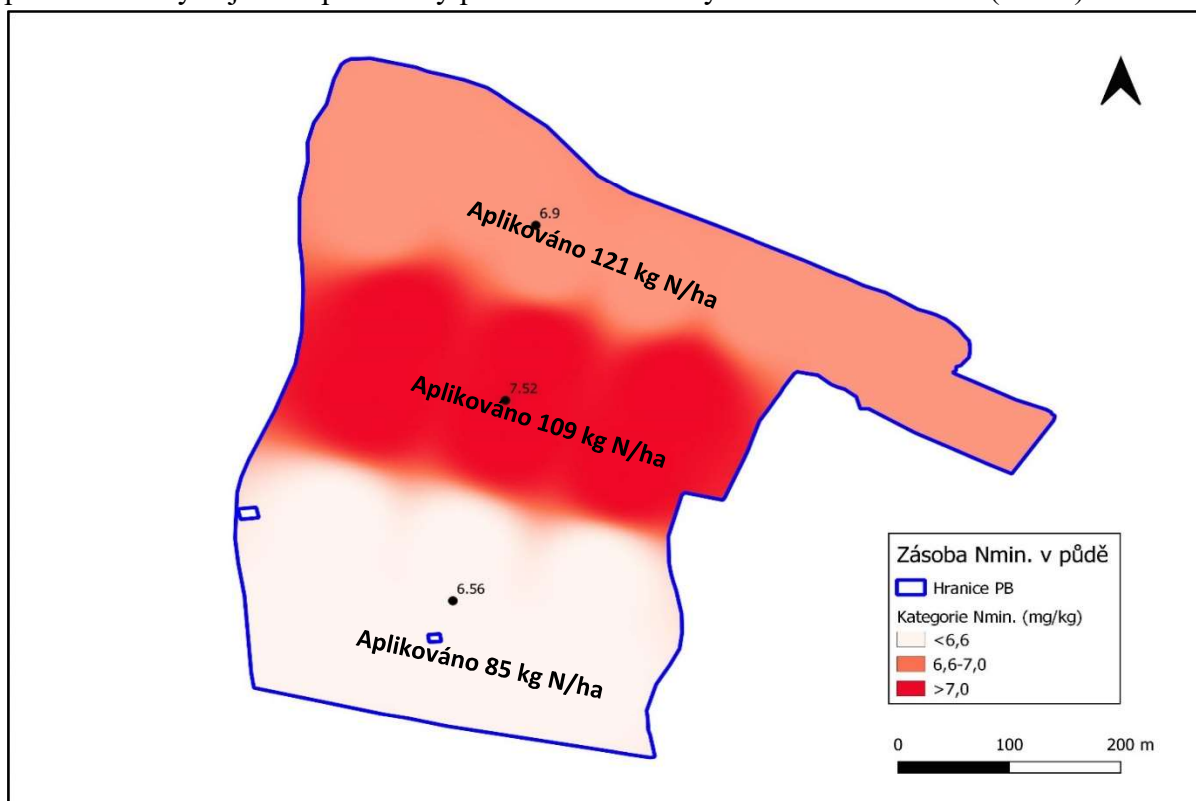
Obr. 2. Prostorová variabilita obsahu dusíku ($N_{min.}$) na jaře před hnojením půdy pro brambor (39,2 ha) vyhotovená na základě průzkumu půdy (z ornice, 0 – 30 cm)

Pomocí diagnostiky dílčích dávek dusíku v odběrových bodech na pozemku byly kategorizovány aplikační dávky dusíku podle jednotlivých zón zásobenosti pozemku $N_{min.}$ Předpis pro aplikaci 3 dávek dusíku **85, 109 a 121 kg/ha** byl vzdáleně přes komunikační modem 4G LTE nahrán do řídicího centra tahače ve vektorovém formátu a následně provedena vlastní aplikace (obr. 3.)



Obr. 3. Předpisová mapa kategorizovaných dávek dusíku do 3 úrovní pro realizaci diferencovaného hnojení pozemku tekutými organickými hnojivy z faremní produkce

Aplikace rozdílných dávek dusíku pomocí inovativní linky zajistila homogenizaci zásobenosti pozemku dusíkem ($N_{min.}$). Rozdíly v obsahu dusíku v jednotlivých zónách zásobenosti pozemku byly zcela zanedbatelné do 4 kg $N_{min.}$ /ha. Porosty brambor na ploše pozemku měly zajištěné podmínky pro harmonickou výživu rostlin dusíkem (obr. 4).

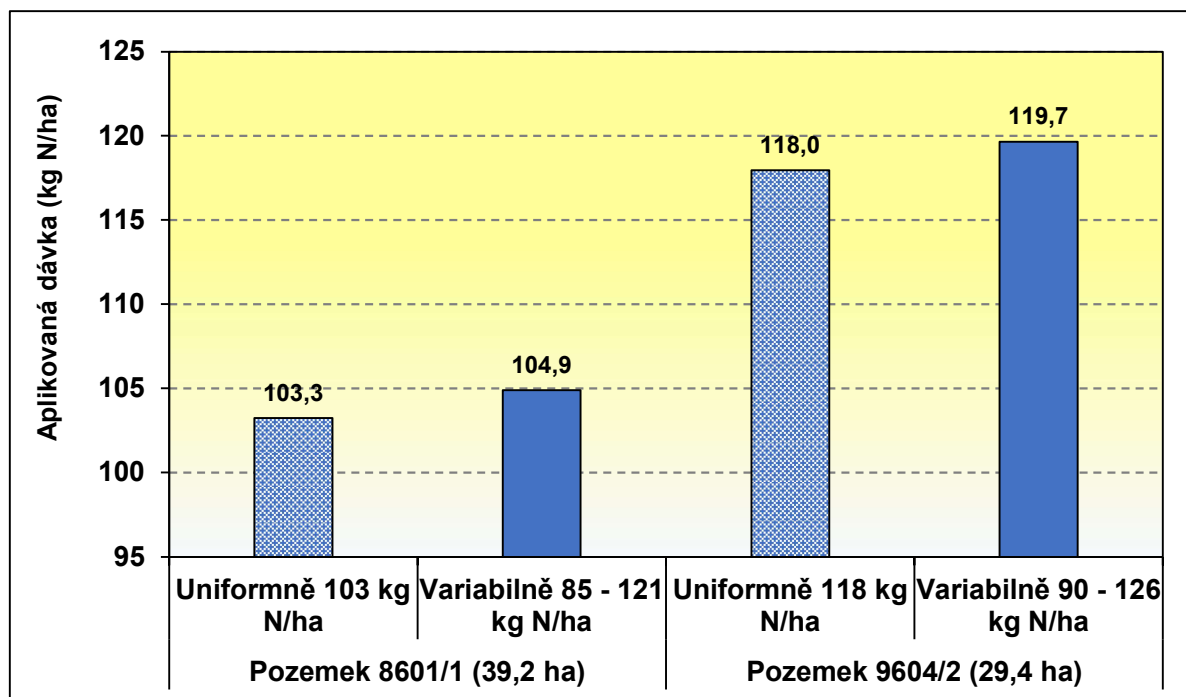


Obr. 4. Homogenizace obsahu dusíku ($N_{min.}$) v půdě pod porostem brambor po uplatnění variabilních dávek dusíku v tekutých organických hnojivech před sázením (20. 7. 2020)



Vyrovnaný porost brambor po variabilní dávce dusíku v tekutých organických hnojivech realizované pořízenou inovativní aplikační linkou (20. 7. 2020)

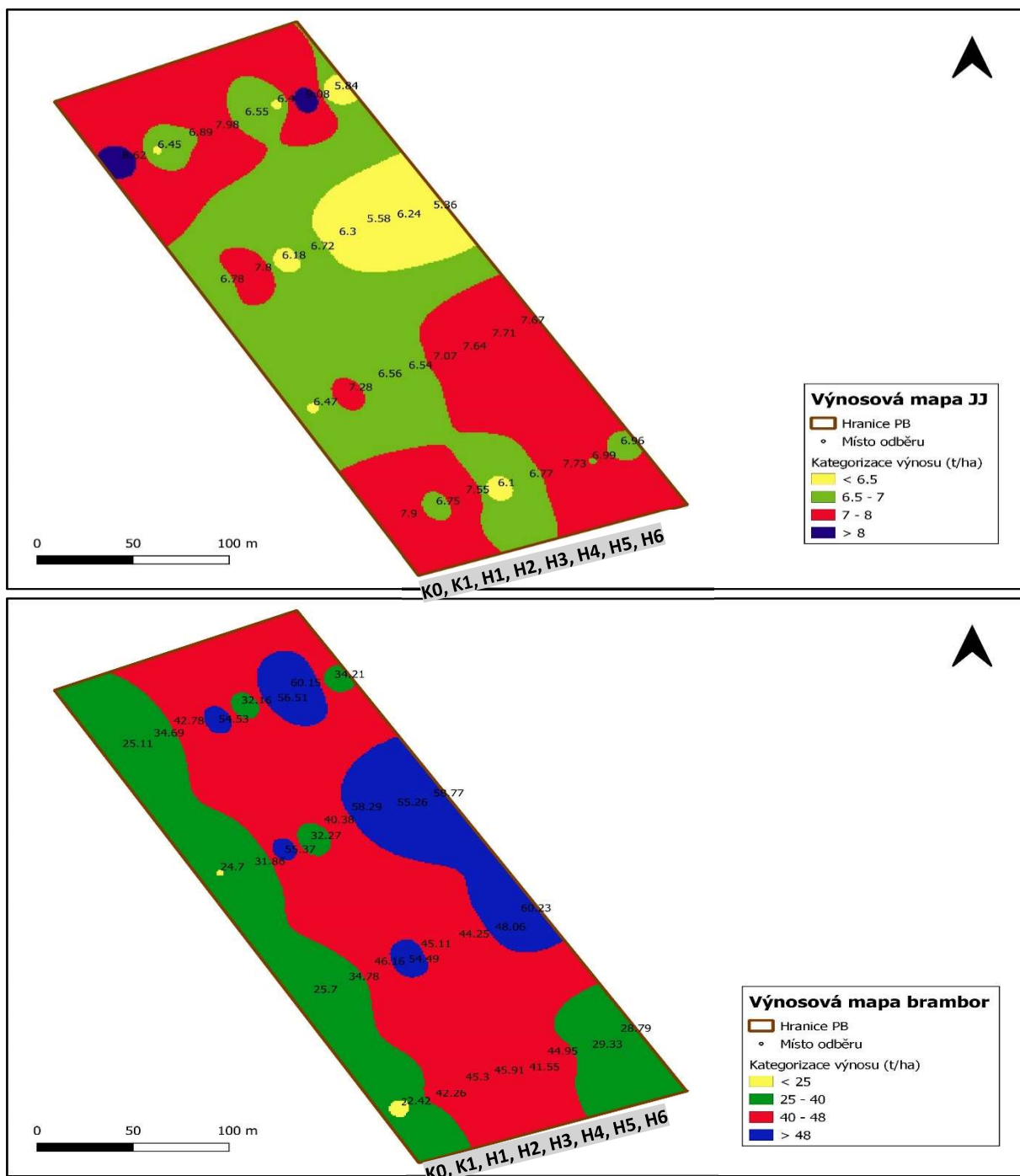
Spotřeba tekutých organických hnojiv po realizaci doporučené nejvyšší úrovně použití vyvinuté technologie ve variabilních dávkách dusíku podle předpisové mapy byla zjištěna srovnatelná s aplikací uniformní dávky na pozemcích bez předpisu podle zásobenostních zón. Variabilní dávkou dusíku nedocházelo k hypotézou zamýšlené úspoře hnojiv. Přínosem vyvinuté technologie ve stupni variabilních dávek je vyrovnání podmínek dusíkaté výživy na pozemku pro porost brambor. Ten reagoval vyrovnanou výživou rostlin, která se pronikavě projevila ve vyrovnané sklizni dostatečně vyzrálých hlíz. **V plánu logistiky a udržování volných kapacit jímek** tekutých organických hnojiv nelze kalkulovat s úsporou, ale s běžnou (průměrnou) spotřebou hnojiv jako u uniformní aplikace, v reálu bude spotřeba po variabilní dávce v půdně-klimatických podmínkách žadatele zpravidla mírně vyšší, asi o 1 – 5 % z důvodu reakce na analyzovanou půdní variabilitu obsahu dusíku na jaře ($N_{min.}$) (graf 2).



Graf 2. Spotřeba hnojiva po uplatnění stupně uniformní dávky dusíku bez mapového předpisu rozmístění dávek na pozemku a po plném uplatnění vyvinuté technologie s předpisem variabilních dávek na pozemku (2020, evidence Analyzátor pole)

Komplexním hodnocením následného vlivu variabilních dávek dusíku v tekutých organických hnojivech na porost jarního ječmene zařazovaný po bramborách nebylo zjištěno přímého či negativního působení na výnos a kvalitu zrna. Výnos a kvalita zrna byla ovlivněna jinou heterogenitou půdních vlastností (ne obsahem dostupných živin). Plošně byla kvalita zrna vyhovující v obsahu N-látek, avšak velikost zrna byla menší než norma pro sladovnické využití zrna. **Hnojení tekutými organickými hnojivy z faremní produkce žadatele vykazovalo tedy většinové přímé působení na pozemku a ve výživě rostlin brambor.** Hnojením tekutými organickými hnojivy byla dostatečně zajištěna harmonická výživa bramboru dusíkem, draslíkem a částečně fosforem. Potřeba hnojení **hořčíkem** je ve vyvinuté technologii pravidelně nutná pomocí minerálních hnojiv aplikovaných na porost během vegetace (s fungicidní ochranou). Na počátku intenzivního růstu hlíz je nutné aplikovat ve vlhčím roce také mangan do dávky 250 g/ha.

V detailu byla na pozemku zjištěna souvislost mezi výnosem zrna ječmene s výnosem předplodiny bramboru jen částečně. Šlo o sporadickou shodu nízkých výnosů ječmene a předplodiny bramboru na pozemku. Oblast středních a vysokých výnosů zrna ječmene byla převážně náhodná v porovnání s odpovídajícími hladinami výnosů brambor (obr. 5).



Obr. 5. Variabilita výnosu následné plodiny jarního ječmene (nahore) a výnosu předplodiny bramboru (dole) na zkušební pozemku s vyvinutou technologií hnojení pomocí tekutých organických hnojiv s řízenou dávkou dusíku (zahrnuje jednotlivé úrovně dostupné výživy dusíkem 0, 90, 130 a 170 kg N/ha)

Ukazatel	Kvalita zrna jarního ječmene po předplodině bramboru s uplatněnou inovací technologie hnojení pomocí variabilních dávek tekutých organických hnojiv							
	K0;0N	Současnost K1;130N, minerálně	Inovace H1;90N, varia.	Inovace H2;90N, uniformně	Inovace H3;130N, variabilně	Inovace H4;130N, uniformně	Inovace H5;170N, variabilně	Inovace H6;170N, uniformně
N-látky	10,6 %	11,5 %	10,2 %	10,3 %	10,3 %	11,3 %	11,6 %	10,6 %
Objem. hmotnost	663 g/l	700 g/l	663 g/l	685 g/l	681 g/l	691 g/l	667 g/l	653 g/l

Závěr

Ve spolupráci Žadatele a výzkumné instituce v podpořeném projektu operací 16.2.1 Programu rozvoje venkova a v navázané spolupráci s vybraným výrobcem/dodavatelem strojových investic a pomocných zařízení **byla vyvinuta a úspěšně implementována cílová komplexní inovace „Technologie hnojení brambor s aktivně řízenou dávkou živin v tekutých organických hnojivech“**. Inovace je klasifikována jako Inovace pro dané odvětví v České republice (list B2, Žádosti o dotaci, SZIF, MZe ČR), zejména se tedy jedná o podstatnou inovaci přesnosti hnojení proměnlivými organickými hnojivy na zemědělské farmě, obohacení oboru precizního zemědělství v ČR o inovaci pěstební technologie bramboru, která vyžaduje zajištění harmonické výživy porostů dusíkem (a draslíkem, fosforem) pro dosažení produkce a kvality hlíz. Vyvinutá technologie uplatňuje použití meziplošně na farmě stabilní produkce tekutých organických hnojiv v přesně definované dávce, čímž se zvyšuje racionalizace použití na zemědělské půdě ve vztahu k objemu produkce a snížení rizik pro životní prostředí a splnění legislativních rámců nitrátové směrnice. Použití těchto hnojiv šetří náklady na nákup průmyslově vyráběných minerálních N, P a K hnojiv, ale naopak zvyšuje potřebu péče o půdní reakci (pH).

* * *

Za řešitelský tým spolupracující výzkumné instituce AGROEKO Žamberk spol. s r.o.:

Ing. Tomáš Javor, DiS.
Ing. Lenka Beranová, DiS.
Ing. Jiří Suchodol
Ing. Jana Martincová
Ing. Jana Kratochvílová
a kol.

Za řešitelský tým Žadatele Solmilk, a.s.:

Ing. Jiří Kreuz
Martin Kreuz
a kol.