

ODBORNÁ ZPRÁVA
O POSTUPU PRACÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDČÍCH
ZA ROK 2015

Příloha k průběžné zprávě za rok 2015

Číslo projektu: TA04020888

Název projektu: Bezkontaktní monitorování a časoprostorové modelování variability vybraných diferenciačních vlastností půdy

Předkládá:

Název organizace: Univerzita Palackého v Olomouci

Jméno řešitele: doc. RNDr. Vilém Pechanec, Ph.D.

1. Průběh řešení projektu

Řešení prvního roku projektu bylo interně rozděleno do tří etap ukončených kontrolním dnem. V rámci každé etapy byly definovány dílčí úkoly, které byly k datu dalšího kontrolního dne úspěšně splněny a byla o nich vytvořena dílčí výzkumná zpráva. Všechny zprávy jsou k dispozici u hlavního řešitele.

| I. etapa | | leden-duben 2015 | | |
|-----------|---|------------------------|----------------|--|
| Úkol | Název úkolu | Stav úkolu | Termín splnění | Označení výzkumné zprávy / Poznámka |
| 1 | Analýza existujících geodat s půdní tematikou pro ČR | Splněno | IV/2015 | VZ-TA04020888-1 Výsledky rovněž zpřístupněny ve veřejné webové aplikaci GeodataČR. |
| 2 | Analýza potenciálu základních a pokročilých geoinformačních technologií pro studium půdní variability v zemědělství a lesnictví | Splněno | III/2015 | VZ-TA04020888-2 Dílčí prezentace výsledků na odborném fóru GIS v lesnictví a zemědělství (Brno únor 2015) a 32. výroční konferenci F-G sekce České geografické společnosti (Brno únor 2015) |
| 3 | Založení transektů | Splněno | II/2015 | VZ-TA04020888-3 |
| 4 | Zahájení pravidelných odběrů | Splněno | III/2015 | VZ-TA04020888-4 Provedeno kontrolní terénní šetření 9. 6. 2015 |
| 5 | Technologická analýza senzorové sítě | Splněno | IV/2015 | VZ-TA04020888-5 |
| II. etapa | | květen – listopad 2015 | | |
| 6 | Založení geoinformatického projektu zájmového území | Splněno | X/2015 | VZ-TA04020888-6 |
| 7 | Tvorba importního nástroje (plánovaný výsledek č. TA04020888-2015V002) | Splněno | IX/2015 | VZ-TA04020888-7. Na konci září byl nástroj ve verzi 1.0 hotov (v souladu s harmonogramem projektu). Od toho data v provozním režimu používán pro zpracování dat. |
| 8 | Pravidelné půdní odběry | Splněno | X/2015 | VZ-TA04020888-8 |
| 9 | Aplikační analýza dostupných senzorů | Splněno | VIII/2015 | VZ-TA04020888-9 |
| 10 | Zahájení pilotního senzorového monitoringu | Splněno | X/2015 | VZ-TA04020888-10 |

| III. etapa | | listopad 2015 – únor 2016 | | |
|------------|---|---------------------------|---------|------------------|
| 11 | Tvorba souboru specializovaných map (plánovaný výstup č. TA04020888-2015V003) | Splněno | XI/2015 | VZ-TA04020888-11 |
| 12 | Sestavení průběžné zprávy za rok 2015 | Splněno | I/2016 | |
| 13 | Modifikace pilotního senzorového monitoringu | V realizaci | | |
| 14 | Doplnění datového skladu o pokročilé datové sady z optického monitoringu | V realizaci | | |

Souběžně byly na adrese <http://gislib.upol.cz/moseso/> zřízeny webové stránky projektu, na kterých jsou zveřejňovány základní informace o projektu a jeho realizaci.

2. Pravidelné monitorování variability vybraných půdních vlastností

2.1 Zájmová plocha – ŠLP Křtiny

Školní lesní podnik Masarykův les Křtiny (ŠLP) je organizační součástí Mendelovy univerzity v Brně a je od roku 1923 zřízen především pro její Lesnickou a dřevařskou fakultu. Ta v rámci svých studijních programů lesnictví, krajinářství a dřevařství racionálně využívá ŠLP jako unikátní účelové zařízení s mnoha lesnickými, environmentálními a dřevařskými demonstračními objekty, v neposlední řadě jako exkurzní a výukový objekt zcela mimořádného významu.

Lesní pozemky MENDELU v Brně mají rozlohu 10.265 ha (celková výměra všech pozemků činí 10.492 ha), vytvářejí souvislý komplex bezprostředně navazující na severní okraj moravské metropole Brna, sahající až k městu Blansku. Lesy se nacházejí v nadmořské výšce 210 až 575 m a vyznačují se značnou pestrostí přírodních podmínek, která předurčila zřízení výukového pracoviště univerzity. Na tomto relativně malém území, kde převládají smíšené porosty, ve kterých připadá 46 % na dřeviny jehličnaté a 54 % na dřeviny listnaté, je zmapováno 116 lesních typů ve 4 lesních vegetačních stupních. Limitující je průměrná roční teplota 7,5 °C a průměrné roční srážky, dosahující pouze 610 mm. Terén je velmi členitý s výraznými hlubokými údolími a žleby, zvláště řeky Svitavy a Křtinského potoka. Geologické podloží je tvořeno granodioritem, kulmskými drokami a vápencem.

2.2 Konkretizace kritérií pro výběr lokality

Výběr ploch probíhal na základě základního požadavku postihnout různé fyzicko-geografické podmínky a různé způsoby hospodaření. Výzkumné plochy byly proto situovány do míst s různými přírodními podmínkami na základě lokální znalosti území – suché a teplé stanoviště, suché a chladné, vlhké a chladné, vlhké a teplé stanoviště s ekotony na rozhraní les-trvaly travní porost / orná půda.

Na základě detailní znalosti geologických, pedologických, klimatických a biogeografických podmínek území, s podporou geografických informačních systémů byly pedologickým týmem vybráno 5 výzkumných ploch, na kterých byl proveden podrobný pedologický průzkum.

První jednorázový odběr v březnu 2015 sloužil ke stanovení půdních typů na výzkumných plochách a zaměřil se na vlastnosti nevykazující sezónní dynamiku. Odběr byl proveden mimo vytýčený transekt. Kriteriaální volba studijních ploch vycházela z jejich lokalizace na ekotonovém rozhraní mezi lesem a zemědělsky využívanou půdou.

2.3 Popis výzkumných ploch

2.3.1 Výzkumná plocha 1 – Bukovinka

Lokalita se nachází v katastrálním území Bukovinka (616117) a rozloha lokality je 9131,4 m². Jedná se o nejvýchodnější lokalitu. Geologie lokality je tvořena konglomerátem. Půdy pokrývající území lokality jsou hnědozemě a kambizemě. V lesním půdním fondu jsou zastoupeny svěží a hlinité dubové bučiny. Nadmořská výška lokality se pohybuje od 524,3 do 529,3 m n. m. Průměrná nadmořská výška lokality je 526,8 m n. m. Průměrný sklon svahu v lokalitě je 2,70°. Přičemž největší sklon je 16,32° a nejmenší hodnota sklonu v lokalitě je 0,05°. Povrch lokality je orientován převážně na jihozápad. Území lokality je z 60,5 % pokryto zemědělskou půdou. 16 % území je porostlých bučinou. Dále je zastoupen smrkový a smíšený porost.

- Profil "Z" - Hnědozem oglejená mesobazická na sprašové hlíně s nápadnými, zaoblenými valounky drob (typické pro tuto oblast drahanského kulmu) s výrazným oglejením. humusová forma: drnový moder

Komentář stran výsledků z laboratoře: stran terénního šetření, HNg nesmí mít známky oglejení pod 60 cm; stran výsledků laboratorních analýz splňuje kritérium texturní diference 1,3.

- Profil "L" - Luvizem dystrická na sprašové hlíně s nápadnými, zaoblenými valounky drob (typické pro tuto oblast drahanského kulmu) s plstnatěním nadložního humusu a nevýrazným El horizontem; humusová forma: typický moder

Komentář stran výsledků z laboratoře: je evidentní, že kombinace sprašové hlíny s karbonskými jílovitými břidlicemi a drobami (extrémně nízké obsahy přijatelného fosforu) vede k extrémně nízkým hodnotám jak půdní reakce, tak stupně nasycenosti sorpčního komplexu bazicky působícími kationy, takže přestože i zde je nízký koeficient texturní diference, jedná se o luvizem; V v El pod 20 % a mimořádný rozdíl v obsazích jak hořčíku (vysoká mobilita!), tak vápníku vůči Btd dokládající dystrický charakter eluviálního horizontu; spolu s pseudogleji lokality 3 jednoznačně nejnižší pH a velmi nízké hodnoty H vylučují hnědozem.

2.3.2 Výzkumná plocha 2a – Proklest - orná půda

Lokalita leží v katastrálním území Jedovnice (658154) a rozkládá se na 6572,1 m². Geologie lokality je tvořena sedimentárními horninami, hlavně drobou. Pedologické poměry jsou z velké části tvořeny kambizeměmi. Minoritní zastoupení mají potom luvizemě. Lesní porost lokality je tvořen svěžími a hlinitými bučinami. Nadmořská výška lokality se pohybuje mezi 556,7 až 560,1 m n. m. Průměrná nadmořská výška je 558,0 m n. m. Lokalita má rovinatý charakter. Průměrná hodnota sklonu činí 2,27°. Svahy lokality jsou orientovány převážně na severovýchod až sever. Krajinový pokryv je tvořen pouze dvěma složkami – lesním porostem (58 %) a zemědělskou půdou (42 %).

- Půdní profil "Z" - Hnědozem luvická na odvápněné sprašové hlíně bez nadložního humusu

Komentář stran výsledků z laboratoře: půda s relativně nevýraznou ilimerizací a ve srovnání s půdou lesního porostu nižšími ztrátami vyplavováním hořčíku a vápníku

- Půdní profil "L" - Luvizem dystrická na sprašové hlíně s probíhající ilimerizací, plstnatěním nadložního humusu a barevnými skvrnami po zvětralém skeletu; humusová forma: morový moder

Komentář stran výsledků z laboratoře: i při pouhé hodnotě 1,6 koeficientu texturní diferenciace silně kyselá (pH/H₂O 3,5 - 4,5; pH/KCl 3,0 - 4,0) a sorpčně vysoce nenasycená (V 10 - 30 %) výrazně ilimerizovaná půda se stupněm nasycenosti v El mezi 11,5 a 16,6 dokládající dystrický subtyp.

2.3.3 Výzkumná plocha 2b - Proklest - TTP

Lokalita v katastrálním území Jedovnice (658154) a zaujímá plochu 3893,8 m². Z pěti zájmových lokalit má nejsevernější polohu. Horninové podloží je tvořeno sedimentárně vzniklou drobou. Území lokality je pokryto kambizeměmi. Lesní porost je tvořen svěžimi a lipovými bučinami. Lokalita se nachází v rozmezí 518,5 až 521,9 m n. m. Střední nadmořská výška je 520,4 m n. m. Sklon svahů se pohybuje od 0,07° až 8,52°. Průměrný sklon svahu lokality je 3,33°. Území má rozdílnou orientaci svahů. Svahy v severovýchodní části lokality jsou orientovány převážně na jih a jihozápad, zatímco jihozápadní část lokality má východní a severovýchodní orientaci. Zastoupeny jsou i jihovýchodně orientované svahy. V krajinném pokryvu lokality jsou zastoupeny pouze plochy zemědělské a plochy lesního porostu.

- Profil "Z" - Hnědozem luvická na sprašové hlíně; humusová forma: typický moder

Komentář stran výsledků z laboratoře: hnědozem, která jak stran nízkých hodnot stupně nasycenosti, půdní reakce a obsahu přijatelného draslíku a fosforu jeví tendenci k výrazné ilimerizaci, kdy ale díky koeficientu texturní diferenciace a vzájemnému srovnání s půdami této oblasti odpovídá hnědozemím

- Profil "L" - Luvizem dystrická na sprašové hlíně; humusová forma: typický moder.

Komentář stran výsledků z laboratoře: výrazně nízký stupeň nasycenosti, blízký extrémní nenasycenosti (V nižší 10 %), nízký koeficient texturní diferenciace.

2.3.4 Výzkumná plocha 3 - Rudice

Lokalita patří do katastrálního území Rudice u Blanska (743232). Rozloha lokality činí 4255,8 m² a jedná se o nejzápadnější z lokalit. Území leží na vápencích, z hlediska pedologie se jedná převážně o rendziny. Lesní půdní fond je tvořen bohatou dubovou bučinou. Nadmořská výška lokality se pohybuje od 496,8 do 500,8 m n. m. Průměrná nadmořská výška je 499,3 m n. m. Sklon svahů v území nabývá hodnot 0,03° až 20,35°, přičemž střední hodnota sklonu svahů je 3,03°. Svahy jsou z převážné části orientovány na severovýchod, sever a severozápad. Krajinný pokryv lokality tvoří z 52 % lesní porost a ze 48 % zemědělská půda.

- Profil "Z" - Pseudoglej luvický eubazický na odvápněné sprašové hlíně a výraznými ferrany v eluviálním horizontu; humusová forma: drnový moder.

Komentář stran výsledků z laboratoře: stupeň nasycenosti v iluviálním pseudoglejovém horizontu 82 %, vedoucí k eubazické varietě pseudogleje vzniklého pedogenně ilimerizací; (obecně ekofyziologicky velmi příznivé) trofické parametry svědčí o původní přítomnosti kvartérního bohatého překryvu.

- Profil "L" - Pseudoglej luvický (výrazně) mesobazický na odvápněné sprašové hlíně s výrazným rezivým mramorováním; humusová forma: typický moder.

Komentář stran výsledků z laboratoře: stupeň nasycenosti v iluviálním pseudoglejovém horizontu 31 %, vedoucí k mesobazické varietě pseudogleje vzniklého pedogenně ilimerizací, mimořádně nízké hodnoty pH

spolu s výrazně nižšími hodnotami všech přístupných živin ve srovnání s vedlejším profilem vedou k akcentaci mesobazické variety této půdní jednotky.

2.3.5 Výzkumná plocha 4 – Křtiny

Lokalita se nachází v katastrálním území Křtiny (676730) a rozloha lokality je 3278,1 m² a zároveň se jedná o nejnižší lokalitu. Horninové prostředí je tvořeno drobou. Půdní pokryv tvoří kambizemě. Bohatá buková doubrava pokrývá lesem porostlou část lokality. Lokalita leží v nadmořské výšce 456,8 až 465,6 m n. m., přičemž střední nadmořská výška je 460,8 m n. m. Sklon svahů lokality se pohybuje od 0,55° do 47,36°. Průměrná hodnota sklonu území je 12,04°. Území je orientováno převážně na jihozápad. Krajinný pokryv lokality je tvořen dvěma lesním porostem a zemědělskými plochami (27 % a 73 % rozlohy).

- Profil "Z" - Kambizem rankerová na silně skeletovité zvětralině jílovité břidlice drahanského kulmu; humusová forma: drnový moder.

Komentář stran výsledků z laboratoře: v Bv horizontu 70 % skeletnatých částic, v A horizontu ztráta žíháním 9 % a obsah Nt 0,3 %, vysoká míra přítomnosti přijatelného fosforu spolu s vysokým a vzájemně vyrovnaným hmotnostním procentem prachu a písku dokládá volbu této jednotky.

- Profil "L" - Kambizem rankerová na silně skeletovité zvětralině jílovité břidlice drahanského kulmu; humusová forma: typický moder

Komentář stran výsledků z laboratoře: v Bv horizontu 70 % skeletnatých částic, v A horizontu ztráta žíháním 11 % a obsah Nt 0,4 %, vysoká míra přítomnosti přijatelného draslíku a fosforu spolu s vysokým a vzájemně vyrovnaným hmotnostním procentem prachu a písku dokládá volbu této jednotky.

2.4 Založení odběrných míst a zahájení pravidelného odběru

Na každé výzkumné ploše byl vymezen jeden transekt v délce 2 x 18 m a to vždy v následující struktuře. Střed transektu (označen E) situován do rozhraní lesní a zemědělské krajiny a do každé části 18 metrů dělených do 5 odběrných míst. Značeno L2-L6 v lesní části a Z8-Z12 v zemědělské části. Při prvním odběru existovala odběrná místa L7 a Z13, avšak na základě výsledků z laboratoře (nízké variability hodnot), bylo od těchto koncových odběrných míst upuštěno. Pro návaznost dat zůstalo zachováno původní značení. Vlastní metodika přitom vycházela z práce Kilianová H. et al. (2009) Ekotony v současné krajině. Analýza a modelování ekotonů v povodí Trkmanky. Olomouc. 167 s; popis terénních prací, str. 43.

Po zpracování rozboru byly vyhodnoceny další parametry – přístup, hospodaření, majitel / hospodář. Poté byla zahájena jednání o možnosti založit trvalé transekty na celou dobu realizace projektu s majiteli / hospodáři. Po úspěšných jednáních a zajištění souhlasů ke zřízení trvalých transektů byly následně v terénu trvale označena (Obr. 1), zaměřena a založena odběrná místa pro opakované odběry a odebrány první vzorky.

Ve vegetačním období roku 2015, počínaje březnem, byly každý měsíc odebrány vzorky ze všech odběrných míst pěti výzkumných ploch v plánovaném rozsahu a následně proběhly laboratorní analýzy. Vzhledem k příznivému vývoji počasí – absenci mrazů a sněhových srážek, byly poslední vzorky odebrány v listopadu.



Obr. 1: Část vymezeného transektu na lesní půdě na výzkumné ploše 3 – Rudice (foto: V. Pechanec)

2.4.1 Stanovované půdní vlastnosti při jednorázovém odběru

| | |
|-------------------------|--|
| Celkový dusík (mg.kg-1) | Obsah výměnných bazických kationtů (mmol.kg-1) |
| Poměr uhlíku a dusíku | Sorpční kapacita (mmol.kg-1) |
| Pórovitost (%) | Stupeň nasycení bazickými kationy (%) |
| Skeletovitost (%) | Obsah vápníku (mg/kg) |
| Obsah jílu (%) | Obsah draslíku (mg/kg) |
| Obsah prachu (%) | Obsah fosforu (mg/kg) |

2.4.2 Laboratorní analýzy opakovaného vzorkování

Výběr sledovaných půdních vlastností, vymezujících trvalé produkční podmínky stanoviště, se stanoví podle následujících kritérií:

- a) podmíněnost managementem, tj. přímá vazba na ekoton - lesní půda vs. zemědělská půda
- b) možnost prokázání korelací vůči oběma základním meteorologickým prvkům, tj.

kvantifikovatelné distribuci srážek v průběhu roku a amplitudám teplot ve zvoleném denním/nočním období - parametry nejsušší vs. nejvlhčí vs. nejteplejší vs. nejchladnější lokality.

Pro dosažení stanovených cílů, se za základní srovnávací hladiny, pro vyhodnocení trendů v sezónní dynamice, řešitelé projektu vycházely ze:

- a) stejné hloubky půdy, tj. vzorkování ze stejných hloubek,
- b) možnosti využít takto srovnatelných údajů pro modelování,

c) exaktní vazby terénních prací (prováděných na ekotonech jednotlivých studijních ploch) na jednotlivých fenologických fázích, tj. možnosti využít takto srovnatelných údajů pro interpretace sezónních dynamik jednotlivých osmi půdních vlastností

Klíčové diferenciační kritérium dané volby je na současném stupni poznání akceptovaná vysoká citlivost pro trvalé produkční podmínky jednotlivých ekosystémů. Z takto vymezené skupiny půdních vlastností bylo ke sledování vybrány na základě vazby na časovou heterogenitu svých měřitelných hodnot (sezónní dynamika jako sekundární diferenční kritérium), a to:

1. obsah oxidovatelného uhlíku
2. ztráta žíháním
3. obsah fenolických látek a taninů
4. půdní reakce aktivní
5. půdní reakce potenciální výměnná
6. maximální kapilární vodní kapacita
7. minimální vzdušná kapacita
8. obsahy půdních aminokyselin: L-Alanin, L-Arginin, L-Asparagin, L-Kyselina asparagová, L-Fenylalanin, L-Glutamin, L-Kyselina glutamová, L-Glycin, L-Histidin, L-Isoleucin, L-Leucin, L-Lysin, L-Methionin, L-Prolin, L-Serin, L-Threonin, L-Tryptofan, L-Tyrosin a L-Valin.

2.5 Interpretace dosažených výsledků

Výsledky roku 2015 jsou v současné době sumarizovány. Jejich připravovaná interpretace bude v období duben-květen 2016. V tomto okamžiku přímé zkušenosti z řešení projektu umožňují tato obecná tvrzení:

- za 9 měsíců vzorkování a laboratorních analýz bylo získáno více než 100 směsných vzorků (v prvním měsíci výrazně více než v měsících následujících), které byly analyzovány jak pro 19 aminokyselin, tak pro 7 půdních vlastností; veškeré analýzy jsou cílené a orientované na získání požadovaných výstupů za dané tříleté období
- vzhledem k tomu, že dané čtyři lokality reprezentují klimaticky záměrně kontrastně odlišné podmínky, jsou výsledky daných osmi laboratorních analýz publikačně potentním doložením oscilací sezónní dynamiky půdních vlastností
- prioritní důležitost v daných laboratorních analýzách má postižení ekotonového efektu: oddělené odběry v lesním a nelesním segmentu ekotonu a to ve dvou zcela odlišných hloubkách půdních těles
- obecně platí, že vlastní ekoton se statisticky neshoduje, neboť ve srovnání s číselnými řadami lesní a zemědělské půdy, vzorkované po třech metrech od ekotonu (s důrazem na vzorkování vždy nepoškozeného půdního tělesa, vždy pravidelný drobný posun do boku s cílem na jedné straně zachovat mikroklimatické podmínky odběrového místa po celé tři roky vzorkování a na druhé straně vyhnout se vlivu poškozeného půdního tělesa předchozím odběrem). Souběžně však platí, že plánovaným tříletým šetřením lze i pro tuto linii prokázat obecnou vazbu na sezónnost chování daných osmi půdních vlastností, kdy například evidentně vyšší hodnoty v měsíci červnu vykazují svojí hodnotu stran ověřování pracovní hypotézy projektu s důrazem na opakování v letech 2016 a 2017
- stran lesní půdy obecně platí, že v ní nacházíme větší rozdíly mezi hodnotami měřených půdních vlastností s hloubkou: údaje v 5 cm hloubky a 40 cm hloubky se zde liší podstatně více (a bude to statisticky průkazné, viz manuscript hotový v průběhu dubna-května 2016) než u půdy zemědělské.

Pro lesní půdu též vychází posunutý průběh sezónních oscilací s důrazem na jarní maxima (březen a duben)

- závěrem obecně platí, že získané výsledky za jeden rok jsou tak inspirativní, že není nutné s publikacemi čekat až na závěr tříletého období (kdy je relevance jejich vědecké hodnoty logicky výrazně vyšší) a že má smysl vypracovat manuscript do časopisu s impakt faktorem již s daty za jeden rok

2.5.1 Konkrétní vyhodnocení vztahu mezi lesní půdou a půdou zemědělskou:

- březen - lesní půda vykazuje obecně vyšší dynamiku než půda zemědělská
- duben - z hlediska jednoduchosti závěrů problematický měsíc, nicméně z hlediska moderního konceptu hot spots (ohnisek půdních biochemických aktivit) důležitý měsíc, neboť prokazatelné zachycení anomálie na zemědělské půdě v jednom bodě v hloubce 40 cm (mimořádné koncentrace měřených látek) je výzkumně zajímavé
- květen - lesní půda vykazuje obecně vyšší dynamiku než půda zemědělská
- červen - lesní půda vykazuje obecně vyšší dynamiku než půda zemědělská
- červenec - lesní půda vykazuje obecně vyšší dynamiku než půda zemědělská
- srpen - tento trend ustává. Je evidentní, že s průběhem vegetační sezóny se přirozená heterogenita lesních půd, vedoucí k výrazným jarním maximům, ve svém významu ztrácí pod statisticky robustní homogenitou půdy zemědělské
- září - dynamika zemědělské půdy mírně převyšuje dynamiku půdy lesní
- říjen - lesní půda vykazuje obecně vyšší dynamiku než půda zemědělská
- listopad - lesní půda vykazuje obecně vyšší dynamiku než půda zemědělská

2.5.2 Konkrétní vyhodnocení půdních poměrů na ekotonech při vymezení

- březen: plocha 1 - velmi vysoká aktivita půdních procesů na ekotonu; plocha 2a - aktivita na ekotonu nižší než na lesní půdě, plocha 2b - relativně vysoká aktivita na ekotonu, plocha 3 - aktivita na ekotonu nejnižší ve srovnání jak s lesní, tak zemědělskou půdou, plocha 4 - aktivita na ekotonu nejnižší ve srovnání jak s lesní, tak zemědělskou půdou, nicméně rozdíly méně výrazné než u plochy 3, velmi vyrovnané poměry na celém transektu
- duben: plocha 1 - velmi vysoká aktivita půdních procesů na ekotonu, nicméně s nižšími maximy než v měsíci březnu, plocha 2a - velmi vysoká aktivita půdních procesů na ekotonu, plocha 2b - relativně vysoká aktivita na ekotonu, plocha 3 - aktivita na ekotonu nejnižší ve srovnání jak s lesní, tak zemědělskou půdou, plocha 4 - aktivita na ekotonu nejnižší ve srovnání jak s lesní, tak zemědělskou půdou
- květen: plocha 1 - aktivita půdních těles ekotonu nejvyšší z celého transektu, 2a - aktivita ekotonu mírně převyšuje aktivitu těles v obou navazujících segmentech, 2b - aktivita půdních těles v lesním segmentu převyšuje aktivitu na ekotonu, plocha 3 - aktivita na ekotonu nejnižší ve srovnání jak s lesní, tak zemědělskou půdou, plocha 4 - aktivita na ekotonu nejnižší ve srovnání jak s lesní, tak zemědělskou půdou
- červen: plocha 1 - opět, aktivita půdních těles ekotonu nejvyšší z celého transektu, 2a - nízká aktivita půdy na zemědělském segmentu, lesní segment a ekoton vůči sobě vykazují přibližně identické aktivity, 2b - nejvyšší aktivita půdních těles v lesním segmentu, 3 - totéž co na ploše 2b,

nicméně aktivita půdních těles na ekotonu jen nepatrně nižší, zatímco stejně jako u plochy 2b aktivita na zemědělském segmentu nízká, plocha 4 - odstupňovaná aktivita s převahou lesních půd, průměrnými hodnotami zemědělské půdy a nízkou aktivitou na ekotonu

- červenec: plocha 1 - po třetí za sebou stejný charakter vztahů mezi oběma segmenty a ekotonem, plocha 2a - aktivita na lesním segmentu vyšší než na ekotonu, plocha 2b - poměrně vyrovnané poměry na celém transektu, nicméně mírně dominuje aktivita na lesním segmentu, plocha 3 - opět kopíruje situaci na ploše 2b, plocha 4 - - odstupňovaná aktivita s převahou lesních půd, průměrnými hodnotami zemědělské půdy a nízkou aktivitou na ekotonu
- srpen: plocha 1 - vyrovnané poměry na celém transektu, 2a - výrazně vyšší aktivita na zemědělském segmentu, 2 b- poměrně vysoká aktivita na ekotonu, plocha 3 - vyrovnané poměry na celém transektu, plocha 4 - mírně převyšuje aktivita zemědělské půdy zbylé odběrové body transektu
- září: plocha 1 - mírně nejvyšší aktivita na zemědělském segmentu, plocha 2a - opět, výrazně nejvyšší aktivita na zemědělském segmentu, plocha 2b - vyrovnané poměry s mírně nejvyšší aktivitou na zemědělském segmentu, plocha 3 - vyrovnané poměry s mírně nejvyšší aktivitou na zemědělském segmentu, plocha 4 - vyrovnané poměry s mírně nejvyšší aktivitou na zemědělském segmentu.
- říjen: plocha 1 - vyrovnané poměry, plocha 2a - vyrovnané poměry, plocha 2b - mírně vyšší aktivita na lesním segmentu, plocha 3 - vyrovnané poměry, plocha 4 - mírně vyšší aktivita na lesním segmentu
- listopad: plocha 1 - vysoká aktivita na ekotonu; plocha 2a - vysoká aktivita na lesním segmentu, plocha 2 b - vysoká aktivita na ekotonu, plocha 3 - vysoká aktivita jak na lesním, tak na zemědělském segmentu, plocha 4 - vysoká aktivita jak na lesním, tak na zemědělském segmentu.

2.5.3 Konkrétní vyhodnocení půdních poměrů ve dvou měřených hloubkách

Obecně, za celé vegetační období i) dominuje aktivita v hloubce 5 cm (což je v souladu s literárními údaji), ii) rozdíl jsou nejvyšší dvakrát (tzv. dva peaky): v červnu a v říjnu, iii) i když výsledky laboratorních analýz ukazují stejný charakter vztahu na zemědělské a lesní půdě (tj. dominance hloubky 5 cm), obecně platí, že výraznost tohoto vztahu je vyšší na lesní půdě (tj. že v 5 cm hloubky jsou na lesní půdě ve srovnání s půdou zemědělskou extrémnější hodnoty ve srovnání s hloubkou 40 cm)

- březen: plocha 1 - výrazná dominance v 5 cm, plocha 2a - mírná dominance v 5 cm, plocha 2b - jen nevýrazná dominance v 5 cm, plocha 3 - mírná dominance v 5 cm, plocha 4 - mírná dominance v 5 cm
- duben je opět /viz výše/ zkrácený jedním bodem na zemědělském segmentu v hloubce 40 cm s extrémně vysokou aktivitou a to na ploše 1, plocha 2a - vyrovnané poměry na celém transektu, plocha 2b - mírná dominance v 5 cm, , plocha 3 - mírná dominance v 5 cm, plocha 4 - mírná dominance v 5 cm
- květen: plocha 1 - dominance ve 40 cm, plocha 2a - mírná dominance v 5 cm, plocha 2b - mírná dominance v 5 cm, plocha 3 - mírná dominance v 5 cm, plocha 4 - mírná dominance v 5 cm
- červen: plocha 1 - výrazná dominance v 5 cm, plocha 2a - mírná dominance v 5 cm, plocha 2b - výrazná dominance v 5 cm, plocha 3 - výrazná dominance v 5 cm, plocha 4 - výrazná dominance v 5 cm

T A Č R

- červenec: plocha 1 - mírná dominance v 5 cm, plocha 2a- mírná dominance v 5 cm, plocha 2b - mírná dominance v 5 cm, plocha 3 - mírná dominance v 5 cm, plocha 4 - mírná dominance v 5 cm
- srpen: plocha 1 - mírná dominance v 5 cm, plocha 2a- mírná dominance v 5 cm, plocha 2b - mírná dominance v 5 cm, plocha 3 - mírná dominance v 5 cm, plocha 4 - mírná dominance v 5 cm
- září: plocha 1 - výrazná dominance v 5 cm, plocha 2a - mírná dominance v 5 cm, plocha 2b - výrazná dominance v 5 cm, plocha 3 - mírná dominance v 5 cm, plocha 4 - výrazná dominance v 5 cm
- říjen: plocha 1 - výrazná dominance v 5 cm, plocha 2a - výrazná dominance v 5 cm, plocha 2b - výrazná dominance v 5 cm, plocha 3 - výrazná dominance v 5 cm, plocha 4 - výrazná dominance v 5 cm,
- listopad: plocha 1 - výrazná dominance v 5 cm, plocha 2a - mírná dominance v 5 cm, plocha 2b - mírná dominance v 5 cm, plocha 3 - mírná dominance v 5 cm, plocha 4 - mírná dominance v 5 cm

2.5.4 Celkové hodnocení

- aktivita půdních těles má u některých půdních vlastností jednovrcholovou sezónní dynamiku, u některých dvouvrcholovou: vždy však platí, že do června roste a pak jde buď setrvale na nižší aktivity - a nebo v průběhu října dojde opět k výkyvu směrem k vysoké aktivitě
- měsíc duben bude důležitý stran publikační potence získaných laboratorních výsledků, neboť zde bude nutné vyrovnat se s lokální nezobecnitelnou anomálií, což je však z hlediska moderní pedologie situace zákonitá a nepřehlédnutelná
- z hlediska publikačního potenciálu se získané hodnoty jeví jako potentnější nikoliv stran kontrastu vodních srážek /tj. nejsušší vs. nejvlhčí lokalita/, ale stran kontrastu dlouhodobých průměrů teplot /tj. nejteplejší lokalita, kde jsou vyrovnané trendy vs. nejstudenější lokalita, kde jsou velké výkyvy - přičemž zde je možno zohlednit též vliv trvalých travních porostů vs. orby
- očekávatelná dominance vlivu vody daná mezoklimatem je nepochybně výrazně ovlivněna charakterem roku 2015, kdy od začátku dubna do poloviny srpna spadla jen pouhá čtvrtina dlouhodobé sumy srážek
- sezónnost, z hlediska priorit projektu a jeho tříletého trvání významný fenomén, bude statisticky odlišná na jednotlivých studijních plochách: zde je významné, že se během roku 2015 neprokázala dominance aktivit půdních těles na žádné z pěti studijních ploch. V březnu obecně nelze očekávat průkaznost žádných rozdílů, v měsíci květnu je nápadná plocha 3, v měsíci červenci a říjnu plocha 2b a v měsících dubnu a červnu plocha 1
- publikačně mimořádně potentní jsou aktivity půdních aminokyselin. Zde je z dodaných výsledků evidentní, že tyto jsou z celkového počtu devatenácti hodnocených rozloženy do tří skupin: i) v půdách studijních ploch obecně dominují tři aminokyseliny: Ga - kyselina glutamová, As - kyselina asparagová, Ser – serin, ii) v průběhu fenologického vrcholu, tj. fáze kvetení, nastupuje výrazný vliv Asp – asparaginu, iii) v závěru vegetačního období se setkáváme s dominancí tří dalších aminokyselin: Glu - glutaminu, His -histidinu a Ala – alaninu.

Zajímavý charakter má sezónní dynamika přítomnosti kyseliny asparagové, která po snížení v dubnu dosahuje dvouvrcholové oscilace - je nepochybné, že se bude jednat o inspirativní vztah s růstem biomasy rostlin, druhou aminokyselinou s velkým individuálním publikačním potenciálem bude glutamin, kdy zvláště jeho červnová maxima hovoří o překvapivém trendu.

3. Tvorba importního nástroje - výsledek č. TA04020888-2015V002

Nástroj pro potřeby zpracování dat o biochemickém a fyzikálním složení půd. Data z laboratorních rozborů se standardně poskytují tabulkách ve formátu Microsoft Office Excel. Nástroj byl vytvořen v prostředí Esri ArcGIS. Prostředí od Esri bylo vybráno z důvodu jejího budoucího použití pro analýzy a vyhodnocení prostorových závislostí nad poskytnutými daty.

3.1 Základní popis funkčnosti

Python toolbox (sbírka nástrojů) je speciální formát pro vytváření nástrojů pro Esri ArcGIS. Programovací jazyk je Python (ve verzi 2.7.x). Esri zavádí koncovku *.pyt. Nejedná se o žádný nový formát Python skriptu. Python toolbox lze spravovat úplně stejně jako klasický Python skript. Python toolbox má ovšem velkou výhodu oproti standardnímu nástroji (s koncovkou .tbx) a to, že veškeré nastavení je obsaženo v jednom Python skriptu. Nastavením je myšleno jak vzhled okna (UI) nástroje, validace hodnot a jejich aktualizace, tak samotná funkce skriptu.

Výhodou, ale i nevýhodou může být skutečnost, že Python toolbox je čitelný text (ASCII soubor), který lze editovat v jakémkoli textovém editoru a je editovatelný i v prostředí Esri ArcGIS. Pro úvodní správu skriptu a opravování chyb je čitelnost nástroje klíčová.

Vytvořením Python toolbox v Esri ArcGIS, vznikne soubor s příponou .pyt, který obsahuje základní dvě Python třídy (*class Toolbox* a *class Tool* (defaultní název nástroje)). Hned v úvodu skriptu je inicializován balíček ARCPY, který obsahuje veškeré geoprocessingové nástroje, které jsou obsaženy v Esri ArcGIS.

Třída *Toolbox* slouží pro identifikaci nástroje a musí zůstat takto pojmenována. Třída obsahuje jedinou funkci a to *__init__*, která je standardním inicializačním metodou v Python. Funkce je použita pro pojmenování nástroje (pojmenování (angl. „label“), popis (angl. „description“)) a pro organizaci nástroje (vytvoření kategorií (angl. „category“, upravení stylu (angl. stylesheet)). Nakonec se definuje, jaké samostatné nástroje toolbox obsahuje. V tomto případě jsou to dva, „Geodatabase tool“ a „Filter tool“. Pořadí v seznamu určuje pořadí i v toolboxu. *self.tools = [Geodatabase, Filter]*

Další třídy (v tomto toolbox jsou nástrojové třídy dvě) jsou pojmenovány uživatelem (defaultně „Tool“). V těchto třídách jsou povinné funkce „*__init__*“ a „*execute*“. Funkce *__init__* má stejnou funkci jako ve třídě *Toolbox*. Funkce *execute* obsahuje kód, který se vykoná po stisknutí tlačítka OK po spuštění nástroje v toolbox. Nástroj může obsahovat předdefinované funkce jako *getParameterInfo*, *isLicensed*, *updateParameters* a *updateMessages*.

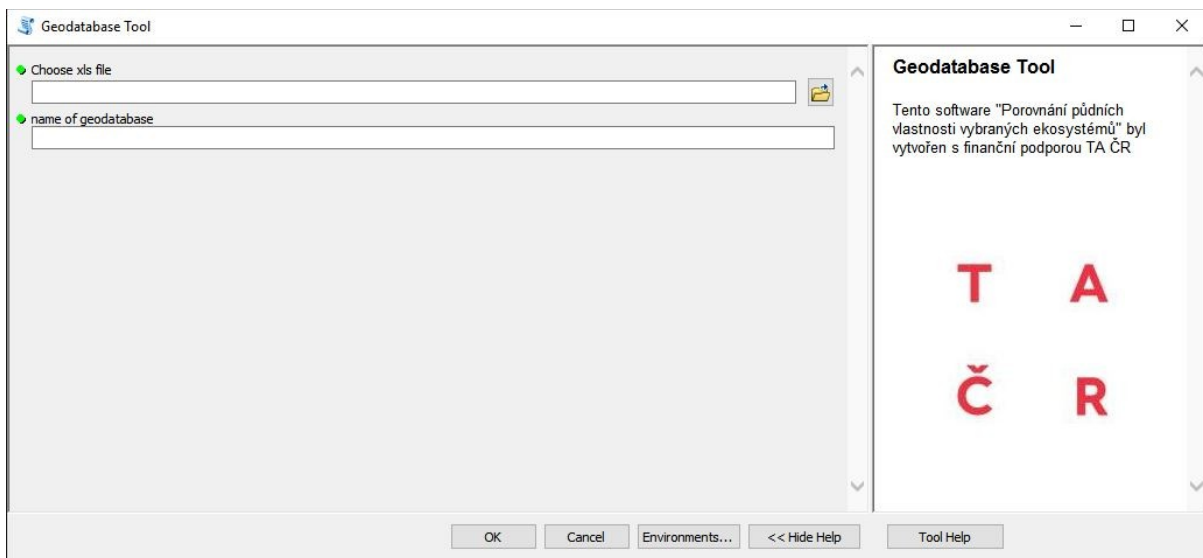
- funkce *getParameterInfo* definuje parametry nástroje. Každý parametr může obsahovat sadu vlastností jako například název, datový typ, volitelnost, vstupní/výstupní směr, vícehodnotové pole či kategorii. Návrátový seznam musí obsahovat proměnné v pořadí, ve kterém se poté zobrazí v nástroji v ArcGIS.
- funkce *updateParameters*“ slouží pro validaci hodnot v parametrech nástroje. Funkce se spouští vždy po změně hodnoty v parametru. Funkcí lze docílit, že po zadání konkrétní hodnoty v jednom parametru se zpřístupní odlišné parametry či hodnoty v ostatních parametrech. Nebo se po zadání tabulky zobrazí hodnoty přímo z této tabulky (možnost variabilních údajů či atributů v tabulce).
- funkce *isLicensed* umožňuje definovat nutné licence extenzí a produktu pro běh nástroje.
- funkce „*updateMessages*“ se využívá pro definování vlastního typu zprávy pro chybové hlášení v nástroji.

TA ČR

V Python toolbox *Import tools* jsou využívány balíčky (moduly) ARCPY pro zpřístupnění geoprocessingových modulů produktu Esri ArcGIS

- OS - pro využití zdrojů operačního systému
- UNICODEDATA - pro zpracování textových řetězců a normalizaci do standardní formy. Modul odstraňuje diakritiku a speciální znaky, se kterými má Esri ArcGIS problémy a nahrazuje je jejich ekvivalenty.
- XLRD - slouží pro práci s Microsoft Office Excel formáty, konkrétně s .xls a .xlsx formátem.
- TIME - který zpřístupňuje práci s časem a slouží pouze pro testování a detekci pomalých (bottleneck) procesů.

Pro zajištění co největší variability nástroje, byla deklarována řada konstant, která se využívají napříč celým Python toolbox. Jedná se o konstanty „OBJECTID“, „TABLE_ATT_NAME“, „LOCATION_ATT_NAME“, „SAMPLE_ATT_NAME“, „STAT_FUNCTIONS“, „SPECIFIC_LOCATION“, „NUM_PARAM“ a „ADD_FIELDS“.



Obr. 2 Náhled grafického rozhraní vytvořeného nástroje (zdroj: vlastní zpracování)

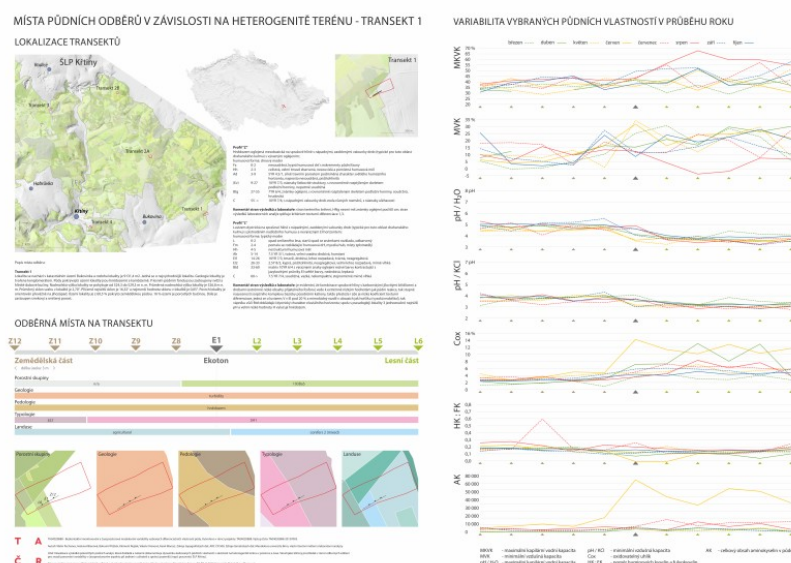
Detailní popis funkčnosti nástroje včetně grafické dokumentace činnosti je v samostatné příloze č. 1 (importní nástroj) k této odborné zprávě.

4. Soubor specializovaných map - výsledek č. TA04020888-2015V003

Vytvořený soubor specializovaných map s názvem Mapy půdních odběrů v závislosti na heterogenitě terénu je tvořen pěti mapami. Všechny mapy mají jednotnou mapovou kompozici a jednotný rozměr A0. Primárně jsou uloženy v digitální vektorové podobě ve formátu PDF. Mapy jsou zpracovány analýzou základních a pokročilých geodat v prostředí GIS a představují syntézu prostorových a tematických (atributových) informací o daném území.

Každá mapa lokalizuje právě jeden transekt v rámci ČR, zájmového území ŠLP Křtiny a jednotlivé odběrné body. V levé části zachycuje variabilitu pěti vybraných geo-ekologických faktorů (geologie, pedologie, lesnická typologie, využití území a dotčené porostní skupiny). V pravé části zobrazuje variabilitu sedmi půdních vlastností - maximální kapilární vodní kapacita (MVKV), minimální vzdušná kapacita (AMKK), půdní reakce aktivní (pH/H₂O), půdní reakce potenciální výměnná (pH/KCl), oxidovatelný uhlík v půdě (Cox), poměr humínových kyselin a fulvokyselin (HK:FK), celkový obsah půdních aminokyselin zjištěných pomocí chromatografických metod (AK). Variabilita hodnoty je kategorizována z časoprostorového hlediska. Variabilita dané vlastnosti v průběhu sledovaného období je interpolována z primárních terénních a laboratorních měření. Mapa je doplněna textovým komentářem a tiráží obsahující základní identifikační prvky a informace.

Účel souboru specializovaných map je formou vizualizace výsledků pokročilých půdních analýz, která dokládá a názorně dokumentuje dynamiku sledovaných půdních vlastností v závislosti na heterogenitě terénu v prostoru a čase. Slouží jako klíčový prostředek v rámci odborných sdělení pro snazší porovnání variability v časoprostorovém aspektu při jednání s uživateli a správci pozemků (např. pracovníci ŠLP Křtiny). V souladu s metodikou RIV byly na soubor specializovaných map zpracovány dva nezávislé oponentní posudky od uznávaných kartografů v ČR - Mgr. Pavla Sedláka, Ph.D (Univerzita Pardubice) a doc. RNDr. Petra Kubička, CSc. (Masarykova univerzita Brno).



Obr. 3 Mapa půdních odběrů v závislosti na heterogenitě terénu – náhled (zdroj: vlastní zpracování)

Všechny mapy souboru specializovaných map v náhledové kvalitě jsou přiloženy ve formě přílohy č. 2 (soubor map) k této odborné zprávě.

5. Tvorba geoinformatického projektu

Jedním z dílčích cílů byla podrobná analýza dostupných prostorových dat (geodat) s půdní tematikou pro ČR. Předmětem analýzy byla geodata jak produkovaná v ČR, tak i v zahraničí pokrývající území ČR. Analýza se zaměřila jak na technické parametry dat (formát, měřítko, aktualizace,) tak i na tematické a metodologické informace nutné pro správnou interpretaci. Zjištění aktuálních možností získání prostorových dat představuje průzkum jejich dostupnosti, struktury a měřítka geodat, jejich možného

využití při řešení projektu. Výsledné tabulky geodat jsou přiloženy jako příloha č. 3 (půdňi geodata) k této odborné zprávě.

Na základě provedených analýz geodat a potenciálu základních a pokročilých geoinformačních technologií pro studium půdní variability v zemědělství a lesnictví byla pro zájmová území v průběhu času soustředěna i) veřejně dostupná data z centrální registrů, ii) zakoupena komerční data, iii) bezplatně smluvně získána neveřejná data či iv) vytvořena primární data, jež jsou soustředěna v jednotném datovém skladu reprezentujícím vstupní datasety pro základní a pokročilé analýzu území pomocí geoinformačních technologií.

Podle vhodnosti jsou data uchovávána ve vektorovém či rastrovém formátu. Všechna data mají zajištěn extant zájmového území, jsou uloženy v národním souřadnicovém systému S-JTSK (EPSG: 5514) a používají metrický měrný systém. Data jsou opatřena jedinečným identifikátorem.

6. Analýza senzorů a zahájení pilotního senzorového monitoringu

Senzor je počeštěné slovo z angličtiny (*sensor*), česky čidlo nebo snímač. Obecně je to specializovaný zdroj informací pro řídicí systém (například mozek), v užším slova smyslu je to technické zařízení které měří určitou fyzikální veličinu a převádí ji na signál, který lze dálkově přenášet a dále využít v měřicích a řídicích systémech. Hlavními parametry senzorů jsou: citlivost, práh citlivosti, dynamický rozsah, reprodukovatelnost (podle odchylky na naměřených hodnotách jedné veličiny), rozlišitelnost a chyby senzoru (aditivní, multiplikatívni). Výstupní hodnota senzoru je většinou udává rozdílem napětí nebo proudu od "nuly" (ta se většinou určuje). Sensory můžeme dělit podle: měřené veličiny, fyzikálního principu, styku s prostředím (dotykové a bezdotykové senzory) nebo podle stupně integrace (Kreidl, Šmíd, 2006).

Geosenzor je senzor, který je schopný shromažďovat a poskytovat geografické informace v širokém spektru souvislostí (Worboys, 2003).

Datalogger je zařízení určené pro ukládání dat. To zahrnuje mnoho zařízení pro sběr dat, jako jsou paměťové karty nebo různé komunikační systémy. Nicméně v rámci senzorových sítí považuje většina výrobců za datalogger samostatný přístroj, který umí číst různé typy elektrických signálů a ukládat do interní paměti pro pozdější stažení do počítače. Mohou tedy fungovat nezávisle na počítači.

Telemetrická stanice je zařízení, která je od výroby vybaveno integrovaným dataloggerem a transceiverem, popřípadě některými senzory.

Senzorová síť je skupina speciálních snímačů s komunikační infrastrukturou určenou ke sledování a k záznamům o podmínkách na různých místech. Běžně sledované parametry jsou teplota, vlhkost, tlak, směr a rychlost větru, intenzita osvětlení, intenzita vibrací, intenzita zvuku atd. Senzorové sítě jsou složeny z jednotlivých systémů, které jsou schopny jednak interakce s jejich prostředím prostřednictvím různých senzorů, dále zpracovávat informace přímo na místě a komunikovat o těchto informacích se sousedními senzory. S rozvojem bezdrátové komunikace se dnes u senzorových sítí převážně využívá bezdrátové komunikace pomocí bezdrátových modulů. Snímací uzel se skládá ze tří složek, které mohou být umístěny individuálně nebo do jednoho systému.

6.1 Testování senzoru Spectral Reflectance Sensor (SRS)

Lokalita: město Olomouc I **Termín měření:** podzim 2015 I **Veličina:** odrazivost povrchu, NDVI, PRI

Základní charakteristika: Senzor slouží k měření normalizovaného diferenčního vegetačního indexu na základě dopadající a vyzařované energie. Údaje z měření jsou poskytovány přes datalogger a software ECH2O Utility v tabelární podobě ve formátu xls. Struktura dat je uživatelsky přehledná a jednoduchá. Obsahuje označení senzoru a atributy pro časový záznam měření a hodnoty pro červené viditelné pásmo, pro blízké infračervené pásmo a celková kalibrovaná hodnota NDVI. Měření probíhala na podzim 2015.

Spectral Reflectance Sensor (SRS) je bezkontaktní poziční sensorický systém vyrobený a distribuovaný firmou Decagon, který monitoruje vegetační kryt a v závislosti na využitém senzoru počítá normalizovaný diferenční vegetační index (NDVI - Normalized Difference Vegetation Index) nebo fotochemický index odrazivosti (PRI - Photochemical Reflectance Index). Na základě výsledků měření je možné stanovovat hypotézy pro stárnutí vegetace, účinnost a dopad světla, obsah vody, produkci biomasy a další vlastnosti. Předností senzoru je jednoduchost systému, voděodolnost, kompaktnost, nízká váha, cenová dostupnost a možnost měření více systémů najednou (SRS,2014).

SRS-NDVI lze snadno umístit v terénu na různé typy nosičů dle rozsahu snímkování. Variabilita je poměrně rozsáhlá, měřit hodnoty je možné pro jednotlivé rostliny, výřez z vegetace, celý pozemek či lesní porost.

Tab. 1: Označení měřických míst na území města Olomouce

| Označení | Vysvětlení |
|----------|--|
| T1-T6 | Experimentální výsadba S. Místeckého u katedry geoinformatiky, Univerzity Palackého v Olomouci |
| PT | Posekaná tráva u katedry geoinformatiky, Univerzity Palackého v Olomouci |
| ZP | Zarostlý prostor – seschlá vegetace v blízkosti sídliště Povel |
| ZoP | Zoraná půda v blízkosti sídliště Povel |
| TPL | Travní porost s opadaným listím na sídlišti Povel |
| Rybník | Rybník na okraji městské části Nové Sady |
| Řeka | Levá hrana koryta řeky Moravy mezi částí Povel a Nový svět |
| TR | Travní porost u řeky Moravy mezi částí Povel a Nový svět |
| TR | Travní porost ve Smetanových sadech |
| JK | Jehličnatý keř (<i>Juniperus sp.</i>) ve Smetanových sadech |



Obr. 4: Experimentální výsadba T1: zahradnický substrát + travní semeno; T2: zahradnický substrát + jetel; T3: zahradnický substrát + pšenice; T4: zemědělská půda, travní semeno; T5: zemědělská půda, jetel; T6: zemědělská půda, pšenice

6.1.1 Porovnání hodnot NDVI pro různé typy krajinného pokryvu pomocí měření SRS

Pro porovnání a zároveň přehled hodnot bylo zvoleno několik zástupců krajinného pokryvu. Hodnoty uvedené v tab. 2 a na obr. 5 jsou průměrem desetiminutového měření po minutovém intervalu. T1-T6 zastupuje experimentální výsadbu a lze sledovat nepravidelné výkyvy hodnot NDVI, které nedisponují pravidlem a mají charakter spíše nahodilý. Velký výkyv je patrný u prvního měření T4 ve srovnání s dalšími, kde rozdíl je 0,135. U kategorie Posekaná tráva je zachycen vliv struktury vegetačního krytu, neboť tráva byla sekána po měření a následující měření je znatelný pokles hodnoty NDVI, zároveň následně došlo k vizuálnímu sesychání, což mohlo mít za důsledek další pokles hodnoty. U Zarostlého prostoru Povel, kde vegetačním krytem je seschlá vysoká tráva, byly na podzim i na jaře měřeny velmi podobné hodnoty a ačkoliv se jednalo o vzrostlý porost, hodnoty NDVI jsou nízké, neboť zdravotní stav vegetace byl špatný a obsah chlorofylu byl nízký. U Zoraného pole jsou při prvním měření patrné vegetační kukuřičné zbytky před úplným zaoráním, v dalších měření byla půda již holá, což představují i hodnoty NDVI blízké k nule.

Tab. 2: Přehled měřených hodnot NDVI pro různé typy krajinného pokryvu (zdroj: vlastní měření)

| | 5.11. | 10.11. | 12.11. | 13.11. | 15.11. | 27.11. |
|------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| čas | 14:30 | 14:00 | 9:00 | 15:00 | 15:00 | 13:15 |
| T1 | -- | 0,778 | 0,733 | 0,755 | -- | 0,612 |
| T2 | 0,841 | 0,814 | 0,856 | 0,824 | -- | 0,712 |
| T3 | -- | 0,544 | 0,594 | 0,55 | -- | 0,583 |
| T4 | -- | 0,595 | 0,73 | 0,764 | -- | 0,695 |
| T5 | -- | 0,814 | 0,808 | 0,824 | -- | 0,735 |
| T6 | -- | 0,588 | 0,55 | 0,578 | -- | 0,676 |
| Posekaná tráva | -- | 0,756 | 0,597 | 0,511 | -- | -- |
| Zarostlý prostor Povel | -- | 0,284 | 0,244 | -- | 0,23 | -- |

| | | | | | | |
|------------------------|----|------|-------|----|-------|----|
| Zorané pole | -- | 0,27 | 0,132 | -- | 0,168 | -- |
| Travní porost s listím | -- | 0,4 | 0,265 | -- | 0,367 | -- |
| Rybník | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| Řeka | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| Travní porost u řeky | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| Travní porost v parku | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| Jehličnatý keř | -- | -- | -- | -- | -- | -- |

Měření senzorem SRS podpořilo teoretický základ NDVI, že hodnoty se pohybují v rozmezí -1 a 1, konkrétně vegetace 0,5 až 1, holá půda v blízkosti nuly.

6.2 Testování senzoru Waspote Plug&Sense

Lokalita: areál Botanické zahrady a rozária v Olomouci | **Termín měření:** 25. 9. - 9. 10. v 10 minutovém intervalu | **Veličina:** Teplota vzduchu

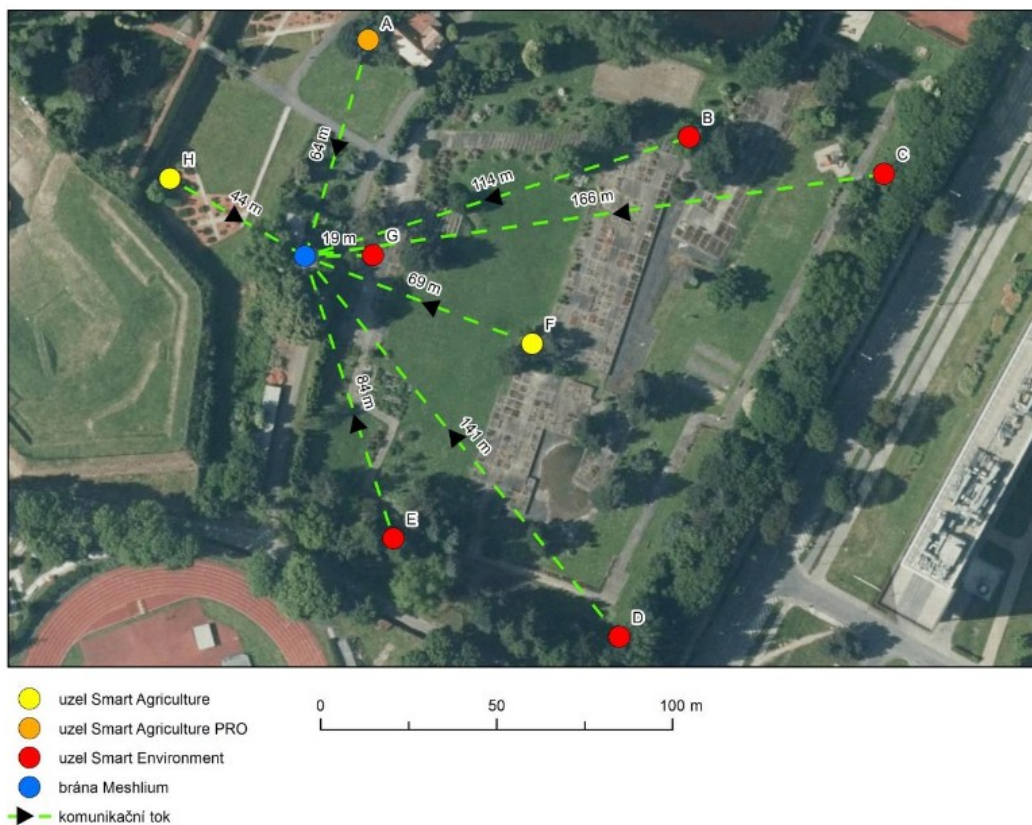
Základní charakteristika: Pro měření teploty vzduchu pomocí bezdrátové sensorové sítě bylo použito 8 bezdrátových uzlů Plug&Sense od firmy Libelium a brána Meshlium, kam byla odesílána a následně uložena veškerá naměřená data (tab). Byla zvolena hvězdicová topologie.

Pro vytvoření bezdrátové sensorové sítě bylo použito pět uzlů Waspote Plug&Sense Smart Environment, dva uzly Waspote Plug&Sense Smart Agriculture a jeden uzel Waspote Plug&Sense Smart Agriculture PRO. Všechny senzory určené pro zařízení Waspote Plug & Sense jsou součástí vyměnitelné sensorové sondy. Sensorová sonda je standardně dlouhá 150 mm a je osazena vodě-odolným konektorem, pomocí kterého je připojena k uzlu. Samotný senzor se nachází uvnitř válcového plastového krytu ve spodní části sensorové sondy.

Po rozmístění uzlů byla zaměřena také jejich poloha pomocí GPS přijímače. Brána byla umístěna do budovy technického zázemí zaměstnanců nacházejícího se v areálu.

Pro měření teploty vzduchu byly u uzlů Smart Environment použity teplotní senzory Microchip MCP9700A. Senzory MCP9700A jsou analogové senzory, které měří pomocí převodu teplotních hodnot na elektrické napětí. Senzory jsou schopny měřit teploty v rozsahu - 40 až 125 °C .

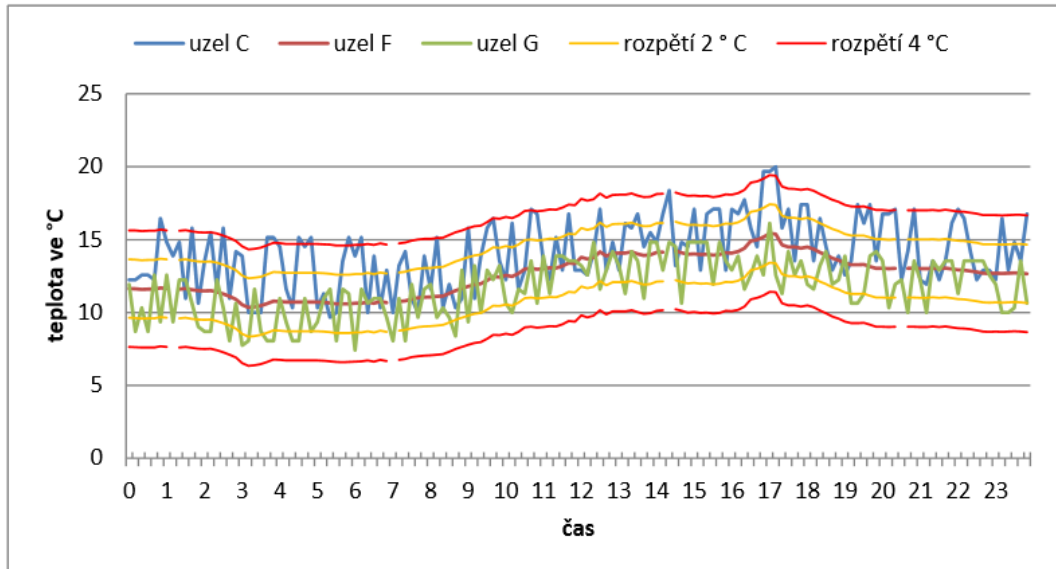
U uzlů Smart Agriculture a Smart Agriculture PRO byly použity senzory SHT75 od společnosti Sensirion. Senzory SHT75 jsou výrazně přesnější než senzory Microchip MCP9700A a navíc umožňují měření teploty a vlhkosti vzduchu současně. Tyto senzory jsou schopny měřit teplotu v rozmezí -40 až 123,8 °C s přesností 0,4 °C. Vlhkost vzduchu je měřena v rozsahu 0 až 100% s přesností 1,8 % (Waspote Plug & Sense! Sensor).



Obr. 6: Lokalizace a typologie senzorové sítě v Botanické zahradě v Olomouci (zdroj: vlastní zpracování).

Tab. 3: Skladba testované senzorové sítě (zdroj: vlastní zpracování)

| Označení | Model uzlu | Typ senzoru | Poloha uzlu | Azimut | Vzdálenost od brány |
|----------|-----------------------|-------------|----------------------------------|------------|---------------------|
| A | Smart Agriculture PRO | SHT75 | 17°15'37,778"E 49°35'34,528"N | 16°20'4" | 64 m |
| B | Smart Environment | MCP9700A | 17°15'42,247"E 49°35'33,513"N | 72°46'16" | 114 m |
| C | Smart Environment | MCP9700A | 17°15'45,022"E 49°35'33,153"N | 81°54'26" | 166 m |
| D | Smart Environment | MCP9700A | 17°15'41,08"E 49°35'28,948"N | 140°28'7" | 141 m |
| E | Smart Environment | MCP9700A | 17°15'37,893"E 49°35'29,908"N | 162°38'34" | 84 m |
| F | Smart Agriculture | SHT75 | 17°15'39,982"E 49°35'31,661"N | 111°5'36" | 69 m |
| G | Smart Environment | MCP9700A | 17°15'37,717"E 49°35'32,531"N | 89°7'3" | 19 m |
| H | Smart Agriculture | SHT75 | 17°15'34,881"E 49°35'33,28"N | 299°52'0" | 44 m |



Obr. 7: Ukázka variability citlivosti jednotlivých senzorů v zapojených v síti (zdroj: vlastní zpracování).

Tab. 4: Spolehlivosti fungování senzorové sítě (zdroj: vlastní zpracování).

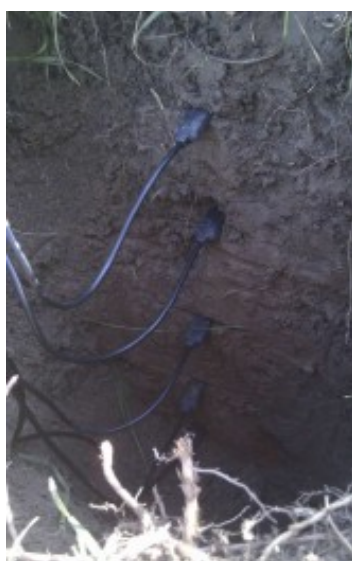
| Datum | Uzel A | Uzel B | Uzel C | Uzel D | Uzel E | Uzel F | Uzel G | Počet výpadků celkem | Chybovost v % | Úspěšnost přenosu v % |
|------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------------|---------------|-----------------------|
| 25. 9. | 83 | 52 | 0 | 37 | 77 | 6 | 75 | 330 | 32,7 | 67,3 |
| 26. 9. | 12 | 21 | 0 | 4 | 0 | 4 | 0 | 41 | 4,1 | 95,9 |
| 27. 9. | 13 | 3 | 2 | 15 | 3 | 4 | 2 | 42 | 4,2 | 95,8 |
| 28. 9. | 3 | 24 | 0 | 51 | 1 | 5 | 1 | 85 | 8,4 | 91,6 |
| 29. 9. | 9 | 33 | 0 | 37 | 9 | 6 | 1 | 95 | 9,4 | 90,6 |
| 30. 9. | 13 | 45 | 0 | 116 | 1 | 16 | 12 | 203 | 20,1 | 79,9 |
| 1. 10. | 18 | 18 | 85 | 2 | 6 | 19 | 20 | 168 | 16,7 | 83,3 |
| 2. 10. | 14 | 84 | 61 | 62 | 84 | 62 | 125 | 492 | 48,8 | 51,2 |
| 3. 10. | 3 | 70 | 0 | 97 | 81 | 35 | 0 | 286 | 28,4 | 71,6 |
| 4. 10. | 33 | 105 | 143 | 141 | 120 | 69 | 142 | 753 | 74,7 | 25,3 |
| 5. 10. | 26 | 58 | 2 | 131 | 115 | 23 | 2 | 357 | 35,4 | 64,6 |
| 6. 10. | 27 | 25 | 6 | 124 | 115 | 11 | 20 | 328 | 32,5 | 67,5 |
| 7. 10. | 26 | 65 | 0 | 98 | 133 | 46 | 2 | 370 | 36,7 | 63,3 |
| 8. 10. | 90 | 43 | 2 | 70 | 103 | 51 | 110 | 469 | 46,5 | 53,5 |
| 9. 10. | 90 | 140 | 0 | 144 | 144 | 95 | 0 | 613 | 60,8 | 39,2 |
| Počet výpadků celkem | 460 | 786 | 301 | 1129 | 992 | 452 | 512 | 4632 | 30,6 | 69,4 |
| Chybovost v % | 21,3 | 36,4 | 13,9 | 52,3 | 45,9 | 20,9 | 23,7 | | | |
| Úspěšnost přenosu v % | 78,7 | 63,6 | 86,1 | 47,7 | 54,1 | 79,1 | 76,3 | | | |

Po analýze vnějších vlivů byla identifikována jako hlavní příčina nízké spolehlivosti přenosu „zašumění“ používaného frekvenčního pásma. Pro další testování byl naplánován přesun senzorů na okraj Olomouce.

6.3 Testování senzoru EM50+EC5

Lokalita: Holešov I **Termín měření:** od 25. 10. 2015 I **Veličina:** Půdní vlhkost

Základní charakteristika: EM 50 je napájen 5AAA alkalickými nebo lithiovými bateriemi. Data jsou stahována do počítače či mobilního zařízení pomocí kabelu s rozhraním jack 3,5mm/USB a zpracovány pomocí softwaru ECH2O Utility, ECH2O Utility Mobile nebo DataTrac. Do tohoto dataloggeru bylo umístěno 5 senzorů EC5 na měření půdní vlhkosti.



Obr. 8: Vertikální umístění senzorů EC5 v půdním profilu (vlevo), testovaný datalogger EM50 (vpravo) (foto: B. Uličník)

7. Očekávaný průběh dalšího řešení

Následující druhý rok řešení bude zaměřen především na bezkontaktní monitorování půdních vlastností optickými senzory s kalibrací založenou na sensorové síti.

Na založených odběrných místech bude pokračovat monitoring terénními odběry s následnou laboratorní analýzou. Monitoring bude doplněn monitorováním shodných vlastností pomocí bezkontaktních (optických) senzorů. Na konci roku 2015 již byla zakoupena data z optických senzorů (satelitů) pro zpětné porovnání a kalibrace a zprovozněny vlastní optické senzory (např. Tetracam ADC, SRS, Fluke i), které budou používány jak ze statických, tak i mobilních nosičů. Důraz bude kladen na testování potenciálu sledování vybraných vlastností půdy s využitím obrazové spektroskopie (s důrazem na NIR).

Do polních podmínek se také přesune budovaná sensorová síť, která bude provádět kontrolní kontinuální měření vybraných veličin přímo v terénu. Získané veličiny budou sloužit jako vstupy do predikčních modelů pro pokročilou analýzu vlivu heterogenity a jako kalibrační hodnoty pro multispektrální data.

Současně bude dokončeno a nasazeno aplikační řešení pro integraci dat ze sensorových sítí a optických senzorů. Řešení je vyvíjeno nad databází PostgreSQL/PostGIS. Získané poznatky budou zpracovány do podoby dvou certifikovaných metodik, jež se budou certifikovat na Ministerstvu zemědělství.