



Detekce vybraných invazních a expanzních druhů z UAV snímků

Lucie Červená, Markéta Potůčková, Alex Šrollerů
Záboj Hrázský, Jakub Lysák, Mojmír Polák, Lucie Kupková

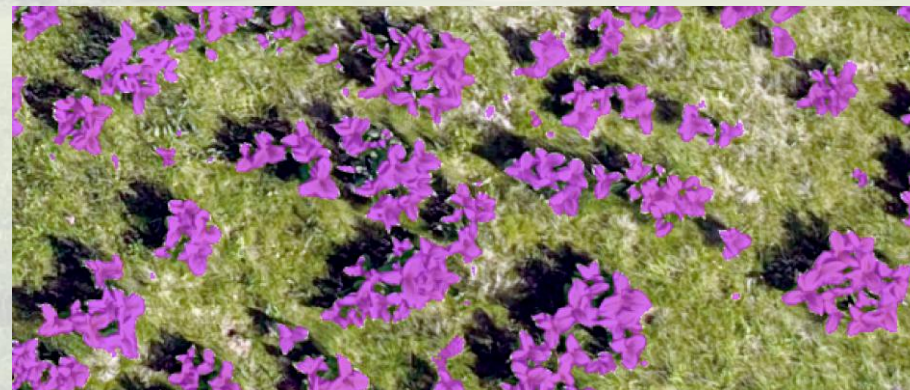


Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy
Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie



Cíle a očekávání

- Sledování výskytu a rozšíření vybraných expanzních a invazních druhů pomocí „blízkého“ dálkového průzkumu
- Efektivně, opakovatelně, přenositelně, s vysokou přesností (= úspěšnost detekce > 90%)
- Prostředky
 - RGB/multispektrální snímky pořízené z UAV (DJI Mavic 3M)
 - Detekce výskytu pomocí hlubokého učení (dostupnost sw, co nejjednodušší workflow)
- Nahrazení práce botanika?

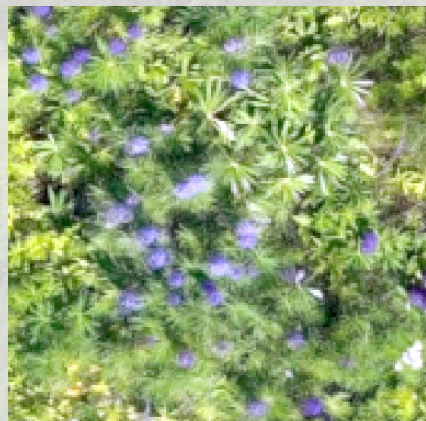


UAV snímání – pohled z výšky 😊

Telekia speciosa
(kolotočník ozdobný)



Lupinus polyphyllus
(lupina mnoholistá)



Veratrum album
(kýchavice bílá)



Rumex alpinus
(šťovík alpský)



Senecio hercynicus
(starček hercynský)



Rozlišení

Objem dat
Časová náročnost
Požadavky na HW



< 40 m



Orig. snímek: < 1 cm



≈ 80 m



ortofoto: 1 cm

2 cm



≈ 190 m

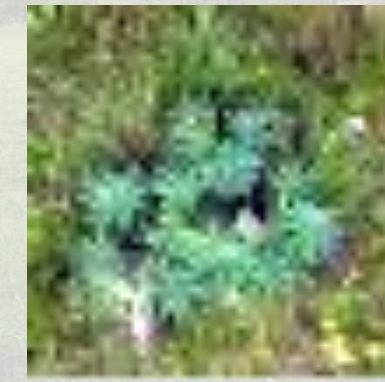


5 cm

Veratrum album
(kýchavice bílá)

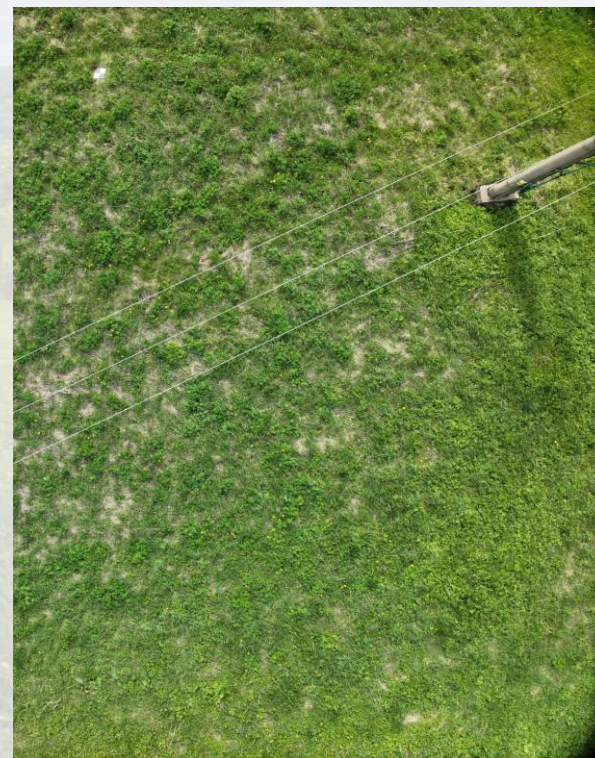


Lupinus polyphyllus
(lupina mnoholistá)



Specifika UAV snímání

- Podmínky snímání
 - Počasí (vítr, oblačnost)
 - Překážky (stromy, vedení)
- Překryv jinými objekty



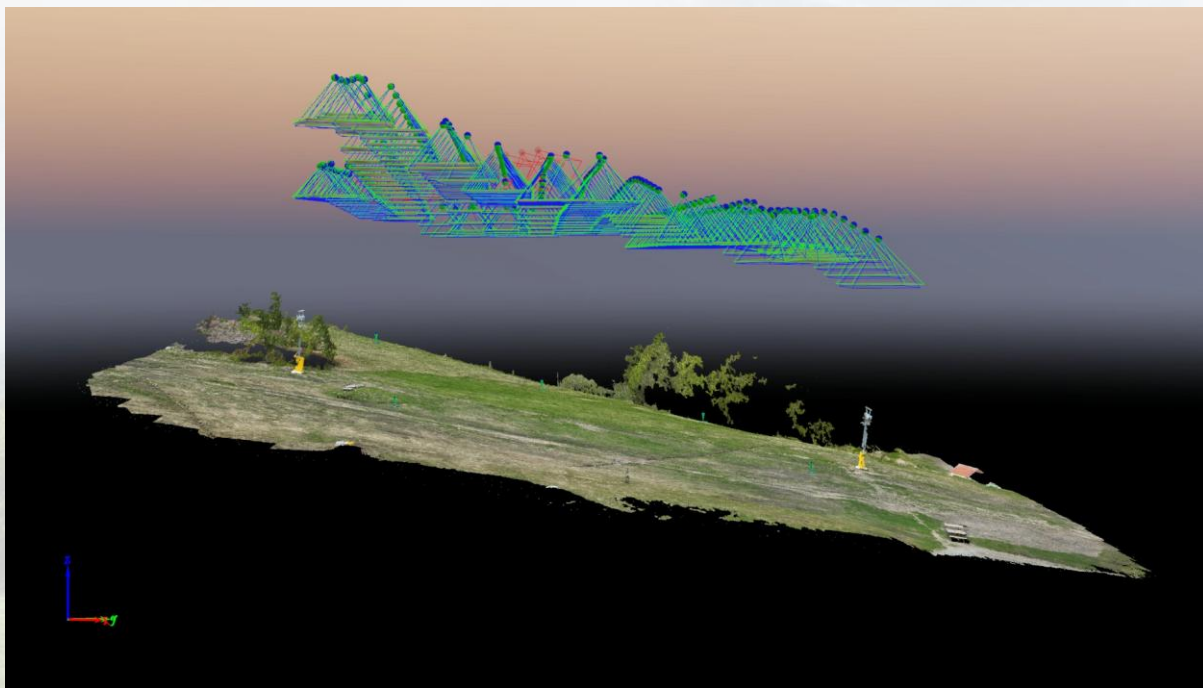
Zájmové lokality

Oblast	Lokalita	Nadmořská výška [m]	Orientace	Sklon [°]	Rozloha [m²]	Počet snímků	Datový objem [GB]
Krkonoše	Dvorská bouda	1320	J	9	7000	268	2,65
	Friesovy boudy	1125	Z	14	3800	297	3,02
	Chaloupky	900	JV	11	6400	380	4,10
	Modřín	840	JV	13	6700	198	2,10
	Nad Výrovkou	1475	JV	23	9400	433	3,91
	Pec pod Sněžkou	805	JV	14	2300	132	1,42
	Pod Výrovkou	1330	JV	7	2700	136	1,32
	Studniční boudy	1065	JJV	14	3800	263	2,29
Orlické hory	Hamernice – mlýn	470	-	-	2600	216	2,34
	Hamernice – tábor	475	-	-	6900	331	3,28
	Jedlová – Matouš	720	JZ	13	4400	214	2,07
	Julinčino údolí	520	-	-	2200	158	1,54
	Říčky – hasiči	685	JV	4	4800	663	6,40
	Říčky – sjezdovka	670	Z	14	4300	653	6,09
	Šerlišský mlýn	880	SSV	12	5700	233	1,91

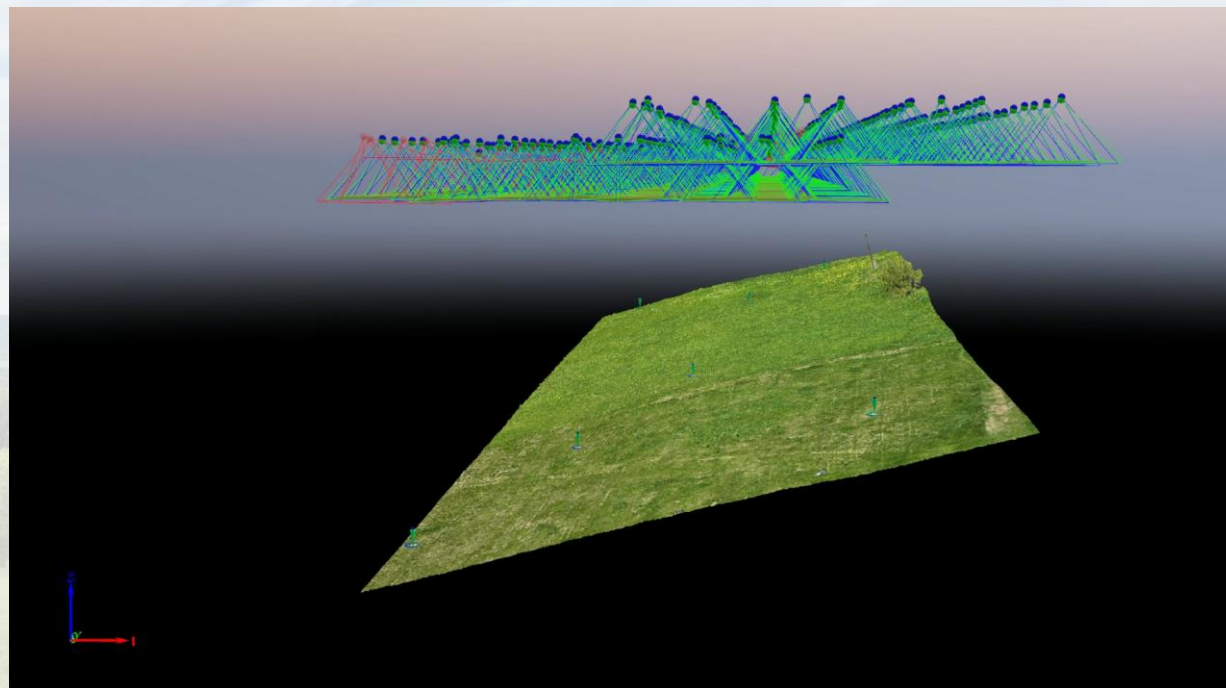
Společné problémy

- Sklon ploch
- Nedostupnost signálu GSM pro RTK korekce

Sklonitý terén

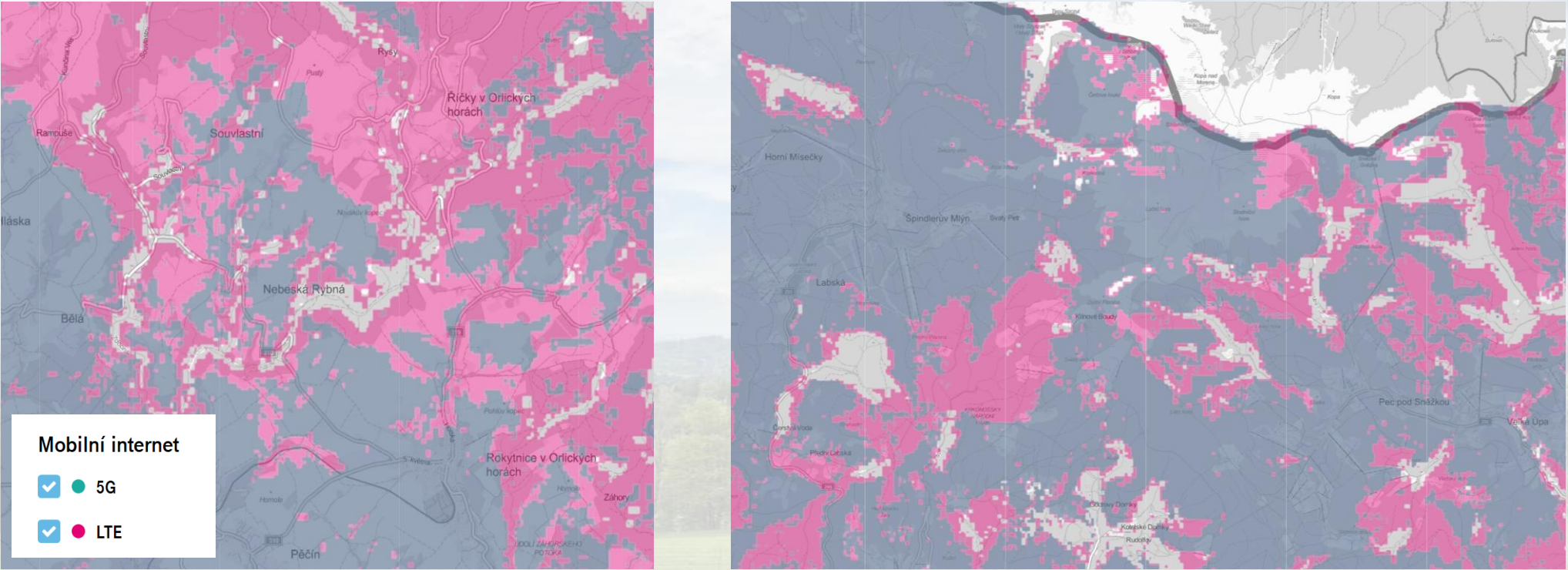


Sledování terénu
Šerlišský mlýn



Rozdělení na více letů s různou absolutní výškou letu
Říčky sjezdovka

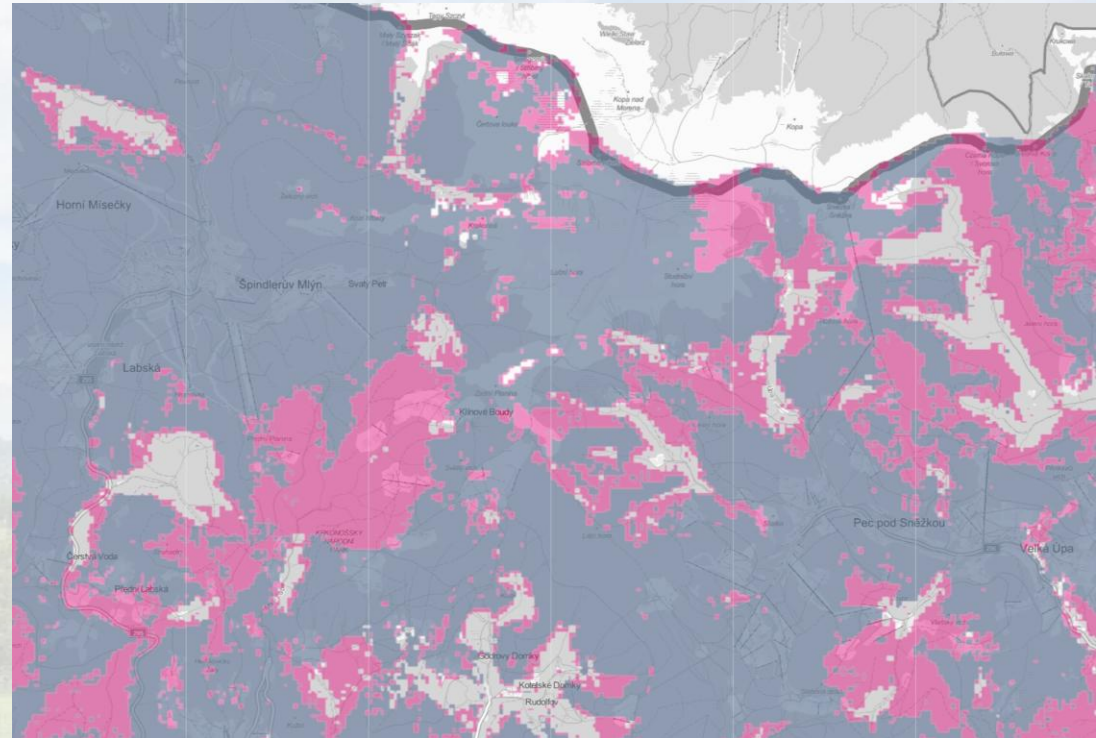
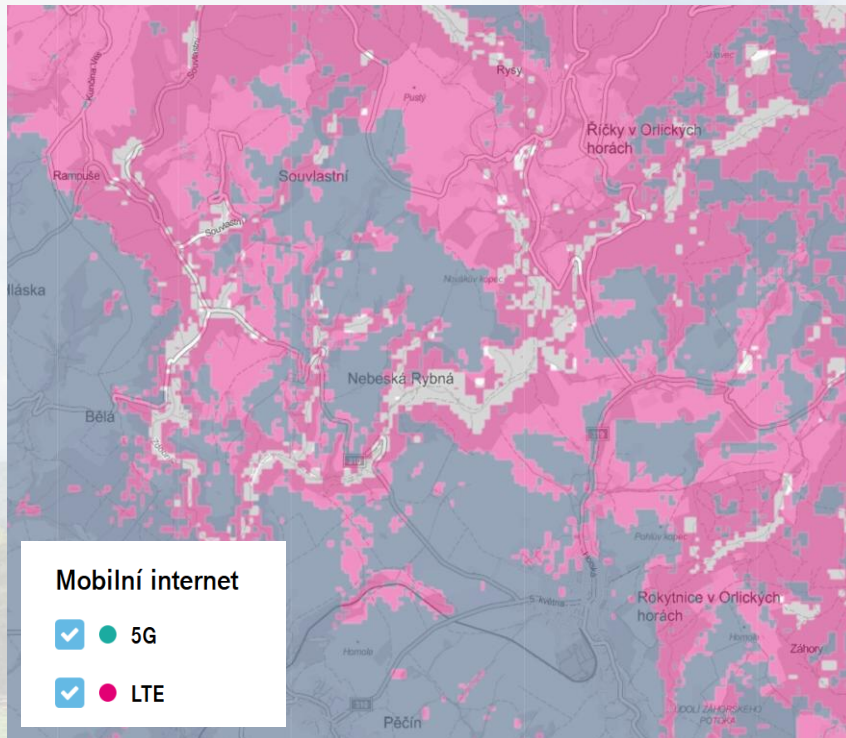
Nedostupnost signálu GSM pro RTK korekce



<https://comap-tmcz.position.cz>

Problematické pro

- Sběr botanických dat (nejen) pro validaci výsledků detekce
- Sběr vlíčovacích bodů a georeferencování snímků



<https://comap-tmcz.position.cz>

Problematické pro

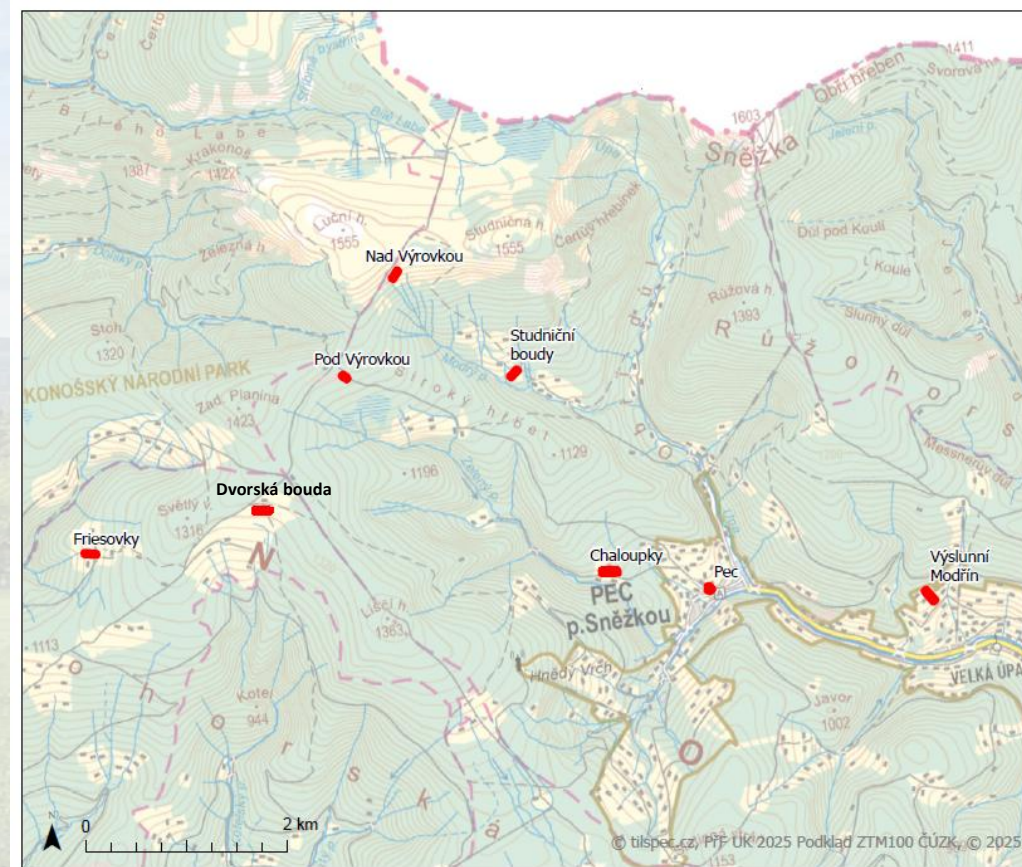
- Sběr botanických dat (nejen) pro validaci výsledků detekce
- Sběr vlíčovacích bodů a georeferencování snímků

Krkonoše

8 lokalit

- Lupina: Pec, Chaloupky, Výsluní Modřín
- Šťovík: Friesovky
- Kýchavice: Studniční boudy
- **Míchání druhů:**
Dvorská (šťovík, starček, kýchavice)
Pod Výrovkou (šťovík, starček, kýchavice)
Nad Výrovkou (starček, kýchavice)

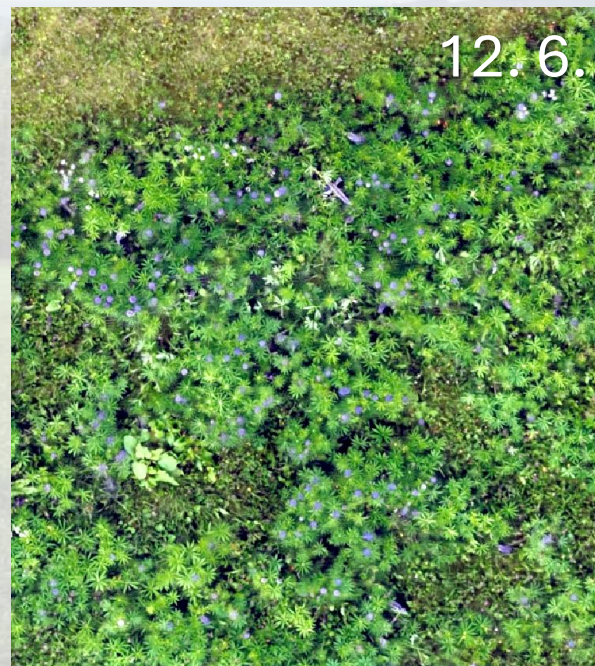
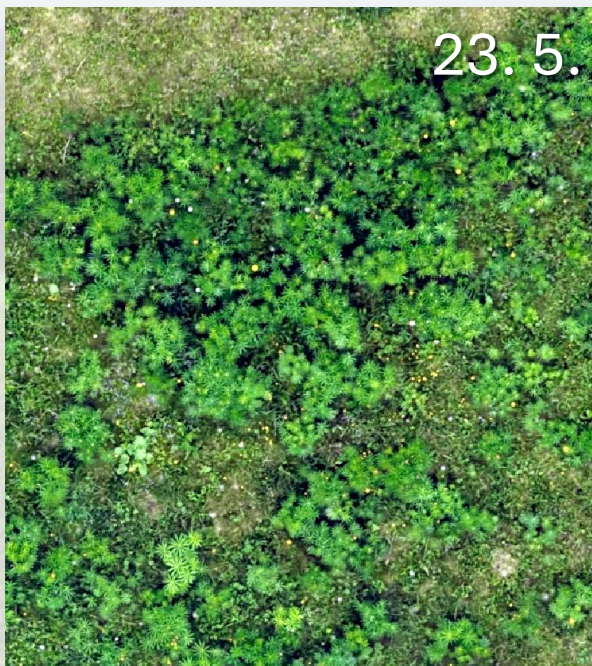
Zcela bezzásahové: okolí Výrovky, jinak různé formy a intenzita managementu



Fenologie krkonošských lokalit

Vhodný termín pro detekce

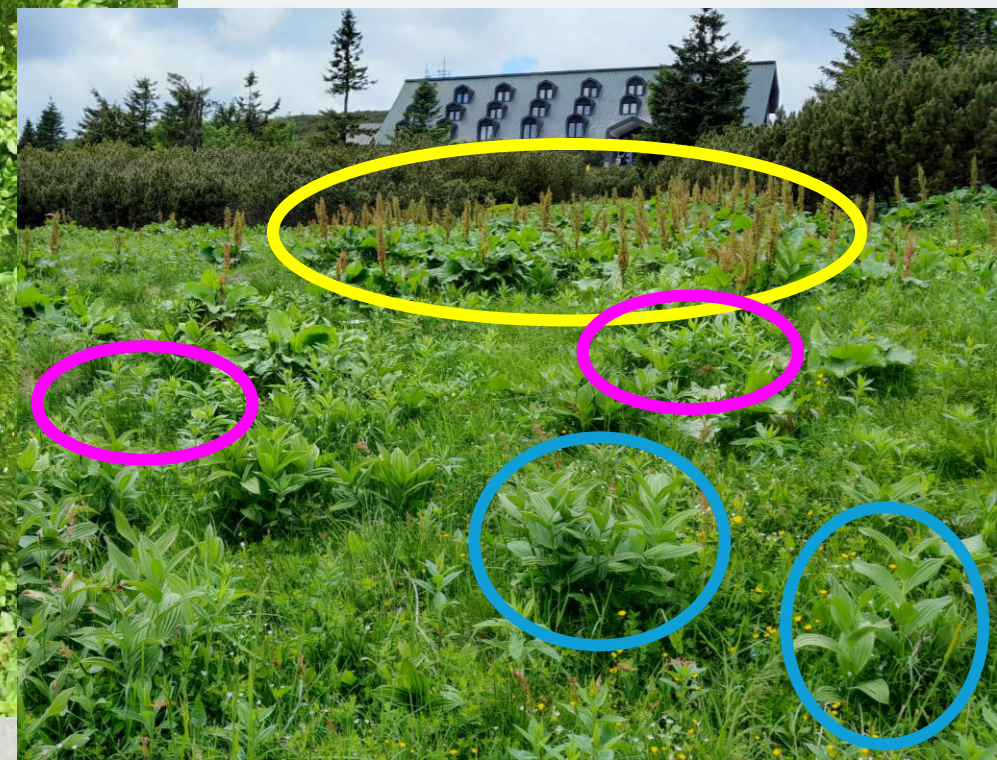
- **První polovina června** pro většinu ploch (především výše položených)
- Druhá polovina května vhodná pro níže položené plochy a plochy, kde se provádí management (i když vegetace nemusí mít ještě maximální pokryv)



Pod Výrovkou 12. 6. 2024



- Štovík
- Kýchavice
- Starček



Pod Výrovkou 9. 7. 2024



- Štovík
- Kýchavice
- Starček

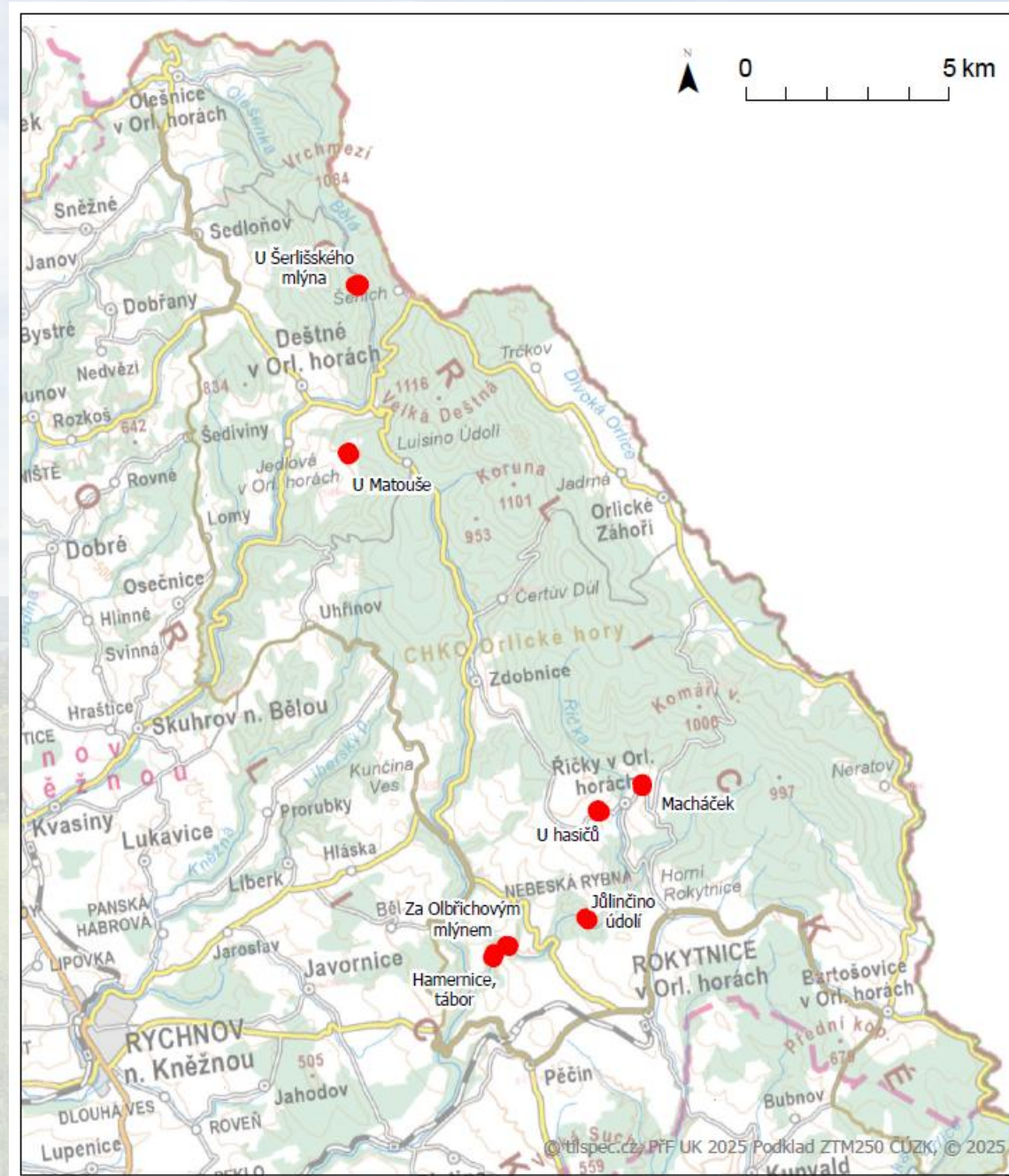


Orlické hory

7 lokalit

- Lupina: Říčky („sjezdovka“, Macháček a „hasiči“), Jedlová (U Matouše)
- Kolotočník: Hamernice (Olbřichův mlýn a „tábor“), Julinčino údolí
- Kýchavice: Šerlišský mlýn

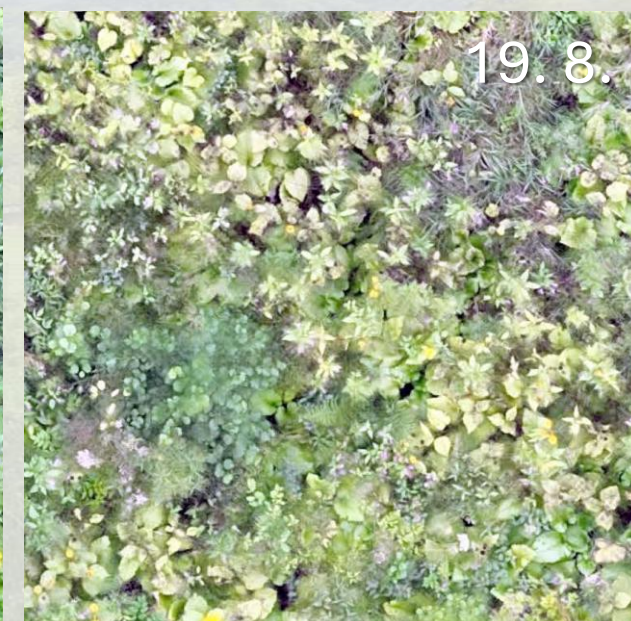
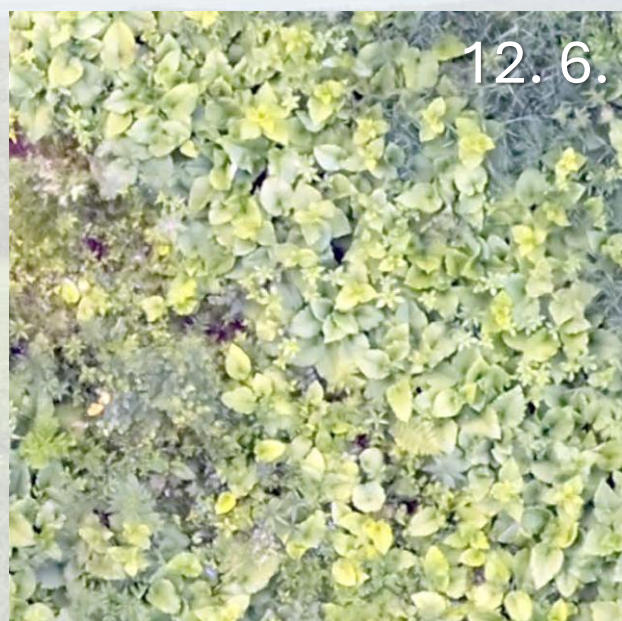
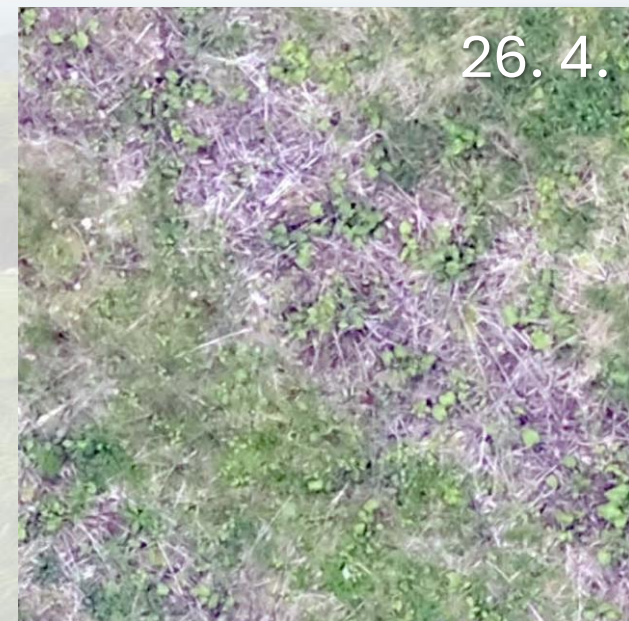
Management na všech plochách s výjimkou Julinčina údolí



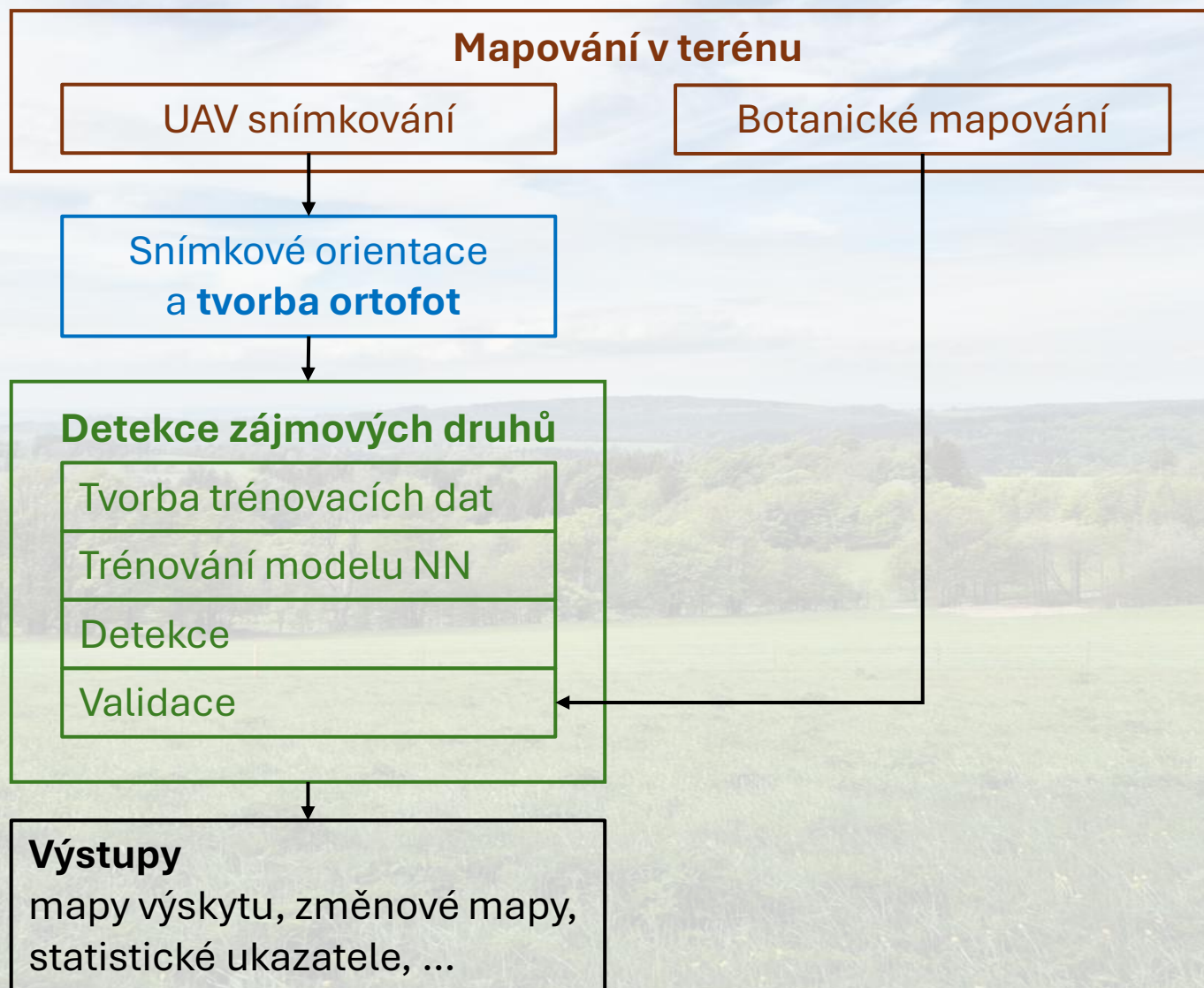
Fenologie orlicko-horských lokalit

Vhodný termín pro detekce

- **Druhá polovina května/ první polovina června** pro většinu ploch
- Konec sezóny pro plochy, kde se provádí management



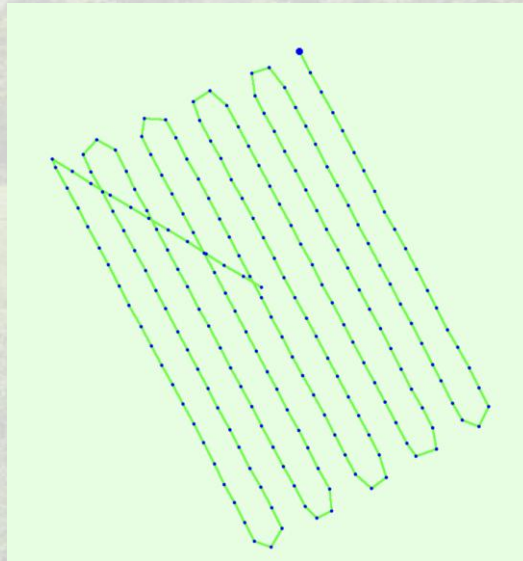
Zpracovatelský postup



Tvorba ortofot

Terénní práce

- UAV snímkování
 - Dron: DJI Mavic 3M
 - RGB
 - MS snímky (R, G, B, RedEdge, NIR)
- Zaměření vlíčovacích bodů
 - GNSS s RTK: Trimble R12 (R10)
 - 5 – 9 rovnoměrně rozložených v ploše (rohy + střed)



Tvorba ortofot

- Princip zpracování
 - Structure from Motion & vícesnímková fotogrammetrie

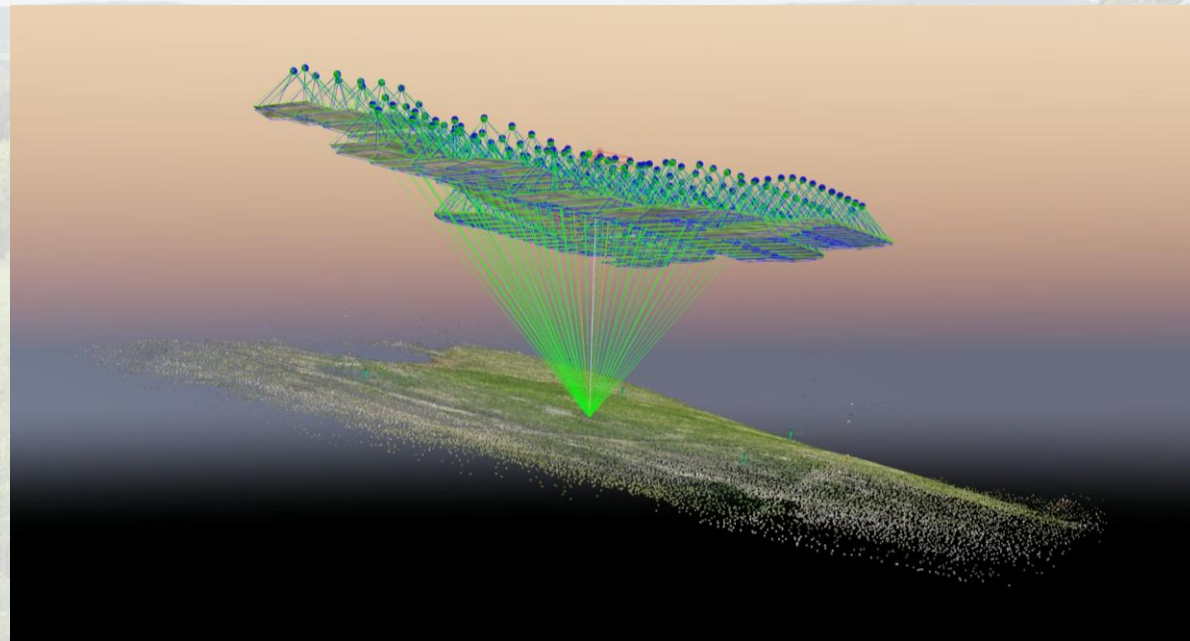
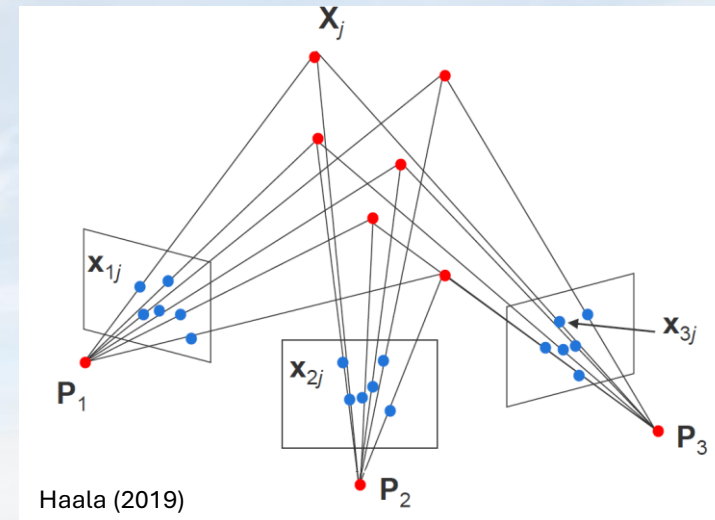
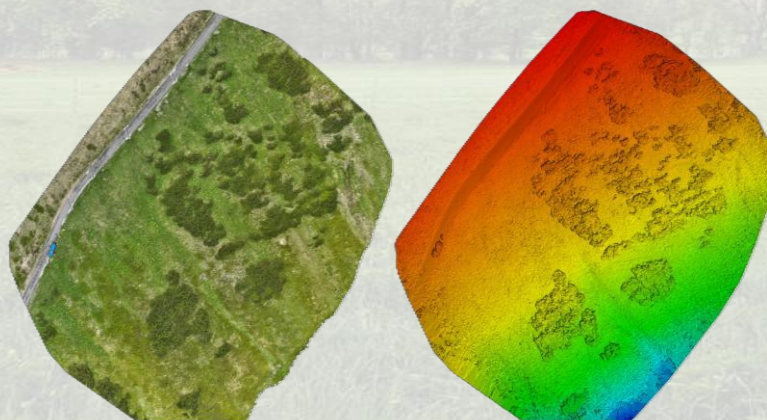
- Software



PIX4Dmapper

- Výstup

- Ortofoto
 - prostorové rozlišení 1 cm
- Digitální model povrchu



Detekce výskytu zájmových druhů s využitím hlubokého učení

Proč jsme zvolili hluboké učení

- Větší význam prostorových příznaků nad spektrálními (tvar a textura)
- Větší míra generalizace (přenositelnost na jiná území, popř. jiné druhy)
- Dle literatury vyšší přesnost
- Výzva k praktické implementaci a získání zkušeností

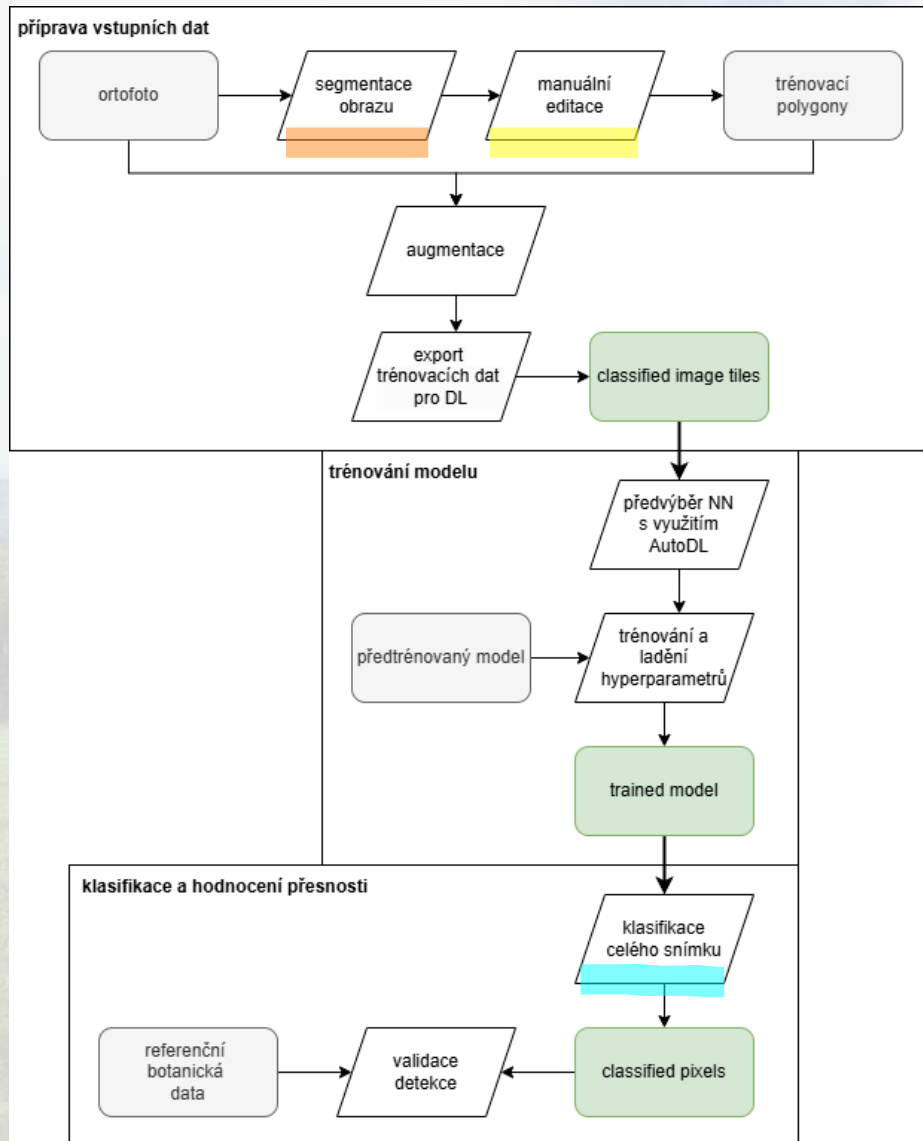
Nevýhody

- Množství trénovacích dat
- Nároky na HW
- Dle zkušenosti přenositelnost omezená

SW

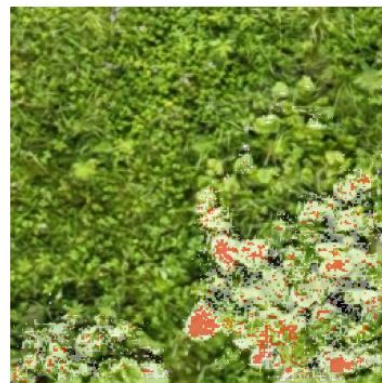
- ArcGIS Pro & Deep Learning Libraries

Detekce výskytu zájmových druhů s využitím hlubokého učení



Realita hlubokého učení - trénovací množiny

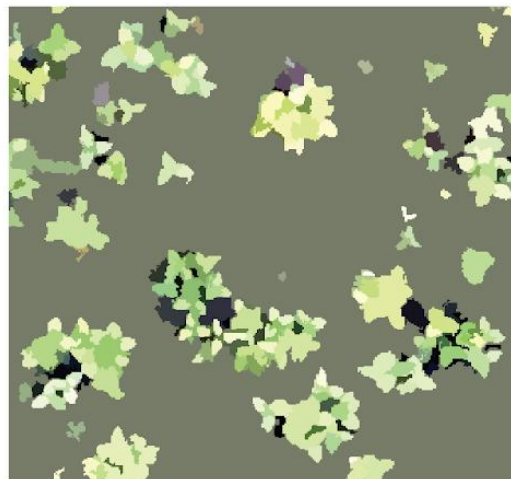
Prvotní pokusy



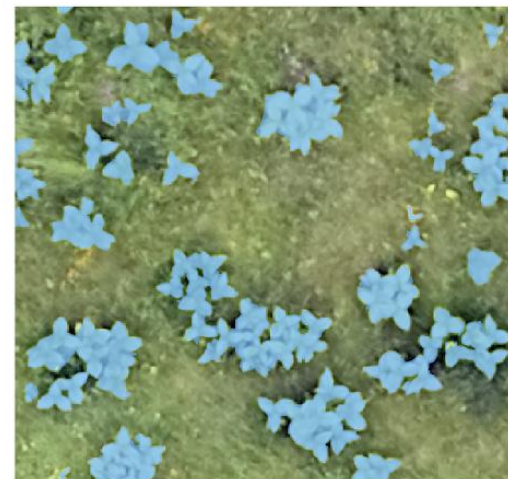
Současný postup



RGB snímek

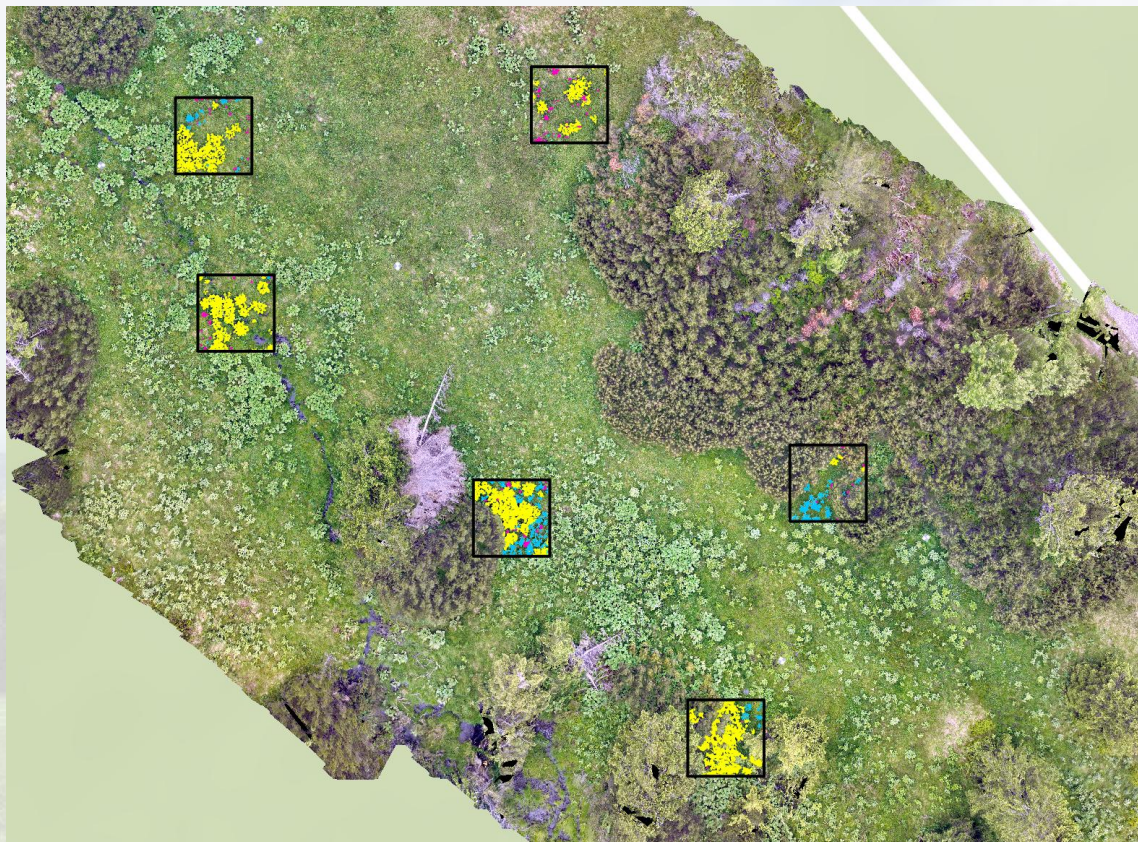


segmentace



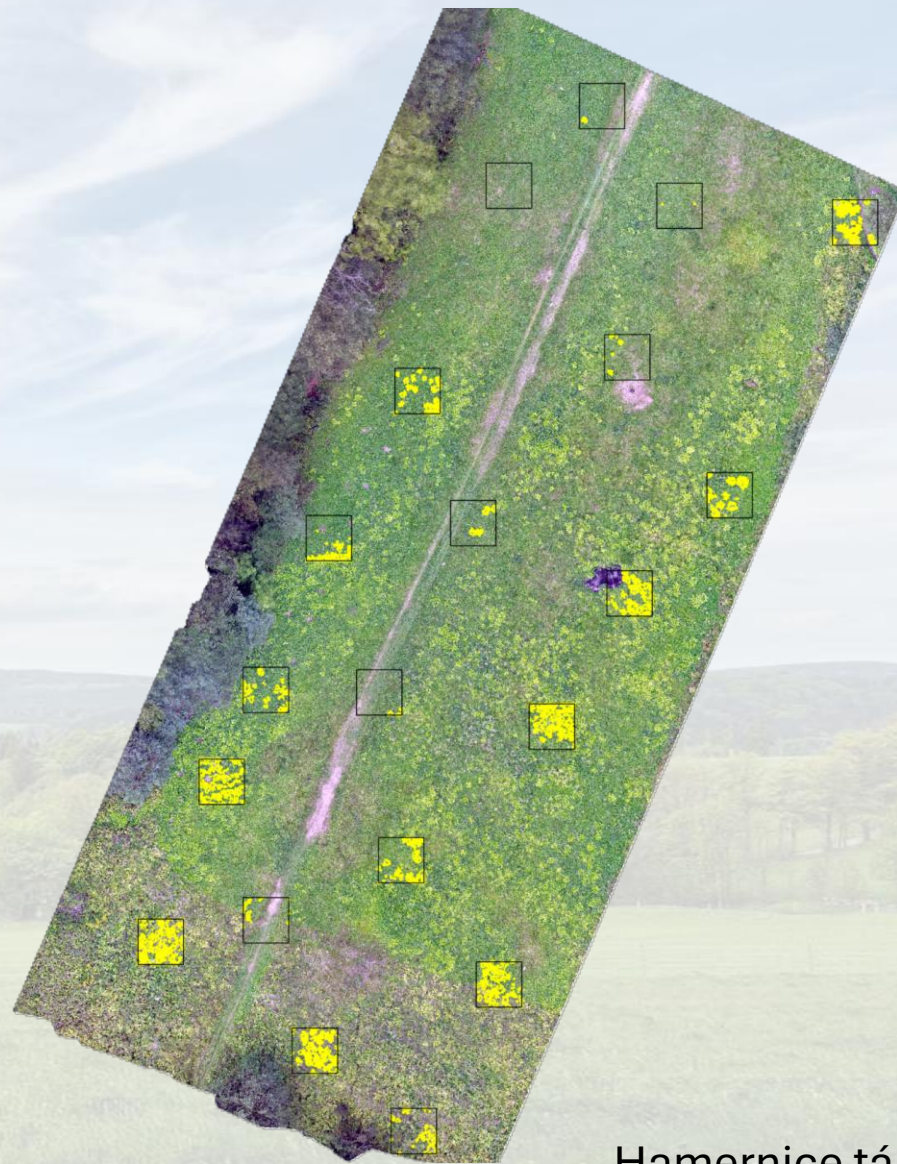
upravená trénovací data

Sběr dat pro trénování



Pod Výrovkou 06/25

Počet čtverců 5 m x 5 m na plochu: 6+
Čtverce bez cílových druhů



Hamernice tábor 08/24

Umělé navýšení trénovacích dat – „augmentace“

rotace



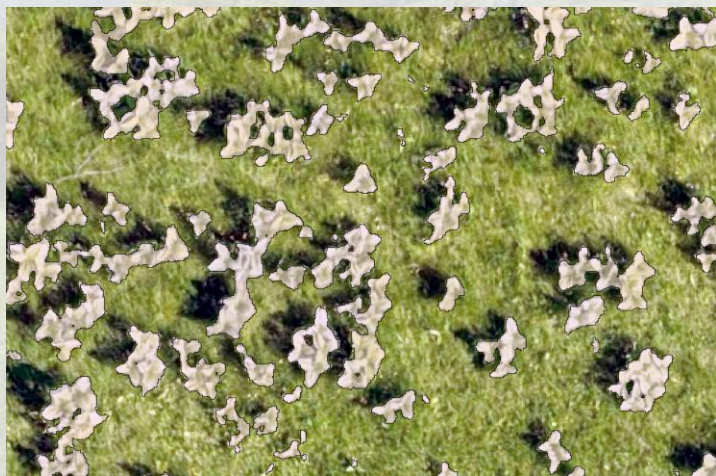
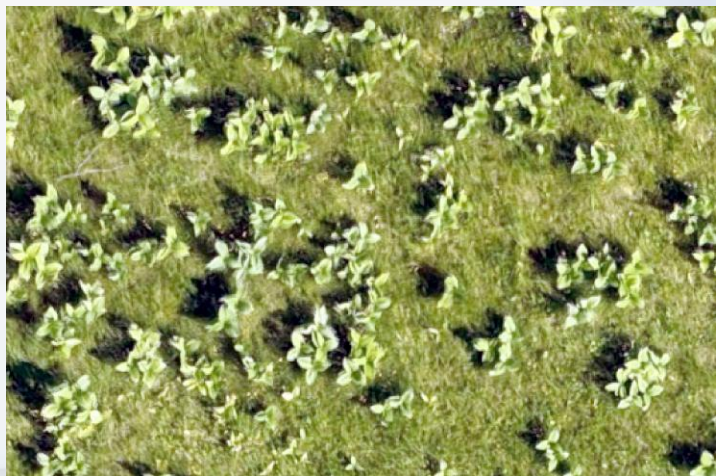
změna kontrastu/jasu



zostření/rozmazání



Výsledek detekce (ideální data a termín)



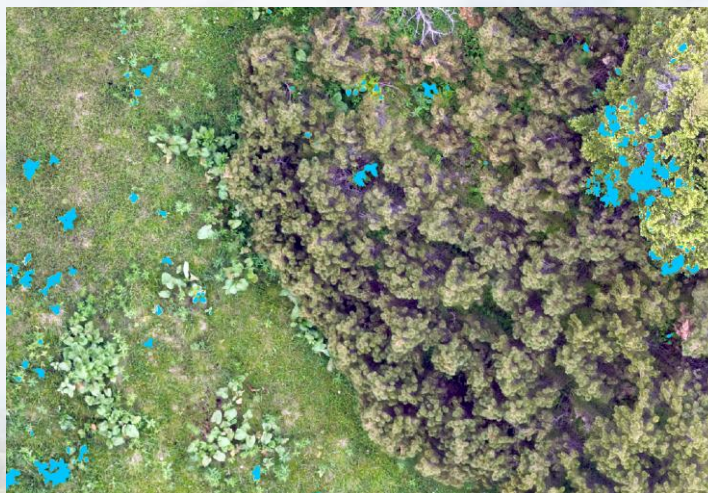
Šerlišský mlýn (06/25)
kýchavice

Julinčino údolí (08/25)
kolotočník

Říčky sjezdovka Macháček (08/24)
lupina

Výsledek detekce (problémy, otazníky)

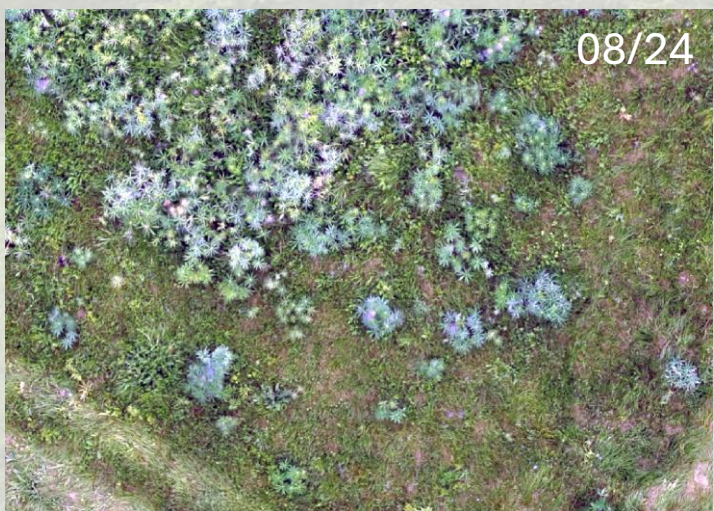
Pod Výrovkou (06/25)
kýchavice



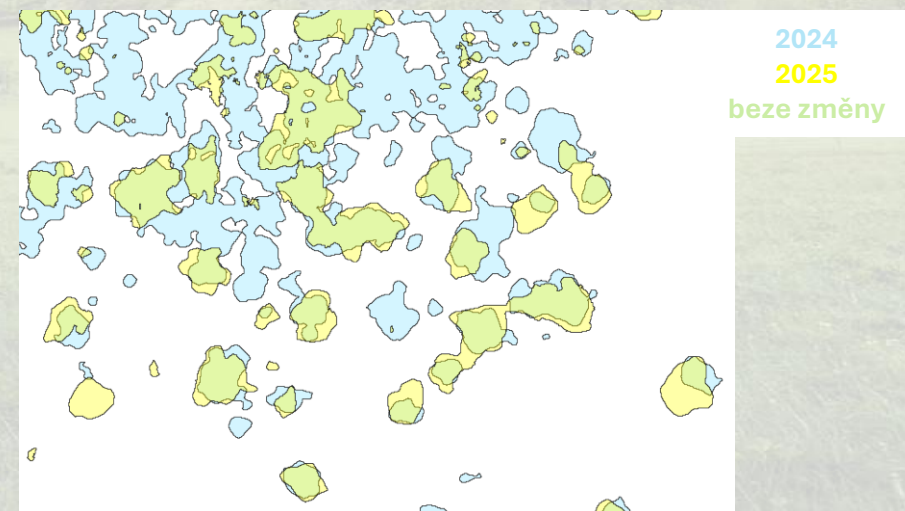
Vršky kleče, menší smrky, borůvky
detekovány jako kýchavice.

Odmaskování dle výšky porostu
problematické u velmi strmých svahů.

Říčky sjezdovka
lupina

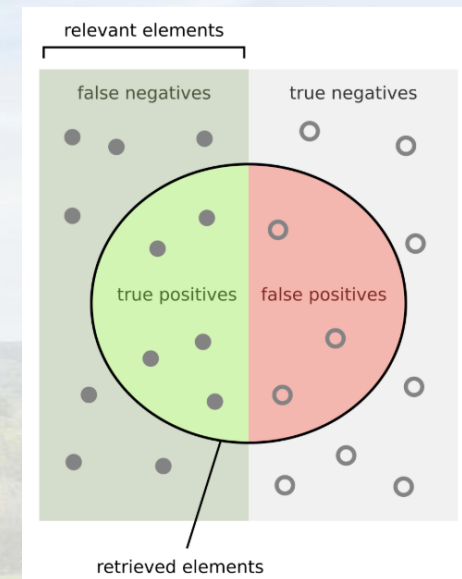


Úbytek lupiny?



Přesnost trénování modelu

Oblast	Lokalita	Termín	Druh	F1-skóre % (druh)	F1-skóre % (absence)
Krkonose	Dvorská bouda	2024/06	šťovík	70	82
			kýchavice	75	97
			starček	60	98
	Friesovy boudy	2024/05	šťovík	85	95
	Chaloupky	2024/05	lupina	85	99
	Modřín	2024/06	lupina	86	99
	Nad Výrovkou	2024/06	šťovík	82	96
			kýchavice	52	99
	Pec pod Sněžkou	2025/05	lupina	76	98
	Pod Výrovkou	2024/06	šťovík	92	96
			kýchavice	69	98
			starček	68	99
	Studniční boudy	2024/06	kýchavice	66	99
Orlické hory	Hamernice – tábor	2024/06	kolotočník	87	98
	Jedlová – Matouš	2025/05	lupina	82	96
	Julínčino údolí	2025/06	kolotočník	91	91
	Říčky – hasiči	2025/05	lupina	82	98
	Říčky – Macháček	2025/08	lupina	85	98
	Šerlišský mlýn	2025/06	kýchavice	84	98



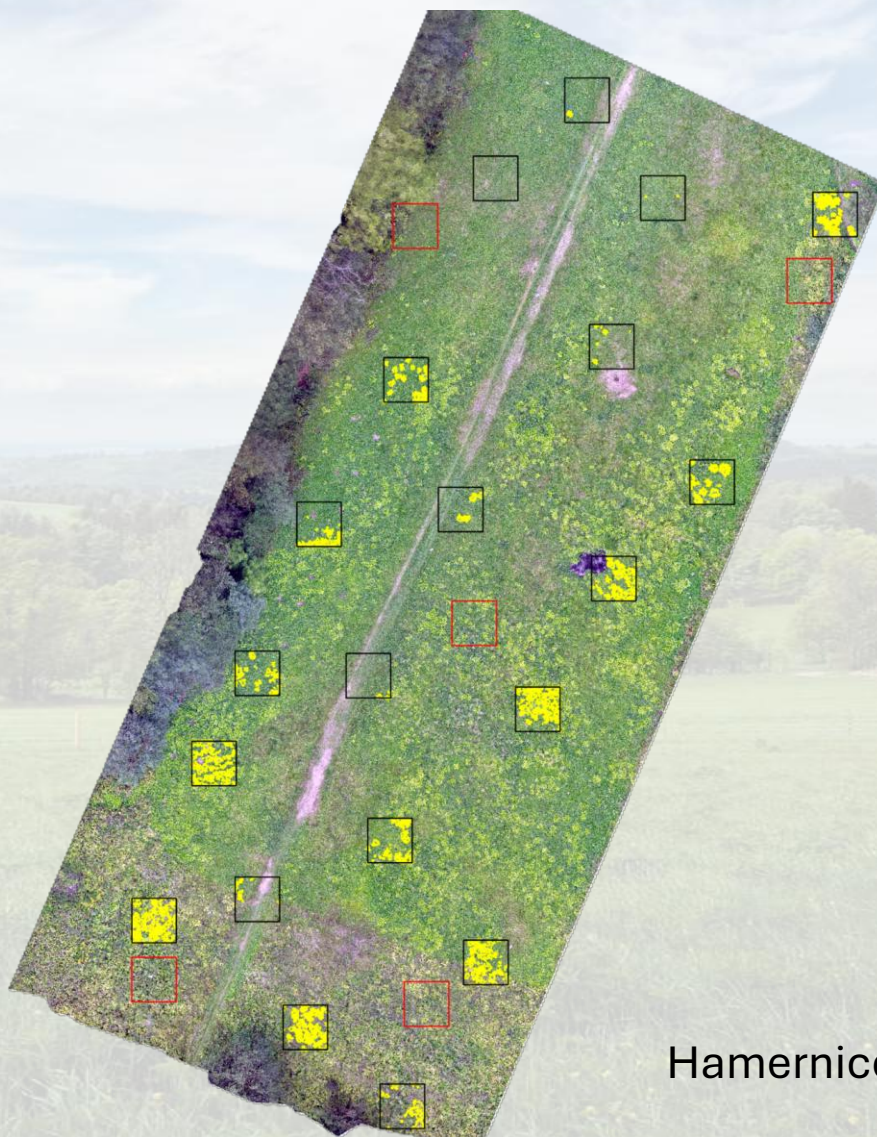
$$F_1 = \frac{2TP}{2TP + FP + FN}$$

<https://en.wikipedia.org/wiki/F-score>

Trénovací : Validační data = 70 : 30

Validace na základě botanického šetření

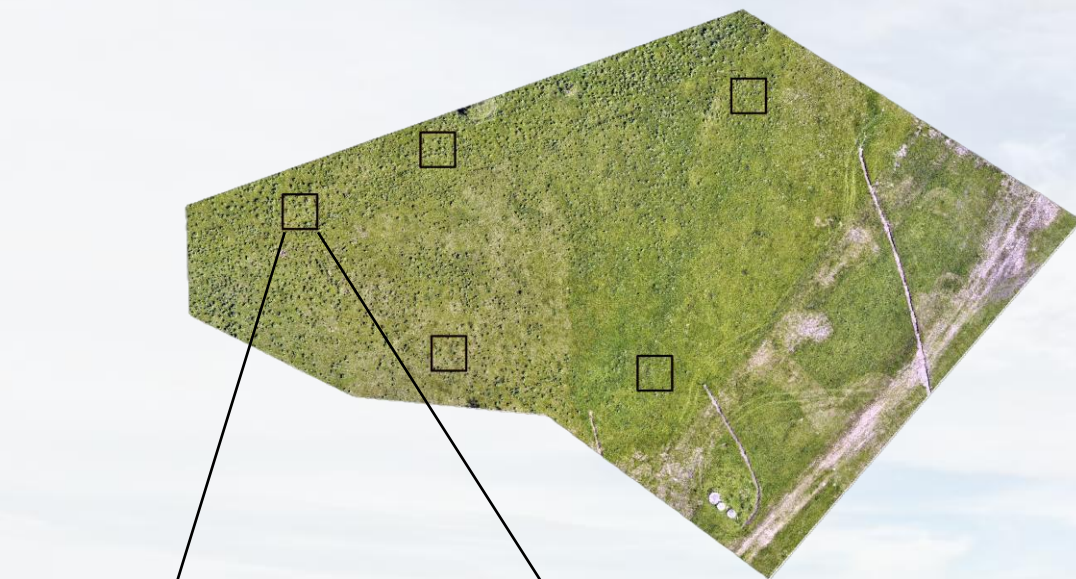
5 čtverců 5 m x 5 m na plochu



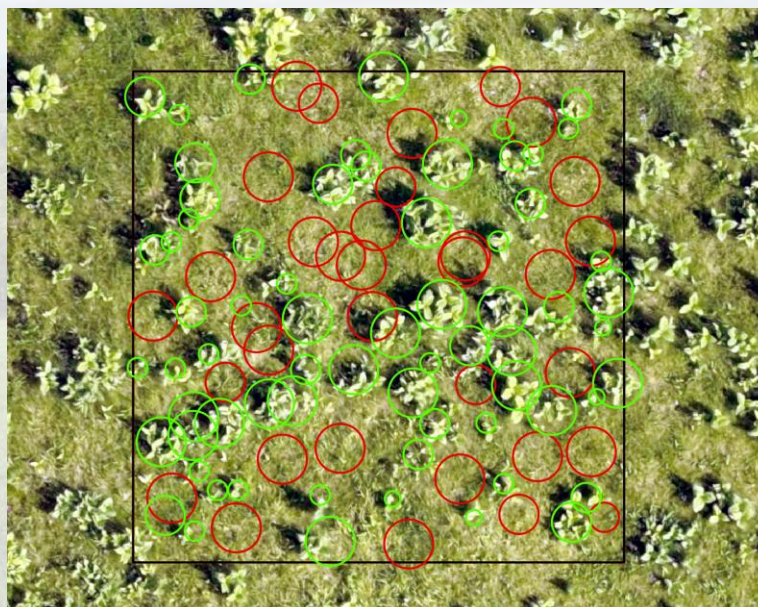
Hamernice tábor 08/24

Validace na základě botanického šetření

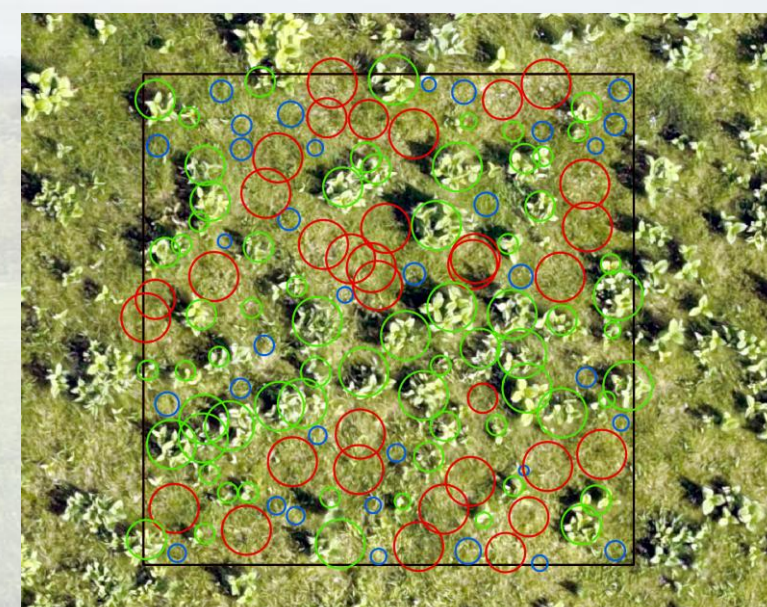
Výskyt dle botanického mapování
Absence dle botanického mapování
Absence doplněné z ortofota



Body – poloměr jako atribut



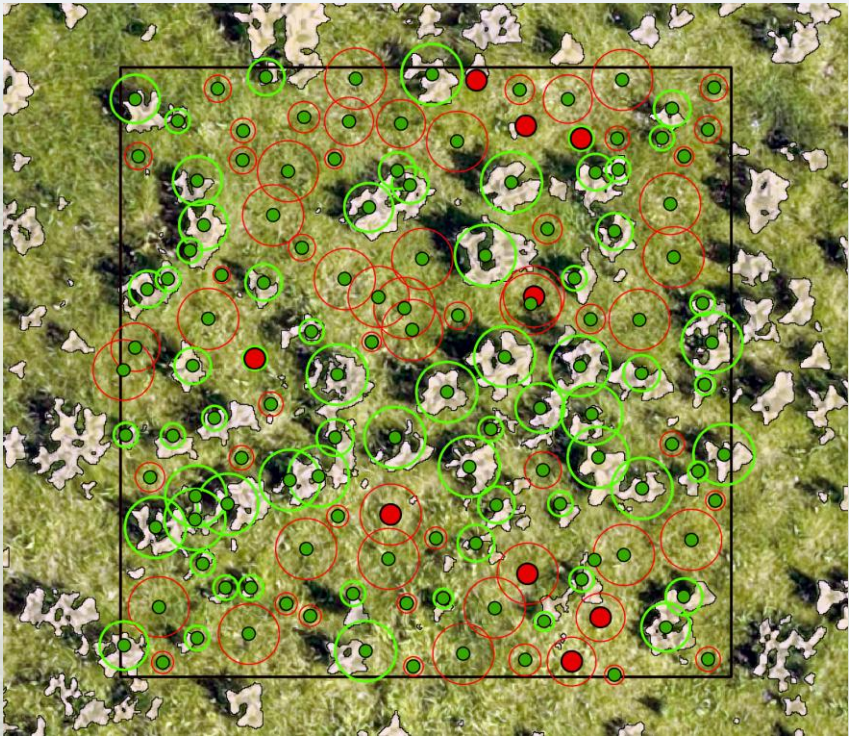
Kružnice dle udaného poloměru
(po editaci)



Přidání absencí
(výskyt : absence = 1 : 1)

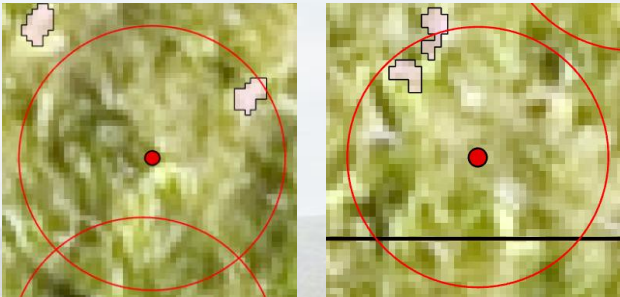
	Celková přesnost	F1- skóre	Zpracovatelská přesnost	Uživatelská přesnost	F1- skóre	Zpracovatelská přesnost	Uživatelská přesnost
Šerlišský mlýn 06/25			Veratrum album		Absence		
Terénní validace ArcGIS	93	92	89	96	93	97	89
	92	84	83	85	98	98	98
Julinčino údolí 06/25			Telekia speciosa		Absence		
Terénní validace ArcGIS	96	95	91	98	97	99	95
	93	91	90	93	91	94	90
Modřín 05/25			Lupinus polyphyllus		Absence		
Terénní validace ArcGIS	91	90	83	98	91	98	85
	91	84	78	91	98	99	98

údaje v %

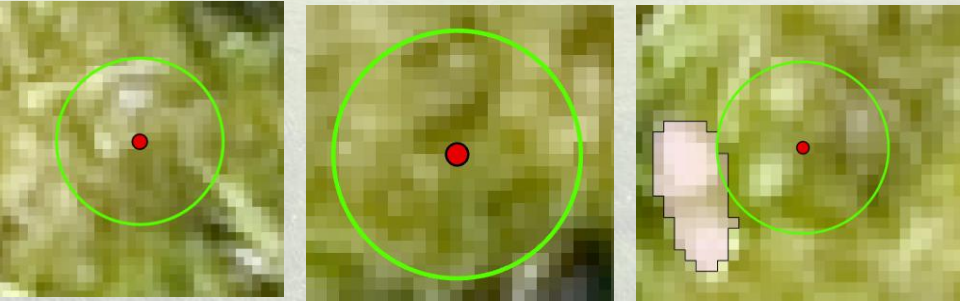


Validace na základě botanického šetření

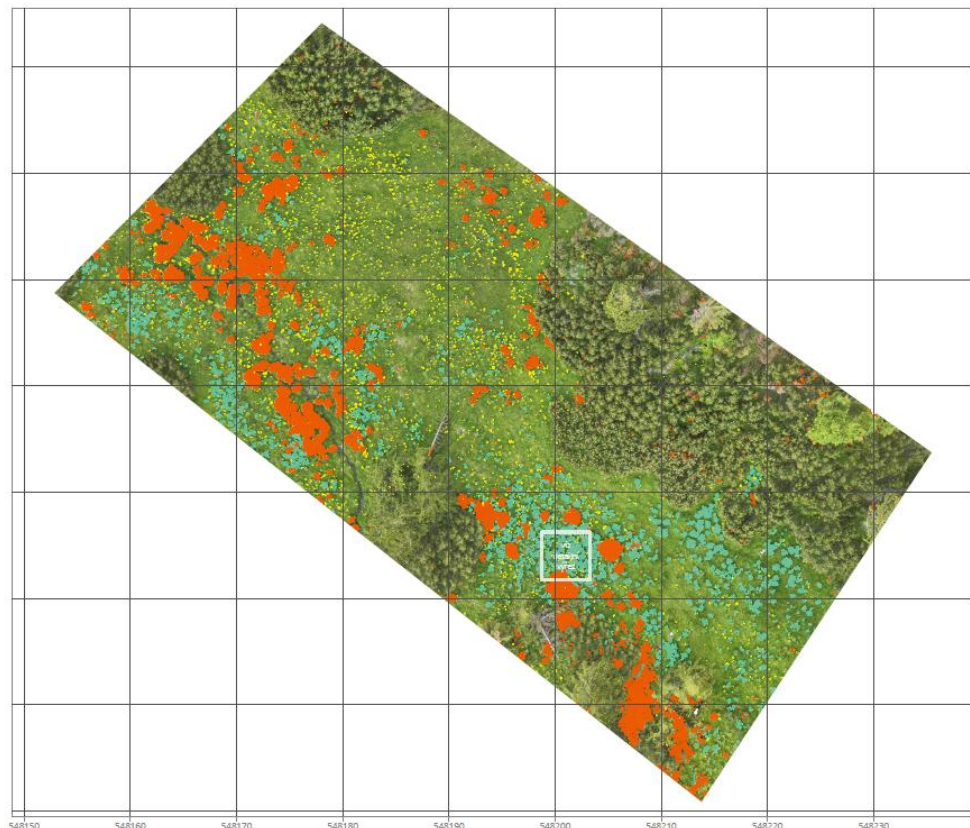
falešně pozitivní detekce



nedetekováno...a lze vůbec??



Detekce kýchavice bílé (*Veratrum album*), starčku hercynského (*Senecio hercynicus*) a šťovíku alpského (*Rumex alpinus*) na lokalitě Pod Výrovkou u Čertových schodů (Krkonoše) v termínu 06/2024



kýchavice bílá

Metoda: U-Net + backbone: ResNet-34
F1-skóre: 0,69



starček hercynský

Metoda: U-Net + backbone: ResNet-34
F1-skóre: 0,68



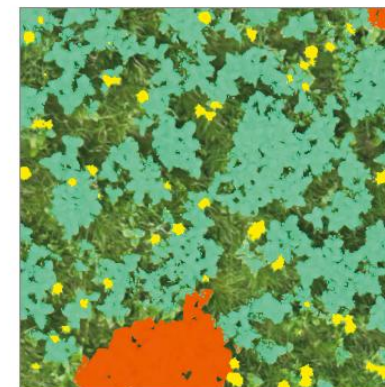
šťovík alpský

Metoda: U-Net + backbone: ResNet-34
F1-skóre: 0,92

Mírný jihovýchodně orientovaný svah 150 m JV od boudy Výrovka cca 20 m JZ od cesty Čertovy schody v nadmořské výšce 1330. Jde o mozaiku vlhkofilních biotopů (*Calthion*, *Nardo-Juncion*) s prvky subalpínských vysokobylinných niv (*Adenostylon*) a subalpínských smilkových trávníků (*Nardion*). Plochou protéká vodoteč, zasahují do ní porosty kleče a solitérní smrky. Plocha je eutrofizována vypouštěním odpadních vod v minulosti i současnosti. Vzhledem k nedaleké budoucí plocha jistě v době rozkvětu budního hospodaření zemědělsky využívána, nyní je však bez hospodaření a lze zde zaznamenat stopy pastvy vysoké zvěře. Plocha byla vybrána pro sledování expanze kýchavice (*Veratrum album*), starčku (*Senecio hercynicus*) a invaze nepůvodního šťovíku (*Rumex alpinus*).



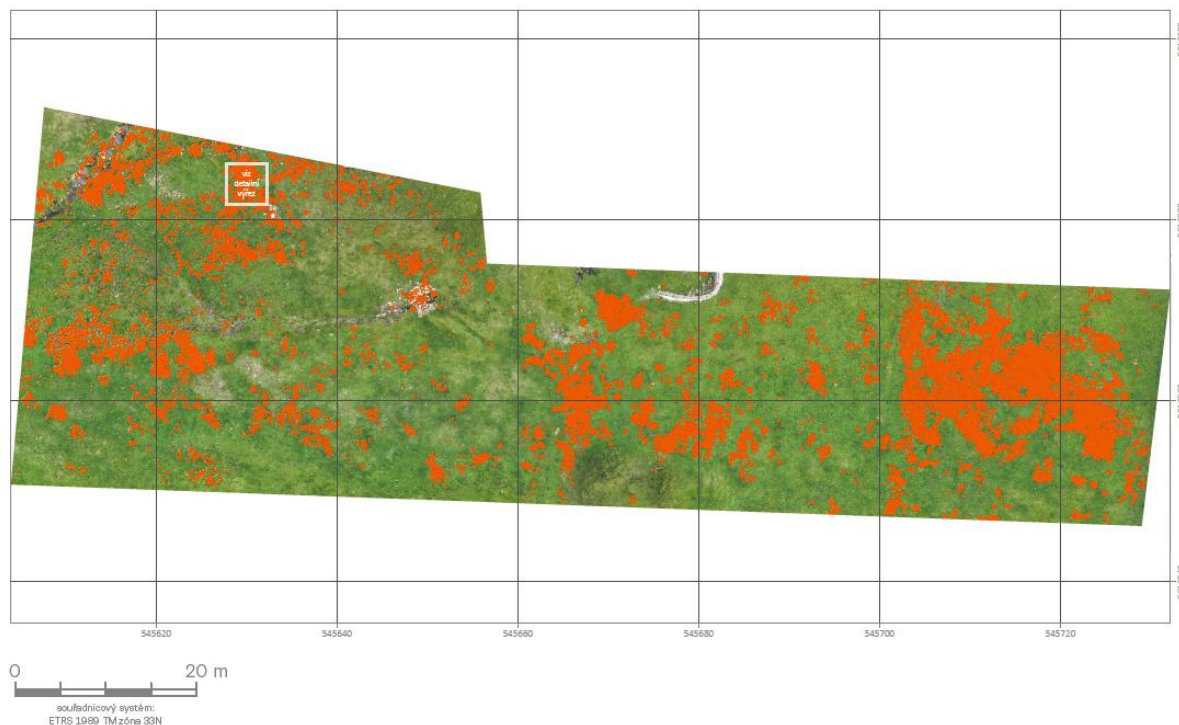
1 m



Specializovaná mapa s odborným obsahem – výstup projektu TAČR SS07020317 „Monitoring rozšíření a managementu invazních a expanzních rostlin s využitím pokročilých metod DPZ“. Web projektu: <https://www.eo4plantinvasions.cz/>. Hlavní řešitel projektu: Lucie Kupková. Autoři mapy: Lysák J., Šrollerů A., Červená L., Polák M., Hrázský Z., Potůčková M., Kupková L. – katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy; Vítková M., Čuda J., Sádlo J., Kutlvašr J., Kušková K., Kolombová N. – Botanický ústav AV ČR, v.v.i. Praha, prosinec 2025.

Detekce šťovíku alpského (*Rumex alpinus*) na lokalitě Friesovy boudy (Krkonoše) v termínu 05/2024

Západně orientovaný svah v nadmořské výšce 1125 metrů. Biotopem jsou horské smilkové trávníky s alpskými druhy (*Nardo-Agrostion*), které eutrofizací místy přecházejí do trojštěťových luk (*Polygono-Trisetion*) a na vlhkých místech do pcháčových luk (*Calthion*). V horní části svahu dominují trávy jako tomka vonná (*Anthoxanthum odoratum*), kostřava červená (*Festuca rubra*) a metlička (*Avenella flexuosa*) provázené horskými druhy jako bojínek alpský (*Phleum alpinum*) a mochna zlatá (*Potentilla aurea*). Niže se podél stružek a na pramenných plochách přidávají vlhkomilné druhy jako krablice chlupatá (*Chaerophyllum hirsutum*), ptačinec mokřadní (*Stellaria alsine*) a pomněnka hajní (*Myosotis nemorosa*); tam často invaduje šťovík alpský (*Rumex alpinus*). Svah byl obhospodařován v posledních deseti letech nejprve pastvou ovcí a později skotu v kombinaci se sečí. Květenství šťovíku jsou během vegetační sezony kosena za účelem omezit generativní šíření. Porost šťovíku tvoří na zhruba čtvrtině letové plochy dronu výrazné monodominantní porosty a zároveň je roztroušen i v okolním porostu.



Specializovaná mapa s odborným obsahem – výstup projektu TAČR SSO7020317 „Monitoring rozšíření a managementu invazních a expanzních rostlin s využitím pokročilých metod DPZ“. Web projektu: <https://www.eo4plantinvasions.cz/>. Hlavní řešitel projektu: Lucie Kupková. Autoři mapy: Lysák J., Šrollerů A., Červená L., Polák M., Hrázský Z., Potůčková M., Kupková L. – katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy; Vítková M., Čuda J., Sádlo J., Kutvaš J. – Botanický ústav AV ČR, v.v.i. Praha, prosinec 2025.



šťovík alpský

Metoda: U-Net + backbone: ResNet-34
F1-skóre: 0,85

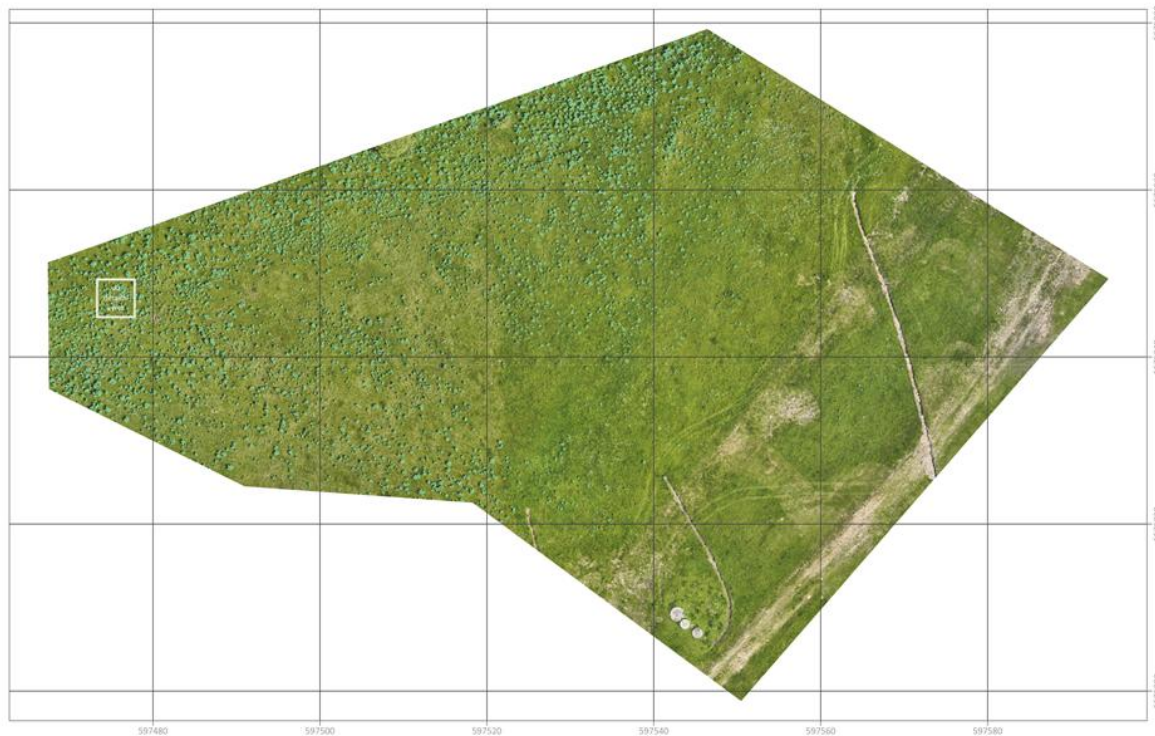


1 m



Detekce kýchavice bílé (*Veratrum album*) na lokalitě Šerlišský mlýn (Orlické hory) v termínu 06/2025

Severoseverovýchodně orientovaný svah vlevo v dolní části sjezdového svahu v nadmořské výšce 880 m n. m. s mozaikou biotopů horských trojštětových luk a horských smilkových luk s výskytem orchidejí a bledulí (*Polygono-Trisetion*, *Nardo-Agrostion*). Plocha vybrána pro sledování expanze kýchavice (*Veratrum album*). Plocha je pravidelně jednou ročně kosená s odklizením biomasy. V posledních několika letech jsou navíc selektivně odstraněna květenství kýchavice hned po rozkvetu za účelem omezení generativního šíření. Část plochy na hlavní sjezdové trati se mulčuje. Podle charakteru vegetace byla v minulosti část zřejmě přihnována pro zvýšení produkce biomasy.



0 20 m
souřadnicový systém:
ETRS 1989 TM zóna 33N



Specializovaná mapa s odborným obsahem – výstup projektu TAČR SS07020317 „Monitoring rozšíření a managementu invazních a expanzních rostlin s využitím pokročilých metod DPZ“. Web projektu: <https://www.eo4plantinvasions.cz/>. Hlavní řešitel projektu: Lucie Kupková. Autoři mapy: Lysák J., Šrollerů A., Červená L., Polák M., Hrázský Z., Potůčková M., Kupková L. – katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy; Vítková M., Čuda J., Sádlo J., Hlaváčová E., Rajznoverová I., Sixtová Z., Vítek V. – Botanický ústav AV ČR, v.v.i. Praha, prosinec 2025.

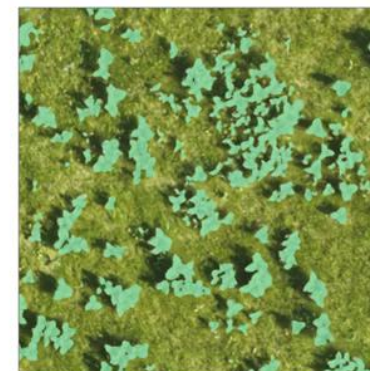


kýchavice bílá

Metoda: U-Net + backbone: ResNet-34
F1-skóre: 0,84

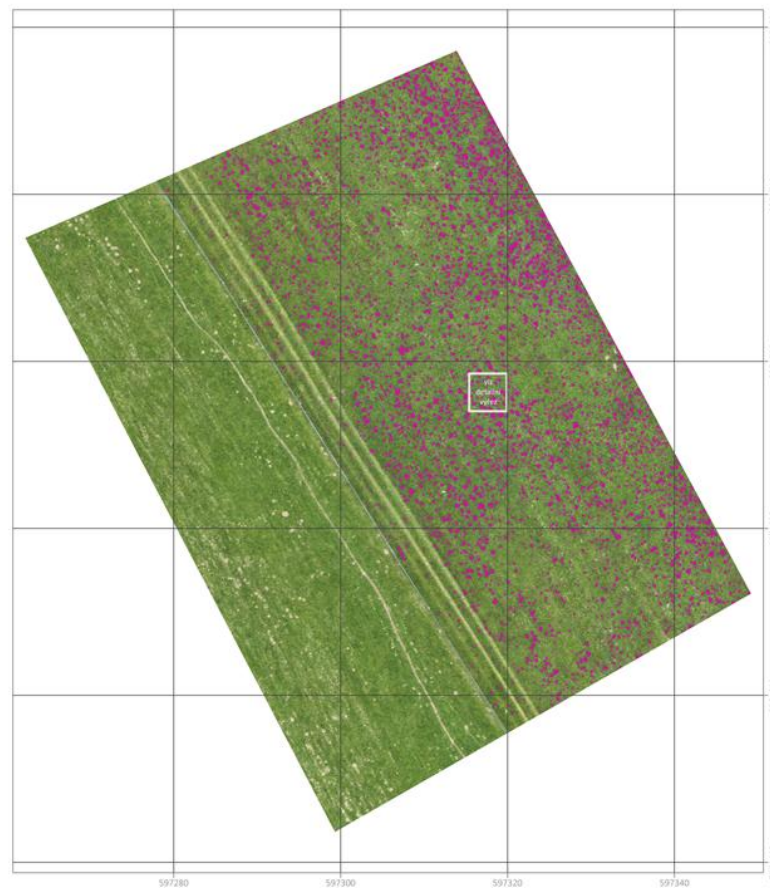


1 m



Detekce lupiny mnoholisté (*Lupinus polyphyllus*) na lokalitě Jedlová – u Matouše (Orlické hory) v termínu 05/2025

Jihozápadně orientovaná ovsíková louka (*Arrhenatherion*) na mírném svahu v nadmořské výšce 780 metrů byla v minulosti po celé ploše invadovaná nepůvodním vličním bobem (*Lupinus polyphyllus*). V současné době je dvakrát ročně kosená a nárazově přepasená ovci. Invaze proběhla na celé ploše a porost vličního bobu zcela dominuje.



Specializovaná mapa s odborným obsahem – výstup projektu TAČR SS07020317 „Monitoring rozšíření a managementu invazních a expanzních rostlin s využitím pokročilých metod DPZ“. Web projektu: <https://www.eo4plantinvasions.cz/>. Hlavní řešitel projektu: Lucie Kupková. Autoři mapy: Lysák J., Šrollerů A., Červená L., Polák M., Hrázský Z., Potůčková M., Kupková L. – katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy; Vítková M., Čuda J., Sádlo J., Kutlvašr J., Kušková K., Kysela L., Rajznoverová I., Sixtová Z. – Botanický ústav AV ČR, v.v.i. Praha, prosinec 2025.

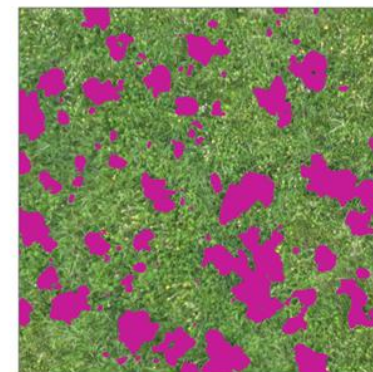


 lupina mnoholistá

Metoda: U-Net + backbone: ResNet-34
F1-skóre: 0,82



1 m



Vývoj v čase

2024

2025

beze změny

beze změny

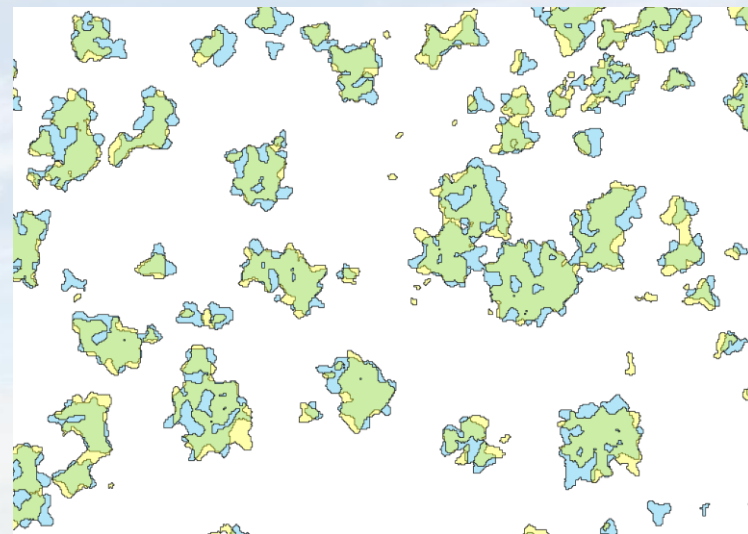
Šerlišský mlýn



11.6.2024



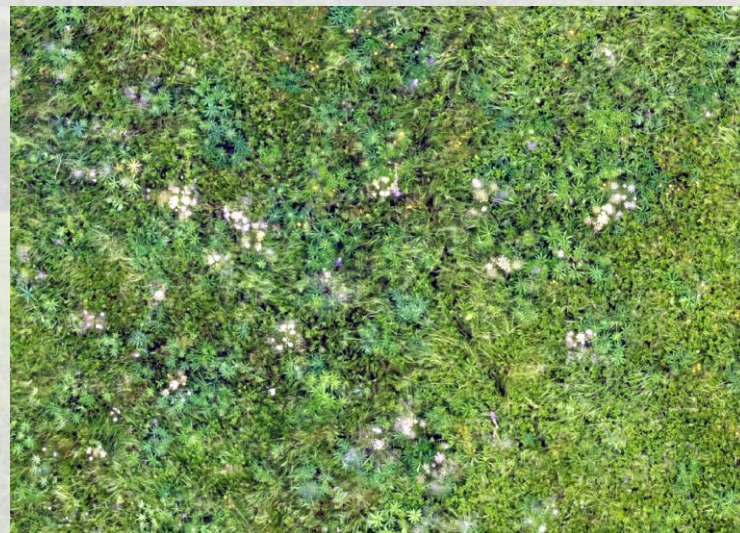
13.6.2025



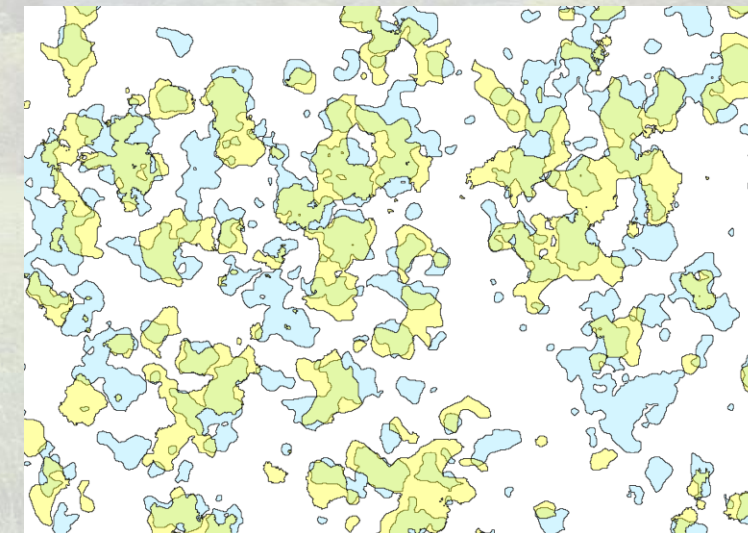
Říčky sjezdovka



19.8.2024



19.8.2025



Shrnutí

Dosavadní postup umožňuje detekci vybraných invazních a expanzních druhů

- ✓ S vysokou přesností
- ✓ Opakovatelně
- Přenositelně
 - Zatím pouze na plochy se stejným druhem a ve stejné fenofázi s dotrénováním na menším vzorku dat
 - Zlepšení s narůstajícím počtem vzorků
- Efektivně
 - Zatím výrazný podíl ruční práce na trénování a validaci

Vysoké prostorové rozlišení & objem dat

- Časová a ekonomická náročnost pro velká území
- Zatím vybrané plochy

Jeden nejvhodnější termín/období detekce pro každý druh a přírodní podmínky

- Další termíny nejsou potřeba?

Nahrazení práce botanika?

- Ne, ale podpora jeho práce v terénu, úspora času

Je možná téměř online detekce?

- Ano, ale ještě tam nejsme ... pokračování v dalším projektu ☺

Děkujeme za pozornost!