Z E M Ě M Ě Ř I C K Ý Ú Ř A D

ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA

Zpřesnění komunikací, vodstva, bodů a čar terénní kostry s využitím dat leteckého laserového skenování

DUBEN 2020

Název dokumentu: **Zpřesnění komunikací, vodstva, bodů a čar terénní kostry s využitím dat leteckého laserového skenování**

Zodpovědný zpracovatel: Mgr. Petr Neckář
Zeměměřický úřad, Pod sídlištěm 1800/9, 182 11 Praha 8
Telefon: 284 041 667
E-mail: petr.neckar@cuzk.cz

Spolupráce: RNDr. Jana Pressová
Mgr. Jana Axmanová

Datum vydání: 8. dubna 2020

Číslo jednací dokumentu: ZÚ-01844/2020-13600

Správce dokumentu: ředitelka Odboru ZABAGED Zeměměřického úřadu

Dokument uložen: ÚAZK

Evidenční číslo: ZÚ/ÚAZK/E2/71-01/1

Aktualizace:

Datum	Obsah změny

Obsah

1 Úvod ... 4

2 Cíl akce ... 4

3 Postup zpřesnění ... 4

3.1 Zahájení prací ... 4

3.2 Podklady ... 4

3.3 Organizace prací ... 5

3.4 Terénní šetření ... 6

4 Statistické vyhodnocení ... 6

4.1 Zpracování v jednotlivých rocích ... 6

4.2 Podíly časů na realizaci jednotlivých operací ... 7

5 Prostorová analýza změn geometrie ... 10

5.1 Vodstvo – vodní plocha ... 10

5.2 Vodstvo – změny vodní plochy tekoucí ... 10

5.3 Vodstvo – změny vodní plochy stojaté ... 10

5.4 Vodstvo – délka břehových čar ... 12

5.5 Vodstvo – osa vodního toku ... 13

5.6 Vodstvo – celkové hodnocení ... 13

5.7 Komunikace – silnice, dálnice; neevidovaná silnice ... 14

5.8 Komunikace – změna geometrie – silnice, dálnice; neevidovaná silnice ... 14

5.9 Komunikace – železniční trať; železniční vlečka ... 14

5. 10 Komunikace – změna geometrie – železniční trať; železniční vlečka ... 16

5. 11 Komunikace – celkové hodnocení ... 16

5.13 Objekty terénního reliéfu – stupeň, sráz ... 17

5.14 Objekty terénního reliéfu – pata terénního útvaru ... 17

5.15 Objekty terénního reliéfu – rokle ... 17

5.16 Objekty terénního reliéfu – změna geometrie ... 17

6 Závěr ... 17

7 Přílohy ... 18

1 Úvod

Dokument představuje závěrečnou zprávu akce Zpřesňování vybraných objektů ZABAGED, kterou uskutečnil Odbor ZABAGED v letech 2012-2019. Popisuje výchozí stav před zahájením, stručně informuje o použitých podkladech, metodách a organizaci zpracování. Samostatnou kapitolou je statistické vyhodnocení – plnění v jednotlivých letech a podíl na činnostech oddělení. V další části je popsáno analytické vyhodnocení změn, které proběhly na dotčených objektech datového modelu ZABAGED v době zpřesňování.

2 Cíl akce

Do roku 2019 zajistit na celém území ČR zpřesnění geometrické polohy všech prvků vybraných objektů s použitím dat leteckého laserového skenování v podobě digitálního modelu reliéfu 5. generace (DMR 5G). Předpokládaná absolutní polohová přesnost vůči souřadnicovému referenčnímu systému JTSK je dána střední polohovou chybou $m_p < 1$ m.

Zpřesněny budou vybrané objekty **komunikací**: *silnice; dálnice; neevidovaná silnice; železniční trať; železniční vlečka*) a objektů ležících na nich (např. *propustek; most* apod.), dále objekty **vodstva**: *vodní tok; břehová čára*. Z objektů v kategorii **terénní reliéf** budou zpřesněny: *kótovaný bod; stupeň, sráz; pata terénního útvaru; rokle, výmol* a další specifické prvky určením relativní výšky pro objekty: *zeď; most; hradba, opevnění, přehradní hráz, jez; vodopád).*

3 Postup zpřesnění

3.1 Zahájení prací

K dosažení stanovaného cíle byla vytvořena metoda zpřesnění vybraných objektů ZABAGED, která byla podstatně podrobnější než tehdejší metoda plošné aktualizace. Proto bylo vytvoření metody zpřesnění navrženo jako zcela samostatný úkol. Dokumentace metodického zpracování zpřesnění (pokynů pro topografy, které vytvořily RNDr. Pressová a Mgr. Axmanová), příprava podkladů a pomůcek (např. makra – Ing. Červený) byla vytvořena během roku 2012. Následně proběhlo pilotní zpracování na mapovém listu ZM 50 13-31, které provedlo Oddělení sběru dat Praha. Navržené postupy byly takto ověřeny (došlo pouze k drobným úpravám pokynů), takže vlastní akce zpřesňování mohla být zahájena na konci roku 2012 zpřesňováním komunikací. Zpřesňování v celém rozsahu bylo zahájeno počátkem roku 2013. Původní požadavek na trvání zpřesňování byl stanoven na pět let (do r. 2017), avšak v roce 2014 stanovila *Koncepce rozvoje zeměměřictví v letech 2015 až 2020* termín dokončení v roce 2019.

Vzhledem ke značné časové náročnosti musely být rozšířeny pracovní kapacity pro zpřesňování výškopisných dat. Proto bylo v každém ze 7 Oddělení sběru dat převedeno jedno místo topografa na místo fotogrammetra, takže v průběhu roku 2013 již byli na každém oddělení dva pracovníci fotogrammetrie s různou dobou nástupu do zaměstnání, aby bylo zajištěno maximální vytížení fotogrammetrické pracovní stanice. Odborným garantem pro zpřesňování objektů terénního reliéfu byla Mgr. Axmanová (2012-2014), poté Ing. Janovská) a Mgr. Neckář pro objekty komunikací a vodstva v letech 2013-2019.

3.2 Podklady

Zcela zásadním a nezastupitelným podkladem pro zpřesňování absolutní polohy vybraných objektů ZABAGED byl Digitální model reliéfu 5. generace (DMR 5G). Z dat DMR 5G byly generovány tyto specifické podklady:

- **šedý stínovaný model** (později i barevný stínovaný model) o rozměru pixelu 1x1 m. Vyhotovení zajišťoval Zeměměřický odbor Pardubice,
- **technické vrstevnice** se základním intervalem 0,5 m nebo 0,25 m,
- „**údolíčka“** (lokální prohlubně) zobrazující body a linie, které vyznačují nejnižší místa podél dosud nezpřesněného vodního toku,
- **nepravidelná trojúhelníková síť** (TIN),
- **pomocné stupně** – zahrnující i stupně s menší relativní výškou (nebo menším spádem) než jsou stupně registrované v ZABAGED.

Pro lokality a místa bez souvislé vegetace bylo používáno **Ortofoto ČR** s rozměrem pixelu 0,25 m, od roku 2016 0,20 m a letecké měřické snímky pro stereofotogrammetrické vyhodnocení, pořízené digitálními kamerami s průměrným rozlišením pixelu obrazu 0,18 m na zemi. V případě nejasností byla situace ověřována topografickým šetření v terénu.

Kromě tvorby stínovaného modelu byla přípravou podkladů (generováním z dat DMR 5G) pověřena jednotlivá Oddělení sběru dat. Podklady byly připravovány pro ucelené mapové listy ZM 50 bez ohledu na územní působnost těchto složek. Konkrétně šlo o následující operace:

- převod stínovaného modelu z kladu SM5 do kladu ZM10,
- výběr bodů DMR 5G (ve formátu TXT) do kladu ZM10,
- převod bodů DMR 5G z formátu TXT do formátu DGN,
- získání bodů DMR 5G v obalové zóně (bufferu) silnic, železnic a vodních toků,
- získání pomocných stupňů v obalových zónách,
- generování technických vrstevnic a TIN,
- generování „údolíček“ (lokálních prohlubní).

3.3 Organizace prací

Zpracování organizačně zajišťoval Mgr. Neckář. Obsahem jeho činnosti bylo stanovení postupu na území ČR, posloupnosti typů zpřesnění, určení zpracovatele, množství mapových listů a termínů jejich dokončení. Zároveň stanovil požadavky na území, ve kterém bylo zapotřebí dříve dokončit DMR 5G (před rokem 2016).

Hlavní souhrnnou pracovní jednotkou zpřesňování byl list ZM 50. Výběr konkrétních listů ke zpřesňování a jejich pořadí byly ovlivněny několika faktory:

- Zásadním byla dostupnost dat DMR 5G. V době zahájení zpřesňování (koncem roku 2012) bylo daty DMR 5G kompletně pokryto jen cca 10 % m. l. ZM50; na konci roku 2013 již bylo pokrytí cca 25 %. Plán zpřesňování se sestavoval na základě plnění plánu tvorby DMR 5G, ale protože i zde docházelo ke změnám a zpožděním, musel být operativně měněn i plán postupu zpřesňování, což se odrazilo i v plánu plošné aktualizace. DMR 5G byl dokončen v roce 2016, poté již zásadní změny plánu nenastaly.
- Preference výběru listů, kde měla zároveň proběhnout plošná aktualizace. Tím totiž došlo k časové úspoře, protože oba úkoly mohly být realizovány současně.
- Rovnoměrný podíl zpracování území mezi jednotlivými odděleními sběru dat.
- Vytváření souvislých bloků zpřesněného území (aby na sebe listy ZM 50 navazovaly).

Uvedené okolnosti vedly k tomu, že jednotlivá oddělení sběru dat prováděla zpřesňování i mimo svou územní působnost. Stalo se tak vůbec poprvé a bylo pak uplatňováno v celém období zpřesňování. K určení termínů plnění byla pro každou činnost a na každém m. l. ZM 50 stanovena náročnost, která odpovídala délce zpřesňovaných objektů v ní se nacházejících. Pro každý mapový list bylo evidováno pracoviště vyhotovitele, rok zpřesnění a skutečná časová náročnost zpřesnění.

3.4 Terénní šetření

Součástí metody zpřesňování bylo terénní šetření, kdy se vyšetřovaly situace, které nebylo možné spolehlivě identifikovat při zpracování v kanceláři. Především se jednalo o došetření objektů vodstva, např. existence a poloha toku, směr toku, síťovost (vzájemné propojení), vydatnost, místo zaústění toků. Většinou šlo o nejmenší toky, kde se při jejich zaměření ve velké míře uplatnil GNSS přístroj JUNO 3B.

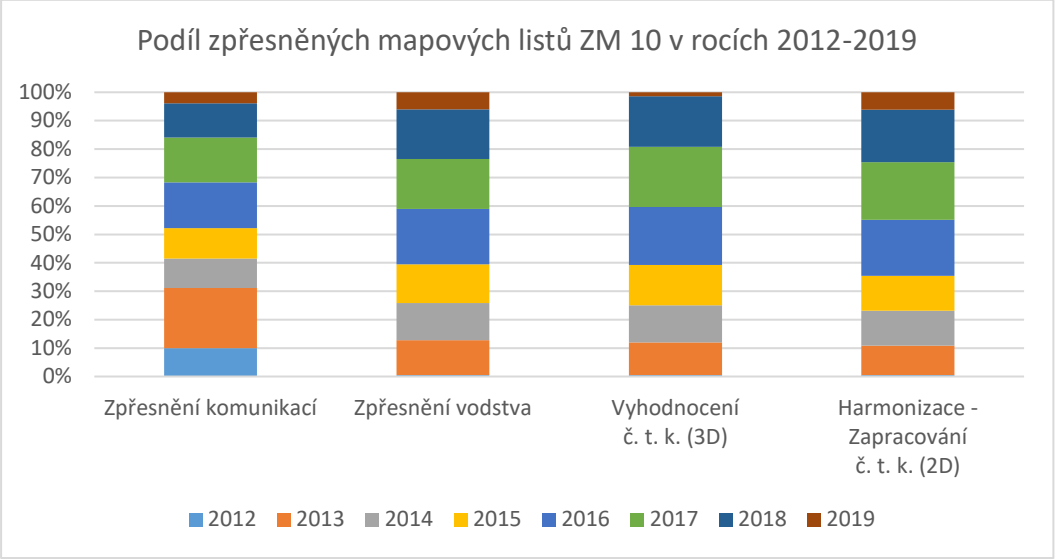
4 Statistické vyhodnocení

4.1 Zpracování v jednotlivých rocích

Roční množství zpřesněných mapových listů ZM 10 mělo určité limity - kapacitu fotogrammetrických pracovníků, kteří vyhodnocovali body a čáry terénní kostry a topografů, kteří kromě toho prováděli i topografické práce spojené s plošnou aktualizací včetně revize geografického názvosloví. Další limit představovala vlastní plošná aktualizace, jejíž perioda nesměla překročit 6 let. V tabulce 1 a grafu 1 je ilustrován počet, resp. podíl zpracovaných mapových listů podle jednotlivých operací.

Tabulka 1

Počty zpřesněných mapových listů ZM 10 v jednotlivých rocích				
Rok	**Zpřesnění komunikací**	**Zpřesnění vodstva**	**Vyhodnocení čar terénní kostry (ve 3D)**	**Harmonizace a začlenění čar terénní kostry (2D)**
2012	458	25	25	25
2013	968	558	521	472
2014	471	601	599	559
2015	489	622	648	561
2016	738	890	935	905
2017	719	801	969	925
2018	550	800	813	847
2019	179	275	62	278
Celkem	**4572**	**4572**	**4572**	**4572**

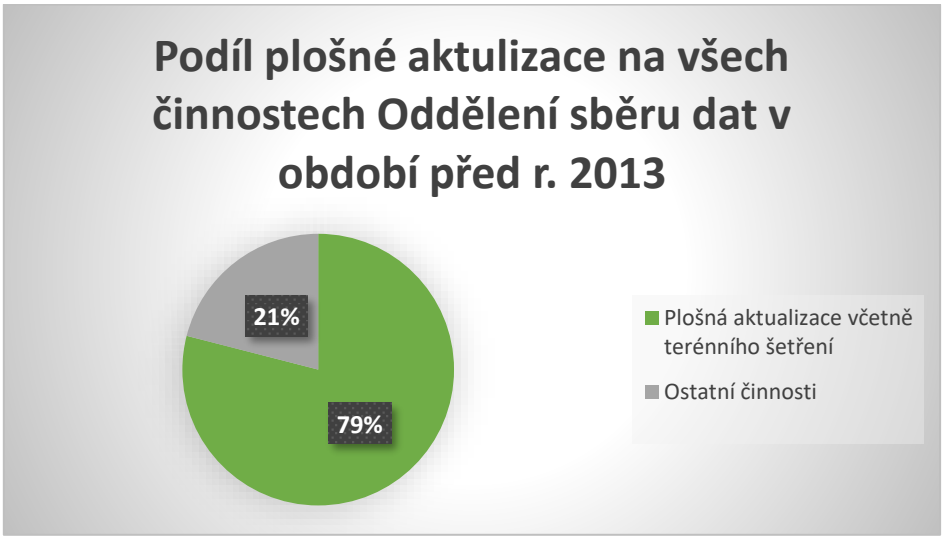


Graf 1

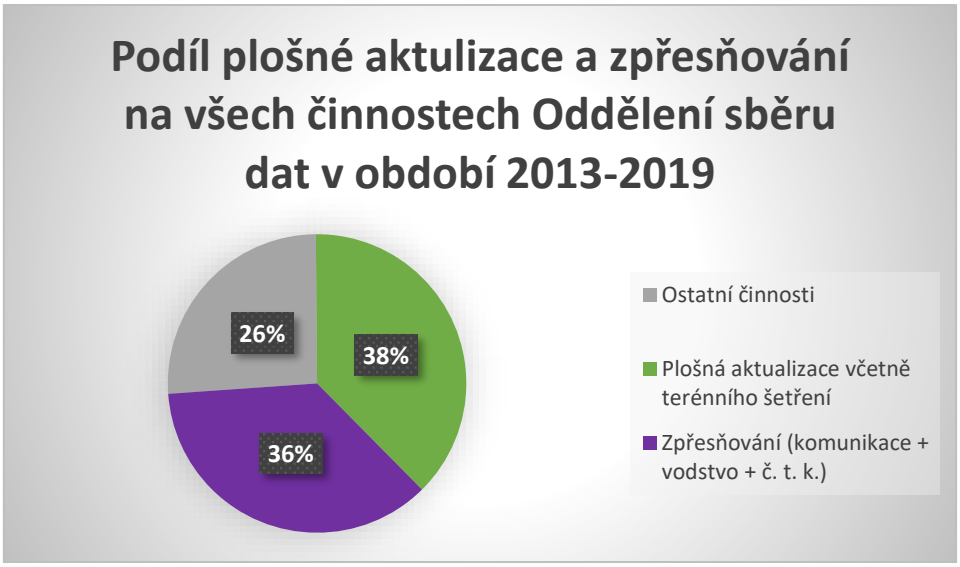
4.2 Podíly časů na realizaci jednotlivých operací

Zdrojem údajů byl souhrnný pracovní deník, který vznikl z dílčích deníků každého pracovníka. Při zahájení zpřesňování došlo od roku 2013 k zásadnímu rozšíření pracovního deníku, který pak měl po celé období zpřesňování neměnnou ucelenou formu, která zaručila porovnatelnost časových údajů v jednotlivých rocích.

Z takto získaných údajů byly určeny podíly času při zpřesňování na všech operacích. Pro ilustraci objemu prací je zde uvedena i situace před zahájením zpřesňování, kdy podíl plošné aktualizace činil 79 %. Zahájení zpřesňování představovalo výrazný úbytek podílu plošné aktualizace, který klesl ze 79 % na 38 %. Zpřesňování si vyžádalo v celém období 36 % kapacit pracovníků Odboru ZABAGED v ZÚ. Ostatní činnosti v grafu zahrnují: signalizaci (prováděna do r. 2012), naplňování geografického názvosloví, průběžnou aktualizaci, řídící činnosti, ostatní odborné činnosti, tvorbu ZABARAK (od roku 2015) a integraci stavebních objektů ZABARAK (od roku 2017).



Graf 2


Podíl plošné aktulizace a zpřesňování na všech činnostech Oddělení sběru dat v období 2013-2019
26%
38%
36%
Ostatní činnosti
Plošná aktualizace včetně terénního šetření
Zpřesňování (komunikace + vodstvo + č. t. k.)

Graf 3

Výňatek z pracovního deníku v Tabulce 2 ilustruje skladbu a podíly činností v rámci zpřesňování v období 2013-2019 v **Tabulce 2**

Tabulka 2

			Komunikace			Vodstvo			Čáry terénní kostry		
kód	31280	31290	31290	31210	31280	31270	31290	31290	31280	31290	31290
podkód	31280b	31290b1	31290b2	31210c	31280c	31270c	31290c1	31290c2	31280d1	31290e1	31290e2
ROK	ZpřesKom - Ve 3D (PhoTopoL Atlas) dořešení geometrické polohy	ZpřesKom - Zpřesnění geometrie v APV ZABAGED včetně operátorských kontrol	ZpřesKom - Závěrečná kontrola a zplatnění	ZpřesVod - Redakční příprava	ZpřesVod -Ve 3D (PhoTopoL Atlas) ověření nejasné geometrické polohy	ZpřesVod -Terénní práce pro dořešení lokalizace	ZpřesVod - Zpřesnění geometrie v APV ZABAGED včetně operátorských kontrol	ZpřesVod - Závěrečná kontrola a zplatnění	ZpřesTer -Ve 3D vyhodnocení vybraných čar a bodů terénní kostry včetně přípravy a kontrol	ZpřesTer - Geom.harmonizace 2D objektů v APV ZABAGED na základě 3D čar a bodů terénní kostry	ZpřesTer - Závěrečná kontrola a zplatnění
2 013	148	9 908	3 336	995	1 593	1 449	18 170	4 664	16 641	3 798	689
2 014	64	4 902	709	256	970	1 569	13 785	3 582	20 468	6 376	1 431
2 015	53	3 780	801	678	467	1 733	13 285	3 251	20 294	5 349	937
2 016	60	4 328	897	741	328	1 896	18 052	4 053	22 744	6 604	1 523
2 017	100	3 445	708	617	344	1 660	15 408	3 279	20 748	6 834	1 415
2 018	53	2 889	559	237	280	1 182	14 787	2 389	16 812	5 833	949
2 019	28	731	125	10	39	197	4 078	598	11 973	4 400	686
celkem	**506**	**29 983**	**7 135**	**3 534**	**4 021**	**9 686**	**97 565**	**21 816**	**129 680**	**39 194**	**7 630**

Graf 4

5 Prostorová analýza změn geometrie

K určení množství a rozsahu změn byla analytickými nástroji (ArcGIS) porovnána data stavu ZABAGED 31. 12. 2012 vůči stavu ZABAGED 30. 6. 2019, tedy za celé období ve kterém proběhlo zpřesňování. Byly porovnány břehové čáry a z nich odvozené vodní plochy, a dále délky os vodních toků. Podobně pak v případě komunikací – osy silnice, dálnice, osy neevidované silnice, osy železniční tratě a železniční vlečky.

5.1 Vodstvo – vodní plocha

Rozlohou tvoří vodní plochy (v roce 2019) **1,4 %** rozlohy území ČR. Vodní plocha v ZABAGED obsahuje atribut *Stojatá voda,* který nabývá hodnot *ano* nebo *ne*. V analýze jsou vodní plochy touto hodnotou rozděleny na stojaté a tekoucí. Podíl výměry ploch stojaté k tekoucí je **4,5 : 1**.

Tabulka 3

	Vodní plocha celkem		Tekoucí		Stojatá	
	Počet	**Rozloha (km^2)**	**Počet**	**Rozloha (km^2)**	**Počet**	**Rozloha (km^2)**
Vodní plocha 2019	90 771	1 080,39	2 477	193,34	88 272	887,05
Vodní plocha 2012	77 392	1 043,35	1 327	191,40	76 065	851,95

V analyzovaném období přibylo celkem **13 379 ploch** (nárůst o 17 %), čímž se zvětšila i jejich rozloha o 37 km^2 (nárůst o 3,6 %). Jiný poměr změn však nastane, pokud jsou plochy posuzovány odděleně v kategoriích tekoucí a stojaté. Nárůst rozlohy vodních ploch způsobil zvětšení ploch stojatých o 35 km^2, zatímco nárůst ploch tekoucích pouze o 2 km^2.

5.2 Vodstvo – změny vodní plochy tekoucí

I když se počet vodních ploch tekoucích téměř zdvojnásobil (nárůst o 87 %), jejich rozloha vzrostla pouze o 1 %. Markantní navýšení počtu bylo způsobeno změnou definice vodní plochy v ZABAGED, kdy byly mimořádným úkolem (nezávislým na akci zpřesňování) rozčleněny vodní plochy tekoucí v místech, kde vzniká jejich soutok.

Pokud vodní plochy (a obecně všechny plochy v ZABAGED) svou rozlohou přesahují určitý počet listů ZM 50, jsou na rámu těchto listů rozděleny pomocnou hranicí užívání. Bylo by účelné provést revizi těchto rozdělení, neboť tím, že byly plochy rozděleny již v místech soutoků, je pravděpodobné, že další rozdělení na rámu je v mnoha případech nadbytečné. Z celkové rozlohy 193 km^2 zůstalo 170 km^2 prostorově totožných s původní rozlohou z roku 2012, zbylých cca 23 km^2 podle zpřesnění zaniklo nebo vzniklo jinde. Změna klasifikace vodního toku jednočarého na dvoučarý (i naopak) neprobíhala systematicky. Pro tyto změny jsou charakteristické krátké úseky toku (změna v místě přechodu jednočarého na dvoučarý) a v zásadě nedocházelo ke změně reprezentace těchto toků.

5.3 Vodstvo – změny vodní plochy stojaté

Počet vodních ploch stojatých vzrostl o 16 % a jejich celková rozloha o 4 %. Změna v celkové rozloze je nejvíce způsobena modifikací ploch, které byly v některé své části zvětšeny a zároveň v jiné části zmenšeny, nebo pouze zvětšeny či zmenšeny. Takto byly vodní plochy stojaté zvětšeny o 39 km^2, ovšem

je třeba zmínit, že na tomto zvětšení se velkou měrou podílí napuštění rekultivačních jezer. Konkrétně jde o dvě velká jezera: *Medard*, jehož rozloha se ve sledovaném období zvětšila o 4,86 km^2 a jezero *Most* (zvětšení o 1,58 km^2). Modifikací břehové čáry, vymezující vodní plochu, došlo k vzrůstu rozlohy vodních ploch stojatých o 19,77 km^2.

Na vzrůstu rozlohy vodních ploch stojatých se srovnatelně podílejí nové vodní plochy, které ještě v roce 2012 nebyly obsahem ZABAGED proto, že buď ještě neexistovaly (týká se především velkých ploch) nebo mnohem častěji nebyly identifikovatelné na starších ortofotech a umožnilo je identifikovat teprve letecké laserové skenování. Průměrná rozloha všech vodních ploch stojatých v roce 2019 je 10 049 m^2, zatímco průměrná plocha nových vodních ploch je o řád nižší (1 057 m^2), přičemž medián nových ploch je 235 m^2. Rozloha nových ploch je v 595 případech „podměrečná“, tj. pod velikostním limitem 70 m^2. Tyto podměrečné plochy často představují plochy nacházející se v blízkosti dalších větších vodních ploch stojatých, čímž vytvářejí ucelenou rybniční soustavu.

Nezanedbatelné je množství ploch, které ubyly zcela. Podobně jako u zcela nových ploch se také zde jedná především o malé plochy, přičemž průměrná plocha je 826 m^2, medián 277 m^2. 191 odstraněných ploch bylo podměrečných (< 70 m^2). Také bylo odstraněno 57 vodních ploch, které měly jméno. Jednalo se o trvale vypuštěné rybníky, nicméně bude vhodné tyto plochy v budoucnu sledovat, zda nedojde k jejich obnově.

V průběhu zpřesňování bylo mimo jeho rámec provedeno plošné ověření usazovacích nádrží a odkališť, přičemž byla kontrolována jejich klasifikace. Tak došlo k mnohým změnám, kdy mezi významnější patří změna klasifikace vodní plochy na usazovací nádrž nebo odkaliště.

Plochy, které byly přesunuty zcela, byly nalezeny dle FID hodnoty jejich centroidu, která je ve shodná ve staré i nové ploše (centroid byl přesunut). Aby se u ploch, které zanikly i vznikly zcela, vyloučilo, že byly zpřesněním zcela přesunuty, byly k centroidům těchto ploch nalezeny nejbližší centroidy původních resp. nových ploch, čímž se zjistilo, že do vzdálenosti 25 m existuje 67 vodních ploch, ve vzdálenosti do 50 m se nalézá 185 ploch. Ostatní plochy, tj. 17 538 ploch, se nacházejí ve větší vzdálenosti, a proto jsou všechny nové plochy skutečně plochami novými, nikoli plochami, u kterých byla zcela zpřesněna jejich poloha.

Změny ze stojaté na tekoucí proběhly ve 105 případech; často se jedná o krátké úseky vodního toku, který je v daném úseku rozšířen, tj. reprezentován vodní plochou. Několik případů se nachází v blízkosti velkých vodních toků, kdy představují mrtvé říční rameno. Byla by vhodné provést analýzu vodních ploch v nivách řek (poblíž velkých řek a v lužních lesích), aby se posoudila jednotnost a správnost klasifikace.

Tabulka 4

Druh změny	Počet	km^2
přibyla zvětšením	61 890	39,15
ubyla zmenšením	57 946	19,38
přibyla zcela přesunutím	412	0,19
ubyla zcela přesunutím	412	0,31
přibyla z usazovací nádrže nebo odkaliště	92	0,53
ubyla na usazovací nádrž nebo odkaliště	600	0,88
přibyla z tekoucí vodní plochy	192	2,15
ubyla na tekoucí vodní pl	105	0,53
přibyla jako zcela nová plocha	17 723	18,75
ubyla zcela	5 169	4,58

Pouze 5 548 ploch (ze 77 392) nebylo žádným způsobem modifikováno, vcelku představují 5,87 km^2.

5.4 Vodstvo – délka břehových čar

Délka břehové čáry vzrostla o 2578,83 km (o 6 %). Na navýšení počtů úseků se podílejí zcela nové plochy (cca 13 000 úseků) a u vodních ploch tekoucích došlo k vytvoření břehových čar oddělujících sousední plochy. Těchto čar bylo vytvořeno 1 206 a tímto zásahem vzniklo cca 3 600 nových úseků. Počet vertexů vzrostl o 66 %, což potvrzuje vysokou míru podrobnosti zpracování. Hustota vertexů na břehové čáře byla před zpřesňováním 69/km (průměrná vzdálenost vertexů 14,5 m), po zpřesnění vzrostla jejich hustota na 109/km, což odpovídá průměrné vzdálenosti vertexů 9,2 m).

Tabulka 5 Parametry břehových čar

	Břehová čára - parametry		
	Počet úseků	**Počet vertexů**	**Délka (km)**
Břehová čára 2012	190 585	4 749 261	43 747,61
Břehová čára 2019	165 316	2 846 674	41 168,78

Po zpřesnění je poměr délek mezi břehovou čarou, tvořící vodní plochu stojatou a vodní plochu tekoucí, téměř stejný. Zásadně se však liší počet vertexů – u stojaté 131/km, u tekoucí pouze 86/km, což může odpovídat rozdílné členitosti břehů vod tekoucích a stojatých.

Tabulka 6 Břehové čáry podle druhu vodní plochy

	Břehová čára - tekoucí plocha			**Břehová čára - stojatá plocha**			**Břehová čára - rozhraní tekoucí a stojaté plochy**		
	Počet úseků	**Počet vertexů**	**Délka (km)**	**Počet úseků**	**Počet vertexů**	**Délka (km)**	**Počet úseků**	**Počet vertexů**	**Délka (km)**
Břehová čára 2019	62 083	1 895 347	22 078,43	128 020	2 852 511	21 660,58	481	1 400	8,57
Břehová čára 2012	53 440	1 133 923	21 307,62	111 615	1 712 025	19 855,68	258	710	5,21

Tabulka 7 Ilustrace akce rozdělení vodních ploch v místě soutoku

	Bh. č. - Tekoucí pl. - zcela uvnitř pl.			**Bh. č. - Stojatá pl. - zcela uvnitř pl.**		
	Počet úseků	**Počet vertexů**	**Délka (km)**	**Počet úseků**	**Počet vertexů**	**Délka (km)**
Břehová čára 2019	1 207	3 211	21,34	33	116	0,71
Břehová čára 2012	1	3	0,02	28	82	0,56

Beze změny průběhu geometrie břehové čáry zůstalo pouze 6000 km, takže 86 % délek břehových čar má nově zpřesněnou polohu.

5.5 Vodstvo – osa vodního toku

Délka osy vodního toku se prodloužila o 3605 km (tj. nárůst o 3 %). Počet vertexů vzrostl o více než 6 milionů (nárůst o 112 %). Hustota vertexů dosahuje 99/km, čemuž odpovídá průměrná vzdálenost vertexů 10,1 m). V roce 2019 se z celkové délky osy vodního toku nachází 17 746 km uvnitř vodních ploch, zbylých 97 924 km představuje jednočaré vodní toky. Tímto faktem lze ještě vylepšit hustotu vertexů, pokud jsou odečteny vertexy uvnitř vodních ploch, případně 10 510 517 vertexů na 97 924 km, tj. 107/km (průměrná vzdálenost vertexů 9,3 m).

Hustota vertexů na břehové čáře a na ose vodního toku mimo vodní plochu dosahuje shodné hodnoty, tj. 109/km resp. 107/km. Tabulka 8 popisuje změny v délkách i v případech, že je vodní tok rozdělen podle vydatnosti (stálý x občasný) nebo podle typu (povrchový x podzemní).

Tabulka 8

	Vodní tok celkem		
	Počet úseků	**Počet vertexů**	**Délka (km)**
Vodní tok 2019 -celkem	346 309	11 471 949	115 670,39
Vodní tok 2012 -celkem	304 994	5 411 745	112 064,89
Vodní tok 2019 - stálý	294 402	10 403 432	101 939,90
Vodní tok 2012 - stálý	261 002	4 925 975	99 409,09
Vodní tok 2019 - občasný	51 907	1 068 517	13 730,49
Vodní tok 2012 - občasný	43 992	485 770	12 655,80
Vodní tok 2019 - povrchový	307 237	11 242 187	110 271,15
Vodní tok 2012 - povrchový	276 785	5 215 973	107 235,57
Vodní tok 2019 - podzemní	39 072	229 762	5 399,24
Vodní tok 2012 - podzemní	28 209	195 772	4 829,32

Z délky osy ležící mimo vodní plochy, tj. z 97 924 km, bylo více než 90 000 km modifikováno, beze změny zůstalo pouze 7 256 km osy vodního toku.

5.6 Vodstvo – celkové hodnocení

Výsledkem zpřesnění polohy břehové čáry a osy vodního toku je kromě zvýšení její přesnosti i větší podrobnost zobrazení těchto objektů, která vyplývá z výrazně většího počtu lomových bodů. V období mezi roky 2012 a 2019 vzrostla délka břehové čáry o 6 % a osy vodního toku o 3 %. Počet lomových bodů vzrostl o 66 %, resp. o 112 % u osy vodního toku, čímž se významně zvýšila hustota lomových bodů na 1 km délky – 109 bodů/km pro břehovou čáru a 99 bodů/km pro osu vodního toku. Podíl délek, které byly zpřesněním modifikovány, je 86 % pro břehové čáry a 92 % pro osy vodního toku.

Rozloha vodních ploch vzrostla o 4 %, na čemž se nejvíce podílí jednak zvětšení stávajících vodních ploch (ale pouze stojatých) a jednak vznik zcela nových vodních ploch (zejména nadprůměrně velkých vodních ploch)a dále tisíce malých ploch, které pravděpodobně již existovaly před zpřesněním, ale nebyly obsahem ZABAGED, neboť ortofoto neumožňovalo jejich identifikaci.

5.7 Komunikace – silnice, dálnice; neevidovaná silnice

Délka objektu silnice, dálnice vzrostla pouze 0,3 % (167 km) – viz tabulku 9, na čemž se zcela podílejí nové úseky silnic a dálnic, které jsou přebírány z externího zdroje správce. Nutno upozornit, že především dálnice jsou v ZABAGED reprezentovány dvěma osami – pro každý směr jízdy jeden. Náprava geometrie, kdy byly úseky napřimovány, nemá na celkovou délku žádný vliv. Počet vertexů byl zvýšen o 39 %, takže hustota vzrostla z 36 vertexů/km na 51 vertexů/km. Nárůst délek objektu neevidovaná silnice je 5 % (302 km). Jeho klasifikace je na rozdíl od objektu silnice, dálnice zcela v kompetenci ZÚ. Nárůst lze vysvětlit tím, že ve sledovaném období vznikly tyto úseky jako nové silnice v určitých lokalitách nebo změnou klasifikace z objektu cesta, jestliže došlo k její fyzické úpravě.

Tabulka 9

	Silnice, dálnice			Silnice neevidovaná		
	Počet úseků	**Počet vertexů**	**Délka (km)**	**Počet úseků**	**Počet vertexů**	**Délka (km)**
2019	39 660	2 982 885	58 409,38	11 078	357 392	6 379,47
2012	38 450	2 141 200	58 242,14	9 416	242 109	6 077,97

5.8 Komunikace – změna geometrie – silnice, dálnice; neevidovaná silnice

Z celkové délky bylo zachováno – nezměněno – 17 % délek (9620 km) os silnic a dálnic. Poloha ostatních os byla nově vyhodnocena (48 789 km). Bylo zachováno 647 185 vertexů, dalších 2 335 700 bylo nově vytvořeno či modifikováno.

Tabulka 10 Komunikace - změny

	Silnice, dálnice	Silnice neevidovaná
	Délka (km)	**Délka (km)**
Nový úsek	48 789,79	5 375,90
Zrušený úsek	48 622,87	5 074,39
Úsek bez změny	9 619,71	1 003,59

5.9 Komunikace – železniční trať; železniční vlečka

Celková délka železniční tratě se zmenšila o 1 % (82 km). Počet vertexů vzrostl o 33 % a hustota vertexů vzrostla z 28/km na 37/km. Celková délka železniční vlečky se zmenšila o 17 % (447 km), hustota vertexů je stejná jako u železniční trati.

Tabulka 11

	Železniční trať			Železniční vlečka		
	Počet úseků	**Počet vertexů**	**Délka (km)**	**Počet úseků**	**Počet vertexů**	**Délka (km)**
2019	5 369	344 299	9 345,41	7 866	78 939	2 179,47
2012	5 178	259 834	9 427,55	7 622	74 436	2 626,34

Nastalé změny jsou uvedeny v tabulce 12. Železniční tratě, které byly modernizovány, jejich koleje sneseny a následně nově položeny tak, aby vzniklá trať byla napřímena, dosahují v délce úbytku pouze 1 km. Podstatné změny nastaly v ploše kolejišť, kdy došlo k celkovému snížení o 9 km kolejí, přičemž tyto změny jsou zčásti způsobeny i změnou v evidenci tratí, když v některých případech došlo ke zrušení (zkrácení) tratě, ale nikoliv k fyzickému zrušení koleje.

Změny parametrů objektu železniční vlečka jsou významnější. Úbytek, tedy skutečné zrušení vlečky, se projevil především v areálech účelové zástavby (tedy na plochách průmyslových areálů, a hlubinné těžby).

Tabulka 12

	Druh změny - železniční trať	**km**
Zrušená trať	**Trať snesena zcela**	57
	Trať změněna na vlečku	33
	Trať snesena - přeložena	73
	Trať zaniklá úpravou plochy kolejiště	9
	Trať zaniklá - ostatní	2
Nová trať	**Trať nová**	15
	Trať vzniklá z vlečky	5
	Trať vzniklá přeložením	72

	Druh změny - železniční vlečka	**km**
Zrušená vlečka	**Areál účelové zástavby**	383
	Areál železniční stanice, zastávky	17
	Kolejiště	6
	Elektrárna	6
	Povrchová těžba, lom	1
	Úložné místo	3
	Skládka	5
	Ostatní plochy	27

5. 10 Komunikace – změna geometrie – železniční trať; železniční vlečka

Z celkového počtu délek železničních tratí bylo zachováno a převzato 10 % jejich průběhu (984 km), v ostatních případech byla jejich poloha znovu vyhodnocena nebo zpřesněna (8 362 km).

Tabulka 13

	Železniční trať	Železniční vlečka
	Délka (km)	Délka (km)
Nový úsek	8 361,90	1 868,91
Zrušený úsek	8 443,86	2 315,78
Úsek bez změny	983,56	310,56

5. 11 Komunikace – celkové hodnocení

Byly zpřesněny osy evidovaných komunikací – silnice, dálnice; železniční trať. Změny, které nastaly v délkách, odpovídají skutečnému stavu - tak jak jej eviduje příslušný externí správce objektu (ŘSD – SDB; SŽDC). Délka osy objektu silnice, dálnice se zvětšila 0,3 %, naopak délka osy železniční tratě se zmenšila o 1 %. Náprava polohového průběhu os nemá na změnu celkové délky žádný vliv.

Ačkoliv počet lomových bodů vzrostl u osy silnice, dálnice o 37 % a u osy železniční tratě o 33 %, liší se výsledná hustota lomových bodů, kdy na ose silnice, dálnice dosahuje 51/km, u železničních tratí pak 37/km, což lze vysvětlit tím, že železnice má podstatně více zcela rovných úseků. Podíl délek, které byly zpřesněním modifikovány, je 83 % pro silnice, dálnice a 90 % pro železniční tratě.

V případě komunikací neevidovaných externím správcem, tedy neevidovaných silnic a železničních vleček, byla jejich existence ujištěna v průběhu zpřesňování. Neevidované silnice zaznamenaly vzrůst o 5 %, naopak vlečky byly převážně rušeny – ubylo 17 % délky. Tyto stavy odrážejí skutečnost, že došlo k výraznému rušení vleček v areálech účelové zástavby.

K významnému zpřesnění polohy osy zpřesňovaných komunikací došlo v lesních úsecích, v tunelech a také v lokalitách křižovatek, které byly upraveny dle skutečného průběhu.

5.12 Objekty terénního reliéfu

U objektů terénního reliéfu proběhly nejvýznamnější změny nejen co do množství prvků, ale i podrobnosti jejich zpřesnění, jak to dokládá Tabulka 14.

Tabulka 14 Výškopis změny

	Stupeň, sráz			Pata terénního útvaru			Rokle			Kótovaný bod
	Počet úseků	Počet vertexů	Délka (km)	Počet úseků	Počet vertexů	Délka (km)	Počet úseků	Počet vertexů	Délka (km)	Počet vertexů
2019	797 812	13 369 219	117 575,30	205 983	2 618 649	27 956,83	1 785	32 676	238,19	62 779
2012	1 082 051	1 082 051	185 476,12	8 504	87 002	2 058,66	28 469	270 424	4 537,98	48 211

5.13 Objekty terénního reliéfu – stupeň, sráz

Celková délka objektů stupeň, sráz klesla o 37 % (67 901 km), avšak počet vertexů vzrostl o 1 136 %. Hustota vertexů se podobně zvýšila z 6 na 114/km.

5.14 Objekty terénního reliéfu – pata terénního útvaru

Počet prvků nesmírně vzrostl – o 2 322 %. Délka paty terénního útvaru vzrostla o 1 258 % (25 898 km), počet vertexů vzrostl o 2 910 % a hustota vertexů ze 42 na 94/km. Zajímavý je i poměr počtu pat k počtu terénních stupňů. V roce 2012 připadla 1 pata na 127 stupňů, v roce 2019 je to již 1 pata na 4 stupně.

5.15 Objekty terénního reliéfu – rokle

V rámci zpřesňování byly rokle téměř vymazány, zbylo pouhých 6 % objektů. Příčinou úbytku je zejména změna v klasifikaci parametrů objektu rokle.

5.16 Objekty terénního reliéfu – změna geometrie

Na rozdíl od ostatních objektů, byly objekty terénního reliéfu vytvářeny zcela nově, což dokládá i podíl délek nezměněných úseků, který je pouze 0,02 %.

6 Závěr

Cílené zpřesnění geometrické polohy všech prvků vybraných objektů ZABAGED s použitím dat leteckého laserového skenování, uspořádaných do digitálního modelu reliéfu 5. generace (DMR 5G), bylo realizováno v období let 2012-2019. Zpřesnění zajistili pracovníci Odboru ZABAGED, zpracování probíhalo dle metodických pokynů vytvářejících podmínky k dosažení absolutní polohové přesnosti charakterizované střední polohovou chybou < 1 m.

Zpřesněny byly všechny prvky těchto objektů z kategorie **Komunikace**: *silnice, dálnice; neevidovaná silnice; železniční trať; železniční vlečka* a objektů ležících na nich (např. *propustek, most*); dále objekty z kategorie **Vodstv**o: *vodní tok; břehová čára*. V kategorii **Terénní reliéf** byly zpřesněny objekty: k*ótovaný bod; stupeň, sráz; pata terénního útvaru; rokle, výmol*; a další pro další specifické prvky (*zeď; most; hradba, opevnění, přehradní hráz, jez; vodopád)* byly zjištěny jejich relativní výšky.

Analytickými nástroji (ArcGIS) bylo prokázáno, že v době, ve které probíhalo zpřesnění komunikací, vodstva a vybraných bodů a čar terénní kostry, došlo k výrazné změně v poloze, množství prvků a podrobností při vykreslení všech dotčených objektů. Každý prvek zpřesňovaného objektu byl posouzen vzhledem k podkladovým datům – DMR 5G a Ortofotu ČR a relativní výšky byly určeny stereofotogrammetrickým vyhodnocením digitálních leteckých měřických snímků. Byla posuzována existence objektu, jeho klasifikace a geometrické polohové určení. Geometrický tvar i poloha zpřesňovaných objektů byly změněna téměř u většiny objektů (v původní poloze zůstalo pouze 17 % délek os *silnic, dálnic*, 10 % délek os *železničních tratí*, 14 % délek *břehových čar* a 8 % délek os *vodního toku)*. Objekty terénního reliéfu byly modifikovány zcela, takže v původní poloze nezůstal žádný.

Měřitelná množství, tedy počet, délka či rozloha pro vodní plochy, se také změnila. Délka os *vodních toků* a *břehových čar* se zvýšila o 3 %, resp. o 6 %. Na zvýšení délky se podílejí jednak nové prvky a jednak detailnější (členitější) průběh linií. Byly doplněny nově existující vodní plochy a zároveň i vodní plochy, které sice již existovaly, ale dosud nebyly obsahem ZABAGED, protože byly malé a na Ortofotu

ČR neidentifikovatelné (např. vodní plocha v lese). Obdobně byly doplněny malé vodní toky, především v pramenné oblasti, prodloužením či přidání nového přítoku. Rozloha *vodních ploch* vzrostla o 4 %. Naopak, téměř setrvalý stav vykázaly délky os komunikací objektů s*ilnice, dálnice* (nárůst o 0,3%) a *železniční trať* (pokles o 1%), kdy tyto dva typy objektů reflektují skutečný evidenční stav externího správce. Výraznější změny v délkách nastaly u objektu *neevidovaná silnice* (nárůst o 5 %) a největší změnu zaznamenal objekt *železniční vlečka*, kde došlo k poklesu o 17 %. Zpřesnění polohy os komunikací se na jejich celkové délce nijak nepodílí.

Nejvýznamnější změny se týkají objektů terénního reliéfu. Délka os objektu s*tupeň, sráz* poklesla o 37%, naopak délka objektu *pata terénního útvaru* extrémně vzrostla - 14x!. Tak došlo k zásadní změně, kdy jeden prvek objektu *pata terénního útvaru* připadá na čtyři prvky objektu *stupeň, sráz* (před zpřesněním to bylo 1: 127).

Zobrazení objektů s liniovou geometrickou reprezentací se výrazně změnilo. Míra podrobnosti, která je určena množstvím lomových bodů, se u objektů vodstva navýšila dvojnásobně, takže *břehové čáry* a *osy vodních toků* reprezentují skutečný stav, tedy např. meandrující vodní toky. U objektů komunikací není zvýšení lomových bodů tak výrazné jako u vodstva, což ale nesnižuje míru podrobnosti jejich zobrazení, která je zcela dostačující (např. liniová kresba osy komunikace v zatáčkách se vyznačuje plynulým průběhem s rovnoměrně rozmístěnými lomovými body). Zvýšení podrobnosti zobrazení objektů v ZABAGED je nejvýraznější v kategorii Terénní reliéf, kde v případě objektu s*tupeň, sráz* vzrost počet podrobných bodů 19x.

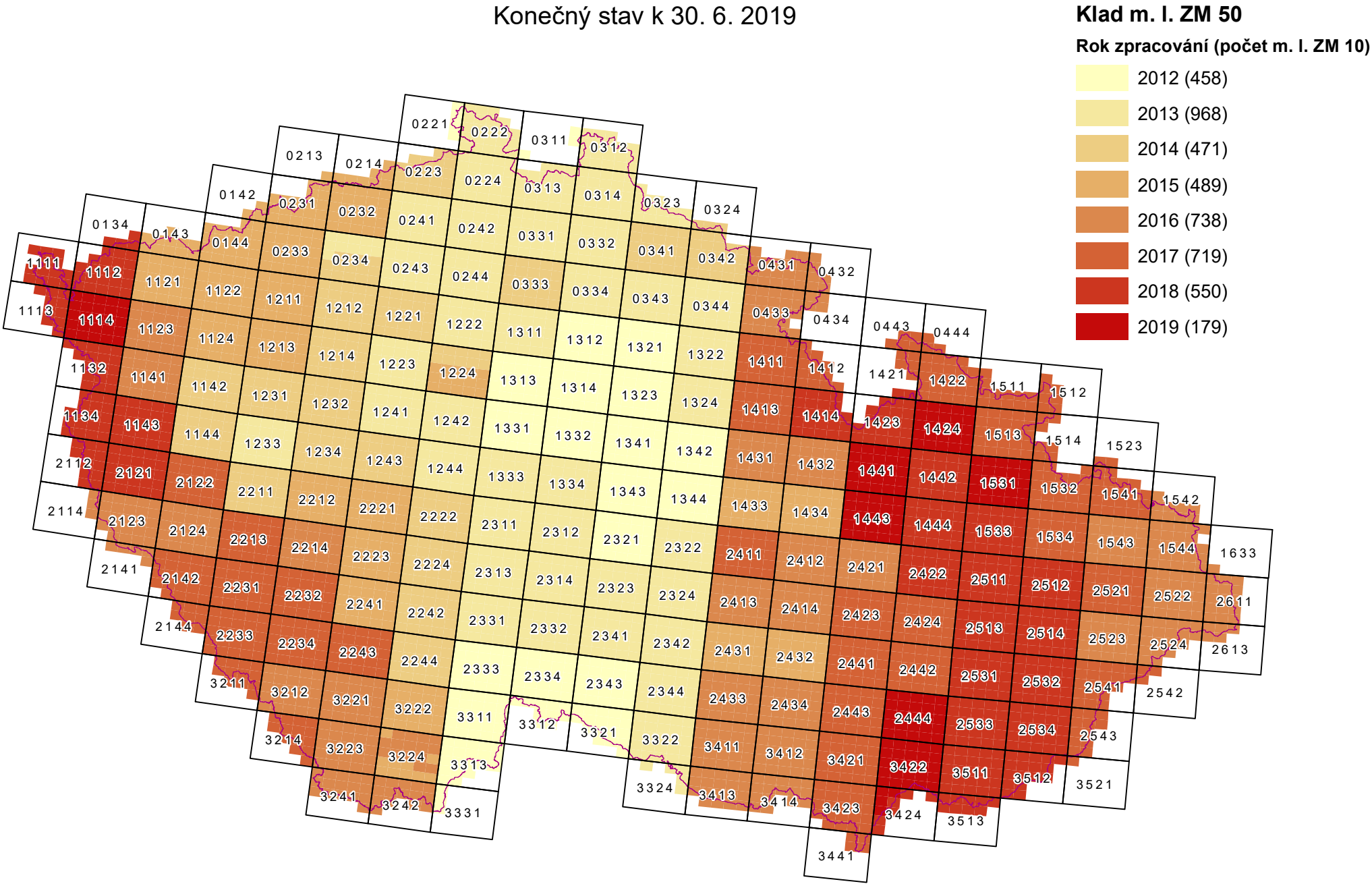
7 Přílohy

Příloha I.: Přehledky územního postupu zpřesňování geometrické polohy vybraných typů objektů

Příloha II.: Ilustrace zpřesňování

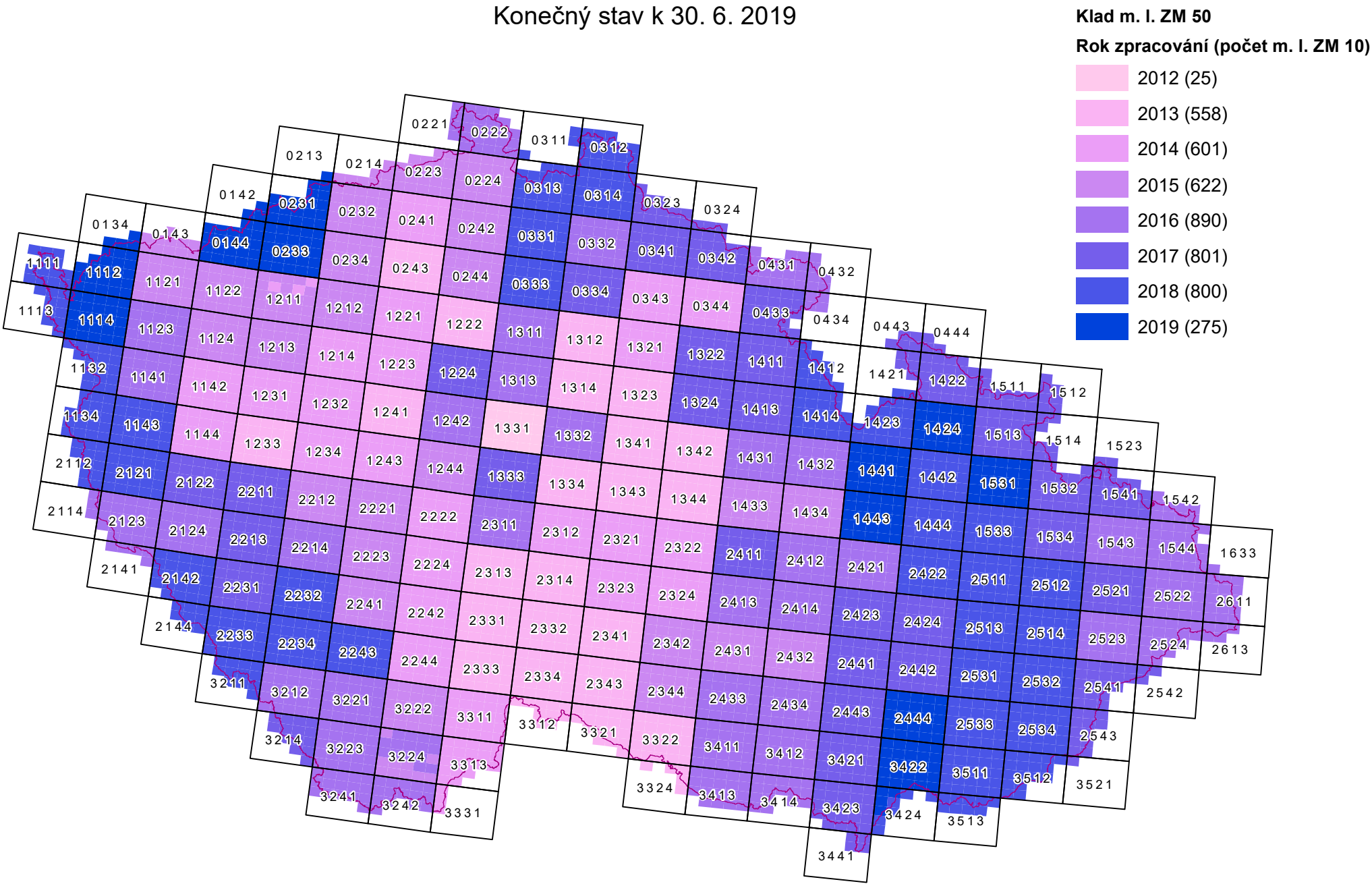
Zpřesnění komunikací na podkladě DMR 5G

Konečný stav k 30. 6. 2019



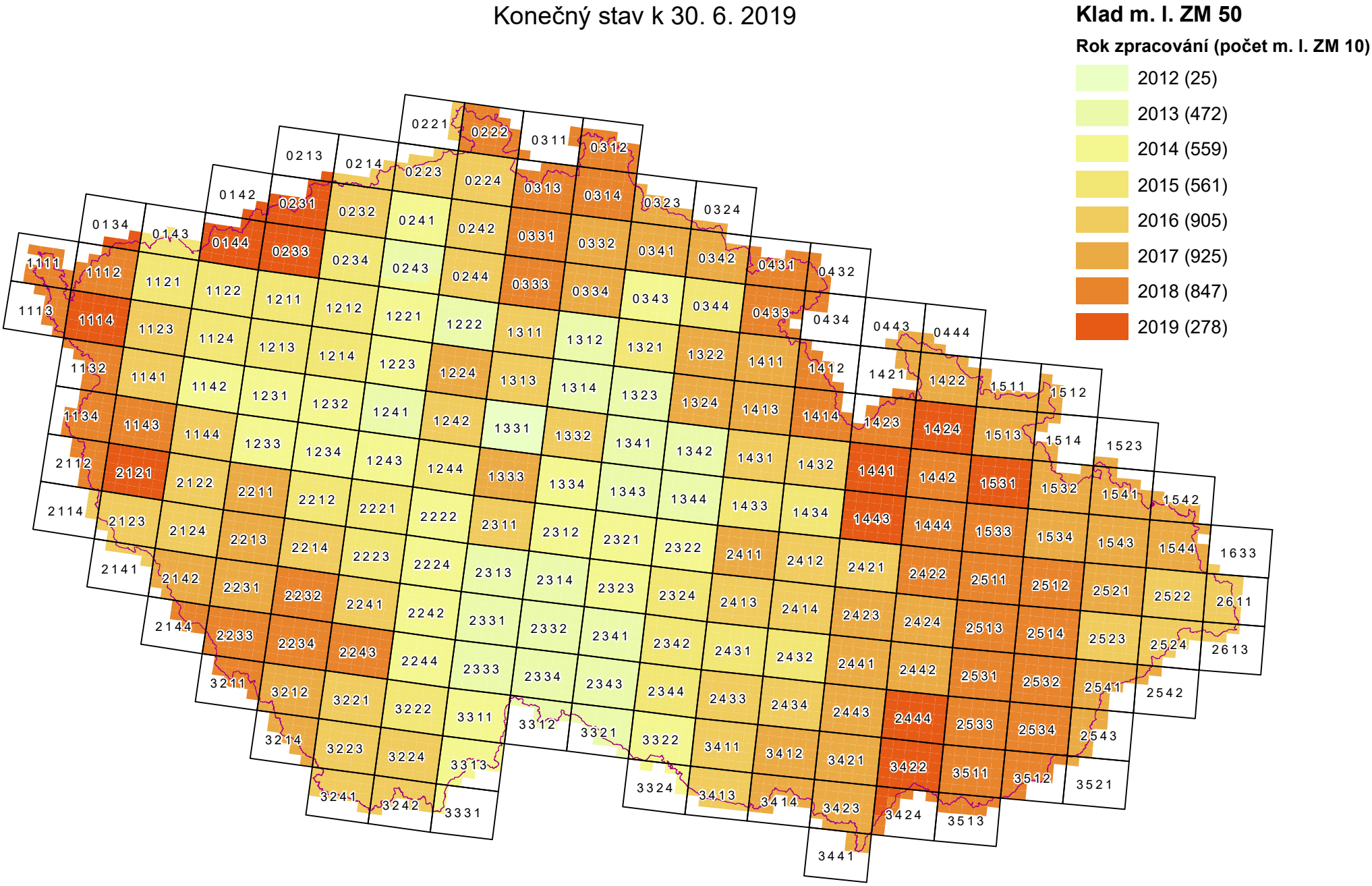
Zpřesnění vodstva na podkladě DMR 5G

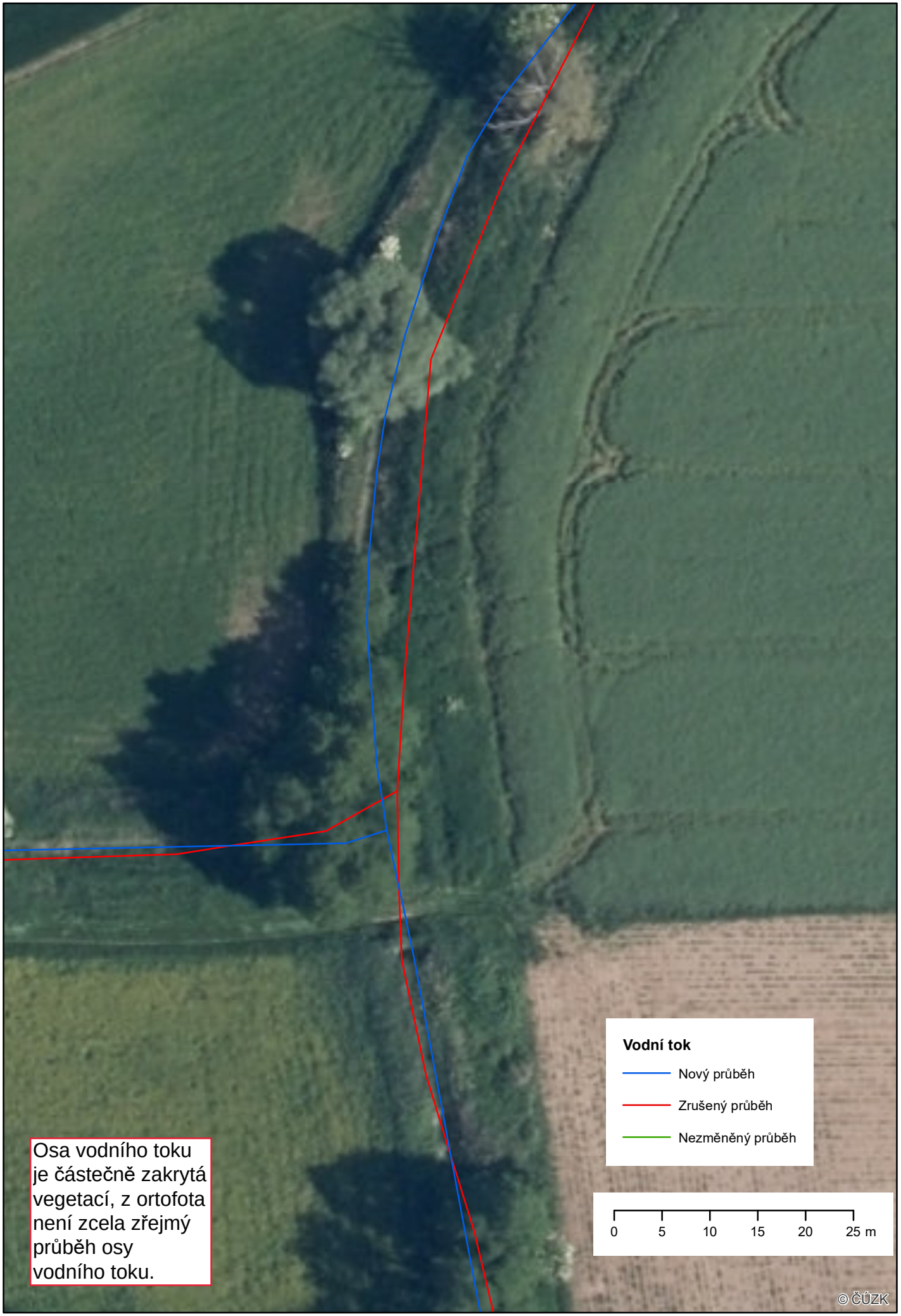
Konečný stav k 30. 6. 2019



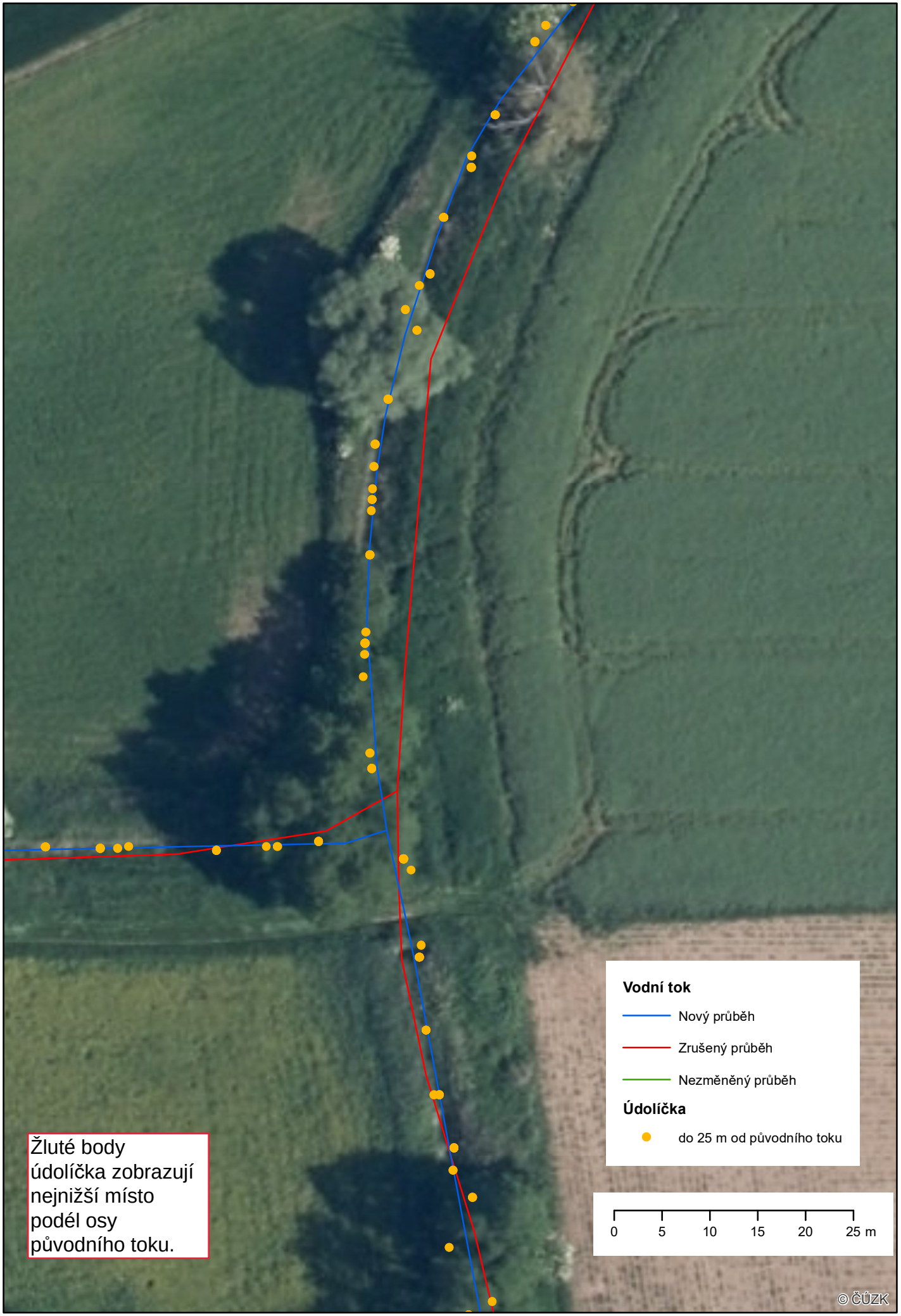
Zpřesnění polohopisu na základě 3D čar a bodů terénní kostry

Konečný stav k 30. 6. 2019

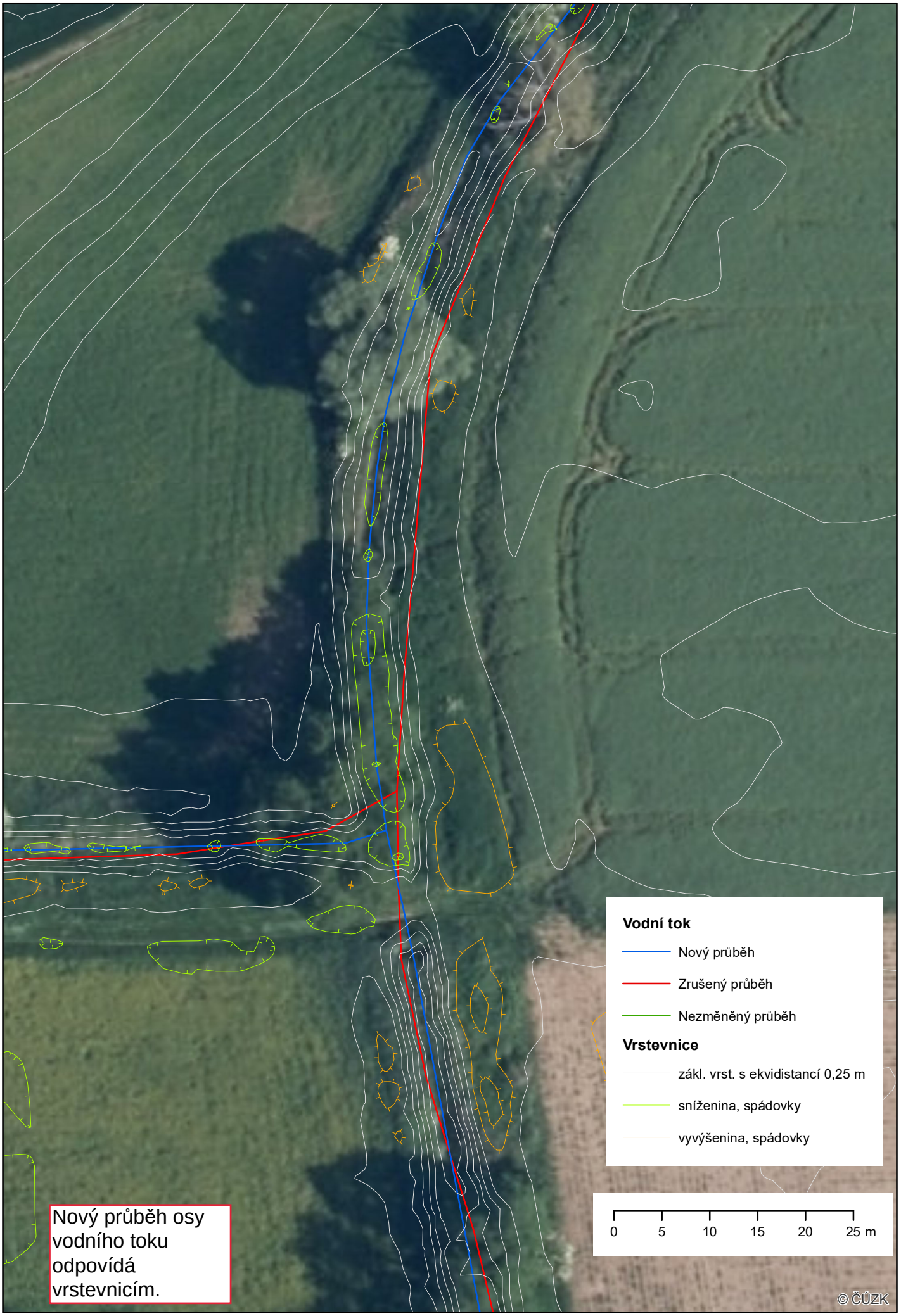




Osa vodního toku je částečně zakrytá vegetací, z ortofota není zcela zřejmý průběh osy vodního toku.

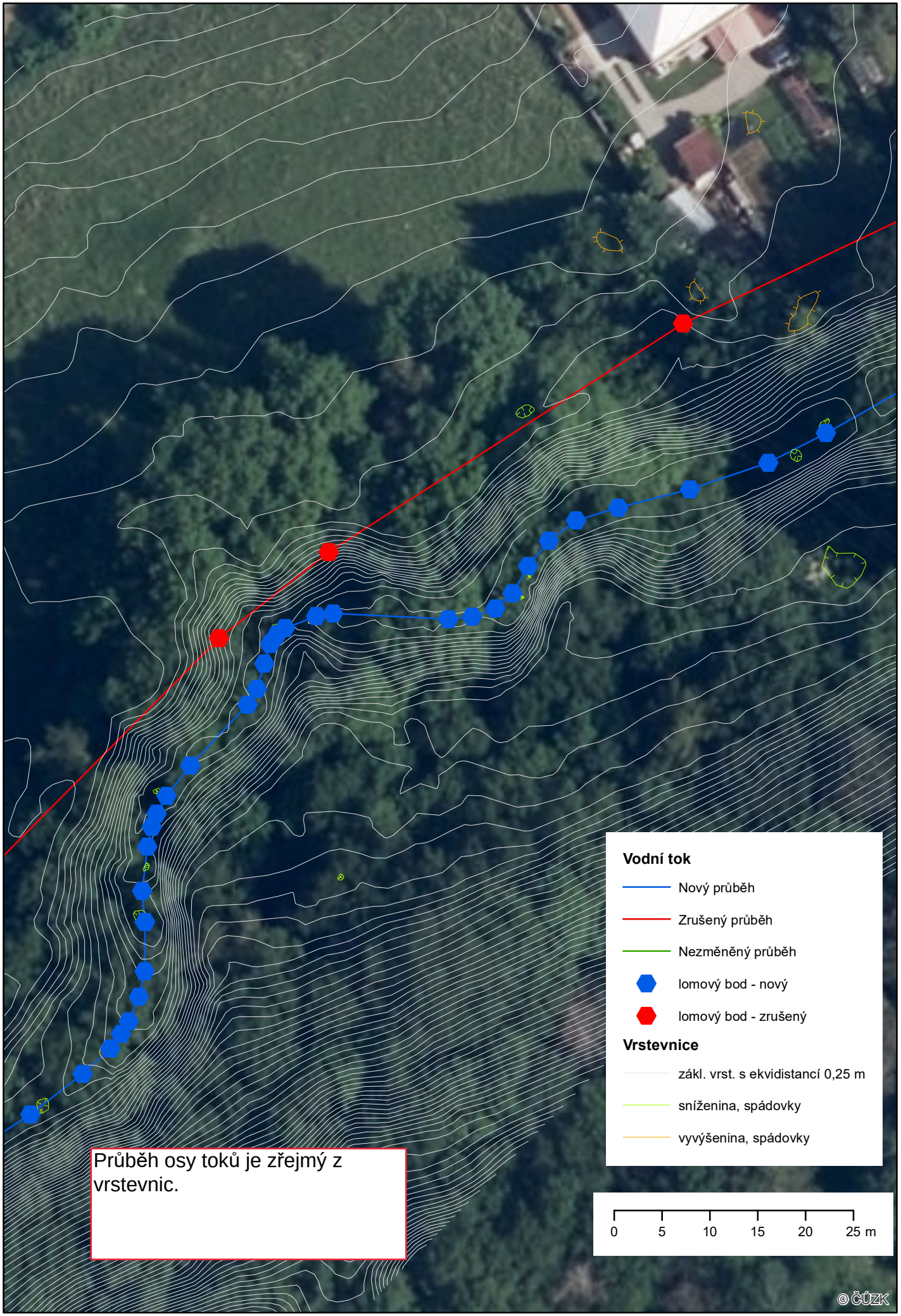


Žluté body údolíčka zobrazují nejnižší místo podél osy původního toku.

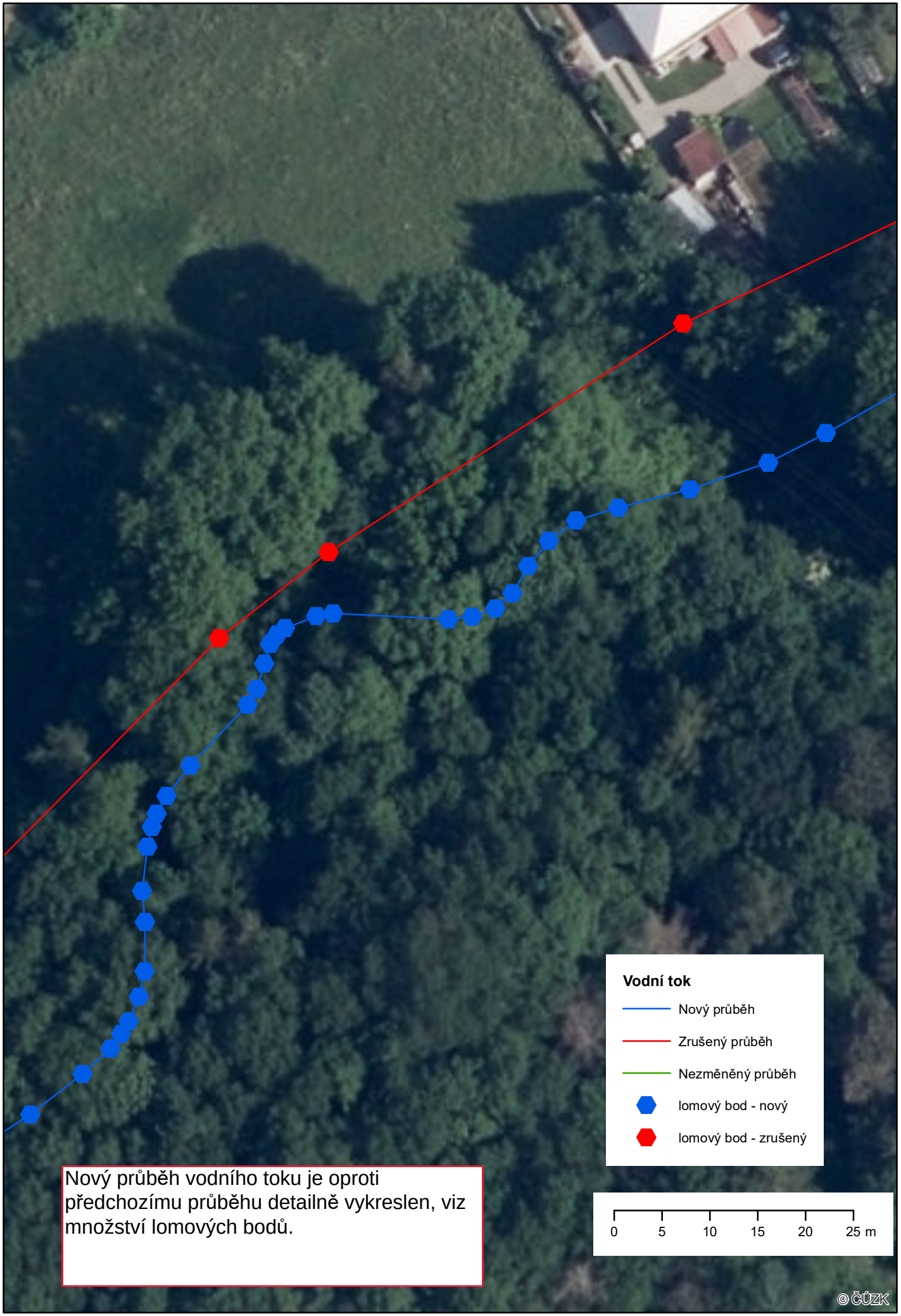


Nový průběh osy vodního toku odpovídá vrstevnicím.

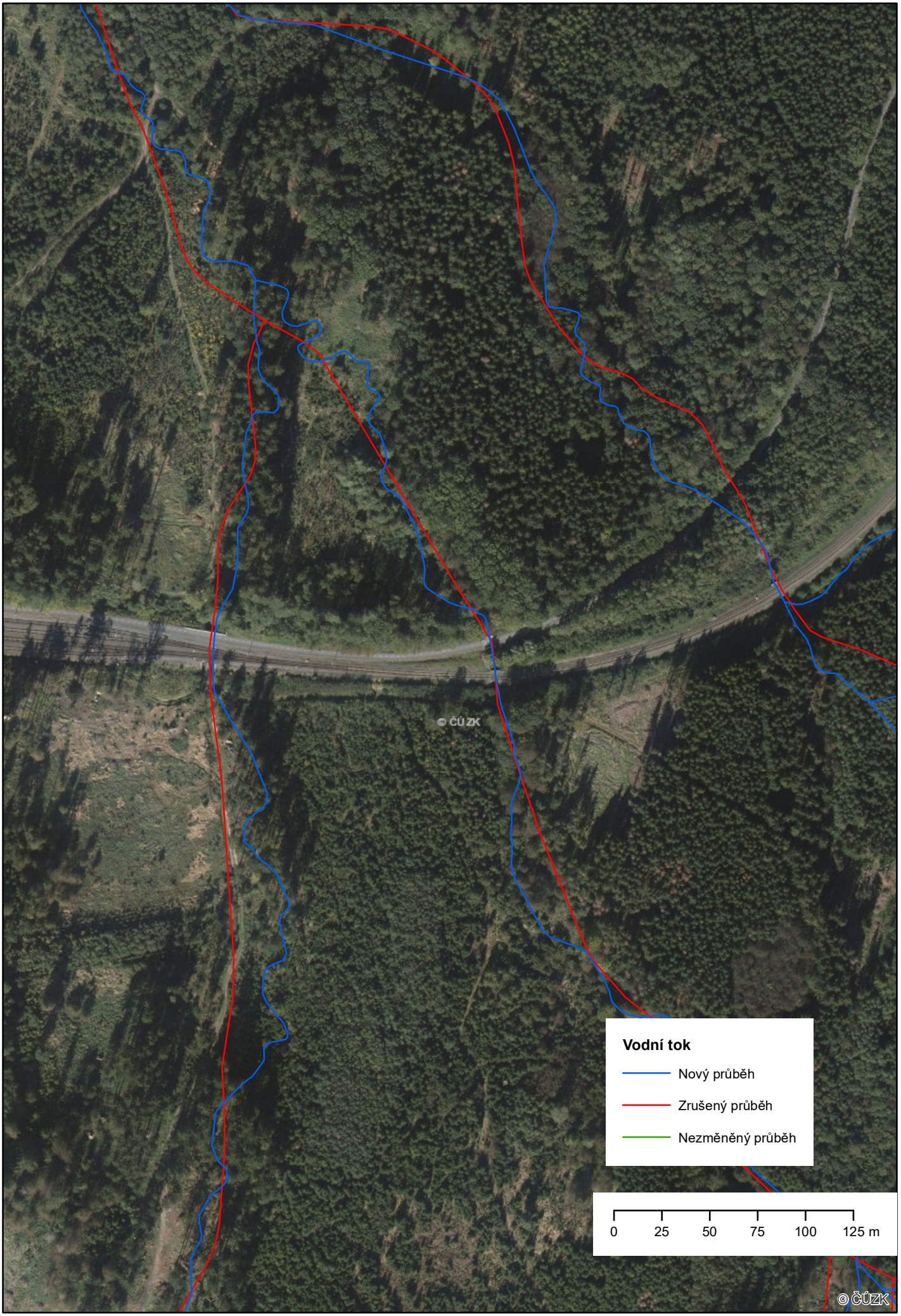
Koryto vodního toku je zřejmé i z šedého stínovaného modelu.

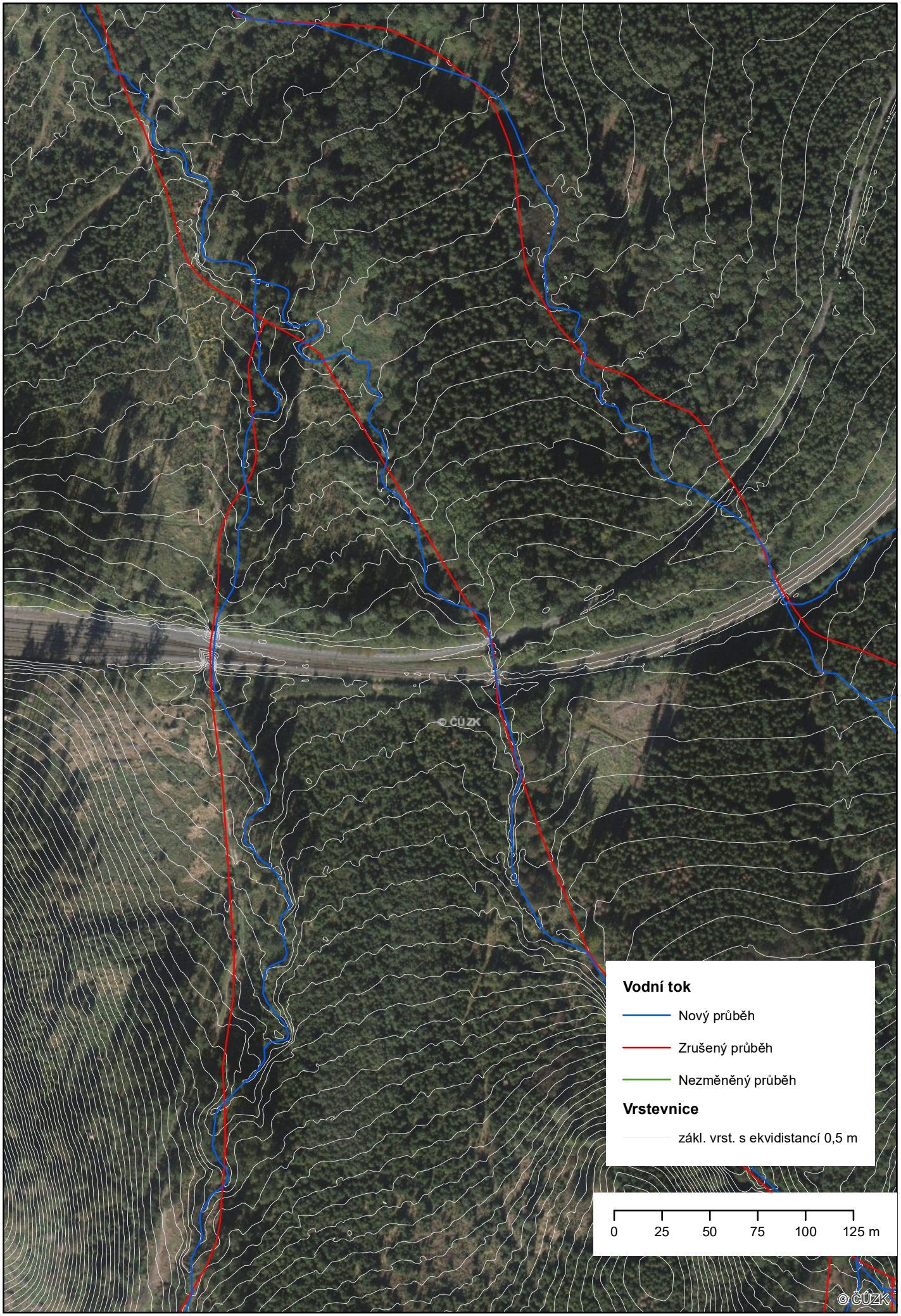


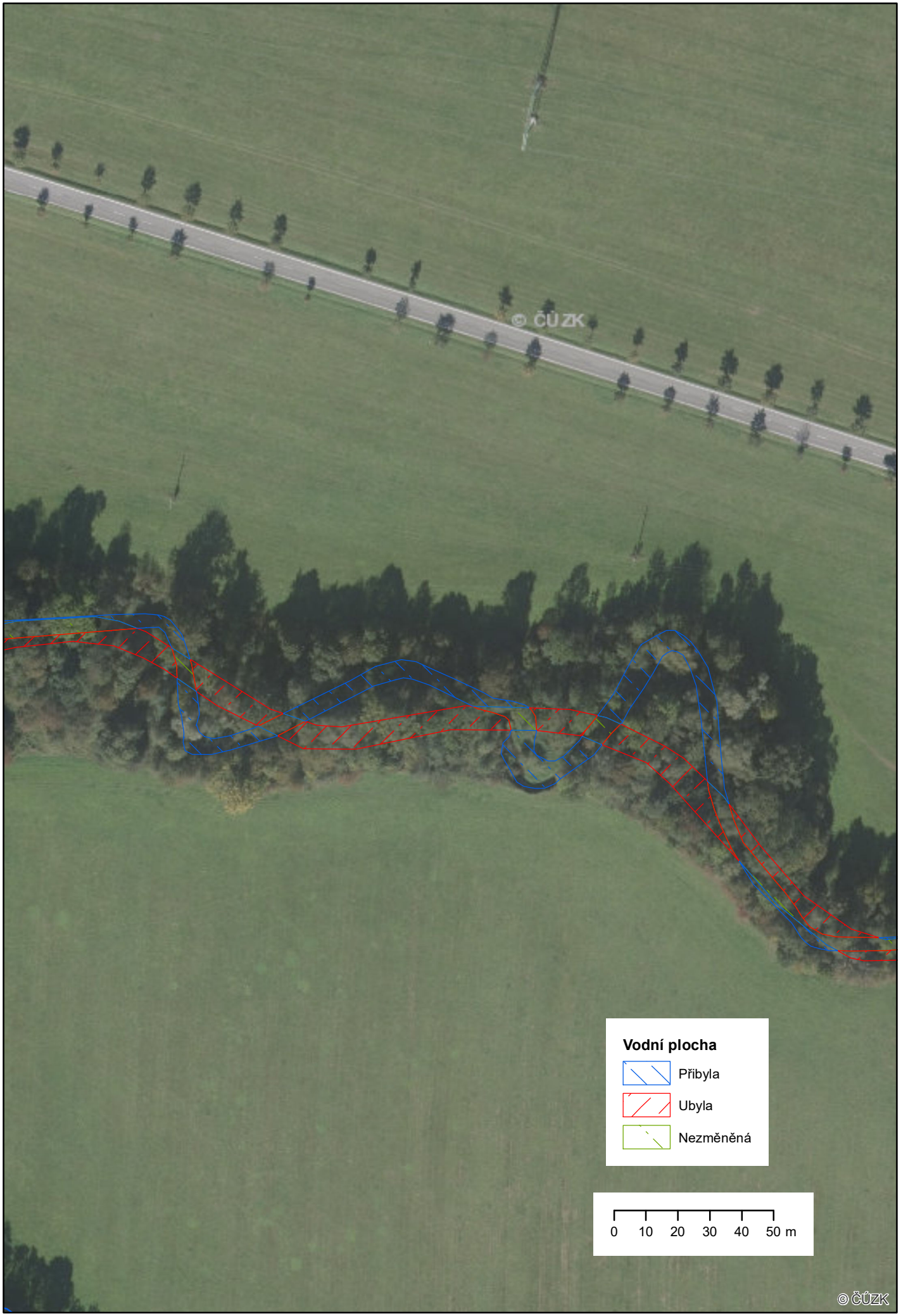
Průběh osy toků je zřejmý z vrstevnic.

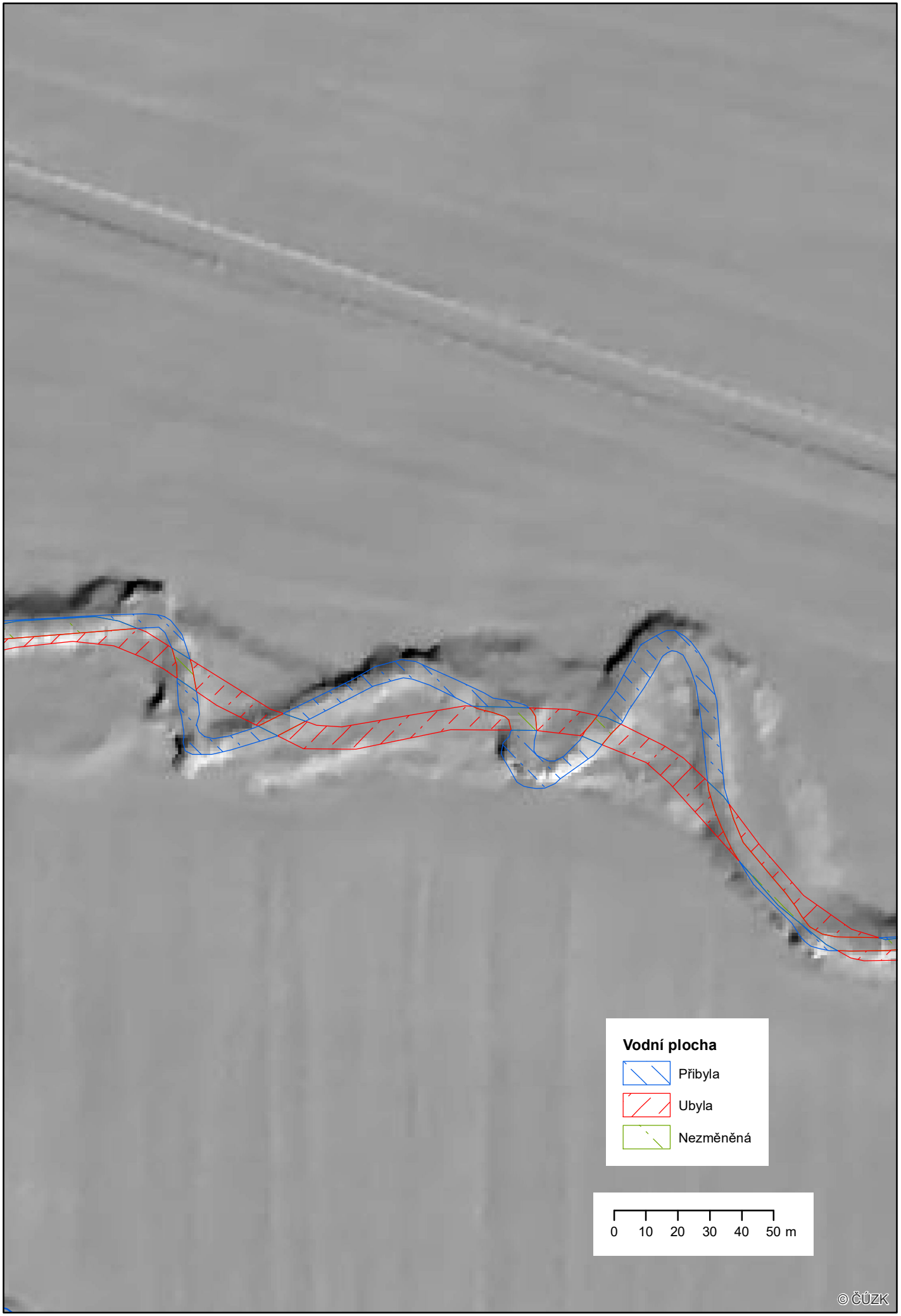


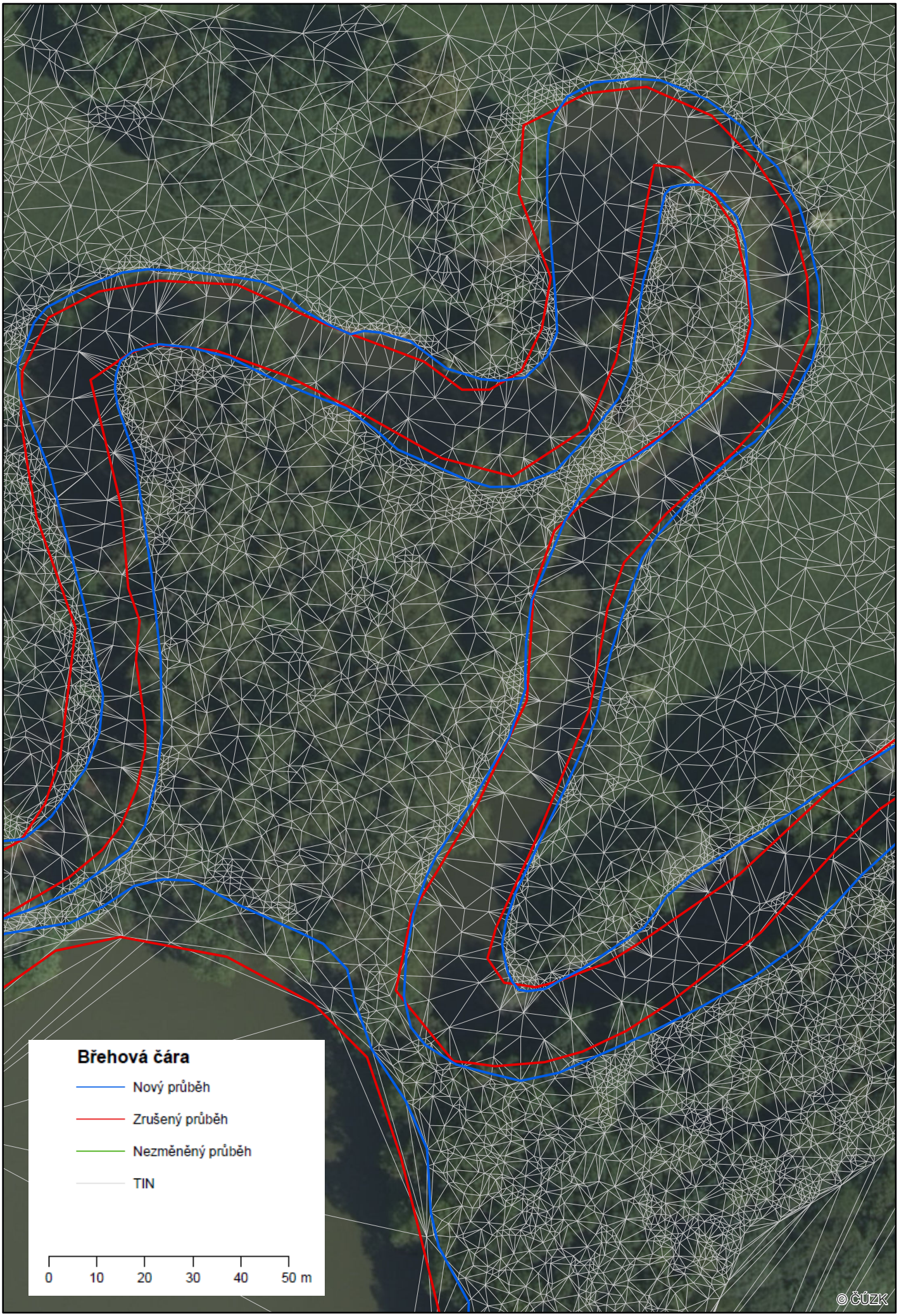
Nový průběh vodního toku je oproti předchozímu průběhu detailně vykreslen, viz množství lomových bodů.


© ČÚZK
Vodní tok
Nový průběh
Zrušený průběh
Nezměněný průběh
0
25
50
75
100
125 m
© ČÚZK

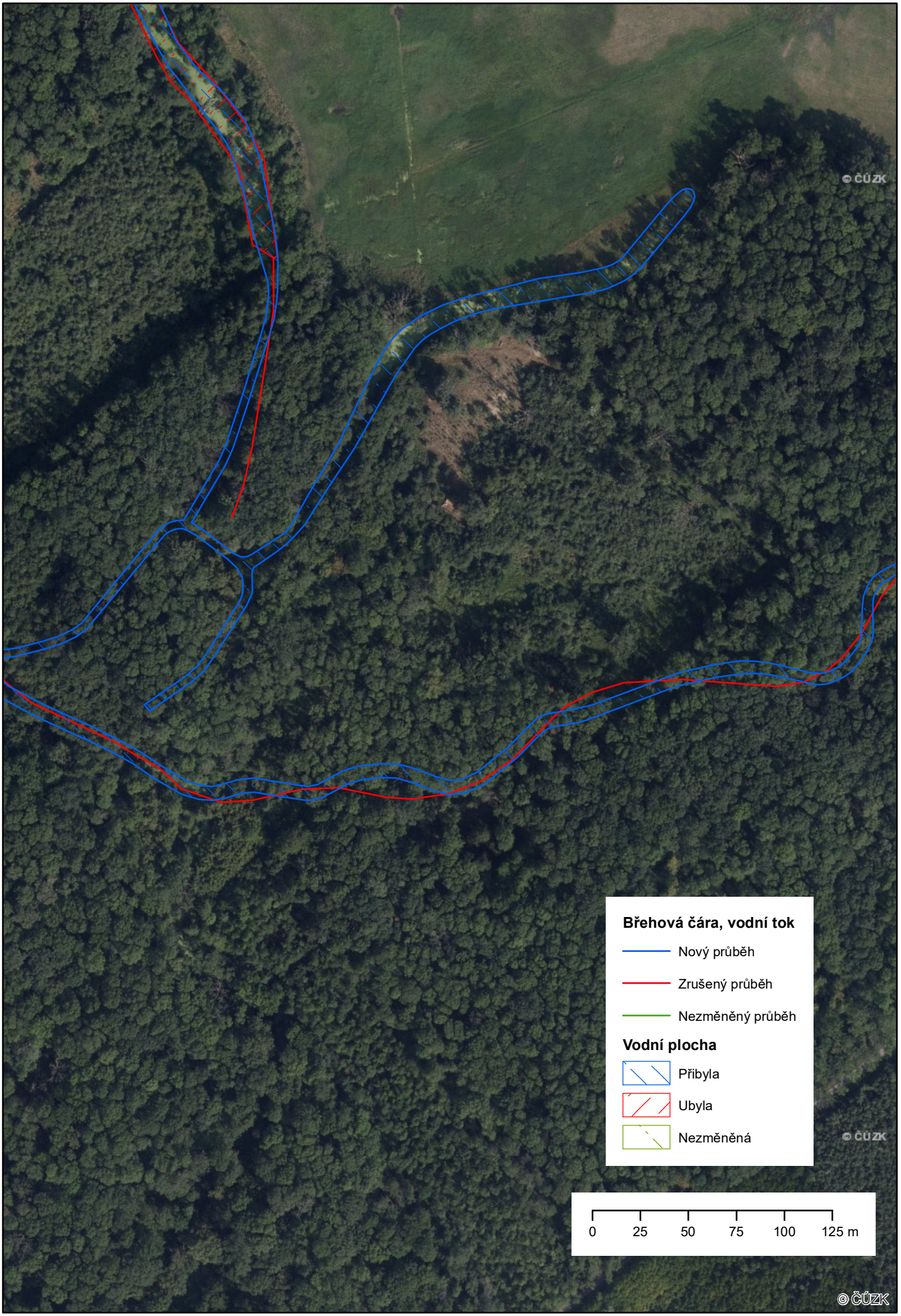

© ČÚZK
Vodní tok
Nový průběh
Zrušený průběh
Nezměněný průběh
Vrstevnice
zákl. vrst. s ekvidistancí 0,5 m
0
25
50
75
100
125 m
© ČÚZK

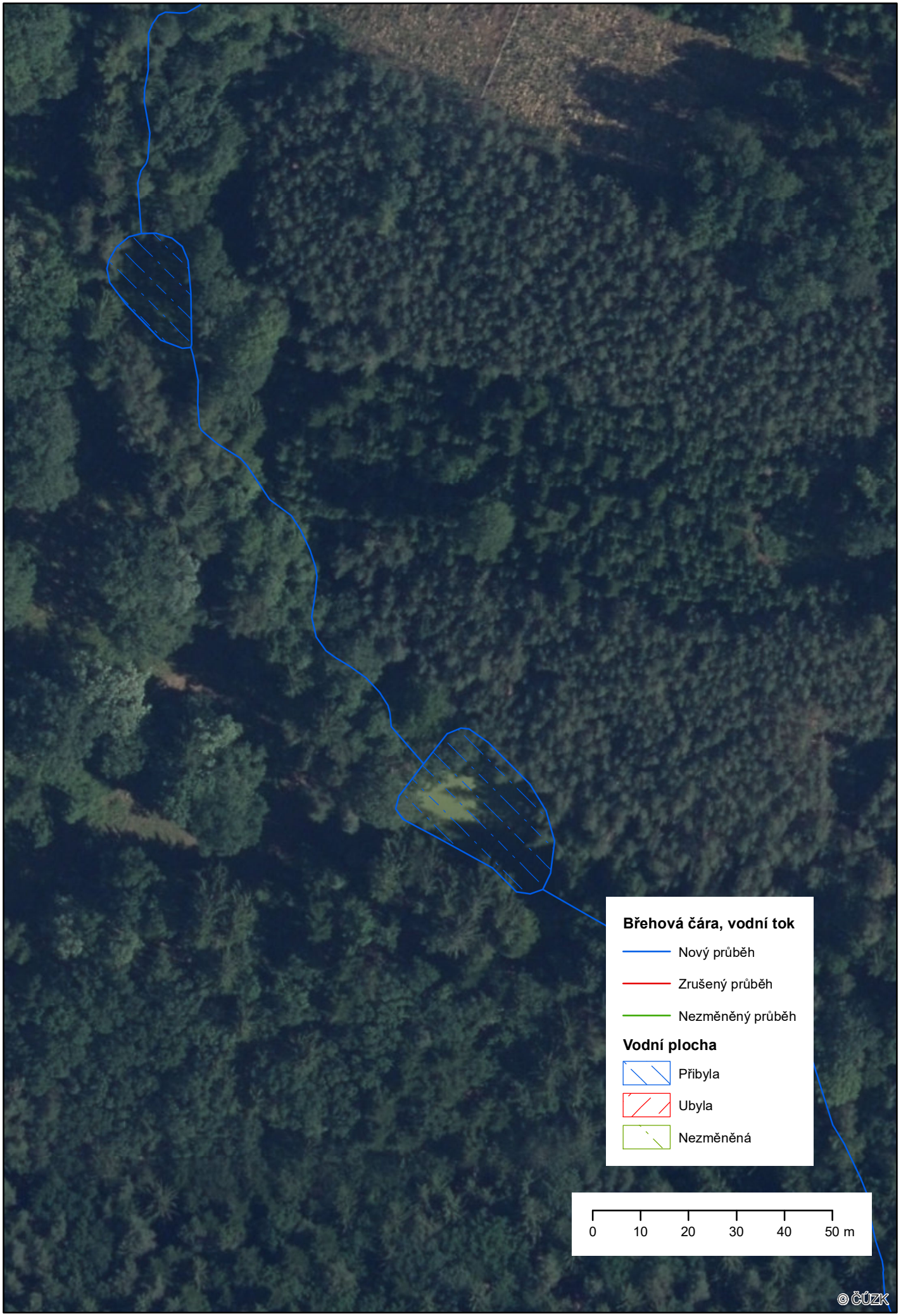

© ČÚZK
Vodní plocha
Přibyla
Ubyla
Nezměněná
0 10 20 30 40 50 m
© ČÚZK

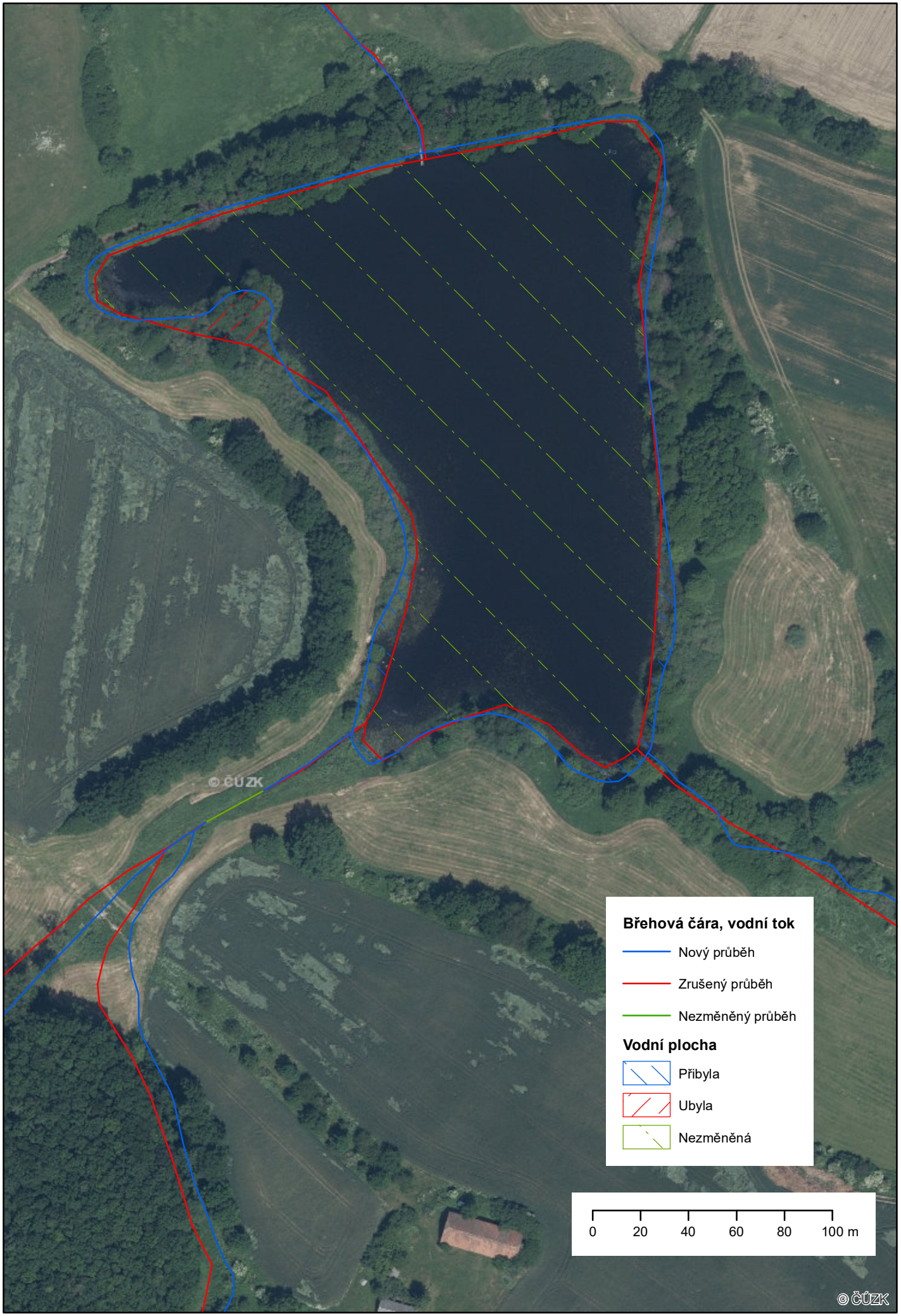

Vodní plocha
Přibyla
Ubyla
Nezměněná
0 10 20 30 40 50 m
© ČÚZK

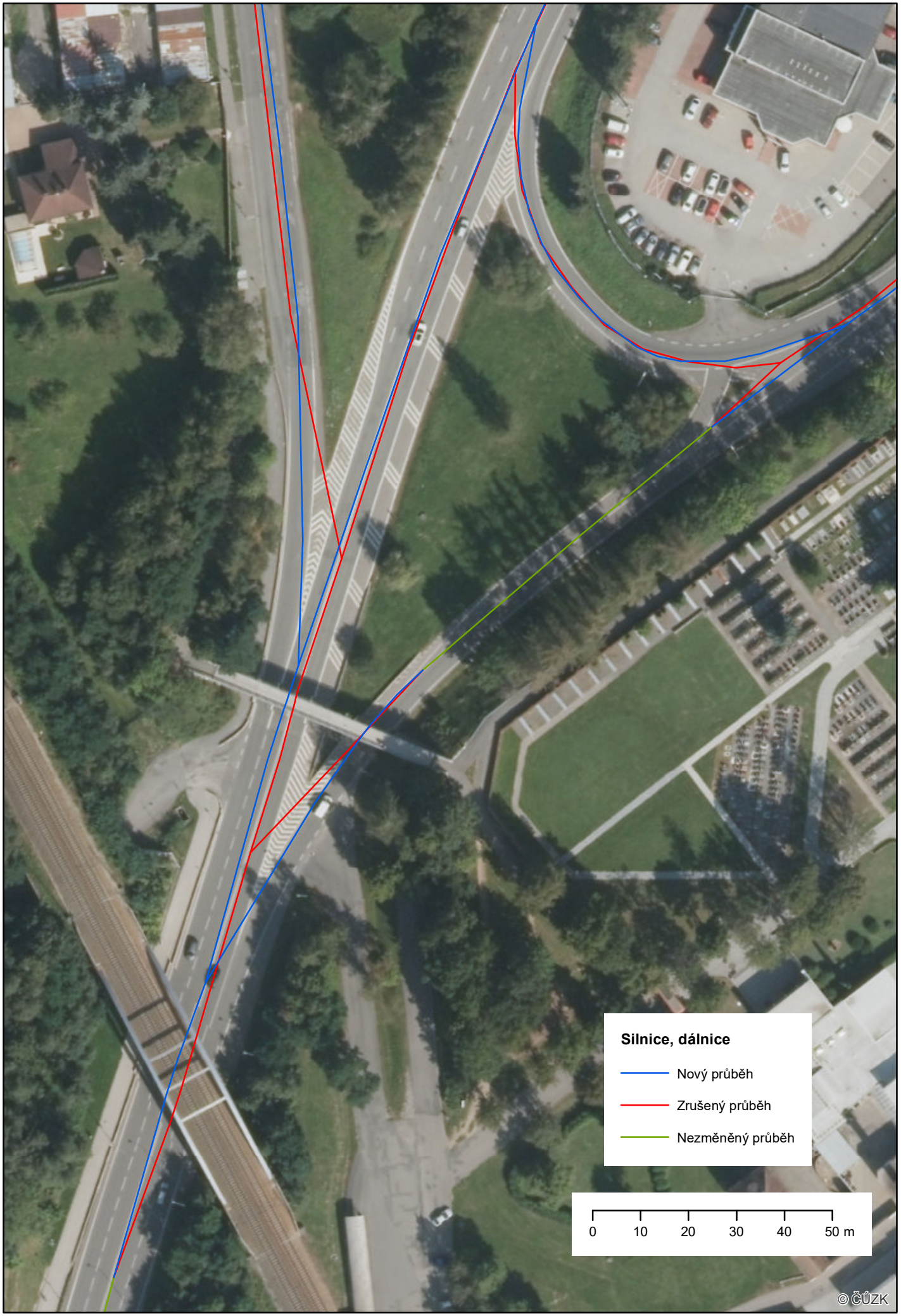

Břehová čára
Nový průběh
Zrušený průběh
Nezměněný průběh
TIN
0
10
20
30
40
50 m
© ČÚZK

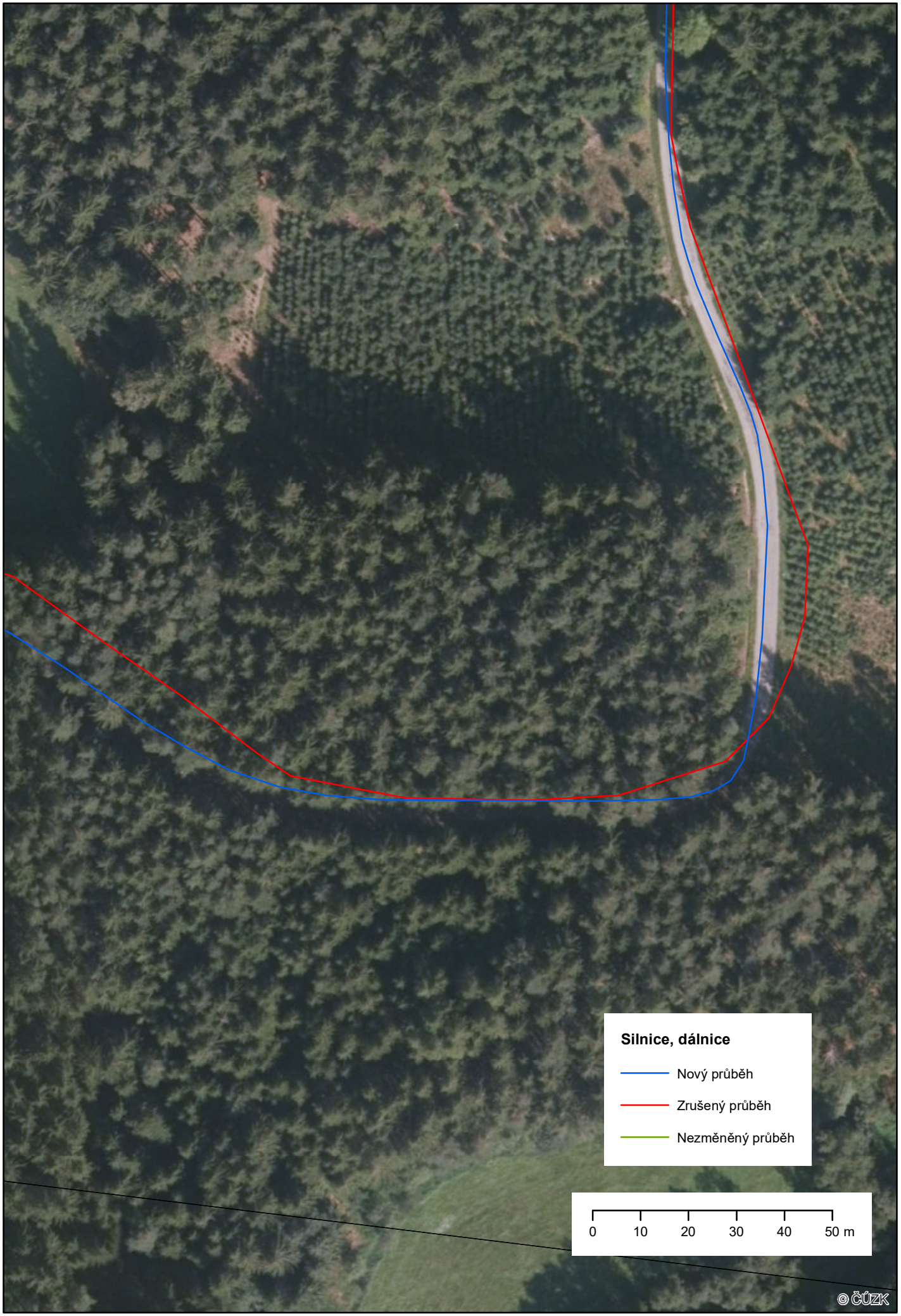
Břehová čára
Nový průběh
Zrušený průběh
Nezměněný průběh
0
10
20
30
40
50 m
© ČÚZK

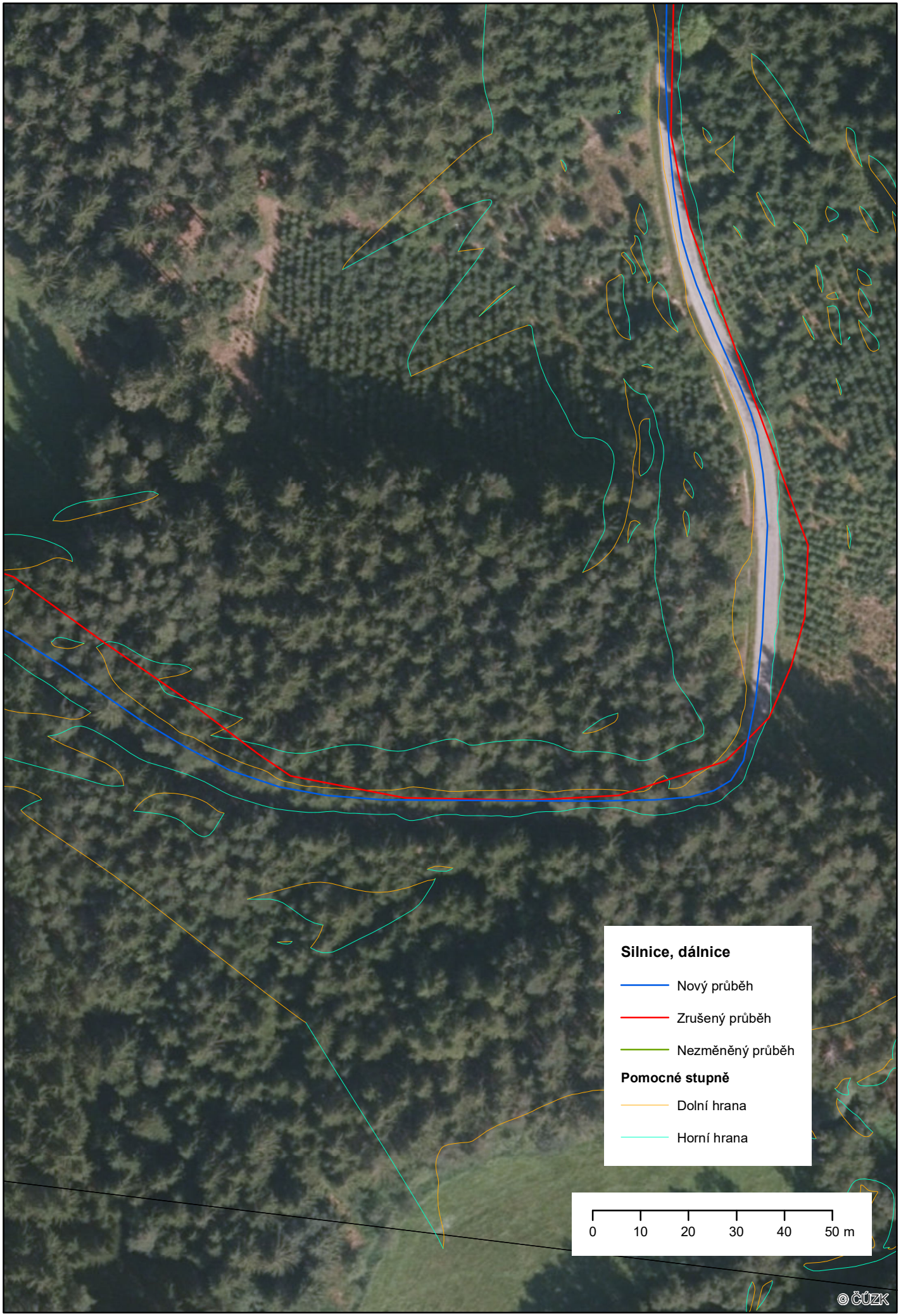

© ČÚZK
Břehová čára, vodní tok
Nový průběh
Zrušený průběh
Nezměněný průběh
Vodní plocha
Přibyla
Ubyla
Nezměněná
0
25
50
75
100
125 m
© ČÚZK
© ČÚZK

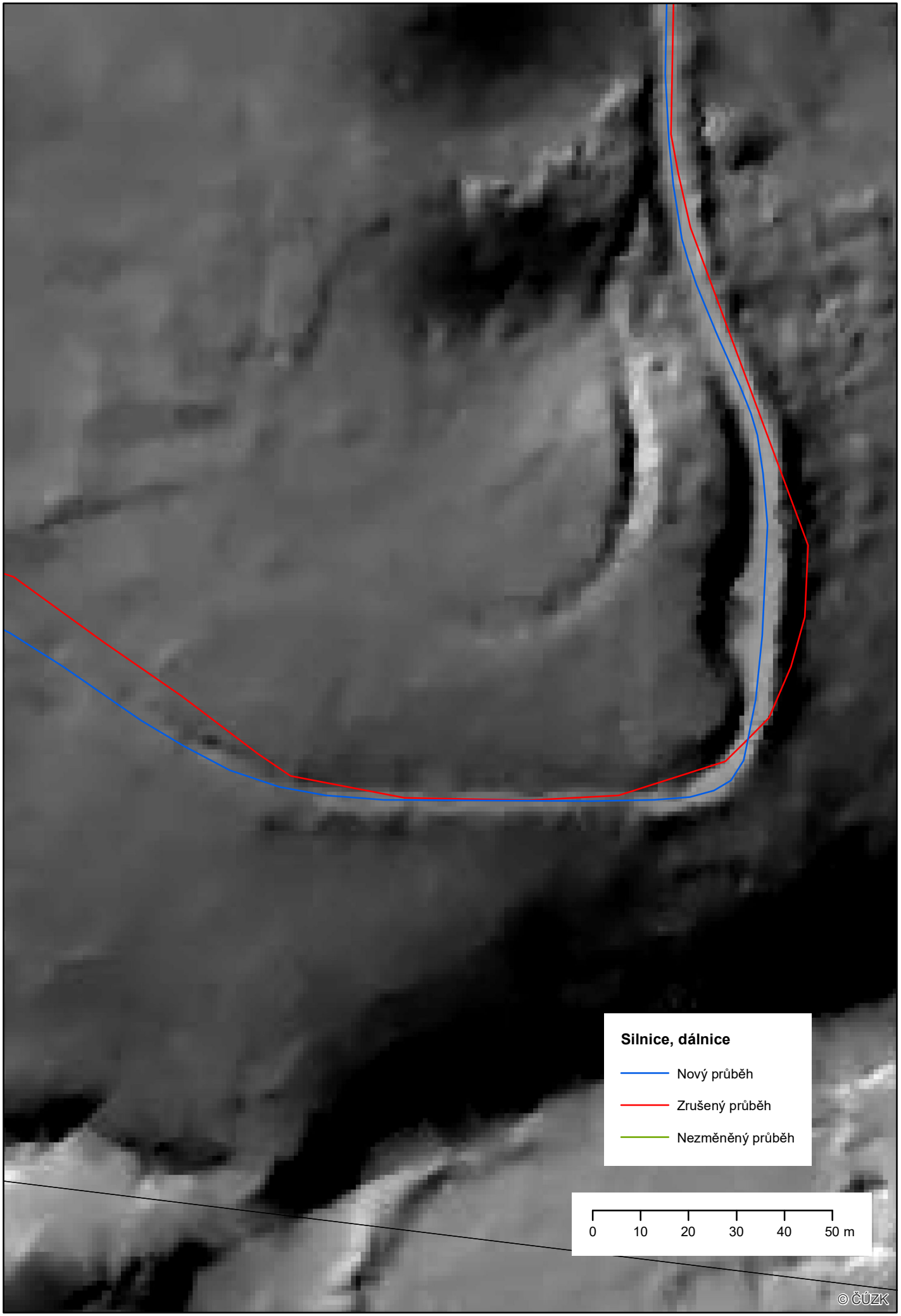

Břehová čára, vodní tok
Nový průběh
Zrušený průběh
Nezměněný průběh
Vodní plocha
Přibyla
Ubyla
Nezměněná
0
10
20
30
40
50 m
© ČÚZK

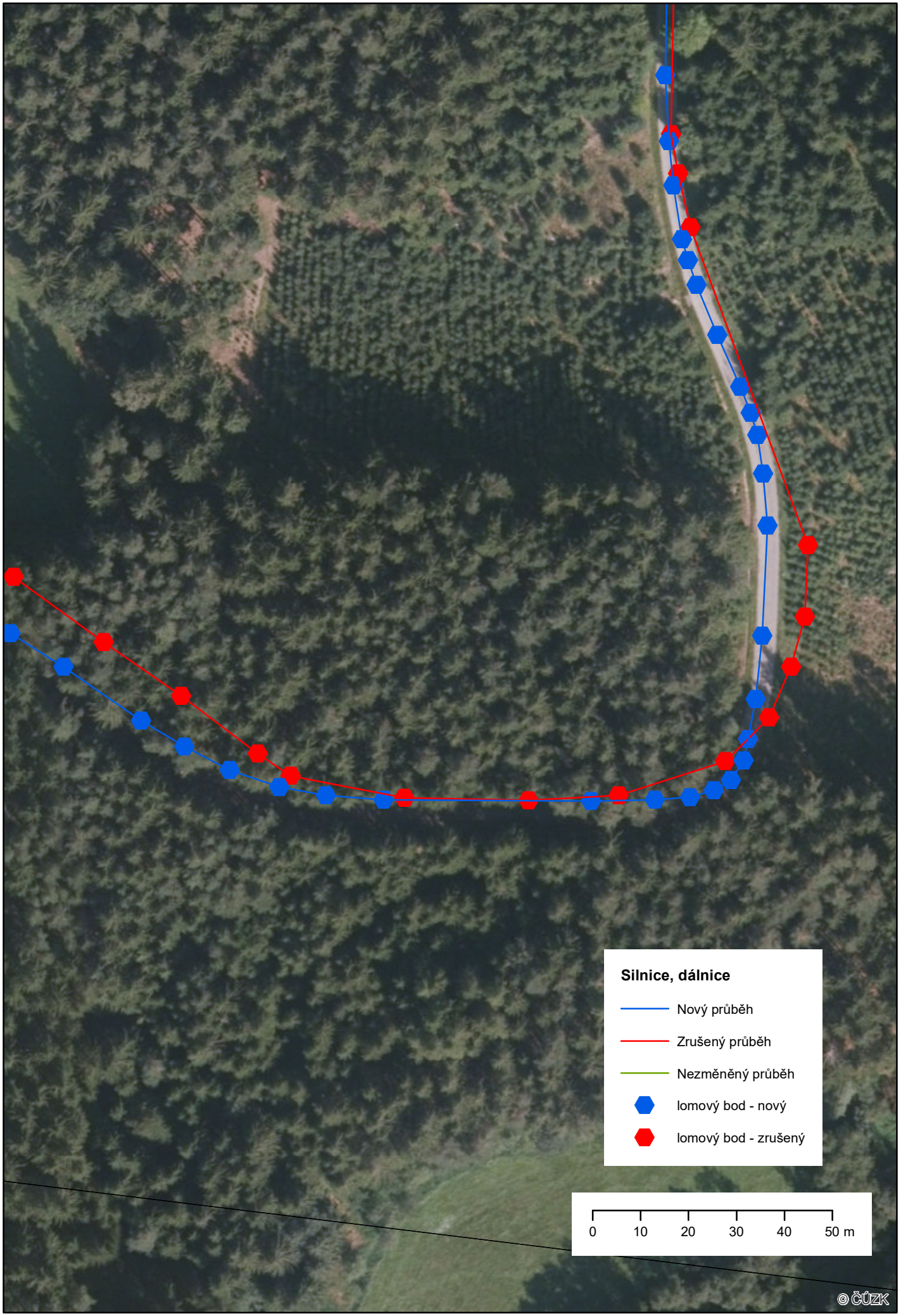

© ČÚZK
Břehová čára, vodní tok
Nový průběh
Zrušený průběh
Nezměněný průběh
Vodní plocha
Přibyla
Ubyla
Nezměněná
0
20
40
60
80
100 m
© ČÚZK

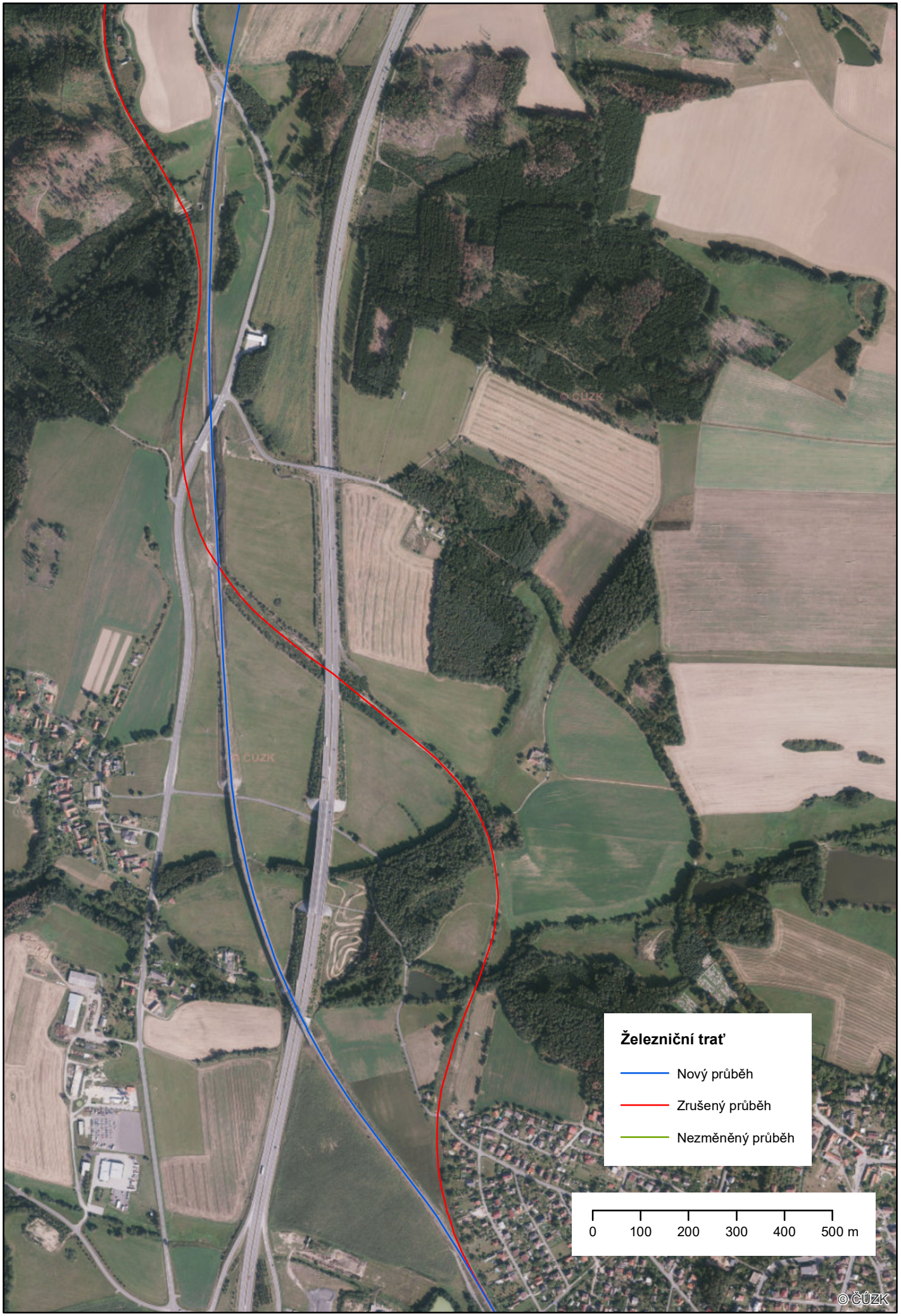

Silnice, dálnice
Nový průběh
Zrušený průběh
Nezměněný průběh
0
10
20
30
40
50 m
© ČÚZK


Silnice, dálnice
Nový průběh
Zrušený průběh
Nezměněný průběh
0
10
20
30
40
50 m
© ČÚZK

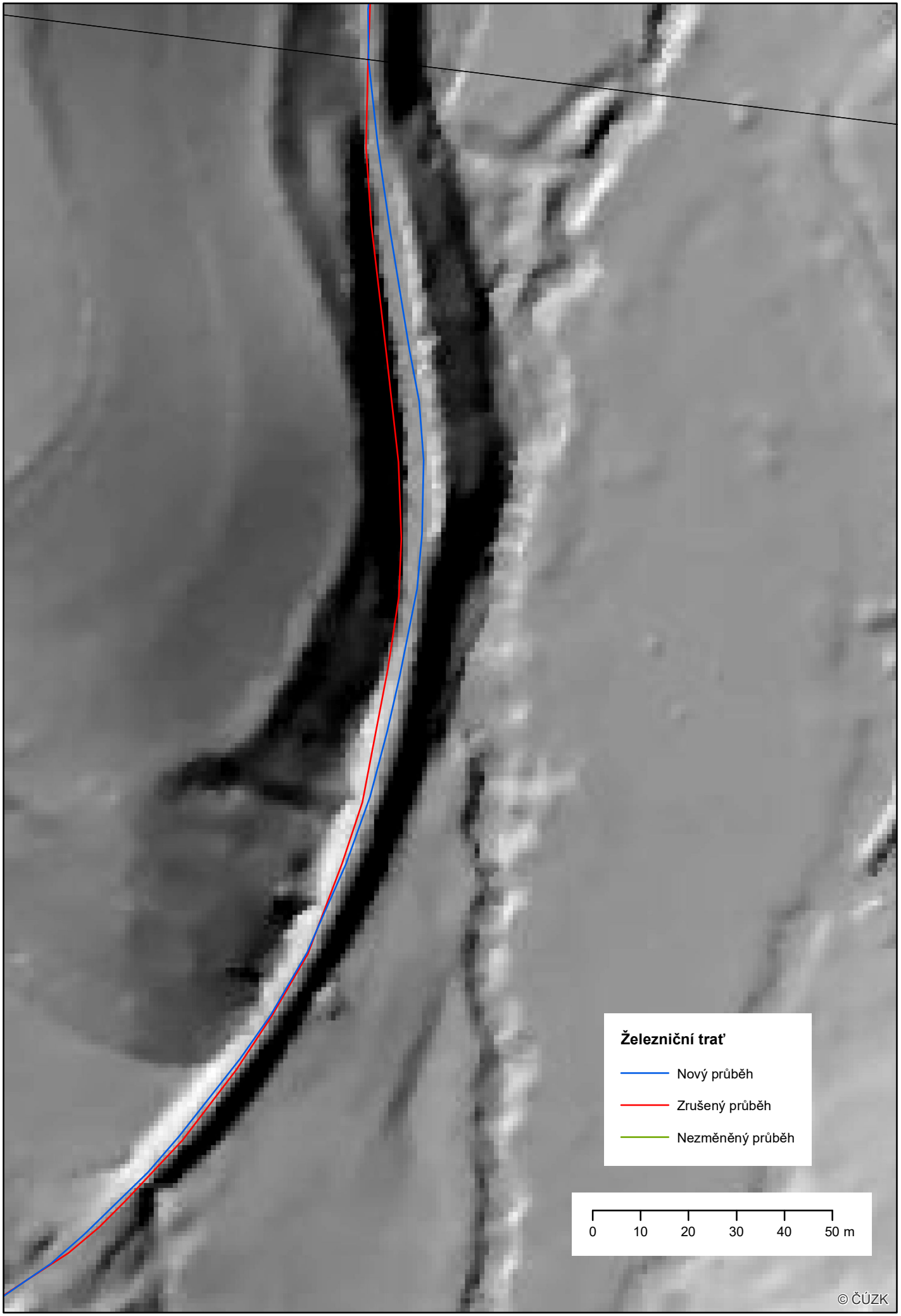

Silnice, dálnice
Nový průběh
Zrušený průběh
Nezměněný průběh
Pomocné stupně
Dolní hrana
Horní hrana
0
10
20
30
40
50 m
© ČÚZK

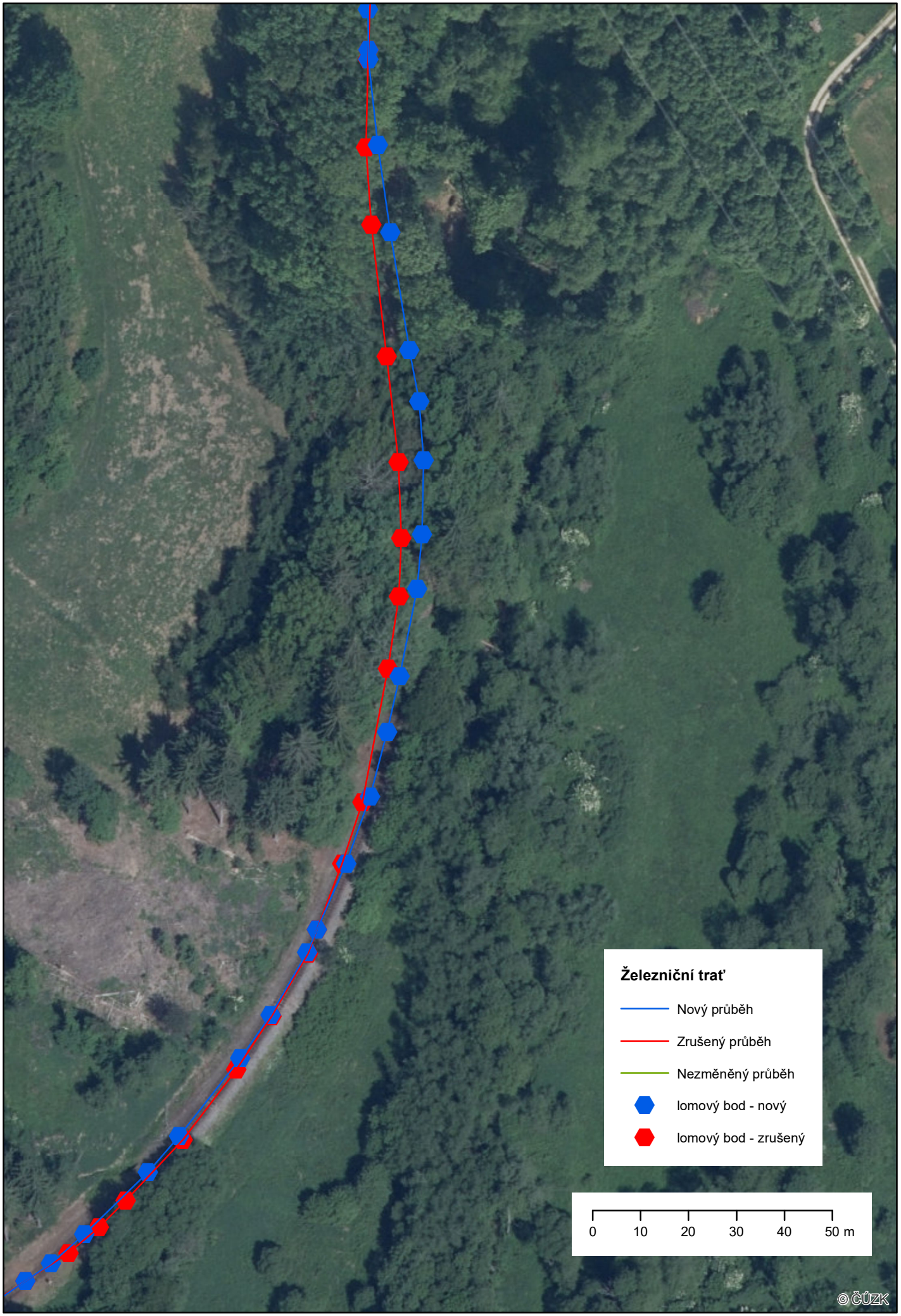

Silnice, dálnice
Nový průběh
Zrušený průběh
Nezměněný průběh
0
10
20
30
40
50 m
© ČÚZK

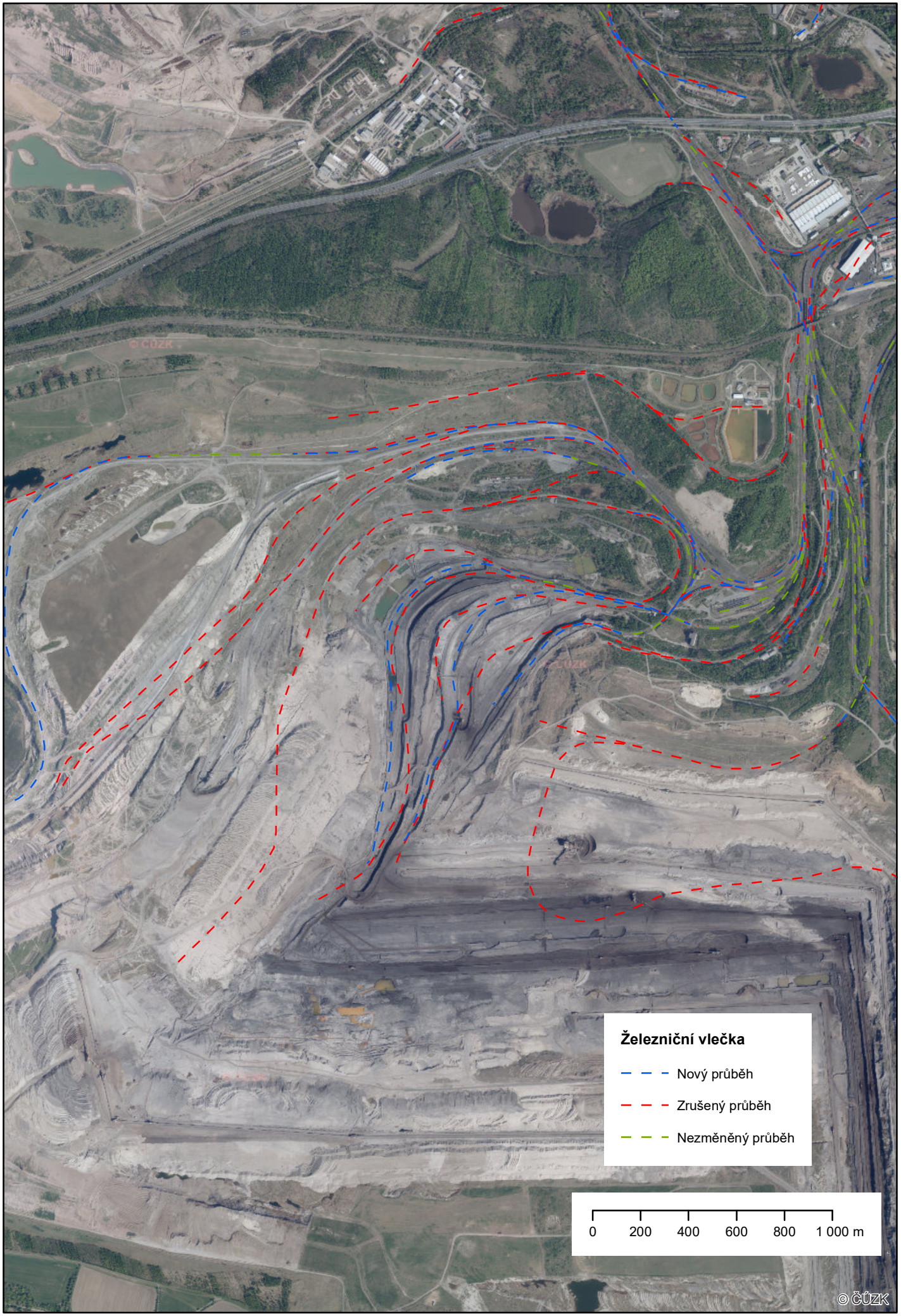

Silnice, dálnice
Nový průběh
Zrušený průběh
Nezměněný průběh
lomový bod - nový
lomový bod - zrušený
0
10
20
30
40
50 m
© ČÚZK

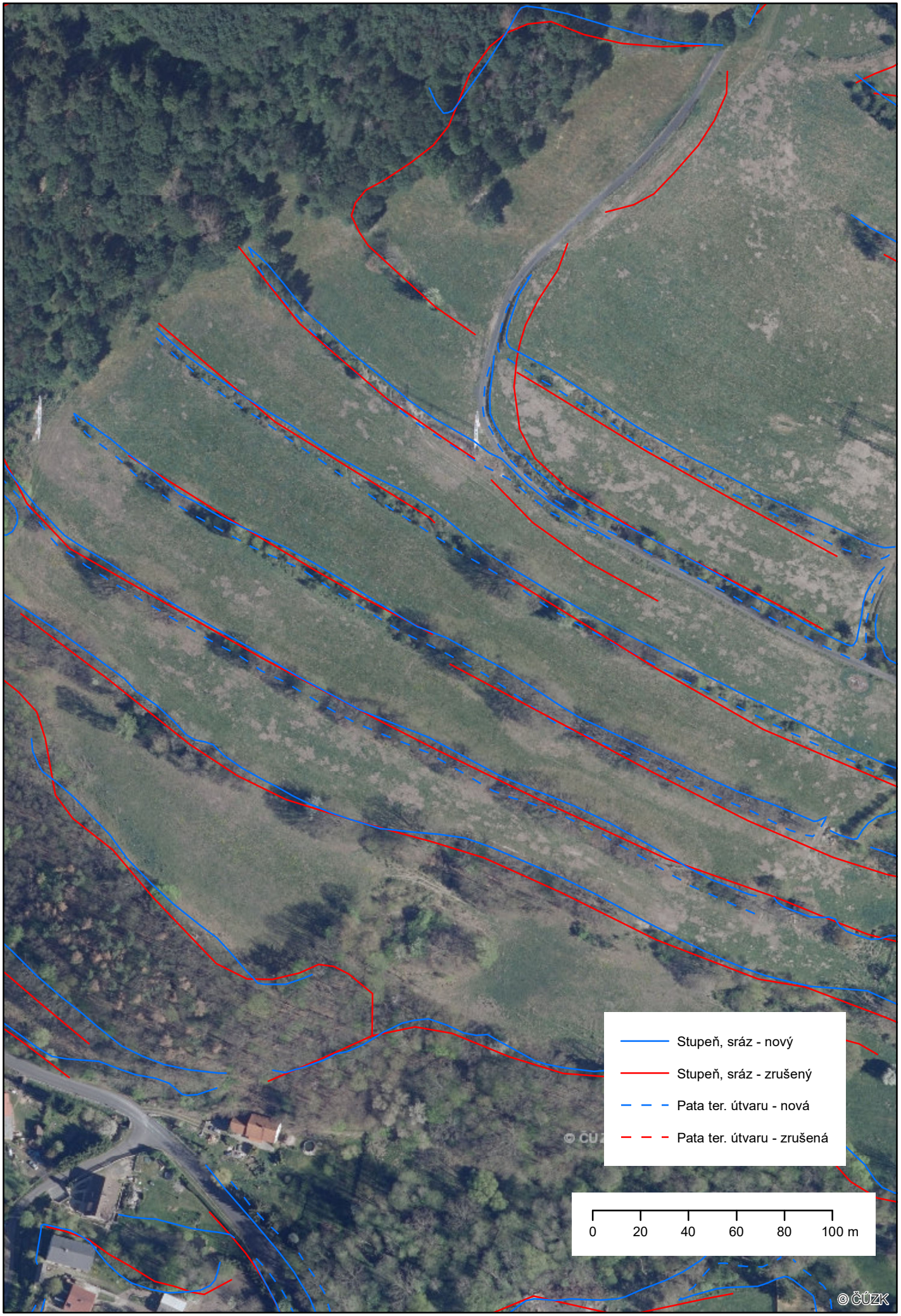

Železniční trať
Nový průběh
Zrušený průběh
Nezměněný průběh
0
100
200
300
400
500 m
© ČÚZK

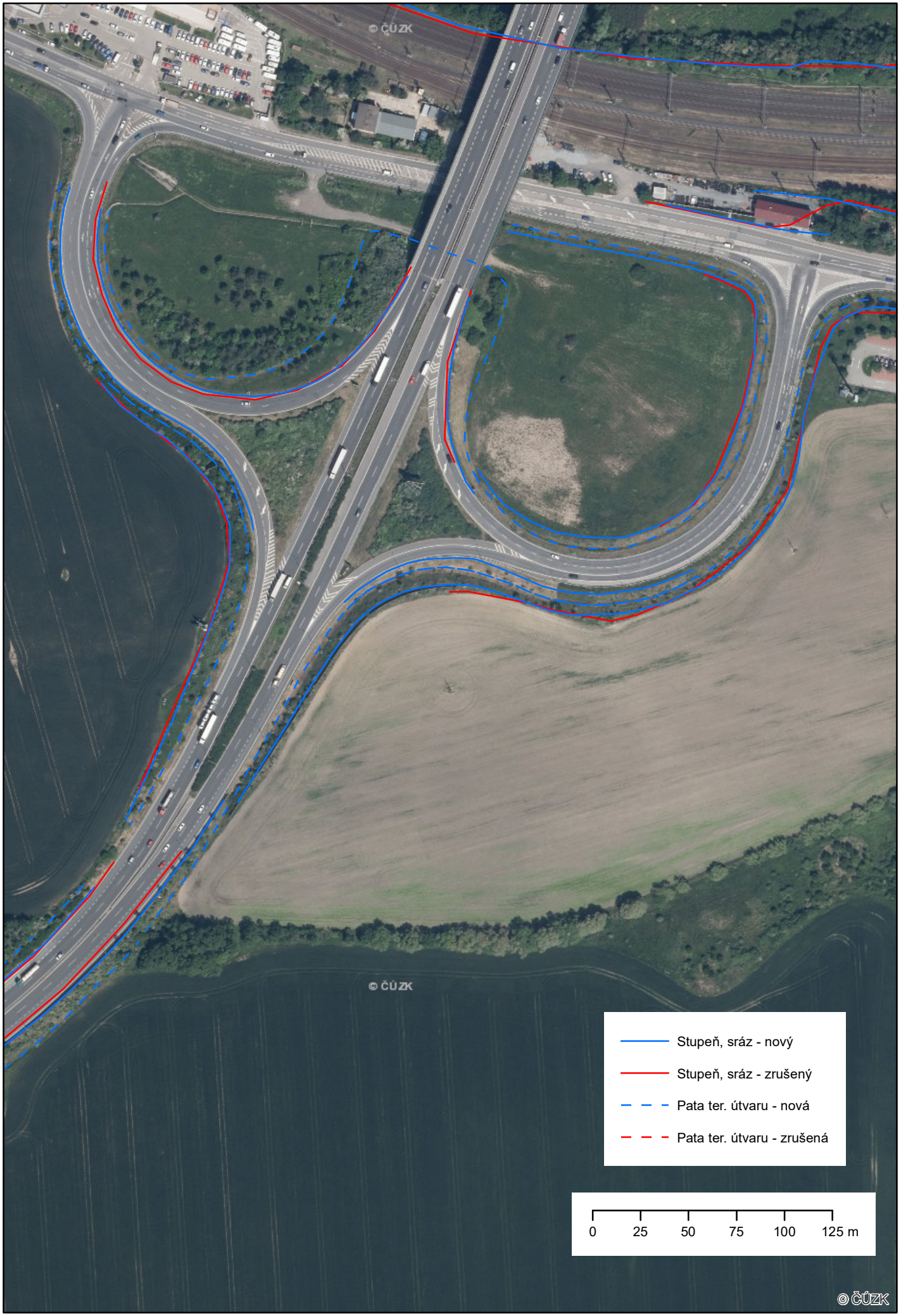
Železniční trať
Nový průběh
Zrušený průběh
Nezměněný průběh
0
10
20
30
40
50 m
© ČÚZK


Železniční trať
Nový průběh
Zrušený průběh
Nezměněný průběh
0
10
20
30
40
50 m
© ČÚZK


Železniční trať
Nový průběh
Zrušený průběh
Nezměněný průběh
lomový bod - nový
lomový bod - zrušený
0
10
20
30
40
50 m
© ČÚZK


Železniční vlečka
Nový průběh
Zrušený průběh
Nezměněný průběh
0
200
400
600
800
1 000 m
© ČÚZK


Stupeň, sráz - nový
Stupeň, sráz - zrušený
Pata ter. útvaru - nová
Pata ter. útvaru - zrušená
0
20
40
60
80
100 m
© ČÚZK


© ČÚZK
© ČÚZK
Stupeň, sráz - nový
Stupeň, sráz - zrušený
Pata ter. útvaru - nová
Pata ter. útvaru - zrušená
0
25
50
75
100
125 m
© ČÚZK