

VYUŽITÍ GEORADARU PŘI POSUZOVÁNÍ STAVU TĚLESA ŽELEZNIČNÍHO SPODKU PO POVODNÍCH

**Ing. Dag Kraus
SZDC, OŘ Ústí nad Labem**

**RNDr. Karel Hrubec
G Impuls Praha spol. s r.o., Praha**

1. ÚVOD

Povodně v roce 2013 postihly u Správy tratí Ústí nad Labem jak pravobřežní, tak levobřežní železniční trať vedoucí podél Labe směrem ke st. hranici. Pravobřežní trať byla postižena zejména v úseku Mělník – Ústí nad Labem, levobřežní v úseku Roudnice-Lovosice.

Obě tratě podél Labe byly vždy ohroženy povodněmi a díky stavitelům byly na tyto události i připraveny. Povodeň v roce 2002 však byla vyšší než „stoletá voda“ a byla historicky za existence těchto tratí největší, takže jsme byli postaveni před zcela výjimečnou situací. Jak se chovat jako správci k totálně zaplaveným náspům, včetně železničního svršku, a především co nás čeká po opadnutí vody. Tehdejší Správa tratí Litoměřice měla na části úseku trati mezi Mělníkem a Liběchovem poškozeno zemní těleso takovým způsobem, že byla trať vyloučena oboukolejně z provozu asi 3 týdny. Obnovený jednokolejný provoz pak trval několik měsíců. Podobně byla poškozena i trať na protějším břehu, takže celkový železniční tranzit v ose východ – západ byl několik měsíců omezen. V úsecích tratí, které nebyly vyloučeny z provozu, byly v některých částech, na základě pochůzek a posouzení s ohledem na znalost místního stavu trati, zavedeny bezpečnostní pomalé jízdy. Většina pomalých jízd byla odstraněna až po opravě povodňových škod. Některé pomalé jízdy přetrvaly až do roku 2004 a byly odstraněny až po realizaci oprav, jiné byly zrušeny po uplynutí doby, která se nám zdála přiměřená k vysušení zemního tělesa a možnosti projevení se případných poruch a závad.

2. POVODEŇ V ROCE 2013

Při povodni na řece Labi v červnu roku 2013, která byla svým rozsahem oproti povodni z roku 2002 cca o jeden metr nižší, došlo opět k masivnímu zaplavení náspů zmiňovaných tratí v souhrnné délce cca 19 km, z toho některé úseky oboustranně. Rozdíl byl v tom, že nebylo zaplaveno celé těleso dráhy ale „pouze“ do úrovně po drážní stezku nebo, v horším případě, voda vystoupala až do šterkového lože. Situaci na dotčených úsecích jsme nepřetržitě monitorovali pochůzkami a jízdami na stanovišti strojvedoucího již od prvního červnového deštivého víkendu. Už dva dny před kulminací hladiny řeky jsme vyloučili oboukolejně z provozu úsek Mělník-Liběchov. Se stoupající hladinou Labe jsme v následujících čtyřech dnech postupně zaváděli bezpečnostní pomalé jízdy (dále jen PJ) na obou tratích směrem k Děčínu a státní hranici. Před kulminací Labe v Mělníku a Děčíně jsme měli osazeno 21 PJ v celkové délce 30 km – viz tabulka.

Poř.	kolej	TÚ	km od-do	TR km/hod	PJ km/hod	zavedení PJ dne	zrušení PJ dne	T: odstranění	vyločení dne + čas	zprovoznění dne + čas
1.	1.TK	Liběchov - Mělník	379,666 - 372,671						4.6.2013 od 15:20 hod	9.6.2013 od 16:30 hod
			379,200 - 376,200	120	30	10.6.2013	13.6.2013			
			379,400 - 379,100	120	50	13.6.2013	20.6.2013			
2.	2.TK	Mělník - Liběchov	372,671 - 379,666						4.6.2013 od 15:20 hod	9.6.2013 od 16:30 hod
			379,200 - 379,200	120	30	10.6.2013	13.6.2013			
			376,800 - 377,900	120	50	13.6.2013	20.6.2013			
3.	3.SK	žst.Úlzáp.n.(Trmice)	0,080 - 0,150	60	30	6.6.2013	19.6.2013			
4.	1.TK	Hrobce - Roudnice n.L.	480,700 - 477,000	160	50	6.6.2013	18.6.2013			
			480,360 - 477,800	160	50	18.6.2013	21.6.2013			
5.	2.TK	Roudnice n.L. - Hrobce	477,000 - 480,700	160	50	6.6.2013	18.6.2013			
6.	2.TK	Bohušovice n.O.-Lovosice	491,600 - 492,100	160	50	6.6.2013	18.6.2013			
			491,720 - 491,790	160	50	18.6.2013	21.6.2013			
7.	1.TK	Lovosice - Bohušovice n.O.	492,100 - 491,600	160	50	6.6.2013	18.6.2013			
			492,070 - 491,920	160	50	18.6.2013	21.6.2013			
8.	2.SK	žst.Bohušovice n.O.	488,100 - 487,900	160	50	6.6.2013	18.6.2013			
			487,900 - 487,950	160	50	18.6.2013	21.6.2013			
9.	1.SK	žst.Bohušovice n.O.	487,900 - 488,100	160	50	6.6.2013	18.6.2013			
10.	1.TK	Sebuzín - V.Žernoseky	417,400 - 414,000	85	50	6.6.2013	14.6.2013			
			416,800 - 415,300	85	50	14.6.2013	25.6.2013			
			416,000 - 415,300	85	50	25.6.2013	2.9.2013			
11.	1.TK	V.Žernoseky - Litoměřice d.n.	411,960 - 407,300	90	50	6.6.2013	14.6.2013			
			408,200 - 407,500	90	50	14.6.2013	20.6.2013			
14.	1.TK	Litoměřice d.n. - Polepy	403,900 - 400,000	120	50		12.6.2013			
			403,400 - 400,000	120	50	12.6.2013	8.10.2013			
			403,000 - 402,950	120	50	8.10.2013	9.1.2014			
			400,250 - 400,000	120	50	8.10.2013		30.6.2014		
			403,000 - 402,900	120	50	8.10.2013		30.6.2014		
15.	2.TK	Polepy - Litoměřice d.n.	402,900 - 402,950	110	20	12.6.2013	17.6.2013			
16.	2.TK	Polepy - Litoměřice d.n.	402,300 - 402,900	110	50	12.6.2013	17.6.2013			
17.	2.TK	Polepy - Litoměřice d.n.	403,700 - 403,900	120	50	12.6.2013	17.6.2013			
18.	1.SK	žst.Litoměřice d.n.	406,900 - 406,500	80	50	12.6.2013		30.6.2014		
19.	2.SK	žst.Litoměřice d.n.	406,400 - 407,100	90	50	12.6.2013		30.6.2014		
20.	1.TK	Liběchov - Mělník	377,300 - 377,200	120	50	13.6.2013	31.7.2013			
21.	1.TK	V.Žernoseky - Litoměřice d.n.	411,960 - 407,300	90	50	6.6.2013	14.6.2013			
			408,200 - 407,500	90	50	14.6.2013	20.6.2013			
			411,050 - 410,550	90	50	14.6.2013	20.6.2013			

3. STAV PO KULMINACI

Ještě před poklesem povodňové hladiny Labe jsme se na Správě tratí začali zabývat budoucí situací, jakým způsobem odborně posoudit stav zemního tělesa v místech, kde nebudou žádná zjevná poškození a přesto mohou být v zemním tělese skryté závady – kaverny, zvodnělá místa, případně rozbředlá zemina zemního tělesa, které by se mohly projevit náhlou změnou geometrických parametrů koleje (dále jen GPK) nebo náhlými poruchami zemního tělesa. Cílem bylo minimalizovat nutný rozsah pomalých jízd snižujících propustnost tratí, což bylo významné, jak je to z tabulky, při porovnání hodnot traťových rychlostí (dále jen TR) a hodnot PJ, zřejmé.

Po dobu povodně veřejná silniční doprava, zásobování a logistika výrobních firem stagnovaly nebo se zcela zastavily. Pro dokreslení: kvůli nesjízdnému úseku Mělník-Liběchov jsme denně informovali o vývoji situace na trati 072 ředitele logistiky Škoda Auto Mladá Boleslav, kde hrají roli i hodiny v systému dodávek „just in-time“.

V rámci naléhavé potřeby jsme, v souladu se zákonem o zadávání veřejných zakázek č. 137/2006 Sb. a Směrnicí SZDC č. 53 „Směrnice o zadávání veřejných zakázek státní organizace Správa železniční dopravní cesty“, vysoutěžili ve zrychleném řízení dodavatele na geotechnický průzkum pražcového podloží. Průzkum byl proveden kontinuálním radarovým měřením, které provedla firma G Impuls Praha. Během čtyř dnů bylo provedeno měření pražcového podloží mobilním georadarem a průběžně jsme (přes noc) dostávali interpretovaný radarogram a odvozený vertikální řez osou koleje. Podrobnosti jsou ve druhé části této přednášky zpracované RNDr. Hrubecem ze společnosti G Impuls Praha. Složitě grafické výsledky nám byly, po dohodě s řešitelem, předávány v závislosti na závažnosti poruchy v podobě jednoduchého známkování 1 až 5, jako ve škole. Na základě těchto výsledků pak byly upravovány, posouvány či zkracovány pomalé jízdy, směrovány pochůzky a měření GPK a dohled nad chováním zemního tělesa. Podle předcházející tabulky je vidět, že v poměrně krátké době 1-2 týdnů jsme mohli zkrátit nebo ojedinele zrušit necelou polovinu zavedených PJ. V místech vážnějšího poškození některé PJ přetrvaly až do září nebo října a 4 PJ jsou osazeny dodnes.

Záznam z radarového měření byl podkladem i pro zadání podrobnějšího průzkumu a následných opravných prací. Práce byly vysoutěženy v posledním čtvrtletí roku 2013 a jejich realizace bude probíhat v letošním roce.

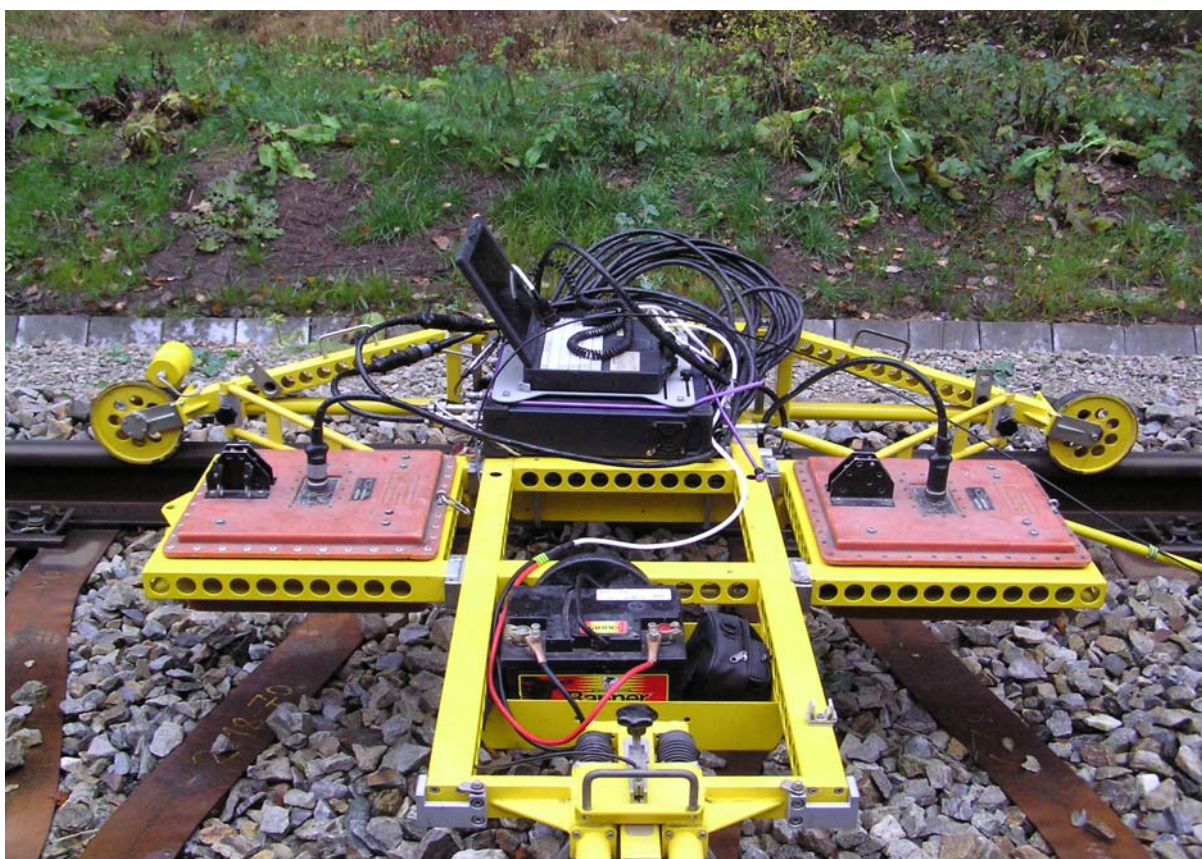
U této metody je nutno upozornit na skutečnost, že ne vždy odhalí všechny závady v pražcovém podloží. Má své hloubkové a šířkové omezení, ale i přes tyto limity je rychlá a v porovnání s energetickými ztrátami v železničním svršku poměrně levná.

4. RADAROVÉ MĚŘENÍ

K měření byla použita plně digitální radarová aparatura **SIR 20** (GSSI - USA) s anténním systémem 2x500 MHz umístěným v ose koleje. Měřeno bylo metodikou používanou při kolaudačních měřeních koridorových tratí. Aparatura byla nainstalována na vozíku Krab. IRC jednotka na krabu zajišťovala ekvidistanční krok měření a vlastní poloha měření byla sladěna se skutečnou kilometrází trati podle hektometrovníků. Vozík byl tažen za MUV a rychlost při měření na trati byla okolo 15 – 20 km/hod.



Obr. 1: Traťová kolej dotčená povodní



Obr. 2: Georadar osazený na vozíku Krab

Terénní práce byly realizovány ve třech dnech, změřeno bylo přes 30 km povodněmi zasažených tratí. Radarově kontrolovány byly následující úseky:

1. úsek: 1.TK Mělník - Liběchov v km 376,200 - 379,600
2. úsek: 2.TK Mělník - Liběchov v km 376,220 - 379,600
3. úsek: 1.TK Polepy - Litoměřice d.n. v km 400,000 - 404,000
4. úsek: 2.TK Polepy - Litoměřice d.n. v km 400,000 - 403,900
5. úsek: 1. TK Litoměřice d.n. - Velké Žernoseky km 407,31 - 411,900
6. úsek: 1.TK Velké Žernoseky - Sebužín km 414,000 - 417,400
7. úsek: 1. TK Roudnice n.L - Hrobce v km 477,700 - 480,700
8. úsek: 2.TK Roudnice n.L. – Hrobce v km 477,700 - 480,700
- 9.1. úsek: 1. SK žst. Bohušovice v km 488,100 - 487,900
- 9.2. úsek: 2.SK žst. Bohušovice v km 488,100 - 487,900
10. úsek: 1. TK Lovosice - Bohušovice v km 492,100 - 491,600
11. úsek: 2. TK Lovosice - Bohušovice v km 492,100 - 491,600
12. úsek: 3 SK Trmice v km 4,000 – 4,300

Interpretace ve zjednodušené formě byla předávána průběžně a kompletní výsledky byly k dispozici do dvou dnů po skončení terénního měření daného úseku. Výstupem byla segmentace trati na kvazihomogenní bloky, u nichž předpokládáme srovnatelný stav jak v době měření, tak obdobný vývoj v budoucnosti. Bloky byly zpracovány jednak ve formě tabulek se staničením počátku a konce jednotlivých bloků a s jejich charakteristikou a dále do formy grafických výstupů obsahujících interpretované radarogramy a hloubkové řezy pražcovým podložím z vyznačenými konstrukčními vrstvami a zjištěnými závadami. Hloubky v interpretovaném řezu jsou vztaženy k horní úrovni kolejového lože (tj. přibližně k hlavě pražců). Hloubkový dosah měření byl okolo 2 – 2,5 m a detekovány byly závady o délce nad pět metrů (krok měření byl 0,5 m).

Výsledky průzkumu jsou poplatné ke stavu drážního tělesa v ose koleje. Po povodňové měření je nutné doplnit pochůzkou se zaměřením na kontrolu stavu náspů a odřezů vně kolejiště (viditelné deformace, výraznější výtoky vod, ..). Poruchy z těchto partií nemohly být radarovým měřením zachyceny, pokud se ještě neprojevily pod osou jednotlivých kolejí. Hloubkový dosah měření cca 2,5 m také neumožnil zjistit stav báze vyšších náspů či odřezů. Naměřená data byla plně kompatibilní s databází radarových měření vedenou ve středisku diagnostiky železničních tratí u TÚDC v Hradci Králové a lze je dále použít ke sledování změn v pražcovém podloží v následujících letech.

5. ZÁVĚR

Povodně nás budou potkávat pravděpodobně čím dál častěji. Pro nás mají již provedená měření tu výhodu, že při příští povodni budeme mít možnost porovnání stavu zemního tělesa a rozsahu poškození při další povodni což nám pomůže v orientaci poruch a rychlejším zadání podrobnějšího průzkumu a následné zadání prací. Na základě našich praktických zkušeností bych do budoucna navrhoval tuto metodu, jinak běžně využívanou především na investičních stavbách Správy železniční dopravní cesty, s.o., používat jako předběžný průzkum stavu pražcového podloží po povodních, případně ji zakotvit i v předpisové základně SŽDC. Protože SŽDC již má i svůj georadar bude v budoucnu možno objednat měření poruch pražcového podloží snadněji – bez výběrového řízení.

Lektoroval: Ing. Jiří Šídlo, SŽDC, Praha

Příklad výstupní tabulky:

Mělník – Liběchov TK 2, km 376.220 – 379.600

kilometráž hranic kvazihomogenních bloků a jejich charakteristika

Blok	od (m)	do (m)	popis	poznámka
ML2_1	376.220	376.270	zatlačení ŠL do podkladní vrstvy, znečištěno	2
ML2_2	376.270	376.481	dtto+deformace v pláni	3
ML2_3	376.481	376.609	OK	1
ML2_4	376.609	376.657	deformace v podloží v přechodové zóně TD	2
ML2_5	376.657	376.688	podmáčená PV	2
ML2_6	376.688	376.778	zatlačení ŠL do podkladní vrstvy, podmáčená PV	3
ML2_7	376.778	376.824	OK	1
ML2_8	376.824	376.885	deformace v pláni	2
ML2_9	376.885	376.942	OK	1
ML2_10	376.942	377.062	podpodmáčená báze ŠL a její podloží(PV+pláň)	3
ML2_11	377.062	377.178	podmáčené pláň a lokálně PV	2/3
ML2_12	377.178	377.238	podpodmáčená báze ŠL a její podloží(PV+pláň)	3
ML2_13	377.238	377.286	podmáčení a deformace pláně až do hloubky > 2m	3/4
ML2_14	377.286	377.406	podmáčené pláň	2
ML2_15	377.406	377.479	mírné nehomogenity v okolí TD	1
ML2_16	377.479	377.531	lokálně podmáčená pláň	2
ML2_17	377.531	377.613	podmáčená pláň	2
ML2_18	377.613	377.780	podmáčená PV a pláň	2/3
ML2_19	377.780	377.897	TD-OK	1
ML2_20	377.897	377.913	lokálně podmáčená pláň	2
ML2_21	377.913	378.018	OK	1
ML2_22	378.018	378.043	drobné deformace v pláni	1
ML2_23	378.043	378.212	OK	1
ML2_24	378.212	378.383	TTD, deformace pláně v přechodové zóně	2
ML2_25	378.383	378.490	OK	1
ML2_26	378.490	378.744	zatlačení ŠL do podkladní vrstvy, znečištěno	2
ML2_27	378.744	378.896	deformace a podmáčení v pláni	2/3
ML2_28	378.896	378.921	deformace v okolí TD	2
ML2_29	378.921	378.987	deformace v pláni	2
ML2_30	378.987	379.036	OK	1
ML2_31	379.036	379.242	deformace a podmáčení v pláni	2
ML2_32	379.242	379.302	OK	1
ML2_33	379.302	379.359	deformace a podmáčení v pláni	2
ML2_34	379.359	379.380	OK	1
ML2_35	379.380	379.455	zatlačení ŠL do podkladní vrstvy, podmáčená PV	2/3
ML2_36	379.455	379.493	zatlačení ŠL do podkladní vrstvy	2
ML2_37	379.493	379.516	zvýšená vlhkost v PV	2
ML2_38	379.516	379.600	OK	1

Legenda:

ŠL – šterkové lože

PV – podkladní vrstva

TD – technické dílo (most, propustek, přejezd, přechod)

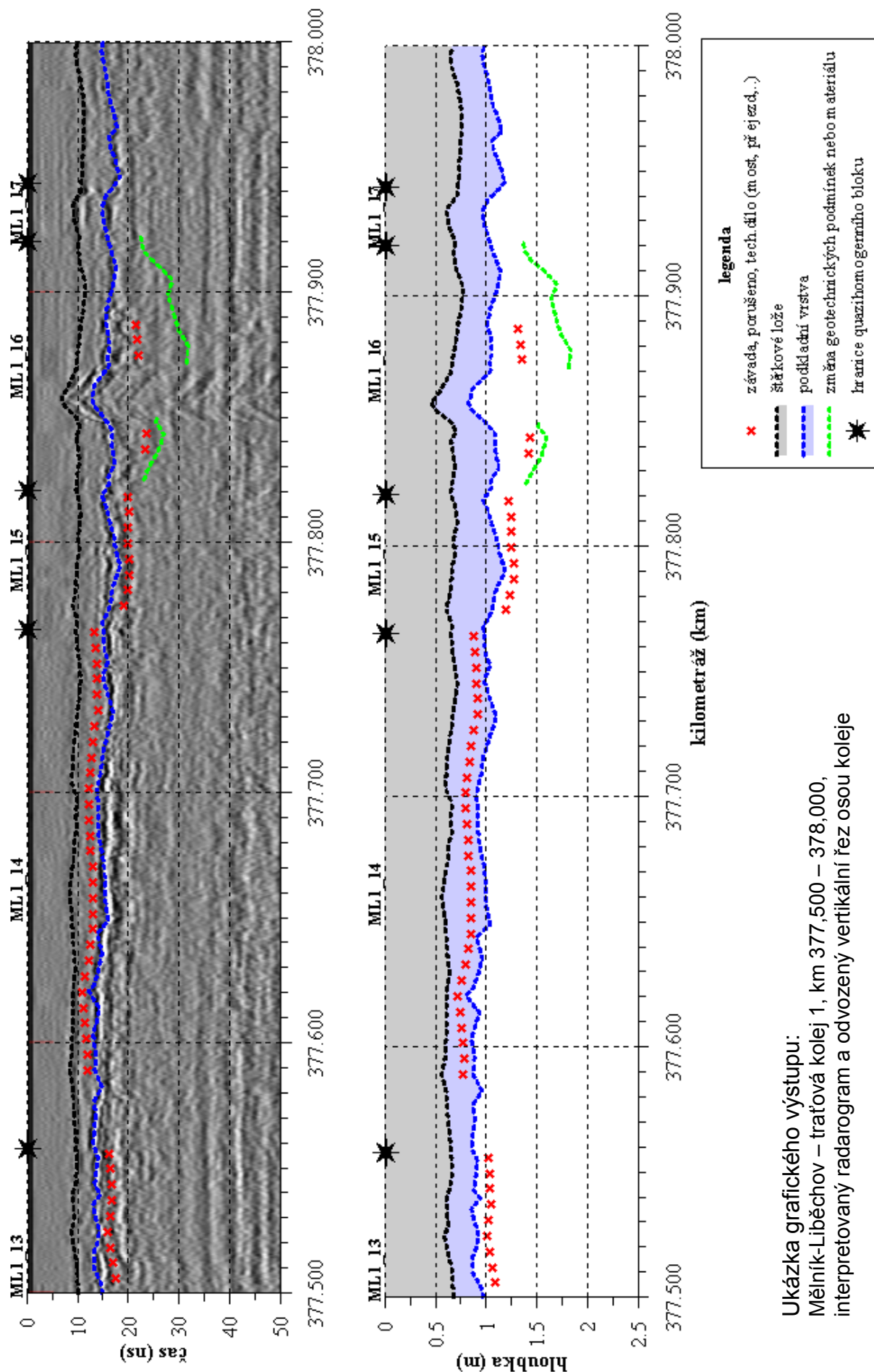
1 – normální provoz, povodní neovlivněné

2 – normální provoz, do vyschnutí kontrolovat pochůzkou

3 – snížená rychlost, kontrolovat po vyschnutí možný normální provoz

4 – nebezpečí pro provoz snížená rychlost do opravy, kontrolovat

5 – nestabilní, porušeno, neprovozovat nutno opravit



Ukázka grafického výstupu:
Mělník-Liběchov – traťová kolej 1, km 377,500 – 378,000,
interpretovaný radarogram a odvozený vertikální řez osou koleje