

SILNICE II/405 Příseka

Návrh rehabilitačních opatření na základě výstupů měření
technologií GPR a FWD



BEYOND
THE
SURFACE

SILNICE II/405 Příseka

Návrh rehabilitačních opatření na základě výstupů měření
technologií GPR a FWD

Obsah

Obsah	0
1. Úvod	1
2. Základní principy GPR metody.....	1
3. Analyzovaný úsek a provedené zkoušky	2
4. Zpracování a interpretace	3
4.1 Tloušťka konstrukce vozovky	3
4.2 Vzorky jádrových vývrtů	5
5. Rizika vzniku kolejí typu 1 a 2.....	6
5.1 Riziko vzniku kolejí typu 1	6
5.2 Riziko vzniku kolejí typu 2	7
6. Hodnocení	7
7. Návrh zkvalitnění	8
7.1 Systém odvodnění	9
7.2 Odfrézování části stávající asfaltové vrstvy, tvarování, pokládka nové ohrusné vrstvy	9
7.3 Výměna podloží	9
7.3 Frézování stávající ohrusné vrstvy a přidání nové ohrusné vrstvy	10
8. Shrnutí a závěry.....	10
PŘÍLOHY	10

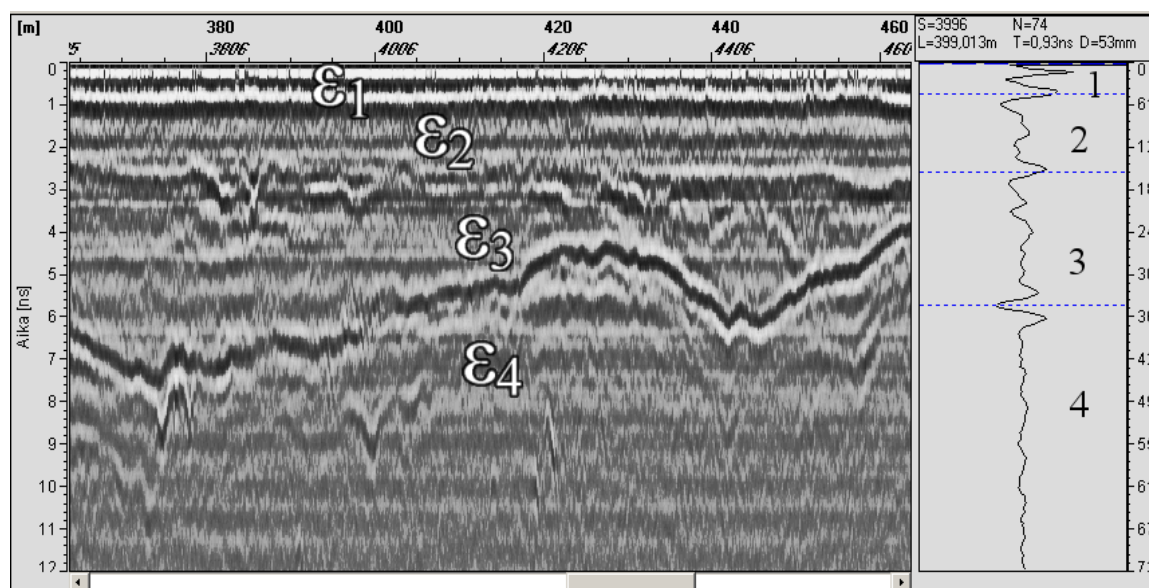
1. Úvod

V průběhu měsíce října a listopadu 2013 provedla společnost Roadscanners diagnostiku silnice II/405 v úseku Příseka v celkové délce přibližně 2500 m. Měření bylo provedeno ve dvou měřených liniích, jedna linie pro každý směr. Současně s GPR zaměřením bylo zajištěno provedení rázových zatěžovacích zkoušek daného úseku technologií deflektometru (FWD). Na základě výsledků GPR a FWD byl zpracován návrh rehabilitačních prací. Účelem těchto měření bylo zjistit aktuální stav vozovky a tloušťky jejích konstrukčních vrstev a na základě získaných dat provést návrh na modernizaci.

Tento dokument obsahuje výsledky analýzy založené na naměřených datech a současně návrh modernizace analyzovaného úseku.

2. Základní principy GPR metody

Georadar se skládá z rádiového vysílače a přijímače, které spolupracují společně s GPR anténami. Princip georadarové metody spočívá v opakovaném vysílání vysokofrekvenčního elektromagnetického impulsu vysílací anténou do zkoumaného prostředí. V místech, kde je změna elektromagnetických vlastností prostředí, dochází k odrazu části energie vyslaného elektromagnetického impulsu a ta se registruje přijímací anténou. Tento impuls je získávaný z rozličných druhů vrstev, poruch spojitosti materiálu zapříčiněných vlhkostí, nebo jinými příčinami. Je měřen čas vyslání a přijetí impulsu. V případě častého opakování v krátkých intervalech lze získat výsledky v kontinuálním zobrazení (obr. 1).



Obrázek 1. Profil měření georadarem s "horn" anténou individuálním pulsem. Profil zobrazuje odraz od dvou vrstev různými dielektrickými hodnotami (ϵ). Obrázek ve vrstvě 1 zobrazuje asfaltovou vrstvu, vrstva 2 zobrazuje vrchní podkladovou vrstvu, vrstva 3 zobrazuje spodní podkladovou vrstvu a vrstva 4 filtrační vrstvu. Obrázek ukazuje, že dielektrická hodnota materiálu (vlhkost) se zvyšuje směrem dolů od povrchu vozovky, s výjimkou dielektrické hodnoty ve vrstvě (ϵ_4), která je menší než v podkladní vrstvě a polarita odrazu je převrácená (černá čára uprostřed dvou bílých čar).

Obecně platí, že rychlost šíření vln a jejich odrazu je ovlivněna permitivitou, magnetickou citlivostí a elektrickou vodivostí materiálu. Zobrazuje variabilitu v závislosti na celkovém typu používaného asfaltu, typu pojiva (živice), přítomnosti vodivých minerálů, pórovitosti, poruchovosti a nakonec účinku soli a akumulaci materiálu ve výplni pórů a poruch. Nejdůležitější vlastností, která ovlivňuje elektrický signál GPR, je dielektrická permitivita, která ovlivňuje rychlost GPR signálu v materiálu.

Vlnová délka antény ovlivňuje schopnost systému identifikovat objekty různých velikostí. Například vysoké frekvence antény s krátkou vlnovou délkou mají lepší rozlišení, ale menší hloubku průniku, zatímco nízké frekvence antény s delší vlnovou délkou mají hrubší rozlišení, avšak pronikají hlouběji do materiálů.

Antény typu „horn“ pracují s frekvencí 1-2 GHz. Hloubka průniku „horn“ antény je limitována na přibližně 1 m. Během měření je anténa zavěšená přibližně 0,3 – 0,5 m nad měřeným povrchem. Rychlost jízdy během měření je vysoká, až do 90 km/hod. Další použitou anténou v tomto měření byla anténa s frekvencí 400 MHz, s měřicí hloubkou přibližně 3 m. Při měření s 400 MHz anténou je nutný bližší kontakt s měřeným povrchem, a proto je rychlost jízdy během měření přibližně 40 až 50 km/hod.

3. Analyzovaný úsek a provedené zkoušky

Měřený úsek silnice byl dlouhý přibližně 2500 m. Počátek měření silnice II/405 byl před obcí Příseka ve staničení 6 800 m a konec úseku byl za obcí Příseka ve staničení 9 050 m. Počátek i konec měření byl na rozhraní staré a nové asfaltové vozovky. V tomto úseku má silnice dva jízdní pruhy, zaměření bylo provedeno jedenkrát v každém pruhu. Denní intenzita provozu podle sčítání dopravy v roce 2012 byla 3325 osobních automobilů a 304 těžkých nákladních vozidel za 24 hodin. Situaci měřeného úseku zobrazuje obrázek 2.



Obrázek 2. Situace měřeného úseku silnice II/405 zobrazená na mapě.

Měření georadarem (GPR) bylo provedeno pomocí zařízení GSSI SIR-30 se dvěma anténami, 2 GHz anténou typu “horn” a 400 MHz anténou typu “ground coupled” (obr. 3). Taktéž bylo pořízeno digitální video s GPS souřadnicemi.



Obrázek 3. GPR měřicí systém společnosti Roadscanners CE vybavený 2 GHz “horn” anténou a 400 MHz anténou před vozidlem. Videokamera s GPR přijímačem je upevněna na střeše vozidla.

Měření pomocí georadaru včetně pořízeného video záznamu bylo doplněno rázovými zatěžovacími zkouškami pomocí deflektometru (FWD) a provedením jádrových vývrtů vozovky.

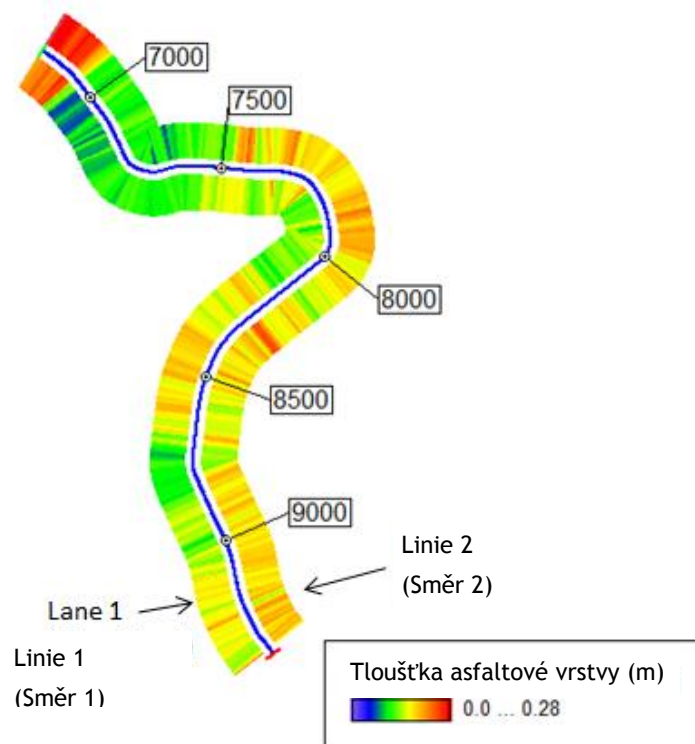
4. Zpracování a interpretace

Údaje z GPR byly zpracovány a vyhodnoceny v programu RoadDoctorPro®. Digitální video a FWD údaje byly importovány do programu RoadDoctorPro® pro komplexní interpretaci a analýzu rizik. Interpretace údajů byla provedena pro 2 nejdůležitější rozhraní tohoto průzkumu a to pro spodek obalované vrstvy a rozhraní mezi konstrukcí vozovky a podložím/násypem.

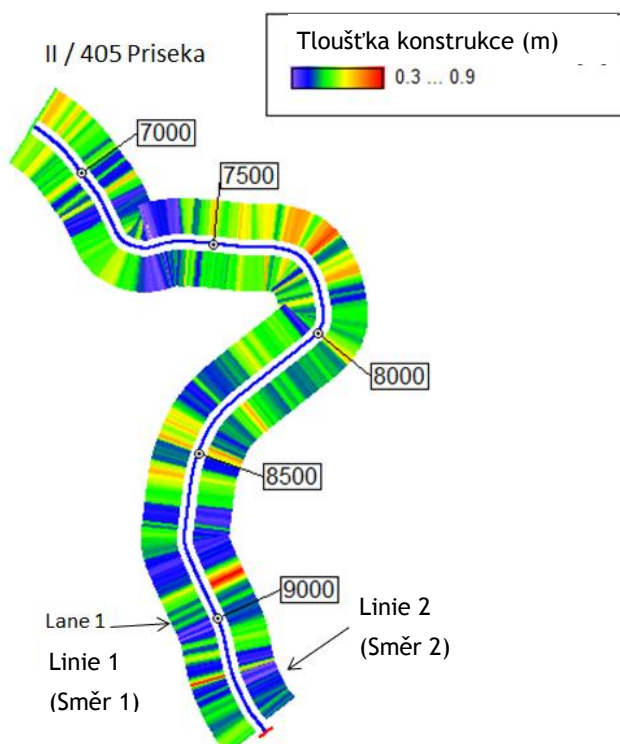
4.1 Tloušťka konstrukce vozovky

Analýzovaný úsek silnice II/405 se skládá z asfaltových (obalovaných vrstev) s průměrnou tloušťkou 14,8 cm. Celková tloušťka konstrukce vozovky je v průměru 52 cm. Obrázek č. 4 a č. 5 zobrazuje tloušťky stmelených/obalovaných vrstev a celkovou tloušťku konstrukce vozovky v měřených liniích.

Příloha 1 a 2 zobrazuje podélné profily s interpretací (hodnocení průběhu vrstev).



Obrázek 4. Tloušťka asfaltové vrstvy vozovky zobrazená na mapě. Červená barva zobrazuje sekce s tloušťkou asfaltové vrstvy alespoň 28 cm. Modrá místa zobrazují sekce, kde je tloušťka asfaltové vrstvy minimální.



Obrázek 5. Celková tloušťka konstrukce vozovky zobrazená na mapě. Červená barva zobrazuje místa s nejvyšší tloušťkou konstrukce vozovky a modrá barva zobrazuje místa s nejnižší tloušťkou konstrukce vozovky.

4.2 Vzorky jádrových vývrtů

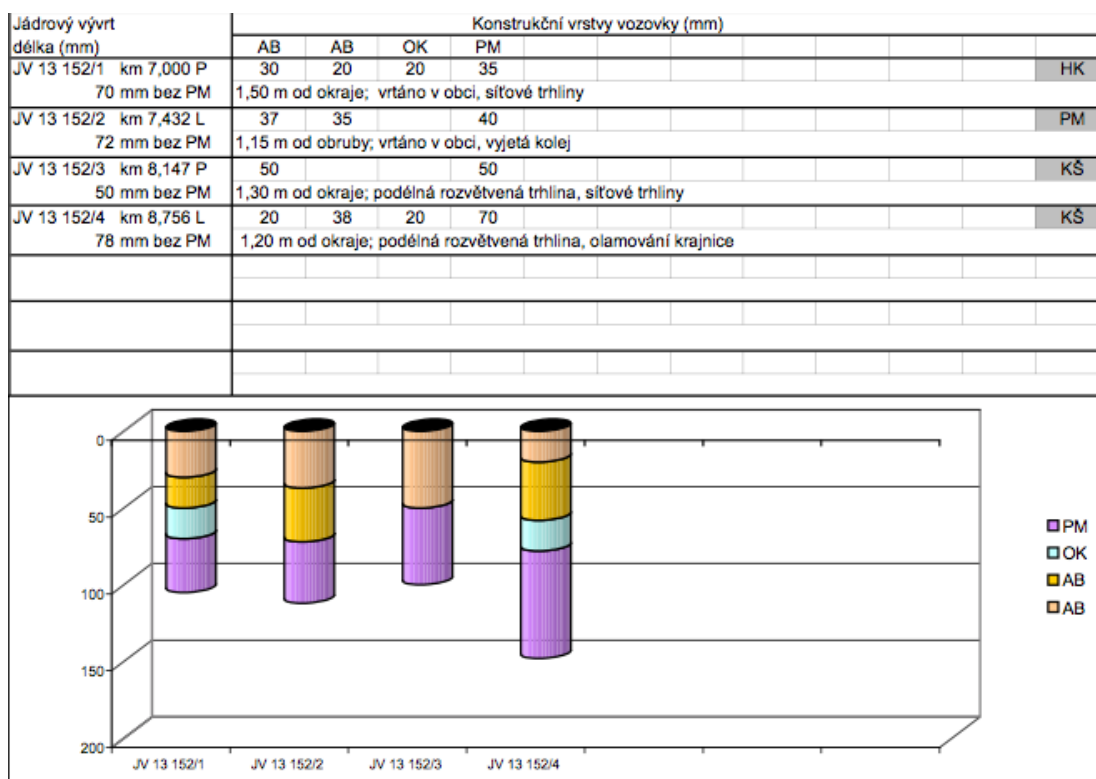
Jádrové vývrty byly provedeny ve staničení 7 000 m, 7 432 m, 8 147 m a 8 756 m a jejich výsledky ukazují na tloušťku asfaltových vrstev mezi 50 – 78 mm. Na obrázcích 6 a 7 jsou detailně zobrazeny informace z jádrových vývrtů.

Staničení : km 6,800 - 9,050

Délka úseku : 2,250 km



Obrázek 6. Fotografie vzorků jádrových vývrtů ve staničení 7 000 m (1), 7 432 m (2), 8 147 m (3) and 8 756 m (4).

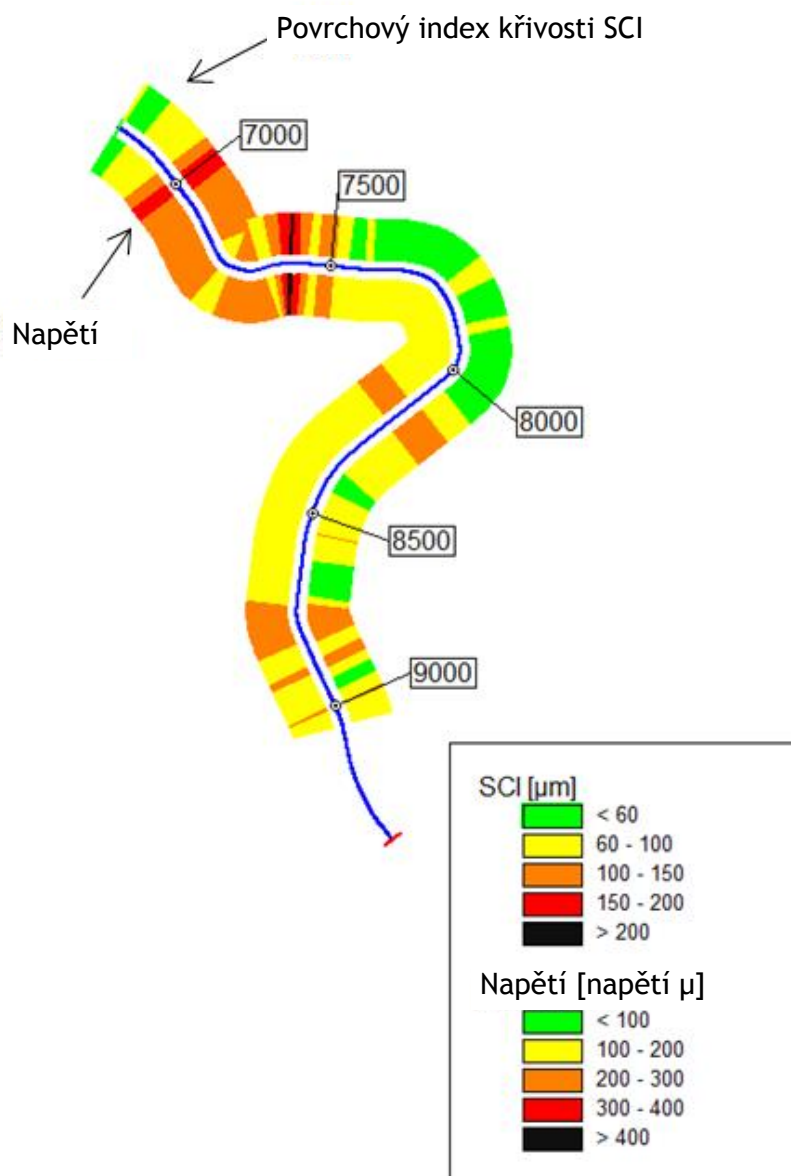


Obrázek 7. Podrobné zobrazení informací o jádrových vývrtech na silnici II/405 Příseka.

5. Rizika vzniku kolejí typu 1 a 2

5.1 Riziko vzniku kolejí typu 1

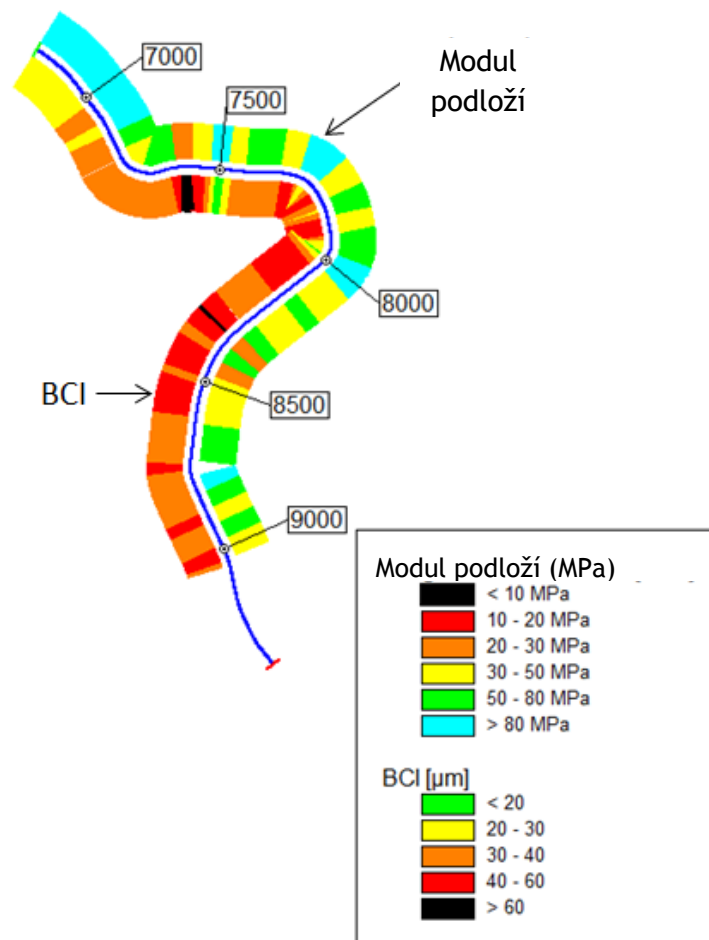
Na základě výzkumného projektu ROADDEX v EU (www.roadex.org), je vznik kolejí typu 1 popisován jako problém slabých vrchních vrstev vozovky. V této analýze jsou deformační hodnoty počítány ze spodku podkladní vrstvy, která se používá jako indikátor nebezpečí vzniku kolejí typu 1. Kolem 69,8 % naměřených hodnot napětí na analyzovaném úseku dosahuje pod 200 mikro deformačních jednotek. Taktéž 70 % hodnot povrchového indexu křivosti (SCI) je nižší než 100 mikrometrů. Tyto hodnoty znázorňuje mapa na obrázku 8. Riziko vzniku kolejí typu 1 je na analyzovaném úseku velmi nízké.



Obrázek 8. Hodnoty napětí a SCI zobrazené na mapě.

5.2 Riziko vzniku kolejí typu 2

Podle výzkumu ROADEX je vznik kolejí typu 2 popsán jako problém ve slabém a neúnosném podkladu. Pro stanovení rizika vzniku kolejí typu 2 je využívána analýza kombinace hodnot modulu v podloží a BCI hodnot vypočtených z údajů FWD. Na silnici II/405 v sekci Přiseka naměřené parametry ukazují na středně velké riziko vzniku kolejí typu 2. Celkem 5,85 % hodnot modulu v podloží je nižší než 30 MPa, přičemž 20,5 % hodnot modulu podloží je vyšší než 80 MPa. Hodnoty modulu podloží jsou zobrazeny na mapě na obr. 9 společně s odpovídajícími hodnotami BCI (podkladový index křivosti) (BCI; D_{900} - D_{1200}) je vyšší než 40 mikro metrů.



Obrázek 9. Modul podloží a podkladní index křivosti BCI zobrazený na mapě.

6. Hodnocení

6 800 -7457 m

Zkoumaný úsek silnice vede přes vesnici, kde jsou budovy blízko silnice a podél vozovky vede chodník pro pěší, oddělený silničními obrubníky. Od počátku této sekce po staničení 6975 m má vozovka dobrou provozní výkonnost – únosnost, později únosnost klesá na hodnotu kolem 200 MPa a kolem staničení 7200 m dosahuje únosnost hodnoty 120 MPa. Povrch silnice, především při krajnicích, je porušen podélnými trhlinami, taktéž jsou viditelné síťové trhliny a lokální opravy. Odvodnění povrchu vozovky je řešeno pomocí uličních vpustí. Typický úsek z této části je zobrazen

na obrázku 10. Zvyšující se hodnoty parametrů BCI, SCI a napětí kolem staničení 7400 m poukazují na slabé místo konstrukce vozovky. Zde silnice prochází křižovatkou, následně začíná stoupat a stáčí se vpravo v prudkém směrovém oblouku. V návrhu rehabilitace vozovky budou tyto skutečnosti znemožňující zvýšení nivelety zohledněny.



Obrázek 10. Fotografie ve staničení 6 993 m a 7 110 m. Uliční vpust je viditelná na fotografii vlevo.

7 457 -9 100m

V tomto úseku vede silnice otevřeným terénem s několika ostrými zatáčkami. Na počátku úseku má vozovka jednostranný sklon z levé na pravou stranu a prudce stoupá. Poruchy jsou nejvíce viditelné na pravém okraji (pravá strana zářezu). Únosnost vozovky je v tomto úseku rozdílná, převážně je však v rozmezí od 200 – 250 MPa. Odvodnění povrchu vozovky je zabezpečeno pomocí otevřených příkopů. Silnice má po obou stranách velmi vysoké krajnice, které zabraňují vodě volně odtékat z povrchu vozovky. Typický úsek zobrazuje obrázek 11.



Obrázek 11. Fotografie ve staničení 7 600 m a 8 650 m.

7. Návrh zkvalitnění

Návrh modernizace analyzovaného úseku se skládá ze 4 různých typů. Frézovaný materiál získaný ze stávajících obalovaných vrstev může být recyklován a opětovně použit jako podkladní vrstva na této případně jiné stavbě, ne však jako nová obrusná vrstva tohoto úseku silnice. Návrh zkvalitnění sestává z výměny podloží (ve variantách hloubková a nízká), frézování stávající asfaltové vrstvy a pokládky nové asfaltové vrstvy nebo použití výztužných prvků v konstrukci vozovky. Nejjednodušší

operací je tvarování povrchu vozovky a přidání nové obrusné vrstvy. Jednotlivé operace obou typů modernizace jsou popsány v následujících kapitolách a prezentovány v příloze č. 2.

7.1 Systém odvodnění

Odvodnění je významným faktorem ovlivňujícím kvalitu silnice a v rehabilitačních plánech mu musí být věnována náležitá pozornost. Obecně platí, že silniční konstrukce lépe a déle funguje v suchých podmínkách. Jak ukazují průzkumy, špatné odvodnění bývá hlavní příčinou poškození vozovek a způsobuje problémy s jejich dlouhodobou provozuschopností. Přesto však nejsou tyto poznatky v praxi často zohledněny, a jejich ignorace způsobuje špatný systém odvodnění silničních sítí.

Zlepšení systému odvodnění a jeho údržba podstatně ovlivňuje snižování míry zhoršení kvality silnic. Výzkum projektu ROADDEX ukázal, že zlepšení systému odvodnění může až dvojnásobně prodloužit životnost vozovky. Investice do odvodňovacích opatření jsou tudíž rentabilní a přinášejí významné úspory každoročních nákladů na údržbu vozovek.

Systém odvodnění je tvořen pomocí otevřených příkopů a v městské části pomocí uličních vpustí. Dna příkopů musí být prohloubeny, důkladně pročištěny a vysoké krajnice podél vozovky odstraněny, nebo sníženy tak, aby mohla voda volně odtékat z povrchu vozovky. V části obce je nutné důkladně dbát na správně tvarování povrchu vozovky, tak, aby mohla voda volně odtékat do uličních vpustí. Od staničení 7678 m do 8010 m se na pravé straně vozovky doporučuje vybudovat drenáž, případně rigol, jelikož zde není prostor pro vybudování otevřených příkopů.

7.2 Odfrézování části stávající asphaltové vrstvy, tvarování, pokládka nové obrusné vrstvy

Vybrané řešení pro zkvalitnění úseků, kde jsou poruchy vozovky menšího rozsahu, je frézování vrchní obrusné vrstvy, tvarování a pokládka nové kvalitní obrusné vrstvy (50 mm). Povrch vozovky musí být důkladně vytvarován, aby umožnil vodě volně odtékat z povrchu vozovky. Hloubka frézování stávajícího asfaltu byla stanovena odhadem. Vyskytují-li se na opravovaném úseku lokální záplaty/opravy či výtluky, musí být hloubka frézování minimálně v hloubce dna výtluk či poruch. Frézování vozovky musí být provedeno důkladně a do požadované hloubky. Nebude-li frézování dostatečné, stávající poruchy a výtluky se znovu objeví na nové obrusné vrstvě ve stejných místech. Pro správné fungování tohoto řešení je nutný funkční systém odvodnění.

7.3 Výměna podloží

Výměna podloží je navržena v částech, kde silnice prochází obcí a není tudíž možné zvýšit niveletu vozovky. V tomto úseku je povrch vozovky značně porušen a její únosnost je poměrně nízká. Výměna podloží byla navržena ve dvou variantách - hloubková výměna je navržena do 60 cm, přičemž nízká alternativa dosahuje do hloubky nejméně 30 cm. Důraz je třeba klást na přechodové části, aby bylo zabráněno náhlým změnám v tloušťkách jednotlivých vrstev konstrukce vozovky – vzhledem k náchylnosti těchto míst k poškození je vhodné použít přechodové klíny.

7.3 Frézování stávající obrusné vrstvy a přidání nové obrusné vrstvy

Na místech, kde se nevyskytují závažné poruchy a není tudíž nutná výměna podloží, je navrženým řešením přidání nové kvalitní obrusné asfaltové vrstvy. V praxi to znamená, že se stávající materiál odfrézuje a přidá se nová spodní a/nebo asfaltová ložní vrstva a nová asfaltová obrusná vrstva. Tímto postupem nedojde ke zvýšení nivelety vozovky.

8. Shrnutí a závěry

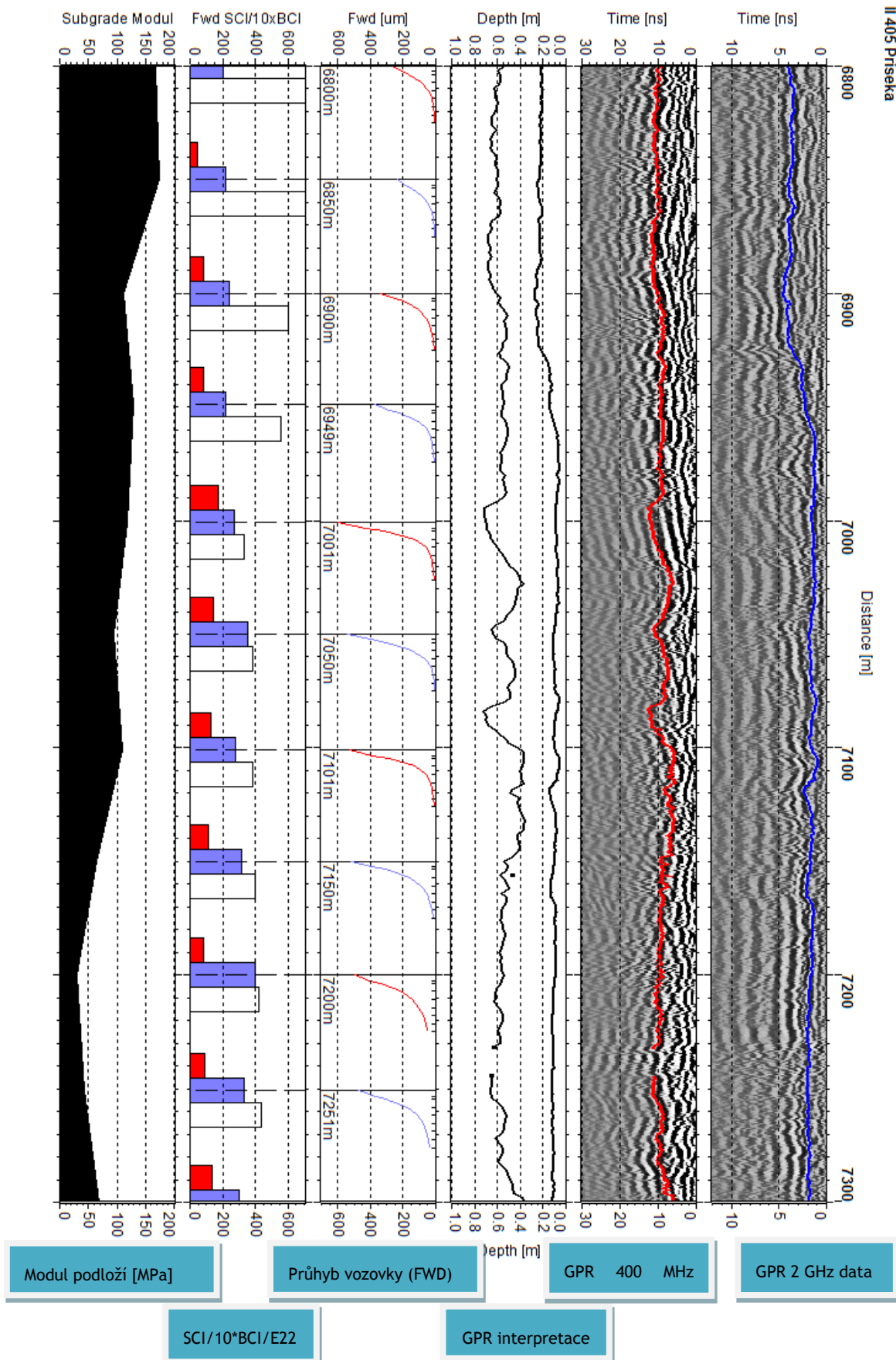
Analýza a návrh rehabilitačních prací byl založen na integraci výsledků dat z měření georadarem a deflektometrem. Zkoumaná silnice vede neobydlenými úseky i zastavěnou částí obce. Jednotlivé parametry vozovky poukazují na možné riziko vzniku kolejí typu 1 i typu 2. Vozovka je porušena v celém úseku a vykazuje nízkou úroveň provozní výkonnosti – únosnosti.

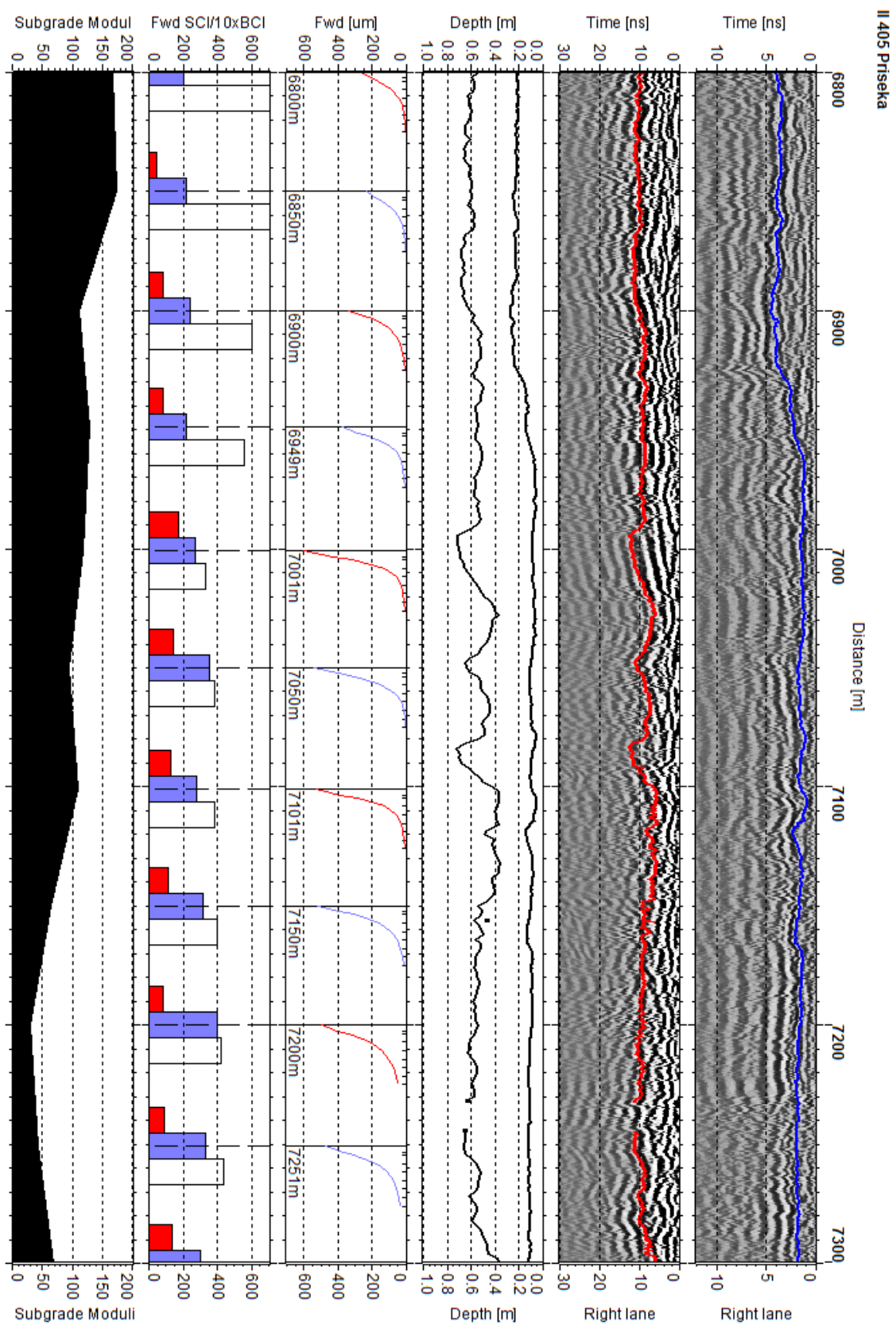
PŘÍLOHY

Příloha 1. Profily úseku silnice II/405 Příseka zobrazené v programu Road Doctor, vyhodnocení údajů GPR a dat deflektometru.

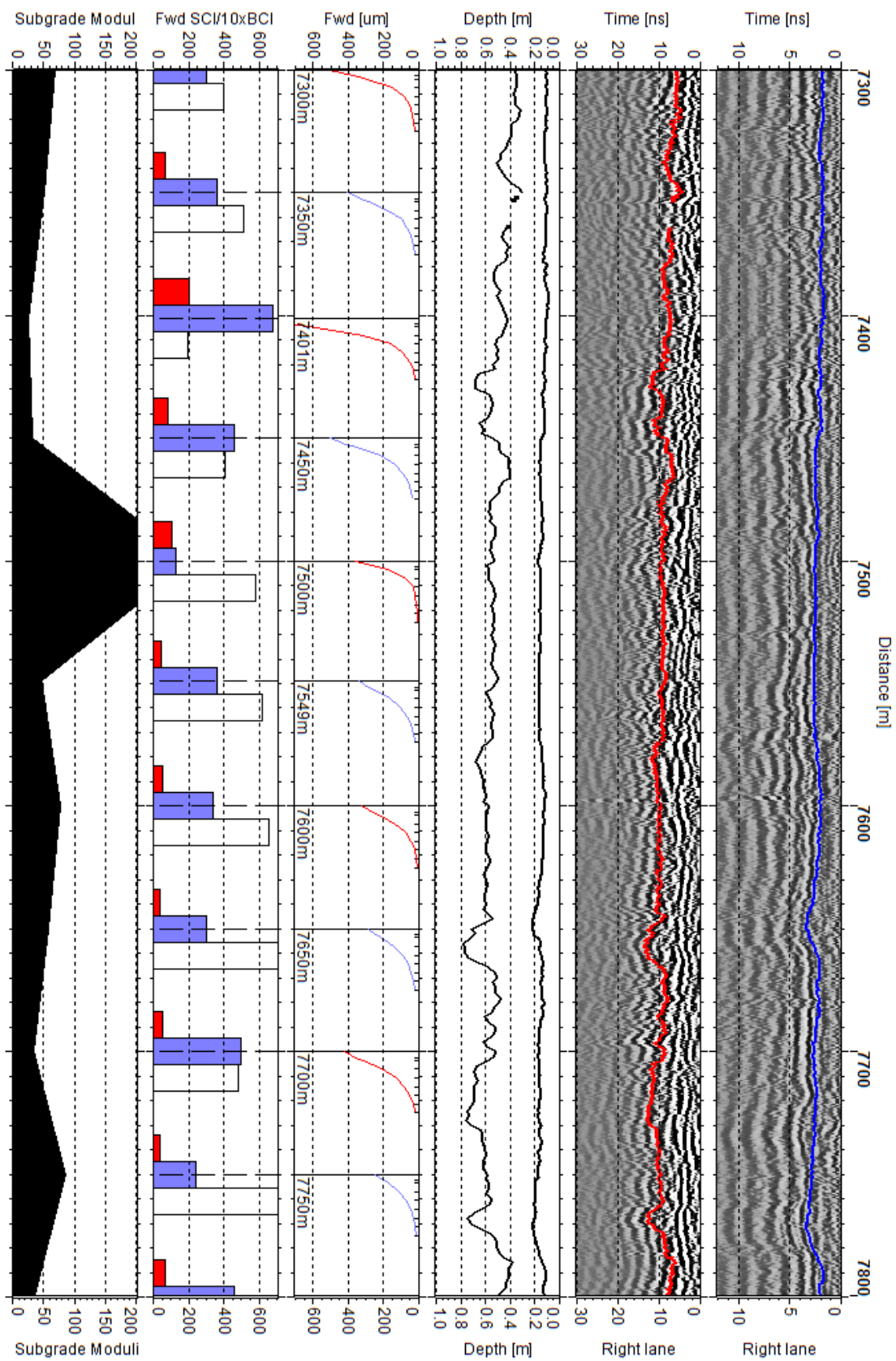
Příloha 2. Profily úseku silnice II/405 Příseka z GPR údajů. Únosnost vozovky a její návrh zkvalitnění.

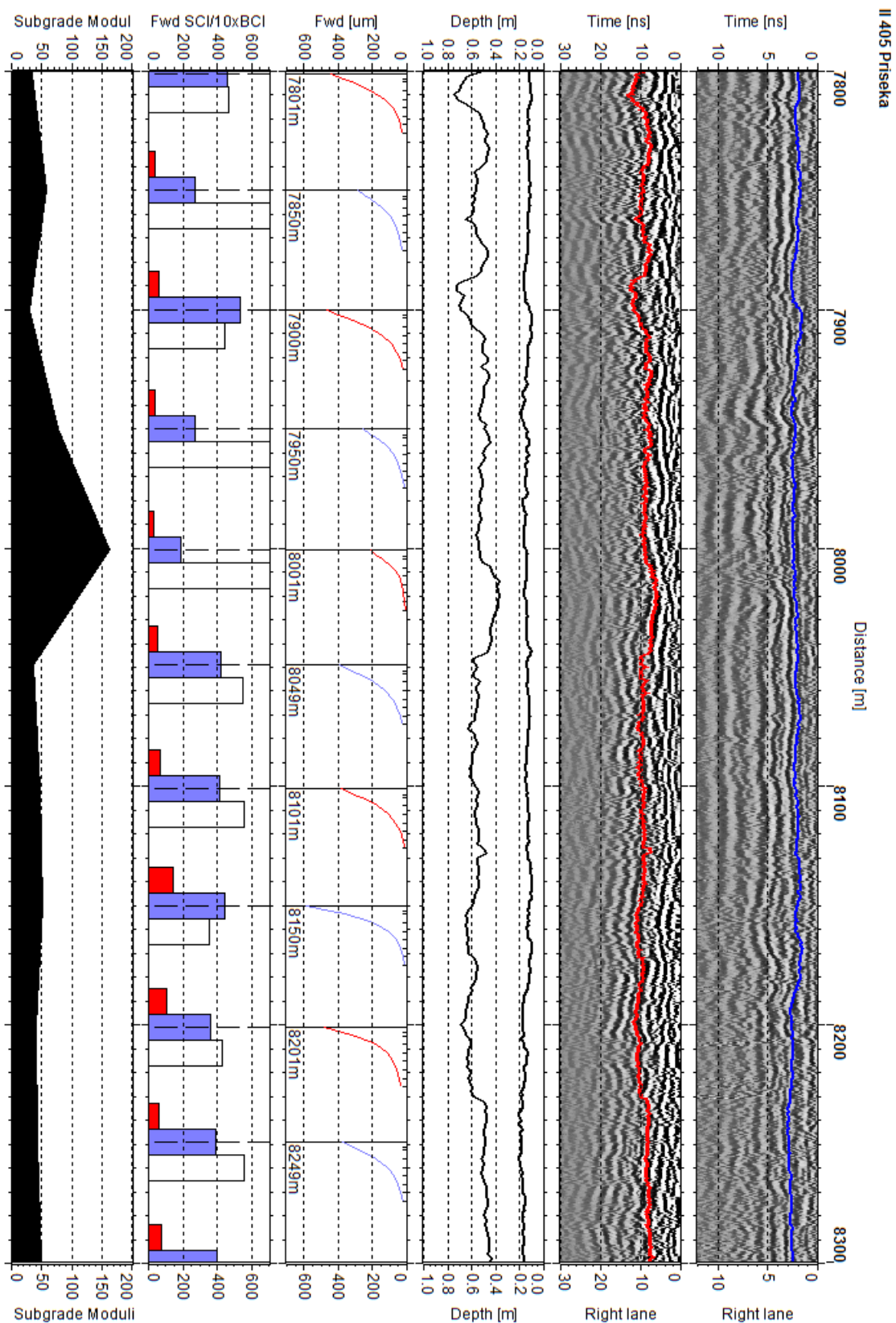
Příloha 1. Profily silnice II/405
Příseka (údaje)

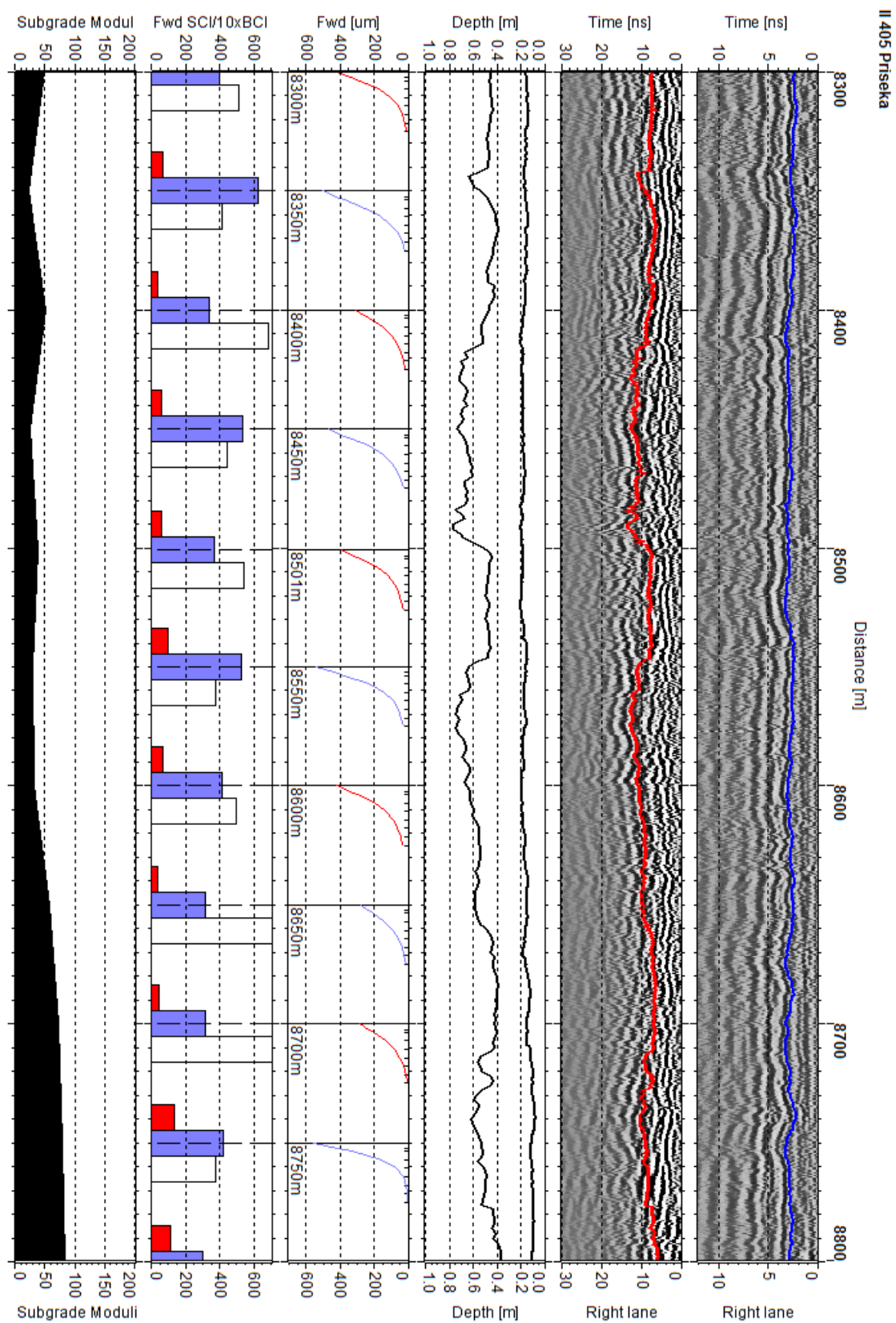




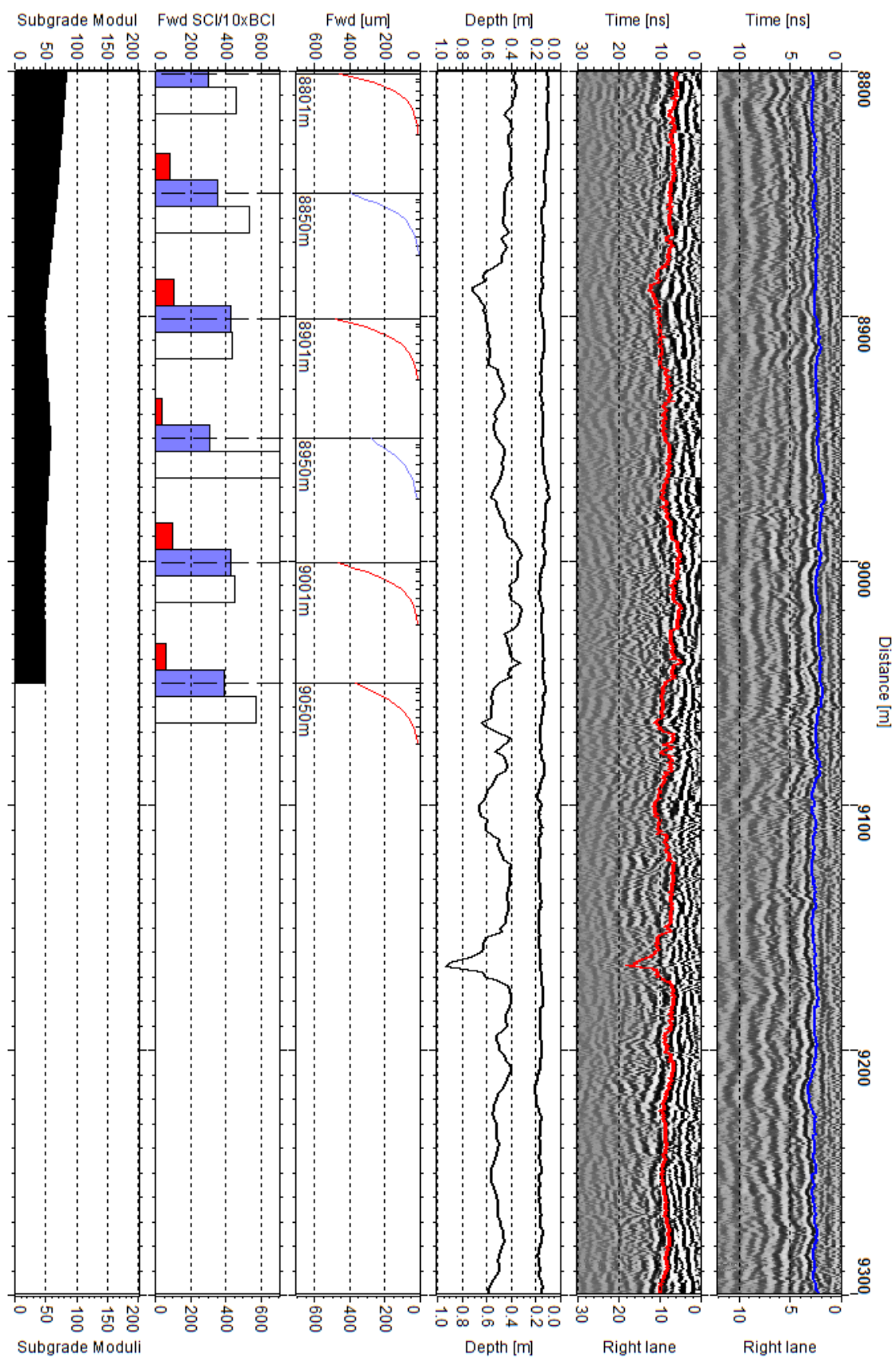
II 405 Příseka



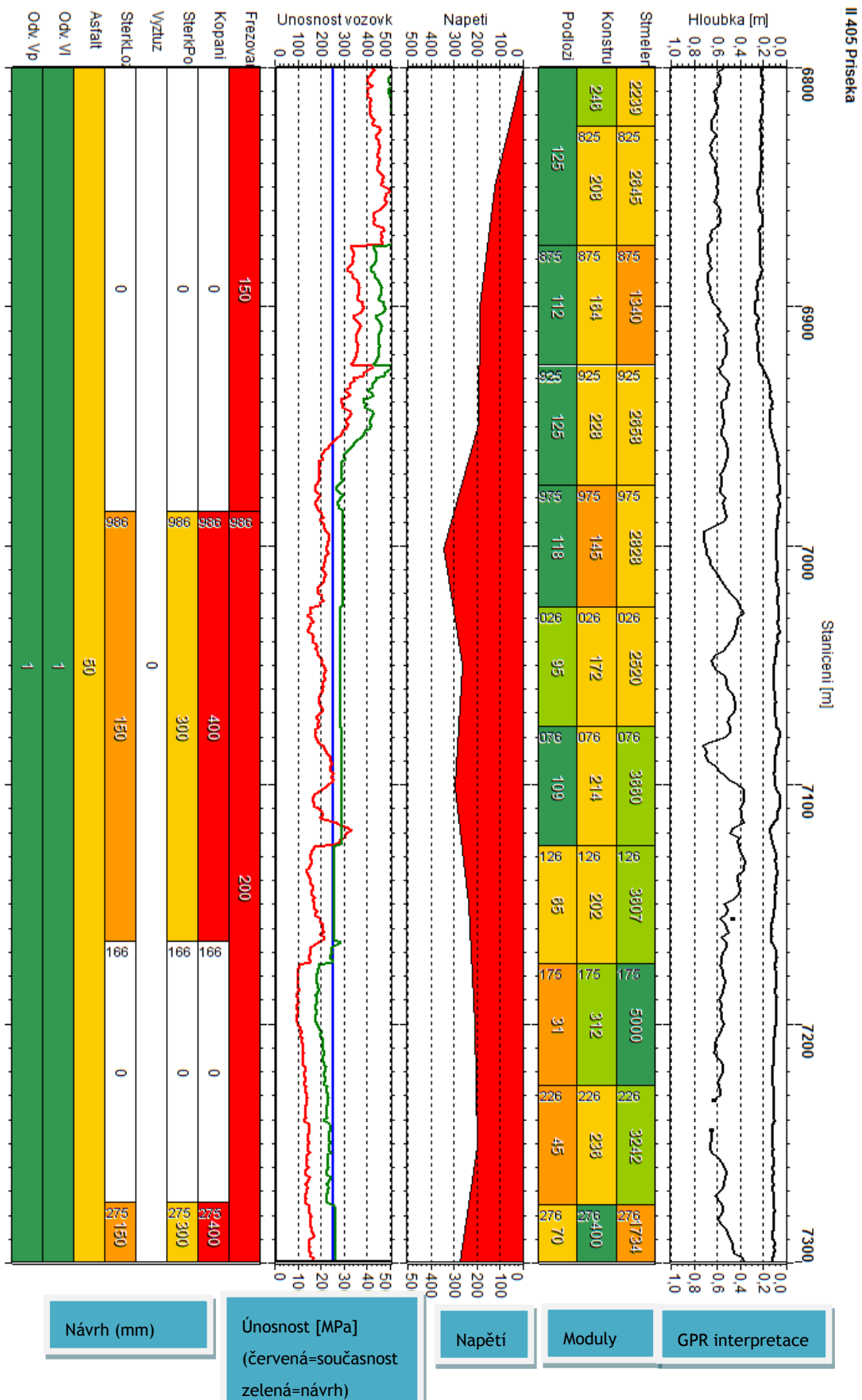




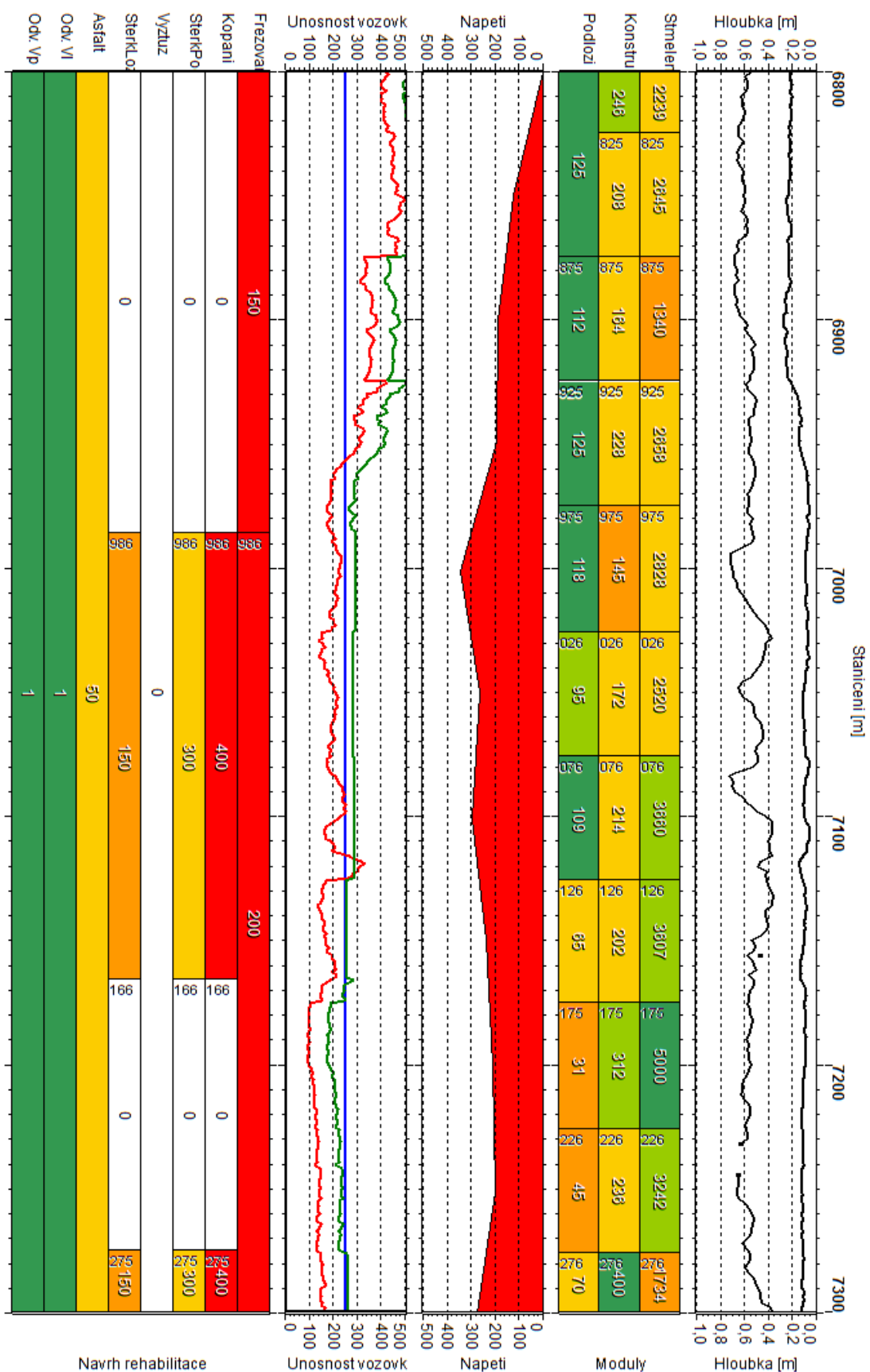
II 405 Příseka



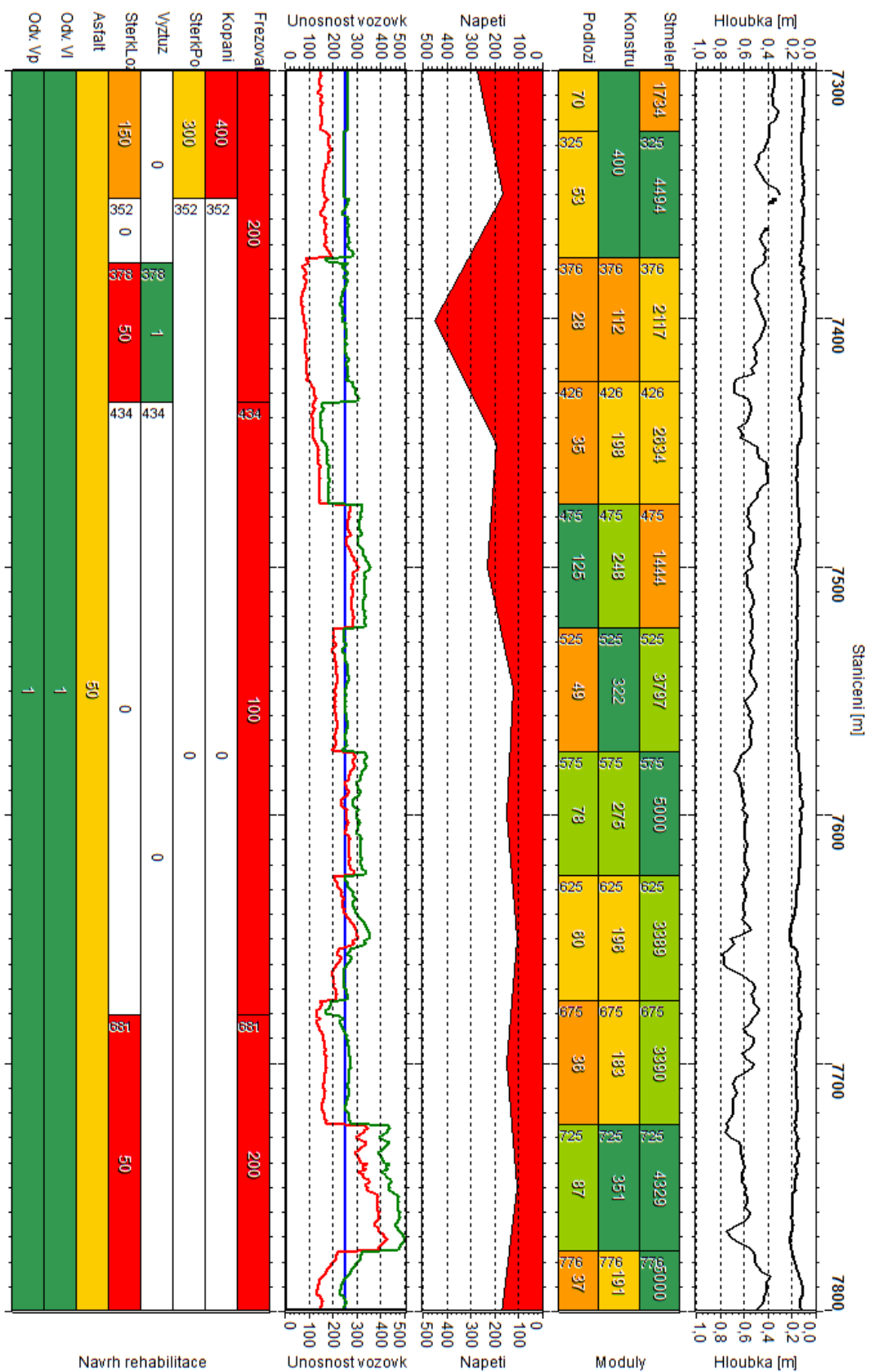
Příloha 2. Profily silnice II/405 Příseka (návrh)



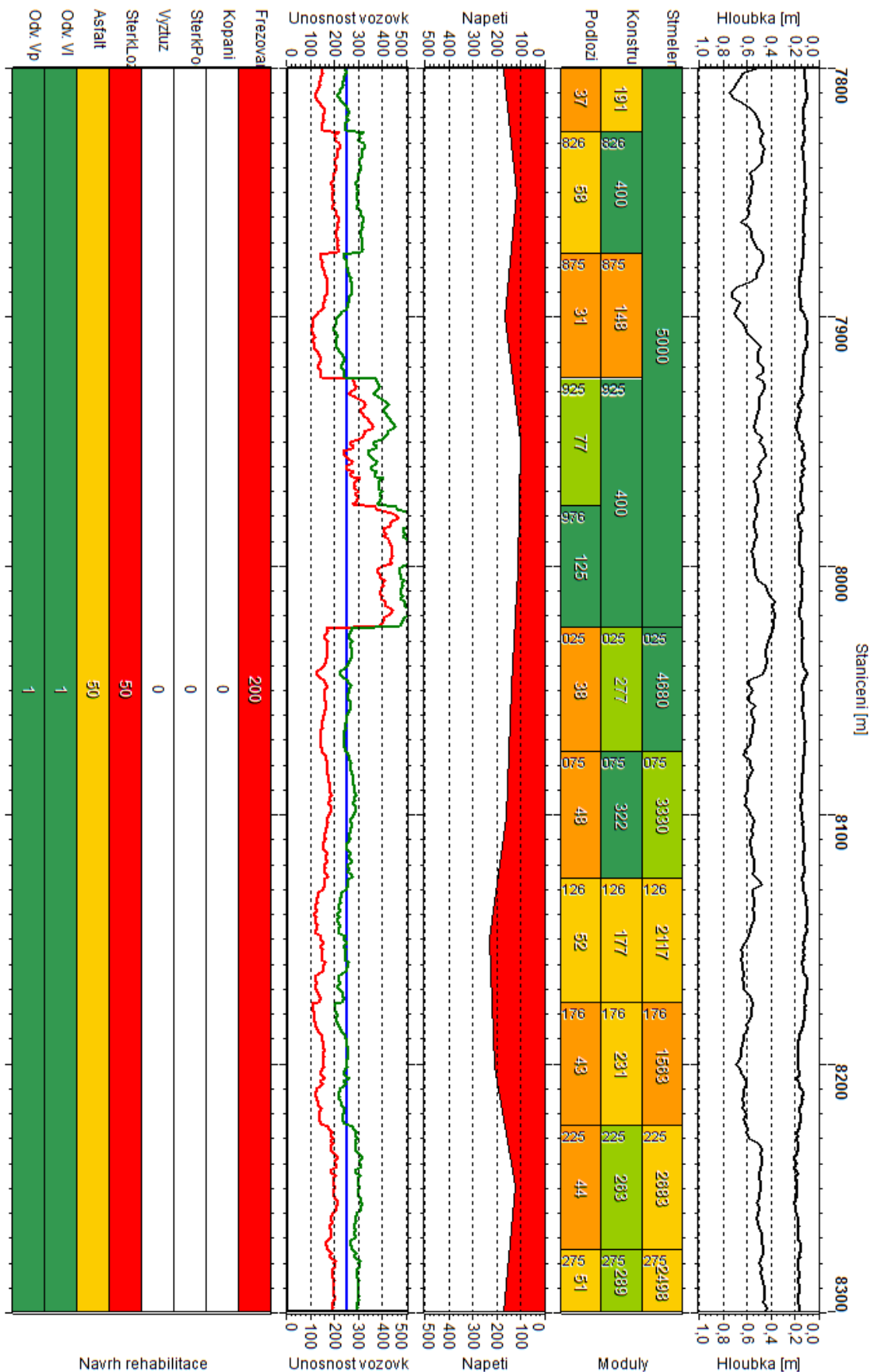
II 405 Příseka



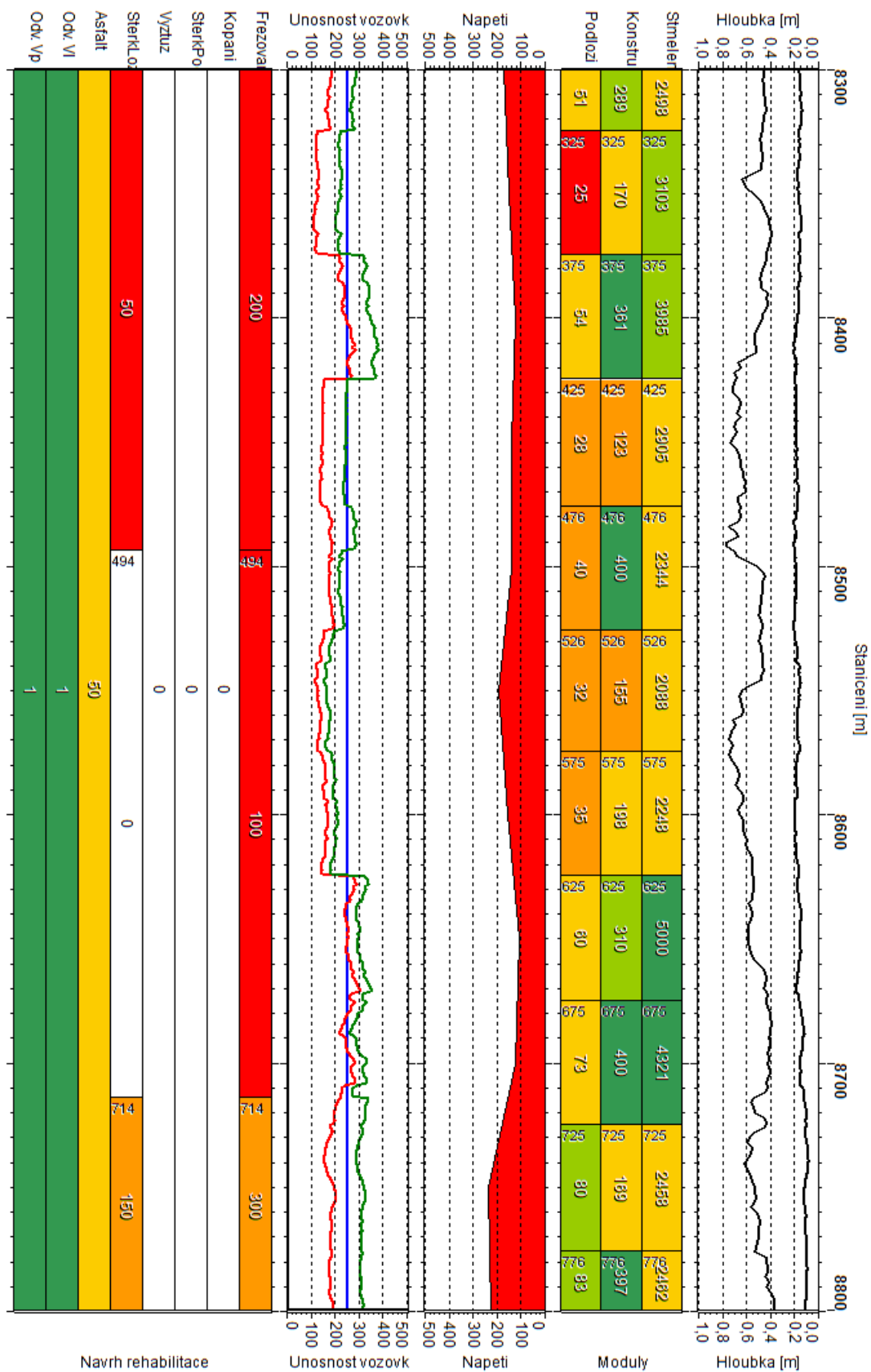
II 405 Příseka



II 405 Příseka



II 405 Příseka



II 405 Příseka

