

03			
02			
01	Aktualizace P dle připomínek pro posouzení shody	10/2019	<i>Svoboda</i>
REVIZE	POPIS	DATUM	PODPIS

OBJEDNATEL

SPRÁVA ŽELEZNIČNÍ DOPRAVNÍ CESTY, STÁTNÍ ORGANIZACE
DLÁŽDĚNÁ 1003/7, 110 00 PRAHA 1

STAVEBNÍ SPRÁVA VÝCHOD, NERUDOVA 1, 779 00 OLOMOUC



ZHOTOVITEL

Společnost "SAGAF Dětmorovice - Petrovice"



ZPRACOVATEL ČÁSTI

SAGASTA s.r.o.

SÍDLLO: NOVODVORSKÁ 1010/14, 142 00 PRAHA 4
IČ: 045 98 555 DIČ: CZ045 98 555



ODPOVĚDNÝ PROJEKTANT	VYPRACOVAL	KONTROLA	ASISTENT HIP	HIP
Jiří Podhradský	Ing. Ondřej Svoboda	Ing. Jiří Pelc	ING. ADAM RUSÝ	ING. EMIL ŠPAČEK
PODPIS <i>Podhradský</i>	PODPIS <i>Svoboda</i>	PODPIS <i>Pelc</i>	PODPIS <i>Rusý</i>	PODPIS <i>Špaček</i>

OBSAH

Dětmorovice - Petrovice u K. - státní hranice PR, BC

NÁZEV PŘÍLOHY

Energetické výpočty

JTSK Bpv

ČÍSLO SOUPRAVY

ČÍSLO ZAKÁZKY 118 050

DOKUMENTACE DSP

MĚŘÍTKO -

DATUM 10/2019

POČET FORMÁTŮ -

ČÁST

B.5

ČÍSLO PŘÍLOHY

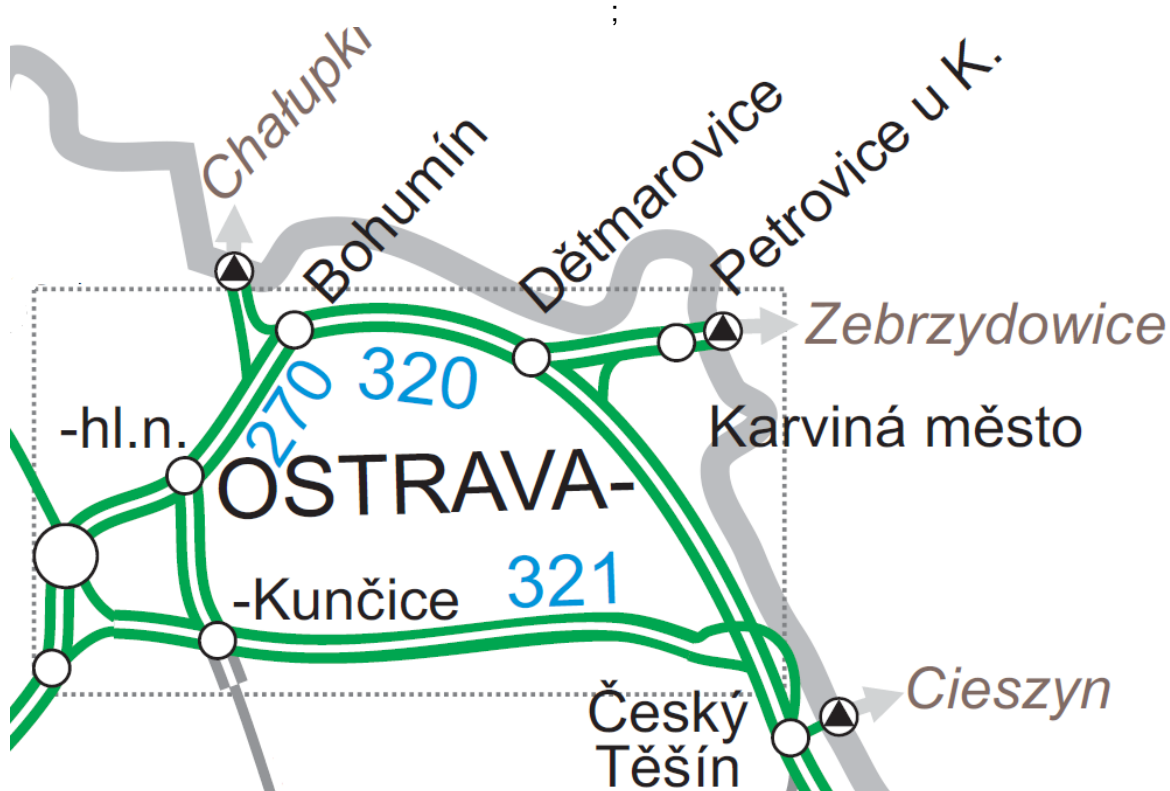
-

1 Obsah

1	OBSAH	1
2	ÚVOD	2
3	PODKLADY.....	2
3.1	POUŽITÉ NORMY A PŘEDPISY	2
3.2	MODEL INFRASTRUKTURY, JÍZDNÍ ŘÁD A HV.....	3
4	VSTUPNÍ DATA	4
4.1	PARAMETRY DC SÍTĚ	4
4.2	PARAMETRY TRAKČNÍ MĚNÍRNY DĚTMAROVICE	4
4.3	PARAMETRY TRAKČNÍHO VEDENÍ	4
4.4	PARAMETRY HNACÍCH VOZIDEL	6
5	METODA VÝPOČTU.....	7
6	VÝSLEDKY	7
6.1	MINIMÁLNÍ NAPĚTÍ TV.....	8
6.2	PARAMETRY VZTAHUJÍCÍ SE K VÝKONNOSTI NAPÁJECÍ SOUSTAVY	8
6.3	PROUDOVÁ ZATÍŽITELNOST STŘÍDAVÉ SOUSTAVY, STOJÍCÍ VLAKY	9
6.4	REKUPERAČNÍ BRZDĚNÍ	9
6.5	OCHRANNÁ OPATŘENÍ PROTI ÚRAZU ELEKTRICKÝM PROUDEM	10
6.6	NAPÁJECÍ VEDENÍ.....	10
7	ZÁVĚR.....	10
8	PŘÍLOHY.....	11
8.1	MODELOVÝ GRAFIKON	12
8.2	MINIMÁLNÍ NAPĚTÍ TV - DĚTMAROVICE – PETROVICE U KARVINÉ	13
8.3	NAPĚTÍ MEZI KOLEJNICÍ A ZEMÍ - DĚTMAROVICE – PETROVICE U KARVINÉ.....	14
8.4	PROUDOVÉ ZATÍŽENÍ NAPAJEČŮ A SBĚRNICE.....	15

2 Úvod

Tyto energetické výpočty řeší napájení úseku Dětmarovice – Petrovice u Karviné a mají za cíl navrhnout stejnosměrné trakční vedení DC 3 kV po celé délce řešeného úseku s ohledem na budoucí uvažovanou dopravu. TM Dětmarovice se v modelu uvažuje jako stejnosměrná napájecí měnírna, které jednostranně napájí daný úsek. Výpočty byly zpracovány formou simulace za pomoci programů OpenTrack a OpenPowerNet. Nyní je řešený úsek napájený stejnosměrnou proudovou soustavou DC 3kV, viz obrázek níže.



Do simulace byly zahrnuta trať 320.

3 Podklady

Celá simulace byla provedena v programu OpenTrack, kde je namodelována infrastruktura a dopravní technologie kromě napájení (koleje, výhybky, jízdní řád, zabezpečovací zařízení atd.) a v programu OpenPowerNet, kde bylo namodelováno napájení (vodiče, napájecí stanice, trakční propojení atd.)

3.1 Použité normy a předpisy

- ČSN 34 1530 ed.2
- ČSN 34 1500 ed.2
- ČSN EN 50 119 ed.2
- ČSN EN 50 122-1 ed.2
- ČSN EN 50 122-2 ed.2
- ČSN EN 50 163 ed.2

Energetické výpočty

- ČSN EN 50 388 ed.2
- Nařízení komise (EU) č. 1301/2014
- Předpis SŽDC (ČSD) SR 34(E) s úpravou dle dopisu zn.: 21480/2017-SŽDC-O14

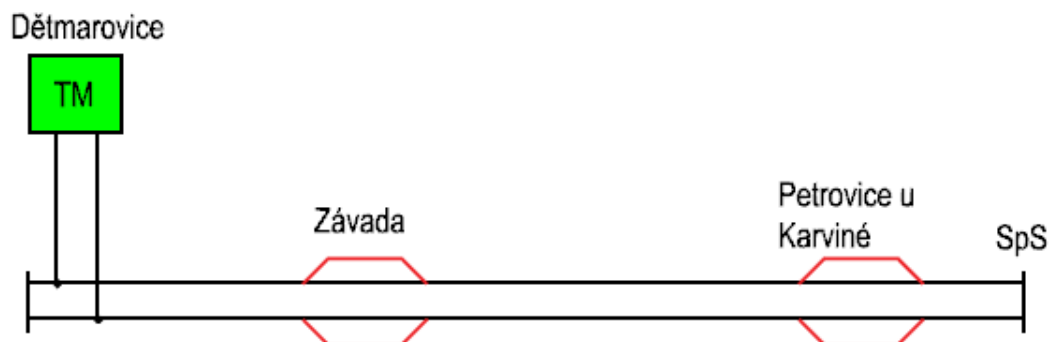
3.2 Model infrastruktury, jízdní řád a HV

- **Koleje**
Niveleta koleje byla převzata od zadavatele a odpovídá stávajícímu stavu. Stejně tak byly převzaty polohy výhybek a nástupišť.
- **Jízdní řád**
Byl zpracován po konzultaci s dopravním technologem objednatele a na základě toho byl vybrán nejhorší možný stav.
- **Zabezpečovací zařízení**
Hlavní návěstidla a oddíly byly také navrženy dle zadání objednatele a respektují výhledový stav.
- **Hnací vozidla**
V simulaci se uvažuje s typizovanými lokomotivami a elektrickými jednotkami. Pro vlaky kategorie Os uvažujeme lokomotivu typu 640 RegioPanter. U vlaků typu NEx uvažujeme lokomotivu typu Vectron.
- **Napájecí stanice**
Rozmístění napájecích stanic odpovídá současnému stavu. Systém napájení byl převzat z výhledových schémat napájení a dělení.
- **Trakční vedení**
Sestava trakčního vedení včetně základního propojení byla také převzata z projektů a odpovídá výhledovému stavu.
- **Hnací vozidla**
V modelu se uvažuje s regulací výkonu dle TSI ENE a s povolenou rekuperací.

4 Vstupní data

Energetický model byl navržen v programu OpenPowerNet a zahrnuje v sobě model napájecích stanic, trakčního vedení a elektrických parametrů lokomotiv. Program OpenPowerNet využívá ke svému výpočtu program OpenTrack, ve kterém byla vymodelována infrastruktura kolejí, výhybek, nástupišť a zabezpečovacího zařízení. V programu OpenTrack byl také zpracován model vlaků, lokomotiv a elektrických souprav včetně jízdního řádu.

Model napájení byl rozdělen následovně:



4.1 Parametry DC sítě

- Napětí 3 kV
- Frekvence 0 Hz

4.2 Parametry trakční měřírny Dětmarovice

- Výstupní napětí 3,3 kV
- Vnitřní odpor 0,044 Ω
- Úbytek napětí 0,005 kV při 0,001 Ω

4.3 Parametry trakčního vedení

Všechny vodiče včetně kolejnic a země jsou v modelu definovány svými elektrickými a geometrickými vlastnostmi.

Vodiče

Nosné lano 120Cu

- geometrická poloha [x ; y] [0 ; 6,6] m
- ekvivalentní poloměr¹ 4,685 mm
- činný odpor při 20°C 0,150 Ω /km
- teplotní součinitel 0,004 $^{\circ}\text{C}^{-1}$
- uvažovaná teplota vodiče 80°C

Trolej 150Cu

- geometrická poloha [x ; y] [0 ; 5,6] m

¹ Ekvivalentní poloměr je takový poloměr, který by měl kulovitý vodič o plném průřezu se stejnými elektrickými parametry.

- ekvivalentní poloměr 5,383 mm
- činný odpor při 20°C 0,122 Ω/km
- teplotní součinitel 0,00393 °C⁻¹
- uvažovaná teplota vodiče 80°C

Zesilovací vedení 120Cu

- geometrická poloha [x ; y] [0 ; 6,6] m
- ekvivalentní poloměr 4,685 mm
- činný odpor při 20°C 0,150 Ω/km
- teplotní součinitel 0,004 °C⁻¹
- uvažovaná teplota vodiče 80°C

Pravá kolejnice

- geometrická poloha [x ; y] [0,7175 ; 0] m
- ekvivalentní poloměr 38,54 mm
- činný odpor ² při 20°C 0,416 Ω/km
- teplotní součinitel 0,004 °C⁻¹
- uvažovaná teplota vodiče 60°C

Levá kolejnice

- geometrická poloha [x ; y] [-0,7175 ; 0] m
- ekvivalentní poloměr 38,54 mm
- činný odpor při 20°C 0,416 Ω/km
- teplotní součinitel 0,004 °C⁻¹
- uvažovaná teplota vodiče 60°C

Osová vzdálenost dvou kolejí 4 m**země**

- geometrická poloha [x ; y] [0 ; -715]m
- ekvivalentní poloměr 465 m
- činný odpor 0,001 Ω/km

Propojky

- Vzdálenost mezikolejnicových propojení jedné stopy 1 km
- Vzdálenost mezikolejových propojení na jedné trati 5 km
- Propojení zesilovacího vedení a troleje 100m
- Propojení troleje a nosného lana 1 000 S/km
- Propojení kolejnice a země³ 0,01 S/km

² Odpor kolejnice vychází ze změřených hodnot uvedených v dopise zn. 21480/2017-SŽDC-O14 pro tvar kolejnice UIC 60

³ Hodnota vychází z odborného odhadu na základě dané maximální svodové vodivosti 0,5 S/km (ČSN EN 50 122-2 ed.2) a na základě zjištění Ing. Jana Matouše publikovaného zde http://www.railvolution.net/czechraildays/2011/seminare/trendy_matous_a.pdf, kde uvádí přechodový odpor kolej – zem u nových tratí jako „mnohdy převyšující hodnotu 100 Ω/km (u nerekonstruovaných tratí tato hodnota obvykle bývá okolo 1 Ωkm)“.

4.4 Parametry hnacích vozidel

Výpočet potřebného výkonu pro jízdu vozidla počítá program OpenTrack pro uvedené typy vlaků:

NEx

- Hmotnost bez lokomotivy 2400t
- Hnací vozidlo Vectron
- Jízdní odpor S

Os

- Hnací vozidlo 640 RegioPanter
- Jízdní odpor R

Níže jsou uvedeny elektrické vlastnosti hnacích vozidel zadaných v programu OpenPowerNet.

Vectron

- Maximální výkon 6,4 MW
- Maximální tažná síla 300 kN
- Max. napětí při rekuperaci 3,6 kV
- Skutečný účinník 0,98
- Regulace výkonu dle TSI ENE ano

640 RegioPanter

- Maximální výkon 2,04 MW
- Maximální tažná síla 196 kN
- Max. napětí při rekuperaci 3,6 kV
- Skutečný účinník 0,98
- Regulace výkonu dle TSI ENE ne

5 Metoda výpočtu

Výpočet byl proveden v programu OpenPowerNet, který paralelně spolupracuje s programem OpenTrack. Celý výpočet by se dal zjednodušeně popsat v následujících pěti bodech:

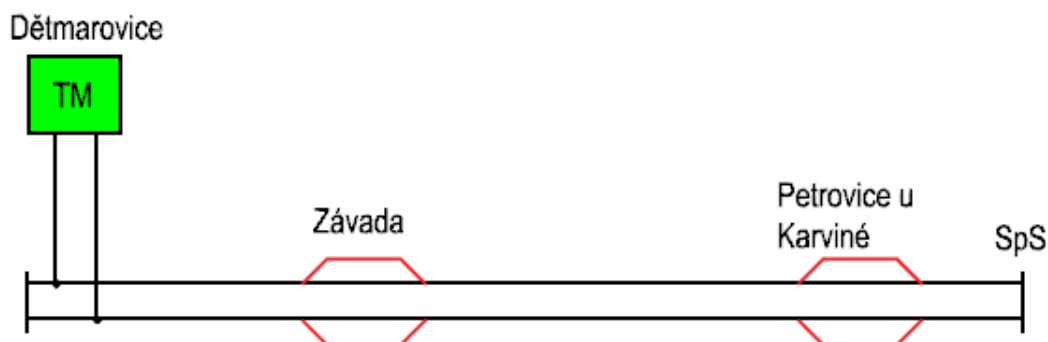
- I. OpenTrack na základě daného jízdního řádu rozmístí vlaky v oblasti.
- II. Dále spočítá na základě jejich jízdního odporu, hybnosti a trakční charakteristiky, jaký potřebují dodat výkon a tuto informaci (i s polohou vlaků) odešle programu OpenPowerNet.
- III. OpenPower následně iterační metodou spočítá, jakým způsobem se rozloží požadovaný výkon mezi jednotlivé napájecí stanice, spočítá ztráty v trakčním vedení a dostupný výkon pro jednotlivé vlaky.
- IV. OpenPowerNet odešle dostupný výkon pro jednotlivé vlaky (stejný jako požadovaný nebo menší způsobený např. poklesem napětí pod $0,9U_{jm}$) programu OpenTrack.
- V. OpenTrack převezme dostupný výkon pro jednotlivé vlaky a spočítá ujetou vzdálenost za jednu sekundu. Po té znovu vypočítá potřebný výkon a celý proces se tak pro každou sekundu v jízdním řádu opakuje.

6 Výsledky

Bylo provedeno několik simulací a výsledky prokázaly schopnost navrženého trakčního vedení přenést potřebný výkon v rámci celé řešené oblasti.

Ve výpočtu uvažujeme jednostranné napájení úseku Dětmarovice – Petrovice u Karviné z TM Dětmarovice. Uvažujeme stejnosměrnou trakční sestavu s jedním zesilovacím vedením (150Cu+120Cu+120Cu) po celé délce řešeného úseku. Řešený úsek má délku 7,12 km od napájecí měnirny Dětmarovice po spínací stanici Petrovice u Karviné. Při výpočtu jsme uvažovali redukovaný profil trati v celém řešeném úseku +2,7 ‰ ve směru Dětmarovice – Petrovice u Karviné.

Nejhorší možný stav pro napájecí soustavu byl zvolen z výhledového GVD v příloze 8.1., tedy rozjezd jednoho osobního vlaku typu 640 RegioPanter ze zastávky Závada a nákladního expresního vlaku NEx s lokomotivou typu Vectron z železniční stanice Petrovice u Karviné ve stejný čas a ve stejném směru, tedy v 15:56 hodin. Zastávka Závada se nachází 2,18 km od TM Dětmarovice a železniční stanice Petrovice u Karviné 6,8 km.



6.1 Minimální napětí TV

Minimální napětí této konfigurace trakční sestavy nekleslo pod 2,4kV (viz příloha č. 8.2).

6.2 Parametry vztahující se k výkonnosti napájecí soustavy

Pevná trakční zařízení umožní splnit nejnáročnější podmínky, jak jsou specifikovány ve stanoveném jízdním řádu, pro:

- dobu s nejhustším provozem podle jízdního řádu, odpovídající špičkovému provozu
- charakteristiky různých použitých typů vlaků se zřetelem na zvolené hnací jednotky

Uvažovaný grafikon je v příloze č 8.1.

Maximální proud vlaku

Subsystem energie je navržen tak, aby zaručil schopnost napájení dosáhnout stanovené výkonnosti a umožnil provoz vlaků o výkonu menším než 2MW bez omezení příkonu nebo proudu .

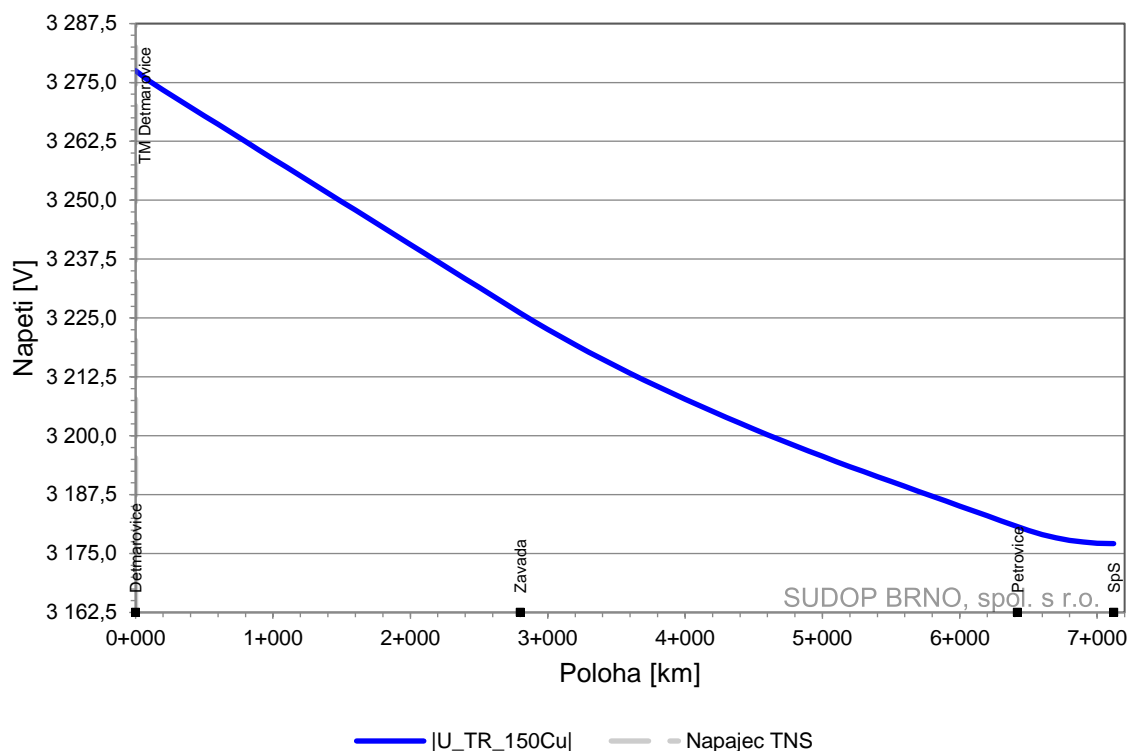
Střední užitečné napětí

Index kvality $U_{\text{střední užitečné}}$ je vypočítán simulací. Minimální střední užitečné napětí na pantografovém sběrači nesmí klesnout pod 2,7 kV.

Tabulka 1 Střední užitečné napětí vlaku – úsek Dětmarovice – Petrovice u Karviné

spoj	formace	lokomotivy	$U_{\text{stř}}$
			V
celkem		2	2.738
<i>Maximum</i>		1	2.804
<i>Minimum</i>		1	2.720
Petrovice-hranice	Nex Vectron S 2400 t	1	2.720
Zavada-Petrovice	Os 1x640	1	2.804

Střední užitečné napětí oblasti – úsek Dětmarovice – Petrovice u Karviné



6.3 Proudová zatížitelnost střídavé soustavy, stojící vlaky

Limitní teploty

Trolejové vedení i obvod zpětného trakčního proudu a napájecí vedení jsou navrženy tak, aby vyhovovali i při těchto maximálních teplotách:

Trolej	80 °C
Nosné lano	80 °C
Napájecí vedení	80 °C
Kolejnice	60 °C
Země	20 °C

6.4 Rekuperační brzdění

Systém napájení je navržen tak, že umožňuje výměnu energie s jinými vlaky. Trakční napájecí stanice neumožňuje přetok energie zpět do distribuční soustavy.

6.5 Ochranná opatření proti úrazu elektrickým proudem

Omezení potenciálu kolejnice

Navržené technické řešení neobsahuje kontinuální nebo trvalé uzemnění zpětného obvodu.

Ze simulace vyplývá, že při zadaném špičkovém grafikonu určité úseky **vyhoví**.

Výsledky jsou v příloze č. 8.3.

6.6 Napájecí vedení

Průběh proudového zatížení napájecího vedení je v příloze číslo 8.4.

6.6.1 Zkratové poměry

Minimální zkrat byl spočítán podle předpisu SR 34 pro nejvzdálenější místo (styk soustav nebo konec trati) a porovnán s maximálním proudem v napáječi ze simulace. **Uvažujeme vazbu mezi napájecími stanicemi.**

Maximální délka chráněného úseku je 7,12 km TV a ve směru Dětmarovice – Petrovice u Karviné. Maximální odběrový proud na trati Dětmarovice – Petrovice u Karviné je 1378 A viz. příloha 8.4.

TM Dětmarovice – SpS Petrovice u Karviné:

Zkrat podle SR 34:

4990 A

Musí platit, že:

$$I_{nastav} \leq I_{z,min} - 300 (A)$$

$$I_{nastav} \leq I_{max} + 200 (A)$$

kde I_{nastav} – hodnota proudového nastavení ochrany

$I_{z,min}$ – minimální zkratový proud

I_{max} – maximální provozní proud

$$I_{nastav} \leq 4990 - 300 (A)$$

$$I_{nastav} \leq 1378 + 200 (A)$$

$$I_{nastav} \leq \mathbf{4690 (A)}$$

$$I_{nastav} \leq \mathbf{1578(A)}$$

Podmínka platí, zkratové poměry vyhovují.

7 Závěr

Z důvodu poklesu napětí může dojít k prodloužení technické doby jízdy.

Kontroloval:

Jiří Podhradský

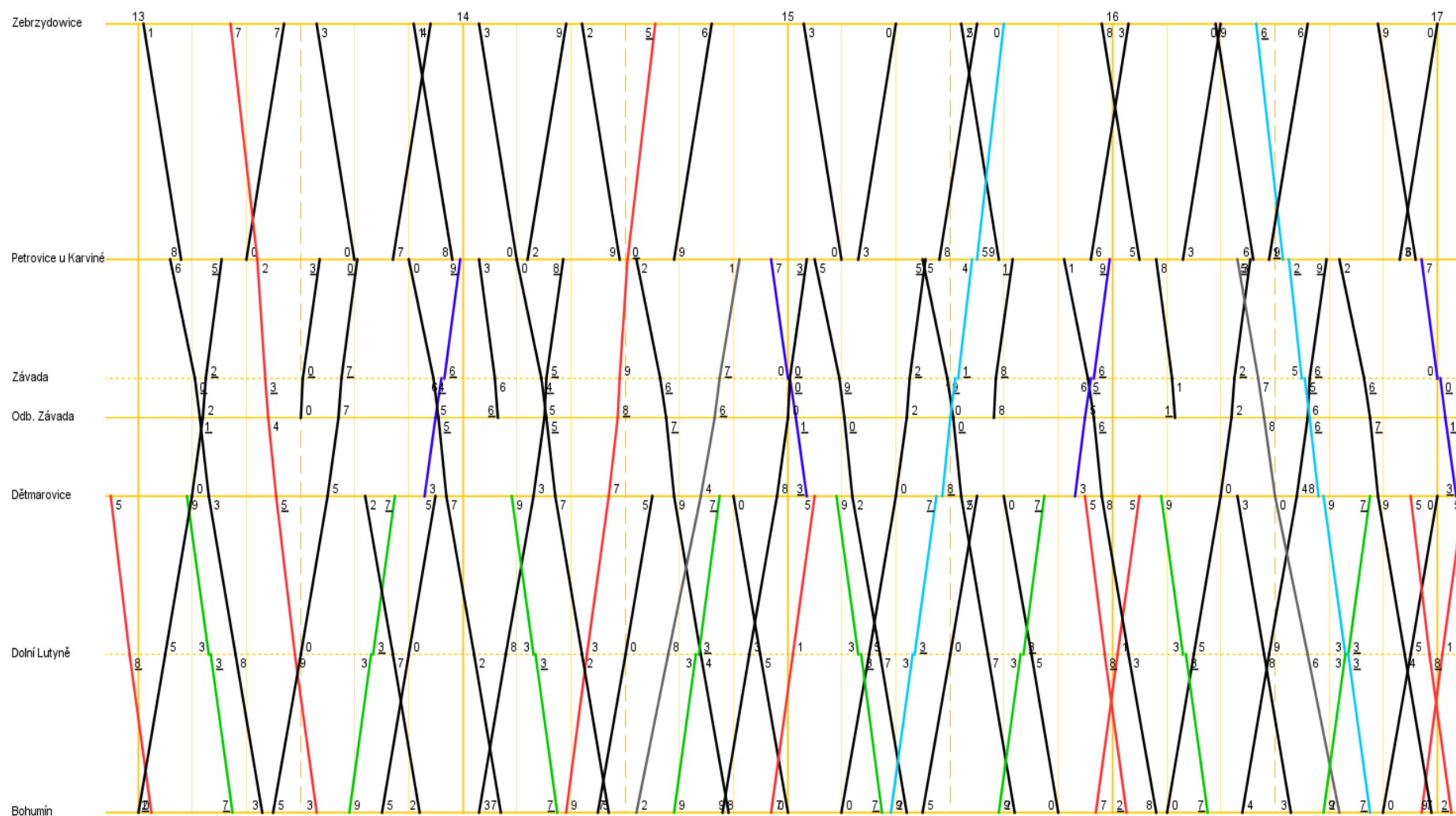
Zpracoval:

Ing.Ondřej Svoboda

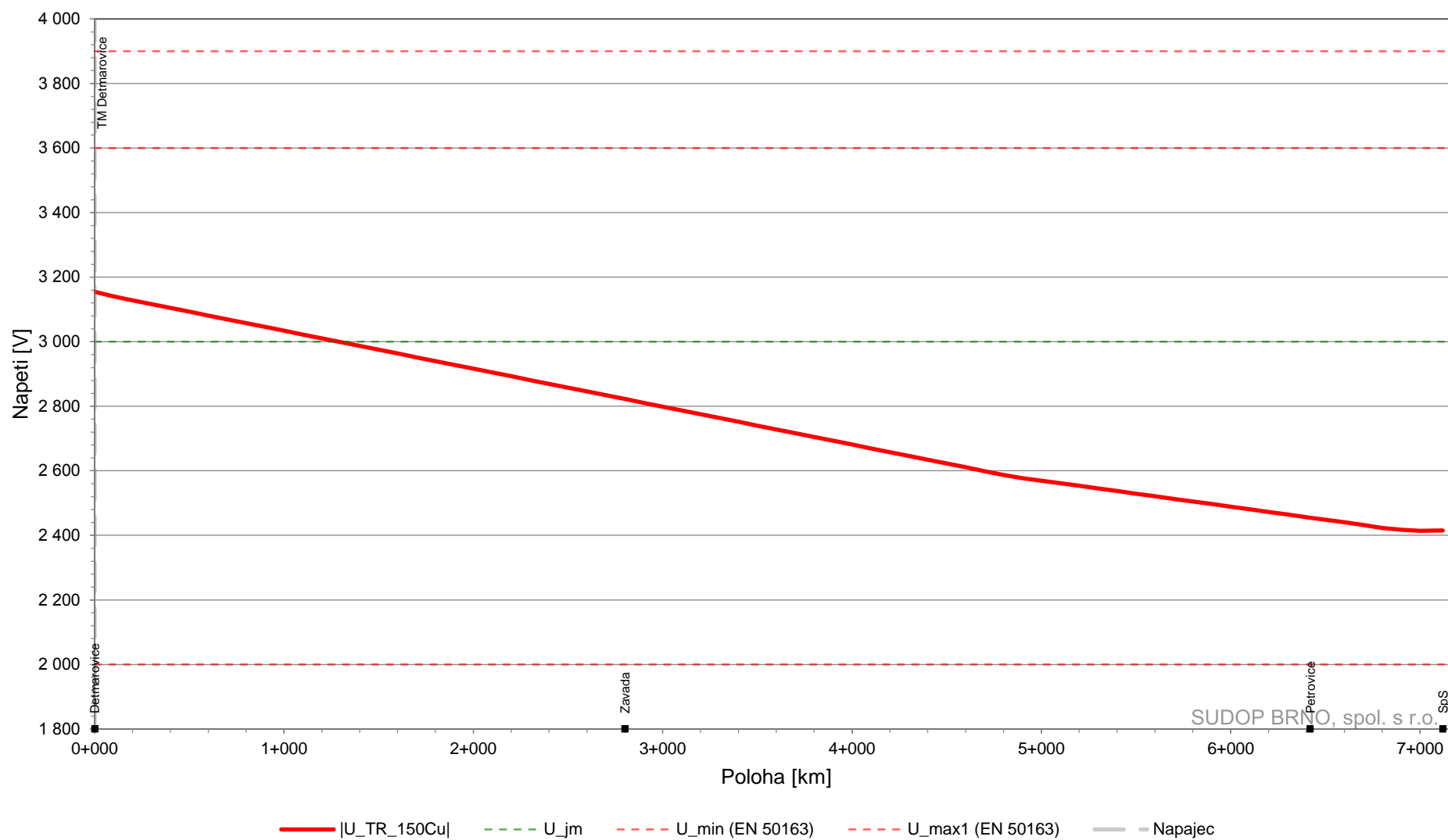
8 Přílohy

8	PŘÍLOHY	11
8.1	MODELOVÝ GRAFIKON	12
8.2	MINIMÁLNÍ NAPĚTÍ TV - DĚTMAROVICE – PETROVICE U KARVINÉ	13
8.3	NAPĚTÍ MEZI KOLEJNICÍ A ZEMÍ - DĚTMAROVICE – PETROVICE U KARVINÉ	14
8.4	PROUDOVÉ ZATÍŽENÍ NAPAJEČŮ A SBĚRNICE	15

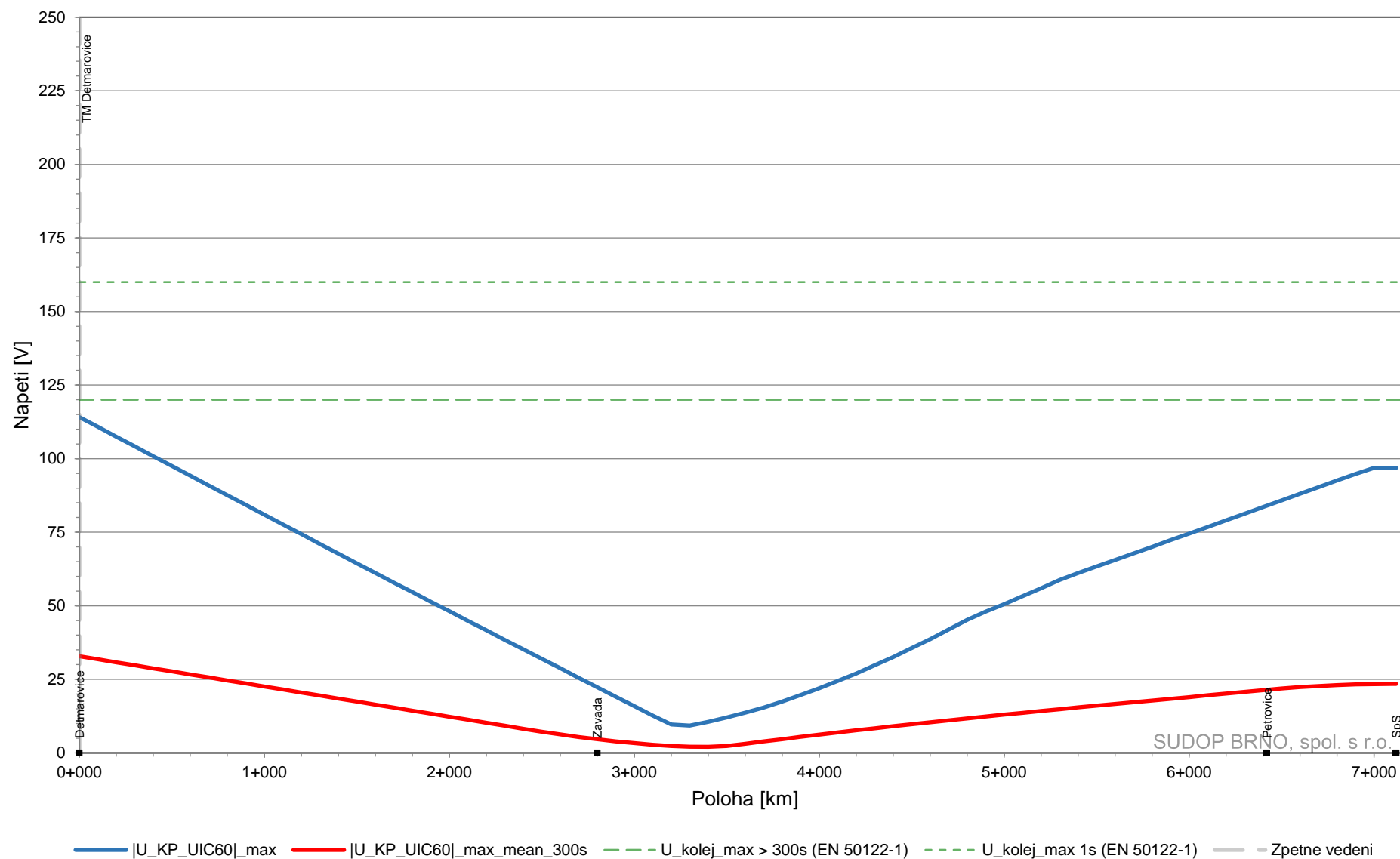
8.1 Modelový grafikon



8.2 Minimální napětí TV - Dětmarovice – Petrovice u Karviné

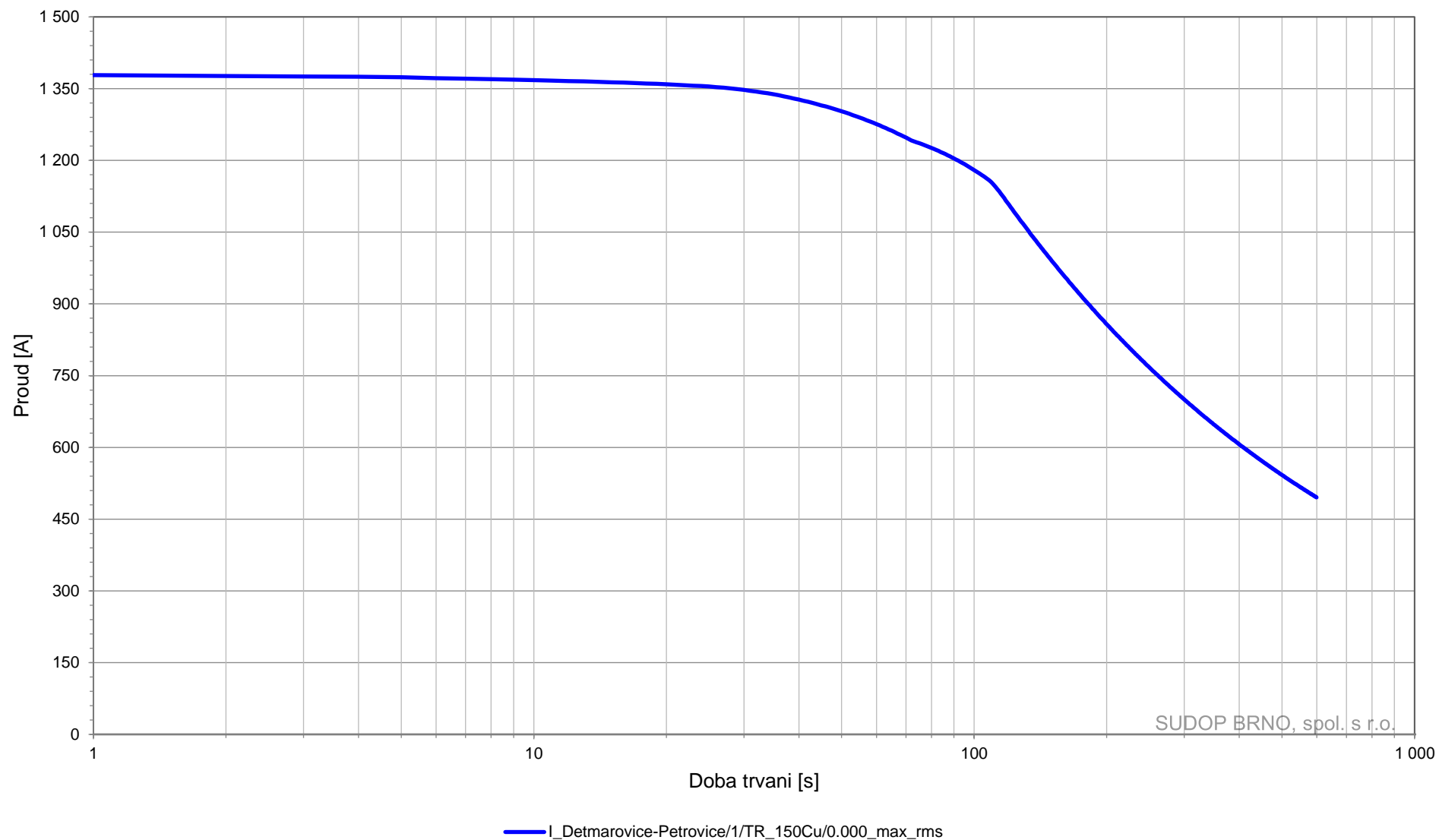


8.3 Napětí mezi kolejnicí a zemí - Dětmarovice – Petrovice u Karviné



8.4 Proudové zatížení napaječů a sběrnice

8.4.1 Proudové zatížení TV – TM Dětmarovice



8.4.2 Proudové zatížení zpětného vedení – TM Dětmarovice

