



Spolufinancováno Evropskou unií
Nástroj pro propojení Evropy



Projekt "Zvýšení traťové rychlosti v úseku Valašské Meziříčí - Hustopeče nad Bečvou" je spolufinancovaný EU z programu Nástroj pro propojení Evropy (CEF)
Za tuto publikaci odpovídá pouze její autor. Evropská unie nenese odpovědnost za jakékoli využití informací v ní obsažených.

			ČÍSLO SOUPRAVY:
		PO PŘIPOMÍNKOVÉM ŘÍZENÍ	
REVIZE Č.	DATUM	ZMĚNA	

**MORAVIA CONSULT Olomouc a.s.**
LEGIONÁŘSKÁ 1085/8 , 779 00 Olomouc

tel.: +420 585 570 444
IDS: kjee9md
e-mail: moravia@moravia.cz
<http://www.moravia.cz>

OBJEDNATEL		 Správa železniční dopravní cesty, státní organizace	
HLAVNÍ INŽENÝR PROJEKTU		Ing. Jiří Parma 	G. ŘEDITEL MORAVIA CONSULT Olomouc a.s. ING. VÁCLAV KRATOCHVÍL
ODPOVĚDNÝ PROJ. OBJ., PS		NAVRHL, VYPRACOVAL	EXTERNÍ SUBDODAVATEL
Ing. Pavel Odehnal 		Bc. Jan Cabal 	 EXprojekt s.r.o. Heršpická 758/13 619 00 Brno
KRAJ: ZLÍNSKÝ		POVĚŘENÝ OÚ: VALAŠSKÉ MEZIŘÍČÍ	OBEC: LEŠNÁ, JUŘINKA, VAL. MEZIŘÍČÍ
"Zvýšení traťové rychlosti v úseku Valašské Meziříčí - Hustopeče nad Bečvou"			ZAK. ČÍSLO MCO 17-104-232-PS
			ÚČEL DSP
			DATUM PROSINEC 2018
			FORMÁT
B.5 Energetické výpočty			MĚŘÍTKO
			ČÁST B.5 PŘÍLOHA

TECHNICKÁ ZPRÁVA

OBSAH	strana
<i>Úvod a použité podklady</i>	2
<i>Základní technické a dopravní údaje o řešené trati</i>	2
<i>Parametry trakčního vedení</i>	3
<i>Výpočet spotřeby energie</i>	4
<i>Výpočet odebíraných proudů vlaků</i>	4
<i>Výpočet elektrických mezidobí podle předpisu D 24</i>	5
<i>Kontrola úbytků napětí</i>	5
<i>Kontrola vypínání zkratů</i>	6
<i>Kontrola oteplení vodičů</i>	7
<i>Dimenzování přívodních a zpětných napájecích kabelů</i>	7
<i>Závěr</i>	7
<i>Příloha č. 1</i>	8
<i>Příloha č. 2</i>	9

Zvýšení traťové rychlosti v úseku Valašské Meziříčí – Hustopeče nad Bečvou

B.5 Energetické výpočty

1) Úvod a použité podklady

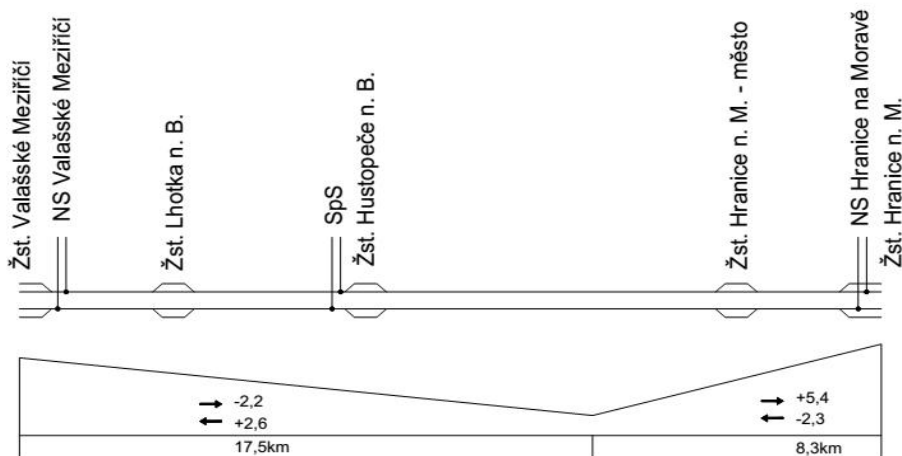
Energetické výpočty pro stavbu *Zvýšení traťové rychlosti v úseku Valašské Meziříčí – Hustopeče nad Bečvou* mají za cíl navrhnout potřebné dimenzování pevných trakčních zařízení v daném úseku pro výhledovou dopravu. Tyto výpočty neřeší dimenzování napájecích stanic, jelikož výkon NS Hranice na Moravě se nemění, zůstává ve stávajícím stavu, NS Valašské Meziříčí byla řešena v předchozích energetických výpočtech, z důvodu navýšení instalovaného výkonu. Jedná se o aktualizaci energetických výpočtů z předchozího stupně PD, kde došlo k mírnému vzestupu výhledového dopravního toku, dle informací dopravního technologa (viz dále), ale především k navýšení rychlostí v rámci rekonstruovaného úseku.

Jako podklady pro vypracování výpočtů byly použity zejména tyto materiály:

- Údaje o současné a výhledové dopravě na trati č.280 z odboru strategie SŽDC
- Údaje o traťové rychlosti v jednotlivých úsecích od zpracovatele dopravní technologie
- Situace stavby, schéma napájení a dělení a základní údaje o trakčním vedení od zpracovatele objektu trakčního vedení
- Normy, obecné předpisy a základní technické pomůcky pro vypracování energetických výpočtů z archivu zpracovatele
- Energetické výpočty z předchozích stupňů PD.

2) Základní technické a dopravní údaje o řešené trati

Řešená trať napájená stejnosměrnou proudovou soustavou 3000 V leží v meziměřírenském úseku Valašské Meziříčí – Hranice na Moravě (viz schéma), je tedy nutno tento úsek řešit jako celek. Jedná se o oboustranně napájenou dvojkolejnou trať se spínací stanicí u Žst. Hustopeče n. B. Je zde použito v celém úseku jedno zesilovací lano 240 AlFe, nověji je projektováno 120Cu.



Zvýšení traťové rychlosti v úseku Valašské Meziříčí – Hustopeče nad Bečvou

B.5 Energetické výpočty

Výhledový rozsah dopravy pro úsek tratě Hranice na Moravě – Valašské Meziříčí:

- **osobní doprava:**
 - dálková:
 - linka EX2: Praha – Olomouc – Vsetín (- Slovensko):
 - 8 párů vlaků denně
 - hmotnost soupravy bez HDV 270 tun (495 tun během přepravně silných dní)
 - stanovená rychlost pro úsek rekonstruovaný v rámci předmětné stavby je 150 km/h
 - regionální:
 - linka (Olomouc – Přerov -) Hranice na Moravě – Valašské Meziříčí (- Vsetín – Horní Lideč – Střelná)
 - 16 párů vlaků denně (18 párů pracovní dny, 10 párů o víkendech)
 - hmotnost soupravy 160 tun (v denní špičce 270 tun)
 - stanovená rychlost pro úsek rekonstruovaný v rámci předmětné stavby je 140-150 km/h
- **nákladní doprava:**
 - po roku 2025: 18 párů vlaků denně, po roku 2030: 20 párů vlaků denně
 - tedy v dlouhodobém horizontu:
 - Nex: 11 párů vlaků, hmotnost maximálně 2500 tun, rychlost 100 km/h
 - Pn: 11 párů vlaků, hmotnost maximálně 2500 tun, rychlost 100 km/h
 - Mn: 5 párů vlaků, kratší, lehčí i pomalejší (z důvodu častého zastavování ve obsluhovaných žst., jinak $V_{max} = 80-100$ km/h) než Nex/Pn

3) Parametry trakčního vedení

Trakční vedení je navrhováno na tyto hodnoty:

Teplota okolí: 40°C

Dovolené oteplení trakčního vedení: 80°C

Opotřebení trolejového drátu: 20 %

Odpor trolejového vedení tvořeného projektovanou sestavou trolejový drát, nosné lano a zesilovací lano 150Cu + 120Cu + 1 x 120Cu s celkovým průřezem 360 mm², je 0,066 Ω/km.

Odpor dvou kolejnic při teplotě okolí 40°C, oteplení 20°C a opotřebení 2 %, je 0,0240 Ω/km.

Zvýšení traťové rychlosti v úseku Valašské Meziříčí – Hustopeče nad Bečvou

B.5 Energetické výpočty

4) Výpočet spotřeby energie

Měrná spotřeba elektrické energie HDV byla stanovena na základě redukováného podélného profilu trati a pomocí křivek typových vlaků (viz příloha č. 2), které jsou sestaveny z měření na výstupu z transformovny, obsahující ztráty při brzdění, ztráty v pomocných pohonech a v TV. Pro rozjezd a brzdění je předpoklad $S_{red} = 0$, protože stanice se nacházejí v minimálním stoupání.

Jelikož známe střední rychlost typového vlaku a přibližný odběr soupravy pouze například pro napájení topení, klimatizace apod. (naprázdno), byl výpočet z křivek upraven za pomocí těchto hodnot a max. stanovené rychlosti typového vlaku.

Dále byl proveden výpočet z elektrického výkonu, při známém proudu lokomotivy (z trakčního výpočtu) a středního napětí v troleji, ze stanovené maximální rychlosti a hmotnosti typového vlaku, což se ukázalo jako přesnější metoda. Hodnoty jsou uvedené v tabulce (příloha č. 1).

5) Výpočet odebíraných proudů vlaků

Výpočet odebíraných proudů vlaků byl proveden pomocí běžných vzorců trakční mechaniky a energetiky při shora uvedené intenzitě dopravy a za těchto předpokladů:

vlastní spotřeba lokomotivy	40 A
spotřeba soupravy EC, IC, EX, R	160 A
spotřeba soupravy Os	70 A
jízdní odpor rychlíků a osobních vlaků	9 N/kN
jízdní odpor NEx	5 N/kN
jízdní odpor nákladních vlaků	3,4 N/kN
střední napětí	2,7 kV
celková účinnost	0,85

Druh vlaku	HDV	Hmotnost vč. HDV [t]	Výkon [kW]
EC, IC, EX, R	ř.380, ř.361	583, 581	6400, 3600
Os	ř.640 + ř.650	270	3400
NEx	ř.383, ř.386	max. 2500	6400, 5600
Pn	ř.383, ř.386	max. 2500	6400, 5600

Dílčí výsledky jsou přehledně shrnuty v příloze č.1. Počítáno s horším případem, kdy bude nasazeno výkonnější, popř. těžší HDV.

Zvýšení traťové rychlosti v úseku Valašské Meziříčí – Hustopeče nad Bečvou

B.5 Energetické výpočty

6) Výpočet elektrických mezidobí podle předpisu D 24

Kvůli požadavku dopravní technologie byly spočítány tyto elektrická mezidobí pro daný meziměřínský úsek:

- T_{BT}
- T_{BN}
- T_{BU}

Ve směru z žst. Val. Meziříčí na žst. Hustopeče je nejdelší elektrické mezidobí z hlediska úbytku napětí T_{BU} . V opačném směru je rozhodující oteplení vodičů, a tedy mezidobí T_{BT} .

Žst. Valašské Meziříčí \rightarrow Žst. Hustopeče
Žst. Valašské Meziříčí \leftarrow Žst. Hustopeče

G (t)	$\leftarrow T_B$ (min)	$T_B \rightarrow$ (min)
1100	2,22	0,99
1500	3,02	1,18
1700	3,43	1,33
1900	3,83	1,49
2100	4,23	1,65
2300	4,64	1,80
2500	5,04	1,96

7) Kontrola úbytků napětí

Po konzultaci s dopravním technologem bylo uvažováno několik variant rozmístění vlaků v napájecím úseku a pro ně proveden výpočet úbytků napětí.

Pro výpočet úbytku napětí bylo uvažováno následující rozmístění a chování vlaků (nejnepříznivější stav):

- Sp nebo Os vlak z Hranic na Moravě do Valašského Meziříčí rozjezd v km cca 5
- Pn z Hustopeč nad Bečvou do Valašského Meziříčí rozjezd v km cca 16,1
- Rychlík jízda v km cca 20,8
- Pn z Valašského Meziříčí jízda v km cca 20,8
- Pn z Valašského Meziříčí jízda v km cca 16,1
- Rychlík jízda v km cca 11,1
- Sp nebo Os vlak z Valašského Meziříčí do Hranic na Moravě rozjezd v km cca 5

Při výpočtech nebylo uvažováno možné příčné propojení ve spínací stanici. Pro běžnou sestavu trakčního vedení 150Cu + 120Cu s jedním zesilovacím lanem 240 AlFe nebo 120 Cu vychází maximální úbytek napětí v TV: $\Delta U_{\max} = 1143 \text{ V}$.

Z výsledků vyplývá, že z hlediska úbytků napětí navrhovaná sestava trakčního vedení s jedním zesilovacím lanem vyhoví.

Zvýšení traťové rychlosti v úseku Valašské Meziříčí – Hustopeče nad Bečvou

B.5 Energetické výpočty

Dle předchozí studie SUDOPu Brno, kde byly prověřovány úbytky napětí při rozjezdech osobních a nákladních vlaků s výkonnými lokomotivami 6500 kW a jízda osobního vlaku ve svazku s nákladním dle požadavku nařízení TSI ENE, které stanovuje minimální střední užitečné napětí v troleji u DC trakce na 2700 V. Bylo zde uvažováno s jízdou rychlíku 550 t a nákladního vlaku Pn 2350 t v mezidobí 5 min.

Rozjezd vlaků R a Ex s výkonnými lokomotivami byl z Žst. Valašské Meziříčí a rozjezd vlaků NEx z Žst. Lhotka nad Bečvou.

Ze simulace vyplývá, schopnost TV udržet minimální hodnotu napětí na pantografu 2700 V do výkonu lokomotivy cca 4000 kW a to zhruba do poloviny řešeného meziměřínského úseku. Při výpadku jedné z měničů bude schopnost přenosu klesat.

Aktualizací výpočtů, následného omezení tažné síly dle trakční charakteristiky daného vozidla, se pohybuje maximální výkon vlaků NEx kolem hodnoty 4000 kW a vlaků R, Ex kolem 3000 kW. V bezporuchovém stavu bude minimální hodnota napětí na pantografu dodržena, při poruchovém stavu bude nutné snižovat výkon lokomotivy a navýšit stanovené mezidobí.

8) Kontrola vypínání zkratů

Pro výpočet maximálního provozního proudu v trakčních měnících bylo uvažováno několik variant rozmístění vlaků a z výpočtů vychází (pro napaječe ve směru stoupání):

TNS Valašské Meziříčí
 $I_{\max} = 2010 \text{ A}$

TNS Hranice na Moravě
 $I_{\max} = 2750 \text{ A}$

Při výpočtu minimálního zkratového proudu pro nastavení ochran bylo uvažováno s vazbou mezi SpS a TNS.

TNS Valašské Meziříčí
 $I_{z, \min} = 9840 \text{ A}$

TNS Hranice na Moravě
 $I_{z, \min} = 6040 \text{ A}$

Z výsledků vyplývá, že navrhovaná sestava trakčního vedení s jedním zesilovacím lanem vyhoví z hlediska kontroly vypínání zkratů.

Nastavení ochran provádí provozovatel. Obecně, podle zkušeností, se ochrany u stejnosměrného napájení 3000 V nastavují tak, aby vyhověla podmínka:

$$I_{\max} + 200 \text{ A} \leq I_n \leq I_{z, \min} - 300 \text{ A},$$

kde: I_{\max} je maximální provozní proud

I_n je hodnota proudu nastavení ochrany

$I_{z, \min}$ je minimální zkratový proud

Hodnota I_n by se měla pohybovat v intervalu 2010–9840 A pro rychlovypínače v TNS Val. Mez. a 2750–6040 A pro rychlovypínače v TNS Hranice na Moravě.

9) Kontrola oteplení vodičů

Z vypočtených maximálních proudů v TNS Valašské Meziříčí vyplývá, že v úseku, který je v projektu řešen (Valašské Meziříčí – Hustopeče nad Bečvou), **navržená sestava trakčního vedení s jedním zesilovacím lanem, jehož maximální trvalá proudová zatížitelnost je 2048 A, vyhoví.**

10) Dimenzování přírodních a zpětných napájecích kabelů

Měniřna Valašské Meziříčí byla rekonstruována v rámci akce „Zvýšení trakčního výkonu TNS Valašské Meziříčí v roce 2015. Napájecí vedení je vyvedeno venkovním vedením 3x 120 Cu na každý napaječ směr Hranice. Zpětné vedení je z RKZ1 vyvedeno 10x 10-CXEKVCEY 1x240/25, pak pokračuje venkovním vedením 6x 120 Cu a na Vsetínském zhlaví je přechod do kabelu 8x 10-CXEKVCEY 1x240/25. Napájecí a zpětné vedení bylo dimenzováno s výhledem na akci „Zvýšení traťové rychlosti v úseku Valašské Meziříčí – Hustopeče“, zpětné vedení je dimenzováno na plný výkon TNS, napájecí vedení směr Hranice je vyhovující pro navrženou sestavu TR 150 Cu +NL 120 Cu + 1x ZV 120 Cu.

11) Závěr

Navržená sestava trakčního vedení 150Cu + 120Cu + 120Cu v úseku Valašské Meziříčí – Hustopeče nad Bečvou splňuje všechny výše uvedené požadavky.

Dokud nebude realizován přechod na střídavou soustavu, je nutné dodržovat minimální mezidobí 5 minut s maximálním možným odběrem, a to i při poruchovém stavu, tj. při výpadku jedné z měníren.

Kontroloval:
Ing. Pavel Odehnal

Aktualizoval:
Bc. Jan Cabal

Příloha č. 1

Číslo úseku			1	2
$U_{stř} \text{ (kV)} =$			2,7	2,7
Délka úseku (km)			17,5	8,3
Redukovaný sklon	⊗		-2,2	5,4
	↘		2,6	-2,3
EC, IC, EX, R	Tažná síla	⊗	39,6	84,0
	$F_t \text{ (kN)}$	↘	67,6	39,1
	Výkon loko	⊗	1619	3429
	$P \text{ (kW)}$	↘	2763	1596
	Proud loko	⊗	866	1654
	$I \text{ (A)}$	↘	1364	855
	Dopravní výkon	⊗	82	39
	$D_p \cdot 10^3 \text{ (tkm/d)}$	↘	82	39
	Měrná spotřeba energie w (Wh/tkm)	⊗	24	62
		↘	48	24
	Denní spotřeba energie A_d (kWh/d)	⊗	1960	2402
		↘	3921	910
Os	Tažná síla	⊗	18,4	38,9
	$F_t \text{ (kN)}$	↘	31,3	18,1
	Výkon loko	⊗	750	1588
	$P \text{ (kW)}$	↘	1279	739
	Proud loko	⊗	397	762
	$I \text{ (A)}$	↘	627	392
	Dopravní výkon	⊗	85	40
	$D_p \cdot 10^3 \text{ (tkm/d)}$	↘	85	40
	Měrná spotřeba energie w (Wh/tkm)	⊗	56	108
		↘	89	55
Pn	Denní spotřeba energie A_d (kWh/d)	⊗	4729	4375
		↘	7569	2215
	Tažná síla	⊗	30,0	200,0
	$F_t \text{ (kN)}$	↘	150,0	27,5
	Výkon loko	⊗	654	4357
	$P \text{ (kW)}$	↘	3268	599
	Proud loko	⊗	325	1939
	$I \text{ (A)}$	↘	1464	301
	Dopravní výkon	⊗	481	228
	$D_p \cdot 10^3 \text{ (tkm/d)}$	↘	481	228
NEX	Měrná spotřeba energie w (Wh/tkm)	⊗	15	39
		↘	30	14
	Denní spotřeba energie A_d (kWh/d)	⊗	6986	8978
		↘	14529	3239
	Tažná síla	⊗	70,0	200,0
	$F_t \text{ (kN)}$	↘	190,0	67,5
	Výkon loko	⊗	1525	4357
	$P \text{ (kW)}$	↘	4139	1471
	Proud loko	⊗	705	1939
	$I \text{ (A)}$	↘	1844	681
	Dopravní výkon	⊗	481	228
	$D_p \cdot 10^3 \text{ (tkm/d)}$	↘	481	228
	Měrná spotřeba energie w (Wh/tkm)	⊗	15	39
		↘	30	14
	Denní spotřeba energie A_d (kWh/d)	⊗	6986	8978
		↘	14529	3239

Zvýšení traťové rychlosti v úseku Valašské Meziříčí – Hustopeče nad Bečvou

B.5 Energetické výpočty

Příloha č. 2

