




ČISTOPIS DOKUMENTACE

Změna:	Název změny:	Datum:	Provedl:	Podpis:

Investor, objednatel:	
 Správa železniční dopravní cesty	Správa železniční dopravní cesty, státní organizace Dlážděná 1003/7 110 00 Praha 1

Zhotovitel částí dokumentace:	
 SUDOP BRNO	SUDOP BRNO, spol. s r.o. Kounicova 26 611 36 Brno

METROPROJEKT Praha a.s. nám. I. P. Pavlova 2/1786 120 00 Praha 2 generální ředitel: Ing. David Krása tel.: +420 296 154 105 www.metroprojekt.cz info@metroprojekt.cz	 METROPROJEKT	Souprava číslo:
---	---	-----------------

HIP:	/ Podpis:	Název a účel díla:
Ing. Jiří Úlehla		Optimalizace trati Černošice (včetně)- -Beroun (mimo)- úsek Karlštejn-Beroun
tel.: +420 296 154 304		
Stupeň: PD		

Zpracovatelský útvar:	Název části díla:	
SUDOP BRNO spol. s r.o. tel.:	Souhrnná část	B.
Vedoucí útvaru: Podpis:		
Ing. Jiří Molák		

Odpovědný projektant: Podpis:	Název přílohy:	Změna:
ING. JIŘÍ PRINC	Odolnost a zabezpečení stavby (energetické výpočty)	000
Vypracoval: Podpis:		Číslo příl.:
ING. JIŘÍ PRINC		B.4
Skart. znak: V20/2033 Datum: 03/2012		
Počet formátů:	Měřítka:	IČD: 11A 5794 02 04 00 00

Optimalizace trati Černošice – Beroun (mimo)
Úsek Karlštejn (mimo) – Beroun (mimo)
km 30,559 – km 37,761

Optimalizace trati Beroun (včetně) – Králův Dvůr
Úsek Beroun (včetně) – Králův Dvůr
km 37,761 – km 42,7

Aktualizace energetických výpočtů

Objednatel: SUDUP BRNO spol. s r. o.
Kounicova 26, Brno

Objednávka: 11057-01/11 (5/2011)

Vypracoval: Ing. Jiří Princ

Vypracováno: prosinec 2011 – únor 2012

OBSAH

	strana
1.) Úvod a použité podklady	3
2.) Základní údaje o řešené trati a jejím energetickém napájení	4
3.) Základní trakčně-energetické výpočty	5
3a) Výpočet spotřeby energie	5
3b) Výpočet odebíraných proudů lokomotiv	7
3c) Netrakční odběry	8
4.) Výpočet výkonu a návrh dimenzování měníren	8
5.) Kontrola trakčního vedení a nastavení rychlovypínačů ve vztahu ke špičkovým napáječovým proudům	11
6.) Výpočet následných mezidobí podle předpisu D24	13
7.) Napájení trakčního vedení během výluk při provádění stavby	15
8.) Závěr	16
9.) DODATEK	18

Tabulka č. 1

Tabulka č. 2

Diagram č. 1

Diagram č. 2

Schéma č. 1

1.) Úvod a použité podklady

Energetické výpočty pro zde sledované traťové úseky byly vypracovány již v r. 2004 (Ing. Princ pro SUDOP BRNO) v rámci dokumentace tehdy navržené stavby „Optimalizace trati Řevnice – Beroun“ a tudíž nyní se jedná o aktualizaci zejména vzhledem k nově zadané výhledové dopravě a také s ohledem na předpokládaný provoz velmi výkonných lokomotiv (cca 7000 kW) TAURUS a nová ŠKODA ř. 380. Stejně jako v předchozí dokumentaci energetické výpočty nelze řešit ze samé podstaty věci izolovaně pro úsek tvořící organizačně určitou stavbu, nýbrž pro celý měnírenský úsek, resp. (z hlediska jejího výkonového zatížení) všechny úseky, které dotčená měnírna napájí. Proto tyto výpočty zahrnují v plném rozsahu trať od měnírny Karlštejn po místo styku proudových soustav u Králova Dvora (tedy úsek mezi km 30,95 a km 41,2) a v částečném rozsahu (zejména výpočet spotřeby energie pro stanovení výkonu měnírny Karlštejn) meziměničenský úsek Chuchle – Karlštejn; krátký úsek mezi km 41,2 a km 42,7 byl zahrnut do dříve zpracovaných energetických výpočtů pro trať Beroun – Zbiroh při napájení systémem 25 kV, 50 Hz z trakční transformovny Zdice.

Výpočty jsou zpracovány v obvyklém rozsahu a běžnými metodami jednak pro výhledový stav trati po ukončení všech rekonstrukčních prací, jednak řeší provizorní stavy napájení trati při výlukách jedné koleje vč. trakčního vedení v jednotlivých traťových úsecích a při výluce měnírny Karlštejn. V použitelném rozsahu byly samozřejmě využity výsledky výpočtů z r. 2004; technická zpráva obsahuje přehled použitých postupů, některé důležité dílčí výsledky a zejména zásadní výsledky a závěry s vyplývajícím návrhem dimenzování pevných trakčních zařízení a dalších nutných opatření (např. možných řešení během výlukových stavů). Řada podrobností a početních postupů zůstává archivována u zpracovatele pro případnou další potřebu v budoucnu.

Jako podklad pro zpracování výpočtů byly použity zejména tyto materiály:

- Výše zmíněné výpočty z r. 2004 pro trať Řevnice – Beroun.
- Nově zpracovaná výhledová doprava, předaná zpracovateli generálním projektantem obou staveb firmou METROPROJEKT PRAHA a. s. a dále upřesněná projektantem technologie SUDOPem Praha.
- Traťové rychlosti po rekonstrukci, rovněž získané od METROPROJEKTu.
- Přehled výlukových stavů kolejí a trakčního vedení během výstavby.
- Současné schéma napájení trati a některé další údaje o pevných trakčních zařízeních, získané zpracovatelem od pracovníků SDC-SEE Praha.
- Výsledky jednání na poradě u METROPROJEKTu dne 10. 1. 2012.

- Technické normy a běžné pracovní pomůcky (z archivu zpracovatele) pro energetické výpočty.

2.) Základní údaje o řešené trati a jejím energetickém napájení

Traťový úsek zahrnutý v nyní řešených stavbách od km 30,559 po km 42,7 je dlouhý 12,141 km, energetické výpočty jsou vypracovány pro cca 36,2 km dlouhý úsek od km 5,02 po km 41,2. Trať je v celé délce dvoukolejná zcela rovinatého charakteru a podél řeky Berounky (kromě posledního úseku za žel. st. Beroun).

Redukovaný podélný profil, převzatý z výpočtů z r. 2004, je na schématu č. 1 v příloze. Na trati je 11 žel. stanic a zastávek, což při průměrné vzdálenosti necelých 3,3 km znamená zvýšenou energetickou náročnost osobních vlaků.

Pro ostatní druhy vlaků je trať z trakčního hlediska málo náročná vzhledem k nepatrným stoupáním a poměrně nízké traťové rychlosti (ve srovnání s jinými „koridorovými“ tratěmi) v důsledku nepříznivých směrových poměrů. Podle podkladů budou traťové rychlosti po ukončení stavby v jednotlivých úsecích následující:

Úsek	Klasické soupravy (km/hod)	Soupravy s naklápěcí skříň (km/hod)
km 30,63 – 32,53	115	140
km 32,53 – 34,97	105	130
km 34,97 – 35,17	90	110
km 35,17 – 35,67	85	110
km 35,67 – 37,65	90	110
km 37,65 – 38,30	85	110
km 38,30 – 39,20	100	110
km 39,20 – 41,00	100	140
km 41,00 – 42,70	120	140

Energetické napájení trati je v současné době zajištěno kromě měnírny Chuchle již pouze měnírnu v Karlštejně, což je při její vzdálenosti od konce jednostranně napájeného úseku stejnosměrným systémem cca 10,2 km už nyní málo vyhovující s ohledem na situace při výluce trakčního vedení jedné koleje a možnost několika současných odběrů v rozsáhlém kolejišti uzlu Beroun; v budoucnu by byla situace ještě horší, protože z provedených kontrol

úbytků napětí vyplývá jejich překračování při provozu budoucích vysoce výkonných lokomotiv i za normálního stavu napájení. Proto je **nanejvýš potřebné vybudovat novou měnírnu v Berouně a tato nutnost je dále ještě podstatně zvýrazněna** situací, která nastane v případě výluky nebo výpadku měnírny Karlštejn: při extrémní délce 1-stranně napájeného úseku z měnírny Chuchle až po km 41,2 (tj. cca 36 km) by vzhledem k úbytkům napětí bylo nutno el. provoz téměř úplně zastavit (teoreticky jediný vlak na konci úseku s omezeným odběrem, prakticky spíše přijatelný provoz v úseku Praha – Řevnice a dále úplná výluka) a takový stav na „koridorové“ trati nelze připustit.

Kromě těchto okolností by měnírna v Berouně (i když z tohoto hlediska by jako dočasná postačila v podobě převozní měnírny, stejně by byla nutnost vybudování primárního napájení vedením 22 kV ze sítě energetiky) byla zcela nezbytná pro umožnění dlouhodobého odstavení měnírny Karlštejn včetně R_z 110 kV po dobu její plánované komplexní rekonstrukce.

3.) Základní trakčně-energetické výpočty

3a) Výpočet spotřeby energie

Výpočet spotřeby energie byl proveden běžnou metodou na základě redukovaného podélného profilu trati (schéma č. 1 na konci technické zprávy) a diagramu měrných spotřeb energie typových vlaků (diagram č. 1) pro výhledovou dopravu v podkladech, kterou lze shrnout takto:

Vlaky Ex + R	15 párů	G = 435 t vč. loko
	18 párů	G = 535 t vč. loko
Vlaky Os (POs)	v úseku Chuchle – Radotín 122 párů, G = 180 t	
	v úseku Radotín – Řevnice 84 párů, G = 180 t	
	v úseku Řevnice – Beroun 32 párů, G = 180 t	
	v úseku Beroun – Zdice 12 párů, G = 355 t vč. loko	
Vlaky P _n + R _n + V _n + N _{ex}	v úseku Praha – Beroun 15 párů, G = 1480 t vč. loko	
	v úseku Beroun – Zdice 11 párů, G = 1480 t vč. loko	

Uvedené počty vlaků jsou za 24 hodin, u nákladní dopravy není bohužel zadáno rozdělení podle druhů a hmotnost 1480 t vč. loko je průměrná hodnota.

Během maximálního provozu v dopravní špičce se předpokládají počty vlaků (= párů) za hodinu

- 1 Ex 535 t v celé trati
- 1 R 435 t v celé trati
- 8 POs v úseku Praha – Radotín
- 6 POs v úseku Radotín – Řevnice
- 2 POs v úseku Řevnice – Beroun
- 1 Os v úseku Beroun – Zdice
- 1 N v celé trati.

Z uvedené výhledové dopravy vycházejí výpočtem tyto hodnoty dopravního toku za 24 hodin (pro každý směr jízdy):

R + Ex vlaky	$D_t = 16,155 \cdot 10^3 \text{ t/d}$	v celé trati
POs vlaky	$D_t = 21,96 \cdot 10^3 \text{ t/d}$	v úseku Praha – Radotín (red. úsek č. 1a)
	$D_t = 15,12 \cdot 10^3 \text{ t/d}$	v úseku Radotín – Řevnice (red. úseky č. 1b, 2, 3a)
	$D_t = 5,76 \cdot 10^3 \text{ t/d}$	v úseku Řevnice – Beroun (red. úseky č. 3b, 3c)
Os vlaky	$D_t 4,26 \cdot 10^3 \text{ t/d}$	v úseku Beroun – Zdice (red. úsek č. 4)
N vlaky	$D_t = 22,2 \cdot 10^3 \text{ t/d}$	v úseku Praha – Beroun
	$D_t = 16,28 \cdot 10^3 \text{ t/d}$	v úseku Beroun – Zdice

V diagramu měrných spotřeb energie typových vlaků se uvažuje pro vlaky Ex a R čára č. 2 s navýšením o 10 % (s ohledem na proměnlivou rychlost), pro vlaky POs čára č. 5, pro Os (Beroun – km 41,2) čára č. 4 a pro N vlaky střed mezi čarami č. 7 a 9 s navýšením o 20 % s ohledem na vyšší rychlost.

Postup a výsledky provedených výpočtů jsou přehledně shrnuty v tabulce č. 1. Redukované úseky č. 1 a č. 3 jsou rozděleny na 1a, 1b a 3a, 3b, 3c s rozhraními v Radotíně, Řevnicích a u MR Karlštejn s ohledem na jiné dopravní zatížení, resp. jiný napájecí úsek.

Celková denní spotřeba energie v úseku od MR Chuchle po km 41,2 vychází **$A_d = 104,1 \text{ MWh/d}$** , v části trati zahrnuté do řešených staveb, tj. z Karlštejna po km 41,2

$$A_d = 24,6 \text{ MWh/den.}$$

3b) Výpočet odebíraných proudů lokomotiv

Odebírané proudy lokomotiv při jízdě ustálenou rychlostí v jednotlivých úsecích s konstantním redukováným sklonem byly vypočítány pro rozhodující druhy vlaků (Pn 2350 t + 2 loko uvádějí podklady jako nejtěžší, Nex 1200 t + 2 loko a Vn 800 t + loko je předpoklad zpracovatele) s pomocí běžných vzorců trakční mechaniky a energetiky za dále uvedených předpokladů:

Vlaky Ex (R)	$v = 115 \text{ km/hod}$	$p_o = 5,9 \text{ kg/t}$
	$v = 105 \text{ km/hod}$	$p_o = 5,2 \text{ kg/t}$
	$v = 90 \text{ km/hod}$	$p_o = 4,7 \text{ kg/t}$
Vlaky Nex	$v = 100 \text{ km/hod}$	$p_o = 5,5 \text{ kg/t}$
	$v = 90 \text{ km/hod}$	$p_o = 4,8 \text{ kg/t}$
Vlaky Vn	$v = 70 \text{ km/hod}$	$p_o = 3,6 \text{ kg/t}$
Vlaky Pn	$v = 70 \text{ km/hod}$	$p_o = 3,0 \text{ kg/t}$
Střední napětí v troleji	$U = 2,7 \text{ kV}$	
Účinnost lokomotivy	0,9	
Vlastní spotřeba	$I = 40 \text{ A/lokomotiva} + 100 \text{ A u vlaků Ex (R)}$	

Osobní vlaky nejsou ve výpočtech uvažovány, protože při krátkých vzdálenostech zastávek většinou nejedou ustálenou rychlostí (akcelerace, výběh); případné soupravy s naklápací skříní jsou vzhledem k nižší hmotnosti a nižším jízdním odporům výkonově méně náročné než těžké rychlíky.

Postup výpočtů s dílčími výsledky F_t (potřebná tažná síla lokomotivy) a N (potřebný výkon lokomotivy) a s celkovou hodnotou odebíraného proudu v jednotlivých redukováných úsecích je v tabulce č. 2.

Maximální proudy lokomotiv při rozjezdu, resp. akceleraci (vzhledem ke značně proměnlivé traťové rychlosti je tento parametr velmi významný) uvažujeme tyto:

$$I_{\max} = 2400 \text{ A} + 100 \text{ A u vlaků Ex (R) s lokomotivou o výkonu cca 7000 kW}$$

$$I_{\max} = 1200 \text{ A} + 60 \text{ A u Os vlaků za Berounem s loko ř. 362}$$

$$I_{\max} = 650 \text{ A u pantografových jednotek.}$$

3c) Netrakční odběry

Odběry pro elektrický ohřev výměn (EOV) z trakčního vedení nepřicházejí v úvahu, protože budou napájeny z trafostanic silnoproudého rozvodu v železničních stanicích.

Předtápění osobních souprav bude realizováno z trakčního vedení, odběry však budou z hlediska dimenzování měníren a TV zanedbatelné, a to:

- v žel. st. Beroun v ranních hodinách 2 soupravy směr Plzeň a 2 soupravy směr Praha, nejvýše však 3 soupravy současně s odebíraným výkonem **$N = 3 \times 6 \times 40 = 720 \text{ kW}$**
- v žel. st. Řevnice v ranních hodinách 1 souprava směr Praha, odebíraný výkon zhruba **$N = 240 \text{ kW}$** .

4.) Výpočet výkonu a návrh dimenzování měníren

Výše vypočtená spotřeba energie v jednotlivých redukovaných úsecích se rozdělí při 2-stranně napájeném meziměřírenském úseku mezi obě měnírny podle pravidla tzv. „momentových ramen“. Provedením všech výpočtů vycházejí denní spotřeby energie v měnírnách Karlštejn a Beroun

$$A_d = 46,15 \text{ MWh/d} \text{ v MR Karlštejn}$$

$$A_d = 15,58 \text{ MWh/d} \text{ v MR Beroun.}$$

Spotřeba v MR Beroun při odstávce MR Karlštejn bude **$A_d = 55,17 \text{ MWh/d}$** (není součtem obou předchozích hodnot, protože se zvýší podíl MR Chuchle proti normálnímu schématu napájení). Naopak hodnota v MR Karlštejn při výpadku MR Beroun bude součtem obou předchozích hodnot.

Odpovídající střední výkony budou

$$N_s = 2,01 \text{ MW}$$

$$N_s = 0,68 \text{ MW}$$

$$N_s = 2,40 \text{ MW}$$

a na základě běžně používaného diagramu č. 2 by vycházely hodnoty efektivních a maximálních výkonů

$$N_{ef} = 4,7 \text{ MW}$$

$$N_{ef} = 2,4 \text{ MW}$$

$$N_{ef} = 5,6 \text{ MW}$$

$$N_{max} = 7,9 \text{ MW}$$

$$N_{max} = 5,0 \text{ MW}$$

$$N_{max} = 8,8 \text{ MW.}$$

Spolehlivější a přesnější metodou určení potřebného dimenzování měníren je však postup na základě výkonu v době maximální dopravy. Potřebné výpočty byly provedeny na základě výše uvedených maximálních počtů vlaků za hodinu, kdy je hodinová spotřeba energie odvozena z celodenní spotřeby v poměru dopravního toku za hodinu a za celý den – samozřejmě počítáno pro každý redukovaný úsek zvlášť a výsledek opět stejným postupem jako výše rozdělen vždy mezi obě sousední měnírny.

Dále jsou uvedeny takto zjištěné rozhodující hodnoty zatížení měníren a z nich plynoucí návrhy jejich dimenzování.

Měnírna Karlštejn

Střední výkon za normálního stavu napájení, tj. s měnírnou Beroun,

$$N_s = 2,7 \text{ MW.}$$

Při velmi intenzivní dopravě plně postačí uvažovat efektivní koeficient $k_{ef} = 1,2$ a rozhodující efektivní výkon tudíž vychází

$$N_{ef} = 3,25 \text{ MW.}$$

Střední výkon za situace výluky MR Beroun

$$N_s = 3,71 \text{ MW}$$

a efektivní výkon (nyní postačí $k_{ef} = 1,15$ vzhledem k delšímu napájecímu úseku)

$$N_{ef} = 4,27 \text{ MW.}$$

Maximální výkon (absolutní špička po dobu cca 1 minuta) vychází z diagramu č. 2 za normálního stavu napájení **$N_{max} = 9,3 \text{ MW}$**

za stavu bez měnírny Beroun **$N_{max} = 11,5 \text{ MW.}$**

Z rozboru různých možných rozmístění vlaků a jejich okamžitých výkonových a proudových odběrů (viz v části ad 3b) vyplývá, že tyto hodnoty lze považovat za zcela výjimečné, resp. málo pravděpodobné, kdežto často se vyskytující maxima budou o cca 2 MW nižší; přesné zjištění je samozřejmě nemožné.

Pro obchodní jednání s energetikou velmi důležitou hodnotu tzv. „čtvrthodinového maxima“ by šlo přesně stanovit jedině na základě výhledového grafikonu a při záruce jeho přesného dodržení, což ovšem není a nemůže být splněno. Proto lze postupovat, podobně jako dříve na jiných koridorových tratích, jedině odborným odhadem s využitím možných počtů vlaků současně na trati a jejich výkonů a porovnáním s některými v minulosti provedenými měřeními průběhu zatížení na měnírnách. Hodnoty čtvrthodinového maxima takto vycházejí

$N_{15 \text{ min}} = \text{cca } 4,5 - 5,0 \text{ MW}$ za normální situace

$N_{15 \text{ min}} = \text{cca } 6,0 \text{ MW}$ při výluce MR Beroun.

Ze všech výsledků vyplývá, že současné dimenzování **2x 4,95 MW lze považovat za vyhovující**. Jen zcela výjimečně, a to při současné výluce MR Beroun, by byly potřebné obě jednotky v provozu; normálně zůstává 1 jednotka jako rezervní.

Pokud bude žádána dříve uvažovaná výměna jednotek za typ 3,3 MW, považuje zpracovatel za rovněž postačující 2 jednotky (pokud budou splňovat novými normami požadovanou přetížitelnost po dobu 1 minuta na 300 % jmenovité hodnoty), protože netřeba předpokládat výpadek jednotky současně s výlukou MR Beroun; v opačném případě by bylo ovšem nutné dimenzování $(2 + 1) \times 3,3 \text{ MW}$.

Měšínna Beroun

Střední výkon za normálního stavu napájení, tj. s měšínou Karlštejn,

$$N_s = 1,01 \text{ MW.}$$

Efektivní koeficient vzhledem ke kratšímu napájecímu úseku a nižšímu provozu volíme nyní $k_{\text{ef}} = 1,35$ a bude tedy

$$N_{\text{ef}} = 1,36 \text{ MW.}$$

Střední výkon za situace výluky MR Karlštejn

$$N_s = 3,19 \text{ MW}$$

a efektivní výkon při $k_{\text{ef}} = 1,15 - 1,2$

$$N_{\text{ef}} = 3,7 - 3,8 \text{ MW.}$$

Maximální výkonové špičky lze očekávat za normálního stavu

$$N_{\text{max}} = \text{cca } 8,0 \text{ MW}$$

a za situace bez měšínny Karlštejn **$N_{\text{max}} = \text{cca } 10,0 \text{ MW}$** .

Čtvrt hodinové maximum, pro jehož stanovení platí stejný text jako u MR Karlštejn, lze očekávat

$$N_{15 \text{ min}} = \text{cca } 3,0 \text{ MW}$$
 za normální situace

$$N_{15 \text{ min}} = \text{cca } 5,0 \text{ MW}$$
 při výluce MR Karlštejn.

Jako dimenzování měšínny lze jednoznačně doporučit **1 provozní jednotku 4,95 MW**. Otázka druhé jednotky jako **rezervní je zde diskutabilní** a budou o ní muset rozhodnout investor spolu s provozovatelem. Vzhledem k faktu, že MR Beroun má mít spíše „podpůrný“ charakter (a zajištění primárního napájení ze sítě energetiky bude zřejmě také

pouze jednoduché), kdy při jejím výpadku nebudou dopravní omezení zvláště závažná, a výpadek současně s výpadkem MR Karlštejn není normálně třeba předpokládat, zdálo by se správnější z ekonomických důvodů rezervní jednotku nepožadovat. Zcela jinak se ovšem situace jeví s uvážením významné skutečnosti, že měnírna Karlštejn má být mimo provoz delší dobu během její komplexní rekonstrukce; kromě toho podle zkušeností SDC-SEE je výpadek usměrňovací jednotky častější než výpadek primárního přívodu a rezervní blok by proto účelný byl. Na jednání dne 10. 1. 2012 na Metroprojektu zástupci provozovatele konstatovali, že s vynecháním rezervní jednotky by případně mohli souhlasit jedině za předpokladu realizace rekonstrukce MR Karlštejn a tím zvýšení její spolehlivosti – tato stavba není v současnosti zcela jistá.

5.) Kontrola trakčního vedení a nastavení rychlovypínačů ve vztahu ke špičkovým napáječovým proudům

Provedený rozbor odebíraných proudů při maximálním provozu (viz též otázka „čtvrt hodinového maxima“ v odst. ad 4) plně potvrdil očekávanou skutečnost při daném charakteru trati a dopravy, že totiž **oteplení trakčního vedení zde nebude významné a rozhodující pro dimenzování TV budou úbytky napětí** a příp. vypínání minimálních zkratových proudů, také s přihlédnutím k možným schémátům napájení při různých výlukách.

Z provedených kontrol úbytků napětí při několika variantách nejnepríznivějšího, avšak ještě pravděpodobného rozmístění vlaků, s využitím vypočtených hodnot odebíraných proudů v odstavci ad 3b) vyplývají tyto závěry pro návrh trakčního vedení:

V celém řešeném úseku stejnosměrného trakčního systému (tj. z Karlštejna přes Beroun po km 41,2) je nutná a plně vyhovuje základní sestava trakčního vedení s jedním zesilovacím lanem, tj.

120 mm² Cu + 150 mm² Cu + 120 mm² Cu.

V některých úsecích lze předpokládat určité problémy s umístěním zesilovacího lana na vnější straně stožárů s ohledem na stísněný prostor. Je samozřejmě možné nahradit v takových případech zesilovací lano zdvojením nosného lana.

Přes žel. stanice nahradí zesilovací lano trvale paralelně připojené TV předjízdne koleje.

V krátkém úseku stavby za km 41,2 v systému 25 kV, 50 Hz samozřejmě bude sestava 50 mm² Bz + 100 mm² Cu bez zesilovacího lana.

Napáječe měníren samozřejmě odpovídajícího průřezu, tj. 3x 120 mm² Cu nebo úměrné kabelové. Zpětné kabelové vedení měníren musí mít trvalou zatížitelnost **alespoň** na předpokládané čtvrt hodinové výkonové maximum, tj.

I = 2000 A v MR Karlštejn

I = 1700 A v MR Beroun.

Protože však nelze vyloučit do budoucna nárůst dopravy proti nyní uváděným hodnotám (a výkon měníren by to umožnil), je třeba doporučit dimenzování zpětných kabelů na 150 % výkonového zatížení měníren – tj. v Karlštejně i Berouně

I = 2250 A.

Z hlediska úbytků napětí za situace výluky měnírny Beroun bude nutné
bud' a) ponechat ss rozváděč v měnírně ve funkci spínací stanice,
nebo b) omezit rozjezdové proudy výkonných lokomotiv ze žel. st. Beroun ve směru do Zdic asi o 1/3.

Pro nastavení rychlovypínačů v měnírnách budou určující minimální zkratové proudy následující:

V MR Karlštejn směr Chuchle (samozřejmý předpoklad vazby napáječů)

$$I_{k \min.} = \frac{0,8 \cdot 3300 \cdot 2}{25,93 \cdot 0,061} = \mathbf{3338 \text{ A.}}$$

Protože špičkové napáječové proudy lze očekávat kolem 2500 A, zcela výjimečně do 2800 – 3000 A, vyhoví po všech stránkách nastavení

I_{nast.} = 3000 A.

V MR Karlštejn směr Beroun (za situace výluky MR Beroun)

$$I_{k \min.} = \frac{2640}{10,25 \cdot 0,061} = \mathbf{4222 \text{ A.}}$$

Při možných špičkových provozních napáječových proudech kolem 3000 A plně vyhoví

I_{nast.} = 3500 A.

V MR Beroun směr Karlštejn je za normálního stavu (tj. za provozu MR Karlštejn) situace s velkou rezervou vyhovující a nastavení může být rovněž **I_{nast.} = 3500 A** (a vazba napáječů by ani nebyla nutná).

Rozhodující bude situace při výluce MR Karlštejn (tehdy je zásadním předpokladem propojení vazby napáječů MR Beroun – MR Chuchle) při minimálním zkratovém proudu

$$I_{k \min.} = \frac{2640 \cdot 2}{0,061 \cdot 33,68} = \mathbf{2570 \text{ A.}}$$

Při nutném přestavení rychlovypínačů na hodnotu $I_{\text{nast.}} = \mathbf{2250 \text{ A}}$ budou omezeny špičkové napáječové proudy. Po dobu dlouhodobé rekonstrukce MR Karlštejn (bude-li v dohledné době) bude tento stav vyhovující, protože při současné dopravě a navíc snížených rychlostech v místech provádění rekonstrukčních prací špičkové napáječové proudy nebudou překračovat hodnotu cca 2000 – 2200 A.

V budoucím provozu by však při výluce MR Karlštejn mohly napáječové proudy běžně dosáhnout hodnot 2500 – 3000 A, což však nastavení rychlovypínačů nedovolí. Bude tedy při výjimečném stavu s vyloučením měnirny nutno počítat s omezením rozjezdových proudů nebo rizikem občasného výpadku napáječe. Rozhodně však tato okolnost nemůže vzhledem ke své mimořádnosti odůvodnit případné silnější dimenzování trakčního vedení nebo budování spínací stanice pro vypínání zkratů.

6.) Výpočet následných mezidobí podle předpisu D 24

Podle předpisu D 24 (zabývajícího se propustností tratí z různých hledisek včetně výkonnosti elektrických pevných trakčních zařízení) se počítají nejkratší možná následná mezidobí pro všechny druhy vlaků a každý směr jízdy, a to zvláště na základě výkonového dimenzování měníren, oteplení trakčního vedení, úbytků napětí v TV a rozlišení špičkových provozních od minimálních zkratových proudů. Platným následným mezidobím je pak samozřejmě nejdelší z těchto čtyř a to se ještě rozlišuje na T_B (pro řízení jízdy vlaků v provozu) a T_A (pro konstrukci grafikonu), přičemž platí $T_A = 1,35 T_B$.

Početním postupem přesně podle vzorců v předpisu D 24 vycházejí v dalším přehledu uvedené hodnoty:

Druh vlaku		Následné mezidobí T_B (min.)	
		sudý směr	lichý směr
R, EC atd.	550 t	4	4
R	750 t	5	5
Sp	300 t	2,5	2,5
P Os, Os	280 - 300 t	2,5	2,5

Nex, Rn	600 t	3,5	3,5
Nex, Rn	800 t	4,5	4
Nex, Rn	1000 t	5,5	5
Pn	1400 t	4,5	4,5
Pn	1600 t	5	5
Pn	1800 t	5,5	5,5
Pn	2000 t	6,5	6,5
Pn	2200 t	7	7

Omezujícím činitelem je výkon měnírny Karlštejn, pouze u vlaků Nex a Rn v sudém směru oteplení trakčního vedení.

Poznámka:

V úseku mezi Berounem a km 41,120 (místo styku proudových soustav) nemají vypočtená následná mezidobí praktický smysl, protože zde budou rozhodující hodnoty na „střídavé trakci“ (s výjimkou vlaků končících ve Zdících). Ta byla uvedena v energetických výpočtech pro úsek Beroun – Zbiroh a jsou pro vlaky osobní dopravy přibližně stejná, pro lehké rychlé nákladní vlaky mírně kratší, avšak pro těžké vlaky Pn výrazně delší vzhledem ke značnému stoupání trati - samozřejmě pouze v sudém směru.

Hodnoty v přehledu jsou tedy směrodatné pro traťový úsek Řevnice – Beroun.

V době rekonstrukce MR Karlštejn a napájení tudíž jen z nové měnírny Beroun budou platit tato následná mezidobí:

Druh vlaku		Následné mezidobí T _B (min.)
R, EC atd.	550 t	5
R	750 t	6,5
Sp	300 t	3
P Os, Os	280 - 300 t	3
Nex, Rn	600 t	5,5
Nex, Rn	800 t	7
Nex, Rn	1000 t	8,5
Pn	1400 t	6
Pn	1600 t	6,5
Pn	1800 t	7,5

Pn	2000 t	8
Pn	2200 t	9

Poznámka:

Následná mezidobí vycházejí poměrně příznivá, což je způsobeno tím, že výpočet předpokládal nižší měrné spotřeby vlaků s ohledem na jejich výrazně nižší rychlosti po dobu rekonstrukce ve srovnání s výhledovým stavem. V případě napájení jen měřnou Beroun při krátkodobém výpadku MR Karlštejn po ukončení rekonstrukce a zavedení výhledové dopravy a rychlosti vlaků budou následná mezidobí o 15 – 20 % vyšší.

7.) Napájení trakčního vedení během výluk při provádění stavby

Během provádění stavby bude postupně vyloučena vždy jedna kolej v mezistaničním úseku (resp. v jeho polovině v případě úseku Karlštejn – Beroun, kde pro zkrácení vyřazeného úseku a tím omezení nepříznivého vlivu na propustnost trati bude zřízena provizorní výhybna Lom cca 1 km za zast. Srbsko ve směru na Beroun) nebo skupina kolejí (lichá nebo sudá) ve stanici, příp. skupina kolejí současně s jedním z přilehlých úseků. Protože současně s kolejí je vyloučeno (resp. demontováno) i trakční vedení, je tím přerušeno normální napájení úseku a tuto situaci je třeba individuálně řešit v každém jednotlivém případě tak, aby se energetické napájení nestalo po dobu rekonstrukčních prací větším omezením pro dopravu než výluky samotné.

Jako na jiných koridorových stavbách se předpokládá během výluky koleje jízda po druhé koleji se sníženou rychlostí 50 km/hod a dále jízda dvou vlaků v jednom směru (= vyšší propustnost) a po vykřížování ve směru opačném.

a) Výluka jedné koleje v úseku Karlštejn – výhybna Lom

Napájení meziměřírenského úseku Chuchle – Karlštejn zůstane nedotčeno, je ovšem **zcela nezbytné** zachování funkce napáječe MR Karlštejn pro tento směr (pokud by tedy výluka TV zasáhla i krátký úsek od zhlaví stanice k místu připojení napáječe, bude nutno napáječ provizorně zavést až do stanice, příp. až za stanici, kdyby současně byla výluka skupiny kolejí v žel. st. Karlštejn).

Situace v napájení trati směrem k Berounu až k místu styku proudových soustav v km 41,120 je velmi nepříznivá. Ve výhybně Lom bude samozřejmě nutné příčné propojení TV a stejně tak v Berouně (co nejbližší ke konci

napájeného úseku), i tak však může docházet k občasným výpadkům napáječe v MR Karlštejn nadproudem nebo k překročení přípustných úbytků napětí.

b) **Výluka jedné koleje v úseku výhybna Lom – Beroun**

Na rozdíl od předchozí výluky je třeba TV ve výhybně Lom příčně rozpojit. Dále vyloučená kolej bude po výh. Lom napájena z MR Karlštejn jednostranně a žel. st. Beroun vč. úseku po km 41,2 příčným propojením TV z normálně provozované koleje.

c) **Výluka skupiny kolejí v žel. st. Beroun**

Ať bude zcela samostatně nebo současně s předchozím případem, na schématu napájení se nic nemění; koncový úsek za Berounem bude napájen z TV nevyložené skupiny kolejí příčným propojením za stanicí.

Poznámka:

Veškerý předchozí text samozřejmě předpokládá, že nebude ještě v provozu nově budovaná měnírna v Berouně. V opačném případě by situace byla zcela bezproblémová.

d) **Výluka MR Karlštejn po dobu její rekonstrukce**

Pro vyloučení měnírny po dobu její rekonstrukce je nezbytné, aby byla nejprve vybudována a uvedena do provozu měnírna v Berouně. Pak bude možný normální provoz za předpokladu propojení vazby napáječů mezi měnírny Chuchle a Beroun.

Je velmi žádoucí, aby výluka MR Karlštejn **nebyla v době výluk trakčního vedení** v celé trati; meziměsírenský úsek Chuchle – Beroun bude výrazně delší než Chuchle – Karlštejn, a proto by při nouzovém schématu napájení TV byla zřejmě nutná některá velmi nežádoucí dopravní omezení. Pokud by takový harmonogram výstavby nebyl v plném rozsahu možný, bude nutno navržené souběhy výluk řešit mnohem detailněji než v těchto výpočtech, a to na základě zpracovaného výlukového grafikonu – ten by pak bylo případně nutno podle výsledku energetických kontrol upravit.

8.) Závěr

Provedené energetické výpočty plně potvrdily nutnost vybudování nové měnárny v Berouně, a to v trvalé podobě (nikoliv tedy pouze převozná s dočasným posláním). Otázka účelnosti druhé usměrňovací jednotky jako rezervní je diskutabilní (viz část ad 4), spíše však zpracovatel doporučuje kladné stanovisko.

Trakční vedení postačí v celé trati základní sestava s jedním zesilovacím lanem.

Pro napájení trati během výluk při provádění výstavby je třeba zdůraznit 3 nejdůležitější závěry:

- a) Pro dlouhodobou výlukou MR Karlštejn je zcela nezbytné nejprve zprovoznit novou měnárnu v Berouně.
- b) Během výluky MR Karlštejn by měly být minimalizovány výluky trakčního vedení vzhledem ke značně delšímu napájecímu (meziměsírenskému) úseku).
- c) Výlukou skupiny kolejí v žel. st. Karlštejn je třeba realizovat současně s úsekem Zadní Třebáň – Karlštejn (nebo ještě lépe Řevnice – Karlštejn); jinak by bylo nutné nákladné provizorní vyvedení napáječe MR Karlštejn pro směr Praha přes celou stanici k provozované koleji širé trati.

V Praze, leden 2012.

Ing. Jiří Princ

9.) DODATEK

Po ukončení prací na energetických výpočtech došlo z důvodů vhodnějšího staveniště ke změně navrhovaného situování měnírny Beroun, a to o cca 1,5 km dále za Beroun osobní nádraží směrem ke Zdicím. Z provedených doplňujících výpočtů vyplývají tyto důsledky pro energetické napájení:

- a) Dlouhodobější výkonové zatížení měnírny (15-ti minutové maximum, trvalý efektivní výkon) se sníží cca o 10 % za normálního stavu a cca o 3,5 % za situace výluky MR Karlštejn, což jsou rozdíly zanedbatelné, prakticky pod prahem přesnosti výpočtů.
- b) Absolutní výkonové špičky měnírny se nezmění vůbec, protože rozhodující situace jsou při vysokých odběrech těsně u měnírny.
- c) Vliv na úbytky napětí je zanedbatelný, potřebné dimenzování TV se nemění.
- d) Jediným negativním důsledkem je snížení rozhodujícího minimálního zkratového proudu při nouzovém napájení v době výluky MR Karlštejn o 115 A, což znamená nutnost obdobného snížení proudového nastavení napáječových rychlovypínačů v MR Chuchle a MR Beroun s následným zvýšením rizika výpadků napáječů nadproudem za provozu. Tento dopad by šlo odstranit jedině doplněním 2. zesilovacího lana k TV v části úseku, což však pouze s ohledem na nouzovou situaci nelze jistě z ekonomických důvodů doporučit.

V Praze, únor 2012.

Ing. Jiří Princ

Výpočet spotřeby energie na trati

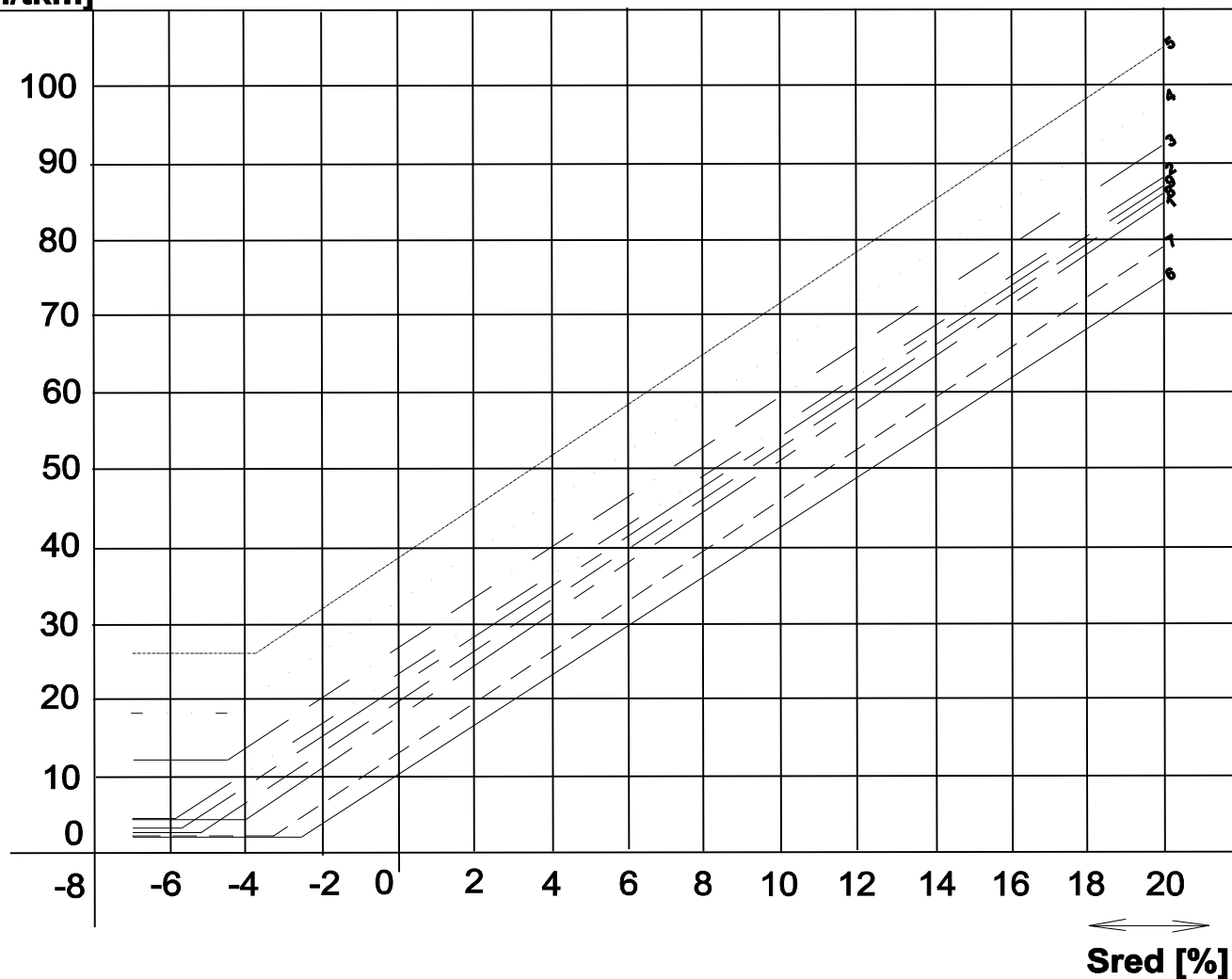
MR Chuchle – Beroun - km 41,2

Číslo úseku			1a	1b	2	3a	3b	3c	4
Délka úseku (km)			4,68	1,9	3,5	8,4	7,2	8,0	2,5
Redukovaný sklon s _r (°/00)		→	+0,6	+0,6	+3,4	+1,4	+1,4	+1,4	+0,3
		←	+/-0,0	±0,0	-1,1	±0,0	±0,0	±0,0	±0,0
Vlaky POs (Os)	Denní dopravní výkon D _p (10 ³ tkm/d)	↔	102,8	28,73	52,92	127,0	41,47	46,08	10,65
	Měrná spotřeba energie w (Wh/tkm)	→	40,5	40,5	50	43	43	43	35
		←	38,5	38,5	35	38,5	38,5	38,5	33,5
	Denní spotřeba energie A _d (kWh/d)	→	4163	1164	2646	5461	1783	1981	373
←		3958	1106	1852	4890	1597	1774	357	
Vlaky Ex + R	Denní dopravní výkon D _p (10 ³ tkm/d)	↔	75,61	30,69	56,54	135,7	116,3	129,2	40,39
	Měrná spotřeba energie w (Wh/tkm)	→	28	28	38,5	31	31	31	29,5
		←	26,5	26,5	21,5	26,5	26,5	26,5	29
	Denní spotřeba energie A _d (kWh/d)	→	2117	859	2177	4207	3605	4005	1192
←		2004	813	1216	3596	3082	3424	1171	
N vlaky	Denní dopravní výkon D _p (10 ³ tkm/d)	↔	103,9	42,18	77,7	186,5	159,8	177,6	40,70
	Měrná spotřeba energie w (Wh/tkm)	→	23	23	35	26,5	26,5	26,5	22,5
		←	21,5	21,5	16,5	21,5	21,5	21,5	21,5
	Denní spotřeba energie A _d (kWh/d)	→	2390	970	2720	4942	4235	4706	916
←		2234	907	1282	4010	3436	3818	875	
Celková denní spotřeba energie A _d (MWh/d)			16,87	5,89	11,89	27,11	17,74	19,71	4,88

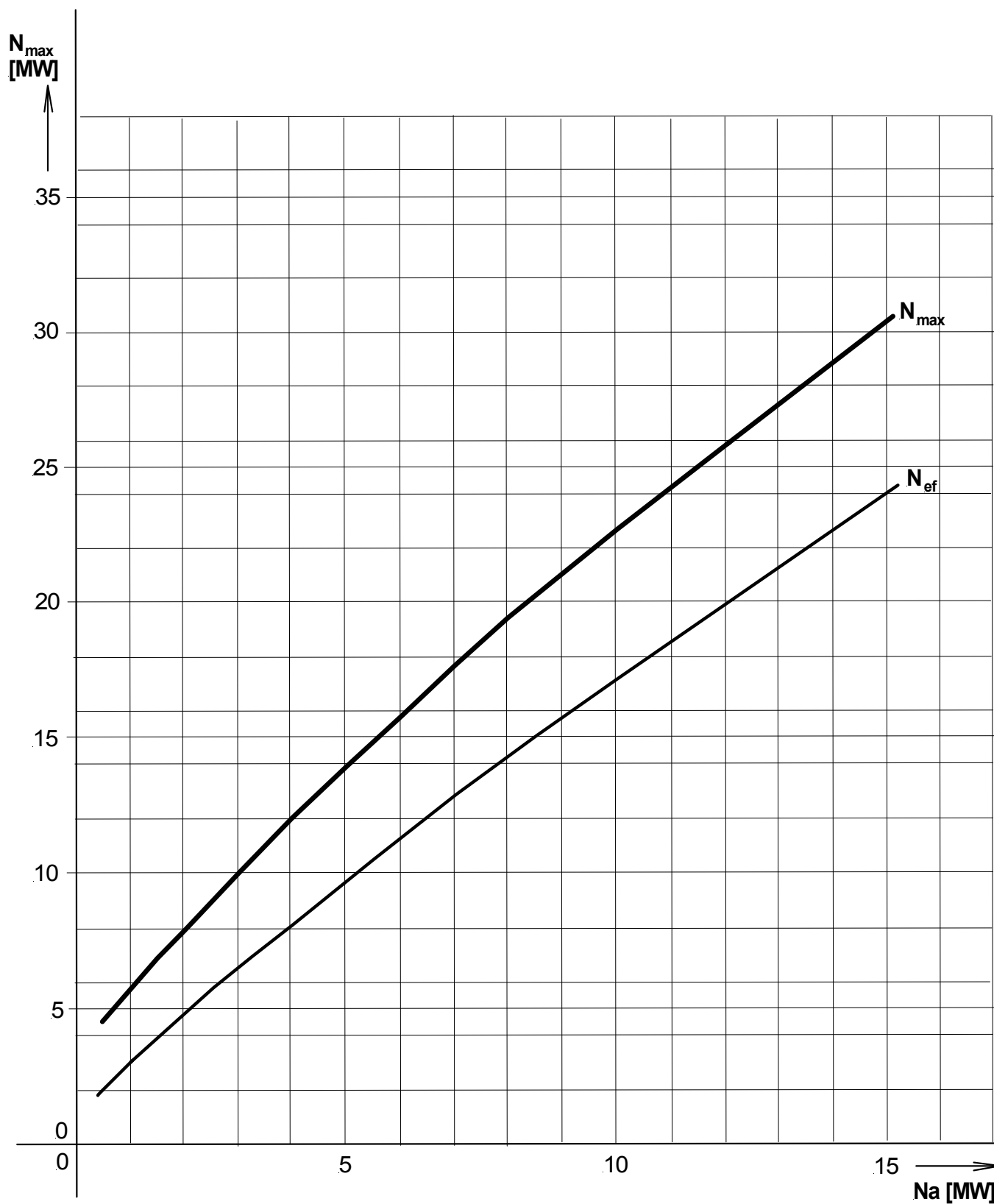
Výpočet odebíraných proudů na trati

MR Chuchle – Beroun - 41,2 km

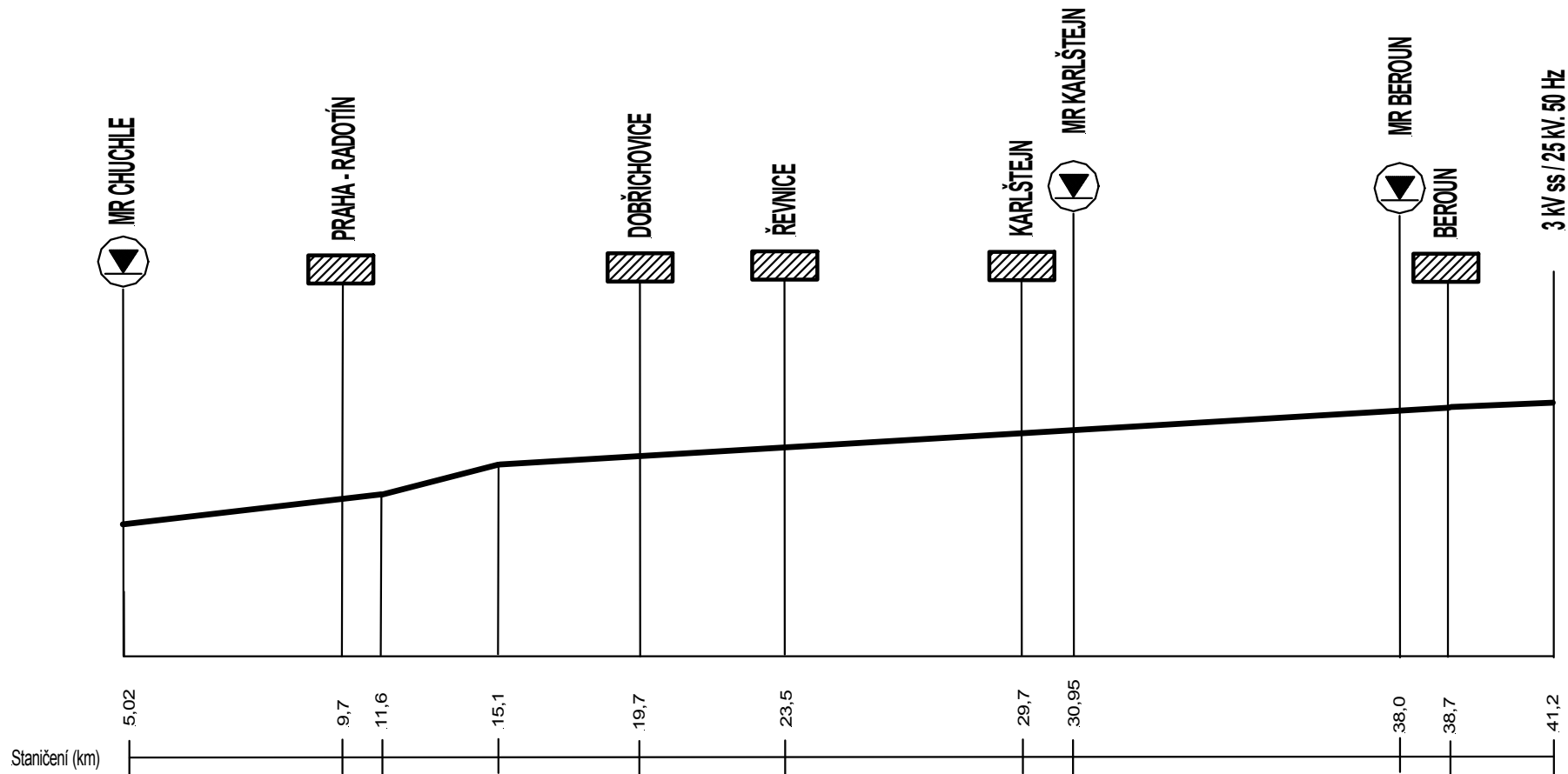
Číslo úseku			1	2	3	4		1	2	3	4
Redukovaný sklon $s_r (‰)$	→		+0,6	+3,4	+1,4	+0,3	→	+0,6	+3,4	+1,4	+0,3
	←		±0,0	-1,1	±0,0	±0,0	←	±0,0	-1,1	±0,0	±0,0
Ex 450 t, 115 km/hod	Tažná síla F_t (t)	→	3,48	4,98	3,91	3,32	Nex 1200 t 90 km/hod	7,40	11,23	8,49	6,99
		←	3,16	2,57	3,16	3,16		6,58	5,07	6,58	6,58
	Výkon loko N (kW)	→	1137	1627	1278	1085		1814	2752	2081	1713
		←	1033	840	1033	1033		1613	1243	1613	1613
	Proud loko I (A)	→	608	810	666	587		827	1213	936	785
		←	565	486	565	565		744	592	744	744
Ex 450 t 105 km/hod	Tažná síla F_t (t)	→	3,10	4,60	3,53	2,94	Pn 2350 t 70 km/hod	9,07	16,13	11,09	8,32
		←	2,78	2,19	2,78	2,78		7,56	4,79	7,56	7,56
	Výkon loko N (kW)	→	886	1315	1009	841		1729	3075	2114	1586
		←	795	626	795	795		1441	913	1441	1441
	Proud loko I (A)	→	505	681	555	486		792	1345	950	733
		←	467	398	467	467		673	456	673	673
Ex 450 t 90 km/hod	Tažná síla F_t (t)	→	2,84	4,33	3,26	2,68	Vn 800 t 70 km/hod	3,72	6,20	4,43	3,45
		←	2,51	1,93	2,51	2,51		3,19	2,21	3,19	3,19
	Výkon loko N (kW)	→	696	1061	799	657		709	1182	844	658
		←	615	473	615	615		608	421	608	608
	Proud loko I (A)	→	426	577	469	410		332	526	387	311
		←	393	335	393	393		290	213	290	290
Nex 1200 t 100 km/hod	Tažná síla F_t (t)	→	8,36	12,19	9,45	7,95					
		←	7,54	6,03	7,54	7,54					
	Výkon loko N (kW)	→	2277	3320	2574	2165					
		←	2053	1642	2053	2053					
	Proud loko I (A)	→	1017	1446	1139	971					
		←	925	756	925	925					

W [wh/tkm]


—————	1 Rychlíky	$v = 70$ km/hod	$n_b = 1/20$ km
—————	2 Rychlíky	$v = 100$ km/hod	$n_b = 1/50$ km
—————	3 Os vlaky	$v = 70$ km/hod	$n_b = 1/5,5$ km
—————	4 Os vlaky	$v = 70$ km/hod	$n_b = 1/3,5$ km
—————	5 Pt jednotky	$v = 90$ km/hod	$n_b = 1/4$ km
—————	6 Pn vlaky	zátěž T	
—————	7 Pn vlaky	zátěž S	
—————	8 Pn vlaky	zátěž U	
—————	9 Rn vlaky	(zátěž U)	



REDUKOVANÝ PODÉLNÝ PROFIL TRATI PRAHA - BEROUN



Číslo úseku		1	2	3	4
Délka úseku (km)		6,58	3,5	23,6	2,5
Redukovaný sklon (‰)	➤	+0,6	+3,4	+1,4	+0,3
	➤	±0,0	-1,1	±0,0	±0,0