



Spolufinancováno Evropskou unií

Nástroj pro propojení Evropy





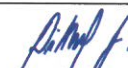


Za tuto publikaci odpovídá pouze její autor. Evropská unie nenese odpovědnost za jakékoli využití informací v ní obsažených.

			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
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	KONTROLOVAL
ING. MILAN OHAREK 	ING. MILAN OHAREK 	JAROSLAV DITTRICH 
KRAJ: ZLÍNSKÝ	POVĚŘENÝ OÚ: VSETÍN	OBEC: LEŠNÁ
"Zvýšení traťové rychlosti v úseku Valašské Meziříčí - Hustopeče nad Bečvou" Odolnost a zabezpečení stavby před vlivy trakčních a energetických vedení		ZAK. ČÍSLO MCO 17 - 104 - 232 - PS
		ÚČEL DSP
		DATUM PROSINEC 2018
		FORMÁT 1 x A4
Technická zpráva		MĚŘÍTKO -
		ČÁST B.4.2 PŘÍLOHA 1

Zvýšení traťové rychlosti v úseku Val.Meziříčí – Hustopeče nad Bečvou

B.4.2 Odolnost a zabezpečení stavby před vlivy trakčních a energetických vedení

Obsah

IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE STAVBY	3
TECHNICKÁ ZPRÁVA	4
1 Všeobecné údaje k první části.....	5
1.1 Rozložení a typ sdělovacích kabelů	5
1.1.1 Sdělovací kabely:	5
1.1.2 Zabezpečovací kabely:	5
1.1.3 Redukční činitele pro výše uvedené sdělovací a zabezpečovací kabely	6
1.2 Výpočet vlivů vedení VVN na podzemní sdělovací kabely SŽDC.	7
1.2.1 Zemní podloží	7
1.2.2 Vedení č. V561/V562 – 2x110kV.....	9
1.2.3 Redukční činitel.....	10
1.3 Výpočet nebezpečného indukčního krátkodobého vlivu	12
1.3.1 Galvanický vliv.	13
2 Všeobecné údaje k druhé části.	14
2.1 Rozložení a typ sdělovacích kabelů je následující:.....	14
2.1.1 Sdělovací kabely:	14
2.1.2 Zabezpečovací kabely:	14
2.1.3 Redukční činitele pro výše uvedené sdělovací a zabezpečovací kabely	15
2.2 Výpočet vlivů vedení VVN na podzemní sdělovací kabely SŽDC.	16
2.2.1 Zemní podloží	16
2.2.2 Vedení č. V561/V562 – 2x110kV.....	19
2.2.3 Redukční činitel.....	20
2.3 Výpočet nebezpečného indukčního krátkodobého vlivu	21
2.3.1 Galvanický vliv.	23
3 Ochranná opatření ve vztahu k vedení VVN 110kV.....	23
3.1 Ochranná opatření proti nebezpečnému vlivu na straně sdělovacího vedení	23
3.1.1 Ochrana sděl. kabelů před nebezpečným indukčním a galvanickým vlivem	23

3.2	Ochrana osob pracujících na sdělovacích vedeních nacházejících se v oblasti nebezpečného vlivu trojfázových vedení.....	23
4	Ochranná opatření ve vztahu k vedení ss el. trakce 3kV.....	24
5	Závěr.....	25
5.1	Závěr první části	25
5.1.1	Vliv vedení VVN 110kV	25
5.2	Závěr druhá části	25
5.2.1	Vliv vedení VVN 110kV	25
	Přílohy k této technické zprávě.....	26
Příloha č.1	Výřez – schéma sítě ČEZ.....	26
Příloha č.2	Technické údaje rozvodné sítě 110kV.....	26
Příloha č.3	Geologická mapa ČR.....	26
Příloha č.4	Výpočty a grafy průběhů zkratu vedením 110kV	26
Příloha č.5	Výkres stožáru VVN soudek pro 110kV.....	26
Příloha č.6	Tabulky s výpočty	26

IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE STAVBY

Název stavby: Rekonstrukce žst. Lhotka nad Bečvou
Stupeň dokumentace: Projekt stavby
Charakter stavby: Rekonstrukce
Odvětví: Železniční doprava
Místo stavby: Úsek Hustopeče nad Bečvou – Valašské Meziříčí

Katastrální území a soupis dotčených parcel:

Hustopeče nad Bečvou – Valašské Meziříčí

Kraj: Zlínský
Objednatel: Správa železniční dopravní cesty, s.o.
Dlážděná 1003/7
110 00 Praha 1 - Nové Město
IČ: 70994234
DIČ: CZ 70994234

Zastoupený: Správa železniční dopravní cesty, s.o.
Stavební správa východ
Nerudova 1, 772 58 Olomouc

Generální projektant: MORAVIA CONSULT Olomouc a.s.,
Legionářská 1085/8
779 00 Olomouc

Odpovědný projektant stavby: Ing. Jiří Malina

Odpovědný projektant objektu: Ing. Milan Oharek

TECHNICKÁ ZPRÁVA

V oboru železničního zabezpečovacího zařízení v části D.1 jsou do stavby zahrnuty provozní soubory zabezpečovacího zařízení včetně pokládky nových staničních a traťových zabezpečovacích kabelů SŽDC v místě provádění stavebních prací.

V oboru železničního sdělovacího zařízení v části D.2 jsou do stavby zahrnuty provozní soubory sdělovacích zařízení včetně úpravy a ochrany stávajících sdělovacích kabelů SŽDC v místě provádění stavebních prací.

Všeobecná část

Celkové řešení zabezpečovacího a sdělovacího zařízení

V rámci této stavby budou v rámci traťového zabezpečovacího zařízení pokládány nové zabezpečovací kabely typu TCEKPFLE párované typu 4P1,0 a 48P1,0. Jedná se o zabezpečovací kabely, které jsou buď nejdelší, anebo jsou pro daný traťový úsek nejvíce zastoupeny.

V rámci této stavby bude v rámci sdělovacího zařízení pokládán nový traťový kabel typu TCEKPFLEZE čtyřkovaný typu 15XN 0,8mm. Kabely místní kabelizace nejsou zde uváděny, jelikož se jedná o kabely krátkých vzdáleností.

Všechny tyto sdělovací a zabezpečovací kabely budou vystaveny vlivům nadzemních vedení VVN v celém úseku stavby od km 15,377 do km 24,990.

Vliv vedení VVN na stavbu:

V úseku trati žst. Valašské Meziříčí – žst. Lhotka nad Bečvou, druhá část

V úseku trati žst. Lhotka nad Bečvou – žst. Hustopeče nad Bečvou, první část

V rámci předmětné stavby budou pokládány a instalovány nové zabezpečovací kabely a nový traťový kabel.

V předmětném úseku dochází k souběhu s nadzemním vedením VVN společnosti ČEZ a.s.. Všechny výše uvedené sdělovací a zabezpečovací kabely budou vystaveny vlivu trojfázového vedení VVN.

Pro provedení podrobného výpočtu vlivů vedení VVN na sdělovací a zabezpečovací kabely SŽDC dle ČSN 33 21 60 bylo nutné požádat společnost ČEZ a.s. o výpočet zkratových proudů a sdělení technických údajů jednotlivých vedení VVN, aby bylo možné určit, které vedení v případě jeho zkratu bude mít největší nebezpečný vliv na sdělovací a zabezpečovací kabely SŽDC. V této dokumentaci je proveden podrobný výpočet vlivů vedení VVN na sdělovací a zabezpečovací kabely SŽDC dle ČSN 33 21 60 – Předpisy pro ochranu sdělovacích vedení a zařízení před nebezpečnými vlivy trojfázových vedení VN, VVN a ZVN.

Pro výpočet vlivů trakčních vedení VN na sdělovací a zabezpečovací kabely SŽDC nebyla a ani v současné době neexistuje žádná platná norma. Federální ministerstvo dopravy vydalo ve věstníku dopravy č.9, z 30. dubna 1987, směrnici s názvem „Směrnice pro ochranu sdělovacích kabelů před nebezpečnými indukčními a korozními vlivy ve stykových pásmech

dvou trakčních proudových soustav a v místech souběhu SS trakční proudové soustavy a silového trojfázového vedení“ (směrnice 20/ 86 – PMR)

Projektantem byl proveden výpočet vlivů dle výše uvedené směrnice.

1 Všeobecné údaje k první části.

V rozsahu dané stavby dochází ke styku vedení VVN v následujících lokalitách:

1. km 15,377 – 24,990 - souběh - Vedení č., 561 a 562, 2x 110kV
2. km 21,0 - křížení - Vedení č., 561 a 562, 2x 110kV
3. ve vzdálenosti cca 380m od začátku stavby se nachází rozvodna 110kV Valašské Meziříčí.

Současně v části stavby dochází ke křížení a souběhu s vedeními 22kV, které však nemají z praktického hlediska téměř žádný vliv na stavbu sdělovacích a zabezpečovacích kabelů.

1.1 Rozložení a typ sdělovacích kabelů

1.1.1 Sdělovací kabely:

Ve výše uvedených úsecích - / kabel TCEPKPFLEY 15XN0,8 /
nebo / kabely TCEPKPFLEZE 15XN0,8 /

1.1.2 Zabezpečovací kabely:

Ve výše uvedených úsecích / kabel TCEKFLEY 48 P1,0 /
nebo / kabely TCEKFLEZEY 48P1,0 /

Vzhledem k tomu, že v daných úsecích se předpokládá použití různých typů sdělovacích a zabezpečovacích kabelů, navíc ještě různého provedení, z toho důvodu bude výpočet vlivů vedení VVN proveden samostatně pro sdělovací, tak i zabezpečovací kabely. Tento postup zajistí objektivní výpočet ve vztahu k různým redukčním činitelům použitých typů a druhů kabelů.

1.1.3 Redukční činitele pro výše uvedené sdělovací a zabezpečovací kabely

v provedení FLEY

kabel TCEPKPFLEY 10XN0,8 $r_s = 0,972$

kabel TCEPKPFLEY 15XN0,8 $r_s = 0,965$

kabel TCEKFLEY 3 P1,0 $r_s = 0,99$

kabel TCEKFLEY 7 P1,0 $r_s = 0,98$

kabel TCEKFLEY 12 P1,0 $r_s = 0,97$

kabel TCEKFLEY 16 P1,0 $r_s = 0,96$

kabel TCEKFLEY 24 P1,0 $r_s = 0,94$

kabel TCEKFLEY 30 P1,0 $r_s = 0,92$

kabel TCEKFLEY 48 P1,0 $r_s = 0,90$

provedení ZE

kabel TCEPKPFLEZE 10XN0,8 $r_s = 0,37$

kabel TCEPKPFLEZE 15XN0,8 $r_s = 0,33$

kabel TCEKFLEZE 3 P1,0 $r_s = 0,32$

kabel TCEKFLEZE 7 P1,0 $r_s = 0,28$

kabel TCEKFLEZE 12 P1,0 $r_s = 0,24$

kabel TCEKFLEZE 16 P1,0 $r_s = 0,23$

kabel TCEKFLEZE 24 P1,0 $r_s = 0,18$

kabel TCEKFLEZE 30 P1,0 $r_s = 0,17$

kabel TCEKFLEZE 48 P1,0 $r_s = 0,16$

1.2 Výpočet vlivů vedení VVN na podzemní sdělovací kabely SŽDC.

Výpočet nebezpečných indukčních vlivů je proveden dle platné normy ČSN 33 21 60 – “Předpisy pro ochranu sdělovacích vedení a zařízení před nebezpečnými vlivy trojfázových vedení VN, VVN a ZVN”.

Dle článku 5.8 citované normy je výpočet nebezpečných indukčních vlivů proveden pro to silové vedení, jehož nebezpečný vliv při zkratovém nebo mimořádném stavu je největší. V dané lokalitě se jedná o vedení 110kV V561 R-Hranice – R-Valašské Meziříčí. Jedná se o síť s účinně uzemněným nulovým bodem.

Dle článku 7.2.3 normy ČSN 33 21 60 se pro výpočet indukčního vlivu uvažuje trojnásobná nulová složka zkratového proudu $3 I_0$ protékajícího vedením.

Pro výpočet indukčního vlivu je nutné nejdříve zjistit zdánlivý měrný odpor půdy – rezistivita ρ (Ωm).

Poznámka: Měření zdánlivého měrného odporu půdy – rezistivity půdy dle ČSN 03 8363 bylo provedeno wennerovou metodou v pěti bodech rozdělené na dvě části. Výsledky a mapa, kde byla měřena rezistivita půdy – viz. příloha této technické zprávy.

1.2.1 Zemní podloží

V prostoru pokládky nových sdělovacích a zabezpečovacích kabelů bylo učeno zemní podloží z geologické mapy ČR. Výtah z mapy GeoČR je uveden v příloze této technické zprávy. Z přiložené barevné legendy je patrné, že převažuje druh půdy s následujícím označením:

12 – písčito-hlinitý až hlinito písčité sediment

507 – vápence, brekcie

16 – spraš a sprašová hlína

510 - vápence

6 - Nivní sediment (hlína, písek, štěrk)

5 - Nivní sediment (hlína, písek)

Dle údajů ČHMÚ je pro uvažovanou lokalitu roční úhrn srážek 800 až 1000mm za rok, viz. přiloženou mapu ČHMÚ. Z podrobných údajů ČHMÚ plyne dlouhodobý průměr ročních srážek 816mm.

Dle ČSN 33 21,60 tabulka č.7 platí pravděpodobná hodnota rezistivity:

pro naplaveniny je hodnota ρ v rozmezí od 2 do 10 Ω m.

pro hlíny je hodnota ρ v rozmezí od 5 do 20 Ω m.

pro slíny je hodnota ρ v rozmezí od 10 do 35 Ω m

pro porézní vápenec je hodnota ρ v rozmezí od 35 do 100 Ω m

pro pískovec je hodnota ρ v rozmezí od 35 do 350 Ω m

pro krystalický vápenec je hodnota ρ v rozmezí od 100 do 1000 Ω m

pro jílovitá břidlice je hodnota ρ v rozmezí od 350 do 3500 Ω m

pro žula je hodnota ρ v rozmezí od 1000 až nevodivé Ω m

pro rula, skály je hodnota ρ v rozmezí od 1000 až nevodivé Ω m

Dle ČSN 33 2000-5-54 ed.3, tabulka NA.4 platí pravděpodobná hodnota rezistivity:

Rašelina - je hodnota $\rho = 30\Omega$ m.

Ornice - je hodnota $\rho = 100\Omega$ m.

Vlhký písek - je hodnota ρ v rozmezí od 200 do 300 Ω m

Vlhký štěrk - je hodnota ρ v rozmezí od 300 do 500 Ω m

Suchý písek nebo štěrk - je hodnota ρ v rozmezí od 200 do 300 Ω m

Suchá kamenitá půda - je hodnota ρ v rozmezí od 3000 do 10000 Ω m

Vzhledem k tomu, že v daných lokalitách je minerální spodní voda v relativně malé hloubce pod povrchem, tj. do 10m, proto se u výpočtu vlivů uvažují nižší hodnoty rezistivity půdy ρ .

Dle článku 7.2.22.1 normy ČSN 33 21 60 se při stanovení indukčního vlivu počítá s těmito hodnotami ρ s ohledem na podloží dle geologické mapy :

úsek trati žst. Lhotka nad Bečvou– žst. Hustopeče nad Bečvou

12 - $\rho = 20 \Omega\text{m}$

507 - $\rho = 50 \Omega\text{m}$

16 - $\rho = 33 \Omega\text{m}$ změřeno

- $\rho = 21 \Omega\text{m}$ změřeno

510 - $\rho = 100 \Omega\text{m}$

6 - $\rho = 200 \Omega\text{m}$

5 - $\rho = 50 \Omega\text{m}$

Z uvedeného plyne, že uvažovaná průměrná hodnota $\rho = 136,86 \Omega\text{m}$ z uvedených hodnot je nejvíce pravděpodobná a proto použita pro výpočet vlivů silového vedení VVN na sdělovací a zabezpečovací kabely SŽDC.

Výpočetní úsek žst. Lhotka nad Bečvou – žst. Hustopeče nad Bečvou $\rho = 136,86 \Omega\text{m}$ ($0,136\text{S/m}$)

Dle článku 7.1.2 normy ČSN 33 21 60, oblast působení nebezpečného indukčního vlivu sahá přibližně do vzájemné vzdálenosti silového a sdělovacího vedení dle vztahu:

$$a = 300 \cdot \sqrt{\rho}$$

kde: a je vzájemná vzdálenost v (m)

ρ je zdánlivý měrný odpor půdy - rezistivita v (Ωm)

$$a = 300 \cdot \sqrt{\rho}$$

Výpočetní úsek žst. Lhotka nad Bečvou – žst. Hustopeče nad Bečvou $a = 2\,468\text{m}$

1.2.2 Vedení č. V561/V562 – 2x110kV

Dle podkladů ČEZ a.s., provozní správa Ostrava jsou pro daný úsek uvažovány následující zkratové proudy:

Úsek žst. Lhotka nad Bečvou – žst. Hustopeče nad Bečvou

zkratový proud $3 I_0$ v km 15,4143,500 kA

(vzdálenost 11400m od rozvodny R- Hranice)

Pro výpočet indukčního vlivu byla z naměřených údajů vypočtena průměrná hodnota zdánlivého měrného odporu půdy ρ / Ωm / pro jednotlivé úseky.

1.) Úsek žst. Lhotka nad Bečvou – žst. Hustopeče nad Bečvou

průměrná hodnota zdánlivého měrného odporu půdy $\rho = 136,86 \Omega\text{m}$

Pro výpočet je započítán činitel současnosti $w = 0,7$

Napětí	typ stožáru	počet	zemnicích lan	druh zemnicího lana
--------	-------------	-------	---------------	---------------------

110 kV	Soudek	1	KZL Nokia 58/44 – Al 102,6mm ²
--------	--------	---	---

Redukční činitel kombinovaného zemnicího lana dle obrázku viz. ČSN 33 00 50-195:

Napětí: 110 kV

Typ stožáru: Soudek

Druh. zem. Lan Al 58/44 = 102,6mm²

Redukční činitel $r_z = 0,83$

1.2.3 Redukční činitel

Redukční činitel kolejí při vzdálenosti sdělovacího vedení do 20m od kolejnic, za podmínky elektrizované dvoukolejné železnice a kolejnice jsou dobře elektricky propojeny

při $\rho = 100\Omega\text{m}$) : $r_k = 0,5$

Výsledný redukční činitel r_v : $r_v = r_e \cdot r_s$

kde: r_e Celkový redukční činitel na straně trojfázového vedení

r_s Celkový redukční činitel na straně sdělovacího vedení

Za celkový redukční činitel na straně trojfázového vedení r_e je dosazena hodnota redukčního činitele zemnicích lan vedení VVN 110 kV dle obrázku 7 ČSN 33 21 60.

$$r_e = 0,83$$

Za celkový redukční činitel na straně sdělovacího vedení r_s je dosazena hodnota redukčního činitele kolejí r_k dle článku 7.2.20 a tabulky 6 ČSN 33 21 60 a redukčního činitele sdělovacích kabelů r_s' . Další redukční činitele nejsou ve výpočtu uvažovány:

Pro sdělovací kabely typu TCEPKPFLEY 15XN0,8 je průměrný redukční činitel $r_s' = 0,972$

Pro sdělovací kabely typu TCEPKPFLEZE 15XN0,8 je průměrný redukční činitel $r_s' = 0,37$

1. Kabel typu ...FLEY $r_s = r_s' \cdot r_k = 0,965 \times 0,5 = 0,4825$
2. Kabel typu ...ZE $r_s = r_s' \cdot r_k = 0,3 \times 0,5 = 0,15$

Výsledný redukční činitel :

1. Kabel typu ...FLEY $r_v = r_e \cdot r_s = 0,83 \times 0,4825 = \mathbf{0,400475}$
2. Kabel typu ...ZE $r_v = r_e \cdot r_s = 0,83 \times 0,15 = \mathbf{0,1245}$

Poznámka:

Za celkový redukční činitel na straně zabezpečovacího vedení r_s je dosazena hodnota redukčního činitele kolejí r_k dle článku 7.2.20 a tabulky 6 ČSN 33 21 60 a redukčního činitele sdělovacích kabelů r_s' . Další redukční činitele nejsou ve výpočtu uvažovány:

Pro zabezpečovací kabely typu TCEKPFLEY 48P1,0 je průměrný redukční činitel
 $r_s' = 0,90$

Pro zabezpečovací kabely typu TCEKPFLEZE 48P1,0 je průměrný redukční činitel
 $r_s' = 0,16$

1. Kabel typu ...FLEY $r_s = r_s' \cdot r_k' = 0,90 \times 0,5 = 0,45$
2. Kabel typu ...ZE $r_s = r_s' \cdot r_k' = 0,16 \times 0,5 = 0,08$

Výsledný redukční činitel :

1. Kabel typu ...FLEY $r_v = r_e \cdot r_s = 0,83 \times 0,45 = \mathbf{0,373}$
2. Kabel typu ...ZE $r_v = r_e \cdot r_s = 0,83 \times 0,08 = \mathbf{0,066}$

1.3 Výpočet nebezpečného indukčního krátkodobého vlivu

Výpočet **nebezpečného** indukčního krátkodobého vlivu při jednofázovém zkratu venkovního vedení VVN.

Je proveden dle článku 7.2.1 normy ČSN 33 21 60.

Úsek žst. Lhotka nad Bečvou – žst. Hustopeče nad Bečvou

SDĚLOVACÍ KABEL

- Kabel typu ...FLEY $U_i = 180,96 \text{ V}$

ZABEZPEČOVACÍ KABEL

- Kabel typu ...FLEY $U_i = 168,777 \text{ V}$

V tabulce č.1 ČSN 332160 jsou uvedeny meze nebezpečných indukčních a galvanických vlivů z hlediska bezpečnosti práce.

Pro dobu trvání zkratu do 0,3s je mez nebezpečného napětí 300V.

Dobou trvání zkratu se rozumí celková doba výskytu napětí sestávající z doby nastavení hlavní ochrany a vlastní doby vypínače. Dle údajů společnosti ČEZ je doba trvání zkratu max. do 0,3s. Z toho plyne mez nebezpečného napětí 300V.

SDĚLOVACÍ KABEL

Vypočtená hodnota U_i pro kabel typu FLEY vyhovuje hodnotě v tabulce č.1 (180,96<300V). V příložených tabulkách jsou uvedeny podstatné části výpočtu a výsledné hodnoty celkového indukovaného napětí U_i pro sdělovací kabel.

ZABEZPEČOVACÍ KABEL

Vypočtená hodnota U_i pro kabel typu FLEY vyhovuje hodnotě v tabulce č.1 (168,777<300V). V příložených tabulkách jsou uvedeny podstatné části výpočtu a výsledné hodnoty celkového indukovaného napětí U_i pro zabezpečovací kabel.

Oblast působení nebezpečného indukčního vlivu, pro jednotlivé úseky:

$$a = 300 \cdot \sqrt{\rho}$$

$$a = 300 \cdot \sqrt{136,86}$$

$$a = 3\,509,61\text{m}$$

Výpočetní úsek Úsek žst. Lhotka nad Bečvou – žst. Hustopeče nad Bečvou

$$a = 3\,509,61\text{m}$$

1.3.1 Galvanický vliv.

Dle článku 8.3 normy ČSN 33 21 60 má být proveden výpočet nebezpečného galvanického vlivu při přiblížení sdělovacího kabelu k uzemnění energetického objektu (stožáru venkovního vedení VVN) při jednofázovém zkratu venkovního vedení VVN. Tato situace však nenastane ve výpočetním úseku žst. Lhotka nad Bečvou – žst. Hustopeče nad Bečvou v km 15,377 až 20,850.

2 Všeobecné údaje k druhé části.

V rozsahu dané stavby dochází ke styku vedení VVN v následujících lokalitách:

km 15,377 – 24,990 - souběh - Vedení č., 561 a 562, 2x 110kV

km 21,0 - křížení - Vedení č., 561 a 562, 2x 110kV

ve vzdálenosti cca 380m od začátku stavby se nachází rozvodna 110kV Valašské Meziříčí.

Současně v části stavby dochází ke křížení a souběhu s vedeními 22kV, které však nemají z praktického hlediska téměř žádný vliv na stavbu sdělovacích a zabezpečovacích kabelů.

2.1 Rozložení a typ sdělovacích kabelů je následující:

2.1.1 Sdělovací kabely:

Ve výše uvedených úsecích - / kabel TCEPKPFLEY 15XN0,8 /
nebo / kabely TCEPKPFLEZE 10XN0,8 /

2.1.2 Zabezpečovací kabely:

Ve výše uvedených úsecích / kabel TCEKFLEY 48 P1,0 /
nebo / kabely TCEKFLEZEY 48P1,0 /

Vzhledem k tomu, že v daných úsecích se předpokládá použití různých typů sdělovacích a zabezpečovacích kabelů, navíc ještě různého provedení, z toho důvodu bude výpočet vlivů vedení VVN proveden samostatně pro sdělovací, tak i zabezpečovací kabely. Tento postup zajistí objektivní výpočet ve vztahu k různým redukčním činitelům použitých typů a druhů kabelu.

2.1.3 Redukční činitele pro výše uvedené sdělovací a zabezpečovací kabely

provedení FLEY

kabel TCEPKPFLEY 10XN0,8 $r_s = 0,972$ kabel TCEPKPFLEY 15XN0,8 $r_s = 0,965$ kabel TCEKFLEY 3 P1,0 $r_s = 0,99$ kabel TCEKFLEY 7 P1,0 $r_s = 0,98$ kabel TCEKFLEY 12 P1,0 $r_s = 0,97$ kabel TCEKFLEY 16 P1,0 $r_s = 0,96$ kabel TCEKFLEY 24 P1,0 $r_s = 0,94$ kabel TCEKFLEY 30 P1,0 $r_s = 0,92$ kabel TCEKFLEY 48 P1,0 $r_s = 0,90$

provedení ZE

kabel TCEPKPFLEZE 10XN0,8 $r_s = 0,37$ kabel TCEPKPFLEZE 15XN0,8 $r_s = 0,33$ kabel TCEKFLEZE 3 P1,0 $r_s = 0,32$ kabel TCEKFLEZE 7 P1,0 $r_s = 0,28$ kabel TCEKFLEZE 12 P1,0 $r_s = 0,24$ kabel TCEKFLEZE 16 P1,0 $r_s = 0,23$ kabel TCEKFLEZE 24 P1,0 $r_s = 0,18$ kabel TCEKFLEZE 30 P1,0 $r_s = 0,17$ kabel TCEKFLEZE 48 P1,0 $r_s = 0,16$

2.2 Výpočet vlivů vedení VVN na podzemní sdělovací kabely SŽDC.

Výpočet nebezpečných indukčních vlivů je proveden dle platné normy ČSN 33 21 60 – “Předpisy pro ochranu sdělovacích vedení a zařízení před nebezpečnými vlivy trojfázových vedení VN,VVN a ZVN“.

Dle článku 5.8 citované normy je výpočet nebezpečných indukčních vlivů proveden pro to silové vedení, jehož nebezpečný vliv při zkratovém nebo mimořádném stavu je největší. V dané lokalitě se jedná o vedení 110kV V561 R-Hranice – R-Valašské Meziříčí. Jedná se o síť s účinně uzemněným nulovým bodem.

Dle článku 7.2.3 normy ČSN 33 21 60 se pro výpočet indukčního vlivu uvažuje trojnásobná nulová složka zkratového proudu $3 I_0$ protékajícího vedením.

Pro výpočet indukčního vlivu je nutné nejdříve zjistit zdánlivý měrný odpor půdy – rezistivita ρ (Ωm).

Poznámka: Měření zdánlivého měrného odporu půdy – rezistivity půdy dle ČSN 03 8363 bylo provedeno wennerovou metodou v pěti bodech rozdělené na dvě části. Výsledky a mapa, kde byla měřena rezistivita půdy – viz. příloha této technické zprávy.

2.2.1 Zemní podloží

V prostoru pokládky nových sdělovacích a zabezpečovacích kabelů bylo učeno zemní podloží z geologické mapy ČR. Výtah z mapy GeoČR je uveden v příloze této technické zprávy. Z přiložené barevné legendy je patrné, že převažuje druh půdy s následujícím označením:

12 – písčito-hlinitý až hlinito písčitý sediment

507 – vápence, brekcie

16 – spraš a sprašová hlína

510 - vápence

6 - Nivní sediment (hlína, písek, štěrk)

5 - Nivní sediment (hlína, písek)

Dle údajů ČHMÚ je pro uvažovanou lokalitu roční úhrn srážek 800 až 1000mm za rok, viz. příloženou mapu ČHMÚ. Z podrobných údajů ČHMÚ plyne dlouhodobý průměr ročních srážek 816mm.

Dle ČSN 33 21,60 tabulka č.7 platí pravděpodobná hodnota rezistivity:

- pro naplaveniny je hodnota ρ v rozmezí od 2 do 10 Ωm .
- pro hlíny je hodnota ρ v rozmezí od 5 do 20 Ωm .
- pro slíny je hodnota ρ v rozmezí od 10 do 35 Ωm
- pro porézní vápenec je hodnota ρ v rozmezí od 35 do 100 Ωm
- pro pískovec je hodnota ρ v rozmezí od 35 do 350 Ωm
- pro krystalický vápenec je hodnota ρ v rozmezí od 100 do 1000 Ωm
- pro jílovitá břidlice je hodnota ρ v rozmezí od 350 do 3500 Ωm
- pro žula je hodnota ρ v rozmezí od 1000 až nevodivé Ωm
- pro rula, skály je hodnota ρ v rozmezí od 1000 až nevodivé Ωm

Dle ČSN 33 2000-5-54 ed.3, tabulka NA.4 platí pravděpodobná hodnota rezistivity:

- Rašelina - je hodnota $\rho = 30 \Omega\text{m}$.
- Ornice - je hodnota $\rho = 100 \Omega\text{m}$.
- Vlhký písek - je hodnota ρ v rozmezí od 200 do 300 Ωm
- Vlhký štěrk - je hodnota ρ v rozmezí od 300 do 500 Ωm
- Suchý písek nebo štěrk - je hodnota ρ v rozmezí od 200 do 300 Ωm
- Suchá kamenitá půda - je hodnota ρ v rozmezí od 3000 do 10000 Ωm

Vzhledem k tomu, že v daných lokalitách je minerální spodní voda v relativně malé hloubce pod povrchem, tj. do 10m, proto se u výpočtu vlivů uvažují nižší hodnoty rezistivity půdy ρ .

Dle článku 7.2.22.1 normy ČSN 33 21 60 se při stanovení indukčního vlivu počítá s těmito hodnotami ρ s ohledem na podloží dle geologické mapy :

úsek trati žst. Valašské Meziříčí – žst. Hustopeče nad Bečvou

12 - $\rho = 20 \Omega m$

507 - $\rho = 50 \Omega m$

16 - $\rho = 33 \Omega m$ změřeno

- $\rho = 21 \Omega m$ změřeno

510 - $\rho = 100 \Omega m$

6 - $\rho = 200 \Omega m$

5 - $\rho = 50 \Omega m$

Z uvedeného plyne, že uvažovaná průměrná hodnota $\rho = 157,31 \Omega m$ z uvedených hodnot je nejvíce pravděpodobná a proto použita pro výpočet vlivů silového vedení VVN na sdělovací a zabezpečovací kabely SŽDC.

Výpočetní úsek žst. Valašské Meziříčí – žst. Lhotka nad Bečvou $\rho = 157,31 \Omega m$ (0,157S/m)

Dle článku 7.1.2 normy ČSN 33 21 60, oblast působení nebezpečného indukčního vlivu sahá přibližně do vzájemné vzdálenosti silového a sdělovacího vedení dle vztahu:

$$a = 300 \cdot \sqrt{\rho}$$

kde: a je vzájemná vzdálenost v (m)

ρ je zdánlivý měrný odpor půdy - rezistivita v (Ωm)

$$a = 300 \cdot \sqrt{\rho}$$

Výpočetní úsek žst. Valašské Meziříčí – žst. Lhotka nad Bečvou $a = 4\,324 m$

2.2.2 Vedení č. V561/V562 – 2x110kV

Dle podkladů ČEZ a.s., provozní správa Ostrava jsou pro daný úsek uvažovány následující zkratové proudy:

Úsek žst. Valašské Meziříčí – žst. Hustopeče nad Bečvou

zkratový proud $3 I_0$ v km 24,9905,500 kA

(vzdálenost 25 600m od rozvodny R- Hranice)

Pro výpočet indukčního vlivu byla z naměřených údajů vypočtena průměrná hodnota zdánlivého měrného odporu půdy ρ / Ω m/ pro jednotlivé úseky.

1.) Úsek žst. Valašské Meziříčí – žst. Hustopeče nad Bečvou

průměrná hodnota zdánlivého měrného odporu půdy $\rho = 157,31 \Omega$ m

Pro výpočet je započítán činitel současnosti $w = 0,7$

Napětí	typ stožáru	počet	zemnicích lan	druh zemnicího lana
--------	-------------	-------	---------------	---------------------

110 kV	Soudek	1	KZL Nokia 58/44 – Al 102,6mm ²
--------	--------	---	---

Redukční činitel kombinovaného zemnicího lana dle obrázku viz. ČSN 33 00 50-195:

Napětí: 110 kV

Typ stožáru: Soudek

Druh. zem. Lan Al 58/44 = 102,6mm²

Redukční činitel $r_z = 0,83$

2.2.3 Redukční činitel

Redukční činitel kolejí při vzdálenosti sdělovacího vedení do 20m od kolejnic, za podmínky elektrizované dvoukolejné železnice a kolejnice jsou dobře elektricky propojeny

při $\rho = 100\Omega\text{m}$) : $r_k = 0,5$

Výsledný redukční činitel r_v : $r_v = r_e \cdot r_s$

kde: r_e Celkový redukční činitel na straně trojfázového vedení

r_s Celkový redukční činitel na straně sdělovacího vedení

Za celkový redukční činitel na straně trojfázového vedení r_e je dosazena hodnota redukčního činitele zemních lan vedení VVN 110 kV dle obrázku 7 ČSN 33 21 60.

$r_e = 0,83$

Za celkový redukční činitel na straně sdělovacího vedení r_s je dosazena hodnota redukčního činitele kolejí r_k dle článku 7.2.20 a tabulky 6 ČSN 33 21 60 a redukčního činitele sdělovacích kabelů r_s' . Další redukční činitele nejsou ve výpočtu uvažovány:

Pro sdělovací kabely typu TCEPKPFLEY 15XN0,8 je průměrný redukční činitel $r_s' = 0,972$

Pro sdělovací kabely typu TCEPKPFLEZE 15XN0,8 je průměrný redukční činitel $r_s' = 0,37$

3. Kabel typu ...FLEY $r_s = r_s' \cdot r_k = 0,972 \times 0,5 = 0,4825$

4. Kabel typu ...ZE $r_s = r_s' \cdot r_k = 0,37 \times 0,5 = 0,15$

Výsledný redukční činitel :

3. Kabel typu ...FLEY $r_v = r_e \cdot r_s = 0,83 \times 0,486 = \mathbf{0,400475}$

4. Kabel typu ...ZE $r_v = r_e \cdot r_s = 0,83 \times 0,185 = \mathbf{0,1245}$

Poznámka:

Za celkový redukční činitel na straně zabezpečovacího vedení r_s je dosazena hodnota redukčního činitele kolejí r_k dle článku 7.2.20 a tabulky 6 ČSN 33 21 60 a redukčního činitele sdělovacích kabelů r_s' . Další redukční činitele nejsou ve výpočtu uvažovány:

Pro zabezpečovací kabely typu TCEKPFLEY 48P1,0 je průměrný redukční činitel $r_s' = 0,90$

Pro zabezpečovací kabely typu TCEKPFLEZE 48P1,0 je průměrný redukční činitel $r_s' = 0,16$

$$3. \text{ Kabel typu ...FLEY} \quad r_s = r_s' \cdot r_k' = 0,90 \times 0,5 = 0,45$$

$$4. \text{ Kabel typu ...ZE} \quad r_s = r_s' \cdot r_k' = 0,16 \times 0,5 = 0,08$$

Výsledný redukční činitel :

$$3. \text{ Kabel typu ...FLEY} \quad r_v = r_e \cdot r_s = 0,83 \times 0,45 = \mathbf{0,3735}$$

$$4. \text{ Kabel typu ...ZE} \quad r_v = r_e \cdot r_s = 0,83 \times 0,08 = \mathbf{0,0664}$$

2.3 Výpočet nebezpečného indukčního krátkodobého vlivu

Výpočet **nebezpečného** indukčního krátkodobého vlivu při jednofázovém zkratu venkovního vedení VVN.

Je proveden dle článku 7.2.1 normy ČSN 33 21 60.

Úsek žst. Valašské Meziříčí – žst. Hustopeče nad Bečvou

SDĚLOVACÍ KABEL

- Kabel typu ...FLEY $U_i = 483,26 \text{ V}$

ZABEZPEČOVACÍ KABEL

- Kabel typu ...FLEY $U_i = 450,71 \text{ V}$

V tabulce č.1 ČSN 332160 jsou uvedeny meze nebezpečných indukčních a galvanických vlivů z hlediska bezpečnosti práce.

Pro dobu trvání zkratu do 0,3s je mez nebezpečného napětí 300V.

Dobou trvání zkratu se rozumí celková doba výskytu napětí sestávající z doby nastavení hlavní ochrany a vlastní doby vypínače. Dle údajů společnosti ČEZ je doba trvání zkratu max. do 0,3s. Z toho plyne mez nebezpečného napětí 300V.

SDĚLOVACÍ KABEL

Vypočtená hodnota U_i pro kabel typu FLEY nevyhovuje hodnotě v tabulce č.1 (483,26 < 300V). V příložených tabulkách jsou uvedeny podstatné části výpočtu a výsledné hodnoty celkového indukovaného napětí U_i pro sdělovací kabel.

ZABEZPEČOVACÍ KABEL

Vypočtená hodnota U_i pro kabel typu FLEY nevyhovuje hodnotě v tabulce č.1 (450,71 < 300V). V příložených tabulkách jsou uvedeny podstatné části výpočtu a výsledné hodnoty celkového indukovaného napětí U_i pro zabezpečovací kabel.

Oblast působení nebezpečného indukčního vlivu, pro jednotlivé úseky:

$$a = 300 \cdot \sqrt{\rho}$$

$$a = 300 \cdot \sqrt{157,312}$$

$$a = 2\,468\text{m}$$

Výpočetní úsek Úsek žst. Valašské Meziříčí– žst. Hustopeče nad Bečvou

$$a = 3762,72\text{m}$$

2.3.1 Galvanický vliv.

Dle článku 8.3 normy ČSN 33 21 60 má být proveden výpočet nebezpečného galvanického vlivu při přiblížení sdělovacího kabelu k uzemnění energetického objektu (stožáru venkovního vedení VVN) při jednofázovém zkratu venkovního vedení VVN. Tato situace však nenastane ve výpočetním úseku žst. Valašské Meziříčí – žst. Lhotka nad Bečvou v km 20,950 až 24,990.

3 Ochranná opatření ve vztahu k vedení VVN 110kV

3.1 Ochranná opatření proti nebezpečnému vlivu na straně sdělovacího vedení

U vedení vystavených nebezpečným vlivům je třeba zajistit:

pravidelnou kontrolu izolačního stavu a odporové nerovnováhy

stálost všech spojů vodičů s co nejmenším počtem provozně rozpojitelných spojů

elektrickou pevnost izolace sděl. zařízení

3.1.1 Ochrana sděl. kabelů před nebezpečným indukčním a galvanickým vlivem

U vedení vystavených nebezpečným vlivům je třeba zajistit:

ochranu oddělovacími transformátory (translátory)

ochranu kompenzačními vodiči (nadložné lano)

3.2 Ochrana osob pracujících na sdělovacích vedeních nacházejících se v oblasti nebezpečného vlivu trojfázových vedení

Při pracích na sdělovacích vedeních ohrožovaných vlivy trojfázových vedení VVN A ZVN je nutné postupovat podle ČSN 343101, článek 116 a 120.

U sděl. vedení a zařízení je třeba pro bezpečnost osob provést tato opatření:

1. Kovové konstrukce nebo skříně, na kterých jsou upevněny kabelové závěry, oddělovací transformátory, musí být uzemněny na společný uzemňovací systém uzemňovacím páskem 30x4mm, nebo drátovým vodičem FeZn o průměru minimálně 8mm
2. Tyto kovové konstrukce a skříně na kterých jsou upevněny kabelové závěry nebo zářezové svorkovnice, oddělovací transformátory, jističí soupravy a izolační relé musí být opatřeny bezpečnostní značkou NB.3.01, s nápisem 41 „ POZOR - NEBEZPEČÍ ÚRAZU INDUKOVANÝM NAPĚTÍM“ podle ČSN ISO 3864

3. Před ocelovou konstrukcí a v místech dosahu osob obsluhujících zařízení nutno dát na podlahu izolační koberec
4. Všechny osoby, které mohou s těmito kabely přijít do styku, je nutno instruovat a vybavit je ochrannými prostředky a pomůckami dle ČSN 343100
5. Indukuje-li se ve sděl. kabelovém vedení při zkratovém stavu trojfázového vedení větší napětí než hodnoty uvedené v tabulce č.1 normy ČSN 332160, je nutné označit veškeré doklady o takovém kabelu nápisem „ POZOR! NEBEZPEČÍ ÚRAZU INDUKOVANÝM NAPĚTÍM“ podle ISO 3864. Současně se tímto nápisem označí i rozváděče na nichž je kabel ukončen, nebo je přes ně veden.

4 Ochranná opatření ve vztahu k vedení ss el. trakce 3kV

Aby byl redukční činitel kovového pláště účinný, a současně se zabránilo zničení pláště bludnými proudy, musí být jeden konec pláště uzemněn přímo a na druhém konci musí být mezi plášť kabelu a uzemnění vřazen kondenzátor, jehož velikost se stanoví výpočtem.

5 Závěr.

5.1 Závěr první části

Pro výpočet vlivů bylo uvažováno s náhodnými komponenty, které snížily celkový redukční činitel. Výpočet byl proveden pro trojfázové vedení VVN 110kV. V příloze jsou uvedeny tabulky pro výpočet nebezpečných vlivů trojfázových vedení VVN 110 kV (vedení V561).

5.1.1 Vliv vedení VVN 110kV

Vypočtené výsledky indukovaného napětí jasně ukazují, že v traťovém úseku stavby žst. Lhotka nad Bečvou – žst. Hustopeče nad Bečvou, **je** možné použít sdělovací a zabezpečovací kabely v provedení FLE, jelikož při použití kabelu typu TCEPKPFLE nebudou překročeny povolené meze dle tabulky č.1 – ČSN 33 21 60 (300V při době trvání zkratu do 0,3s).

5.2 Závěr druhá části

Pro výpočet vlivů bylo uvažováno s náhodnými komponenty, které snížily celkový redukční činitel. Výpočet byl proveden pro trojfázové vedení VVN 110kV. V příloze jsou uvedeny tabulky pro výpočet nebezpečných vlivů trojfázových vedení VVN 110 kV (vedení V561).

5.2.1 Vliv vedení VVN 110kV

Vypočtené výsledky indukovaného napětí jasně ukazují, že v traťovém úseku stavby žst. Valašské Meziříčí – žst. Lhotka nad Bečvou, **není** možné použít sdělovací a zabezpečovací kabely v provedení FLE, jelikož při použití kabelu typu TCEPKPFLE budou překročeny povolené meze dle tabulky č.1 – ČSN 33 21 60 (300V při době trvání zkratu do 0,3s).

Poznámka: Přestože v dané lokalitě bylo provedeno měření zdánlivého měrného odporu půdy – rezistivity půdy podél tratě, **projektant doporučuje toto měření provést ještě před pokládkou nových sdělovacích a zabezpečovacích kabelů.** V případě, že by změřený zdánlivý měrný odpor půdy – rezistivita půdy podstatně převyšovala uvažovanou průměrnou hodnotu ρ jednotlivých výpočetních úseků, pak by musel být proveden nový výpočet a provést taková ochranná opatření, aby nedošlo k překročení povolené mezní hodnoty 300V dle tabulky 1 ČSN 33 21 60.

UPOZORNĚNÍ:

Od 30.5.2015 platí nové vydání normy ČSN 34 2040 ed.2.

V článku 7.9.1 je uvedeno, že na tratích s trakční soustavou DC 3kV, kde současně dochází k souběhu s energetickým vedením VN, VVN nebo ZVN, musí být použity sdělovací a zabezpečovací kabely s kovovým pláštěm, tj. v provedení ZE.

Přílohy k této technické zprávě.

Příloha č.1 Výřez – schéma sítě ČEZ

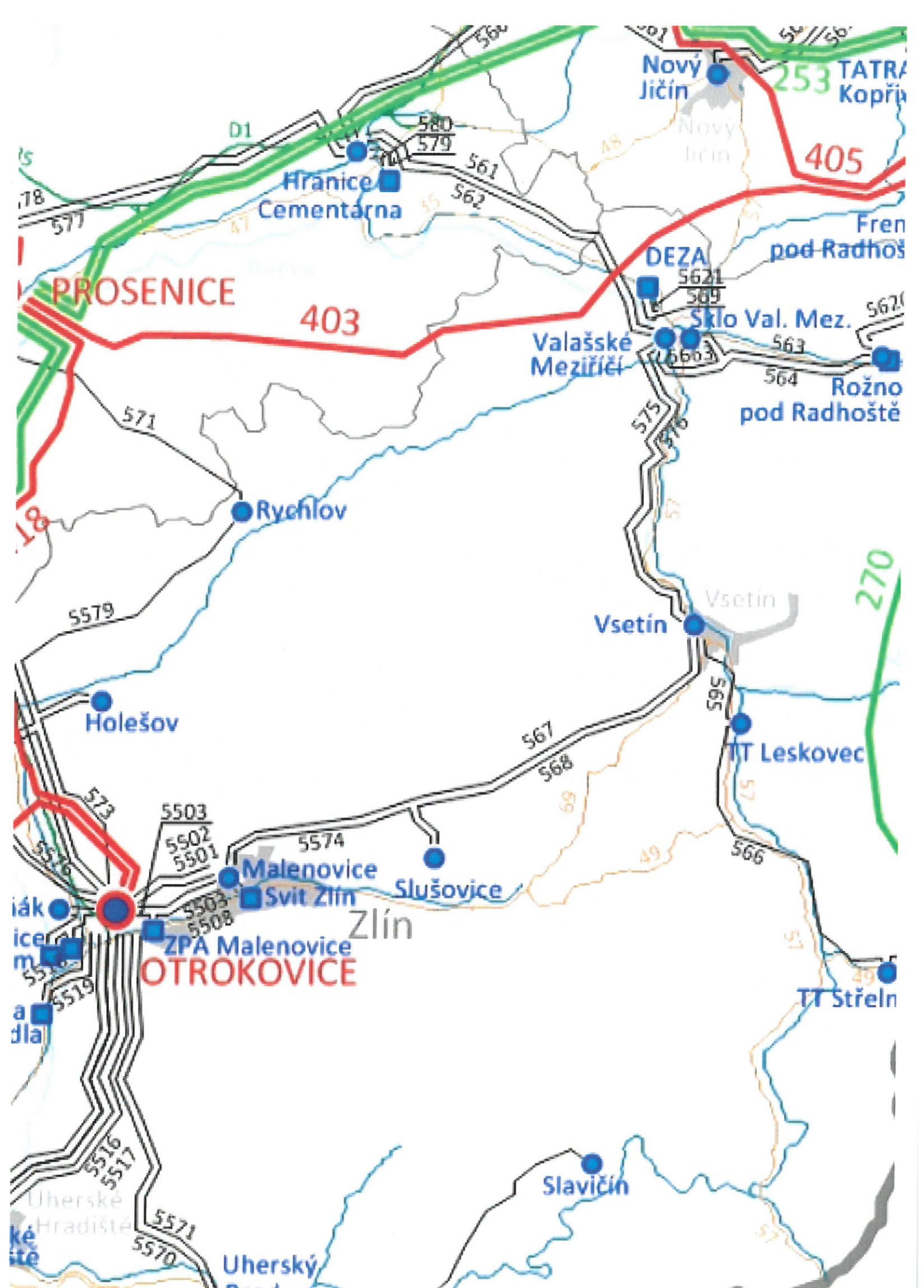
Příloha č.2 Tabulky měření rezistivity půdy

Příloha č.3 Tabulky rezistivity půdy dle ČSN

Příloha č.4 Výpočty a grafy průběhů zkratu vedením 110kV

Příloha č.5 Výkres stožáru VVN soudek pro 110kV

Příloha č.6 Tabulky výpočtů nebezpečných vlivů



MĚŘENÍ REZISTIVITY PŮDY WENNEROVOU METODOU

dle ČSN 03 8363

NÁZEV AKCE	Zvýšení traťové rychlosti v úseku Valašské Meziříčí - Hustopeče nad Bečvou		
DATUM MĚŘENÍ	DEN	MĚSÍC	ROK
	18	9	2018
TEPLOTA [°C]	17		
HLOUBKA MĚŘENÍ [m]	1,5		
POUŽITÝ PŘÍSTROJ	MEGGER DET4TR2		
ZPŮSOB MĚŘENÍ	WENNEROVOU METODOU		

ÚSEK	Hustopeče nad Bečvou => Lhotka nad Bečvou
------	---

MĚŘENÍ Č.	STANIČENÍ (km)	ODPOR (Ω)	REZISTIVITA [Ωm] (ρ)	REZISTIVITA S KOEFICIENTEM [Ωm]	AGRESIVITA PŮDY dle ČSN 03 8375
1.	20,885			Lhotka	
	S - J	15,8	148,836		neagresivní I.
	V - Z	10,67	100,5114		neagresivní I.
PRŮMĚR		13,235	124,6737	137,14107	neagresivní I.
2.	18,91			Přejezd	
	S - J	21	197,82		neagresivní I.
	V - Z	19,9	187,458		neagresivní I.
PRŮMĚR		20,45	192,639	211,9029	neagresivní I.
3.	15,47			Hustopeče	
	S - J	5,89	55,4838		málo agresivní II.
	V - Z	5,99	56,4258		málo agresivní II.
PRŮMĚR		5,94	55,9548	61,55028	málo agresivní II.
4.					
	S - J		0		velmi agresivní IV.
	V - Z		0		velmi agresivní IV.
PRŮMĚR		#DIV/0!	0	0	velmi agresivní IV.
5.					
	S - J		0		velmi agresivní IV.
	V - Z		0		velmi agresivní IV.
PRŮMĚR		#DIV/0!	0	0	velmi agresivní IV.
6.					
	S - J	0	0		velmi agresivní IV.
	V - Z	0	0		velmi agresivní IV.
PRŮMĚR		0	0	0	velmi agresivní IV.
7.					
	S - J	0	0		velmi agresivní IV.
	V - Z	0	0		velmi agresivní IV.
PRŮMĚR		0	0	0	velmi agresivní IV.
8.					
	S - J	0	0		velmi agresivní IV.
	V - Z	0	0		velmi agresivní IV.
PRŮMĚR		0	0	0	velmi agresivní IV.
9.					
	S - J	0	0		velmi agresivní IV.
	V - Z	0	0		velmi agresivní IV.
PRŮMĚR		0	0	0	velmi agresivní IV.
10.					
	S - J	0	0		velmi agresivní IV.
	V - Z	0	0		velmi agresivní IV.
PRŮMĚR		0	0	0	velmi agresivní IV.
Počet uskutečněných měření		3	136,86475		

MĚŘIL: Slanina Zdeněk, Ing. Oharek Milan

VYPRACOVAL: Slanina Zdeněk

MĚŘENÍ REZISTIVITY PŮDY WENNEROVOU METODOU

dle ČSN 03 8363

NÁZEV AKCE	Zvýšení traťové rychlosti v úseku Valašské Meziříčí - Hustopeče nad Bečvou		
DATUM MĚŘENÍ	DEN	MĚSÍC	ROK
	18	9	2018
TEPLOTA [°C]	17		
HLOUBKA MĚŘENÍ [m]	1,5		
POUŽITÝ PŘÍSTROJ	MEGGER DET4TR2		
ZPŮSOB MĚŘENÍ	WENNEROVOU METODOU		

ÚSEK	Lhotka nad Bečvou => Valašské Meziříčí
------	--

MĚŘENÍ Č.	STANIČENÍ (km)	ODPOR (Ω)	REZISTIVITA [Ωm] (ρ)	REZISTIVITA S KOEFICIENTEM [Ωm]	AGRESIVITA PŮDY dle ČSN 03 8375
1.	24,21			Přejezd V.M	
	S - J	27,8	261,876		neagresivní I.
	V - Z	22,7	213,834		neagresivní I.
PRŮMĚR		25,25	237,855	261,6405	neagresivní I.
2.	20,885			Lhotka	
	S - J	15,8	148,836		neagresivní I.
	V - Z	10,67	100,5114		neagresivní I.
PRŮMĚR		13,235	124,6737	137,14107	neagresivní I.
3.	21,75			Přejezd	
	S - J	7,39	69,6138		málo agresivní II.
	V - Z	6,73	63,3966		málo agresivní II.
PRŮMĚR		7,06	66,5052	73,15572	málo agresivní II.
4.					
	S - J		0		velmi agresivní IV.
	V - Z		0		velmi agresivní IV.
PRŮMĚR		#DIV/0!	0	0	velmi agresivní IV.
5.					
	S - J		0		velmi agresivní IV.
	V - Z		0		velmi agresivní IV.
PRŮMĚR		#DIV/0!	0	0	velmi agresivní IV.
6.					
	S - J	0	0		velmi agresivní IV.
	V - Z	0	0		velmi agresivní IV.
PRŮMĚR		0	0	0	velmi agresivní IV.
7.					
	S - J	0	0		velmi agresivní IV.
	V - Z	0	0		velmi agresivní IV.
PRŮMĚR		0	0	0	velmi agresivní IV.
8.					
	S - J	0	0		velmi agresivní IV.
	V - Z	0	0		velmi agresivní IV.
PRŮMĚR		0	0	0	velmi agresivní IV.
9.					
	S - J	0	0		velmi agresivní IV.
	V - Z	0	0		velmi agresivní IV.
PRŮMĚR		0	0	0	velmi agresivní IV.
10.					
	S - J	0	0		velmi agresivní IV.
	V - Z	0	0		velmi agresivní IV.
PRŮMĚR		0	0	0	velmi agresivní IV.
Počet uskutečněných měření		3	157,31243		

Metodika stanovení vzájemné vzdálenosti je uvedena v článcích 5.1 až 5.3.

7.2.22 Zdánlivý měrný odpor půdy ρ je převrácená hodnota střední vodivosti půdy, která se určí měřením podle ČSN 33 4060.

7.2.22.1 Stanovení zdánlivého měrného odporu půdy v oblasti nebezpečného vlivu:

- Pro orientační výpočty indukčního vlivu lze použít hodnoty podle tabulky 7.
- V souvisle zastavěných městských územích nemusí být měrný odpor zjišťován měřením. Při stanovení indukčního vlivu se počítá s těmito hodnotami:

malá města	50 Ωm
střední města	25 Ωm
okrajové oblasti velkých měst	10 Ωm
velká města s hustou inženýrskou sítí, s kolejovou dopravou a velké průmyslové závody	1 Ωm

c) Mimo území měst a obcí, kde to místní poměry dovolují, se určí ρ měřením podle článku 2.12 ČSN 33 4060. Při tomto měření lze místo napájecího okruhu využít existující vedení.

d) Tam, kde místní poměry nedovolují realizovat měření podle článku 2.12 ČSN 33 4060, lze provést měření podle článku 2.13 ČSN 33 4060 metodou Wennerovou nebo Schlumbergerovou.

e) Při výpočtech nebezpečných vlivů lze použít hodnoty, které byly v dané lokalitě zjištěny dřívějším měřením v souvislosti s budováním nebo provozem jiného silového vedení.

Tabulka 7 – Zdánlivý měrný odpor půdy

Druh půdy	Pravdě- podobná hodnota Ωm	Roční množství srážek		Minerální spodní vody*) m
		500 mm a více	250 mm nebo méně	
		Rozmezí naměřených hodnot Ωm		
Naplaveniny a lehké hlíny	5	2 až 10	5 až 1000	1 až 5
Hlíny	10	5 až 20	10 až 100	3,5 až 10
Slíny	20	10 až 35	50 až 350	3,5 až 10
Porézní vápenec	50	35 až 100	50 až 350	3,5 až 10
Pískovec	100	35 až 350	1000 až prakt. nevodivé	10 až 35
Křemeny, pevné a krystalické vápence	350	100 až 1000	1000 až prakt. nevodivé	10 až 35
Jílovitá břidlice, jíly	1000	350 až 3500	1000 až prakt. nevodivé	35 až 100
Žula	1000	1000 až prakt. nevodivé	1000 až prakt. nevodivé	35 až 100
Rula, břidlice, skály	2000	1000 až prakt. nevodivé	1000 až prakt. nevodivé	35 až 100

*) Je-li hladina spodní vody v malé hloubce pod povrchem (do 10 m), uvažují se nižší hodnoty; je-li hladina spodní vody ve velké hloubce (asi 150 m), uvažují se vyšší hodnoty zdánlivého odporu půdy.

7.3 Nebezpečný indukční krátkodobý vliv při jednofázovém zkratu kabelového vedení vvn a zvn

7.3.1 Nebezpečný indukční vliv vyvolaný jednofázovým zkratovým proudem kabelového trojfázového vedení v soustavě s účinně uzemněným nulovým bodem (indukované napětí U_i ve V) se vypočte ze vztahu

$$U_i = 3,14 \cdot I_k \sum_{j=1}^n r_j \cdot m_j \cdot l_j \cdot 10^{-4};$$

význam I_k , r_j , M a l_j viz v 7.2.1.

ČSN 33 2000-5-54 ed. 3

Příloha D (informativní)

Ukládání zemničů do půdy

D.1 Obecně

Odpor zemniče závisí na jeho rozměrech, tvaru a na rezistivitě půdy, ve které je uložen. Tato rezistivita se často mění od místa k místu a mění se i v závislosti na hloubce.

Rezistivita půdy se vyjadřuje v Ωm : to je číselně rezistance (elektrický odpor) v Ω válce naplněného zeminou, jehož průřez je 1 m^2 a který je 1 m dlouhý.

Některé údaje o tom, zda charakteristické vlastnosti půdy jsou z hlediska umístění zemničů více nebo méně vhodné, může poskytnout vzhled povrchu a vegetace. Pokud jsou dostupné výsledky měření na zemničích umístěných v podobných půdních podmínkách, poskytují lepší údaje.

Rezistivita půdy závisí na její vlhkosti a teplotě, což jsou veličiny, které se obě během roku mění. Samotná vlhkost půdy závisí na její zmitosti a pórovitosti. V praxi se rezistivita půdy zvyšuje s tím, jak se snižuje její vlhkost.

Vrstvy půdy, kterými mohou protékat pramínky vody, jako tomu může být v blízkosti vodních toků, jsou zřídka pro umístění zemničů vhodné. Tyto vrstvy jsou ve skutečnosti složeny z kamenitého podkladu, jsou velmi propustné a jsou snadno nasatitelné vodou vyčištěnou přírodní filtrací, což způsobuje vysokou rezistivitu půdy. V takovém případě by se měly použít hloubkové tyčové zemniče, aby se dosáhlo, pokud možno, půdy o lepší vodivosti.

Rezistivita půdy se znatelně zvyšuje mrazem. Při jeho působení může dosáhnout ve vrstvě zmrzlé půdy hodnoty až několika tisíc Ωm . Tato zmrzlá vrstva může v některých oblastech dosahovat tloušťky až 1 m a více.

Rezistivitu půdy rovněž zvyšuje sucho. Účinek vysychání je možno v některých oblastech zaznamenat až do hloubky 2 m . Hodnoty rezistivity půdy v takovém případě mohou dosahovat řádově stejných hodnot, jaké vykazuje půda v období mrazu.

D.2 Rezistivita půdy

Tabulka D.54.1 udává hodnoty rezistivity určitých typů půd.

Tabulka D.54.2 dokumentuje, že rezistivita půd stejného charakteru se může měnit ve velkém rozsahu.

Tabulka D.54.1 – Hodnoty rezistivity půdy

Charakter půdy	Rezistivita Ωm
Bažinatá půda	Od několika do 30
Naplaveniny	20 až 100
Humus, prst'	10 až 150
Vlhká rašelina	5 až 100
Tvárný jíl	50
Vápenatý a kompaktní jíl	100 až 200
Jurský jíl	30 až 40
Jílovité písky	50 až 500
Křemenné písky	200 až 3 000
Holé kamenité půdy	1 500 až 3 000
Zatrávněné kamenité půdy	300 až 500
Měkký vápenec	100 až 300
Kompaktní vápenec	1 000 až 5 000
Rozpukaný vápenec	500 až 1 000
Břidlice	50 až 300
Mikanitová břidlice	800
Žula a pískovec podle míry zvětrání	1 500 až 10 000
Žula nebo velmi zvětralý vápenec (podle míry zvětrání)	100 až 600

První hrubý odhad rezistance (elektrického odporu) zemniče je možno provést, použijí-li se při výpočtu průměrné hodnoty uvedené v tabulce D.54.2.

Je samozřejmé, že výsledné odpory zemničů získané výpočtem s použitím těchto hodnot budou pouze velmi přibližné. Jestliže se použije vzorec uvedený v článku D.3, měření rezistance může dovolovat odhad průměrné hodnoty rezistivity půdy. Tato znalost může být užitečná pro další práce prováděné v podobných půdních podmínkách.

Tabulka D.54.2 – Proměnné hodnoty rezistivity v závislosti na různých druzích půdy

Charakter půdy	Průměrná hodnota rezistivity Ωm
Sytá orná půda, vlhký kompaktní břeh	50
Chudá orná půda, štěrk, tvrdý břeh	500
Holá kamenitá půda, suchý písek, nepronikatelná skála	3 000

D.3 Zemniče uložené do půdy

D.3.1 Základní části¹⁾

Zemniče mohou sestávat z částí uložených v zemi provedených z

- oceli pozinkované v ohni,
- oceli pokryté mědí,
- oceli s elektrolyticky naneseným povlakem mědi,
- nerezové oceli,
- holé mědi.

Spojení mezi kovy rozdílné povahy se nesmí dostat do kontaktu s půdou. Všeobecně platí, že rozdílné kovy a slitiny by se neměly používat.

Minimální tloušťky a průměry částí zemničů uvažují obvyklé riziko chemického a mechanického poškození. Přesto však tyto rozměry nemusí být ještě dostatečné, zvláště jestliže existuje vážné nebezpečí koroze. Taková nebezpečí je možno předpokládat v půdách, kterými protékají bludné proudy, například stejnosměrné zpětné trakční proudy, nebo proudy v blízkosti umístění katodické ochrany. V takových případech je třeba provést zvláštní opatření.

Zemniče by se měly ukládat v co nejvlhčích místech přístupné půdy. Musí být ukládány mimo skládky odpadů, např. hnoje, močůvky, chemických látek, koksu atd., jejichž prosakování do půdy může způsobovat korozi zemničů, a mají být zřízeny co nejdále od frekventovaných míst.

D.3.2 Vyhodnocení rezistance zemničů

a) Horizontálně uložené zemniče

Rezistanci (elektrický odpor) (R) horizontálně uloženého zemniče (viz 542.2.3 a tabulka 54.1) je možno počítat přibližně podle tohoto vzorce

$$R = 2 \frac{\rho}{L}$$

ve kterém ρ je rezistivita půdy (v Ωm) a L je délka výkopu, ve kterém jsou vodiče uloženy (v m).

Je třeba podotknout, že uložení vodičů ve výkopu tak, že tvoří sinusovku, nevede ke znatelnému zlepšení odporu zemniče.

¹⁾ POZNÁMKA K TÉTO NORMĚ V tomto výkladu se předpokládá, že zemniče jsou umístěny mimo dosah ocelových stavebních a konstrukčních částí uložených v zemi, takže není nutno uvažovat s rozkladným působením měděných zemničů na tyto ocelové konstrukce (základy budov s ocelovou výztuží, ocelová potrubí apod.). Měděné zemniče, pokud není v souvislosti s nimi uplatněna aktivní protikorozi ochrana je možno uplatnit pouze na místech daleko od jiné zástavby (horské chaty apod.).

ČSN 33 2000-5-54 ed. 3

NA.7.6 Při přemostování dilatačních spár je nutno provést protikorozi ochranu přemostovacích přeponek ve spáře a nejméně 20 cm v betonu po obou stranách spáry.

NA.7.7 V místech připojení uzemňovacích přívodů na potrubí musí být obnovena pasivní protikorozi ochrana potrubí.

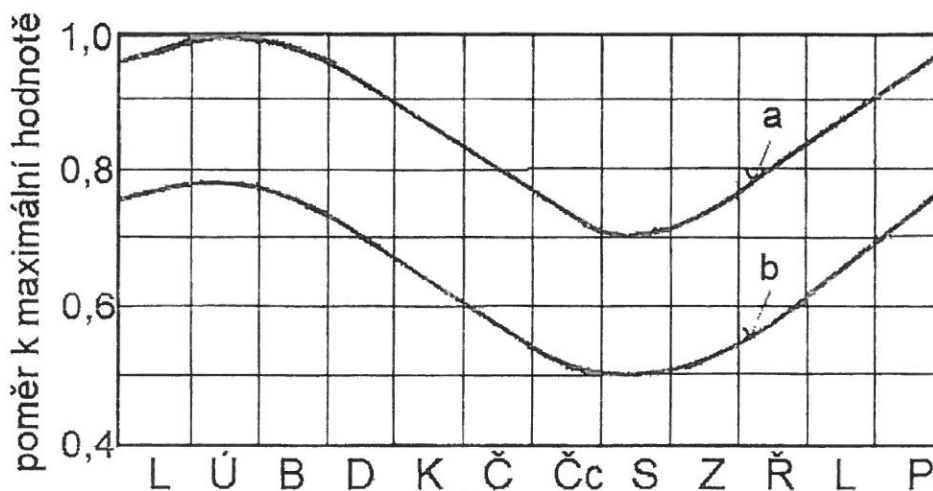
NA.8 (542.2.2, tabulky D.54.1 a D.54.2) Závislost odporu uzemnění na půdních podmínkách

NA.8.1 Účinnost jakéhokoliv zemniče závisí na místních půdních podmínkách. Odpor jednotlivých zemničů i odpor celkového uzemnění je úměrný rezistivitě půdy. Střední hodnoty rezistivity běžných druhů půd jsou uvedeny v tabulce NA.4.

Tabulka NA.4 Střední hodnoty rezistivity běžných druhů půd

Druh zeminy	Rezistivita $\Omega \cdot m$
Rašelina	30
Ornice	100
Vlhký písek	200 až 300
Vlhký štěrč	300 až 500
Suchý písek nebo štěrč	1 000 až 3 000
Suchá kamenitá půda	3 000 až 10 000
POZNÁMKY	
1 Vodivost půdy závisí na druhu půdy, na jejím rozvrstvení, teplotě a vlhkosti. Zmrzlá země má podstatně nižší vodivost než před zmrznutím. Vodivost půdy kolem zemniče může také snižovat elektrický proud, jestliže zemničem trvale prochází. Půdu totiž zahřívá a v okolí zemniče ji vysušuje.	
2 Dešťová nebo říční voda je špatným vodičem, obdobně jako mastné nebo olejové skvrny.	

NA.8.2 Vlhkost půdy se mění se stavem spodní vody a podle ročních období dlouhodobého vývoje počasí. Ve vrstvách půdy blíže povrchu se mění více než ve spodních vrstvách. Proto číselné hodnoty uvedené v tabulce NA.4 platí jen přibližně. Jakým způsobem obvykle kolísá rezistivita půdy v průběhu ročních období, znázorňuje obrázek NA.1a.



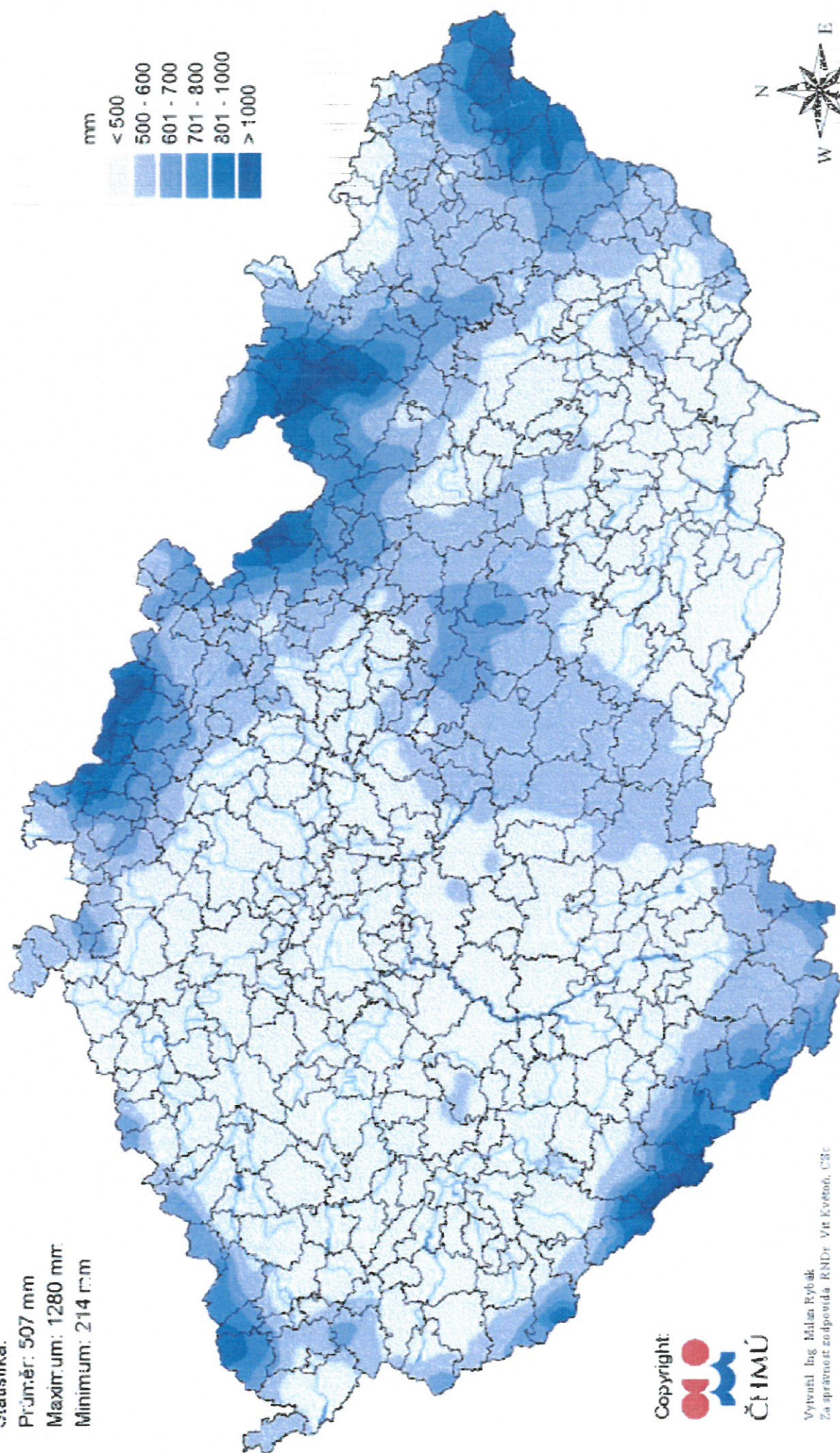
Obrázek NA.1a Změny rezistivity půdy v průběhu roku (vztaheno k maximální rezistivitě); křivka a znázorňuje průběh po delším suchu, křivka b – průběh po deštivém období

Statistika:

Průměr: 507 mm

Maximum: 1280 mm

Minimum: 214 mm



Copyright:



ČHMÚ

Vytvořil Ing. Milan Rybák
Za správnost zodpovídá RNDr. Vít Květoň, ČHMÚ



Oharek Milan Ing.

Od: Feber Petr [petr.feber@cezdistribece.cz]

Odesláno: 16. února 2015 9:14

Komu: oharek@moravia.cz

Kopie: Pavlovič Zdeněk

Předmět: FW: Traťový úsek žst. Teplice nad Bečvou - žst. Hustopeče nad Bečvou

Přílohy: MAPA pro CEZ-cast1.pdf; MAPA pro CEZ-cast2.pdf; zkratky vvn 561.pdf; zkratky vvn 562.pdf

Dobrý den,

na základě Vašeho požadavku týkající se revitalizace železniční trati žst. Hranice na Moravě - žst. Valašské Meziříčí zasílám průběhy zkratových proudů podél vedení 561/562. Jedná se o dvojitě vedení 2x110kV, TR Hranice – TR Valašské Meziříčí, uspořádání soudek, fázové vodiče 185AlFe, vybavené kombinovaným zemním lanem Nokia 58/44.

S pozdravem

Ing. Petr Feber

specialista koncepce sítí vvn

CEZ Distribuce, a.s.

Teplická 874/8

405 02, Děčín 4

pracoviště Oslava

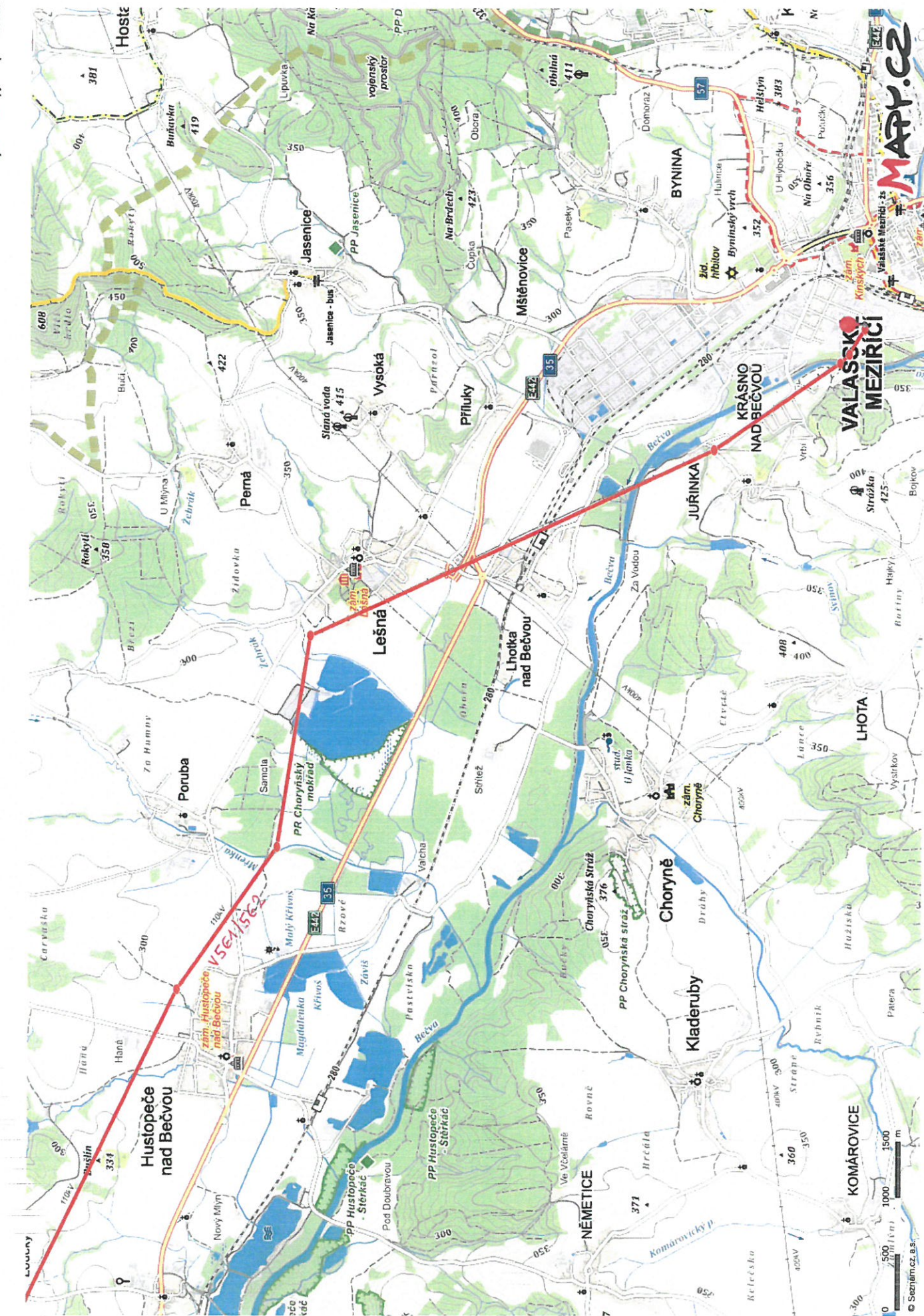
tel. +420 591 113 345

mob. +420 724 833 205

<mailto:petr.feber@cezdistribece.cz>

<http://www.cez.cz>

17.2.2015



Vedení: **V561**
 Počáteční uzel A: **HRNE:1:W2**
 Koncový uzel B: **VMEZ:1:W2**

Druh vodičů: **3x185AlFe6**
 Druh zemního lana: **1xKZL**
 Uspořádání vedení: **ndef.**

16.2.2015

Výpočet průběhu zkratu vedením

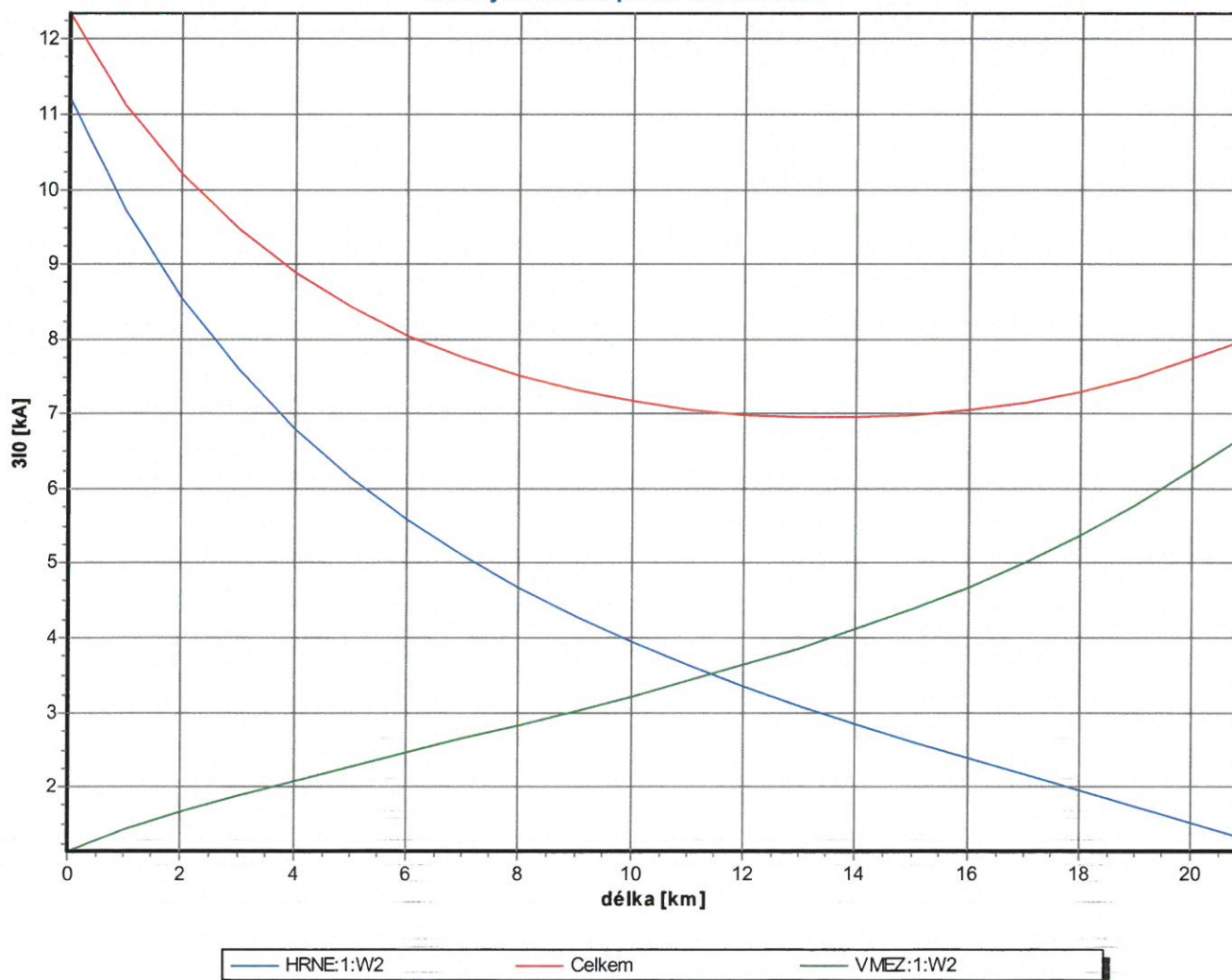
Celkový zkratový proud v počátečním bodě A: 12.35 kA
 Příspěvek zkrat.proudu po vedení do počátečního bodu: 0.67 kA
 Příspěvek 3IO zkratového proudu po vedení do počátečního bodu: 1.14 kA

Celkový zkratový proud v koncovém bodě B: 7.98 kA
 Příspěvek zkratového proudu po vedení do koncového bodu: 2.79 kA
 Příspěvek 3IO zkratového proudu po vedení do koncového bodu: 1.33 kA

Jmenovité napětí: 110.00 kV
 Celková délka vyšetřovaného vedení: 20.851 km
 Délka úseku vedení (dělení pro účel výpočtu): 1.000 km
 Měrná sousledná reaktance vedení: 0.416 Ohm/km
 Měrná nulová reaktance vedení: 1.455 Ohm/km

Platnost výpočtu pro rok: 2015
 Platnost výpočtu pro napěťový součinitel c: 1.10

Průběh jednofázového zkratového proudu a jeho trojnásobných nulových složek podél vedení V561



Vedení: **V562**
Počáteční uzel A: **HRNE:1:W2**
Koncový uzel B: **VMEZ:1:W2**

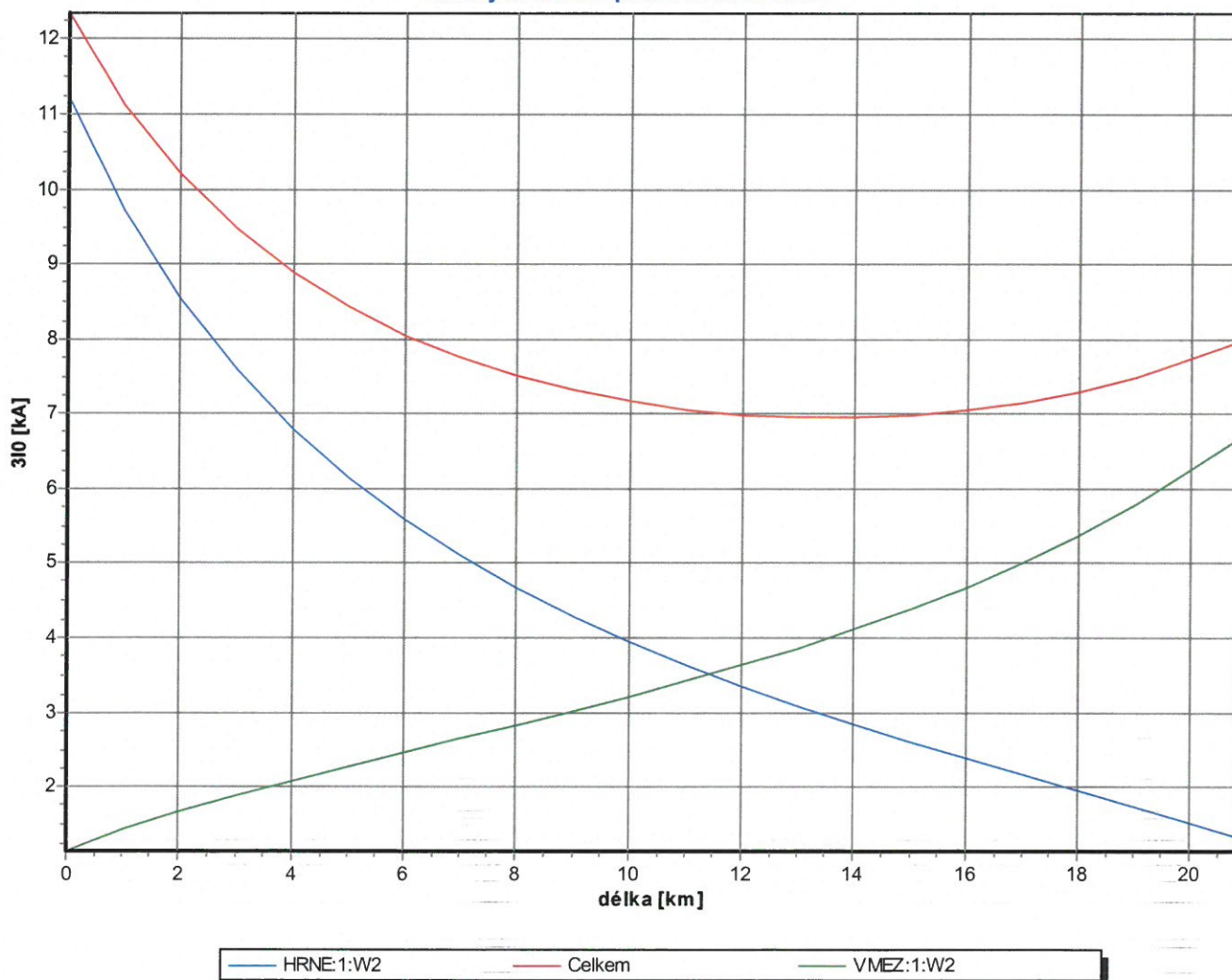
Druh vodičů: **3x185AlFe6**
Druh zemního lana: **1xKZL**
Uspořádání vedení: **ndef.**

16.2.2015

Výpočet průběhu zkratu vedením

Celkový zkratový proud v počátečním bodě A:	12.35 kA
Příspěvek zkrat.proudu po vedení do počátečního bodu:	0.67 kA
Příspěvek 3IO zkratového proudu po vedení do počátečního bodu:	1.14 kA
Celkový zkratový proud v koncovém bodě B:	7.98 kA
Příspěvek zkratového proudu po vedení do koncového bodu:	2.79 kA
Příspěvek 3IO zkratového proudu po vedení do koncového bodu:	1.33 kA
Jmenovité napětí:	110.00 kV
Celková délka vyšetřovaného vedení:	20.851 km
Délka úseku vedení (dělení pro účel výpočtu):	1.000 km
Měrná sousledná reaktance vedení:	0.416 Ohm/km
Měrná nulová reaktance vedení:	1.455 Ohm/km
Platnost výpočtu pro rok:	2015
Platnost výpočtu pro napěťový součinitel c:	1.10

Průběh jednofázového zkratového proudu a jeho trojnásobných nulových složek podél vedení V562



OPTICAL GROUND WIRE (OPGW)

AACSR/AW SS-nF 58/44 (n is number of fibres 2...24)

STANDARDS

Aluminium alloy wires	IEC104 type A
Aluminium clad steel wire	IEC 1232
Cable construction	IEC 1089 (where applicable)
Optical unit	CCITT G.652

PROPERTIES OF THE OPTICAL FIBRES

- single mode fibres	
- dimensions and geometry of fibre	according to CCITT G.652
- fibre attenuation at 1310 nm at 20 °C max.	0.4 dB/km
- fibre attenuation at 1550 nm at 20 °C max.	0.25 dB/km
- attenuation deviation at 1310 and 1550 nm max.	0.1 dB/km within -45..+80 °C
- other properties of fibre	according to CCITT G.652

PROPERTIES OF THE ARMOURING WIRES

Aluminium alloy wires		
- density NOMINAL	2700	kg/m ³
- resistivity max.	32.8	n Ω m
- tensile strength min.	325	MPa
Aluminium clad steel wires (20SA)		
- density NOMINAL	6590	kg/m ³
- thickness of aluminium coating min.	5% of the wire diameter (20SA)	
- resistivity max.	84.8	n Ω m
- tensile strength min.	1340	MPa

Date: 20.Jan.95
By: 2966/RS
Page 2 (3)

AACSR/AW SS-nF 58/44

CONSTRUCTIONAL DATA

OPTICAL UNIT

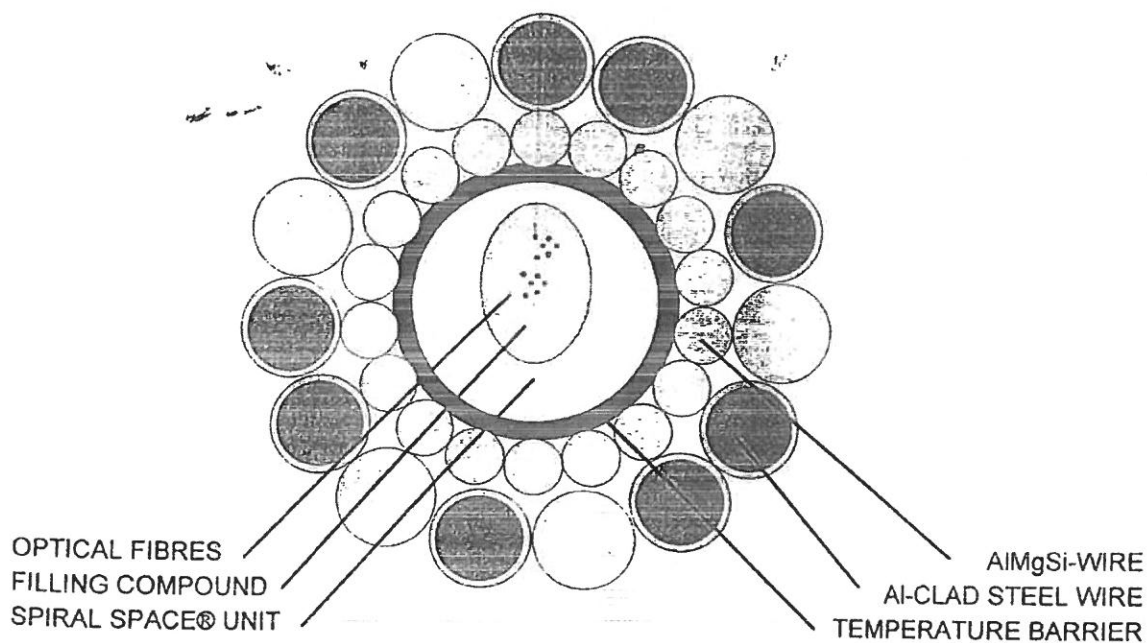
- number of fibres	2...24
- fibre identification	IEC 304, 6 colours, in groups of 6 fibres
- water barrier	tube filled with jelly
- tube diameter average	6 mm
- tapes wrapped over the tube	thermoinsulating material
- thickness of tape layer appr.	0.50 mm
- diameter over the tape	7 mm

INNER LAYER ARMOURING

- aluminium alloy wires	18/1.43	no./mm
- direction of lay	left handed	'S'
- diameter over the layer approx.	9.9	mm

OUTER LAYER ARMOURING

- aluminium alloy wires	6/2.50	no./mm
- aluminium-clad steel wires (20SA)	9/2.50	no./mm
- direction of lay	right handed	'Z'



Date: 20.Jan.95
By: 2966/RS
Page 3 (3)

AACSR/AW SS-nF 58/44

CABLE

diameter over the cable NOMINAL	14.9	mm
- weight NOMINAL	507	kg/km
consisting of		
- optical fibre unit	47	kg/km
- aluminium alloy wires	161	kg/km
- aluminium-clad steel wires (20SA)	299	kg/km
- cross sectional area of the armouring	102.6	mm ²
consisting of		
- aluminium alloy wires	58.4	mm ²
- aluminium-clad steel wires (20SA)	44.2	mm ²

ENVIRONMENT AND INSTALLATION

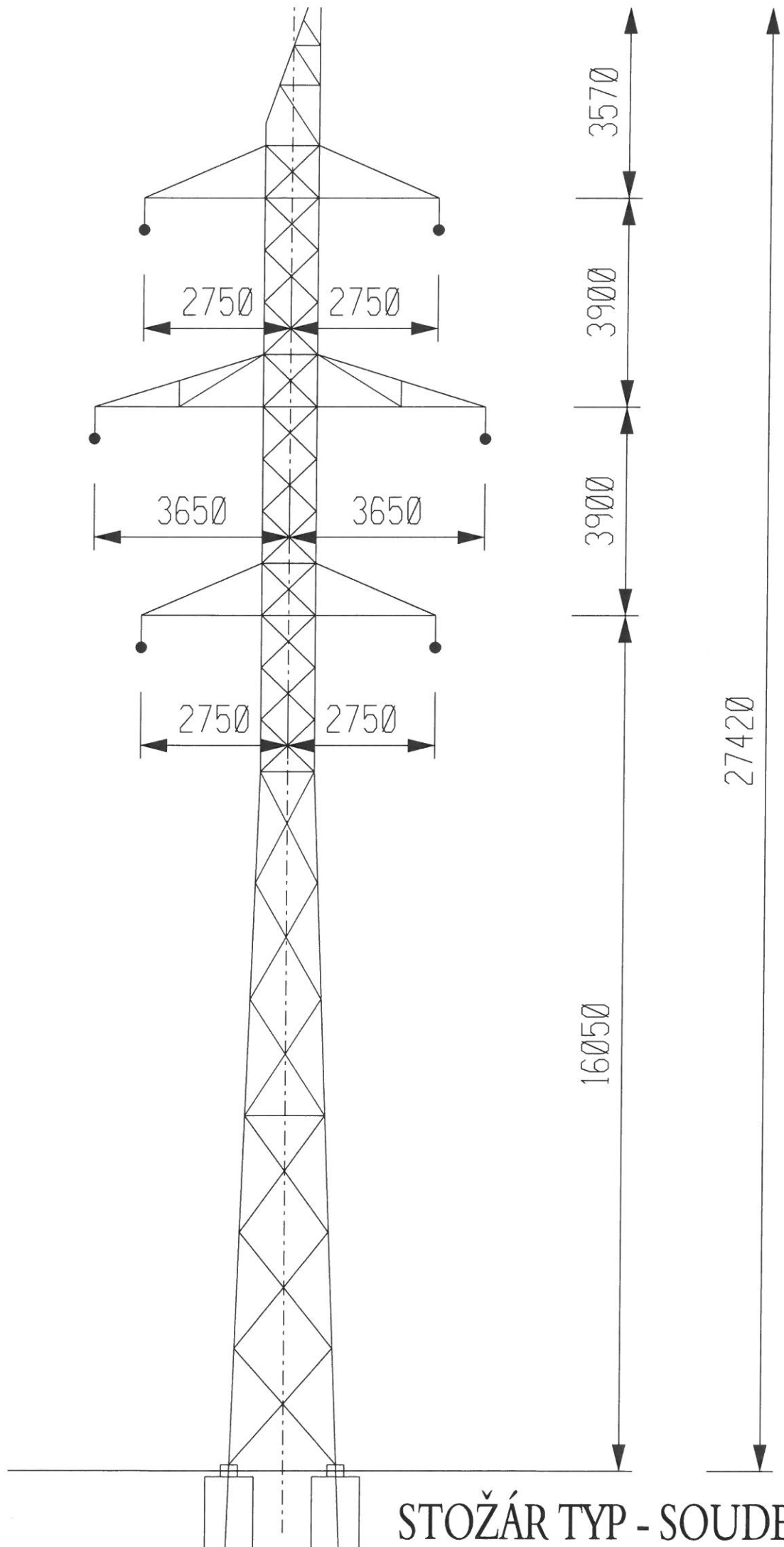
- environment temperature range	-45..+80	°C
- minimum bending radius	15 x outer diameter	
- permissible installation temperature	-15..+50	°C
- maximum pulling force	8	kN

MECHANICAL DATA

- rated tensile strength (RTS)	72.0	kN
- maximum tension allowed (45% of RTS)	32.4	kN
- final modulus of elasticity	92	GPa
- coefficient of linear expansion	16.2 x 10 ⁻⁶	/°C
- equivalent creep compensation temperature	15	°C
- fibre strain at maximum allowed tension	0	%

ELECTRICAL DATA

- DC-resistance at +20 °C	0.446	Ω / km
- short circuit current rating (1.0 s)	8.5	kA
- conductor temperature before short circuit	30	°C
- max conductor temperature during short circuit	180	°C



STOŽÁR TYP - SOUDEK

Tabulka pro výpočet vlivů vedení VVN 110kV-vedení V561, na sděl.kabely SŽDC

Případ - zkrat v žkm 15,377
Sděl. kabel TCEPKPFLEY 15XN 0,8mm

úsek: žst. Hustopeče nad bečvou => žst. Lhotka nad Bečvou

Výpočetní úsek číslo	Souběhy						Křížení								
	Vzájemná vzdálenost			parametr	indukčnost	souběh	Zk.proud	Ind.napětí	křížení	indukčnost	úhel kříž.	fce úhlu	Ind.napětí	Ind.napětí	
	a1 [m]	a2 [m]	a [m]	x [-]	M [μH/km]	l [km]	Ik=3Io [A]	Ui [V]	a+ [m]	M+ [μH/km]	α [°]	cotg α [-]	½Ui+ [V]	celkové Ui1 [V]	
1	1554	1600	1577	2,67845743	59,99303	0,093	3 550	1,743473							
2	1600	1568	1584	2,69034658	59,57055	0,295		5,491425							
3	1586	1061	1323,5	2,24790007	77,97022	0,697		16,98216							
4	1061	1331	1196	2,03134755	89,42421	0,85		23,75229							
5	1367	1548	1457,5	2,47549252	67,77711	1,064		22,53493							
6	1548	1673	1610,5	2,73535554	58,00237	0,831		15,06185							
7	2374	1782	2078	3,52938144	36,90256	0,585		6,745961							
8	1782	1255	1518,5	2,57909803	63,66438	0,513		10,20576							
9	1255	815	1035	1,75789692	107,0054	0,368		12,3051							
10	815	467	641	1,08870717	174	0,261		14,19127							
11	467	356	411,5	0,69891264	245,0045	0,170		13,01531							
12	356	270	313	0,5316152	291,8898	0,138		12,58721							
13	270	170	220	0,37365925	354,7832	0,157		17,40581							
14	170	117	143,5	0,24372774	433,6998	0,066		8,944675							
Součet								180,9672					0,000	180,9672	

kde: f [Hz] 50
ρ [Ohm.m] 136,86
w - 0,7
rv - 0,400475

Tabulka pro výpočet vlivů vedení VVN 110kV-vedení V561, na sděl.kabely SŽDC

Případ - zkrat v žkm 15,377 úsek: žst. Hustopeče nad bečvou => žst. Lhotka nad Bečvou
Zab. kabel TCEPKPFLEY 48P 1mm

Výpočetní úsek číslo	Vzájemná vzdálenost						Souběhy				Křížení					Ind.napětí celkové U _{i1} [V]
	a1 [m]	a2 [m]	a [m]	parametr x [—]	indukčnost M [μH/km]	souběh l [km]	Zk.proud I _k =3I ₀ [A]	Ind.napětí U _i [V]	křížení a+ [m]	indukčnost M+ [μH/km]	úhel kříž. α [°]	fce úhlu cotg α [—]	Ind.napětí ½U _i + [V]			
1	1554	1600	1577	2,67845743	59,99303	0,093	3 550	1,626037								
2	1600	1568	1584	2,69034658	59,57055	0,295		5,121537								
3	1586	1061	1323,5	2,24790007	77,97022	0,697		15,83829								
4	1061	1331	1196	2,03134755	89,42421	0,85		22,15239								
5	1367	1548	1457,5	2,47549252	67,77711	1,064		21,01703								
6	1548	1673	1610,5	2,73535554	58,00237	0,831		14,04732								
7	2374	1782	2078	3,52938144	36,90256	0,585		6,29157								
8	1782	1255	1518,5	2,57909803	63,66438	0,513		9,518325								
9	1255	815	1035	1,75789692	107,0054	0,368		11,47626								
10	815	467	641	1,08870717	174	0,261		13,23538								
11	467	356	411,5	0,69891264	245,0045	0,170		12,13863								
12	356	270	313	0,5316152	291,8898	0,138		11,73937								
13	270	170	220	0,37365925	354,7832	0,157		16,2334								
14	170	117	143,5	0,24372774	433,6998	0,066		8,342184								
													</			

kde: f [Hz] 50
ρ [Ohm.m] 136,86
w - 0,7
rv - 0,3735

