

EGÚ - Laboratoř velmi vysokého napětí a.s.
190 11 Praha 9 - Běchovice



**VYHODNOCENÍ ZTRÁT KORONOU
A ZTRÁT NA IZOLÁTOROVÝCH
ZÁVĚSECH
V PŘENOSOVÉ SOUSTAVĚ ČEPS, a.s.**

EGÚ - Laboratoř velmi vysokého napětí a.s.
190 11 Praha 9 - Běchovice

**VYHODNOCENÍ ZTRÁT KORÓNOU
A ZTRÁT NA IZOLÁTOROVÝCH
ZÁVĚSECH
V PŘENOSOVÉ SOUSTAVĚ ČEPS, a.s.**

Objednatel:	ČEPS, a.s. Elektrárenská 774/2 101 52 Praha 10
Číslo obchodního případu:	N41/05/0046/2153
Číslo SOD objednatele:	2153/05/048
Zhotovitel:	EGÚ-Laboratoř velmi vysokého napětí a.s. Areál VÚ, 190 11 Praha 9 - Běchovice
Odpovědný pracovník úkolu:	Ing. Jaroslav Vokálek, CSc.
Spolupracoval:	Ing. Marek Brosch
Kooperace:	FEL ČVUT Praha Ing. Matěj Štípek
Ředitel EGÚ-Laboratoř vvn a.s.:	Ing. Václav Sklenička, CSc.
Číslo SOD zhotovitele:	6177/05
Počet výtisků:	4
Počet stran:	31 + 2 přílohy

Praha - červenec 2005

Obsah

	Strana
1 Předmět díla a účel	3
2 Upřesnění metodiky výpočtu ztrát korónou	4
2.1 Česká metodika	4
2.2 Ruská metodika	6
2.3 Metodika výpočtu ztrát korónou za deště podle P.Sarma Muravady	8
2.4 Metodika výpočtu ztrát korónou za deště podle M. G. Combera	8
2.5 Porovnání metodik výpočtu	10
2.6 Vyhodnocení metodik	13
2.7 Porovnání staré české metodiky s ruskou	13
3 Měření svodových proudů na závěsech	13
3.1 Zkoušené závěsy	13
3.2 Postup měření	15
3.3 Schéma zapojení	16
3.4 Oscilogramy napětí a svodového proudu	16
3.5 Výsledky měření	19
4 Výpočet jednotkových ztrát korónou	22
5 Celkové ztráty korónou na vedeních přenosové soustavy ČEPS	24
6 Vyhodnocení výsledků	27
7 Metodika výpočtu celkových ztrát korónou a svodovými proudy na závěsech při různých typech počasí	29
7.1 Výpočet ztrát korónou	29
7.2 Výpočet ztrát svodovými proudy na závěsech	29
8 Závěry	30
9 Literatura	31

Příloha 1 Parametry vedení a dílčí ztráty korónou

Příloha 2 Tabulky pro výpočet ztrát korónou a svodovými proudy na závěsech

1 Předmět díla a účel

Předmět díla: Zpracování studie „Vyhodnocení ztrát korónou v přenosové soustavě ČEPS, a.s. při různých klimatických podmínkách.

Účel díla: Zpřesnění predikce pro objednávání energie na krytí ztrát v PS.

Etapy řešení:

Etapa 1 Upřesnění metodiky výpočtu ztrát korónou

Na základě zahraničních podkladů o metodice výpočtu ztrát korónou na vedení se upřesní dosud používané závislosti jednotkových ztrát korónou na povrchovém gradientu pro různé typy počasí a metodika výpočtu. Aktualizují se meteorologické údaje o výskytu různých typů počasí ovlivňujících ztráty korónou (v dosud používané metodice jsou údaje o podílu hodin suchého počasí, deště, sněžení a jinovatky z r. 1960). S využitím upřesněné metodiky a meteorologických údajů se upraví metodika výpočtu ztrát korónou na vedeních 220 kV a 400 kV. O novou metodiku bude doplněn výpočetní program OVERHEAD používaný v EGÚ pro výpočet parametrů vedení vvn.

Etapa 2 Výpočet jednotkových ztrát korónou

Budou provedeny výpočty jednotkových ztrát korónou (kW/km) při různých typech počasí pro vedení typu:

220 kV PORTÁL, SOUDEK, DONAU a DVOJITÝ PORTÁL;

400 kV PORTÁL, KOČKA, DELTA, MAČKA a DONAU.

U jednotlivých typů budou uvažovány i rozdílné podtypy dané rozdílnou konfigurací vodičů a použitým typem fázového vodiče.

Na základě hodnot povrchových vodivostí předpokládaných pro jednotlivé stupně znečištění se ocení ztráty svodovými proudy na izolátorových závěsech.

Etapa 3 Vyhodnocení ztrát korónou v celé přenosové soustavě ČEPS

Na základě jednotkových ztrát vypočítaných pro jednotlivé typy vedení budou pro jednotlivá vedení 220 kV a 400 kV s uvažováním jejich délky, použitých vodičů a typů stožárů vypočítány celkové ztráty korónou. Jejich sumarizací (s vyloučením určitého procenta vypnutých vedení, dohodnutého s dispečinkem objednatele) budou vyhodnoceny celkové ztráty korónou v přenosové soustavě ČEPS, a.s. při jednotlivých typech počasí.

Výstup řešení:

Zpráva s přehlednou tabulkou ztrát na jednotlivých vedeních a v celé přenosové soustavě při různých typech počasí na elektronickém médiu a v tištěné podobě ve třech výtiscích.

Na řešení se podílela Laboratoř vysokého napětí FEL ČVUT Praha.

Po skončení 2 etapy se uskutečnila 1.6.2005 konzultace dílčích výsledků řešení.

2 Upřesnění metodiky výpočtu ztrát korónou

Výpočet ztrát korónou se v ČR prováděl podle Směrnice ministerstva paliv a energetiky [1] zpracované Výzkumným ústavem energetickým, Praha a vydané v r. 1961. Bylo dohodnuto, že vzhledem ke stáří této směrnice se na základě novějších zdrojů tato metodika inovuje. Při průzkumu bylo zjištěno, že většina prací týkajících se ztrát korónou byla vydána v 60tých a 70tých letech. Z většího množství zdrojů týkajících se dílčích výsledků výzkumu ztrát korónou byly vybrány tři publikace udávající souhrnný výpočet ztrát korónou [2,3,4]. Tyto postupy byly porovnány s původní českou metodikou.

Ruská metodika vychází ze „Směrnice pro výpočet ztrát korónou a rádiového rušení při volbě vodičů venkovních elektrických vedení střídavého napětí 330 kV - 750 kV a stejnosměrných napětí 800 kV - 1500 kV vydané v roce 1975 [2].

V roce 2000 byla vydána publikace „Corona Performance of High-Voltage Transmission Lines“, v níž uvádí P.S. Muravada postup výpočtu ztrát korónou, jenž vychází z výzkumů prováděných na konci 70tých let a publikovaných v roce 1983 v příspěvku V.L. Chartiera – „Empirical Expressions for Calculating HV Transmission Line Corona Phenomena“ [3].

Poslední postup výpočtu vychází z publikace vydané v roce 1975 „Transmission Line Reference Book 345 kV and Above“, kde je kapitola autorů M.G. Combera a L.F. Zaffanella – Corona Loss [4].

2.1 Česká metodika [1]

Základem pro výpočet ztrát korónou je intenzita pole na povrchu fázových vodičů. Výpočtem se určí střední gradient $E_{stř}$ na jednotlivých fázích.

Ztráty korónou závisí na počátečním gradientu E_0 obalové koróny základního vodiče, platí

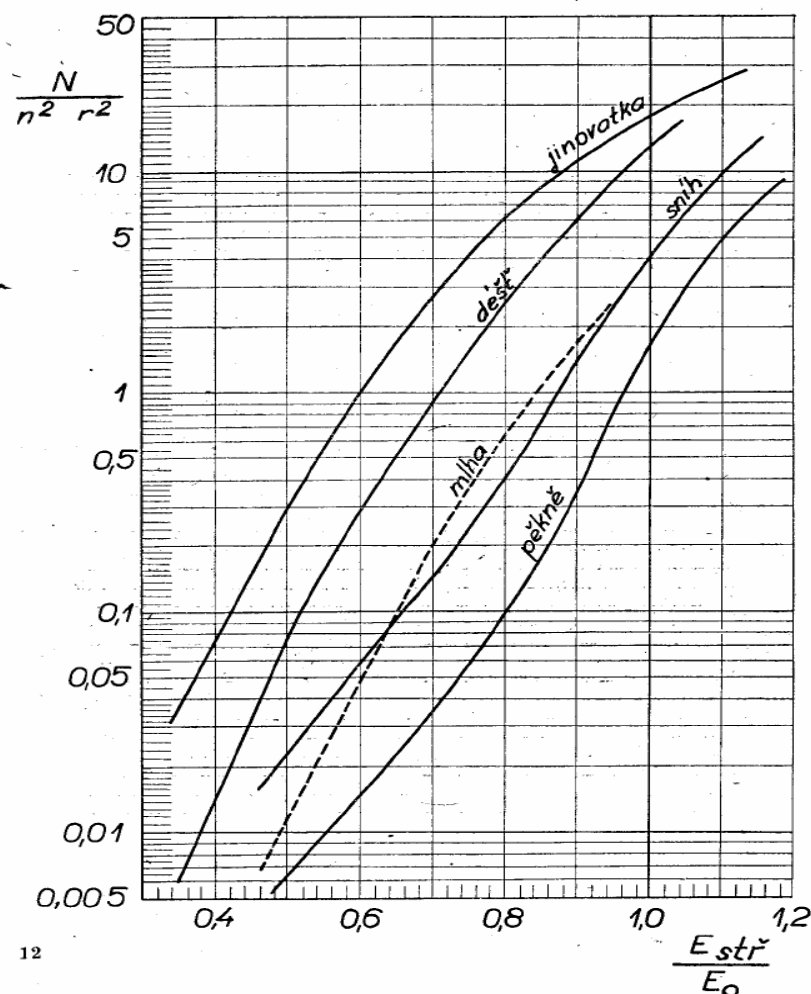
$$E_0 = 21,4m \left(1 + \frac{0,299}{\sqrt{r}} \right) \quad (\text{kV/cm})$$

kde m je koeficient drsnosti povrchu vodiče (ocelohliníková lana 0,82)
 r je poloměr dílčího vodiče fáze (cm)

Pro jednotlivé fázové vodiče se určí poměr $E_{stř}/E_0$, na základě tohoto poměru se z diagramu na obrázku 1 odečtou pro jednotlivá počasí (pěkné, sníh, déšť a jinovatka) jednotkové hodnoty ztrát korónou $N/(n^2 \cdot r^2)$, označíme-li výraz $N/(n^2 \cdot r^2)$ jako D , platí

$$F \left[\frac{E_{stř}}{E_0} \right] = \frac{N_i}{r^2 \cdot n^2} = D \Rightarrow N_i = D \cdot r^2 \cdot n^2$$

kde E_0 - počáteční gradient koróny
 $E_{stř}$ - střední gradient pole na povrchu vodičů
 N_i - ztráty korónou na jedné fázi za daného počasí (kW/km)
 n - počet vodičů svazku
 r - poloměr dílčího vodiče (cm)



Obrázek 1 – Závislost jednotkových ztrát korónou na poměrném povrchovém gradientu

Průběhy na obrázku 1 je možné vyjádřit matematicky jako $\log D = rce$, přičemž rce jsou pro příslušná počasí následující :

pěkně $rce = -32,13 \cdot k^4 + 100,37 \cdot k^3 - 111,67 \cdot k^2 + 56,87 \cdot k - 13,262$

sníh $rce = -9,17 \cdot k^4 + 24,35 \cdot k^3 - 21,87 \cdot k^2 + 11,87 \cdot k - 4,57$

děšť $rce = -3,32 \cdot k^2 + 9,45 \cdot k - 5,02$

námraza $rce = -3,86 \cdot k^2 + 9,37 \cdot k - 4,24$

kde $k = \frac{E_{stř}}{E_0}$

Celkové ztráty jsou dány jako součet ztrát na jednotlivých fázích $P = \sum N_i$.

Příklad výpočtu

Vedení 400 kV, stožár PORTÁL, střední výška vodičů 13,5 m, fázový vodič 3x450 AlFe 6, poloměr dílčího vodiče $r = 1,485$ cm, $a = 400$ mm, zemnicí lana AlFe 185,

vodič 1 $E_{stř} = 11,58$ kV/cm $E_{max} = 13,07$ kV/cm

vodič 2 $E_{stř} = 12,45$ kV/cm $E_{max} = 14,05$ kV/cm

vodič 3 $E_{stř} = 11,58$ kV/cm $E_{max} = 13,07$ kV/cm

$$E_0 = 21,4 \cdot 0,82 \cdot \left(1 + \frac{0,299}{\sqrt{1,485}} \right) = 21,85 \text{ kV/cm}$$

$$\frac{E_{stř1}}{E_0} = 0,53 \quad \frac{E_{stř2}}{E_0} = 0,57 \quad \frac{E_{stř3}}{E_0} = 0,53$$

Z grafu na obrázku 1 se určí pro jednotlivé fázové vodiče D hodnoty jednotkových ztrát za pěkného počasí a jejich součet pro tři fáze:

$$\begin{aligned} \text{pěkné} \quad D_{p1} &= 0,0083 \quad D_{p2} = 0,0117 \quad D_{p3} = 0,0083 \\ D_p &= D_{p1} + D_{p2} + D_{p3} = 0,0283 \end{aligned}$$

Obdobně se stanoví jednotkové ztráty pro ostatní typy počasí :

$$\begin{aligned} \text{sníh} \quad D_s &= 0,10 \\ \text{déšť} \quad D_d &= 0,42 \\ \text{námraza} \quad D_n &= 1,58 \end{aligned}$$

a dále se určí ztráty na 1 km vedení pro různé druhy počasí:

$$\begin{aligned} \text{pěkné} \quad P_p &= D \cdot n^2 \cdot r^2 = 0,0283 \cdot 3^2 \cdot 1,485^2 = 0,56 \text{ kW/km} \\ \text{sníh} \quad P_s &= 2,05 \text{ kW/km} \\ \text{déšť} \quad P_d &= 8,36 \text{ kW/km} \\ \text{námraza} \quad P_n &= 31,3 \text{ kW/km} \end{aligned}$$

2.2 Ruská metodika [2]

Na rozdíl od české metodiky je třeba kromě středního gradientu $E_{stř}$ na jednotlivých fázích vypočítat ještě maximální gradient E_{max} . Určí se průměrná hodnota intenzity elektrického pole na povrchu jednotlivých vodičů jako

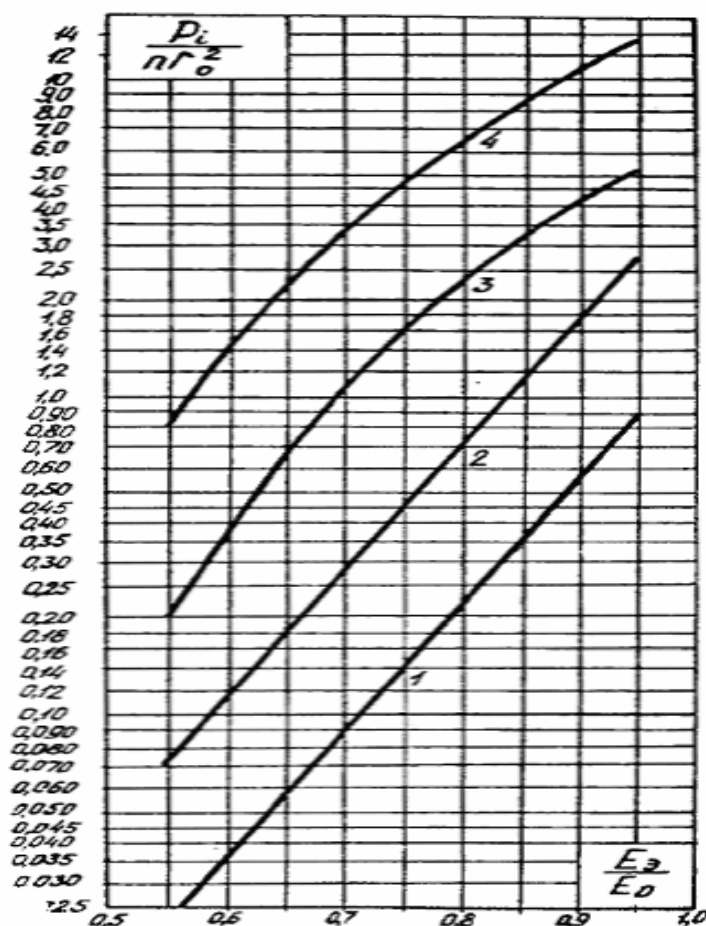
$$E_p = \frac{E_{max} + E_{stř}}{2} \quad [\text{kV/cm}]$$

Dále se postupuje obdobně jako v případě české metodiky, určí se pro jednotlivé fáze poměry E_p / E_0 . Na základě těchto poměrů se z diagramu na obrázku 2 odečtou pro jednotlivá počasí hodnoty D , přičemž platí

$$\frac{N_i}{r^2 \cdot n} = D \Rightarrow N_i = D \cdot r^2 \cdot n$$

Křivky na obrázku 2 lze opět nahradit následujícími rovnicemi pro různé počasí:

$$\begin{aligned} \text{pěkné} \quad rce &= 3,956 \cdot k - 3,818 \\ \text{sníh} \quad rce &= 3,972 \cdot k - 3,323 \\ \text{déšť} \quad rce &= -5,35 \cdot k^2 + 11,56 \cdot k - 5,43 \\ \text{námraza} \quad rce &= -3,77 \cdot k^2 + 8,64 \cdot k - 3,69 \\ \text{kde} \quad k &= \frac{E_p}{E_0} \end{aligned}$$



Obrázek 2 – Závislost jednotkových ztrát korónou na poměrném povrchovém gradientu
 1 – pěkné počasí 2 – sníh 3 – déšť 4 – jinovatka

Celkové ztráty jsou dány jako součet ztrát na jednotlivých fázích $P = \sum N_i$.

Příklad výpočtu

Vstupní údaje (parametry vedení a povrchové gradienty) viz 2.1.

$$E_p = \frac{E_{\max} + E_{\text{stř}}}{2}$$

$$E_{p1} = 12,33 \text{ kV/cm} \quad E_{p2} = 13,25 \text{ kV/cm} \quad E_{p3} = 12,33 \text{ kV/cm}$$

$$\frac{E_{p1}}{E_0} = 0,56 \quad \frac{E_{p2}}{E_0} = 0,61 \quad \frac{E_{p3}}{E_0} = 0,56$$

z grafu na obrázku 2 se určí pro jednotlivé vodiče D v závislosti na počasí, tj.

$$\text{pěkné} \quad D_{p1} = 0,0259 \quad D_{p2} = 0,0381 \quad D_{p3} = 0,0259 \quad D_p = 0,0899$$

$$\text{sníh} \quad D_s = 0,29$$

$$\text{déšť} \quad D_d = 0,90$$

$$\text{námraza} \quad D_n = 3,38$$

ztráty jsou potom pro počasí:

$$\text{pěkné} \quad P_p = D \cdot n \cdot r^2 = 0,0899 \cdot 3 \cdot 1,485^2 = 0,6 \text{ kW/km}$$

sníh	$P_s = 1,9 \text{ kW/km}$
děšť	$P_d = 5,95 \text{ kW/km}$
námraza	$P_n = 22,38 \text{ kW/km}$

2.3 Metodika výpočtu ztrát korónou za deště podle P. Sarma Muravady [3]

Pro výpočet ztrát korónou v dB na 1 W/m se používá vztah:

$$P(\text{dB}) = 14,2 + 65 \log \frac{E}{18,8} + 40 \log \frac{d}{3,51} + K_1 \cdot \log \frac{n}{4} + K_2 + \frac{A}{300}$$

kde E – intenzita elektrického pole na povrchu vodiče (kV/cm)

n – počet vodičů svazku

d – průměr vodiče (cm)

$K_1 = 13$ pro $n \leq 4$

$K_1 = 19$ pro $n > 4$

K_2 – závisí na intenzitě srážek I (mm/h),

$$\text{pro } I \leq 3,6 \text{ mm/h je } K_2 = 10 \cdot \log \frac{I}{1,676}$$

$$\text{pro } I > 3,6 \text{ mm/h je } K_2 = 3,3 + 3,5 \cdot \log \frac{I}{3,6}$$

A – nadmořská výška [m]

Pro převod ztrát z dB na W/m platí : $P(\text{W} / \text{m}) = 10^{\frac{P(\text{dB})}{10}}$

Příklad výpočtu

Vstupní údaje (parametry vedení a povrchové gradienty) viz 2.1

$d = 2,97 \text{ cm}$ $K_1 = 13$ $n = 3$ $I = 3 \text{ mm/h}$ $K_2 = 2,53$ $A = 300 \text{ m}$

$$P_1(\text{dB}) = P_3(\text{dB}) = 11,58 + 65 \log \frac{14,1}{18,8} + 40 \log \frac{2,97}{3,51} + 13 \cdot \log \frac{3}{4} + 2,53 + \frac{300}{300} = -0,48 \text{ dB}$$

$$P_2(\text{dB}) = 12,45 + 65 \log \frac{14,1}{18,8} + 40 \log \frac{2,97}{3,51} + 13 \cdot \log \frac{3}{4} + 2,53 + \frac{300}{300} = 1,57 \text{ dB}$$

$$P_1(\text{W} / \text{m}) = P_3(\text{W} / \text{m}) = 10^{\frac{P(\text{dB})}{10}} = 10^{\frac{-0,48}{10}} = 0,9 \text{ W/m} \quad P_2 = 1,42 \text{ W/m}$$

$$P_{\text{celk}} = P_1 + P_2 + P_3 = 3,22 \text{ W/m}$$

2.4 Metodika výpočtu ztrát korónou za deště podle M.G. Combera [4]

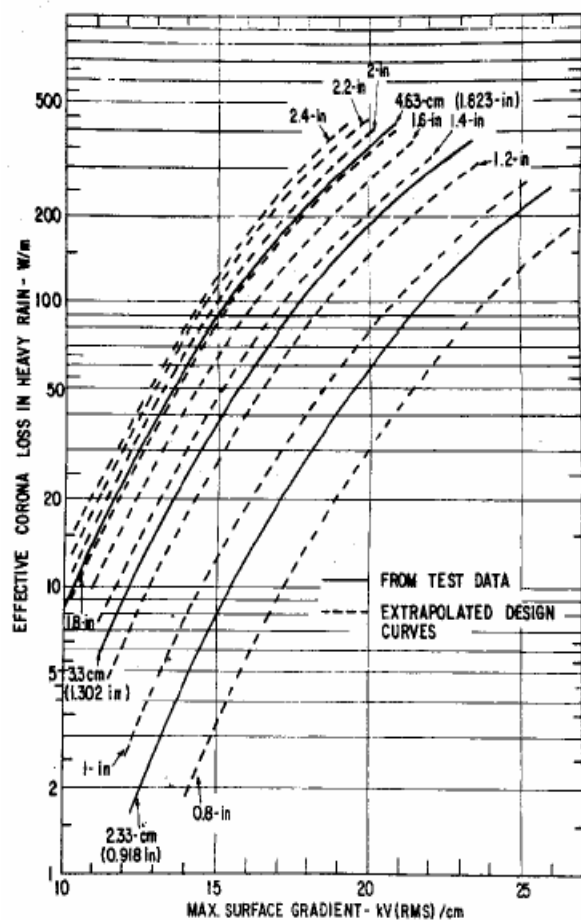
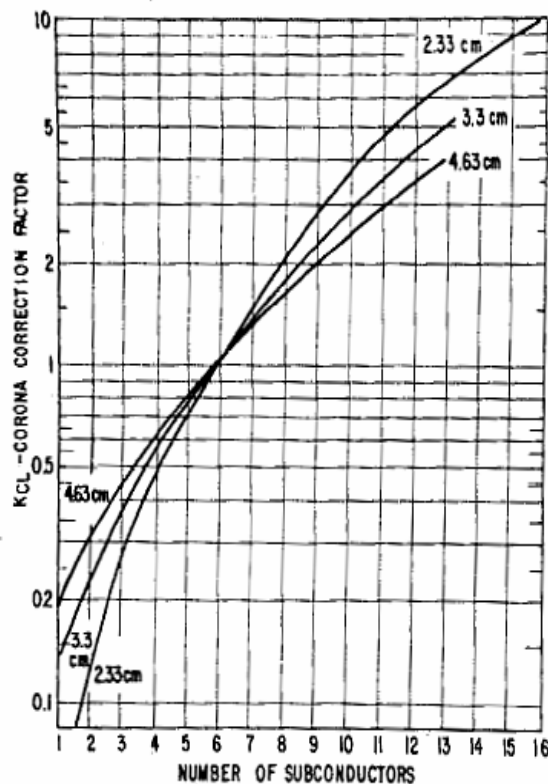
Výpočtem se určí maximální hodnoty gradientu elektrického pole na povrchu jednotlivých vodičů. Na základě těchto hodnot se z grafu na obrázku 3 odečtou efektivní ztráty korónou P_{DEF} při silném dešti.

Celkové ztráty za silného deště se určí podle

$$P_{SD} = K \cdot K_{CL} \cdot \sum P_{DK}$$

kde K – koeficient vlhkosti, tabulka 1

K_{CL} – korekční činitel, obrázek 4

Obrázek 3 – Činné ztráty korónou P_{DK} 

Obrázek 4 – Korekční činitel

Tabulka 1 – koeficient intenzity deště

napětí (kV)	počet vodičů ve svazku	hodnota K
362	1	1,57
	2	1,4
550	1	1,54
	2	1,38
	3	1,29

Příklad výpočtu

Vstupní údaje (parametry vedení a povrchové gradienty) viz 2.1.

Ztráty za silného deště se počítají podle:

$$P_{SD} = K \cdot K_{CL} \cdot \sum P_{DK} = 1,3 \cdot 0,4 \cdot (7 + 12 + 7) = 13,52 \text{ kW/km}$$

Pro slabý déšť se používá korekční činitel 0,75.

$$P_D = P_{DS} \cdot 0,75 = 10,14 \text{ kW/km}$$

2.5 Porovnání metodik výpočtu

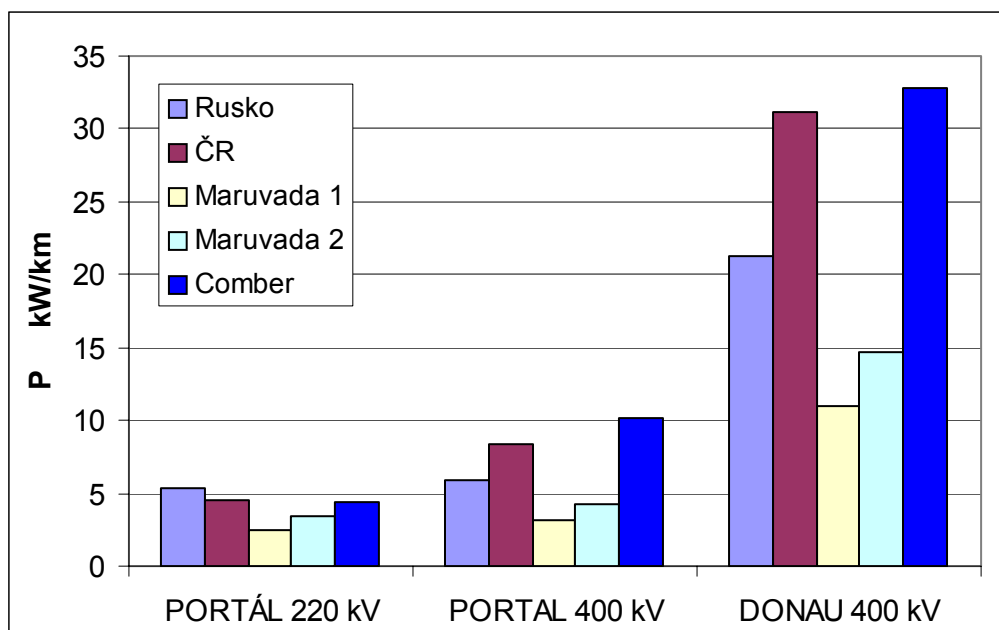
Výše uvedenými metodami byly provedeny výpočty pro 3 typy vedení:

- jednoduché vedení 220 kV typu PORTÁL
- jednoduché vedení 400 kV typu PORTÁL
- dvojité vedení 400 kV typu DONAU

Všechny čtyři metodiky uvádí výpočty pro pěkné počasí a pro déšť. Vzhledem k tomu, že ztráty za pěkného počasí jsou, jak bude ukázáno dále, nízké, provedlo se porovnání výpočtů ztrát korónou za deště. Výsledky jsou shrnuty v tabulce 2 a na obrázku 5.

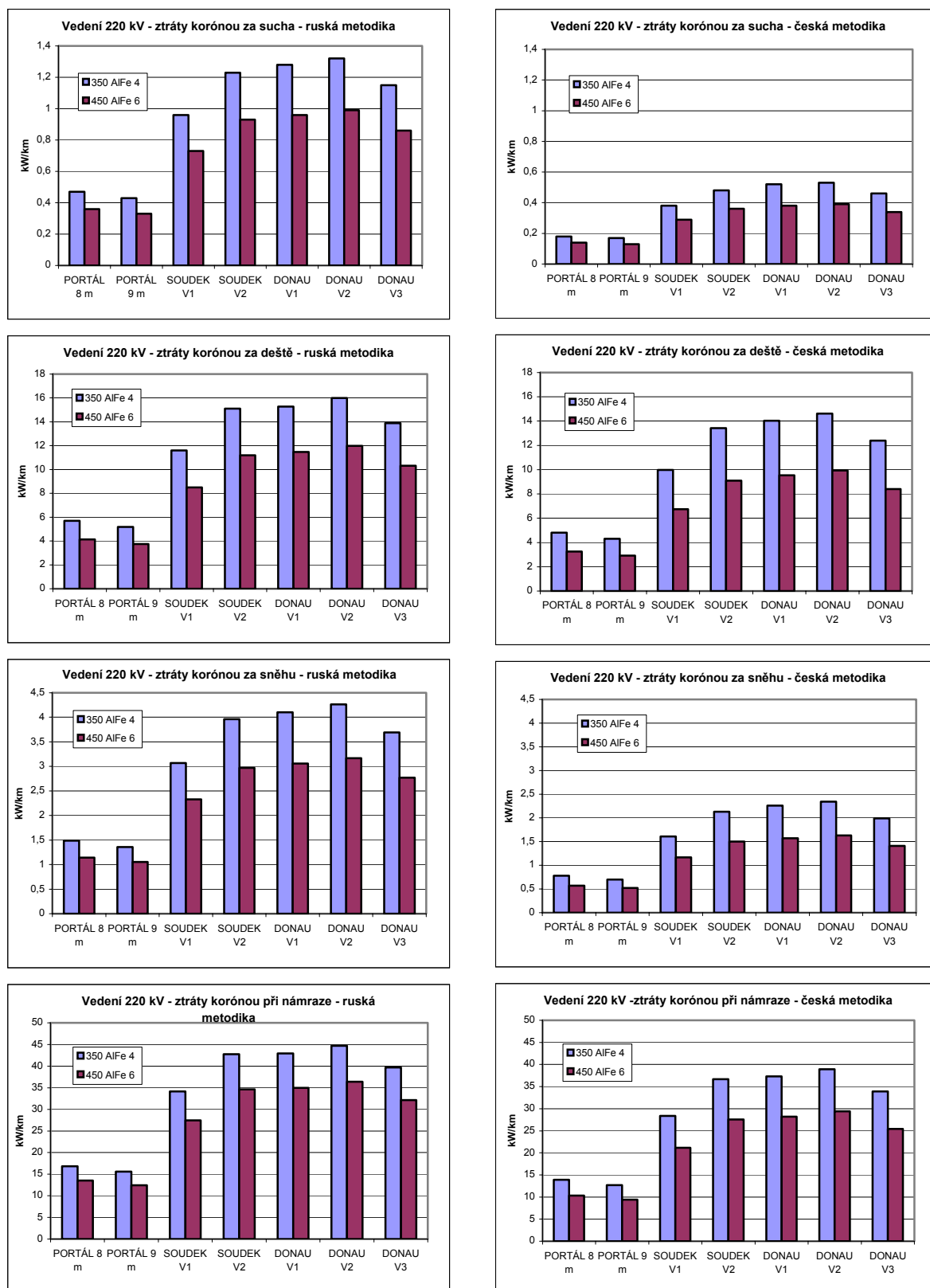
Tabulka 2

	PORTÁL 220 kV	odchylka	PORTÁL 400 kV	odchylka	DONAU 400 kV	odchylka	průměrná odchylka
Rusko	5,37	1,33	5,95	-0,448	21,23	-0,926	-0,01
ČR	4,5	0,46	8,36	1,962	31,12	8,964	3,80
Maruvada 1	2,52	-1,52	3,22	-3,178	10,97	-11,186	-5,29
Maruvada 2	3,37	-0,67	4,32	-2,078	14,7	-7,456	-3,40
Comber	4,44	0,4	10,14	3,742	32,76	10,604	4,92
Průměr	4,04		6,40		22,16		

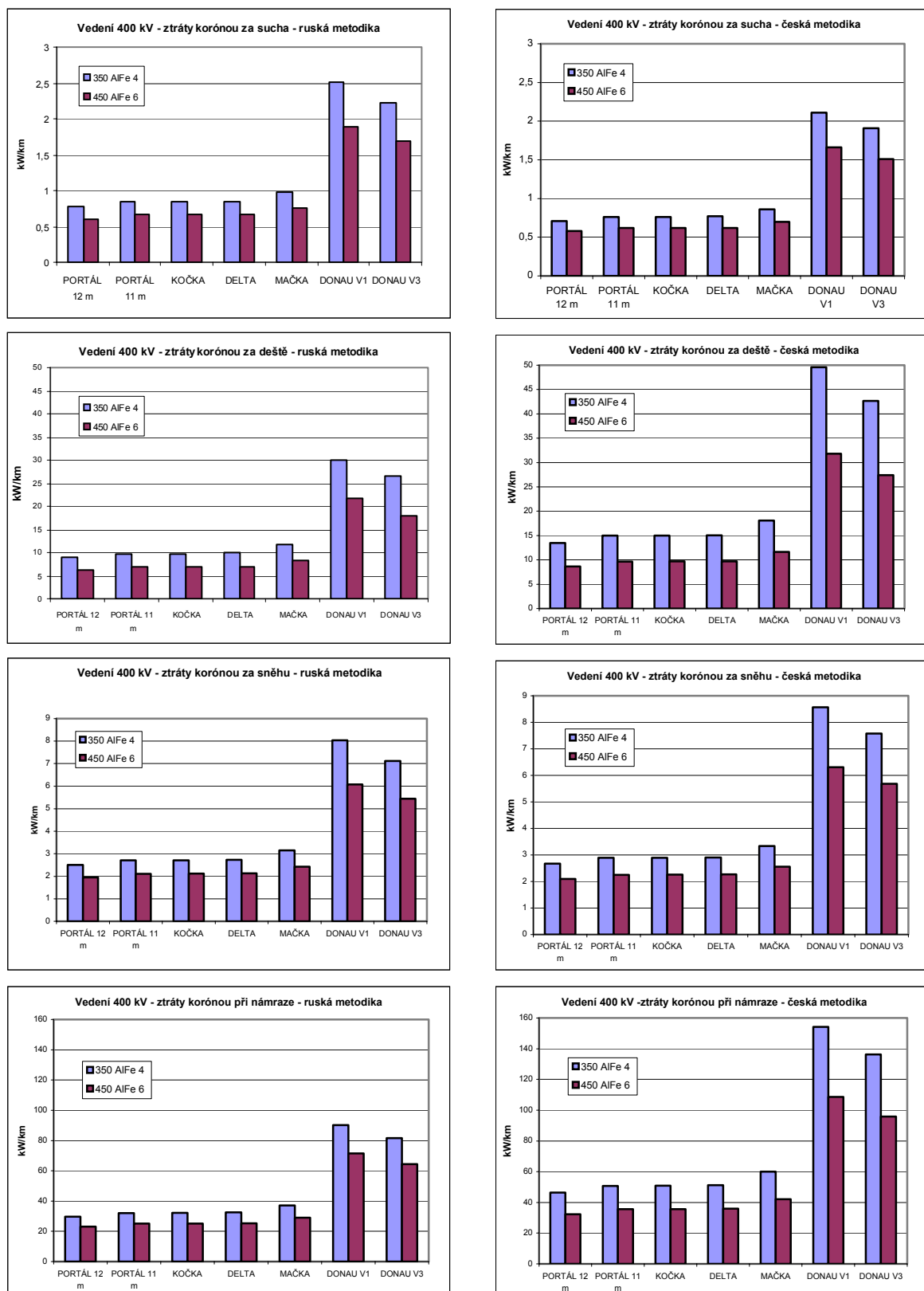


Obrázek 5 - Porovnání ztrát korónou za deště vypočtených různými metodikami

Česká a ruská metodika umožňuje i výpočty pro sníh a námrazu. Porovnání výpočtů těmito metodami je v ČR pro všechny používané typy vedení provedeno na obrázku 6 pro vedení 220 kV a na obrázku 7 pro vedení 400 kV.



Obrázek 6 – Porovnání výsledků výpočtů pro vedení 220 kV česká a ruská metodika



Obrázek 7 – Porovnání výsledků výpočtů pro vedení 400 kV česká a ruská metodika

2.6 Vyhodnocení metodik

Vzhledem k tomu, že nelze výpočty vztáhnout k referenční hodnotě, bylo hodnocení čtyř metodik provedeno v tabulce 2 na základě odchylky od průměrné hodnoty ztrát za deště.

Z tabulky je zřejmé, že nejmenší průměrnou odchylku má ruská metoda.

Z porovnání v tabulce 2 a z možností, které jednotlivé metodiky poskytují lze vyvodit následující závěry:

Česká	má kladnou průměrnou odchylku; vypočítané ztráty korónou za deště jsou vyšší; umožňuje výpočty při pěkném počasí, dešti, sněhu a námraze.
Ruská	má minimální průměrnou odchylku; umožňuje výpočty při pěkném počasí, dešti, sněhu a námraze.
Maruvada 1	má největší zápornou průměrnou odchylku; vypočítané ztráty korónou za deště jsou nejnižší; umožňuje výpočty při pěkném počasí a dešti.
Maruvada 2	má zápornou průměrnou odchylku; vypočítané ztráty korónou za deště jsou nižší; umožňuje výpočty při pěkném počasí a dešti.
Comber	má největší kladnou průměrnou odchylku; vypočítané ztráty korónou za deště jsou nejvyšší; umožňuje výpočty při pěkném počasí, dešti, sněhu a námraze.

Pro další výpočty byla proto zvolena ruská metodika.

2.7 Porovnání staré české metodiky s ruskou

Z obrázku 6 vyplývá, že ztráty vypočtené ruskou metodou pro vedení 220 kV, kde se používá jeden vodič na fázi, jsou vyšší než ztráty vypočtené starou českou metodikou.

U vedení 400 kV s trojsvazkem jsou ztráty stanovené ruskou metodou téměř stejné (za sucha a za sněhu), nebo nižší (za deště a při námraze) než ztráty vypočtené českou metodikou.

Stará česká metodika vycházela ze starší verze ruské metodiky z padesátých let. Metoda byla ověřována na pokusném vedení 400 kV s trojsvazkem vybudovaném u laboratoře vvn EGÚ v Praze Běchovicích a byla potvrzena dobrá shoda. V Rusku se prováděla další měření na pokusných vedeních a v r. 1975 byla vydána nová metodika [2] s upřesněnými křivkami jednotkových ztrát korónou a s určitými úpravami výpočetního postupu (použití ekvivalentního gradientu na povrchu vodičů a vztažení jednotkových ztrát P_i k $(n \cdot r^2)$ namísto k $(n^2 \cdot r^2)$).

3 Měření svodových proudů na závěsech

3.1 Zkoušené závěsy 400 kV

Měření se provádělo na závěsech : DN 2 x 3 LS 75/21, tyčové izolátory
 DN 2 x 24 U120, skleněné izolátory
 JN 1 x FURUKAWA, kompozitní izolátor

Fotografie zkoušených závěsů a zkušebního uspořádání jsou na obrázcích 8 až 10.



Obrázek 8 - Uspořádání závěsu 400 kV – DN 2 x 3 LS 75/21, tyčové izolátory



Obrázek 9 - Uspořádání závěsu 400 kV – DN 2 x 24 U120, skleněné izolátory



Obrázek 10 - Uspořádání závěsu 400 kV – JN 1 x FURUKAWA

3.2 Postup měření

Zkušební napětí : 242 kV

Doba trvání zkoušky: 30 až 60 minut, každých 10 minut byl zaznamenáván svodový proud

Zkoušelo se: za sucha

za slabého deště o vodivosti $97 \mu\text{S/cm}$ s intenzitou $< \text{než } 0,5 \text{ mm/min}$

za silného deště o vodivosti $97 \mu\text{S/cm}$ s intenzitou $> \text{než } 1 \text{ mm/min}$

za slabého deště o vodivosti $498 \mu\text{S/cm}$ s intenzitou $< \text{než } 0,5 \text{ mm/min}$

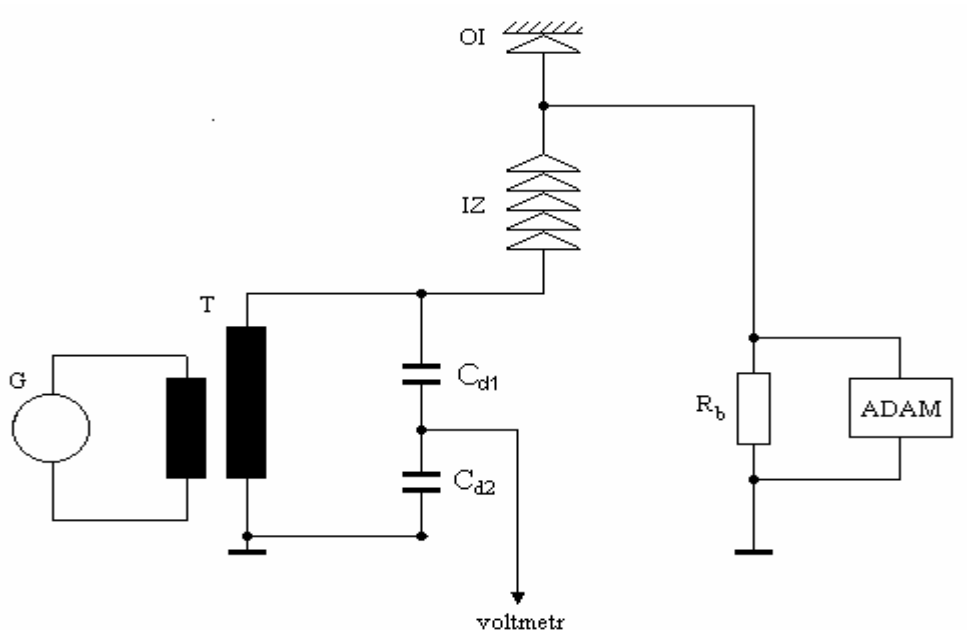
za silného deště o vodivosti $498 \mu\text{S/cm}$ s intenzitou $> \text{než } 1 \text{ mm/min}$

Svodový proud byl měřen přes bočník R_b , velikost jeho odporu je pro jednotlivé závěsy uvedena v tabulce 3.

Tabulka 3 - Použité bočníky R_b

typ závěsu 400 kV	za sucha	děšť $97 \mu\text{S/cm}$	děšť $498 \mu\text{S/cm}$
	velikost bočníku R_b ($k\Omega$)		
DN 2x3 LS 75/21	10,15	10,15	1,031
DN 2x24 U120	99,5	99,5	99,5
JN 1xFURUKAWA	99,5	99,5	99,5

3.3 Schéma zapojení



T - transformátor TuR Dresden 5,7/1200 kV, 1500 kVA

G - synchronní generátor BEZ Bratislava 6 kV, 1300 kVA, 50 Hz

C_{d1}/C_{d2} – kapacitní dělič TuR Dresden 1 200 kV, 150 pF, type WMC 160/1200, v. č. 884470

OI – oddělovací izolátor

IZ – izolátorový závěs

R_b – bočník

ADAM – digitizér, v.č. 9401.9620

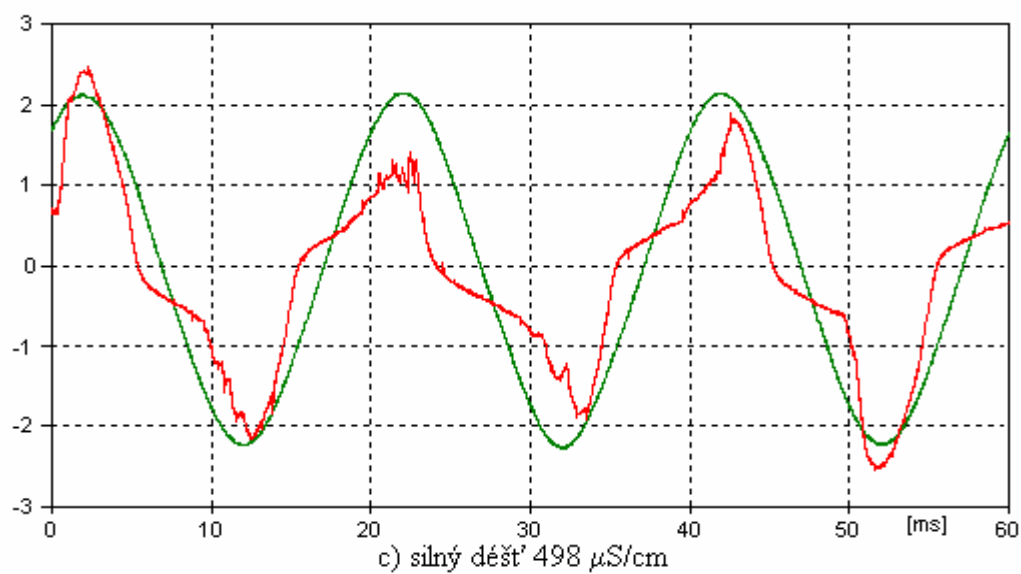
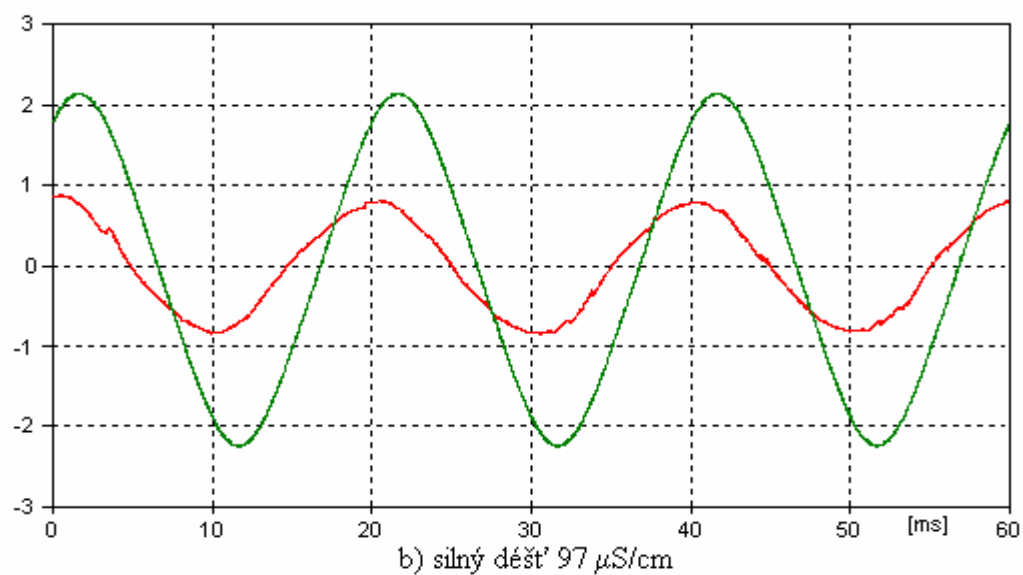
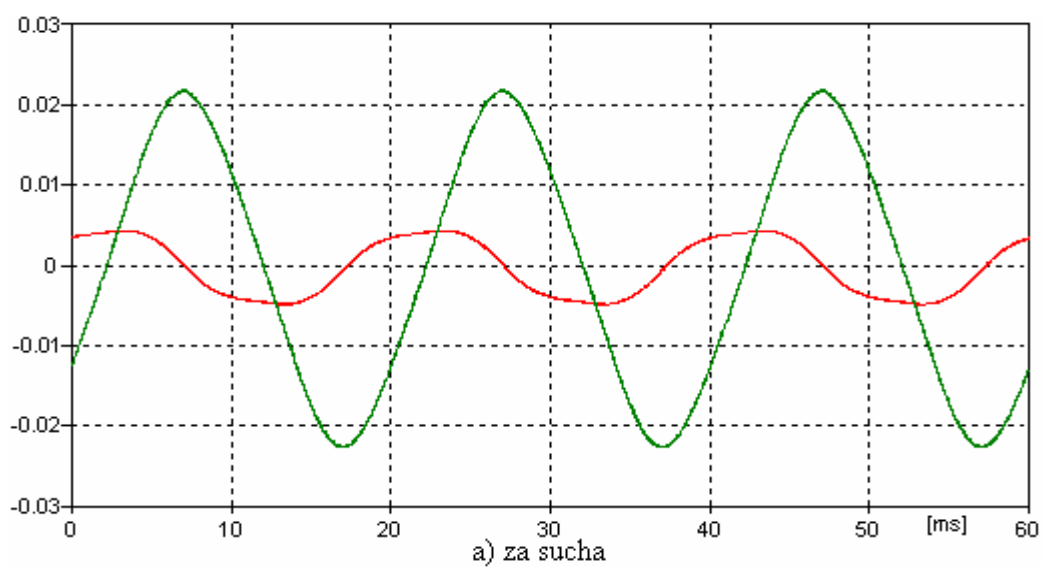
Univerzální voltmetr Haefely Trench, typ DMI 551, v. č. 150505

3.4 Oscilogramy napětí a svodového proudu

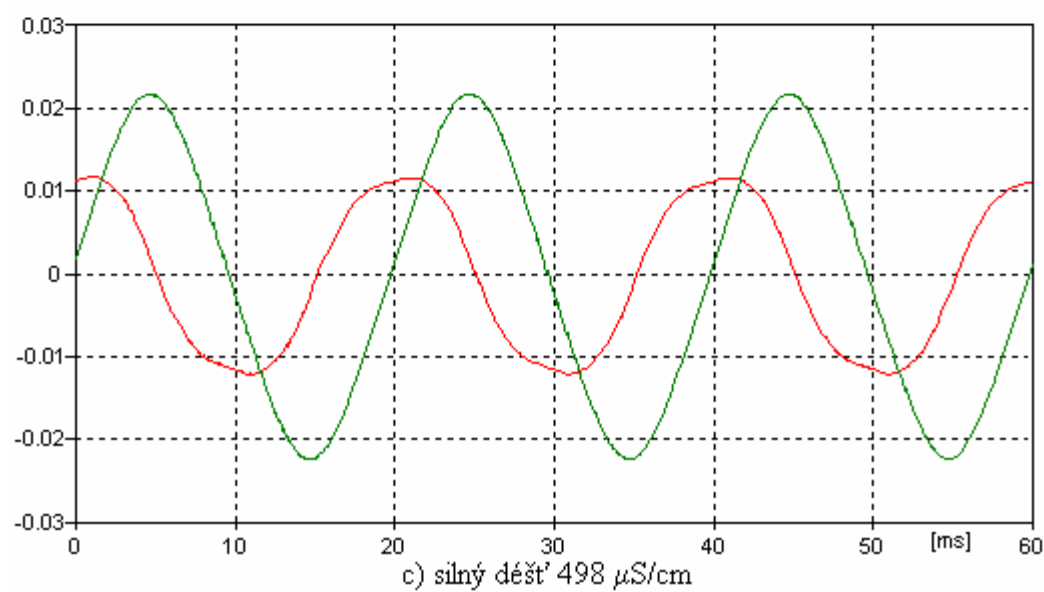
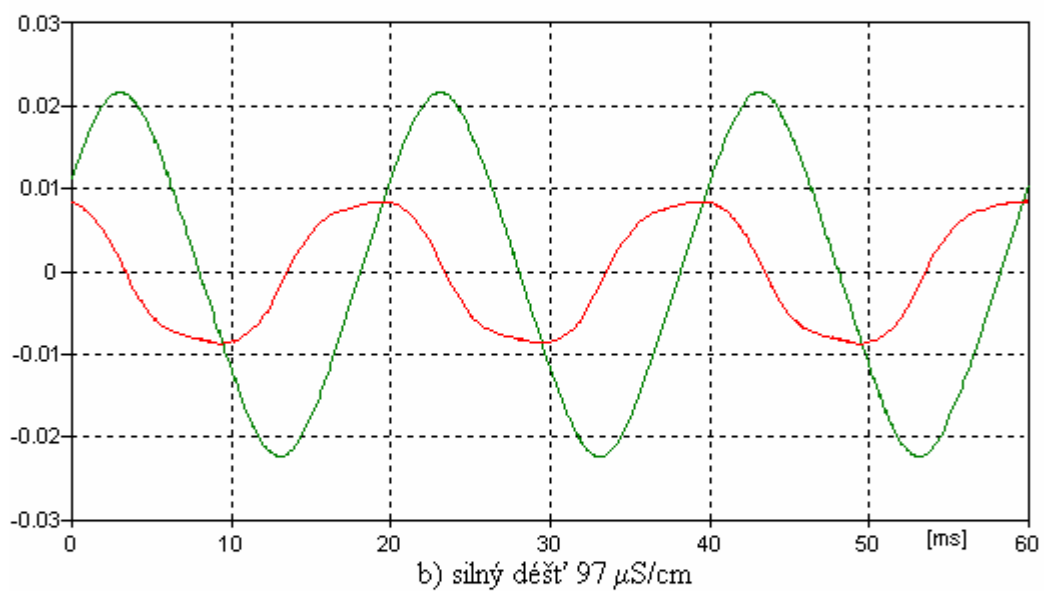
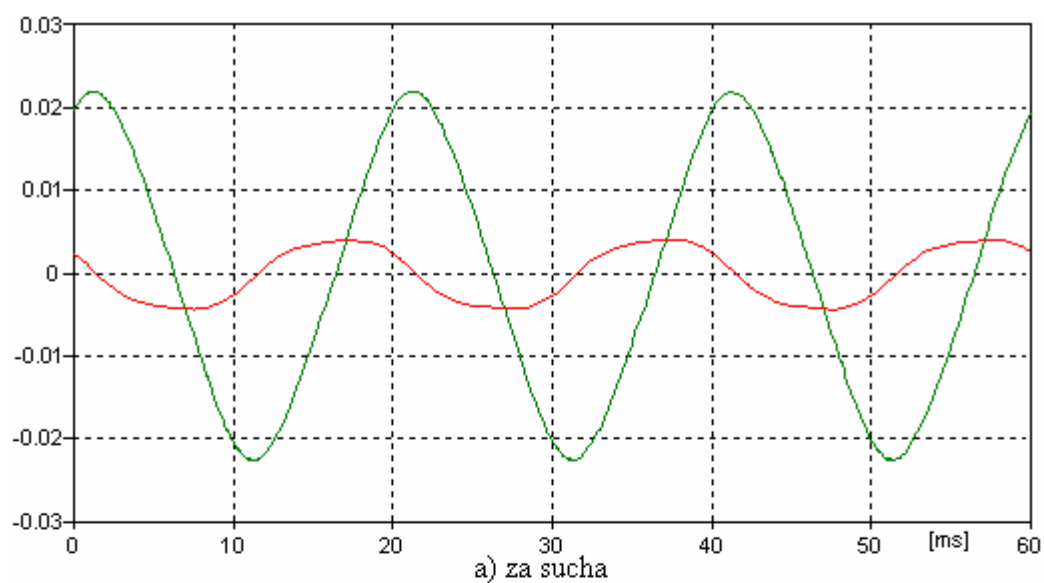
Typické oscilogramy proudu a napětí jsou uvedeny na obrázcích 11 – 13.

Barevné značení : červená – proud
 zelená – napětí

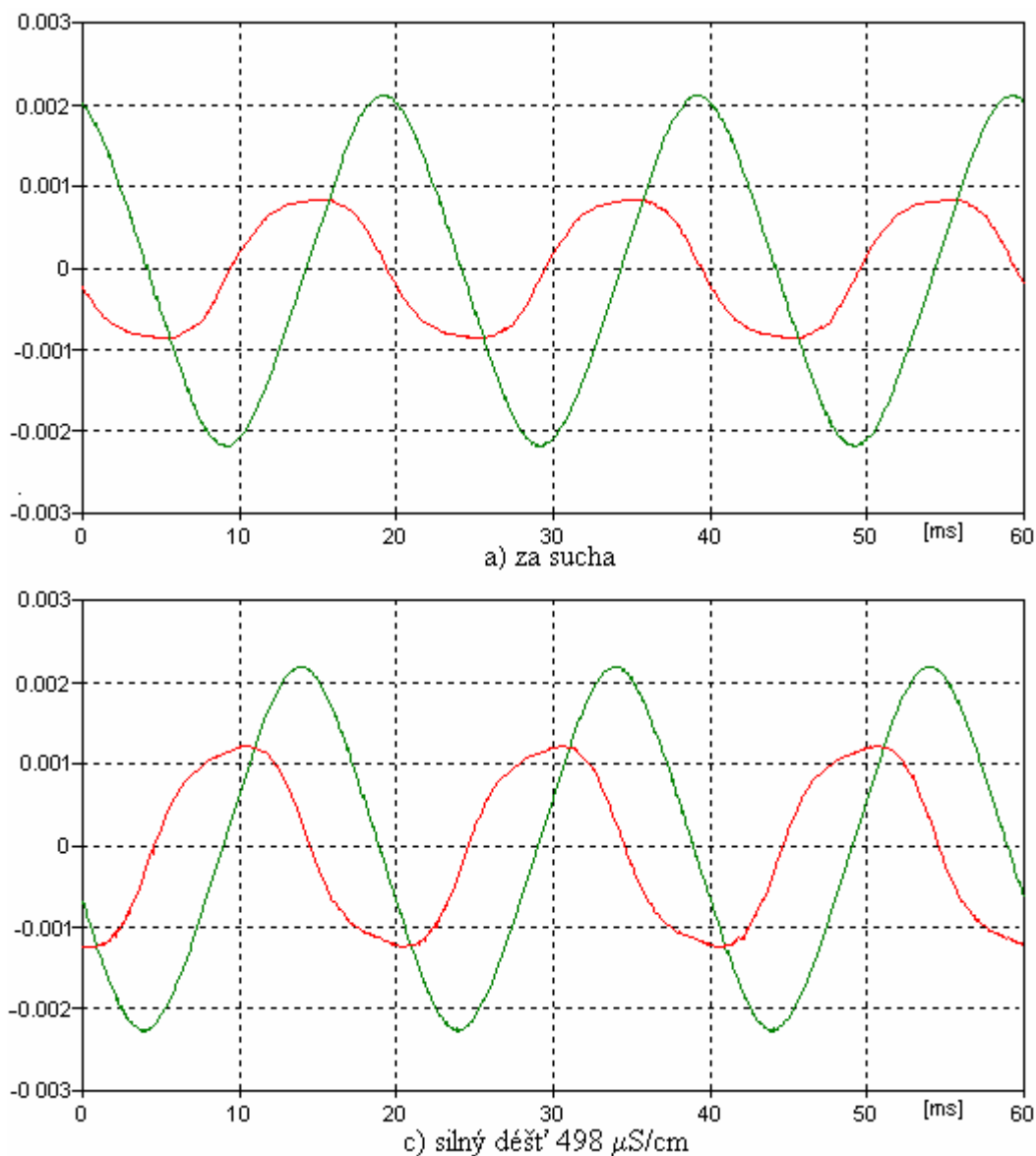
Stupnice na oscilogramech odpovídá svodovému proudu v mA. Zkušební napětí bylo ve všech případech rovno 242 kV.



Obrázek 11 - Závěs 400 kV DN 2 x 3 LS 75/21, tyčové izolátory



Obrázek 12 - Závěs 400 kV DN 2 x 24 U120, skleněné izolátory



Obrázek 13 - Závěs 400 kV JN 1 x FURUKAWA, kompozitní izolátor

3.5 Výsledky měření

Výsledky měření jsou pro jednotlivé typy závěsů 400 kV uvedeny v tabulkách 3 až 5.

Na závěsu DN 2x3 LS 75/21 bylo provedeno kompletní měření všemi typy deště a za sucha. Doba zkoušky byla v tomto případě 60 minut. Při zkoušce bylo zjištěno, že doba trvání zkoušky nemá podstatný vliv na měřené svodové proudy, které se poměrně silně mění v závislosti na vytváření spojitých cest při stékání vody po stříškách.

Další dva závěsy se zkoušely pouze po dobu 30 minut při omezeném rozsahu dešťů.

Za sucha byl měřen kapacitní proud (při průchodu napětí nulou) a při zkouškách za deště proud činný, tj. při průchodu napětí vrcholovou hodnotou.

Tabulka 3 - Závěs 400 kV DN 2 x 3 LS 75/21, tyčové izolátory

	$I_{\text{svod max}}$ (mA)				
	za sucha	slabý déšť standardní vodivost	silný déšť standardní vodivost	slabý déšť vyšší vodivost	silný déšť vyšší vodivost
vodivost [$\mu\text{S/cm}$]		97	97	498	498
čas[min]					
10	0,003	0,284	0,839	0,730	3,217
20	0,003	0,311	0,677	1,843	1,548
30	0,008	0,311	0,623	3,183	2,609
40	0,006	0,197	0,623	1,148	4,052
50	0,001	0,284	1,055	3,191	1,843
60	0,003	0,284	1,055	1,391	2,139
průměr	0,004	0,278	0,812	1,914	2,568

Tabulka 4 - Závěs 400 kV DN 2 x 24 U120, skleněné izolátory

	$I_{\text{svod max}}$ (mA)			
	za sucha	slabý déšť standardní vodivost	silný déšť standardní vodivost	silný déšť vyšší vodivost
vodivost [$\mu\text{S/cm}$]		97	97	498
čas[min]				
10	0,0032	0,0096	0,0090	0,0129
20	0,0033	0,0109	0,0090	0,0096
30	0,0036	0,0098	0,0084	0,0117
průměr	0,0034	0,0101	0,0088	0,0114

Tabulka 5 Závěs 400 kV - JN 1 x FURUKAWA, kompozitní izolátor

	$I_{\text{svod max}}$ (mA)	
	za sucha	silný déšť vyšší vodivost
vodivost [$\mu\text{S/cm}$]		498
čas[min]		
10	0,00090	0,00271
20	0,00080	0,00251
30	0,00080	0,00090
průměr	0,00084	0,00204

Z typických oscilogramů na obrázcích 11 až 13 je zřejmé, že za sucha má proud vyloženě kapacitní charakter.

Vliv deště se nejvíce projevuje u závěsu z tyčových izolátorů LS 75/21. Při silném dešti má v tomto případě proud již dosti výraznou činnou složku a při silném dešti se zvýšenou vodivostí (498 $\mu\text{S}/\text{cm}$) již má proud charakter převážně činný a ovlivněný vznikem částečných oblouků přes malé suché zóny.

U talířových a kompozitních izolátorů se i při silném dešti se zvýšenou vodivostí zachovává převážně kapacitní charakter proudu a jeho hodnoty jsou nízké. U talířových izolátorů je to způsobeno tím, že na spodní straně talířů zůstávají za deště velké suché zóny, které brání průtoku zvýšeného svodového proudu. U kompozitního izolátoru, jehož povrch má hydrofobní charakter, nevznikají na povrchu souvislé vlhké zóny a proud je velmi nízký.

Z průměrných hodnot svodového proudu uvedených v tabulkách 3 až 5 byly odvozeny ztráty na jednom závěsu a na 1 km vedení (uvažuje se 12 závěsů) podle vztahů:

$$P_{\text{zav}} = 242 \times I_{\text{svod max}}/\sqrt{2} \quad (\text{mA, kV, W})$$

$$P_{1\text{km}} = 12 \times P_{\text{zav}}/1000 \quad (\text{W, kW})$$

Tabulka 6 – Ztráty na izolátorových závěsech

Typ závěsu		2 x 3LS 75/21		2 x 24 U 120		1 x FURUKAWA	
Zkušební podmínky	Vodivost deště	Ztráty na 1 závěsu	Ztráty na 1 km vedení N_{iz}	Ztráty na 1 závěsu	Ztráty na 1 km vedení	Ztráty na 1 závěsu	Ztráty na 1 km vedení
	$\mu\text{S}/\text{cm}$	W	kW/km	W	kW/km	W	kW/km
za sucha		0,69 ^{*)}	0,008 ^{*)}	0,59 ^{*)}	0,007 ^{*)}	0,14 ^{*)}	0,0017 ^{*)}
slabý normalizovaný déšť	97	47,6	0,57	1,77	0,021	-	-
silný normalizovaný déšť	97	139	1,67	1,50	0,018	-	-
slabý déšť s vyšší vodivostí	498	328	3,93	-	-	-	-
silný déšť s vyšší vodivostí	498	440	5,27	1,82	0,022	0,35	0,0042

^{*)} kapacitní proud a jalové ztráty

Ztráty na jednom kilometru vedení jsou u závěsů se skleněnými a kompozitními izolátory zanedbatelné.

U závěsů s tyčovými izolátory jsou při běžných dlouhotrvajících deštích menší než 0,6 kW/km. Při intenzivních deštích – průtržích mračen, které jsou krátkodobé, mohou být ztráty na závěsech cca 1,7 kW/km. Na znečištěných izolátorech (modelováno deštěm s vyšší vodivostí) mohou ztráty dosáhnout hodnot několika kW/km.

4 Výpočet jednotkových ztrát korónou

Ruskou metodikou byly provedeny výpočty jednotkových ztrát korónou (kW/km) při různých typech počasí pro vedení typu:

220 kV PORTÁL, SOUDEK, DONAU a DVOJITÝ PORTÁL;

400 kV PORTÁL, KOČKA, DELTA, MAČKA a DONAU.

U jednotlivých vedení se uvažovaly i rozdílné podtypy dané rozdílnou konfigurací vodičů (A, B, C) a použitým typem fázového vodiče.

Výsledky jsou shrnuty v tabulkách 7 a 8.

Tabulka 7 - Jednotkové ztráty korónou na vedeních 220 kV

Typ vedení	Vodič	Jednotkové ztráty korónou (kW/km)			
		P_p	P_s	P_d	P_n
PORTÁL	350 AIFe4	0,440	1,413	5,368	16,087
	450 AIFe6	0,338	1,081	3,891	12,842
SOUDEK A	350 AIFe4	0,949	3,044	11,503	33,920
	450 AIFe6	0,723	2,315	8,417	27,224
SOUDEK B	350 AIFe4	1,229	3,948	15,063	42,679
	450 AIFe6	0,924	2,963	11,170	34,551
DONAU A	350 AIFe4	1,267	4,070	15,187	42,714
	450 AIFe6	0,948	3,040	11,378	34,773
SOUDEK průměr	350 AIFe4	1,089	3,496	13,283	38,300
	450 AIFe6	0,824	2,639	9,794	30,888
Soudek C jeden potah	350 AIFe4	1,03	3,29	12,58	36,70
	350 AIFe4	0,54	1,73	6,58	19,04
	350/starling	0,51	1,65	6,29	18,35
	starl/350	0,51	1,65	6,29	18,34
PORTÁL	starling	0,44	1,41	5,34	16,01
DONAU A	450/52	0,97	3,13	11,76	35,58
SOUDEK C	crocus	1,06	3,40	12,98	37,49
SOUDEK jeden potah	crocus	0,56	1,78	6,79	19,44
SOUDEK B	tacsr	1,19	3,82	14,62	41,73

Tabulka 8 - Jednotkové ztráty korónou na vedeních 400 kV

Typ vedení	Vodič	Jednotkové ztráty korónou (kW/km)			
		P_p	P_s	P_d	P_n
PORTÁL	350 AlFe4	0,79	2,53	9,02	30,04
	350 AlFe6	0,83	2,66	9,61	31,48
	450 AlFe6	0,62	1,98	6,29	23,40
	450 AlFe8	0,69	2,21	7,42	26,33
KOČKA	350 AlFe4	0,83	2,65	9,55	31,50
	450 AlFe6	0,65	2,07	6,68	24,59
	AlFe 450/52	0,67	2,13	6,95	25,25
	450 AlFe8	0,70	2,23	7,49	26,58
DELTA	350 AlFe4	0,83	2,67	9,64	31,81
	450 AlFe6	0,65	2,09	6,73	24,82
	AlFe 450/52	0,67	2,14	7,01	25,50
	Al/St 435/55	0,70	2,23	7,45	26,57
MAČKA	350 AlFe4	0,97	3,09	11,42	36,44
	450 AlFe6	0,75	2,39	8,04	28,53
	AlFe 450/52	0,76	2,43	8,26	29,07
DONAU	350 AlFe4	2,46	7,90	29,56	88,98
	350 AlFe6	2,51	8,06	30,20	90,24
	450 AlFe6	1,87	5,98	21,23	70,45
	AlFe 450/52	1,92	6,16	22,07	72,36
	Al/St 435/55	2,01	6,44	23,35	75,26
	450 AlFe8	2,03	6,50	23,61	75,85
DONAU jeden potah	350 AlFe4	1,18	3,77	14,16	43,17
	350 AlFe4/6	1,23	3,94	14,74	44,41
	350 AlFe6/4	1,26	4,03	15,10	45,12
	AlFe 450/52	0,93	2,96	10,54	35,06
	450 AlFe8	0,97	3,12	11,28	36,78
	350 AlFe6	1,20	3,85	14,51	43,88

5 Celkové ztráty korónou na vedeních přenosové soustavy ČEPS

Pro jednotlivá vedení přenosové soustavy ČEPS byly podle databáze ČEPS a schémat vedení zpracovány podrobné tabulky s uvedením všech parametrů důležitých pro odvození ztrát korónou při různých klimatických podmínkách na jednotlivých vedeních a jejich částech s odlišnými parametry. Tabulky jsou uvedeny v příloze. Na jejich základě pak byla zpracována přehledná tabulka 9 ztrát korónou na vedeních 220 kV a tabulka 10 pro vedení 400 kV.

Tabulka 9 – Ztráty korónou na vedeních 220 kV

Číslo	Název	Délka	Ztráty korónou (kW)				Poznámka
			pěkně	sníh	děšť	námraza	
V001	ORK-MIL	8,92	4,6	14,7	56,1	163,7	
V002	ORK-MIL	8,92	4,6	14,7	56,1	163,7	
V011	TIS-VIT	8,15	4,4	14,1	53,6	155,2	Jeden potah pod napětím
V016	CHT-LED	1,86	0,6	2,0	7,2	23,9	
V201	VYS-CST	85,22	37,5	120,4	457,4	1370,9	
V202	CST-OPO	71,49	31,7	101,5	385,8	1155,1	
V203	OPO-SOK	136,08	59,8	191,6	728,3	2181,9	
V204	MIL-TAB	59,48	21,7	69,4	252,4	816,1	
V205	MAL-CST	19,73	9,4	30,0	112,3	343,1	
V206	MAL-CST	19,73	9,4	30,0	112,3	343,1	
V207	TAB-SOK	169,68	58,9	188,5	681,2	2231,4	
V208	MIL-CST	86,24	37,3	119,5	454,4	1360,0	
V209	CST-BEZ	68,57	23,2	74,4	267,8	883,1	
V210	CHT-BEZ	97,96	33,7	108,0	389,9	1280,3	
V211	VYS-CHT	30,19	10,8	34,5	125,3	407,4	
V216	PRE-MIL	63,84	21,6	69,0	248,4	819,8	
V221	VIT-PRE	86,11	40,8	130,9	489,9	1497,2	
V222	VIT-PRE	86,11	40,8	130,9	489,9	1497,2	
V223	HRA-VIT	70,07	37,1	119,1	454,9	1313,7	
V224	HRA-VIT	69,95	37,0	118,9	454,1	1311,4	
V225	VYS-HRA	30,07	15,3	48,7	160,0	568,9	
V226	VYS-HRA	30,06	15,3	48,7	160,0	568,9	
V243	SOK-BIS	50,57	25,9	83,2	318,0	928,1	
V244	SOK-BIS	50,57	25,9	83,2	318,0	928,1	
V245	LIS-BUJ	23,38	13,9	44,7	170,9	487,9	
V246	LIS-KPA	23,38	13,9	44,7	170,9	487,9	
V251	PRN-SOK	83,84	43,0	137,9	527,2	1538,7	
V252	PRN-SOK	83,84	43,0	137,9	527,2	1538,7	
V253	LIS-PRN	71,33	43,8	140,8	537,2	1522,1	
V254	LIS-PRN	71,33	43,8	140,8	537,2	1522,1	
V270	LIS-PBY	61,37	27,0	86,7	329,4	987,3	
V280	SOK-SEN	66,21	22,4	71,6	257,6	850,3	
N_i (kW)			858,1	2 750,8	10 290,9	31 247,3	

Tabulka 10 – Ztráty korónou na vedeních 400 kV

Číslo	Název	délka	Ztráty korónou (kW)				Poznámka
			pěkně	sníh	dešť	námraza	
V051	TEM-KOC	2,94	2,0	6,3	20,6	74,9	
V052	TEM-KOC	3,04	2,0	6,5	21,3	77,5	
V400	CST-TYN	46,31	36,6	117,1	417,9	1 391,0	
V401	TYN-KRA	103,82	84,6	270,7	969,8	3 200,9	
V402	KRA-PRN	87,67	71,8	229,9	824,1	2 716,0	
V403	PRN-NOS	79,42	62,7	200,9	716,6	2 385,3	
V404	NOS-VAR	40,40	32,8	104,9	375,6	1 241,7	
V410	VYS-CST	97,23	82,1	263,0	946,6	3 094,3	
V411	HRA-VYS	45,45	41,5	133,1	483,6	1 547,6	
V412	VYS-CST	97,89	114,2	366,0	1 345,2	4 227,5	
V413	REP-PRN	284,90	590,4	2 253,3	8 213,2	25 556,1	
V414	REP-CHD	29,46	26,7	85,4	306,0	1 003,4	
V415	CHD-CST	35,10	22,7	72,7	238,0	865,7	
V417	SOK-OTR	74,10	64,9	207,7	755,1	2 438,7	
V418	OTR-PRN	37,64	34,4	110,1	402,1	1 284,9	
V420	HRA-HBM	209,69	185,2	593,2	2 158,7	6 955,4	
V422	HBM-CEB	82,30	75,2	240,6	867,8	2 836,9	
V423	CEB-SOK	38,40	32,3	103,5	370,4	1 221,9	
V424	SOK-KRI	54,38	45,4	145,2	525,3	1 717,9	
V430	HRA-CHR	82,74	57,7	184,4	618,9	2 196,7	
V431	PRE-CHR	32,62	26,9	86,1	300,8	1 016,3	
V432	KOC-PRE	102,39	88,3	282,5	965,3	3 341,0	
V433	DAS-SLV	142,69	106,4	340,3	1 161,7	4 037,6	
V434	SLV-CEB	50,72	40,7	130,1	448,8	1 535,0	
V435	SLV-SOK	55,67	56,4	180,8	657,0	2 110,7	
V436	SLV-SOK	55,44	51,5	164,8	586,1	1 937,6	
V437	SLV-DRN	42,53	41,4	132,7	480,0	1 564,2	
V441	HRA-ETZ	128,68	95,3	304,8	1 027,7	3 614,5	
V442	PRE-ETZ	75,70	61,0	195,2	675,7	2 311,5	
V443	ALB-WIE	24,44	29,8	95,6	357,5	1 074,2	
V444	NOS-WIE	38,83	93,4	299,6	1 122,4	3 360,5	
V445	ROH-HRA	29,62	37,2	119,3	447,3	1 336,6	
V446	ROH-HRA	29,62	37,2	119,3	447,3	1 336,6	
V450	VYS-BAB	72,22	44,0	140,7	472,8	1 672,3	
V451	BAB-BEZ	53,71	37,9	121,2	408,4	1 440,6	
V452	NEZ-BEZ	68,34	47,6	152,1	510,3	1 808,2	
V453	KRA-NEZ	84,04	69,8	223,5	808,0	2 645,4	
V457	KRA-DST	59,79	46,4	148,4	506,8	1 762,4	
V458	KRA-HZI	25,11					Plánovaná výstavba do HZI
V459	HZI-NOS	95,50	63,8	203,9	667,9	2 422,6	
V460	NOS-ALB	16,61	13,9	44,3	160,4	524,7	

Tabulka 10 – Ztráty korónou na vedeních 400 kV - pokračování

Číslo	Název	Délka	Ztráty korónou (kW)				Poznámka
			pěkně	sníh	dešť	námraza	
V461	PRU1-HRA	11,03					Mimo provoz
V462	PRU1-HRA	11,03	13,3	42,5	160,1	484,1	
V463	TUS2-HRA	4,01	5,0	16,2	60,6	181,1	
V464	TUS2-HRA	4,01	5,0	16,2	60,6	181,1	
V465	PRU2-HRA	19,21	24,1	77,4	290,1	866,7	
V466	PRU2-HRA	19,21	24,1	77,4	290,1	866,7	
V467	POC1-VYS	4,16	3,7	11,8	43,0	138,3	
V468	POC1-VYS	4,32	3,8	12,2	44,4	143,1	
V469	POC2-VYS	4,44	3,7	11,8	42,7	139,8	
V470	MEL3-BAB	31,15	21,7	69,5	233,2	827,9	
V471	CHV-TYN	8,77	11,0	35,3	132,4	395,5	
V472	CHV-TYN	8,77	11,0	35,3	132,4	395,5	
V473	DAS-KOC	35,55	28,8	92,1	319,7	1 089,8	
V474	DAS-KOC	32,14	41,3	132,2	475,4	1 554,5	
V475	KOC-REP	137,7	132,2	423,2	1 515,5	4 970,8	
V476	KOC-CHD	128,9	122,1	391,0	1 400,2	4 592,6	
V481	DAL-SLV	2,29	2,3	7,4	27,1	86,9	
V482	DAL-SLV	2,29	2,3	7,4	27,1	86,9	
V483	DUK-SLV	3,31	2,3	7,4	24,8	87,9	
V484	DUK-SLV	3,26	2,3	7,3	24,4	86,7	
V485	DUK-SLV	3,45	2,4	7,7	25,9	91,8	
V486	DUK-SLV	3,71	2,6	8,3	27,8	98,6	
V497	SOK-STU	56,55	43,0	137,6	467,1	1 643,9	
N_i (kW)			3 262,5	10 806,7	38 613,6	125 897,0	

6 Střední roční ztráty korónou na vedeních 220 kV a 400 kV

Průměrné roční ztráty korónou $N_{\text{stř}}$ se stanoví podle rovnice:

$$N_{\text{stř}} = (F_p \cdot \sum N_p + F_s \cdot \sum N_s \cdot k_s + F_d \cdot \sum N_d \cdot k_d + F_n \cdot \sum N_n \cdot k_n) \cdot K \quad (\text{kW}) \quad (1)$$

kde

F_p, F_s, F_d, F_n jsou poměrné doby trvání pěkného počasí, sněhu, deště a námrazy

$\sum N_p, \sum N_s, \sum N_d, \sum N_n$ jsou celkové ztráty za pěkného počasí, sněhu, deště a námrazy podle tabulek 9 a 10

k_s, k_d, k_n jsou činitelé poměrného výskytu daného počasí na ploše státu

K je činitel zahrnující poměrnou délku vypnutých vedení

Pro stanovení činitelů F_i se použily staré meteorologické údaje zpracované v [1] a vyjádření Českého hydrometeorologického ústavu získané v rámci řešení úkolu.

Rozdělení počasí podle Směrnice pro výpočet ztrát korónou z r. 1961

Tabulka 11

stanice	pěkně	sníh a mlha	děšť	námraza
1	90	3,5	6	0,5
2	88,5	4,5	6,5	0,5
3	89	3,5	7	0,5
4	84	5,5	9	1,5
5	88	4	7	1
průměr (%)	87,9	4,2	7,1	0,8
průměr (hod)	7700,0	367,9	622,0	70,1

Součet srážky (děšť, sníh a mlha) – 989,9 hod.

Počet hodin srážek podle ČHMÚ z r. 2005

V současné době se vedou pouze záznamy o počtu hodin všech typů srážek.

Tabulka 12

stanice	srážky (hod)
1	928
2	1223
3	876
4	857
5	1135
6	927
7	855
8	895
9	1042
průměr (hod)	970,9

Je zřejmé, že počet hodin všech srážek podle směrnice a podle současného vyjádření ČHMÚ se dobře shoduje a proto se použilo rozdělení podle [1].

Činitelé k_s , k_d , k_n se stanoví odborným odhadem na

$$k_s = 0,2$$

$$k_d = 0,3$$

$$k_n = 0,05$$

Činitel K byl stanoven na základě údajů za období leden až červen 2005 poskytnutých objednavatelem a uvedených v tabulce 13. Hodnoty vyjadřují procentní podíl délky vypnutých vedení k celkové délce všech vedení.

Tabulka 13

Měsíc	% (km vypnutých vedení)	
	220 kV	400 kV
Leden	0,0	2,1
Únor	0,0	4,3
Březen	8,0	10,0
Duben	7,5	11,3
Květen	14,6	11,0
Červen	0,0	15,8
Průměr	5,0	9,1
K	0,95	0,91

Dosažením hodnot celkových ztrát z tabulek 9 a 10 a odpovídajících činitelů do rovnice (1) se dostanou střední roční ztráty korónou. Výpočet je proveden v tabulkách 14 a 15.

Tabulka 14 – Střední roční ztráty na vedeních 220 kV

	pěkně	sníh a mlha	děšť	námraza
F_i	0,879	0,042	0,071	0,008
$\sum N_i$ (kW)	858	2751	10 291	31 247
K	0,95	0,95	0,95	0,95
k_i	1	0,2	0,3	0,05
podíl ztrát (kW)	717	22	208	12
střední roční ztráty (kW)	959			

Tabulka 15 – Střední roční ztráty na vedeních 400 kV

	pěkně	sníh a mlha	děšť	námraza
F_i	87,9	4,2	7,1	0,8
$\sum N_i$ (kW)	3 262	10 807	38 614	125 897
K	0,91	0,91	0,91	0,91
k_i	1	0,2	0,3	0,05
podíl ztrát (kW)	2 609	82,6	748,5	45,8
střední roční ztráty (kW)	3 486			

7 Metodika výpočtu celkových ztrát korónou a svodovými proudy na závěsech při různých typech počasí

7.1 Výpočet ztrát korónou

Výpočet se provádí pro tři typy přechodu daného typu počasí přes území České republiky:

- celoplošný výskyt daného počasí
- pro přechod fronty
- pro místní výskyt

Těmto typům se přiřazují činitele k_i , které vyjadřují to, že se např. déšť nevyskytuje i při celoplošném působení na celé ploše státu a zároveň, že intenzita deště je rozdílná (koróna závisí i na intenzitě deště).

Hodnoty navržené pro různé typy počasí podle odborného odhadu jsou uvedeny v tabulce 16.

Tabulka 16

Výskyt	pěkně	sníh	děšť	námraza
	k_p	k_s	k_d	k_n
celoplošně	1	0,4	0,6	-
přechod fronty	-	0,2	0,3	-
místně	-	0,05	0,05	0,05

Dále se použijí tabulky 9 a 10, kde jsou spočítány ztráty korónou pro jednotlivá vedení a pro jednotlivé typy počasí při zasažení celého vedení. V tabulkách jsou i celkové součty pro všechna vedení. Vypnutá vedení je možno při výpočtu z tabulky odstranit.

Celkové ztráty se pak stanoví podle vztahu:

$$P_i = k_i \cdot \sum N_i + (1 - k_i) \cdot \sum N_p$$

Např. pro celoplošný déšť a všechna vedení zapnutá dostaneme:

$$P_d = k_d \cdot \sum N_d + (1 - k_d) \cdot \sum N_p = 0,6 \cdot 38\,614 + (1 - 0,6) \cdot 3\,262 = 24\,473 \text{ kW}$$

7.2 Výpočet ztrát svodovými proudy na závěsech

Jak prokázala měření, jsou významné ztráty za deště na keramických tyčových izolátorech typu LS 75/21, LG 75/22 apod., které jsou v současnosti nejvíce používaným typem závěsů. Na skleněných a kompozitních izolátorech jsou ztráty zanedbatelné.

Do výpočetních tabulek byl přidán ještě jeden sloupec udávající délku vedení vybavenou tyčovými izolátory a součet délek všech takových vedení $\sum L_{ti}$.

Celkové ztráty svodovými proudy pak budou součinem ztrát na 1 km vedení na tyčových izolátorech.

$$\sum P_{iz} = N_{iz} \cdot \sum L_{ti} \cdot k_d$$

Za N_{iz} se doporučuje přijmout střední hodnotu z hodnot při silném a slabém normalizovaném dešti, tj. pro závěsy 400 kV z hodnot 0,57 kW/km a 1,67 kW/km, která je rovna 1,12 kW/km.

Pro vedení 220 kV je to hodnota 0,65 kW/km.

Pak pro případ všech zapnutých vedení 400 kV budou ztráty na izolačních závěsech:

$$\sum P_{iz} = 1,12 \cdot 2529 = 1\,700 \text{ kW}$$

Pro výpočty při všech typech počasí a při uvažování ztrát způsobených svody na závěsech byly pro vedení 220 kV a 400 kV připraveny v excelu tabulky uvedené v příloze 2.

8 Závěry

1. Na základě porovnání čtyř metodik výpočtu ztrát korónou byla vybrána metodika ruská [2].
2. Byla provedena měření svodových proudů na izolátorových závěsech s tyčovými, skleněnými čapkovými a kompozitními izolátory.

Tato měření prokázala, že na závěsech s čapkovými a kompozitními izolátory lze ztráty způsobené svodovými proudy zanedbat ve srovnání se ztrátami způsobenými korónou.

U tyčových izolátorů jsou ztráty vyšší a při výpočtu celkových ztrát se uvažují.

3. Byly vypočítány jednotkové ztráty korónou pro všechny typy vedení 220 kV a všechny používané typy vodičů.
4. S využitím databáze vedení přenosové soustavy ČEPS byly pro jednotlivá vedení vypočítány ztráty korónou za pěkného počasí, sněhu, deště a při námraze.
5. Byly odvozeny střední ztráty korónou, které činí pro

vedení 220 kV	960 kW	tj. ročně	8 410 MWh
vedení 400 kV	3 490 kW	tj. ročně	30 540 MWh

6. Byly navrženy tabulky pro výpočet ztrát korónou a svodovými proudy na vedeních 220 kV a 400 kV a pro celkové ztráty v přenosové soustavě. V tabulce 17 jsou spočítány ztráty pro případ, kdy jsou provozu všechna vedení 220 kV a 400 kV přenosové soustavy ČEPS.

Tabulka 17

	Výskyt počasí	ztráty (kW)			
		pěkně N_p	sníh N_s	děšť N_d	námraza N_n
ztráty korónou (kW)	celoplošně	4 121	7 895	30 991	-
	fronta	-	6 008	17 556	-
	místní	-	4 592	6 360	11 772
ztráty na závěsech (kW)	celoplošně	0	0	2 226	0
	fronta	0	0	1 113	0
	místní	0	0	186	0
celkové ztráty (kW)	celoplošně	4 121	7 895	33 217	-
	fronta	-	6 008	18 669	-
	místní	-	4 592	6 545	11 772

9 Literatura

- [1] Směrnice ministerstva paliv a energetiky „Výpočet průměrných ročních ztrát korónou na vedení vvn“, zpracoval Výzkumný ústav energetický, rok 1961
- [2] Hlavní technické vedení pro provoz energetických systémů „Směrnice pro výpočet ztrát korónou a radiového rušení při volbě vodičů venkovních elektrických vedení střídavého napětí 330-750 kV a stejnosměrných napětí 800-1500 kV“, zpracoval kolektiv autorů, rok 1975
- [3] P.S. Muravada „Corona Performance of High-Voltage Transmission Lines“, kde se uvádí postup výpočtu ztrát korónou publikovaný v roce 1983 v příspěvku V.L. Chartiera – „Empirical Expressions for Calculating HV Transmission Line Corona Phenomena“, rok 2000
- [4] Transmission line reference book 345 kV and above M.G. kapitola 7 Combera a L.F. Zaffanell „Corona loss“, rok 1975

Příloha 1

**Základní údaje o vedeních přenosové soustavy
a výpočet ztrát korónou pro jednotlivá vedení**

Vedení 220 kV

Číslo	Název		délka	Typ stožáru	Typ vodiče	Typ izolátorů	Ztráty korunou kW - Rusko				Poznámka
							sucho	sníh	dešť	námraza	
V001	ORK-MIL	dvojité	8.92	SOUDEK	350AlFe4	LF 75/16	4.6	14.7	56.1	163.7	
V002	ORK-MIL		8.92	SOUDEK	350AlFe4	LF 75/16	4.6	14.7	56.1	163.7	
V011	TIS-VIT	dvojité	8.15	SOUDEK	350AlFe4	neuveden	4.4	14.1	53.6	155.2	jeden potah pod napětím
V016	CHT-LED	jednoduché	1.86	PORTÁL	450 AlFe6	neuveden	0.6	2.0	7.2	23.9	
V201	VYS-CST	jednoduché	61.54	PORTÁL	350AlFe4	LS75/21	27.1	86.9	330.3	990.0	
V201	VYS-CST	jednoduché	23.68	PORTÁL	350AlFe4	LS75/21	10.4	33.4	127.1	380.9	
V201celkem			85.22				37.5	120.4	457.4	1370.9	
V202	CST-OPO	dvojité	2.20	SOUDEK	350 AlFe 4	LS 85/21, LS 75/21	1.1	3.6	13.9	40.4	
V202	CST-OPO	jednoduché	69.29	PORTÁL	350 AlFe 4	LS 75/21	30.5	97.9	371.9	1114.7	
V202celkem			71.49				31.7	101.5	385.8	1155.1	
V203	OPO-SOK	jednoduché	43.62	PORTÁL	350 AlFe4	neuveden	19.2	61.6	234.1	701.7	
V203	OPO-SOK	jednoduché	92.45	PORTÁL	Starling	neuveden	40.5	130.0	494.1	1480.2	
V203celkem			136.08				59.8	191.6	728.3	2181.9	
V204	MIL-TAB	jednoduché	48.90	PORTÁL	450 AlFe 6	1 17xPSG 120A, 2 17xPSG 120A	16.5	52.9	190.3	628.0	
V204	MIL-TAB	dvojité	10.58	DONAU	AlFe 450/52	2 2xLG 75/22, 2 2xLG 60/22	5.2	16.5	62.2	188.1	
V204celkem			59.48				21.7	69.4	252.4	816.1	
V205	MAL-CST	dvojité	19.73	DONAU	450 AlFe6	2 2-LF75/16, 2 2-LS85/21	9.4	30.0	112.3	343.1	
V206	MAL-CST		19.73	DONAU	450 AlFe6	2 2-LF75/16, 2 2-LS85/21	9.4	30.0	112.3	343.1	
V207	TAB-SOK	dvojité	10.58	DONAU	AlFe 450/52	2 2xLG 75/22, 2 2xLG 60/22	5.2	16.5	62.2	188.1	
V207	TAB-SOK	jednoduché	54.02	PORTÁL	450 AlFe 6	1 16xPSG 120A, 2 17xPSG 120A	18.2	58.4	210.2	693.7	
V207	TAB-SOK	jednoduché	105.09	PORTÁL	450 AlFe 6	2LG 75/21, 2 2xLG 85/21	35.5	113.6	408.9	1349.6	
V207celkem			169.68				58.9	188.5	681.2	2231.4	
V208	MIL-CST	jednoduché	82.42	PORTÁL	Starling	1 1xH220.120.2380.C.C.16L	36.1	115.9	440.5	1319.6	
V208	MIL-CST	dvojité	2.20	SOUDEK	Starling	1 1xH220.120.2380.C.C.16L	1.1	3.6	13.9	40.4	
V208	MIL-CST	vicenásobné	1.61	DONAU	Al/St 435/55	2 2xLG 75/22					
V208 celkem			86.24				37.3	119.5	454.4	1360.0	
V209	CST-BEZ	jednoduché	68.02	PORTÁL	450 AlFe6	LS 75/21, LS 85/21, PSG 120	23.0	73.5	264.6	873.5	
V209	CST-BEZ	dvojité	0.56	DONAU	450 AlFe6	neuveden	0.3	0.8	3.2	9.6	
V209 celkem			68.57				23.2	74.4	267.8	883.1	

Vedení 220 kV - pokračování

Číslo	Název		délka	Typ stožáru	Typ vodiče	Typ izolátorů	Ztráty korunou kW - Rusko				Poznámka
							sucho	sníh	dešť	námraza	
V210	CHT-BEZ	jednoduché	93.07	PORTAL	450 AlFe 6	LS 75/21	31.4	100.6	362.1	1195.3	
V210	CHT-BEZ	dvojité	4.89	DONAU	450 AlFe 6	neuveden	2.3	7.4	27.8	85.0	
V210 celkem			97.96				33.7	108.0	389.9	1280.3	
V211	VYS-CHT	jednoduché	25.86	PORTAL	450 AlFe 6	neuveden	8.7	27.9	100.6	332.1	
V211	VYS-CHT	dvojité	4.33	DONAU	450 AlFe 6	neuveden	2.1	6.6	24.7	75.4	
V211 celkem			30.19				10.8	34.5	125.3	407.4	
V216	PRE-MIL	jednoduché	63.84	PORTÁL	450 AlFe 6	neuveden	21.6	69.0	248.4	819.8	
V221	VIT-PRE	dvojité	86.11	DONAU	450 AlFe 6	neuveden	40.8	130.9	489.9	1497.2	
V222	VIT-PRE		86.11	DONAU	450 AlFe 6	neuveden	40.8	130.9	489.9	1497.2	
V223	HRA-VIT	jednoduché	0.12	SOUDEK	Crocus 412	2 2xLG 60/22/1200	0.1	0.2	0.8	2.2	
V223	HRA-VIT	dvojité	69.95	SOUDEK	Crocus 412	1 2xLG 60/22/1200, 2 2xLG 60/22/1200	37.0	118.9	454.1	1311.4	
V223 celkem			70.07				37.1	119.1	454.9	1313.7	
V224	HRA-VIT	dvojité	69.95	SOUDEK	Crocus 412	1 2xLG 60/22/1200, 2 2xLG 60/22/1200	37.0	118.9	454.1	1311.4	
V225	VYS-HRA	dvojité	30.07	PORTÁL	AL/ST 210/50	2 1xHubbell 234393-3001	15.3	48.7	160	568.9	
V226	VYS-HRA	dvojité	30.06	PORTÁL	AL/ST 210/50	1 1xHubbell 234393-3001	15.3	48.7	160	568.9	
V243	SOK-BIS	dvojité	50.57	SOUDEK	350 AlFe 4	1 2xLG 60/22/1200, 2 2xLG 60/22/1200	25.9	83.2	318.0	928.1	
V244	SOK-BIS		50.57	SOUDEK	350 AlFe 4	1 2xLG 60/22/1200, 2 2xLG 60/22/1200	25.9	83.2	318.0	928.1	
V245	LIS-BUJ	dvojité	23.38	SOUDEK	TACSR/ACS 380/50	2 1x H 220.120.2380.C.C.16L	13.9	44.7	170.9	487.9	
V246	LIS-KPA		23.38	SOUDEK	TACSR/ACS 380/50	2 1x H 220.120.2380.C.C.16L	13.9	44.7	170.9	487.9	
V251	PRN-SOK	dvojité	20.12	SOUDEK	350 AlFe 4	2 2xLS 75/21, 1 2xLS 75/21	10.3	33.1	126.5	369.3	
V251	PRN-SOK		63.72	SOUDEK	350 AlFe 4	LS 75/21, PSG 21	32.7	104.8	400.7	1169.4	
V251 celkem			83.84				43.0	137.9	527.2	1538.7	
V252	PRN-SOK	dvojité	20.12	SOUDEK	350 AlFe 4	2 2xLS 75/21, 1 2xLS 75/21	10.3	33.1	126.5	369.3	
V252	PRN-SOK		63.72	SOUDEK	350 AlFe 4	LS 75/21, PSG 21	32.7	104.8	400.7	1169.4	
V252 celkem			83.84				43.0	137.9	527.2	1538.7	
V253	LIS-PRN	dvojité	71.33	SOUDEK	350 AlFe 4	LG 60/22, 1 4xL100BH550	43.8	140.8	537.2	1522.1	
V254	LIS-PRN		71.33	SOUDEK	350 AlFe 4	LG 60/22, 1 4xL100BH550	43.8	140.8	537.2	1522.1	
V270	LIS-PBY	jednoduché	61.37	PORTÁL	350 AlFe 4	2 2xLG 60/22, 2 2xLS 75/21	27.0	86.7	329.4	987.3	
V280	SOK-SEN	jednoduché	66.21	PORTÁL	450 AlFe6	1 2xLS 75/21, 2 2xLS 75/21	22.4	71.6	257.6	850.3	

Vedení 400 kV

Číslo	Název		délka	Typ stožáru	Typ vodiče	Typ izolátorů	Ztráty korunou kW - Rusko				Poznámka
							sucho	sníh	dešť	námraza	
V051	TEM-KOC	jednoduché	2.937	DELTA	AlFe 450/52	2 27xPS 120A, 2 23xPS 210 V	2.0	6.3	20.6	75	
V052	TEM-KOC	jednoduché	3.038	DELTA	AlFe 450/52	2 27xPS 120A, 2 23xPS 210 V	2.0	6.5	21.3	77	
V400	CST-TYN	jednoduché	46.311	PORTÁL	350 AlFe 4	LS 75/21, FURUKAWA	36.6	117.1	417.9	1391	
V401	TYN-KRA	jednoduché	98.092	PORTÁL	350 AlFe 4	LS 75/21	77.5	248.1	885.2	2946	
V401	TYN-KRA	dvojité	5.724	DONAU	350 AlFe 4	LS 75/21	7.0	22.6	84.6	255	
V401 celkem			103.816				84.6	270.7	969.8	3201	
V402	KRA-PRN	jednoduché	23.590	PORTÁL	350 AlFe 4	LS 75/21	18.6	59.7	212.9	709	
V402	KRA-PRN	dvojité	5.724	DONAU	350 AlFe 4	LS 75/21	7.0	22.6	84.6	255	
V402	KRA-PRN	jednoduché	58.358	PORTÁL	350 AlFe 4	2 3xLS 75/21	46.1	147.6	526.6	1753	
V402 celkem			87.672				71.8	229.9	824.1	2716	
V403	PRN-NOS	jednoduché	79.417	PORTÁL	350 AlFe 4	2 3xLS 75/21	62.7	200.9	716.6	2385	
V404	NOS-VAR	jednoduché	38.255	PORTÁL	350 AlFe 4	2 3xLS 75/21	30.2	96.8	345.2	1149	
V404	NOS-VAR	dvojité	2.147	DONAU	350 AlFe 4	3 5xLS 85/14	2.5	8.1	30.4	93	V404U mimo provoz
V404 celkem			40.402				32.8	104.9	375.6	1242	
V410	VYS-CST	jednoduché	16.468	PORTÁL	350 AlFe 4	2 3xVKLS 75/21	13.0	41.7	148.6	495	
V410	VYS-CST	dvojité	12.094	DONAU	350 AlFe 4	2 3xVKLS 75/21	14.9	47.6	178.3	537	
V410	VYS-CST	jednoduché	68.672	PORTÁL	350 AlFe 4	LS 75/21	54.3	173.7	619.7	2063	
V410 celkem			97.234				82.1	263.0	946.6	3094	
V411	HRA-VYS	jednoduché	33.357	PORTÁL	350 AlFe 4	2 3xVKLS 75/21	26.4	84.4	301.0	1002	
V411	HRA-VYS	dvojité	12.094	DONAU	350 AlFe 6	2 3xVKLS 75/21	15.2	48.7	182.6	546	
V411 celkem			45.451				41.5	133.1	483.6	1548	
V412	VYS-CST	dvojité	22.297	DONAU	350 AlFe 6	2 3xVKLS 85/21	28.0	89.8	336.7	1006	
V412	VYS-CST	jednoduché	75.591	PORTÁL	350 AlFe 6	2 3 × VKLS 75/21	62.8	201.0	726.8	2379	
V412	VYS-CST	dvojité	18.660	DONAU	350 AlFe 6	2 3 × LS 75/21	23.4	75.2	281.8	842	
V412 celkem			97.888				114.2	366.0	1345.2	4227	
V413	REP-PRN	jednoduché	190.904	PORTÁL	350 AlFe 6	LS 75/21	479.5	1537.8	5765.3	17227	
V413	REP-PRN	dvojité	18.660	DONAU	350 AlFe 6	LF 75/16	5.8	378.4	1201.7	4468	
V413	REP-PRN	jednoduché	49.990	PORTÁL	350 AlFe 6	2 3xLS75/21	41.5	132.9	480.6	1574	
V413	REP-PRN	jednoduché	25.347	PORTÁL	350 AlFe 6	2 3xVKLF 75/16	63.7	204.2	765.5	2287	
V413 celkem			284.901				590.4	2253.3	8213.2	25556	

Vedení 400 kV - pokračování

Číslo	Název		délka	Typ stožáru	Typ vodiče	Typ izolátorů	Ztráty korunou kW - Rusko				Poznámka
							sucho	sníh	dešť	námraza	
V414	REP-CHD	dvojité	18.996	DONAU	AlFe 450/52	VZLMS, LS 85/14	8.1	26.0	93.3	306	
V414	REP-CHD	dvojité	8.450	DONAU	AlFe 450/52	VZLMS, LS 85/14	18.3	58.5	209.6	687	
V414	REP-CHD	jednoduché	0.295	DONAU	AlFe 450/52	LS 85/14	0.3	0.9	3.1	10	
V414	REP-CHD	vícenásobné	1.719	SOUDEK	Al/St 435/55	LG 85/22					
V414 celkem			29.460				26.7	85.4	306.0	1003	
V415	CHD-CST	jednoduché	33.954	KOČKA	AlFe 450/52	VZLMS, PS 210V	22.7	72.7	238.0	866	
V415	CHD-CST	vícenásobné	1.148	SOUDEK	Al/St 435/55	LG 85/22					
V415 celkem			35.102				22.7	72.7	238.0	866	
V417	SOK-OTR	jednoduché	66.321	PORTÁL	350 AlFe 6	2 3xLS 75/21	55.1	176.3	637.7	2088	
V417	SOK-OTR	dvojité	7.779	DONAU	350 AlFe 6	2 3xLS 75/21, 3 I5 LS 85/14	9.8	31.3	117.5	351	
V417 celkem			74.100				64.9	207.7	755.1	2439	
V418	OTR-PRN	jednoduché	8.444	PORTÁL	350 AlFe 6	2 3xLS 75/21, 3 I5 LS 85/14	7.0	22.5	81.2	266	
V418	OTR-PRN	dvojité	7.328	DONAU	350 AlFe 6	2 3xLS 75/21, 3 I5 LS 85/14	9.2	29.5	110.7	331	
V418	OTR-PRN	jednoduché	21.872	PORTÁL	350 AlFe 6	2 3xLS 75/21, 3 I5 LS 85/14	18.2	58.2	210.3	688	
V418 celkem			37.644				34.4	110.1	402.1	1285	
V420	HRA-HBM	jednoduché	0.393	PORTÁL	350 AlFe 6	2 3xVKLS 85/21, 3 5xLS 85/14	0.3	1.0	3.8	12	
V420	HRA-HBM	dvojité	22.297	DONAU	350 AlFe 6	2 3xVKLS 85/21	28.0	89.8	336.7	1006	
V420	HRA-HBM	jednoduché	183.302	PORTÁL	350 AlFe 6	2 3xLS 75/21, 2 3xLG 75/22/1270	152.3	487.4	1762.4	5770	
V420	HRA-HBM	dvojité	3.700	DONAU	350 AlFe 6	2 3xLS 75/21	4.6	14.9	55.9	167	
V420 celkem			209.692				185.2	593.2	2158.7	6955	
V422	HBM-CEB	jednoduché	9.684	PORTÁL	350 AlFe 6	VZC 12	8.0	25.8	93.1	305	
V422	HBM-CEB	dvojité	3.700	DONAU	350 AlFe 6	2 3xLS 75/21, 3 5xLS 85/14	4.6	14.9	55.9	167	
V422	HBM-CEB	jednoduché	63.056	PORTÁL	350 AlFe 6	2 3xLS 75/21, 3 5xLS 85/14	52.4	167.7	606.3	1985	
V422	HBM-CEB	jednoduché	6.201	DELTA	AlFe 450/52	2 3xLS 75/21	4.2	13.3	43.5	158	
V422	HBM-CEB	dvojité	5.856	DONAU	450 AlFe 8	2 3xLS 75/21, 3 5xLS 85/14	5.9	19.0	69.1	222	
V422 celkem			82.297				75.2	240.6	867.8	2837	
V423	CEB-SOK	jednoduché	5.729	DELTA	AlFe 450/52	2 3xLS 75/21, 3 5xLS 85/14	3.8	12.3	40.2	146	
V423	CEB-SOK	dvojité	7.380	DONAU	450 AlFe 8	2 3xLS 75/21, 3 5xLS 85/14	7.5	24.0	87.1	280	
V423	CEB-SOK	jednoduché	25.286	PORTÁL	350 AlFe 6	2 3xLS 75/21, 3 5xLS 85/14	21.0	67.2	243.1	796	
V423 celkem			38.395				32.3	103.5	370.4	1222	

Vedení 400 kV - pokračování

Číslo	Název		délka	Typ stožáru	Typ vodiče	Typ izolátorů	Ztráty korunou kW - Rusko				Poznámka
							sucho	sníh	dešť	námraza	
V424	SOK-KRI	jednoduché	53.929	PORTÁL	350 AlFe 6	2 3xLS 75/21, 3 I5LS85/14	44.8	143.4	518.5	1698	
V424	SOK-KRI	dvojitě	0.451	DONAU	350 AlFe 6	LS85/14	0.6	1.8	6.8	20	
V424 celkem			54.380				45.4	145.2	525.3	1718	
V430	HRA-CHR	jednoduché	11.216	PORTÁL	450 AlFe 8	2 3xLS 75/21	7.8	24.8	83.2	295	
V430	HRA-CHR	jednoduché	71.527	KOČKA	450 AlFe 8	2 3xLS 75/21 + 1V3xLS75/21, 3 5xLS 85/14	49.9	159.6	535.7	1901	
V430 celkem			82.743				57.7	184.4	618.9	2197	
V431	PRE-CHR	jednoduché	19.106	KOČKA	450 AlFe 8	lg	13.3	42.6	143.1	508	
V431	PRE-CHR	dvojitě	13.512	DONAU	Al/St 435/55	2 3xLG 75/22/1270	13.6	43.5	157.7	508	
V431 celkem			32.618				26.9	86.1	300.8	1016	
V432	KOC-PRE	jednoduché	45.134	KOČKA	AlFe 450/52	2 3xLS 75/21	30.0	95.9	313.7	1140	
V432	KOC-PRE	dvojitě	15.075	DONAU	450 AlFe 8	2 23xPSV 120A	15.3	49.0	178.0	572	
V432	KOC-PRE	jednoduché	42.177	KOČKA	450 AlFe 8	ls	29.4	94.1	315.9	1121	
V432	KOC-PRE	dvojitě	13.512	DONAU	Al/St 435/55	2 3xLG 75/22/1270, 2 3xLG 85/22/1310	13.6	43.5	157.7	508	
V432 celkem			102.386				88.3	282.5	965.3	3341	
V433	DAS-SLV	dvojitě	21.565	DONAU	450 AlFe 8	2 3xLS 75/21, 3 5xLS 85/14	21.9	70.0	254.6	818	
V433	DAS-SLV	jednoduché	67.757	KOČKA	450 AlFe 8	2 3xLS 75/21, 3 5xLS 85/14	47.3	151.2	507.4	1801	
V433	DAS-SLV	jednoduché	53.366	KOČKA	450 AlFe 8	2 3xLS 75/21, 3 5xLS 85/14	37.2	119.1	399.7	1419	
V433 celkem			142.688				106.4	340.3	1161.7	4038	
V434	SLV-CEB	dvojitě	19.451	DONAU	450 AlFe 8	2 3xLS 75/21, 3 5xLS 85/14, 3 6xLS 85/14	19.7	63.2	229.6	738	
V434	SLV-CEB	jednoduché	31.274	DELTA	AlFe 450/52	2 3xLS 75/21	21.0	67.0	219.2	797	
V434 celkem			50.724				40.7	130.1	448.8	1535	
V435	SLV-SOK	dvojitě	6.220	DONAU	450 AlFe 8	3 LS75/21, 3 6xLS 85/14	6.3	20.2	73.4	236	
V435	SLV-SOK	dvojitě	49.070	DONAU	450 AlFe 8	ls	49.8	159.4	579.3	1861	
V435	SLV-SOK	jednoduché	0.375	DONAU	450 AlFe 8	ls	0.4	1.2	4.2	14	
V435 celkem			55.665				56.4	180.8	657.0	2111	
V436	SLV-SOK	jednoduché	6.368	DELTA	AlFe 450/52	2 4xLS 75/21, 3 6xLS 85/14	4.3	13.6	44.6	162	
V436	SLV-SOK	dvojitě	49.070	DONAU	AlFe 450/52	ls	47.2	151.2	541.5	1775	
V436 celkem			55.438				51.5	164.8	586.1	1938	
V437	SLV-DRN	jednoduché	42.533	DONAU	450 AlFe 8	2 3xLS 75/21	41.4	132.7	480.0	1564	
V441	HRA-ETZ	jednoduché	97.459	DELTA	AlFe 450/52	2 23xPSV 120A	65.3	208.6	683.1	2485	
V441	HRA-ETZ	dvojitě	31.223	DONAU	AlFe 450/52	0	30.0	96.2	344.6	1130	
V441 celkem			128.682				95.3	304.8	1027.7	3615	

Vedení 400 kV - pokračování

Číslo	Název		délka	Typ stožáru	Typ vodiče	Typ izolátorů	Ztráty korunou kW - Rusko				Poznámka
							sucho	sníh	dešť	námraza	
V442	PRE-ETZ	jednoduché	44.474	DELTA	Al/St 435/55	1-19xF21/170, 2 19xF21/170	31.0	99.0	331.1	1182	
V442	PRE-ETZ	dvojitě	31.223	DONAU	AlFe 450/52	0	30.0	96.2	344.6	1130	
V442 celkem			75.697				61.0	195.2	675.7	2312	
V443	ALB-WIE	jednoduché	2.108	PORTÁL	350 AlFe 6	3 7xLS 85/14, 2 4xLS 75/21	1.8	5.6	20.3	66	
V443	ALB-WIE	dvojitě	22.336	DONAU	350 AlFe 6	3 7xLS 85/14, 2 4xLS 75/21	28.0	90.0	337.3	1008	
V443 celkem			24.444				29.8	95.6	357.5	1074	
V444	NOS-WIE	jednoduché	2.440	PORTÁL	350 AlFe 6	2Λ4 LS75/21, 3 6xLS 85/14	2.0	6.5	23.5	77	
V444	NOS-WIE	dvojitě	36.388	DONAU	350 AlFe 6	2Λ4 LS75/21, 3 7xLS 85/14	91.4	293.1	1098.9	3284	paralelní vedení
V444 celkem			38.828				93.4	299.6	1122.4	3360	
V445	ROH-HRA	dvojitě	29.623	DONAU	350 AlFe 6	2 4xLS 75/21, 3 6xLS 85/14	37.2	119.3	447.3	1337	
V446	ROH-HRA	dvojitě	29.623	DONAU	350 AlFe 6	2 4xLS 75/21, 3 6xLS 85/14	37.2	119.3	447.3	1337	
V450	VYS-BAB	dvojitě	9.372	DONAU	450 AlFe 8	2 4xLS 75/21, 3 6xLS 85/14	9.1	29.2	105.8	345	
V450	VYS-BAB	jednoduché	61.326	PORTÁL	450 AlFe 8	2 4xLS 75/21, 3 6xLS 85/14	42.5	135.7	454.8	1614	
V450	VYS-BAB	dvojitě	1.525	DONAU	450 AlFe 8	2 4xLS 75/21, 3 6xLS 85/14	1.5	5.0	18.0	58	
V450 celkem			72.223				44.0	140.7	472.8	1672	
V451	BAB-BEZ	jednoduché	51.416	PORTÁL	450 AlFe 8	2 3xLS 75/21, 3 6xLS 85/14	35.6	113.8	381.3	1354	
V451	BAB-BEZ	dvojitě	2.293	DONAU	450 AlFe 8	2 4xLS 75/21, 3 6xLS 85/14, 3 5xLS 85/14	2.3	7.4	27.1	87	
V451 celkem			53.709				37.9	121.2	408.4	1441	
V452	NEZ-BEZ	jednoduché	61.415	PORTÁL	450 AlFe 8	LS 75/21, LS 85/14	42.5	135.9	455.5	1617	
V452	NEZ-BEZ	jednoduché	6.160	PORTÁL	450 AlFe 8	ls	4.3	13.6	45.7	162	
V452	NEZ-BEZ	dvojitě	0.768	DONAU	450 AlFe 8	3 5xLS 85/14	0.8	2.5	9.1	29	
V452 celkem			68.344				47.6	152.1	510.3	1808	
V453	KRA-NEZ	jednoduché	84.038	PORTÁL	350 AlFe 6	LS 75/21, LS 85/21	69.8	223.5	808.0	2645	
V457	KRA-DST	dvojitě	24.868	DONAU	AlFe 450/52	2 27xPSV 120V, 2 27xPS 210V	23.0	73.6	262.0	872	
V457	KRA-DST	jednoduché	34.921	DELTA	AlFe 450/52	2 27xPSV 120V, 2 27xPS 210V	23.4	74.8	244.8	890	
V457 celkem			59.789				46.4	148.4	506.8	1762	
V458	KRA-HZI	dvojitě	24.868	DONAU	AlFe 450/52	2 27xPSV 120V, 2 27xPS 210V					mimo provoz
V458	KRA-HZI	jednoduché	0.245	DELTA	AlFe 450/52	2 27xPS 210V					plánovaná výstavba do HZI
V458 celkem			25.113								
V459	HZI-NOS	jednoduché	94.371	KOČKA	AlFe 450/52	2 6xL100BH550, 3 6xL140CH550	62.8	200.6	656.0	2383	
V459	HZI-NOS	dvojitě	1.133	DONAU	AlFe 450/52	2 6xL100BH550	1.0	3.4	11.9	40	
V459 celkem			95.504				63.8	203.9	667.9	2423	

Vedení 400 kV - pokračování

Číslo	Název		délka	Typ stožáru	Typ vodiče	Typ izolátorů	Ztráty korunou kW - Rusko				Poznámka
							sucho	sníh	dešť'	námraza	
V460	NOS-ALB	dvojitě	0.129	DONAU	350 AlFe 6	3 6xLS 85/14	0.2	0.5	1.9	6	
V460	NOS-ALB	jednoduché	16.483	PORTÁL	350 AlFe 6	2 3xLS 75/21, 3 5xLS 85/14	13.7	43.8	158.5	519	
V460 celkem			16.612				13.9	44.3	160.4	525	
V461	PRU1-HRA	dvojitě	11.033	DONAU	350 AlFe 6	2 3xVKLS 75/21, 3 4xVKLS 85/21	MIMO PROVOZ				
V462	PRU1-HRA		11.033	DONAU	350 AlFe 6	2 3xVKLS 75/21, 3 4xVKLS 85/21	13.3	42.5	160.1	484	
V463	TUS2-HRA	dvojitě	4.014	DONAU	350 AlFe 6	2 4xLS 85/23, 3 6xLS 85/14	5.0	16.2	60.6	181	
V464	TUS2-HRA		4.014	DONAU	350 AlFe 6	2 4xLS 85/23, 3 6xLS 85/14	5.0	16.2	60.6	181	
V465	PRU2-HRA	dvojitě	19.210	DONAU	350 AlFe 6	4xLS 75/21, 3 6xLS 85/14, 2 4xLG75/22/1270	24.1	77.4	290.1	867	
V466	PRU2-HRA		19.210	DONAU	350 AlFe 6	4xLS 75/21, 3 6xLS 85/14, 2 4xLG75/22/1270	24.1	77.4	290.1	867	
V467	POC1-VYS	jednoduché	3.632	PORTÁL	350 AlFe 6	LS 75/21, LS 85/14	3.0	9.7	34.9	114	
V467	POC1-VYS	dvojitě	0.532	DONAU	350 AlFe 6	LS 75/21, LS 85/14	0.7	2.1	8.0	24	
V467 celkem			4.164				3.7	11.8	43.0	138	
V468	POC1-VYS	jednoduché	3.784	PORTÁL	350 AlFe 6	LS 75/21, LS 85/14	3.1	10.1	36.4	119	
V468	POC1-VYS	dvojitě	0.532	DONAU	350 AlFe 6	LS 75/21, LS 85/14	0.7	2.1	8.0	24	
V468 celkem			4.316				3.8	12.2	44.4	143	
V469	POC2-VYS	jednoduché	4.442	PORTÁL	350 AlFe 6	LS 75/21, LS 85/14	3.7	11.8	42.7	140	
V470	MEL3-BAB	jednoduché	31.145	KOČKA	450 AlFe 8	2 3xLS 75/25, 3 6xLS 85/14	21.7	69.5	233.2	828	
V471	CHV-TYN	dvojitě	8.765	DONAU	350 AlFe 6	LS 75/21, LS 85/14	11.0	35.3	132.4	395	
V472	CHV-TYN		8.765	DONAU	350 AlFe 6	LS 75/21, LS 85/14	11.0	35.3	132.4	395	
V473	DAS-KOC	jednoduché	20.478	KOČKA	450 AlFe 8	2 3xLS75/21, 3 5xLS85/14	14.3	45.7	153.4	544	
V473	DAS-KOC	dvojitě	15.075	DONAU	AlFe 450/52	2 23xPSV120A, 2 23xPS210V	14.5	46.4	166.4	545	
V473 celkem			35.553				28.8	92.1	319.7	1090	
V474	DAS-KOC	dvojitě	21.565	DONAU	450 AlFe 8	2 3xLS 75/21, 3 5xLS 85/14	21.9	70.0	254.6	818	
V474	DAS-KOC	dvojitě	10.699	DONAU	AlFe 450/52	2 23xPSG 120	9.9	31.7	112.7	375	
V474	DAS-KOC	jednoduché	9.627	DONAU	AlFe 450/52	2 23xPSG 120, 2 23xPSG 120A	8.9	28.5	101.4	338	
V474	DAS-KOC	jednoduché	0.95	KOČKA	AlFe 450/52	2 23xPSG 120	0.6	2.0	6.6	24	
V474 celkem			32.142				41.3	132.2	475.4	1555	

Vedení 400 kV - pokračování

Číslo	Název		délka	Typ stožáru	Typ vodiče	Typ izolátorů	Ztráty korunou kW - Rusko				Poznámka
							sucho	sníh	dešť'	námraza	
V475	KOC-REP	jednoduché	0.910	DELTA	AlFe 450/52	3 6xL160BE550	0.6	1.9	6.4	23	
V475	KOC-REP	dvojitě	58.240	DONAU	AlFe 450/52	2 23xPSV 120A, 3 6xL160BE550	56.0	179.4	642.7	2107	
V475	KOC-REP	jednoduché	0.078	DONAU	AlFe 450/52	LS 85/14	0.1	0.2	0.8	3	
V475	KOC-REP	dvojitě	78.432	DONAU	AlFe 450/52	PSV 120, L160BE, VZLMS	75.5	241.6	865.6	2838	
V475 celkem			137.660				132.2	423.2	1515.5	4971	
V476	KOC-CHD	jednoduché	0.795	DELTA	AlFe 450/52	3 6xL160BE550	0.5	1.7	5.6	20	
V476	KOC-CHD	dvojitě	58.240	DONAU	AlFe 450/52	2 23xPSV 120A, 3 6xL160BE550	56.0	179.4	642.7	2107	
V476	KOC-CHD	jednoduché	0.257	DONAU	AlFe 450/52	LS 85/14	0.2	0.8	2.7	9	
V476	KOC-CHD	dvojitě	67.886	DONAU	AlFe 450/52	PSV 120, L160BE	65.3	209.1	749.2	2456	
V476	KOC-CHD	vícenásobné	1.719	SOUDEK	Al/St 435/55	LG 75/22, LG 85/22					
V476 celkem			128.9				122.1	391.0	1400.2	4593	
V481	DAL-SLV	dvojitě	2.292	DONAU	450 AlFe 8	3 6xLS 85/14, 2x4xLS 75/21	2.3	7.4	27.1	87	
V482	DAL-SLV		2.292	DONAU	450 AlFe 8	3 6xLS 85/14, 2x4xLS 75/21	2.3	7.4	27.1	87	
V483	DUK-SLV	jednoduché	3.305	KOČKA	450 AlFe 8	3 6xLS 85/14, 2 6xLS 85/14 / 3 6xLS 85/14	2.3	7.4	24.8	88	
V484	DUK-SLV	jednoduché	3.261	KOČKA	450 AlFe 8	3 6xLS 85/14	2.3	7.3	24.4	87	
V485	DUK-SLV	jednoduché	3.454	KOČKA	450 AlFe 8	1L4xLS75/21;4x1V4LS75/21	2.4	7.7	25.9	92	
V486	DUK-SLV	jednoduché	3.708	KOČKA	450 AlFe 8	1L4xLS75/21;4x1V4LS75/21	2.6	8.3	27.8	99	
V497			56.554	MAČKA	AlFe 450/52	2 7xL100BH550, 2 3xLG 75/22	43.0	137.6	467.1	1644	

Příloha 2

**Výpočty celkových ztrát korónou
a svodovými proudy na izolačních závěsech
na vedeních přenosové soustavy ČEPS**

Vedení 220 kV - ztráty korónou a svodovými proudy na závěsech

číslo	název	délka		ztráty (kW)			
		L (km)	L _{ti} (km)	pěkně N _p	sníh N _s	děšť N _d	námraza N _n
V001	ORK-MIL	8.92	8.92	4.6	14.7	56.1	163.7
V002	ORK-MIL	8.92	8.92	4.6	14.7	56.1	163.7
V011	TIS-VIT	8.15	8.15	4.4	14.1	53.6	155.2
V016	CHT-LED	1.86	1.86	0.6	2.0	7.2	23.9
V201	VYS-CST	85.22	85.22	37.5	120.4	457.4	1370.9
V202	CST-OPO	71.49	71.49	31.7	101.5	385.8	1155.1
V203	OPO-SOK	136.08	45.00	59.8	191.6	728.3	2181.9
V204	MIL-TAB	59.48	10.58	21.7	69.4	252.4	816.1
V205	MAL-CST	19.73	19.73	9.4	30.0	112.3	343.1
V206	MAL-CST	19.73	19.73	9.4	30.0	112.3	343.1
V207	TAB-SOK	169.68	126.57	58.9	188.5	681.2	2231.4
V208	MIL-CST	86.24	1.60	37.3	119.5	454.4	1360.0
V209	CST-BEZ	68.57	47.80	23.2	74.4	267.8	883.1
V210	CHT-BEZ	97.96	97.96	33.7	108.0	389.9	1280.3
V211	VYS-CHT	30.19	30.19	10.8	34.5	125.3	407.4
V216	PRE-MIL	63.84	63.84	21.6	69.0	248.4	819.8
V221	VIT-PRE	86.11	86.11	40.8	130.9	489.9	1497.2
V222	VIT-PRE	86.11	86.11	40.8	130.9	489.9	1497.2
V223	HRA-VIT	70.07	70.07	37.1	119.1	454.9	1313.7
V224	HRA-VIT	69.95	69.95	37.0	118.9	454.1	1311.4
V225	VYS-HRA	30.07	0.00	15.3	48.7	160.0	568.9
V226	VYS-HRA	30.06	0.00	15.3	48.7	160.0	568.9
V243	SOK-BIS	50.57	50.57	25.9	83.2	318.0	928.1
V244	SOK-BIS	50.57	50.57	25.9	83.2	318.0	928.1
V245	LIS-BUJ	23.38	0.00	13.9	44.7	170.9	487.9
V246	LIS-KPA	23.38	0.00	13.9	44.7	170.9	487.9
V251	PRN-SOK	83.84	43.54	43.0	137.9	527.2	1538.7
V252	PRN-SOK	83.84	43.54	43.0	137.9	527.2	1538.7
V253	LIS-PRN	71.33	37.50	43.8	140.8	537.2	1522.1
V254	LIS-PRN	71.33	37.50	43.8	140.8	537.2	1522.1
V270	LIS-PBY	61.37	61.37	27.0	86.7	329.4	987.3
V280	SOK-SEN	66.21	66.21	22.4	71.6	257.6	850.3
Σ		1 894	1 351	858	2 751	10 291	31 247
k	celoplošně			1	0.4	0.6	
	fronta			1	0.2	0.3	
	místní			1	0.05	0.05	0.05
ztráty korónou (kW)	celoplošně			858	1 615	6 518	-
	fronta			-	1 237	3 688	-
	místní			-	953	1 330	2 378
ztráty na závěsech (kW)	celoplošně			0	0	527	0
	fronta			0	0	263	0
	místní			0	0	44	0
celkové ztráty (kW)	celoplošně			858	1 615	7 045	-
	fronta			-	1 237	3 951	-
	místní			-	953	1 374	2 378

Vedení 400 kV - ztráty korónou a svodovými proudy na závěsech

číslo	název	délka		ztráty (kW)			
		L (km)	L _{ti} (km)	pěkně N _p	sníh N _s	děšť N _d	námraza N _n
V051	TEM-KOC	2.94	0.00	2.0	6.3	20.6	74.9
V052	TEM-KOC	3.04	0.00	2.0	6.5	21.3	77.5
V400	CST-TYN	46.31	25.10	36.6	117.1	417.9	1 391.0
V401	TYN-KRA	103.82	93.50	84.6	270.7	969.8	3 200.9
V402	KRA-PRN	87.67	87.67	71.8	229.9	824.1	2 716.0
V403	PRN-NOS	79.42	79.42	62.7	200.9	716.6	2 385.3
V404	NOS-VAR	40.40	40.40	32.8	104.9	375.6	1 241.7
V410	VYS-CST	97.23	84.63	82.1	263.0	946.6	3 094.3
V411	HRA-VYS	45.45	38.45	41.5	133.1	483.6	1 547.6
V412	VYS-CST	97.89	96.00	114.2	366.0	1 345.2	4 227.5
V413	REP-PRN	284.90	284.90	590.4	2 253.3	8 213.2	25 556.1
V414	REP-CHD	29.46	29.46	26.7	85.4	306.0	1 003.4
V415	CHD-CST	35.10	27.60	22.7	72.7	238.0	865.7
V417	SOK-OTR	74.10	74.10	64.9	207.7	755.1	2 438.7
V418	OTR-PRN	37.64	37.64	34.4	110.1	402.1	1 284.9
V420	HRA-HBM	209.69	160.00	185.2	593.2	2 158.7	6 955.4
V422	HBM-CEB	82.30	82.30	75.2	240.6	867.8	2 836.9
V423	CEB-SOK	38.40	38.40	32.3	103.5	370.4	1 221.9
V424	SOK-KRI	54.38	54.38	45.4	145.2	525.3	1 717.9
V430	HRA-CHR	82.74	82.74	57.7	184.4	618.9	2 196.7
V431	PRE-CHR	32.62	32.62	26.9	86.1	300.8	1 016.3
V432	KOC-PRE	102.39	87.00	88.3	282.5	965.3	3 341.0
V433	DAS-SLV	142.69	142.69	106.4	340.3	1 161.7	4 037.6
V434	SLV-CEB	50.72	50.72	40.7	130.1	448.8	1 535.0
V435	SLV-SOK	55.67	55.67	56.4	180.8	657.0	2 110.7
V436	SLV-SOK	55.44	55.44	51.5	164.8	586.1	1 937.6
V437	SLV-DRN	42.53	42.53	41.4	132.7	480.0	1 564.2
V441	HRA-ETZ	128.68	0.00	95.3	304.8	1 027.7	3 614.5
V442	PRE-ETZ	75.70	0.00	61.0	195.2	675.7	2 311.5
V443	ALB-WIE	24.44	24.44	29.8	95.6	357.5	1 074.2
V444	NOS-WIE	38.83	38.83	93.4	299.6	1 122.4	3 360.5
V445	ROH-HRA	29.62	29.62	37.2	119.3	447.3	1 336.6
V446	ROH-HRA	29.62	29.62	37.2	119.3	447.3	1 336.6
V450	VYS-BAB	72.22	72.22	44.0	140.7	472.8	1 672.3
V451	BAB-BEZ	53.71	53.71	37.9	121.2	408.4	1 440.6
V452	NEZ-BEZ	68.34	68.34	47.6	152.1	510.3	1 808.2
V453	KRA-NEZ	84.04	84.04	69.8	223.5	808.0	2 645.4
V457	KRA-DST	59.79	0.00	46.4	148.4	506.8	1 762.4
V459	HZI-NOS	95.50	0.00	63.8	203.9	667.9	2 422.6
V460	NOS-ALB	16.61	16.61	13.9	44.3	160.4	524.7
V462	PRU1-HRA	11.03	11.03	13.3	42.5	160.1	484.1
V463	TUS2-HRA	4.01	4.01	5.0	16.2	60.6	181.1
V464	TUS2-HRA	4.01	4.01	5.0	16.2	60.6	181.1
V465	PRU2-HRA	19.21	19.21	24.1	77.4	290.1	866.7
V466	PRU2-HRA	19.21	19.21	24.1	77.4	290.1	866.7
V467	POC1-VYS	4.16	4.16	3.7	11.8	43.0	138.3
V468	POC1-VYS	4.32	4.32	3.8	12.2	44.4	143.1
V469	POC2-VYS	4.44	4.44	3.7	11.8	42.7	139.8
V470	MEL3-BAB	31.15	31.15	21.7	69.5	233.2	827.9
V471	CHV-TYN	8.77	8.77	11.0	35.3	132.4	395.5
V472	CHV-TYN	8.77	8.77	11.0	35.3	132.4	395.5
V473	DAS-KOC	35.55	20.48	28.8	92.1	319.7	1 089.8
V474	DAS-KOC	32.14	21.57	41.3	132.2	475.4	1 554.5
V475	KOC-REP	137.66	19.00	132.2	423.2	1 515.5	4 970.8
V476	KOC-CHD	128.90	10.50	122.1	391.0	1 400.2	4 592.6
V481	DAL-SLV	2.29	2.29	2.3	7.4	27.1	86.9
V482	DAL-SLV	2.29	2.29	2.3	7.4	27.1	86.9
V483	DUK-SLV	3.31	3.31	2.3	7.4	24.8	87.9
V484	DUK-SLV	3.26	3.26	2.3	7.3	24.4	86.7
V485	DUK-SLV	3.45	3.45	2.4	7.7	25.9	91.8
V486	DUK-SLV	3.71	3.71	2.6	8.3	27.8	98.6
V497	SOK-STU	56.55	19.50	43.0	137.6	467.1	1 643.9
Σ		3 320	2 529	3 262	10 807	38 614	125 897
k	celoplošně			1	0.4	0.6	
	fronta			1	0.2	0.3	
	místní			1	0.05	0.05	0.05
ztráty korónou (kW)	celoplošně			3 262	6 280	24 473	-
	fronta			-	4 771	13 868	-
	místní			-	3 640	5 030	9 394
ztráty na závěsech (kW)	celoplošně			0	0	1 700	0
	fronta			0	0	850	0
	místní			0	0	142	0
celkové ztráty (kW)	celoplošně			3 262	6 280	26 173	-
	fronta			-	4 771	14 718	-
	místní			-	3 640	5 172	9 394

**Celkové ztráty korónou a svodovými proudy na závěsech
v přenosové soustavě ČEPS**

	Výskyt počasí	ztráty (kW)			
		pěkně N_p	sníh N_s	děšť N_d	námraza N_n
ztráty korónou (kW)	celoplošně	4 121	7 895	30 991	-
	fronta	-	6 008	17 556	-
	místní	-	4 592	6 360	11 772
ztráty na závěsech (kW)	celoplošně	0	0	2 226	0
	fronta	0	0	1 113	0
	místní	0	0	186	0
celkové ztráty (kW)	celoplošně	4 121	7 895	33 217	-
	fronta	-	6 008	18 669	-
	místní	-	4 592	6 545	11 772