

**E G U – HV Laboratory a.s.**

**Podnikatelská 267**

**190 11 Praha 9 – Běchovice**

**Kontrolní výpočet elektromagnetického pole podle  
metodických pokynů SZÚ (leden 2017) k NV 2015/291  
dvojitého vedení 400 kV typu Dunaj,  
zatížení vodičů 2500 A pro minimální výšku vodičů 8 m  
nad zemí**

**pracovní materiál**

## 1 Úvod

Dvojité vedení 400 kV typu Dunaj se zatížením 2500 A je posouzeno s ohledem na hygienické požadavky stanovené v Nařízení vlády č.291/2015 Sb. Je proveden výpočet modifikované intenzity elektrického pole  $E_{mod}$  v lidské tkáni pro kmitočet elektromagnetického pole 50 Hz, jejíž limit je:

$$E_{mod} = 1,0 \text{ V/m pro zaměstnance}$$

$$E_{mod} = 0,2 \text{ V/m pro zaměstnance}$$

Zaměstnancem v souvislosti s nařízením vlády č. 291/2015 Sb. se míní osoba, která se zavázala k výkonu závislé práce v základním pracovněprávním vztahu a současně tuto práci vykonává. Fyzickou osobou v komunálním prostředí se v souvislosti s nařízením vlády č. 291/2015 Sb. míní kterákoliv osoba, která není zaměstnancem.

**Tento dokument slouží k ověření metodického návodu Ministerstva zdravotnictví verze 04/01/2017 a není určen k prokázání jednotlivých záměrů výstavby či rekonstrukce vedlejší přenosové soustavy.** Jedná se tedy o neformální dokument, který může obsahovat poznámky a formulace, které se pak nevyskytují v dokumentaci, která je součástí projektů.

**Výpočet je proveden pro minimální výšku vodičů 8 m nad zemí (viz. ČSN EN 50341-1).**

---

### METODICKÝ NÁVOD

k postupu podle § 35 a § 36 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů (dále jen „zákon č. 258/2000 Sb.“) a nařízení vlády č. 291/2015 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením (dále jen „nařízení vlády č. 291/2015 Sb.“).

Ministerstvo zdravotnictví – hlavní hygienička České republiky vydává podle § 80 odst. 1 písm. a) zákona č. 258/2000 Sb. tento

#### m e t o d i c k ý   n á v o d

ke sjednocení postupů orgánů ochrany veřejného zdraví při kontrole dodržování opatření uložených fyzickým a právnickým osobám v ochraně před neionizujícím zářením.

---

## 2. Vstupní údaje

<i>Napětí sítě:</i>	400 kV
<i>Výpočtový proud:</i>	2500 A
<i>Fázové vodiče:</i>	3x 490-AL1/64-ST1A
<i>Průřez:</i>	553,8 mm <sup>2</sup>
<i>Průměr:</i>	30,6 mm
<i>DC odpor:</i>	0,059 Ω/mm
<i>Zemnicí lano:</i>	185-AL1/43-ST6C
<i>Průměr (průřez) ZL:</i>	19,6 mm (228 mm <sup>2</sup> )

*KZL + OPWG :*

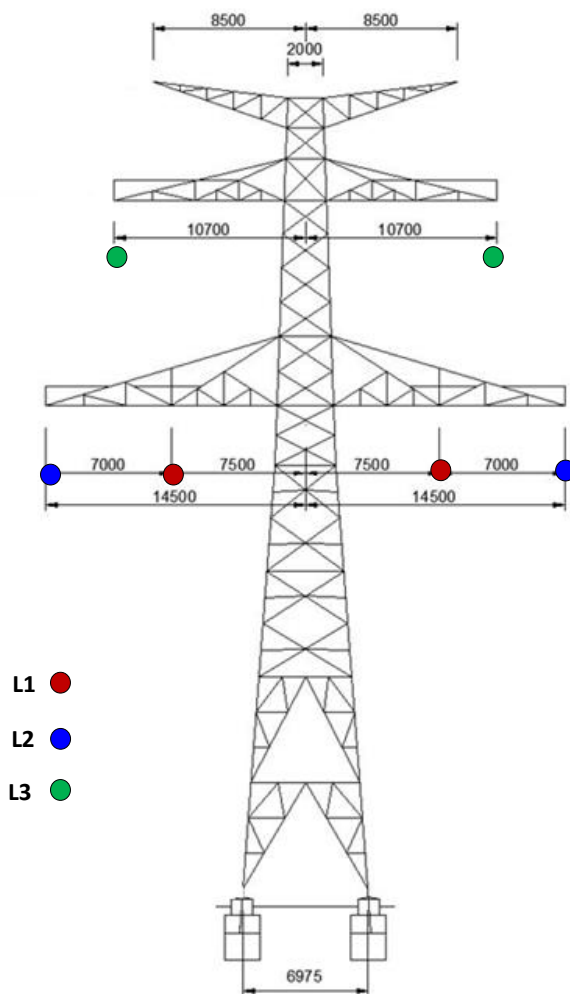
195-AL4/A20SA

*Průměr (průřez) KZL:*

20, 7 mm (237 mm<sup>2</sup>)

*Typ stožáru:*

Dunaj (konfigurace fázových vodičů viz obrázek 1-nejméně příznivá)



**Obrázek 1 – náčrt stožáru Dunaj**

### **3. Použité konstanty doporučené metodickým návodem**

Pro určení modifikované intenzity elektrického pole  $E_{\text{mod}}$  je nejprve třeba určit vlastní intenzitu elektrického pole  $E$  indukovanou v tkáni vnějším elektromagnetickým polem. Vnější elektromagnetické pole je vyjádřeno veličinami  $B^{\text{ext}}$ ,  $E^{\text{ext}}$ .

(1)

$$E = K_B \frac{dB^{\text{ext}}}{dt}$$

(2)

$$E = \frac{\varepsilon_0}{\sigma} K_E \frac{dE^{\text{ext}}}{dt}$$

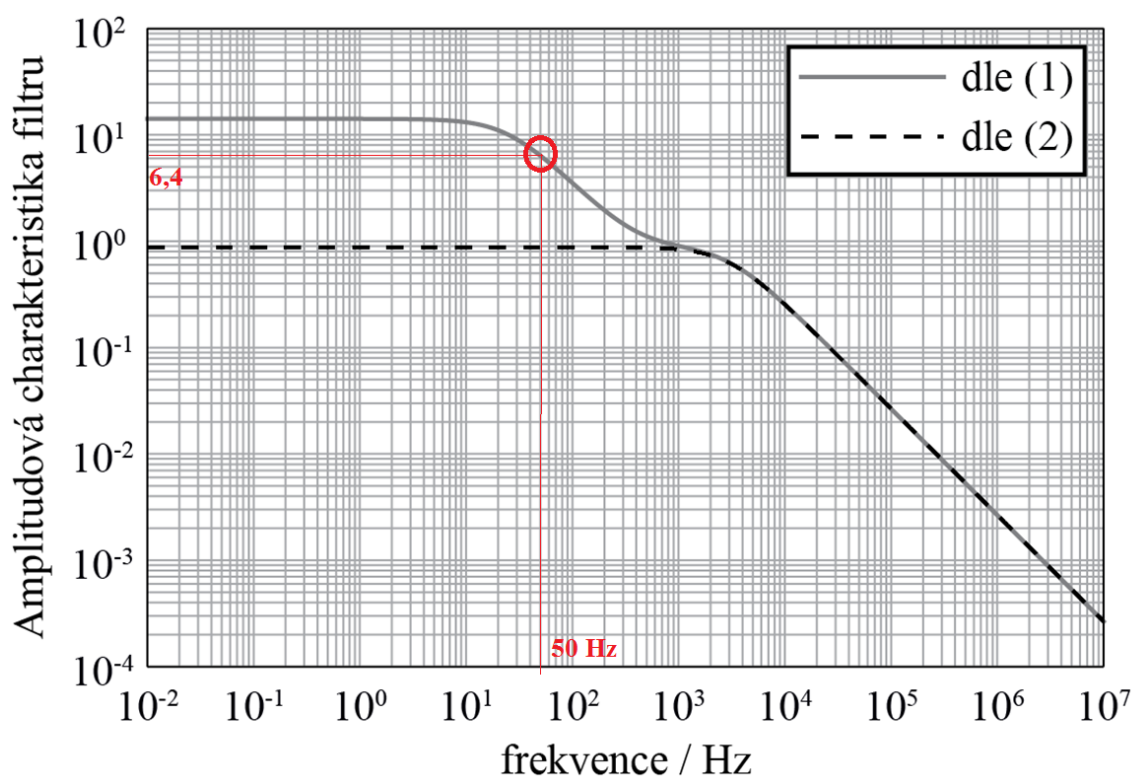
Uvažuje hygienicky nejhorší situaci, kdy je tělo vystaveno homogennímu magnetickému poli kolmému k hrudi a homogennímu elektrickému poli ve směru od hlavy k nohám.

$K_B = 0,05 \text{ m}$   $K_E = 66$  (expozice hlavy), je zvoleno, protože se při výběru filtru uvažuje expozice očí a středního ucha.

Ačkoli jsou jak intenzita elektrického pole, tak magnetická indukce vektorové veličiny, jsou v rovnicích vyjádřeny skalárně. Vektorová orientace může být v obecném případě velmi složitá a závisí na konkrétním rozložení budícího elektrického a magnetického pole. **Situaci lze zjednodušit uvážením hygienicky nejnepříznivějšího případu kdy se při souběžné expozici elektrickému a magnetickému poli se expozice sečtou.**

Modifikovaná intenzita elektrického pole  $E_{mod}$  je pak určena indukovanou intenzitou elektrického pole  $E$ , která projde filtrem s frekvenční odezvou podle obrázku 2. Pro 50 Hz je to tedy  $G(50) = 6,4$ .

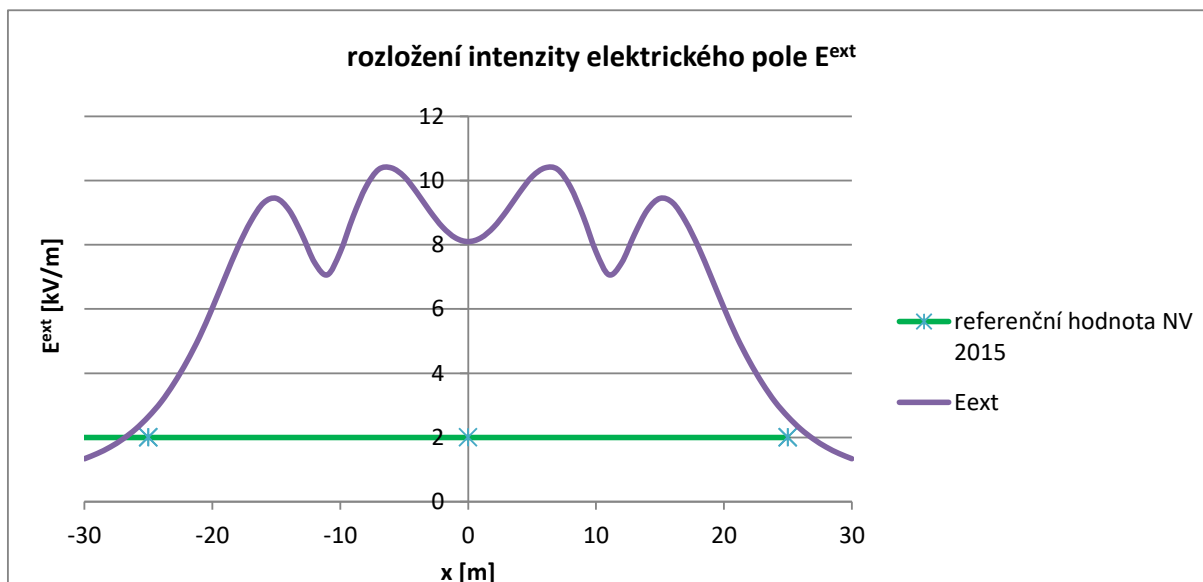
$$E_{mod} = 6,4 * E \quad (3)$$



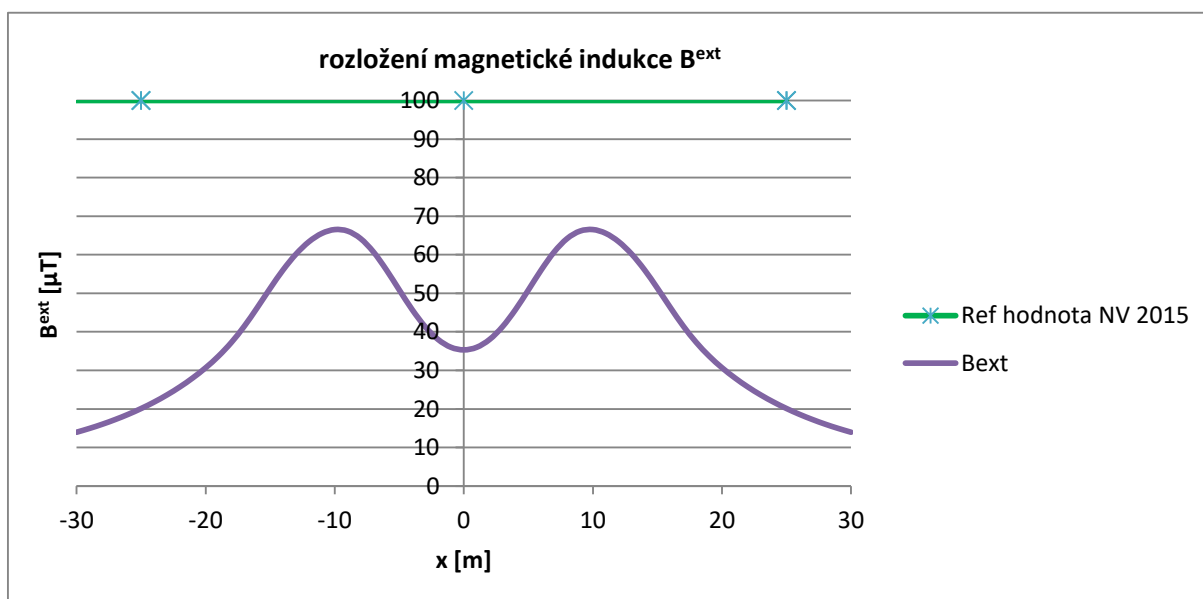
Obrázek 2, Amplitudová frekvenční charakteristika filtrů určujících modifikovanou intenzitu elektrického pole

#### 4. Výpočet $E_{\text{mod}}$

##### 4.1 Výpočet základních veličin elektromagnetického pole $B^{\text{ext}}$ , $E^{\text{ext}}$ programem OVERHEAD



Obrázek 3, Výpočet intenzity elektrického pole  $E^{\text{ext}}$  programem OVERHEAD



Obrázek 4, Výpočet magnetické indukce magnetického  $B^{\text{ext}}$  programem OVERHEAD

1) v prostoru kolem vedení se mohou nacházet objekty (podpěrné body, ploty, posedy, nivelační tyče, keře, stromy, tráva, které deformují pole i ve výšce hlavy. Jak velká je ta deformace? jak s tím naložit.

2) Výpočet je proveden **1,8 m nad ideální zemí**.

## 4.2 Výpočet $E$ indukované v tkáni a výpočet $E_{\text{mod}}$

V případě sinusového signálu je hodnocení expozice velmi jednoduché. Výchozí veličinou magnetické složky pole je efektivní hodnota magnetické indukce  $B^{\text{ext}}$ . Amplituda magnetické indukce je pak  $B_a = \sqrt{2} \cdot B_{\text{eff}}$  a její časová derivace, potřebná pro dosazení do vztahu (3), má tvar  $dB_a / dt = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot B_a$ , kde  $f$  je frekvence. Elektrická intenzita indukovaná tímto magnetickým polem dle (3) bude  $E_1 = 2 \sqrt{2} \cdot K_B \cdot \pi \cdot f \cdot B^{\text{ext}}$ . ( $K_B = 0,05 \text{ m}$ )

Podobně výchozí veličinou elektrické složky pole je efektivní hodnota intenzity elektrického pole  $E^{\text{ext}}$ . Elektrická intenzita indukovaná tímto polem je  $E_2 = (\epsilon_0 / \rho) 2 \sqrt{2} \cdot K_E \cdot \pi \cdot f \cdot E^{\text{ext}}$  ( $K_E = 66$ )

$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$  (permitivita vakua)

$\sigma = 0,20 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$  (vodivost tkáně)

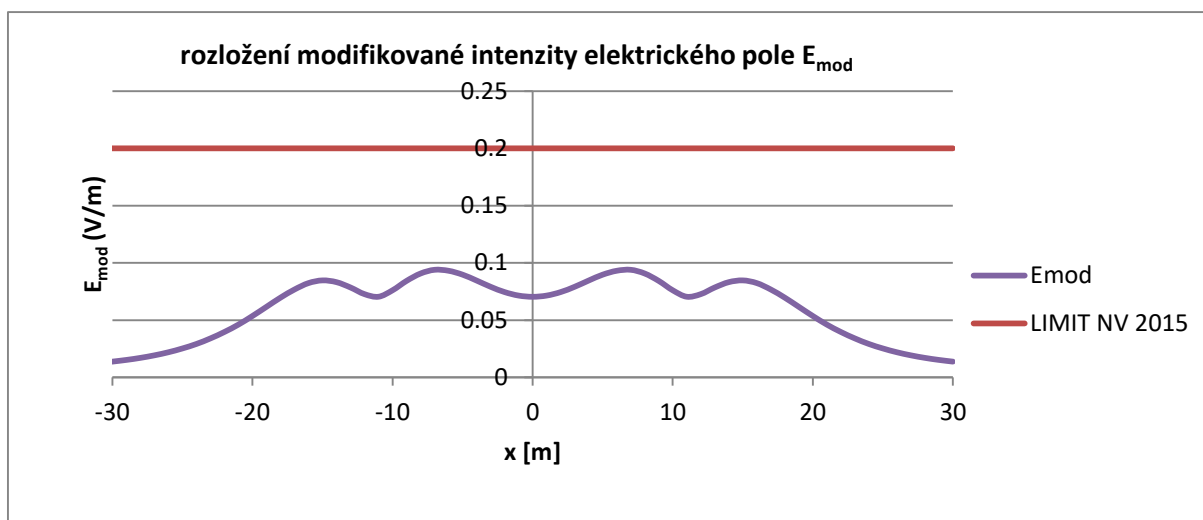
$$E = E_1 + E_2 = 2 \sqrt{2} \pi 50 (K_B \cdot B^{\text{ext}} + (\epsilon_0 / \rho) \cdot K_E \cdot E^{\text{ext}}) \quad (4)$$

$$= 444,3 (0,05 B^{\text{ext}} + 66 \cdot 44,27 \cdot 10^{-12} E^{\text{ext}})$$

Výslednou intenzitu elektrického pole modifikujeme filtrem podle obrázku 2.

$$E_{\text{mod}} = 6,4 \cdot E \quad (5)$$

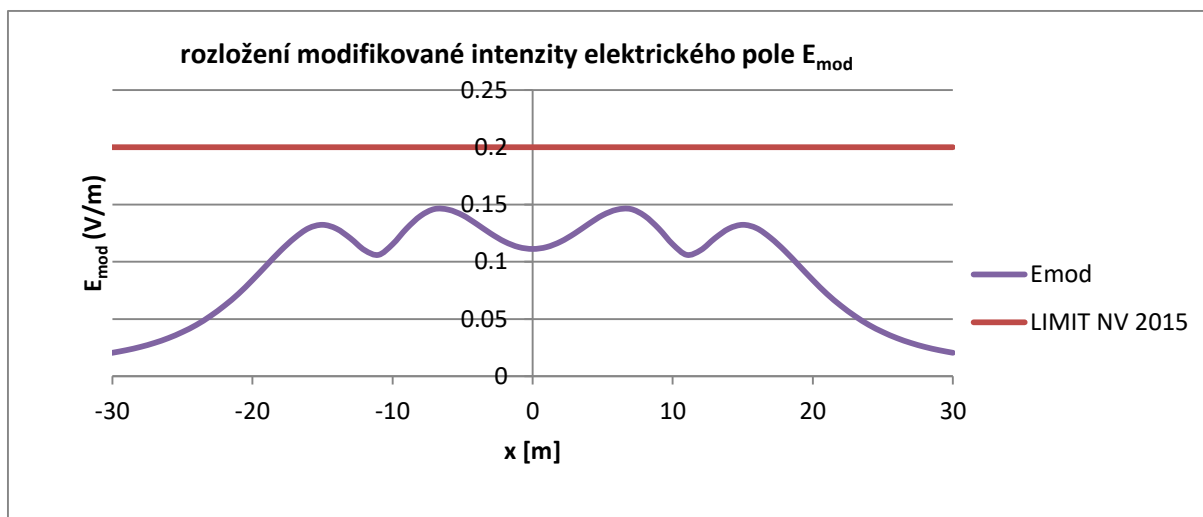
Výsledek kontrolního výpočtu podle vztahu (4) a (5) je na obrázku 5.



Obrázek 5, Výsledek výpočtu modifikované intenzity elektrického pole ( $K_B = 0,05 \text{ m}$ ,  $K_E = 66$ ) podle vztahu (4)

Otázkou je volba konstant, zde jsme volili logicky přísnější filtr (obrázek 2) pro oči a střední ucho ( $K_B = 0,05 \text{ m}$ ,  $K_E = 66$ ).

Ve předběžných výpočtech EGÚ (2016) byly pro stejný filtr použity konstanty pro expozici krku ( $K_B = 0,13 \text{ m}$ ,  $K_E = 100$ ). Výsledek výpočtu s těmito konstantami pak je na obrázku 6.



**Obrázek 5, Výsledek výpočtu modifikované intenzity elektrického pole ( $K_B = 0,13$  m,  $K_E = 100$ ) podle vztahu (4) – (v souladu s výpočtem ve zprávě EGU 70161/16)**

## 5. Závěr

Byl proveden výpočet v souladu s metodickým návodem ministerstva zdravotnictví pro ověření hygienických limitů elektromagnetického pole pro stožár Dunaj (2500 A) s minimální výškou vodičů nad zemí 8 m.

Výpočet prokázal, **že nedojde** k překročení limitní hodnoty pro fyzické osoby v komunálním prostředí. Výpočet je v souladu s výpočty z roku 2016 (zpráva EGU 70161/16).

Účinky ustáleného elektromagnetického pole **nejdou** jediným projevem elektromagnetismu vedení přenosové soustavy na životní prostředí. Je třeba zvážit přítomost kapacitních výbojů mezi tělem člověka a okolními objekty, které mohou mít pocitové (bolestivé účinky) nebo poškozovat elektronická zařízení. Pro volbu výšky vodičů nad zemí je třeba tyto účinky brát v úvahu.