

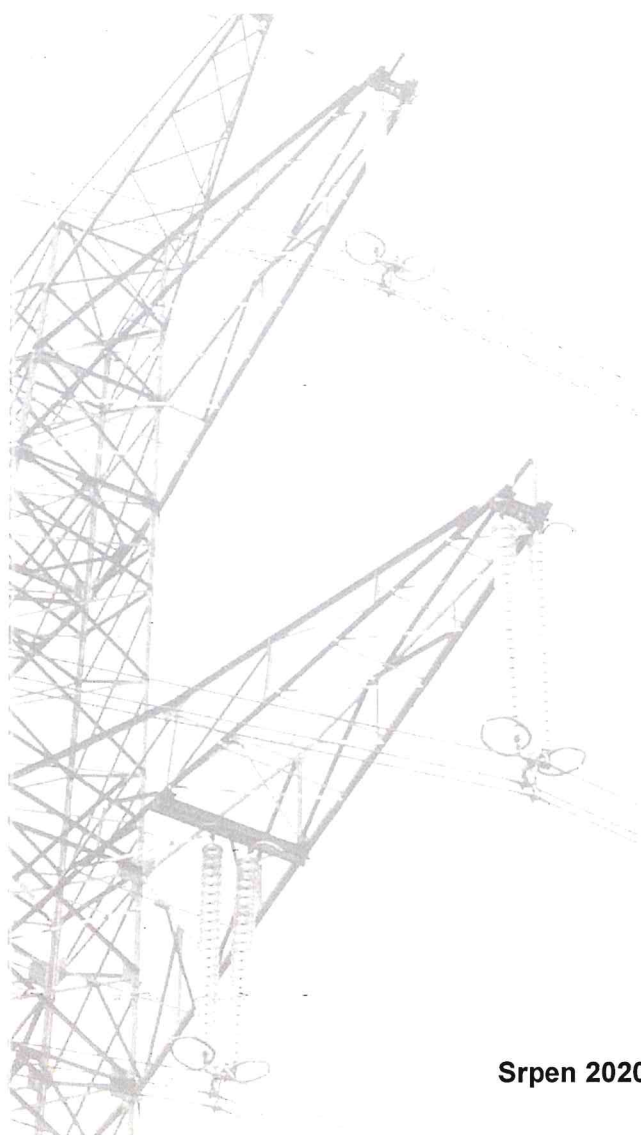


Příloha č. 5

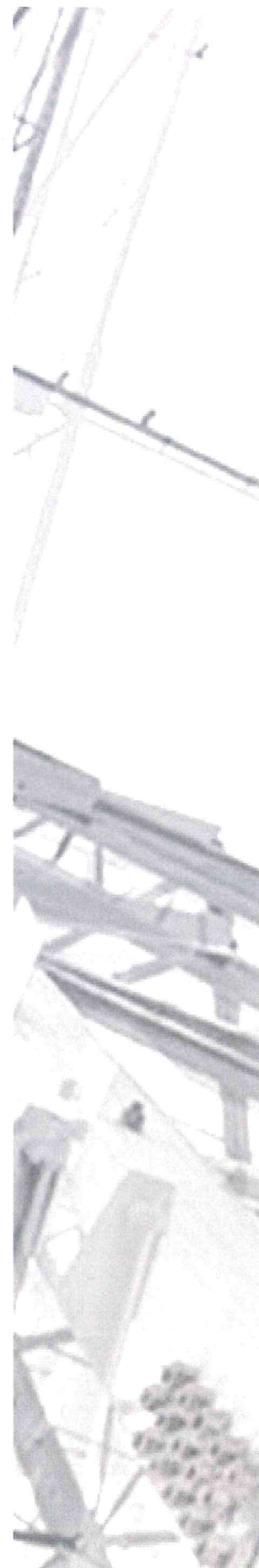
Posouzení vlivu neionizujícího záření

Jan Světlík, DiS., ČEPS Invest, a.s.

Dr. Ing. Vladimír Skoumal, ČEPS Invest, a.s.



Srpen 2020



Posouzení vlivu neionizujícího záření:

- Samostatné dvojitě vedení 400 kV na stožárech tvaru Dunaj (V418/818, V433/474 a V474/833)
- Dvojitě vedení 400 kV V418/818 na stožárech tvaru Dunaj v souběhu s dvojitým vedením 220 kV na stožárech tvaru Soudek
- Dvojitě vedení 400 kV V418/818 v souběhu se dvěma dvojitými vedeními tvaru Dunaj.
- Dvojitě vedení 400 kV V418/818 na stožárech tvaru Dunaj v souběhu s dvojitým vedením 110 kV na stožárech tvaru Soudek
- Objekty v ochranném pásmu dvojitého vedení 400 kV V418/818 tvaru Dunaj
- Dvojitě vedení 400 kV V418/818 na stožárech tvaru Dunaj a dvojitě vedení 220 kV tvaru Donau v místě křížení „lokalita Sušice“.

Posouzení vlivu neionizujícího záření

Dvojité vedení 400 kV tvaru Dunaj (V418/818)

EIA V418/818 – zdvojení vedení

Dokument slouží pro zpracování dokumentace potřebné při procesu EIA, přičemž pomocí výpočtů odborně posuzuje projektovanou výšku spodních fázových vodičů nad zemí vůči hygienickým požadavkům podle NV č. 291/2015 Sb. tak, aby byly splněny platné právní předpisy a technické normy.

Vypracoval:
Jan Světlík, DiS.



Schválil:
Dr. Ing. Vladimír Skoumal



1.7.2019

Obsah:

I. Vliv elektromagnetického pole s frekvencí 50 Hz na člověka.....	- 3 -
I.1. Nízkofrekvenční elektrická pole.....	- 3 -
I.2. Nízkofrekvenční magnetická pole.....	- 3 -
I.3. Modifikovaná intenzita elektrického pole	- 3 -
II. Požadavky předpisů.....	- 4 -
II.1. Nařízení vlády č. 291/2015 Sb.	- 4 -
II.2. Metodický návod Ministerstva zdravotnictví	- 4 -
II.3. Technické normy.....	- 6 -
II.4. Návaznost předpisů	- 6 -
III. Výpočty a výsledky	- 7 -
III.1. Vstupní parametry vedení.....	- 7 -
III.2. Vyhodnocení minimální projektované výšky fázových vodičů	- 8 -
III.3. Určení pásma vlivu dle ČSN 33 2040	- 10 -
IV. Závěr	- 10 -

I. Vliv elektromagnetického pole s frekvencí 50 Hz na člověka

Vysokonapěťová energetická vedení kolem sebe vytvářejí elektrická a magnetická pole. Vzhledem k nízké frekvenci nesou kvanta těchto polí nízkou energii, která je nedostatečná pro rozbití chemické molekulární vazby. Taková pole jsou označována jako neionizující záření.

I.1. Nízkofrekvenční elektrická pole

Tato pole působí na lidské tělo stejně jako na každou jinou látku, v jejíž struktuře se nacházejí nabitě částice. Při působení těchto polí na lidské tělo se přemísťují elektrické náboje. Důsledkem toho je elektrický proud, který teče tělem do země.

I.2. Nízkofrekvenční magnetická pole

Tato pole indukují v lidském těle cirkulující proudy, jejichž intenzita závisí na intenzitě vnějšího magnetického pole.

I.3. Modifikovaná intenzita elektrického pole

Pro posouzení vlivu na zdraví je v NV č. 291/2015 Sb. zavedena veličina **modifikovaná intenzita elektrického pole E_{mod}** , která komplexně postihuje vliv elektrického i magnetického nízkofrekvenčního pole. Nepřekročení nejvyšších přípustných hodnot modifikované intenzity elektrického pole zaručuje, že osoby, které jsou vystaveny neionizujícímu záření, jsou chráněny proti všem známým zdraví škodlivým účinkům zdroje elektromagnetického pole (energetického vedení).

II. Požadavky předpisů

II.1. Nařízení vlády č. 291/2015 Sb.

Od 18. 11. 2015 je v účinnosti nařízení vlády č. 291/2015 Sb. [1] zrušující nařízení vlády č. 1/2008 Sb. a stanovující nejvyšší přípustné hodnoty a referenční hodnoty pro účinky způsobené elektrickou stimulací tkáně polem ve frekvenčním pásmu od 0 Hz do 10 MHz. Nejvyšší přípustná hodnota je dána **modifikovanou intenzitou elektrického pole E_{mod}** indukovaného v tkáni. Pro frekvenci 50 Hz vyplývají tyto nejvyšší přípustné hodnoty:

	E_{mod} (V.m ⁻¹)
pro zaměstnance	1
pro fyzické osoby v komunálním prostředí	0,2

Tab. 1 Nejvyšší přípustné hodnoty modifikované intenzity elektrického pole

Dodržení nejvyšších přípustných hodnot modifikované intenzity elektrického pole indukovaného v těle se zjišťuje výpočtem nebo měřením.

Referenční hodnoty jsou dány **intenzitou elektrického pole E^{limit}** a **magnetickou indukcí B^{limit}** . Budeme-li pro příklad uvažovat referenční hodnoty intenzity elektrického pole E^{limit} a magnetické indukce B^{limit} vždy pro jednu z nich (druhá je nulová z důvodu vyloučení ovlivnění fyzikálních veličin), jsou pro frekvenci 50 Hz uvažovány tyto referenční hodnoty:

	E^{limit} (V.m ⁻¹)	B^{limit} (μT)
pro zaměstnance	10 000	1 000
pro fyzické osoby v komunálním prostředí	2 000	200

Tab. 2 Referenční hodnoty intenzity elektrického pole a magnetické indukce

Nepřekročení referenční hodnoty zaručuje, že nejsou překročeny nejvyšší přípustné hodnoty. V případě, že z porovnání vypočtených nebo měřených hodnot příslušných veličin vyplyne, že referenční hodnoty jsou překračovány, musí být výpočtem nebo měřením prokázáno, že nedojde k překračování nejvyšších přípustných hodnot modifikované intenzity elektrického pole E_{mod} indukovaného v tkáni.

II.2. Metodický návod Ministerstva zdravotnictví

Metodický návod [2] podrobně rozvádí postup posouzení expozice a postup výpočtu modifikované intenzity elektrického pole. Návod byl vydán Ministerstvem zdravotnictví v roce 2017.

Modifikovaná intenzita elektrického pole je určena indukovanou intenzitou elektrického pole E , která projde filtrem s frekvenční odezvou

$$G(f) = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot 0,05} \cdot \frac{\left(1 + j \frac{f}{f_1}\right)}{\left(1 + j \frac{f}{f_0}\right) \left(1 + j \frac{f}{f_2}\right)}, \quad (1)$$

v případě expozice hlavy nebo

$$G(f) = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot 0,8} \cdot \frac{1}{1 + j \frac{f}{f_2}}, \quad (2)$$

v případě expozice těla s výjimkou hlavy, kde $f_0 = 25$ Hz; $f_1 = 400$ Hz; $f_2 = 3000$ Hz. Filtr (1) je nastaven tak, aby chránil exponovanou osobu před excitací nervů v oku a středním uchu a používá se pouze při expozici těchto orgánů. V ostatních případech se použije filtr (2).

Pro určení modifikované intenzity elektrického pole E_{mod} je nejprve třeba určit vlastní intenzitu elektrického pole E indukovanou v tkáni vnějším elektromagnetickým polem. Ta se stanovuje výpočtem. V případě expozice magnetickému poli s magnetickou indukcí B^{ext} je intenzita elektrického pole vyjádřena vzorcem

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

kde dB^{ext}/dt je časová změna magnetické indukce a K_B je koeficient zohledňující pozici v těle, kde intenzitu elektrického pole E hledáme.

Analogicky lze vyjádřit intenzitu elektrického pole E i v případě indukce vnějším elektrickým polem E^{ext} vzorcem

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

kde $\varepsilon_0 \approx 8,9 \cdot 10^{-12}$ F.m⁻¹ je permitivita vakua, $\sigma \approx 0,2$ S.m⁻¹ je průměrná elektrická vodivost tkáně dE^{ext}/dt je časová změna vnější intenzity elektrického pole a K_E je koeficient zohledňující pozici v těle, kde intenzitu elektrického pole E hledáme.

Koeficienty K_E a K_B jsou stanoveny pro hygienicky nejhorší situaci, kdy je tělo vystaveno homogennímu magnetickému poli kolmému k hrudi a homogennímu elektrickému poli ve směru od hlavy k nohám takto:

	K_E (-)	K_B (m)
v hlavě	66	0,05
v krku	100	0,12
v hrudi	70	0,13

Tab. 3 Hodnoty koeficientů pro výpočet intenzity elektrického pole

Při souběžné expozici elektrickému a magnetickému poli se expozice s magnetickou indukcí B^{ext} a indukcí vnějším elektrickým polem E^{ext} sečtou v absolutních hodnotách, čímž je vystižen hygienicky nejméně příznivý případ.

Pro účely hodnocení expozice podle nařízení vlády č. 291/2015 Sb. se exponovanou osobou míní osoba o maximální výšce 1,8 m. Pro uvážení hygienicky nejhoršího případu se dále předpokládá, že chodidla osoby jsou vodivě spojena se zemí, tedy bosé nohy na vlhkém terénu.

Modifikovaná intenzita elektrického pole E_{mod} je pak určena indukovanou intenzitou elektrického pole E , která projde filtrem s frekvenční odezvou. Pro $f=50$ Hz je hodnota filtru v případě expozice hlavy rovna 6,4.

$$E_{mod} = 6,4 \cdot E \quad [V \cdot m^{-1}]$$

II.3. Technické normy

ČSN 33 2040 z ledna 1993

Tato platná norma definuje pásmo vlivu elektrického pole od zařízení elektrizační soustavy jako prostor v okolí zařízení, kde intenzita elektrického pole ve výši 1,8 m nad zemí je vyšší než 1 kV/m. Obdobně norma definuje pásmo vlivu magnetického pole od zařízení elektrizační soustavy jako prostor v okolí zařízení, kde magnetická indukce je vyšší než 0,1 mT.

V pásmech vlivu elektroenergetických zařízení veřejně přístupných nesmí intenzita elektrického pole ve výši 1,8 m nad zemí překročit hodnotu 10 kV/m. V pásmu vlivu elektroenergetických zařízení v prostorách přístupných osobám nesmí magnetická indukce převýšit hodnotu 0,5 mT.

Soubor norem ČSN EN 50341

Tento soubor technických norem se odkazuje na nařízení vlády (viz kapitola II.1 tohoto posouzení).

PNE 33 3300 ed. 2

Tato platná norma definuje nejkratší vzdálenosti vodičů od země ve volné krajině, kdy nejkratší vzdálenost k zemi ve volné krajině s normálním terénním profilem a na volně přístupných místech je 8,4 m pro vedení napěťové hladiny 400 kV.

Norma odkazuje na nejvyšší přípustné hodnoty neionizujícího záření dle nařízení vlády č. 291/2015 Sb. (v platném znění).

II.4. Návaznost předpisů

Zákon č. 258/2000 Sb., v platném znění zapracovává práva a povinnosti osob v oblasti ochrany a podpory veřejného zdraví. Nařizuje provádět taková technická a organizační opatření, aby expozice fyzických osob v rozsahu upraveném prováděcím právním předpisem nepřekračovaly nejvyšší přípustné hodnoty neionizujícího záření.

Pro provozovatele PS ze zákona vyplývá povinnost dodržení ustanovení uvedených v nařízení vlády č. 291/2015 Sb. Toto nařízení zapracovává a upravuje hygienické limity neionizujícího záření (E_{mod}), metody a způsob jejich zjišťování a hodnocení.

Technické normy (ČSN, PNE apod.) obecně podrobněji upravují technické požadavky a činnosti v návaznosti na předpisy vyšší právní síly (zákony, nařízení vlády apod.). V případech, kde zákon či nařízení vlády podrobně řeší oblast paralelně řešenou technickou normou, je nezbytné upřednostnit znění předpisu s vyšší právní silou.

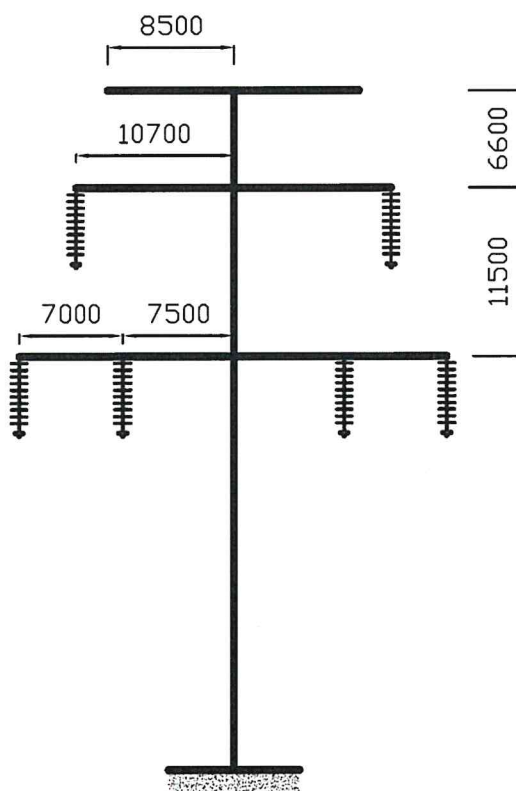
III. Výpočty a výsledky

III.1. Vstupní parametry vedení

Dvojité vedení tvaru Dunaj

(posuzované vedení V418/818)

Napěťová soustava:	3-f s přímo uzemněným nulovým bodem – TT, 50 Hz
Jmenovité provozní napětí:	400 kV
Jmenovitý proud ve fázi:	2500 A
Konstrukce fázových vodičů:	svazek tří lanových vodičů AlFe o průměru 30,6 mm uspořádaných do rovnostranného trojúhelníku, krok svazku 400 mm
Konstrukce zemnicího lana:	zemnicí lana AlFe o průměru 19,5 mm
Uspořádání hlavy stožáru:	stožáry ocelové, příhradové, pro dvojnásobné vedení 400 kV tvaru „Dunaj“ (viz obrázek č. 1)
Označení vedení:	V418/818



Obr. 1 Uspořádání hlavy stožáru tvaru Dunaj

Šířka ochranného pásma:	20 m od průmětu krajní fáze 400 kV (podle zákona č. 458/2000 Sb., energetický zákon v platném znění).
Šíře koridoru:	69,4 m v běžné trase.
Projektovaná minimální výška fázových vodičů nad normálním terénním profilem:	12,5 m

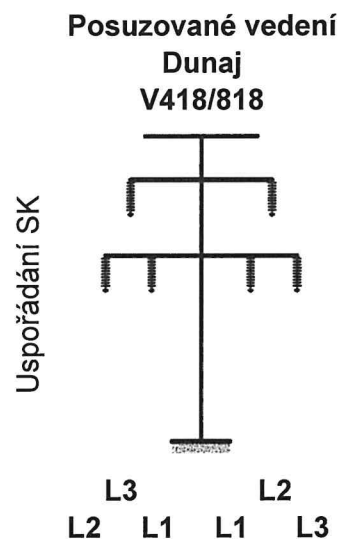
III.2. Vyhodnocení minimální projektované výšky fázových vodičů

Výpočty byly provedeny pomocí aplikace v programu MS EXCEL založené na výpočtech elektrických a magnetických polí pomocí kapacitních koeficientů a Maxwellových rovnic. Přesnost výstupů této aplikace byla ověřena srovnáním s výsledky měření a rovněž s výstupy jiných respektovaných výpočetních aplikací.

Hodnoty modifikované intenzity elektrického pole byly vypočítány ve výšce nad zemí odpovídající osobě o maximální výšce 1,8 m.

Ve výpočtu intenzity elektrického pole indukovaného v tkáni je zvolen přísnější filtr ($G = 6,4$) pro oči a střední ucho. Proto je ve výsledcích výpočtu uveden případ pro expozici hlavy.

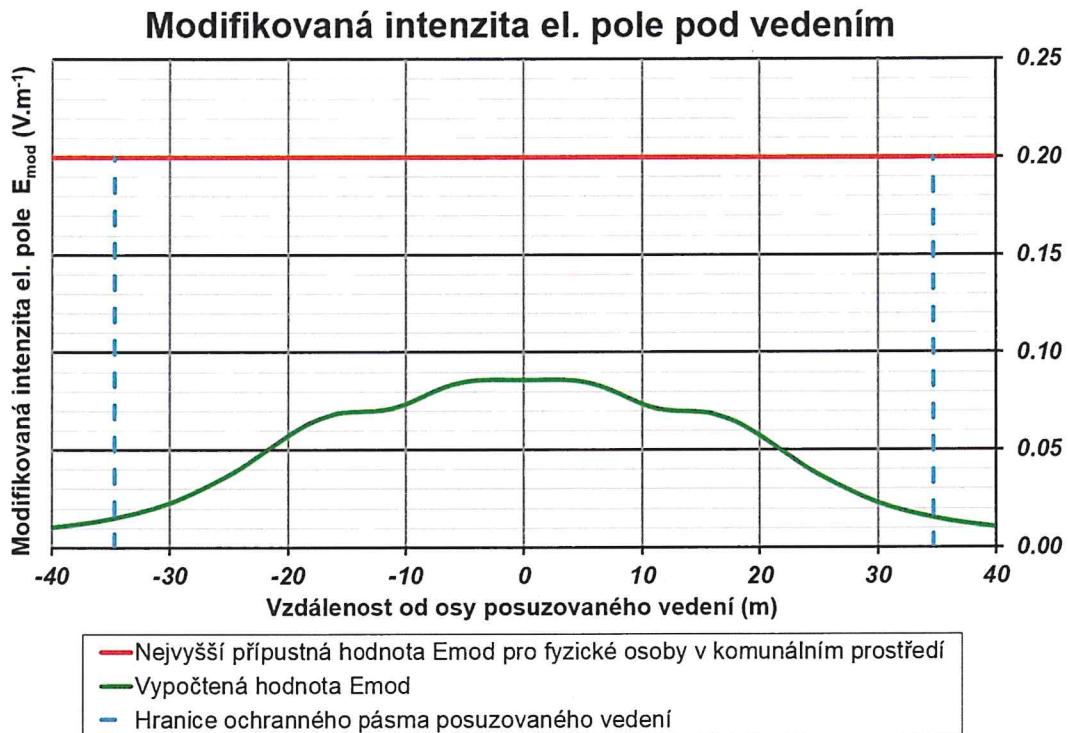
Dále bylo zkoumáno, jaký vliv má vzájemné uspořádání fázových vodičů. Nejvyšší hodnoty modifikované intenzity elektrického pole byly prokázány u následujícího uspořádání:



Uvažování daného uspořádání fázových vodičů při výpočtu zajišťuje, že při minimální projektované výšce fázových vodičů nad normálním terénním profilem bude vliv elektromagnetického pole při jakémkoliv jiném sledu fází menší anebo stejný. Proto je dále uvažováno s uvedeným uspořádáním.

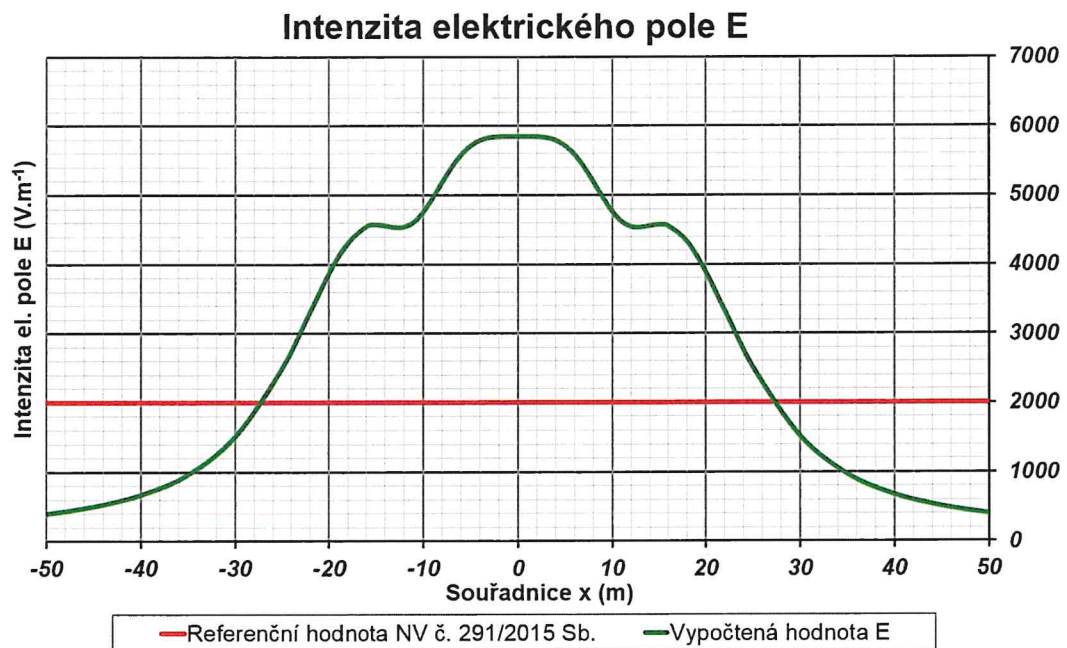
Minimální projektovaná výška spodních fázových vodičů nad normálním terénním profilem hodnoty **12,5 m** pro dvojitě vedení V418/818 tvaru Dunaj **vyhovuje** hygienickému limitu modifikované intenzity elektrického pole E_{mod} stanovené dle NV č. 291/2015 Sb. a metodického návodu. Minimální projektovaná výška spodních fázových vodičů je zvolena s ohledem na umožnění zemědělských a jiných aktivit a zajištění požadavků na bezpečnost osob, zvířat a objektů pod vedením a jeho těsné blízkosti (v prostoru ochranného pásma vedení).

Průběh modifikované intenzity elektrického pole pod **posuzovaným vedením V418/818** v závislosti na vzdálenosti od osy vedení je znázorněn na obr. 2.



Obr. 2 Modifikovaná intenzita elektrického pole v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného vedení V418/818

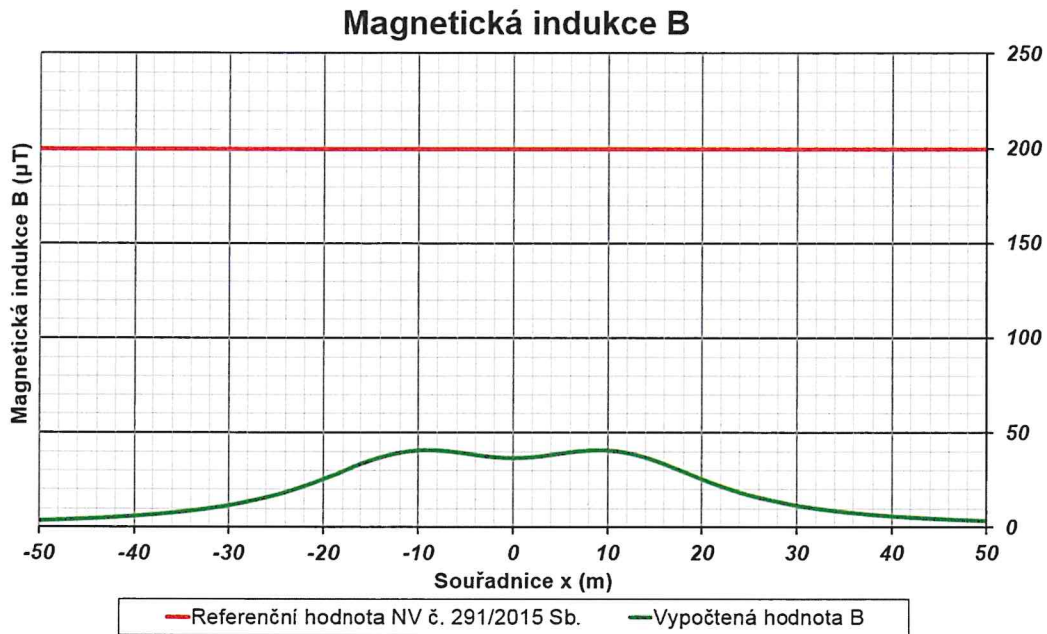
Průběh intenzity elektrického pole pod **posuzovaným vedením V418/818** v závislosti na vzdálenosti od osy vedení je znázorněn na obr. 3.



Obr. 3 Intenzita elektrického pole v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného vedení V418/818

Průběh intenzity elektrického pole zobrazen na obr. 3 překračuje referenční hodnotu E^{limit} dle NV č. 291/2015 Sb. Z tohoto důvodu je výpočtem dle NV č. 291/2015 Sb. prokázáno a na obr. 2 zobrazeno, že nedojde k překročení nejvyšší přípustné hodnoty modifikované intenzity elektrického pole E_{mod} .

Průběh magnetické indukce pod **posuzovaným vedením V418/818** v závislosti na vzdálenosti od osy vedení je znázorněn na obr. 4.



Obr. 4 Magnetická indukce v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného vedení V418/818

Průběh magnetické indukce zobrazen na obr. 4 nepřekračuje referenční hodnotu B^{limit} dle NV č. 291/2015 Sb.

III.3. Určení pásma vlivu dle ČSN 33 2040

Pro minimální projektovanou výšku fázových vodičů nad normálním terénním profilem byla pro posuzované vedení V418/818 určena šíře pásma vlivu elektrického a magnetického pole. Pásmo vlivu elektrického pole působí do vzdálenosti 34 m na obě strany od osy posuzovaného vedení. Pro stanovené pásmo vlivu nepřekračuje intenzita elektrického pole v žádném bodě ve výšce 1,8 m nad zemí hodnotu $10 \text{ kV}\cdot\text{m}^{-1}$.

Vliv magnetického pole nedosahuje v žádném bodě ve výšce 1,8 m nad zemí ani limitní hodnoty $100 \text{ }\mu\text{T}$ (tj. $0,1 \text{ mT}$), kterou je pásmo vlivu magnetického pole vymezeno.

IV. Závěr

Dodržením projektované minimální výšky spodních fázových vodičů 12,5 m nad zemí bude zaručeno, že osoby, které se nacházejí v blízkosti posuzovaného energetického vedení, jsou bezpečně chráněny proti všem známým zdravotním škodlivým účinkům zdroje elektromagnetického pole v souladu s nařízením vlády č. 291/2015 Sb. a platnými technickými normami ČSN 33 2040 a PNE 33 3300.

Literatura:

- [1] Nařízení vlády č. 291/2015 Sb., v platném znění
- [2] Metodický návod k postupu podle § 35 a 36 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, ve znění pozdějších předpisů, a nařízení vlády č. 291/2015 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením ze dne 11. 7.2017, č.j.: MZDR 509/2017-19/OVZ (vyšlo ve Věstníku ministerstva zdravotnictví ČR částka 8/2017, dne 28. července 2017)
- [3] Dědek, L.: Teorie elektromagnetického pole, VUT Brno, 1990, Brno.
- [4] ČSN 33 2040 – Ochrana před účinky elektromagnetického pole 50 Hz v pásmu vlivu zařízení elektrizační soustavy, leden 1993.
- [5] ČSN EN 50341-3 ZMĚNA Z2 Elektrická venkovní vedení s napětím nad AC 45 kV – Část 3: Soubor Národních normativních aspektů
- [6] ČSN EN 50341-1 ed. 2 Elektrická venkovní vedení s napětím nad AC 1 kV – Část 1: Obecné požadavky – Společné specifikace
- [7] PNE 33 3300 Navrhování a stavba venkovních vedení nad AC 45 kV

Posouzení vlivu neionizujícího záření

Dvojité vedení 400 kV tvaru Dunaj (V418/818)
v souběhu s dvojitým vedením 220 kV tvaru Soudek

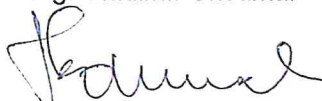
EIA V418/818 – zdvojení vedení

Dokument slouží pro zpracování dokumentace potřebné při procesu EIA, přičemž pomocí výpočtů odborně posuzuje projektovanou výšku spodních fázových vodičů nad zemí vůči hygienickým požadavkům podle NV č. 291/2015 Sb. tak, aby byly splněny platné právní předpisy a technické normy.

Vypracoval:
Jan Světlík, DiS.



Schválil:
Dr. Ing. Vladimír Skoumal



1.7.2019

Obsah:

I.	Vliv elektromagnetického pole s frekvencí 50 Hz na člověka.....	- 3 -
I.1.	Nízkofrekvenční elektrická pole.....	- 3 -
I.2.	Nízkofrekvenční magnetická pole.....	- 3 -
I.3.	Modifikovaná intenzita elektrického pole	- 3 -
II.	Požadavky předpisů.....	- 4 -
II.1.	Nařízení vlády č. 291/2015 Sb.	- 4 -
II.2.	Metodický návod Ministerstva zdravotnictví	- 4 -
II.3.	Technické normy.....	- 6 -
II.4.	Návaznost předpisů	- 6 -
III.	Výpočty a výsledky	- 7 -
III.1.	Vstupní parametry vedení.....	- 7 -
III.2.	Vyhodnocení minimální projektované výšky fázových vodičů	- 8 -
III.3.	Určení pásma vlivu dle ČSN 33 2040	- 11 -
IV.	Závěr	- 11 -

I. Vliv elektromagnetického pole s frekvencí 50 Hz na člověka

Vysokonapěťová energetická vedení kolem sebe vytvářejí elektrická a magnetická pole. Vzhledem k nízké frekvenci nesou kvanta těchto polí nízkou energii, která je nedostatečná pro rozbití chemické molekulární vazby. Taková pole jsou označována jako neionizující záření.

I.1. Nízkofrekvenční elektrická pole

Tato pole působí na lidské tělo stejně jako na každou jinou látku, v jejíž struktuře se nacházejí nabití částice. Při působení těchto polí na lidské tělo se přemísťují elektrické náboje. Důsledkem toho je elektrický proud, který teče tělem do země.

I.2. Nízkofrekvenční magnetická pole

Tato pole indukují v lidském těle cirkulující proudy, jejichž intenzita závisí na intenzitě vnějšího magnetického pole.

I.3. Modifikovaná intenzita elektrického pole

Pro posouzení vlivu na zdraví je v NV č. 291/2015 Sb. zavedena veličina **modifikovaná intenzita elektrického pole** E_{mod} , která komplexně postihuje vliv elektrického i magnetického nízkofrekvenčního pole. Nepřekročení nejvyšších přípustných hodnot modifikované intenzity elektrického pole zaručuje, že osoby, které jsou vystaveny neionizujícímu záření, jsou chráněny proti všem známým zdraví škodlivým účinkům zdroje elektromagnetického pole (energetického vedení).

II. Požadavky předpisů

II.1. Nařízení vlády č. 291/2015 Sb.

Od 18. 11. 2015 je v účinnosti nařízení vlády č. 291/2015 Sb. [1] zrušující nařízení vlády č. 1/2008 Sb. a stanovující nejvyšší přípustné hodnoty a referenční hodnoty pro účinky způsobené elektrickou stimulací tkáně polem ve frekvenčním pásmu od 0 Hz do 10 MHz. Nejvyšší přípustná hodnota je dána **modifikovanou intenzitou elektrického pole E_{mod}** indukovaného v tkáni. Pro frekvenci 50 Hz vyplývají tyto nejvyšší přípustné hodnoty:

	$E_{\text{mod}} \text{ (V.m}^{-1}\text{)}$
pro zaměstnance	1
pro fyzické osoby v komunálním prostředí	0,2

Tab. 1 Nejvyšší přípustné hodnoty modifikované intenzity elektrického pole

Dodržení nejvyšších přípustných hodnot modifikované intenzity elektrického pole indukovaného v těle se zjišťuje výpočtem nebo měřením.

Referenční hodnoty jsou dány **intenzitou elektrického pole E^{limit}** a **magnetickou indukcí B^{limit}** . Budeme-li pro příklad uvažovat referenční hodnoty intenzity elektrického pole E^{limit} a magnetické indukce B^{limit} vždy pro jednu z nich (druhá je nulová z důvodu vyloučení ovlivnění fyzikálních veličin), jsou pro frekvenci 50 Hz uvažovány tyto referenční hodnoty:

	$E^{\text{limit}} \text{ (V.m}^{-1}\text{)}$	$B^{\text{limit}} \text{ (}\mu\text{T)}$
pro zaměstnance	10 000	1 000
pro fyzické osoby v komunálním prostředí	2 000	200

Tab. 2 Referenční hodnoty intenzity elektrického pole a magnetické indukce

Nepřekročení referenční hodnoty zaručuje, že nejsou překročeny nejvyšší přípustné hodnoty. V případě, že z porovnání vypočtených nebo měřených hodnot příslušných veličin vyplývá, že referenční hodnoty jsou překračovány, musí být výpočtem nebo měřením prokázáno, že nedojde k překračování nejvyšších přípustných hodnot modifikované intenzity elektrického pole E_{mod} indukovaného v tkáni.

II.2. Metodický návod Ministerstva zdravotnictví

Metodický návod [2] podrobně rozvádí postup posouzení expozice a postup výpočtu modifikované intenzity elektrického pole. Návod byl vydán Ministerstvem zdravotnictví v roce 2017.

Modifikovaná intenzita elektrického pole je určena indukovanou intenzitou elektrického pole E , která projde filtrem s frekvenční odezvou

$$G(f) = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot 0,05} \cdot \frac{\left(1 + j \frac{f}{f_1}\right)}{\left(1 + j \frac{f}{f_0}\right) \left(1 + j \frac{f}{f_2}\right)}, \quad (1)$$

v případě expozice hlavy nebo

$$G(f) = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot 0,8} \cdot \frac{1}{1 + j \frac{f}{f_2}}, \quad (2)$$

v případě expozice těla s výjimkou hlavy, kde $f_0 = 25$ Hz; $f_1 = 400$ Hz; $f_2 = 3000$ Hz. Filtr (1) je nastaven tak, aby chránil exponovanou osobu před excitací nervů v oku a středním uchu a používá se pouze při expozici těchto orgánů. V ostatních případech se použije filtr (2).

Pro určení modifikované intenzity elektrického pole E_{mod} je nejprve třeba určit vlastní intenzitu elektrického pole E indukovanou v tkáni vnějším elektromagnetickým polem. Ta se stanovuje výpočtem. V případě expozice magnetickému poli s magnetickou indukcí B^{ext} je intenzita elektrického pole vyjádřena vzorcem

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

kde dB^{ext}/dt je časová změna magnetické indukce a K_B je koeficient zohledňující pozici v těle, kde intenzitu elektrického pole E hledáme.

Analogicky lze vyjádřit intenzitu elektrického pole E i v případě indukce vnějším elektrickým polem E^{ext} vzorcem

$$E = \frac{\epsilon_0}{\sigma} K_E \frac{dE^{\text{ext}}}{dt},$$

kde $\epsilon_0 \approx 8,9 \cdot 10^{-12}$ F.m⁻¹ je permitivita vakua, $\sigma \approx 0,2$ S.m⁻¹ je průměrná elektrická vodivost tkáně dE^{ext}/dt je časová změna vnější intenzity elektrického pole a K_E je koeficient zohledňující pozici v těle, kde intenzitu elektrického pole E hledáme.

Koeficienty K_E a K_B jsou stanoveny pro hygienicky nejhorší situaci, kdy je tělo vystaveno homogennímu magnetickému poli kolmému k hrudi a homogennímu elektrickému poli ve směru od hlavy k nohám takto:

	K_E (-)	K_B (m)
v hlavě	66	0,05
v krku	100	0,12
v hrudi	70	0,13

Tab. 3 Hodnoty koeficientů pro výpočet intenzity elektrického pole

Při souběžné expozici elektrickému a magnetickému poli se expozice s magnetickou indukcí B^{ext} a indukcí vnějším elektrickým polem E^{ext} sečtou v absolutních hodnotách, čímž je vystižen hygienicky nejméně příznivý případ.

Pro účely hodnocení expozice podle nařízení vlády č. 291/2015 Sb. se exponovanou osobou míní osoba o maximální výšce 1,8 m. Pro uvážení hygienicky nejhoršího případu se dále předpokládá, že chodidla osoby jsou vodivě spojena se zemí, tedy bosé nohy na vlhkém terénu.

Modifikovaná intenzita elektrického pole E_{mod} je pak určena indukovanou intenzitou elektrického pole E , která projde filtrem s frekvenční odezvou. Pro $f=50$ Hz je hodnota filtru v případě expozice hlavy rovna 6,4.

$$E_{mod} = 6,4 \cdot E \quad [V \cdot m^{-1}]$$

II.3. Technické normy

ČSN 33 2040 z ledna 1993

Tato platná norma definuje pásmo vlivu elektrického pole od zařízení elektrizační soustavy jako prostor v okolí zařízení, kde intenzita elektrického pole ve výši 1,8 m nad zemí je vyšší než 1 kV/m. Obdobně norma definuje pásmo vlivu magnetického pole od zařízení elektrizační soustavy jako prostor v okolí zařízení, kde magnetická indukce je vyšší než 0,1 mT.

V pásmech vlivu elektroenergetických zařízení veřejně přístupných nesmí intenzita elektrického pole ve výši 1,8 m nad zemí překročit hodnotu 10 kV/m. V pásmu vlivu elektroenergetických zařízení v prostorách přístupných osobám nesmí magnetická indukce převýšit hodnotu 0,5 mT.

Soubor norem ČSN EN 50341

Tento soubor technických norem se odkazuje na nařízení vlády (viz kapitola II.1 tohoto posouzení).

PNE 33 3300 ed. 2

Tato platná norma definuje nejkratší vzdálenosti vodičů od země ve volné krajině, kdy nejkratší vzdálenost k zemi ve volné krajině s normálním terénním profilem a na volně přístupných místech je 8,4 m pro vedení napěťové hladiny 400 kV.

Norma odkazuje na nejvyšší přípustné hodnoty neionizujícího záření dle nařízení vlády č. 291/2015 Sb. (v platném znění).

II.4. Návaznost předpisů

Zákon č. 258/2000 Sb., v platném znění zapracovává práva a povinnosti osob v oblasti ochrany a podpory veřejného zdraví. Nařizuje provádět taková technická a organizační opatření, aby expozice fyzických osob v rozsahu upraveném prováděcím právním předpisem nepřekračovaly nejvyšší přípustné hodnoty neionizujícího záření.

Pro provozovatele PS ze zákona vyplývá povinnost dodržení ustanovení uvedených v nařízení vlády 291/2015 Sb. Toto nařízení zapracovává a upravuje hygienické limity neionizujícího záření (E_{mod}), metody a způsob jejich zjišťování a hodnocení.

Technické normy (ČSN, PNE apod.) obecně podrobněji upravují technické požadavky a činnosti v návaznosti na předpisy vyšší právní síly (zákony, nařízení vlády apod.). V případech, kde zákon či nařízení vlády podrobně řeší oblast paralelně řešenou technickou normou, je nezbytné upřednostnit znění předpisu s vyšší právní silou.

III. Výpočty a výsledky

III.1. Vstupní parametry vedení

Dvojité vedení tvaru Dunaj

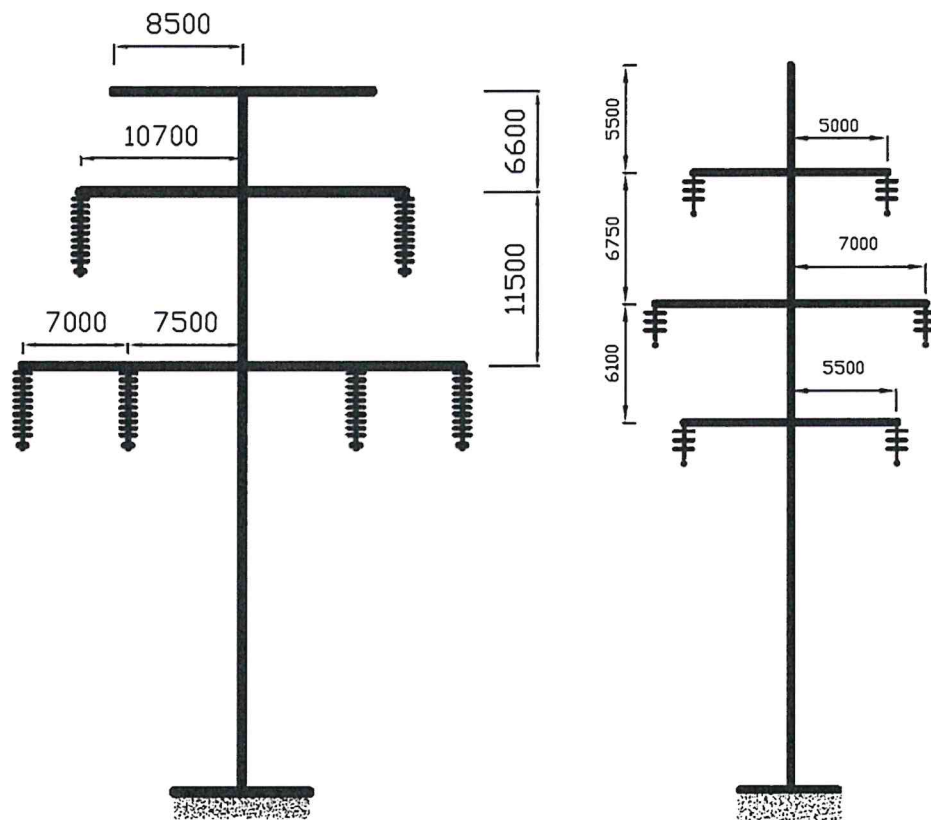
(posuzované vedení V418/818 v úseku mezi st. č. 12 – 13 a st. č. 34 – 47)

Napěťová soustava:	3-f s přímo uzemněným nulovým bodem – TT, 50 Hz
Jmenovité provozní napětí:	400 kV
Jmenovitý proud ve fázi:	2500 A
Konstrukce fázových vodičů:	svazek tří lanových vodičů AlFe o průměru 30,6 mm uspořádaných do rovnostranného trojúhelníku, krok svazku $a = 400$ mm
Konstrukce zemnicího lana:	zemnicí lano AlFe o průměru 19,5 mm
Uspořádání hlavy stožáru:	stožáry ocelové, příhradové, pro dvojnásobné vedení 400 kV tvaru „Dunaj“ (viz obrázek č. 1)
Šířka ochranného pásma:	20 m od průmětu krajní fáze 400 kV (podle zákona 458/2000 Sb., energetický zákon v platném znění).
Šíře koridoru:	69,4 m v běžné trase
Projektovaná minimální výška fázových vodičů nad normálním terénním profilem:	12,5 m

Dvojité vedení tvaru Soudek

(souběžné vedení V251/252 zprava)

Napěťová soustava:	3-f s přímo uzemněným nulovým bodem – TT, 50 Hz
Jmenovité provozní napětí:	220 kV
Jmenovitý proud ve fázi:	685 A
Konstrukce fázových vodičů:	jeden lanový vodič AlFe o průměru 26,7 mm
Konstrukce zemnicího lana:	zemnicí lano AlFe o průměru 19,5 mm
Uspořádání hlavy stožáru:	stožáry ocelové, příhradové, pro dvojnásobné vedení 220 kV tvaru „Soudek“ (viz obrázek č. 1)
Osová vzdálenost vedení:	40 m (V418/818 – V251/252)
Šířka ochranného pásma:	20 m od průmětu krajní fáze 220 kV (podle zákona 79/1957 Sb., o výrobě, rozvodu a spotřebě elektřiny ve znění platném v době výstavby vedení).
Šíře koridoru:	54 m v běžné trase.



Obr. 1 Uspořádání hlavy stožáru tvaru Dunaj a Soudek

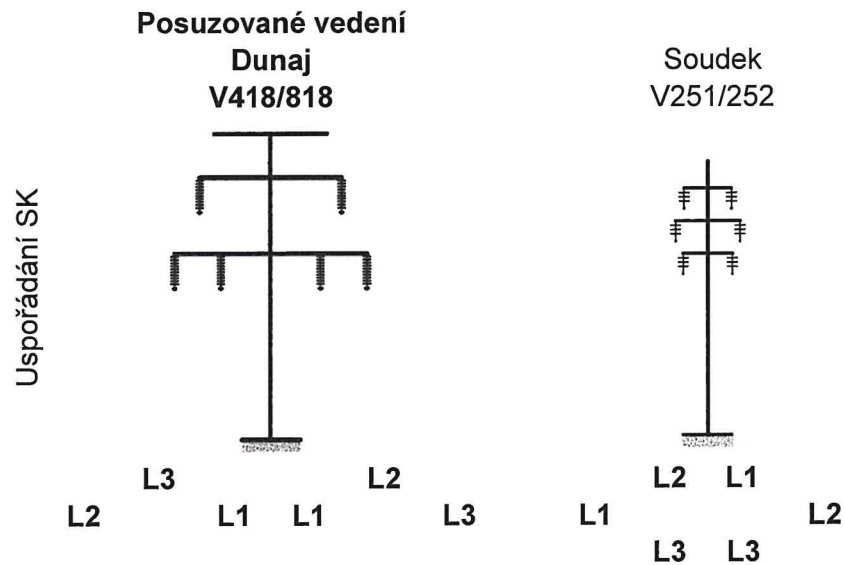
III.2. Vyhodnocení minimální projektované výšky fázových vodičů

Výpočty byly provedeny pomocí aplikace v programu MS EXCEL založené na výpočtech elektrických a magnetických polí pomocí kapacitních koeficientů a Maxwellových rovnic. Přesnost výstupů této aplikace byla ověřena srovnáním s výsledky měření a rovněž s výstupy jiných respektovaných výpočetních aplikací.

Hodnoty modifikované intenzity elektrického pole byly vypočítány ve výšce nad zemí odpovídající osobě o maximální výšce 1,8 m.

Ve výpočtu intenzity elektrického pole indukovaného v tkáni je zvolen přísnější filtr ($G = 6,4$) pro oči a střední ucho. Proto je ve výsledcích výpočtu uveden případ pro expozici hlavy.

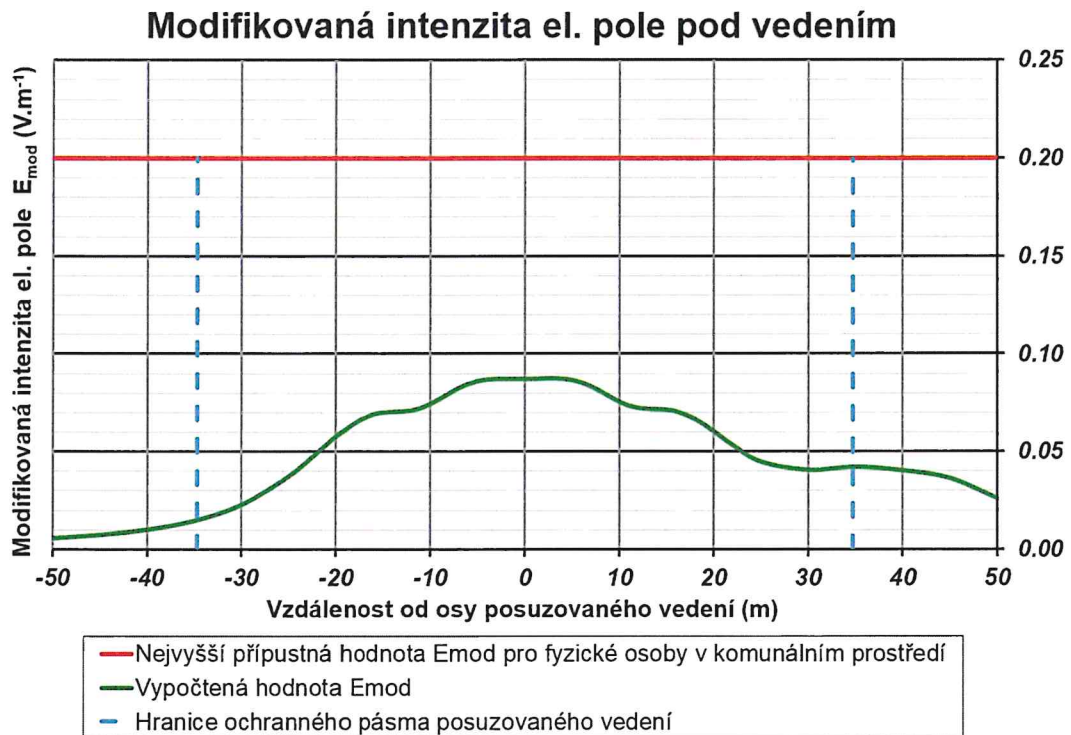
Dále bylo zkoumáno, jaký vliv má vzájemné uspořádání fázových vodičů. Nejvyšší hodnoty modifikované intenzity elektrického pole byly prokázány u následujícího uspořádání:



Uvažování daného uspořádání fázových vodičů při výpočtu zajišťuje, že při minimální projektované výšce fázových vodičů nad normálním terénním profilem bude vliv elektromagnetického pole při jakémkoliv jiném sledu fází menší anebo stejný. Proto je dále uvažováno s uvedeným uspořádáním.

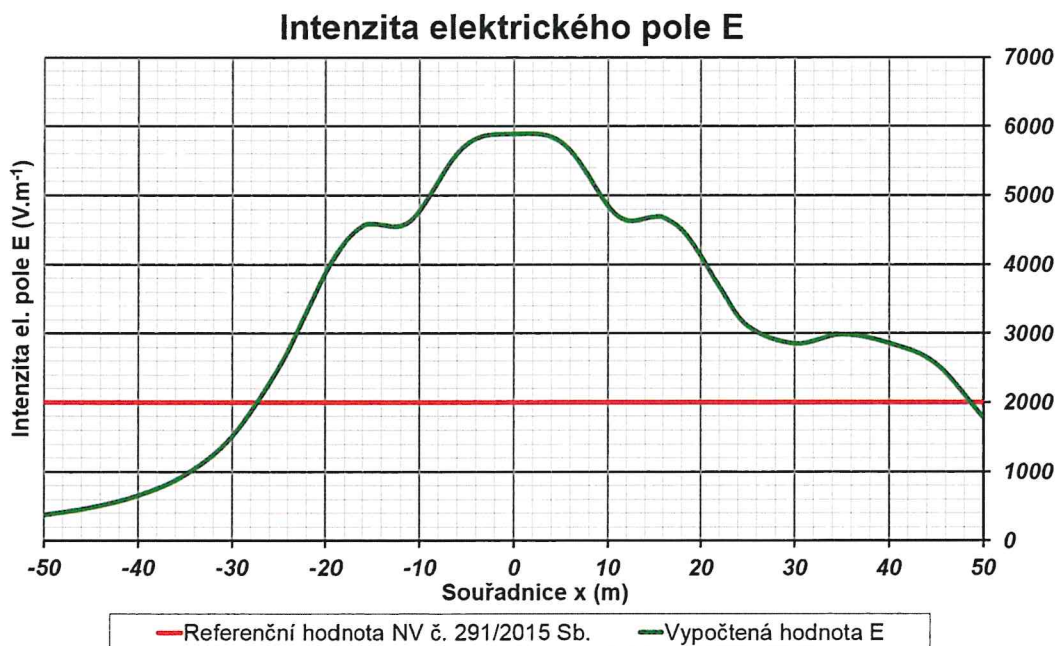
Minimální projektovaná výška spodních fázových vodičů nad normálním terénním profilem hodnoty **12,5 m** pro dvojitě vedení V418/818 tvaru Dunaj **vyhovuje** hygienickému limitu modifikované intenzity elektrického pole E_{mod} stanovené dle NV č. 291/2015 Sb. a metodického návodu. Minimální projektovaná výška spodních fázových vodičů je zvolena s ohledem na umožnění zemědělských a jiných aktivit a zajištění požadavků na bezpečnost osob, zvířat a objektů pod vedením a jeho těsné blízkosti (v prostoru ochranného pásma vedení).

Průběh modifikované intenzity elektrického pole pod **posuzovaným vedením V418/818** v závislosti na vzdálenosti od osy vedení je znázorněn na obr. 2.



Obr. 2 Modifikovaná intenzita elektrického pole v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného vedení V418/818

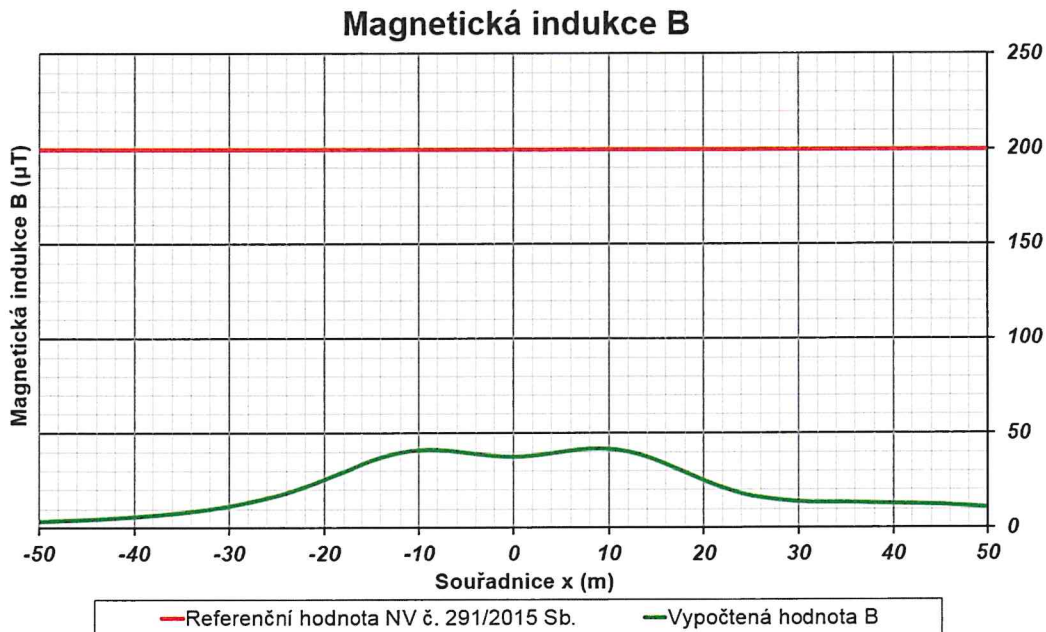
Průběh intenzity elektrického pole pod **posuzovaným vedením V418/818** v závislosti na vzdálenosti od osy vedení je znázorněn na obr. 3.



Obr. 3 Intenzita elektrického pole v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného vedení V418/818

Průběh intenzity elektrického pole zobrazen na obr. 3 překračuje referenční hodnotu E^{limit} dle NV č. 291/2015 Sb. Z tohoto důvodu je výpočtem dle NV č. 291/2015 Sb. prokázáno a na obr. 2 zobrazeno, že nedojde k překročení nejvyšší přípustné hodnoty modifikované intenzity elektrického pole E_{mod} .

Průběh magnetické indukce pod **posuzovaným vedením V418/818** v závislosti na vzdálenosti od osy vedení je znázorněn na obr. 4.



Obr. 4 Magnetická indukce v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného vedení V418/818

Průběh magnetické indukce zobrazen na obr. 4 nepřekračuje referenční hodnotu B^{limit} dle NV č. 291/2015 Sb.

III.3. Určení pásma vlivu dle ČSN 33 2040

Pro minimální projektovanou výšku fázových vodičů nad normálním terénním profilem byla pro posuzované vedení V418/818 určena šíře pásma vlivu elektrického a magnetického pole. Pásmo vlivu elektrického pole působí do vzdálenosti 35 m nalevo od osy posuzovaného vedení. Mezi posuzovaným a souběžným vedením se pásma vlivu prolínají. Pro stanovené pásmo vlivu nepřekračuje intenzita elektrického pole v žádném bodě ve výšce 1,8 m nad zemí hodnotu $10 \text{ kV}\cdot\text{m}^{-1}$.

Vliv magnetického pole nedosahuje v žádném bodě ve výšce 1,8 m nad zemí ani limitní hodnoty $100 \text{ }\mu\text{T}$ (tj. $0,1 \text{ mT}$), kterou je pásmo vlivu magnetického pole vymezeno.

IV. Závěr

Dodržením projektované minimální výšky spodních fázových vodičů 12,5 m nad zemí bude zaručeno, že osoby, které se nacházejí v blízkosti posuzovaného energetického vedení, jsou bezpečně chráněny proti všem známým zdraví škodlivým účinkům zdroje elektromagnetického pole v souladu s nařízením vlády č. 291/2015 Sb. a platnými technickými normami ČSN 33 2040 a PNE 33 3300.

Literatura:

- [1] Nařízení vlády č. 291/2015 Sb., v platném znění
- [2] Metodický návod k postupu podle § 35 a 36 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, ve znění pozdějších předpisů, a nařízení vlády č. 291/2015 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením ze dne 11. 7.2017, č.j.: MZDR 509/2017-19/OVZ (vyšlo ve Věstníku ministerstva zdravotnictví ČR částka 8/2017, dne 28. července 2017)
- [3] Dědek, L.: Teorie elektromagnetického pole, VUT Brno, 1990, Brno.
- [4] ČSN 33 2040 – Ochrana před účinky elektromagnetického pole 50 Hz v pásmu vlivu zařízení elektrizační soustavy, leden 1993.
- [5] ČSN EN 50341-3 ZMĚNA Z2 Elektrická venkovní vedení s napětím nad AC 45 kV – Část 3: Soubor Národních normativních aspektů
- [6] ČSN EN 50341-1 ed. 2 Elektrická venkovní vedení s napětím nad AC 1 kV – Část 1: Obecné požadavky – Společné specifikace
- [7] PNE 33 3300 Navrhování a stavba venkovních vedení nad AC 45 kV

Posouzení vlivu neionizujícího záření

Dvojité vedení 400 kV tvaru Dunaj (V418/818)
v souběhu s dvěma dvojitými vedeními tvaru Dunaj

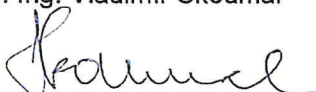
EIA V418/818 – zdvojení vedení

Dokument slouží pro zpracování dokumentace potřebné při procesu EIA, přičemž pomocí výpočtů odborně posuzuje projektovanou výšku spodních fázových vodičů nad zemí vůči hygienickým požadavkům podle NV č. 291/2015 Sb. tak, aby byly splněny platné právní předpisy a technické normy.

Vypracoval:
Jan Světlík, DiS.



Schválil:
Dr. Ing. Vladimír Skoumal



1.7.2019

Obsah:

I. Vliv elektromagnetického pole s frekvencí 50 Hz na člověka.....	- 3 -
I.1. Nízkofrekvenční elektrická pole.....	- 3 -
I.2. Nízkofrekvenční magnetická pole.....	- 3 -
I.3. Modifikovaná intenzita elektrického pole	- 3 -
II. Požadavky předpisů.....	- 4 -
II.1. Nařízení vlády č. 291/2015 Sb.	- 4 -
II.2. Metodický návod Ministerstva zdravotnictví	- 4 -
II.3. Technické normy.....	- 6 -
II.4. Návaznost předpisů	- 6 -
III. Výpočty a výsledky	- 7 -
III.1. Vstupní parametry vedení.....	- 7 -
III.2. Vyhodnocení minimální projektované výšky fázových vodičů	- 8 -
III.3. Určení pásma vlivu dle ČSN 33 2040	- 11 -
IV. Závěr	- 11 -

I. Vliv elektromagnetického pole s frekvencí 50 Hz na člověka

Vysokonapěťová energetická vedení kolem sebe vytvářejí elektrická a magnetická pole. Vzhledem k nízké frekvenci nesou kvanta těchto polí nízkou energii, která je nedostatečná pro rozbití chemické molekulární vazby. Taková pole jsou označována jako neionizující záření.

I.1. Nízkofrekvenční elektrická pole

Tato pole působí na lidské tělo stejně jako na každou jinou látku, v jejíž struktuře se nacházejí nabití částice. Při působení těchto polí na lidské tělo se přemísťují elektrické náboje. Důsledkem toho je elektrický proud, který teče tělem do země.

I.2. Nízkofrekvenční magnetická pole

Tato pole indukují v lidském těle cirkulující proudy, jejichž intenzita závisí na intenzitě vnějšího magnetického pole.

I.3. Modifikovaná intenzita elektrického pole

Pro posouzení vlivu na zdraví je v NV č. 291/2015 Sb. zavedena veličina **modifikovaná intenzita elektrického pole** E_{mod} , která komplexně postihuje vliv elektrického i magnetického nízkofrekvenčního pole. Nepřekročení nejvyšších přípustných hodnot modifikované intenzity elektrického pole zaručuje, že osoby, které jsou vystaveny neionizujícímu záření, jsou chráněny proti všem známým zdravotně škodlivým účinkům zdroje elektromagnetického pole (energetického vedení).

II. Požadavky předpisů

II.1. Nařízení vlády č. 291/2015 Sb.

Od 18. 11. 2015 je v účinnosti nařízení vlády č. 291/2015 Sb. [1] zrušující nařízení vlády č. 1/2008 Sb. a stanovující nejvyšší přípustné hodnoty a referenční hodnoty pro účinky způsobené elektrickou stimulací tkáně polem ve frekvenčním pásmu od 0 Hz do 10 MHz. Nejvyšší přípustná hodnota je dána **modifikovanou intenzitou elektrického pole E_{mod}** indukovaného v tkáni. Pro frekvenci 50 Hz vyplývají tyto nejvyšší přípustné hodnoty:

	E_{mod} (V.m ⁻¹)
pro zaměstnance	1,0
pro fyzické osoby v komunálním prostředí	0,2

Tab. 1 Nejvyšší přípustné hodnoty modifikované intenzity elektrického pole

Dodržení nejvyšších přípustných hodnot modifikované intenzity elektrického pole indukovaného v těle se zjišťuje výpočtem nebo měřením.

Referenční hodnoty jsou dány **intenzitou elektrického pole E^{limit}** a **magnetickou indukcí B^{limit}** . Budeme-li pro příklad uvažovat referenční hodnoty intenzity elektrického pole E^{limit} a magnetické indukce B^{limit} vždy pro jednu z nich (druhá je nulová z důvodu vyloučení ovlivnění fyzikálních veličin), jsou pro frekvenci 50 Hz uvažovány tyto referenční hodnoty:

	E^{limit} (V.m ⁻¹)	B^{limit} (μT)
pro zaměstnance	10 000	1 000
pro fyzické osoby v komunálním prostředí	2 000	200

Tab. 2 Referenční hodnoty intenzity elektrického pole a magnetické indukce

Nepřekročení referenční hodnoty zaručuje, že nejsou překročeny nejvyšší přípustné hodnoty. V případě, že z porovnání vypočtených nebo měřených hodnot příslušných veličin vyplyne, že referenční hodnoty jsou překračovány, musí být výpočtem nebo měřením prokázáno, že nedojde k překračování nejvyšších přípustných hodnot modifikované intenzity elektrického pole E_{mod} indukovaného v tkáni.

II.2. Metodický návod Ministerstva zdravotnictví

Metodický návod [2] podrobně rozvádí postup posouzení expozice a postup výpočtu modifikované intenzity elektrického pole. Návod byl vydán Ministerstvem zdravotnictví v roce 2017.

Modifikovaná intenzita elektrického pole je určena indukovanou intenzitou elektrického pole E , která projde filtrem s frekvenční odezvou

$$G(f) = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot 0,05} \cdot \frac{\left(1 + j \frac{f}{f_1}\right)}{\left(1 + j \frac{f}{f_0}\right) \left(1 + j \frac{f}{f_2}\right)}, \quad (1)$$

v případě expozice hlavy nebo

$$G(f) = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot 0,8} \cdot \frac{1}{1 + j \frac{f}{f_2}}, \quad (2)$$

v případě expozice těla s výjimkou hlavy, kde $f_0 = 25$ Hz; $f_1 = 400$ Hz; $f_2 = 3000$ Hz. Filtr (1) je nastaven tak, aby chránil exponovanou osobu před excitací nervů v oku a středním uchu a používá se pouze při expozici těchto orgánů. V ostatních případech se použije filtr (2).

Pro určení modifikované intenzity elektrického pole E_{mod} je nejprve třeba určit vlastní intenzitu elektrického pole E indukovanou v tkáni vnějším elektromagnetickým polem. Ta se stanovuje výpočtem. V případě expozice magnetickému poli s magnetickou indukcí B^{ext} je intenzita elektrického pole vyjádřena vztahem

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

kde dB^{ext}/dt je časová změna magnetické indukce a K_B je koeficient zohledňující pozici v těle, kde intenzitu elektrického pole E hledáme.

Analogicky lze vyjádřit intenzitu elektrického pole E i v případě indukce vnějším elektrickým polem E^{ext} vztahem

$$E = \frac{\epsilon_0}{\sigma} K_E \frac{dE^{\text{ext}}}{dt},$$

kde $\epsilon_0 \approx 8,9 \cdot 10^{-12}$ F.m⁻¹ je permitivita vakua, $\sigma \approx 0,2$ S.m⁻¹ je průměrná elektrická vodivost tkáně dE^{ext}/dt je časová změna vnější intenzity elektrického pole a K_E je koeficient zohledňující pozici v těle, kde intenzitu elektrického pole E hledáme.

Koeficienty K_E a K_B jsou stanoveny pro hygienicky nejhorší situaci, kdy je tělo vystaveno homogennímu magnetickému poli kolmému k hrudi a homogennímu elektrickému poli ve směru od hlavy k nohám takto:

	K_E (-)	K_B (m)
v hlavě	66	0,05
v krku	100	0,12
v hrudi	70	0,13

Tab. 3 Hodnoty koeficientů pro výpočet intenzity elektrického pole

Při souběžné expozici elektrickému a magnetickému poli se expozice s magnetickou indukcí B^{ext} a indukci vnějším elektrickým polem E^{ext} sečtou v absolutních hodnotách, čímž je vystižen hygienicky nejméně příznivý případ.

Pro účely hodnocení expozice podle nařízení vlády č. 291/2015 Sb. se exponovanou osobou míní osoba o maximální výšce 1,8 m. Pro uvážení hygienicky nejhoršího případu se dále předpokládá, že chodidla osoby jsou vodivě spojena se zemí, tedy bosé nohy na vlhkém terénu.

Modifikovaná intenzita elektrického pole E_{mod} je pak určena indukovanou intenzitou elektrického pole E , která projde filtrem s frekvenční odezvou. Pro $f=50$ Hz je hodnota filtru v případě expozice hlavy rovna 6,4.

$$E_{\text{mod}} = 6,4 \cdot E \quad [V \cdot m^{-1}]$$

II.3. Technické normy

ČSN 33 2040 z ledna 1993

Tato platná norma definuje pásmo vlivu elektrického pole od zařízení elektrizační soustavy jako prostor v okolí zařízení, kde intenzita elektrického pole ve výšce 1,8 m nad zemí je vyšší než 1 kV/m. Obdobně norma definuje pásmo vlivu magnetického pole od zařízení elektrizační soustavy jako prostor v okolí zařízení, kde magnetická indukce je vyšší než 0,1 mT.

V pásmech vlivu elektroenergetických zařízení veřejně přístupných nesmí intenzita elektrického pole ve výšce 1,8 m nad zemí překročit hodnotu 10 kV/m. V pásmu vlivu elektroenergetických zařízení v prostorách přístupných osobám nesmí magnetická indukce převýšit hodnotu 0,5 mT.

Soubor norem ČSN EN 50341

Tento soubor technických norem se odkazuje na nařízení vlády (viz kapitola II.1 tohoto posouzení).

PNE 33 3300 ed. 2

Tato platná norma definuje nejkratší vzdálenosti vodičů od země ve volné krajině, kdy nejkratší vzdálenost k zemi ve volné krajině s normálním terénním profilem a na volně přístupných místech je 8,4 m pro vedení napěťové hladiny 400 kV.

Norma odkazuje na nejvyšší přípustné hodnoty neionizujícího záření dle nařízení vlády č. 291/2015 Sb. (v platném znění).

II.4. Návaznost předpisů

Zákon č. 258/2000 Sb., v platném znění zapracovává práva a povinnosti osob v oblasti ochrany a podpory veřejného zdraví. Nařizuje provádět taková technická a organizační opatření, aby expozice fyzických osob v rozsahu upraveném prováděcím právním předpisem nepřekračovaly nejvyšší přípustné hodnoty neionizujícího záření.

Pro provozovatele PS ze zákona vyplývá povinnost dodržení ustanovení uvedených v nařízení vlády 291/2015 Sb. Toto nařízení zapracovává a upravuje hygienické limity neionizujícího záření (E_{mod}), metody a způsob jejich zjišťování a hodnocení.

Technické normy (ČSN, PNE apod.) obecně podrobněji upravují technické požadavky a činnosti v návaznosti na předpisy vyšší právní síly (zákony, nařízení vlády apod.). V případech, kde zákon či nařízení vlády podrobně řeší oblast paralelně řešenou technickou normou, je nezbytné upřednostnit znění předpisu s vyšší právní silou.

III. Výpočty a výsledky

III.1. Vstupní parametry vedení

Dvojité vedení tvaru Dunaj

(posuzované vedení V418/818 v úseku mezi st. č. 103 – 118)

Napěťová soustava:	3-f s přímo uzemněným nulovým bodem – TT, 50 Hz
Jmenovité provozní napětí:	400 kV
Jmenovitý proud ve fázi:	2500 A
Konstrukce fázových vodičů:	svazek tří lanových vodičů AlFe o průměru 30,6 mm uspořádaných do rovnostranného trojúhelníku, krok svazku a = 400 mm
Konstrukce zemnicího lana:	zemnicí lano AlFe o průměru 19,5 mm
Uspořádání hlavy stožáru:	stožáry ocelové, příhradové, pro dvojnásobné vedení 400 kV tvaru „Dunaj“ (viz obrázek č. 1)
Šířka ochranného pásma:	20 m od průmětu krajní fáze 400 kV (podle zákona 458/2000 Sb., energetický zákon v platném znění).
Šíře koridoru:	69,4 m v běžné trase
Projektovaná minimální výška fázových vodičů nad normálním terénním profilem:	12,5 m

Dvojité vedení tvaru Dunaj

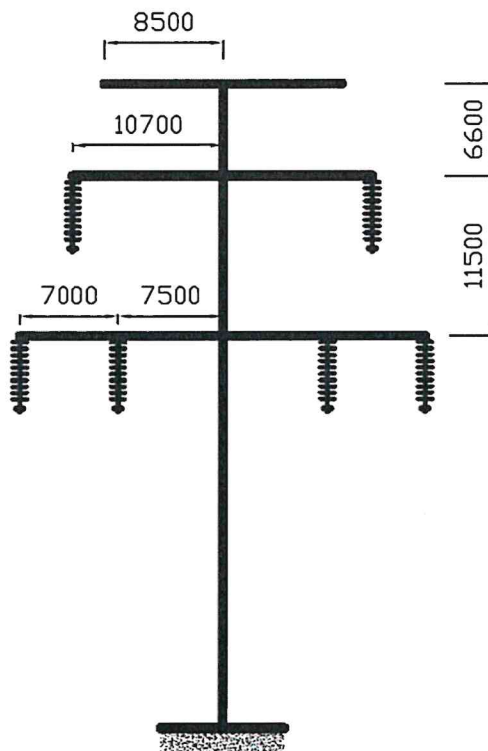
(souběžné vedení V417/817 zprava)

Napěťová soustava:	3-f s přímo uzemněným nulovým bodem – TT, 50 Hz
Jmenovité provozní napětí:	400 kV
Jmenovitý proud ve fázi:	2500 A
Konstrukce fázových vodičů:	svazek tří lanových vodičů AlFe o průměru 30,6 mm uspořádaných do rovnostranného trojúhelníku, krok svazku a = 400 mm
Konstrukce zemnicího lana:	zemnicí lano AlFe o průměru 19,5 mm
Uspořádání hlavy stožáru:	stožáry ocelové, příhradové, pro dvojnásobné vedení 400 kV tvaru „Dunaj“ (viz obrázek č. 1)
Osová vzdálenost vedení:	50 m (V417/817 – V418/818)
Šířka ochranného pásma:	20 m od průmětu krajní fáze 400 kV (podle zákona 458/2000 Sb., energetický zákon v platném znění).
Šíře koridoru:	69,4 m v běžné trase.

Dvojité vedení tvaru Dunaj

(souběžné vedení V498/499 zleva)

Napěťová soustava:	3-f s přímo uzemněným nulovým bodem – TT, 50 Hz
Jmenovité provozní napětí:	400 kV
Jmenovitý proud ve fázi:	2500 A
Konstrukce fázových vodičů:	svazek tří lanových vodičů AlFe o průměru 30,6 mm uspořádaných do rovnostranného trojúhelníku, krok svazku $a = 400$ mm
Konstrukce zemního lana:	zemní lano AlFe o průměru 19,5 mm
Uspořádání hlavy stožáru:	stožáry ocelové, příhradové, pro dvojnásobné vedení 400 kV tvaru „Dunaj“ (viz obrázek č. 1)
Osová vzdálenost vedení:	50 m (V498/499 – V418/818)
Šířka ochranného pásma:	20 m od průmětu krajní fáze 400 kV (podle zákona 458/2000 Sb., energetický zákon v platném znění).
Šíře koridoru:	69,4 m v běžné trase.



Obr. 1 Uspořádání hlavy stožáru tvaru Dunaj

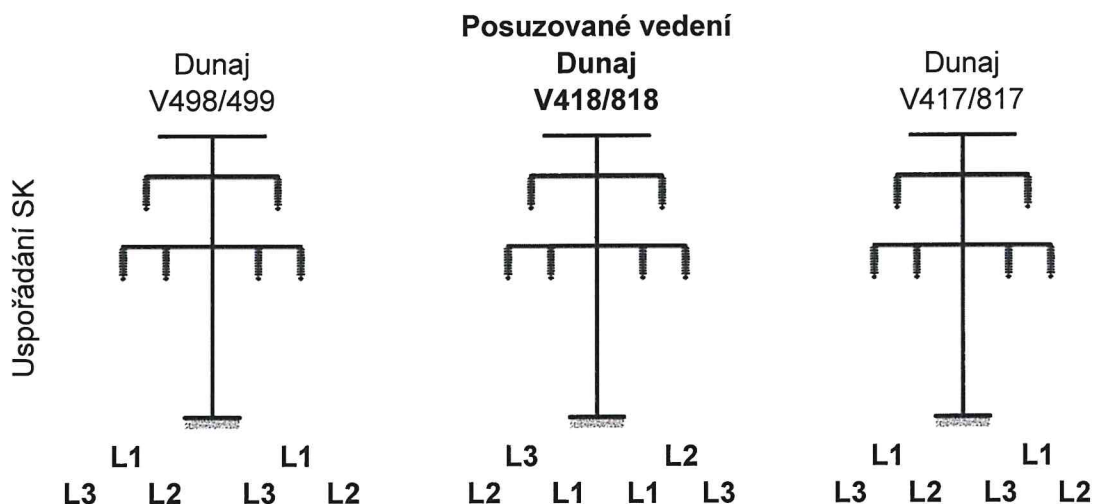
III.2. Vyhodnocení minimální projektované výšky fázových vodičů

Výpočty byly provedeny pomocí aplikace v programu MS EXCEL založené na výpočtech elektrických a magnetických polí pomocí kapacitních koeficientů a Maxwellových rovnic. Přesnost výstupů této aplikace byla ověřena srovnáním s výsledky měření a rovněž s výstupy jiných respektovaných výpočetních aplikací.

Hodnoty modifikované intenzity elektrického pole byly vypočítány ve výšce nad zemí odpovídající osobě o maximální výšce 1,8 m.

Ve výpočtu intenzity elektrického pole indukovaného v tkáni je zvolen přísnější filtr ($G = 6,4$) pro oči a střední ucho. Proto je ve výsledcích výpočtu uveden případ pro expozici hlavy.

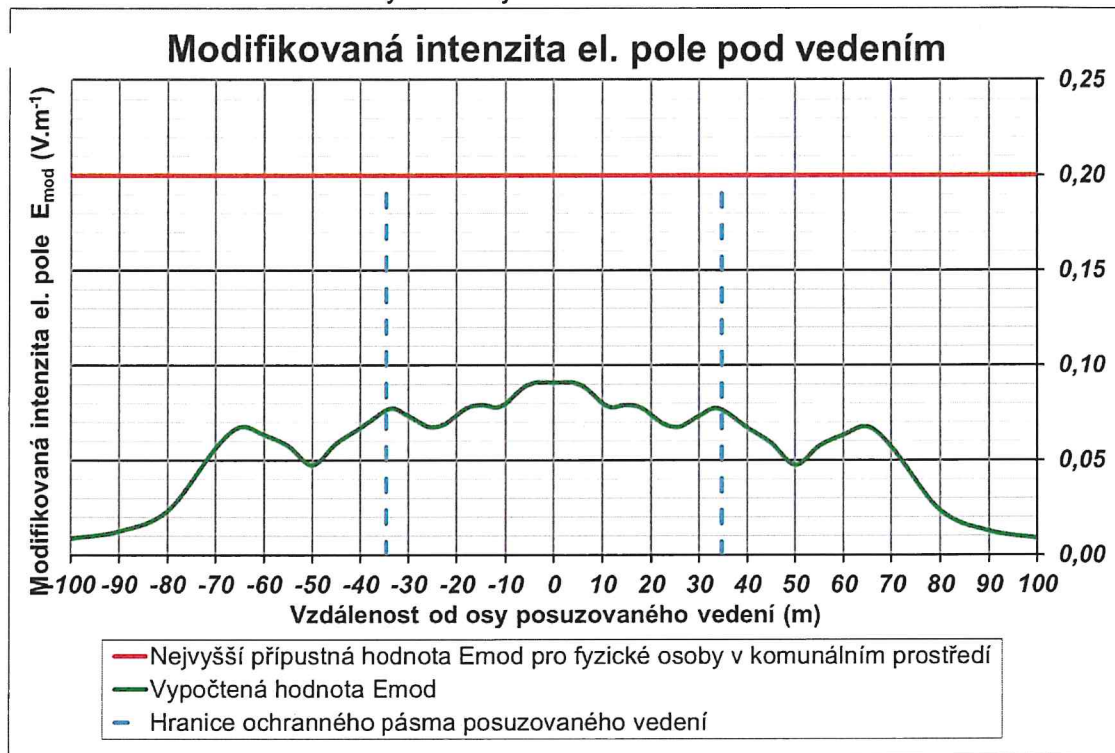
Dále bylo zkoumáno, jaký vliv má vzájemné uspořádání fázových vodičů. Nejvyšší hodnoty modifikované intenzity elektrického pole byly prokázány u následujícího uspořádání:



Uvažování daného uspořádání fázových vodičů při výpočtu zajišťuje, že při minimální projektované výšce fázových vodičů nad normálním terénním profilem bude vliv elektromagnetického pole při jakémkoliv jiném sledu fází menší anebo stejný. Proto je dále uvažováno s uvedeným uspořádáním.

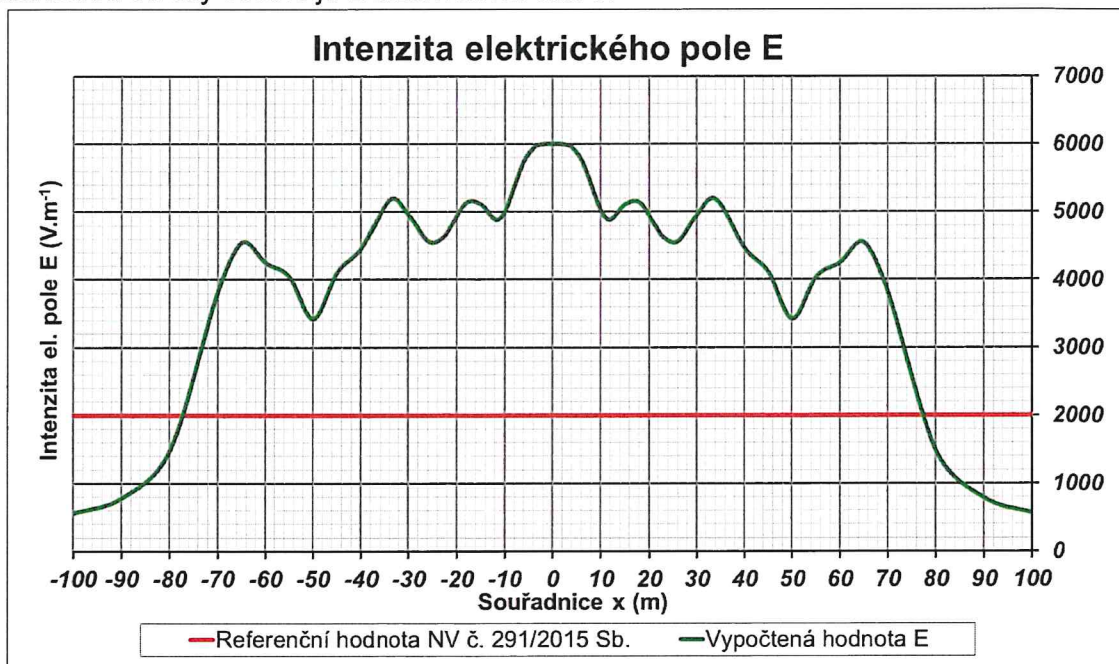
Minimální projektovaná výška spodních fázových vodičů nad normálním terénním profilem hodnoty **12,5 m** pro dvojitě vedení V418/818 tvaru Dunaj **vyhovuje** hygienickému limitu modifikované intenzity elektrického pole E_{mod} stanovené dle NV č. 291/2015 Sb. a metodického návodu. Minimální projektovaná výška spodních fázových vodičů je zvolena s ohledem na umožnění zemědělských a jiných aktivit a zajištění požadavků na bezpečnost osob, zvířat a objektů pod vedením a jeho těsné blízkosti (v prostoru ochranného pásma vedení).

Průběh modifikované intenzity elektrického pole pod **posuzovaným vedením V418/818** v závislosti na vzdálenosti od osy vedení je znázorněn na obr. 2.



Obr. 2 Modifikovaná intenzita elektrického pole v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného vedení V418/818

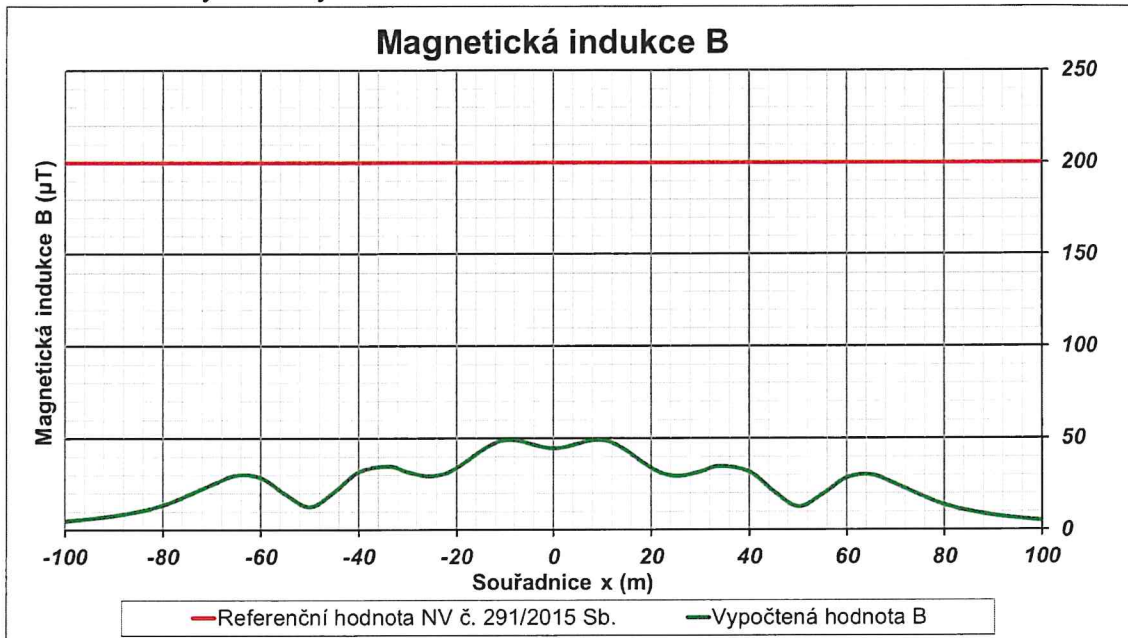
Průběh intenzity elektrického pole pod **posuzovaným vedením V418/818** v závislosti na vzdálenosti od osy vedení je znázorněn na obr. 3.



Obr. 3 Intenzita elektrického pole v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného vedení V418/818

Průběh intenzity elektrického pole zobrazen na obr. 3 překračuje referenční hodnotu E^{limit} dle NV č. 291/2015 Sb.. Z tohoto důvodu je výpočtem dle NV č. 291/2015 Sb. prokázáno a na obr. 2 zobrazeno, že nedojde k překročení nejvyšší přípustné hodnoty modifikované intenzity elektrického pole E_{mod} .

Průběh magnetické indukce pod **posuzovaným vedením V418/818** v závislosti na vzdálenosti od osy vedení je znázorněn na obr. 4.



Obr. 4 Magnetická indukce v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného vedení V418/818

Průběh magnetické indukce zobrazen na obr. 4 nepřekračuje referenční hodnotu B^{limit} dle NV č. 291/2015 Sb..

III.3. Určení pásma vlivu dle ČSN 33 2040

Pro minimální projektovanou výšku fázových vodičů nad normálním terénním profilem byla pro posuzované vedení V418/818 určena šíře pásma vlivu elektrického a magnetického pole. Pásmo vlivu elektrického pole posuzovaného vedení se z obou stran prolíná s pásmo vlivu obou souběžných vedení. Pro stanovené pásmo vlivu nepřekračuje intenzita elektrického pole v žádném bodě ve výšce 1,8 m nad zemí hodnotu $10 \text{ kV}\cdot\text{m}^{-1}$.

Vliv magnetického pole nedosahuje v žádném bodě ve výšce 1,8 m nad zemí ani limitní hodnoty $100 \text{ }\mu\text{T}$ (tj. $0,1 \text{ mT}$), kterou je pásmo vlivu magnetického pole vymezeno.

IV. Závěr

Dodržením projektované minimální výšky spodních fázových vodičů $12,5 \text{ m}$ nad zemí bude zaručeno, že osoby, které se nacházejí v blízkosti posuzovaného energetického vedení, jsou bezpečně chráněny proti všem známým zdraví škodlivým účinkům zdroje elektromagnetického pole v souladu s nařízením vlády č. 291/2015 Sb. a platnými technickými normami ČSN 33 2040 a PNE 33 3300.

Literatura:

- [1] Nařízení vlády č. 291/2015 Sb., v platném znění
- [2] Metodický návod k postupu podle § 35 a 36 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, ve znění pozdějších předpisů, a nařízení vlády č. 291/2015 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením ze dne 11. 7.2017, č.j.: MZDR 509/2017-19/OVZ (vyšlo ve Věstníku ministerstva zdravotnictví ČR částka 8/2017, dne 28. července 2017)
- [3] Dědek, L.: Teorie elektromagnetického pole, VUT Brno, 1990, Brno.
- [4] ČSN 33 2040 – Ochrana před účinky elektromagnetického pole 50 Hz v pásmu vlivu zařízení elektrizační soustavy, leden 1993.
- [5] ČSN EN 50341-3 ZMĚNA Z2 Elektrická venkovní vedení s napětím nad AC 45 kV – Část 3: Soubor Národních normativních aspektů
- [6] ČSN EN 50341-1 ed. 2 Elektrická venkovní vedení s napětím nad AC 1 kV – Část 1: Obecné požadavky – Společné specifikace
- [7] PNE 33 3300 Navrhování a stavba venkovních vedení nad AC 45 kV

Posouzení vlivu neionizujícího záření

Dvojité vedení 400 kV tvaru Dunaj (V418/818)
v souběhu s dvojitým vedením 110 kV tvaru Soudek

EIA V418/818 – zdvojení vedení

Dokument slouží pro zpracování dokumentace potřebné při procesu EIA, přičemž pomocí výpočtů odborně posuzuje projektovanou výšku spodních fázových vodičů nad zemí vůči hygienickým požadavkům podle NV č. 291/2015 Sb. tak, aby byly splněny platné právní předpisy a technické normy.

Vypracoval:
Jan Světlík, DiS.



Schválil:
Dr. Ing. Vladimír Skoumal



1.7.2019

Obsah:

I. Vliv elektromagnetického pole s frekvencí 50 Hz na člověka.....	- 3 -
I.1. Nízkofrekvenční elektrická pole.....	- 3 -
I.2. Nízkofrekvenční magnetická pole.....	- 3 -
I.3. Modifikovaná intenzita elektrického pole	- 3 -
II. Požadavky předpisů.....	- 4 -
II.1. Nařízení vlády č. 291/2015 Sb.	- 4 -
II.2. Metodický návod Ministerstva zdravotnictví	- 4 -
II.3. Technické normy.....	- 6 -
II.4. Návaznost předpisů	- 6 -
III. Výpočty a výsledky	- 7 -
III.1. Vstupní parametry vedení.....	- 7 -
III.2. Vyhodnocení minimální projektované výšky fázových vodičů	- 8 -
III.3. Určení pásma vlivu dle ČSN 33 2040	- 11 -
IV. Závěr	- 11 -

I. Vliv elektromagnetického pole s frekvencí 50 Hz na člověka

Vysokonapěťová energetická vedení kolem sebe vytvářejí elektrická a magnetická pole. Vzhledem k nízké frekvenci nesou kvanta těchto polí nízkou energii, která je nedostatečná pro rozbití chemické molekulární vazby. Taková pole jsou označována jako neionizující záření.

I.1. Nízkofrekvenční elektrická pole

Tato pole působí na lidské tělo stejně jako na každou jinou látku, v jejíž struktuře se nacházejí nabití částice. Při působení těchto polí na lidské tělo se přemísťují elektrické náboje. Důsledkem toho je elektrický proud, který teče tělem do země.

I.2. Nízkofrekvenční magnetická pole

Tato pole indukují v lidském těle cirkulující proudy, jejichž intenzita závisí na intenzitě vnějšího magnetického pole.

I.3. Modifikovaná intenzita elektrického pole

Pro posouzení vlivu na zdraví je v NV č. 291/2015 Sb. zavedena veličina **modifikovaná intenzita elektrického pole** E_{mod} , která komplexně postihuje vliv elektrického i magnetického nízkofrekvenčního pole. Nepřekročení nejvyšších přípustných hodnot modifikované intenzity elektrického pole zaručuje, že osoby, které jsou vystaveny neionizujícímu záření, jsou chráněny proti všem známým zdraví škodlivým účinkům zdroje elektromagnetického pole (energetického vedení).

II. Požadavky předpisů

II.1. Nařízení vlády č. 291/2015 Sb.

Od 18. 11. 2015 je v účinnosti nařízení vlády č. 291/2015 Sb. [1] zrušující nařízení vlády č. 1/2008 Sb. a stanovující nejvyšší přípustné hodnoty a referenční hodnoty pro účinky způsobené elektrickou stimulací tkáně polem ve frekvenčním pásmu od 0 Hz do 10 MHz. Nejvyšší přípustná hodnota je dána **modifikovanou intenzitou elektrického pole E_{mod}** indukovaného v tkáni. Pro frekvenci 50 Hz vyplývají tyto nejvyšší přípustné hodnoty:

	E_{mod} (V.m ⁻¹)
pro zaměstnance	1
pro fyzické osoby v komunálním prostředí	0,2

Tab. 1 Nejvyšší přípustné hodnoty modifikované intenzity elektrického pole

Dodržení nejvyšších přípustných hodnot modifikované intenzity elektrického pole indukovaného v těle se zjišťuje výpočtem nebo měřením.

Referenční hodnoty jsou dány **intenzitou elektrického pole E^{limit}** a **magnetickou indukcí B^{limit}** . Budeme-li pro příklad uvažovat referenční hodnoty intenzity elektrického pole E^{limit} a magnetické indukce B^{limit} vždy pro jednu z nich (druhá je nulová z důvodu vyloučení ovlivnění fyzikálních veličin), jsou pro frekvenci 50 Hz uvažovány tyto referenční hodnoty:

	E^{limit} (V.m ⁻¹)	B^{limit} (μT)
pro zaměstnance	10 000	1 000
pro fyzické osoby v komunálním prostředí	2 000	200

Tab. 2 Referenční hodnoty intenzity elektrického pole a magnetické indukce

Nepřekročení referenční hodnoty zaručuje, že nejsou překročeny nejvyšší přípustné hodnoty. V případě, že z porovnání vypočtených nebo měřených hodnot příslušných veličin vyplýne, že referenční hodnoty jsou překračovány, musí být výpočtem nebo měřením prokázáno, že nedojde k překračování nejvyšších přípustných hodnot modifikované intenzity elektrického pole E_{mod} indukovaného v tkáni.

II.2. Metodický návod Ministerstva zdravotnictví

Metodický návod [2] podrobně rozvádí postup posouzení expozice a postup výpočtu modifikované intenzity elektrického pole. Návod byl vydán Ministerstvem zdravotnictví v roce 2017.

Modifikovaná intenzita elektrického pole je určena indukovanou intenzitou elektrického pole E , která projde filtrem s frekvenční odezvou

$$G(f) = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot 0,05} \cdot \frac{\left(1 + j \frac{f}{f_1}\right)}{\left(1 + j \frac{f}{f_0}\right) \left(1 + j \frac{f}{f_2}\right)}, \quad (1)$$

v případě expozice hlavy nebo

$$G(f) = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot 0,8} \cdot \frac{1}{1 + j \frac{f}{f_2}}, \quad (2)$$

v případě expozice těla s výjimkou hlavy, kde $f_0 = 25$ Hz; $f_1 = 400$ Hz; $f_2 = 3000$ Hz. Filtr (1) je nastaven tak, aby chránil exponovanou osobu před excitací nervů v oku a středním uchu a používá se pouze při expozici těchto orgánů. V ostatních případech se použije filtr (2).

Pro určení modifikované intenzity elektrického pole E_{mod} je nejprve třeba určit vlastní intenzitu elektrického pole E indukovanou v tkáni vnějším elektromagnetickým polem. Ta se stanovuje výpočtem. V případě expozice magnetickému poli s magnetickou indukcí B^{ext} je intenzita elektrického pole vyjádřena vzorcem

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

kde dB^{ext}/dt je časová změna magnetické indukce a K_B je koeficient zohledňující pozici v těle, kde intenzitu elektrického pole E hledáme.

Analogicky lze vyjádřit intenzitu elektrického pole E i v případě indukce vnějším elektrickým polem E^{ext} vzorcem

$$E = \frac{\epsilon_0}{\sigma} K_E \frac{dE^{\text{ext}}}{dt},$$

kde $\epsilon_0 \approx 8,9 \cdot 10^{-12}$ F.m⁻¹ je permitivita vakua, $\sigma \approx 0,2$ S.m⁻¹ je průměrná elektrická vodivost tkáně dE^{ext}/dt je časová změna vnější intenzity elektrického pole a K_E je koeficient zohledňující pozici v těle, kde intenzitu elektrického pole E hledáme.

Koeficienty K_E a K_B jsou stanoveny pro hygienicky nejhorší situaci, kdy je tělo vystaveno homogennímu magnetickému poli kolmému k hrudi a homogennímu elektrickému poli ve směru od hlavy k nohám takto:

	K_E (-)	K_B (m)
v hlavě	66	0,05
v krku	100	0,12
v hrudi	70	0,13

Tab. 3 Hodnoty koeficientů pro výpočet intenzity elektrického pole

Při souběžné expozici elektrickému a magnetickému poli se expozice s magnetickou indukcí B^{ext} a indukci vnějším elektrickým polem E^{ext} sečtou v absolutních hodnotách, čímž je vystižen hygienicky nejméně příznivý případ.

Pro účely hodnocení expozice podle nařízení vlády č. 291/2015 Sb. se exponovanou osobou míní osoba o maximální výšce 1,8 m. Pro uvážení hygienicky nejhoršího případu se dále předpokládá, že chodidla osoby jsou vodivě spojena se zemí, tedy bosé nohy na vlhkém terénu.

Modifikovaná intenzita elektrického pole E_{mod} je pak určena indukovanou intenzitou elektrického pole E , která projde filtrem s frekvenční odezvou. Pro $f=50$ Hz je hodnota filtru v případě expozice hlavy rovna 6,4.

$$E_{\text{mod}} = 6,4 \cdot E \quad [V \cdot m^{-1}]$$

II.3. Technické normy

ČSN 33 2040 z ledna 1993

Tato platná norma definuje pásmo vlivu elektrického pole od zařízení elektrizační soustavy jako prostor v okolí zařízení, kde intenzita elektrického pole ve výši 1,8 m nad zemí je vyšší než 1 kV/m. Obdobně norma definuje pásmo vlivu magnetického pole od zařízení elektrizační soustavy jako prostor v okolí zařízení, kde magnetická indukce je vyšší než 0,1 mT.

V pásmech vlivu elektroenergetických zařízení veřejně přístupných nesmí intenzita elektrického pole ve výši 1,8 m nad zemí překročit hodnotu 10 kV/m. V pásmu vlivu elektroenergetických zařízení v prostorách přístupných osobám nesmí magnetická indukce převýšit hodnotu 0,5 mT.

Soubor norem ČSN EN 50341

Tento soubor technických norem se odkazuje na nařízení vlády (viz kapitola II.1 tohoto posouzení).

PNE 33 3300 ed. 2

Tato platná norma definuje nejkratší vzdálenosti vodičů od země ve volné krajině, kdy nejkratší vzdálenost k zemi ve volné krajině s normálním terénním profilem a na volně přístupných místech je 8,4 m pro vedení napěťové hladiny 400 kV.

Norma odkazuje na nejvyšší přípustné hodnoty neionizujícího záření dle nařízení vlády č. 291/2015 Sb. (v platném znění).

II.4. Návaznost předpisů

Zákon č. 258/2000 Sb., v platném znění zapracovává práva a povinnosti osob v oblasti ochrany a podpory veřejného zdraví. Nařizuje provádět taková technická a organizační opatření, aby expozice fyzických osob v rozsahu upraveném prováděcím právním předpisem nepřekračovaly nejvyšší přípustné hodnoty neionizujícího záření.

Pro provozovatele PS ze zákona vyplývá povinnost dodržení ustanovení uvedených v nařízení vlády 291/2015 Sb. Toto nařízení zapracovává a upravuje hygienické limity neionizujícího záření (E_{mod}), metody a způsob jejich zjišťování a hodnocení.

Technické normy (ČSN, PNE apod.) obecně podrobněji upravují technické požadavky a činnosti v návaznosti na předpisy vyšší právní síly (zákony, nařízení vlády apod.). V případech, kde zákon či nařízení vlády podrobně řeší oblast paralelně řešenou technickou normou, je nezbytné upřednostnit znění předpisu s vyšší právní silou.

III. Výpočty a výsledky

III.1. Vstupní parametry vedení

Dvojité vedení tvaru Dunaj

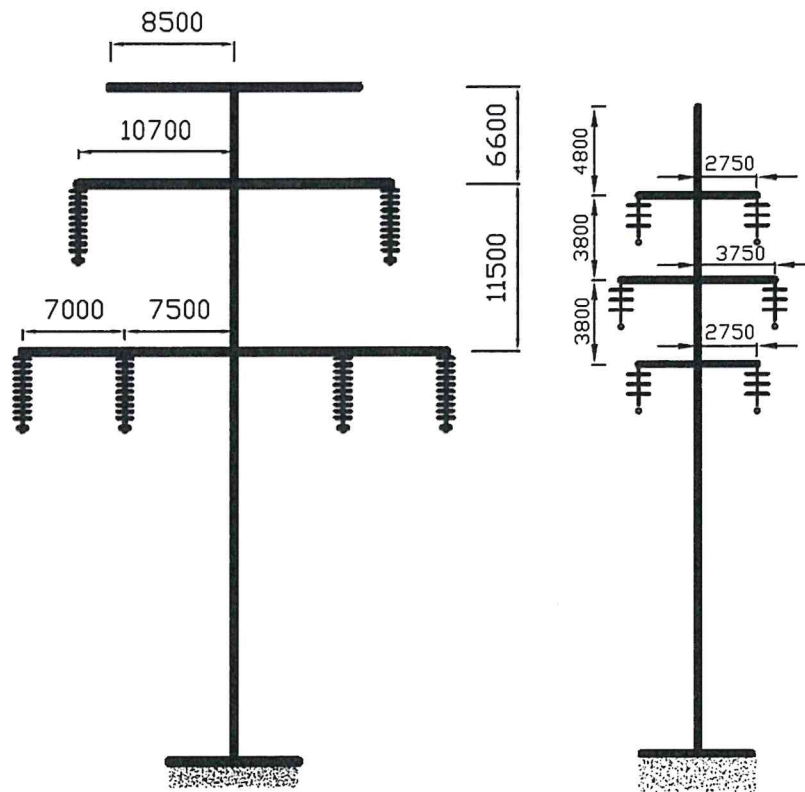
(posuzované vedení V418/818 v úseku mezi st. č. 95 – 102)

Napěťová soustava:	3-f s přímo uzemněným nulovým bodem – TT, 50 Hz
Jmenovité provozní napětí:	400 kV
Jmenovitý proud ve fázi:	2500 A
Konstrukce fázových vodičů:	svazek tří lanových vodičů AlFe o průměru 30,6 mm uspořádaných do rovnostranného trojúhelníku, krok svazku a = 400 mm
Konstrukce zemnicího lana:	zemnicí lano AlFe o průměru 19,5 mm
Uspořádání hlavy stožáru:	stožáry ocelové, příhradové, pro dvojnásobné vedení 400 kV tvaru „Dunaj“ (viz obrázek č. 1)
Šířka ochranného pásma:	20 m od průmětu krajní fáze 400 kV (podle zákona 458/2000 Sb., energetický zákon v platném znění).
Šíře koridoru:	69,4 m v běžné trase
Projektovaná minimální výška fázových vodičů nad normálním terénním profilem:	12,5 m

Dvojité vedení tvaru Soudek

(souběžné vedení V573 zleva v majetku E.ON Distribuce)

Napěťová soustava:	3-f s přímo uzemněným nulovým bodem – TT, 50 Hz
Jmenovité provozní napětí:	110 kV
Jmenovitý proud ve fázi:	585 A
Konstrukce fázových vodičů:	jeden lanový vodič AlFe o průměru 21,8 mm
Konstrukce zemnicího lana:	zemnicí lano AlFe o průměru 16,7 mm
Uspořádání hlavy stožáru:	stožáry ocelové, příhradové, pro dvojnásobné vedení 110 kV tvaru „Soudek“ (viz obrázek č. 1)
Osová vzdálenost vedení:	50 m (V418/818 – V573)
Šířka ochranného pásma:	15 m od průmětu krajní fáze 110 kV (podle zákona 79/1957 Sb., o výrobě, rozvodu a spotřebě elektřiny ve znění platném v době výstavby vedení).
Šíře koridoru:	37,5 m v běžné trase.



Obr. 1 Uspořádání hlavy stožáru tvaru Dunaj a Soudek

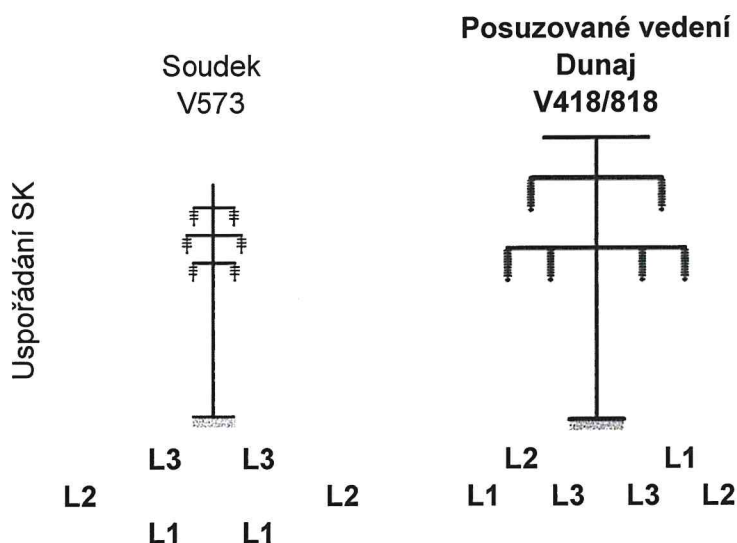
III.2. Vyhodnocení minimální projektované výšky fázových vodičů

Výpočty byly provedeny pomocí aplikace v programu MS EXCEL založené na výpočtech elektrických a magnetických polí pomocí kapacitních koeficientů a Maxwellových rovnic. Přesnost výstupů této aplikace byla ověřena srovnáním s výsledky měření a rovněž s výstupy jiných respektovaných výpočetních aplikací.

Hodnoty modifikované intenzity elektrického pole byly vypočítány ve výšce nad zemí odpovídající osobě o maximální výšce 1,8 m.

Ve výpočtu intenzity elektrického pole indukovaného v tkáni je zvolen přísnější filtr ($G = 6,4$) pro oči a střední ucho. Proto je ve výsledcích výpočtu uveden případ pro expozici hlavy.

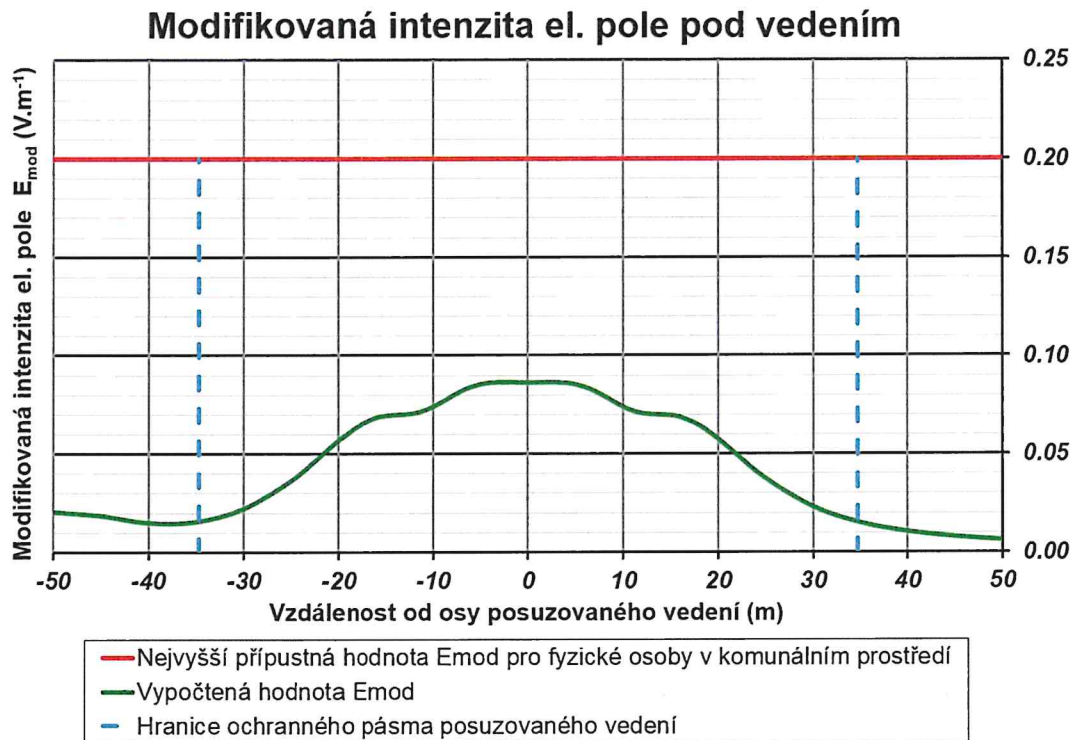
Dále bylo zkoumáno, jaký vliv má vzájemné uspořádání fázových vodičů. Nejvyšší hodnoty modifikované intenzity elektrického pole byly prokázány u následujícího uspořádání:



Uvažování daného uspořádání fázových vodičů při výpočtu zajišťuje, že při minimální projektované výšce fázových vodičů nad normálním terénním profilem bude vliv elektromagnetického pole při jakémkoliv jiném sledu fází menší anebo stejný. Proto je dále uvažováno s uvedeným uspořádáním.

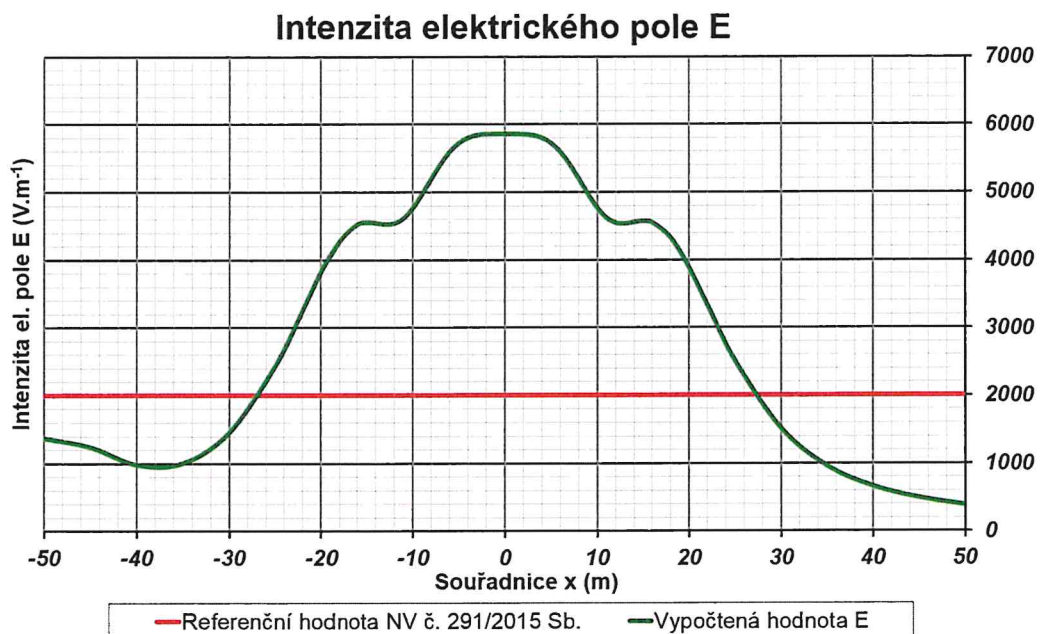
Minimální projektovaná výška spodních fázových vodičů nad normálním terénním profilem hodnoty **12,5 m** pro dvojitě vedení V418/818 tvaru Dunaj **vyhovuje** hygienickému limitu modifikované intenzity elektrického pole E_{mod} stanovené dle NV č. 291/2015 Sb. a metodického návodu. Minimální projektovaná výška spodních fázových vodičů je zvolena s ohledem na umožnění zemědělských a jiných aktivit a zajištění požadavků na bezpečnost osob, zvířat a objektů pod vedením a jeho těsné blízkosti (v prostoru ochranného pásma vedení).

Průběh modifikované intenzity elektrického pole pod **posuzovaným vedením V418/818** v závislosti na vzdálenosti od osy vedení je znázorněn na obr. 2.



Obr. 2 Modifikovaná intenzita elektrického pole v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného vedení V418/818

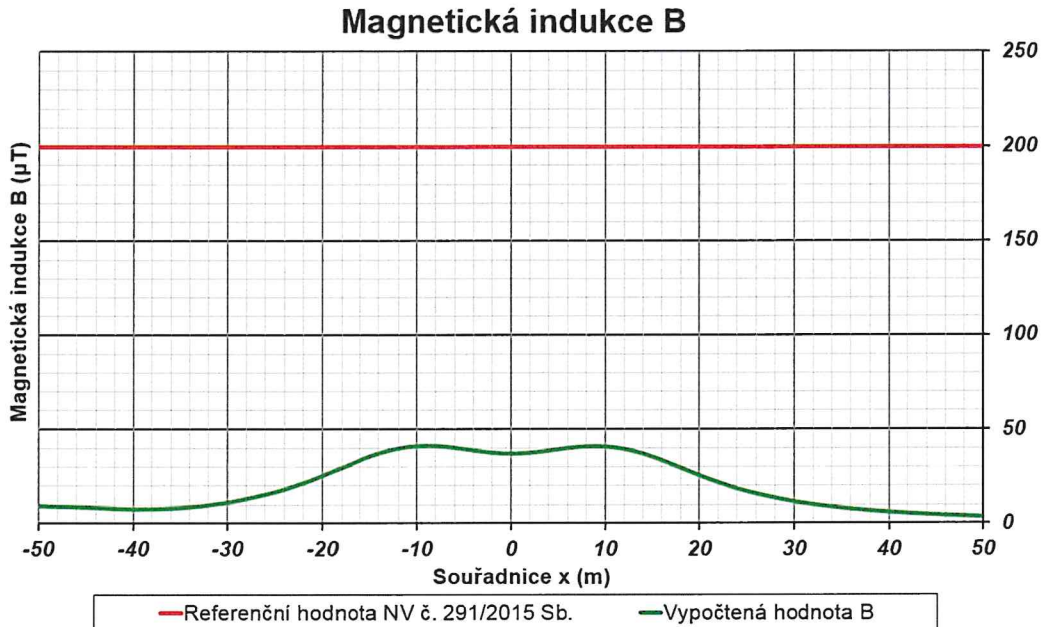
Průběh intenzity elektrického pole pod **posuzovaným vedením V418/818** v závislosti na vzdálenosti od osy vedení je znázorněn na obr. 3.



Obr. 3 Intenzita elektrického pole v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného vedení V418/818

Průběh intenzity elektrického pole zobrazen na obr. 3 překračuje referenční hodnotu E^{limit} dle NV č. 291/2015 Sb. Z tohoto důvodu je výpočtem dle NV č. 291/2015 Sb. prokázáno a na obr. 2 zobrazeno, že nedojde k překročení nejvyšší přípustné hodnoty modifikované intenzity elektrického pole E_{mod} .

Průběh magnetické indukce pod **posuzovaným vedením V418/818** v závislosti na vzdálenosti od osy vedení je znázorněn na obr. 4.



Obr. 4 Magnetická indukce v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného vedení V418/818

Průběh magnetické indukce zobrazen na obr. 4 nepřekračuje referenční hodnotu B^{limit} dle NV č. 291/2015 Sb.

III.3. Určení pásma vlivu dle ČSN 33 2040

Pro minimální projektovanou výšku fázových vodičů nad normálním terénním profilem byla pro posuzované vedení V418/818 určena šíře pásma vlivu elektrického a magnetického pole. Pásmo vlivu elektrického pole působí do vzdálenosti 35 m napravo od osy posuzovaného vedení. Mezi posuzovaným a souběžným vedením se pásma vlivu prolínají. Pro stanovené pásmo vlivu nepřekračuje intenzita elektrického pole v žádném bodě ve výšce 1,8 m nad zemí hodnotu $10 \text{ kV}\cdot\text{m}^{-1}$.

Vliv magnetického pole nedosahuje v žádném bodě ve výšce 1,8 m nad zemí ani limitní hodnoty $100 \text{ }\mu\text{T}$ (tj. $0,1 \text{ mT}$), kterou je pásmo vlivu magnetického pole vymezeno.

IV. Závěr

Dodržením projektované minimální výšky spodních fázových vodičů 12,5 m nad zemí bude zaručeno, že osoby, které se nacházejí v blízkosti posuzovaného energetického vedení, jsou bezpečně chráněny proti všem známým zdraví škodlivým účinkům zdroje elektromagnetického pole v souladu s nařízením vlády č. 291/2015 Sb. a platnými technickými normami ČSN 33 2040 a PNE 33 3300.

Literatura:

- [1] Nařízení vlády č. 291/2015 Sb., v platném znění
- [2] Metodický návod k postupu podle § 35 a 36 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, ve znění pozdějších předpisů, a nařízení vlády č. 291/2015 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením ze dne 11. 7.2017, č.j.: MZDR 509/2017-19/OVZ (vyšlo ve Věstníku ministerstva zdravotnictví ČR částka 8/2017, dne 28. července 2017)
- [3] Dědek, L.: Teorie elektromagnetického pole, VUT Brno, 1990, Brno.
- [4] ČSN 33 2040 – Ochrana před účinky elektromagnetického pole 50 Hz v pásmu vlivu zařízení elektrizační soustavy, leden 1993.
- [5] ČSN EN 50341-3 ZMĚNA Z2 Elektrická venkovní vedení s napětím nad AC 45 kV – Část 3: Soubor Národních normativních aspektů
- [6] ČSN EN 50341-1 ed. 2 Elektrická venkovní vedení s napětím nad AC 1 kV – Část 1: Obecné požadavky – Společné specifikace
- [7] PNE 33 3300 Navrhování a stavba venkovních vedení nad AC 45 kV

Posouzení vlivu neionizujícího záření

Objekty v ochranném pásmu dvojitého vedení 400 kV tvaru Dunaj (V418/818)

EIA V418/818 – zdvojení vedení

Dokument slouží pro zpracování dokumentace potřebné při procesu EIA, přičemž pomocí výpočtů odborně posuzuje projektovanou výšku spodních fázových vodičů nad zemí vůči hygienickým požadavkům podle NV č. 291/2015 Sb. v místech, kde se v ochranném pásmu vyskytují objekty tak, aby byly splněny platné právní předpisy a technické normy.

Vypracoval:
Jan Světlík, DiS.



Schválil:
Dr. Ing. Vladimír Skoumal



1.7.2019

Obsah:

I. Vliv elektromagnetického pole s frekvencí 50 Hz na člověka.....	- 3 -
I.1. Nízkofrekvenční elektrická pole.....	- 3 -
I.2. Nízkofrekvenční magnetická pole.....	- 3 -
I.3. Modifikovaná intenzita elektrického pole	- 3 -
II. Požadavky předpisů.....	- 4 -
II.1. Nařízení vlády č. 291/2015 Sb.	- 4 -
II.2. Metodický návod Ministerstva zdravotnictví	- 4 -
II.3. Technické normy.....	- 6 -
II.4. Návaznost předpisů	- 6 -
III. Výpočty a výsledky	- 7 -
III.1. Vstupní parametry vedení.....	- 7 -
III.2. Okrajové podmínky výpočtu	- 8 -
III.3. Vyhodnocení minimální projektované výšky fázových vodičů	- 9 -
IV. Závěr	- 9 -

I. Vliv elektromagnetického pole s frekvencí 50 Hz na člověka

Vysokonapěťová energetická vedení kolem sebe vytvářejí elektrická a magnetická pole. Vzhledem k nízké frekvenci nesou kvanta těchto polí nízkou energii, která je nedostatečná pro rozbití chemické molekulární vazby. Taková pole jsou označována jako neionizující záření.

I.1. Nízkofrekvenční elektrická pole

Tato pole působí na lidské tělo stejně jako na každou jinou látku, v jejíž struktuře se nacházejí nabití částice. Při působení těchto polí na lidské tělo se přemísťují elektrické náboje. Důsledkem toho je elektrický proud, který teče tělem do země.

I.2. Nízkofrekvenční magnetická pole

Tato pole indukují v lidském těle cirkulující proudy, jejichž intenzita závisí na intenzitě vnějšího magnetického pole.

I.3. Modifikovaná intenzita elektrického pole

Pro posouzení vlivu na zdraví je v NV č. 291/2015 Sb. zavedena veličina **modifikovaná intenzita elektrického pole** E_{mod} , která komplexně postihuje vliv elektrického i magnetického nízkofrekvenčního pole. Nepřekročení nejvyšších přípustných hodnot modifikované intenzity elektrického pole zaručuje, že osoby, které jsou vystaveny neionizujícímu záření, jsou chráněny proti všem známým zdravotně škodlivým účinkům zdroje elektromagnetického pole (energetického vedení).

II. Požadavky předpisů

II.1. Nařízení vlády č. 291/2015 Sb.

Od 18. 11. 2015 je v účinnosti nařízení vlády č. 291/2015 Sb. [1] zrušující nařízení vlády č. 1/2008 Sb. a stanovující nejvyšší přípustné hodnoty a referenční hodnoty pro účinky způsobené elektrickou stimulací tkáně polem ve frekvenčním pásmu od 0 Hz do 10 MHz. Nejvyšší přípustná hodnota je dána **modifikovanou intenzitou elektrického pole E_{mod}** indukovaného v tkáni. Pro frekvenci 50 Hz vyplývají tyto nejvyšší přípustné hodnoty:

	E_{mod} (V.m ⁻¹)
pro zaměstnance	1
pro fyzické osoby v komunálním prostředí	0,2

Tab. 1 Nejvyšší přípustné hodnoty modifikované intenzity elektrického pole

Dodržení nejvyšších přípustných hodnot modifikované intenzity elektrického pole indukovaného v těle se zjišťuje výpočtem nebo měřením.

Referenční hodnoty jsou dány **intenzitou elektrického pole E^{limit}** a **magnetickou indukcí B^{limit}** . Budeme-li pro příklad uvažovat referenční hodnoty intenzity elektrického pole E^{limit} a magnetické indukce B^{limit} vždy pro jednu z nich (druhá je nulová z důvodu vyloučení ovlivnění fyzikálních veličin), jsou pro frekvenci 50 Hz uvažovány tyto referenční hodnoty:

	E^{limit} (V.m ⁻¹)	B^{limit} (μT)
pro zaměstnance	10 000	1 000
pro fyzické osoby v komunálním prostředí	2 000	200

Tab. 2 Referenční hodnoty intenzity elektrického pole a magnetické indukce

Nepřekročení referenční hodnoty zaručuje, že nejsou překročeny nejvyšší přípustné hodnoty. V případě, že z porovnání vypočtených nebo měřených hodnot příslušných veličin vyplývá, že referenční hodnoty jsou překračovány, musí být výpočtem nebo měřením prokázáno, že nedojde k překračování nejvyšších přípustných hodnot modifikované intenzity elektrického pole E_{mod} indukovaného v tkáni.

II.2. Metodický návod Ministerstva zdravotnictví

Metodický návod [2] podrobně rozvádí postup posouzení expozice a postup výpočtu modifikované intenzity elektrického pole. Návod byl vydán Ministerstvem zdravotnictví v roce 2017.

Modifikovaná intenzita elektrického pole je určena indukovanou intenzitou elektrického pole E , která projde filtrem s frekvenční odezvou

$$G(f) = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot 0,05} \cdot \frac{\left(1 + j \frac{f}{f_1}\right)}{\left(1 + j \frac{f}{f_0}\right) \left(1 + j \frac{f}{f_2}\right)}, \quad (1)$$

v případě expozice hlavy nebo

$$G(f) = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot 0,8} \cdot \frac{1}{1 + j \frac{f}{f_2}}, \quad (2)$$

v případě expozice těla s výjimkou hlavy, kde $f_0 = 25$ Hz; $f_1 = 400$ Hz; $f_2 = 3000$ Hz. Filtr (1) je nastaven tak, aby chránil exponovanou osobu před excitací nervů v oku a středním uchu a používá se pouze při expozici těchto orgánů. V ostatních případech se použije filtr (2).

Pro určení modifikované intenzity elektrického pole E_{mod} je nejprve třeba určit vlastní intenzitu elektrického pole E indukovanou v tkáni vnějším elektromagnetickým polem. Ta se stanovuje výpočtem. V případě expozice magnetickému poli s magnetickou indukcí B^{ext} je intenzita elektrického pole vyjádřena vzorcem

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

kde dB^{ext}/dt je časová změna magnetické indukce a K_B je koeficient zohledňující pozici v těle, kde intenzitu elektrického pole E hledáme.

Analogicky lze vyjádřit intenzitu elektrického pole E i v případě indukce vnějším elektrickým polem E^{ext} vzorcem

$$E = \frac{\epsilon_0}{\sigma} K_E \frac{dE^{\text{ext}}}{dt},$$

kde $\epsilon_0 \approx 8,9 \cdot 10^{-12}$ F.m⁻¹ je permitivita vakua, $\sigma \approx 0,2$ S.m⁻¹ je průměrná elektrická vodivost tkáně dE^{ext}/dt je časová změna vnější intenzity elektrického pole a K_E je koeficient zohledňující pozici v těle, kde intenzitu elektrického pole E hledáme.

Koeficienty K_E a K_B jsou stanoveny pro hygienicky nejhorší situaci, kdy je tělo vystaveno homogennímu magnetickému poli kolmému k hrudi a homogennímu elektrickému poli ve směru od hlavy k nohám takto:

	K_E (-)	K_B (m)
v hlavě	66	0,05
v krku	100	0,12
v hrudi	70	0,13

Tab. 3 Hodnoty koeficientů pro výpočet intenzity elektrického pole

Při souběžné expozici elektrickému a magnetickému poli se expozice s magnetickou indukci B^{ext} a indukci vnějším elektrickým polem E^{ext} sečtou v absolutních hodnotách, čímž je vystižen hygienicky nejméně příznivý případ.

Pro účely hodnocení expozice podle nařízení vlády č. 291/2015 Sb. se exponovanou osobou míní osoba o maximální výšce 1,8 m. Pro uvážení hygienicky nejhoršího případu se dále předpokládá, že chodidla osoby jsou vodivě spojena se zemí, tedy bosé nohy na vlhkém terénu.

Modifikovaná intenzita elektrického pole E_{mod} je pak určena indukovanou intenzitou elektrického pole E , která projde filtrem s frekvenční odezvou. Pro $f=50$ Hz je hodnota filtru v případě expozice hlavy rovna 6,4.

$$E_{\text{mod}} = 6,4 \cdot E \quad [V \cdot m^{-1}]$$

II.3. Technické normy

ČSN 33 2040 z ledna 1993

Tato platná norma definuje pásmo vlivu elektrického pole od zařízení elektrizační soustavy jako prostor v okolí zařízení, kde intenzita elektrického pole ve výši 1,8 m nad zemí je vyšší než 1 kV/m. Obdobně norma definuje pásmo vlivu magnetického pole od zařízení elektrizační soustavy jako prostor v okolí zařízení, kde magnetická indukce je vyšší než 0,1 mT.

V pásmech vlivu elektroenergetických zařízení veřejně přístupných nesmí intenzita elektrického pole ve výši 1,8 m nad zemí překročit hodnotu 10 kV/m. V pásmu vlivu elektroenergetických zařízení v prostorách přístupných osobám nesmí magnetická indukce převýšit hodnotu 0,5 mT.

Soubor norem ČSN EN 50341

Tento soubor technických norem se odkazuje na nařízení vlády (viz kapitola II.1 tohoto posouzení).

PNE 33 3300 ed. 2

Tato platná norma definuje nejkratší vzdálenosti vodičů od země ve volné krajině, kdy nejkratší vzdálenost k zemi ve volné krajině s normálním terénním profilem a na volně přístupných místech je 8,4 m pro vedení napěťové hladiny 400 kV.

Norma odkazuje na nejvyšší přípustné hodnoty neionizujícího záření dle nařízení vlády č. 291/2015 Sb. (v platném znění).

II.4. Návaznost předpisů

Zákon č. 258/2000 Sb., v platném znění zapracovává práva a povinnosti osob v oblasti ochrany a podpory veřejného zdraví. Nařizuje provádět taková technická a organizační opatření, aby expozice fyzických osob v rozsahu upraveném prováděcím právním předpisem nepřekračovaly nejvyšší přípustné hodnoty neionizujícího záření.

Pro provozovatele PS ze zákona vyplývá povinnost dodržení ustanovení uvedených v nařízení vlády 291/2015 Sb. Toto nařízení zapracovává a upravuje hygienické limity neionizujícího záření (E_{mod}), metody a způsob jejich zjišťování a hodnocení.

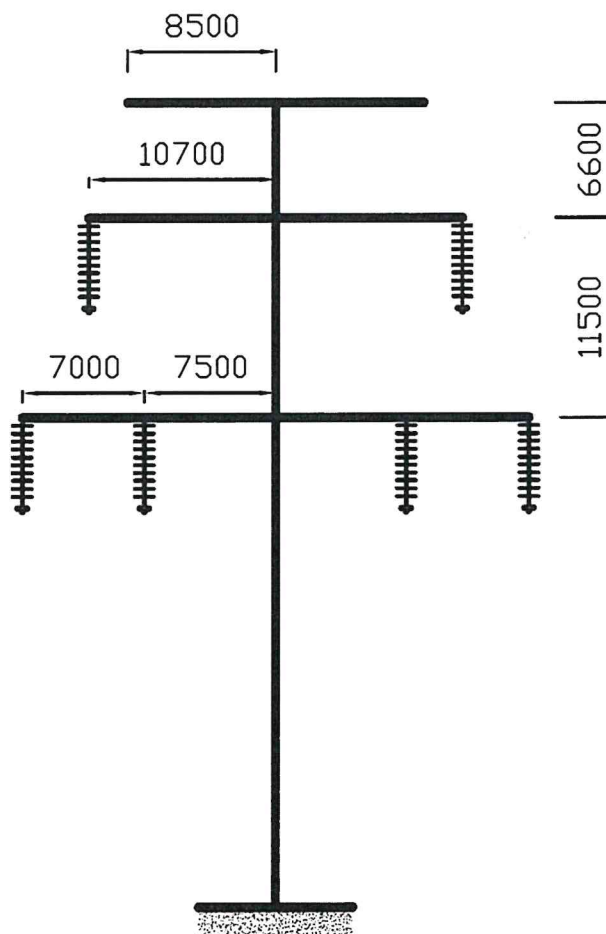
Technické normy (ČSN, PNE apod.) obecně podrobněji upravují technické požadavky a činnosti v návaznosti na předpisy vyšší právní síly (zákony, nařízení vlády apod.). V případech, kde zákon či nařízení vlády podrobně řeší oblast paralelně řešenou technickou normou, je nezbytné upřednostnit znění předpisu s vyšší právní silou.

III. Výpočty a výsledky

III.1. Vstupní parametry vedení

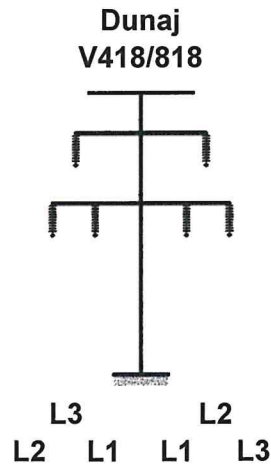
Dvojité vedení tvaru Dunaj

Napěťová soustava:	3-f s přímo uzemněným nulovým bodem – TT, 50 Hz
Jmenovité provozní napětí:	400 kV
Jmenovitý proud ve fázi:	2500 A
Konstrukce fázových vodičů:	svazek tří lanových vodičů AlFe o průměru 30,6 mm, krok svazku a = 400 mm
Konstrukce zemnicího lana:	zemnicí lano AlFe o průměru 19,5 mm
Uspořádání hlavy stožáru:	stožáry ocelové, příhradové, pro dvojnásobné vedení 400 kV tvaru „Dunaj“ (viz obrázek č. 1)
Označení vedení:	V418/818
Šířka ochranného pásma:	20 m od průmětu krajní fáze 400 kV (podle zákona 458/2000 Sb., energetický zákon v platném znění).
Šíře koridoru:	69,4 m v běžné trase



Obr. 1 Uspořádání hlavy stožáru tvaru Dunaj

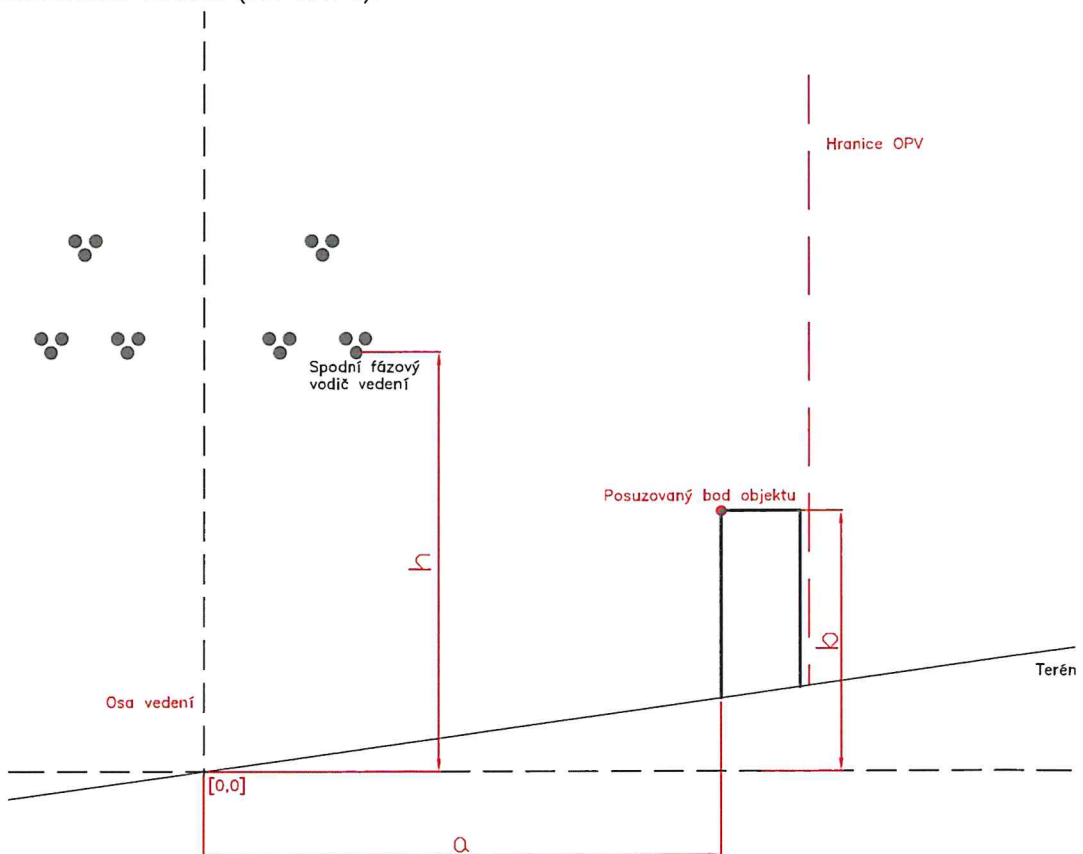
Uspořádání fázových vodičů:



Projektovaná minimální výška fázových vodičů nad normálním terénním profilem: 12,5 m

III.2. Okrajové podmínky výpočtu

Poloha objektů vůči vedení je popsána v příloze č. 1 tohoto posouzení a to výškou posuzovaného bodu objektu nad terénem v ose vedení a vzdáleností objektů od osy posuzovaného vedení (viz obr. 2).



Obr. 2 Řez v rovině kolmé k ose vedení v posuzovaném bodě

Je předpokládán trvalý pobyt osob na uvedeném nejvyšším místě objektu, což představuje z pohledu expozice neionizujícím zářením hygienicky nejméně příznivý případ. Působení na osoby nacházející se uvnitř sledovaných objektů bude vždy nižší. Všechny posuzované objekty jsou situovány vně průmětů vodičů posuzovaného vedení.

III.3. Vyhodnocení minimální výšky fázových vodičů

Výpočty byly provedeny pomocí aplikace v programu MS EXCEL založené na výpočtech elektrických a magnetických polí pomocí kapacitních koeficientů a Maxwellových rovnic. Přesnost výstupů této aplikace byla ověřena srovnáním s výsledky měření a rovněž s výstupy jiných respektovaných výpočetních aplikací.

Hodnoty modifikované intenzity elektrického pole E_{mod} byly vypočítány pro osobu stojící na nejvyšším místě objektu v bodě, který je nejbližší ose vedení. U objektů nacházejících se velmi blízko pod fázovými vodiči byla poloha osoby upravena tak, aby se zkoumaný bod nacházel v bodě maxima křivky E_{mod} . Ve výpočtu intenzity elektrického pole indukovaného v tkáni je zvolen přísnější filtr ($G = 6,4$) pro oči a střední ucho. Proto je ve výsledcích výpočtu uveden případ pro expozici hlavy.

Uspořádání fázových vodičů uvedené v kap. III.1 vyjadřuje hygienicky nejméně příznivý stav pro daný tvar použitých stožárů.

Minimální výška spodních fázových vodičů nad zemí v místech průchodu vedení kolem objektů OPV je vyhodnocena s ohledem na hygienický limit modifikované intenzity elektrického pole E_{mod} stanovené dle NV č. 291/2015 Sb. a metodického návodu. Minimální výšky (nejkratší vzdálenosti) spodních fázových vodičů vypočtené ve zkoumaných bodech jsou uvedeny v příloze č. 1 tohoto posouzení.

IV. Závěr

Dodržením minimální výšky fázových vodičů nad zemí v místech průchodu vedení kolem objektů v OPV (viz příloha č. 1 tohoto posouzení) bude zaručeno, že osoby, které se nacházejí v nebo na uvedených objektech v blízkosti posuzovaného energetického vedení, jsou bezpečně chráněny proti všem známým zdravotně škodlivým účinkům zdroje elektromagnetického pole v souladu s nařízením vlády č. 291/2015 Sb.

Literatura:

- [1] Nařízení vlády č. 291/2015 Sb., v platném znění
- [2] Metodický návod k postupu podle § 35 a 36 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, ve znění pozdějších předpisů, a nařízení vlády č. 291/2015 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením ze dne 11. 7.2017, č.j.: MZDR 509/2017-19/OVZ (vyšlo ve Věstníku ministerstva zdravotnictví ČR částka 8/2017, dne 28. července 2017)
- [3] Dědek, L.: Teorie elektromagnetického pole, VUT Brno, 1990, Brno.
- [4] ČSN 33 2040 – Ochrana před účinky elektromagnetického pole 50 Hz v pásmu vlivu zařízení elektrizační soustavy, leden 1993.
- [5] ČSN EN 50341-3 ZMĚNA Z2 Elektrická venkovní vedení s napětím nad AC 45 kV – Část 3: Soubor Národních normativních aspektů
- [6] ČSN EN 50341-1 ed. 2 Elektrická venkovní vedení s napětím nad AC 1 kV – Část 1: Obecné požadavky – Společné specifikace
- [7] PNE 33 3300 Navrhování a stavba venkovních vedení nad AC 45 kV

Příloha č. 1

Obj. č.	Úsek vedení	Vzdálenost posuzovaného bodu objektu od osy vedení - a [m]	Výška posuzovaného bodu objektu - b [m]	E_{mod} [V.m ⁻¹]	Minimální výška fázových vodičů [m]
31	75 - 76	32,9	7	0,018	12,5

Poznámky:

- 1) Ve sloupci "Minimální výška fázových vodičů" jsou uvedeny hodnoty nejmenší výšky spodních fázových vodičů v místě, kde osa vedení prochází nejbližšímu objektu v OPV.

Posouzení vlivu neionizujícího záření

Dvojitě vedení 400 kV tvaru Dunaj a dvojitě vedení 220 kV tvaru Donau v místě křížení u „lokality Sušice“

EIA V418/818 – zdvojení vedení

Dokument slouží pro zpracování dokumentace potřebné při procesu EIA, přičemž pomocí výpočtů odborně posuzuje projektovanou výšku spodních fázových vodičů nad zemí vůči hygienickým požadavkům podle NV č. 291/2015 Sb. tak, aby byly splněny platné právní předpisy a technické normy.

Vypracoval:
Jan Světlík, DiS.



Schválil:
Dr. Ing. Vladimír Skoumal



3.7.2019

Obsah:

I. Vliv elektromagnetického pole s frekvencí 50 Hz na člověka.....	- 3 -
I.1. Nízkofrekvenční elektrická pole.....	- 3 -
I.2. Nízkofrekvenční magnetická pole.....	- 3 -
I.3. Modifikovaná intenzita elektrického pole	- 3 -
II. Požadavky předpisů.....	- 4 -
II.1. Nařízení vlády č. 291/2015 Sb.	- 4 -
II.2. Metodický návod Ministerstva zdravotnictví	- 4 -
II.3. Technické normy.....	- 6 -
II.4. Návaznost předpisů	- 6 -
III. Výpočty a výsledky	- 7 -
III.1. Vstupní parametry vedení.....	- 7 -
III.2. Vyhodnocení minimální projektované výšky fázových vodičů	- 8 -
III.3. Určení pásma vlivu dle ČSN 33 2040	- 12 -
IV. Závěr	- 12 -

I. Vliv elektromagnetického pole s frekvencí 50 Hz na člověka

Vysokonapěťová energetická vedení kolem sebe vytvářejí elektrická a magnetická pole. Vzhledem k nízké frekvenci nesou kvanta těchto polí nízkou energii, která je nedostatečná pro rozbití chemické molekulární vazby. Taková pole jsou označována jako neionizující záření.

I.1. Nízkofrekvenční elektrická pole

Tato pole působí na lidské tělo stejně jako na každou jinou látku, v jejíž struktuře se nacházejí nabití částice. Při působení těchto polí na lidské tělo se přemísťují elektrické náboje. Důsledkem toho je elektrický proud, který teče tělem do země.

I.2. Nízkofrekvenční magnetická pole

Tato pole indukují v lidském těle cirkulující proudy, jejichž intenzita závisí na intenzitě vnějšího magnetického pole.

I.3. Modifikovaná intenzita elektrického pole

Pro posouzení vlivu na zdraví je v NV č. 291/2015 Sb. zavedena veličina **modifikovaná intenzita elektrického pole** E_{mod} , která komplexně postihuje vliv elektrického i magnetického nízkofrekvenčního pole. Nepřekročení nejvyšších přípustných hodnot modifikované intenzity elektrického pole zaručuje, že osoby, které jsou vystaveny neionizujícímu záření, jsou chráněny proti všem známým zdraví škodlivým účinkům zdroje elektromagnetického pole (energetického vedení).

II. Požadavky předpisů

II.1. Nařízení vlády č. 291/2015 Sb.

Od 18. 11. 2015 je v účinnosti nařízení vlády č. 291/2015 Sb. [1] zrušující nařízení vlády č. 1/2008 Sb. a stanovující nejvyšší přípustné hodnoty a referenční hodnoty pro účinky způsobené elektrickou stimulací tkáně polem ve frekvenčním pásmu od 0 Hz do 10 MHz. Nejvyšší přípustná hodnota je dána **modifikovanou intenzitou elektrického pole E_{mod}** indukovaného v tkáni. Pro frekvenci 50 Hz vyplývají tyto nejvyšší přípustné hodnoty:

	E_{mod} (V.m ⁻¹)
pro zaměstnance	1
pro fyzické osoby v komunálním prostředí	0,2

Tab. 1 Nejvyšší přípustné hodnoty modifikované intenzity elektrického pole

Dodržení nejvyšších přípustných hodnot modifikované intenzity elektrického pole indukovaného v těle se zjišťuje výpočtem nebo měřením.

Referenční hodnoty jsou dány **intenzitou elektrického pole E^{limit}** a **magnetickou indukcí B^{limit}** . Budeme-li pro příklad uvažovat referenční hodnoty intenzity elektrického pole E^{limit} a magnetické indukce B^{limit} vždy pro jednu z nich (druhá je nulová z důvodu vyloučení ovlivnění fyzikálních veličin), jsou pro frekvenci 50 Hz uvažovány tyto referenční hodnoty:

	E^{limit} (V.m ⁻¹)	B^{limit} (μT)
pro zaměstnance	10 000	1 000
pro fyzické osoby v komunálním prostředí	2 000	200

Tab. 2 Referenční hodnoty intenzity elektrického pole a magnetické indukce

Nepřekročení referenční hodnoty zaručuje, že nejsou překročeny nejvyšší přípustné hodnoty. V případě, že z porovnání vypočtených nebo měřených hodnot příslušných veličin vyplyne, že referenční hodnoty jsou překračovány, musí být výpočtem nebo měřením prokázáno, že nedojde k překračování nejvyšších přípustných hodnot modifikované intenzity elektrického pole E_{mod} indukovaného v tkáni.

II.2. Metodický návod Ministerstva zdravotnictví

Metodický návod [2] podrobně rozvádí postup posouzení expozice a postup výpočtu modifikované intenzity elektrického pole. Návod byl vydán Ministerstvem zdravotnictví v roce 2017.

Modifikovaná intenzita elektrického pole je určena indukovanou intenzitou elektrického pole E , která projde filtrem s frekvenční odezvou

$$G(f) = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot 0,05} \cdot \frac{\left(1 + j \frac{f}{f_1}\right)}{\left(1 + j \frac{f}{f_0}\right) \left(1 + j \frac{f}{f_2}\right)}, \quad (1)$$

v případě expozice hlavy nebo

$$G(f) = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot 0,8} \cdot \frac{1}{1 + j \frac{f}{f_2}}, \quad (2)$$

v případě expozice těla s výjimkou hlavy, kde $f_0 = 25$ Hz; $f_1 = 400$ Hz; $f_2 = 3000$ Hz. Filtr (1) je nastaven tak, aby chránil exponovanou osobu před excitací nervů v oku a středním uchu a používá se pouze při expozici těchto orgánů. V ostatních případech se použije filtr (2).

Pro určení modifikované intenzity elektrického pole E_{mod} je nejprve třeba určit vlastní intenzitu elektrického pole E indukovanou v tkáni vnějším elektromagnetickým polem. Ta se stanovuje výpočtem. V případě expozice magnetickému poli s magnetickou indukcí B^{ext} je intenzita elektrického pole vyjádřena vzorcem

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

kde dB^{ext}/dt je časová změna magnetické indukce a K_B je koeficient zohledňující pozici v těle, kde intenzitu elektrického pole E hledáme.

Analogicky lze vyjádřit intenzitu elektrického pole E i v případě indukce vnějším elektrickým polem E^{ext} vzorcem

$$E = \frac{\epsilon_0}{\sigma} K_E \frac{dE^{\text{ext}}}{dt},$$

kde $\epsilon_0 \approx 8,9 \cdot 10^{-12}$ F.m⁻¹ je permitivita vakua, $\sigma \approx 0,2$ S.m⁻¹ je průměrná elektrická vodivost tkáně dE^{ext}/dt je časová změna vnější intenzity elektrického pole a K_E je koeficient zohledňující pozici v těle, kde intenzitu elektrického pole E hledáme.

Koeficienty K_E a K_B jsou stanoveny pro hygienicky nejhorší situaci, kdy je tělo vystaveno homogennímu magnetickému poli kolmému k hrudi a homogennímu elektrickému poli ve směru od hlavy k nohám takto:

	K_E (-)	K_B (m)
v hlavě	66	0,05
v krku	100	0,12
v hrudi	70	0,13

Tab. 3 Hodnoty koeficientů pro výpočet intenzity elektrického pole

Při souběžné expozici elektrickému a magnetickému poli se expozice s magnetickou indukcí B^{ext} a indukcí vnějším elektrickým polem E^{ext} sečtou v absolutních hodnotách, čímž je vystižen hygienicky nejméně příznivý případ.

Pro účely hodnocení expozice podle nařízení vlády č. 291/2015 Sb. se exponovanou osobou míní osoba o maximální výšce 1,8 m. Pro uvážení hygienicky nejhoršího případu se dále předpokládá, že chodidla osoby jsou vodivě spojena se zemí, tedy bosé nohy na vlhkém terénu.

Modifikovaná intenzita elektrického pole E_{mod} je pak určena indukovanou intenzitou elektrického pole E , která projde filtrem s frekvenční odezvou. Pro $f=50$ Hz je hodnota filtru v případě expozice hlavy rovna 6,4.

$$E_{\text{mod}} = 6,4 \cdot E \quad [V \cdot m^{-1}]$$

II.3. Technické normy

ČSN 33 2040 z ledna 1993

Tato platná norma definuje pásmo vlivu elektrického pole od zařízení elektrizační soustavy jako prostor v okolí zařízení, kde intenzita elektrického pole ve výši 1,8 m nad zemí je vyšší než 1 kV/m. Obdobně norma definuje pásmo vlivu magnetického pole od zařízení elektrizační soustavy jako prostor v okolí zařízení, kde magnetická indukce je vyšší než 0,1 mT.

V pásmech vlivu elektroenergetických zařízení veřejně přístupných nesmí intenzita elektrického pole ve výši 1,8 m nad zemí překročit hodnotu 10 kV/m. V pásmu vlivu elektroenergetických zařízení v prostorách přístupných osobám nesmí magnetická indukce převýšit hodnotu 0,5 mT.

Soubor norem ČSN EN 50341

Tento soubor technických norem se odkazuje na nařízení vlády (viz kapitola II.1 tohoto posouzení).

PNE 33 3300 ed. 2

Tato platná norma definuje nejkratší vzdálenosti vodičů od země ve volné krajině, kdy nejkratší vzdálenost k zemi ve volné krajině s normálním terénním profilem a na volně přístupných místech je 8,4 m pro vedení napěťové hladiny 400 kV.

Norma odkazuje na nejvyšší přípustné hodnoty neionizujícího záření dle nařízení vlády č. 291/2015 Sb. (v platném znění).

II.4. Návaznost předpisů

Zákon č. 258/2000 Sb., v platném znění zapracovává práva a povinnosti osob v oblasti ochrany a podpory veřejného zdraví. Nařizuje provádět taková technická a organizační opatření, aby expozice fyzických osob v rozsahu upraveném prováděcím právním předpisem nepřekračovaly nejvyšší přípustné hodnoty neionizujícího záření.

Pro provozovatele PS ze zákona vyplývá povinnost dodržení ustanovení uvedených v nařízení vlády 291/2015 Sb. Toto nařízení zapracovává a upravuje hygienické limity neionizujícího záření (E_{mod}), metody a způsob jejich zjišťování a hodnocení.

Technické normy (ČSN, PNE apod.) obecně podrobněji upravují technické požadavky a činnosti v návaznosti na předpisy vyšší právní síly (zákony, nařízení vlády apod.). V případech, kde zákon či nařízení vlády podrobně řeší oblast paralelně řešenou technickou normou, je nezbytné upřednostnit znění předpisu s vyšší právní silou.

III. Výpočty a výsledky

III.1. Vstupní parametry vedení

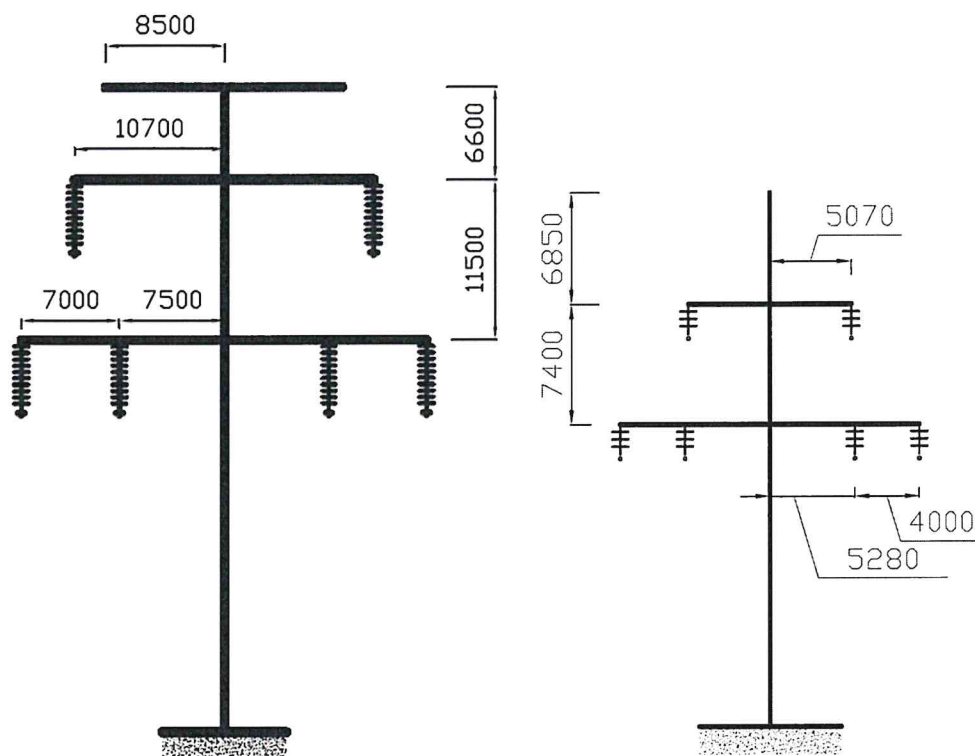
Vedení ve výpočtovém řezu (V418/818)

Napěťová soustava:	3-f s přímo uzemněným nulovým bodem – TT, 50 Hz
Jmenovité provozní napětí:	400 kV
Jmenovitý proud ve fázi:	2500 A
Konstrukce fázových vodičů:	svazek tří lanových vodičů AlFe o průměru 30,6 mm uspořádaných do rovnostranného trojúhelníku, krok svazku a = 400 mm
Konstrukce zemnicího lana:	zemnicí lana AlFe o průměru 19,5 mm
Uspořádání hlavy stožáru:	stožáry ocelové, příhradové, pro dvojnásobné vedení 400 kV tvaru „Dunaj“ (viz obrázek č. 1)
Projektovaná minimální výška fázových vodičů nad normálním terénním profilem:	19,7 m * (vedení V418/818)

* Pozn. Minimální projektovaná výška fázových vodičů nad normálním terénním profilem vedení V418/818 je dána minimální normovou vzdáleností (4,3 m) od podcházejícího vedení V253/254.

Vedení ve výpočtovém řezu (V253/254)

Napěťová soustava:	3-f s přímo uzemněným nulovým bodem – TT, 50 Hz
Jmenovité provozní napětí:	220 kV
Jmenovitý proud ve fázi:	655 A
Konstrukce fázových vodičů:	jeden lanový vodič AlFe o průměru 26,4 mm
Konstrukce zemnicího lana:	zemnicí lana AlFe o průměru 16,7 mm
Uspořádání hlavy stožáru:	stožáry ocelové, příhradové, pro dvojnásobné vedení 400 kV tvaru „Donau“ (viz obrázek č. 1)
Projektovaná minimální výška fázových vodičů nad normálním terénním profilem:	8,5 m



Obr. 1 Uspořádání hlavy stožáru tvaru Dunaj a Donau

Posouzení je provedeno v místě výpočtového řezu:

Výpočtový řez

Posuzované vedení	V418/818
	V253/254

Výpočtový řez je půdorysně znázorněn v příloze č. 1 (Situace - křížení - „lokalita Sušice“, ideový návrh), rozměry fázových vodičů ve výpočtovém řezu v příloze č. 2 (Geometrické rozměry FV ve výpočtovém řezu) tohoto posouzení.

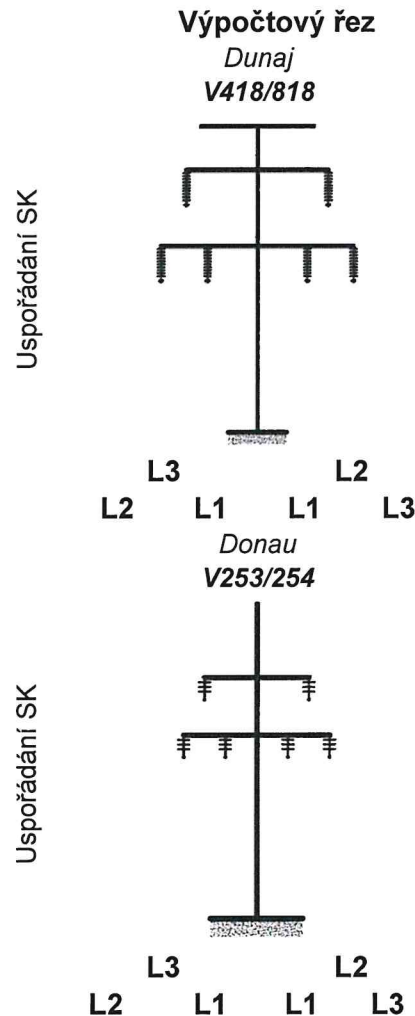
III.2. Vyhodnocení minimální projektované výšky fázových vodičů

Výpočty byly provedeny pomocí aplikace v programu MS EXCEL založené na výpočtech elektrických a magnetických polí pomocí kapacitních koeficientů a Maxwellových rovnic. Přesnost výstupů této aplikace byla ověřena srovnáním s výsledky měření a rovněž s výstupy jiných respektovaných výpočetních aplikací.

Hodnoty modifikované intenzity elektrického pole byly vypočítány ve výšce nad zemí odpovídající osobě o maximální výšce 1,8 m.

Ve výpočtu intenzity elektrického pole indukovaného v tkáni je zvolen přísnější filtr ($G = 6,4$) pro oči a střední ucho. Proto je ve výsledcích výpočtu uveden případ pro expozici hlavy.

Dále bylo zkoumáno, jaký vliv má vzájemné uspořádání fázových vodičů. Nejvyšší hodnoty modifikované intenzity elektrického pole byly prokázány u následujícího uspořádání:



* Pozn. Pro potřeby výpočtu je uvažováno s umístěním podchodového vedení pod úhlem 0°. Ve skutečnosti je podchodové vedení umístěno pod úhlem 44°. Křížení pod úhlem vykazuje nižší hodnoty modifikované intenzity elektrického pole, proto je výpočtu uvažováno křížení pod úhlem 0°.

Uvažování daného uspořádání fázových vodičů při výpočtu zajišťuje, že při minimální projektované výšce fázových vodičů nad normálním terénním profilem bude vliv elektromagnetického pole při jakémkoliv jiném sledu fází menší anebo stejný. Proto je dále uvažováno s uvedeným uspořádáním.

Vyhodnocení **minimálních projektovaných výšek spodních fázových vodičů** nad normálním terénním profilem ve výpočtovém řezu je pro jednotlivá posuzovaná vedení uvedeno v následující tabulce:

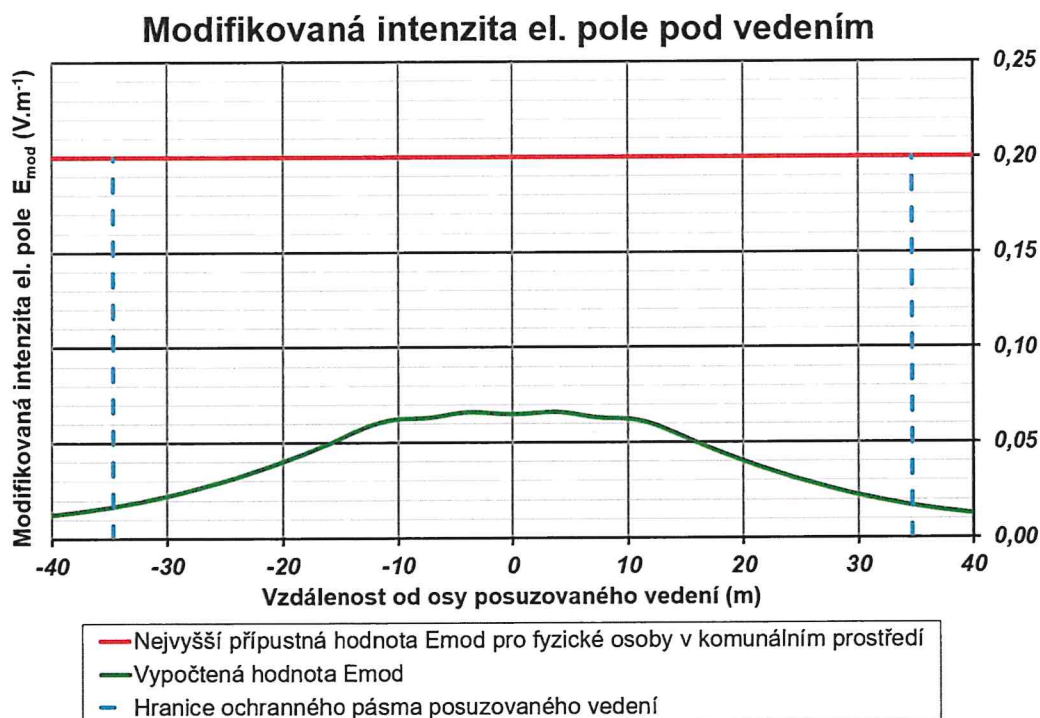
Posuzované vedení	Minimální projektovaná výška FV nad normálním terénním profilem	Vyhodnocení minimální projektované výšky FV nad normálním terénním profilem dle NV č. 291/2015 Sb.
V418/818	19,7 *	vyhovuje
V253/254	8,5	vyhovuje

Tab. 4 Vyhodnocení minimálních projektovaných výšek spodních fázových vodičů

* Pozn. Minimální projektovaná výška fázových vodičů nad normálním terénním profilem vedení V418/818 je dána minimální normovou vzdáleností (4,3 m) od podcházejícího vedení V253/254.

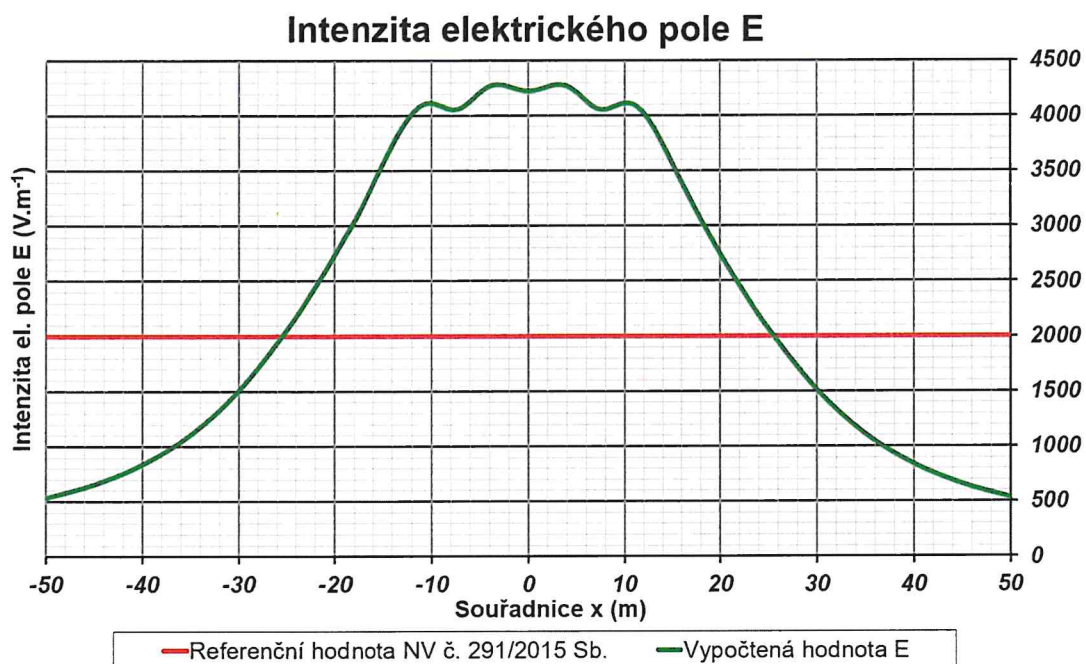
Z výše uvedeného vyplývá, že **minimální projektované výšky spodních fázových vodičů** nad normálním terénním profilem dle tab. 4 **vyhovují** hygienickému limitu modifikované intenzity elektrického pole E_{mod} stanovené dle NV č. 291/2015 Sb. a metodického návodu. Minimální projektovaná výška spodních fázových vodičů je zvolena s ohledem na umožnění zemědělských a jiných aktivit a zajištění požadavků na bezpečnost osob, zvířat a objektů pod vedením a jeho těsné blízkosti (v prostoru ochranného pásma vedení).

Průběh modifikované intenzity elektrického pole pod vedením v závislosti na vzdálenosti od osy vedení je znázorněn na obr. 2.



Obr. 2 Modifikovaná intenzita elektrického pole v závislosti na vzdálenosti od osy

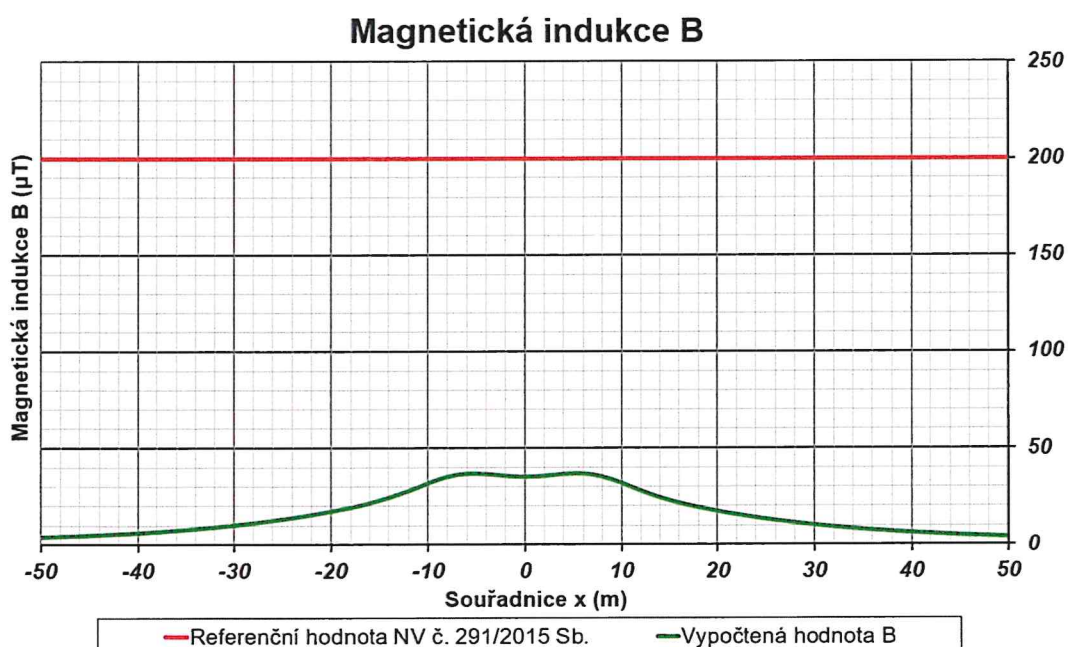
Průběh intenzity elektrického pole pod vedením v závislosti na vzdálenosti od osy vedení je znázorněn na obr. 3.



Obr. 3 Intenzita elektrického pole v závislosti na vzdálenosti od osy

Průběh intenzity elektrického pole zobrazen na obr. 3 překračuje referenční hodnotu E^{limit} dle NV č. 291/2015 Sb. Z tohoto důvodu je výpočtem dle NV č. 291/2015 Sb. prokázáno a na obr. 2 zobrazeno, že nedojde k překročení nejvyšší přípustné hodnoty modifikované intenzity elektrického pole E_{mod} .

Průběh magnetické indukce pod vedením v závislosti na vzdálenosti od osy vedení je znázorněn na obr. 4.



Obr. 4 Magnetická indukce v závislosti na vzdálenosti od osy

Průběh magnetické indukce zobrazen na obr. 4 nepřekračuje referenční hodnotu B^{limit} dle NV č. 291/2015 Sb.

III.3. Určení pásma vlivu dle ČSN 33 2040

Pro posuzovaná vedení ve výpočtovém řezu byla určena širší pásma vlivu elektrického a magnetického pole.

Pásma vlivu elektrického pole sahá dle tab. 5 na obě strany od osy vedení. Pro stanovené pásma vlivu nepřekračuje intenzita elektrického pole v žádném bodě ve výšce 1,8 m nad zemí hodnotu $10 \text{ kV}\cdot\text{m}^{-1}$.

Posuzované vedení	Pásma vlivu od osy posuzovaných vedení
V418/818	37 m na obě strany od osy V418/818, V253/254
V253/254	

Tab. 5 Pásma vlivu elektrického pole

Vliv magnetického pole nedosahuje v žádném bodě ve výšce 1,8 m nad zemí ani limitní hodnoty $100 \mu\text{T}$ (tj. $0,1 \text{ mT}$), kterou je pásma vlivu magnetického pole vymezeno.

IV. Závěr

Dodržením projektované minimální výšky spodních fázových vodičů nad zemí dle tab. 4 bude zaručeno, že osoby, které se nacházejí v blízkosti posuzovaného energetického vedení, jsou bezpečně chráněny proti všem známým zdravotně škodlivým účinkům zdroje elektromagnetického pole v souladu s nařízením vlády č. 291/2015 Sb. a platnými technickými normami ČSN 33 2040 a PNE 33 3300.

Literatura:

- [1] Nařízení vlády č. 291/2015 Sb., v platném znění
- [2] Metodický návod k postupu podle § 35 a 36 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, ve znění pozdějších předpisů, a nařízení vlády č. 291/2015 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením ze dne 11. 7.2017, č.j.: MZDR 509/2017-19/OVZ (vyšlo ve Věstníku ministerstva zdravotnictví ČR částka 8/2017, dne 28. července 2017)
- [3] Dědek, L.: Teorie elektromagnetického pole, VUT Brno, 1990, Brno.
- [4] ČSN 33 2040 – Ochrana před účinky elektromagnetického pole 50 Hz v pásmu vlivu zařízení elektrizační soustavy, leden 1993.
- [5] ČSN EN 50341-3 ZMĚNA Z2 Elektrická venkovní vedení s napětím nad AC 45 kV – Část 3: Soubor Národních normativních aspektů
- [6] ČSN EN 50341-1 ed. 2 Elektrická venkovní vedení s napětím nad AC 1 kV – Část 1: Obecné požadavky – Společné specifikace
- [7] PNE 33 3300 Navrhování a stavba venkovních vedení nad AC 45 kV

Ideový návrh

LEGENDA:
Vedení V418/818
Vedení V253/254

SITUACE - křížení - lokalita
Sušice

