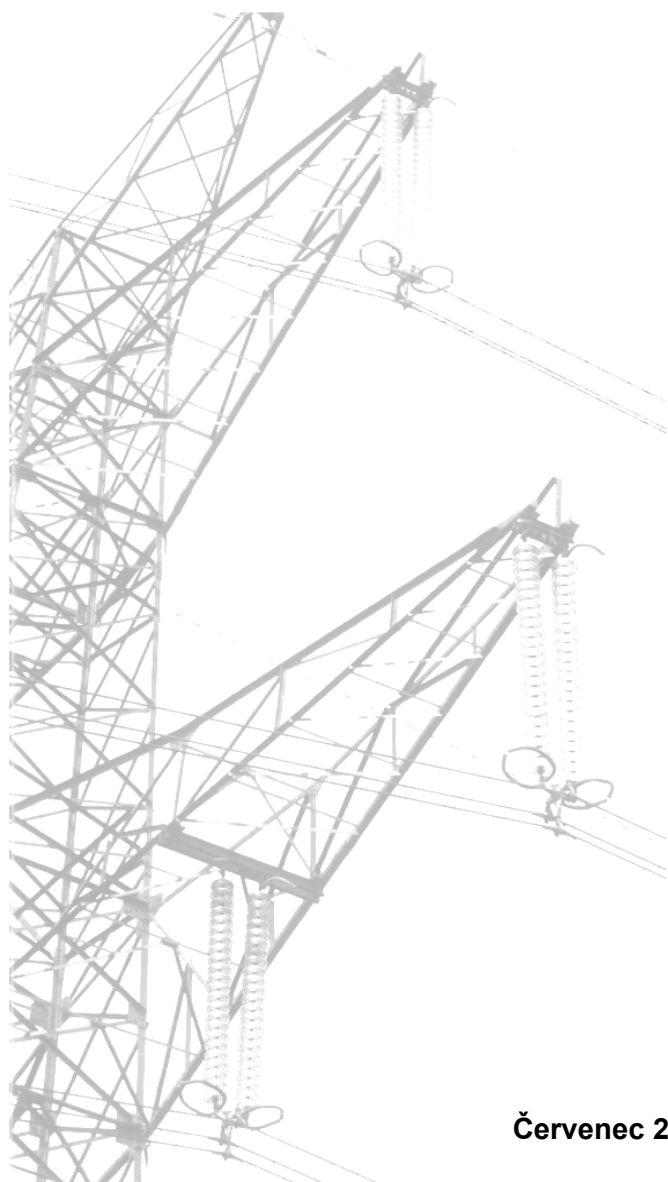




PŘÍLOHA Č. 11.10

**Posouzení vlivů elektromagnetického pole –
Podzemní kabelové a nadzemní vedení**

EGU – HV Laboratory, a.s.



Červenec 2024

**POSOUZENÍ VLIVŮ
ELEKTROMAGNETICKÉHO POLE
DVOJITÉHO VEDENÍ 400 KV V RÁMCI
PROJEKTU „V205/206 - PŘESTAVBA
NA 400 KV“ S OHLEDEM
NA HYGIENICKÉ LIMITY PODLE
NAŘÍZENÍ VLÁDY Č. 291/2015 SB.
- VARIANTY S KABELOVÝM VEDENÍM**

ZÁKAZNÍK	ČEPS Invest, a.s. Elektrárenská 774/2 101 52 Praha 10 – Michle
OBJEDNÁVKA ČÍSLO	2170001675
ZPRÁVA ČÍSLO	6451/B/22
POČET KOPIÍ	5+1
POČET STRAN	61
DATUM VYDÁNÍ	15. listopadu 2023



Ing. Martin Kněnický, Ph.D.
Vypracoval



EGU - HV Laboratory a.s.
Podnikatelská 267
190 11 Praha 9 - Běchovice
Czech Republic



Ing. Jan Lachman, Ph.D.
Ředitel
EGU – HV Laboratory a.s.

OBSAH

1	ÚVOD	3
2	PARAMETRY POSUZOVANÉHO VEDENÍ	5
2.1	Stožárové konstrukce	5
2.2	Kabelová trasa	7
2.3	Parametry vodičů	7
2.4	Přechodová stanice v Šestajovicích	9
2.5	Souběhy s plánovaným vedením V495/496	11
2.6	Křížení s plánovaným vedením V495/496	15
3	POŽADAVKY NAŘÍZENÍ VLÁDY Č. 291/2015 SB.	20
4	VÝSLEDKY VÝPOČTŮ	23
4.1	Samostatné vedení 2x400 kV tvaru Dunaj	23
4.2	Samostatné vedení 2x400 kV tvaru Soudek	25
4.3	Kabelové vedení 4x400 kV ve výkopu	27
4.4	Zaústění nadzemního vedení 2x400 kV do přechodové stanice v Šestajovicích	29
4.5	Zaústění kabelového vedení 4x400 kV do přechodové stanice v Šestajovicích	31
4.6	Souběh kabelového vedení 4x400 kV s dvěma vedeními 2x110 kV tvaru Soudek 2001	33
4.7	Souběh vedení 2x400 kV tvaru Dunaj s jedním vedením 2x110 kV tvaru Soudek 2000	37
4.8	Souběh vedení 2x400 kV tvaru Soudek s jedním vedením 2x110 kV tvaru Soudek 2000	39
4.9	Souběh vedení 2x400 kV tvaru Dunaj s jedním vedením 1x220 kV tvaru Portál 1958	41
4.10	Souběh vedení 2x400 kV tvaru Soudek s jedním vedením 1x220 kV tvaru Portál 1958	43
4.11	Křížení kabelového vedení 4x400 kV s jedním vedením 2x110 kV tvaru Soudek	45
4.12	Křížení vedení 2x400 kV tvaru Dunaj s jedním vedením 2x220 kV tvaru Soudek	49
4.13	Křížení vedení 2x400 kV tvaru Soudek s jedním vedením 2x220 kV tvaru Soudek	51
4.14	Křížení vedení 2x400 kV tvaru Dunaj se souběhem jednoho vedení 1x220 kV tvaru Portál a dvou vedení 2x110 kV tvaru Soudek	53
4.15	Křížení vedení 2x400 kV tvaru Soudek se souběhem jednoho vedení 1x220 kV tvaru Portál a dvou vedení 2x110 kV tvaru Soudek	55
4.16	Poznámky k provedenému posouzení NIZ	57
5	POSOUZENÍ OBJEKTŮ V OCHRANNÉM PÁSMU VEDENÍ	58
5.1	Posouzení objektů v OPV pro vedení tvaru Dunaj	58
5.2	Posouzení objektů v OPV pro vedení tvaru Soudek	59
6	ZÁVĚR	60
6.1	Literatura	61

1 ÚVOD

Cílem posouzení je v rámci projektu „V205/206 - přestavba na 400 kV“ v úseku TR Malešice a místem zasmyčkování na dvojité vedení 400 kV V415/495 (poblíž TR Čechy Střed) provést ověření hygienických limitů z hlediska elektrického a magnetického pole dle Nařízení vlády č. 291/2015 Sb. Nové Vedení bude označeno V/K495/496. V rámci projektu se uvažuje s variantou, kde bude nadzemní vedení 2x400 kV v úseku TR Malešice – st. č. 35 nahrazeno kabelovým vedením 4x400 kV. Úsek vedení st. č. 1 - 27 je uvažován v této variantě jako nadzemní vedení se stožáry tvaru Dunaj a variantně se stožáry tvaru Soudek. Pro přechod vedení z kabelového do nadzemního se uvažuje s vybudováním přechodové stanice v Šestajovicích.

Předmětem posouzení jsou tyto varianty (řezy) vedení:

- 1) Samostatné vedení 2x400 kV tvaru Dunaj
- 2) Samostatné vedení 2x400 kV tvaru Soudek
- 3) Kabelové vedení 4x400 kV ve výkopu
- 4) Zaústění nadzemního vedení 2x400 kV do přechodové stanice v Šestajovicích
- 5) Zaústění kabelového vedení 4x400 kV do přechodové stanice v Šestajovicích
- 6) Kabelové vedení 4x400 kV v souběhu s dvěma vedeními 2x110 kV tvaru Soudek 2001
- 7) Vedení 2x400 kV tvaru Dunaj v souběhu s vedením 2x110 kV tvaru Soudek 2000
- 8) Vedení 2x400 kV tvaru Soudek v souběhu s vedením 2x110 kV tvaru Soudek 2000
- 9) Vedení 2x400 kV tvaru Dunaj v souběhu s vedením 1x220 kV tvaru Portál 1958
- 10) Vedení 2x400 kV tvaru Soudek v souběhu s vedením 1x220 kV tvaru Portál 1958
- 11) Kabelové vedení 4x400 kV v křížení s vedením 2x110 kV tvaru Soudek
- 12) Vedení 2x400 kV tvaru Dunaj v křížení s vedením 2x220 kV tvaru Soudek
- 13) Vedení 2x400 kV tvaru Soudek v křížení s vedením 2x220 kV tvaru Soudek
- 14) Vedení 2x400 kV tvaru Dunaj v křížení se souběhem vedení 1x220 kV tvaru Portál a dvou vedení 2x110 kV tvaru Soudek
- 15) Vedení 2x400 kV tvaru Soudek v křížení se souběhem vedení 1x220 kV tvaru Portál a dvou vedení 2x110 kV tvaru Soudek
- 16) Objekty v ochranném pásmu vedení 2x400 tvaru Dunaj
- 17) Objekty v ochranném pásmu vedení 2x400 tvaru Soudek

Metodou posouzení je výpočet parametrů elektromagnetického pole 50 Hz (intenzita elektrického pole E (kV/m) a magnetické indukce B (μ T)). Na základě těchto veličin se provádí výpočet modifikované intenzity elektrického pole E_{mod} indukované v lidské tkáni ve výšce 1,8 m nad zemí (při výpočtu vlivu kabelového vedení pod zemí se tento výpočet provádí pro výšku 0,1 m nad zemí; uvažuje se s ležícími osobami na zemi). Podle Nařízení vlády č. 291/2015 Sb. je nutné jako rozhodující posuzovat expozici v oblasti hlavy. Při konfiguraci potahů v rámci simulací se standardně uvažuje nejméně příznivý sled fází z hlediska velikosti elektromagnetického pole. Veškeré výpočty elektromagnetického pole jsou provedeny programem OVERHEAD.

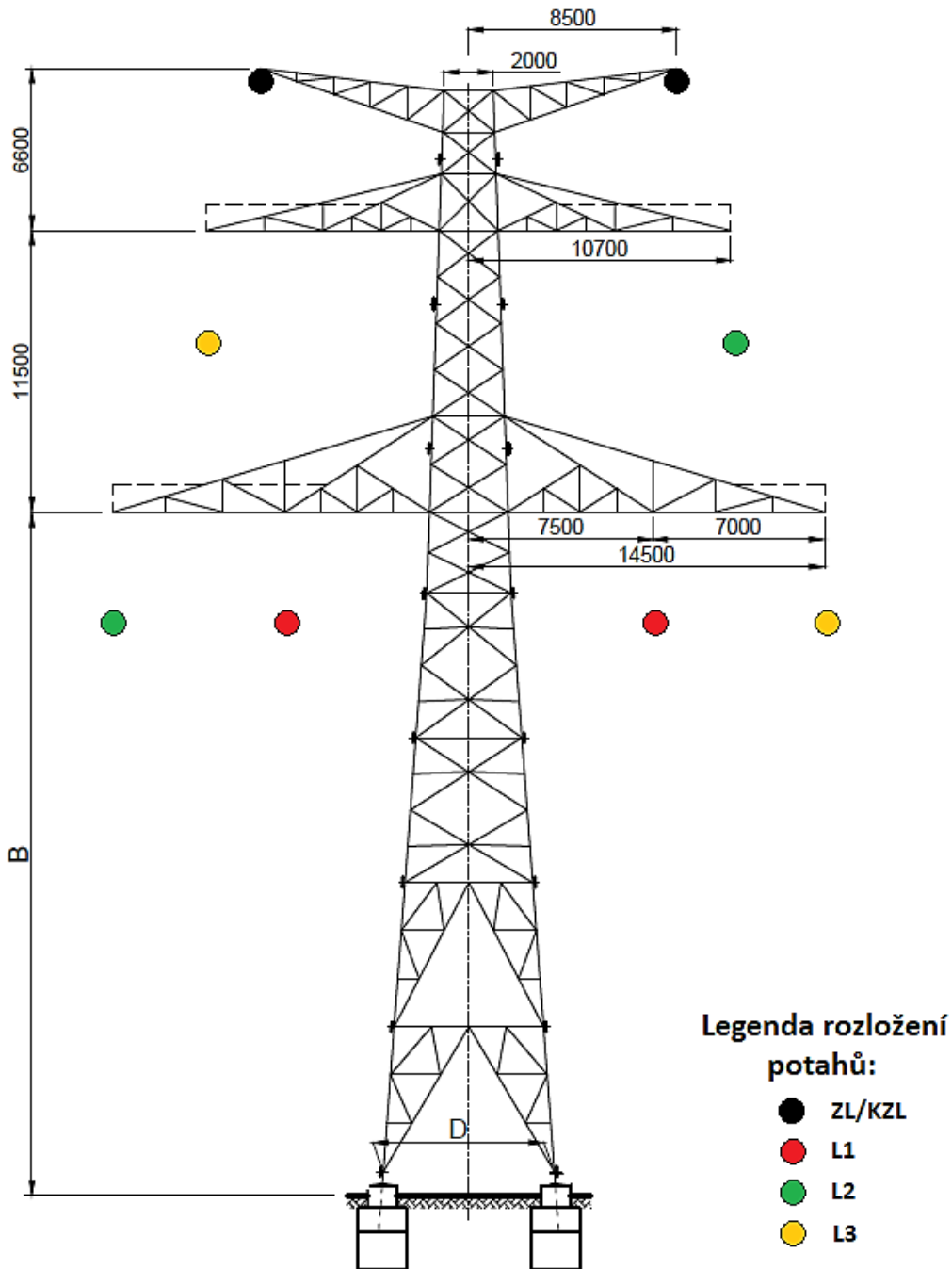
Posouzení vlivů elektromagnetického pole je zpracováno v souladu s platnými právními předpisy (zejména zákon č. 258/2000 Sb., v platném znění a nařízení vlády č. 291/2015 Sb. v platném znění) a platnými technickými normami (např. ČSN 33 2040). Výpočty jsou provedeny v souladu s metodikou Ministerstva zdravotnictví z 11. července 2017.

Pro plánované dvojité vedení 400 kV (v úseku nadzemního vedení) se uvažuje minimální výška fázových vodičů nad terénem 12,5 m (dle standardu provozovatele PS), která je odvozena z dlouhodobé provozní zkušenosti 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).

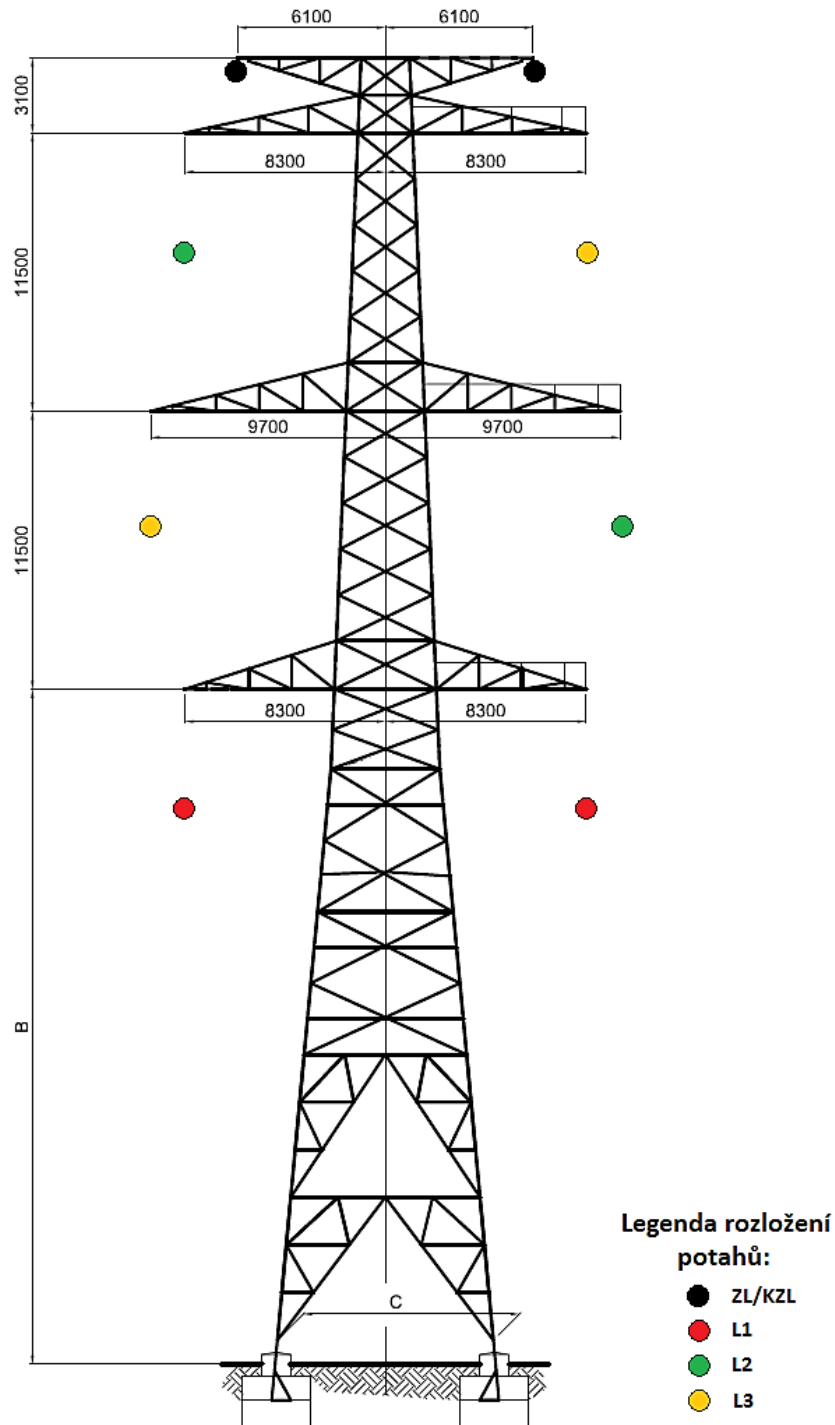
2 PARAMETRY POSUZOVANÉHO VEDENÍ

2.1 STOŽÁROVÉ KONSTRUKCE

V úseku st. č. 1 - 27 se uvažuje v jedné variantě se stožáry tvaru Dunaj 2x400 kV dle **Obr. 1** nebo v druhé variantě se se stožáry tvaru Soudek 2x400 kV dle **Obr. 2**. Konfigurace fází je uvažována jako nejnepříznivější z hlediska vlivu elektromagnetického pole.



Obr. 1 Schéma uspořádání stožárové konstrukce tvaru Dunaj, nosný 2x400 kV



Obr. 2 Schéma uspořádání stožárové konstrukce tvaru Soudek, nosný 2x400 kV

2.2 KABELOVÁ TRASA

V této variantě je z celkové délky vedení 19,8 km vedeno 11,2 km v kopané kabelové trase (náhrada za nadzemní vedení v úseku TR MAL – st. č. 35). Vzhledem k maximálnímu zatížení každého nadzemního systému vedení 2500 A je každý systém rozdělen v kabelové trase do dvou paralelních systémů s maximálním zatížením 1250 A, tzn. kabelová trasa se sestává z vedení 4x400 kV/4x1250 A. Vždy dva kabelové systémy jsou v koncových stanicích paralelně propojeny a jsou umístěny ve společném kopaném výkopu s hloubkou 1,8 m. Vzdálenost výkopů u dna je 4,5 m. Na dně výkopu bude zhotovené kabelové lože z písku a cementu v poměru 14:1. Tloušťka tohoto lože bude 12 cm. Na takto připravené lože budou postupně položeny kabely. Kabely jednotlivých fází budou uloženy v rozestupech 50 cm, mezi nejbližšími kabely systému A a B bude vzdálenost 2 m. Minimální hloubka uložení kabelů (osa kabelu) je 1,6 m pod povrchem země. Všechny vzdálenosti jsou naznačeny v řezu na **Obř. 3**. Sled fází kabelů ve výkopu odpovídá plánovanému sledu fází v projektu.

2.3 PARAMETRY VODIČŮ

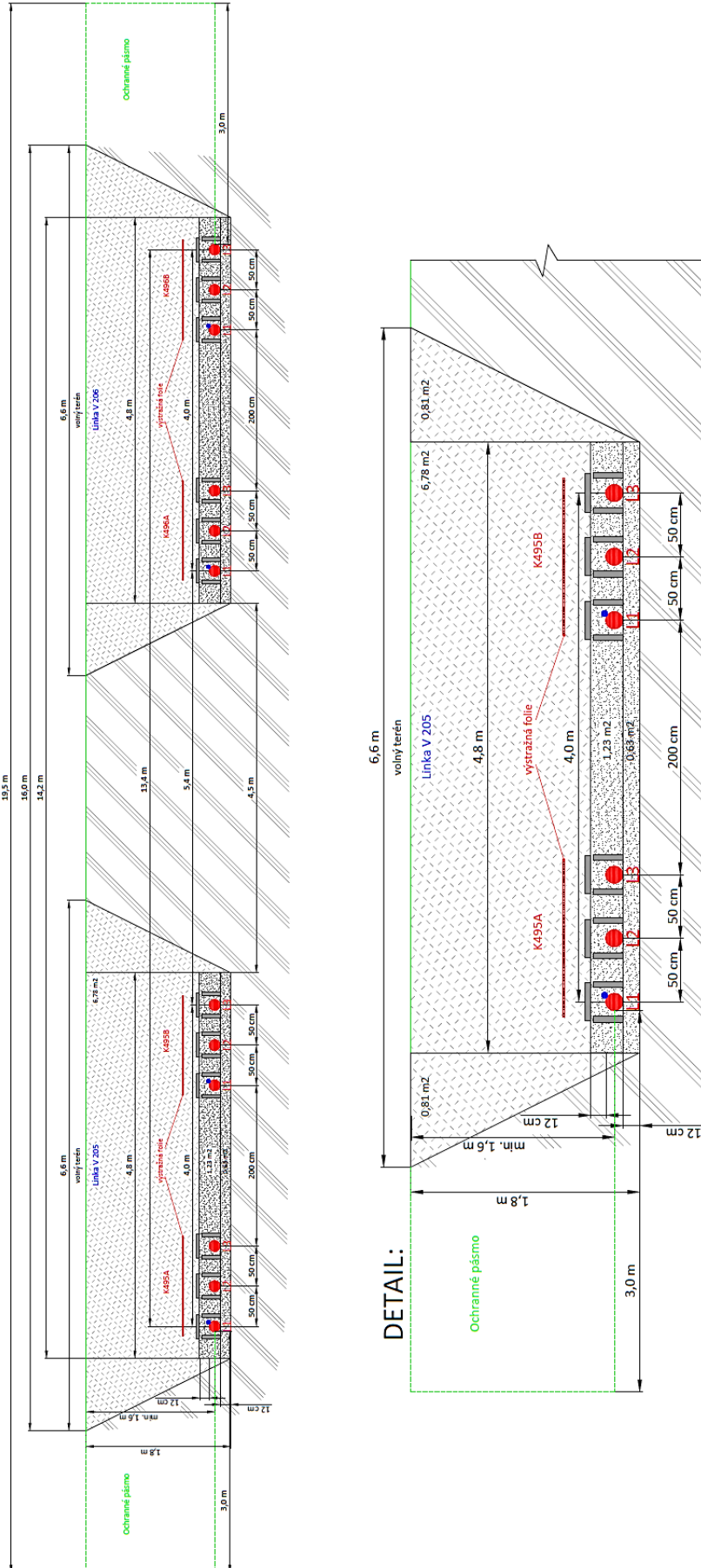
Parametry vodičů plánovaného vedení (nadzemní části) jsou uvedeny v **Tab. 1** (svazkový krok fázových vodičů u vedení 400 kV je 40 cm). Konkrétní typ zemnicího lana a kombinovaného zemnicího lana nebyl dosud určen. Přesný typ zemnicích lan bude určen v navazujících stupních dokumentace projektové přípravy. Vzniklé nepřesnosti mají zanedbatelný vliv na výsledky realizovaných výpočtů. Parametry jednofázového kabelu, jehož použití se uvažuje, jsou uvedeny v **Tab. 2**.

Tab. 1 Parametry vodičů plánovaného vedení 2x400 kV (nadzemní části pro všechny uvažované varianty)

Parametry	Typ	Průměr lana (mm)	DC odpor (Ω/km)	Celkový průřez (mm ²)	Celková zatížitelnost systému (A)
Fázový vodič	2x3x3x 490-AL1/64-ST1A	30,6	0,0590	553,8	2500
Zemnicí lano (ZL)	1x 183-AL1/43-ST1A	19,5	0,1576	226,2	x
Kombinované ZL	1x AL3/A20SA 73/43 – 13,7	15,0	0,3680	116,4	x

Tab. 2 Parametry jednofázového kabelu uvažovaného ve variantě „Kabel + Dunaj“

Typ	Podélná kapacita kabelu (μF/km)	Průměr jádra (mm)	DC odpor (Ω/km)	Průřez jádra (mm ²)	Celkový průměr kabelu (mm)	Celkový průřez Cu stínění (mm ²)	Zkratová odolnost stínění (kA/1s)	Celková zatížit. kabelu (A)
XDRCU-ALT 1x2000 AL mm2 400/220 kV (420 kV)	0,202	55,8	0,0149	2000	138,0	328	50	1250

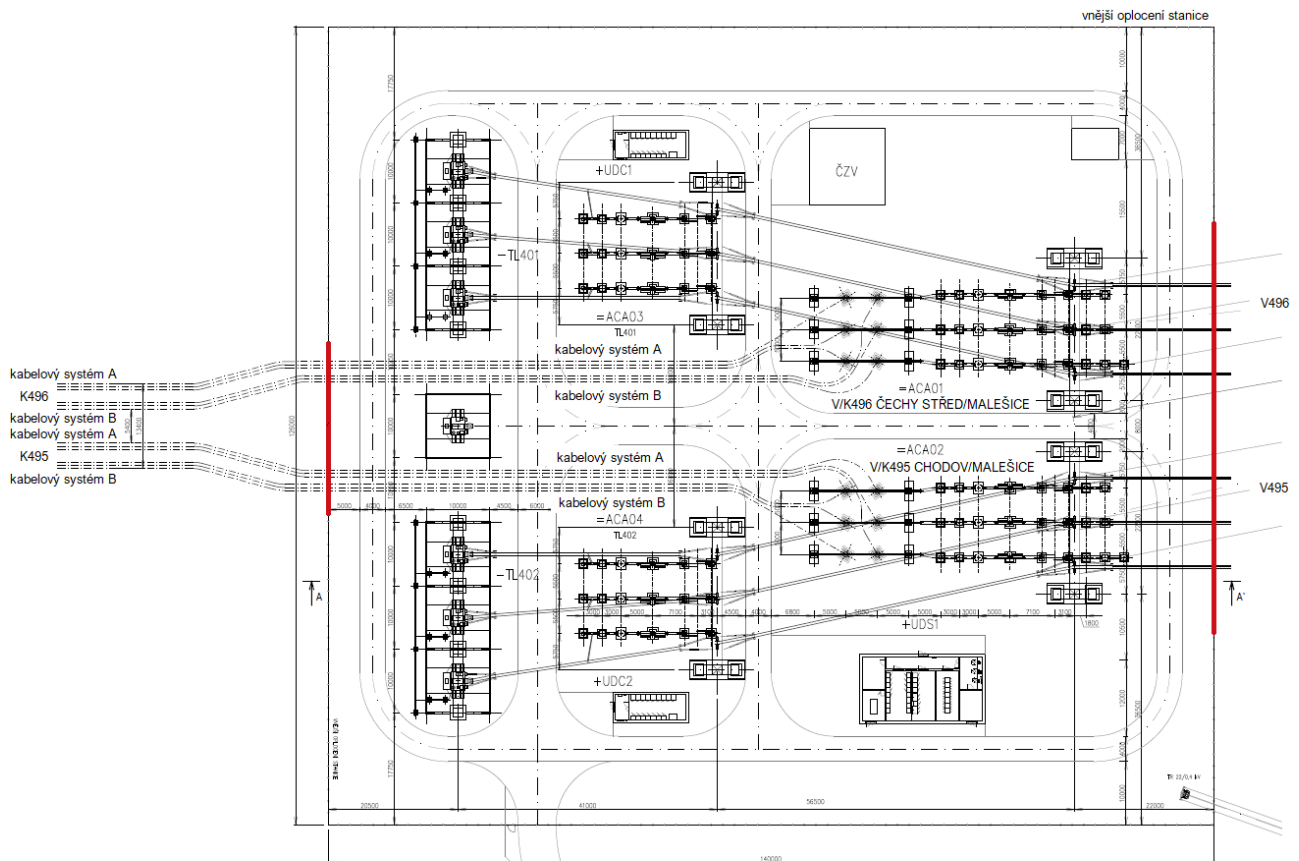


Obr. 3 Schéma příčného řezu kopané kabelové trasy K495/496

2.4 PŘECHODOVÁ STANICE V ŠESTAJOVICÍCH

V rámci této varianty projektu je uvažováno s vybudováním nové přechodové stanice pro zaústění nového dvoupotahového vedení V495/V496 a dvou nových kabelových tras K495/K496 na napěťové hladině 400 kV. Zařízení přechodové stanice je navrženo s ohledem na požadovanou zatížitelnost kabelového systému, resp. jednoho potahu vedení na 2500 A se zkratovou odolností 50 kA (0,5 s) / 125 kA. Přechodová stanice 420 kV je vybavena celkem 4 poli s vypínači (2 pole přechodu kabel – vedení, ACA01 a ACA02 a 2 pole tlumivek, ACA03 a ACA04) a 2 trojfázovými sestavami kompenzačních tlumivek 400 kV, TL401 a TL402. Součástí stanice je dále systém řízení, systém ochran, systém vlastní spotřeby, zajištění záložního napájení VS od PDS a další potřebná zařízení. Primární napájení VS je řešeno atypicky prostřednictvím speciálních výkonových transformátorů 400 kV/400 V. Schematické znázornění situace této nové přechodové stanice v na **Obr. 4**.

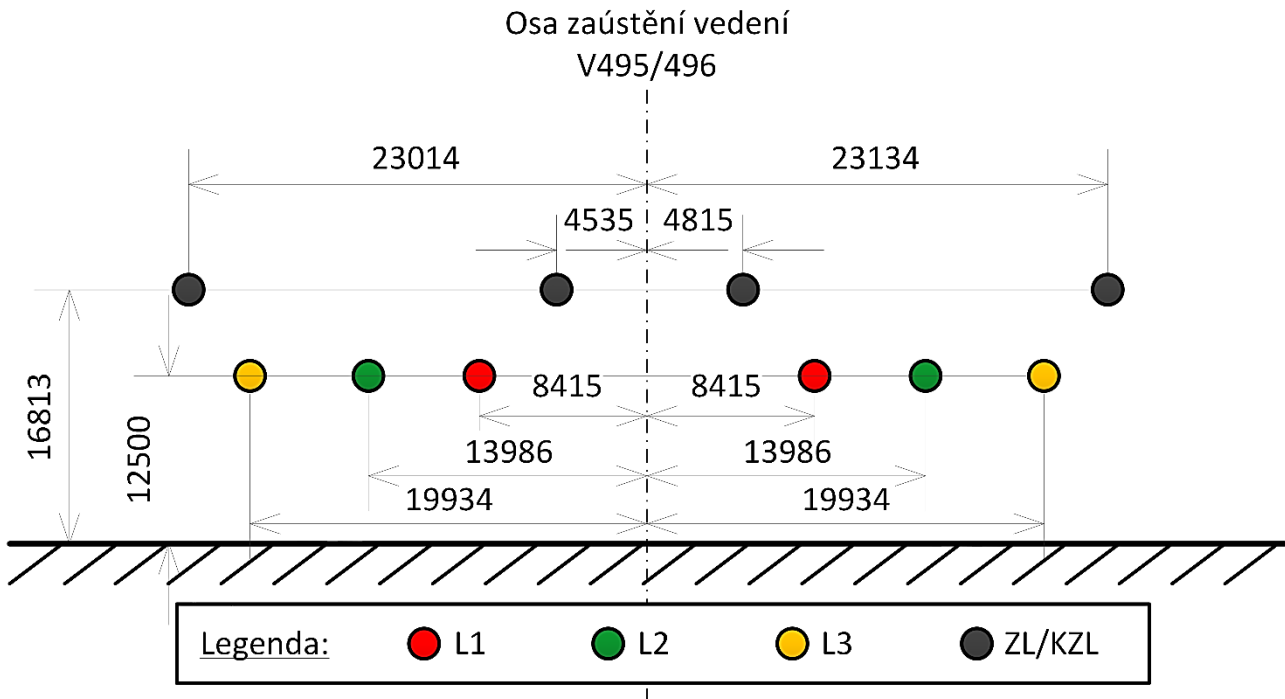
U elektrických stanic se posuzuje vliv neionizujícího záření před oplocením, kde se může pohybovat běžná veřejnost. Z hlediska posouzení vlivů elektromagnetického pole má v tomto případě stanice smysl posuzovat pouze řezy v místě oplocení při zaústění vedeních. V ostatních místech v okolí stanice je vzhledem ke vzdálenosti technologií od oplocení vliv elektrického a magnetického pole zanedbatelný.



Červeně naznačeny řezy zaústění vedení v místě plotu

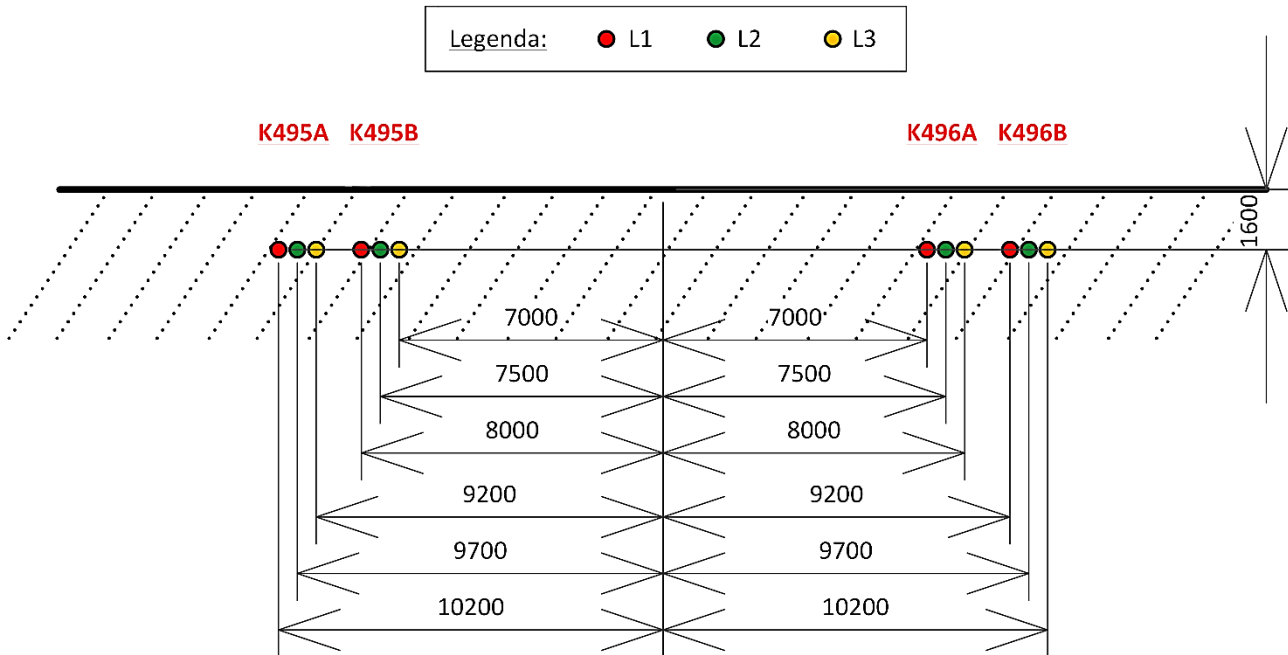
Obr. 4 Půdorysná situace přechodové stanice v Šestajovicích

V době tohoto posouzení nebyl ještě znám sled fází plánovaného vedení V495/496, který má vliv na geometrické rozmístění vodičů v místě zaústění tohoto vedení do přechodové stanice. Proto bylo uvažováno s nejméně příznivou geometrií (blízkostí vodičů) a nejméně příznivým sledem fází z hlediska vlivů elektromagnetického pole, která může v rámci projektu nastat. Řez zaústění nadzemního vedení V495/496 je přiložen na **Obr. 5**.



Obr. 5 Příčný řez zaústění nadzemního vedení 2x400 kV V495/496 do přechodové stanice v Šestajovicích (na úrovni oplocení stanice)

Dále byl posuzován řez zaústění podzemního kabelového vedení K495/496 do přechodové stanice, který se vzdálenostmi mezi jednotlivými systémy liší od řezu ve zbylé části kopané kabelové trasy (viz Obr. 6)



Obr. 6 Příčný řez zaústění kabelového vedení 4x400 kV K495/496 do přechodové stanice v Šestajovicích (na úrovni oplocení stanice)

2.5 SOUBĚHY S PLÁNOVANÝM VEDENÍM V495/496

2.5.1 Souběh kabelového vedení s dvěma vedeními 2x100 kV tvaru Soudek 2001

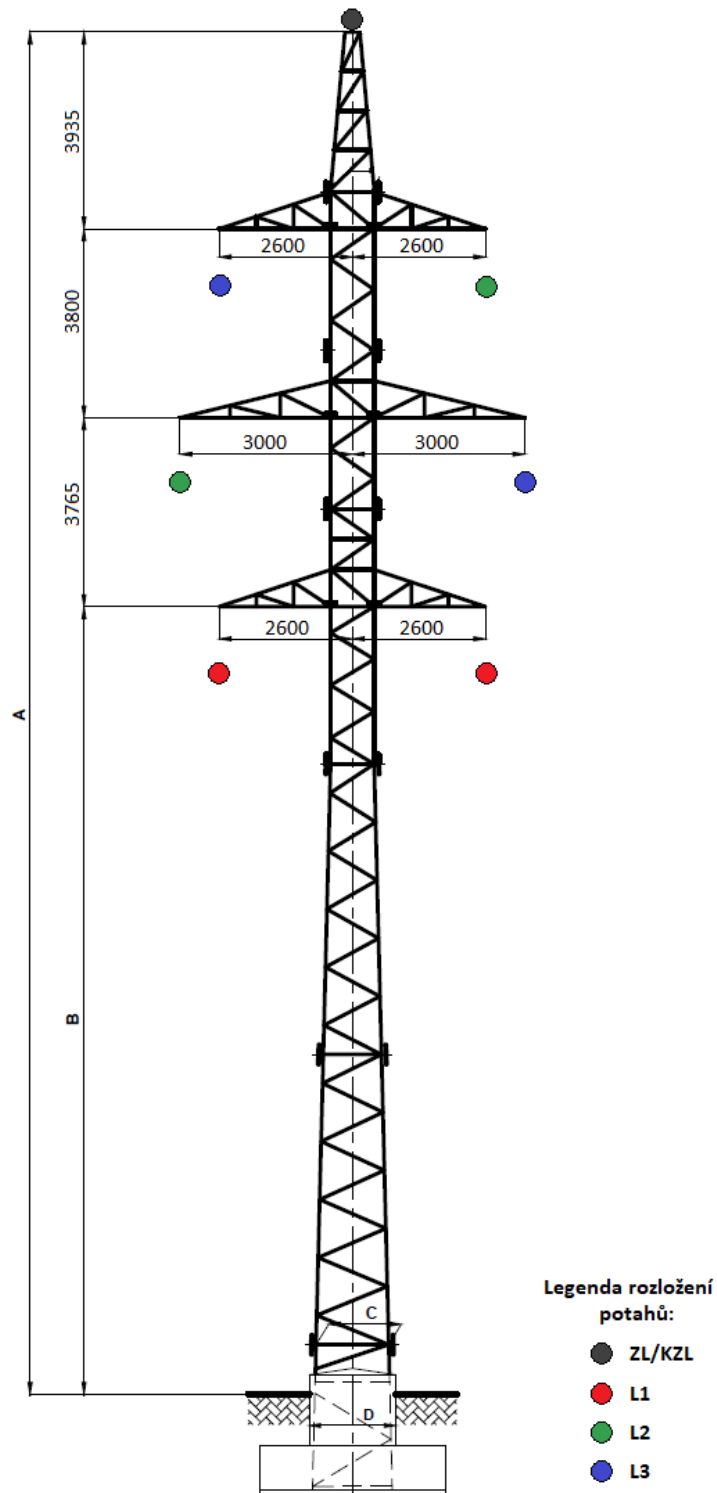
V úseku TR MAL – st. č. 6 je plánované kabelové vedení 4x400 kV (viz **Obr. 3**) v souběhu s dvěma vedeními 2x110 kV a v úseku st. č. 7 – st. č. 9 je toto kabelové vedení v souběhu s jedním vedením 2x110 kV. Tato nadzemní vedení 2x110 kV jsou vedena na stožárech tvaru Soudek 2001, který je na **Obr. 7**. Pro posouzení byl vybrán méně příznivý stav z hlediska velikosti elektromagnetického pole, tzn. souběh s dvěma vedeními 2x110 kV. Nejmenší osová vzdálenost od plánovaného kabelového vedení 4x400 kV je **30 m** pro první vedení 2x110 kV a **55 m** pro druhé vedení 2x110 kV. Uložení kabelů odpovídá schématu na **Obr. 3** Uvažovaná nejnižší výška fázových vodičů nad terénem na stožáru tvaru Soudek 2001 2x110 kV je 6,1 m, což odpovídá nejnižší možné výšce fázového vodiče dle standardů platných v době výstavby těchto vedení. Tento předpoklad také reprezentuje nejhorší možný případ z hlediska výpočtů vlivu elektromagnetického pole.

2.5.2 Souběh nadzemního vedení s vedením 2x110 kV tvaru Soudek 2000

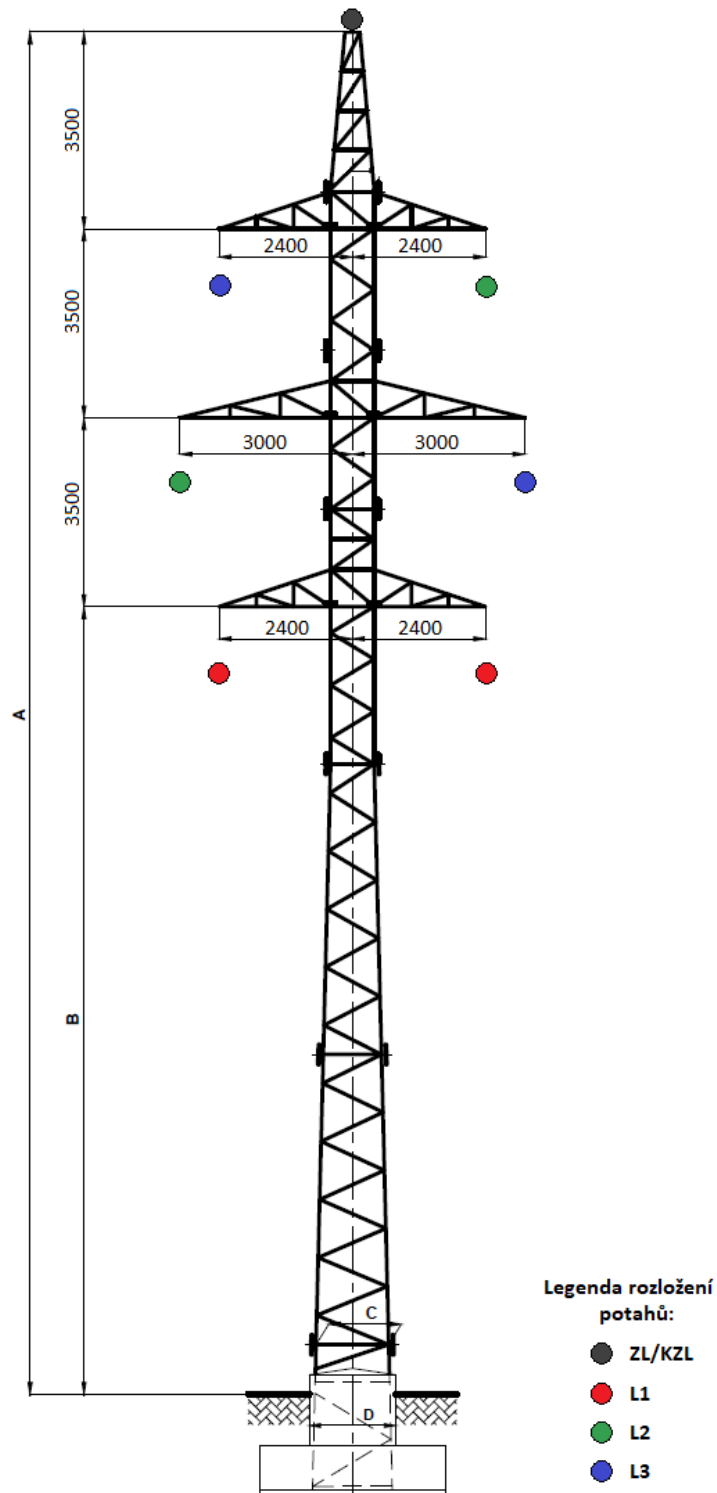
V úseku st. č. 2 – st. č. 12 je plánované vedení 2x400 kV se stožáry tvaru Dunaj (viz **Obr. 1**) v první variantě nebo se stožáry tvaru Soudek (viz **Obr. 2**) ve druhé variantě v souběhu s jedním vedením 2x110 kV. Toto vedení je vedeno na stožárech tvaru Soudek 2000, který je na **Obr. 8**. Nejmenší osová vzdálenost tohoto vedení 2x110 kV od plánovaného vedení 2x400 kV je **45 m**. Uvažovaná nejnižší výška fázových vodičů nad terénem na stožáru tvaru Soudek 2000 2x110 kV je 6,1 m, což odpovídá nejnižší možné výšce fázového vodiče dle standardů platných v době výstavby těchto vedení. Tento předpoklad také reprezentuje nejhorší možný případ z hlediska výpočtů vlivu elektromagnetického pole.

2.5.3 Souběh nadzemního vedení s vedením 1x220 kV tvaru Portál 1958

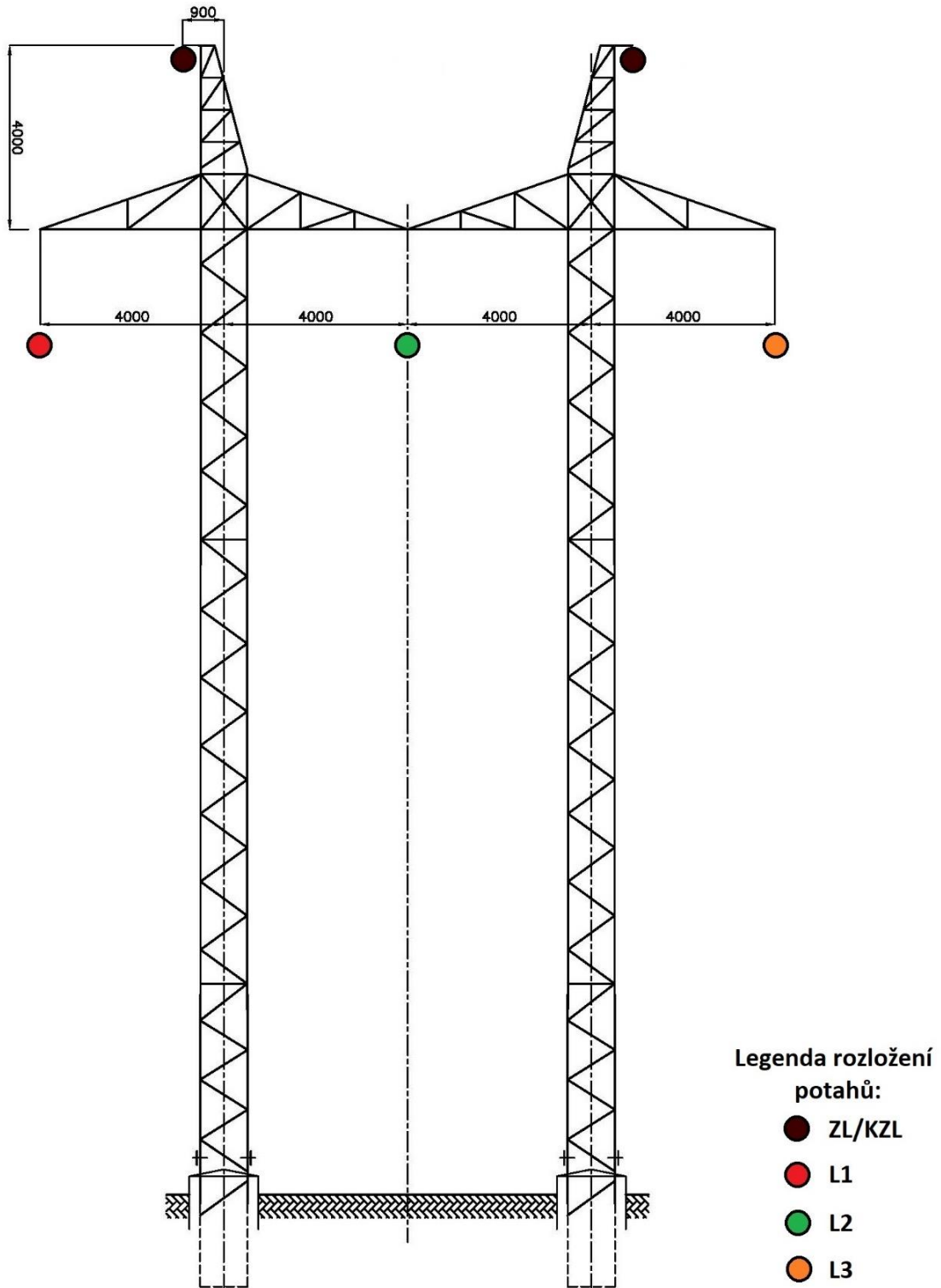
V úseku st. č. 12 – st. č. 24 je plánované vedení 2x400 kV se stožáry tvaru Dunaj (viz **Obr. 1**) v první variantě nebo se stožáry tvaru Soudek (viz **Obr. 2**) ve druhé variantě v souběhu s jedním vedením 1x220 kV. Toto vedení je vedeno na stožárech tvaru Portál 1958, který je na **Obr. 9**. Nejmenší osová vzdálenost tohoto vedení 1x220 kV od plánovaného vedení 2x400 kV je **40 m**. Uvažovaná nejnižší výška fázových vodičů nad terénem na stožáru tvaru Portál 1958 1x220 kV je 7,2 m, což odpovídá nejnižší možné výšce fázového vodiče dle standardů platných v době výstavby těchto vedení. Tento předpoklad také reprezentuje nejhorší možný případ z hlediska výpočtů vlivu elektromagnetického pole.



Obr. 7 Schéma uspořádání stožárové konstrukce tvaru Soudek 2001, nosný 2x110 kV



Obr. 8 Schéma uspořádání stožárové konstrukce tvaru Soudek 2000, nosný 2x110 kV

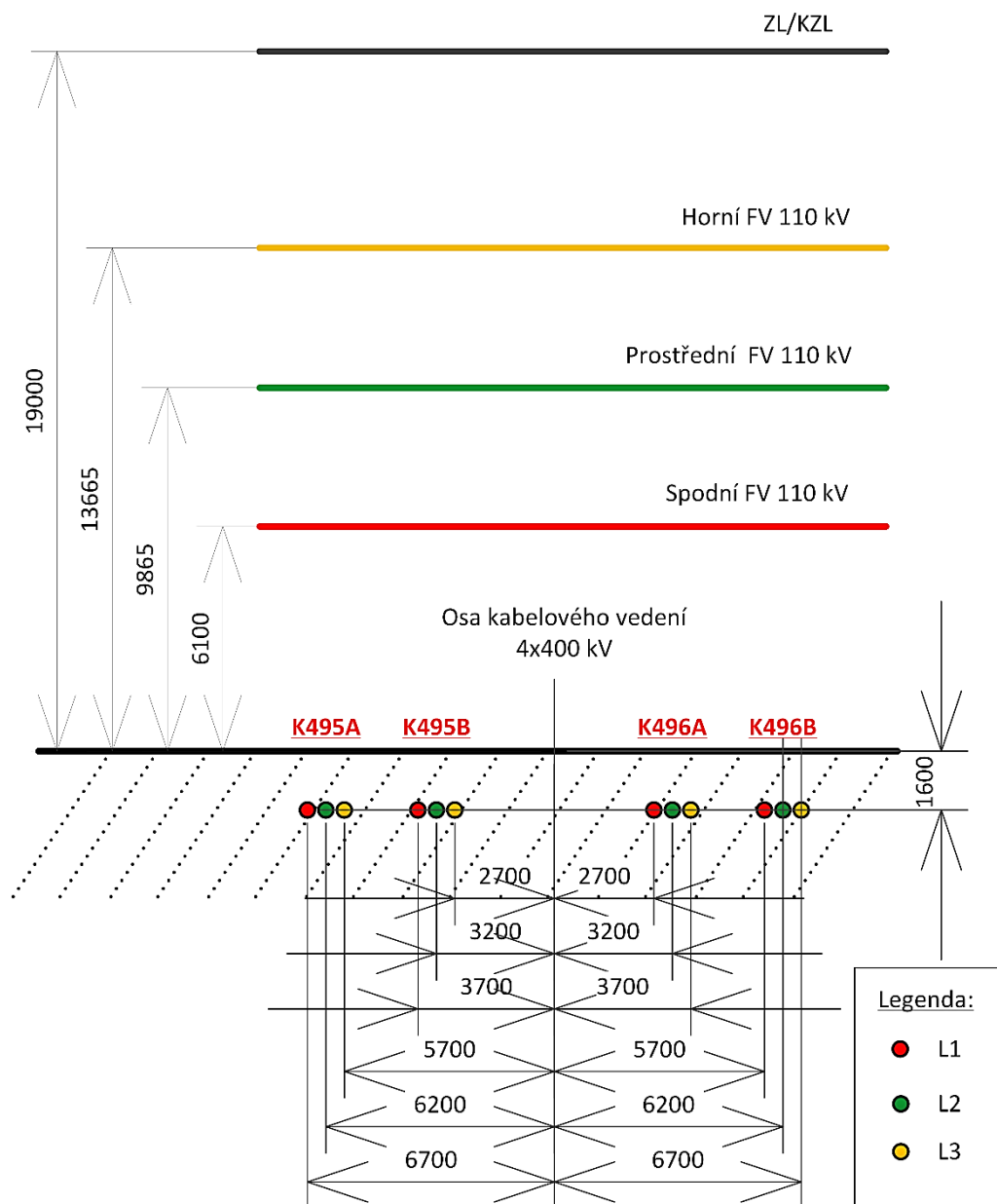


Obr. 9 Schéma uspořádání stožárové konstrukce tvaru Portál 1958, nosný 1x220 kV

2.6 KŘÍŽENÍ S PLÁNOVANÝM VEDENÍM V495/496

2.6.1 Křížení kabelové části plánovaného vedení s vedením 2x110 kV tvaru Soudek

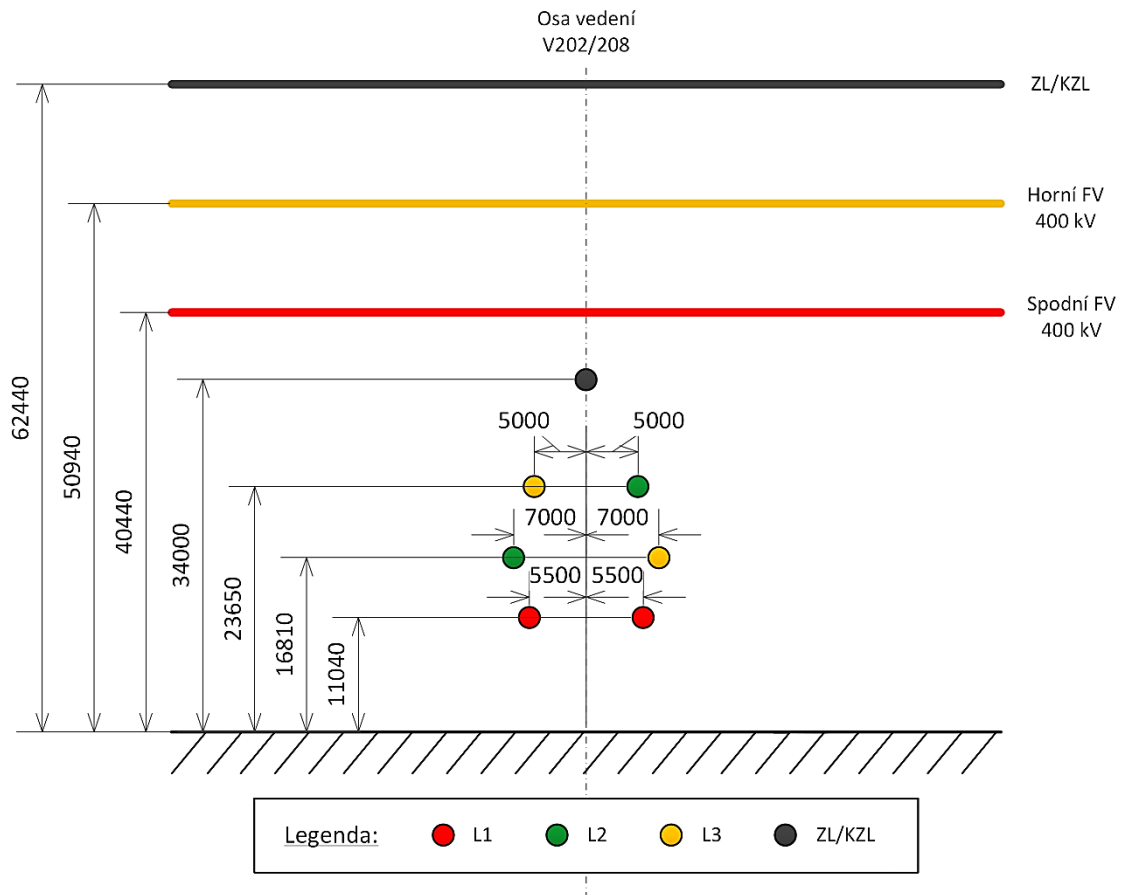
Plánovaná kabelová trasa 4x400 kV kříží v rámci své trasy vedení 2x110 kV, která jsou vedena na stožárech tvaru Soudek. V rámci posouzení byl vybrán nejnepříznivější případ a výpočtový řez takového křížení byl veden v ose křížovaného vedení 2x110 kV. Geometrie posuzovaného řezu je zakótována v **Obr. 10**.



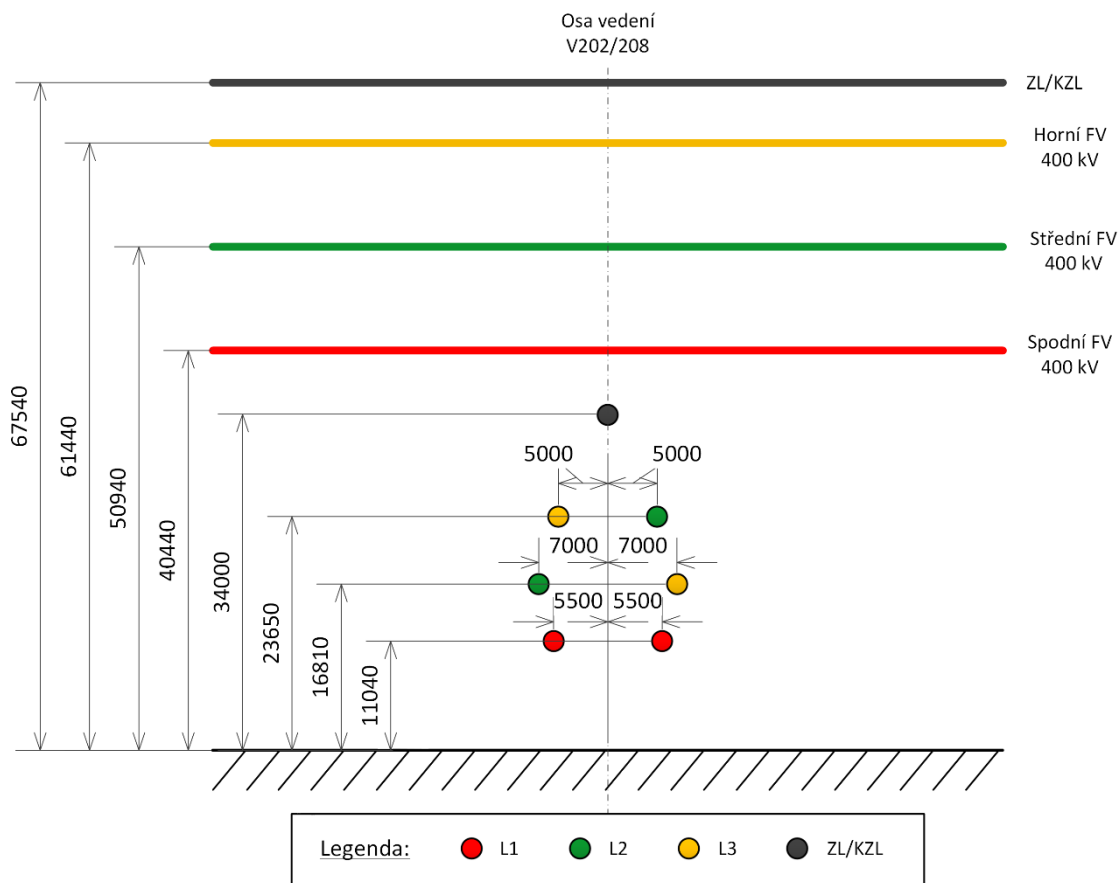
Obr. 10 Pozice kabelů plánovaného vedení 4x400 kV K495A/495B/496A/496B a vedení 2x110 kV v místě jejich křížení – řez v ose vedení 2x110 kV

2.6.2 Křížení nadzemní části plánovaného vedení s vedením 2x220 kV tvaru Soudek

V úseku st. č. 24 – st. č. 25 je plánované nadzemní vedení 2x400 kV v křížení s vedením 2x220 kV V202/208. Výpočtový řez tohoto křížení byl veden v ose plánovaného vedení V495/496. Geometrie posuzovaného řezu je zakótována v **Obr. 11** pro variantu plánovaného vedení 2x400 kV na stožárech tvaru Dunaj a v **Obr. 12** pro variantu plánovaného vedení 2x400 kV na stožárech tvaru Soudek.



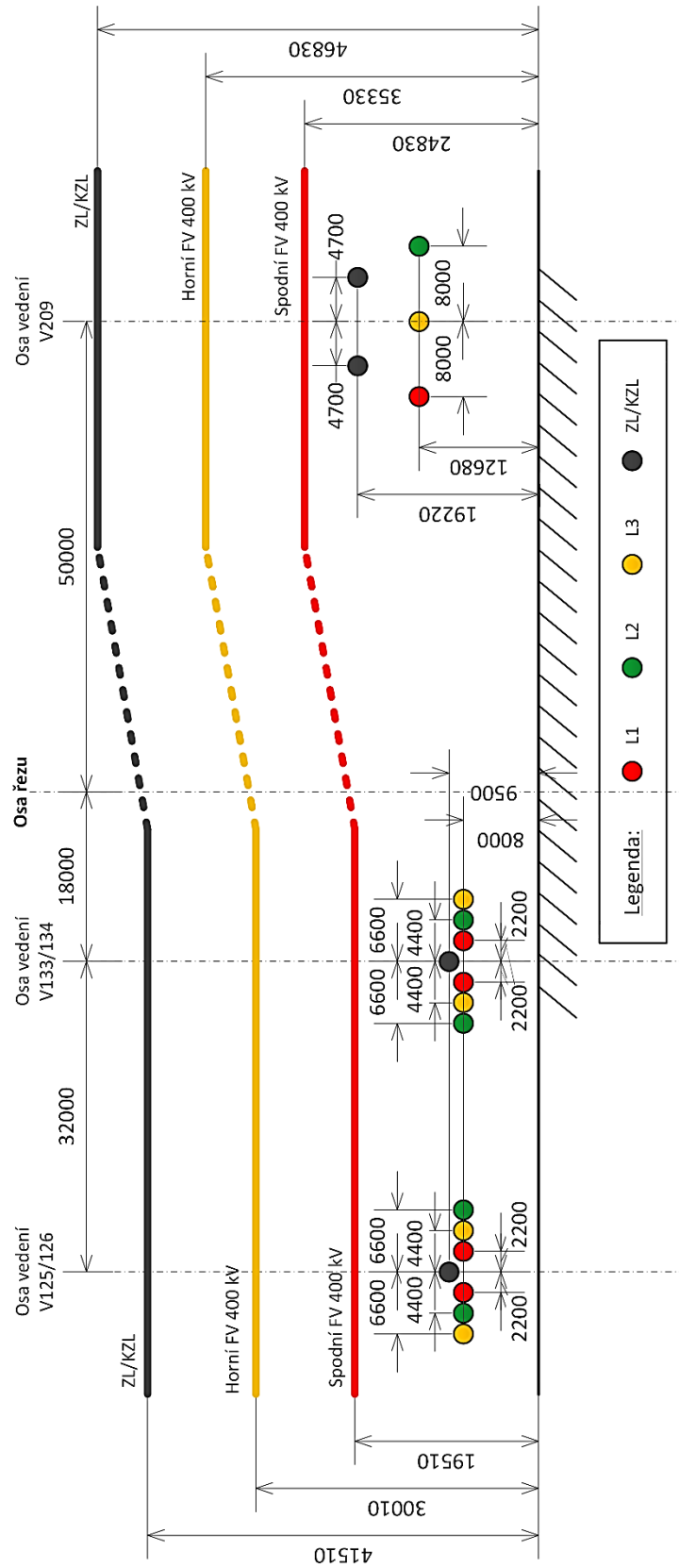
Obr. 11 Pozice vodičů plánovaného vedení 2x400 kV V495/496 a 1x220 kV V202/208 v místě jejich křížení – řez v ose vedení V495/496 na stožárech tvaru Dunaj



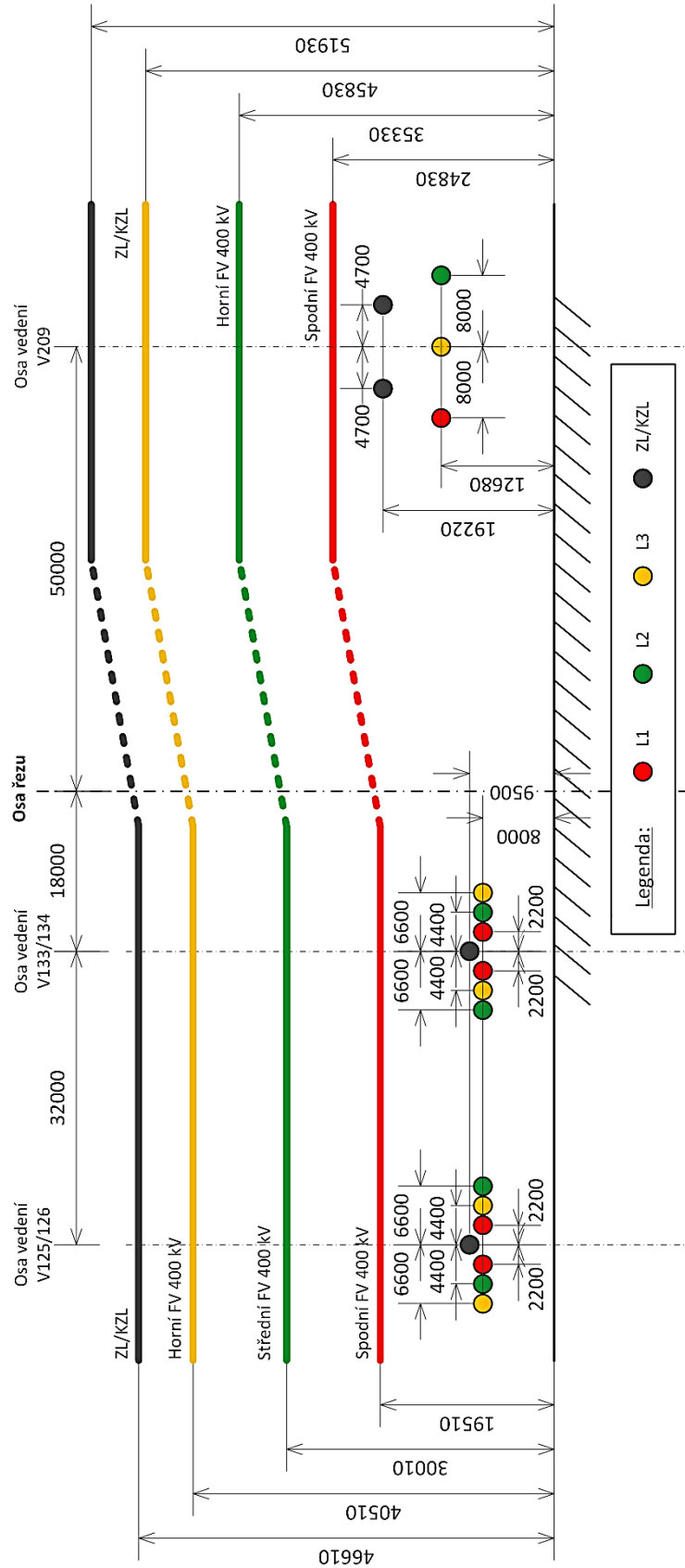
Obr. 12 Pozice vodičů plánovaného vedení 2x400 kV V495/496 a 1x220 kV V202/208 v místě jejich křížení – řez v ose vedení V495/496 na stožárech tvaru Soudek

2.6.3 Křížení nadzemní části plánovaného vedení se souběhem vedení 1x220 kV tvaru Portál a dvou vedení 2x110 kV tvaru Soudek

V úseku st. č. 26 – st. č. 27 je plánované nadzemní vedení 2x400 kV v křížení s vedením 1x220 kV V209 a dvěma vedeními 2x110 kV V125/126 a V133/134 (nachází se zde tedy křížení plánovaného vedení se souběhem těchto vedení). Výpočtový řez tohoto křížení byl veden v ose plánovaného vedení V495/496. Geometrie posuzovaného řezu je zakótována v **Obr. 13** pro variantu plánovaného vedení 2x400 kV na stožárech tvaru Dunaj a v **Obr. 14** pro variantu plánovaného vedení 2x400 kV na stožárech tvaru Soudek.



Obr. 13 Pozice vodičů plánovaného vedení 2x400 kV V495/496 a stávajících vedení 1x220 kV V202/208, 2x110 kV V125/126 a 2x110 kV V133/134 v místě jejich křížení – řez v ose vedení V495/496 na stožárech tvaru Dunaj



Obr. 14 Pozice vodičů plánovaného vedení 2x400 kV V495/496 a stávajících vedení 1x220 kV V202/208, 2x110 kV V125/126 a 2x110 kV V133/134 v místě jejich křížení – řez v ose vedení V495/496 na stožárech tvaru Soudek

3 POŽADAVKY NAŘÍZENÍ VLÁDY Č. 291/2015 SB.

V Nařízení vlády č. 291/2015 Sb. (dále NV 2015) jsou stanoveny nejvyšší přípustné hodnoty modifikované intenzity elektrického pole E_{mod} v lidské tkáni pro kmitočety elektromagnetického pole 0 Hz – 10 MHz (a tudíž i pro 50 Hz):

- $E_{mod} = 1,0 \text{ V/m}$ – pro zaměstnance
- $E_{mod} = 0,2 \text{ V/m}$ – pro fyzické osoby v komunálním (nepracovním) prostředí

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

Pro určení modifikované intenzity elektrického pole E_{mod} je nejprve třeba určit vlastní intenzitu elektrického pole E indukovanou v tkáni vnějším elektromagnetickým polem. Vnější elektromagnetické pole je vyjádřeno veličinami magnetické indukce B^{ext} a intenzitou elektrického pole E^{ext} a platí:

$$E_1 = K_B \cdot \frac{dB^{ext}}{dt} \quad (1)$$

$$E_2 = \frac{\epsilon_0}{\sigma} \cdot K_E \cdot \frac{dE^{ext}}{dt} \quad (2)$$

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

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

K_B, K_E – koeficienty expozice (rozložení pole, jeho orientace k tělu a místo na těle)

Podle NV 2015 je nutné jako rozhodující posuzovat expozici v oblasti hlavy. Pro uvážení hygienicky nejhoršího případu se dále předpokládá, že chodidla osoby jsou vodivě spojena se zemí (bosé nohy na vlhké zemi). Uvažuje se tedy hygienicky nejhorší situace, kdy je tělo vystaveno homogennímu magnetickému poli kolmému k hrudi a homogennímu elektrickému poli ve směru od hlavy k nohám. **Ohledně volby konstant se volí přísnější filtr uvážující expozici hlavy – konkrétně expozici očí a středního ucha ($K_B = 0,05 \text{ m}$ a $K_E = 66$).**

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

V případě sinusového signálu je hodnocení expozice velmi jednoduché. Výchozí veličinou magnetické složky pole je efektivní hodnota magnetické indukce B_{ef}^{ext} . Amplituda magnetické indukce je pak $B_a^{ext} = \sqrt{2} \cdot B_{ef}^{ext}$ a její časová derivace, potřebná pro dosažení do vztahu (1), má tvar:

$$\frac{dB^{ext}}{dt} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot B_a^{ext} \quad (3)$$

kde f je frekvence. Elektrická intenzita indukovaná tímto magnetickým polem pak bude dle vztahu (1) ($K_B = 0,05 \text{ m}$):

$$E_1 = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot K_B \cdot \pi \cdot f \cdot B_{ef}^{ext} \quad (4)$$

Podobně vychází veličinou elektrické složky pole je efektivní hodnota intenzity elektrického pole E_{ef}^{ext} . Elektrická intenzita indukovaná tímto elektrickým polem pak bude obdobně odvozena dle vztahu (2) ($K_E = 66$):

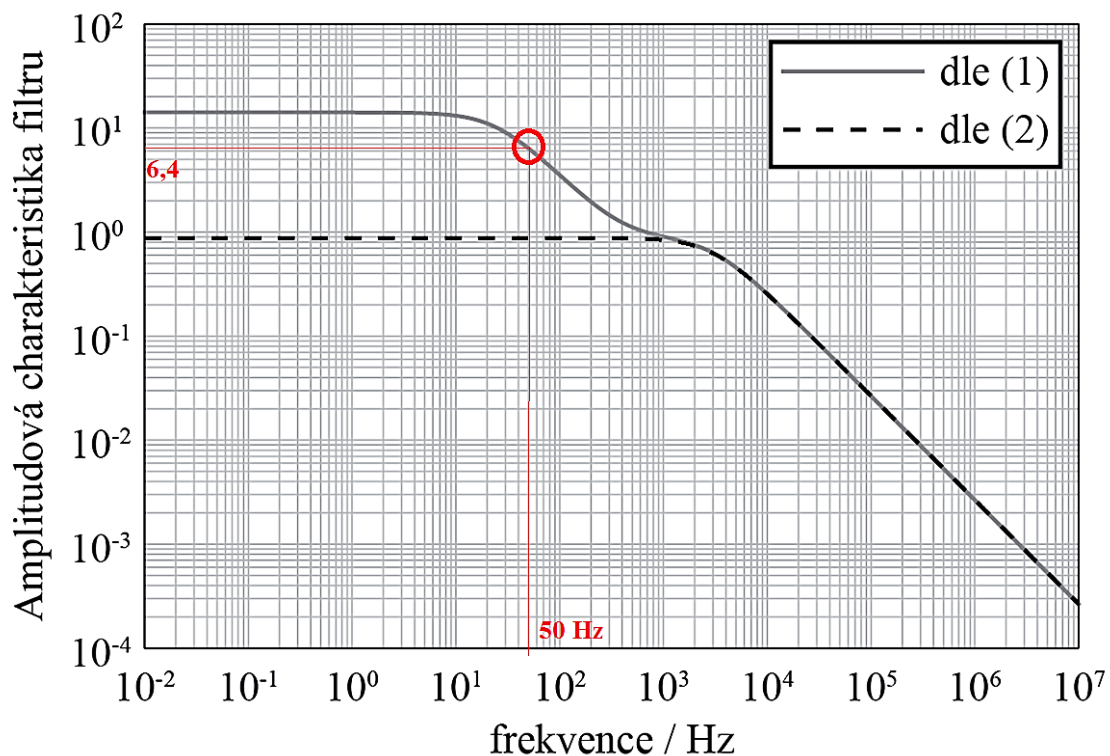
$$E_2 = \frac{\varepsilon_0}{\sigma} \cdot 2 \cdot \sqrt{2} \cdot K_E \cdot \pi \cdot f \cdot E_{ef}^{ext} \quad (5)$$

Součet expozice elektrického a magnetického pole pak určuje výslednou indukovanou intenzitu elektrického pole:

$$E = E_1 + E_2 = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot \pi \cdot f \cdot \left(K_B \cdot B_{ef}^{ext} + \frac{\varepsilon_0}{\sigma} \cdot K_E \cdot E_{ef}^{ext} \right) \quad (6)$$

Modifikovaná intenzita elektrického pole E_{mod} je pak určena indukovanou intenzitou elektrického pole E , která projde filtrem s frekvenční odezvou podle **Obr. 15**. Pro 50 Hz je to tedy $G(50) = 6,4$ a E_{mod} je pak určeno vztahem:

$$E_{mod} = 6,4 \cdot E \quad (7)$$



Obr. 15 Amplitudová frekvenční charakteristika filtrů určujících modifikovanou intenzitu elektrického pole

V NV 2015 jsou zároveň stanoveny referenční hodnoty pro intenzitu elektrického pole E a pro magnetickou indukci B , jejichž účelem je zjednodušit posouzení expoziční situace. Referenční hodnoty jsou definované pomocí veličin E_{ef}^{Limit} a B_{ef}^{Limit} , které dle tabulky uvedené v NV 2015 pro frekvenci 50 Hz nabývají hodnot:

- $E_{ef}^{Limit}(50\text{ Hz}) = 10\text{ kV/m}$
- $B_{ef}^{Limit}(50\text{ Hz}) = 1\text{ mT}$

Pro nepřekročení referenční hodnoty je nutné splnit následující kritérium s efektivními hodnotami prostorových maxim intenzity elektrického pole a magnetické indukce pro frekvenci 50 Hz, které je odvozené z obecnějšího kritéria uvedeného v NV 2015:

$$\frac{E_{ef}^{ext\ max}}{E_{ef}^{Limit}} + \frac{B_{ef}^{ext\ max}}{B_{ef}^{Limit}} \leq H_{lim} \quad (8)$$

zde platí pro limitní koeficient kritéria:

- $H_{lim} = 1,0$ – pro zaměstnance
- $H_{lim} = 0,2$ – pro fyzické osoby v komunálním (nepracovním) prostředí

Z tohoto limitního koeficientu pro fyzické osoby v komunálním prostředí byly odvozeny limity referenčních hodnot intenzity elektrického pole a magnetické indukce v následujících grafech výpočtů:

- $E_{ef}^{ext\ lim}(50\text{ Hz}) = 2\text{ kV/m}$
- $B_{ef}^{ext\ lim}(50\text{ Hz}) = 0,2\text{ mT}$

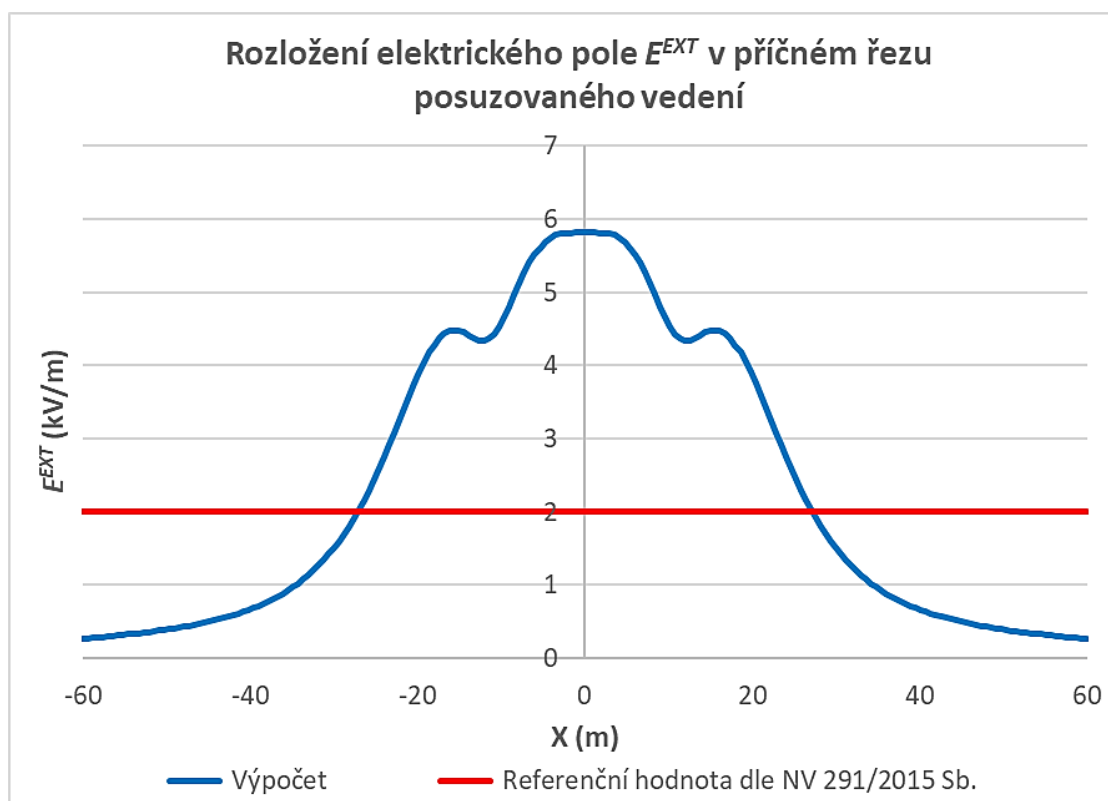
4 VÝSLEDKY VÝPOČTŮ

4.1 SAMOSTATNÉ VELENÍ 2X400 KV TVARU DUNAJ

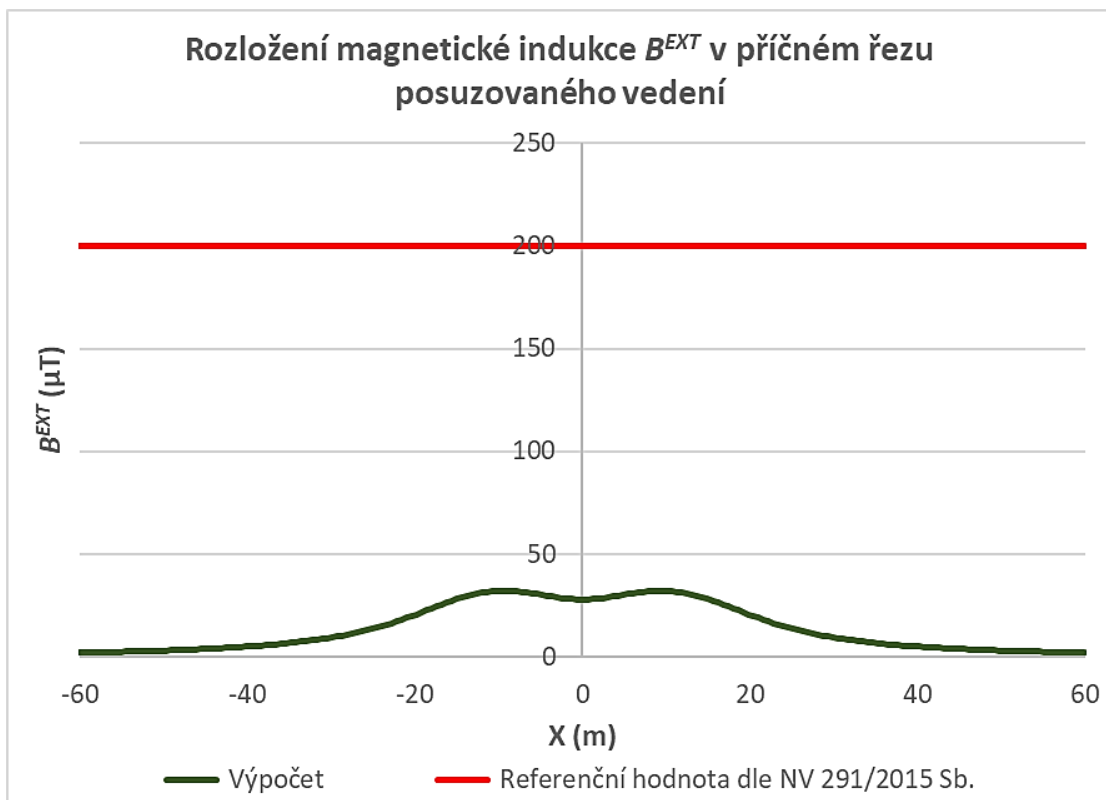
Průběhy efektivní hodnoty intenzity elektrického pole a efektivní hodnoty magnetické indukce v řezu posuzovaného vedení ve výšce 1,8 m nad terénem jsou vykresleny na **Obr. 16** a **Obr. 17**. Průběh modifikované intenzity elektrického pole v lidské tkáni ve výšce 1,8 m nad terénem je vykreslen na **Obr. 18**. Výsledky výpočtů a vyhodnocení posouzení referenčních hodnot pro intenzitu elektrického pole a magnetickou indukci jsou shrnuty v **Tab. 3**.

Tab. 3 Výsledky výpočtů a posouzení referenčních hodnot pro E a B

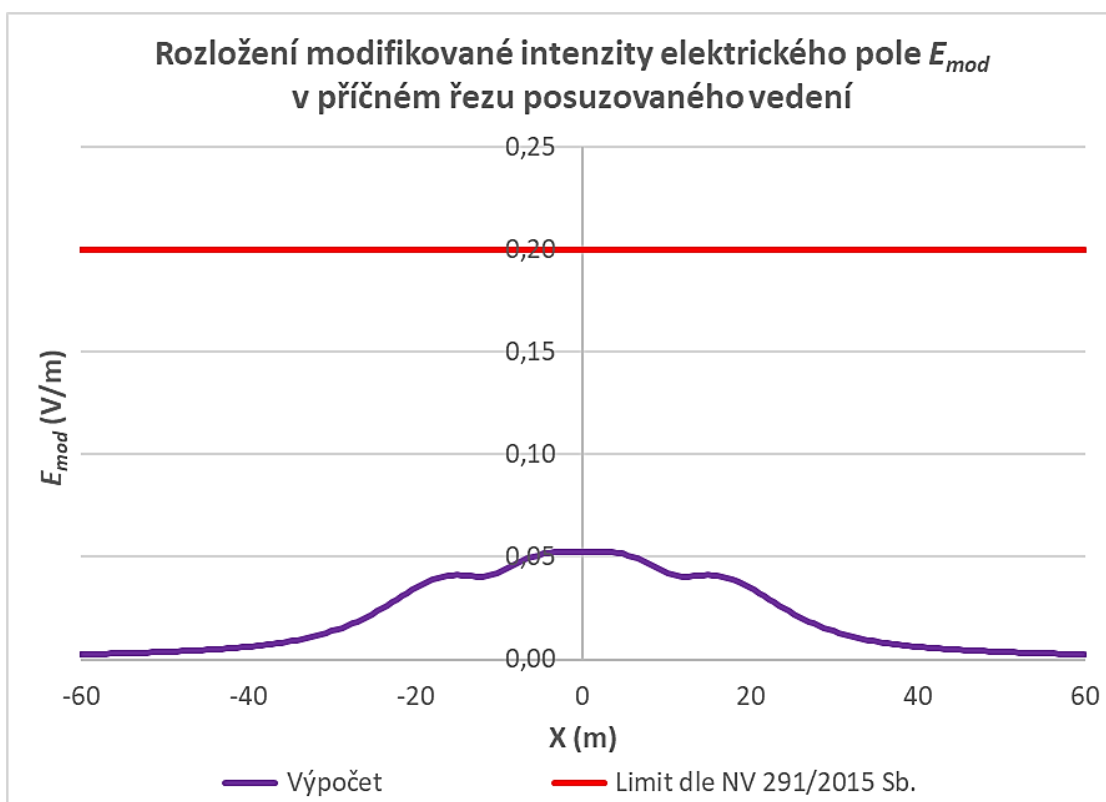
$B_{ef}^{EXT_{max}}$ (μT)	$E_{ef}^{EXT_{max}}$ (kV/m)	H (-)	H_{lim} (-)	$H \leq H_{lim}$	$E_{mod_{max}}$ (V/m)
32,07	5,83	0,62	0,2	NE	0,052



Obr. 16 Intenzita elektrického pole ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného vedení



Obr. 17 Magnetická indukce ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného vedení



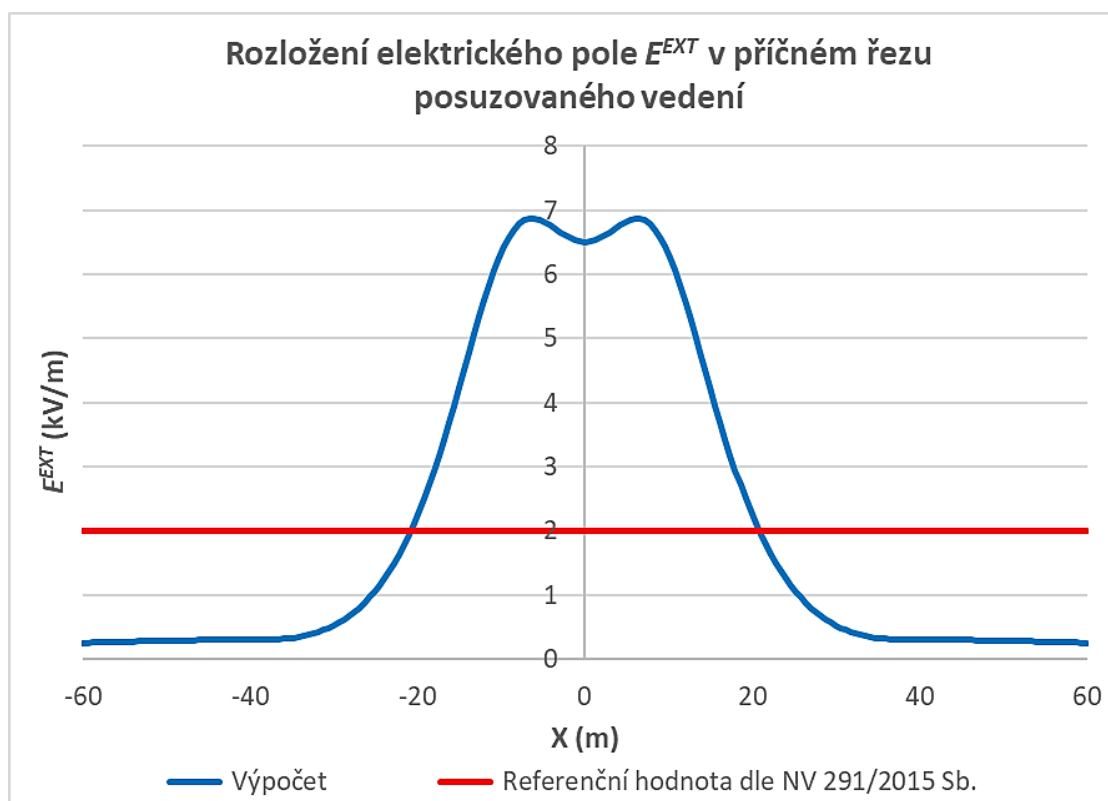
Obr. 18 Modifikovaná intenzita elektrického pole ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného vedení

4.2 SAMOSTATNÉ VELENÍ 2X400 KV TVARU SOUDEK

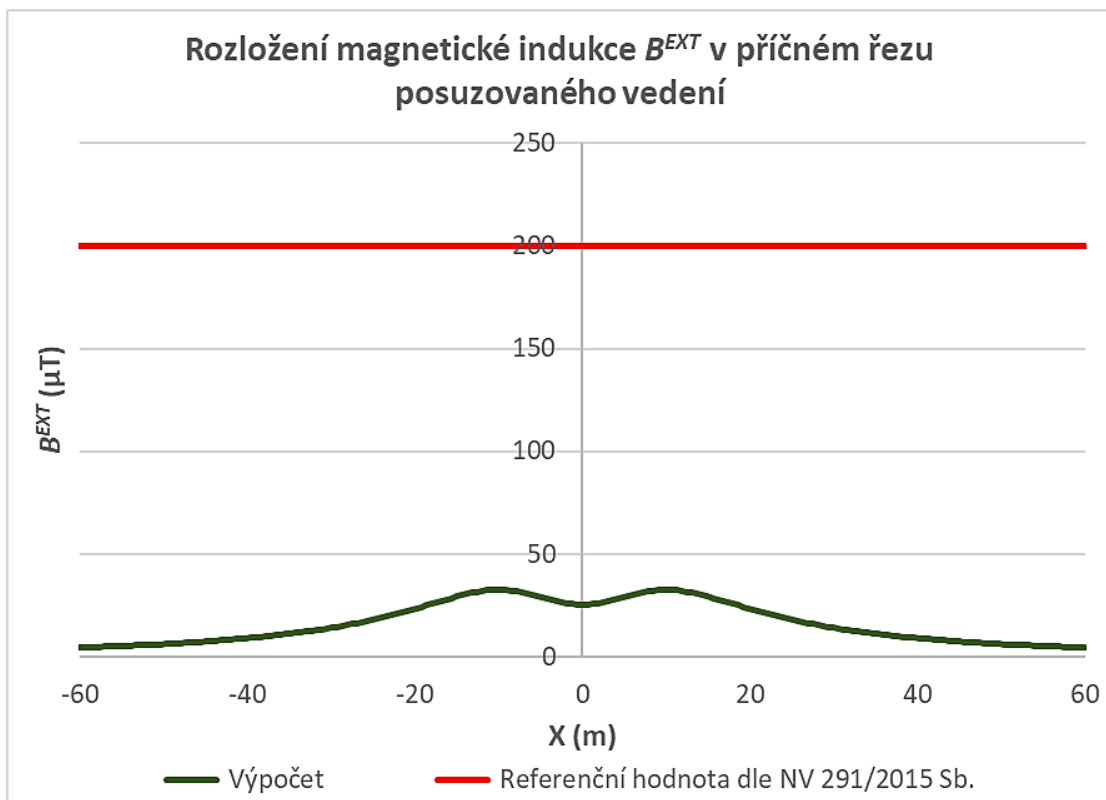
Průběhy efektivní hodnoty intenzity elektrického pole a efektivní hodnoty magnetické indukce v řezu posuzovaného vedení ve výšce 1,8 m nad terénem jsou vykresleny na **Obr. 19** a **Obr. 20**. Průběh modifikované intenzity elektrického pole v lidské tkáni ve výšce 1,8 m nad terénem je vykreslen na **Obr. 21**. Výsledky výpočtů a vyhodnocení posouzení referenčních hodnot pro intenzitu elektrického pole a magnetickou indukci jsou shrnuty v **Tab. 4**.

Tab. 4 Výsledky výpočtů a posouzení referenčních hodnot pro E a B

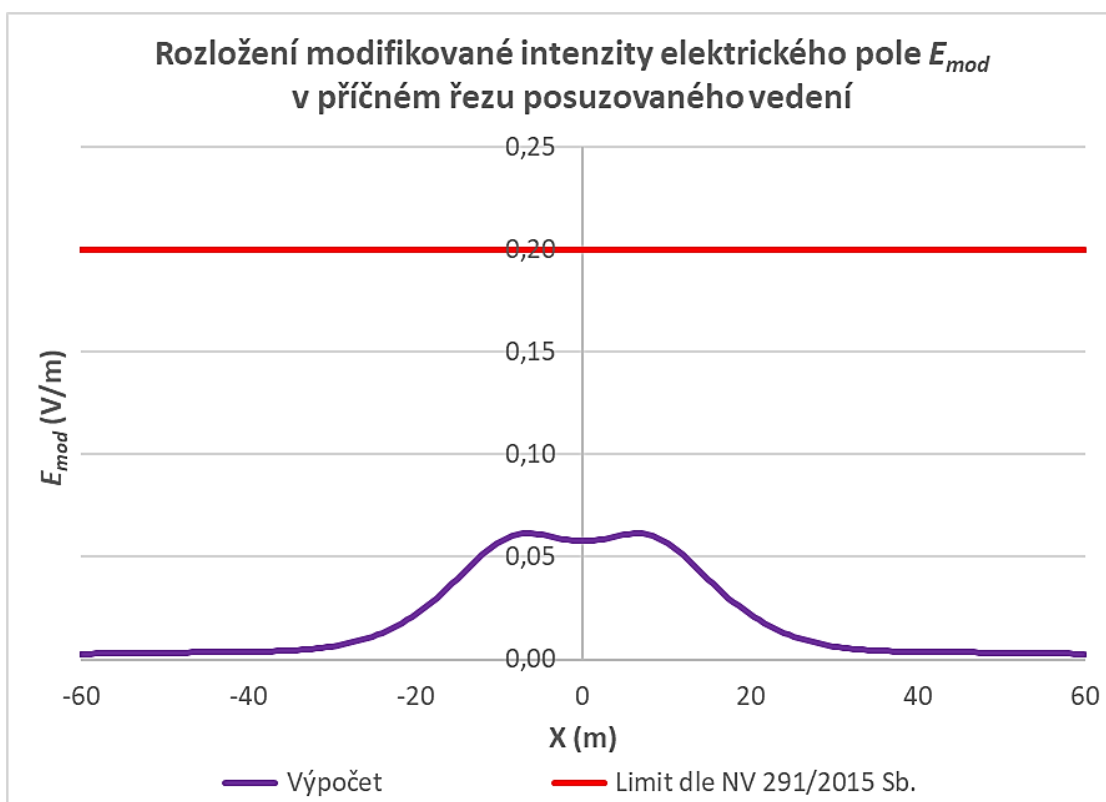
$B_{ef}^{EXT_{max}}$ (μT)	$E_{ef}^{EXT_{max}}$ (kV/m)	H (-)	H_{lim} (-)	$H \leq H_{lim}$	$E_{mod_{max}}$ (V/m)
32,55	6,87	0,72	0,2	NE	0,061



Obr. 19 Intenzita elektrického pole ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného vedení



Obr. 20 Magnetická indukce ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného vedení

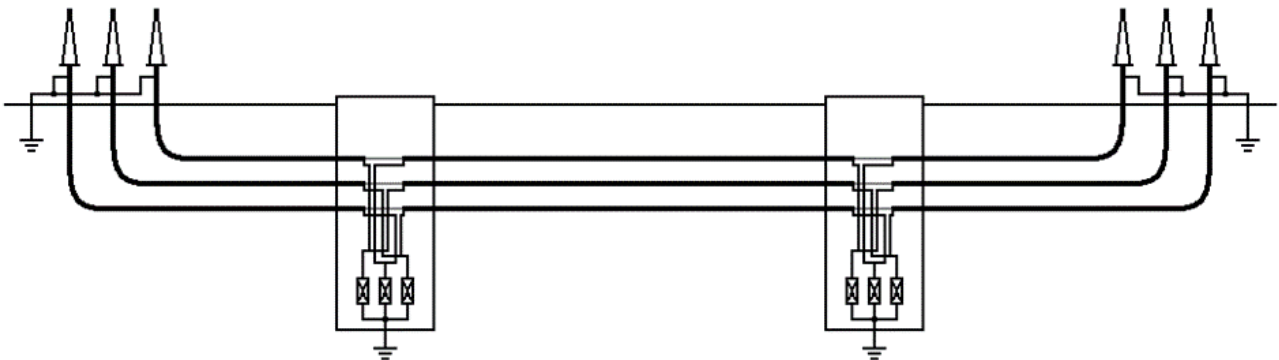


Obr. 21 Modifikovaná intenzita elektrického pole ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného vedení

4.3 KABELOVÉ VEDENÍ 4X400 KV VE VÝKOPU

U kabelového vedení je elektrické pole efektivně odstíněno kabelovým stíněním, a tak se uvažují pouze vlivy magnetického pole (intenzita elektrického pole je zanedbatelná).

V případě indukce provozních proudů do stínění kabelů by došlo k tomu, že tok proudu ve stínění kabelu by snížil velikost magnetického pole v okolí kabelu. V rámci projektované kabelové trasy se uvažuje s vykřížením stínění kabelů jednotlivých fází (tzv. cross-bonding), který zapříčiní minimalizaci indukovaných proudů do stínění kabelů (snížení ztrát, zvýšení zatížitelnosti). Schematické znázornění tohoto řešení je pro ilustraci uvedeno na **Obr. 22**. Při výpočtech bylo tedy uvažováno s nejnepříznivějším stavem z hlediska vlivů magnetického pole, kdy stíněním ani přidaným symetrizačním vodičem neteče žádný indukovaných proud, který by vliv magnetického pole kabelu do okolí snižoval.

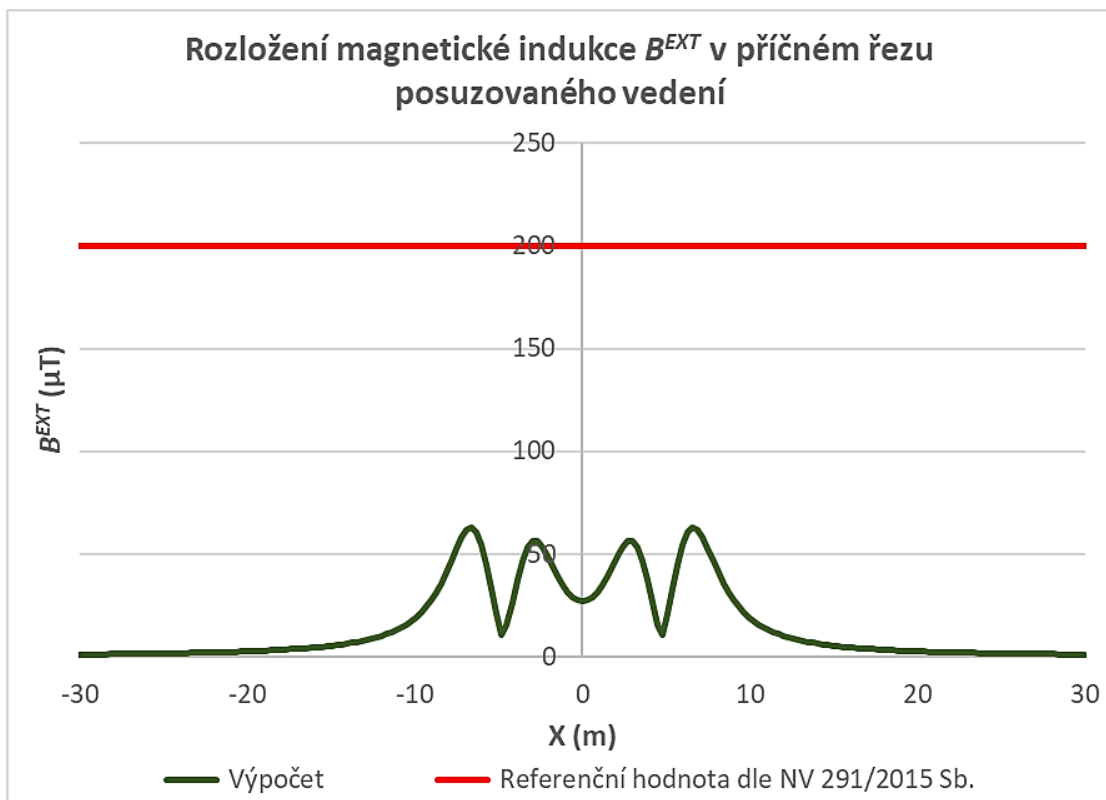


Obr. 22 Princip eliminace indukce do stínění kabelů pomocí vykřížení (cross-bonding)

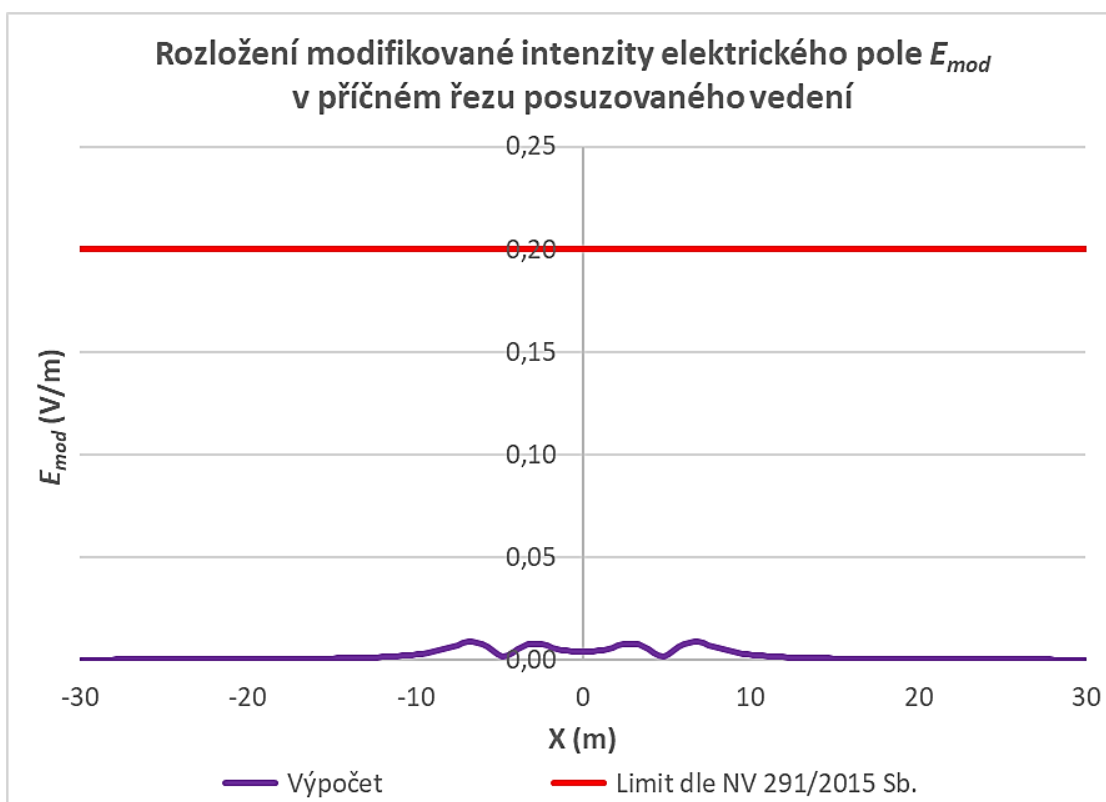
Průběh efektivní hodnoty magnetické indukce v řezu posuzovaného kabelového vedení ve výšce 0,1 m nad terénem (v místě kabelového vedení se uvažuje s ležícími osobami) je vykreslen na **Obr. 23**. Průběh modifikované intenzity elektrického pole v lidské tkáni ve výšce 0,1 m nad terénem je vykreslen na **Obr. 24**. Výsledky výpočtů a vyhodnocení posouzení referenčních hodnot pro intenzitu elektrického pole a magnetickou indukci jsou shrnuty v **Tab. 5**.

Tab. 5 Výsledky výpočtů a posouzení referenčních hodnot pro E a B

$B_{ef}^{EXT_{max}}$ (μT)	$E_{ef}^{EXT_{max}}$ (kV/m)	H (-)	H_{lim} (-)	$H \leq H_{lim}$	$E_{mod_{max}}$ (V/m)
62,89	-	0,06	0,2	ANO	0,009



Obr. 23 Magnetická indukce ve výšce 0,1 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného kabelového vedení



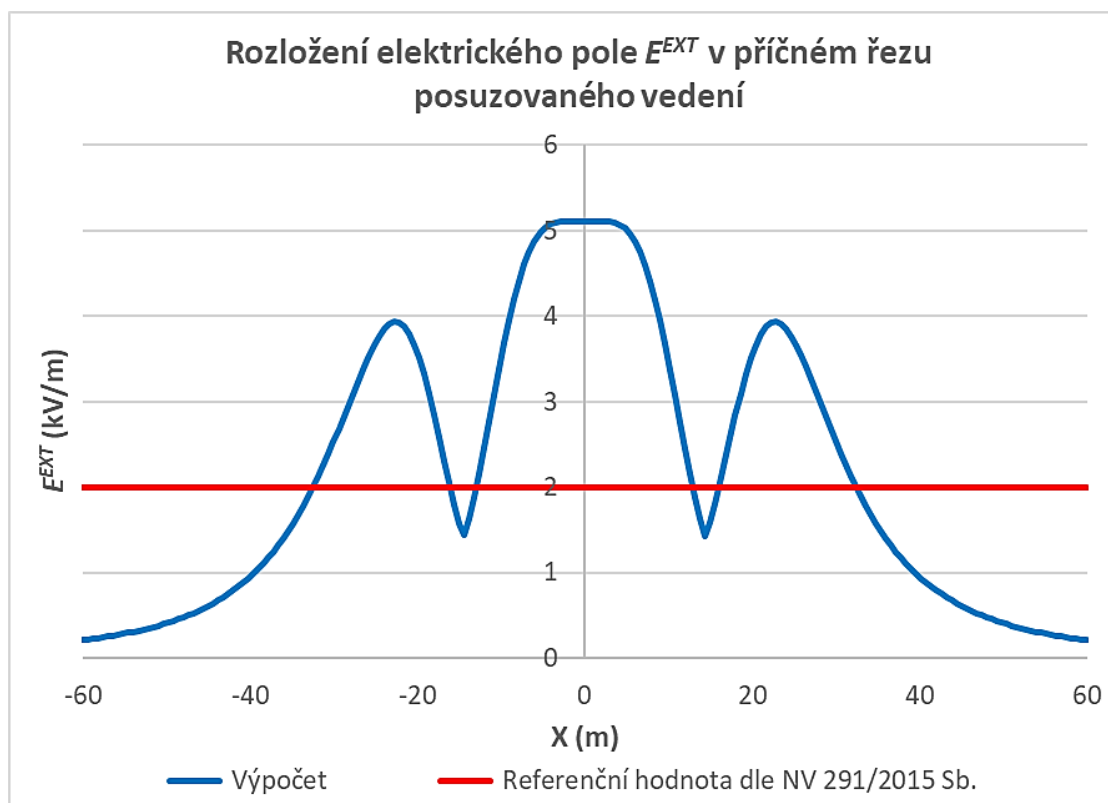
Obr. 24 Modifikovaná intenzita elektrického pole ve výšce 0,1 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného kabelového vedení

4.4 ZAÚSTĚNÍ NADZEMNÍHO VEDENÍ 2X400 KV DO PŘECHODOVÉ STANICE V ŠESTAJOVICÍCH

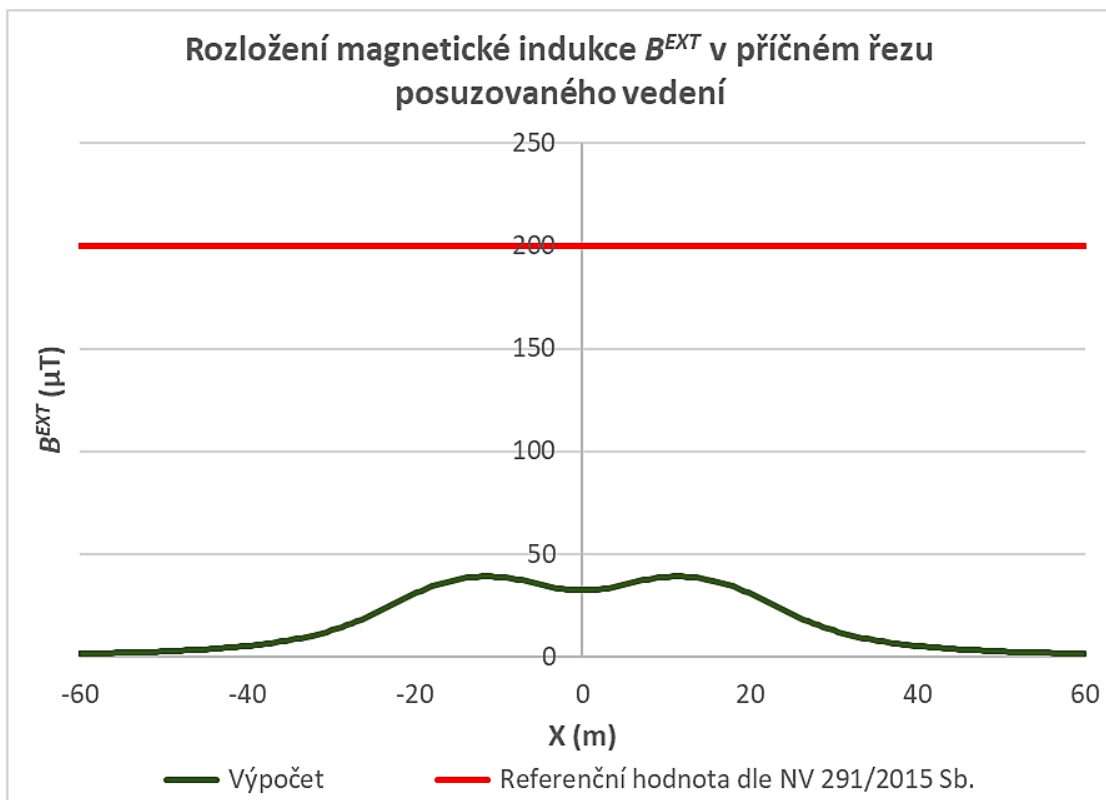
Průběhy efektivní hodnoty intenzity elektrického pole a efektivní hodnoty magnetické indukce v řezu posuzovaného zaústění vedení ve výšce 1,8 m nad terénem jsou vykresleny na **Obr. 25** a **Obr. 26**. Průběh modifikované intenzity elektrického pole v lidské tkáni ve výšce 1,8 m nad terénem je vykreslen na **Obr. 27**. Výsledky výpočtů a vyhodnocení posouzení referenčních hodnot pro intenzitu elektrického pole a magnetickou indukci jsou shrnuty v **Tab. 6**.

Tab. 6 Výsledky výpočtů a posouzení referenčních hodnot pro E a B

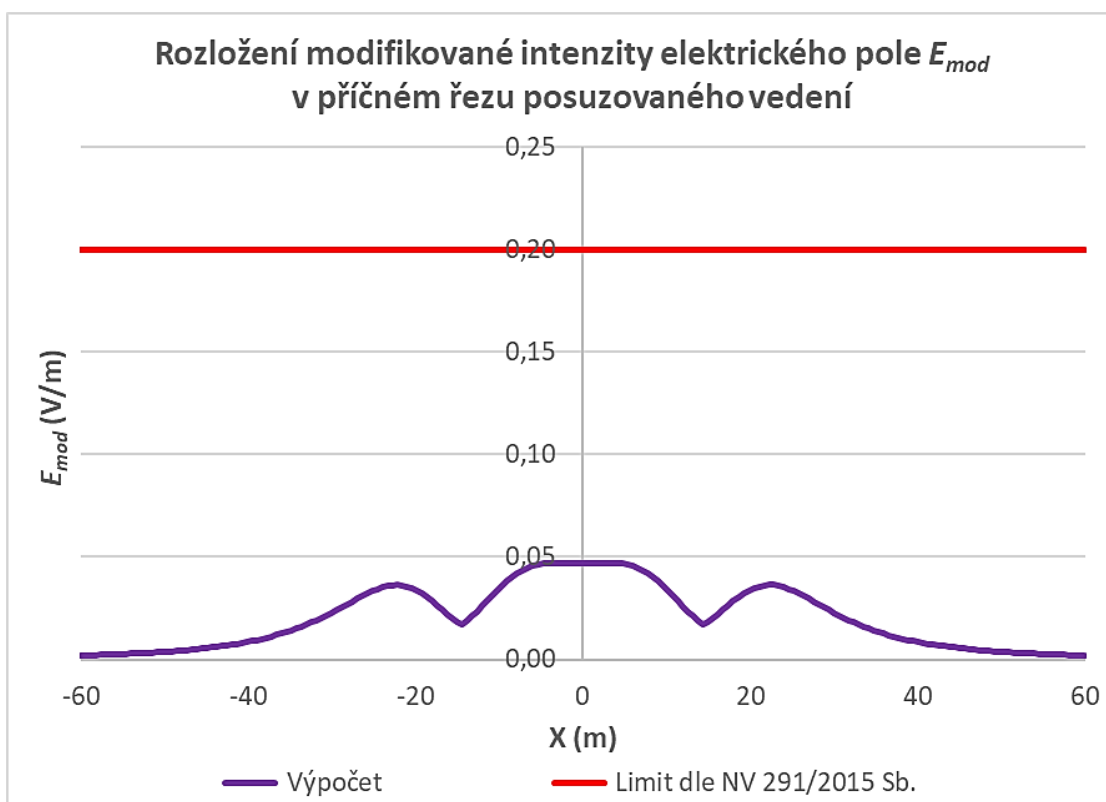
$B_{ef}^{EXT_{max}}$ (μT)	$E_{ef}^{EXT_{max}}$ (kV/m)	H (-)	H_{lim} (-)	$H \leq H_{lim}$	$E_{mod_{max}}$ (V/m)
39,03	5,11	0,55	0,2	NE	0,047



Obr. 25 Intenzita elektrického pole ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného zaústění nadzemního vedení



Obr. 26 Magnetická indukce ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného zaústění nadzemního vedení



Obr. 27 Modifikovaná intenzita elektrického pole ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného zaústění nadzemního vedení

4.5 ZAÚSTĚNÍ KABELOVÉHO VEDENÍ 4X400 KV DO PŘECHODOVÉ STANICE V ŠESTAJOVICÍCH

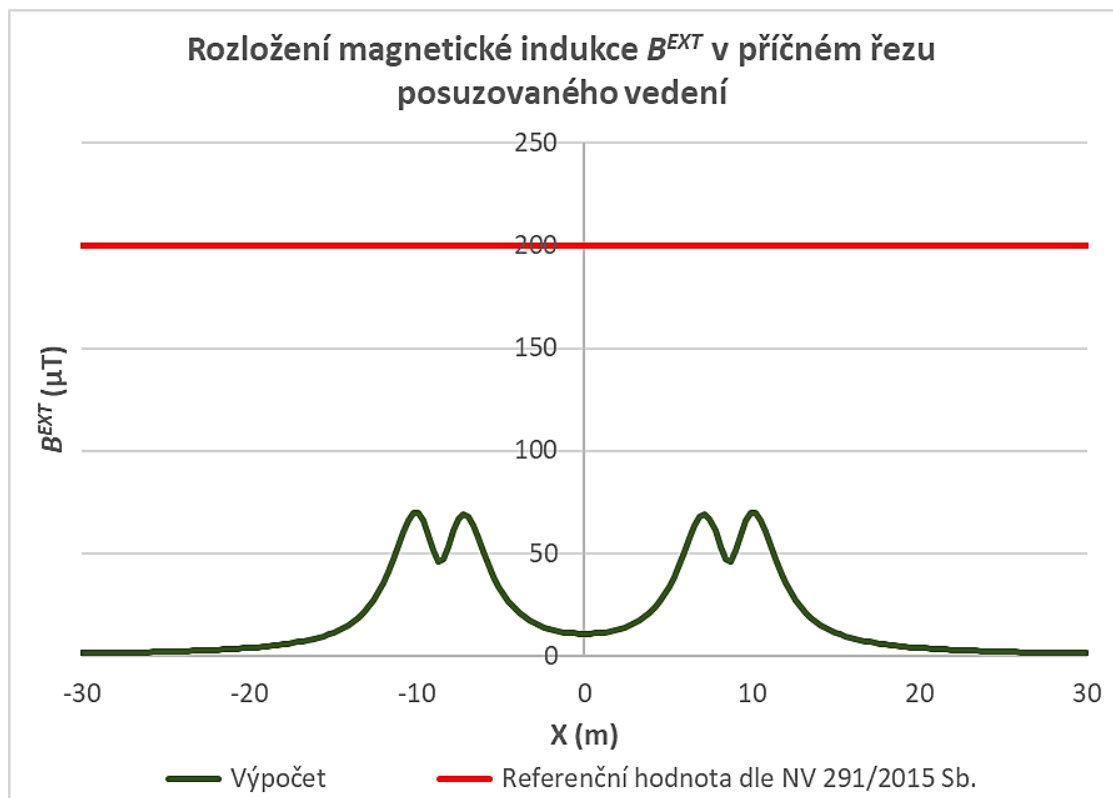
U kabelového vedení je elektrické pole efektivně odstíněno kabelovým stíněním, a tak se uvažují pouze vlivy magnetického pole (intenzita elektrického pole je zanedbatelná).

Při výpočtech bylo uvažováno s nejnepříznivějším stavem z hlediska vlivů magnetického pole, kdy stíněním ani přidáním symetrizačním vodičem neteče žádný indukovaných proud, který by vliv magnetického pole kabelu do okolí snižoval (totožně jako v případě posouzení samotného kabelového vedení)

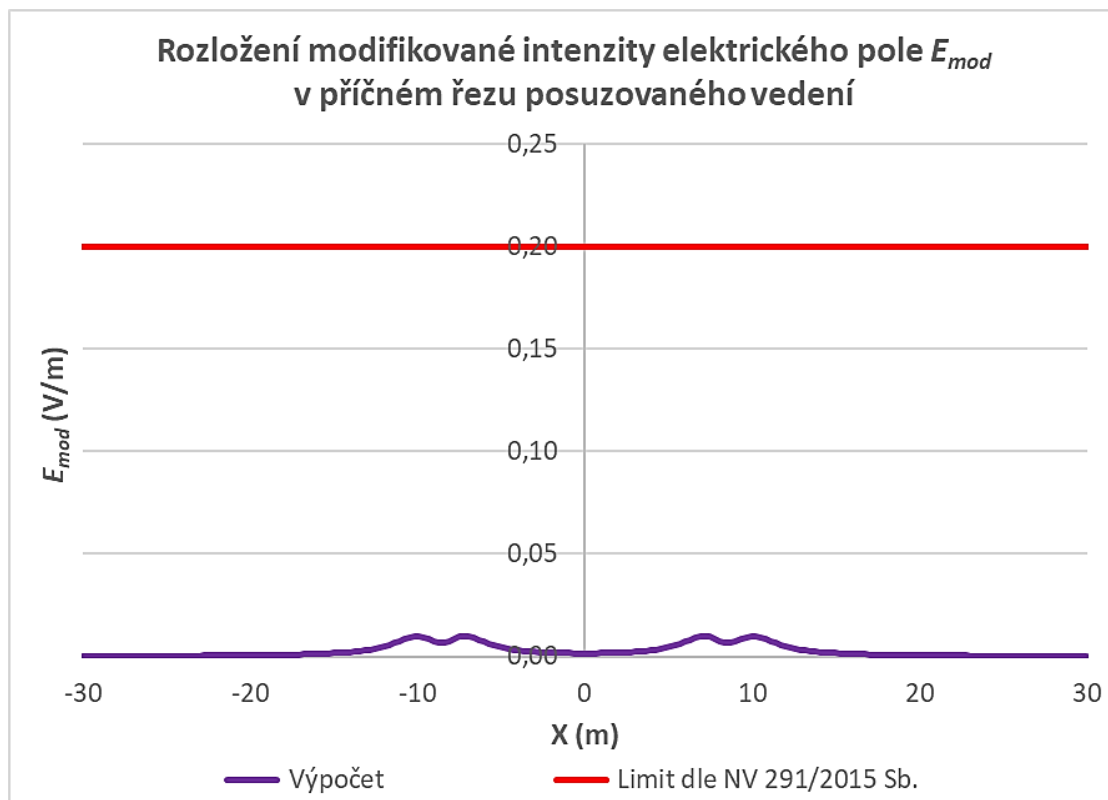
Průběh efektivní hodnoty magnetické indukce v řezu posuzovaného kabelového vedení ve výšce 0,1 m nad terénem (v místě kabelového vedení se uvažuje s ležícími osobami) je vykreslen na **Obr. 28**. Průběh modifikované intenzity elektrického pole v lidské tkáni ve výšce 0,1 m nad terénem je vykreslen na **Obr. 29**. Výsledky výpočtů a vyhodnocení posouzení referenčních hodnot pro intenzitu elektrického pole a magnetickou indukci jsou shrnuty v **Tab. 7**.

Tab. 7 Výsledky výpočtů a posouzení referenčních hodnot pro E a B

$B_{ef}^{EXT_{max}}$ (μT)	$E_{ef}^{EXT_{max}}$ (kV/m)	H (-)	H_{lim} (-)	$H \leq H_{lim}$	$E_{mod_{max}}$ (V/m)
69,57	-	0,07	0,2	ANO	0,010



Obr. 28 Magnetická indukce ve výšce 0,1 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného zaústění kabelového vedení



Obr. 29 Modifikovaná intenzita elektrického pole ve výšce 0,1 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného zaústění kabelového vedení

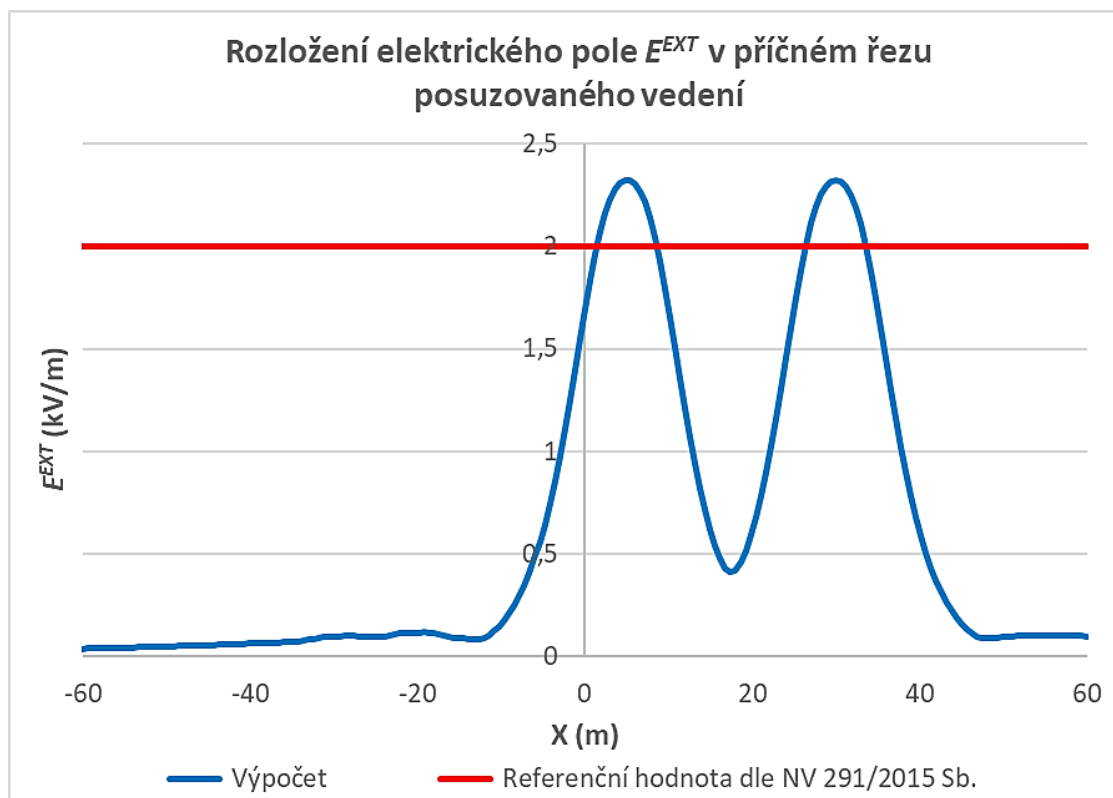
4.6 SOUBĚH KABELOVÉHO VEDENÍ 4X400 KV S DVĚMA VEDENÍMI 2X110 KV TVARU SOUDEK 2001

Průběhy efektivní hodnoty intenzity elektrického pole a efektivní hodnoty magnetické indukce v řezu posuzovaného souběhu vedení ve výšce 0,1 m nad terénem (v místě kabelového vedení se uvažuje s ležícími osobami) jsou vykresleny na **Obr. 30** a **Obr. 31**. Průběh modifikované intenzity elektrického pole v lidské tkáni ve výšce 0,1 m nad terénem je vykreslen na **Obr. 32**. Výsledky výpočtů a vyhodnocení posouzení referenčních hodnot pro intenzitu elektrického pole a magnetickou indukci ve výšce 0,1 m jsou shrnuty v **Tab. 8**.

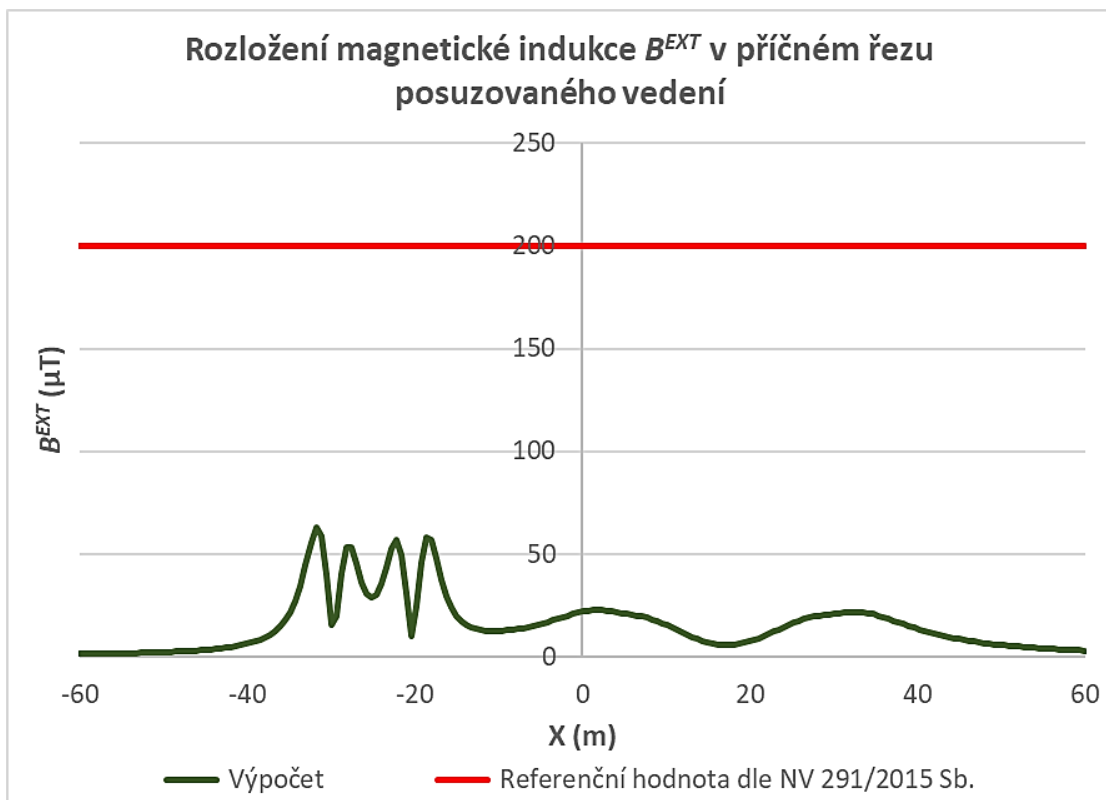
Průběhy efektivní hodnoty intenzity elektrického pole a efektivní hodnoty magnetické indukce v řezu posuzovaného souběhu vedení ve výšce 1,8 m nad terénem jsou vykresleny na **Obr. 33** a **Obr. 34**. Průběh modifikované intenzity elektrického pole v lidské tkáni ve výšce 1,8 m nad terénem je vykreslen na **Obr. 35**. Výsledky výpočtů a vyhodnocení posouzení referenčních hodnot pro intenzitu elektrického pole a magnetickou indukci ve výšce 1,8 m jsou shrnuty v **Tab. 9**.

Tab. 8 Výsledky výpočtů a posouzení referenčních hodnot pro E a B – ve výšce 0,1 m nad terénem

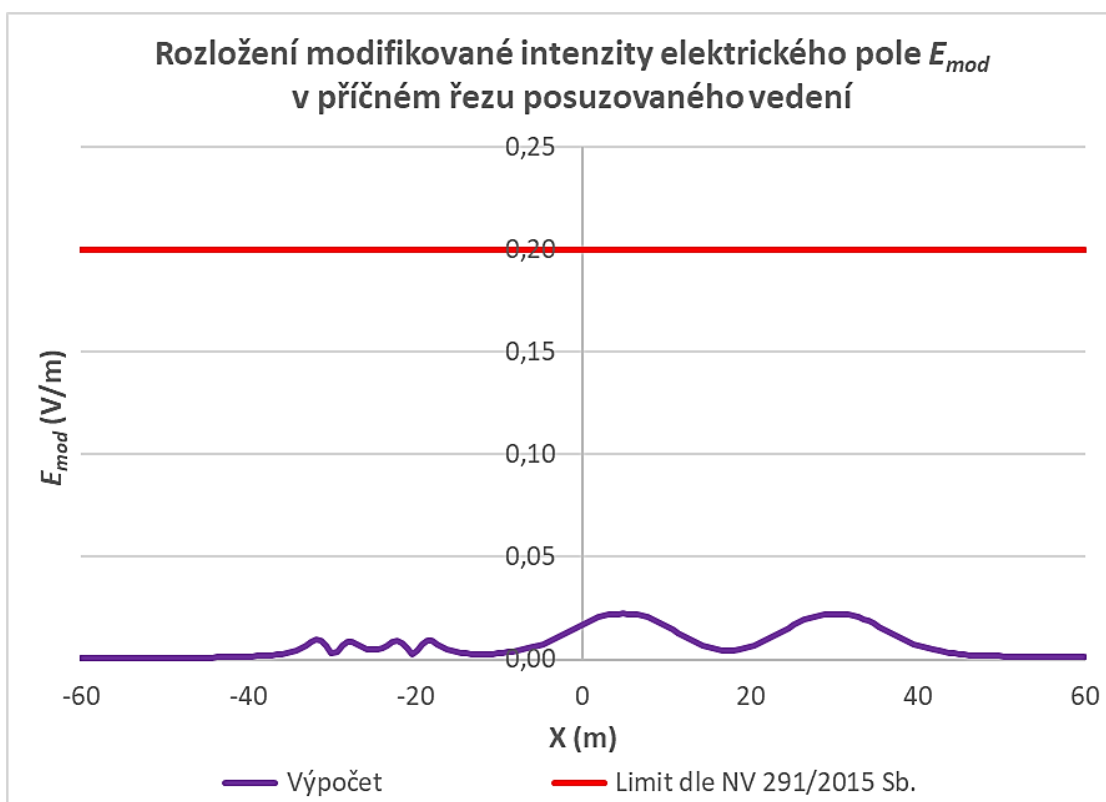
$B_{ef}^{EXT_{max}}$ (μT)	$E_{ef}^{EXT_{max}}$ (kV/m)	H (-)	H_{lim} (-)	$H \leq H_{lim}$	$E_{mod_{max}}$ (V/m)
63,249	2,323	0,296	0,2	NE	0,022



Obr. 30 Intenzita elektrického pole ve výšce 0,1 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného souběhu vedení



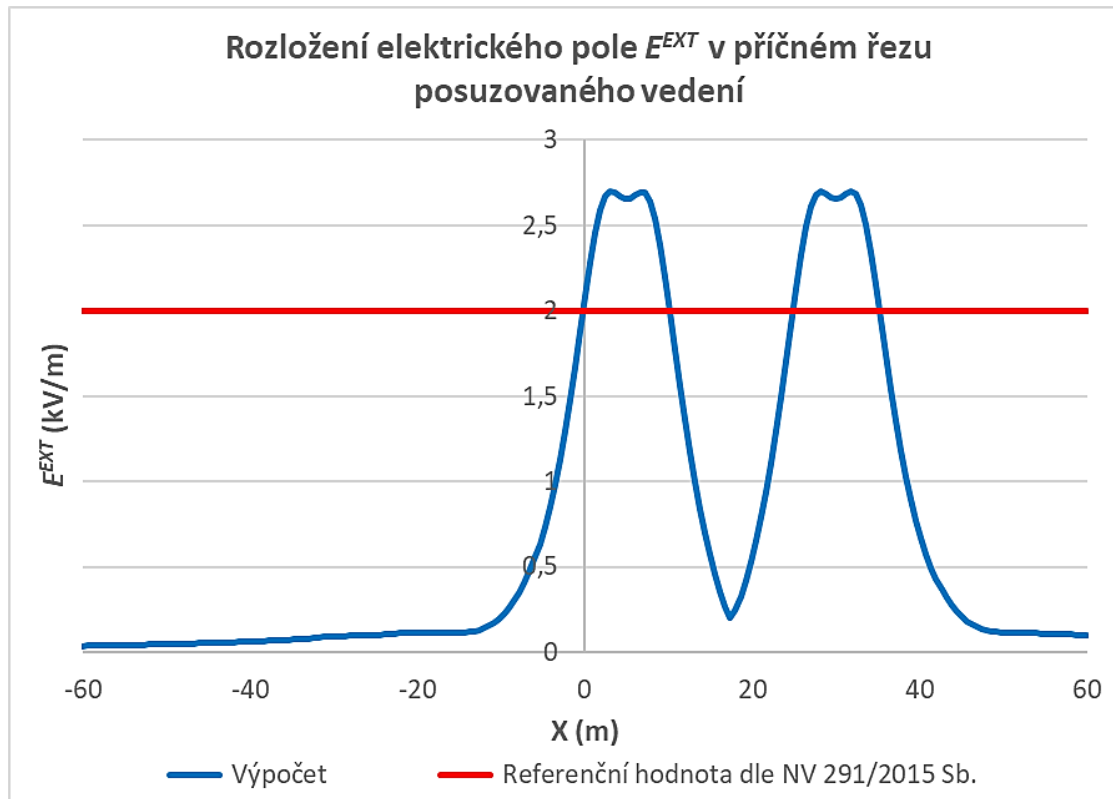
Obr. 31 Magnetická indukce ve výšce 0,1 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného souběhu vedení



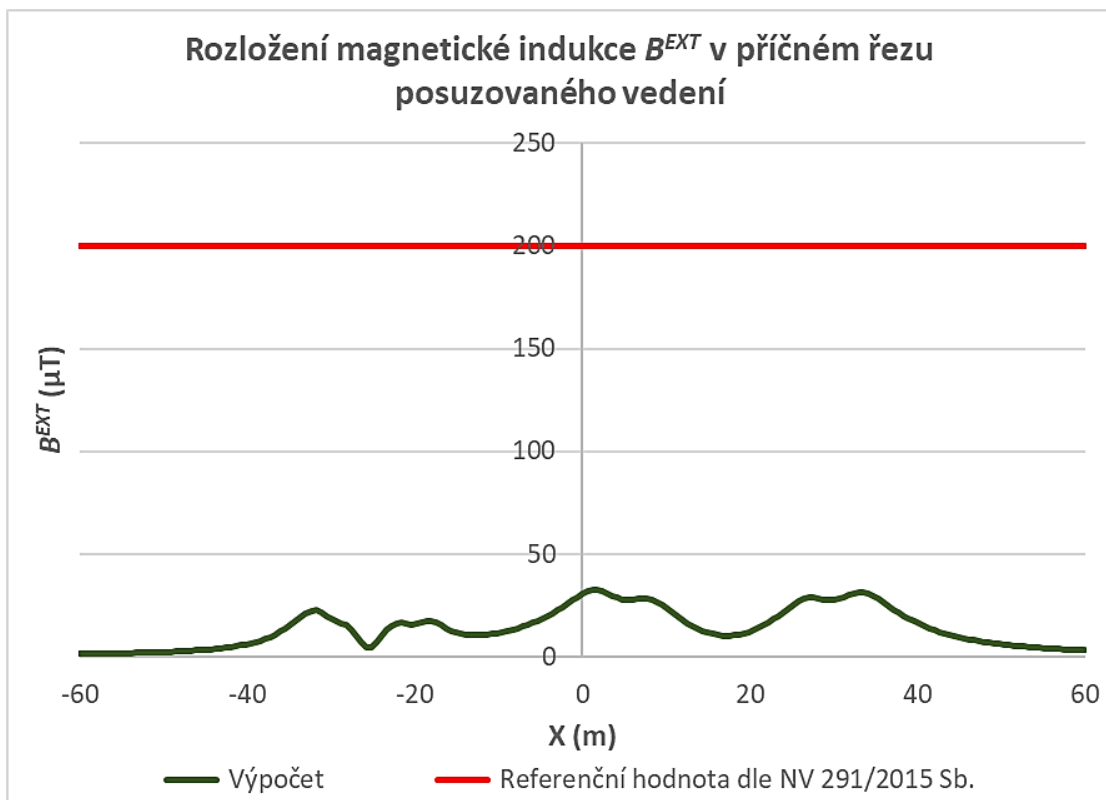
Obr. 32 Modifikovaná intenzita elektrického pole ve výšce 0,1 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného souběhu vedení

Tab. 9 Výsledky výpočtů a posouzení referenčních hodnot pro E a B – ve výšce 1,8 m nad terénem

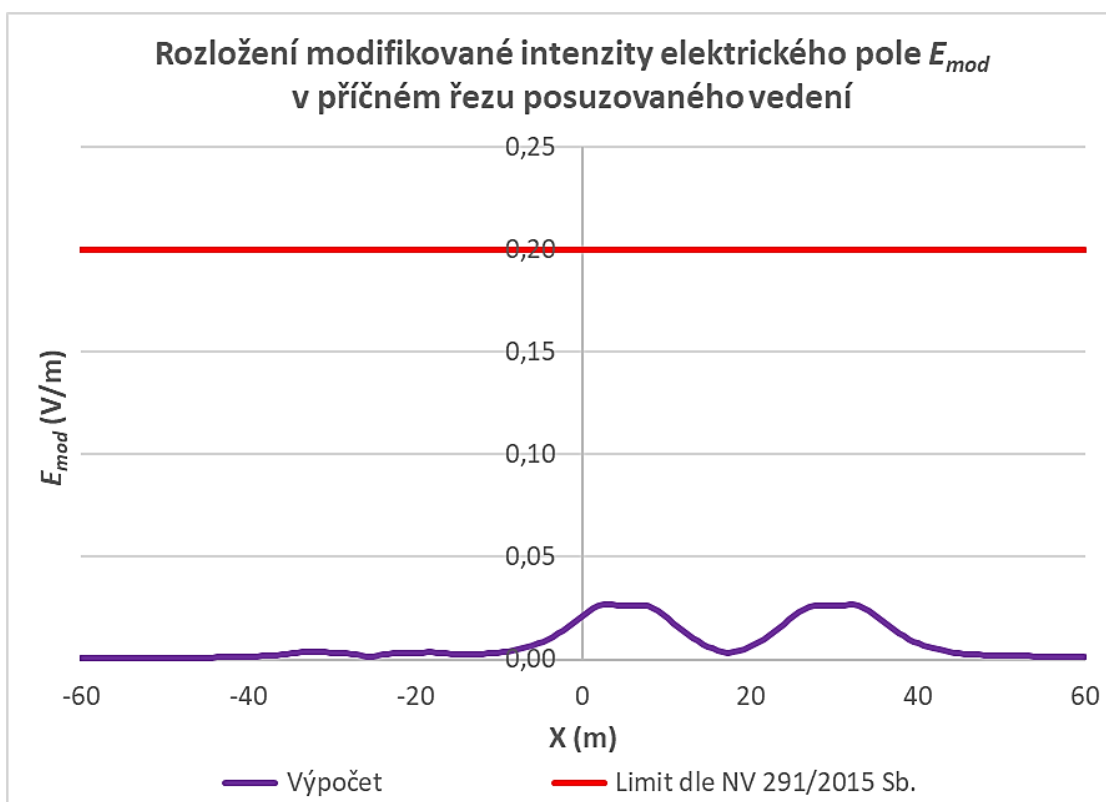
$B_{ef}^{EXT_{max}}$ (μT)	$E_{ef}^{EXT_{max}}$ (kV/m)	H (-)	H_{lim} (-)	$H \leq H_{lim}$	E_{mod_max} (V/m)
32,440	2,701	0,303	0,2	NE	0,027



Obr. 33 Intenzita elektrického pole ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného souběhu vedení



Obr. 34 Magnetická indukce ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného souběhu vedení



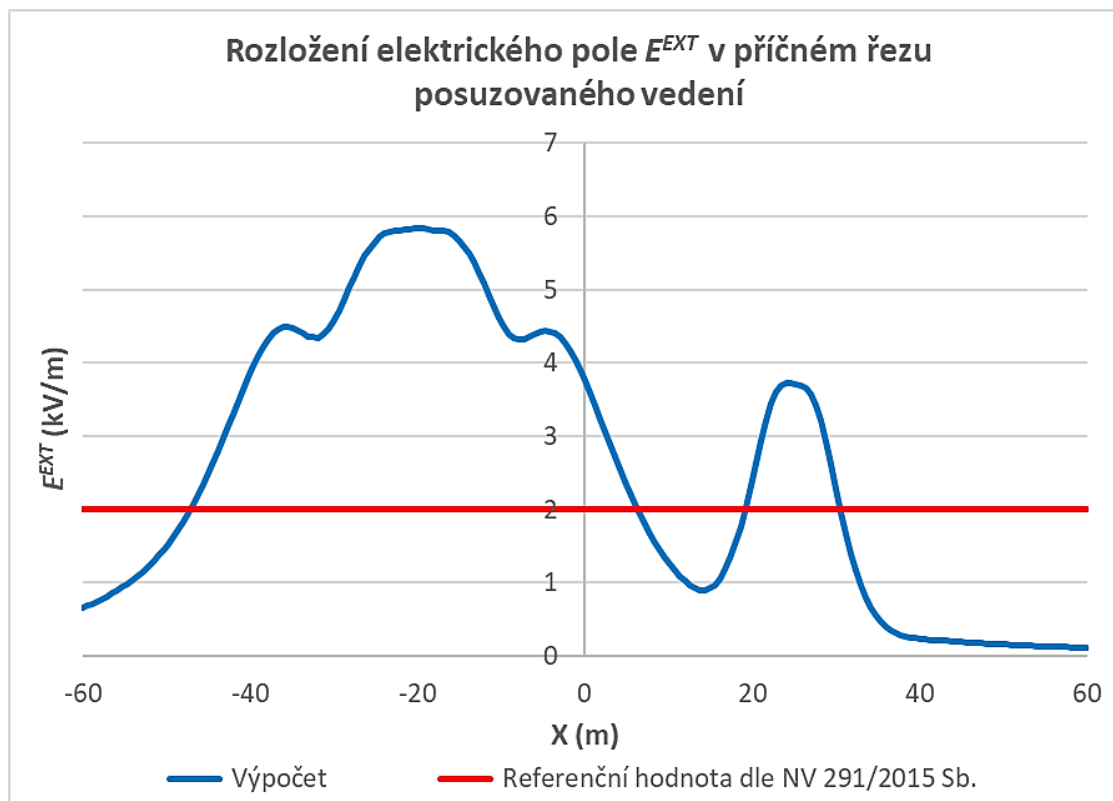
Obr. 35 Modifikovaná intenzita elektrického pole ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného souběhu vedení

4.7 SOUBĚH VEDENÍ 2X400 KV TVARU DUNAJ S JEDNÍM VEDENÍM 2X110 KV TVARU SOUDEK 2000

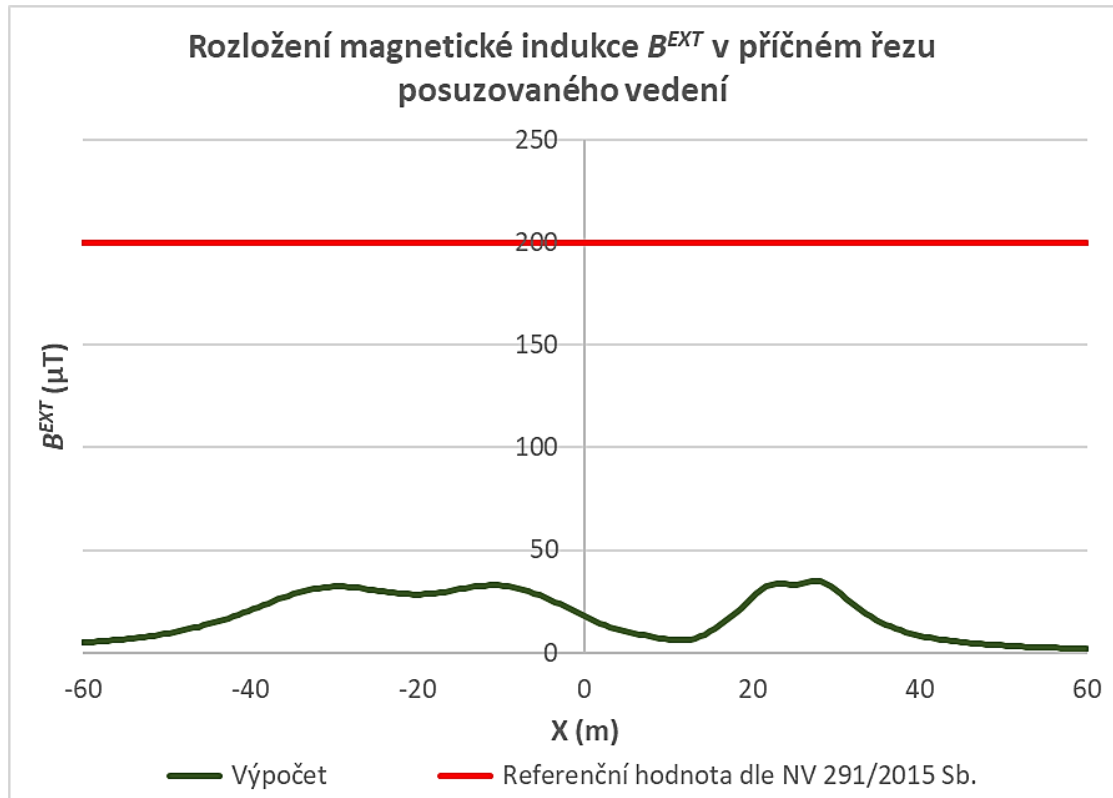
Průběhy efektivní hodnoty intenzity elektrického pole a efektivní hodnoty magnetické indukce v řezu posuzovaného souběhu vedení ve výšce 1,8 m nad terénem jsou vykresleny na **Obr. 36** a **Obr. 37**. Průběh modifikované intenzity elektrického pole v lidské tkáni ve výšce 1,8 m nad terénem je vykreslen na **Obr. 38**. Výsledky výpočtů a vyhodnocení posouzení referenčních hodnot pro intenzitu elektrického pole a magnetickou indukci jsou shrnuty v **Tab. 10**.

Tab. 10 Výsledky výpočtů a posouzení referenčních hodnot pro E a B

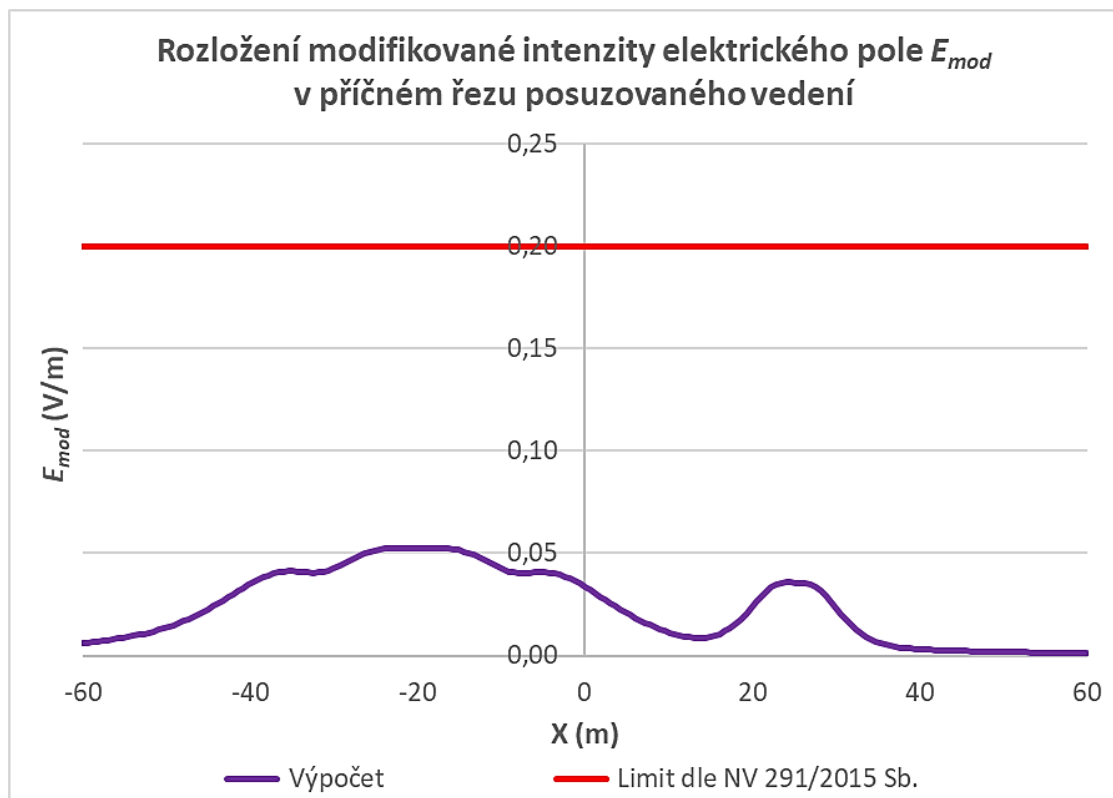
$B_{ef}^{EXT_{max}}$ (μT)	$E_{ef}^{EXT_{max}}$ (kV/m)	H (-)	H_{lim} (-)	$H \leq H_{lim}$	$E_{mod_{max}}$ (V/m)
35,15	5,84	0,62	0,2	NE	0,053



Obr. 36 Intenzita elektrického pole ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného souběhu vedení



Obr. 37 Magnetická indukce ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného souběhu vedení



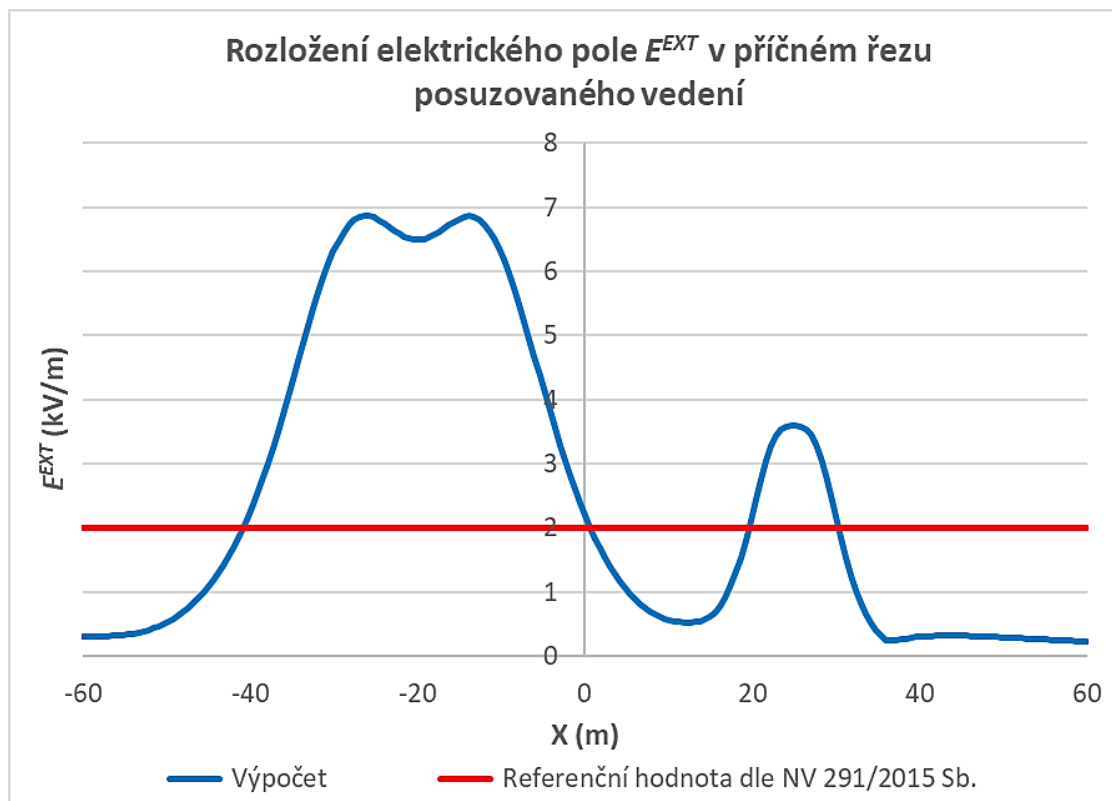
Obr. 38 Modifikovaná intenzita elektrického pole ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného souběhu vedení

4.8 SOUBĚH VEDENÍ 2X400 KV TVARU SOUDEK S JEDNÍM VEDENÍM 2X110 KV TVARU SOUDEK 2000

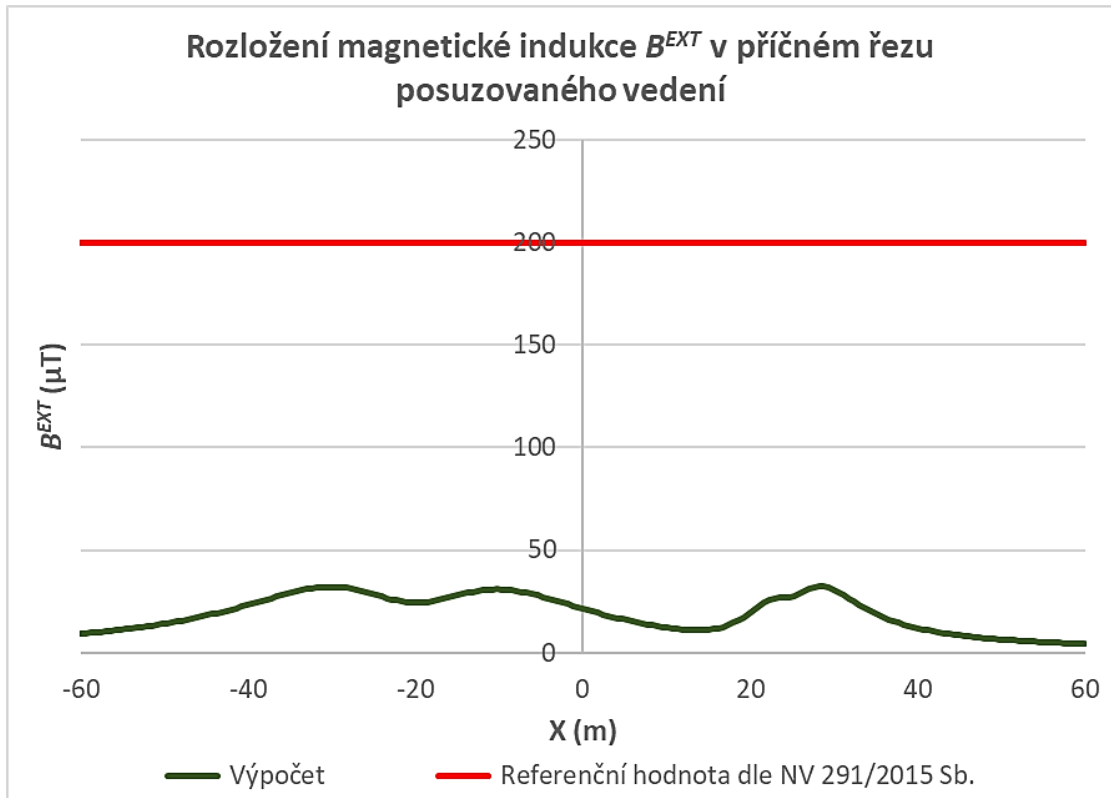
Průběhy efektivní hodnoty intenzity elektrického pole a efektivní hodnoty magnetické indukce v řezu posuzovaného souběhu vedení ve výšce 1,8 m nad terénem jsou vykresleny na **Obr. 39** a **Obr. 40**. Průběh modifikované intenzity elektrického pole v lidské tkáni ve výšce 1,8 m nad terénem je vykreslen na **Obr. 41**. Výsledky výpočtů a vyhodnocení posouzení referenčních hodnot pro intenzitu elektrického pole a magnetickou indukci jsou shrnuty v **Tab. 11**.

Tab. 11 Výsledky výpočtů a posouzení referenčních hodnot pro E a B

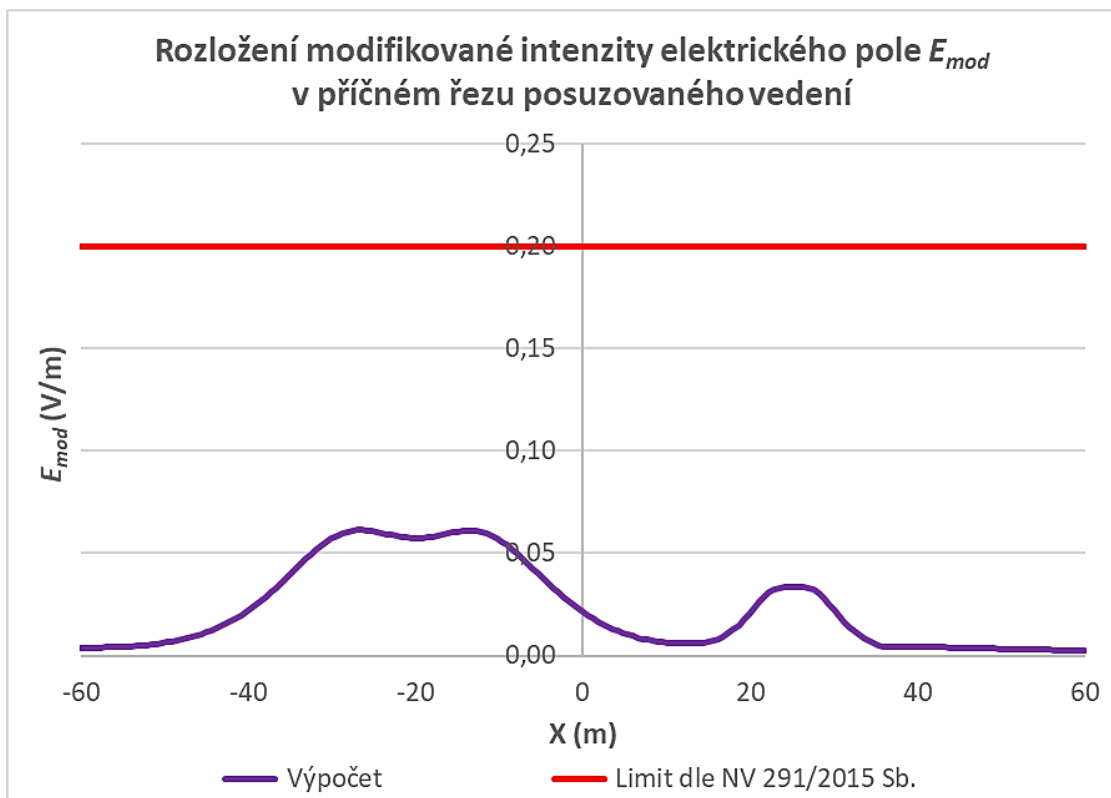
$B_{ef}^{EXT_{max}}$ (μT)	$E_{ef}^{EXT_{max}}$ (kV/m)	H (-)	H_{lim} (-)	$H \leq H_{lim}$	$E_{mod_{max}}$ (V/m)
32,59	6,87	0,72	0,2	NE	0,061



Obr. 39 Intenzita elektrického pole ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného souběhu vedení



Obr. 40 Magnetická indukce ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného souběhu vedení



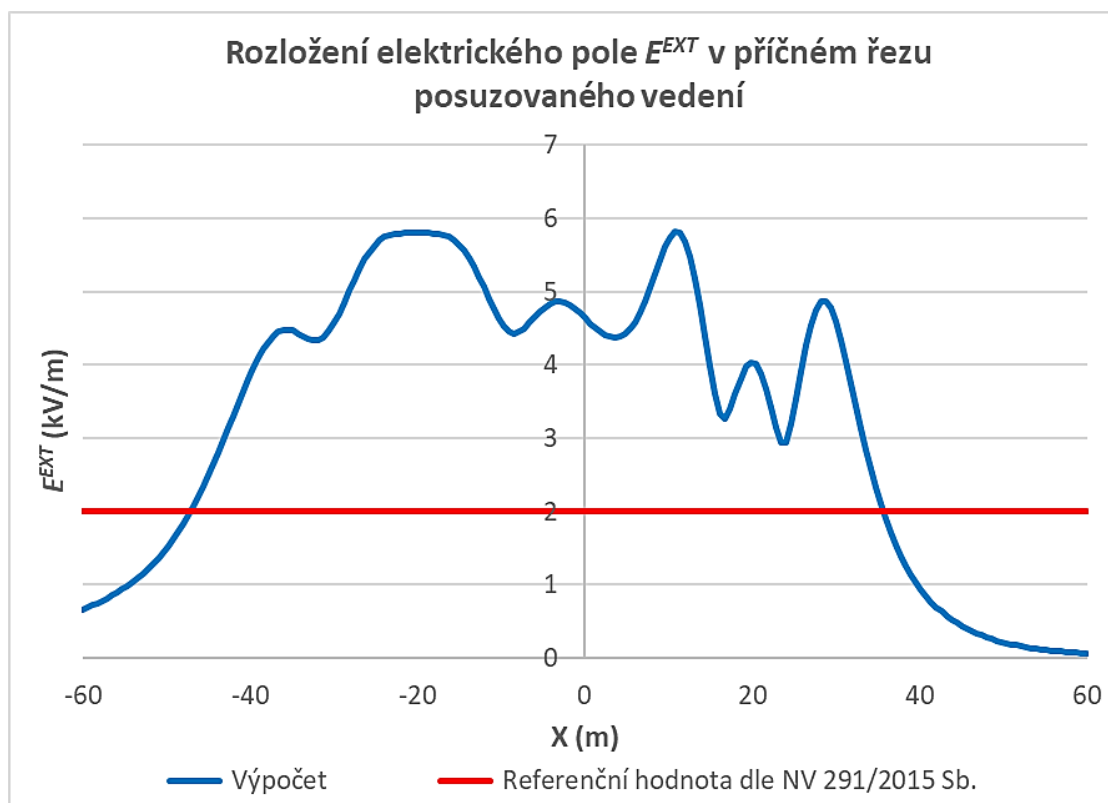
Obr. 41 Modifikovaná intenzita elektrického pole ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného souběhu vedení

4.9 SOUBĚH VEDENÍ 2X400 KV TVARU DUNAJ S JEDNÍM VEDENÍM 1X220 KV TVARU PORTÁL 1958

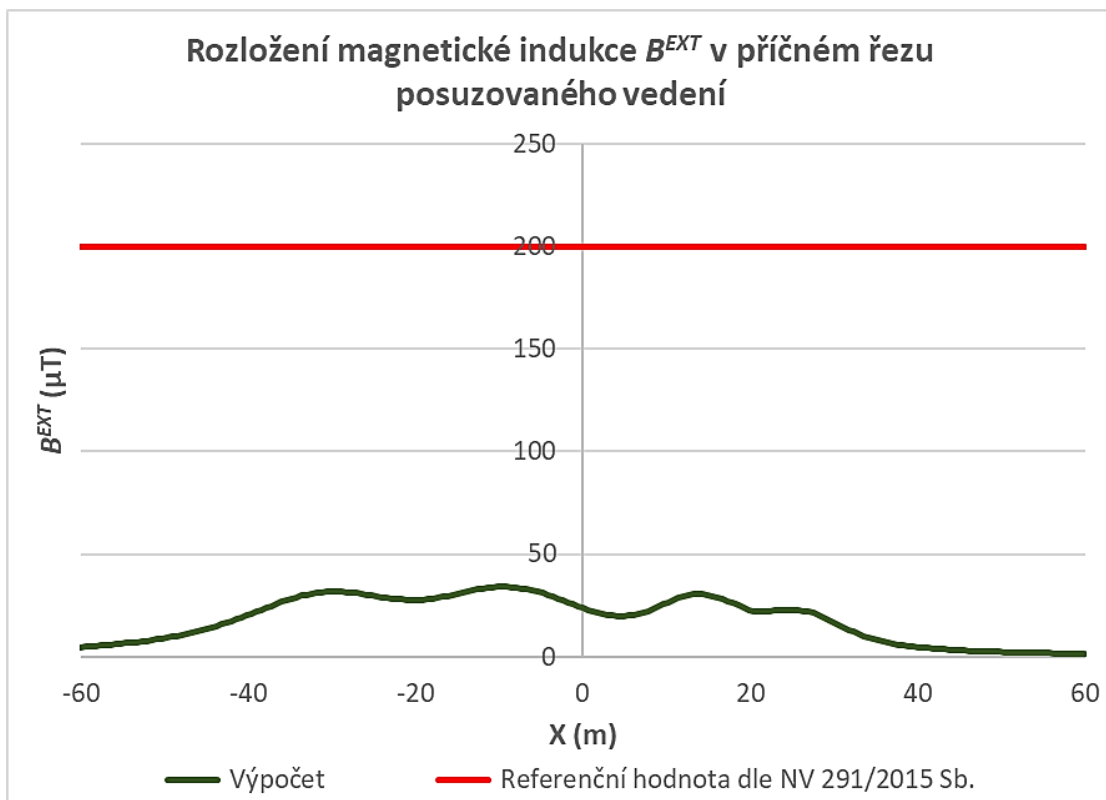
Průběhy efektivní hodnoty intenzity elektrického pole a efektivní hodnoty magnetické indukce v řezu posuzovaného souběhu vedení ve výšce 1,8 m nad terénem jsou vykresleny na **Obr. 42** a **Obr. 43**. Průběh modifikované intenzity elektrického pole v lidské tkáni ve výšce 1,8 m nad terénem je vykreslen na **Obr. 44**. Výsledky výpočtů a vyhodnocení posouzení referenčních hodnot pro intenzitu elektrického pole a magnetickou indukci jsou shrnuty v **Tab. 12**.

Tab. 12 Výsledky výpočtů a posouzení referenčních hodnot pro E a B

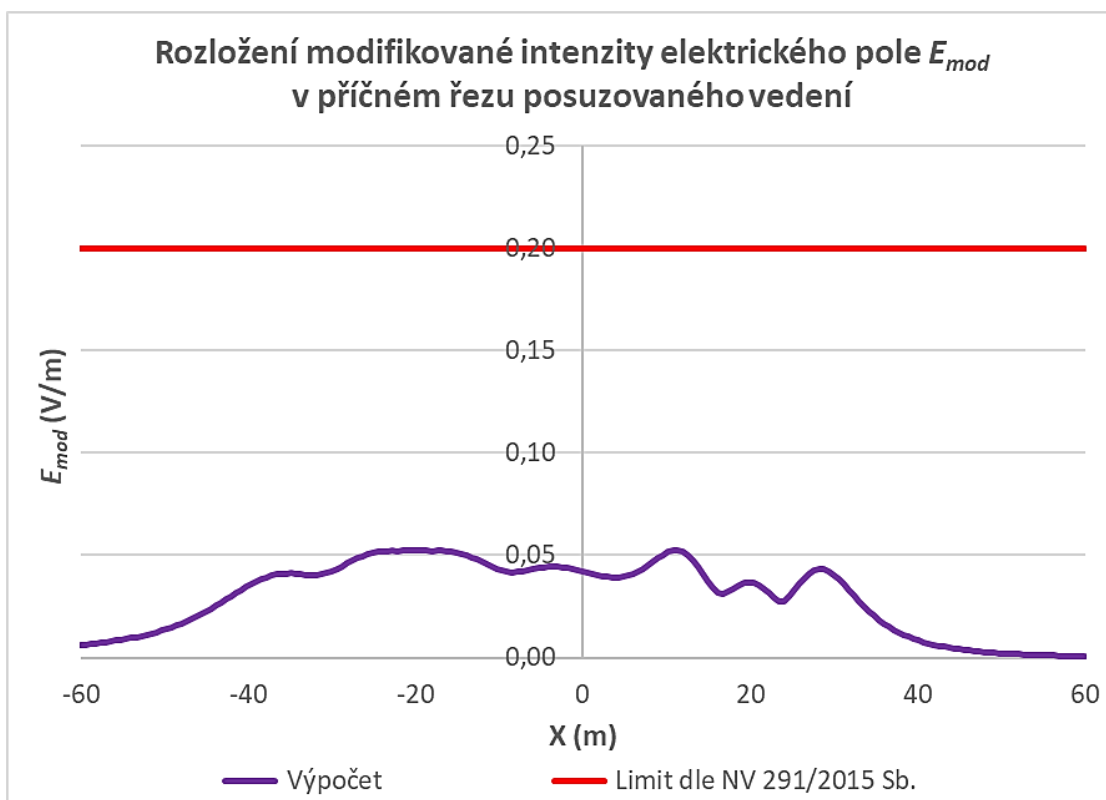
$B_{ef}^{EXT_{max}}$ (μT)	$E_{ef}^{EXT_{max}}$ (kV/m)	H (-)	H_{lim} (-)	$H \leq H_{lim}$	$E_{mod_{max}}$ (V/m)
34,07	5,82	0,62	0,2	NE	0,052



Obr. 42 Intenzita elektrického pole ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného souběhu vedení



Obr. 43 Magnetická indukce ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného souběhu vedení



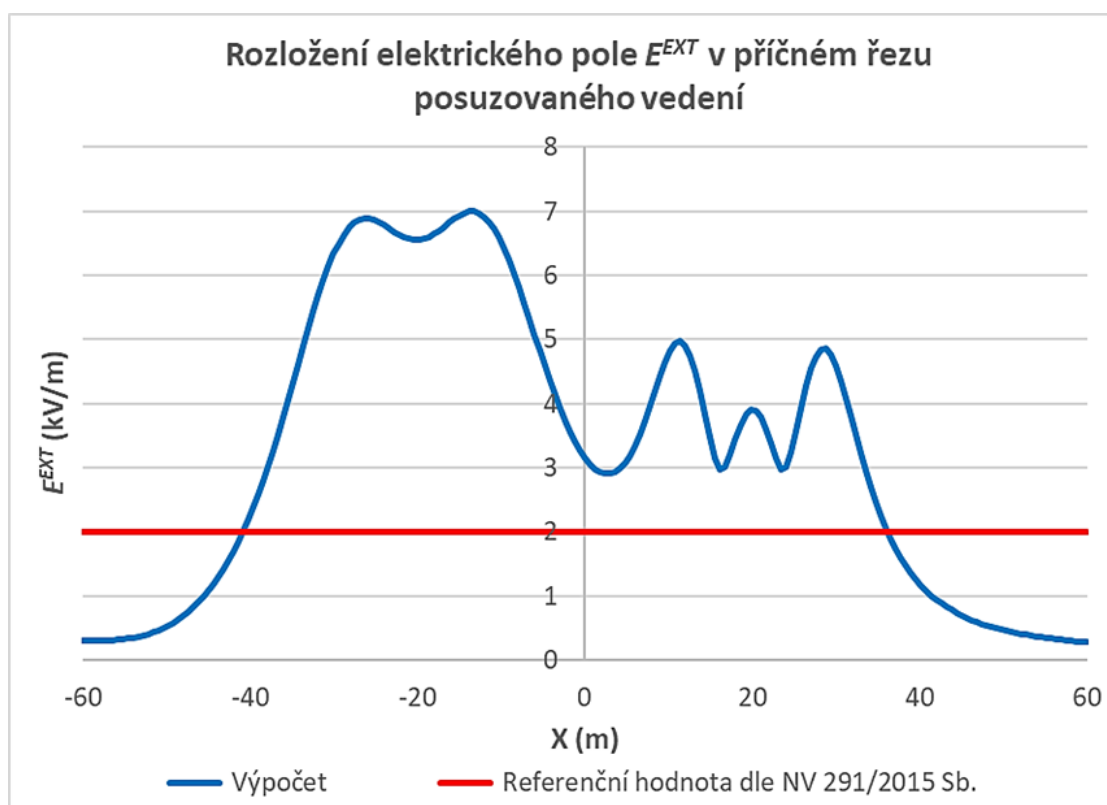
Obr. 44 Modifikovaná intenzita elektrického pole ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného souběhu vedení

4.10 SOUBĚH VEDENÍ 2X400 KV TVARU SOUDEK S JEDNÍM VEDENÍM 1X220 KV TVARU PORTÁL 1958

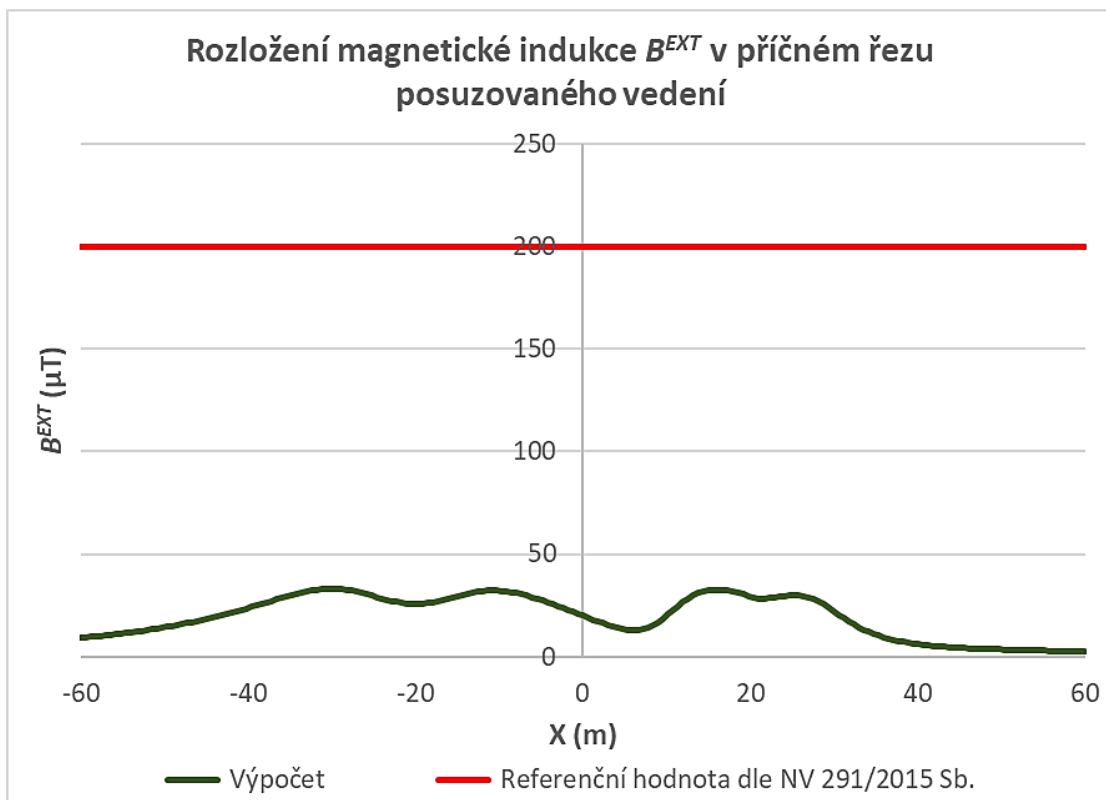
Průběhy efektivní hodnoty intenzity elektrického pole a efektivní hodnoty magnetické indukce v řezu posuzovaného souběhu vedení ve výšce 1,8 m nad terénem jsou vykresleny na **Obr. 45** a **Obr. 46**. Průběh modifikované intenzity elektrického pole v lidské tkáni ve výšce 1,8 m nad terénem je vykreslen na **Obr. 47**. Výsledky výpočtů a vyhodnocení posouzení referenčních hodnot pro intenzitu elektrického pole a magnetickou indukci jsou shrnuty v **Tab. 13**.

Tab. 13 Výsledky výpočtů a posouzení referenčních hodnot pro E a B

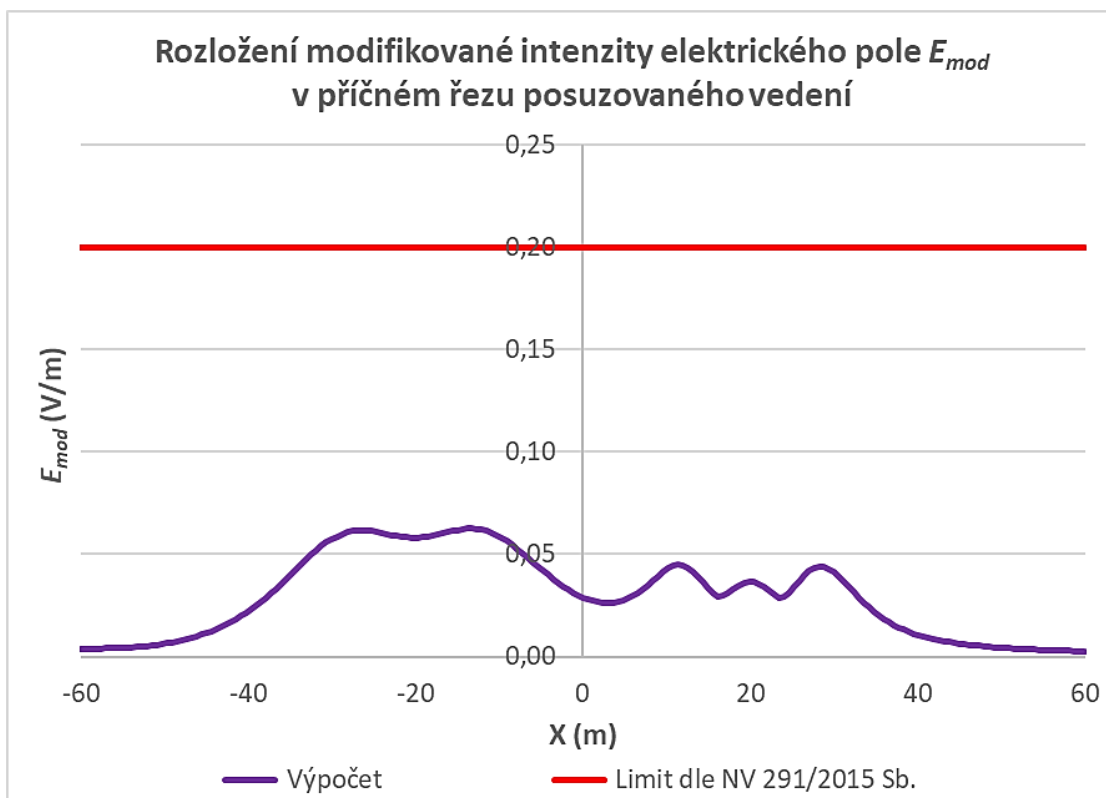
$B_{ef}^{EXT_{max}}$ (μT)	$E_{ef}^{EXT_{max}}$ (kV/m)	H (-)	H_{lim} (-)	$H \leq H_{lim}$	$E_{mod_{max}}$ (V/m)
33,07	7,00	0,73	0,2	NE	0,063



Obr. 45 Intenzita elektrického pole ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného souběhu vedení



Obr. 46 Magnetická indukce ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy souběhu vedení



Obr. 47 Modifikovaná intenzita elektrického pole ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného souběhu vedení

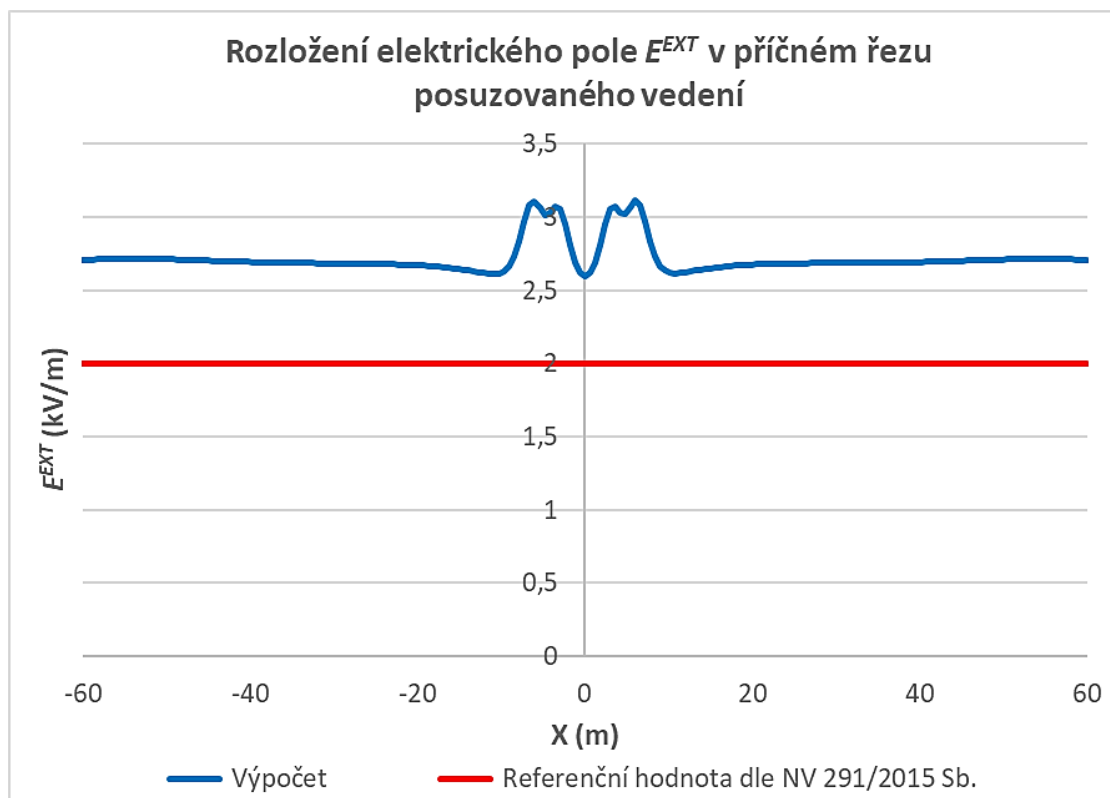
4.11 KŘÍŽENÍ KABELOVÉHO VEDENÍ 4X400 KV S JEDNÍM VEDENÍM 2X110 KV TVARU SOUDEK

Průběhy efektivní hodnoty intenzity elektrického pole a efektivní hodnoty magnetické indukce v řezu posuzovaného křížení vedení ve výšce 0,1 m nad terénem (v místě kabelového vedení se uvažuje s ležícími osobami) jsou vykresleny na **Obr. 48** a **Obr. 49**. Průběh modifikované intenzity elektrického pole v lidské tkáni ve výšce 0,1 m nad terénem je vykreslen na **Obr. 50**. Výsledky výpočtů a vyhodnocení posouzení referenčních hodnot pro intenzitu elektrického pole a magnetickou indukci ve výšce 0,1 m jsou shrnuty v **Tab. 14**.

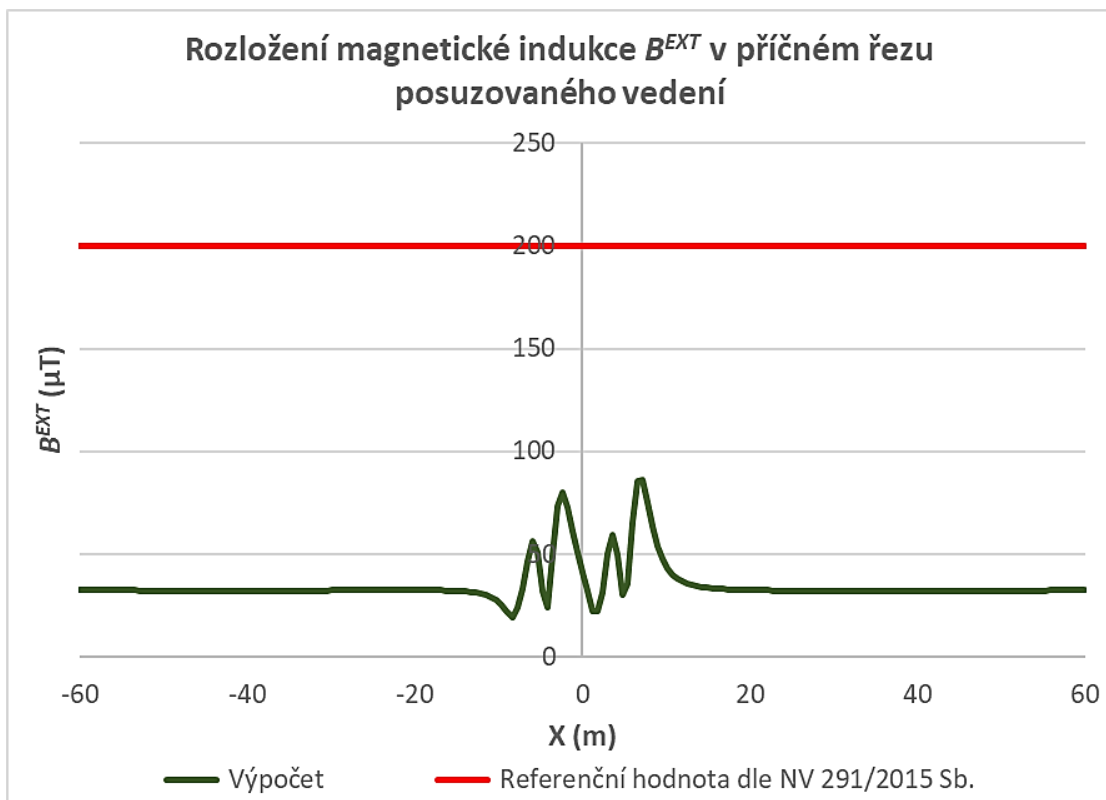
Průběhy efektivní hodnoty intenzity elektrického pole a efektivní hodnoty magnetické indukce v řezu posuzovaného křížení vedení ve výšce 1,8 m nad terénem jsou vykresleny na **Obr. 51** a **Obr. 52**. Průběh modifikované intenzity elektrického pole v lidské tkáni ve výšce 1,8 m nad terénem je vykreslen na **Obr. 53**. Výsledky výpočtů a vyhodnocení posouzení referenčních hodnot pro intenzitu elektrického pole a magnetickou indukci ve výšce 1,8 m jsou shrnuty v **Tab. 15**.

Tab. 14 Výsledky výpočtů a posouzení referenčních hodnot pro E a B – ve výšce 0,1 m nad terénem

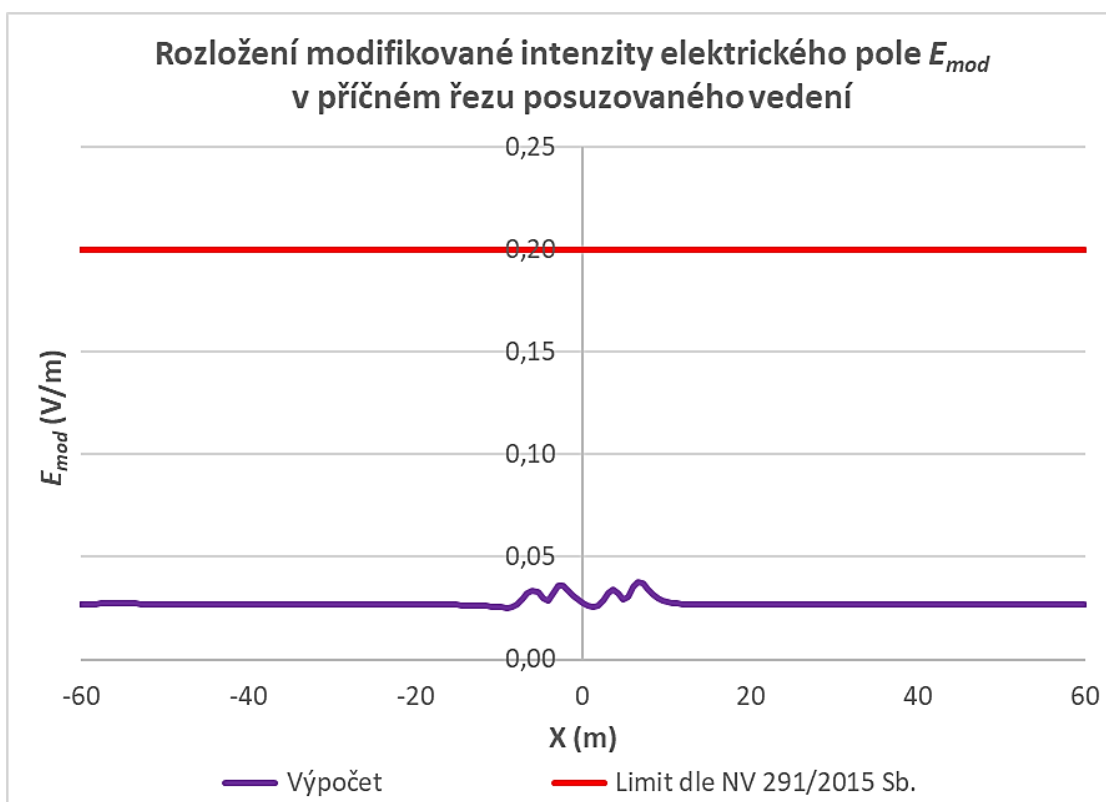
$B_{ef}^{EXT_{max}}$ (μT)	$E_{ef}^{EXT_{max}}$ (kV/m)	H (-)	H_{lim} (-)	$H \leq H_{lim}$	$E_{mod_{max}}$ (V/m)
85,955	3,112	0,397	0,2	NE	0,038



Obr. 48 Intenzita elektrického pole ve výšce 0,1 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy kabelového vedení v místě křížení s vedením 2x110 kV (nejnepříznivější stav)



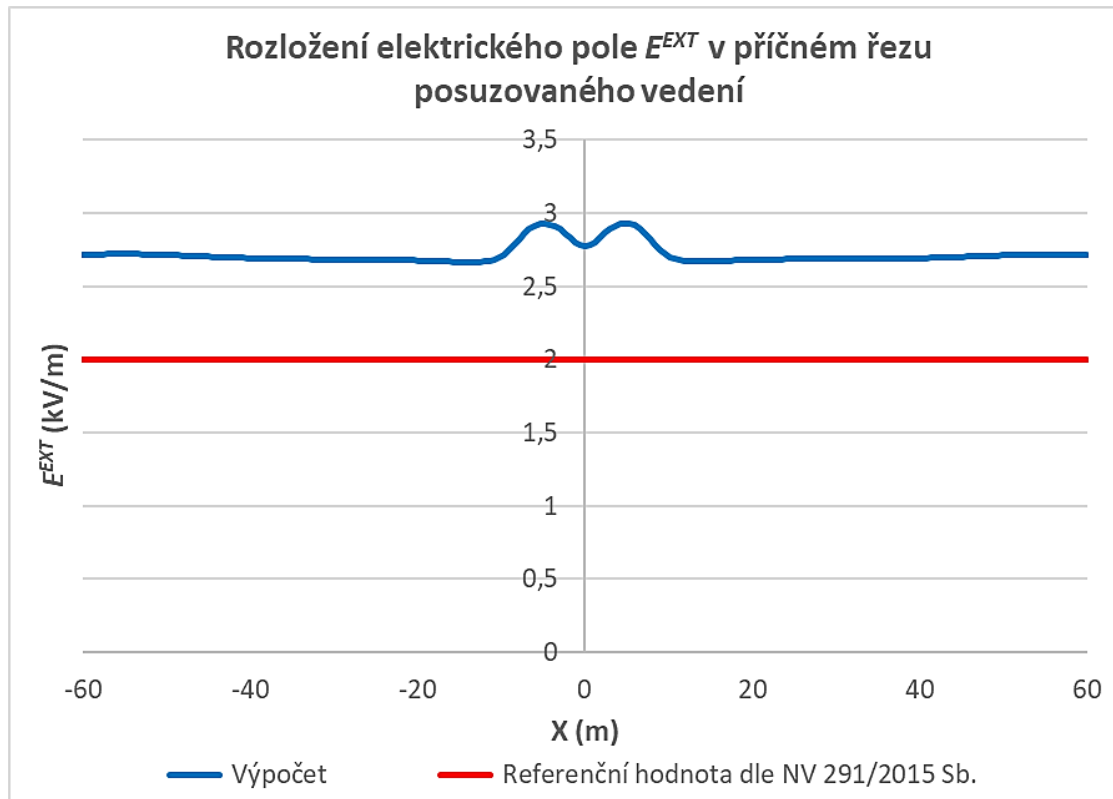
Obr. 49 Magnetická indukce ve výšce 0,1 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy kabelového vedení v místě křížení s vedením 2x110 kV (nejnepříznivější stav)



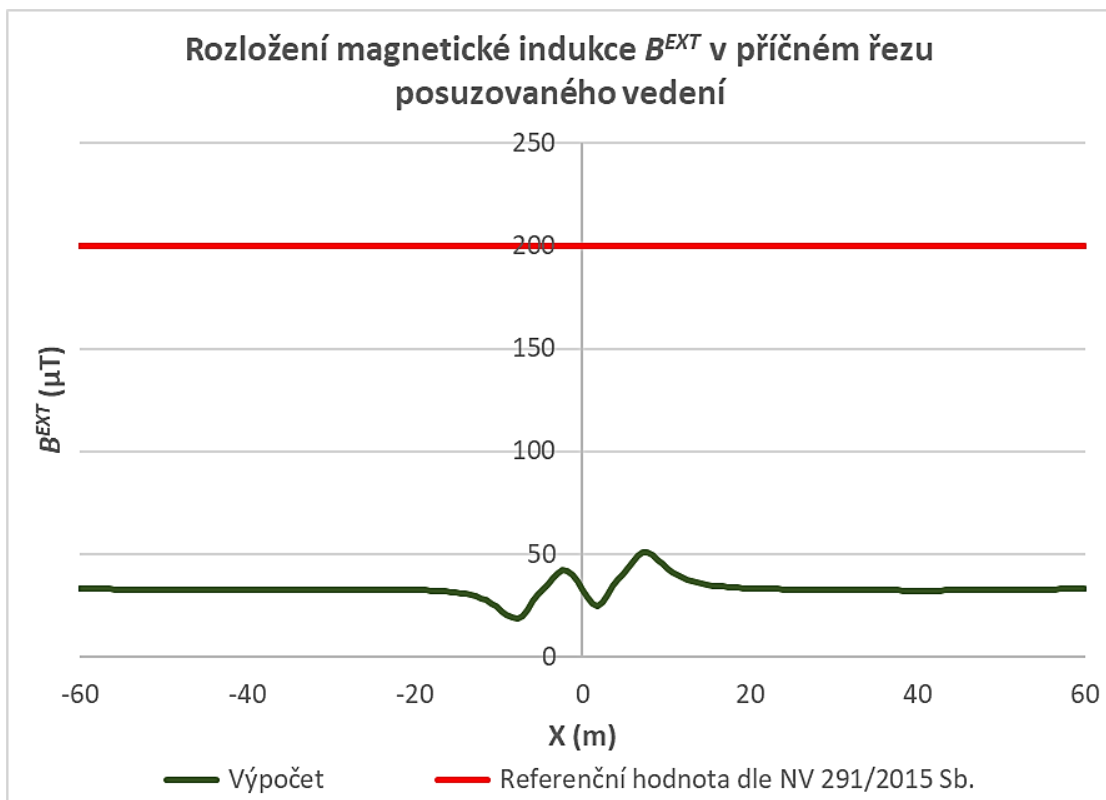
Obr. 50 Modifikovaná intenzita elektrického pole ve výšce 0,1 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy kabelového vedení v místě křížení s vedením 2x110 kV (nejnepříznivější stav)

Tab. 15 Výsledky výpočtů a posouzení referenčních hodnot pro E a B – ve výšce 1,8 m nad terénem

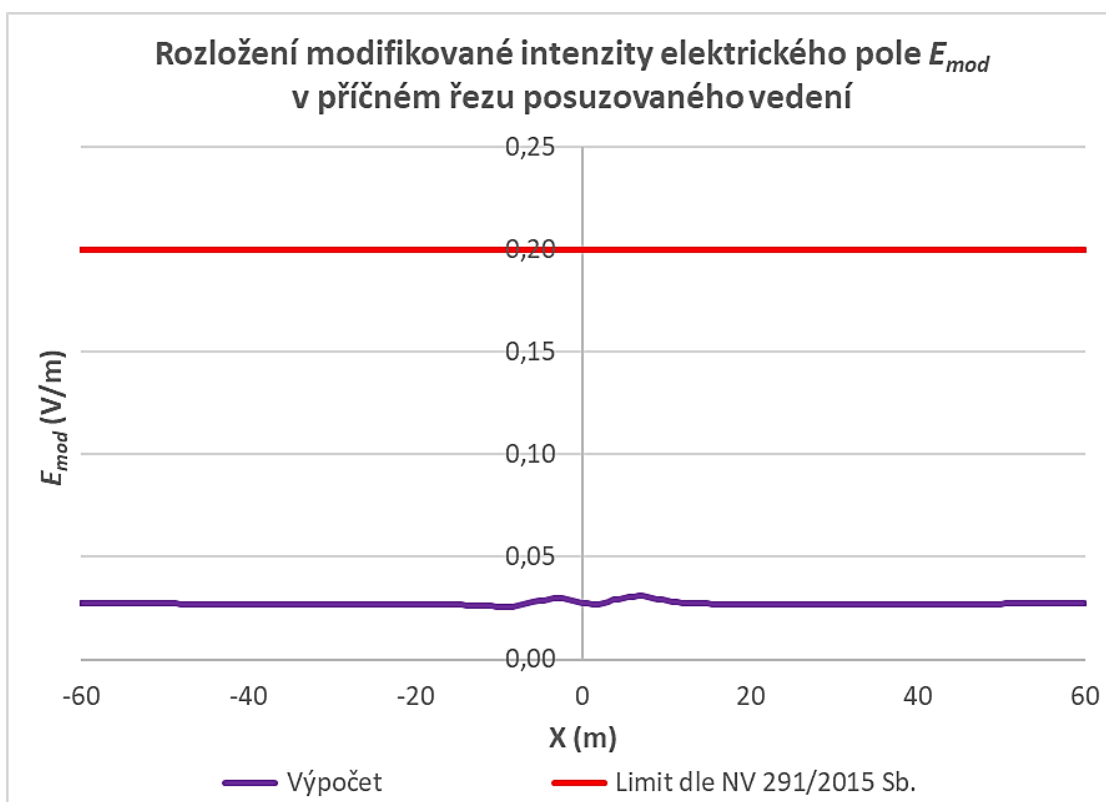
$B_{ef}^{EXT_{max}}$ (μT)	$E_{ef}^{EXT_{max}}$ (kV/m)	H (-)	H_{lim} (-)	$H \leq H_{lim}$	E_{mod_max} (V/m)
50,813	2,929	0,344	0,2	NE	0,031



Obr. 51 Intenzita elektrického pole ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy kabelového vedení v místě křížení s vedením 2x110 kV (nejnepříznivější stav)



Obr. 52 Magnetická indukce ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy kabelového vedení v místě křížení s vedením 2x110 kV (nejnepříznivější stav)



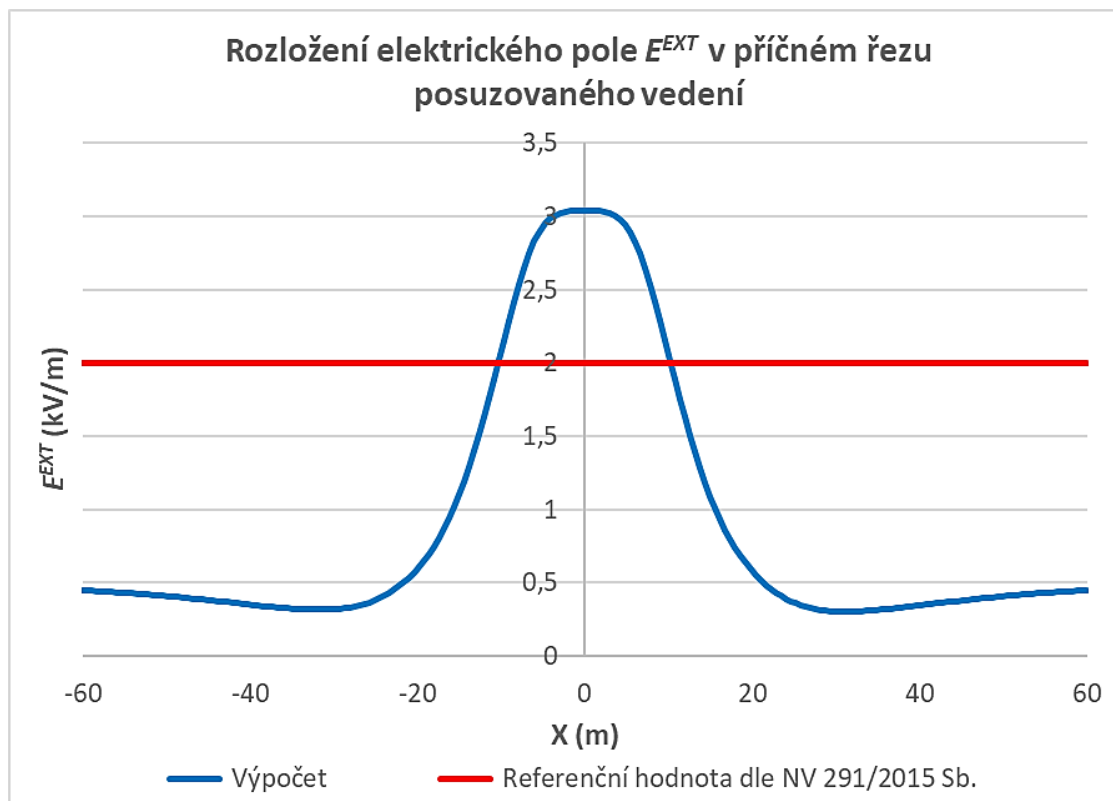
Obr. 53 Modifikovaná intenzita elektrického pole ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy kabelového vedení v místě křížení s vedením 2x110 kV (nejnepříznivější stav)

4.12 KŘÍŽENÍ VEDENÍ 2X400 KV TVARU DUNAJ S JEDNÍM VEDENÍM 2X220 KV TVARU SOUDEK

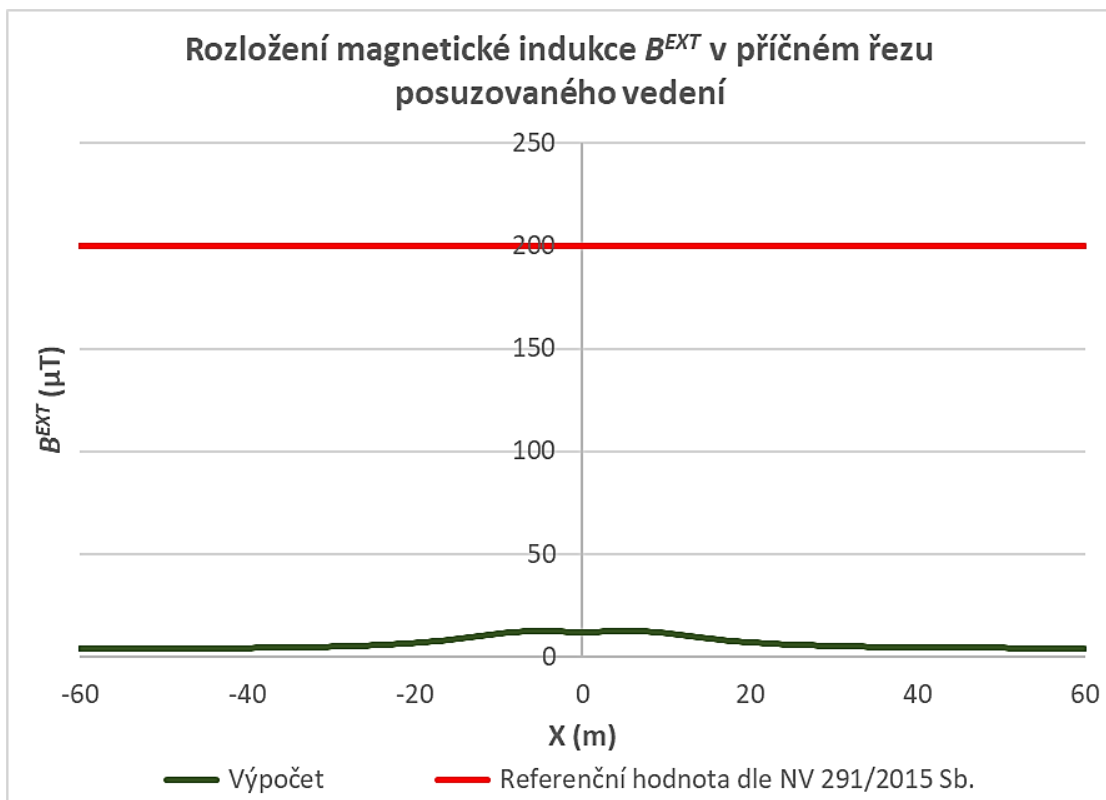
Průběhy efektivní hodnoty intenzity elektrického pole a efektivní hodnoty magnetické indukce v řezu posuzovaného křížení vedení ve výšce 1,8 m nad terénem jsou vykresleny na **Obr. 54** a **Obr. 55**. Průběh modifikované intenzity elektrického pole v lidské tkáni ve výšce 1,8 m nad terénem je vykreslen na **Obr. 56**. Výsledky výpočtů a vyhodnocení posouzení referenčních hodnot pro intenzitu elektrického pole a magnetickou indukci jsou shrnuty v **Tab. 16**.

Tab. 16 Výsledky výpočtů a posouzení referenčních hodnot pro E a B

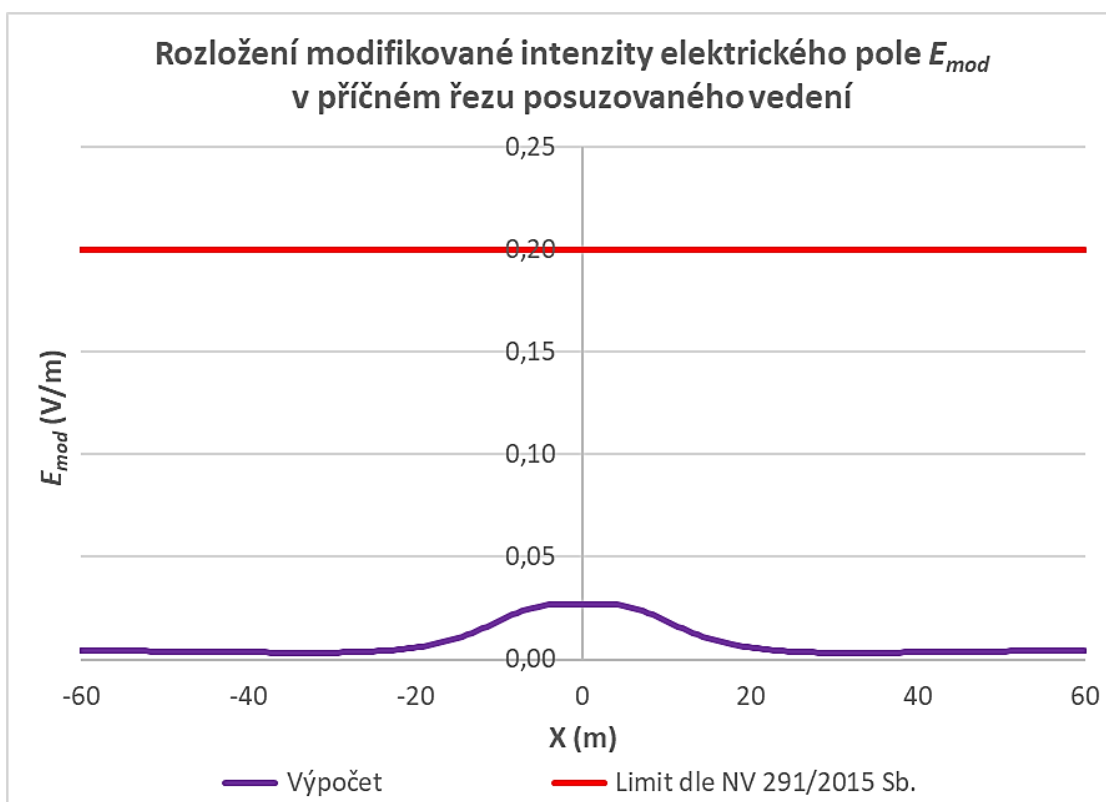
$B_{ef}^{EXT_{max}}$ (μT)	$E_{ef}^{EXT_{max}}$ (kV/m)	H (-)	H_{lim} (-)	$H \leq H_{lim}$	$E_{mod_{max}}$ (V/m)
12,64	3,04	0,32	0,2	NE	0,027



Obr. 54 Intenzita elektrického pole ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy vedení 1x220 kV v místě křížení s plánovaným vedením 2x400 kV (nejnepříznivější stav)



Obr. 55 Magnetická indukce ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy vedení 1x220 kV v místě křížení s plánovaným vedením 2x400 kV (nejnepříznivější stav)



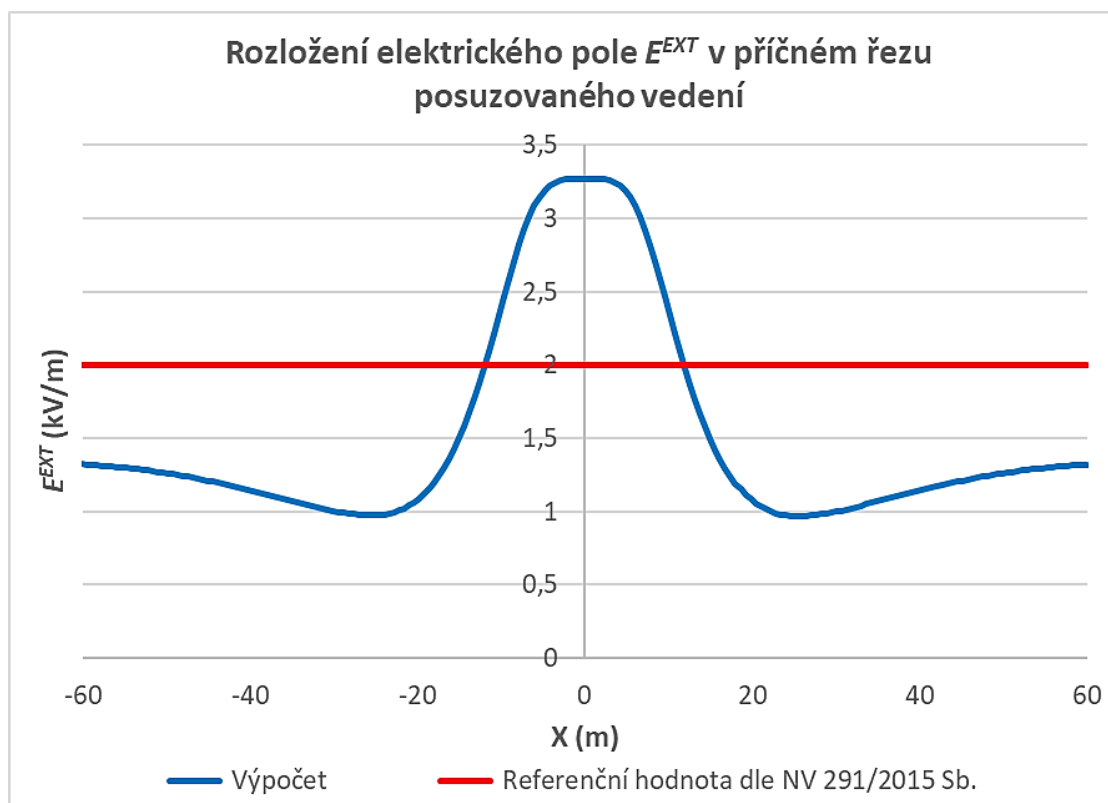
Obr. 56 Modifikovaná intenzita elektrického pole ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy vedení 1x220 kV v místě křížení s plánovaným vedením 2x400 kV (nejnepříznivější stav)

4.13 KŘÍŽENÍ VEDENÍ 2X400 KV TVARU SOUDEK S JEDNÍM VEDENÍM 2X220 KV TVARU SOUDEK

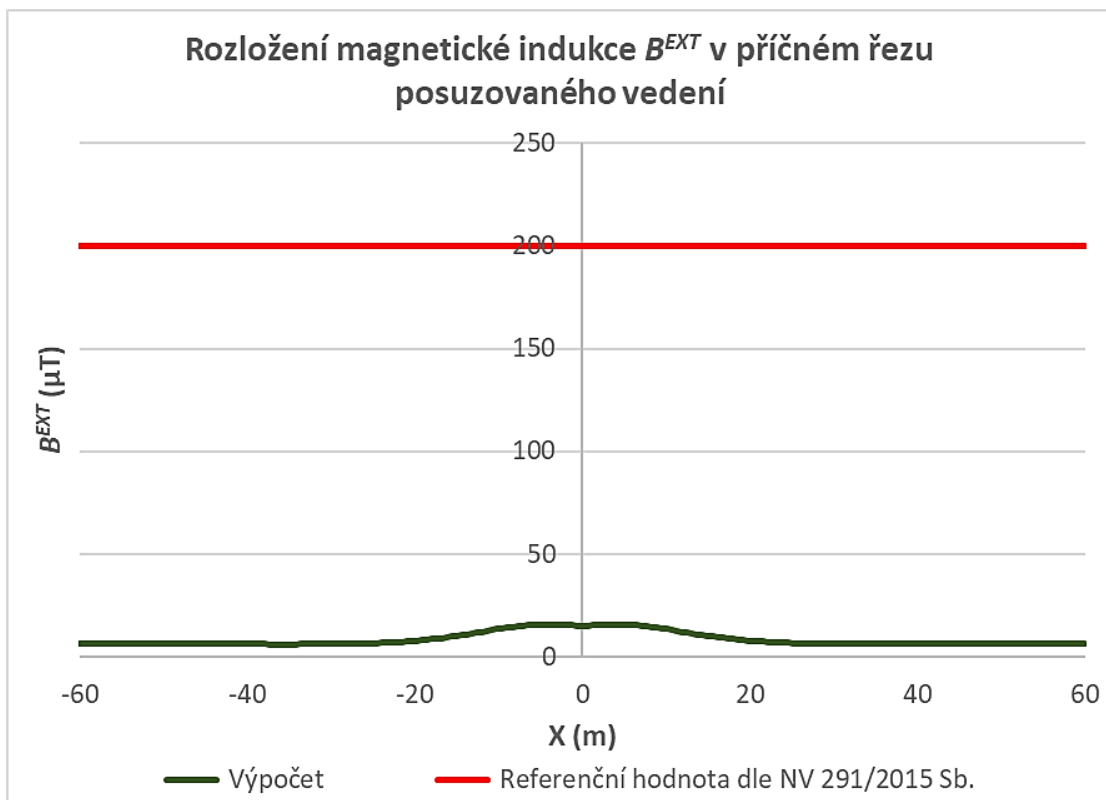
Průběhy efektivní hodnoty intenzity elektrického pole a efektivní hodnoty magnetické indukce v řezu posuzovaného křížení vedení ve výšce 1,8 m nad terénem jsou vykresleny na **Obr. 57** a **Obr. 58**. Průběh modifikované intenzity elektrického pole v lidské tkáni ve výšce 1,8 m nad terénem je vykreslen na **Obr. 59**. Výsledky výpočtů a vyhodnocení posouzení referenčních hodnot pro intenzitu elektrického pole a magnetickou indukci jsou shrnuty v **Tab. 17**.

Tab. 17 Výsledky výpočtů a posouzení referenčních hodnot pro E a B

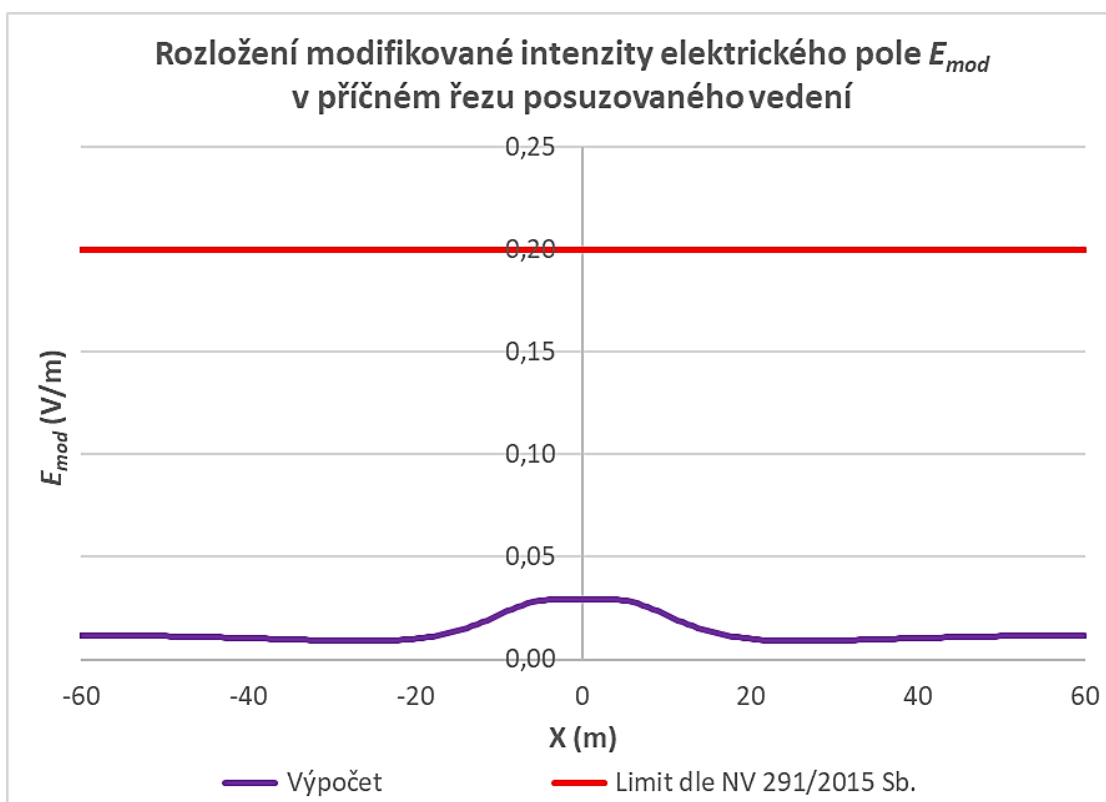
$B_{ef}^{EXT_{max}}$ (μT)	$E_{ef}^{EXT_{max}}$ (kV/m)	H (-)	H_{lim} (-)	$H \leq H_{lim}$	$E_{mod_{max}}$ (V/m)
15,57	3,27	0,34	0,2	NE	0,029



Obr. 57 Intenzita elektrického pole ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy vedení 1x220 kV v místě křížení s plánovaným vedením 2x400 kV (nejnepříznivější stav)



Obr. 58 Magnetická indukce ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy vedení 1x220 kV v místě křížení s plánovaným vedením 2x400 kV (nejnepříznivější stav)



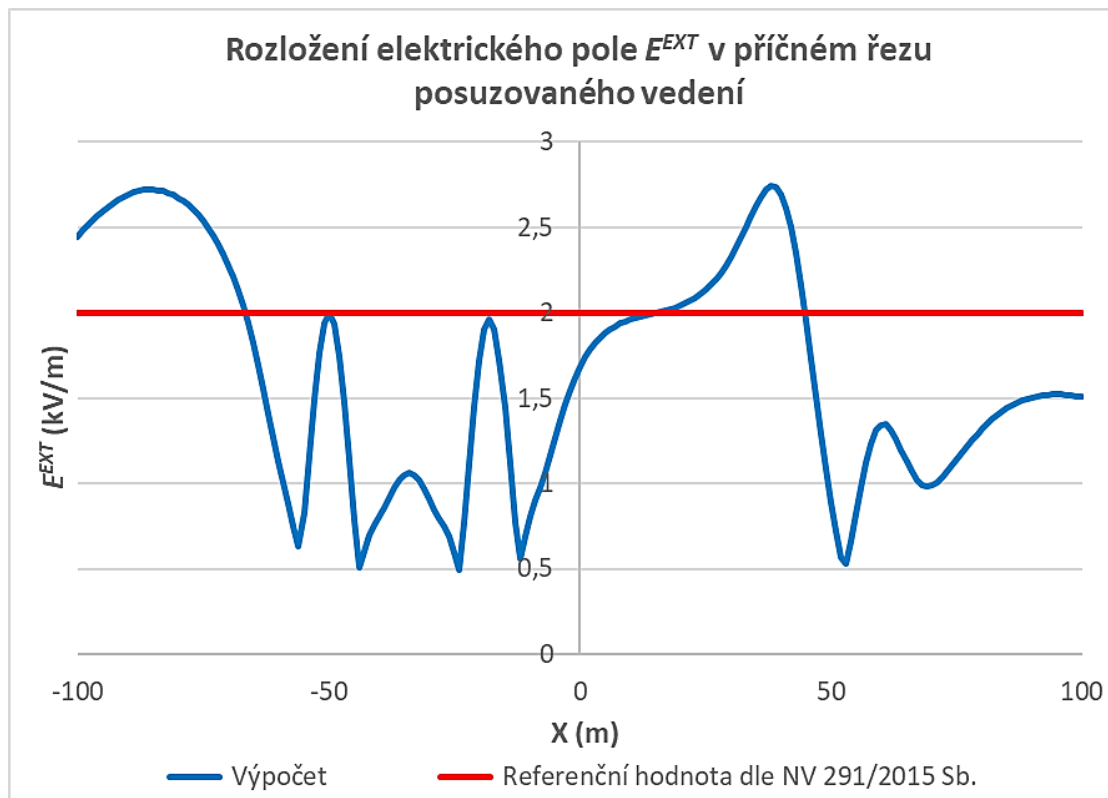
Obr. 59 Modifikovaná intenzita elektrického pole ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy vedení 1x220 kV v místě křížení s plánovaným vedením 2x400 kV (nejnepříznivější stav)

4.14 KŘÍŽENÍ VEDENÍ 2X400 KV TVARU DUNAJ SE SOUBĚHEM JEDNOHO VEDENÍ 1X220 KV TVARU PORTÁL A DVOU VEDENÍ 2X110 KV TVARU SOUDEK

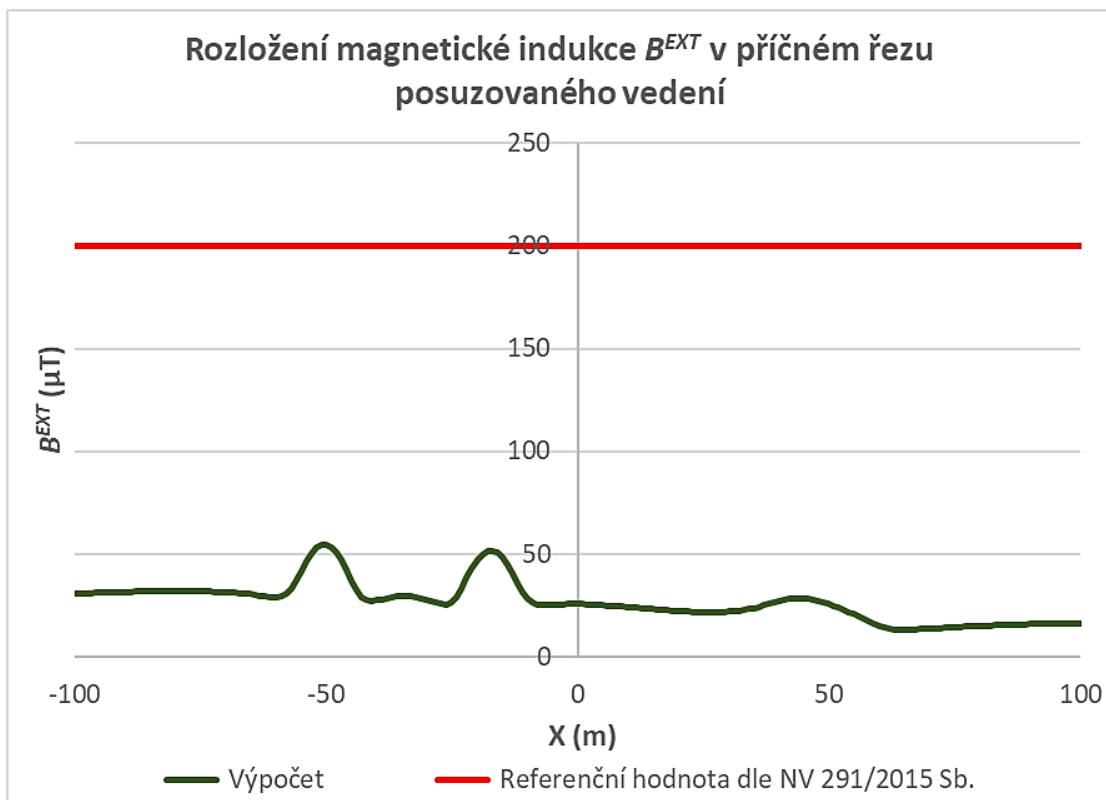
Průběhy efektivní hodnoty intenzity elektrického pole a efektivní hodnoty magnetické indukce v řezu posuzovaného křížení vedení ve výšce 1,8 m nad terénem jsou vykresleny na **Obr. 60** a **Obr. 61**. Průběh modifikované intenzity elektrického pole v lidské tkáni ve výšce 1,8 m nad terénem je vykreslen na **Obr. 62**. Výsledky výpočtů a vyhodnocení posouzení referenčních hodnot pro intenzitu elektrického pole a magnetickou indukci jsou shrnuty v **Tab. 18**.

Tab. 18 Výsledky výpočtů a posouzení referenčních hodnot pro E a B

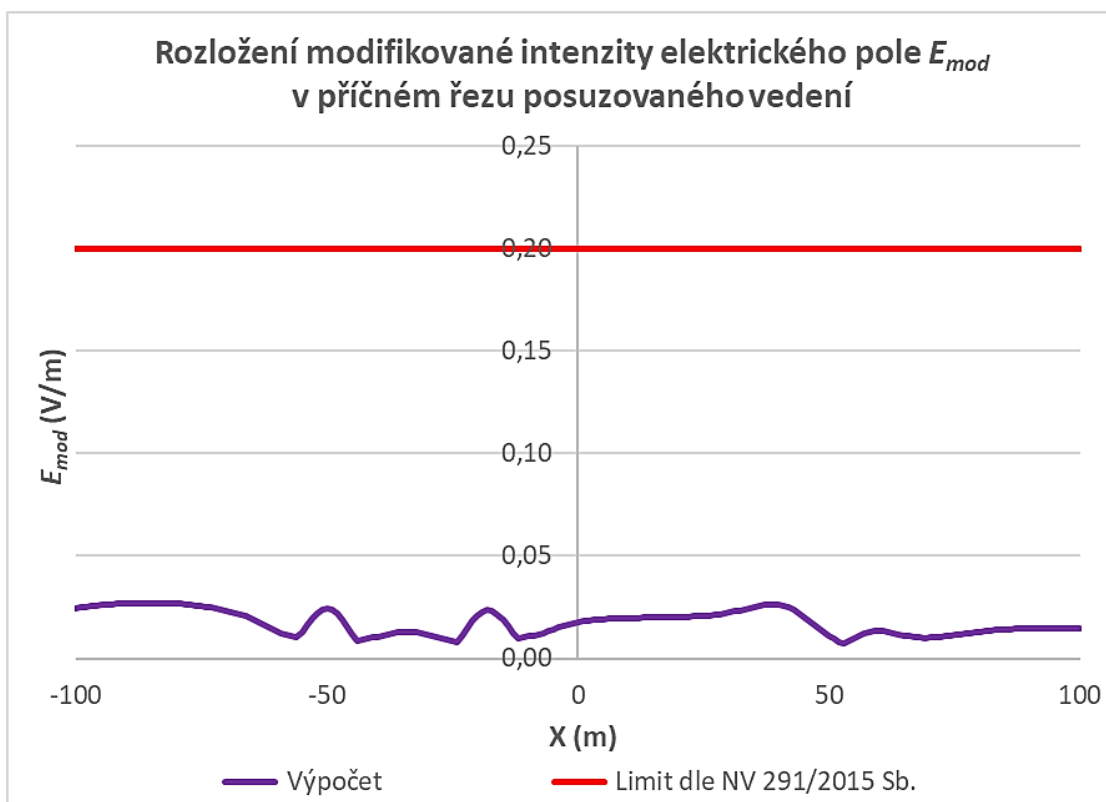
$B_{ef}^{EXT_{max}}$ (μT)	$E_{ef}^{EXT_{max}}$ (kV/m)	H (-)	H_{lim} (-)	$H \leq H_{lim}$	$E_{mod_{max}}$ (V/m)
54,36	2,74	0,33	0,2	NE	0,027



Obr. 60 Intenzita elektrického pole ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy souběhu vedení 1x220 kV a dvou vedení 2x110 kV v místě křížení s plánovaným vedením 2x400 kV (nejnepříznivější stav)



Obr. 61 Magnetická indukce ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy souběhu vedení 1x220 kV a dvou vedení 2x110 kV v místě křížení s plánovaným vedením 2x400 kV (nejnepříznivější stav)



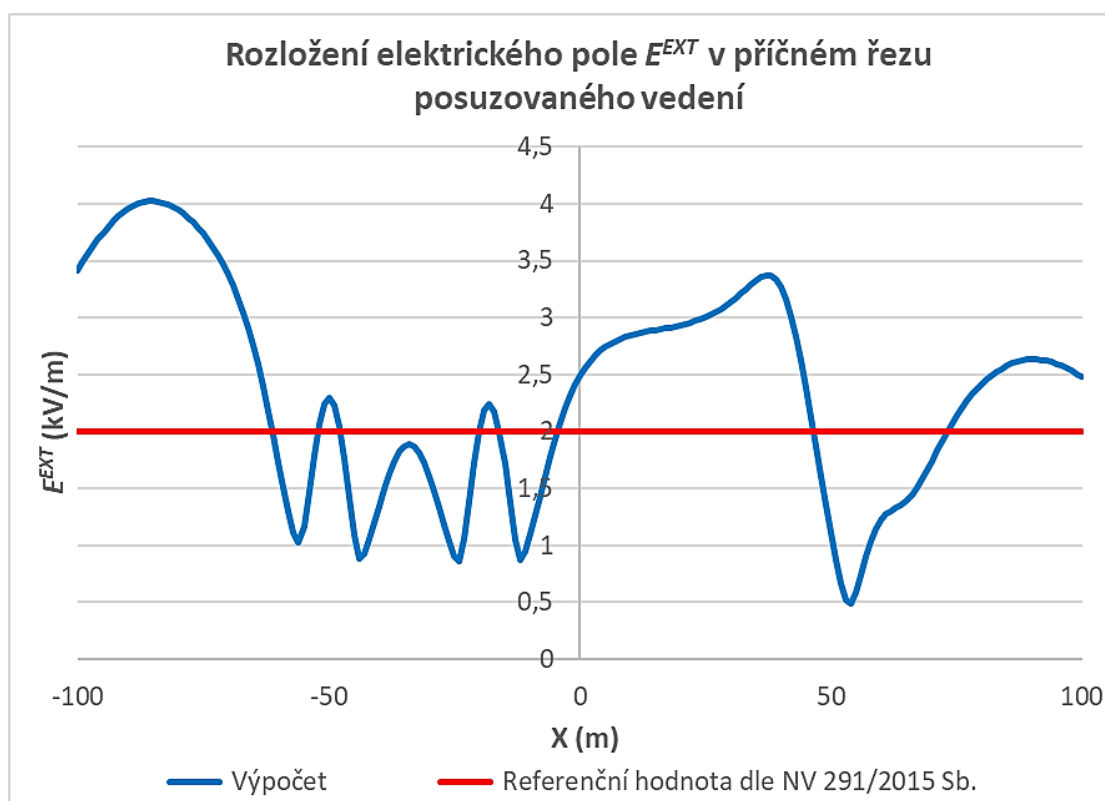
Obr. 62 Modifikovaná intenzita elektrického pole ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy souběhu vedení 1x220 kV a dvou vedení 2x110 kV v místě křížení s plánovaným vedením 2x400 kV (nejnepříznivější stav)

4.15 KŘÍŽENÍ VEDENÍ 2X400 KV TVARU SOUDEK SE SOUBĚHEM JEDNOHO VEDENÍ 1X220 KV TVARU PORTÁL A DVOU VEDENÍ 2X110 KV TVARU SOUDEK

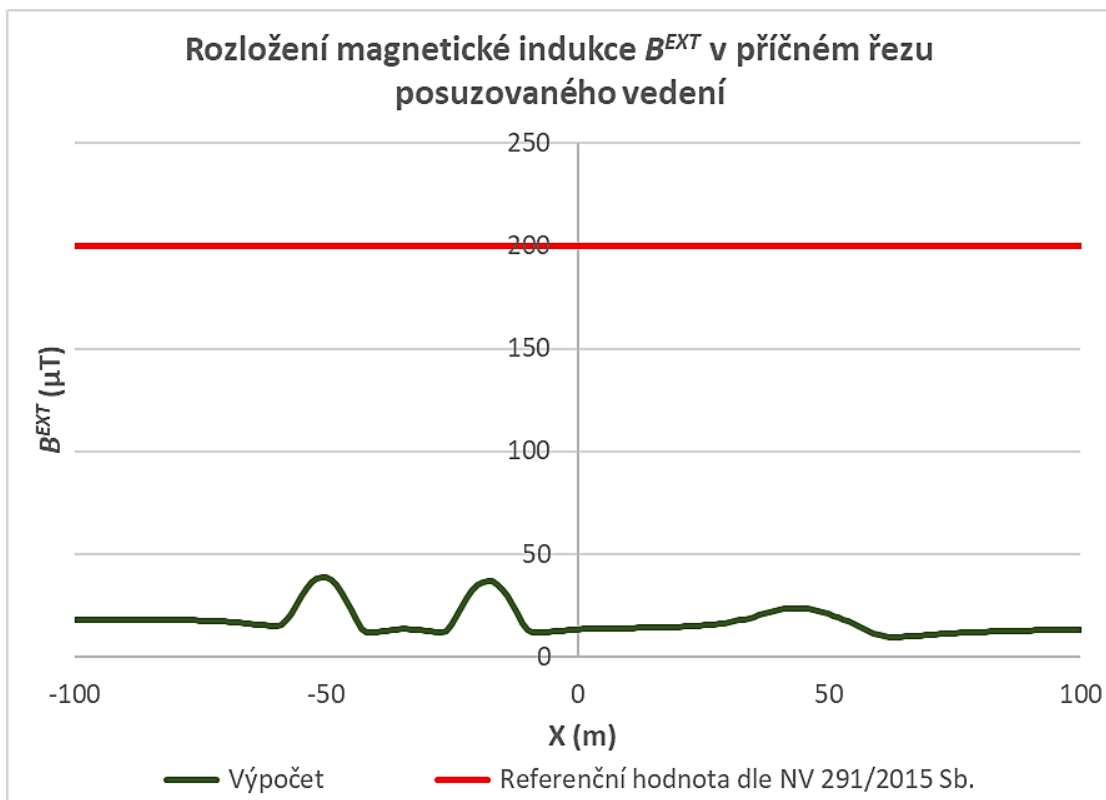
Průběhy efektivní hodnoty intenzity elektrického pole a efektivní hodnoty magnetické indukce v řezu posuzovaného křížení vedení ve výšce 1,8 m nad terénem jsou vykresleny na **Obr. 63** a **Obr. 64**. Průběh modifikované intenzity elektrického pole v lidské tkáni ve výšce 1,8 m nad terénem je vykreslen na **Obr. 65**. Výsledky výpočtů a vyhodnocení posouzení referenčních hodnot pro intenzitu elektrického pole a magnetickou indukci jsou shrnuty v **Tab. 19**.

Tab. 19 Výsledky výpočtů a posouzení referenčních hodnot pro E a B

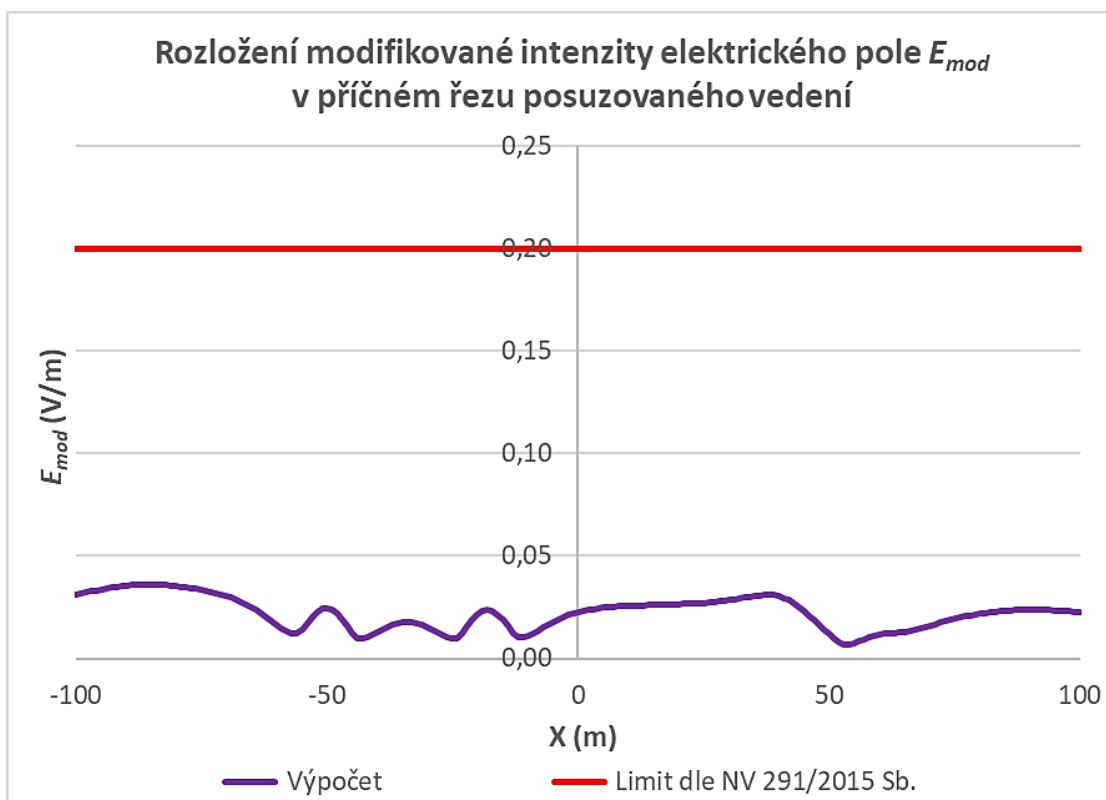
$B_{ef}^{EXT_{max}}$ (μT)	$E_{ef}^{EXT_{max}}$ (kV/m)	H (-)	H_{lim} (-)	$H \leq H_{lim}$	$E_{mod_{max}}$ (V/m)
38,81	4,03	0,44	0,2	NE	0,036



Obr. 63 Intenzita elektrického pole ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy souběhu vedení 1x220 kV a dvou vedení 2x110 kV v místě křížení s plánovaným vedením 2x400 kV (nejnepříznivější stav)



Obr. 64 Magnetická indukce ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy souběhu vedení 1x220 kV a dvou vedení 2x110 kV v místě křížení s plánovaným vedením 2x400 kV (nejnepříznivější stav)



Obr. 65 Modifikovaná intenzita elektrického pole ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy souběhu vedení 1x220 kV a dvou vedení 2x110 kV v místě křížení s plánovaným vedením 2x400 kV (nejnepříznivější stav)

4.16 POZNÁMKY K PROVEDENÉMU POSOUZENÍ NIZ

Z výsledků vyplývá, že posuzování křížení plánovaného vedení 2x400 kV s vedeními o nižších napěťových hladinách je z hlediska vlivů elektromagnetického pole příznivější stav v porovnání s posuzováním samostatného vedení 2x400 kV. Je to dáno významně menšími příspěvky k velikosti NIZ od vedení nižších napěťových hladin (dominantní vliv mají vedení s vyššími napěťovými hladinami) a zároveň vyšším umístěním vedení 400 kV v prostoru (dané zejména izolačními vzdálenostmi od fázových vodičů). Z předchozího vyplývá, že **posuzovat křížení vedení vvn a zvn s vedeními vn a nn není potřebné** (vždy se jedná o příznivější stav než posouzení samotného vedení vvn nebo zvn, protože vedení vn a nn mají na výsledné posouzení zanedbatelný vliv). **Totéž platí pro i pro vedení drážní trakce (příp. VRT)**. Při křížení kabelové trasy s drážní traktací (příp. VRT) působí též na magnetické pole stínící účinek kolejnic, tzn. **nad koleji bude vliv elektromagnetického pole kabelu nižší než v místě trasy bez kolejí**.

Poblíž trasy plánovaného vedení se nachází TR Jirny. Vzdálenost této TR 110/22 kV od plánovaného vedení a další umístěná vedení 110 kV mezi TR a plánovaným vedením způsobují, že **TR Jirny nemá vliv na posouzení NIZ v okolí plánovaného vedení V495/496**.

5 POSOUZENÍ OBJEKTŮ V OCHRANNÉM PÁSMU VEDENÍ

Posouzení objektů v ochranném pásmu vedení (OPV) bylo zpracováno na základě dodaných podkladů, kterým mimo jiné byl Seznam objektů v OPV. Objekty lze rozdělit podle působení elektromagnetického pole na několik skupin (rozdělení postihuje většinu hodnocených objektů):

- Objekty, kde se nepředpokládá pohyb osob, který by osoby přiblížil blíže k fázovým vodičům posuzovaného vedení; typicky: ploty, zídky, fóliovníky apod. Pokud jsou vodivé a převyšují výrazně výšku hlavy člověka, slouží jako stínění. Pokud jsou nevodivé, nemají žádný vliv. Pokud jsou vodivé a jsou v blízkosti hlavy člověka (1,8 m), zvyšují intenzitu elektrického pole.
- Vodivé střechy, po jejichž povrchu se mohou pohybovat osoby; vodiče je nutno oddálit o stejnou vzdálenost jako je vzdálenost vodivého povrchu střechy od země.
- Nevodivé střechy, po jejichž povrchu se mohou pohybovat osoby; posuzuje se elektrického pole v příslušné výšce střechy + 1,8 m (úroveň hlavy člověka).

Z výše uvedeného pak vychází doporučení pro minimální výšky spodních fázových vodičů nad zemí v blízkosti těchto objektů, které zajišťují s jistotou splnění hygienických limitů dle Nařízení vlády č. 291/2015 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením.

Posouzení objektů není potřeba provádět pro kabelová vedení ve výkopu z důvodu, že v ochranném pásmu takového vedení se nesmí nacházet podzemní stavby s výskytem osob a posouzení nadzemních staveb není relevantní v případě vyhovujících limitů ve výšce 0,1 m nad terénem.

5.1 POSOUZENÍ OBJEKTŮ V OPV PRO VEDENÍ TVARU DUNAJ

Tato varianta vedení uvažuje s použitím stožárů tvaru Dunaj 2x400 kV v úseku st. č. 1 – st. č. 27. V **Tab. 20** je shrnuto posouzení všech objektů v OPV v tomto úseku vedení. Seznam objektů v OPV byl dodán v rámci podkladů.

Tab. 20 Výsledky posouzení objektů v ochranném pásmu vedení tvaru Dunaj

Poř. číslo	Rozpětí	Objekt	Vzdálenost od osy vedení (m)	Vnější vzdálenost od krajního vodiče (m)	Výška objektu (m)	Minimální výška vodičů nad zemí (m)	E_{mod} na objektu (V/m)
1	3 - 4	TR Jirny - plot	30	15,5	3,0	12,5	0,014
2		4x Přístřešek	12	pod vodiči	2,5	15	0,039
3		Vrátnice	22	7,5	3,5	15	0,029
4	9 - 10	Hala	32	17,5	12,0	12,5	0,011
5		Hala	30	15,5	12,0	12,5	0,013

5.2 POSOUZENÍ OBJEKTŮ V OPV PRO VEDENÍ TVARU SOUDEK

Tato varianta vedení uvažuje s použitím stožárů tvaru Soudek 2x400 kV v úseku st. č. 1 – st. č. 27. V **Tab. 21** je shrnuto posouzení všech objektů v OPV v tomto úseku vedení. Seznam objektů v OPV byl dodán v rámci podkladů.

Tab. 21 Výsledky posouzení objektů v ochranném pásmu vedení tvaru Soudek

Poř. číslo	Rozpětí	Objekt	Vzdálenost od osy vedení (m)	Vnější vzdálenost od krajního vodiče (m)	Výška objektu (m)	Minimální výška vodičů nad zemí (m)	E_{mod} na objektu (V/m)
1	3 - 4	TR Jirny - plot	30	21,7	3,0	12,5	0,006
2		4x Přístřešek	12	3,7	2,5	15	0,049
3		Vrátnice	22	13,7	3,5	12,5	0,018
4	9 - 10	Hala	32	23,7	12,0	12,5	0,008
5		Hala	30	21,7	12,0	12,5	0,009

6 ZÁVĚR

Byly provedeny výpočty intenzity elektrického pole E , magnetické indukce B a modifikované intenzity elektrického pole E_{mod} za účelem posouzení celkové situace umístění dvojitého vedení 400 kV v rámci projektu „V205/206 - přestavba na 400 kV“ s ohledem na hygienické požadavky Nařízení vlády č. 291/2015 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením, v platném znění (NV 2015). V posuzovaných řezech nebylo splněno kritérium pro referenční hodnoty (vyjma řezu kabelového vedení ve výkopu), které slouží k rychlému posouzení expozice. Proto byly v souladu s NV 2015 posuzované úseky vystaveny detailnějšímu zkoumání pomocí výpočtu modifikované intenzity elektrického pole. **Lze konstatovat, že nejvyšší přípustná hodnota modifikované intenzity elektrického pole $E_{mod} = 0,2$ V/m daná Nařízením vlády č. 291/2015 Sb. nebyla překročena v žádném úseku připravovaného vedení.** Počítalo se vždy s nejméně příznivým sledem fázových vodičů z hlediska velikosti elektromagnetického pole. Uvažovaná minimální výška spodních fázových vodičů nad terénem h_{min} a výsledná maximální hodnota modifikované intenzity elektrického pole E_{mod} nabývají pro jednotlivé varianty posuzovaných situací hodnot:

- Samostatné vedení 2x400 kV tvaru Dunaj:

$$h_{min} = 12,5 \text{ m}, E_{mod} = 0,052 \text{ V/m}$$

- Samostatné vedení 2x400 kV tvaru Soudek:

$$h_{min} = 12,5 \text{ m}, E_{mod} = 0,061 \text{ V/m}$$

- Kabelové vedení 4x400 kV ve výkopu:

$$h_{min} = -1,6 \text{ m}, E_{mod} = 0,009 \text{ V/m}$$

- Zaústění nadzemního vedení 2x400 kV do přechodové stanice v Šestajovicích:

$$h_{min} = 12,5 \text{ m}, E_{mod} = 0,047 \text{ V/m}$$

- Zaústění kabelového vedení 4x400 kV do přechodové stanice v Šestajovicích:

$$h_{min} = -1,6 \text{ m}, E_{mod} = 0,010 \text{ V/m}$$

- Souběh kabelového vedení 4x400 kV s dvěma vedeními 2x110 kV tvaru Soudek 2001:

$$h_{min} = -1,6 \text{ m}, E_{mod} = 0,027 \text{ V/m}$$

- Souběh vedení 2x400 kV tvaru Dunaj s jedním vedením 2x110 kV tvaru Soudek 2000:

$$h_{min} = 12,5 \text{ m}, E_{mod} = 0,053 \text{ V/m}$$

- Souběh vedení 2x400 kV tvaru Soudek s jedním vedením 2x110 kV tvaru Soudek 2000:

$$h_{min} = 12,5 \text{ m}, E_{mod} = 0,061 \text{ V/m}$$

- Souběh vedení 2x400 kV tvaru Dunaj s jedním vedením 1x220 kV tvaru Portál 1958:

$$h_{min} = 12,5 \text{ m}, E_{mod} = 0,052 \text{ V/m}$$

- Souběh vedení 2x400 kV tvaru Soudek s jedním vedením 1x220 kV tvaru Portál 1958:

$$h_{min} = 12,5 \text{ m}, E_{mod} = 0,063 \text{ V/m}$$

- Křížení kabelového vedení 4x400 kV s jedním vedením 2x110 kV tvaru Soudek:

$$h_{min} = -1,6 \text{ m (pro kabelové vedení)}, h_{min} = 6,1 \text{ m (pro vedení 2x110 kV)}, E_{mod} = 0,038 \text{ V/m}$$

- Křížení vedení 2x400 kV tvaru Dunaj s jedním vedením 2x220 kV tvaru Soudek:

$$h_{min} = 40,44 \text{ m (pro V495/496)}, h_{min} = 11,04 \text{ m (pro V202/208)}, E_{mod} = 0,027 \text{ V/m}$$

- Křížení vedení 2x400 kV tvaru Soudek s jedním vedením 2x220 kV tvaru Soudek:
 $h_{min} = 40,44$ m (pro V495/496), $h_{min} = 11,04$ m (pro V202/208), $E_{mod} = 0,029$ V/m
- Křížení vedení 2x400 kV tvaru Dunaj se souběhem jednoho vedení 1x220 kV tvaru Portál a dvou vedení 2x110 kV tvaru Soudek:
 $h_{min} = 19,51$ m (pro V495/496 v místě vedeních V125/126 a V133/134), $h_{min} = 24,83$ m (pro V495/496 v místě vedení V209), $h_{min} = 8,0$ m (pro V125/126 a V133/134), $h_{min} = 12,68$ m (pro V209), $E_{mod} = 0,027$ V/m
- Křížení vedení 2x400 kV tvaru Soudek se souběhem jednoho vedení 1x220 kV tvaru Portál a dvou vedení 2x110 kV tvaru Soudek:
 $h_{min} = 19,51$ m (pro V495/496 v místě vedeních V125/126 a V133/134), $h_{min} = 24,83$ m (pro V495/496 v místě vedení V209), $h_{min} = 8,0$ m (pro V125/126 a V133/134), $h_{min} = 12,68$ m (pro V209), $E_{mod} = 0,036$ V/m

Pro jednotlivé objekty situované v ochranném pásmu budoucího záměru dvojitého vedení 400 kV (nadzemní části) byly stanoveny minimální výšky fázových vodičů nad zemí v místě objektů, které jsou pro jednotlivé varianty uvedeny v Tab. 20 a Tab. 21, a které s jistotou zajišťují splnění hygienických limitů dle Nařízení vlády č. 291/2015 Sb. Rozpětí, kde se z důvodu umístění objektů v ochranném pásmu vedení nacházejí místa s jinou doporučenou minimální výškou fázových vodičů nad terénem h_{min} než standardních 12,5 m jsou:

- Úsek vedení (rozpětí): 9 – 10
 - Stožáry tvaru Soudek: $h_{min} = 15$ m v místě objektu č. 97
 - Stožáry tvaru Dunaj: $h_{min} = 15$ m v místě objektu č. 97 a 98

6.1 LITERATURA

- [1] Nařízení vlády č. 291/2015 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením.
- [2] Metodický návod k postupu podle § 35 a § 36 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů a nařízení vlády č. 291/2015 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením, Věstník Ministerstva zdravotnictví ČR, roč. 2017, č. 8, s. 7-34.
- [3] ČSN 33 2040 Elektrotechnické předpisy. Ochrana před účinky elektromagnetického pole 50 Hz v pásmu vlivu zařízení elektrizační soustavy, leden 1993.
- [4] PNE 33 3300 ed.3 Navrhování a stavba venkovních vedení nad AC 45 kV (návaznost na ČSN 50341-1 ed.2 a ČSN 50341-2-19), leden 2023.