

Číslo změny:	Obsah změny:	Datum změny:
01	-	-
02	-	-
03	-	-

Investor:  Ministerstvo dopravy	Ministerstvo dopravy nábřeží Ludvíka Svobody 1222 110 15 Praha 1
---	--

Zhotovitel:  	SDRUŽENÍ SP + SPB TSI ENE Zastoupené společností SUDOP PRAHA a.s. Olšanská 1a, 130 80 Praha 3 tel.: +420 267 094 111 e-mail: praha@sudop.cz
Hlavní inženýr projektu: ING. JAROSLAV PEROUTKA	Datum: 07/2016

Profesní skupina: 23 - TRAKČNÍ VEDENÍ			
Vedoucí prof. skupiny: ING. JIŘÍ MOLÁK	Odpovědný projektant SO, IO, PS: ING. JIŘÍ PELC	Vypracoval: JIŘÍ PODHRADSKÝ	Kontroloval: ING. JIŘÍ MOLÁK

Název akce: Koncepce přechodu na jednotnou napájecí soustavu ve vazbě na priority programového období 2014-2020 a naplnění požadavků TSI ENE	Číslo smlouvy: 15 523 208
Část: ENERGETICKÉ VÝPOČTY	Projektový stupeň: Studie
	Datum: 07/2016
	Číslo částí: 5.

Koncepce přechodu na jednotnou napájecí soustavu ve vazbě na priority programového období 2014-2020 a naplnění požadavků TSI ENE

5. Energetické výpočty

Obsah

1. Úvod	2
2. Historie a současnost	2
3. Dělení železničních tratí	3
3.1. Celostátní tratě	3
3.2. Ostatní tratě	5
3.3. Společné požadavky pro všechny tratě	5
4. Požadavky dopravy	6
4.1. Stanovení kapacity napájecí soustavy	6
5. Vstupní podklady a parametry	8
5.1. Kolejnice	8
5.2. Trolejové vedení	9
6. Posouzení stávajícího stavu a navržené úpravy	9
6.1. Posouzení napájecího úseku	9
6.2. Výkony napájecích stanic	12
6.3. Spotřeba elektrické energie	13
7. Návrh jednotné trakční soustavy AC 25kV 50Hz	14
7.1. Posouzení napájeného úseku	14
7.2. Dimenzování napájecích stanic	15
7.3. Spotřeba elektrické energie	16
8. Podrobnější posouzení vybraného traťového úseku	17
9. Vysokorychlostní tratě (VRT)	20
10. Závěr	21
11. Energetické výpočty metodou středních úbytků napětí	22

1. Úvod

V současné době došlo v relativně krátké době k několika zásadním změnám na tratích v ČR, které mají velký vliv na celý trakční obvod a je proto nutné posoudit, jaký dopad to v budoucnu může mít. Mezi tyto hlavní změny patří zejména:

- Nástup nových lokomotiv, které mohou mít maximální výkon až 6,5MW se zabudovanou automatickou regulací výkonu.
- Zvýšení minimální hranice přípustného napětí na pantografu vlaku na 2,7kV v DC soustavě a 22kV v AC soustavě.
- Změna technologie výroby kolejnic z tvrdších materiálů ale s vyšším elektrickým odporem.
- Zavedení taktové dopravy, která předpokládá více současných rozjezdů v železničních stanicích.
- Kratší následná mezidobí díky lepšímu zabezpečovacímu zařízení. Předpokládá se navíc, že se zavedením ETCS budou následná mezidobí ještě menší.
- Prodloužení délky nákladních vlaků až na 750m.
- Větší nárůst dopravy než byl očekáván, zejména na 1. a 3. koridoru Děčín – Praha – Ostrava.
- Zvýšení rychlosti jízdy vlaků (jak osobních, tak i nákladních) s důsledkem výrazného (třetí mocnina) růstu odebíraných výkonů a proudů (jejich tepelný účinek roste se šestou mocninou rychlosti).
- Zavedení rekuperačního brzdění, které přineslo požadavek i na opačný, než původně uvažovaný tok energie.
- Formulování nových technických požadavků (TSI a jimi vyžadované technické normy ČSN EN) a vznik zákonné povinnosti je dodržovat,
- Pokles účinnosti trakčního vedení v důsledku zvýšení odebíraných výkonů.
- Změna struktury plateb za elektrickou energii s výrazným negativním vlivem výkonových špiček (požadavek na rovnoměrnost odběru).
- Obtížná průchodnost krajinou velmi komplikuje budování nových připojení napájecích stanic k energetické distribuční síti.

Hlavním cílem energetických výpočtů zpracovaných v rámci této studie je proto posoudit stávající stejnosměrné napájení trakčního vedení s ohledem na výše uvedené změny dle TSI ENE a ČSN a porovnat úpravy, které by bylo nutné udělat pro zachování stejnosměrného napájení, s úpravami, kdyby se přešlo na jednotnou trakční napájecí soustavu AC 25kV 50Hz. Protože není možné v tak krátkém časovém úseku posoudit všechny napájecí stanice a úseky detailně, tak byl výpočet zjednodušen. Podrobnější výpočty se provedou až v rámci přípravných dokumentací či studií jednotlivých staveb.

2. Historie a současnost

O případném sjednocení systému napájení trakčního vedení se v ČR mluví prakticky od realizace první střídavě napájené trati. I když se časem ukázalo, že střídavá trakční soustava je efektivnější než stejnosměrná, tak se sjednocení a celkový přechod na jednotnou střídavě napájenou trakční soustavu zdál technicky složitý a ekonomicky neefektivní.

Současný systém napájení stejnosměrné části České Republiky se z hlediska rozmístění a počtu napájecích stanic prakticky od svého vzniku nezměnil. V době, kdy se v ČR navrhovalo rozmístění trakčních napájecích stanic, tak jezdili lokomotivy o maximálním výkonu 3-3,5MW). Následné mezidobí mezi těžkými Pn vlaky do 2500t bylo 10 minut a to při rychlosti 65-70km/h. Ostatní

elektrická mezidobí určující minimální rozestup vlaků s ohledem na napájení byla vždy kratší než následná mezidobí, která byla omezena hlavně zabezpečovacím zařízením a propustností tratě. O tom svědčí i fakt, že předpis D24 určující elektrická mezidobí je beze změny od roku 1975. Vzhledem k tomu, že v tomto předpise se nepočítá s rychlostí 160km/h ani s lokomotivami o výkonu až 6MW, tak jej nelze použít v rámci zpracování těchto energetických výpočtů a doporučuje se jej aktualizovat.

V současné době se už ale díky novým technologiím zkrátila následná mezidobí tak, že jsou v mnoha místech kratší než ta elektrická a napájení se tak stalo omezujícím prvkem v propustnosti trati. Stejnosměrný systém tak přestává plně vyhovovat a ukazuje se, že pro spolehlivý provoz jej bude nutné posílit. Proto se zpracovává tato studie, aby zhodnotila, jestli by nebylo lepší místo investování do stejnosměrného systému postupně přejít na jednotný systém střídavý.

Stávající střídavá napájecí soustava se se změnami uvedenými výše vypořádala mnohem lépe, protože moderní lokomotivy s vyšším výkonem mají také lepší účinník, díky čemuž není nárůst odběru proudu takový jako ve stejnosměrném systému.

3. Dělení železničních tratí

V rámci studie jsou tratě rozdělené do dvou skupin podle jejich zařazení dle Prohlášení o dráze vydaného SŽDC na tratě celostátní a regionální. Z hlediska energetických výpočtů to znamená, že tratě celostátní musí splňovat požadavky nařízení komise (eu) č. 1301/2014 ze dne 18. listopadu 2014 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému energie železničního systému v unii (dále jen TSI ENE). Regionální tratě byly posuzovány dle platných norem.

3.1. Celostátní tratě

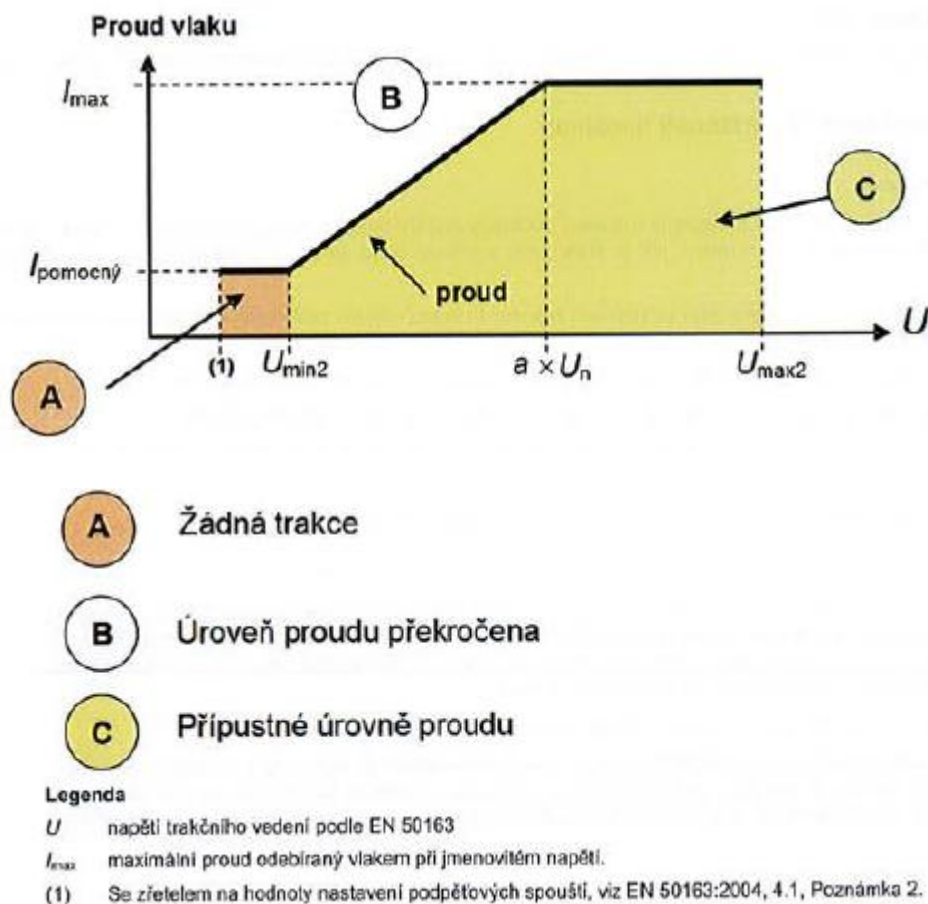
Tyto tratě musí splňovat všechny požadavky dle ČSN jako ostatní tratě viz níže, ale k tomu ještě musí splňovat požadavky TSI ENE, kde jsou přísnější požadavky na úbytek napětí v troleji.

Minimální hodnota pro střední užitečné napětí na pantografovém sběrači za normálních provozních podmínek (dále jen U_{\min}) viz. tabulka 3 v ČSN EN 50 388 ed.2:

Tabulka 3 – Minimální $U_{\text{střední užitečné}}$ na pantografovém sběrači

Napájecí soustava	Minimální střední užitečné napětí $U_{\text{střední užitečné}}$ na pantografovém sběrači	
	V	
	Kategorie I, II, III tratí HS TSI	Kategorie IV; V; VI; VII tratí TSI a klasické tratě
	Oblast a vlak	Oblast a vlak
AC 25 000 V 50 Hz	22 500	22 000
AC 15 000 V 16,7 Hz	14 200	13 500
DC 3 000 V	2 800	2 700
DC 1 500 V	1 300	1 300
DC 750 V	N.A.	675
Legenda		
N.A: nepoužívá se		

Tento požadavek vychází z trakční charakteristiky nových výkonných lokomotiv, které mají dle požadavku ČSN EN 50 388 ed.2 zabudovanou automatickou regulaci výkonu pro usnadnění stabilního provozu ve slabých napájecích sítích nebo při mimořádných provozních podmínkách:



Z výše uvedeného vyplývá, že za běžného stavu napájení a dopravního zatížení dle jízdního řádu, **nesmí napětí na pantografu vlaku klesnout pod 2,7kV.**

Jízdní řád je ze strany SŽDC navrhován na základě výpočtu tachogramu a jízdních dob podle trakčních charakteristik vozidel, platných pro jmenovité napětí na sběrači vozidla (3 000 V). Při nedodržení předpokládané úrovně napětí jsou výpočtem stanovené jízdní doby, a tedy ani jízdní řád, nesplnitelné.

Dodržením požadavků dle normy TSI ENE dojde ke zvýšení kapacity většiny tratí a železničních uzlů.

3.2. Ostatní tratě

Zde není nutné dodržovat $U_{\min. 2,7kV}$, ale je nutné zvážit, zda pokles pod tuto úroveň nezpůsobí větší narušení plánovaného jízdního řádu, případně nebude-li nutné jízdní řád přizpůsobit novým lokomotivám a elektrickým soupravám, které budou mít výše zmíněnou regulaci výkonu vlaku. V ČR je počet elektrizovaných regionálních tratí minimum viz obrázek, kde jsou celostátní tratě označeny červenou (TEN-T) a černou barvou. Regionální tratě jsou označeny zeleně nebo žlutě či modře.

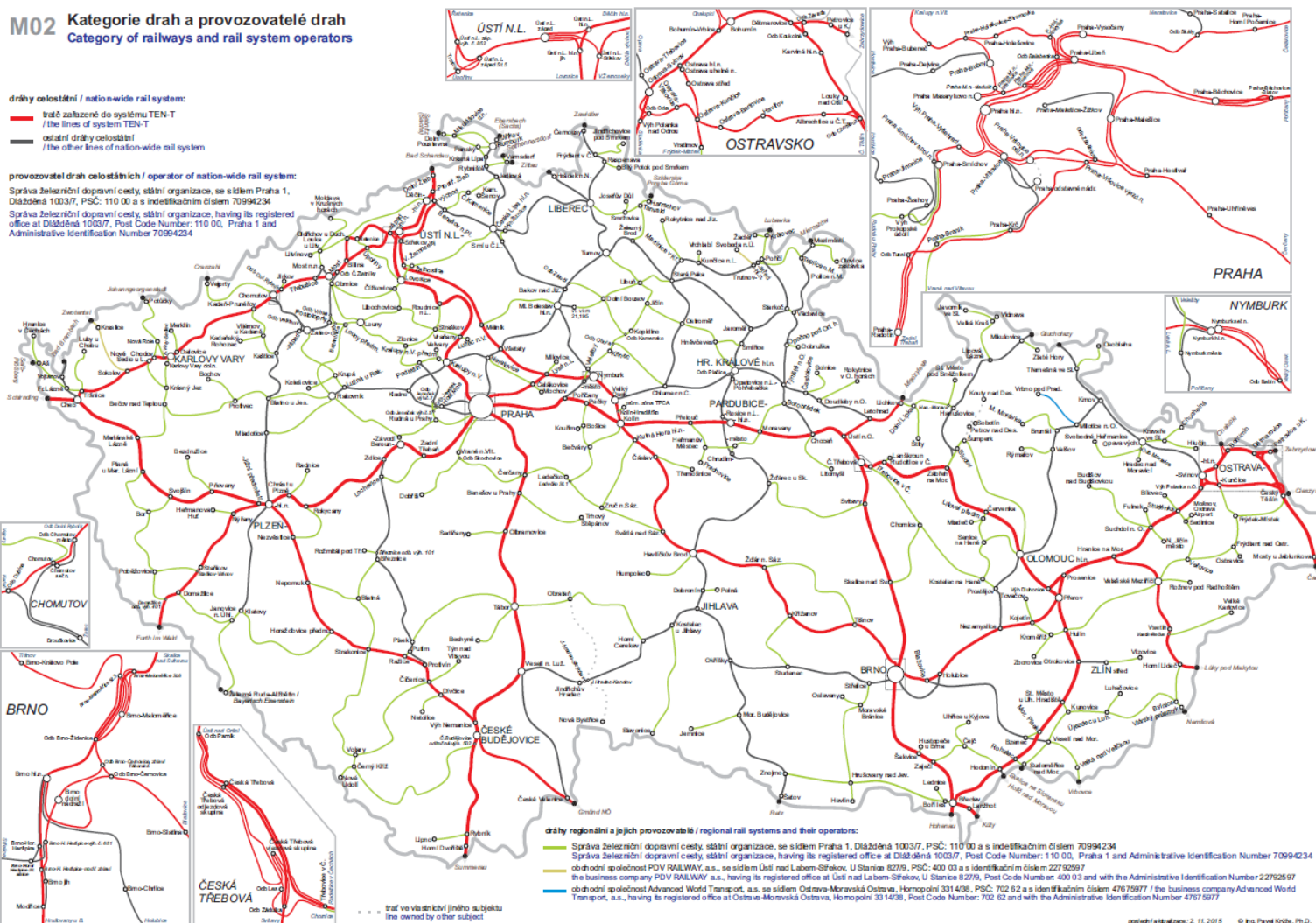
M02 Kategorie drah a provozovatelé drah
Category of railways and rail system operators

dráhy celostátní / nation-wide rail system

— tratě zařazené do systému TEN-T
/ the lines of system TEN-T
— ostatní dráhy celostátní
/ the other lines of nation-wide rail system

provozovatel drah celostátních / operator of nation-wide rail system

Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, se sídlem Praha 1, Diálošná 1003/7, PSČ: 110 00 a s identifikačním číslem 70994234
Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, having its registered office at Diálošná 1003/7, Post Code Number: 110 00, Praha 1 and Administrative Identification Number 70994234



3.3. Společné požadavky pro všechny tratě

Kromě úbytků napětí v trolejovém vedení je potřeba zvážit, jaký vliv budou mít změny uvedené v úvodu také na:

- dovolené dotykové napětí
- ochrany před korozivními účinky bludných proudů
- maximální dovolené oteplení trakčního vedení
- instalovaný výkon trakčních napájecích stanic i s ohledem na jejich přetížitelnost
- maximální proudové zatížení stykových transformátorů
- plánovaný grafikon a následná mezidobí

Pro zajištění potřebné propustnosti tratí s ohledem na budoucí provoz byly stanoveny minimální následná mezidobí pro jednotlivé tratě. Předpokládá se, že v budoucnu bude snaha slučovat vlaky do svazků, a proto byla zadavatelem studie vytvořena tabulka *Stanovení kapacity napájecí soustavy* s ohledem na současné a výhledové potřeby dopravy, kde jsou uvedeny maximální počty vlaků ve svazku (nejvíce 4) pro jednotlivé tratě. V tabulce jsou také uvedena následná mezidobí, která je nutné dodržet i z hlediska napájení. Počítá se tam s budoucím zavedením ETCS a zkrácením vzdáleností mezi vlaky. Jelikož to ale není zatím schváleno, tak se v rámci energetických výpočtů počítá s **minimálním následným mezidobím 3 minuty**.

typ vlaku	max. hmotnost	max. rychlost	max. výkon	účinnost vlaku	cosφ vlaku
Nex	2000 t	100 km/h	6500 kW	90%	0,95
Os	160 t	160 km/h	6500 kW	90%	0,95
R	490 t	160 km/h	4000 kW	90%	0,95

B.1	Tratě se svazkováním osobní i nákladní dopravy
B.2	Tratě se svazkováním nákladní dopravy
B.3	Tratě se svazkováním osobní dopravy + jednotlivých tras nákladní dopravy
B.4	Tratě s relativně volnými trasami

1.a) žst. s předjízdými kolejiemi pro nákladní dopravu:
Křižování protijedoucích Nex/Pn vlaků
Čas T : průjezd Nex jedním směremx kW
Čas $T + I_{min}$: rozjezd Nex opačným směremy kW v délce km
Trolejové vedení musí umožnit přenos příkonu celkem (x+y) kW.

1.b) žst. pro zastavování a křižování pouze osobní dopravy:
Křižování protijedoucích R/Os vlaků
Čas T : rozjezd R/Os jedním směremx kW v délce km
Čas T : rozjezd R/Os opačným směremy kW v délce km
Trolejové vedení musí umožnit přenos příkonu celkem (x+y) kW.

Dvoukolejná trať

a) žst. uzlové

Následné jízdy R, Nex, Os na následné mezidobí 3 min

- 2.a.i i. **Čas T**: rozjezd R; po dosažení traťové rychlosti v čase $T+3\text{min}$xkW
Čas $T+3\text{min}$: rozjezd Nexy kW v délcenkm
Trolejové vedení musí umožnit přenos příkonu celkem $(x+y)$ kW v jedné stopě.
- 2.a.ii ii. **Čas T**: rozj. R; po dosažení trať. rychlosti v čase $T+3\text{min}$, $T+4\text{min}$xkW
Čas $T+3\text{min}$: rozjezd prvního Nexy kW v délcenkm
Čas $T+4\text{min}$: rozjezd druhého Nexz kW v délcenkm
Trolejové vedení musí umožnit přenos příkonu celkem $(x+y+z)$ kW v jedné stopě.
- 2.a.iii iii. **Čas T**: rozj. R; po dosažení trať. rychlosti v čase $T+3\text{min}$, $T+4\text{min}$. x kW
Čas $T+3\text{min}$: rozjezd Nexy kW v délcenkm
Čas $T+4\text{min}$: rozjezd Osz kW v délcenkm
Trolejové vedení musí umožnit přenos příkonu celkem $(x+y+z)$ kW v jedné stopě.

b) žst. mezilehlé s předjízdými koleje pro nákladní dopravu

Následné jízdy R/Nex, Nex/Pn na následné mezidobí 3 min

- 2.b.i i. Čas T : průjezd R ...xkW
Čas $T+3\text{min}$: rozjezd Nexy kW v délcenkm
Trolejové vedení musí umožnit přenos příkonu celkem $(x+y)$ kW v jedné stopě.
- 2.b.ii ii. Čas T : průjezd Nex ...xkW
Čas $T+3\text{min}$: rozjezd Nex/Pny kW v délcenkm
Trolejové vedení musí umožnit přenos příkonu celkem $(x+y)$ kW v jedné stopě.
- 2.b.iii iii. Čas T : průjezd R ...xkW
Čas $T+3\text{min}$: rozjezd Nexy kW v délcenkm
Čas $T+4\text{min}$: rozjezd druhého Nexz kW v délcenkm
Trolejové vedení musí umožnit přenos příkonu celkem $(x+y+z)$ kW v jedné stopě.

2.c c) žst. s osobní dopravou

Následné jízdy Nex, Os na následné mezidobí 3 min

- Čas T : průjezd NexxkW
Čas $T+3\text{min}$: rozjezd Osy kW v délcenkm
Trolejové vedení musí umožnit přenos příkonu celkem $(x+y)$ kW v jedné stopě.

Výsledná tabulka:

Trať	Kategorie pro trať	Trasy v období 20 min	Následné mezidobí	Kategorie pro stanice		
		stav GVD 2015 (uvažováno nejvyšší zatížení) - v případě svazku 2 Nex vlaků mezi vlaky os.dopravy využívat nejkratší následné mezidobí	Požadované nejkratší následné mezidobí mezi 2 rozjezdy nebo průjezdy vlaků (rozjezd vlaku po projíždějším vlaku bude na kratší období, a sice po uvolnění vzdalovacího úseku)	železniční stanice	Možné následné jízdy / u jednokolejných tratí současné rozjezdy opačným směrem	kategorie
Choceň - Česká Třebová	B.1	R-Nex-Nex-R / R-Nex-Os-R	2 min	všechny stanice a odb.	Rpr+Nroz+Nroz	A.2.b.iii
Přerov - Hranice na Moravě	B.1	Nex-Nex-Os-R	2 min	Přerov, Hranice na Moravě	Rroz+Nroz+Nroz	A.2.a.ii
Hranice na Moravě - Ostrava Svinov	B.1	R-Nex-Nex-R	2 min	Hranice na Moravě, Ostrava Svinov	Rroz+Nroz+Nroz	A.2.a.ii
Ostrava Svinov - Bohumín	B.1	Os-R-Nex-Nex	2-3 min	Ostrava hl.n., Bohumín	Rroz+Nroz+Nroz	A.2.a.ii
Lysá nad Labem - Kolín	B.1	R-Nex-Nex-Os	2 min	Lysá n.L., Nymburk hl.n., Kolín	Rroz+Nroz+Nroz	A.2.a.ii
Kolín - Choceň	B.1 (výhledově B.3)	R-Nex-Nex-R / R-Nex-Os-R	2-3 min	Kolín, Pardubice	Rroz+Nroz+Nroz	A.2.a.ii
Ústí nad Labem Střekov - Lysá nad Labem	B.2	Os-Nex-Nex-R	3 min	Lysá n.L., Mělník, Ústí n.L. Střekov	Rroz+Nroz+Nroz / Npr+Nroz	A.2.a.ii / A.2.b.ii
Praha - Kolín	B.3	R-Os-Nex-R-R	2 min	Kolín	Rroz+Nroz+Oroz	A.2.a.iii
Česká Třebová - Zábřeh na Moravě	B.3	R-Nex-R-R	3 min	Zábřeh na Moravě	Rroz+Nroz	A.2.a.i
Zábřeh na Moravě - Olomouc	B.3	R-R-Nex-Nex / R-R-Os-Nex	2-3 min	Zábřeh na Moravě	Rroz+Nroz	A.2.a.i
Olomouc - Přerov	B.1	Os-Nex-Nex-R-R	2 min	Olomouc	Rroz+Nroz+Oroz	A.2.a.iii
Bohumín - Dětmarovice	B.3	R-Nex-Nex-Os	3-5 min	Bohumín, Český Těšín	Rroz+Nroz	A.2.a.i
Dětmarovice - Český Těšín	B.4	Nex-Os	3-5 min	Český Těšín	Rroz+Nroz	A.2.a.i
Český Těšín - Mosty u Jablunkova st.hr.	B.3	Os-R-Nex	3-5 min	Český Těšín	Rroz+Nroz / Npr+Nroz	A.2.a.i / A.2.b.ii
Ostrava Svinov - Opava východ	B.3	bez svazkování		všechny stanice	Oroz+Oroz	A.1.b
Přerov - Nedakonice	B.3	Nex-Nex-Nex-Os / Os-Nex-Nex-R	2-3 min	Přerov, Otrokovice	Rroz+Nroz	A.2.a.i
Praha - Lysá nad Labem	B.3	Os-Nex-Os-R	2 min	Lysá n.L.	Rroz+Nroz+Oroz	A.2.a.iii
Kralupy nad Vltavou - Praha	B.3	Nex-R-Os-Nex	2 min	Kralupy nad Vltavou	Rroz+Nroz+Oroz	A.2.a.iii
Praha - Beroun	B.3	R-Os-Nex-Os	2 min	Beroun	Rroz+Nroz+Oroz	A.2.a.iii
Ostrava Svinov - Havířov - Český Těšín	B.4	Os-Nex-Nex	3-5 min	Ostrava Kunčice	Nroz	
Hranice na Moravě - Horní Lideč st.hr.	B.4	R-Nex	3-5 min	Hranice na Mor., Val. Meziříčí, Hor. Lideč	Rroz+Nroz	A.2.a.i
Zábřeh na Moravě - Šumperk	B.4	R-R	5 min	všechny stanice	Oroz+Oroz	A.1.b
Česká Třebová - Svitavy	B.4	R-Os-Nex	3 min	odb. Zádulka	Rpr+Nroz	A.2.b.i
Ústí nad Orlicí - Lichkov st.hr.	B.4	bez svazkování		všechny stanice	Oroz+Oroz / Npr+Nroz	A.1.b + A.1.a
Pardubice hl.n. - Hradec Králové	B.4	bez svazkování		všechny stanice	Oroz+Oroz	A.1.b
Hradec Králové - Jaroměř	B.4	R-Os	5 min	všechny stanice	Oroz+Oroz	A.1.b
Hradec Králové - Choceň	B.2	výhledový provoz Nex-Nex-R	3 min	Hradec Králové, Týniště nad Orlicí	Rroz+Nroz	A.2.a.i
Kolín - Kutná Hora hl.n.	B.4	Os-R-Nex	3-5 min	Kolín, Kutná Hora	Nroz	
Poříčany - Nymburk hl.n.	B.4	bez svazkování		všechny stanice	Oroz+Oroz	A.1.b
Děčín východ - Ústí nad Labem Střekov	B.4	Nex-Nex	5 min	Děčín vých.	Nroz	
Děčín hl.n. - Ústí nad Labem hl.n.	B.4	R-Nex-Os	2-3 min	Děčín hl.n.	Rroz+Nroz+Oroz	A.2.a.iii
Ústí nad Labem hl.n. - Kralupy nad Vltavou	B.4	Os-Nex-Nex-R	2-3 min	Ústí n.L. jih, Lovosice jih, Hněvice	Npr+Nroz	A.2.b.ii
Praha - Benešov	B.4	Os-Nex-Os / R-Os-Os	3-5 min	Praha Uhřetěves	Rroz+Nroz+Oroz	A.2.a.iii
Kadaň Pruněřov - Blšina	B.4	N-Os-N	3-5 min			
Blšina - Teplice - Ústí nad Labem západ	B.4	N-Os	3-5 min			
Blšina - Úpořiny - Ústí nad Labem západ	B.4	N-N	5 min			
Most - Žatec - Březno u Chomutova	B.4	N-N				
Velký Osek - Hradec Králové	B.2	výhledový provoz Nex-Nex-R	3 min	Hradec Králové	Rroz+Nroz+Oroz	A.2.a.iii

5. Vstupní podklady a parametry

Pro stanovení odporu celého trakčního obvodu se vycházelo z metodiky předpisu SR 34(E) platného od roku 1979. Výsledné hodnoty byly ale upraveny dle současného stavu viz níže.

5.1. Kolejnice

Jelikož se od doby vydání SR 34(E) změnil postup výroby i materiálové složení kolejnic, bylo objednáno u TÚDC měření skutečného elektrického odporu kolejnice. Z výsledků vyplývá, že současné kolejnice mají podstatně větší odpor, než jak je uvedeno v předpisu SR 34(E). V energetických výpočtech se proto počítá se skutečně naměřenými hodnotami odporu kolejnice:

Specifický odpor oceli kolejnice dle měření TÚDC:

Kolejnice S49 $0,246 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$

Kolejnice UIC 60 $0,246 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$

Předpoklady pro výpočet výsledného odporu kolejnice:

Teplota okolí: 40°C

Oteplení kolejnice: 20°C

Opotřebení kolejnice: 2%

Výsledný odpor bezstykové koleje:

2 kolejnice S49 $0,0240 \Omega/\text{km}$

2 kolejnice UIC 60

0,0196 Ω/km

Předpokládaný odpor koleje s izolovanými kolejovými styky překlenutými stykovou tlumivkou 1 000 A (připojení: 4 ocelová lana 169 mm², délka 2,5 m, dvě měděné vložky, 1 styk na 1 000 m):

2 kolejnice S49 0,0252 Ω/km

2 kolejnice UIC 60 0,0208 Ω/km

Pro tratě TEN-T bylo uvažováno s kolejnicemi UIC 60 (0,0208 Ω/km), pro ostatní tratě bylo uvažováno s kolejnicemi S49 (0,0252 Ω/km).

5.2. Trolejové vedení

Odpor trolejového vedení pro výpočet úbytků napětí byl stanoven na základě předpokladů, které vychází z dostupné odborné literatury (např.: Prof. Ing. František Jansa, DrSc. – Prof. Ing. Štěpán Peleňský, 1976. *NAPÁJENÍ ELEKTRICKÝCH DRAH III.* nebo Ing. Jiří Svoboda, 1979. *Trakční vedení.*).

Hodnoty, na které je trakční vedení navrhováno:

Teplota okolí 40 °C

Oteplení trakčního vedení: 60 °C

Opotřebením trolejového drátu: 20 %

Výsledný odpor trolejového vedení:

trolej	nosné lano	zesilovací lano	celkový průřez	rel. odpor
150 Cu + 120 Cu	-		240 mm ²	0,099 Ω/km
150 Cu + 120 Cu		1 x 120Cu	360 mm ²	0,066 Ω/km
150 Cu + 120 Cu		2 x 120Cu	480 mm ²	0,050 Ω/km

6. Posouzení stávajícího stavu a navržené úpravy

Při posuzování stávajícího stavu byly zpracovány podrobné en. výpočty na vybraném úseku, ze kterých se potom vycházelo při posuzování také ostatních tratí. Zároveň byla pro každou napájecí stanici graficky zpracována stávající přenosová schopnost trakčního vedení viz bod 8.7 *Energetické výpočty metodou středních úbytků napětí*, kde je u každé napájecí stanice graficky znázorněno, jaký výkon je trakční vedení schopno přenést v závislosti na délce napájení.

6.1. Posouzení napájecího úseku

V rámci energetických výpočtů se kontrolovalo, zda napájecí úsek vyhovuje z hlediska:

6.1.1. Dovolený úbytek napětí v trolejovém vedení

Jak už bylo napsáno výše, pro celostátní tratě bylo uvažováno minimální dovolené napětí na pantografu vlaku 2,7kV při normálním stavu napájení. To znamená, že jsou v provozu všechny měnírny, na trati není žádná výluka a dopravní zatížení je dle jízdního řádu. Pro regionální tratě bylo uvažováno s větším poklesem napětí až na 2kV, pokud to ale neovlivní navržený jízdní řád z důvodu automatické regulace výkonu vlaku.

Mimořádné stavy napájení nebyly v rámci této studie řešeny.

Pokud posuzovaný napájecí úsek nevyhoví ani s dvěma zesilovacími lany, tak je navrženo ve variantě bez projektu vložit další napájecí stanici. S více jak dvěma zesilovacími lany nebylo počítáno, protože by to zřejmě vyvolalo nutnost rekonstrukce trakčního vedení v celém úseku.

Navíc při použití více jak dvou zesilovacích lan teče trakční proud převážně zesilovacím vedením a dochází tak velkému nárazovému proudovému zatížení v místech propojení troleje se zesilovacím vedením. Muselo by se pak také zřejmě přidávat i zpětné vedení, aby se posílila i zpětná cesta.

6.1.2. Dovolené dotykové napětí

Maximální dovolená dotyková napětí v DC trakčních soustavách jsou uvedena v ČSN EN 50 122-1 ed.2. Hlavní příčinou vzniku dotykového napětí při provozním stavu (mimořádné provozní stavy jako např. výluka TNS z důvodu údržby nebyly v těchto energ. výpočtech uvažovány) je potenciál kolejnice vůči vzdálené zemi. Pro běžný provoz je dovolené maximální dotykové napětí 120V. Do 5 min. je pak povoleno max. dotykové napětí 150V.

Bylo spočítáno několik vzorových případů za těchto předpokladů:

- Dotykové napětí bylo počítáno jako úbytek napětí v koleji za předpokladu, že jsou všechny napájecí stanice v provozu. Max. dotykové napětí musí být dle normy splněno i při poruchovém stavu, proto se v rámci těchto energ. výpočtů uvažuje, že je na uzemněném stožáru před měnírnou průrazka ve vodivém stavu a kolej je tak v blízkosti trakční měnirny uzemněna. Úbytek napětí na kolejnici se tak rovná dotykovému napětí vůči vzdálené zemi.
- Maximální provozní proud, který způsobí úbytek napětí v koleji, byl rozlišen na max. proud, který se může v koleji objevit do 5 minut (rozjezdy vlaků) a proud způsobený ustálenou jízdou s délkou trvání nad 5 minut.
- Na tratích, kde se počítá s nákladní dopravou, bylo uvažováno s maximálním proudem od rozjezdu jednoho vlaku s výkonem 6MW v jedné koleji a k tomu byla připočtena ustálená jízda jednoho vlaku s výkonem 1MW plus ztráty v trakčním vedení o sestavě 150Cu trolej + 120Cu nosné lano + 2x120Cu zesilovací vedení. Kolejnice byla v tomto případě uvažována UIC 60.
- Na ostatních tratích, kde není počítáno s nákladní dopravou, bylo uvažováno s maximálním proudem od rozjezdu jednoho vlaku s výkonem 4MW v jedné koleji a k tomu byla připočtena ustálená jízda jednoho vlaku s výkonem 0,5MW + ztráty v trakčním vedení o sestavě 150Cu trolej + 120Cu nosné lano + 2x120Cu zesilovací vedení. Kolejnice byla v tomto případě uvažována S49.
- Bylo uvažováno, že zpětný proud se vrací pouze jednou kolejí a to i na dvoukolejných tratích. To je z toho důvodu, že mezikolejová propojení se kvůli kolejovým obvodům instalují se stanovenou minimální vzdáleností a také proto, že uvažované dopravní zatížení se může objevit stejné v obou kolejích v jeden okamžik.

Se svodovou vodivostí koleje vůči zemi nebylo ve výpočtu uvažováno, protože ji obecně nelze stanovit stejnou pro všechny tratě a její vliv na výsledek je minimální. Při uvažování maximální svodové vodivosti 0,5 S/km pro otevřené kolejové lože by byl výsledek výpočtu dotykového napětí menší o cca 5%, mnohem větší podíl na výsledku výpočtu má spíše uvažované dopravní zatížení nebo sklon trati.

Opatření na snížení rizika z dotykových napětí řeší také norma ČSN EN 50 122-1 ed.2 v článku 9.3.2.4, kde jsou uvedeny tyto opatření:

- Zkrácení délky napájecího úseku
- zvýšení vodivosti zpětného obvodu
- izolace stanoviště

- zkrácení vypínacího času potřebného pro přerušení zkratového proudu
- zařízení omezující napětí

Zkrácením vypínacího času se dají vyřešit poruchové stavy, nikoliv však provozní. Izolace stanoviště lze použít v ojedinělých případech, ale nelze tuto metodu aplikovat všude. Se zvýšením vodivosti zpětného obvodu pomocí například zpětného lana se na stejnosměrné soustavě nepočítá, protože zpětné lano by muselo mít velké průřezy. Tím by toto opatření bylo drahé a kvůli možným krádežím značně nespolehlivé.

Instalací zařízení omezující napětí kolejnice vůči vzdálené zemi by v praxi znamenalo po určitých úsecích uzemňovat kolej, s čímž se v izolované soustavě IT nepočítá a je to i proti smyslu normy ČSN EN 50 122-2 ed. 2, která řeší opatření proti účinkům bludných proudů.

Zbývá tedy možnost zkrácení délky napájecího úseku. Proto jsou ve variantě bez projektu navrženy nové trakční měnírny s ohledem právě i na dotykové napětí vůči vzdálené zemi.

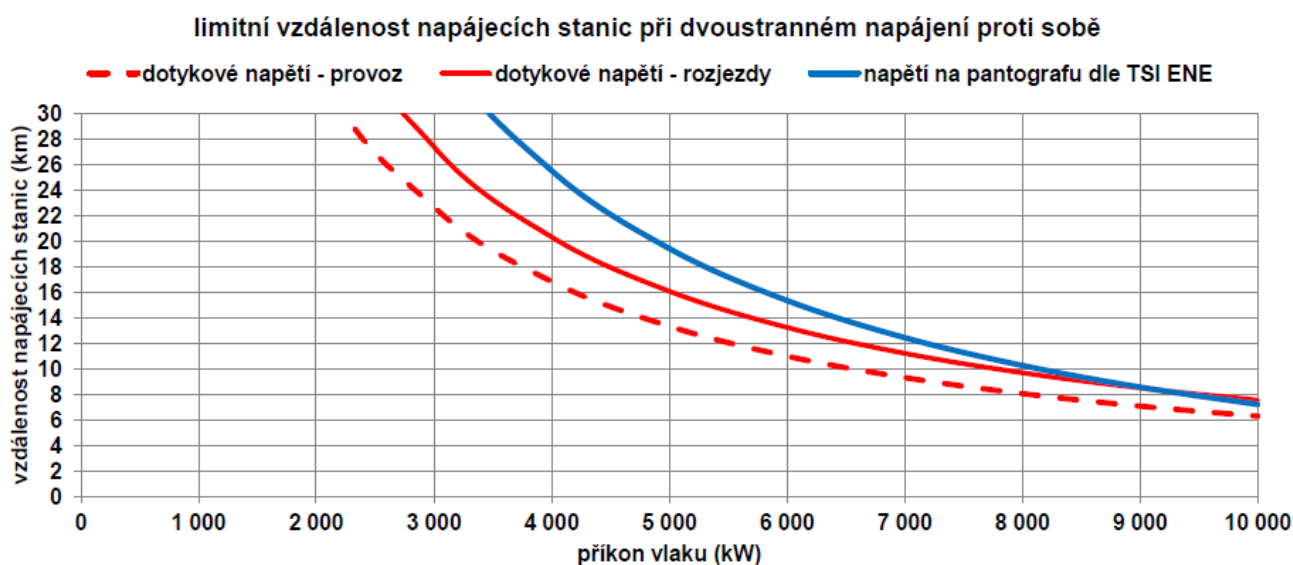
6.1.3. Dovolené oteplení trakčního vedení

Při výpočtu dovoleného proudového zatížení sestavy TV (I_p) s ohledem na jeho max. možné oteplení se vycházelo z předpisu SR 34(E). Hodnoty jsou jen mírně upraveny pro měděná lana zesilovacího vedení o průřezu 120mm^2 oproti lanům 240AlFe, která jsou uvedena v předpise:

trolej	nosné lano	zesilovací lano	celkový průřez	I _p
150 Cu + 120 Cu		-	240 mm ²	1400 A
150 Cu + 120 Cu		1 x 120Cu	360 mm ²	2048 A
150 Cu + 120 Cu		2 x 120Cu	480 mm ²	2870 A

6.1.4. Zhodnocení

Na základě podrobných energetických výpočtů na vybraných úsecích i na základě obecnějších teoretických výpočtů vychází jednoznačně, že nejvíce omezujícím prvkem je maximální dovolené dotykové napětí. V grafu níže je vidět porovnání maximální vzdálenosti napájecích stanic s ohledem na max. dotykové napětí při rozjezdu, jízdě nebo s ohledem na úbytek napětí v troleji. Graf ukazuje limitní vzdálenost v závislosti na příkonu jednoho vlaku:



S přihlédnutím k tomu, že max. provozní příkon vlaku v jedné koleji trvající déle jak 5 minut se

může pohybovat převážně mezi 1 a 5MW, ale maximální příkon v jedné koleji, způsobený rozjezdem může být až 7MW (záleží na velikosti ztrát v TV) při rozjezdu jednoho vlaku nebo až 14MW při současném rozjezdu dvou vlaků, je zjevné, že **limit pro splnění maximálního dotykového napětí 150V v čase do 5 minut je nejvíc omezujícím prvkem stejnosměrně napájené trakční soustavy.**

Z výpočtů provedených podle metodiky uvedené v bodě 6.1.2 vyplývá, že maximální vzdálenost měníren na tratích, kde se počítá s nákladní dopravou, je 10km. Na ostatních tratích je maximální možná vzdálenost měníren 12,5km. Na základě těchto hodnot byly posouzeny všechny stejnosměrně napájené úseky v ČR, i když reálně může být někde tato vzdálenost i menší kvůli většímu stoupání či vyššímu provozu (podrobnější posouzení jednotlivých tratí by mělo být řešeno v přípravných dokumentacích či studiích jednotlivých staveb).

Celkově na dotykové napětí v současné době podle této metodiky **nevyhovuje ani jeden stejnosměrně napájený úsek v ČR.** V navržených úpravách se tedy vkládá do každého meziměničenského úseku minimálně jedna nová trakční měnírna, někde i dvě.

V některých případech se jeví jako výhodnější místo vkládání druhé měnírny spíše mírně upravit jízdní řád. To by se muselo samozřejmě ještě potom prověřit podrobnějším výpočtem, ale zde je seznam tratí, kde se jako další opatření pro snížení dotykového napětí předpokládá také omezení dopravy:

- Ostrava – Opava
- Choceň – Hradec Králové - Káranice
- Pardubice – Hradec Králové
- Ústí n. L. – Oldřichov u Duch. – Most
- Žatec – Březno u Ch.

Nové trakční měnírny jsou navrženy v ideálním místě uprostřed meziměničenského úseku. Rizikem tohoto řešení je, že pokud by se nepodařilo najít pro novou měírnu v daném místě vhodný pozemek s možností připojení na distribuční síť s dostatečným výkonem, musel by se zřejmě natáhnout nový 22kV kabel z nejbližší stávající měírny nebo by se musely místo jedné měírny postavit dvě v jiných místech.

Nově vložené měírny jsou uvedené v části 6.3 Silnoproudá technologie.

6.2. Výkony napájecích stanic

Posouzení, zda současné dimenzování napájecích stanic vyhoví i pro budoucí dopravu bylo provedeno za těchto předpokladů:

- Všechny stávající transformátory 110/22kV a usměrňovací soustrojí splňují minimálně třídu přetížitelnosti V
- Pro zajištění spolehlivého provozu je nutné počítat s vnitřní redundancí n-1 v každé stávající napájecí stanici. Je proto potřeba, aby každá stávající měírna byla schopna za běžného stavu, kdy jedou všechny okolní měírny, přenést výkon způsobený pravidelnou dopravní špičkou bez jednoho usměrňovacího soustrojí a případně bez jednoho transformátoru 100/22kV.

Při výpočtu potřebného výkonu v napájecí stanici se postupovalo tak, že se spočítal teoretický maximální minutový výkon $P_{1min.}$, který by měla při uvažování přetížitelnosti třídy V stávající napájecí stanice přenést.

Ve výpočtu max. výkonu napájecí stanice bylo uvažováno s tím, že může být v každém směru 1 svazek vlaků. Byl spočítán výkon vlaku ustálenou jízdou při jízdě bez stoupání:

$$R = 1,6\text{MW} \quad NEx = 2\text{MW} \quad Os = 1\text{MW}$$

a předpokládá se, že součet výkonů stejného svazku vlaků jedoucích opačným směrem bude vždy stejný bez ohledu na sklon trati v napájecím úseku, protože rozdíl výkonu, který navíc potřebuje vlak jedoucí do stoupání nahoru je stejný jako rozdíl výkonu, o který méně potřebuje vlak jedoucí dolů. Toto platí pro sklony do cca 4‰. Na vyšších sklonech, kde je energie mařena spádovým brzděním nikoliv. To bude potřeba vzít v úvahu při zpracování podrobnějších energetických výpočtů v rámci jednotlivých přípravných dokumentací či studií.

Navíc byly do výpočtu $P_{\text{min.}}$ připočítány případné rozjezdy vlaků typu NEx či R dle tabulky *Stanovení kapacity napájecí soustavy*.

Pro kontrolu výsledků výpočtů uvedených výše byl pro napájecí stanice patřící pod OŘ Ústí nad Labem, Praha a Hradec Králové spočítán i střední výkon v hodinové špičce a z něj byly na základě měření SŽE odhadnuty i výkonové špičky.

Na základě výše uvedených předpokladů byly posouzeny jednotlivé stávající napájecí stanice a navrženy případné úpravy. Výsledné úpravy jsou uvedené v části 6.3 Silnoprůdová technologie.

6.3. Spotřeba elektrické energie

V rámci zpracování studie nám byly ze strany SŽDC předány naměřené hodnoty roční spotřeby elektrické energie za roky 2012-2015 včetně rezervovaných příkonů (za čtvrt hodinu) a naměřených čtvrt hodinových maxim. Zároveň byly v rámci studie zpracovány předpokládané nárůsty dopravních výkonů pro jednotlivé tratě ve vlkm/den viz část. dopravní technologie. S nárůstem střední hmotnosti se nepočítá.

V části 3.7 Porovnání 3kV DC a 25kV AC byly spočítány průměrné ztráty v trakčním vedení ve střídavé a stejnosměrné trakci. Na základě tohoto výpočtu bylo počítáno s tím, že podíl ztrát ve vedení ve stávající stejnosměrné trakci je 22%. Podíl rekuperace na současném odebíraném výkonu nebyl uvažován vzhledem k malé přenosové schopnosti stejnosměrné soustavy a k tomu, že na některých tratích není v ČR ani povolena.

Stejným principem byly určeny i průměrné ztráty pro rok 2050, kdyby se zachovalo stejnosměrné napájení a došlo tak ke zkrácení průměrné vzdálenosti mezi napájecími stanicemi (s rekuperací se zde opět nepočítá).

Na základě těchto podkladů byla spočítána předpokládaná spotřeba elektrické energie pro rok 2050 v případě zachování stejnosměrné napájecí soustavy.

Etapy	DC 2015			nárůst dopravy pro rok 2050 (%)	DC 2050		
	spotřeba energie (MWh)	průměrné ztráty (%)	rekuperační (%)		průměrné ztráty (%)	rekuperační (%)	spotřeba energie 2050 (MWh)
st.h. - Ostrava (mimo)	35 123	22	-	115	8	-	34 026
Ostrava - Hranice na Moravě (mimo)	95 980	22	-	117	8	-	94 397
Hranice na Moravě - Olomouc (mimo)	69 103	22	-	109	8	-	63 646
Olomouc - Česká Třebová (mimo)	69 304	22	-	106	8	-	61 885
Č. Třebová (Svitavy)- Pardubice (mimo)	74 201	22	-	106	8	-	66 257
Kolín (mimo) - Pardubice	35 376	22	-	105	8	-	31 291
Kutná Hora - Nymburk (mimo)	11 036	22	-	141	8	-	13 108
Žst Praha Libeň (mimo) - Kolín	64 626	22	-	96	8	-	52 263
Žst Praha Holešovice (mimo) - Kralupy	11 950	22	-	106	8	-	10 671
Ústí n L (mimo)- Kralupy (mimo)	42 600	22	-	109	8	-	39 116
Mělník - Ústí n L Střekov	38 825	22	-	114	8	-	37 285
Boletice (mimo)- st. hranice	10 491	22	-	44	8	-	3 889
Děčín-Ústí n.L	17 878	22	-	44	8	-	6 627
Hradec Králové(mimo) - Choceň(mimo)	2 638	22	-	193	8	-	4 289
Velký Osek (mimo)- Hradec Králové	13 563	22	-	187	8	-	21 366
Nymburk - Lysá n L. - Mělník(mimo)	40 754	22	-	144	8	-	49 437
st.h. - Hranice na Moravě (mimo)	22 068	22	-	137	8	-	25 468
Most(mimo) - Bílina -Oldřichov- Ústí n L(mimo)	34 046	22	-	106	8	-	30 401
Oldřichov (mimo) - Most (mimo)	5 490	22	-	100	8	-	4 625
Radotín - Smíchov(mimo)	19 805	22	-	154	8	-	25 693
Beroun - Radotín(mimo)	14 065	22	-	154	8	-	18 246
Benešov - Praha h.n.	77 346	22	-	142	8	-	92 522
Žst Praha Vysočany (mimo) - Lysá n.L. (mimo)	30 515	22	-	171	8	-	43 957
Ústí n.O.(mimo) - Lichkov	4 180	22	-	139	8	-	4 895
Most(mimo) - Obrnice - Žatec	1 273	22	-	116	8	-	1 244
Pardubice (mimo)-Hr. Kr.(mimo) - Jaroměř	3 440	22	-	172	8	-	4 984

7. Návrh jednotné trakční soustavy AC 25kV 50Hz

Při návrhu jednotné trakční soustavy AC 25kV 50Hz místo stávajícího stejnosměrného napájení DC 3kV bylo nutné vyřešit hned několik problémů. A to zejména:

- připojení v místě, kde není rozvodna nebo linka 110kV
- připojení v místě, kde je rozvodna nebo linka 110kV, ale má malý zkratový výkon
- problém s malou rezervou pro navýšení výkonu ve stávajících místech připojení
- zajištění účinné rekuperační, která je požadována v TSI ENE

Z výše uvedených důvodů je navržena jednotná trakční napájecí soustava AC 25kV 50Hz umožňující soufázové napájení bez neutrálních polí mezi jednotlivými napájecími stanicemi, díky čemuž bude účinně fungovat rekuperační i na delší vzdálenosti. Je navržena nová technologie, která umožní symetrický odběr ze tří fází nadřazené soustavy a zajistí výstupní napětí trakční napájecí stanice 27kV i při plném zatížení viz část 6.3 Silnoproudá technologie.

7.1. Posouzení napájeného úseku

V rámci energetických výpočtů je kontrolováno, zda napájecí úsek vyhovuje z hlediska:

7.1.1. Dovolенý úbytek napětí v trolejovém vedení

Dle normy ČSN EN 50 388 ed.2 je na celostátních tratích dovolené minimální napětí na pantografu vlaku 22kV při normálním stavu napájení. To znamená, že jsou v provozu všechny napájecí stanice, na trati není žádná výluka a dopravní zatížení je dle jízdního řádu.

Pro ostatní tratě bylo uvažováno s větším poklesem napětí až na 19kV, pokud to ale neovlivní navržený jízdní řád z důvodu automatické regulace výkonu vlaku.

Mimořádné stavy napájení nebyly v rámci této studie řešeny.

7.1.2. Dovolené dotykové napětí

Pro střídavé trakční proudové soustavy v běžném provozu je dovolené maximální dotykové napětí 60V. Do 5 min je pak povoleno max. dotykové napětí 65V. Platí zde obdobný princip jako ve stejnosměrné variantě, ale s tím rozdílem, že pokud dotykové napětí nevychází, tak se dá k jeho omezení využít zařízení omezující napětí. V praxi to znamená uzemňování koleje. To je v dnešní době s ohledem na použití kolejových obvodů problematické, ale realizovatelné.

Cílem by ovšem mělo být zřízení tzv. drážní země, kde by byly všechny neživé části trakčního vedení včetně kolejnic vzájemně propojeny a uzemněny. Toto řešení lze na rozdíl od stejnosměrného systému, kde se nedá použít kvůli bludným proudům, zavést a je z hlediska bezpečnosti nejspolehlivější. Jediným problémem jsou ale kolejové obvody, kde by se pro připojení drážní země ke kolejnici musely používat symetrizační či ukolejňovací tlumivky. To by ovšem odpadlo v případě zavedení systému ETCS a zrušením kolejových obvodů.

7.1.3. Dovolené oteplení trakčního vedení

Při výpočtu dovoleného proudového zatížení sestavy TV (I_p) s ohledem na jeho max. možné oteplení se vycházelo z předpisu SR 34(E):

trolej	nosné lano	I_p
100 Cu + 50 Bz		860 A

7.1.4. Zhodnocení

Ve variantě přechodu na jednotnou trakční napájecí soustavu AC 25kV 50Hz je navrženo, že se přebudují prakticky všechny dnešní trakční měniřny na trakční transformovny a to z toho důvodu, aby se ušetřilo za připojovací poplatky k veřejné distribuční síti, vyhnulo se problémům s projednáváním nových pozemků a ušetřilo se tím, že se některé stávající transformátory 110/22kV zachovají.

Z podrobných energetických výpočtů vyplývá, že při střední vzdálenosti mezi TNS 20 km a trvalém výstupním napětí 27kV není úbytek napětí v troleji či oteplení trakčního vedení omezujícím faktorem. Tento systém napájení má své limity až při nastavení nadproudových ochran pro případ zkratu, které musí mít dostatečně velký prostor nad špičkovým odebíraným proudem od vlaků. Tento fakt je velmi výhodný pro budoucí plánované elektrizace, které mohou být mnohem levnější, protože se bude moci využít stávajících napájecích zdrojů na hlavních železničních tazích. Příkladem může být zpracovávaná stavba posunu neutrálního pole z Nedakonic před Říkovice, díky čemuž se budou moci z nových TNS napájet i tratě do Luhačovic, Vizovic, Kroměříže či trať na Valašské Meziříčí.

Seznam měření, které se přebudují na střídavé napájecí stanice, je uveden v části 6.3 Silnoproudá technologie. Zrušeny budou tyto měniřny: Mosty u Jablunkova, Oldřichov, Opatov

7.2. **Dimenzování napájecích stanic**

Ve studii se počítá se zachováním (až na výjimky) stávajících napájecích bodů, díky čemuž se sníží

dotykové napětí, trakční odběr se rovnoměrněji rozdělí mezi jednotlivé TNS a nebude potřeba navyšovat rezervované příkony.

Dimenzování budoucích napájecích stanic bylo provedeno za těchto předpokladů:

- Transformátory v napájecí stanici budou splňovat minimálně třídu přetížitelnosti V.
- Vzhledem k tomu, že průměrná vzdálenost navrhovaných střídavých napájecích stanic je asi poloviční oproti současné průměrné vzdálenosti mezi střídavými TNS, není potřeba navrhovat všechny TNS s vnitřní redundancí n-1 pro napájení trakčního vedení, protože sousední napájecí stanice díky větší přenosové schopnosti trakčního vedení je schopna většinou plně pokrýt potřeby dopravy i ve špičce na rozdíl od systému stejnosměrného. Tím se i zmenší prostorové nároky nové technologie.
- Pro napájení ostatních netrakčních zařízení bude zajištěna vnitřní redundance n-1 viz. část 6.3 Silnoproudá technologie.

Výpočet P_{min} byl proveden obdobně jako při posouzení stejnosměrných napájecích stanic a to na základě zadaného svazku vlaků a požadavků na současné rozjezdy. Výsledky jsou uvedené v části 6.3 Silnoproudá technologie.

7.3. Spotřeba elektrické energie

Výpočet byl proveden obdobně jako u stejnosměrné varianty s tím, že bylo uvažováno s průměrnými ztrátami ve vedení 2% a při soufázovému napájení se počítá s tím, že díky účinné rekuperaci se sníží spotřeba energie o 6%.

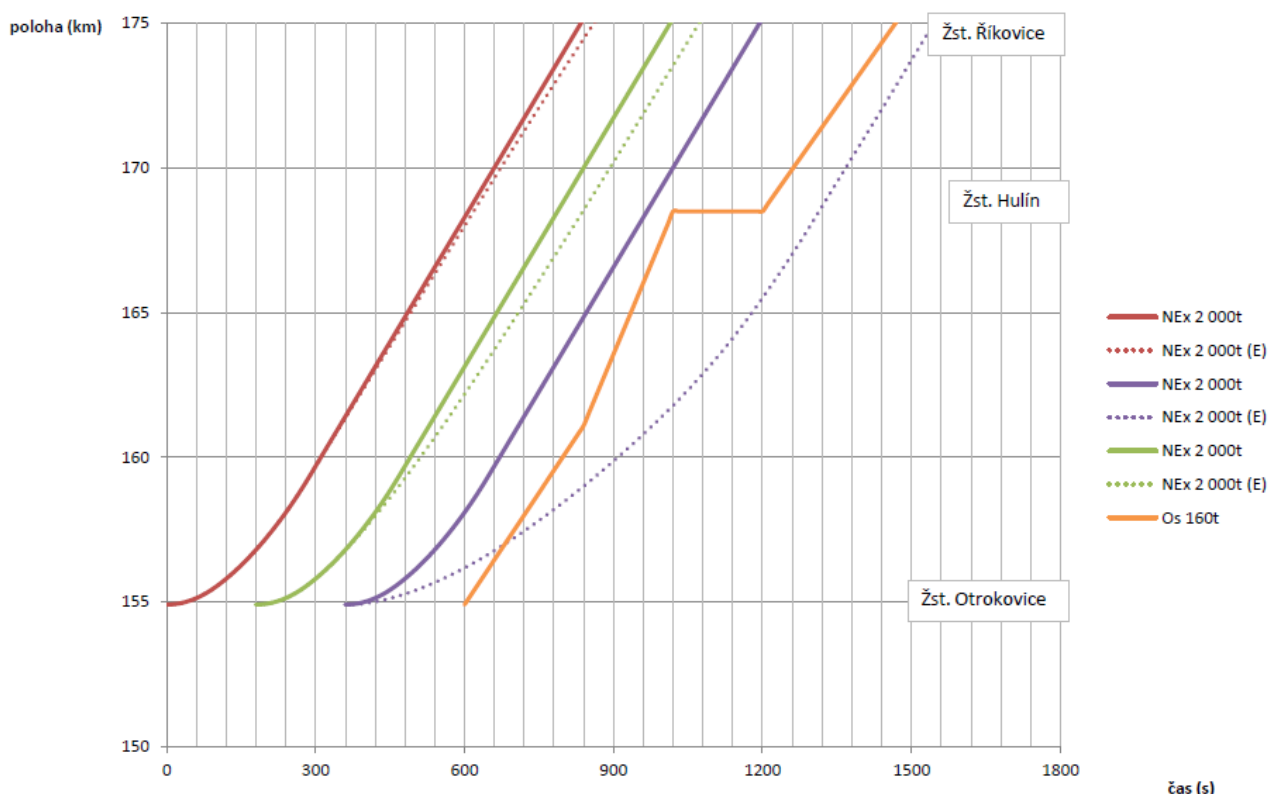
Na základě těchto podkladů byla spočítána předpokládaná spotřeba elektrické energie pro rok 2050 v případě, že by se přešlo na střídavou trakční soustavu.

Etapy	DC 2015			nárůst dopravy pro rok 2050 (%)	AC 2050		
	spotřeba energie (MWh)	průměrné ztráty (%)	rekuperační (%)		průměrné ztráty (%)	rekuperační (%)	spotřeba energie 2050 (MWh)
st.h. - Ostrava (mimo)	35 123	22	-	115	2	6	30 245
Ostrava - Hranice na Moravě (mimo)	95 980	22	-	117	2	6	83 908
Hranice na Moravě - Olomouc (mimo)	69 103	22	-	109	2	6	56 574
Olomouc - Česká Třebová (mimo)	69 304	22	-	106	2	6	55 009
Č. Třebová (Svitavy)- Pardubice (mimo)	74 201	22	-	106	2	6	58 895
Kolín (mimo) - Pardubice	35 376	22	-	105	2	6	27 814
Kutná Hora - Nymburk (mimo)	11 036	22	-	141	2	6	11 652
Žst Praha Libeň (mimo) - Kolín	64 626	22	-	96	2	6	46 456
Žst Praha Holešovice (mimo) - Kralupy	11 950	22	-	106	2	6	9 485
Ústí n L (mimo)- Kralupy (mimo)	42 600	22	-	109	2	6	34 770
Mělník - Ústí n L Střekov	38 825	22	-	114	2	6	33 142
Boletice (mimo)- st. hranice	10 491	22	-	44	2	6	3 456
Děčín-Ústí n.L	17 878	22	-	44	2	6	5 890
Hradec Králové(mimo) - Choceň(mimo)	2 638	22	-	193	2	6	3 812
Velký Osek (mimo)- Hradec Králové	13 563	22	-	187	2	6	18 992
Nymburk - Lysá n L. - Mělník(mimo)	40 754	22	-	144	2	6	43 944
st.h. - Hranice na Moravě (mimo)	22 068	22	-	137	2	6	22 639
Most(mimo) - Bílina -Oldřichov- Ústí n L(mimo)	34 046	22	-	106	2	6	27 023
Oldřichov (mimo) - Most (mimo)	5 490	22	-	100	2	6	4 111
Radotín - Smíchov(mimo)	19 805	22	-	154	2	6	22 838
Beroun - Radotín(mimo)	14 065	22	-	154	2	6	16 219
Benešov - Praha h.n.	77 346	22	-	142	2	6	82 242
Žst Praha Vysočany (mimo) - Lysá n.L. (mimo)	30 515	22	-	171	2	6	39 073
Ústí n.O.(mimo) - Lichkov	4 180	22	-	139	2	6	4 351
Most(mimo) - Obrnice - Žatec	1 273	22	-	116	2	6	1 106
Pardubice (mimo)-Hr. Kr.(mimo) - Jaroměř	3 440	22	-	172	2	6	4 430

8. Podrobnější posouzení vybraného traťového úseku

Pro podrobnější energetické výpočty byl vybrán úsek Otrokovice – Říkovice. Na základě tabulky Stanovení kapacity napájecí soustavy byl zpracován podrobný výpočet jízdní doby vlaku s ohledem na TSI ENE. Ve výpočtu bylo uvažováno s automatickou regulací výkonu na nákladním vlaku NEx. Osobní vlak byl uvažován bez regulace a jeho trasa byla převzata s aktuálně platného grafikonu. Graf níže ukazuje rozdíl mezi plánovanou trasou při napětí min. 2,7kV (plná čára) a vypočítanou trasou s ohledem na regulaci výkonu (tečkovaná čára).

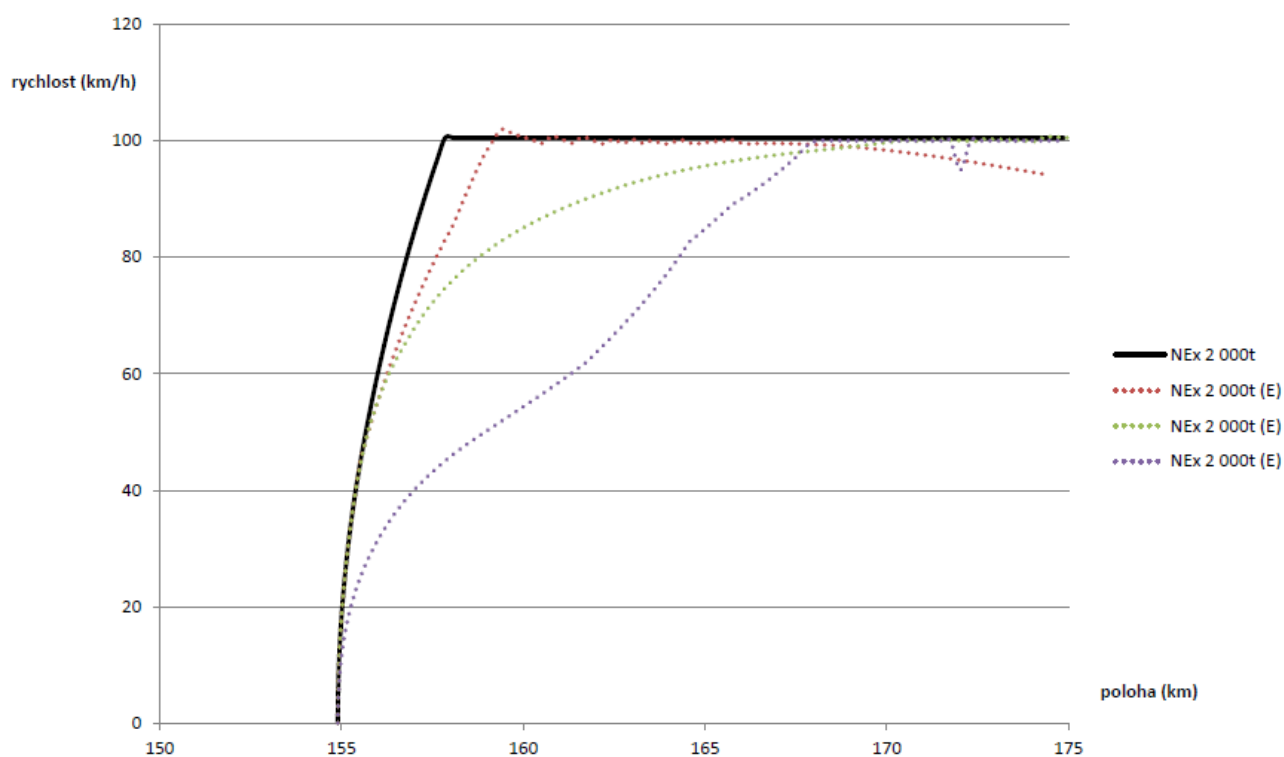
NEx 2000t s následným mezidobím 3 min.



Z výsledků vyplývá, že napájený úsek nevyhovuje požadavkům dopravy, protože třetí nákladní vlak ve svazku nemá dostatečný výkon na to, aby se mohl rychle rozjet. Osobní vlak se za ním zdrží a NEx bude muset v nejbližší železniční stanici zastavit a nechat Osobní vlak projet. Pokud by předjetí proběhlo naprosto ideálně, pak by měl třetí NEx v Říkovicích zpoždění cca 6 minut.

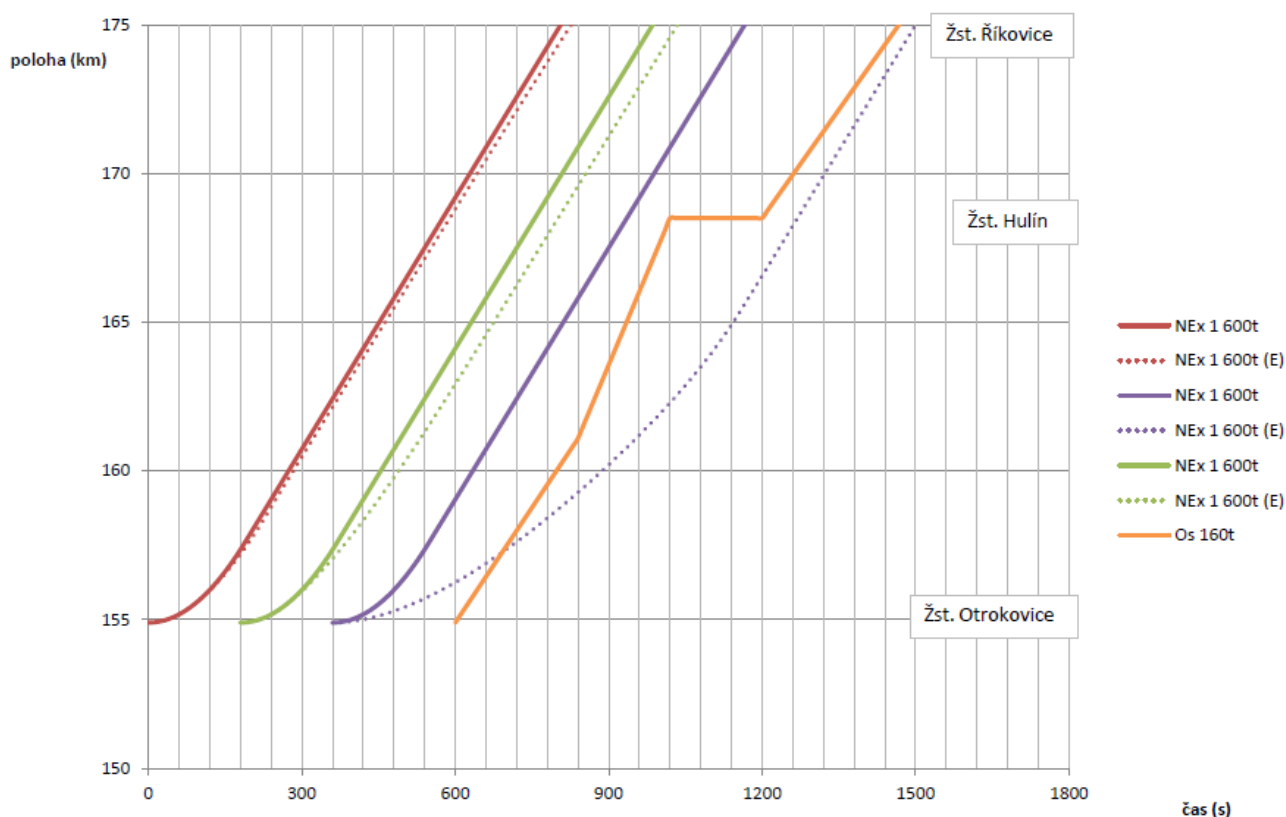
V dalším grafu je vidět srovnání rychlostí vlaků (tečkovaně) v daném kilometru s ideální rychlostí (plná čára) dle trakční charakteristiky vlaku při napětí v troleji minimálně 2,7kV, se kterou se nyní počítá při tvorbě grafikonu:

NEx 2000t srovnání rychlostí



Pokud stejnou metodou posoudíme svazek vlaků, kde budou mít vlaky typu NEx hmotnost 1600t, bude situace vypadat následovně:

NEx 1600t s následným mezidobím 3 min.



Ačkoliv vlaky dojedou celkově do cíle dříve, tak zpoždění zůstává prakticky stejné. To je způsobeno tím, že hlavní část zpoždění se vytvoří už na začátku úseku, když vlak nemůže pro rozjezd využít plný výkon.

Pokud by lokomotivy automatickou regulaci výkonu vlaku neměly, tak by došlo buď k zastavení jednoho vlaku při zareagování jeho podpěťové ochrany, a nebo by došlo k zastavení všech vlaků v úseku, protože by zareagovala nadproudová ochrana v napájecí stanici.

K výsledkům je potřeba ještě zmínit, že napájecí úsek Otrokovice – Říkovice je sklonově příznivý vzhledem k ostatním tratím v ČR. Příznivě se zde i projevilo to, že nákladní vlaky se rozjíždí v blízkosti napájecí stanice v Otrokovicích. Lze předpokládat, že při horších sklonových poměrech nebo při rozjezdech dále od TNS bude osobní dopravu omezovat i rozjezd pouze dvou či jenom jednoho nákladního vlaku, což potvrzují grafy přiložené k jednotlivým napájecím stanicím i zkušenosti provozovatelů nákladní železniční dopravy.

9. Vysokorychlostní tratě (VRT)

S napájením vysokorychlostních tratí ze stávajících napájecích bodů se v rámci studie nepočítalo. Pokud by to bylo nutné, pak by bylo potřeba navýšit výkony některých napájecích stanic.

Celkově bude ale velký problém s provozem vysokorychlostních tratí, pokud se v ČR zachová stejnosměrně napájený systém. VRT se může napájet pouze střídavě, protože stejnosměrná soustava není schopna dodat potřebný výkon. Takže zaústění VRT do velkých uzlů, které jsou nyní napájeny stejnosměrně jako např. Ústí n. L., Praha, Ostrava, bude velmi problematické, ne-li nemožné bez omezení maximální rychlosti vlaku a tím prodloužení cestovní doby.

Druhým problémem je souběh VRT s konvenční stejnosměrně napájenou tratí, jak se ukázalo např.

v Ostravě, kde se kvůli VRT musely předělovat na střídavé i okolní tratě včetně částí 2. tranzitního koridoru.

Naopak při případném přechodu na střídavý systém v celé ČR by se mohly ušetřit nemalé náklady na napájecí stanice, protože by se mohly částečně využít i TNS, které napájí konvenční tratě.

10. Závěr

Z výsledků vyplívá, že stávající stejnosměrný systém nevyhovuje požadavkům TSI ENE a nebude schopný pokrýt potřeby budoucí dopravy bez vynaložení velkých nákladů. Zároveň bylo zjištěno, že **stávající stejnosměrný systém může být životu nebezpečný** kvůli možným výskytům nedovoleného dotykového napětí na kolejnici, což je způsobeno souhrnem změn uvedených již v úvodu. Je tedy zřejmé, že bez velkých investic neumožní napájení trakčního vedení bezpečný a plynulý provoz.

Do porovnání obou variant nebyla zahrnuta výstavba vysokorychlostních tratí, která by byla z hlediska napájení velmi problematická, pokud by se zachoval stejnosměrný systém. Neuvažovalo se ani s případnými dalšími doposud neschválenými elektrizacemi, které by se mohly výrazně zlevnit v případě přechodu na střídavý systém. To je potřeba vzít zároveň se srovnáním obou trakčních napájecích soustav v části 3.7 v úvahu, i kdyby ekonomické hodnocení nebylo pro přechod na střídavou napájecí soustavu příznivé.

11. Energetické výpočty metodou středních úbytků napětí

Obsah

Přehled TNS OŘ Ústí n. L., Praha a Hradec Králové

26

OŘ Ústí n. L.

Děčín	27
Těchlovice	28
Libochovany 1	29
Hoštka	30
Mělník	31
Libochovany 2	38
Roudnice n. L.	39
Chomutov	65
Most	66
Tvršice	67
Světec	68
Oldřichov	69
Koštov	70

OŘ Praha

Stará Boleslav	32
Nymburk	33
Vraňany	40
Roztoky	41
Balabenka	42
Čelákovice	43
Běchovice	44
Rostoklaty	45
Pečky	46
Chuchle	71
Karlštejn	72
Třešňovka	73
Strančice	74
Benešov	75

OŘ Hradec Králové

Dobšice	34
Káranice	35
Hradec Králové	36
Týniště n. O.	37
Kolín	47
Trnávka	48
Opočíněk	49
Moravany	50
Choceň	51

OŘ Olomouc

	Rudoltice	52
	Hoštejn	53
	Červenka	54
	Grygov	55
	Prosenice	56
	Hranice na Moravě	57
	Šumperk	76
	Říkovice	77
	Otrokovice	78
	Nedakonice	79
	Valašské Meziříčí	80
	Ústí u Vsetína	81
	Střelná	82

OŘ Ostrava

	Suchdol n. O.	58
	Studénka	59
	Ostrava Svinov	60
	Dětmárovice	61
	Český Těšín	62
	Jablůnkov	63
	Mosty u Jablunkova	64
	Albrechtice u Č. T. Mosty u Jablunkova	83
	Ostrava Kunčice (Vratimov)	84
	Opava	85

Legenda:

$P_{TR\ 110}$	Celkový jmenovitý výkon transformátorů 110/22 kV
$P_{usm.}$	Celkový výkon usměrňovačů trakční měnirny
$P_{stř.}$	Střední roční příkon za rok 2015
$P_{sjed\ 15min.}$	Sjednané čtvrt hodinové maximum příkonu
$P_{15min.}$	Maximální čtvrt hodinový příkon v letech 2012-2015
ΔU_1	Úbytek napětí na kolejnici při výkonu $P_{2,7kV}$
ΔU_2	Úbytek napětí na kolejnici při výkonu $P_{2,0kV}$
$P_{2,7kV}$	Maximální možný výkon uprostřed úseku při dodržení TSI -u stejnosměrné soustavy je to při minimálním napětí 2,7 kV na sběrači - ztráty ve vedení 23%
P_{Umin}	Maximální možný výkon uprostřed úseku při minimálním dovoleném napětí -u stejnosměrné soustavy je to při minimálním napětí 2,0 kV na sběrači - ztráty ve vedení 43%
P_{max}	Maximální výkon umožněný seřizením rychlovypínače
P_{TV}	Jmenovitý výkon, kterým lze zatížit trakční vedení (časová konstanta 5 min.)
styk. tr.	Jmenovitý výkon, kterým lze zatížit stykový transformátor - vychází z deklarovaného jmenovitého proudu 1000A - odhadovaná časová konstanta 1,8h
m_{Fe}	Odhad vyloučeného železa vlivem působení bludných proudů

Počty traťových kolejí, systémy trakčních proudových soustav a označení podle knižního jízdního řádu

počty traťových kolejí:

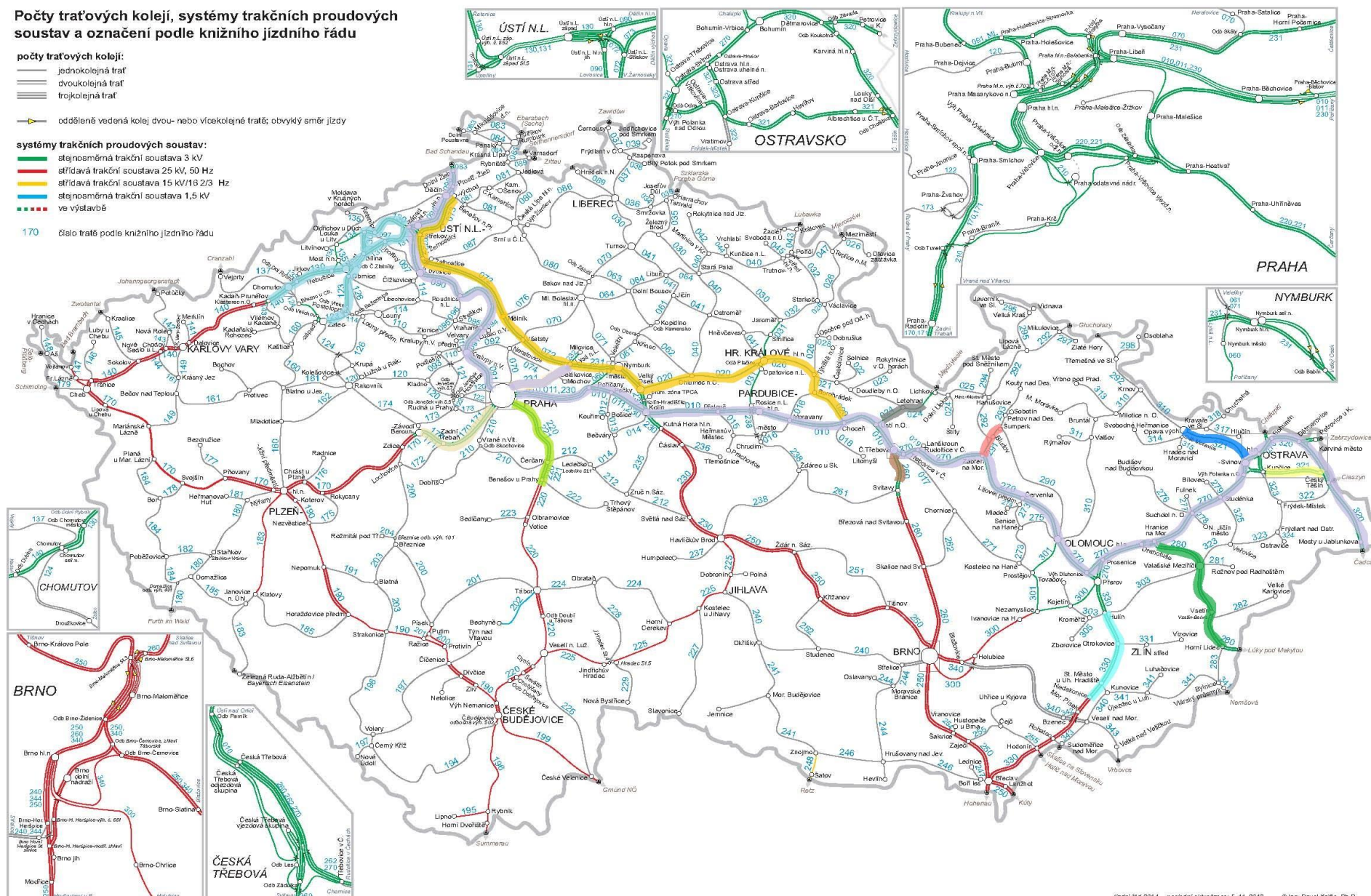
- jednokolejná trať
- == dvoukolejná trať
- === trojkolejná trať

— oddělené vedení kolejí dvou- nebo vícekolejných tratí; obvyklý směr jízdy

systémy trakčních proudových soustav:

- stejnosměrná trakční soustava 3 kV
- střídavá trakční soustava 25 kV, 50 Hz
- střídavá trakční soustava 15 kV/16 2/3 Hz
- stejnosměrná trakční soustava 1,5 kV
- ve výstavbě

170 číslo tratě podle knižního jízdního řádu



ENERGETICKÉ VÝPOČTY METODOU STŘEDNÍCH ÚBYTKŮ NAPĚTÍ

OBLAST OŘ ÚSTÍ NAD LABEM, OŘ PRAHA, OŘ HRADEC KRÁLOVÉ

SEZNAM NAPÁJECÍCH STANIC :

OŘ ÚSTÍ NAD LABEM

[Chomutov](#)
[Most](#)
[Tvršice](#)
[Světec](#)
[Oldřichov](#)
[Koštov](#)
[Děčín](#)
[Těchlovice](#)
[Libochovany \(1\)](#) [\(2\)](#)
[Hoštka](#)
[Mělník](#)
[Roudnice](#)

OŘ PRAHA

[Vraňany](#)
[Roztoky](#)
[Stará Boleslav](#)
[Čelákovice](#)
[Balabenka](#)
[Chuchle](#)
[Karlštejn](#)
[Třešňovka](#)
[Strančice](#)
[Benešov](#)
[Běchovice](#)
[Rostoklaty](#)
[Pečky](#)
[Nymburk](#)

OŘ HRADEC KRÁLOVÉ

[Kolín](#)
[Trnávka](#)
[Opočíněk](#)
[Moravany](#)
[Choceň](#)
[Rudoltice](#)
[Dobšice](#)
[Káranice](#)
[Hradec Králové](#)
[Týniště n. O.](#)

VSTUPNÍ PARAMETRY OPOTŘEBENÍ A TEPLoty:

teplota okolí trakčního vedení	40 °C
oteplení trakčního vedení	60 °C
opotrebení troleje	20 %
teplota okolí koleje	40 °C
oteplení koleje	10 °C
opotrebení koleje	2 %

VSTUPNÍ PARAMETRY NAPĚTÍ:

Napětí na prázdko	$U_{TM} = 3,5 \text{ kV}$
Napětí na výstupu při I_{jm}	$U_0 = 3,3 \text{ kV}$
Jmenovité napětí	$U_{jm} = 3,0 \text{ kV}$
Minimální napětí dle TSI ENE	$U_{2,7kV} = 2,7 \text{ kV}$
Minimální napětí dle ČSN	$U_{2,0kV} = 2,0 \text{ kV}$
Dovolený úbytek napětí dle TSI ENE	$\Delta U_{2,7kV} = 0,8 \text{ kV}$
Dovolený úbytek napětí dle ČSN	$\Delta U_{2,0kV} = 1,5 \text{ kV}$

PARAMETRY TRAKČNÍHO VEDENÍ:

trolej	nosné lano	zesilovací lano	celkový průřez	rel. odpor	max. proudové zatížení při oteplení 60 °C
150 Cu +	120 Cu	0 x 120Cu	240 mm ²	0,099 Ω/km	1400 A
150 Cu +	120 Cu	1 x 120Cu	360 mm ²	0,066 Ω/km	2048 A
150 Cu +	120 Cu	2 x 120Cu	480 mm ²	0,049 Ω/km	2870 A
relativní odpor zpětné cesty			15077 mm ²	0,0208 Ω/km	
relativní odpor koleje S49				0,0252 Ω/km	

Výstupní souhrnné informace:

Počet napájecích stanic	41
Instalovaný výkon 110kV	235 MVA
Instalovaný výkon 3kV	493 MW
Střední roční výkon	65 MW
Sjednané čtvrthodinové maximum	314 MW
Skutečné čtvrthodinové maximum	257 MW
Odhad vyloučeného železa	187 t/rok

ENERGETICKÉ VÝPOČTY METODOU STŘEDNÍCH ÚBYTKŮ NAPĚTÍ

OBLAST OŘ OLOMOUC A OŘ OSTRAVA

SEZNAM NAPÁJECÍCH STANIC :

OŘ OLOMOUC

[Hranice n. Mor.](#)
[Prosenice](#)
[Grygov](#)
[Červenka](#)
[Rudoltice](#)
[Hoštejn](#)
[Šumperk](#)
[Říkovice](#)
[Otrokovice](#)
[Nedakonice](#)
[Střelná](#)
[Ústí u Vs.](#)
[Valašské Meziříčí](#)

OŘ OSTRAVA

[Suchdol n. O.](#)
[Studénka](#)
[Ostrava Svinov](#)
[Vratimov](#)
[Dětmárovice](#)
[Český Těšín](#)
[Jablůnkov](#)
[Albrechtice u Č.T.](#)
[Opava](#)
[Mosty u Jablunkova](#)

VSTUPNÍ PARAMETRY OPOTŘEBENÍ A TEPLoty:

teplota okolí trakčního vedení	40 °C
oteplení trakčního vedení	60 °C
opotrebení troleje	20 %
teplota okolí koleje	40 °C
oteplení koleje	20 °C
opotrebení koleje	2 %

VSTUPNÍ PARAMETRY NAPĚTÍ:

Napětí na prázdko	$U_{TM} = 3,5 \text{ kV}$
Napětí na výstupu při I_{jm}	$U_0 = 3,3 \text{ kV}$
Jmenovité napětí	$U_{jm} = 3,0 \text{ kV}$
Minimální napětí dle TSI ENE	$U_{2,7kV} = 2,7 \text{ kV}$
Minimální napětí dle ČSN	$U_{2,0kV} = 2,0 \text{ kV}$
Dovolený úbytek napětí dle TSI ENE	$\Delta U_{2,7kV} = 0,8 \text{ kV}$
Dovolený úbytek napětí dle ČSN	$\Delta U_{2,0kV} = 1,5 \text{ kV}$

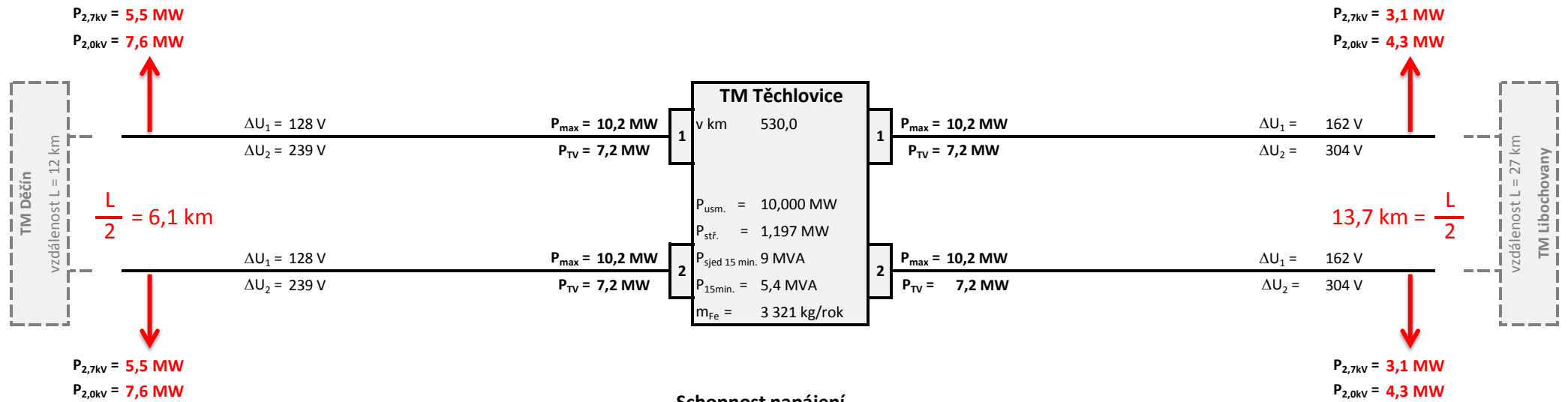
PARAMETRY TRAKČNÍHO VEDENÍ:

trolej	nosné lano	zesilovací lano	celkový průřez	rel. odpor	max. proudové zatížení při oteplení 60 °C
150 Cu +	120 Cu	0 x 120Cu	240 mm ²	0,099 Ω/km	1400 A
150 Cu +	120 Cu	1 x 120Cu	360 mm ²	0,066 Ω/km	2048 A
150 Cu +	120 Cu	2 x 120Cu	480 mm ²	0,049 Ω/km	2870 A
relativní odpor koleje UIC 60				0,0208 Ω/km	
relativní odpor koleje S49				0,0252 Ω/km	

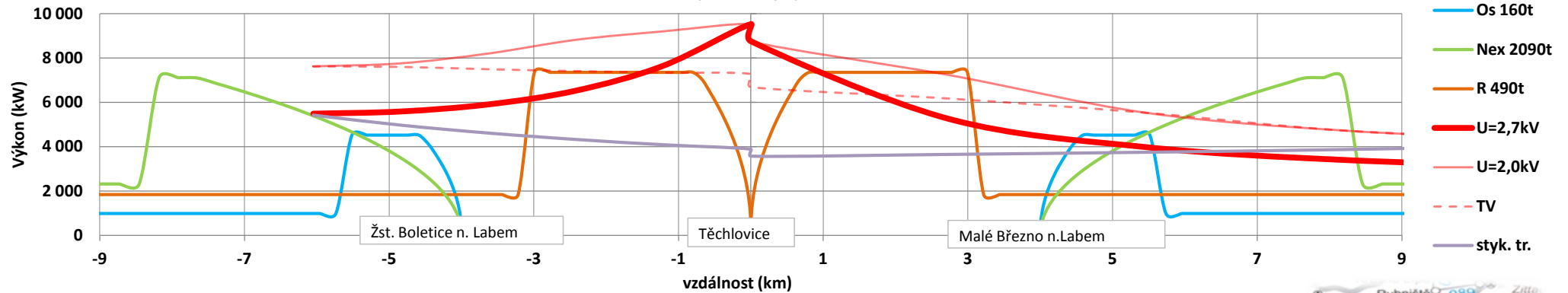
Výstupní souhrnné informace:

Počet napájecích stanic	23
Instalovaný výkon 110kV	391 MVA
Instalovaný výkon 3kV	343 MW
Střední roční výkon	41 MW
Sjednané čtvrt hodinové maximum	168 MVA
Skutečné čtvrt hodinové maximum	174 MVA
Odhad vyloučeného železa	102 t/rok

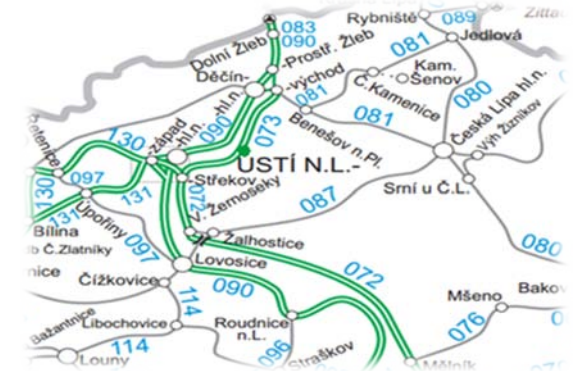
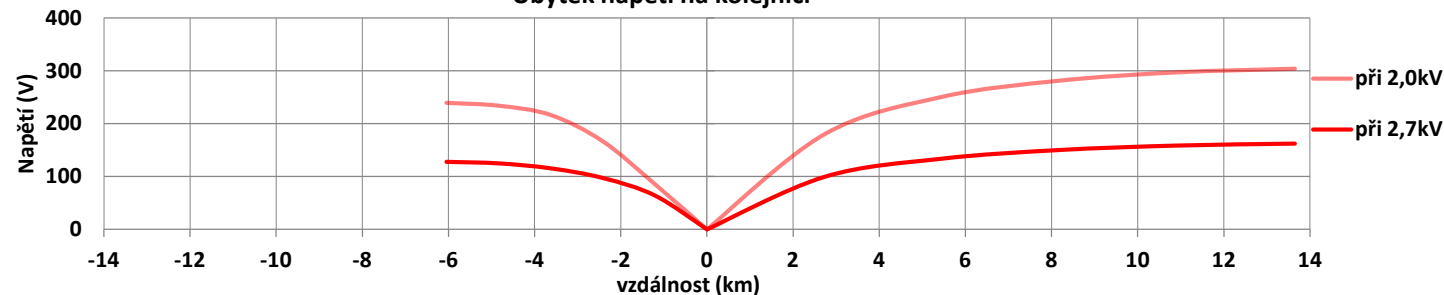
Trakční napájecí stanice Těchlovice 2015 - 3kV =



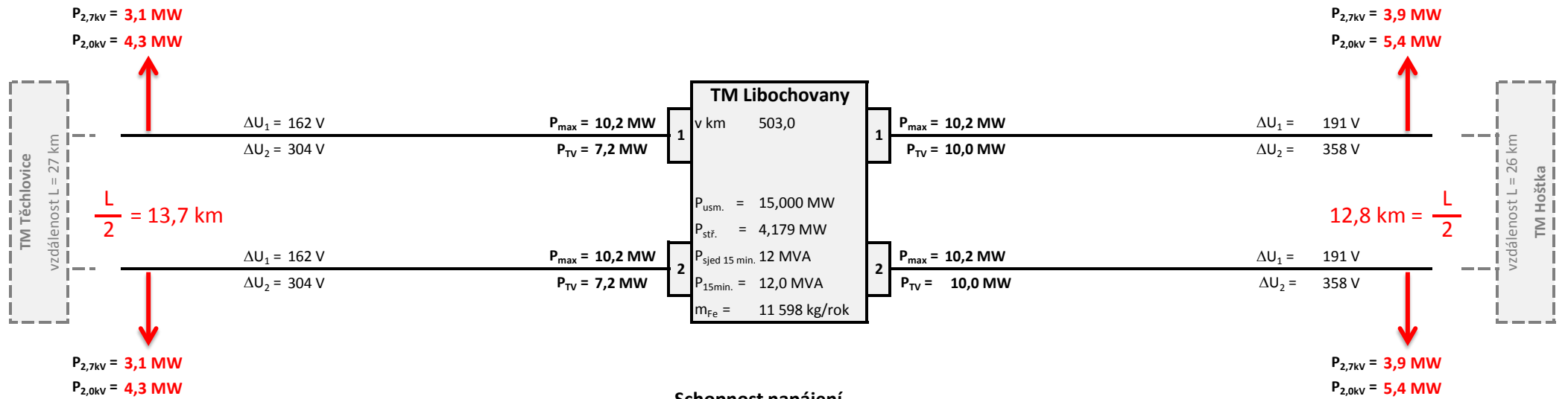
Schopnost napájení



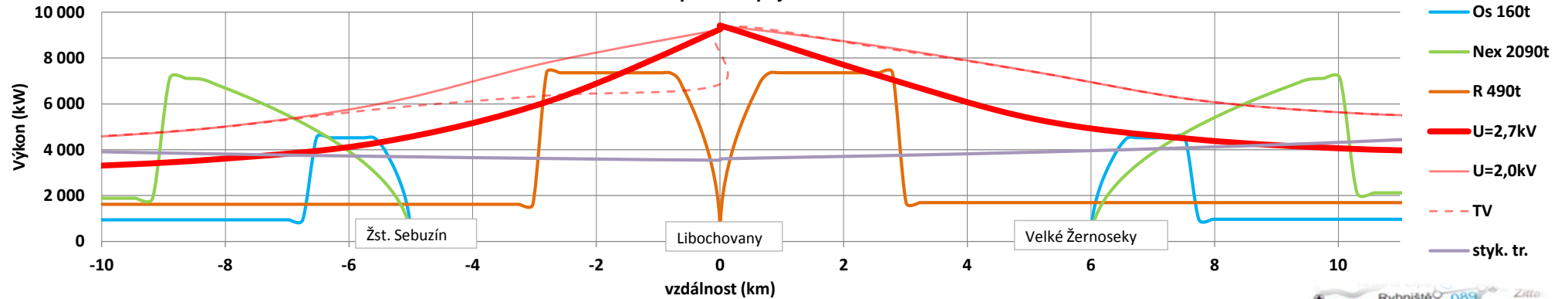
Úbytek napětí na kolejnici



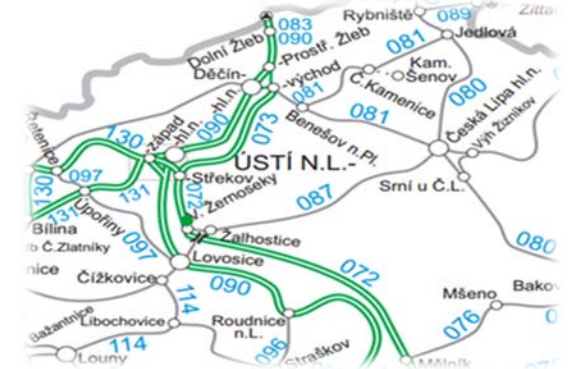
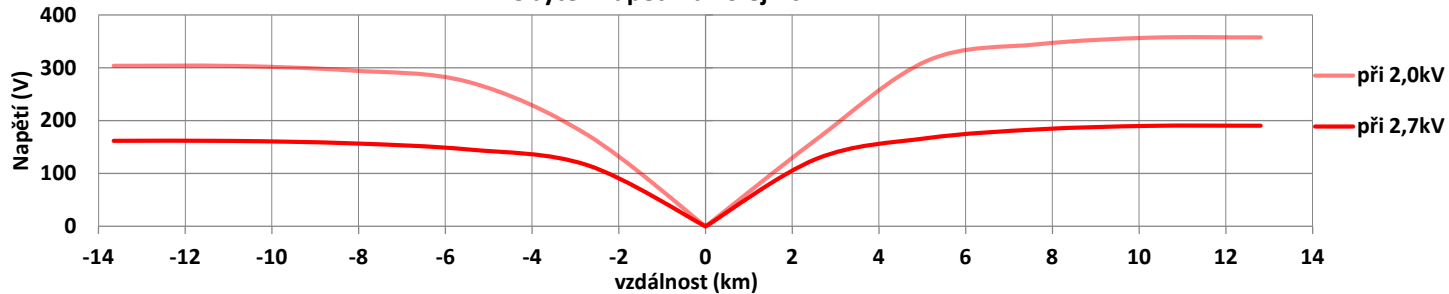
Trakční napájecí stanice Libochovany 2015 - 3kV =



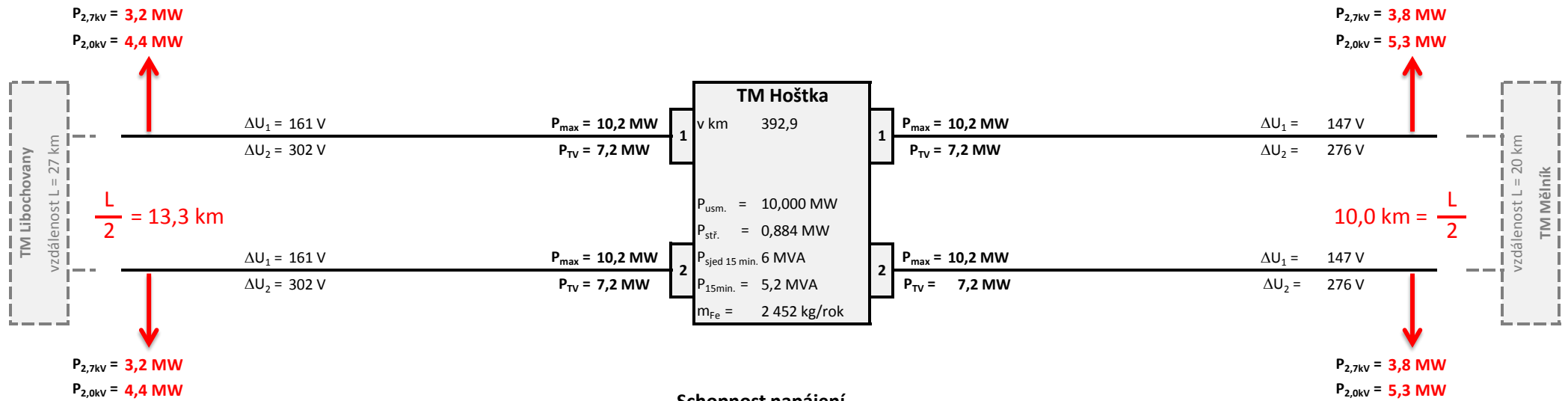
Schopnost napájení



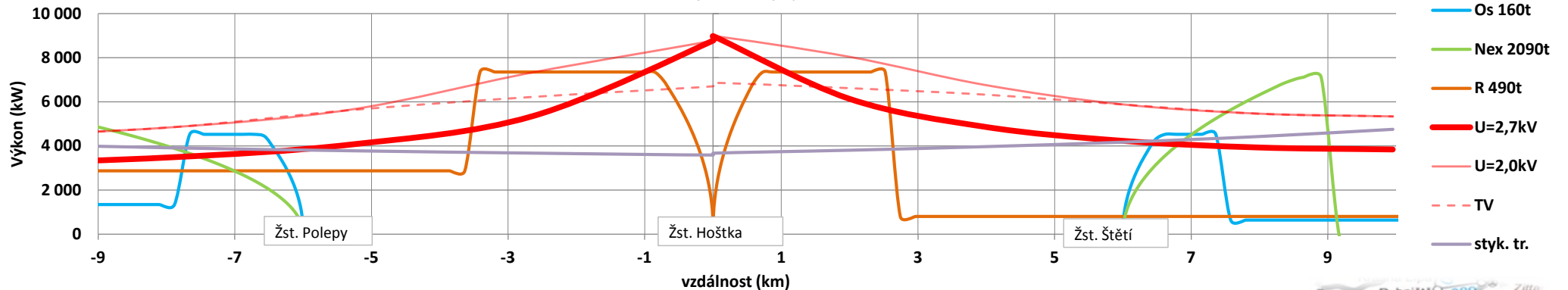
Úbytek napětí na kolejnici



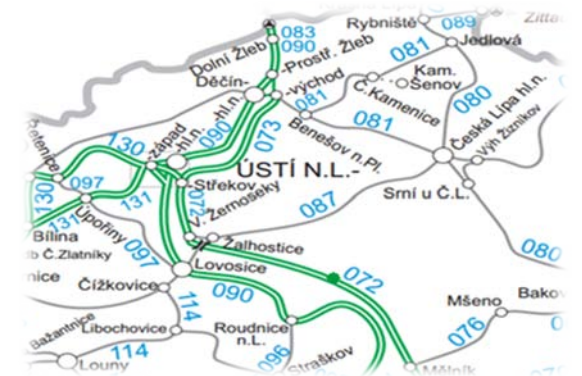
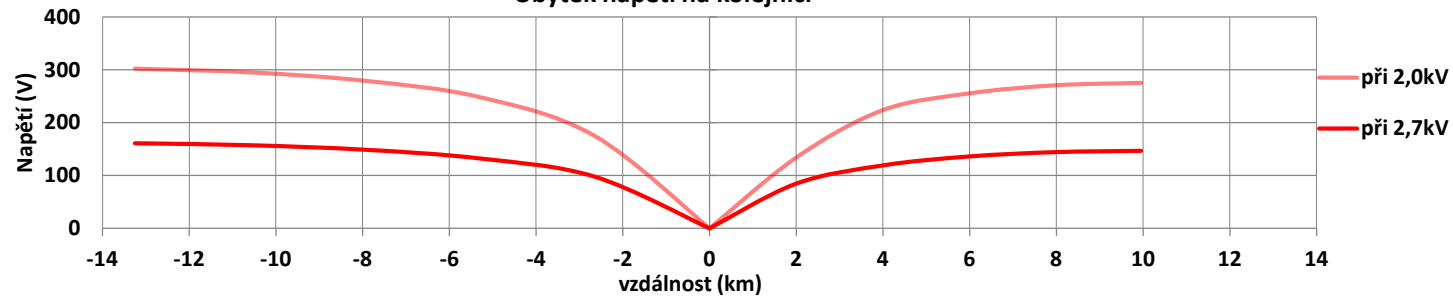
Trakční napájecí stanice Hoštka 2015 - 3kV =



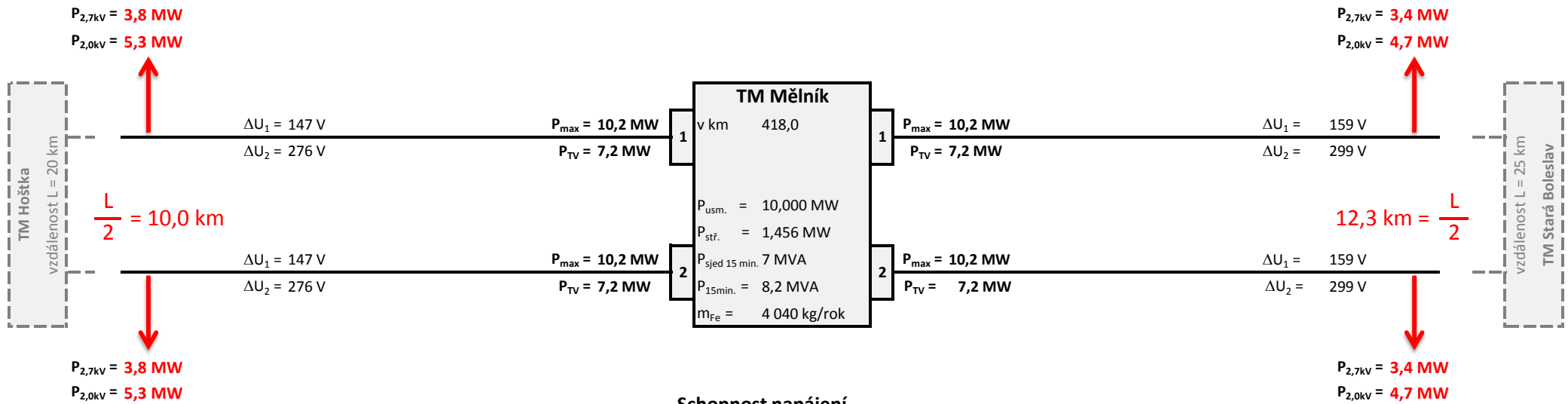
Schopnost napájení



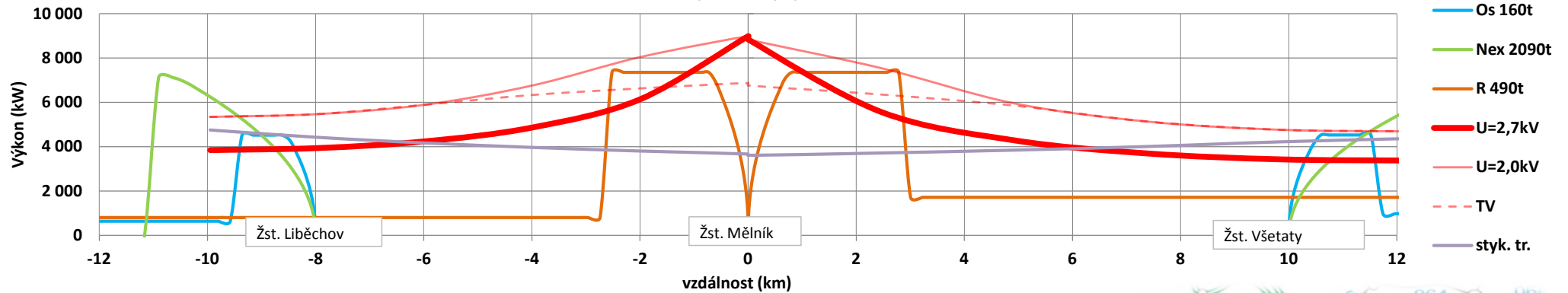
Úbytek napětí na kolejnici



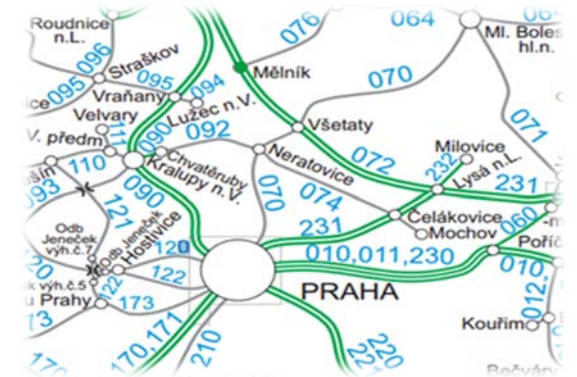
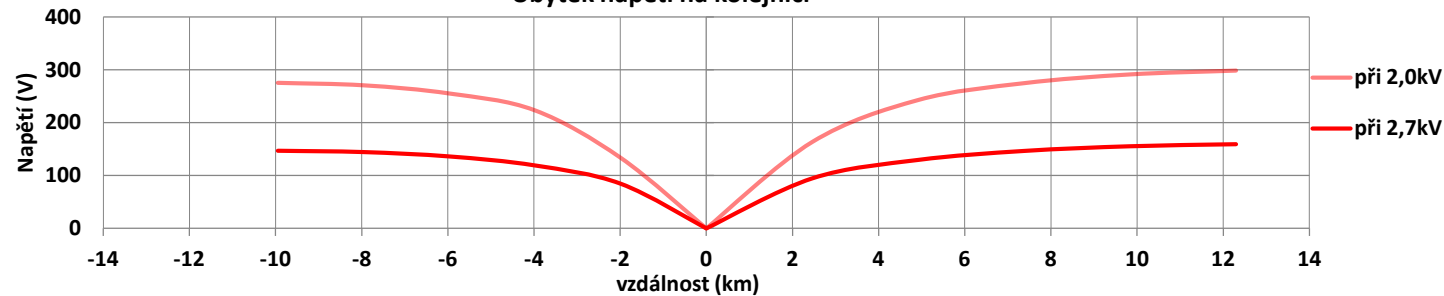
Trakční napájecí stanice Mělník 2015 - 3kV =



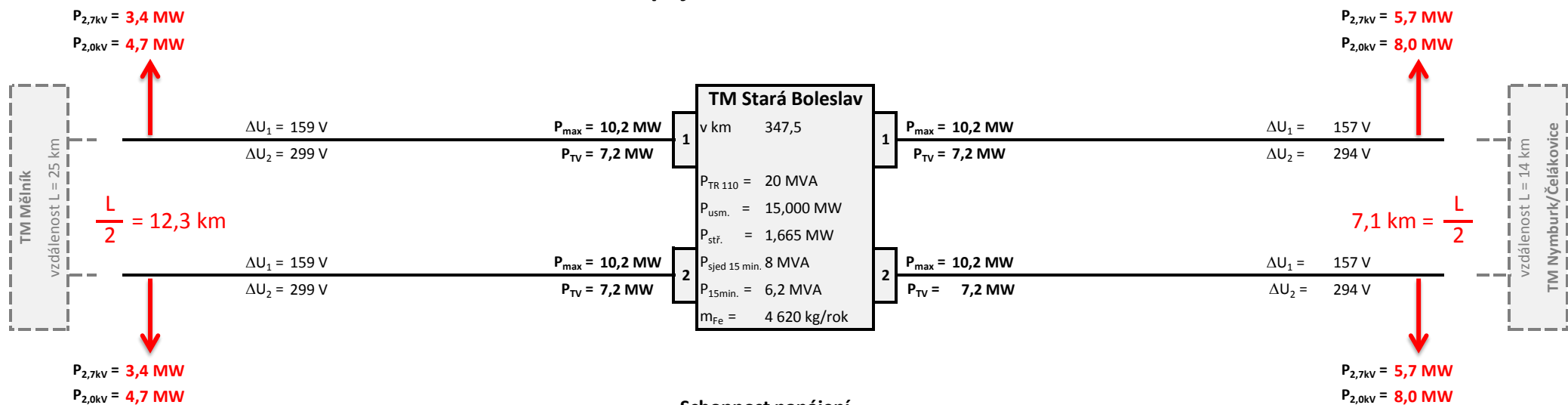
Schopnost napájení



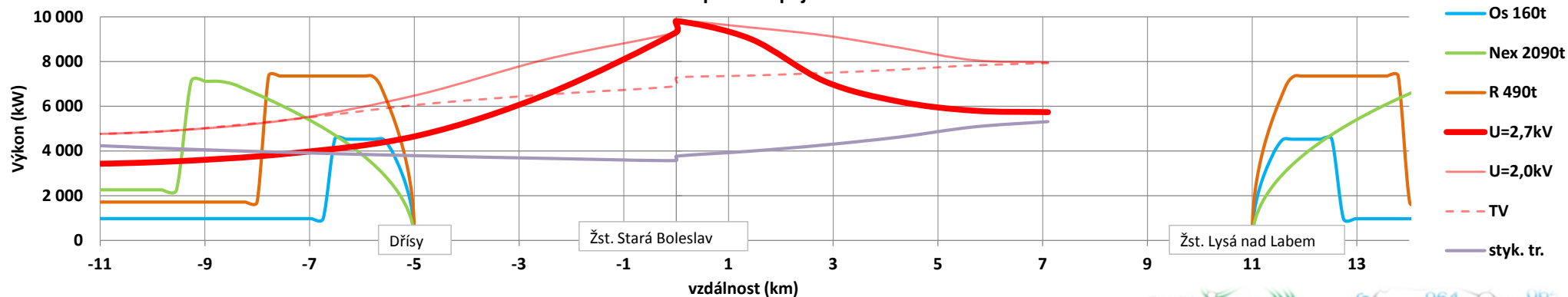
Úbytek napětí na kolejnici



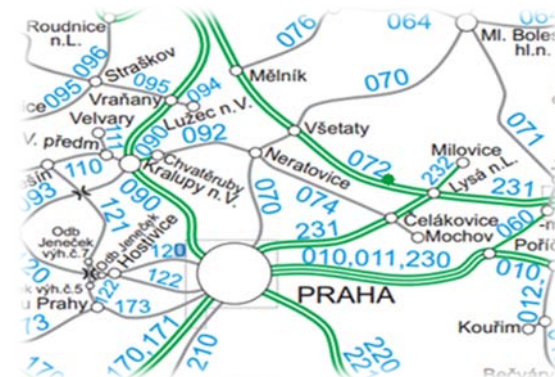
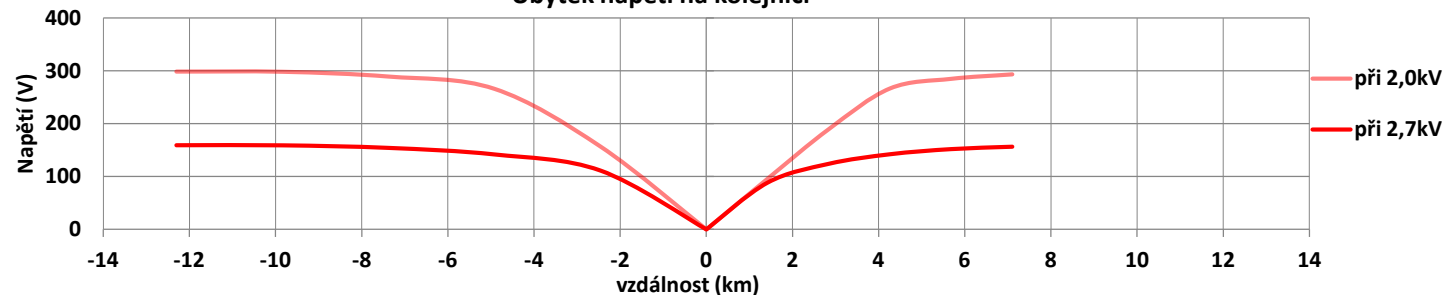
Trakční napájecí stanice Stará Boleslav 2015 - 3kV =



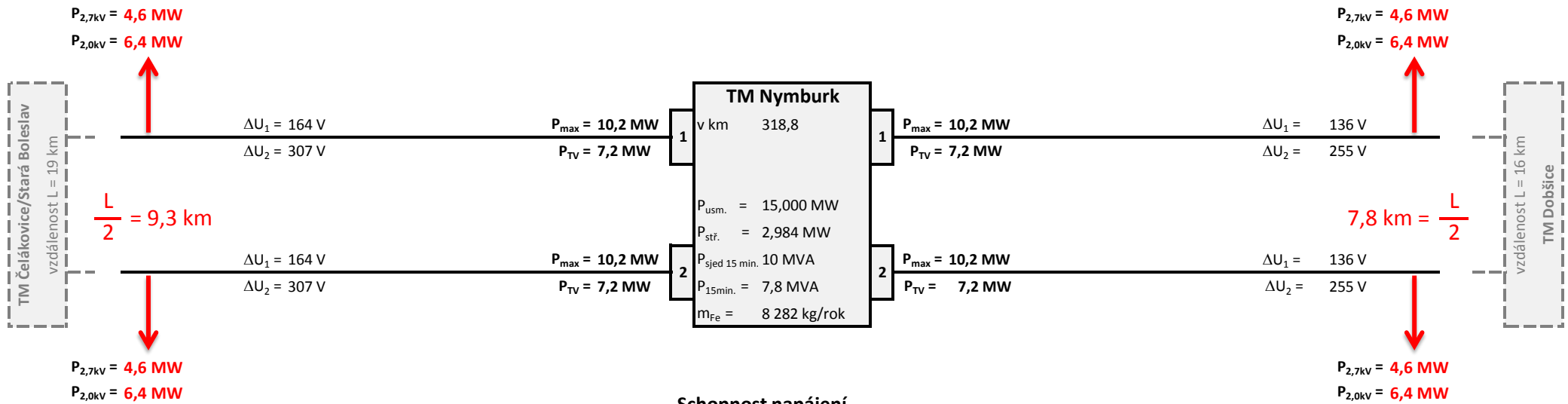
Schopnost napájení



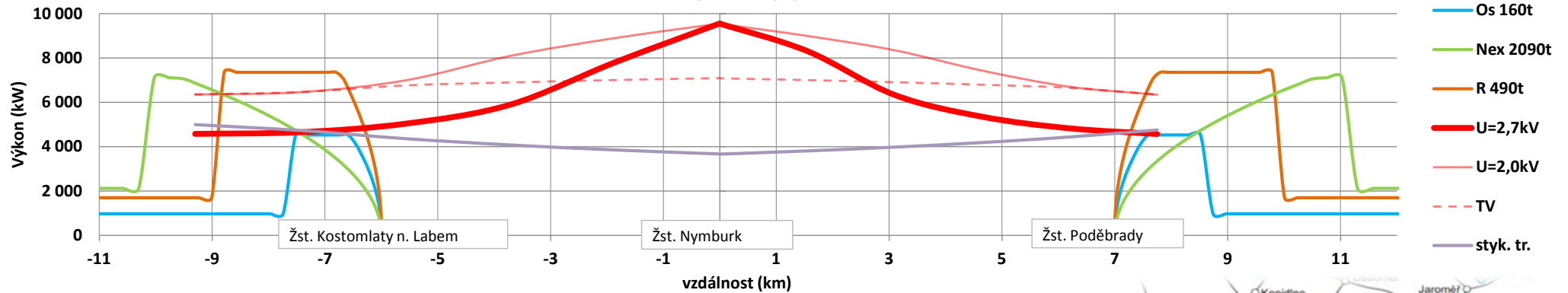
Úbytek napětí na kolejnici



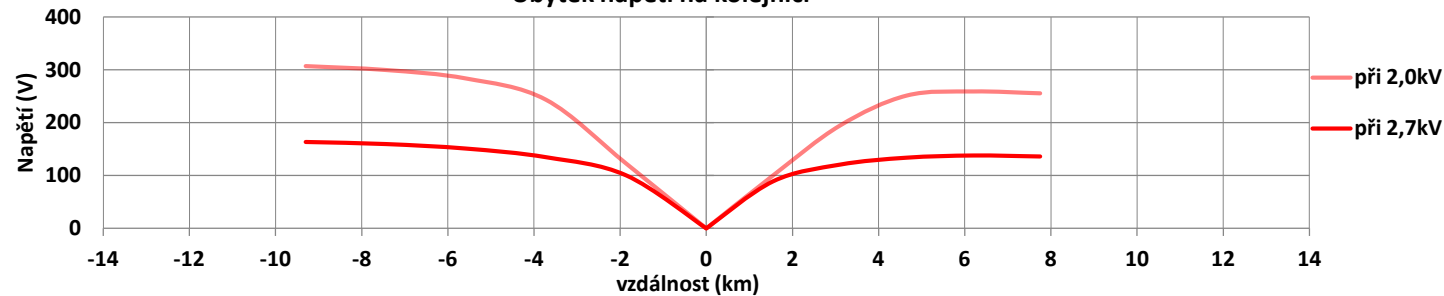
Trakční napájecí stanice Nymburk 2015 - 3kV =



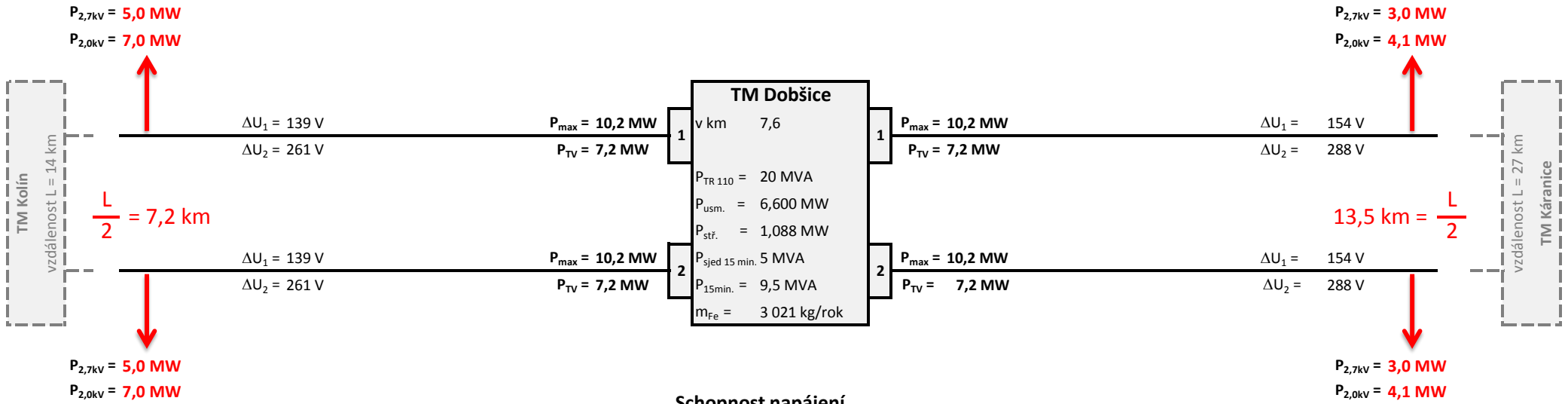
Schopnost napájení



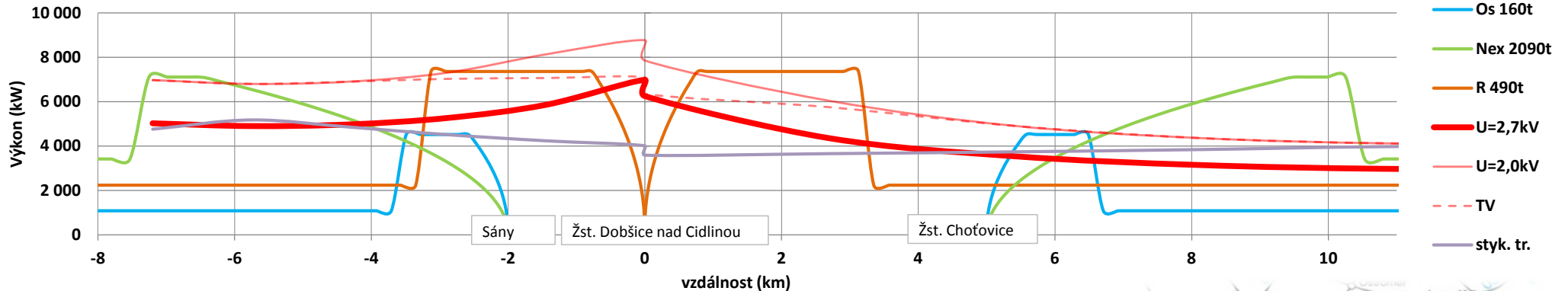
Úbytek napětí na kolejnici



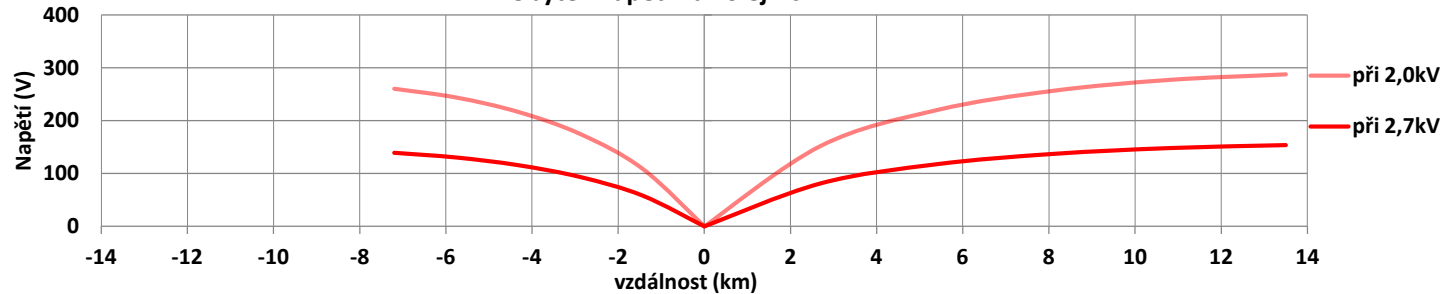
Trakční napájecí stanice Dobšice 2015 - 3kV =



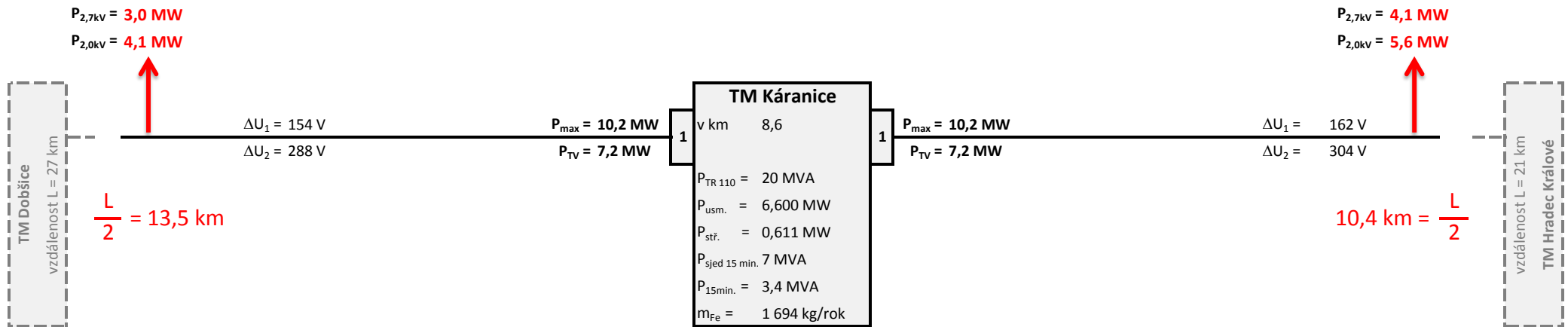
Schopnost napájení



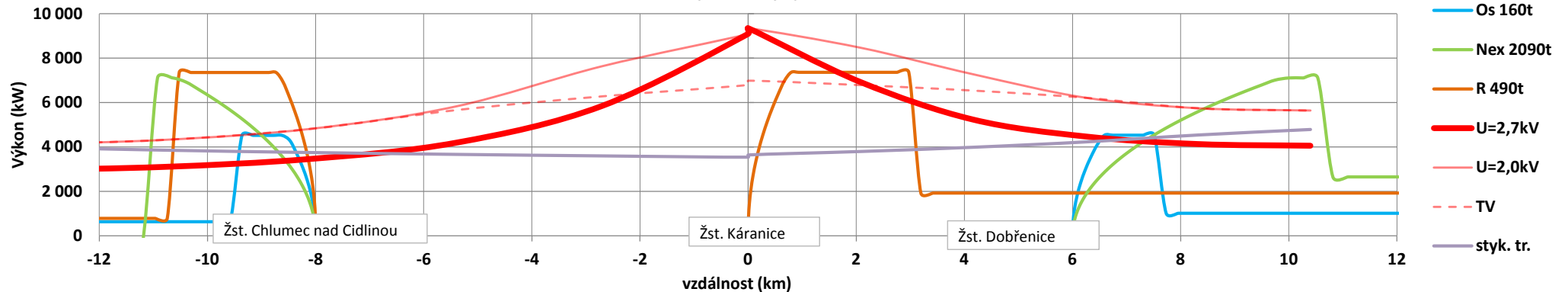
Úbytek napětí na kolejnici



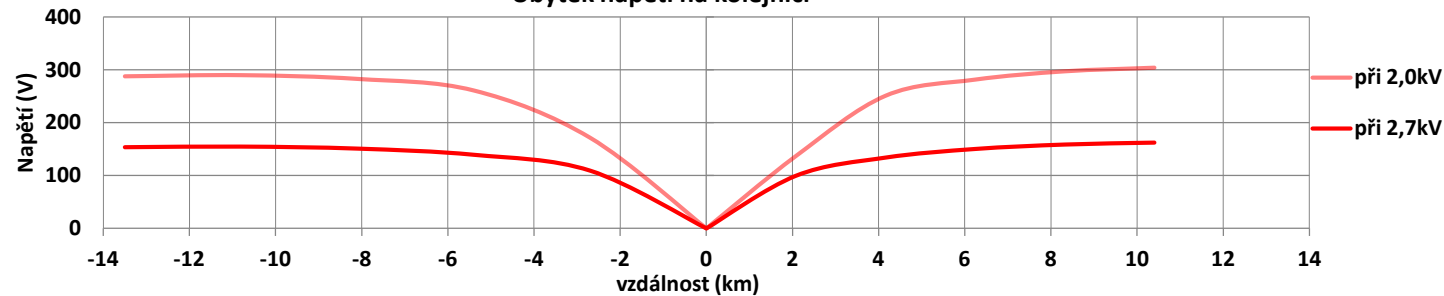
Trakční napájecí stanice Káranice 2015 - 3kV =



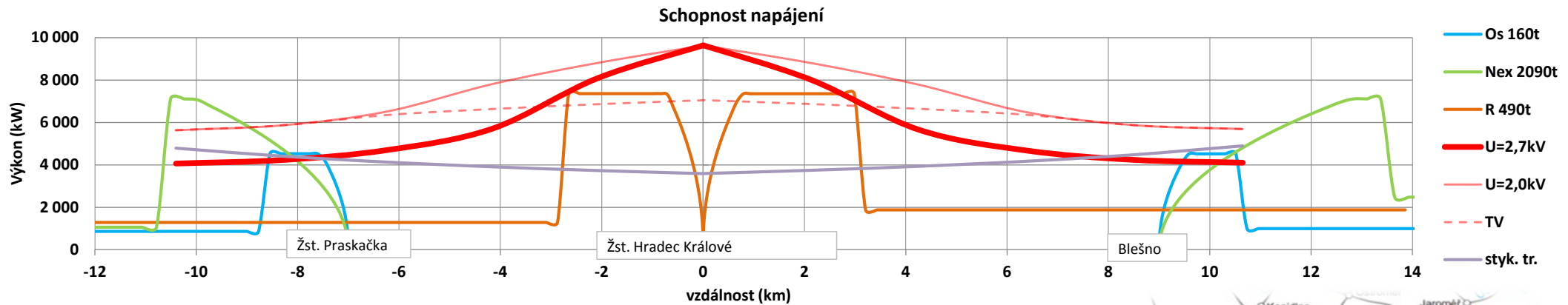
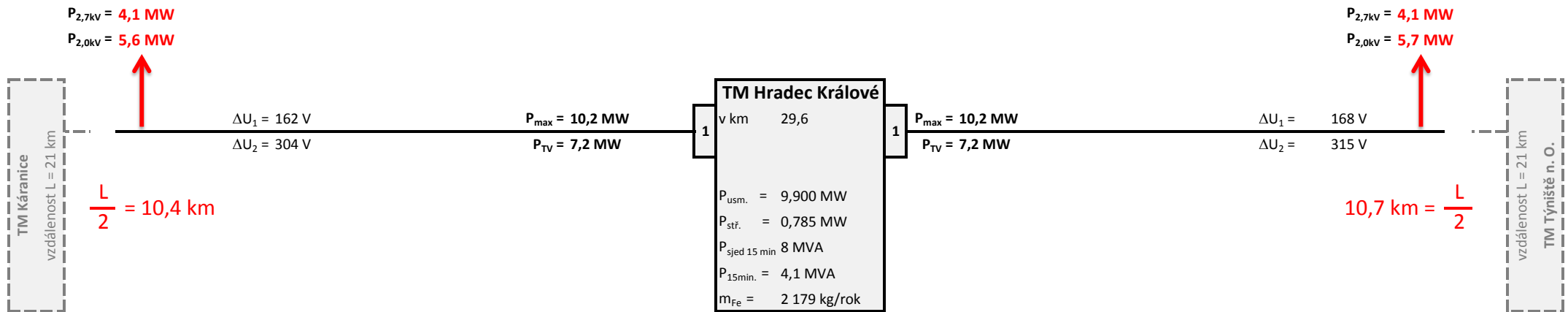
Schopnost napájení



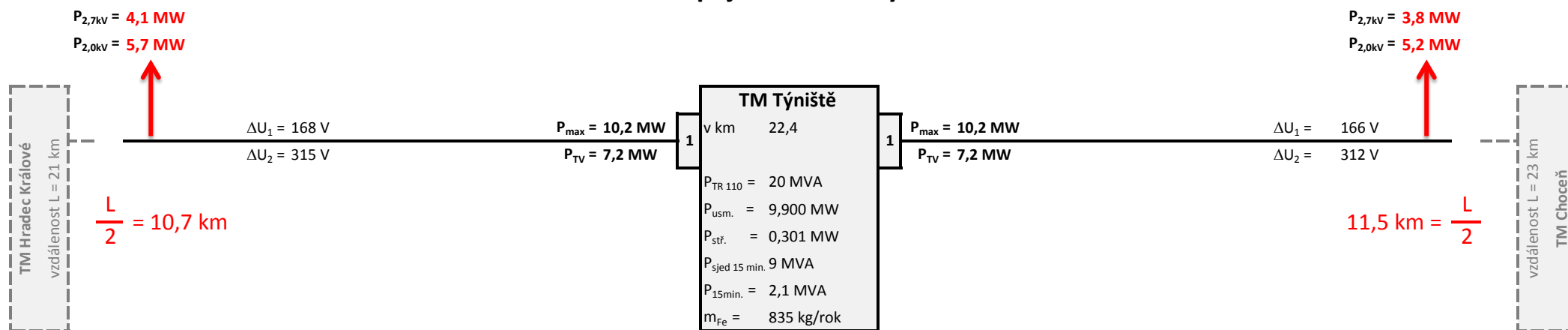
Úbytek napětí na kolejnici



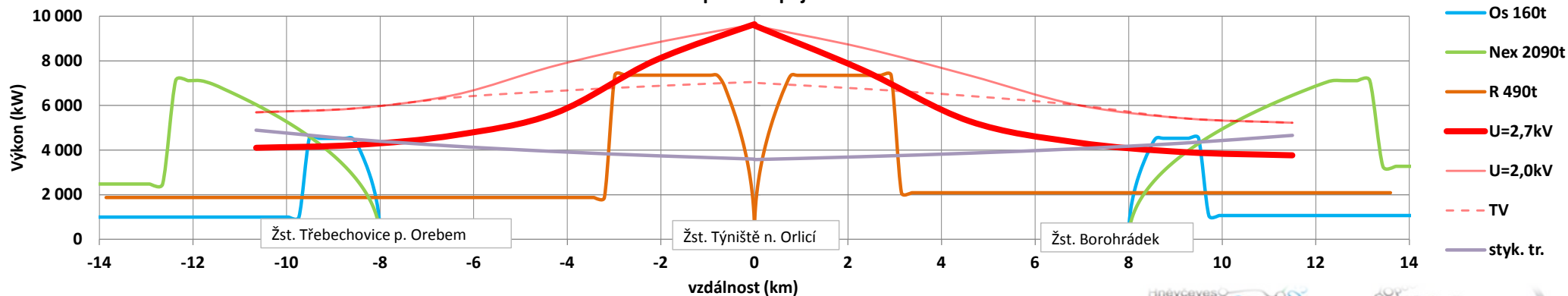
Trakční napájecí stanice Hradec Králové 2015 - 3kV =



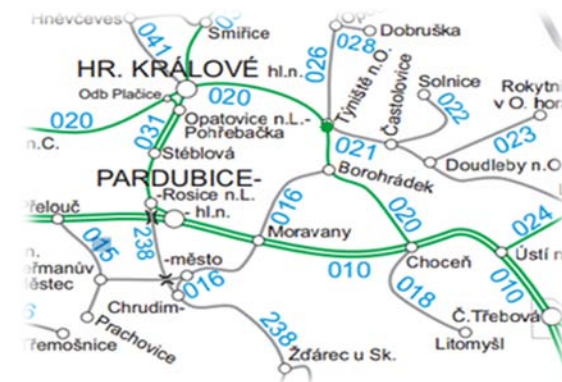
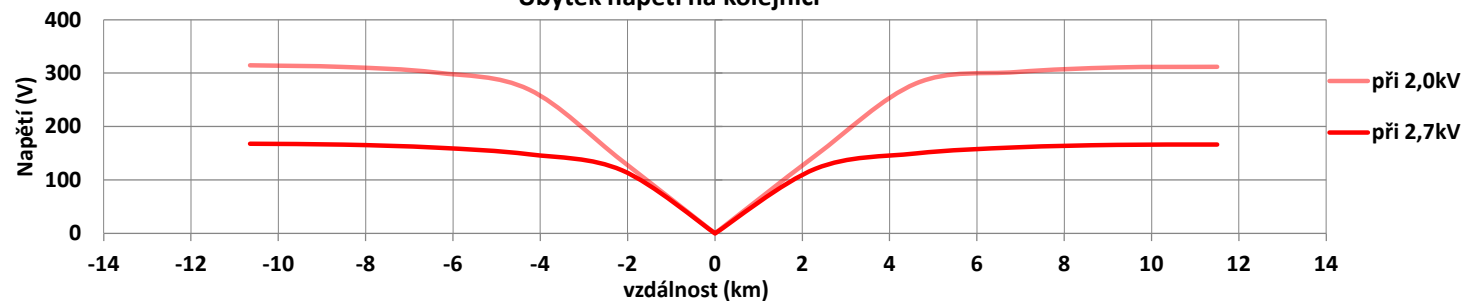
Trakční napájecí stanice Týniště 2015 - 3kV =



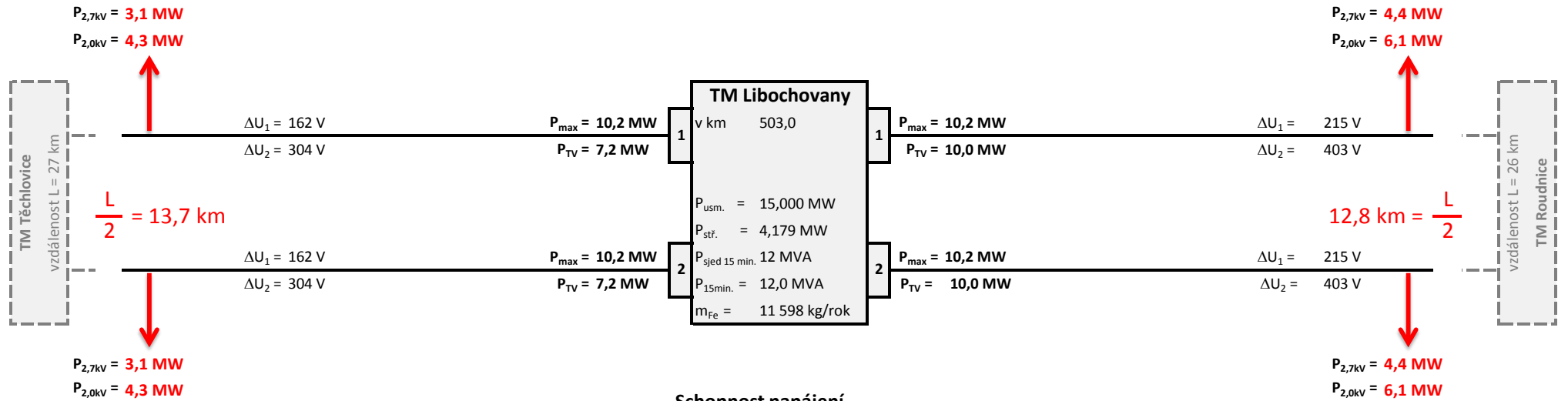
Schopnost napájení



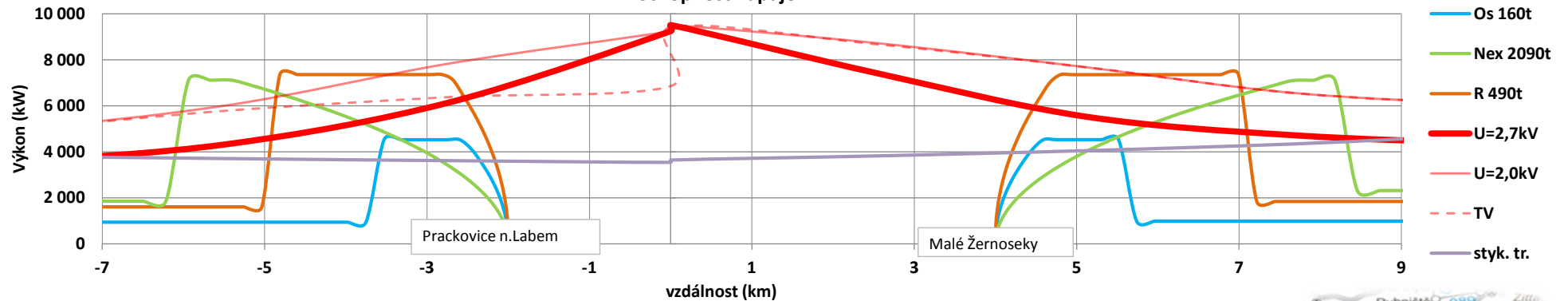
Úbytek napětí na kolejních



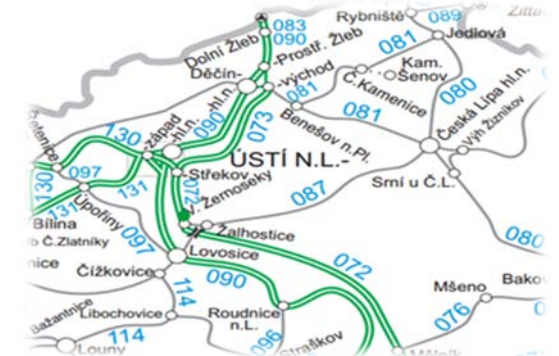
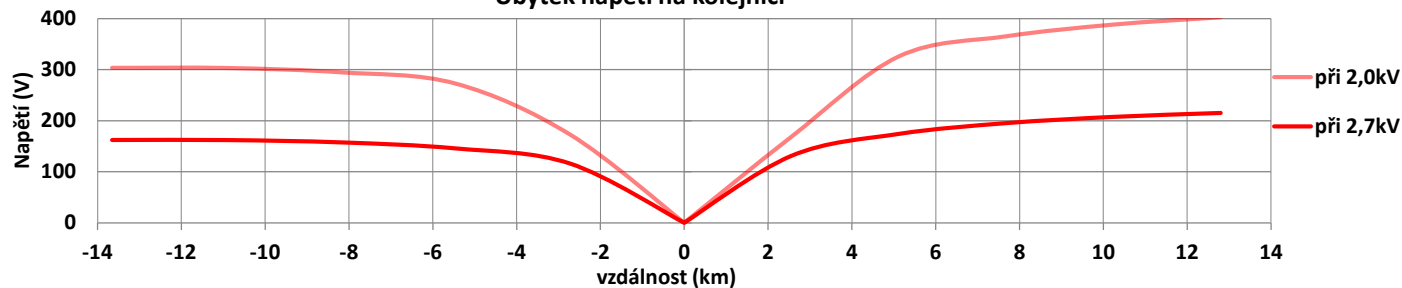
Trakční napájecí stanice Libochovany 2015 - 3kV =



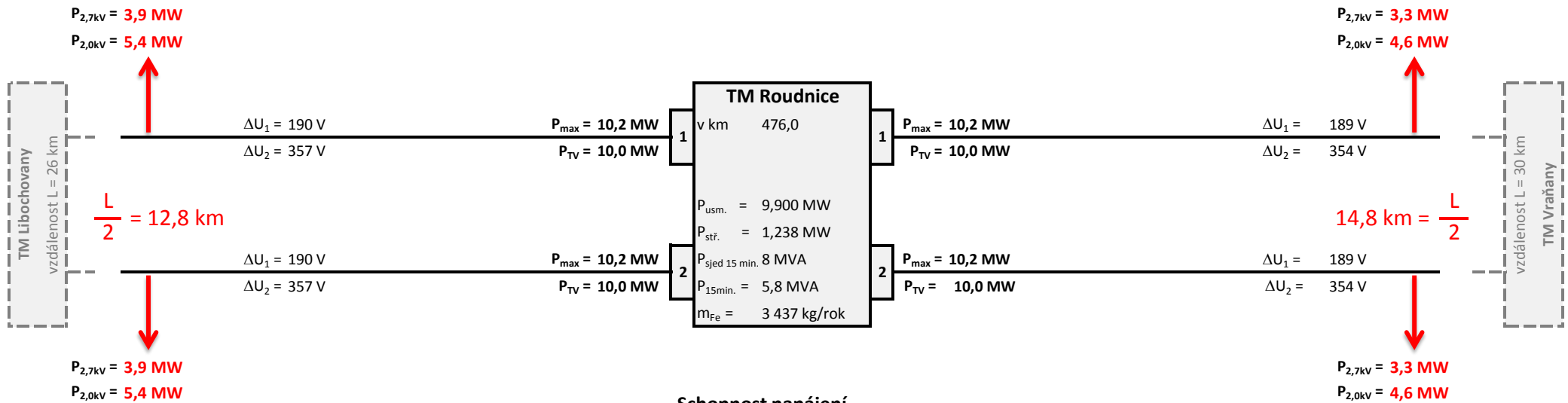
Schopnost napájení



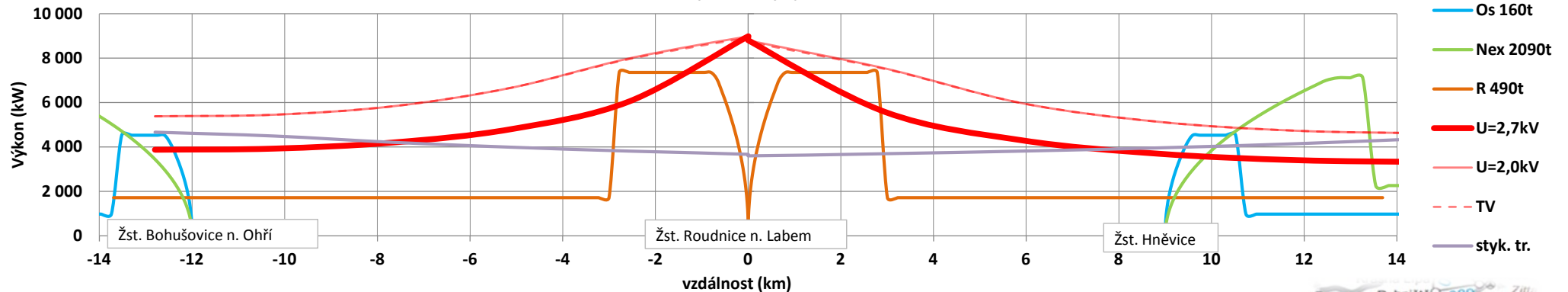
Úbytek napětí na kolejnici



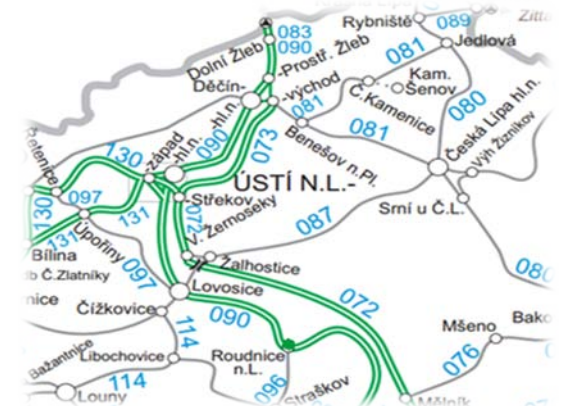
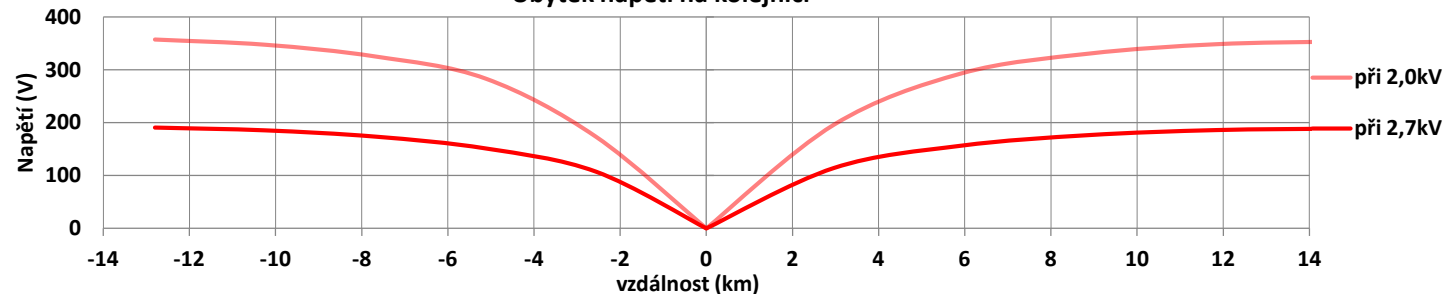
Trakční napájecí stanice Roudnice 2015 - 3kV =



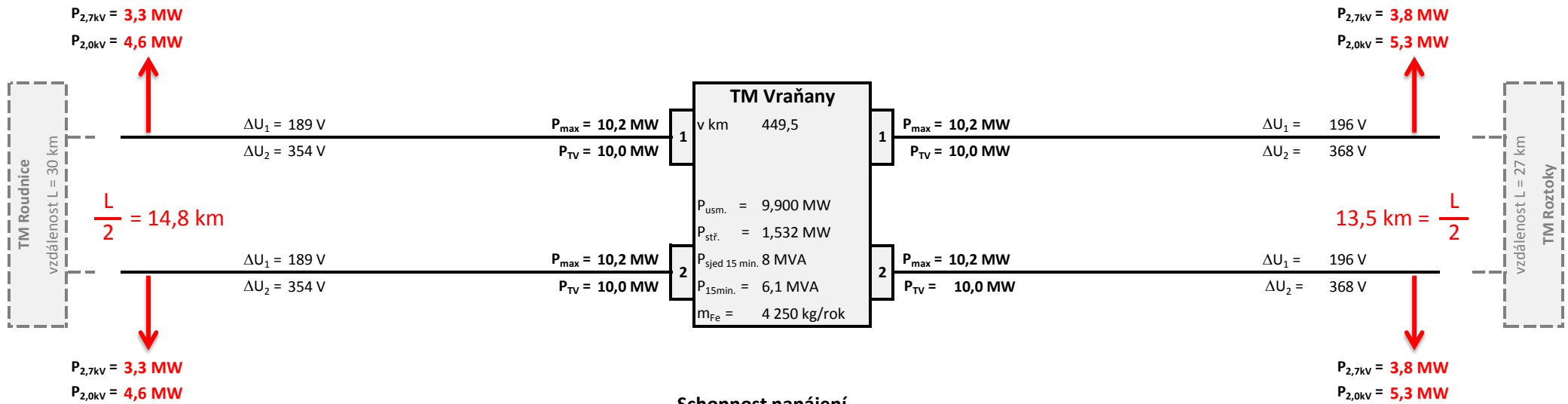
Schopnost napájení



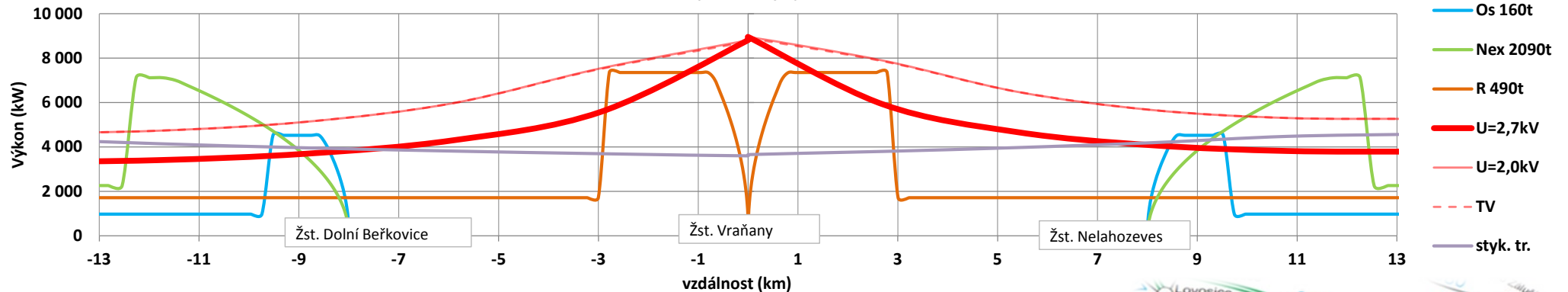
Úbytek napětí na kolejnici



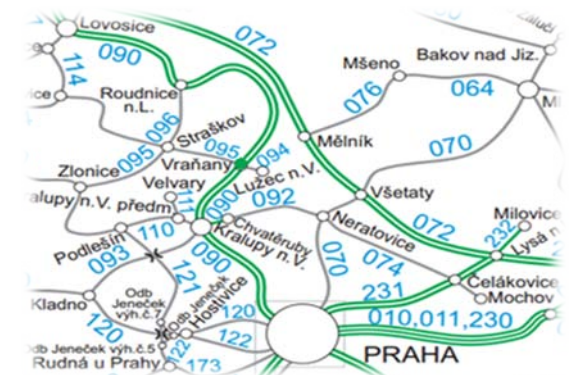
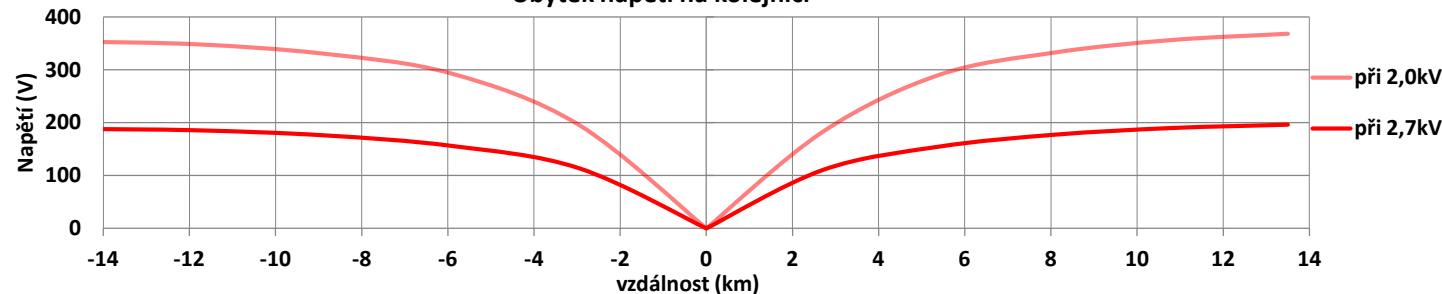
Trakční napájecí stanice Vraňany 2015 - 3kV =



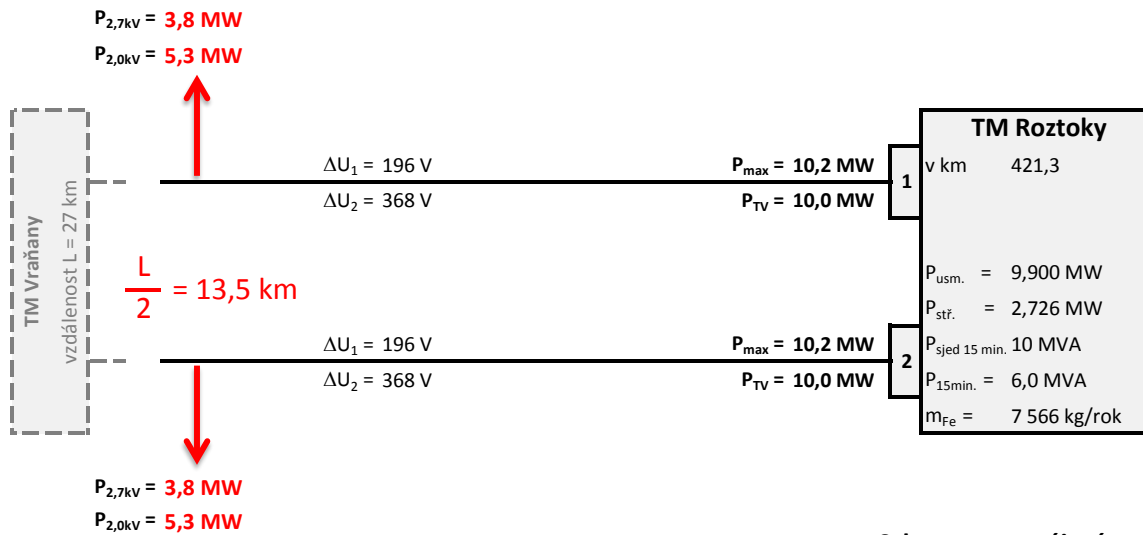
Schopnost napájení



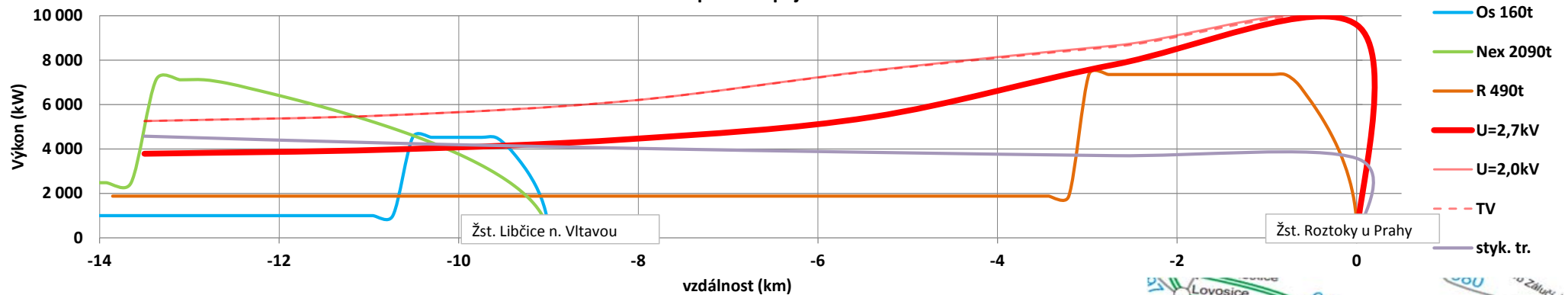
Úbytek napětí na kolejnici



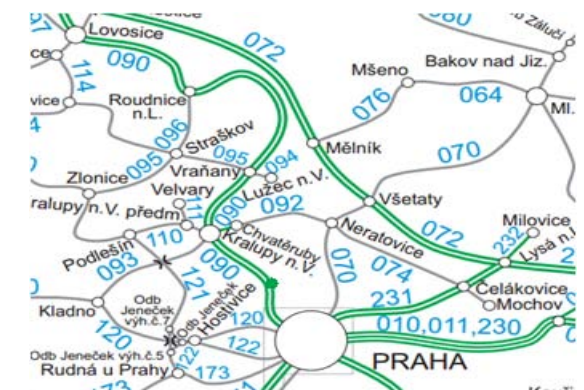
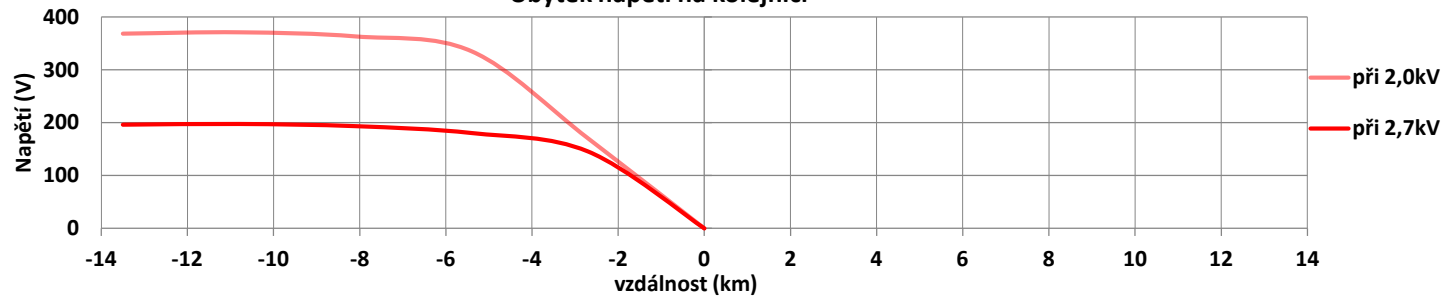
Trakční napájecí stanice Roztoky 2015 - 3kV =



Schopnost napájení

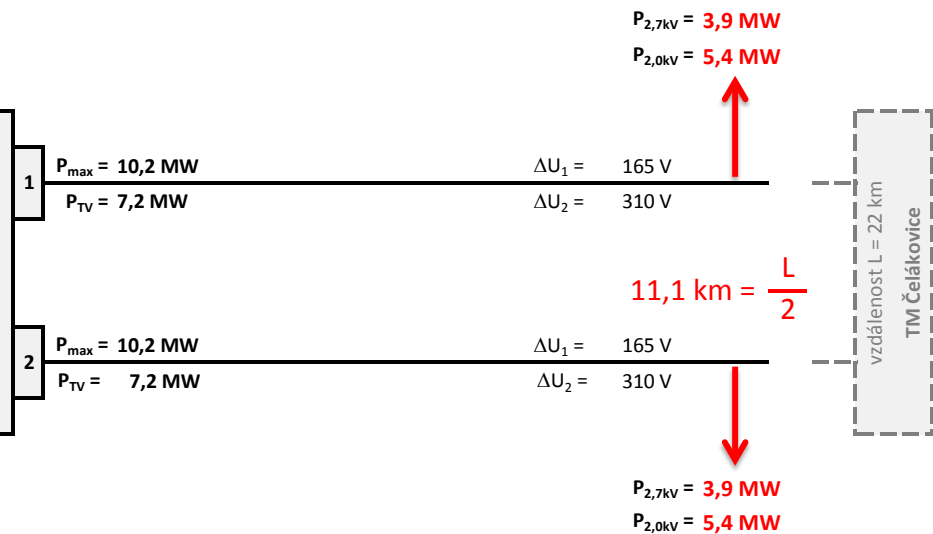


Úbytek napětí na kolejnici

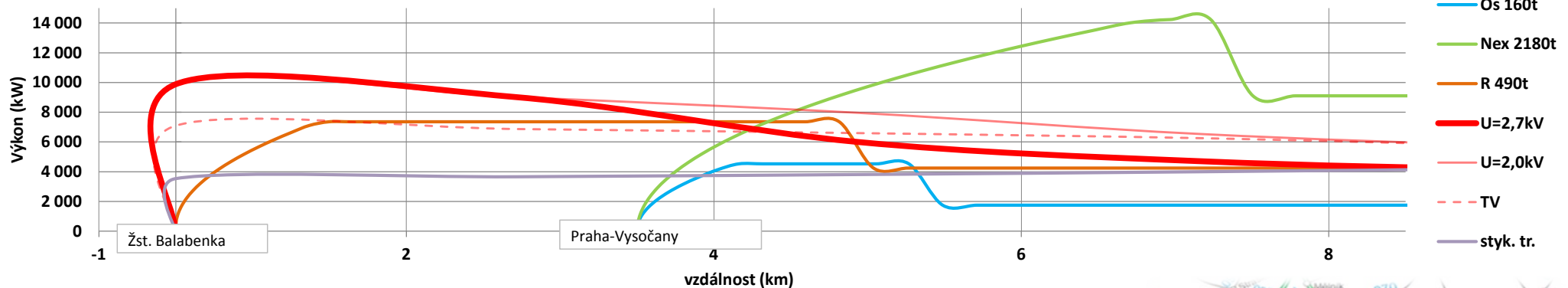


Trakční napájecí stanice Balabenka 2015 - 3kV =

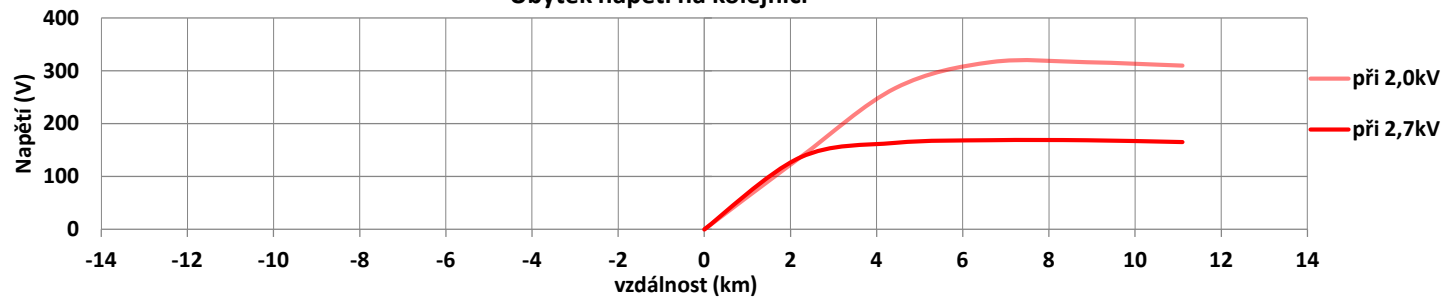
TM Balabenka	
v km	406,0
$P_{\text{usm.}}$	19,800 MW
$P_{\text{stř.}}$	3,033 MW
$P_{\text{sjed 15 min.}}$	15 MVA
$P_{15\text{min.}}$	8,5 MVA
m_{Fe}	8 416 kg/rok



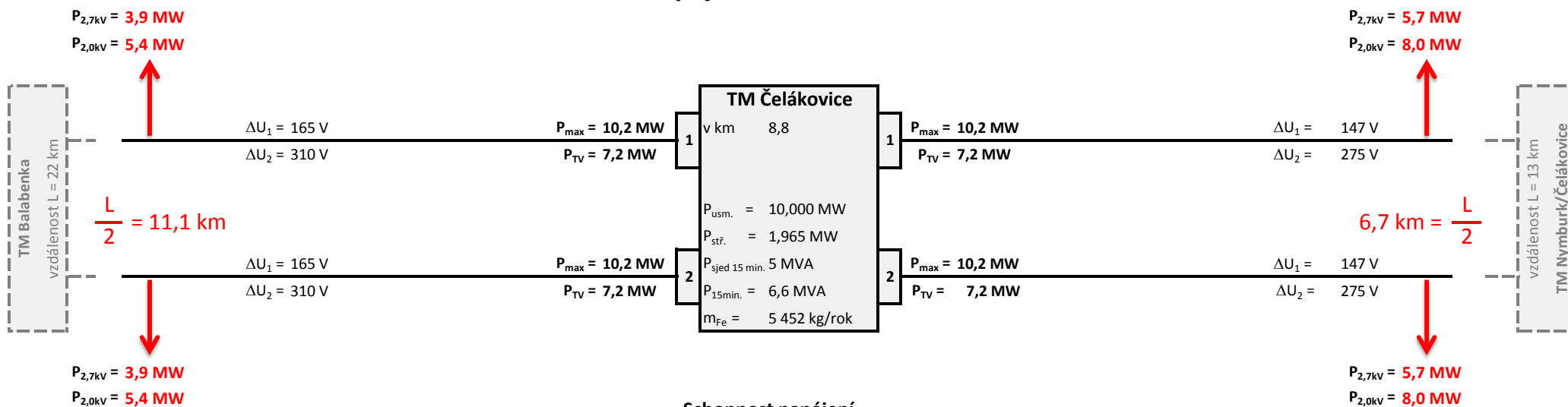
Schopnost napájení



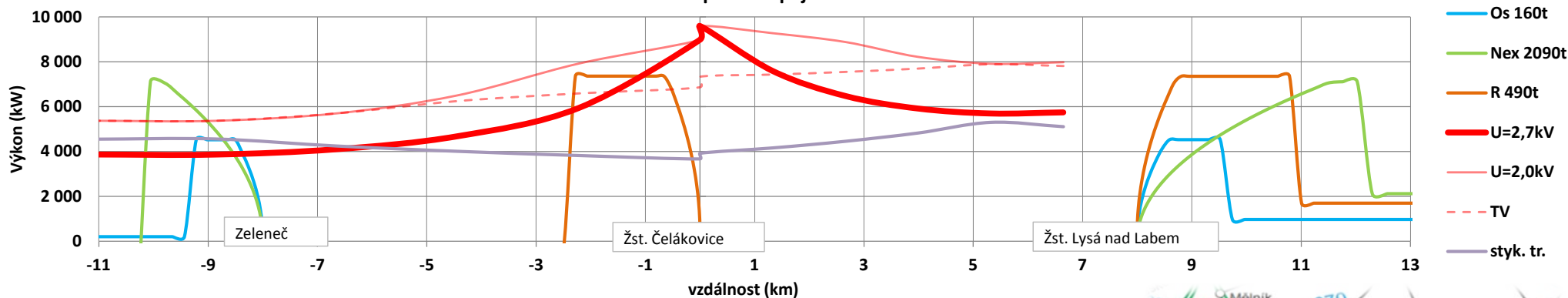
Úbytek napětí na kolejnici



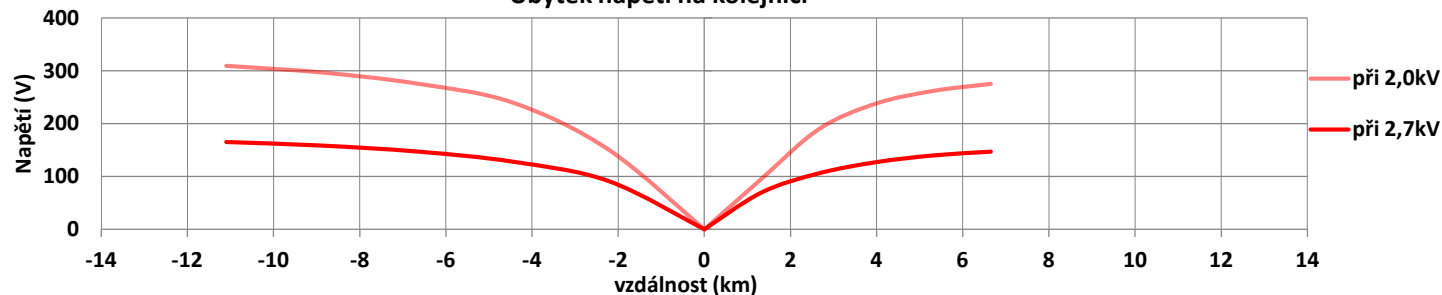
Trakční napájecí stanice Čelákovice 2015 - 3kV =



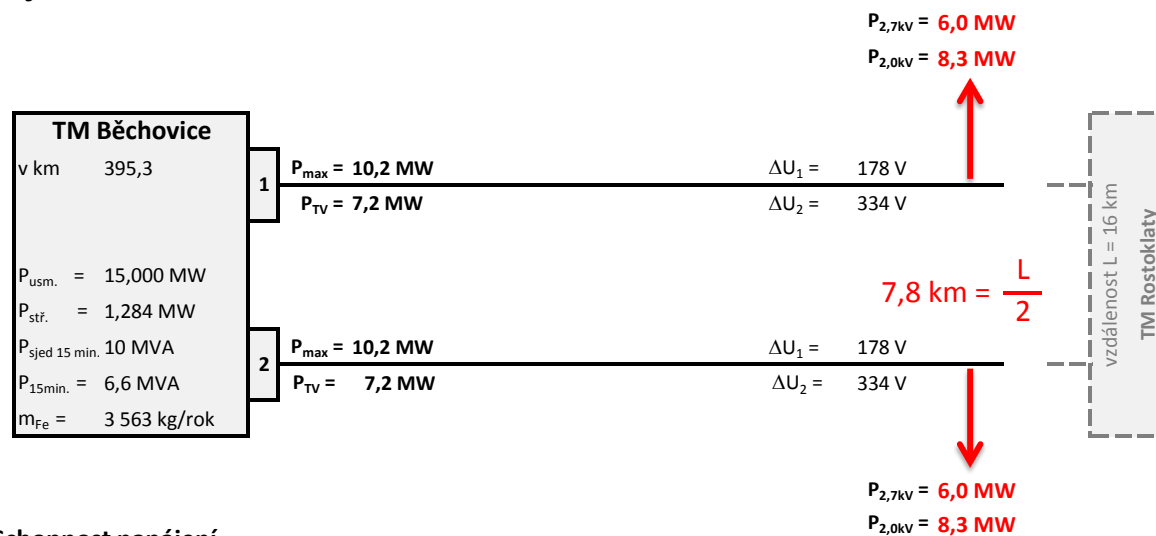
Schopnost napájení



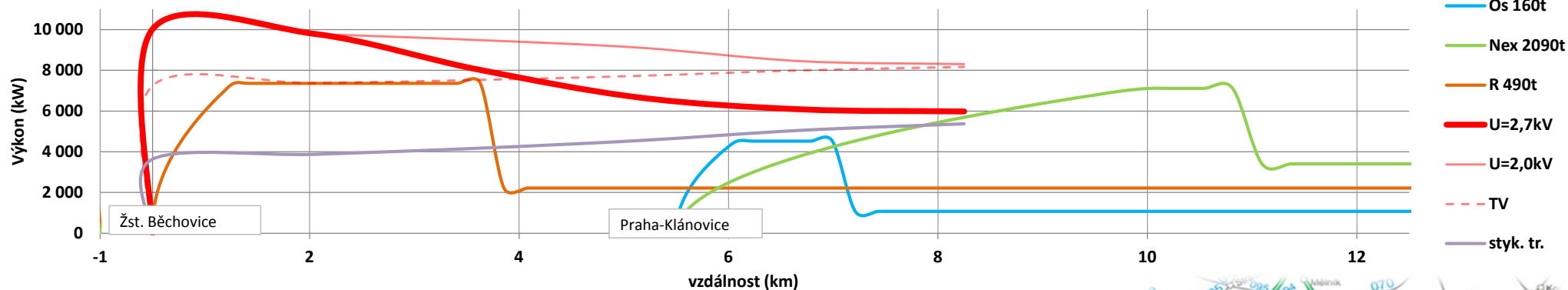
Úbytek napětí na kolejnici



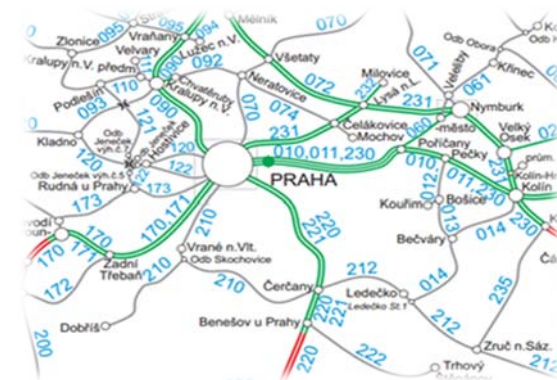
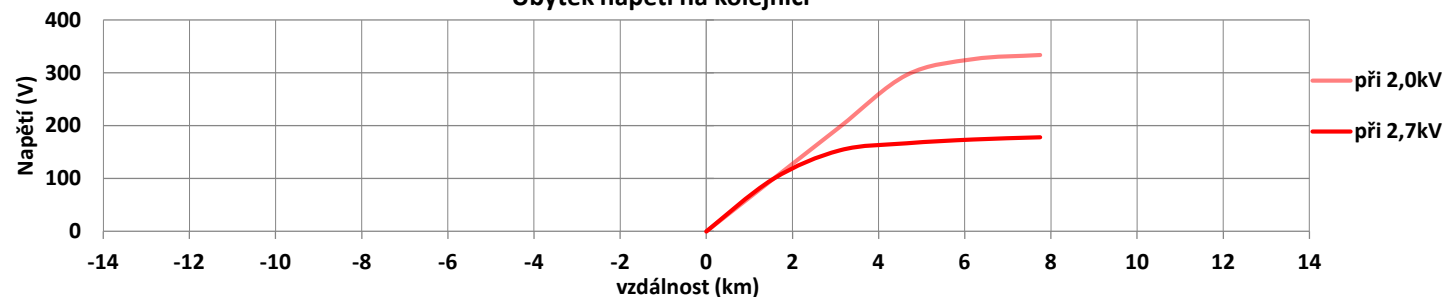
Trakční napájecí stanice Běchovice 2015 - 3kV =



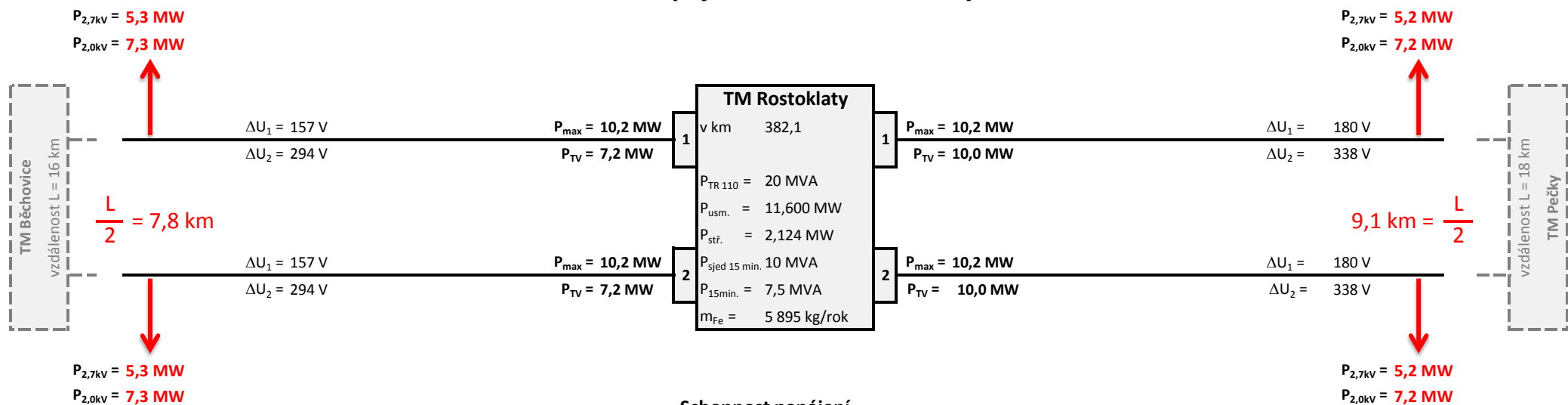
Schopnost napájení



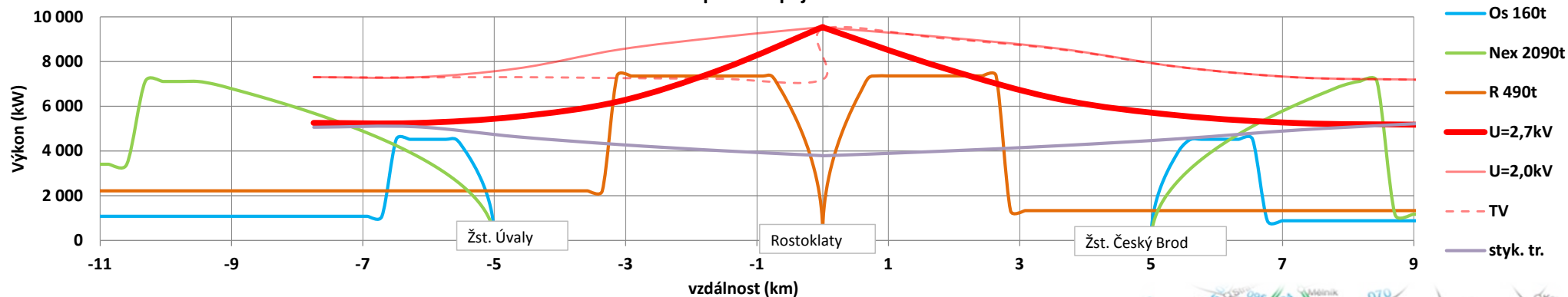
Úbytek napětí na kolejnici



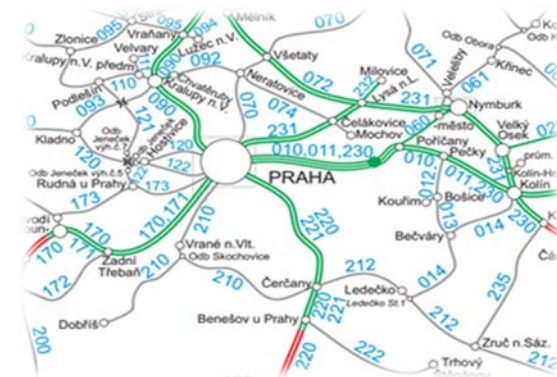
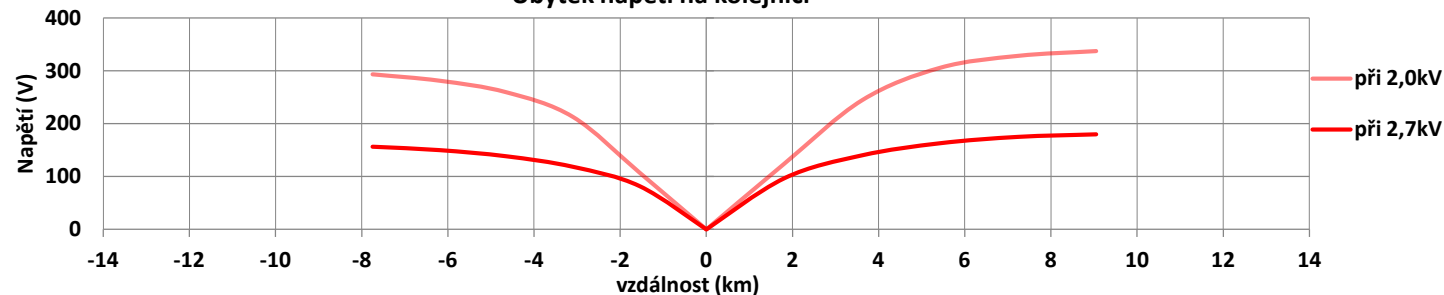
Trakční napájecí stanice Rostoklaty 2015 - 3kV =



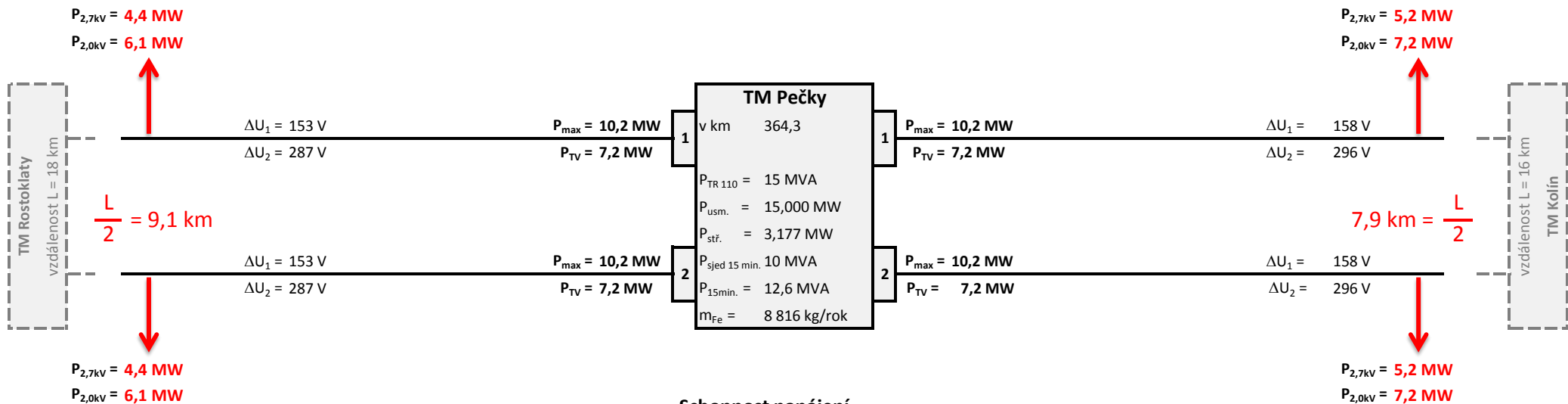
Schopnost napájení



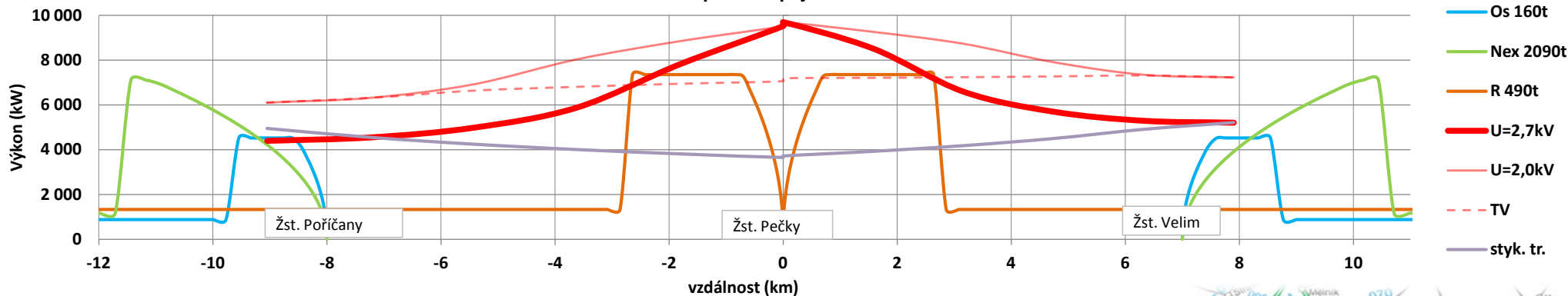
Úbytek napětí na kolejnici



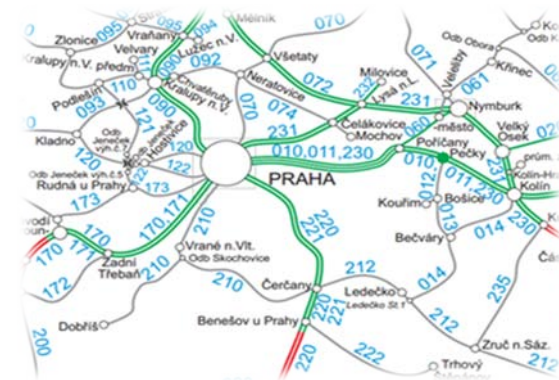
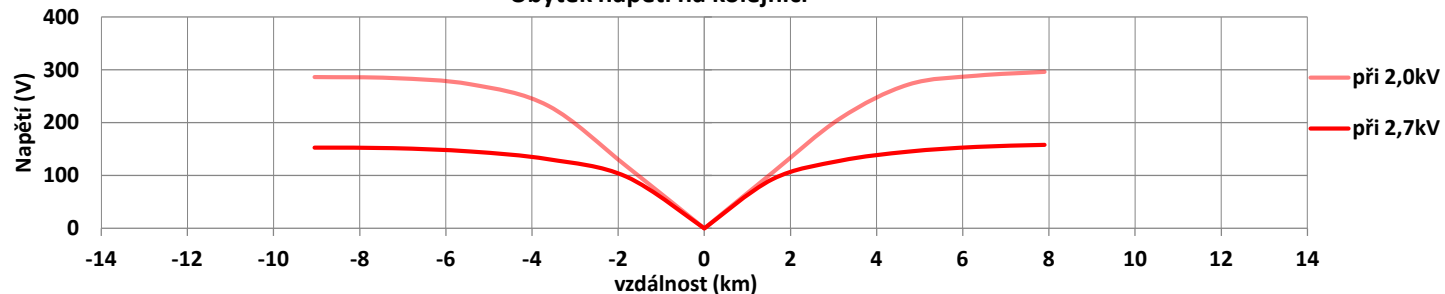
Trakční napájecí stanice Pečky 2015 - 3kV =



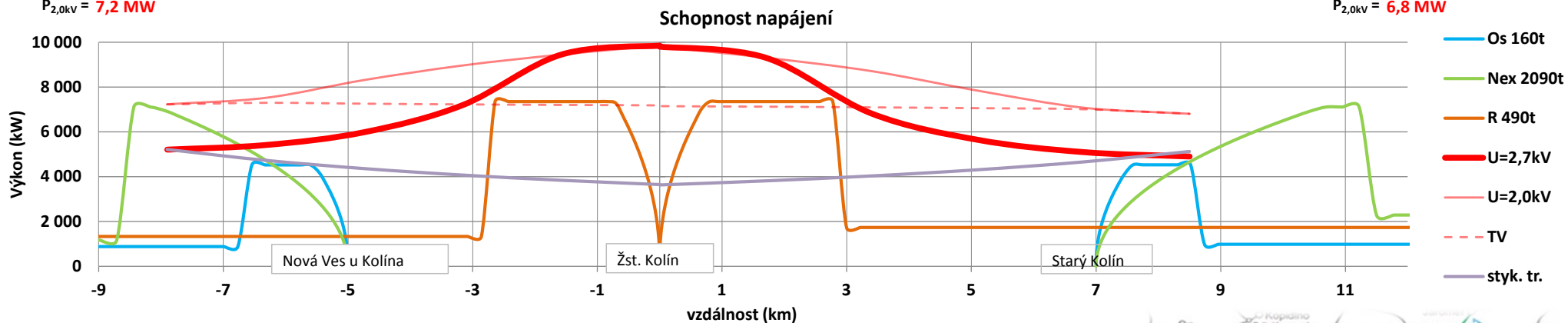
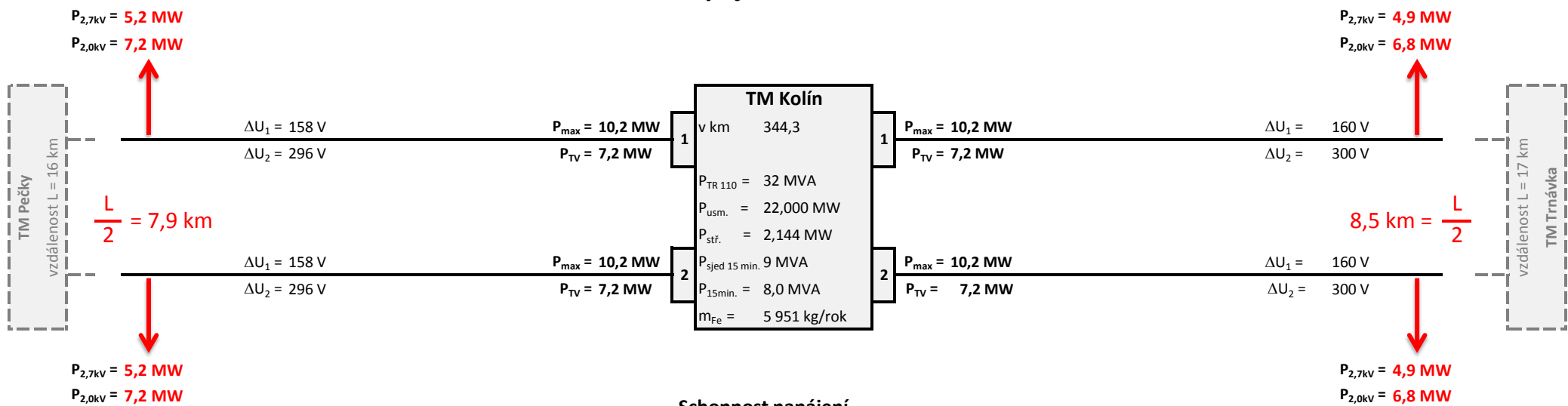
Schopnost napájení



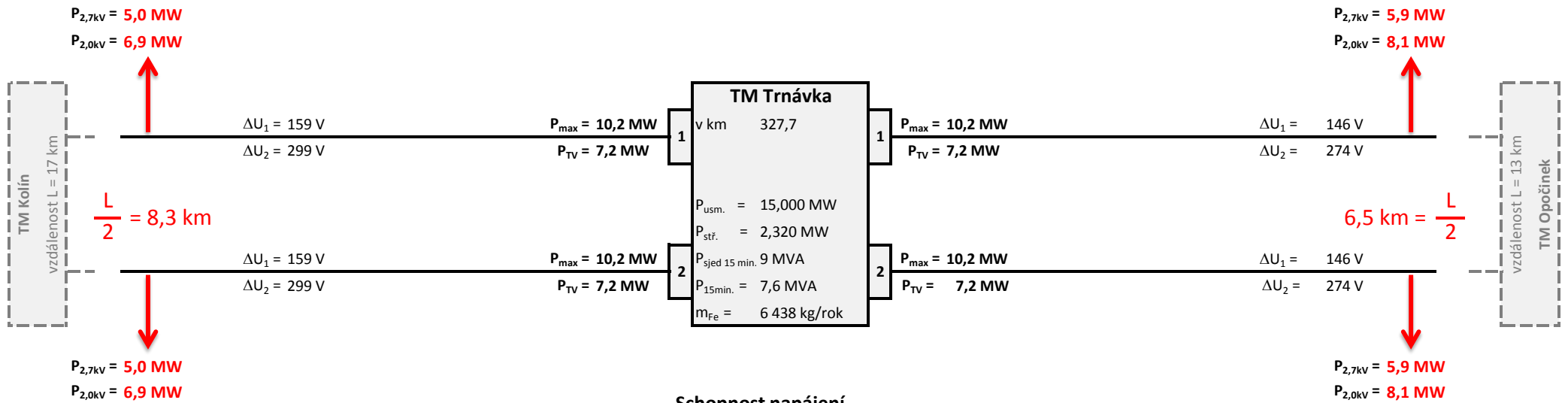
Úbytek napětí na kolejnici



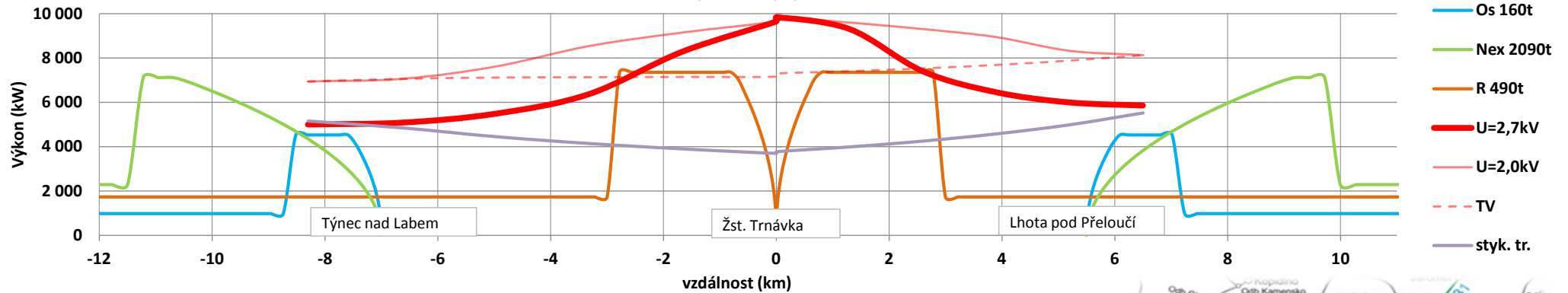
Trakční napájecí stanice Kolín 2015 - 3kV =



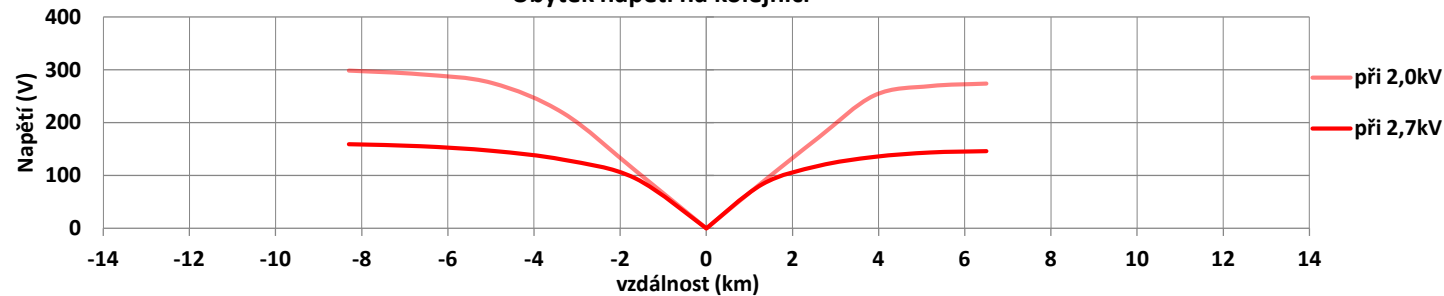
Trakční napájecí stanice Trnávka 2015 - 3kV =



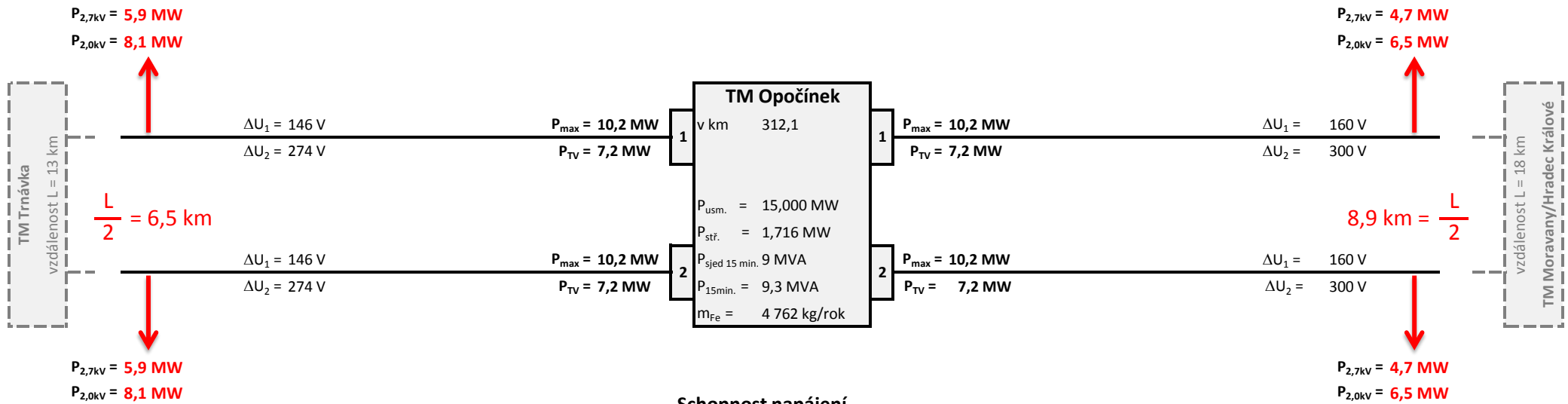
Schopnost napájení



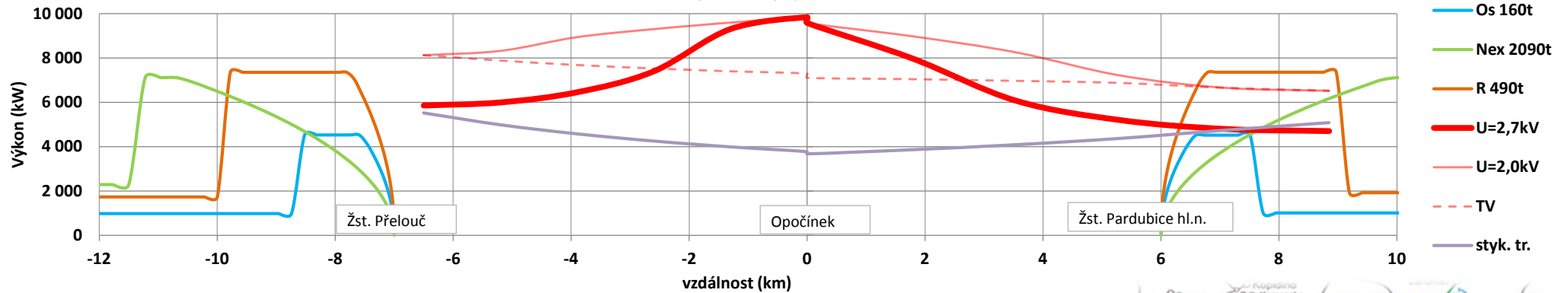
Úbytek napětí na kolejnici



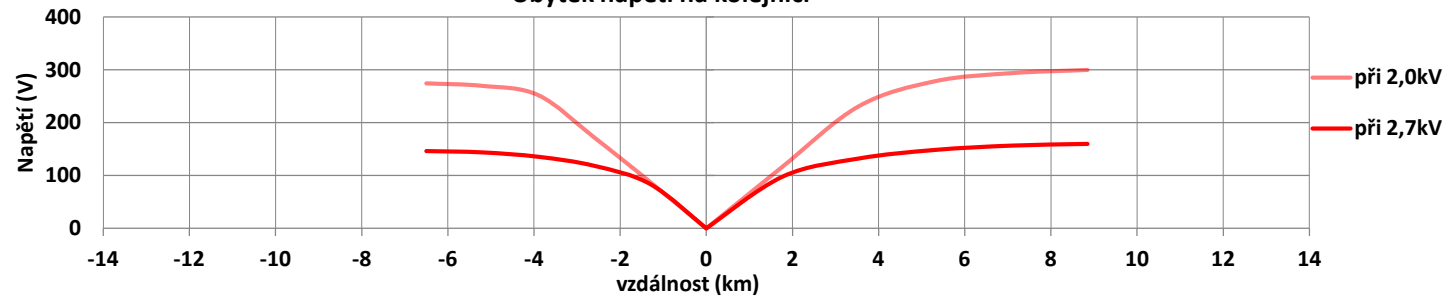
Trakční napájecí stanice Opočíněk 2015 - 3kV =



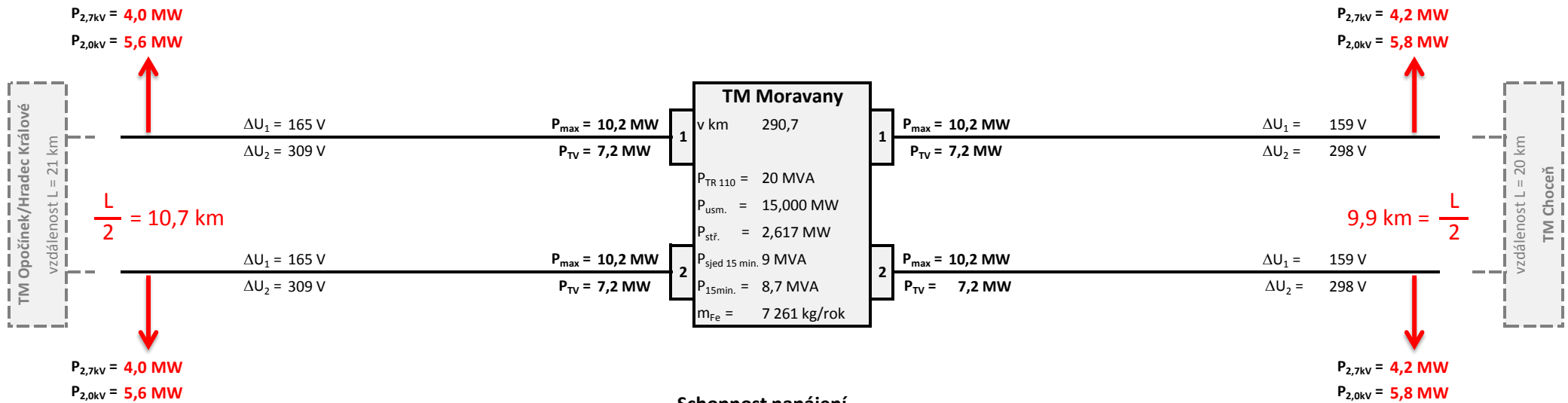
Schopnost napájení



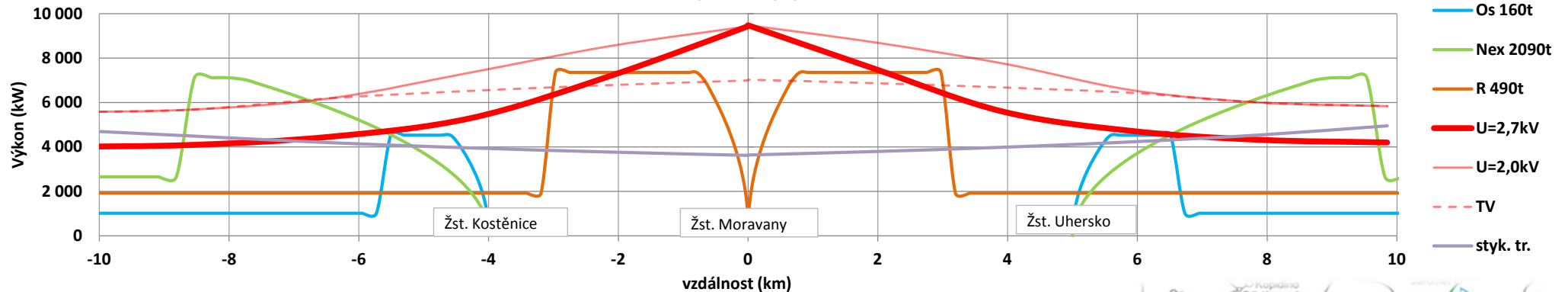
Úbytek napětí na kolejnici



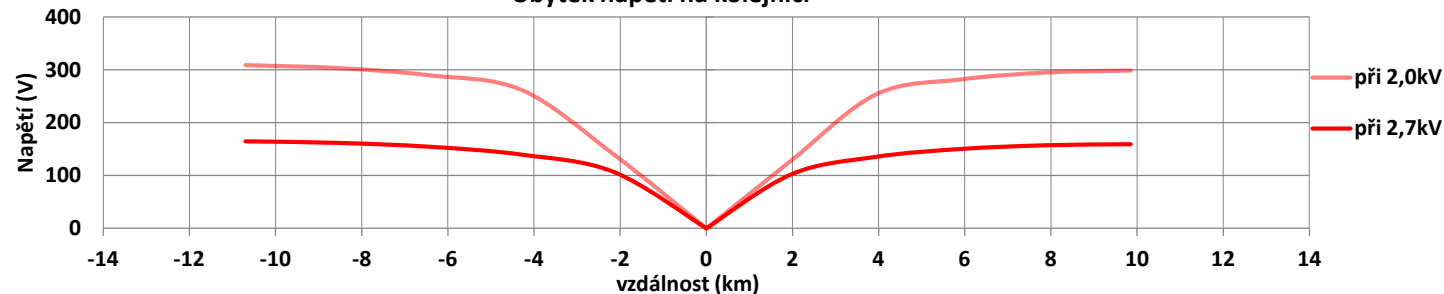
Trakční napájecí stanice Moravany 2015 - 3kV =



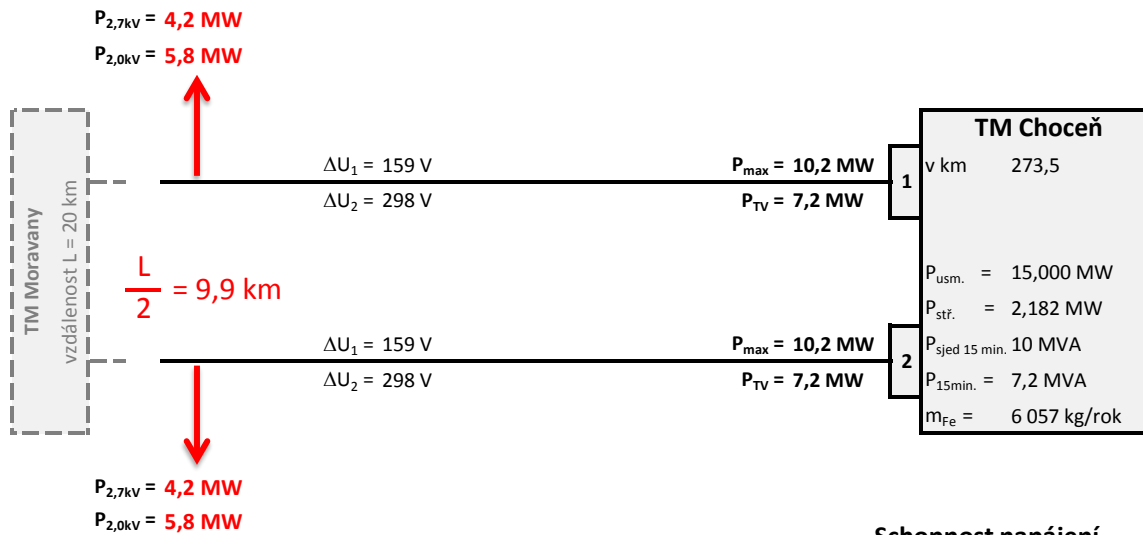
Schopnost napájení



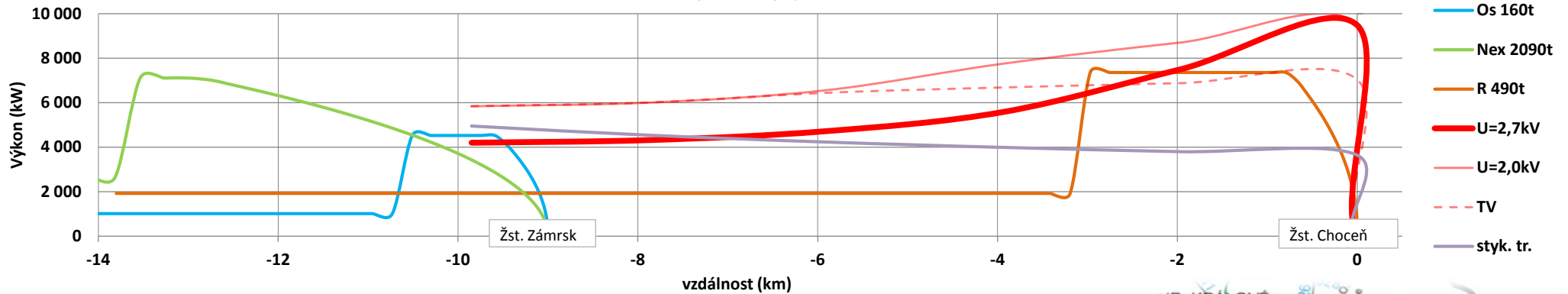
Úbytek napětí na kolejnici



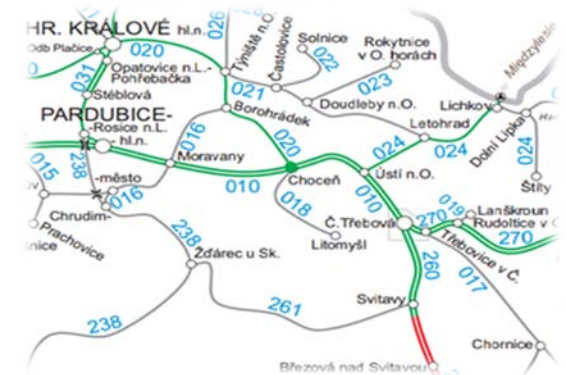
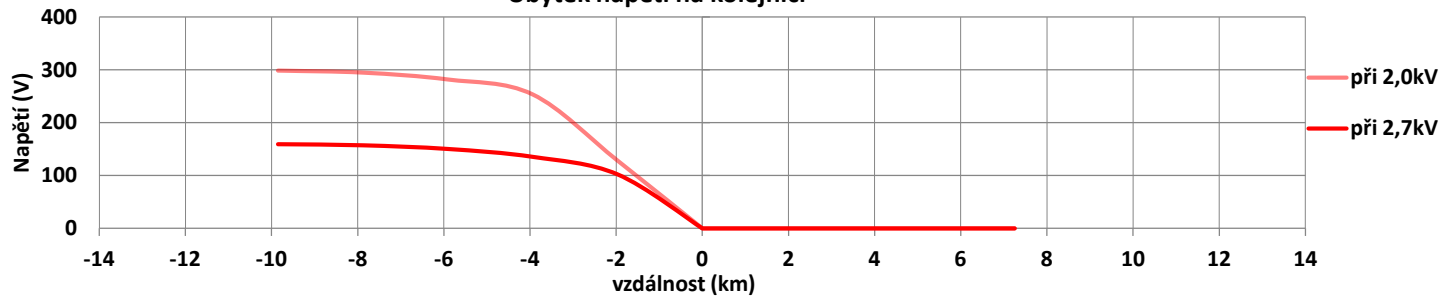
Trakční napájecí stanice Choceň 2015 - 3kV =



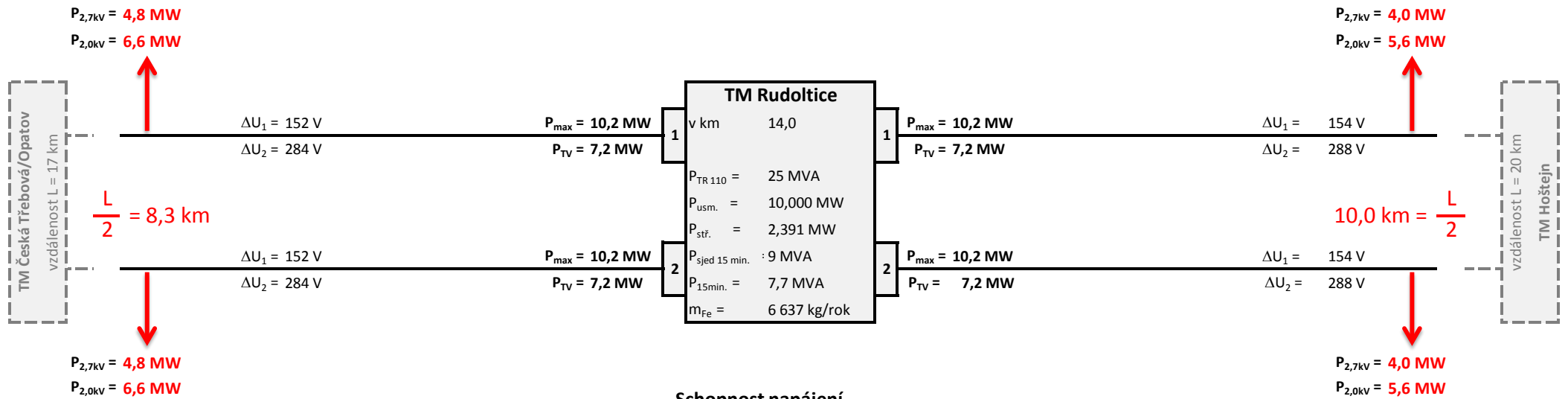
Schopnost napájení



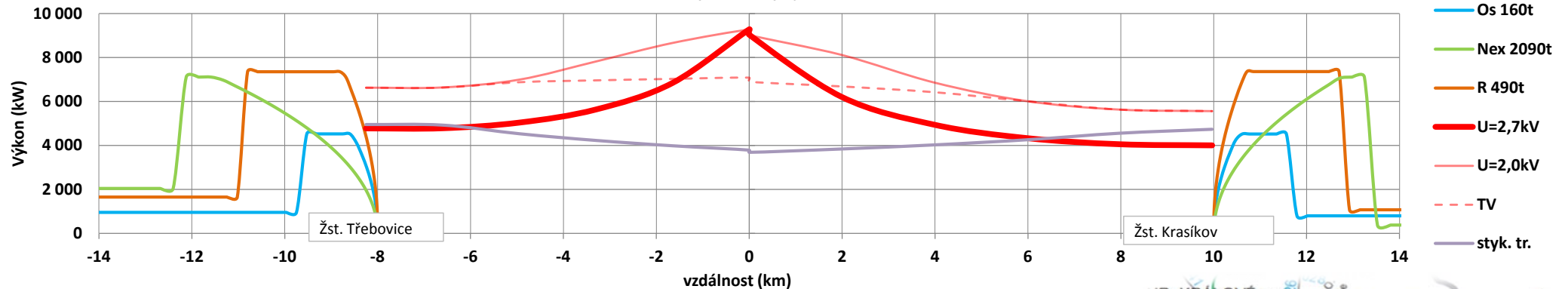
Úbytek napětí na kolejnici



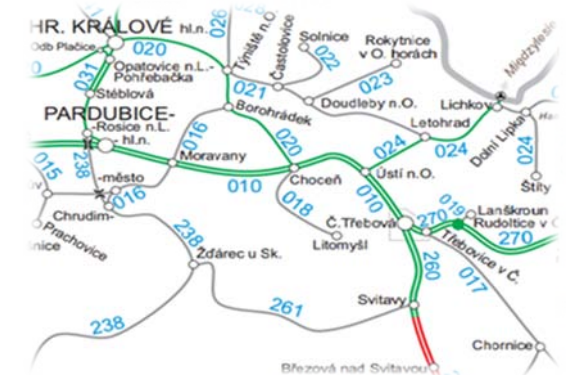
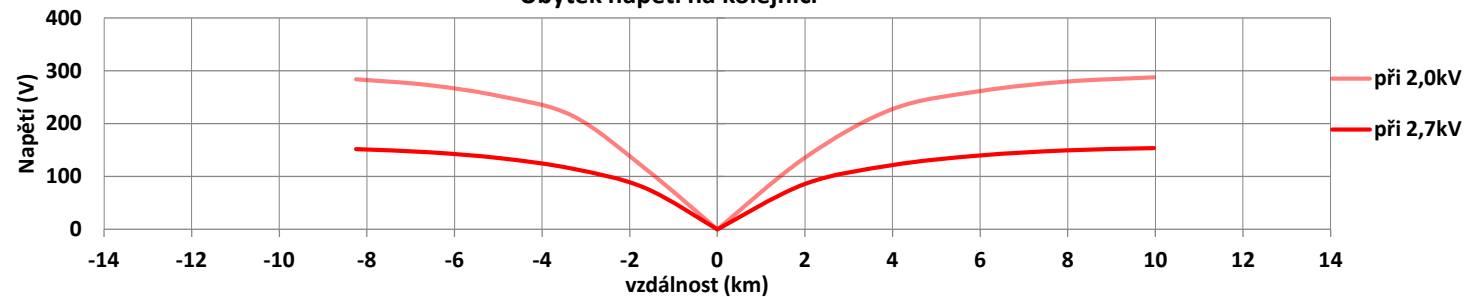
Trakční napájecí stanice Rudoltice 2015 - 3kV =



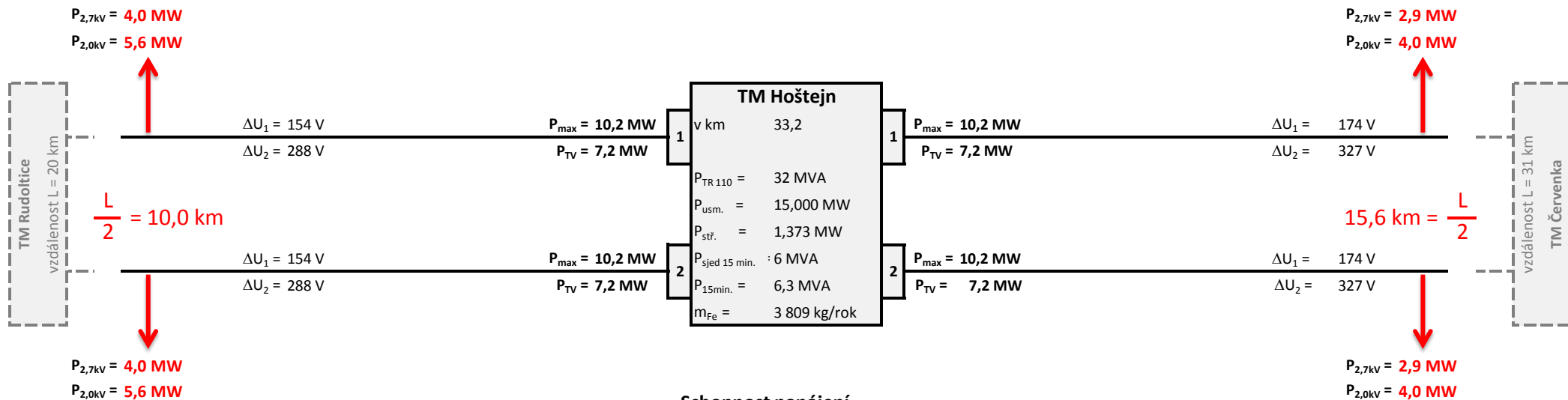
Schopnost napájení



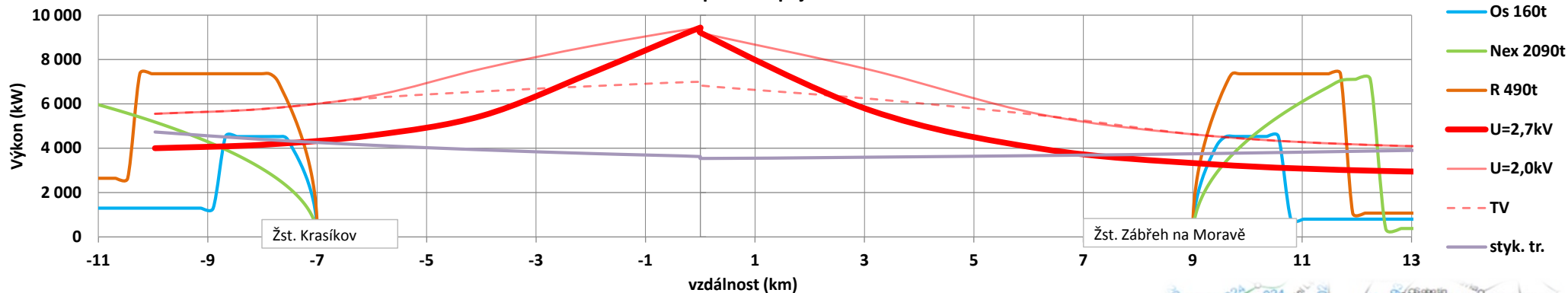
Úbytek napětí na kolejnici



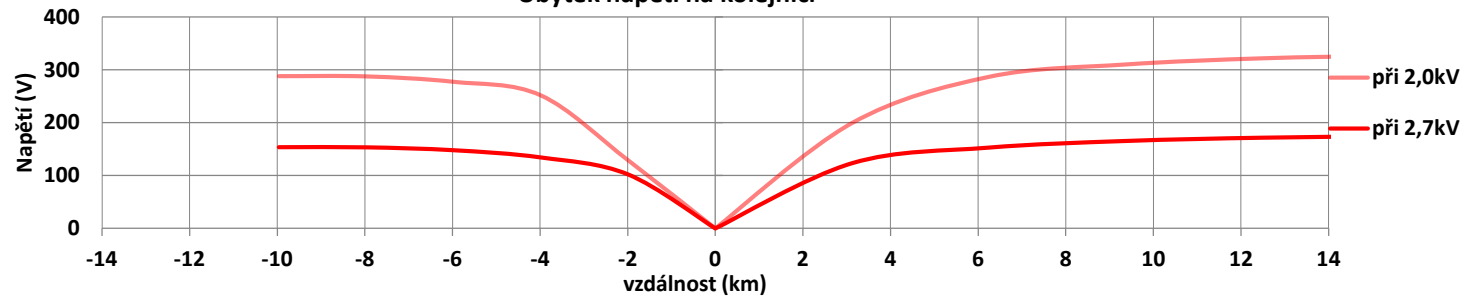
Trakční napájecí stanice Hoštejn 2015 - 3kV =



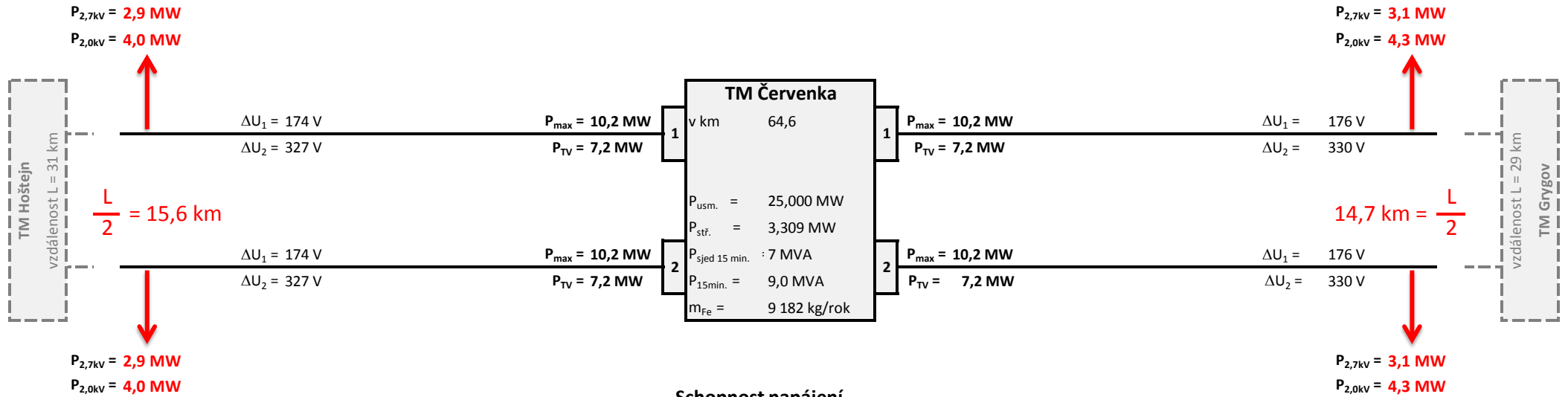
Schopnost napájení



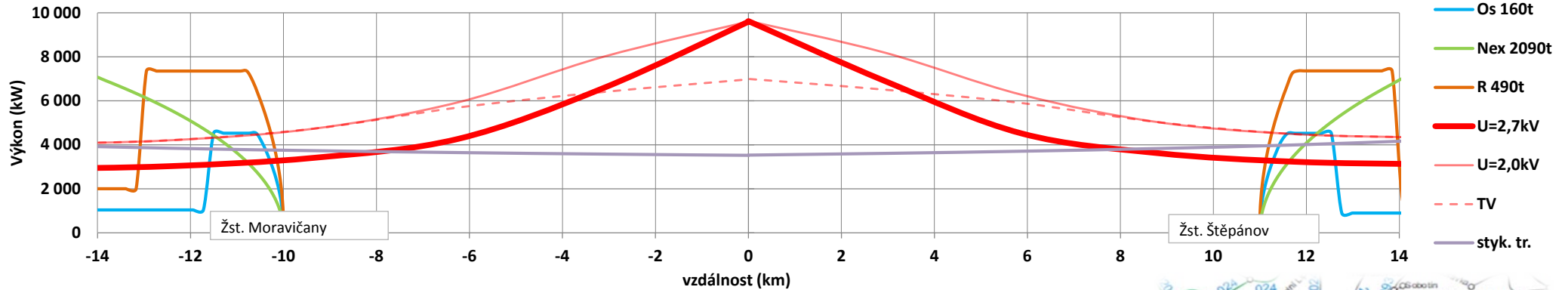
Úbytek napětí na kolejnici



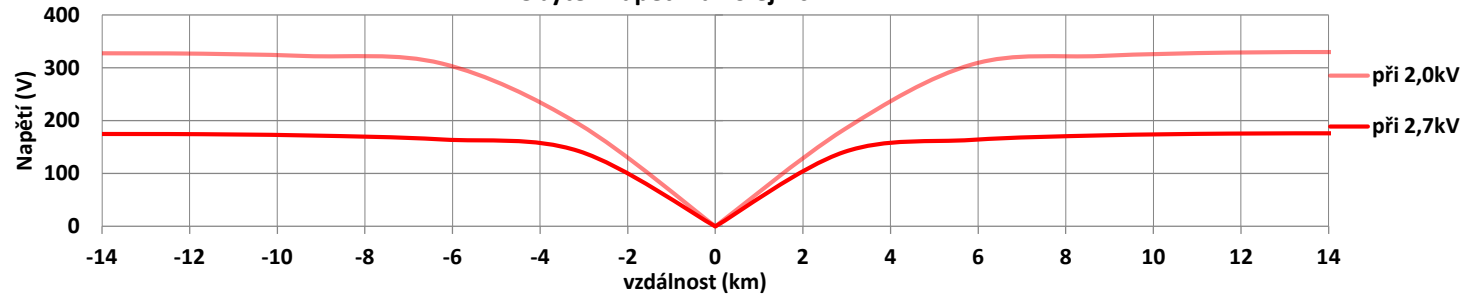
Trakční napájecí stanice Červenka 2015 - 3kV =



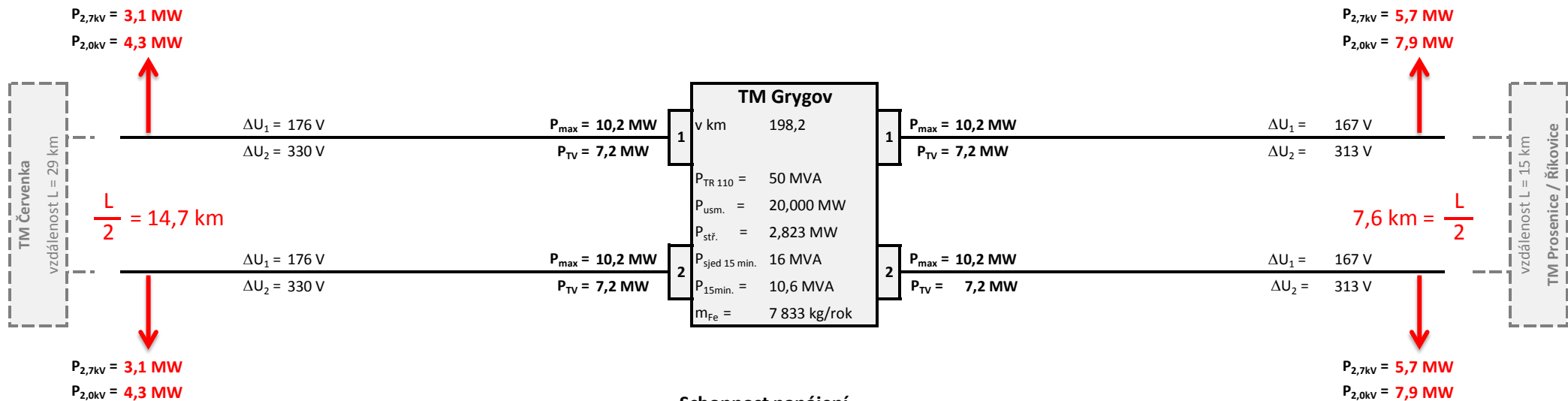
Schopnost napájení



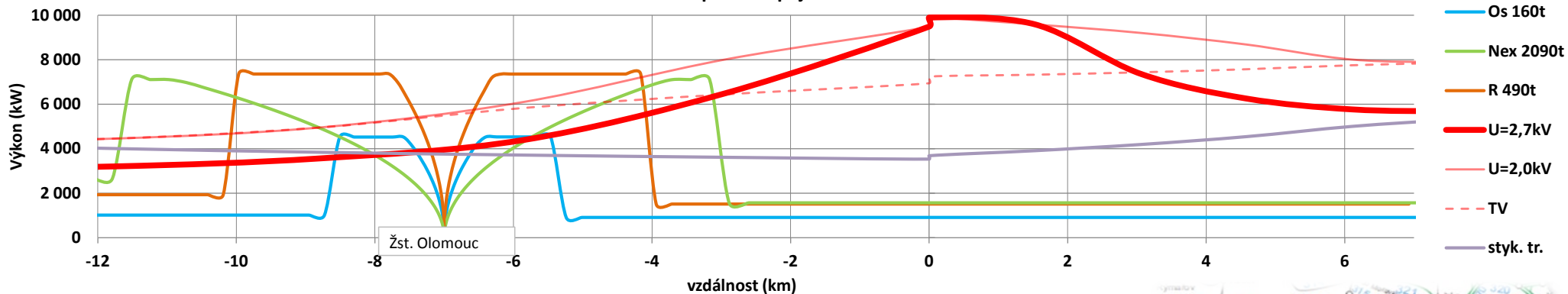
Úbytek napětí na kolejnici



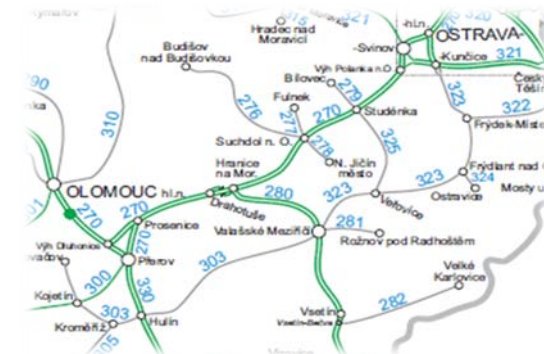
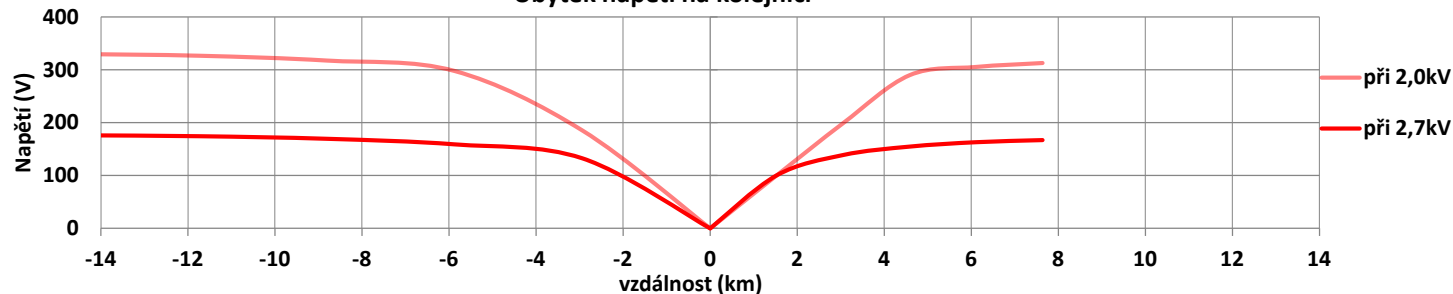
Trakční napájecí stanice Grygov 2015 - 3kV =



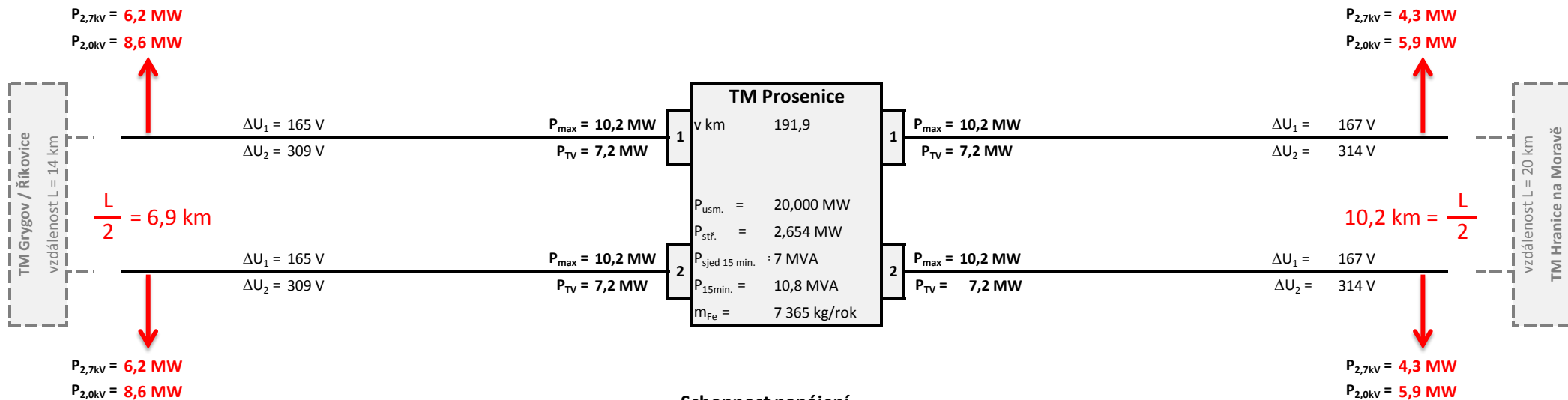
Schopnost napájení



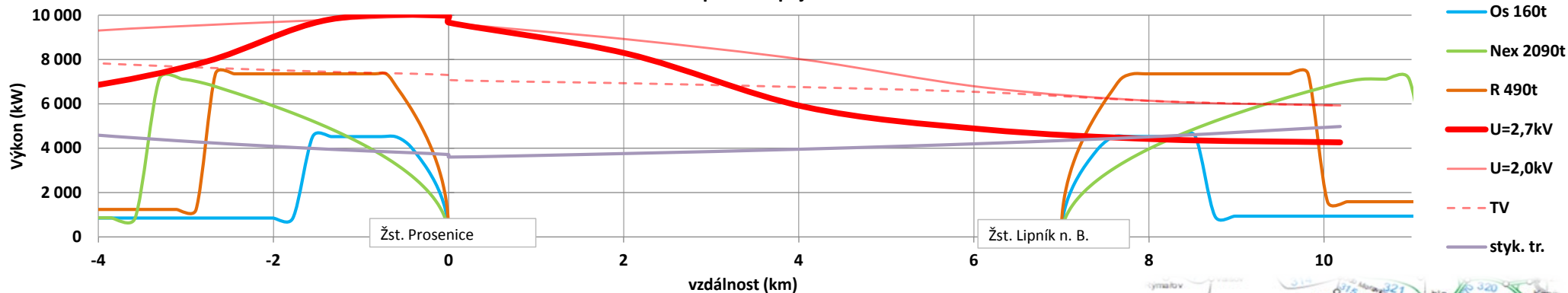
Úbytek napětí na kolejnici



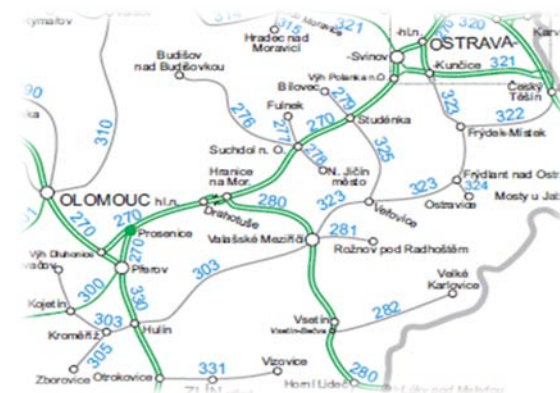
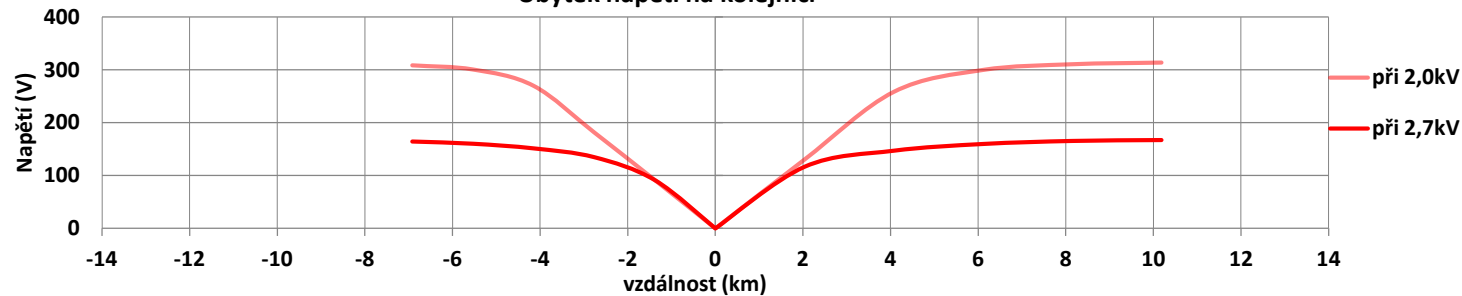
Trakční napájecí stanice Prosenice 2015 - 3kV =



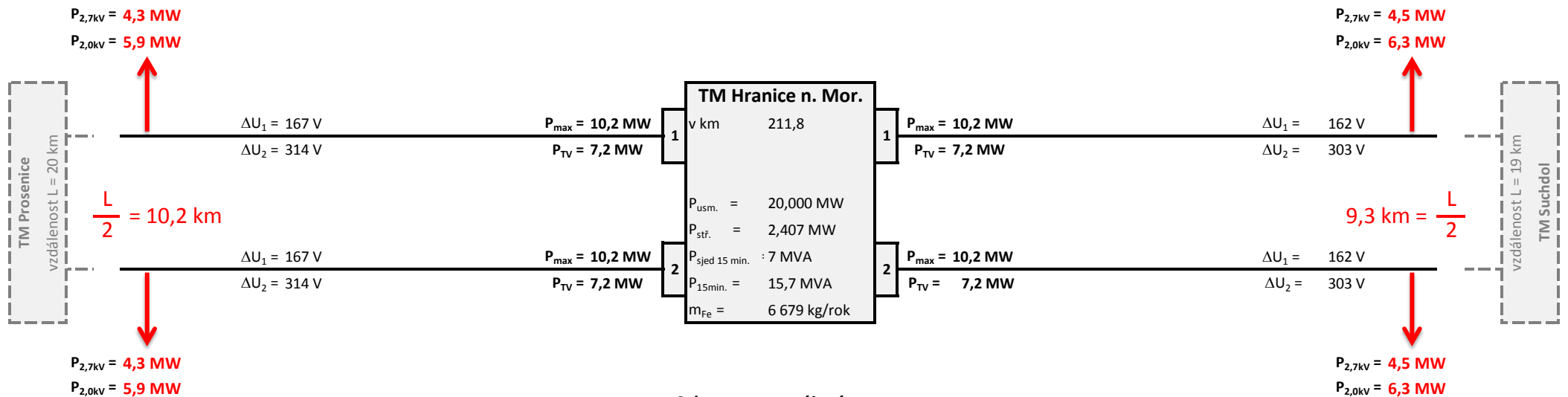
Schopnost napájení



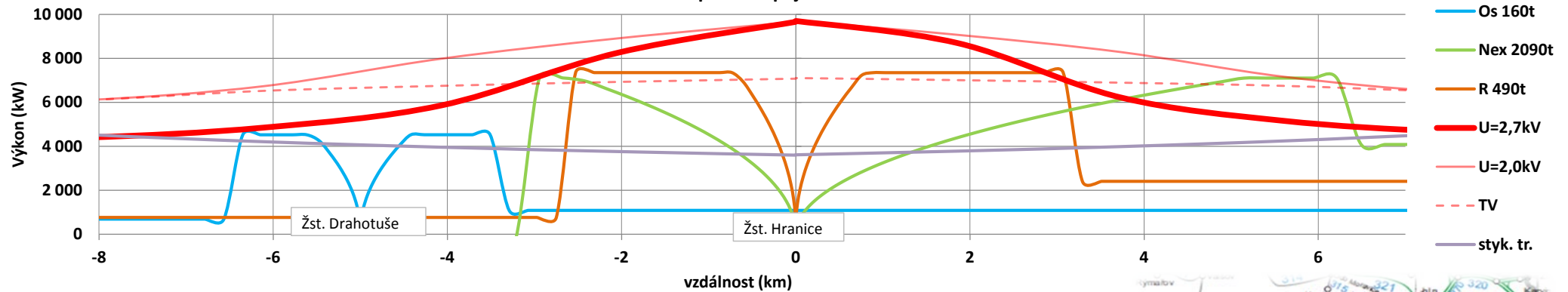
Úbytek napětí na kolejnici



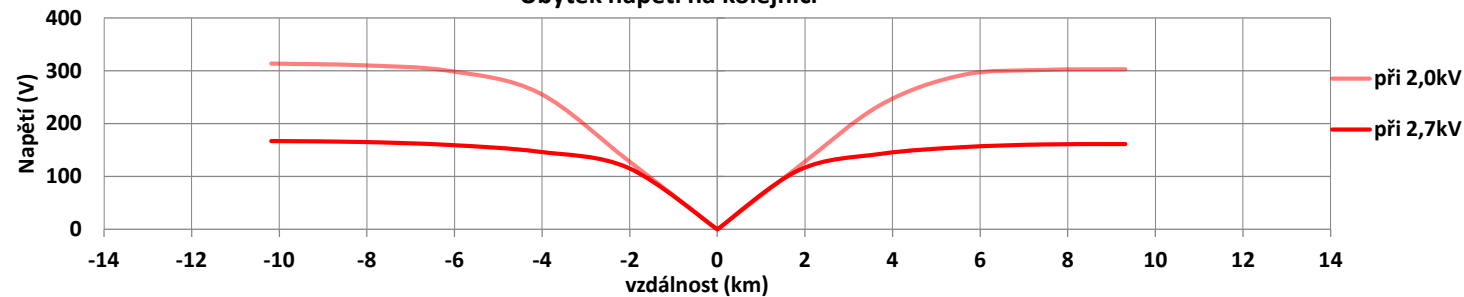
Trakční napájecí stanice Hranice na Moravě 2015 - 3kV =



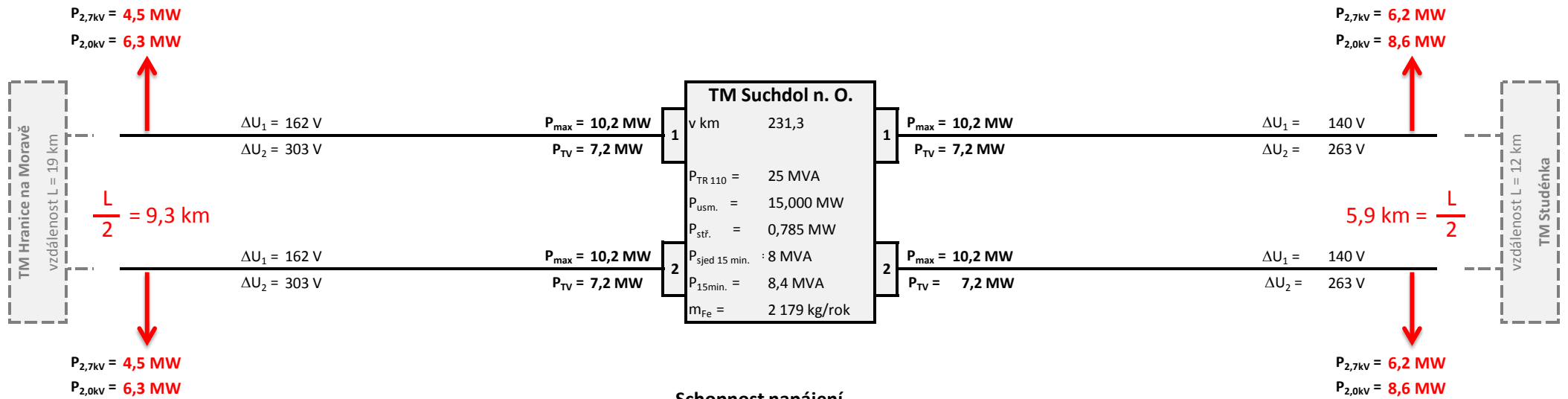
Schopnost napájení



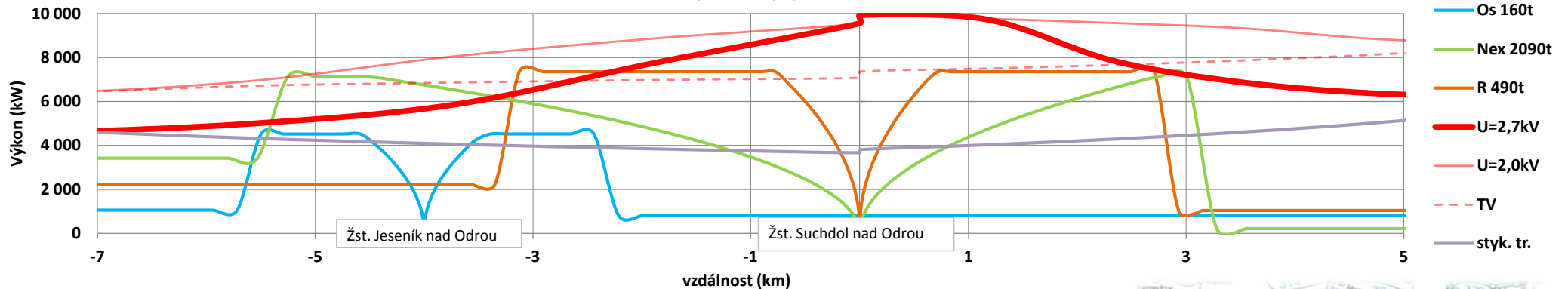
Úbytek napětí na kolejnici



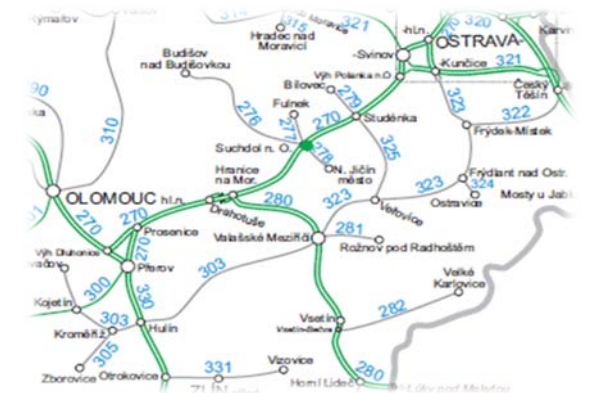
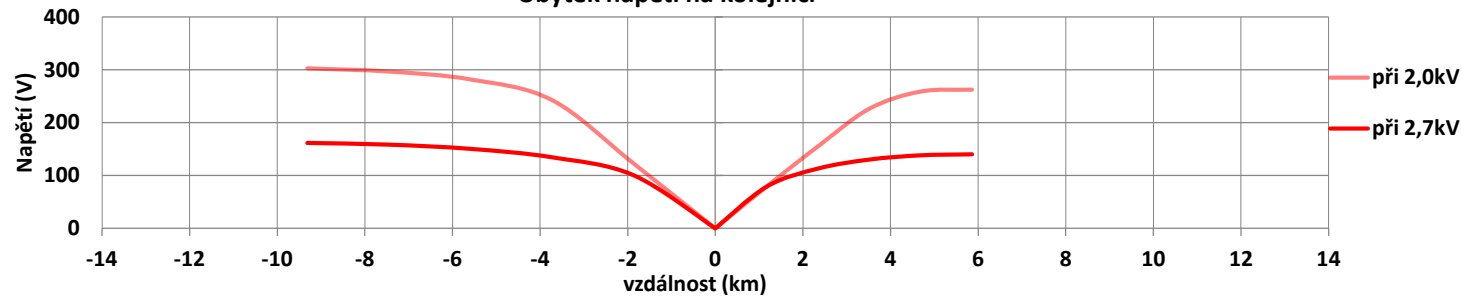
Trakční napájecí stanice Suchdol n. O. 2015 - 3kV =



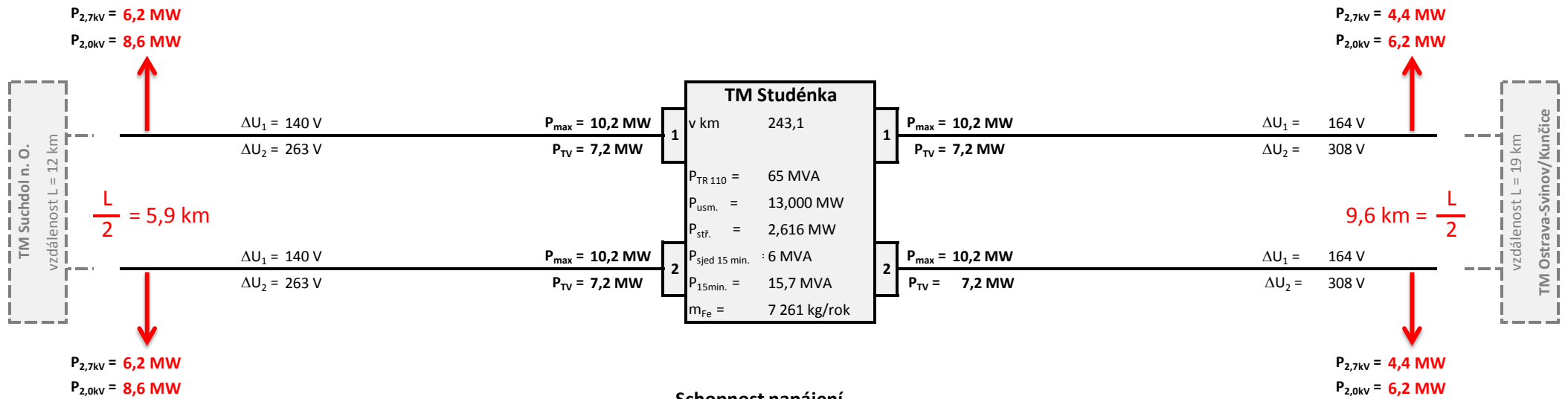
Schopnost napájení



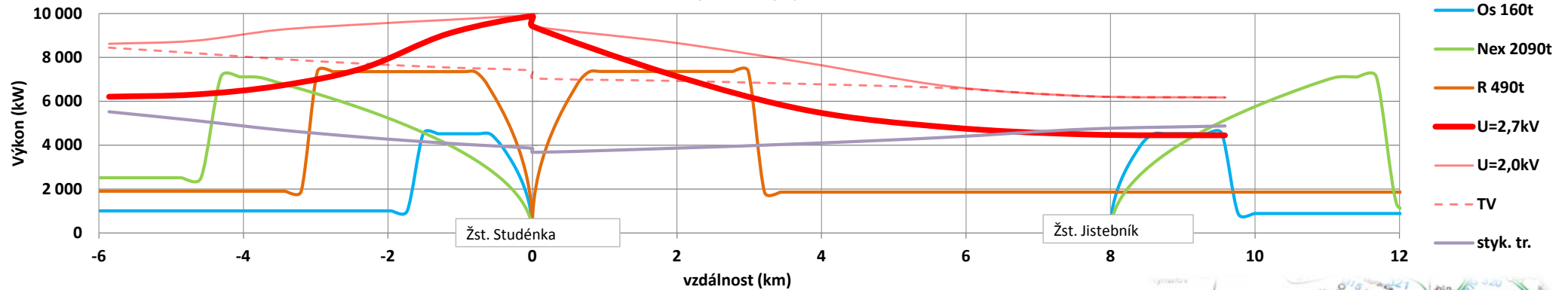
Úbytek napětí na kolejnici



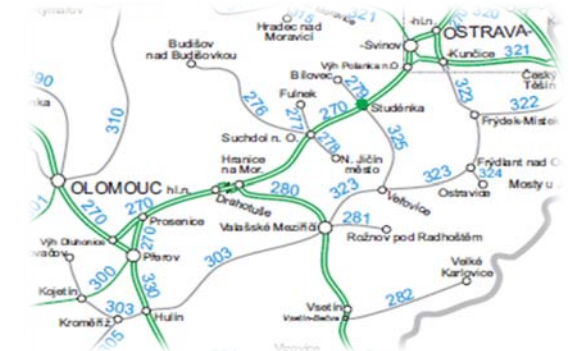
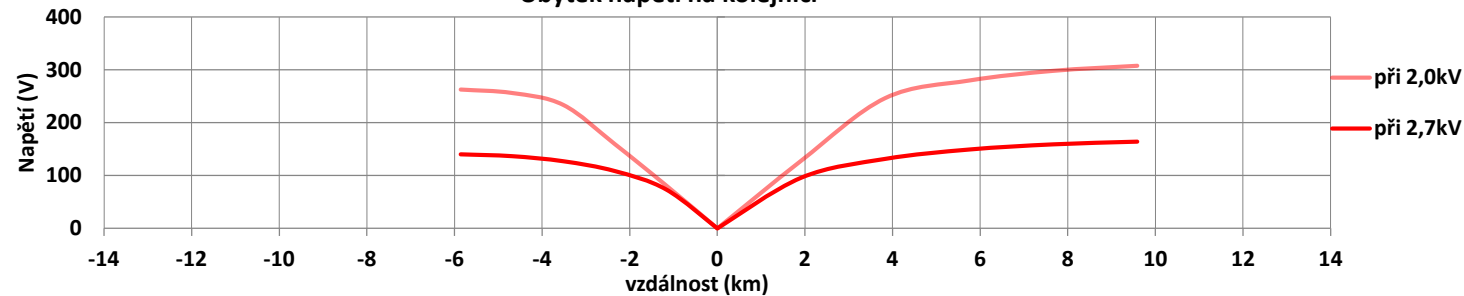
Trakční napájecí stanice Studénka 2015 - 3kV =



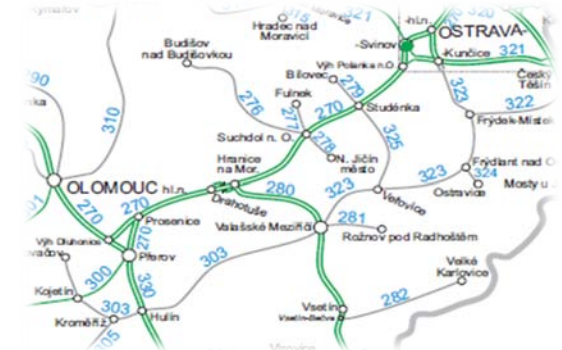
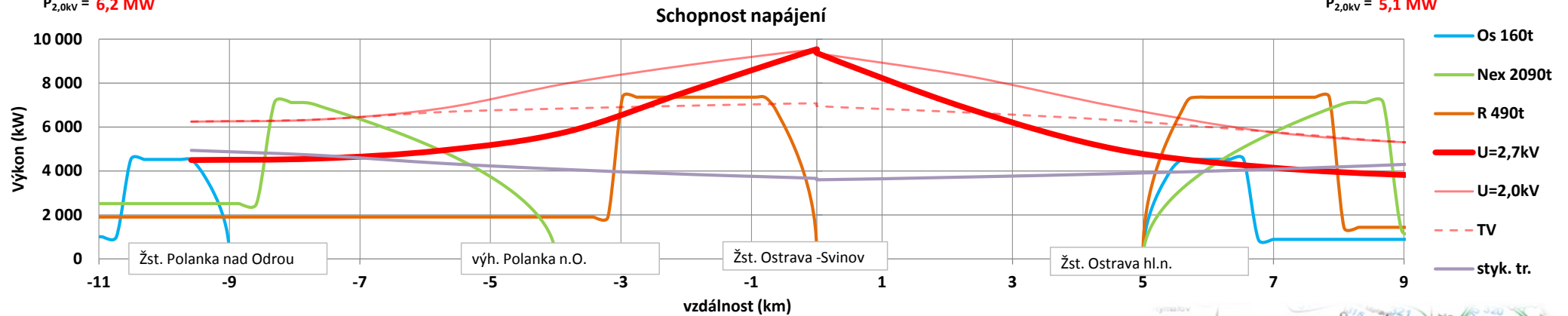
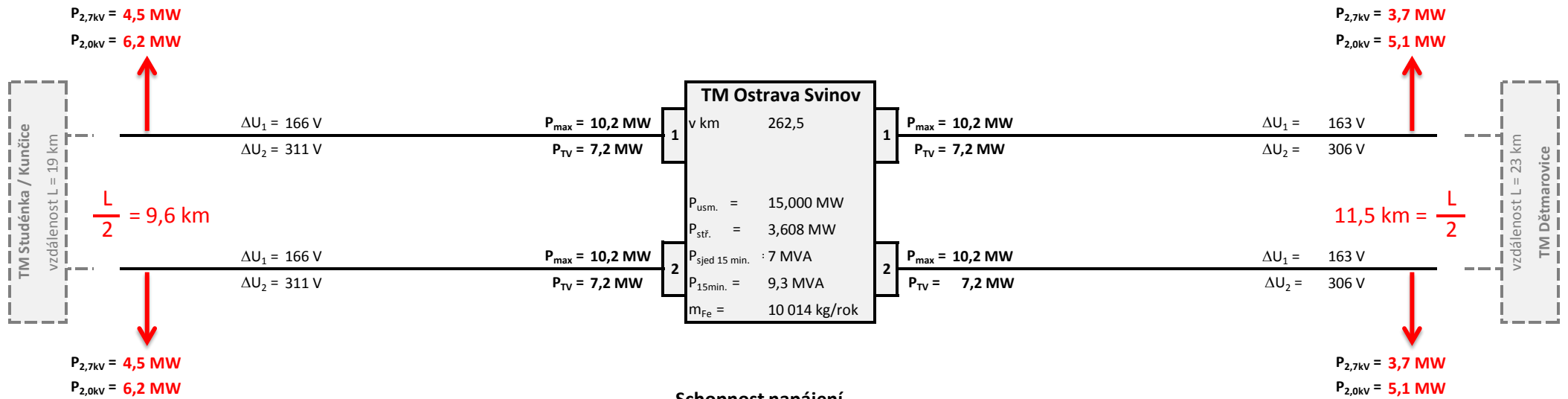
Schopnost napájení



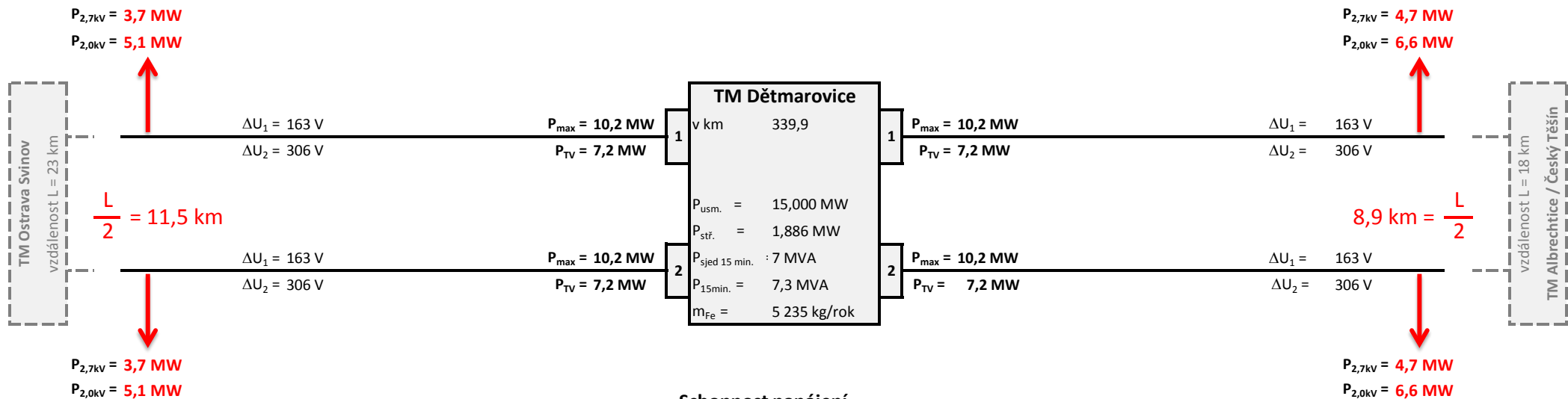
Úbytek napětí na kolejnici



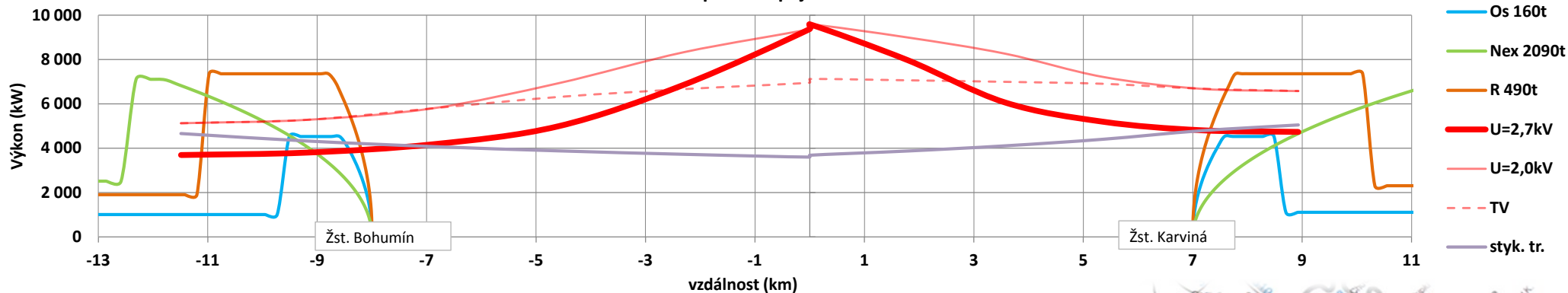
Trakční napájecí stanice Ostrava Svinov 2015 - 3kV =



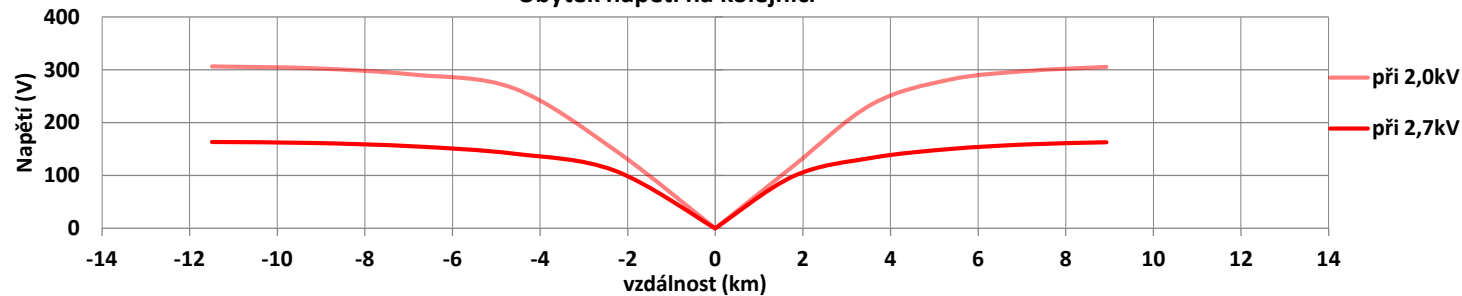
Trakční napájecí stanice Dětmárovice 2015 - 3kV =



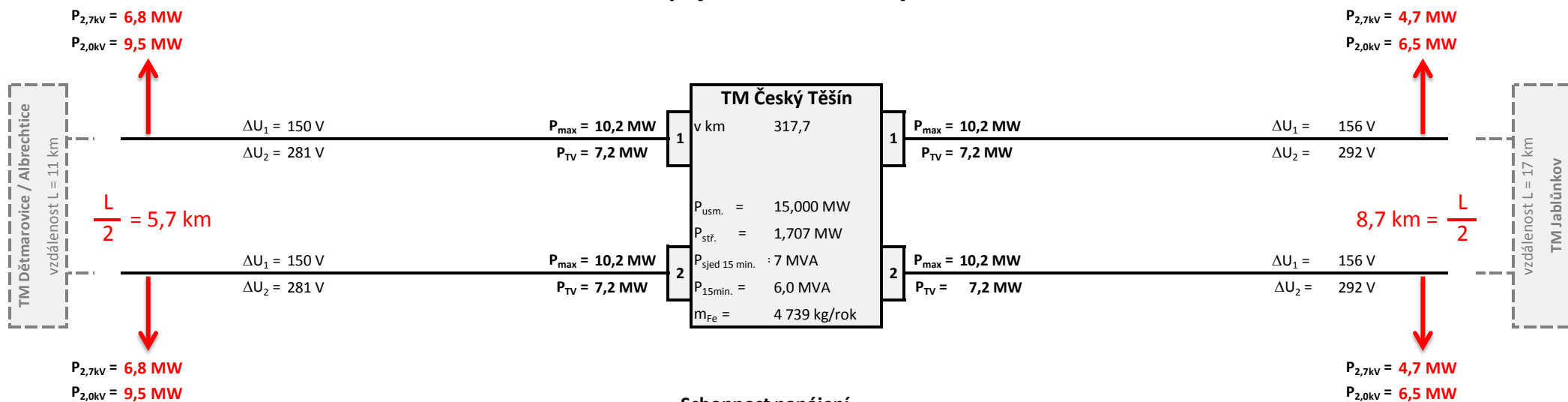
Schopnost napájení



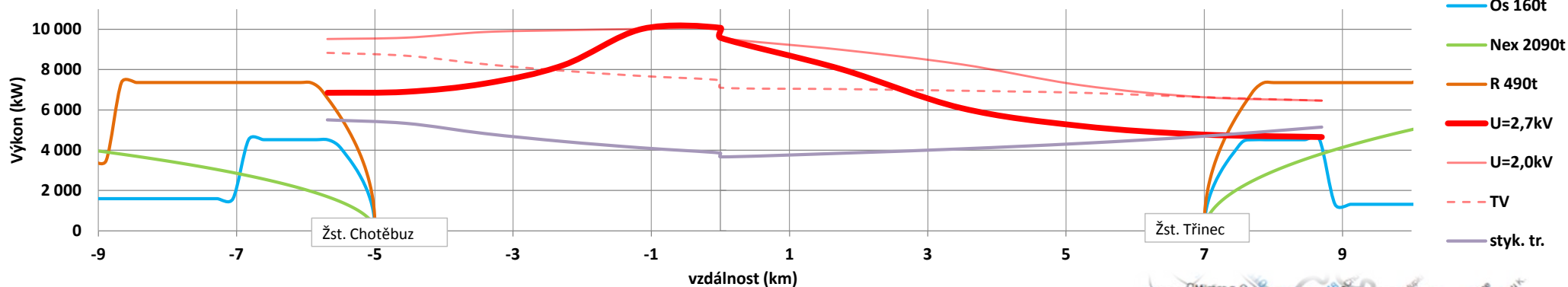
Úbytek napětí na kolejnici



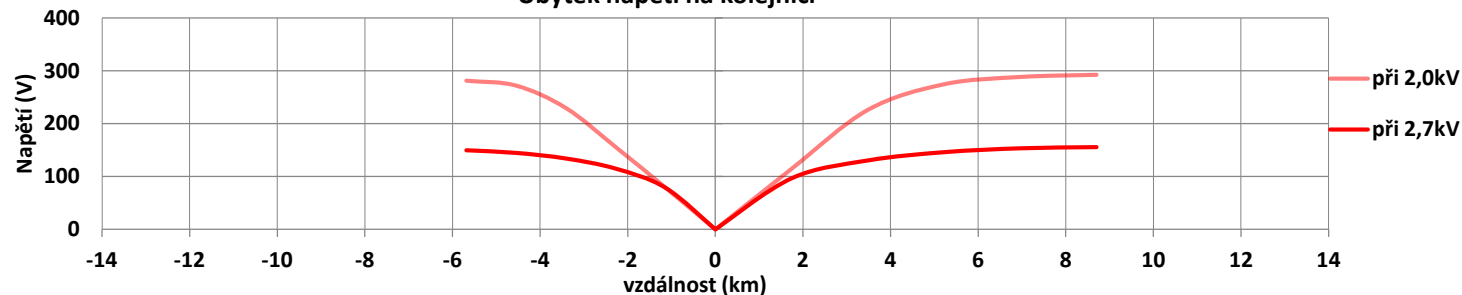
Trakční napájecí stanice Český Těšín 2015 - 3kV =



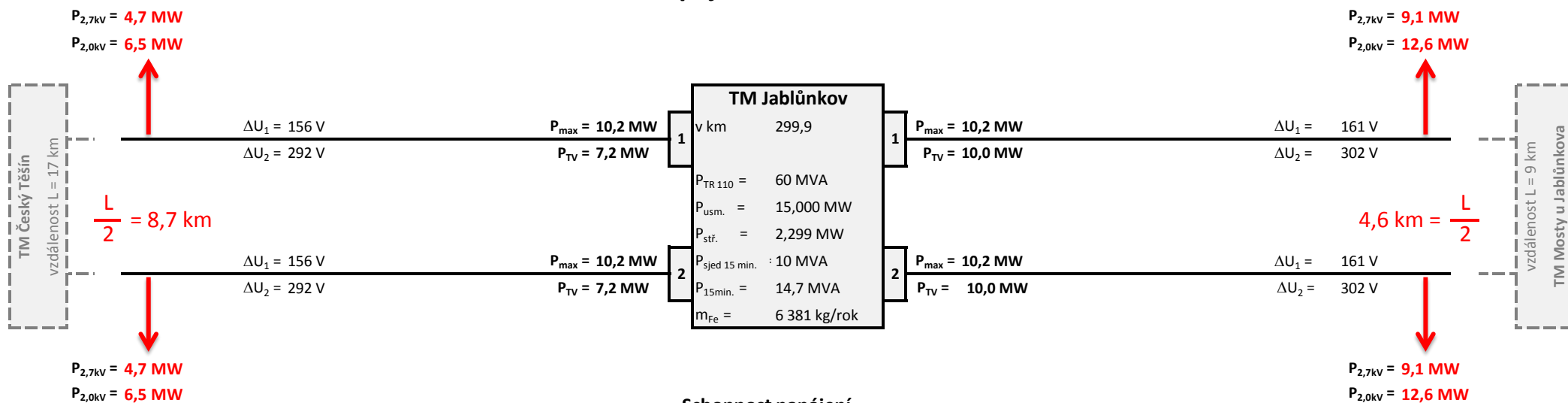
Schopnost napájení



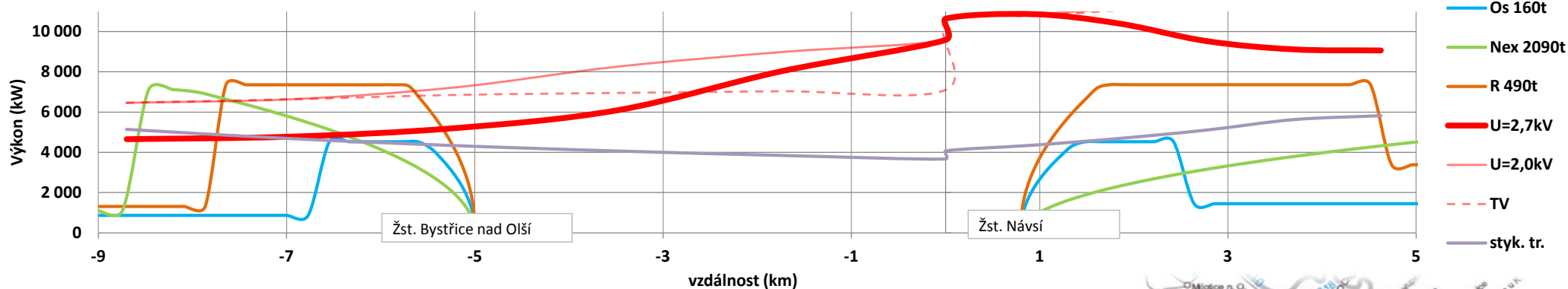
Úbytek napětí na kolejnici



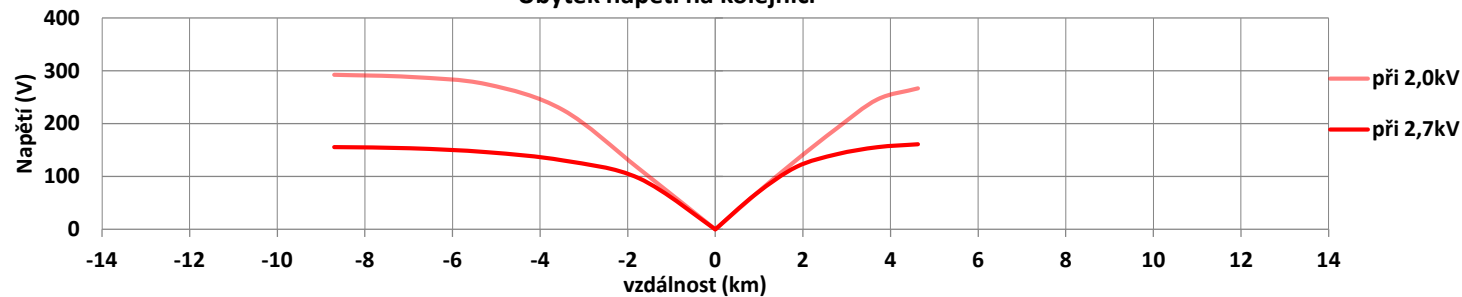
Trakční napájecí stanice Jablůnkov 2015 - 3kV =



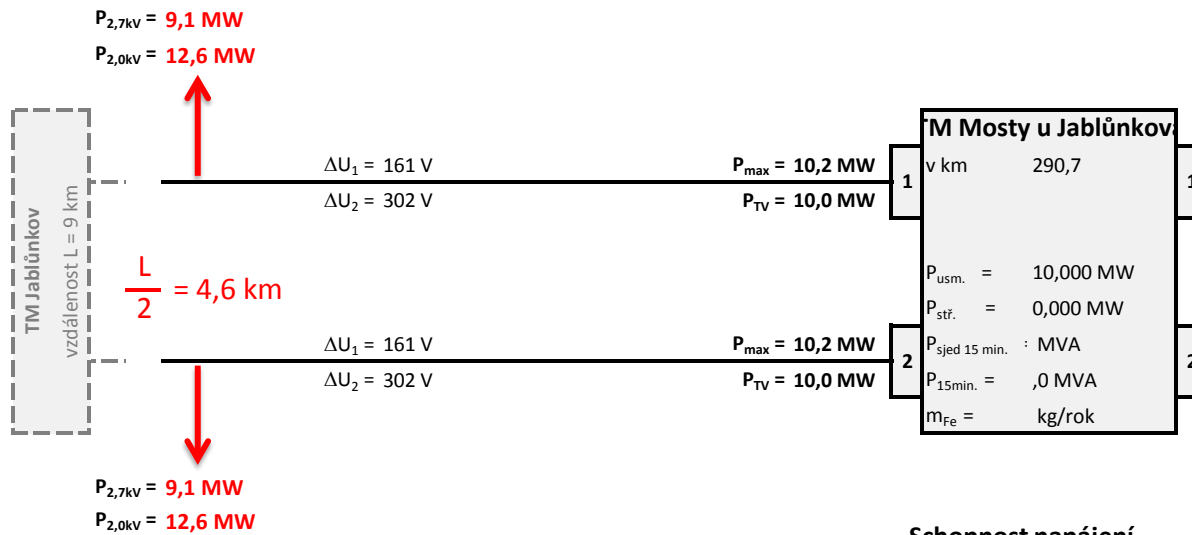
Schopnost napájení



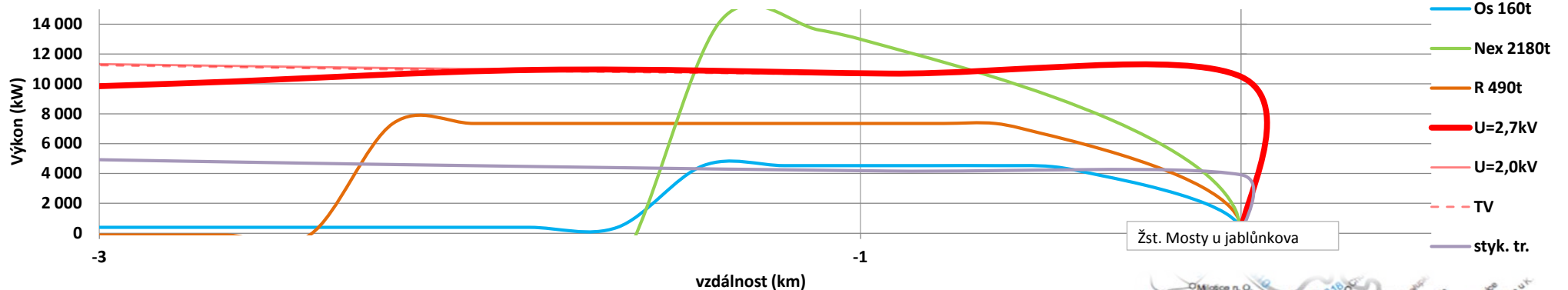
Úbytek napětí na kolejnici



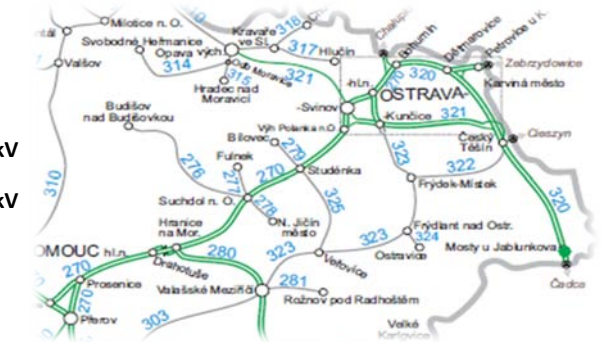
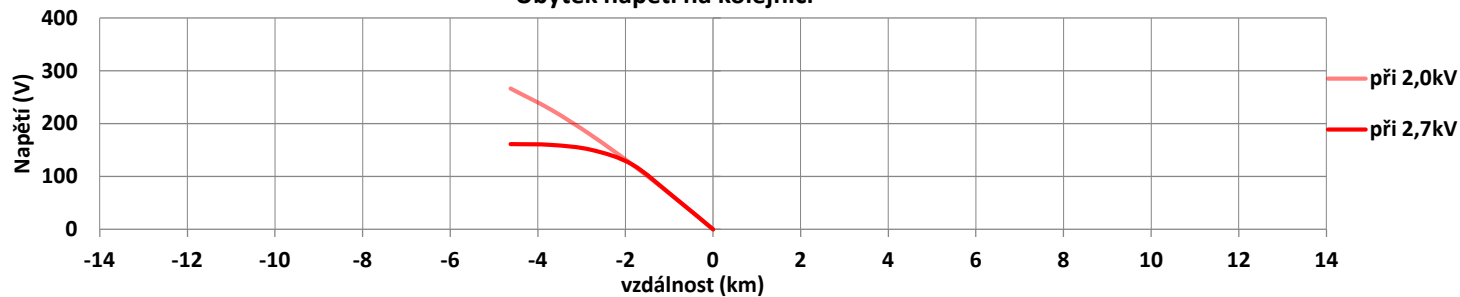
Trakční napájecí stanice Otrokovice 2015 - 3kV =



Schopnost napájení

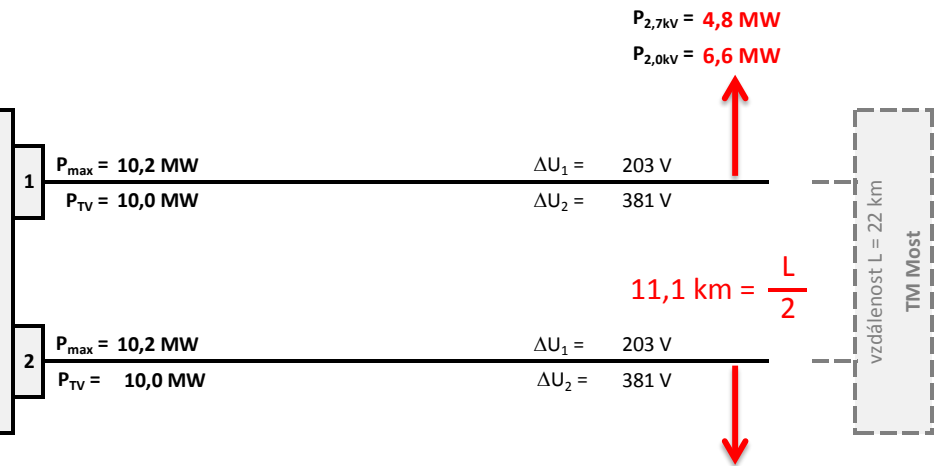


Úbytek napětí na kolejnici

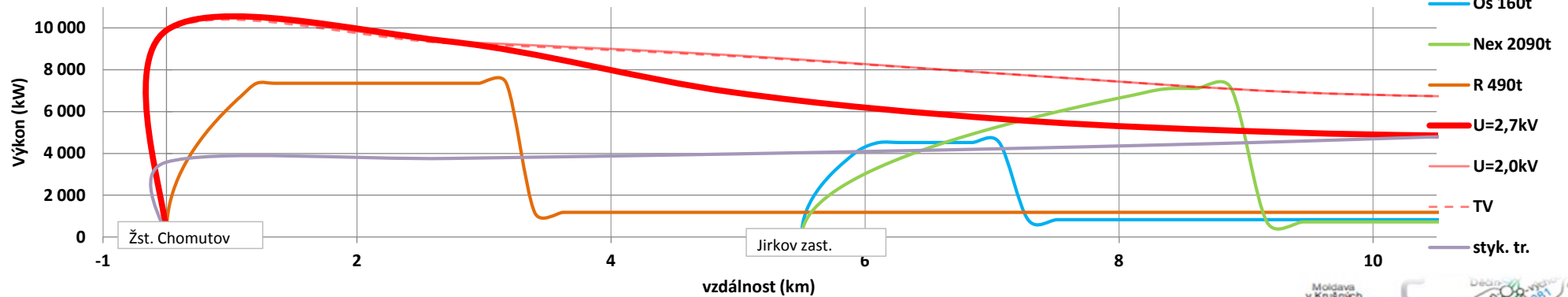


Trakční napájecí stanice Chomutov 2015 - 3kV =

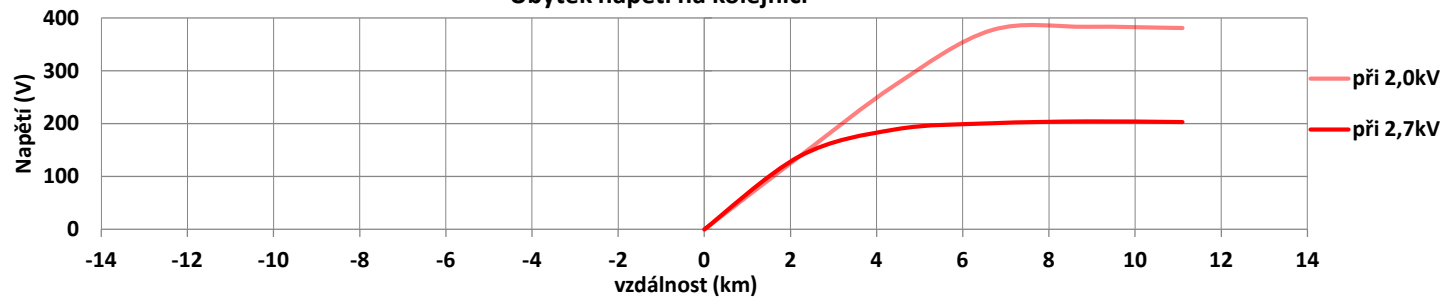
TM Chomutov	
v km	1,1
$P_{\text{usm.}}$	15,000 MW
$P_{\text{stř.}}$	0,486 MW
$P_{\text{sjed 15 min.}}$	5 MVA
$P_{15\text{min.}}$	5,2 MVA
m_{Fe}	1 348 kg/rok



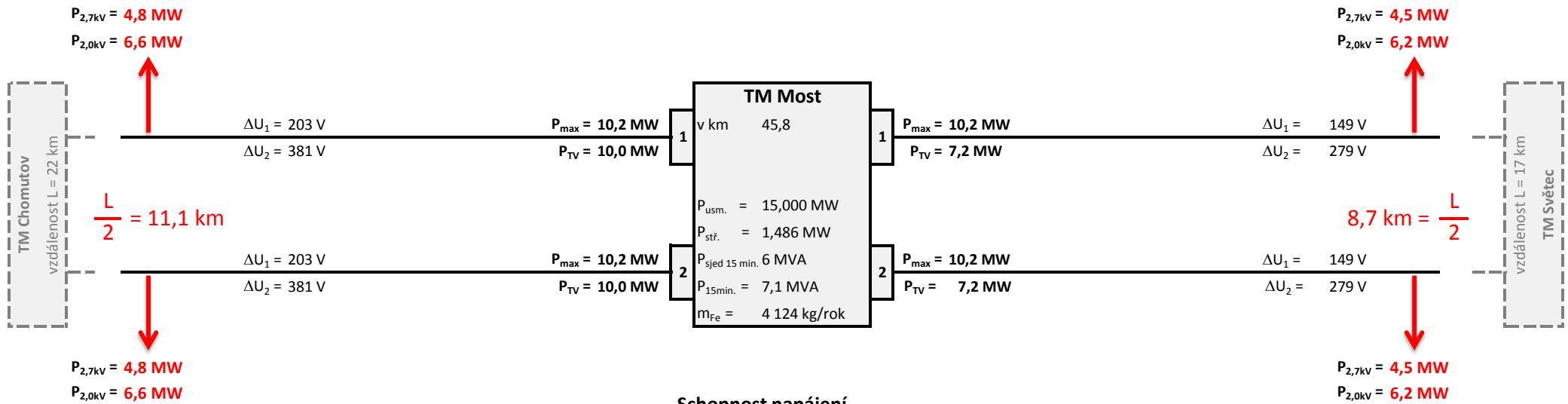
Schopnost napájení



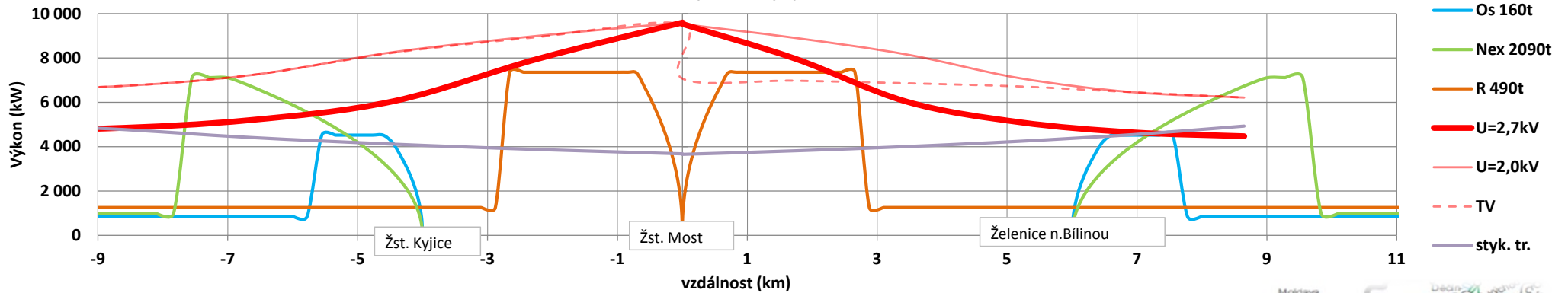
Úbytek napětí na kolejnici



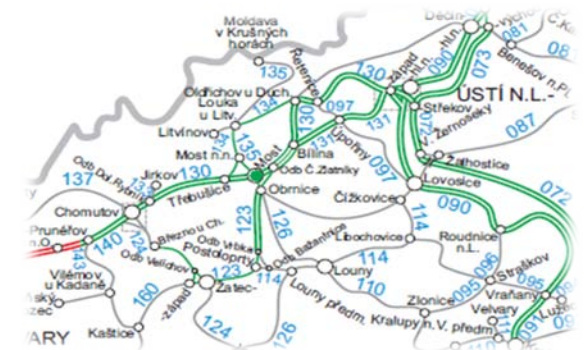
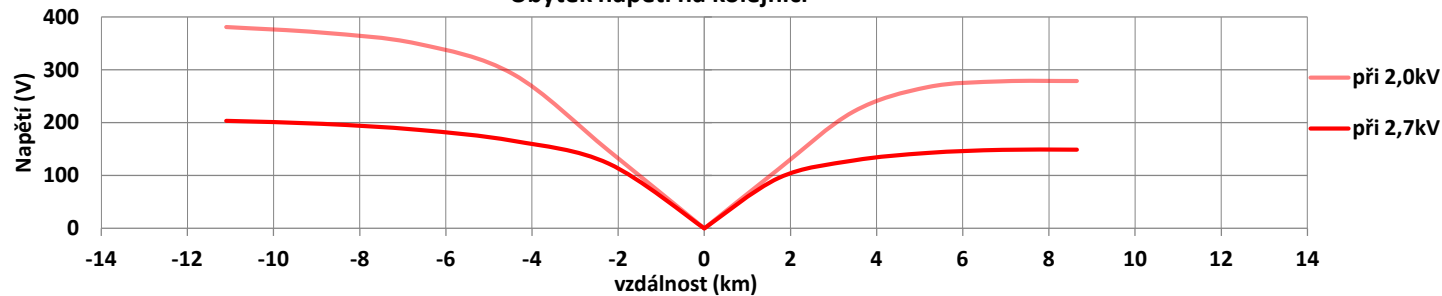
Trakční napájecí stanice Most 2015 - 3kV =



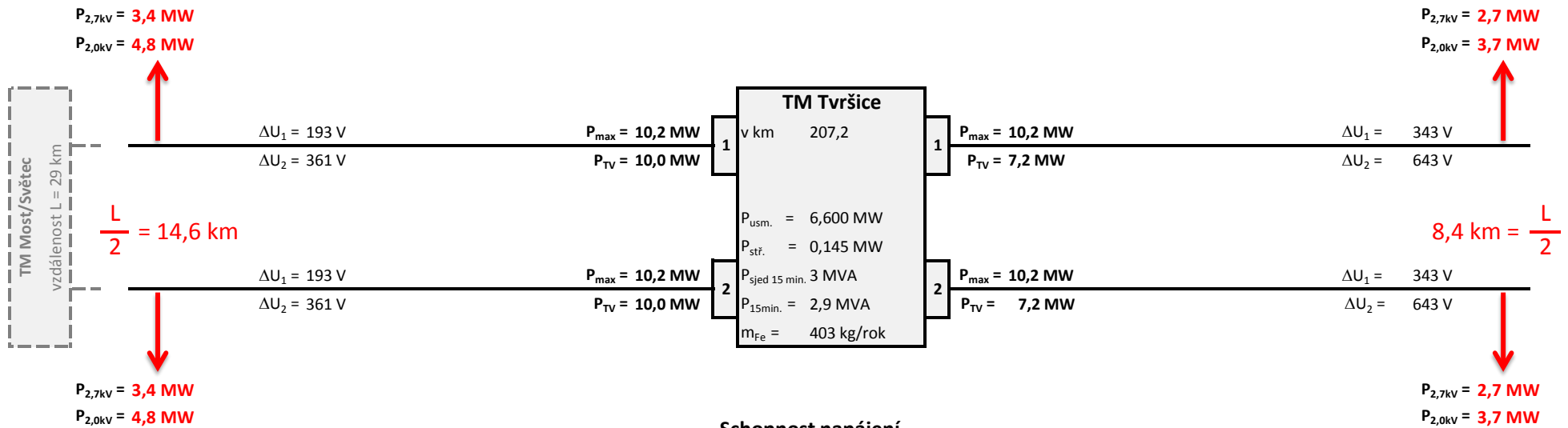
Schopnost napájení



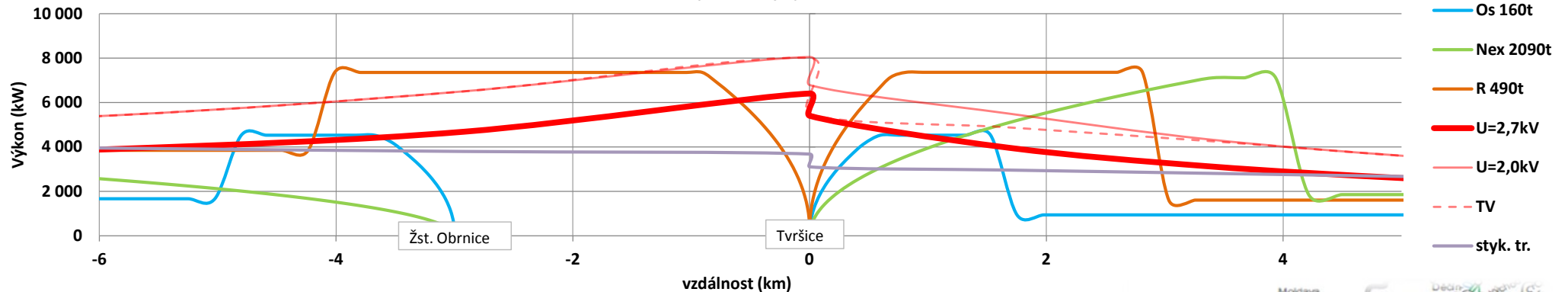
Úbytek napětí na kolejnici



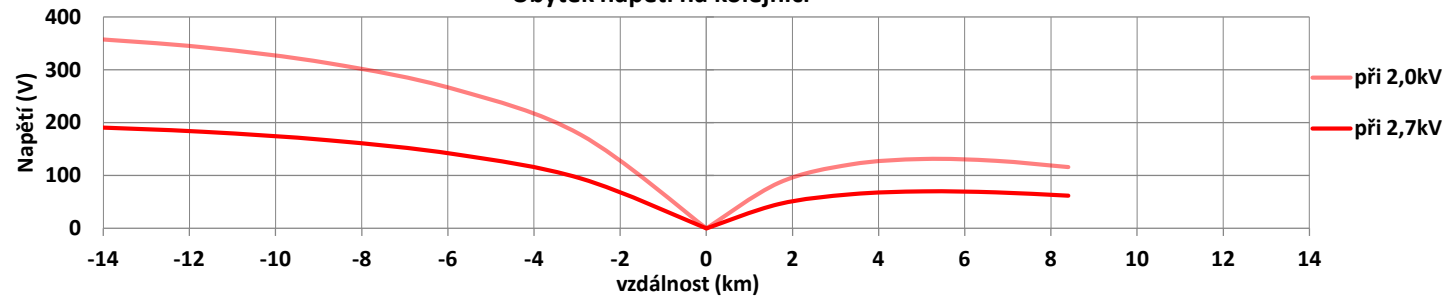
Trakční napájecí stanice Tvršice 2015 - 3kV =



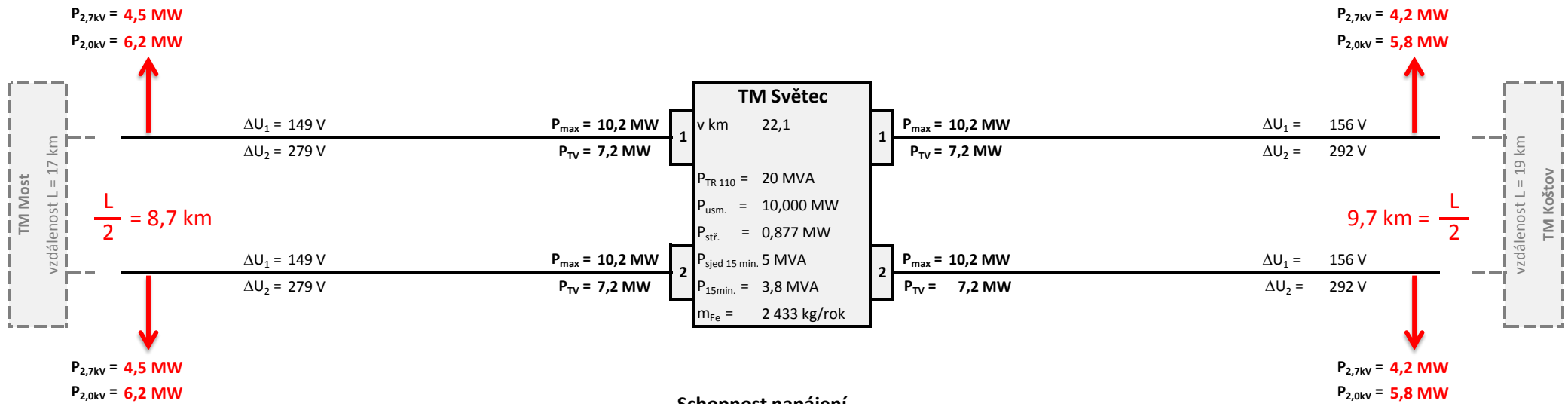
Schopnost napájení



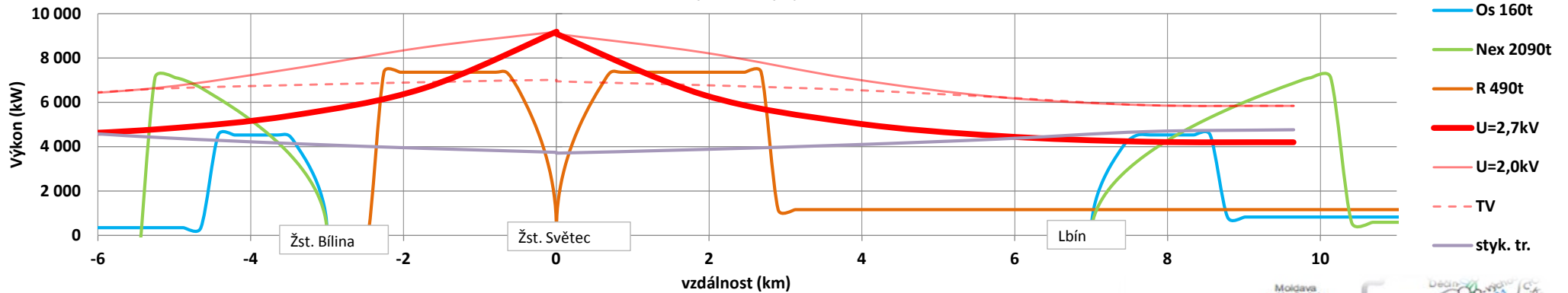
Úbytek napětí na kolejnici



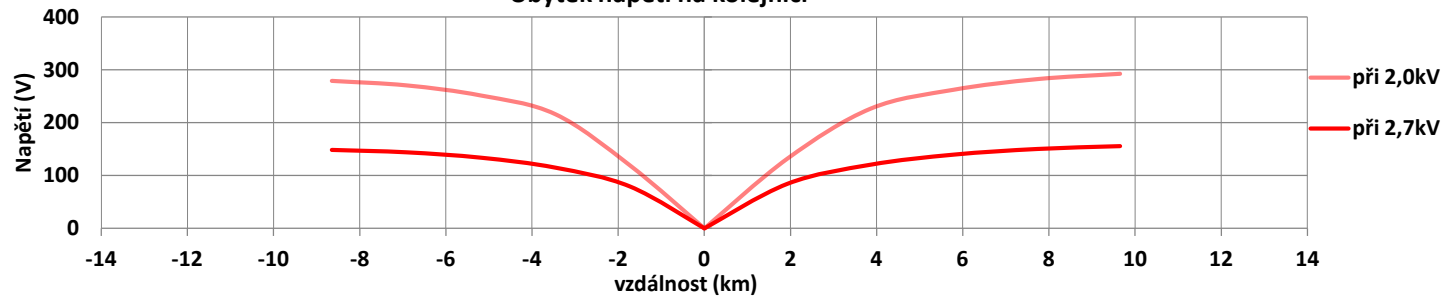
Trakční napájecí stanice Světec 2015 - 3kV =



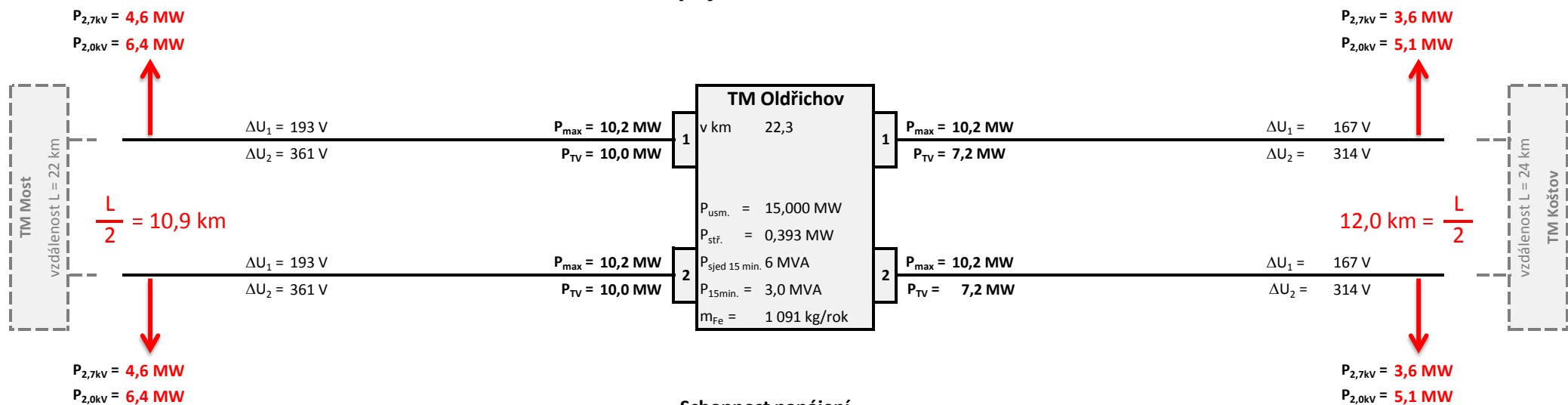
Schopnost napájení



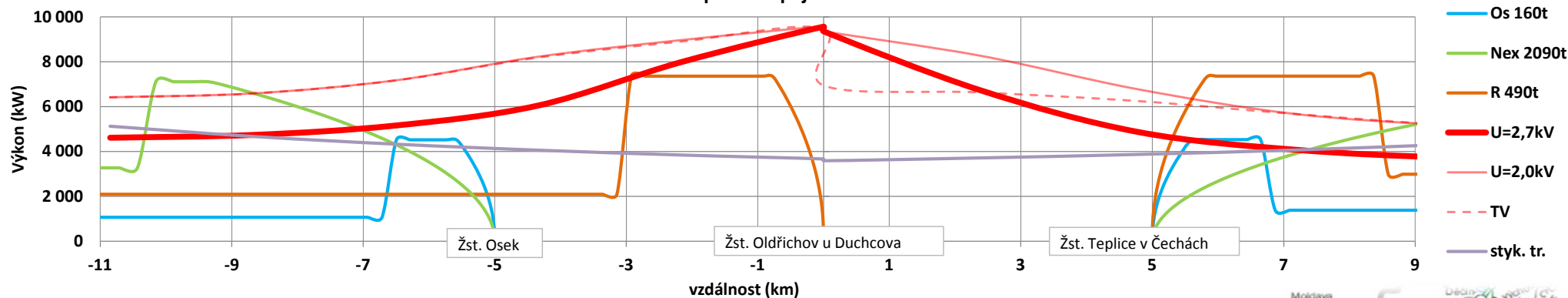
Úbytek napětí na kolejnici



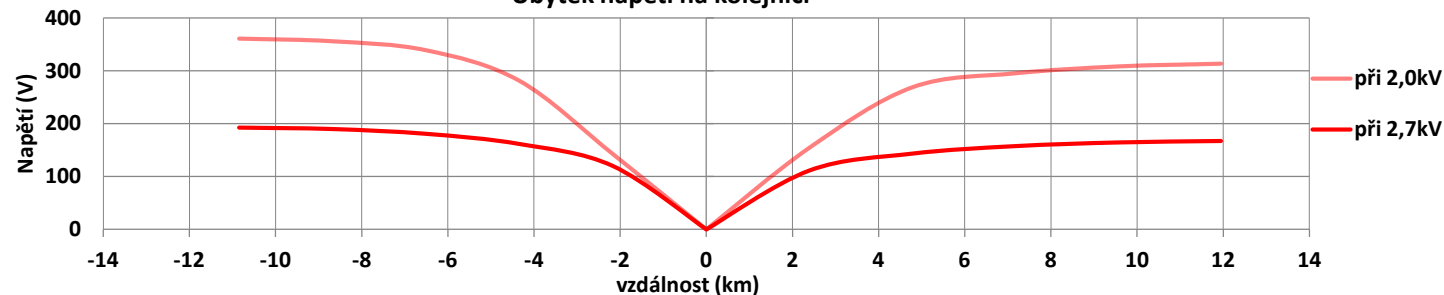
Trakční napájecí stanice Oldřichov 2015 - 3kV =



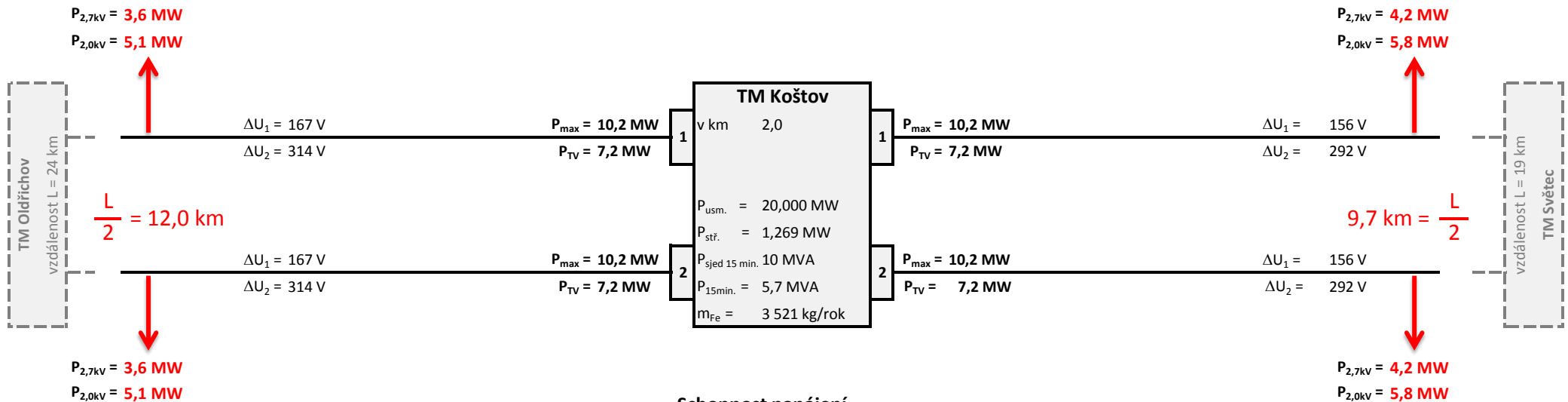
Schopnost napájení



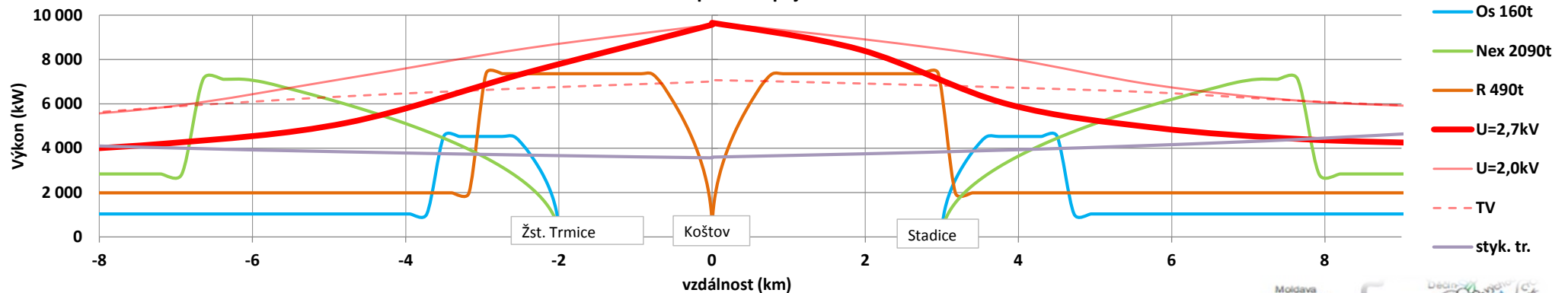
Úbytek napětí na kolejnici



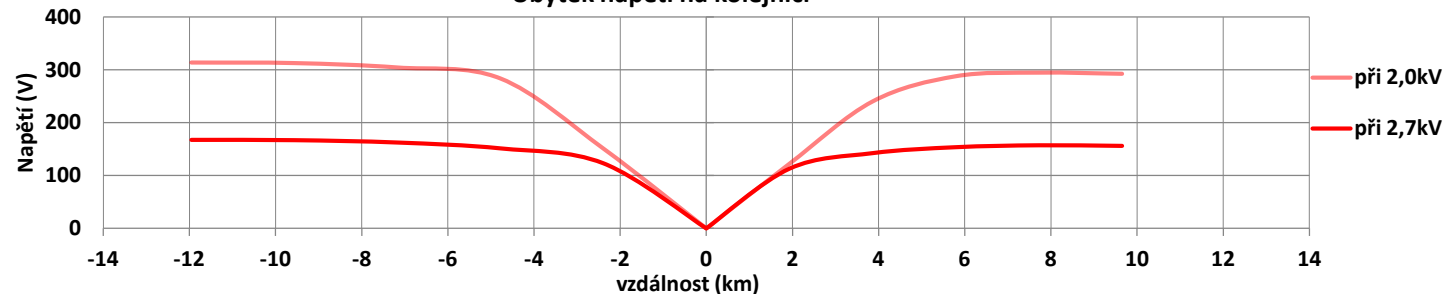
Trakční napájecí stanice Koštov 2015 - 3kV =



Schopnost napájení

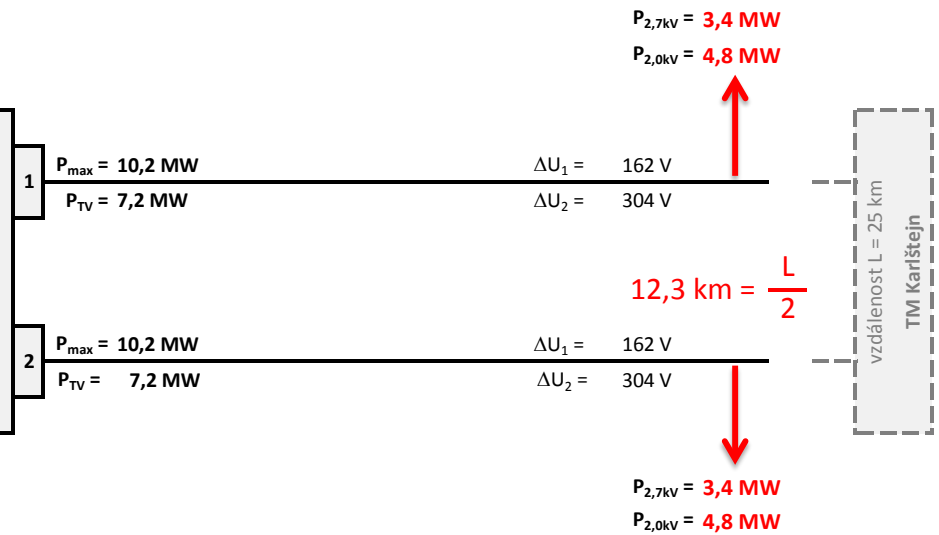


Úbytek napětí na kolejnici

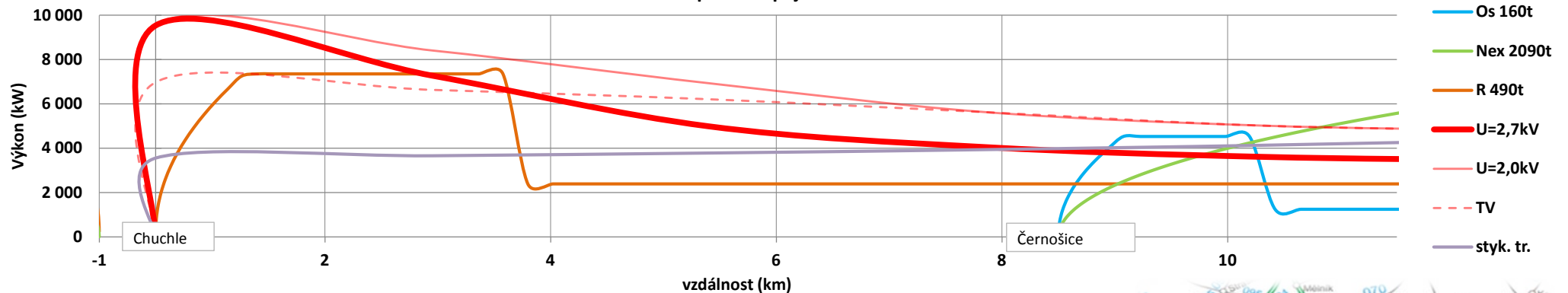


Trakční napájecí stanice Opatov 2015 - 3kV =

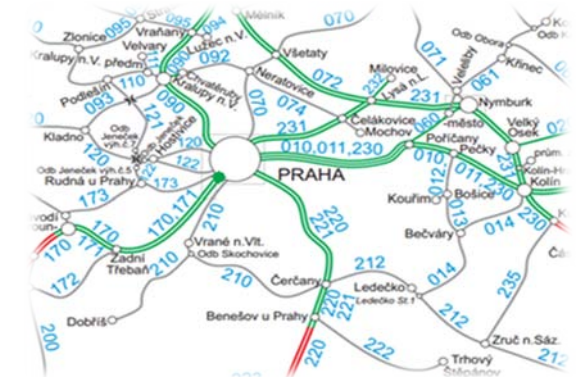
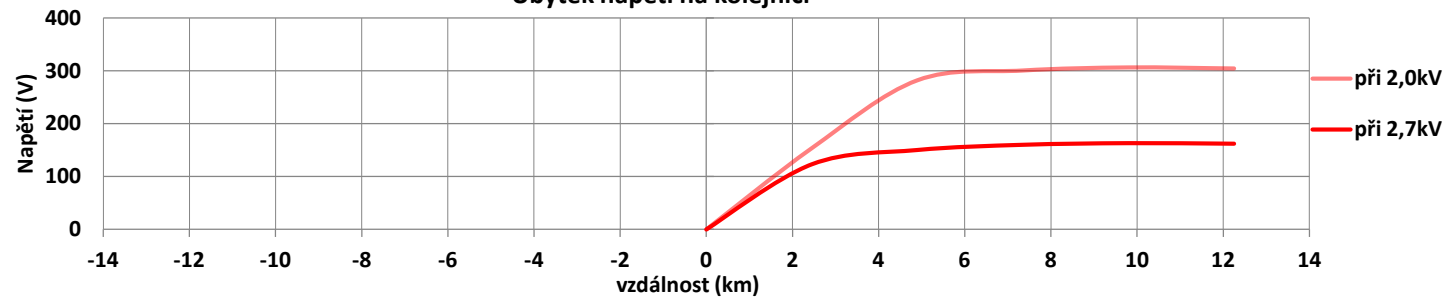
TM Chuchle	
v km	5,0
$P_{\text{usm.}}$	10,000 MW
$P_{\text{stř.}}$	1,310 MW
$P_{\text{sjed 15 min.}}$	8 MVA
$P_{15\text{min.}}$	4,6 MVA
m_{Fe}	3 635 kg/rok



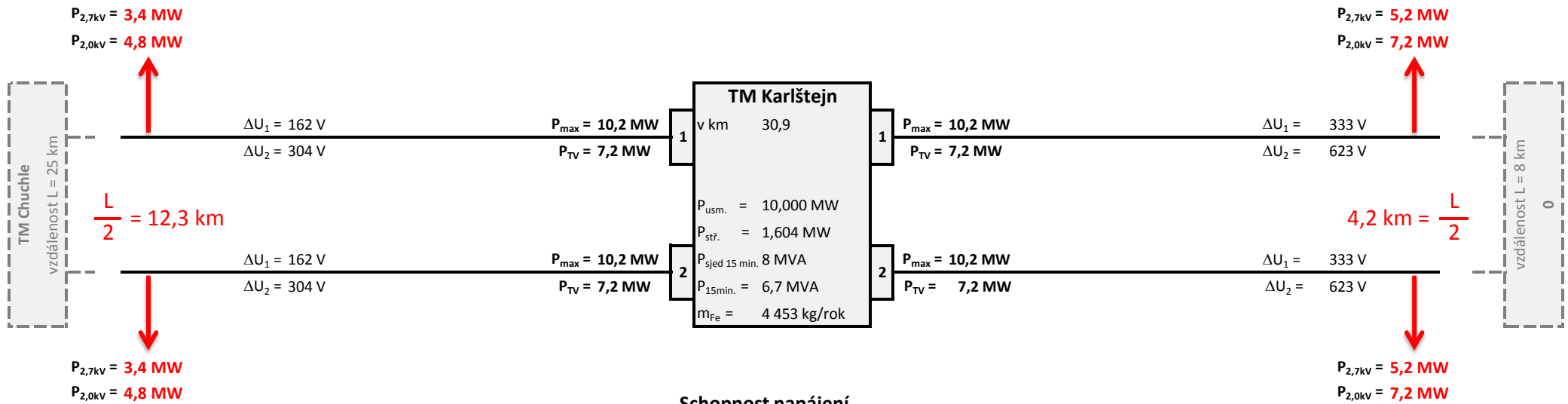
Schopnost napájení



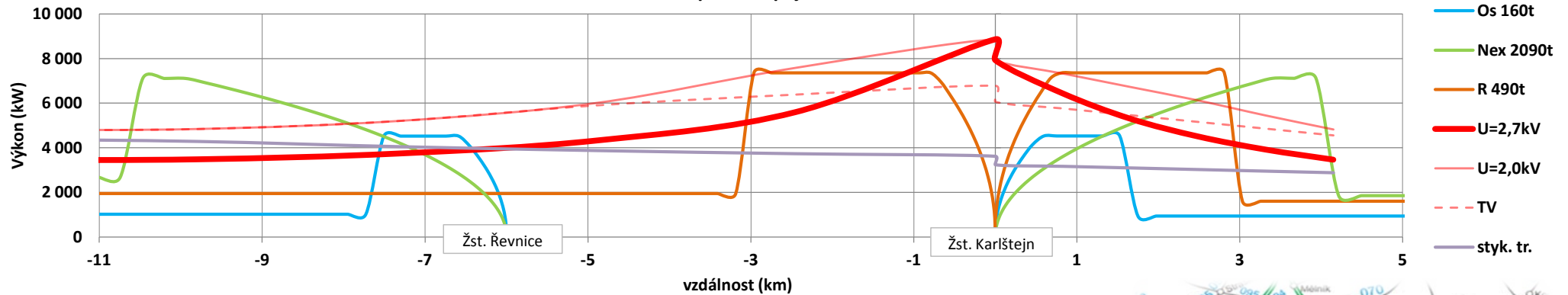
Úbytek napětí na kolejnici



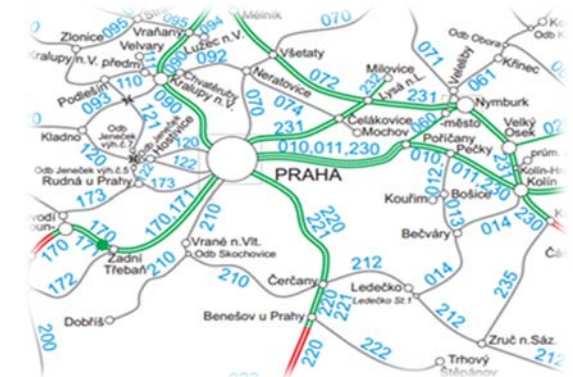
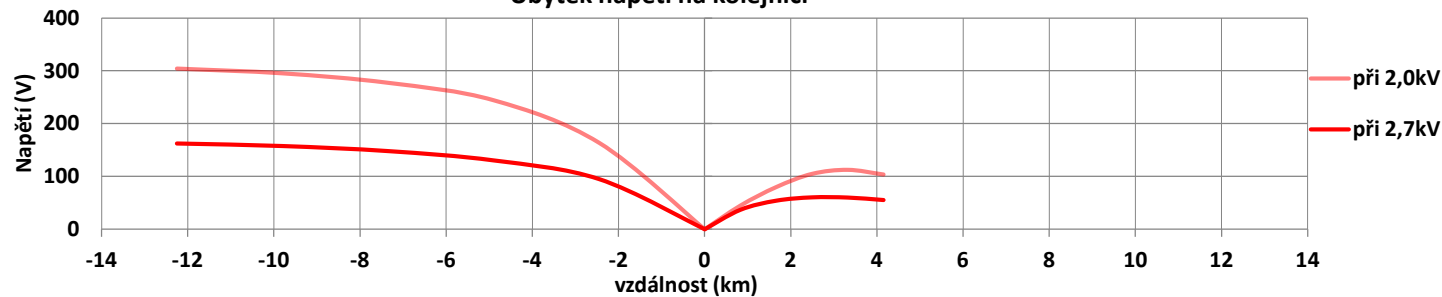
Trakční napájecí stanice Karlštejn 2015 - 3kV =



Schopnost napájení

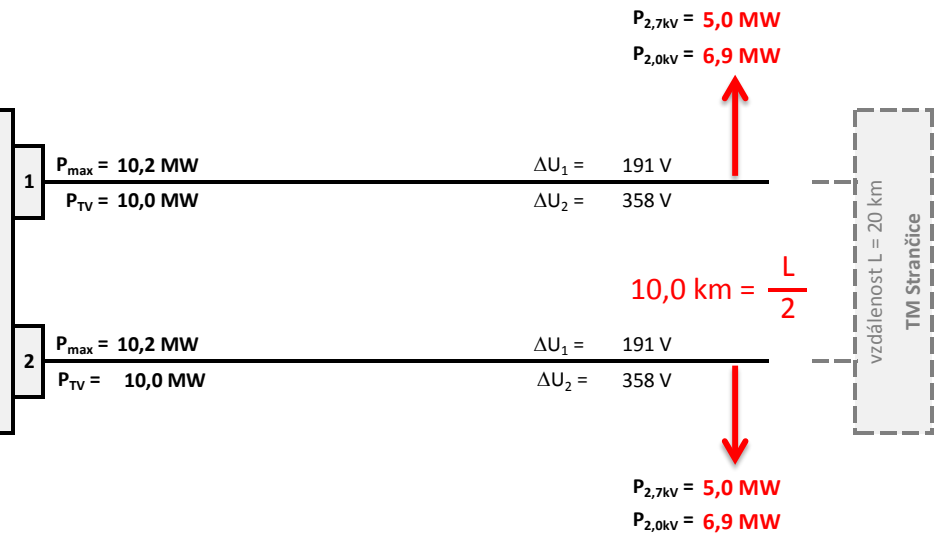


Úbytek napětí na kolejnici

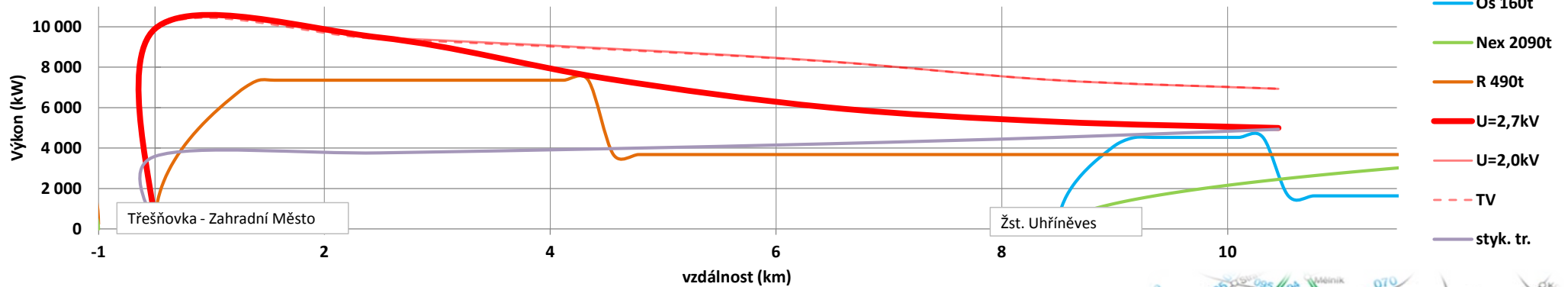


Trakční napájecí stanice Třešňovka 2015 - 3kV =

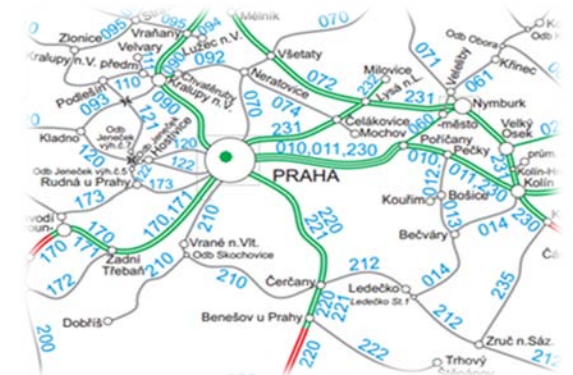
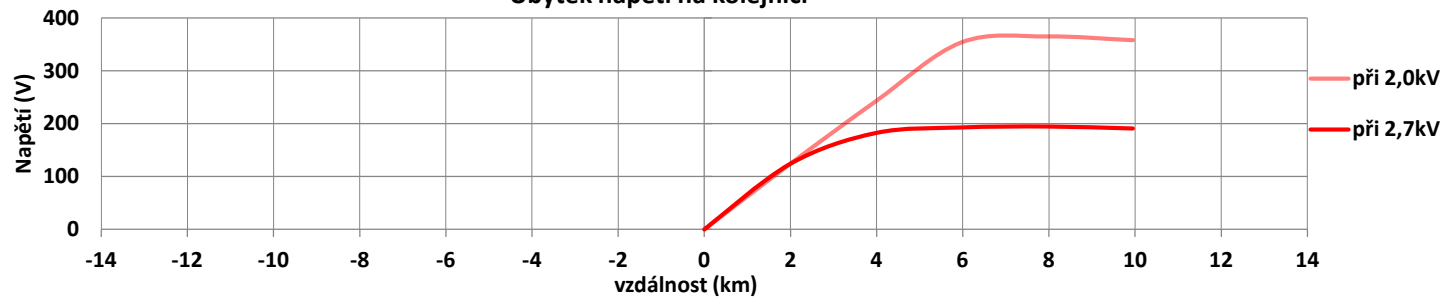
TM Třešňovka	
v km	180,8
$P_{\text{usm.}}$	15,000 MW
$P_{\text{stř.}}$	1,848 MW
$P_{\text{sjed 15 min.}}$	8 MVA
$P_{15\text{min.}}$	6,3 MVA
m_{Fe}	5 128 kg/rok



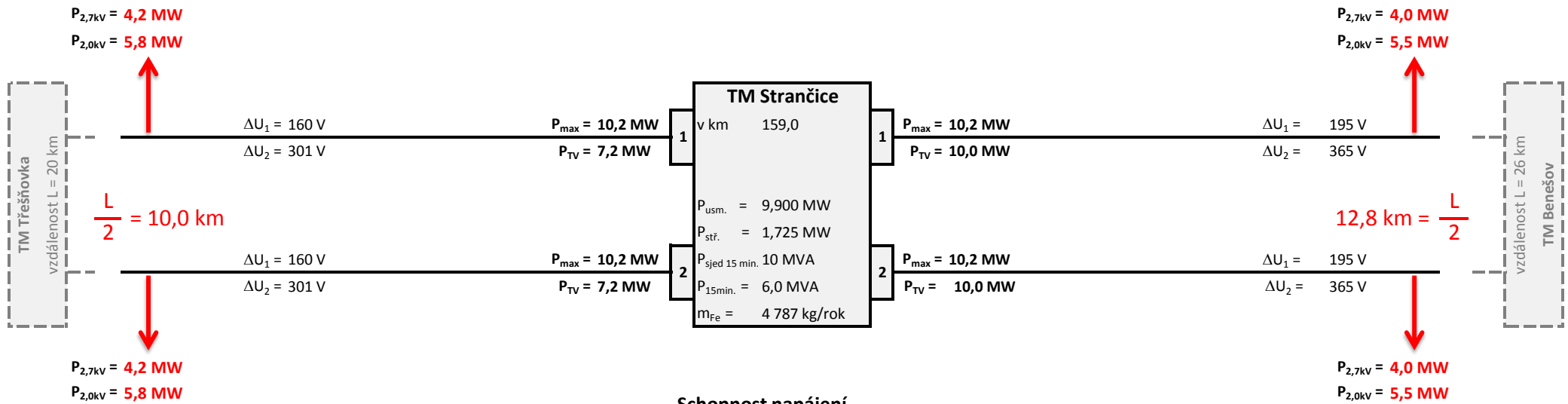
Schopnost napájení



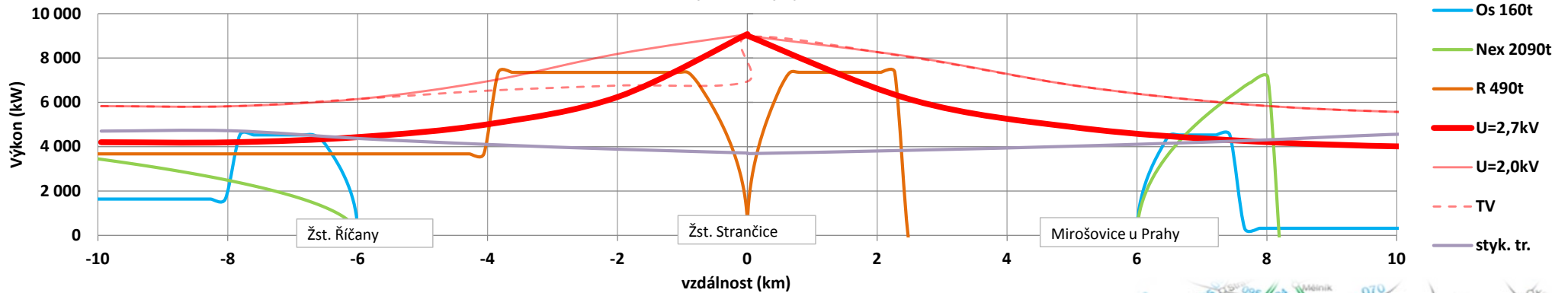
Úbytek napětí na kolejnici



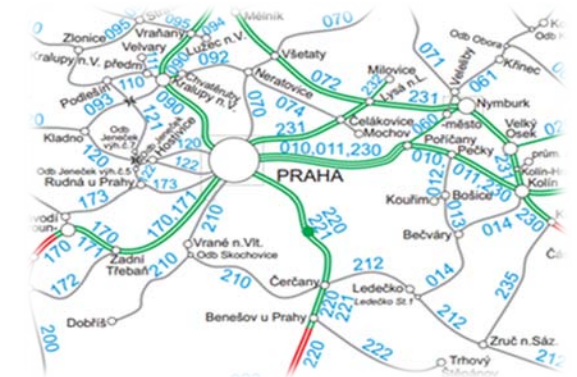
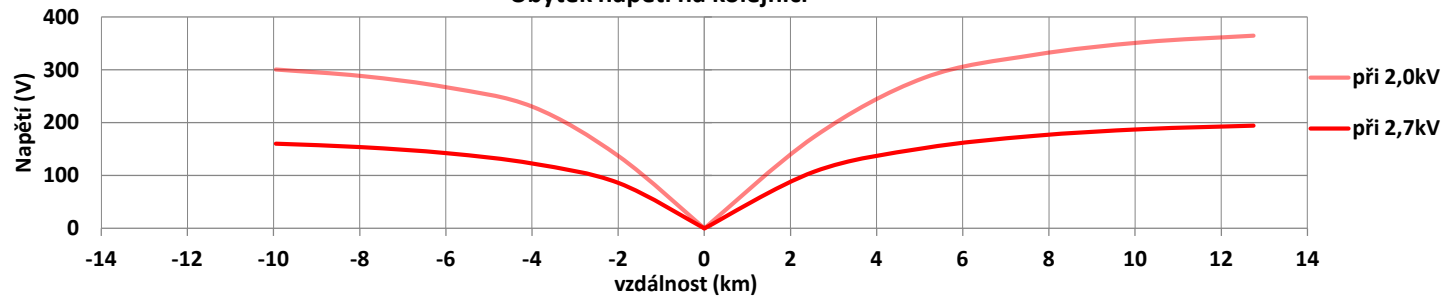
Trakční napájecí stanice Strančice 2015 - 3kV =



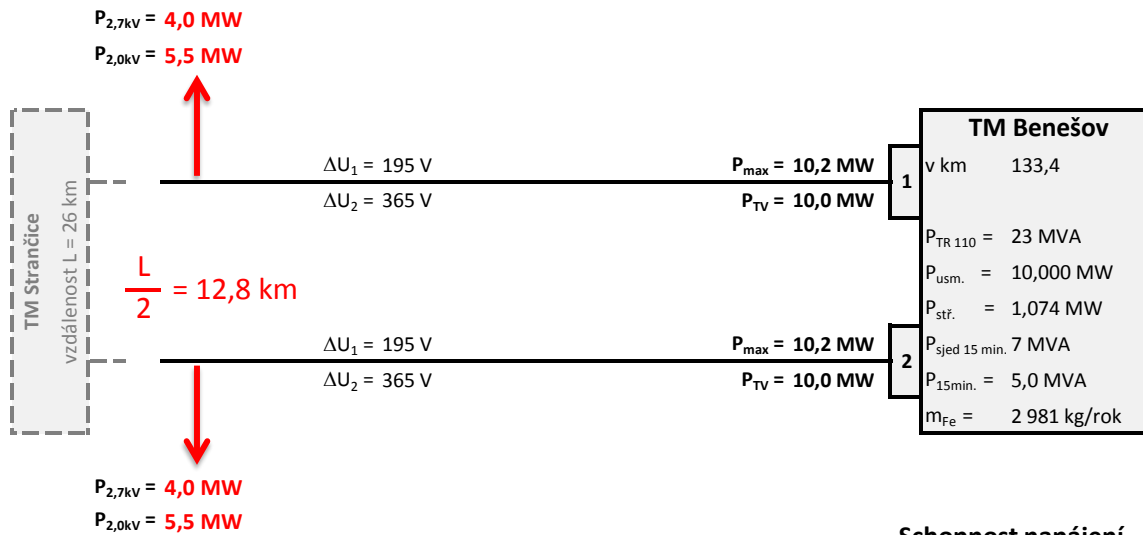
Schopnost napájení



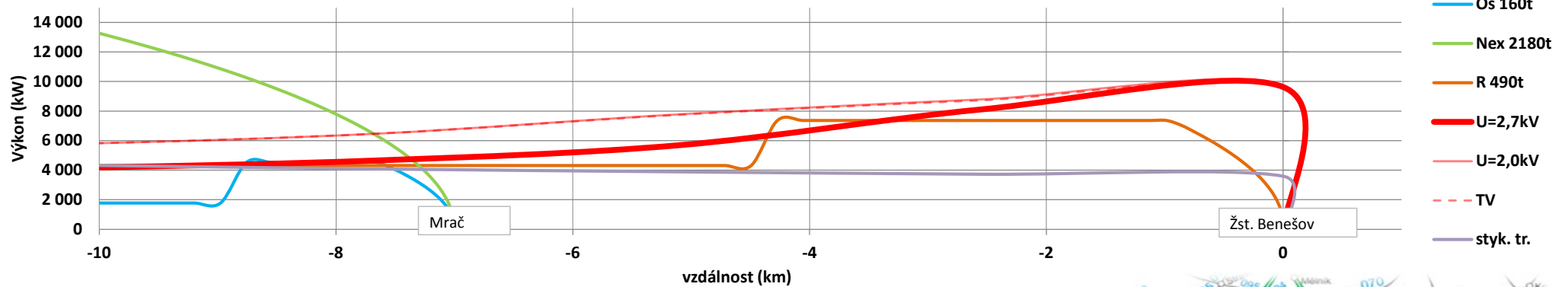
Úbytek napětí na kolejnici



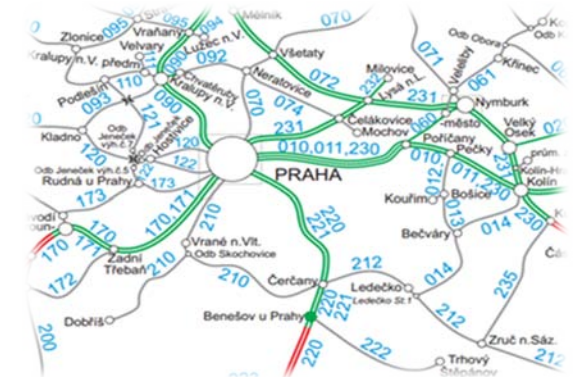
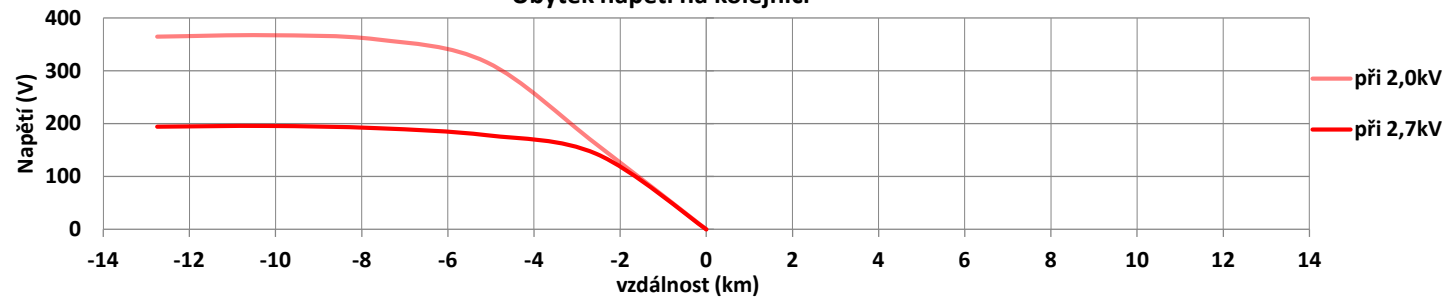
Trakční napájecí stanice Benešov 2015 - 3kV =



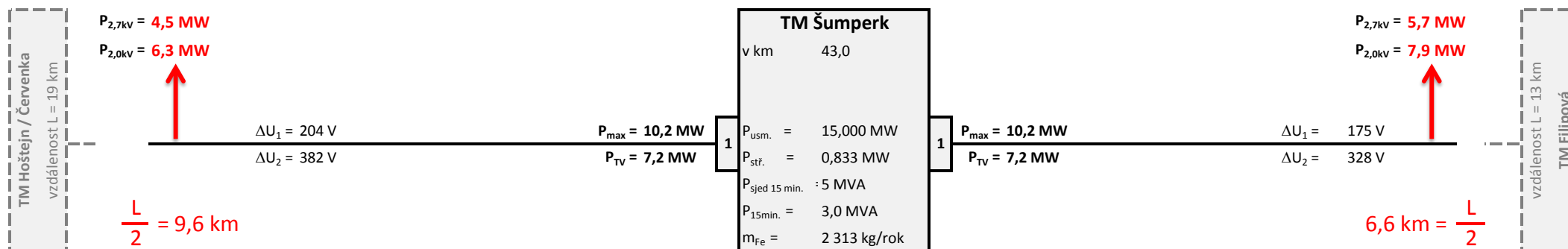
Schopnost napájení



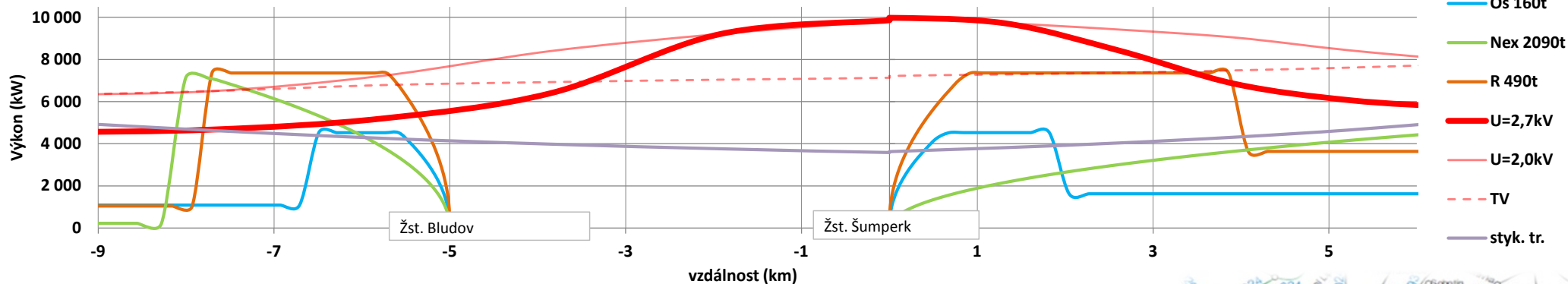
Úbytek napětí na kolejnici



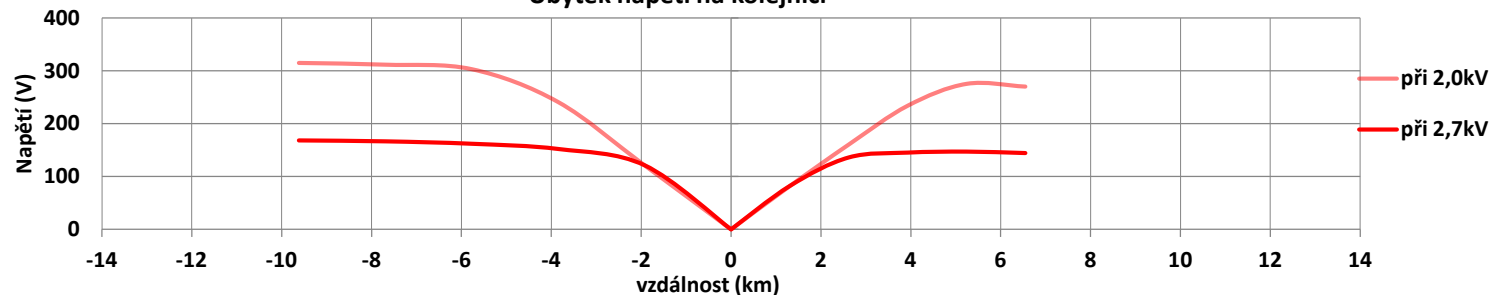
Trakční napájecí stanice Šumperk 2015 - 3kV =



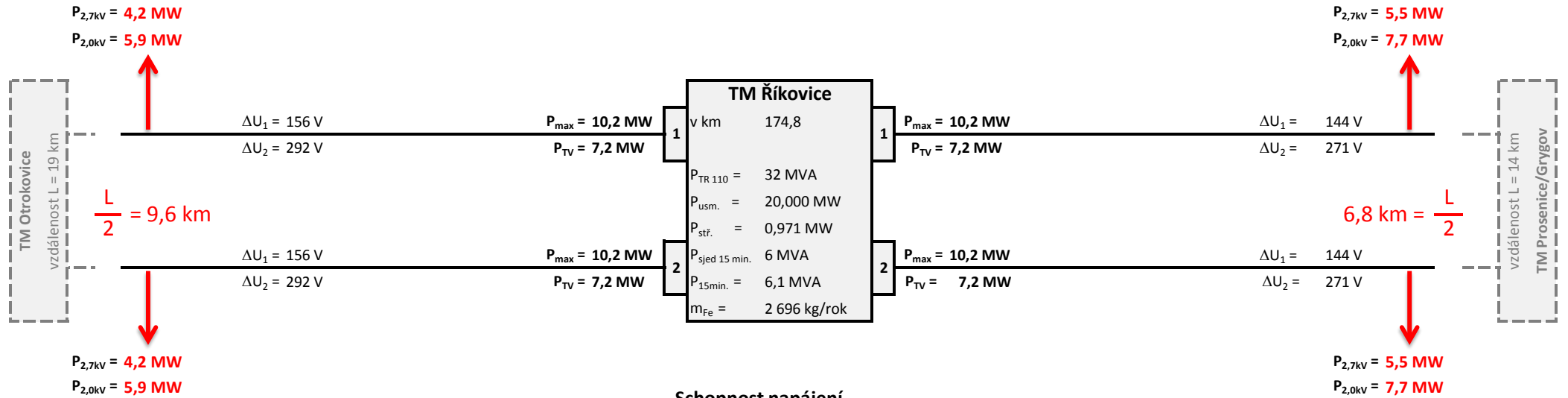
Schopnost napájení



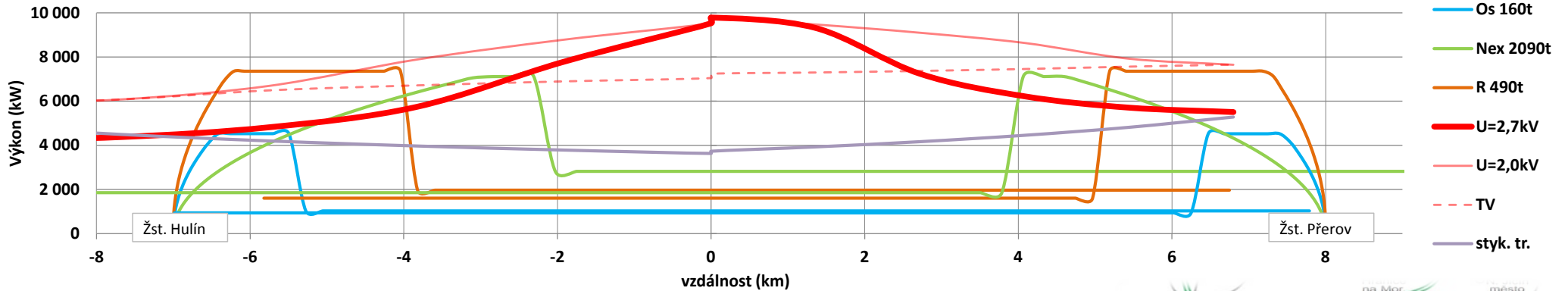
Úbytek napětí na kolejnici



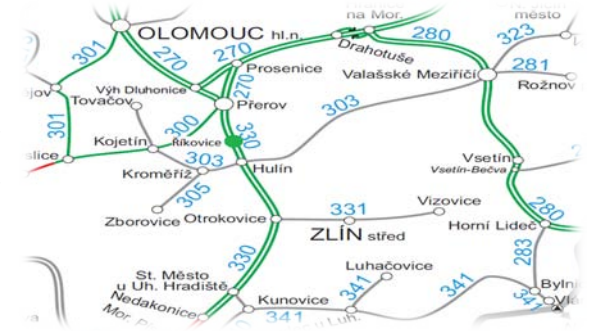
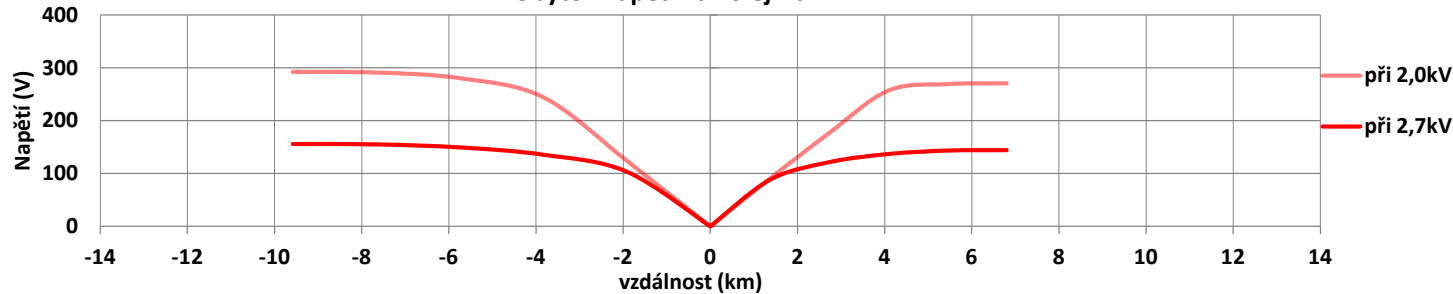
Trakční napájecí stanice Říkovice 2015 - 3kV =



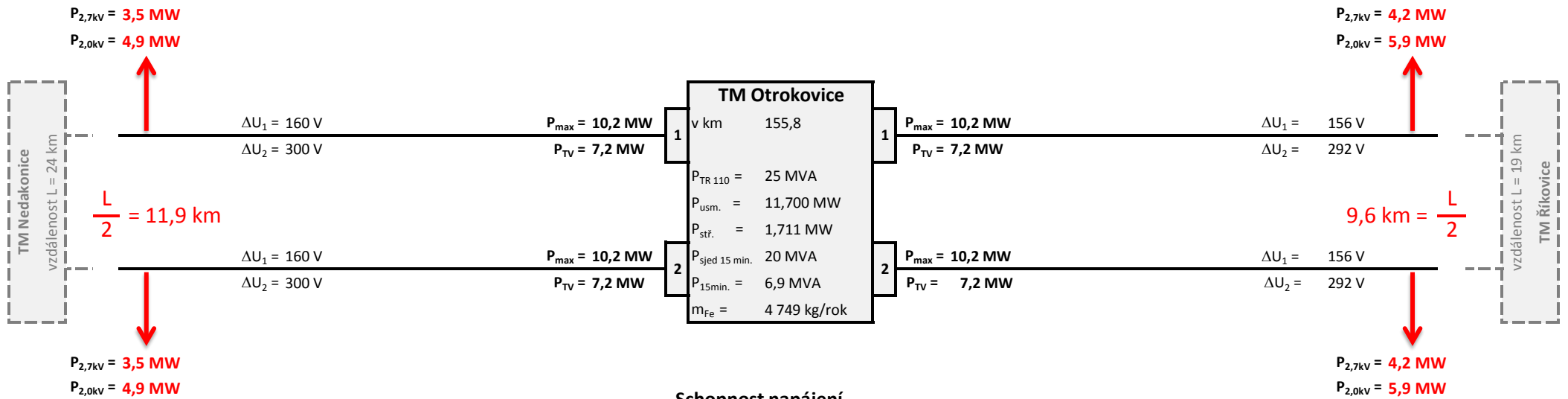
Schopnost napájení



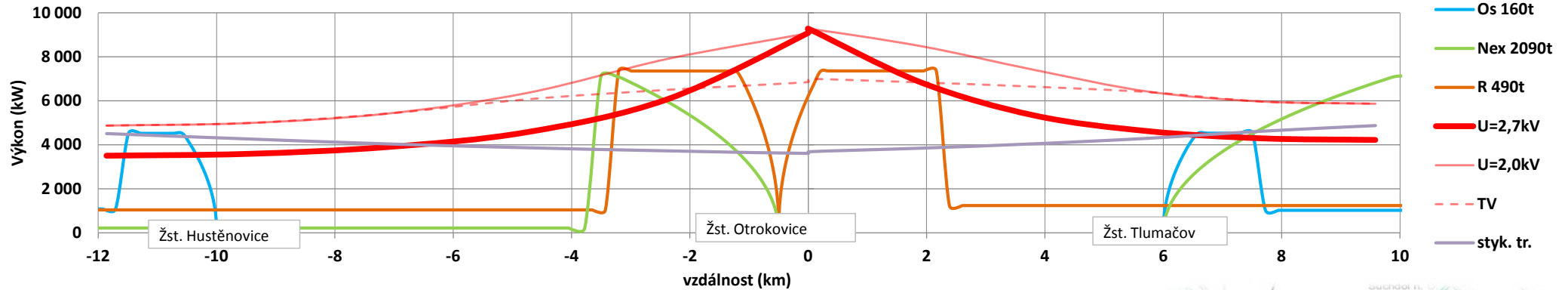
Úbytek napětí na kolejnici



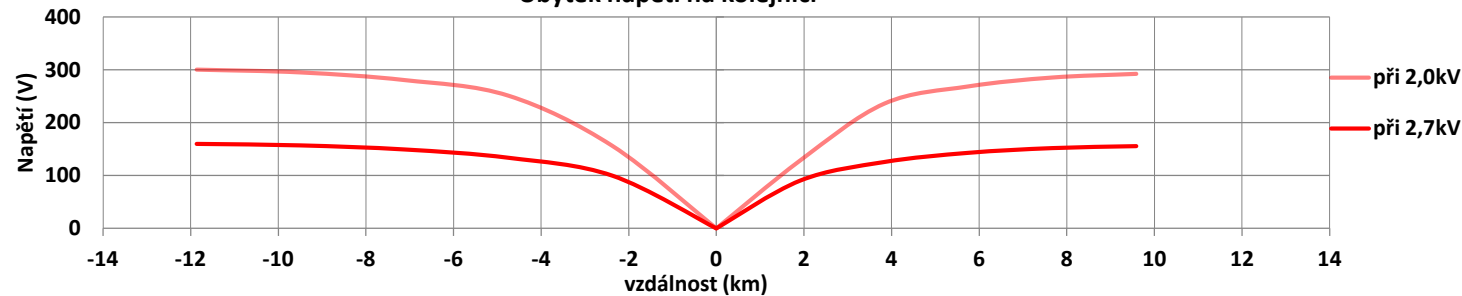
Trakční napájecí stanice Otrokovice 2015 - 3kV =



Schopnost napájení

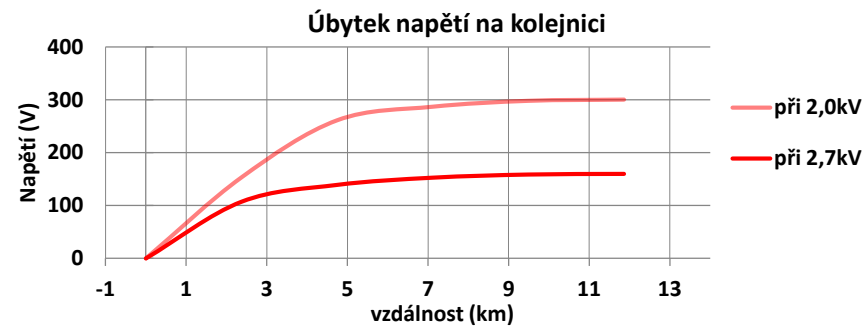
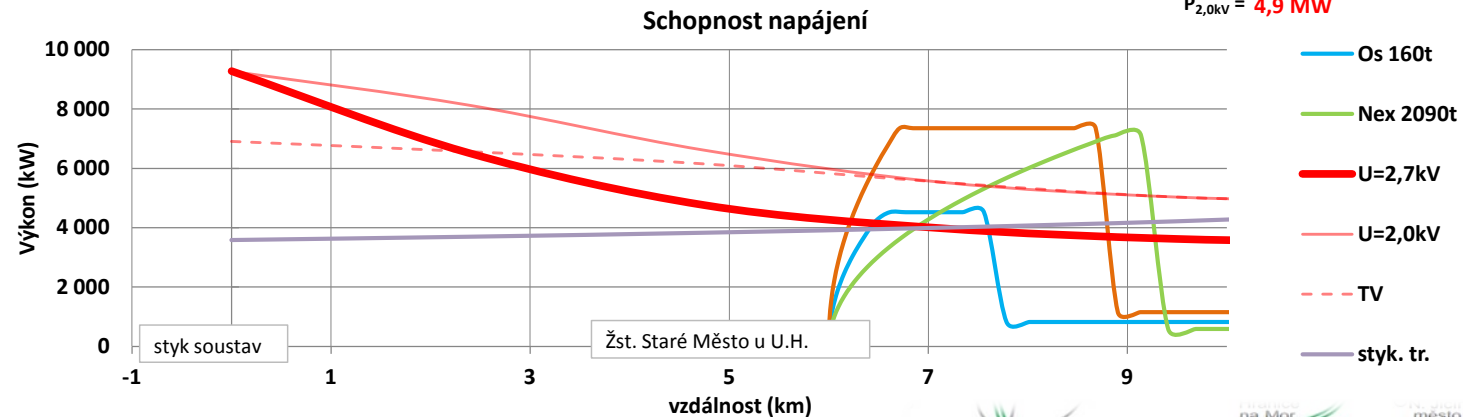
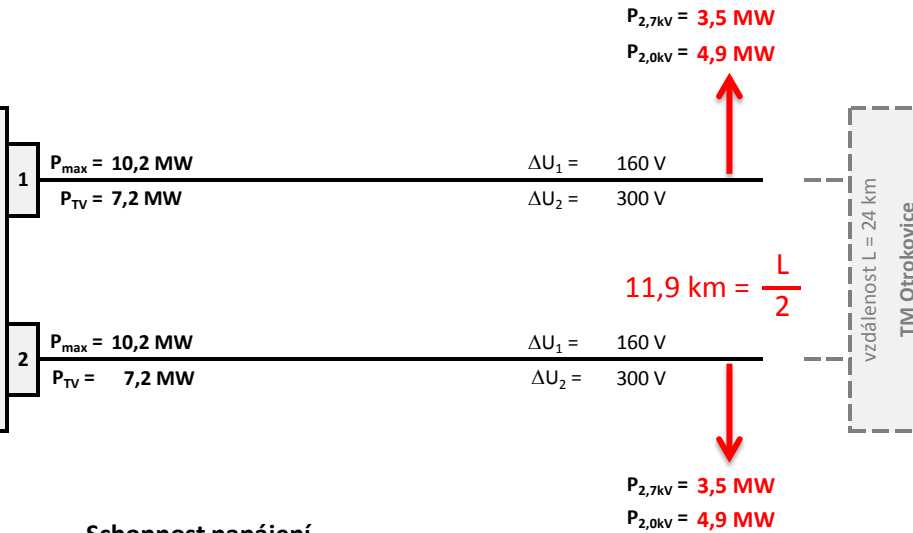


Úbytek napětí na kolejnici

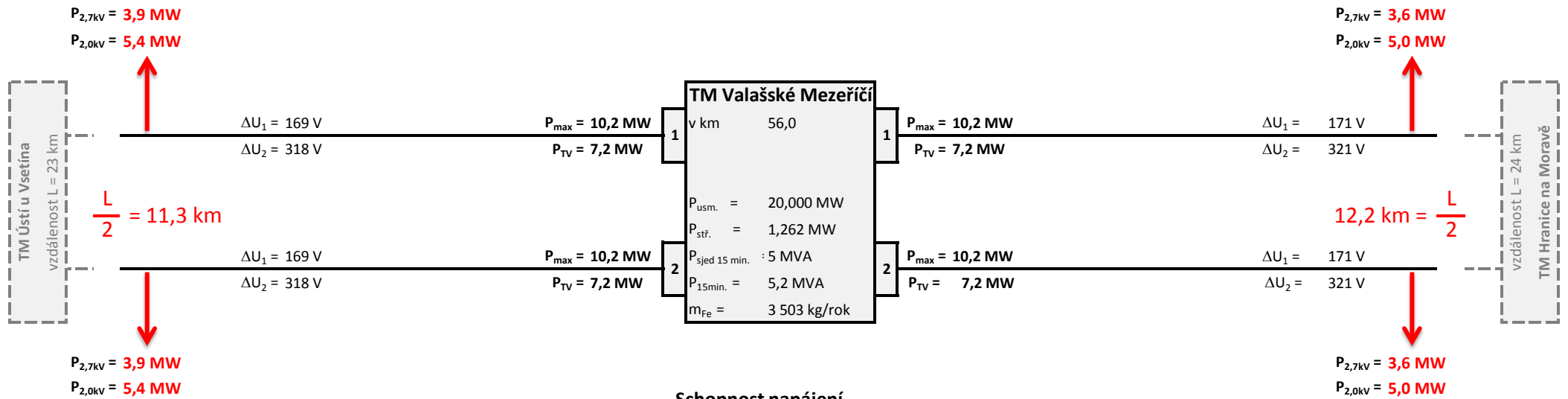


Trakční napájecí stanice Nedakonice 2015 - 3kV =

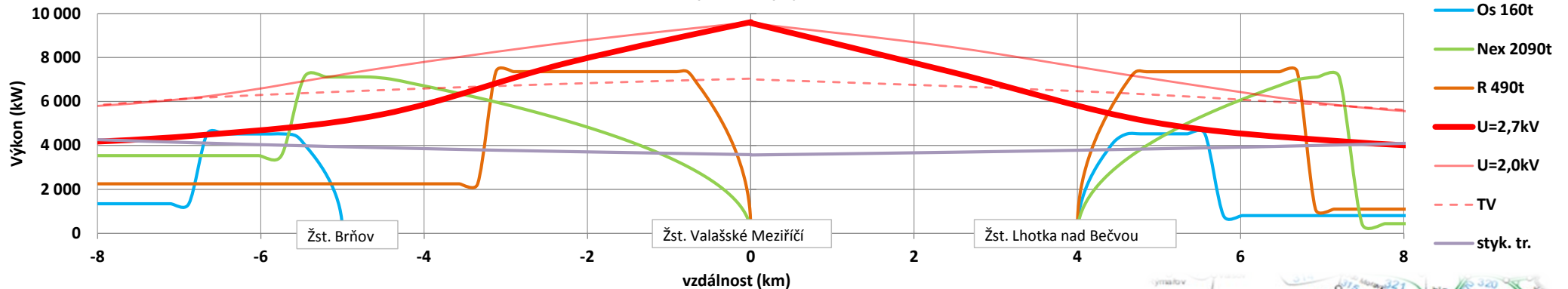
TM Nedakonice	
v km	131,9
P_{TR110}	= 25 MVA
$P_{usm.}$	= 7,000 MW
$P_{stř.}$	= 0,859 MW
$P_{sjed\ 15\ min.}$	= 6 MVA
$P_{15min.}$	= 5,0 MVA
m_{Fe}	= 2 383 kg/rok



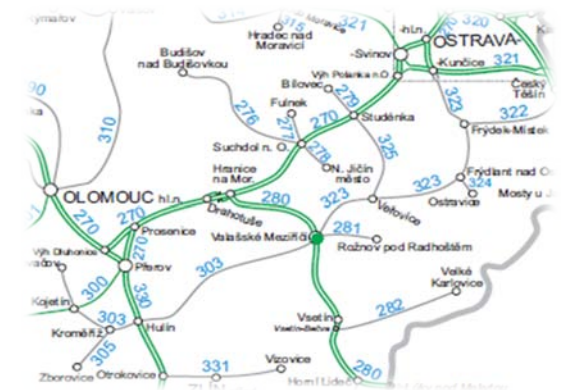
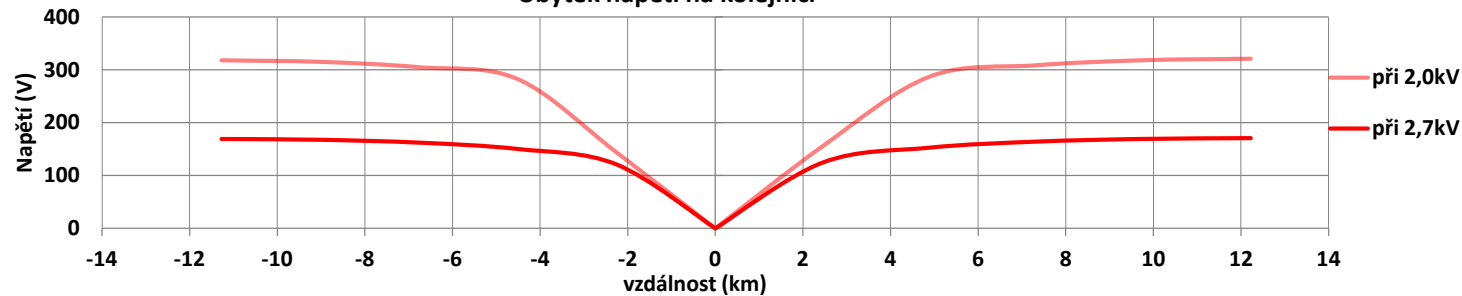
Trakční napájecí stanice Valašské Meziříčí 2015 - 3kV =



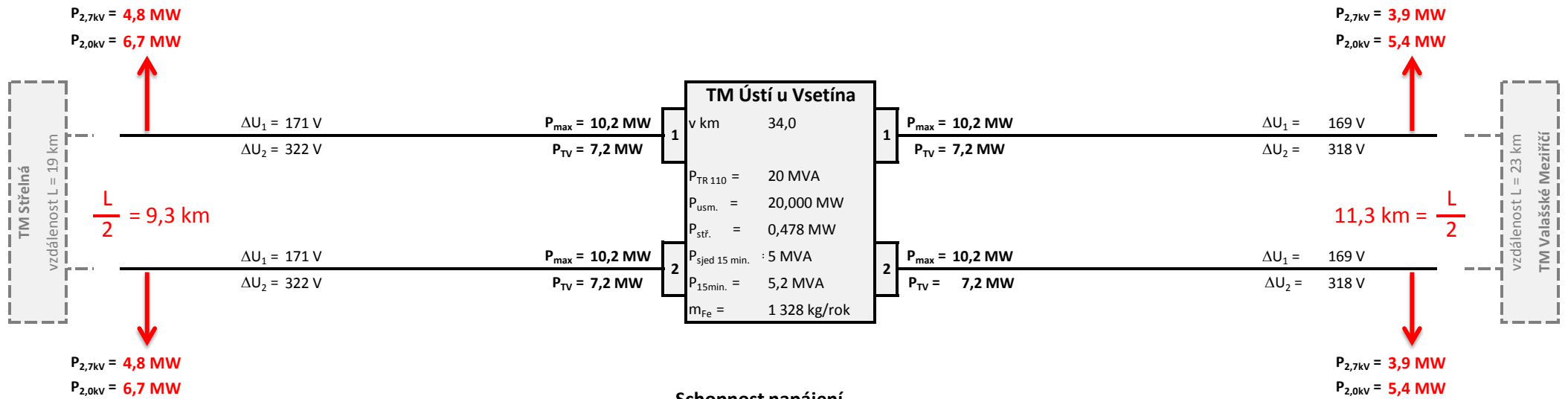
Schopnost napájení



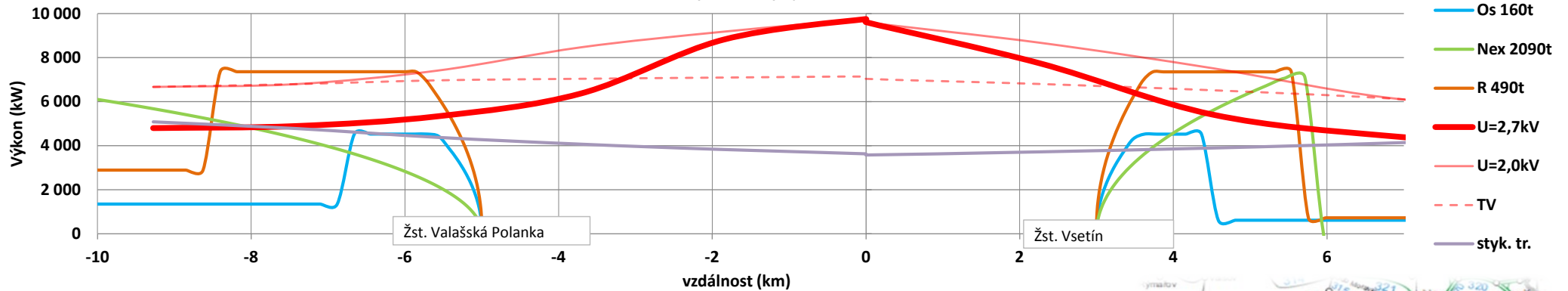
Úbytek napětí na kolejnici



Trakční napájecí stanice Ústí u Vsetína 2015 - 3kV =



Schopnost napájení

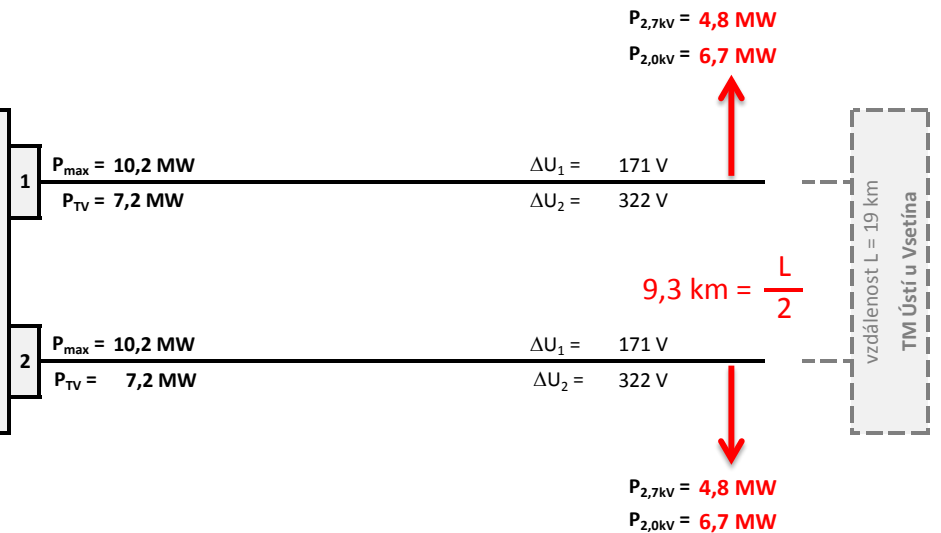


Úbytek napětí na kolejnici

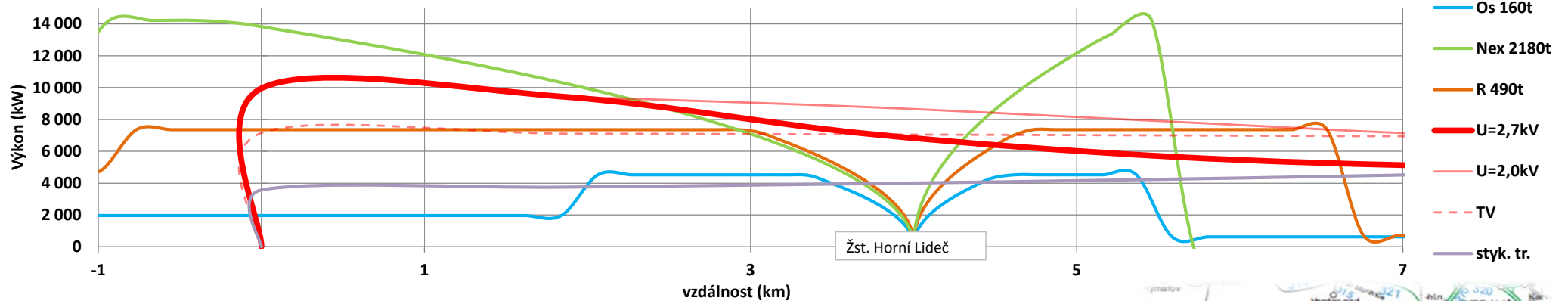


Trakční napájecí stanice Střelná 2015 - 3kV =

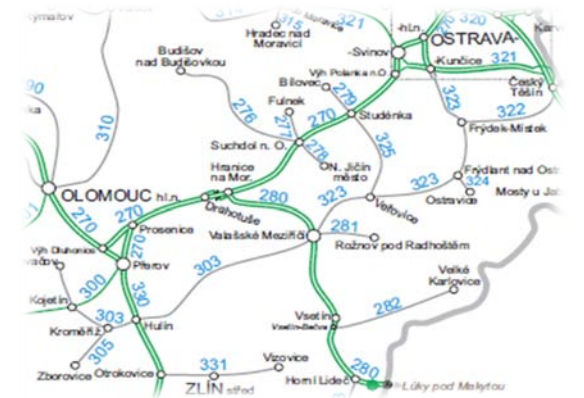
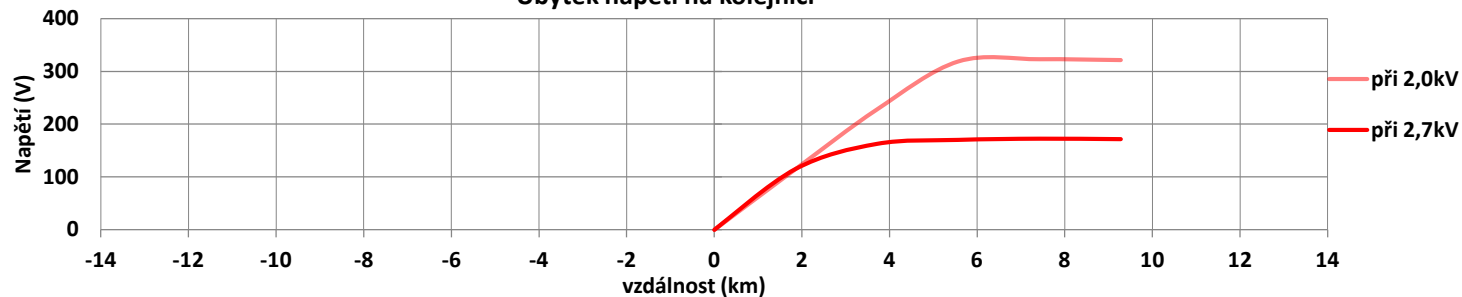
TM Střelná	
v km	22,8
$P_{TR 110}$	= 32 MVA
$P_{usm.}$	= 20,000 MW
$P_{stř.}$	= 0,777 MW
$P_{sjed 15 min.}$	= 7 MVA
$P_{15min.}$	= 8,3 MVA
m_{Fe}	= 2 156 kg/rok



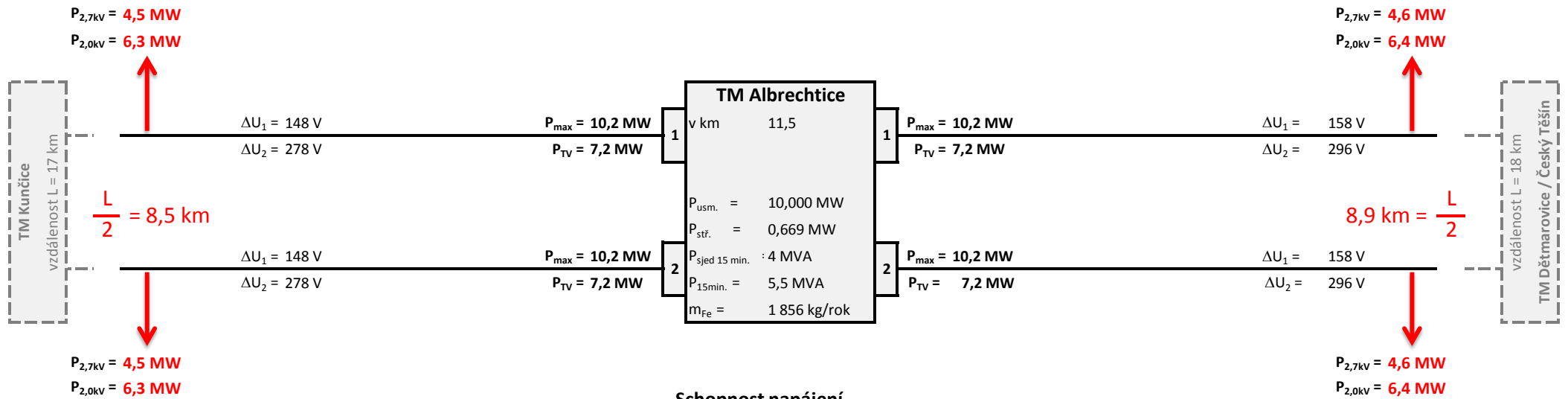
Schopnost napájení



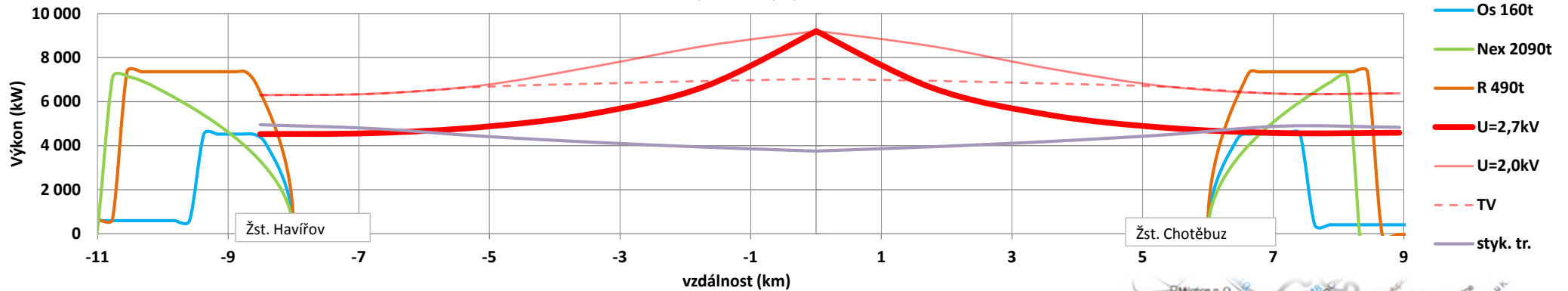
Úbytek napětí na kolejnici



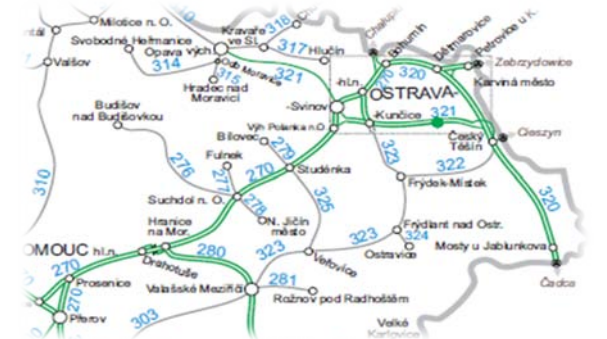
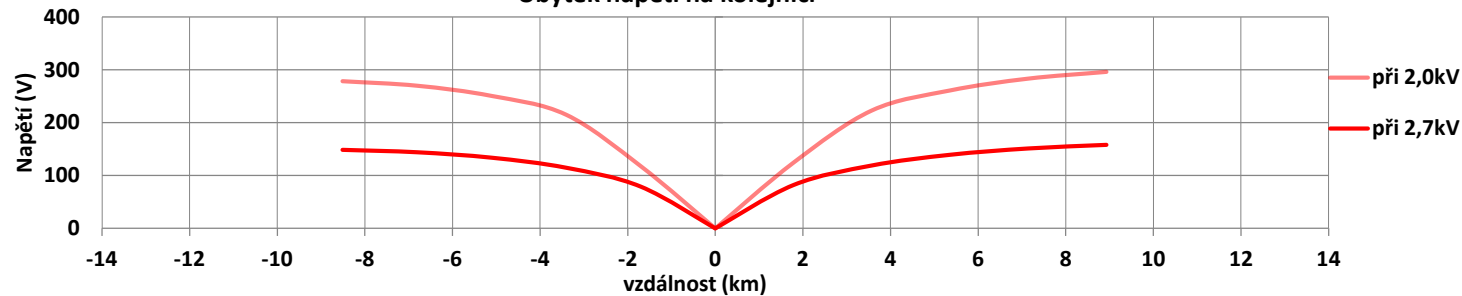
Trakční napájecí stanice Albrechtice 2015 - 3kV =



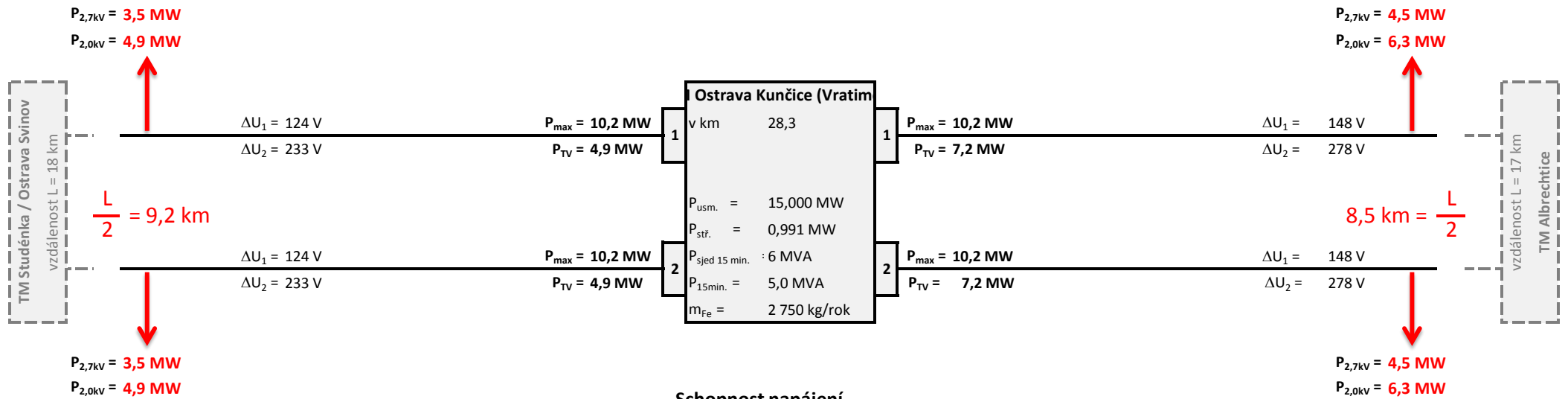
Schopnost napájení



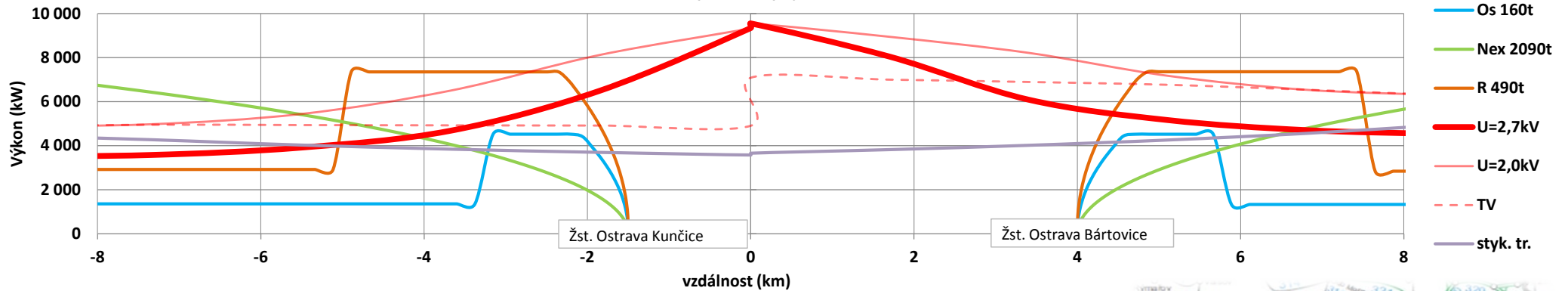
Úbytek napětí na kolejnici



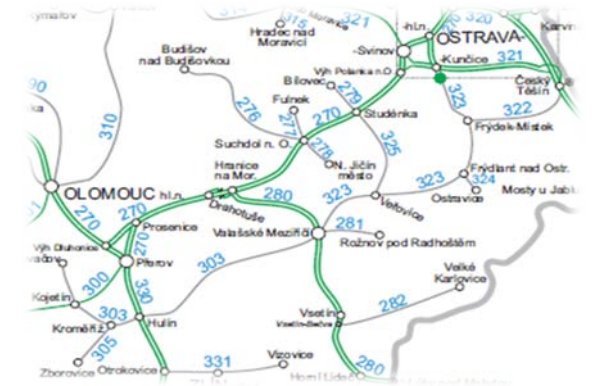
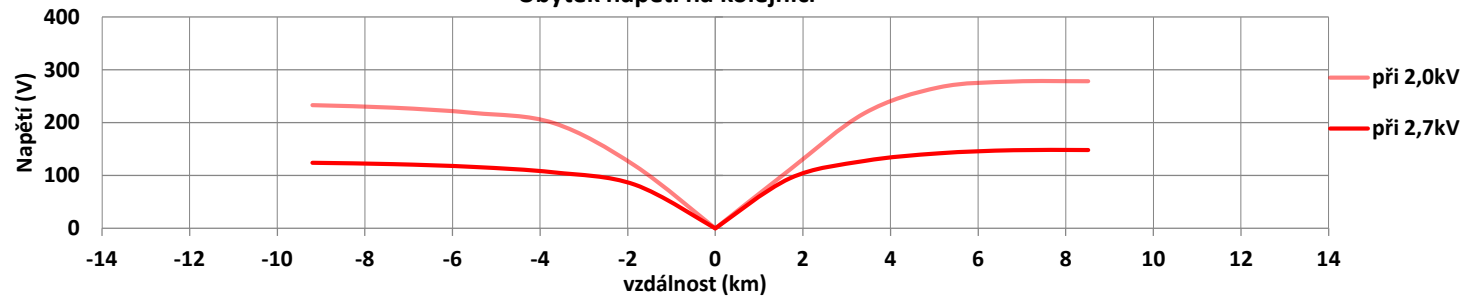
Trakční napájecí stanice Kunčice (Vratimov) 2015 - 3kV =



Schopnost napájení



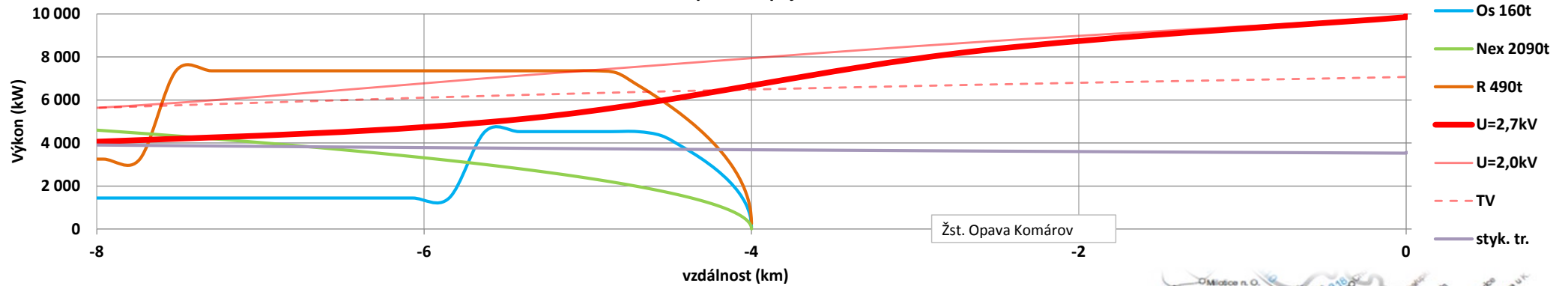
Úbytek napětí na kolejnici



Trakční napájecí stanice Opava 2015 - 3kV =



Schopnost napájení



Úbytek napětí na kolejnici

