

Nové pohledy na eliminaci přetoků jalové energie v distribučních sítích



EGE Elektrotechnika
Provoz distribučních sítí
spol. s r. o.

Novohradská 34
370 08 České Budějovice
www.ege.cz pds@ege.cz

Nové pohledy na eliminaci přetoků jalové energie v distribučních sítích



Přednášející: Ing. František Žák, Ph.D.

Tel.: 602 739 195

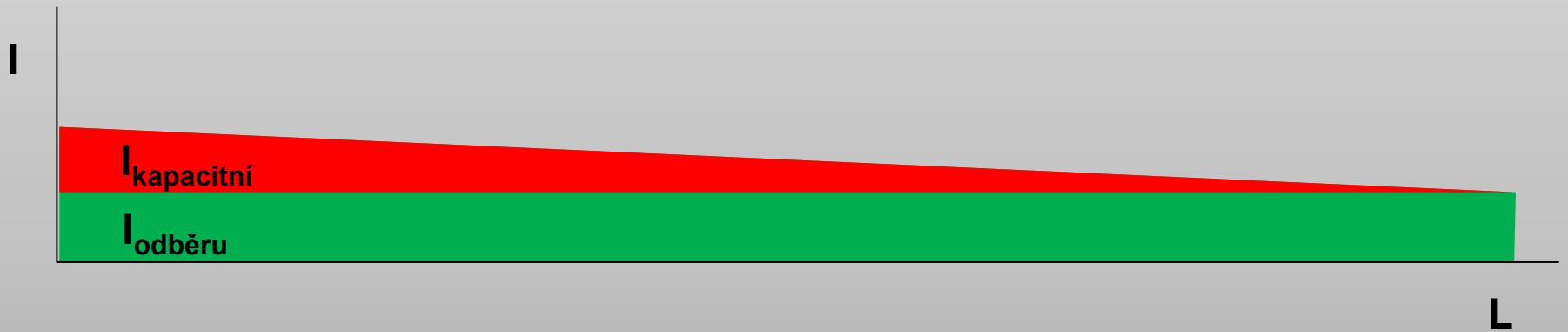
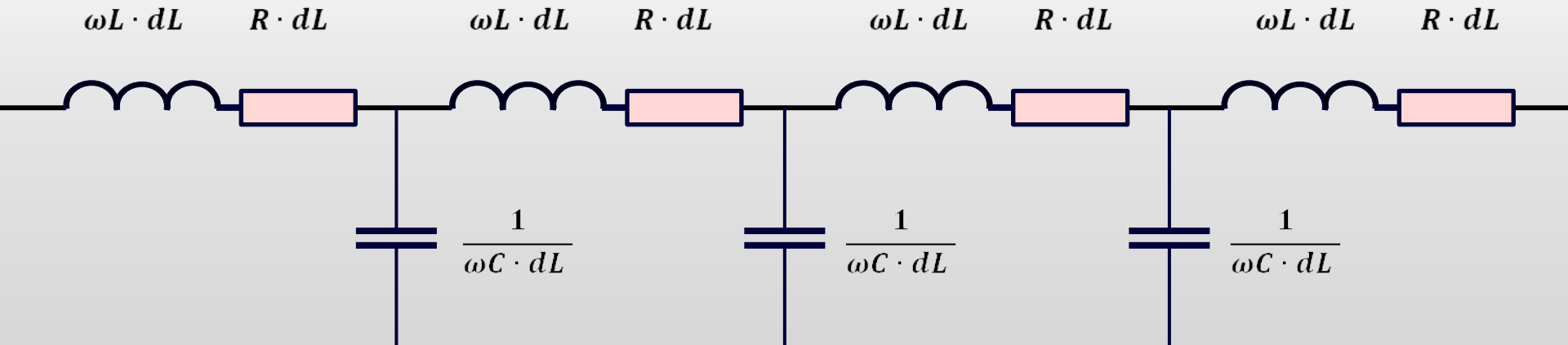
zak@ege.cz

Distribuční sítě (DS)

- **Vliv rozvoje technologií a požadavku na spolehlivost**
 - kabelizace sítí
- **Decentrální zdroje**
 - POZE
 - Lokální distribuční sítě LDS
- **Vliv změny přetoku energie**
 - Přetoky P, Q
 - Řízení přetoků, řízení DS

- Kabelizace DS na úrovni vn a vvn
 - ✓ *Nabíjecí výkony*
 - *Sítě vn (od 20 kVAr/km do 100 kVAr/km)*
 - *Sítě 110 kV (od 0,5 MVar/km do 1,5 MVar/km)*
- Změna přetoků Q
 - ✓ *Ovlivnění napětí*
 - ✓ *Ztráty v síti*
 - ✓ *Problémy s provozem lokálních zdrojů*
- Dekompenzace DS i přenosové sítě





Ztráty na vedení s délkou L a zatížené proudem I_Z

$$P_Z = \int_0^L r_V \cdot L ((I_Z + i_c \cdot L(L - x))^2 dx$$

$$P_Z = I_Z^2 R_V L + R_V I_c I_Z L^2 + R_V I_c^2 \frac{L^3}{3}$$

Kde:

P_Z	jsou celkové ztráty na vedení
I_c	měrná hodnota nabíjecího kapacitního proudu vývodu (A/km)
R_V	měrná hodnota odporu daného vedení (Ω/km)
I_Z	přenášený proud vedením – odběr (A)
L	délka vývodu (km)

Ztráty na vedení naprázdno s délkou L

$$P_Z = R_V I_C^2 \frac{L^3}{3}$$

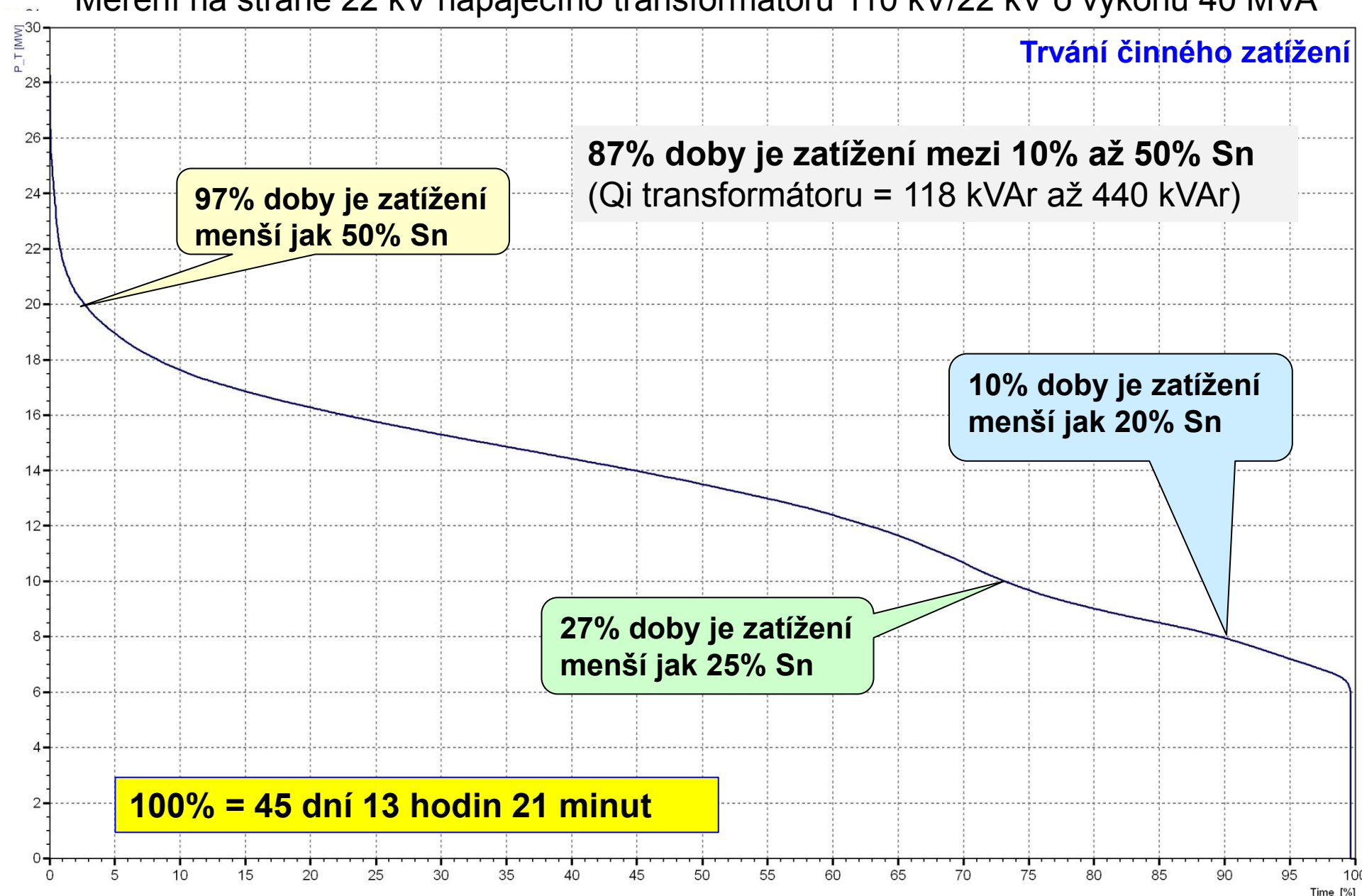
Kde:

P_Z	jsou celkové ztráty na vedení
I_C	měrná hodnota nabíjecího kapacitního proudu vývodu (A/km)
R_V	měrná hodnota odporu daného vedení (Ω/km)
L	délka vývodu (km)

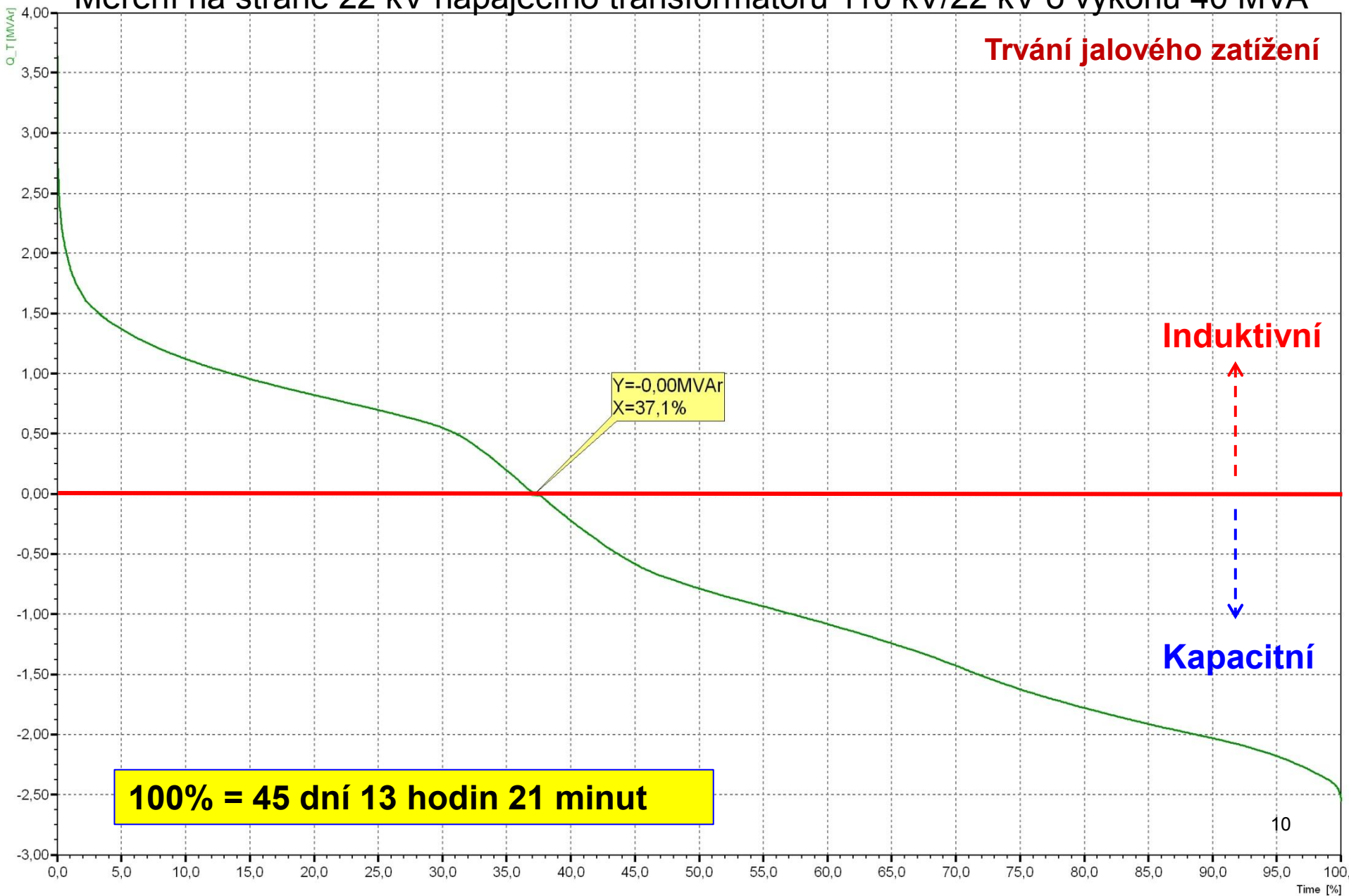
V síti 22 kV

S (mm ²)	R (Ω/km)	C (μF/km)	I _c (A/km)	Q _c 3f kabelu (kVAr/km)
50	0,641	0,24	0,96	36,6
70	0,443	0,27	1,08	41,1
95	0,32	0,31	1,24	47,2
120	0,253	0,33	1,32	50,3
150	0,206	0,36	1,44	54,9
185	0,164	0,4	1,60	61,0
240	0,125	0,44	1,76	67,1
300	0,1	0,49	1,96	74,7
400	0,0778	0,55	2,19	83,4
500	0,0605	0,6	2,39	91,1
630	0,0469	0,68	2,71	103,3

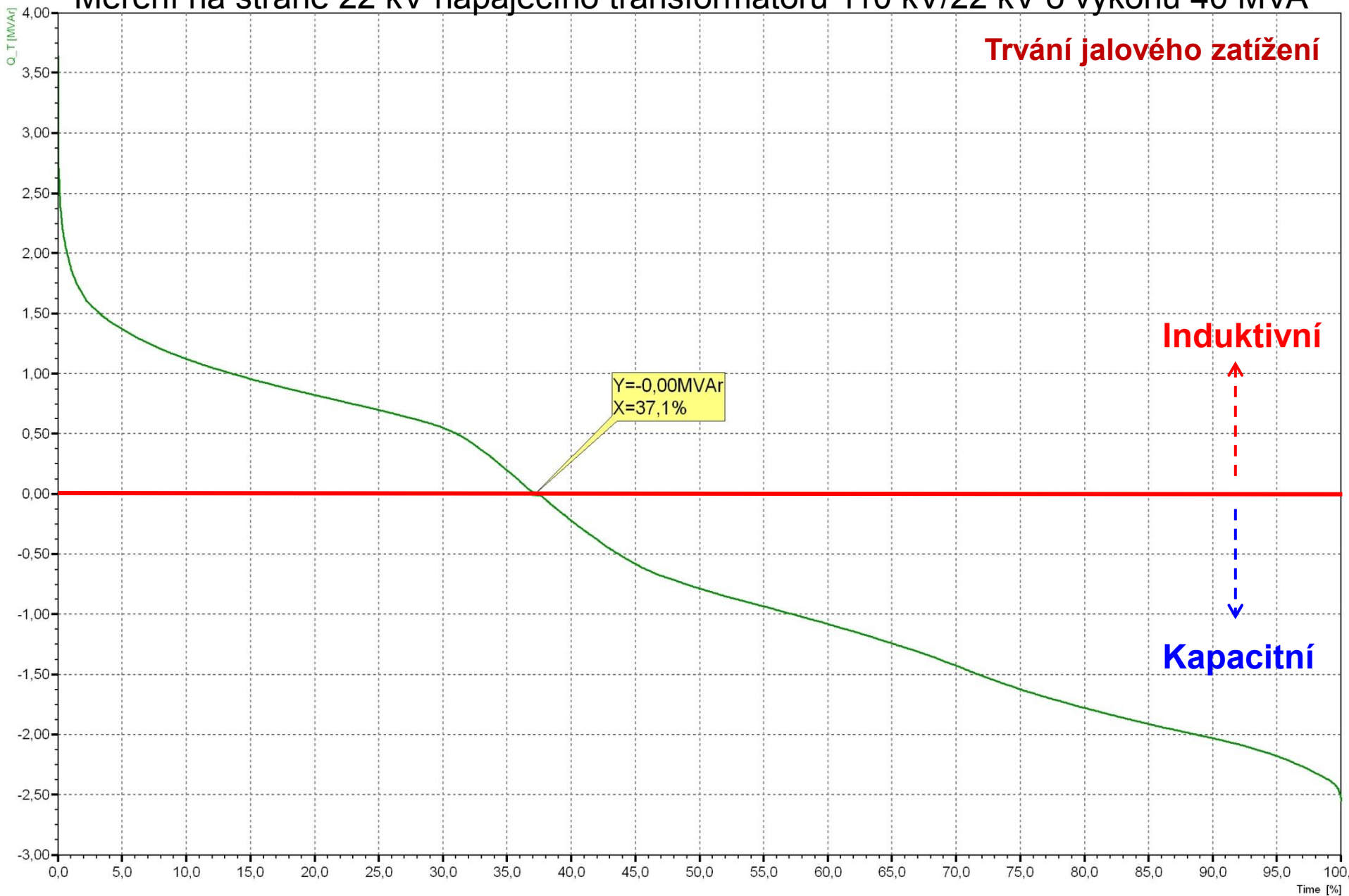
Trvání činného zatížení

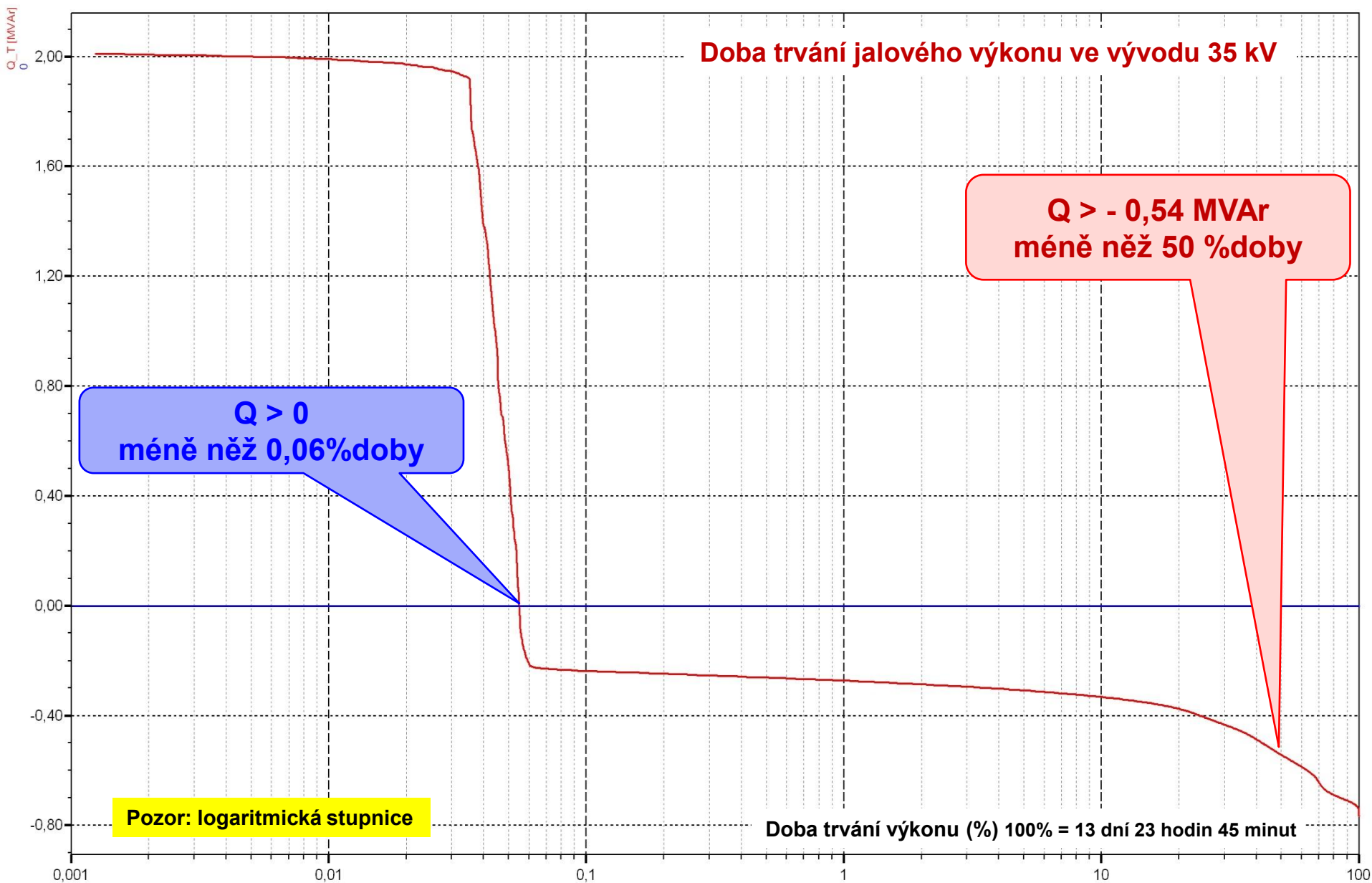


Měření na straně 22 kV napájecího transformátoru 110 kV/22 kV o výkonu 40 MVA



Měření na straně 22 kV napájecího transformátoru 110 kV/22 kV o výkonu 40 MVA





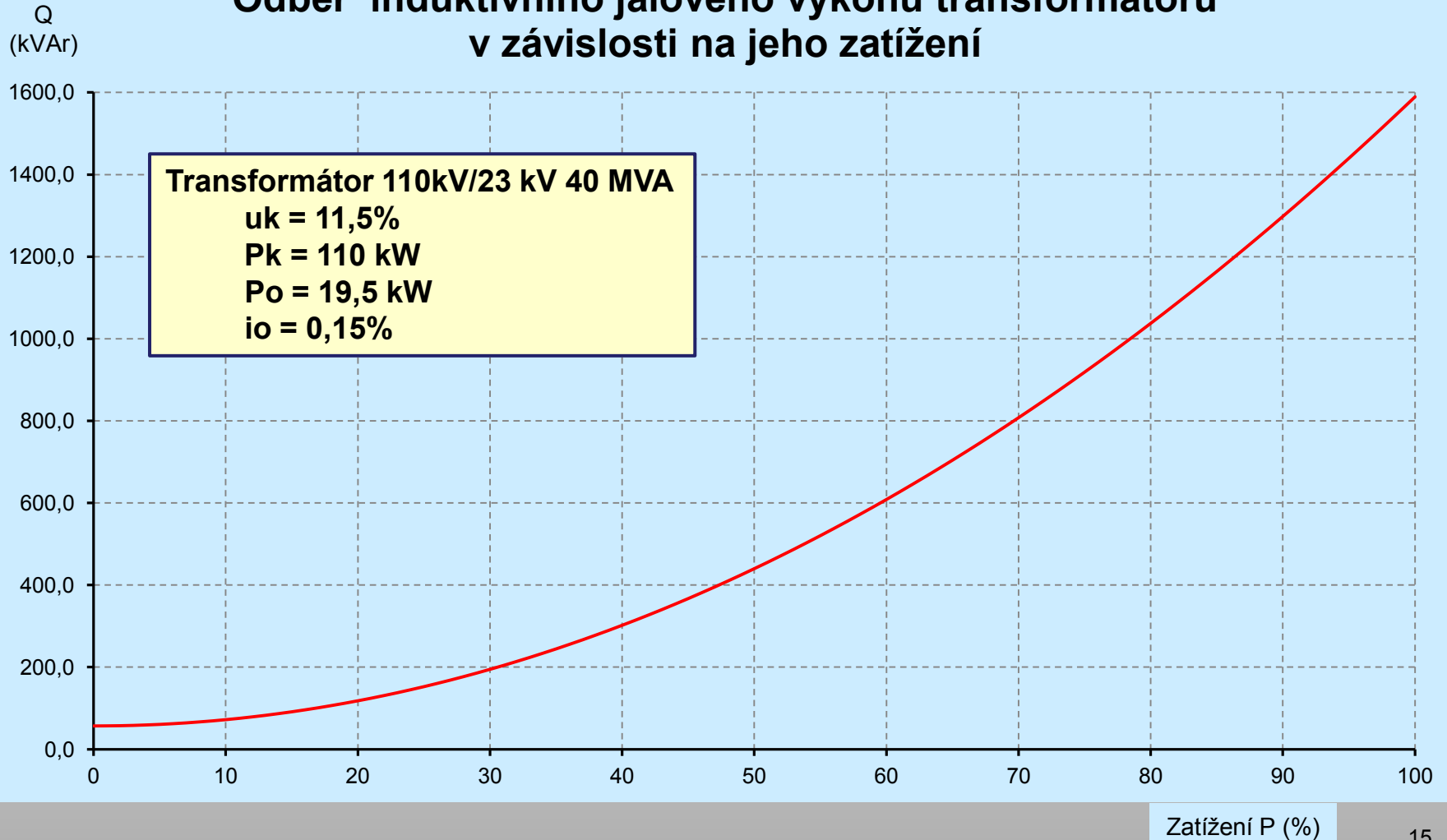
Příklad kabelu pro síť vvn

A2XS(FL)2Y 1 x 76/132 kV							
Průřez jádra (mm ²)	185	240	300	400	500	...	2500
C (μF/km)	0,107	0,121	0,134	0,151	0,163		0,378
Nabíjecí proud (A)	2,13	2,41	2,67	3,01	3,25		7,54
Nabíjecí 3f výkon (kVAr)	406,7	460,0	509,4	574,0	619,6		1436,9

TRANSFORMÁTOR

elektrický indukční stroj

Odběr induktivního jalového výkonu transformátoru v závislosti na jeho zatížení



Odběr induktivního jalového výkonu transformátoru v závislosti na jeho zatížení



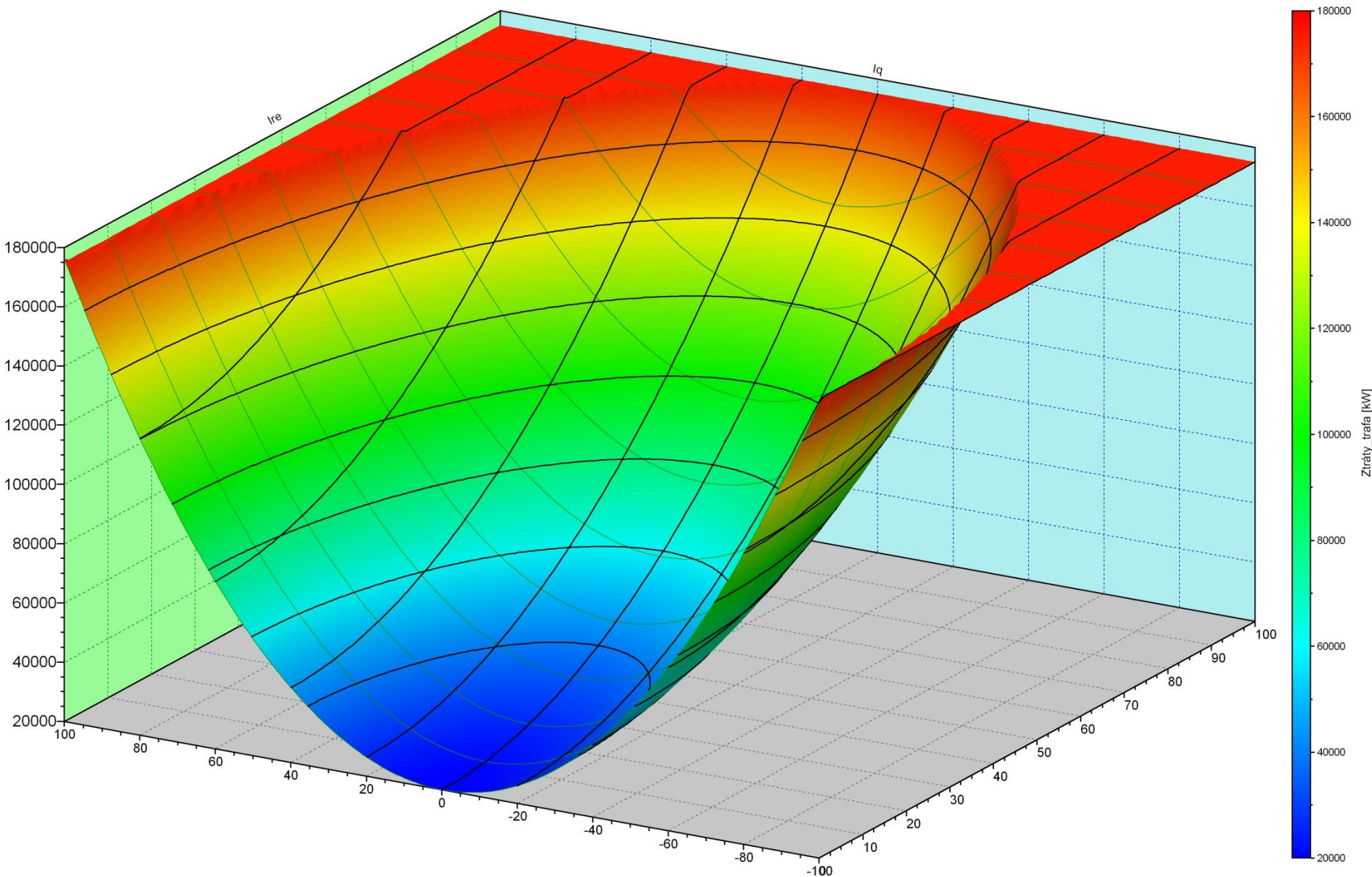
Transformátor - indukční stroj

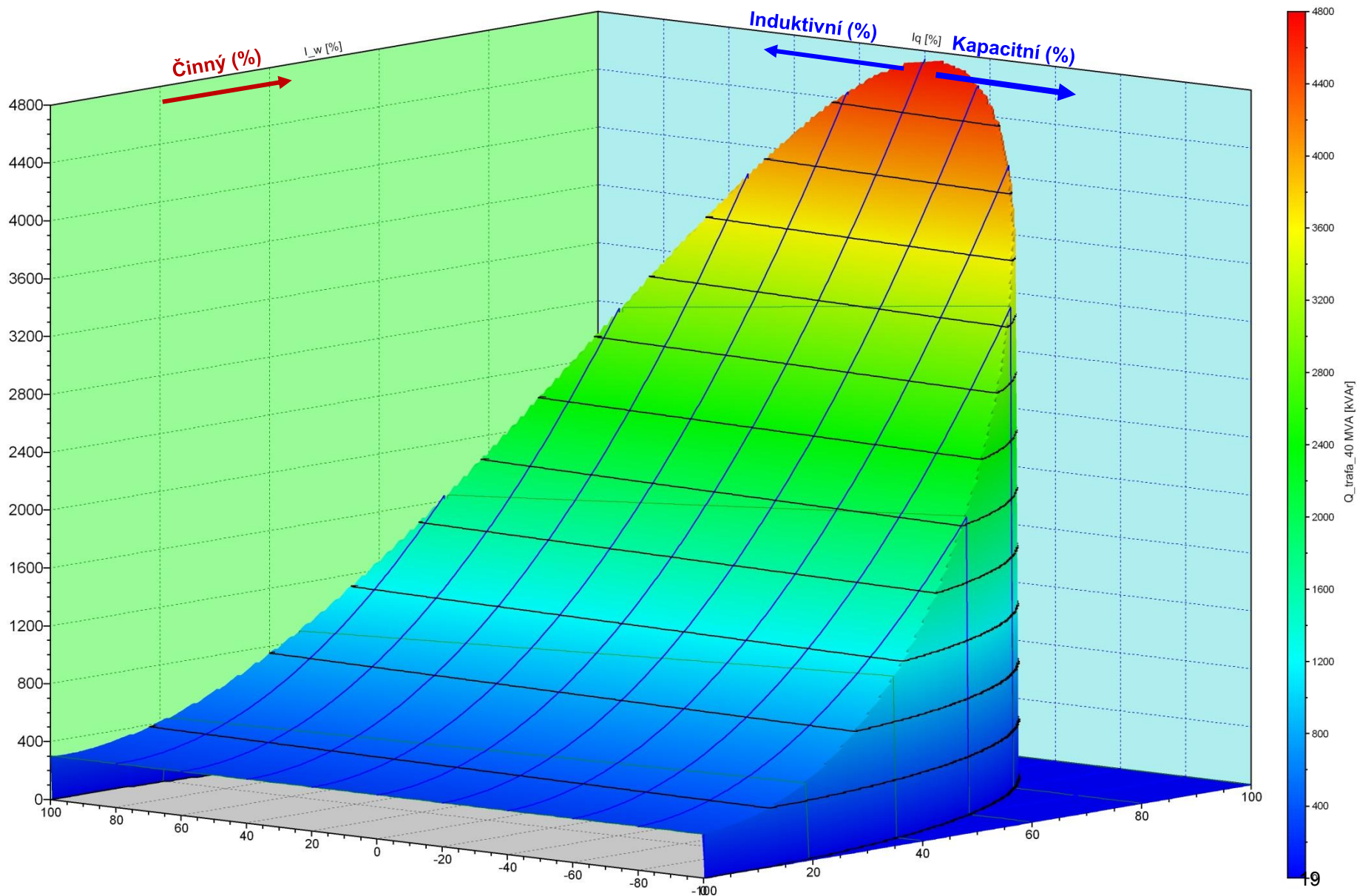
Transformátor **naprázdno** / **plné zatížení**

- Distribuční transformátor 400 kVA (0,52 kVAr až 5,7 kVAr)
 - cca 7,8 m až 85 m kabelu o průřezu 3x240 mm²
- Napájecí transformátor 110 kV/22 kV, 40 MVA (56,7 kVAr až 1,6 MVar)
 - cca 0,85 km až 23,7 km kabelu o průřezu 3x240 mm²

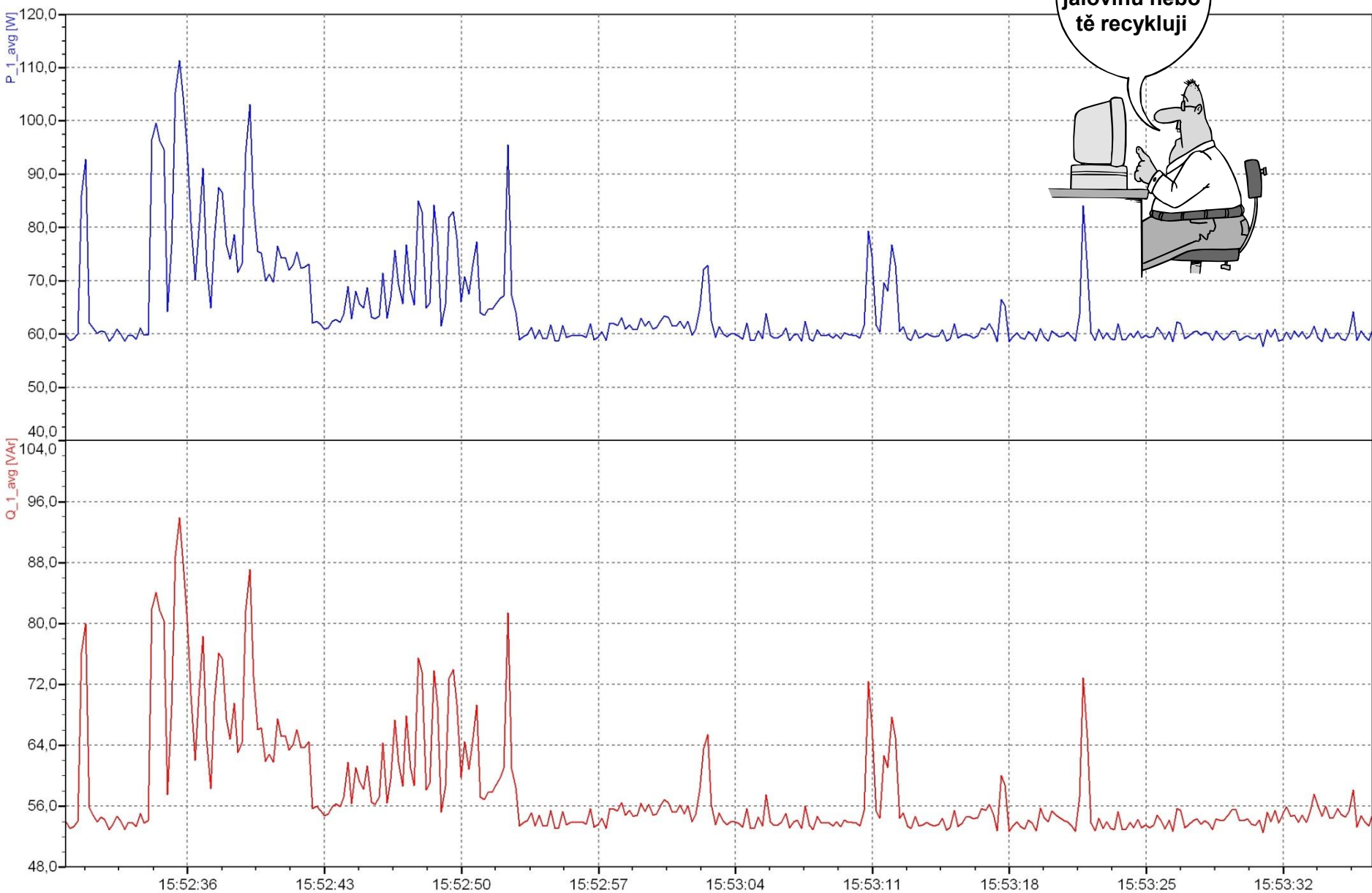
Otázka:

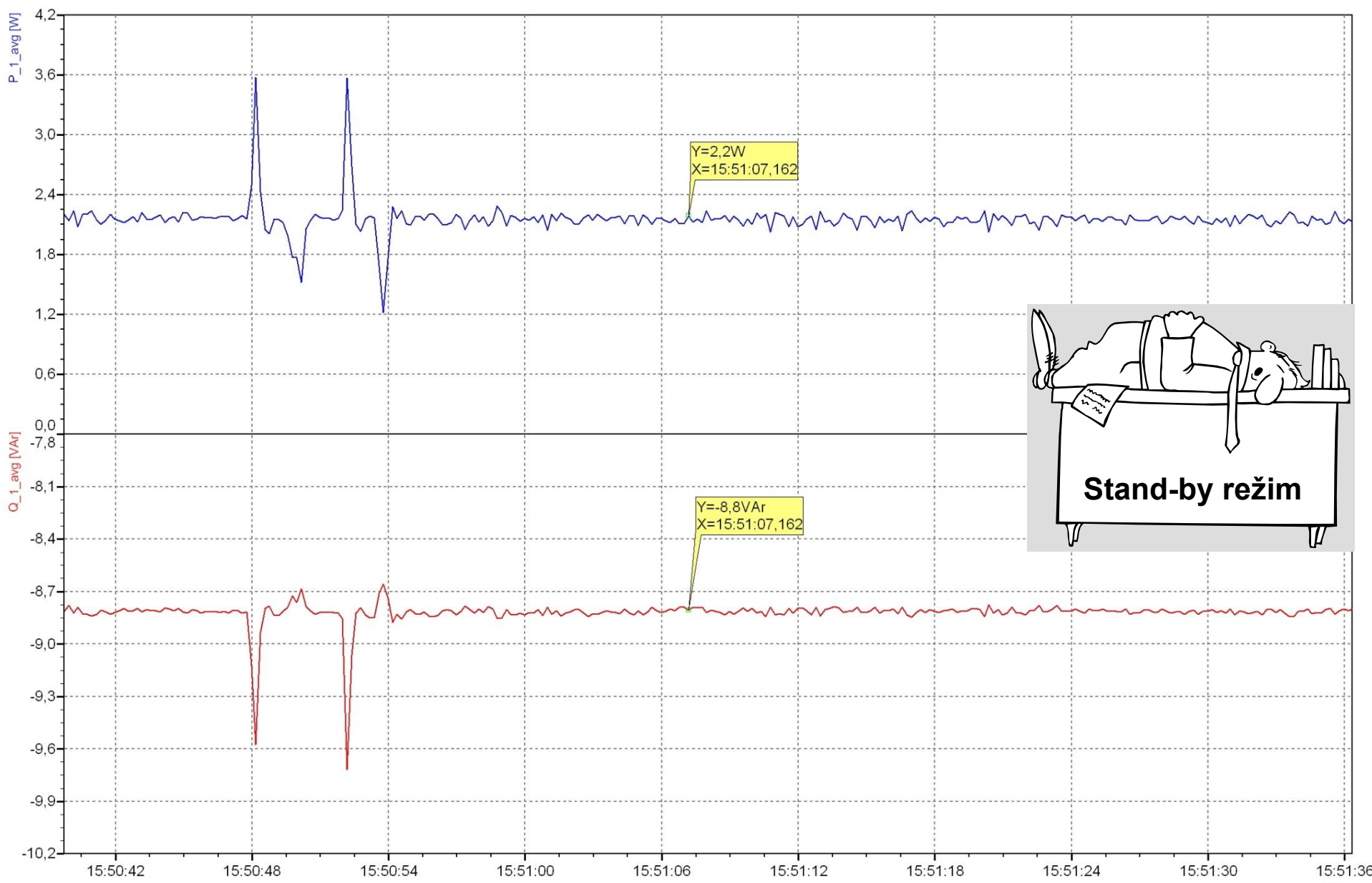
Je v rozsáhlé kabelové síti vhodné kompenzovat distribuční transformátory ?

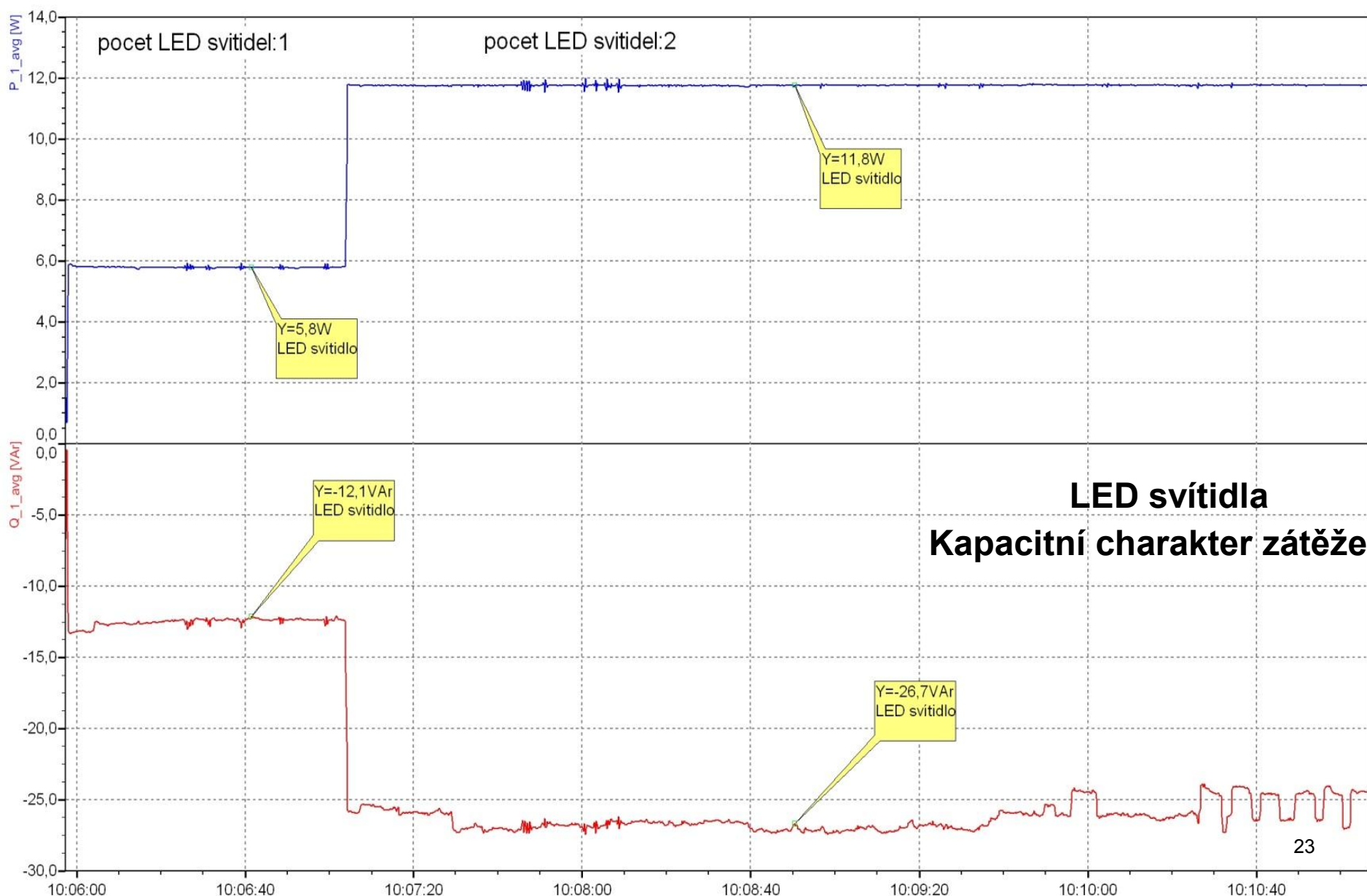




Změna charakteru odběrů



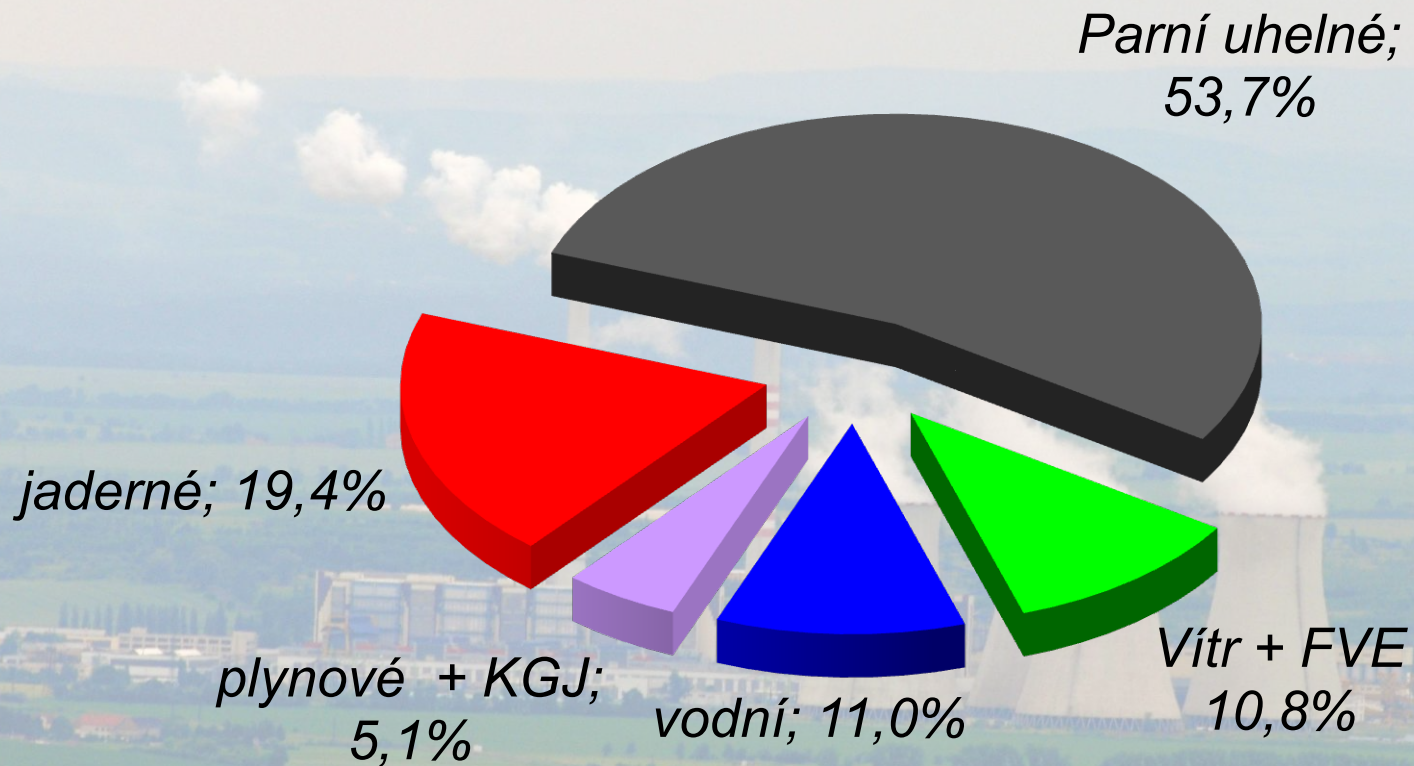




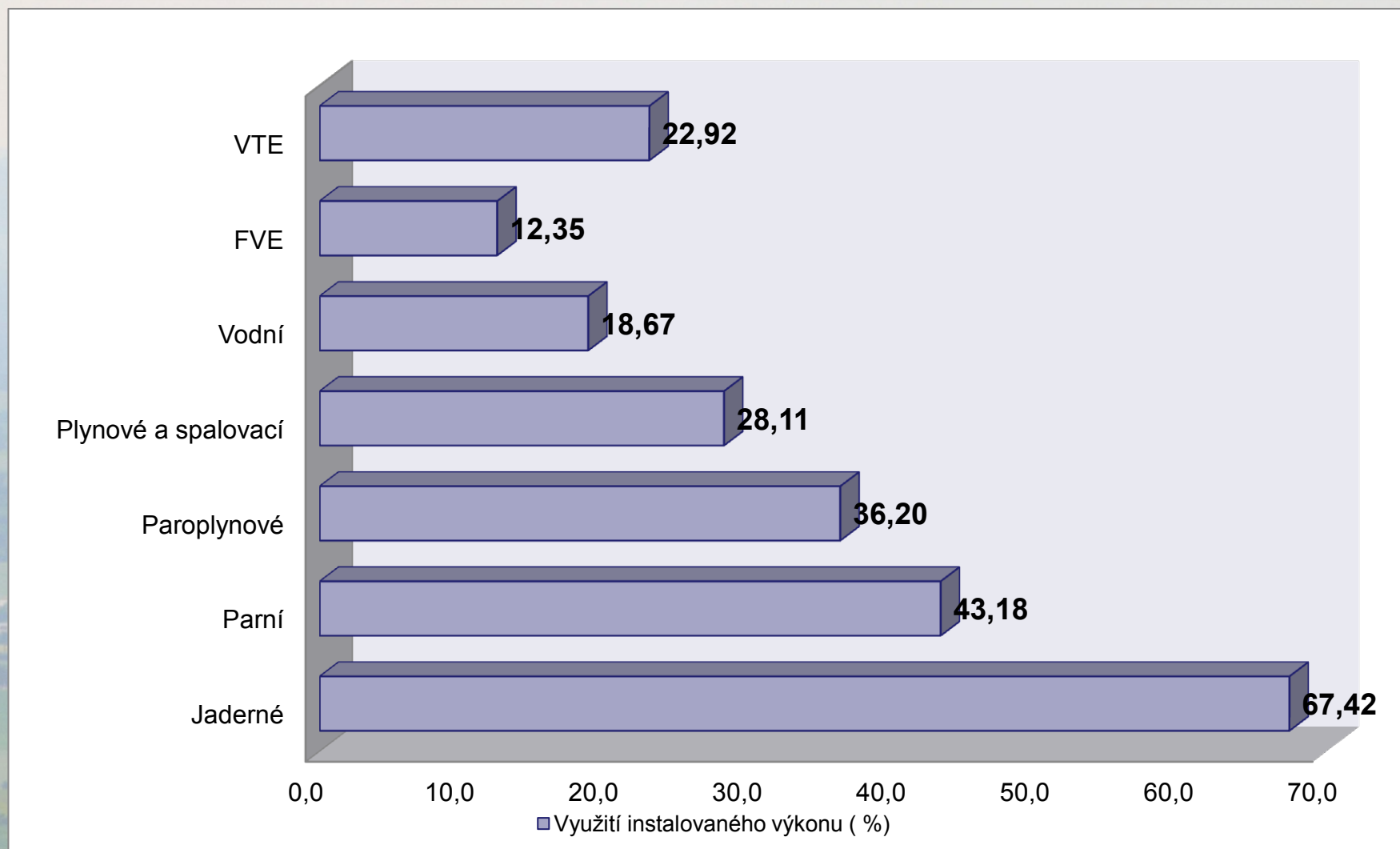
EVROPA

- **Přisuzuje velký význam energetické účinnosti**
- **Podporované zdroje energie**
 - **zejména obnovitelné zdroje energie**
(tj. energie biomasy a bioplynu, sluneční energie, větrná energie, vodní energie atd.)
 - **druhotné zdroje, vysokoúčinná kombinovaná výroba elektřiny a tepla, biometan a decentralní výroba elektřiny**

Struktura zdrojů ČR (2015)



Využití instalovaného výkonu zdrojů ČR (2015)

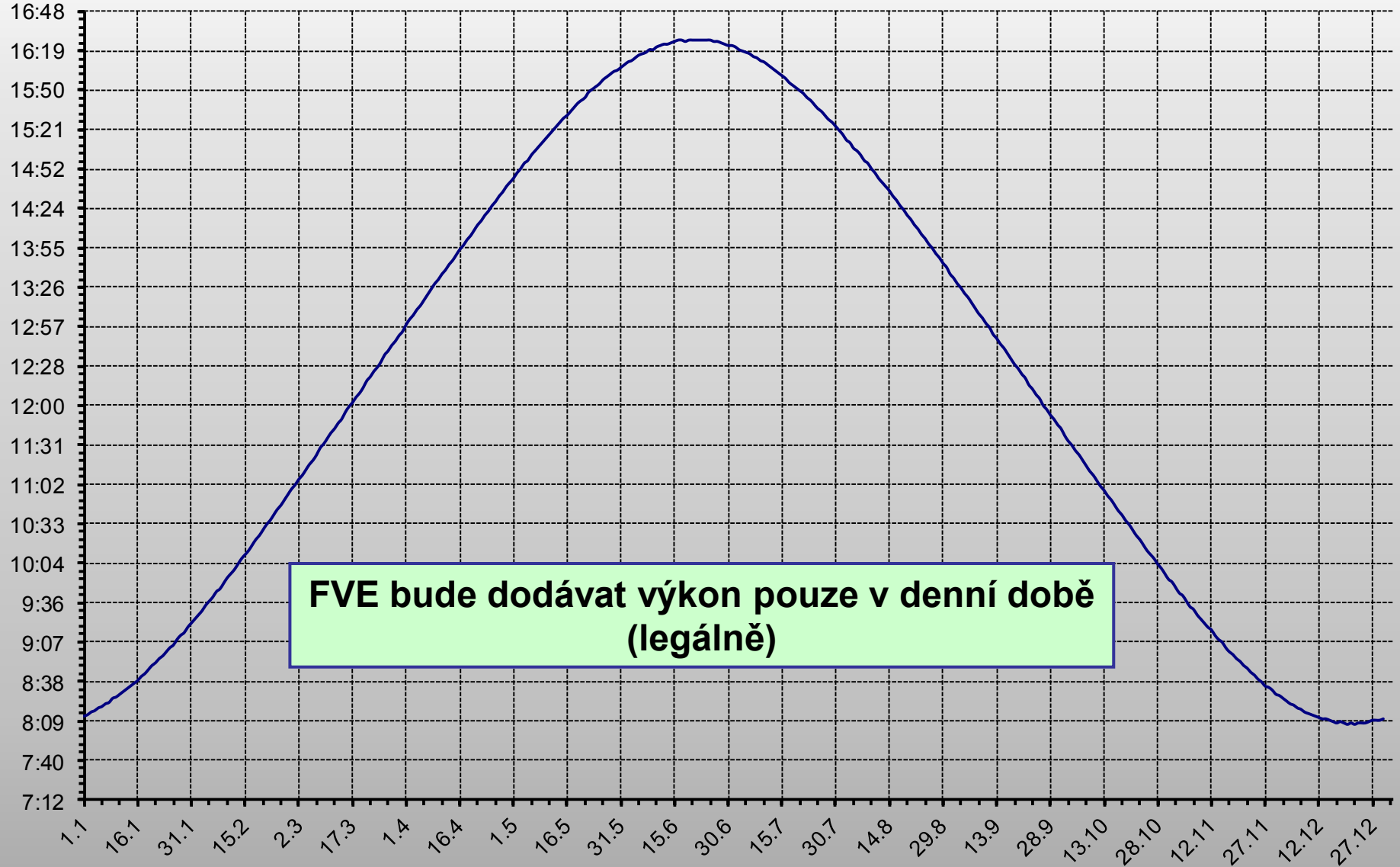


OZE

FVE – fotovoltaické elektrárny

VTE – větrné elektrárny

Délka dne v průběhu roku

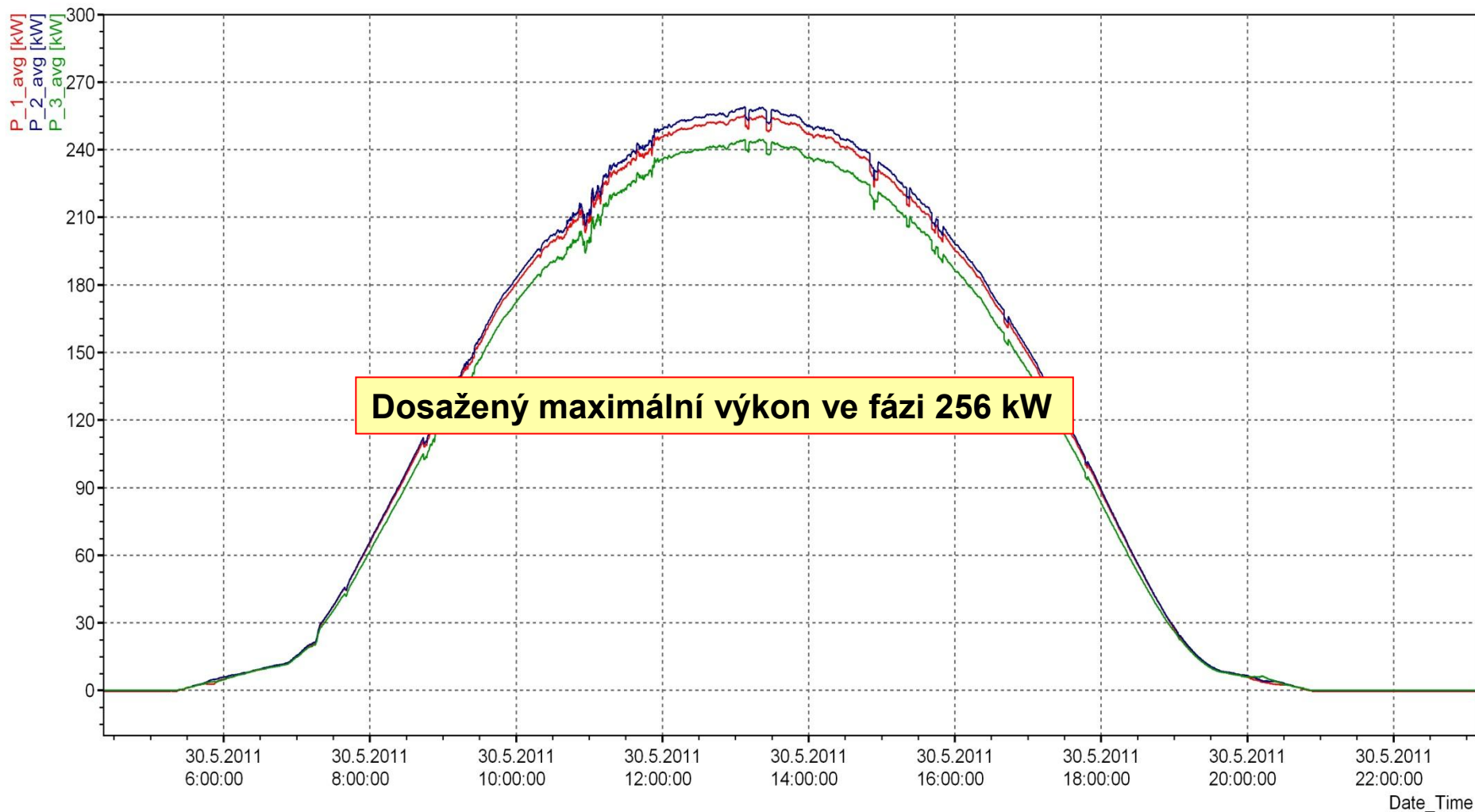


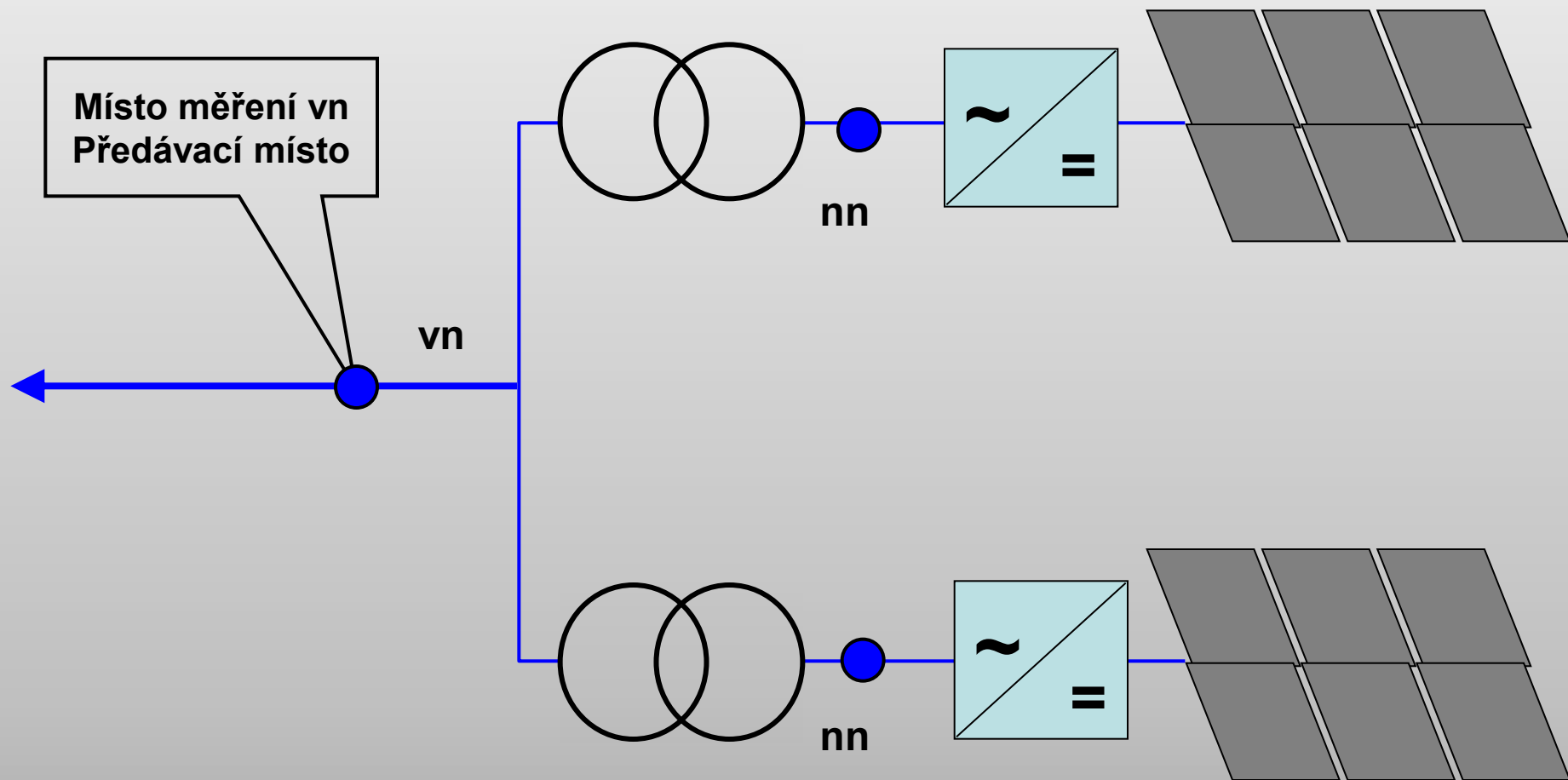
Záznam dodávky výkonu

jasný slunečný den (květen)

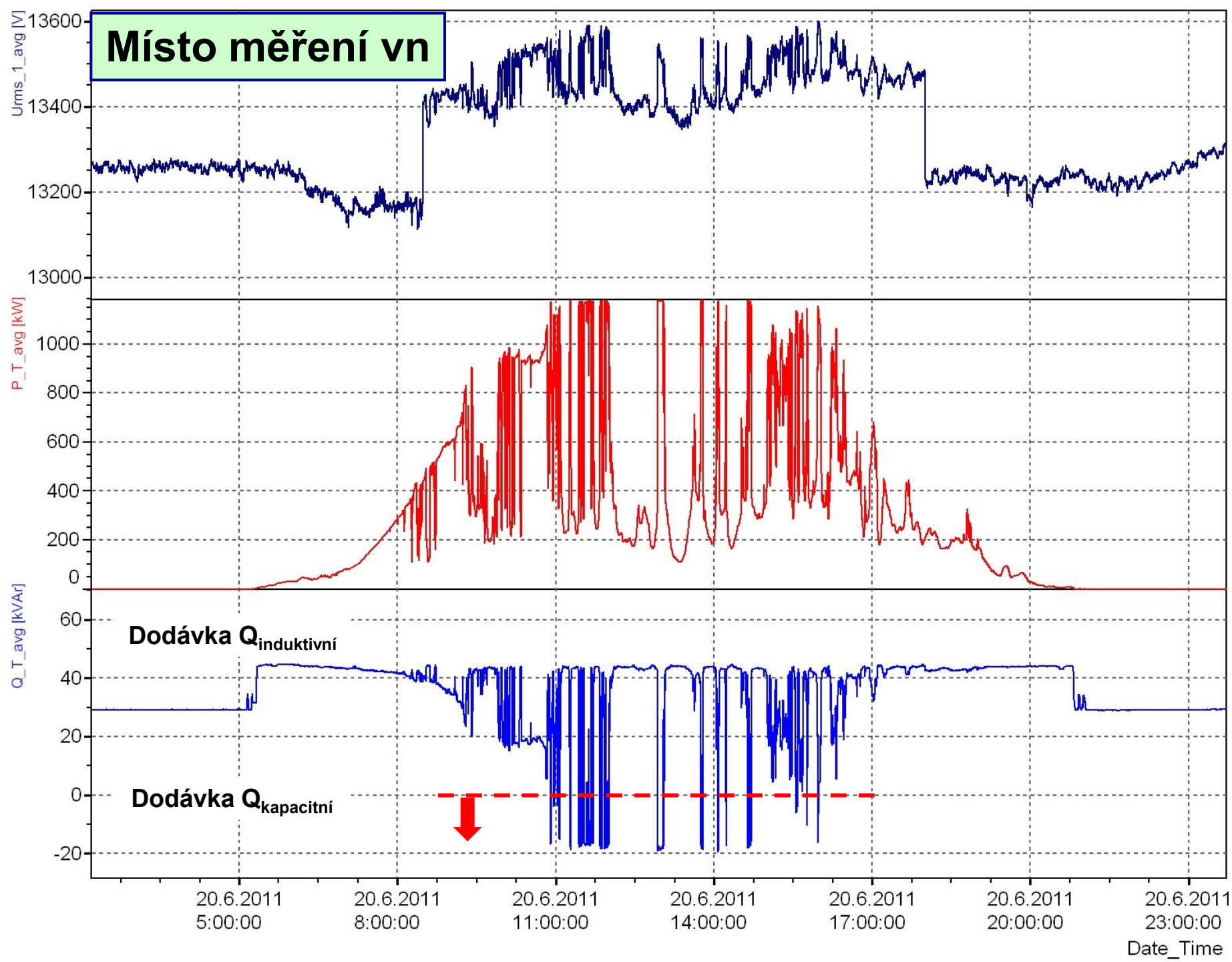
P_{instal} 3x266 kW (800 kW)

Slunce 30.5.2011 východ 4:57 západ 21:02





FVE s výkonem 1200 kW



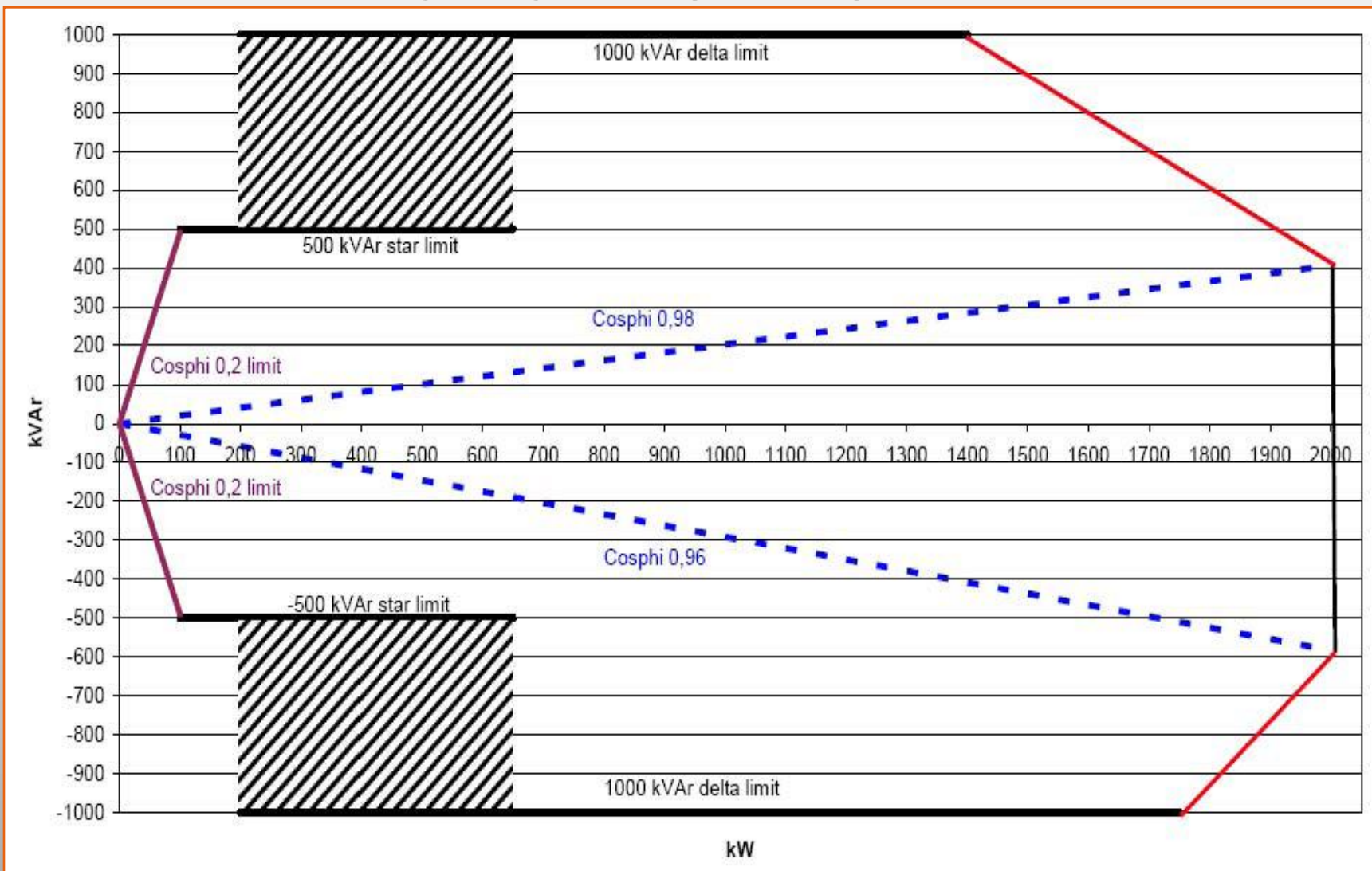
Další zdroje – větrné elektrárny

Vestas 2 MW
Asynchronní generátor



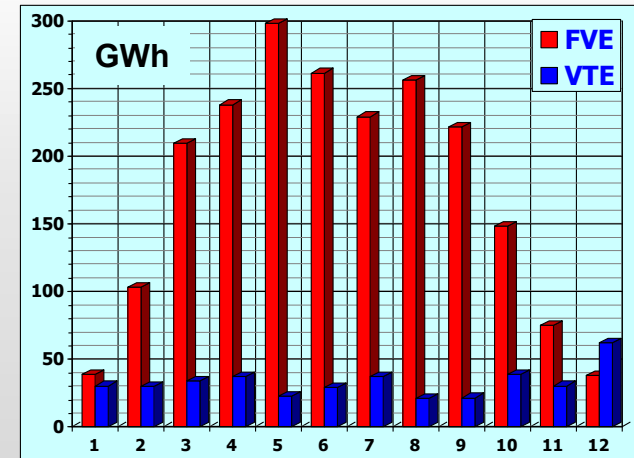
Rated power:	2000 kW
Total power	2083kVA(Cos φ =0.96)
Generator type	Asynchronous with wound rotor, slip rings and VCS
Building size	500
Degree of protection (Gen)	IP54
Voltage, generator:	690 V
converter:	480 V
Frequency	50 Hz
Number of poles	4
Winding connection, stator:	Star/delta
Rated efficiency with converter	96 %
Power factor, default (cos φ)	1.0
Possible cos φ regulation, capacitive/inductive	0.98/0.96

Možnosti řízení výroby energie na generátoru VTE



➤ Decentralizace zdrojů

- ✓ *Velké počty malých zdrojů*
- ✓ *Omezené možnosti řízení P, Q*
- ✓ *Nerovnoměrná dodávka výkonu*
- ✓ *Decentrální řízení soustavy*



➤ Změna přetoků výkonu v sítích

- ✓ *Nové požadavky na řízení toku výkonu v sítích*
- ✓ *Změny systémů chránění v sítích*

➤ Dopad důsledků i na DS

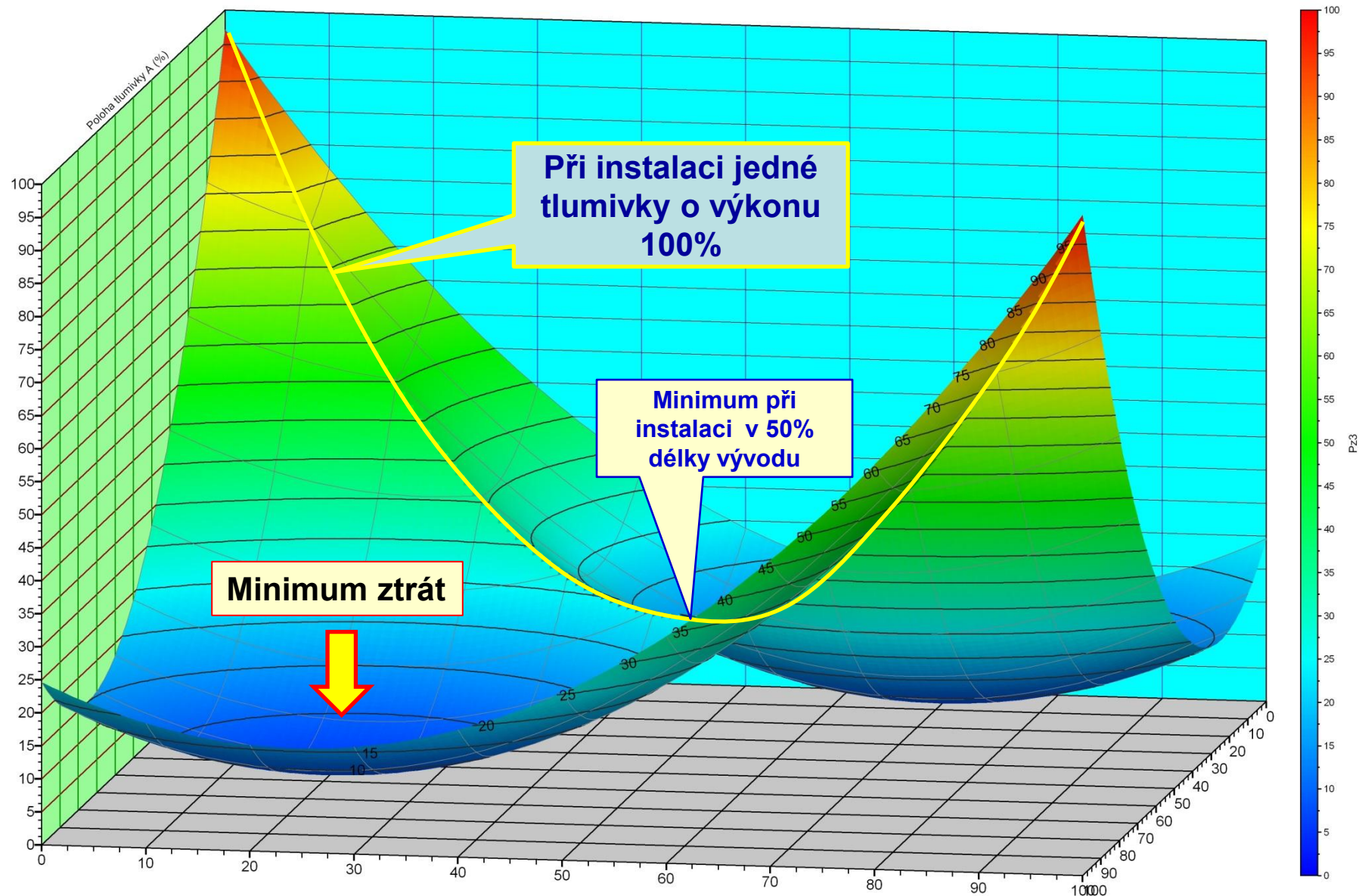
Řešení:

DEKOMPENZACE

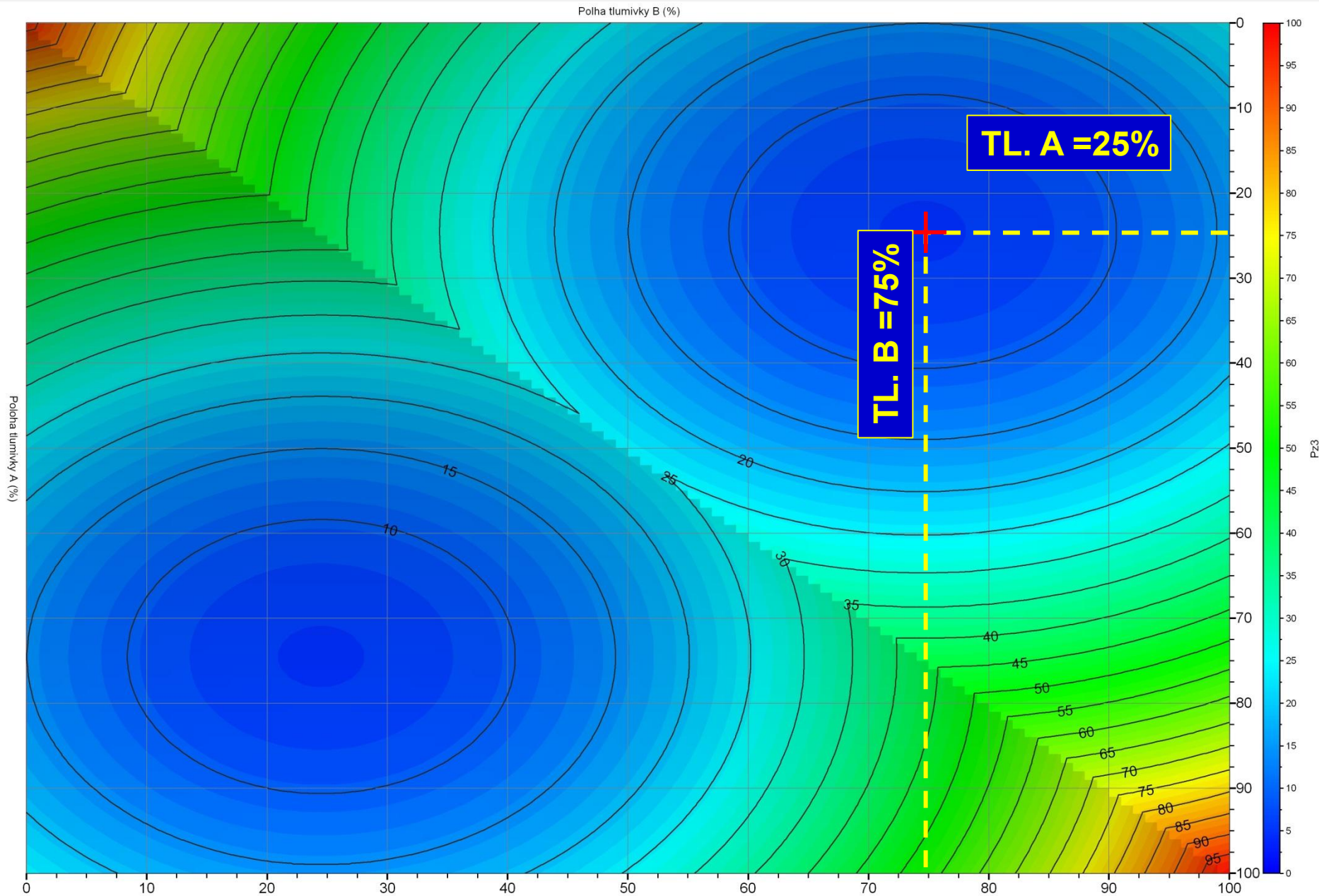
KOMPENZACE: eliminace jalového výkonu induktivního charakteru

DEKOMPENZACE: eliminace jalového výkonu kapacitního charakteru

Ztráty na vedení při instalaci 2 ks dekompenzačních tlumivek o výkonu 50% Q_c - vliv místa instalace tlumivek

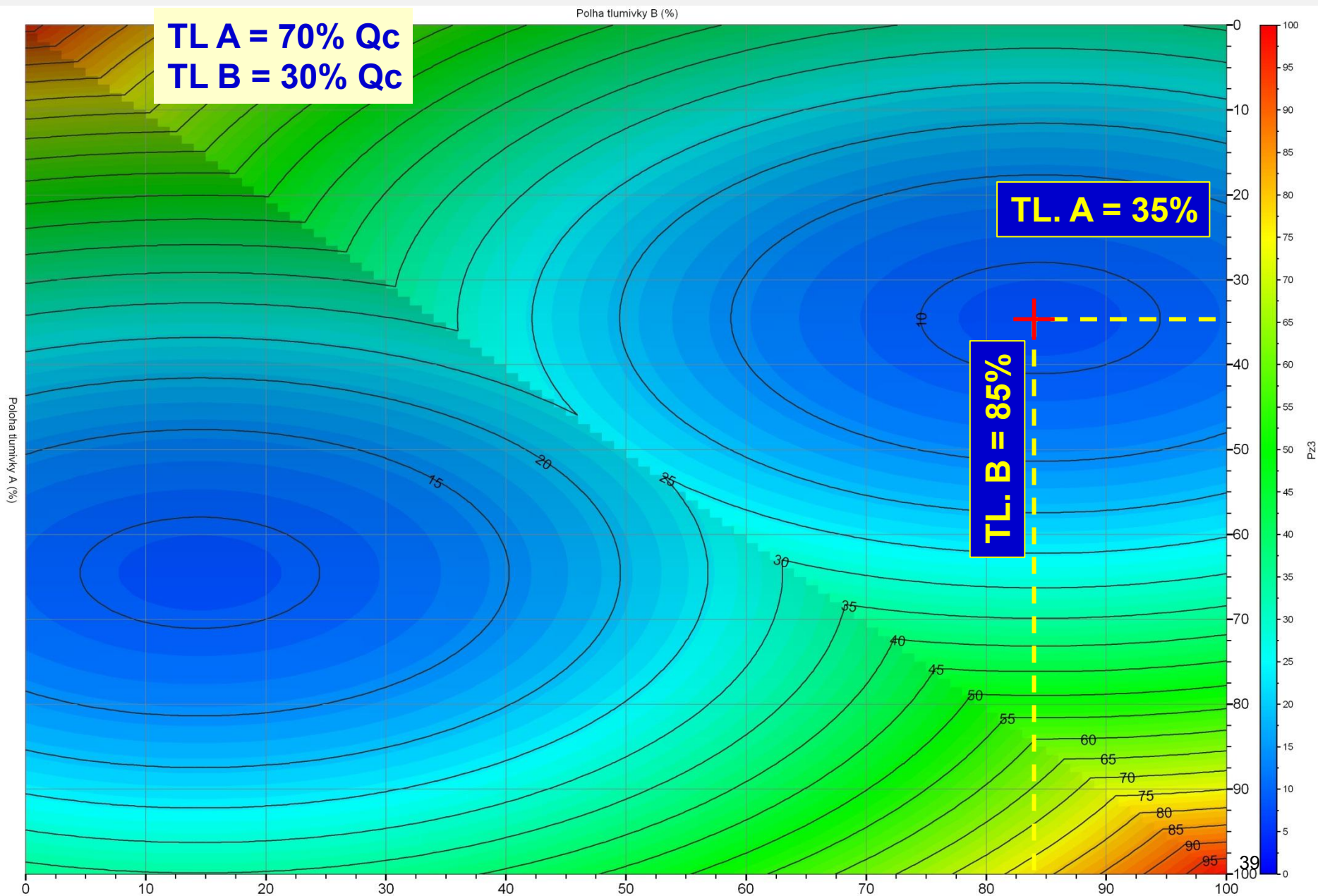


Ztráty na vedení při instalaci 2 ks dekompenzačních tlumivek o výkonu 50% Q_c - vliv místa instalace tlumivek

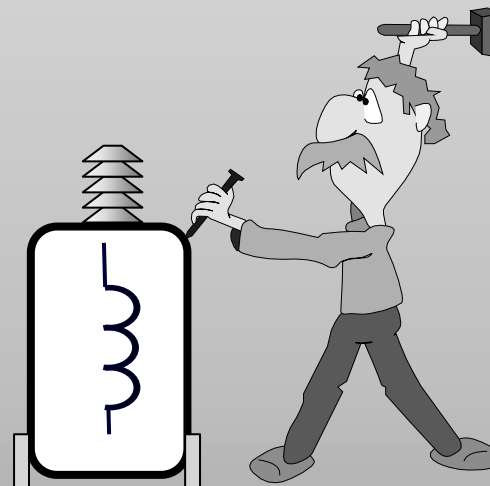


Ztráty na vedení při instalaci 2 ks dekompenzačních tlumivek o různém výkonu Q_c

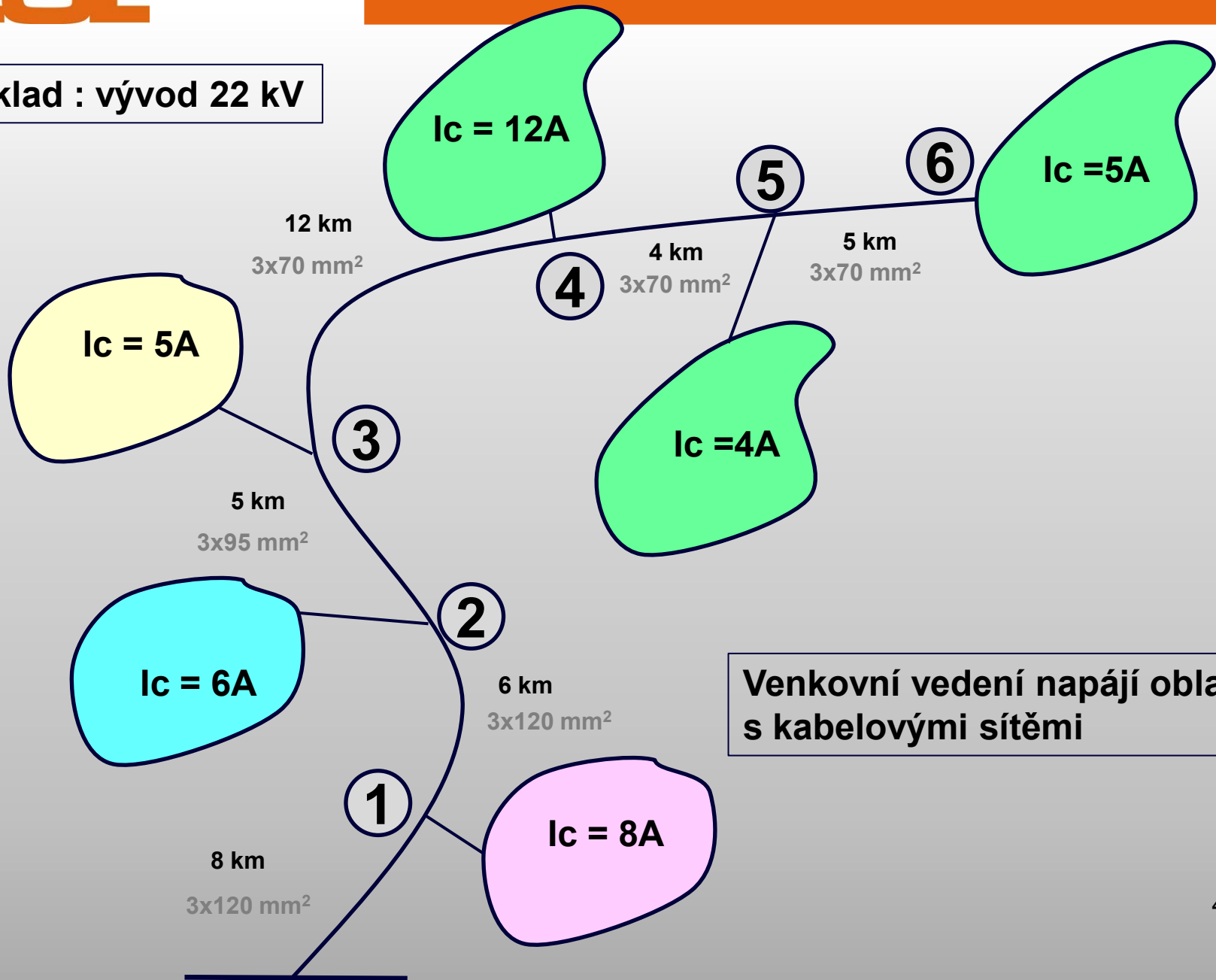
- vliv místa instalace tlumivek



Optimalizace výkonu dekompenzační tlumivky



Příklad : vývod 22 kV



Venkovní vedení napájí oblasti s kabelovými sítěmi

Dekompenzační proud tlumivky

Místo instalace tlumivky – číslo uzlu

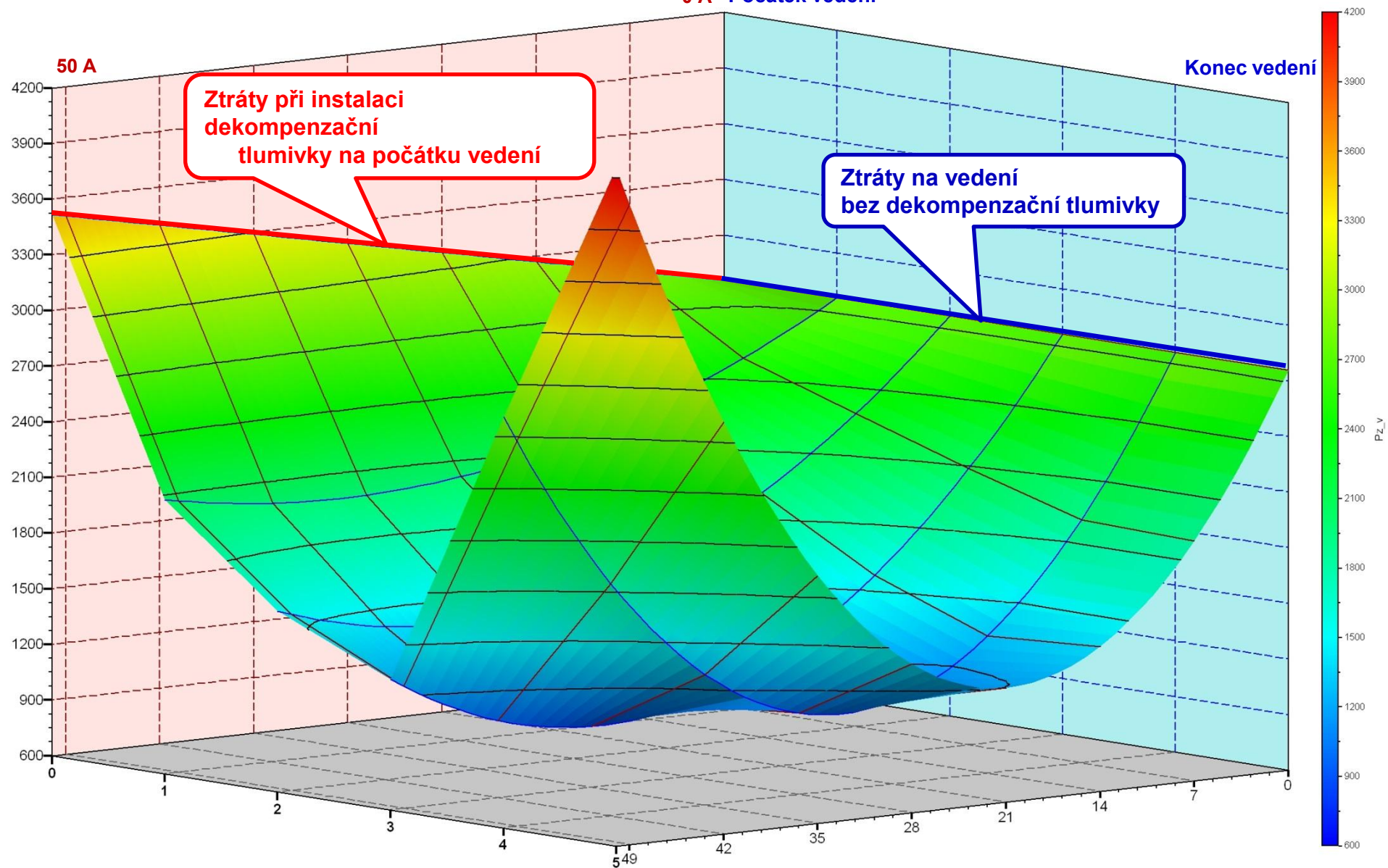
0 A Počátek vedení

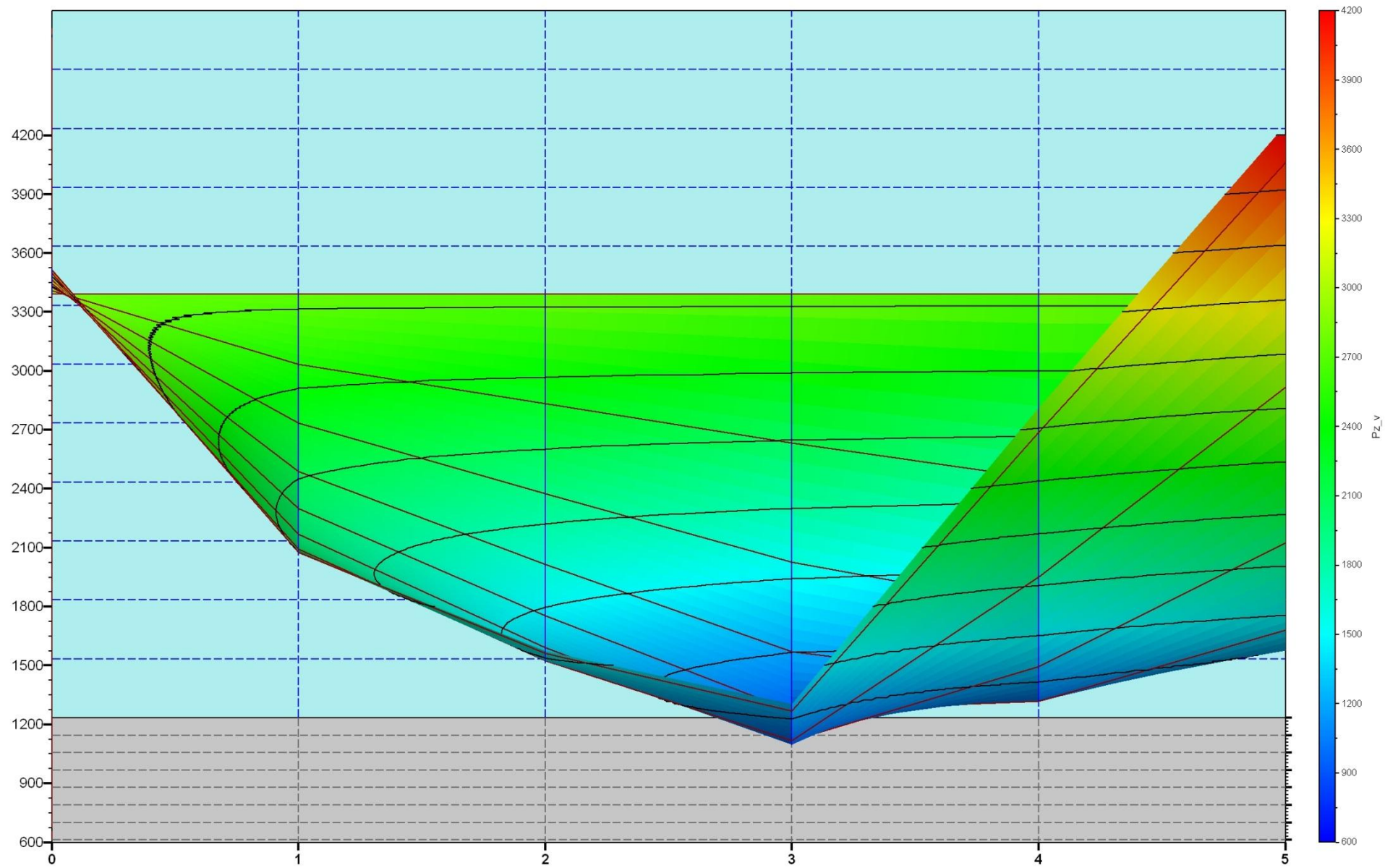
Konec vedení

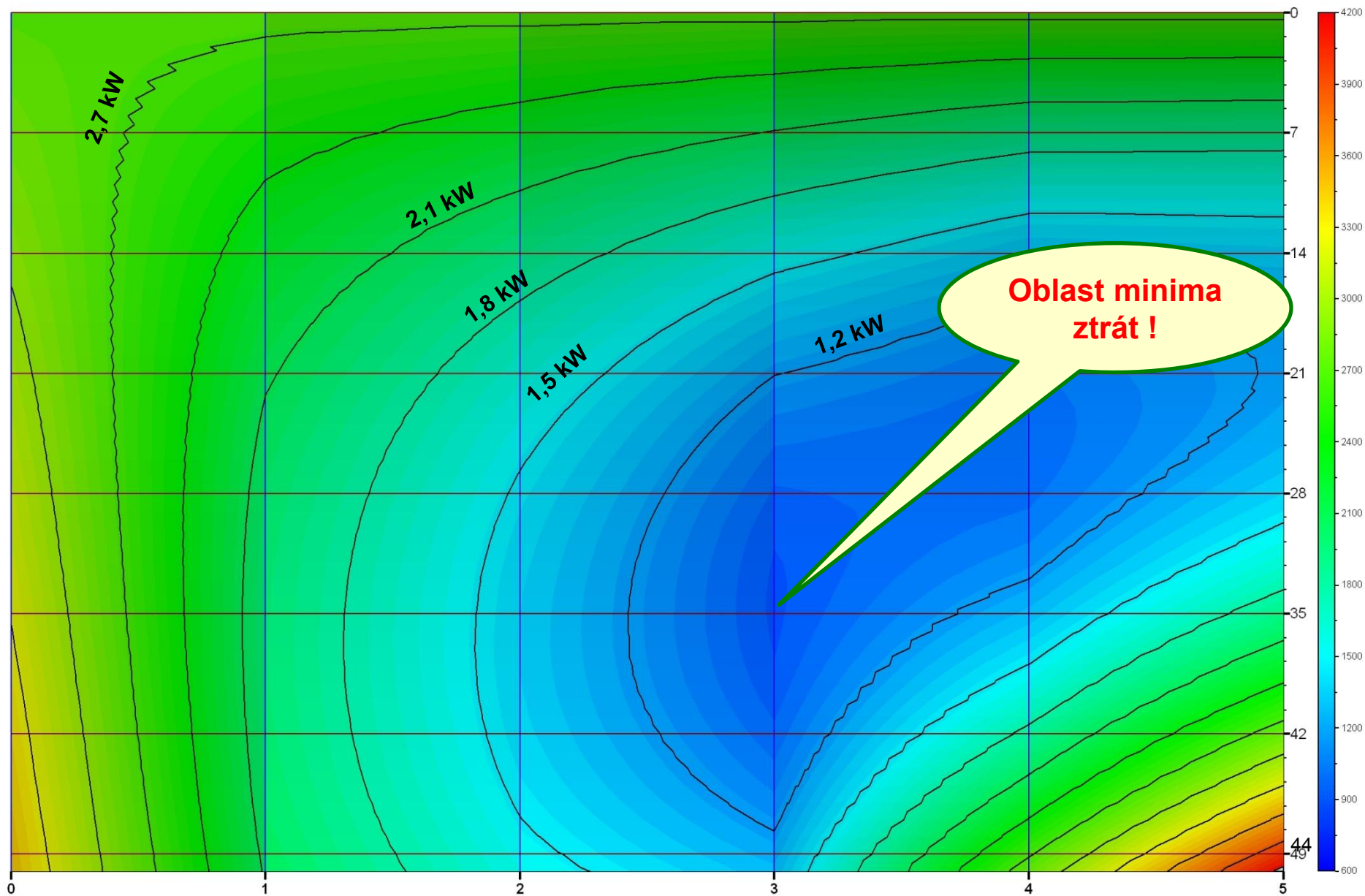
50 A

Ztráty při instalaci
dekompenzační
tlumivky na počátku vedení

Ztráty na vedení
bez dekompenzační tlumivky







Třífázové dekompenzační tlumivky



Třífázové dekompenzační tlumivky

Změna jalového výkonu od 10% do 100%



SVS

- Eliminace nabíjecích kapacitních proudů
- Eliminace příčiny fázové napěťové nesymetrie
- Eliminace zemních kapacitních proudů

EGE



+RSVS

EGE

SYSTÉM SVS



U_{L1}



U_{L2}



U_{L3}



U₀



I_L

ADS - CP

OVLÁDACÍ A SIGNALIZAČNÍ PANEĚL

EGE

EGE, spol. s r. o.
Krochovice 38
Česká republika

✓ PŘÍKROVNÍK	✓ PŘÍKROVNÍ PANEĚL	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ
✓ PŘÍKROVNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ
✓ VYKROVNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ
✓ VYKROVNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ
✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ
✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ
✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ
✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ
✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ
✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ	✓ ROZBÍHÁNÍ

AUTOMAT - RUČNĚ



Přepínač režimu



Automatická ADS
Připravenost



Porucha
systému



Porucha komunikace
s panelem



Hlavní vypínač

Shrnutí:

Řízení přetoku jalové energie

Ovlivňuje ztráty v síti

- Závislost na vlastních ztrátách zařízení
- Závislost na dekompenzačním výkonu
- Závislost na místě instalace
- Závislost na počtu jednotek

Umíme Vám pomoci

Děkuji za pozornost