



Vliv zatížení transformátorů na jejich ztráty

Za tým PHOTOMATE: Ing. František Žák, Ph.D.

tel.: +420 725 090 447

mail: frantisek.zak@photomate.eu



▶ photomate.eu

HUAWEI FUSIONSOLAR PARTNER for CEE, Scandinavia, Baltics and Eurasia

Základní parametry třífázových transformátorů

Napětí: U_1 - primární

U_2 - sekundární,

U_3 - terciální

Výkon: S (kVA, MVA) zdánlivý výkon

Napětí nakrátko: u_k (%)

Ztráty naprázdno: P_0 (W, kW)

Ztráty nakrátko: P_k (W, kW)

Proud naprázdno: i_0 (%)

Zapojení: D, d – trojúhelník, Y, y - hvězda, Z, z - lomená hvězda,

N, n – vyvedení uzlu vinutí, platí pro Y, y, Z, z

hodinové číslo – úhel mezi primárním a sekundárním napětím

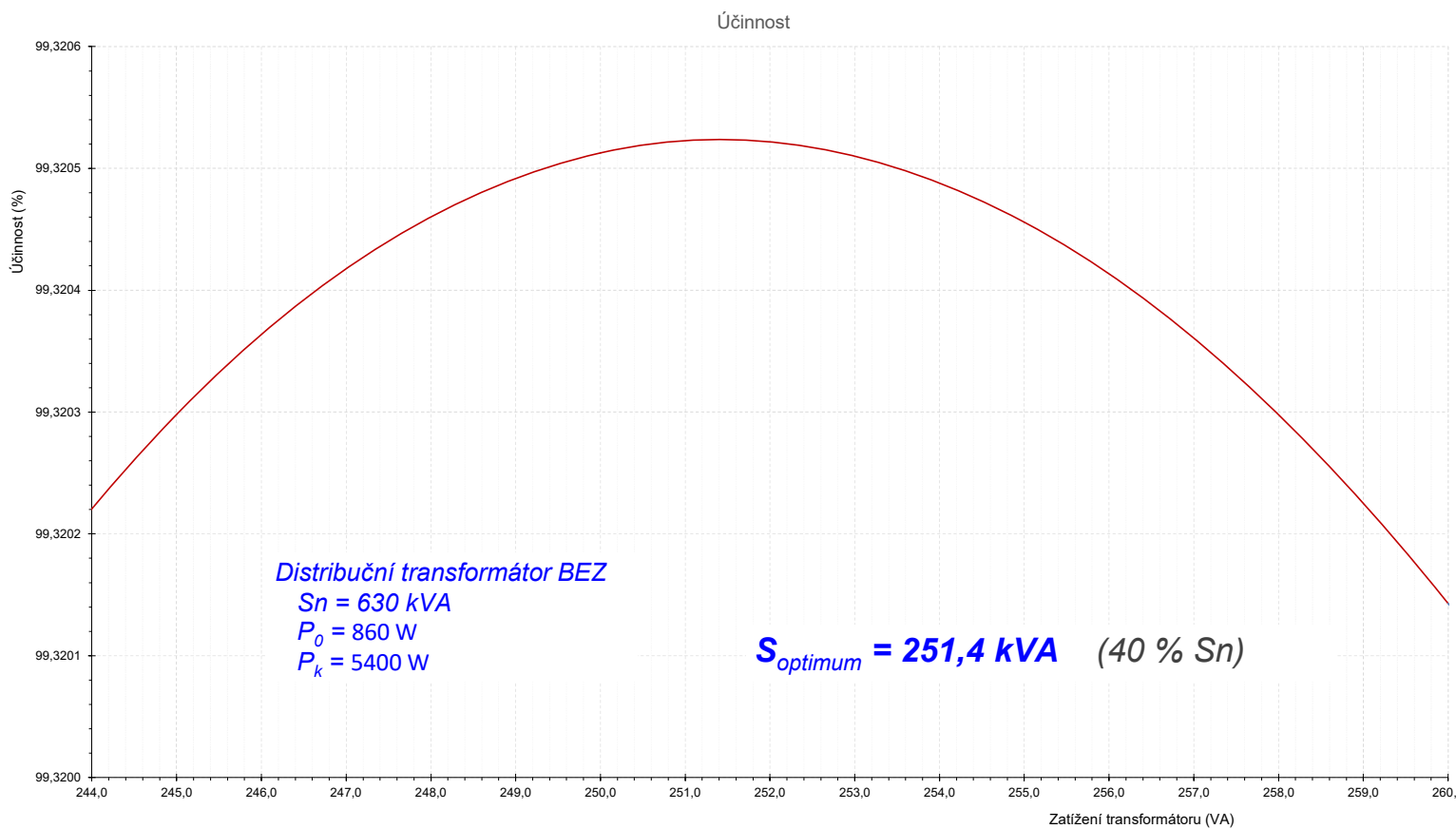
Provoz transformátorů - ztráty

Ztráty transformátoru:

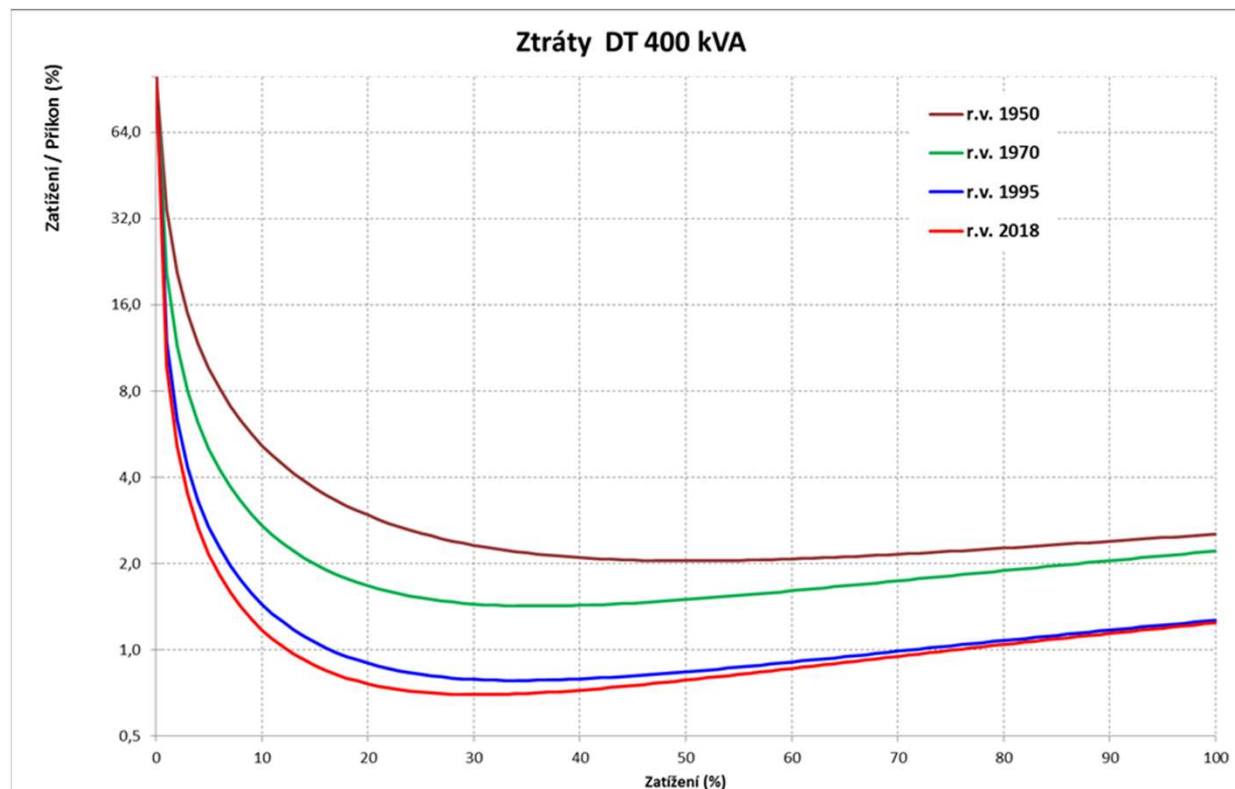
- naprázdno: P_0
- nakrátko: P_k
- Výpočet ztrát při zatížení zdánlivým výkonem S .

$$P_z = P_0 + P_k \frac{S^2}{S_n^2}$$

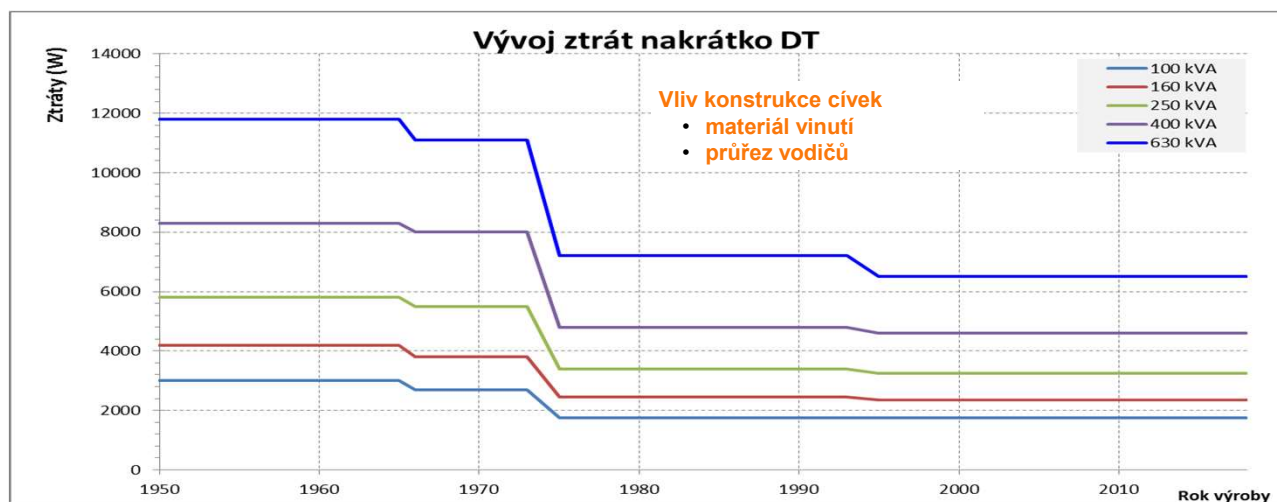
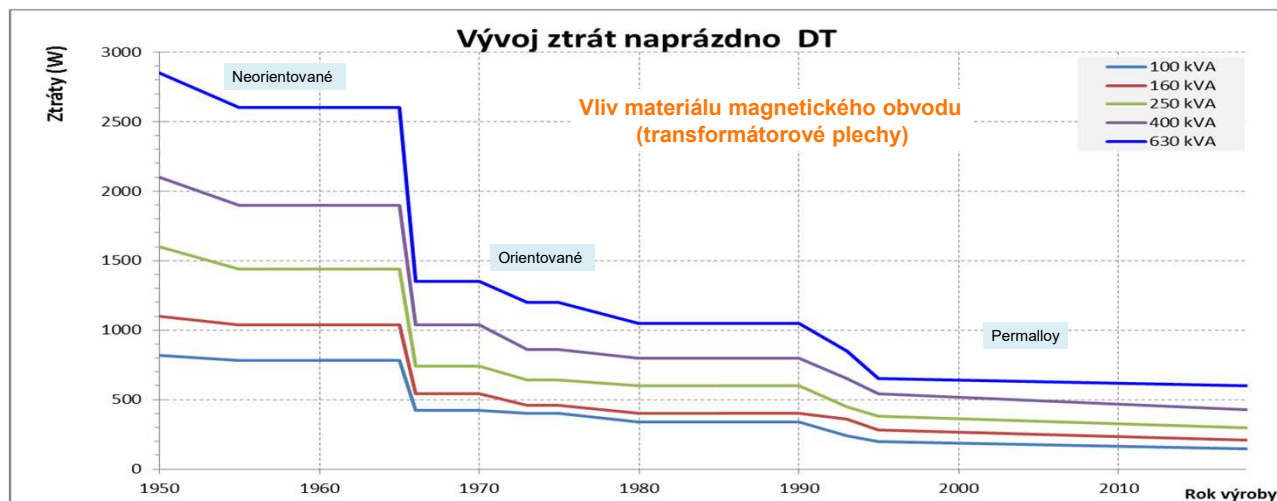
Účinnost přenosu výkonu přes transformátor



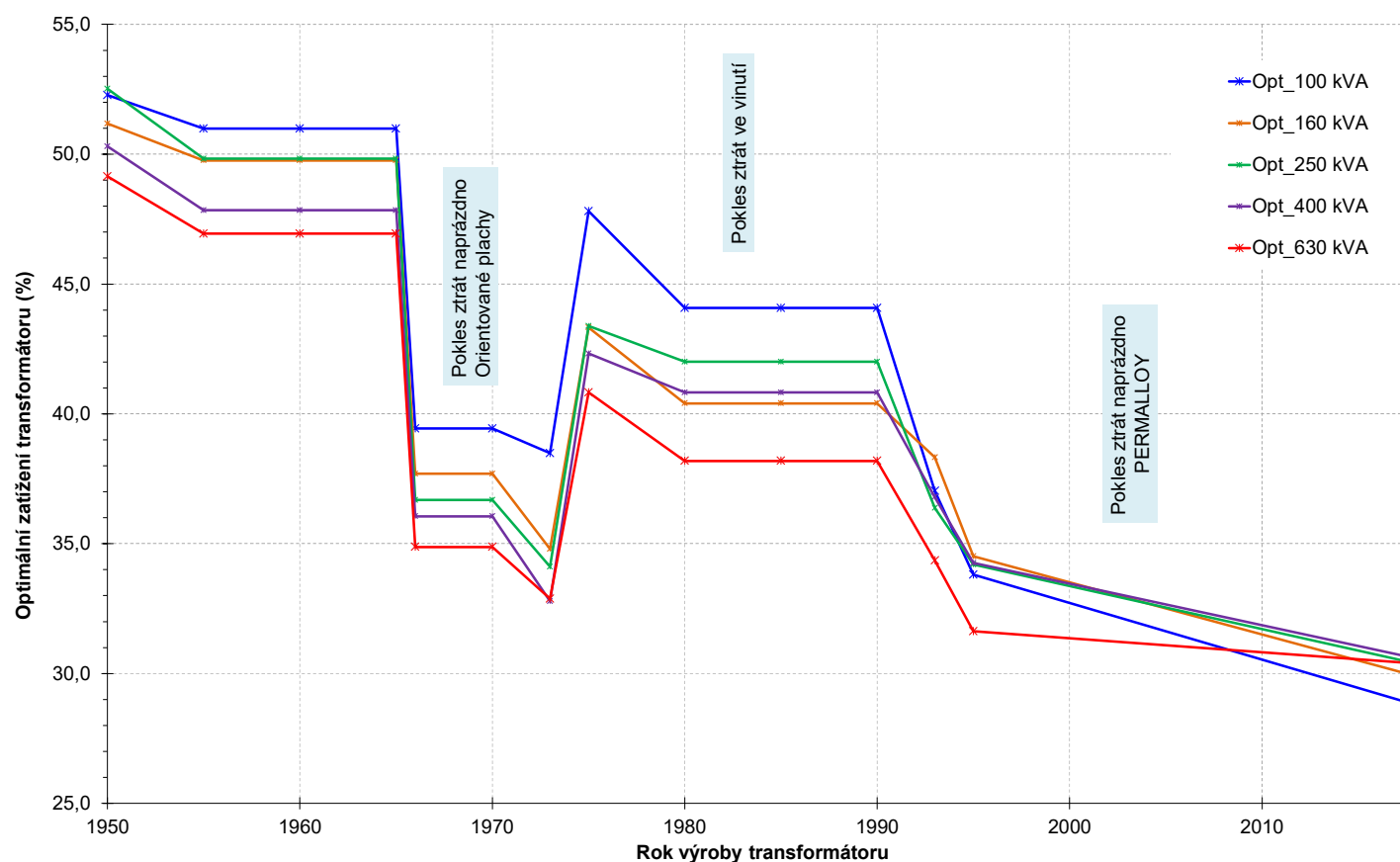
Provoz transformátorů - ztráty



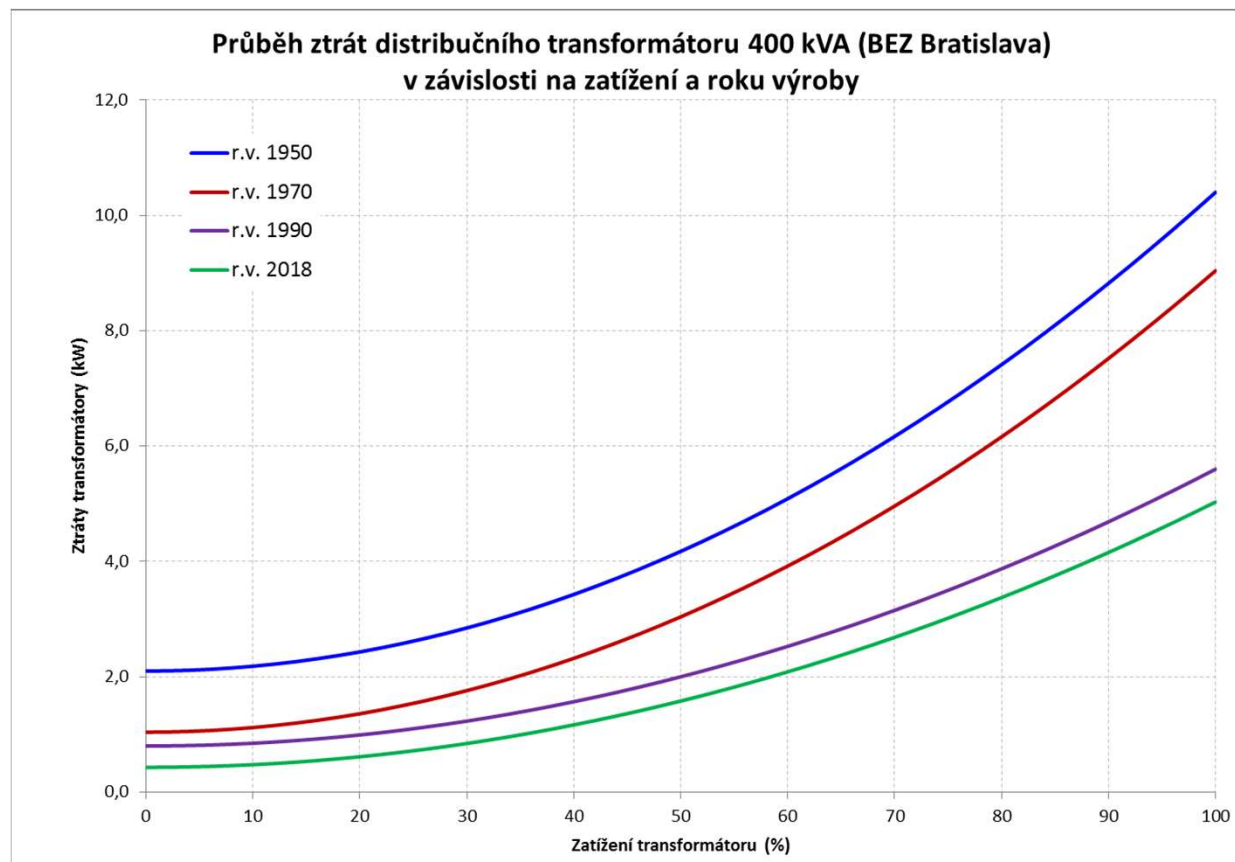
Časový vývoj ztrát transformátoru



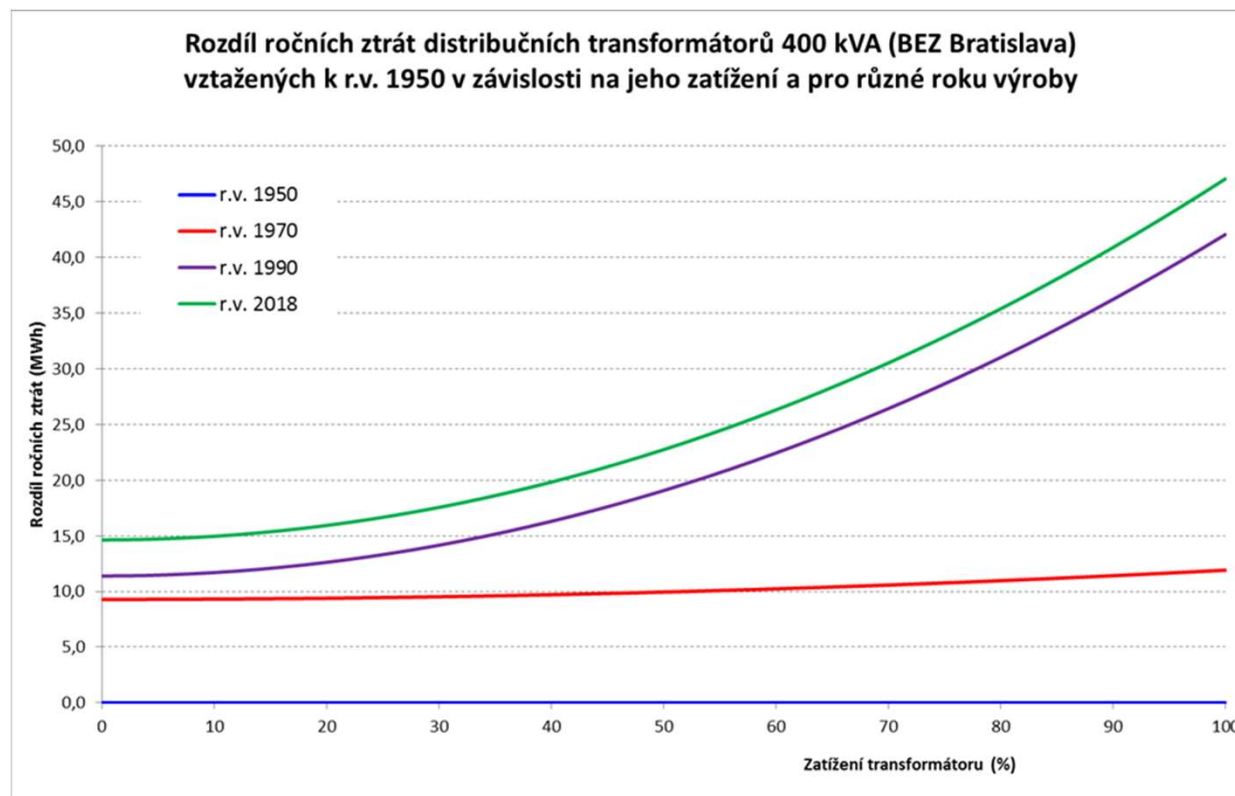
Časový vývoj optimálního zatížení transformátorů



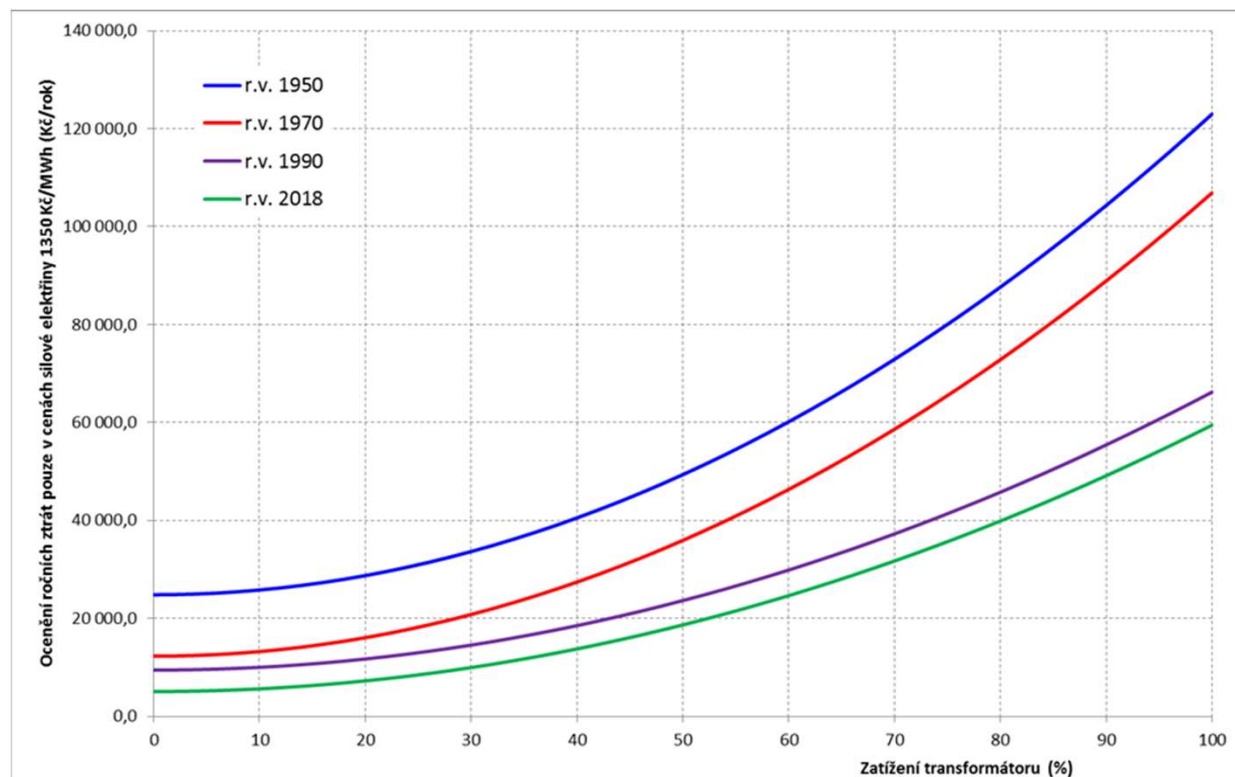
Provoz transformátorů - ztráty



Provoz transformátorů - ztráty



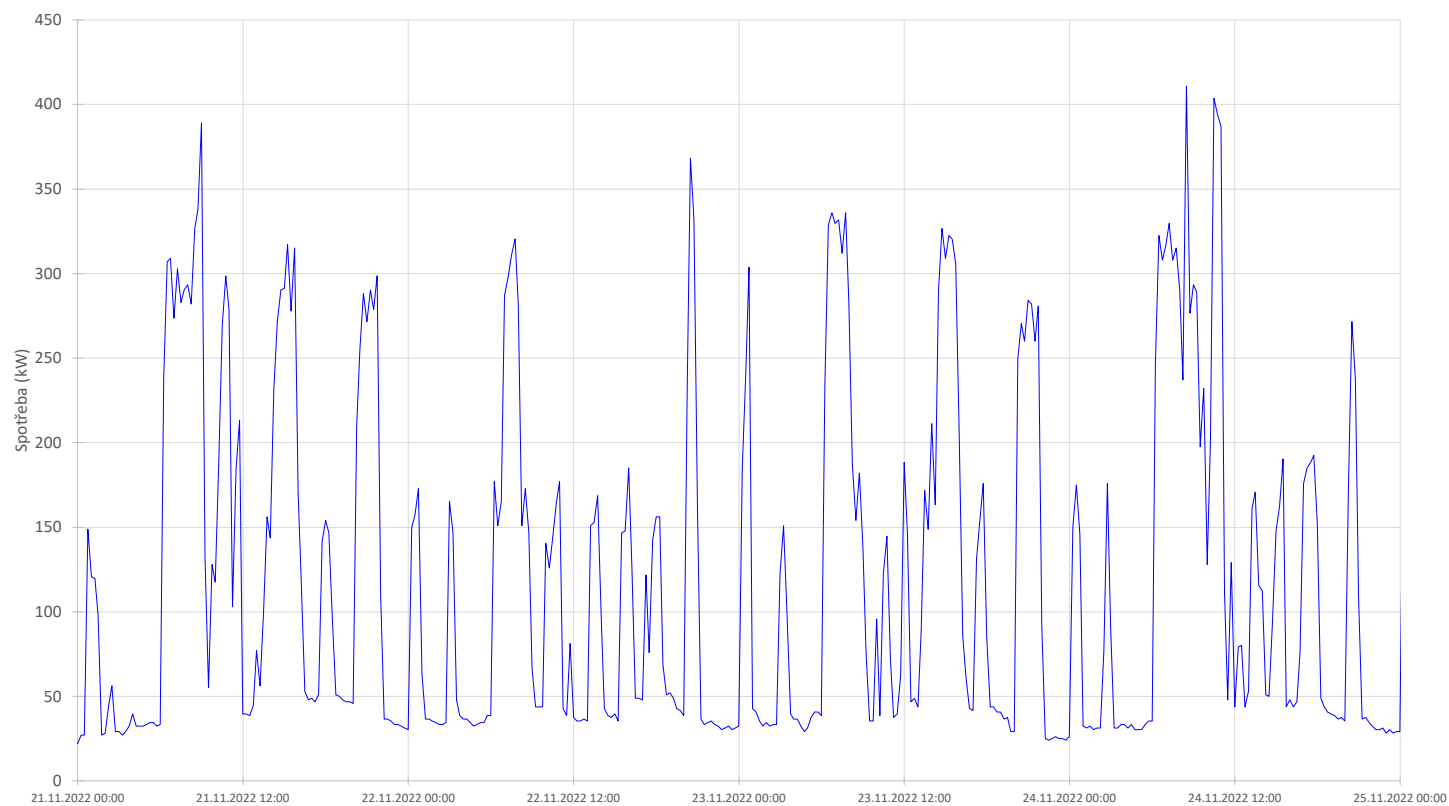
Provoz transformátorů - ztráty





Časový průběh zatížení transformátoru

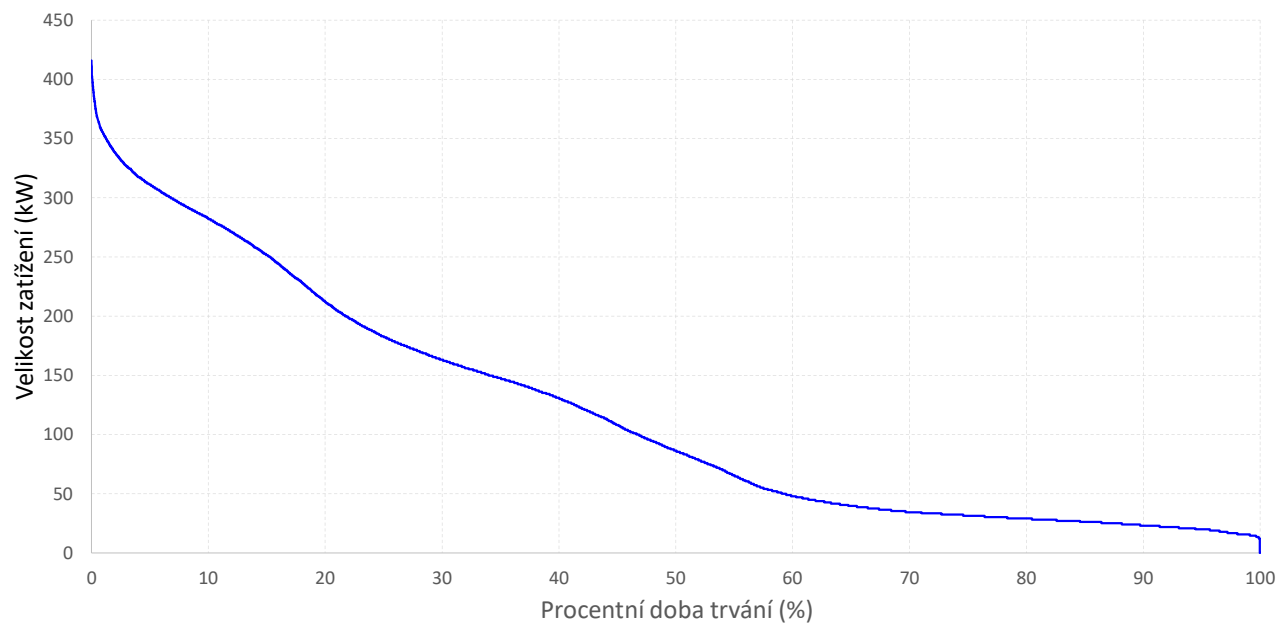
Časový průběh spotřeby elektřiny



Analýza zatížení transformátoru

- Roční spotřeba elektriny: 864,85 MWh
- Maximální zatížení: 416 kVA

Doba trvání zatížení transformátoru



Analýza zatížení transformátoru

Průměrné zatížení

- Maximální ztrátový výkon: $P_{zTmax} = \Delta P_0 + \Delta P_k \cdot \left(\frac{S_{max}}{S_{Tn}}\right)^2$
- Doba plných ztrát: $T_{\Delta} = \frac{\sum_{i=1}^n S_{zi}^2(t_i) \cdot \Delta t}{S_{max}^2}$
 - kde Δt perioda snímání výkonu (hod)
 S_{max} maximální zatížení
- Ztrátová energie transformátoru: $W_{zT} = \Delta P_0 \cdot T_p + \Delta P_k \cdot \left(\frac{S_{max}}{S_{Tn}}\right)^2 \cdot T_{\Delta}$

Analýza zatížení transformátoru

Průměrné zatížení

- Maximální zatížení: 416 kVA
- Aritmetický průměr zatížení: 118,93 kW
- Kvadratický průměr zatížení: $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n S_i^2}{n}} = 154,89 \text{ kVA}$

Transformátor T400

Procentní zatížení: 48,7 %

Po 610 W

Pk 3 850 W

Roční ztráty: 10,4 MWh

Transformátor T630

Procentní zatížení: 30,9 %

Po 860 W

Pk 5 400 W

Roční ztráty: 10,39 MWh

Transformátor T800

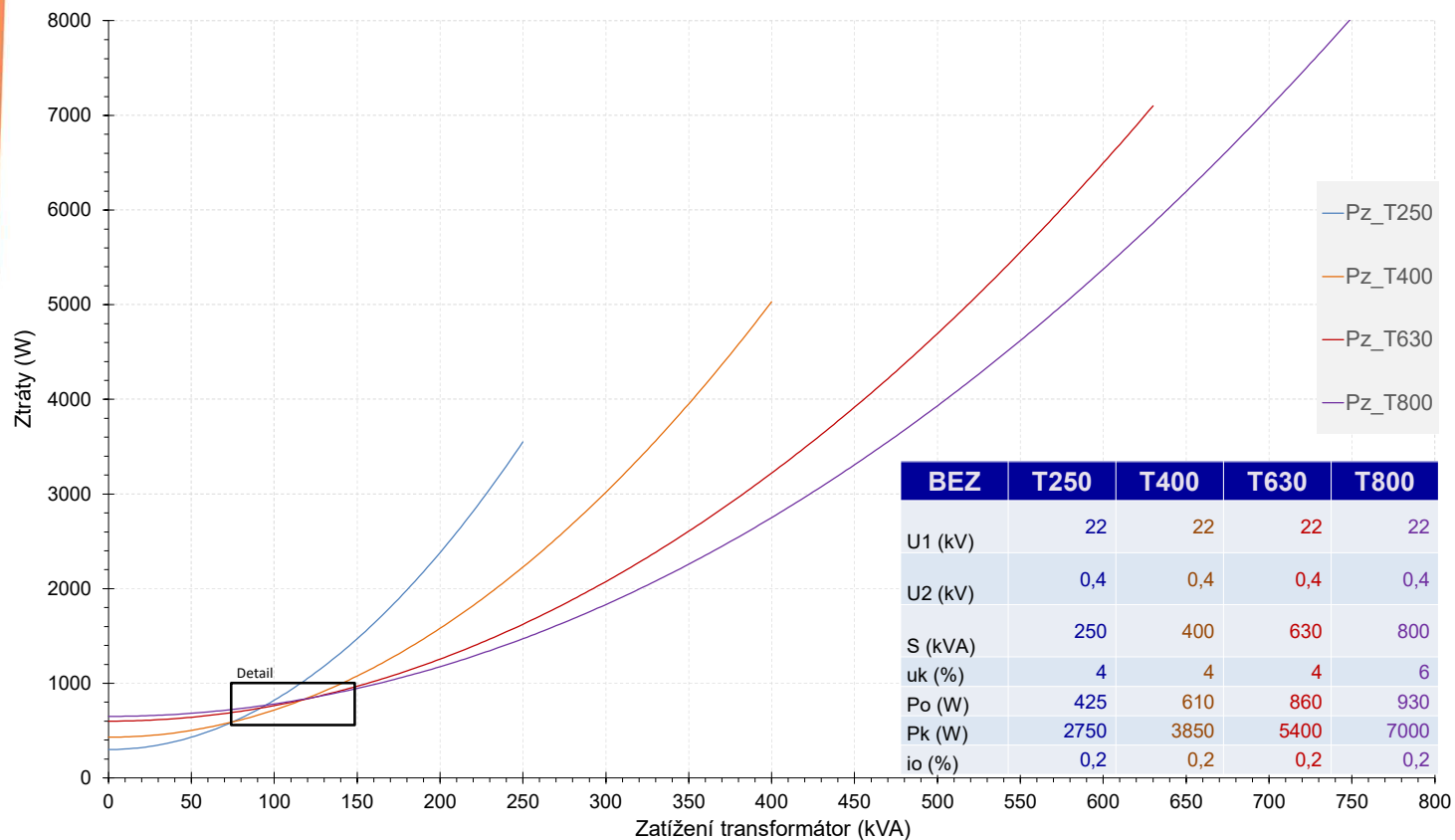
Procentní zatížení: 24,3%

Po 930 W

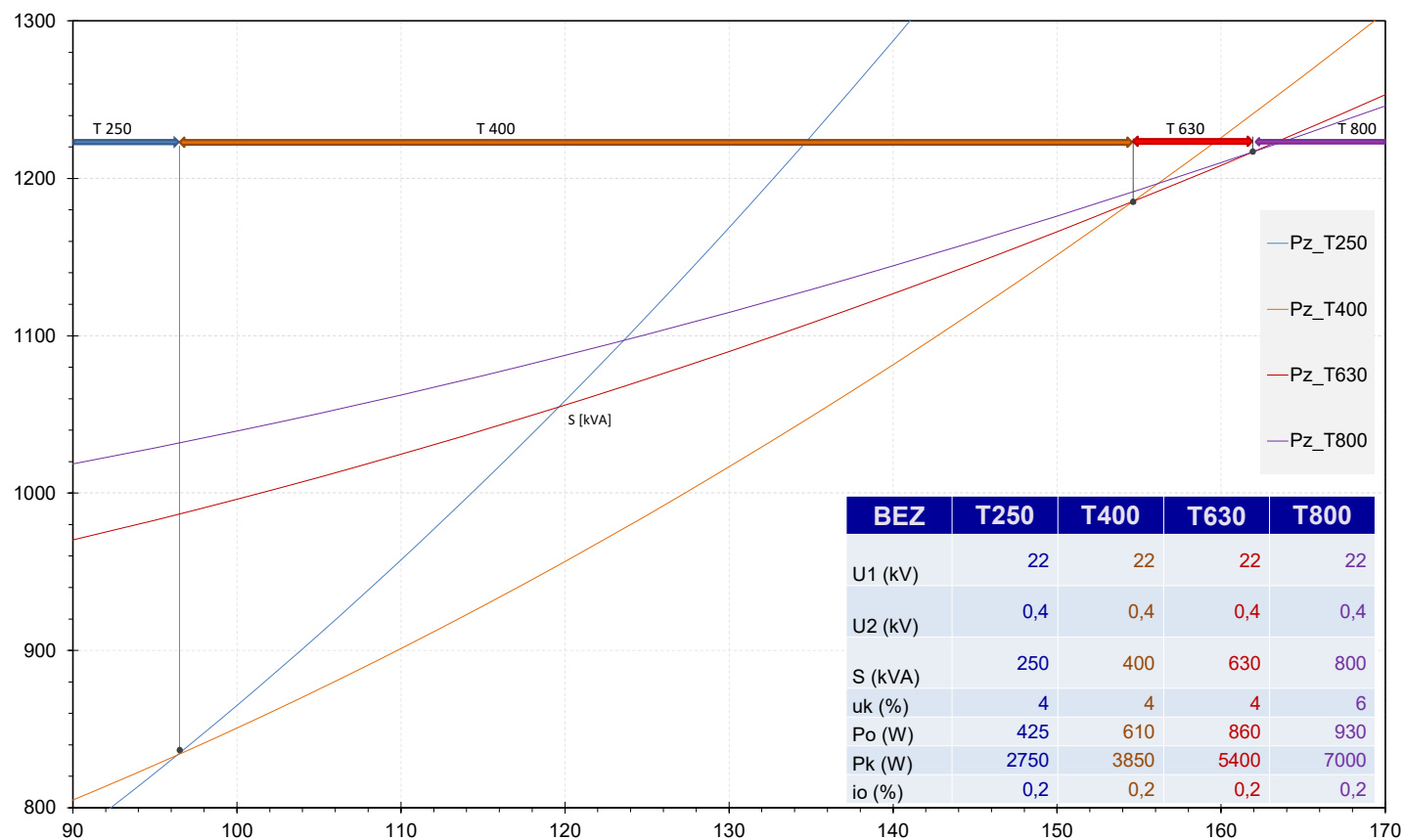
Pk 7 000 W

Roční ztráty: 10,45 MWh

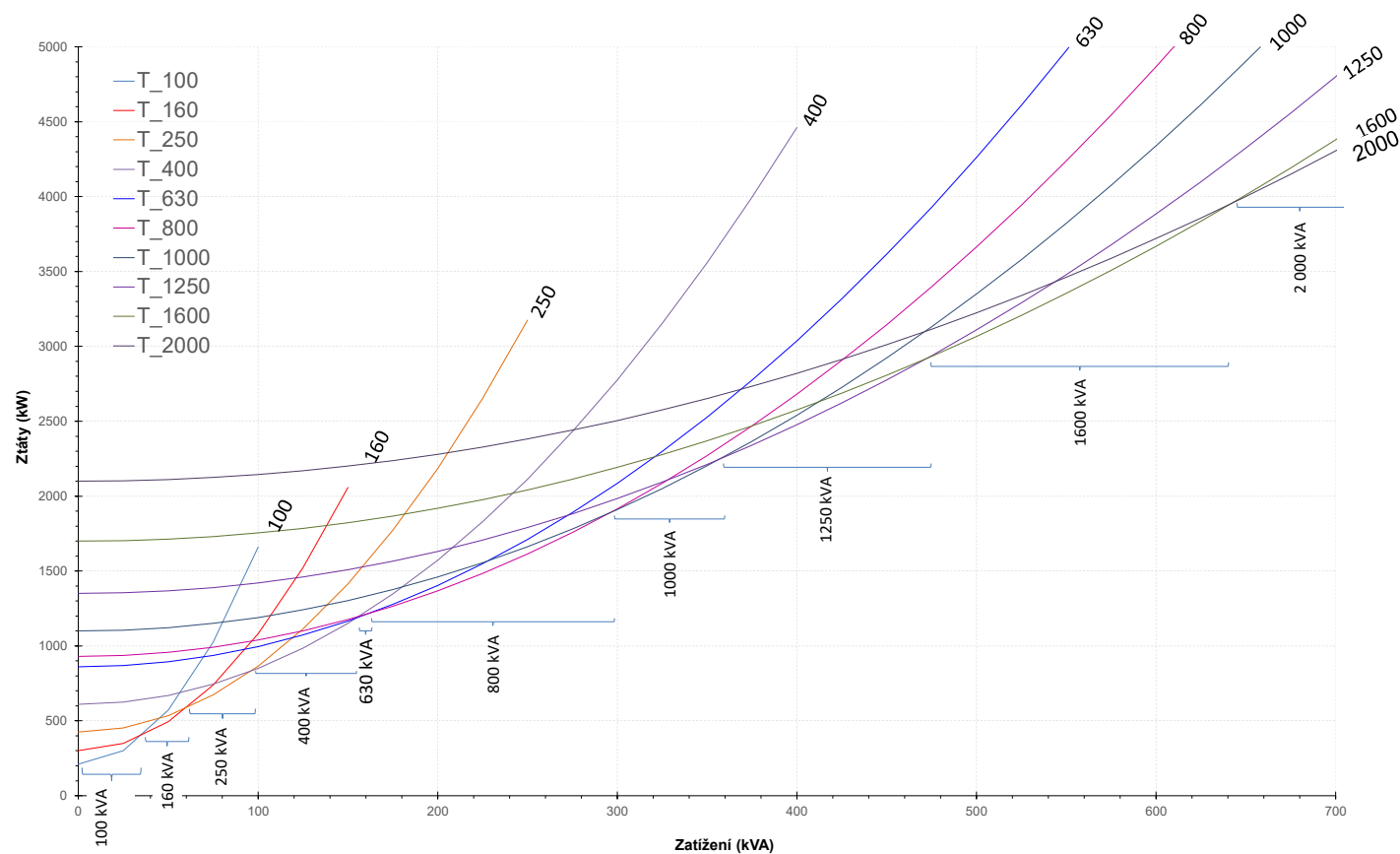
Ztráty distribučních transformátorů



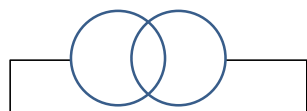
Ztráty distribučních transformátorů



Ztráty distribučních transformátorů



T1: S_{N1} ; u_k ; p

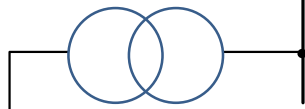


Paralelní provoz

T2: S_{N2} ; u_k ; p

Určení minimální hranice velikosti zatížení pro ekonomický paralelní provoz transformátorů – stejné transformátory:

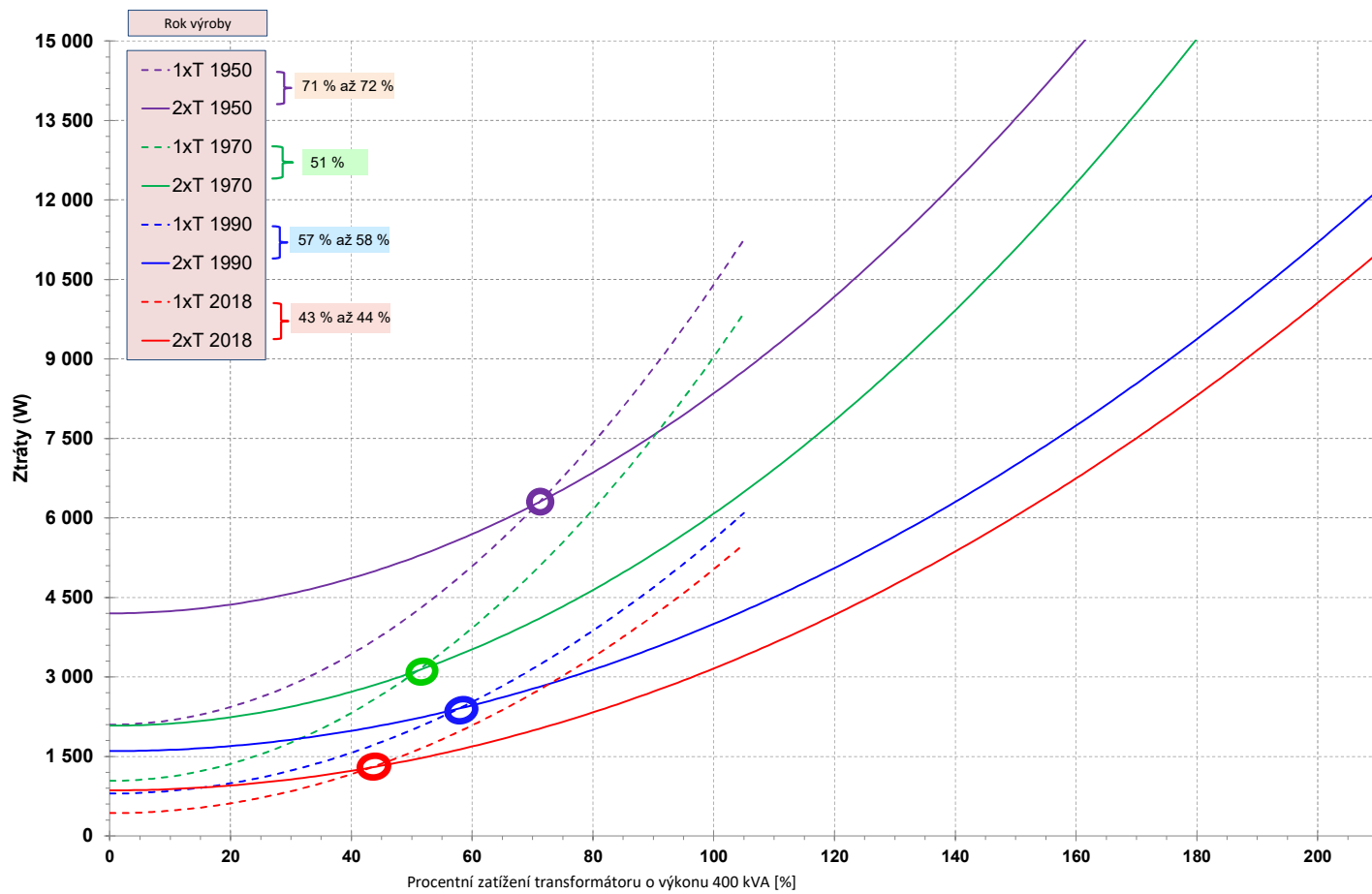
T1: S_{N1} ; u_k ; p



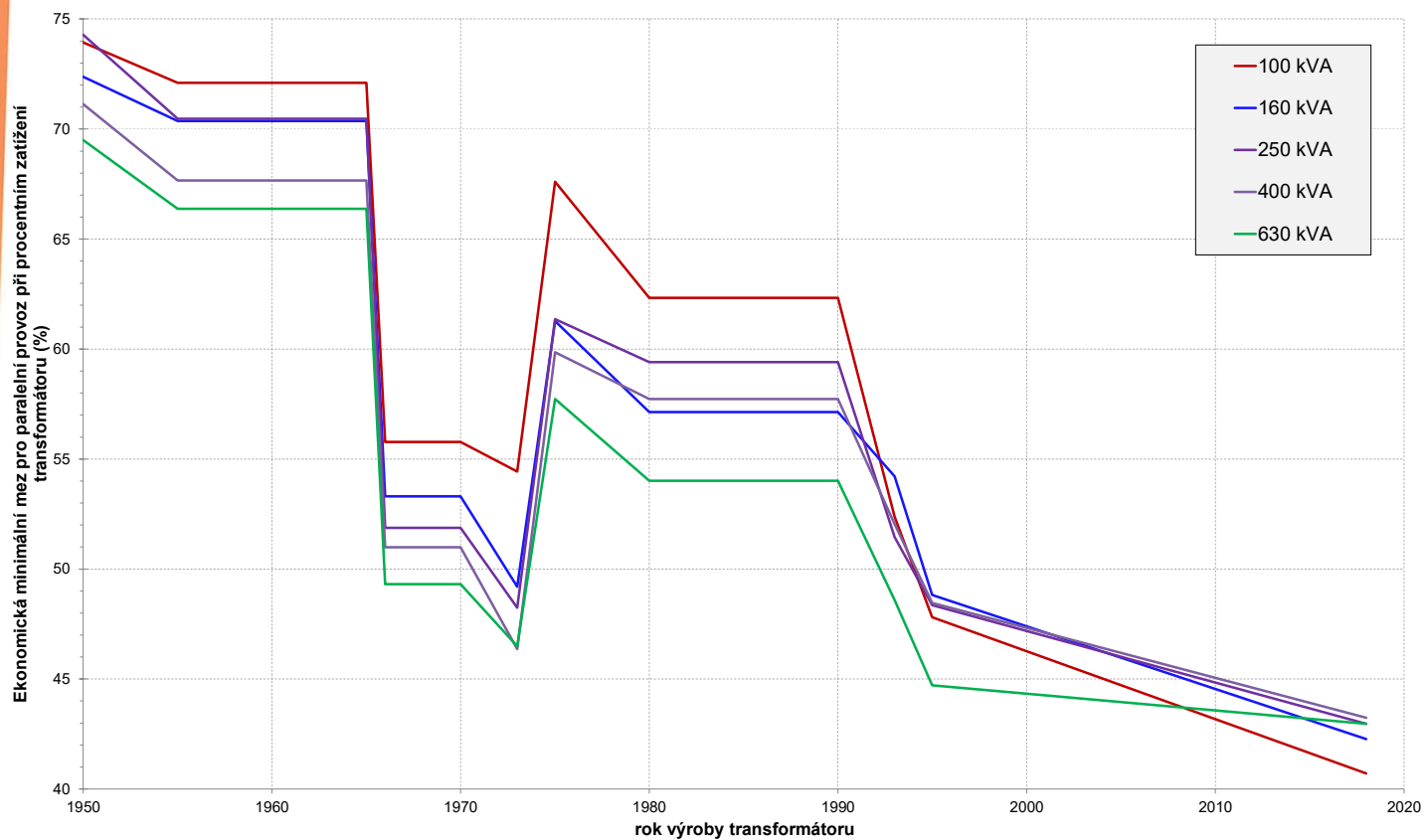
Rozdělení spotřeby

T2: S_{N2} ; u_k ; p

$$S_{Pmin} = 100 \sqrt{\frac{2P_0}{P_k}} \quad (\%)$$



Paralelní provoz transformátorů



Volba výkonu transformátoru

Tabulka: Hodnoty zatížení dvou výkonově různých transformátorů, kdy tyto transformátory mají stejně velké ztráty

Sn (kVA)		50	100	100	160	160	250	250	400	400	630	630	800
Zatížení	(kVA)	14,4		28		47,6		74,8		117,2		124	
	(%)	28,8	14,4	28,0	17,5	29,8	19,0	29,9	18,7	29,3	18,6	19,7	15,5

Sn (kVA)		800	1000	1000	1250	1250	1600	1600	2000	2000	2500	2500	3150
Zatížení	(kVA)	213,8		228,1		398,9		508		553,3		775,4	
	(%)	26,7	21,4	22,8	18,2	31,9	24,9	31,8	25,4	27,7	22,1	31,0	24,6

Volba výkonu transformátoru

Zatížení, při kterém je požadovaná návratnost vynaložených investic do nákupu transformátoru o vyšším výkonu

Cena silové energie (Kč/kWh)		1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Požadovaná doba návratnosti investic (rok)		2	3	5	7	10	15
S T1 (kVA)	S T2 (kVA)	Velikost zatížení, kdy je výhodnější přechod na vyšší výkon (kVA)					
50	100	-	50	40	34	30	26
100	160	94	78	64	56	50	44
160	250	116	100	82	74	68	62
250	400	-	250	200	174	152	132
400	630	-	348	280	244	214	188
630	800	-	-	510	436	370	312
800	1000	-	-	718	618	530	450
1000	1250	902	750	598	520	452	392
1250	1600	-	1220	980	848	742	650
1600	2000	-	-	-	1400	1200	1040
2000	2500	-	-	1740	1500	1300	1100
2500	3150	-	-	2320	2000	1720	1480



BATERIOVÁ ÚLOŽIŠTĚ

Za tým PHOTOMATE: Ing. František Žák, Ph.D.

tel.: +420 725 090 447

mail: frantisek.zak@photomate.eu



▶ **photomate.eu**

HUAWEI FUSIONSOLAR PARTNER for CEE, Scandinavia, Baltics and Eurasia

Řešení bateriových úložišť



Rezidenční bateriová úložiště



Bateriová úložiště pro průmyslové využití



Velkokapacitní bateriová úložiště



Velkokapacitní bateriová úložiště



Výkon: 35 kW, 80 kW, 150 kW
Kapacita á 20 kWh až od 240 kWh



Výkon: 35 kW, 80 kW, 150 kW
Kapacita á 20 kWh až od 480 kWh



Výkon: 100 kW
Kapacita 200 kWh



Výkon: á 200 kW až do 1C (2 MW)
Kapacita 2 MWh

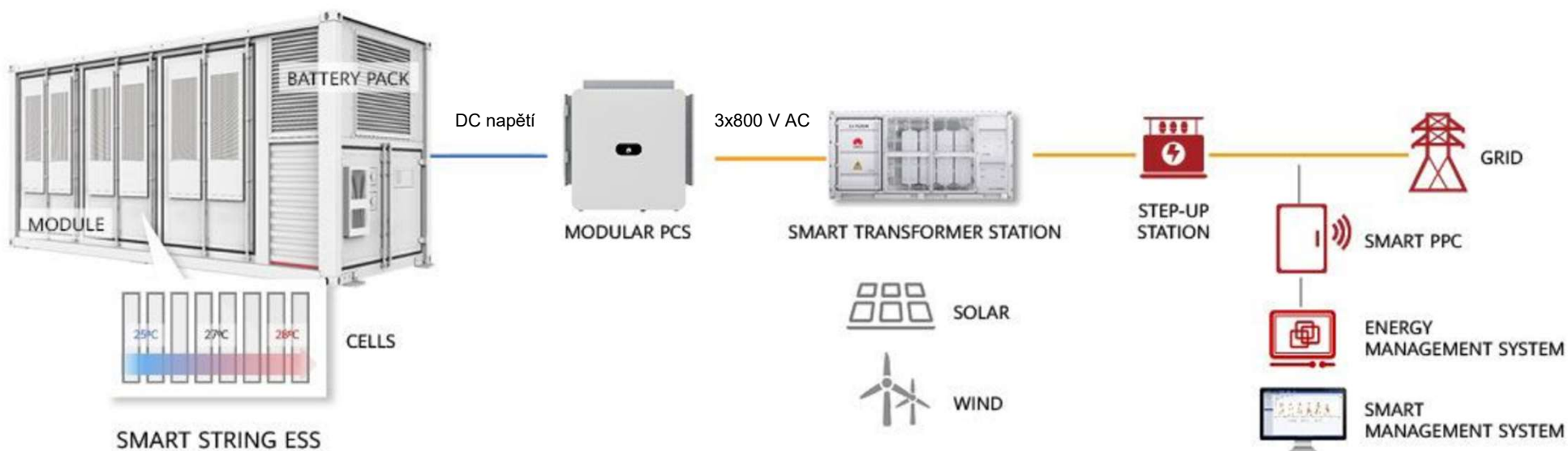
HUAWEI LUNA 2000

100kWh AŽ 4000kWh

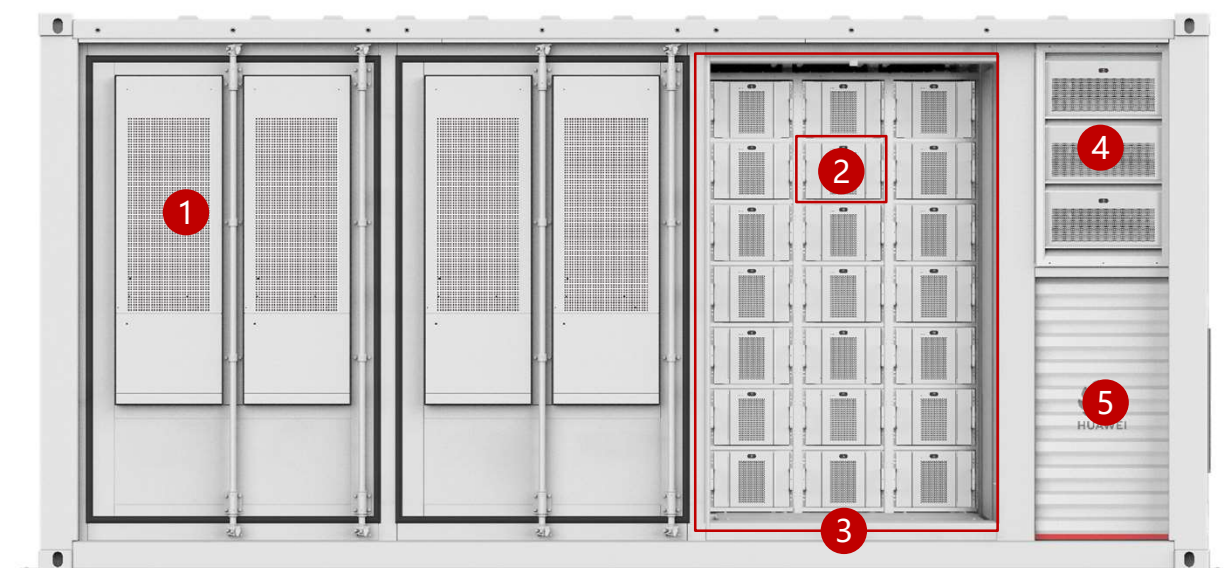


Energy Storage System Parameters				
Model Type	LUNA2000-200KWH-2H1	LUNA2000-161KWH-2H1	LUNA2000-129KWH-2H1	LUNA2000 - 97KWH-1H1
Battery Configuration	12S1P	10S1P	8S1P	6S1P
Maximum battery capacity of the energy storage system	193.5kWh	161.3kWh	129.0kWh	96.8kWh
Max. Charging Power	≤100 kW			
Max. Discharging Power	≤100 kW	≤100 kW	≤100 kW	≤92 kW
Dimensions (W x H x D), including Smart Rack Controller and Smart PCS	1810mm×2135mm×1200mm			
Dimensions (W x H x D)	2570mm x 2135mm x 1200mm			
Weight (including the battery module)	≤2950kg	≤2690kg	≤2430kg	≤2170kg
Weight (without the battery module)	≤1070kg	≤1070kg	≤1090kg	≤1130kg
Operating temperature range	-30 °C ~ 55 °C			
Storage temperature range	-40 °C ~ 60 °C			
Operating humidity range	0 ~ 100% (non-condensing)			
Maximum operating altitude	4,000 m			
Installation Environment Requirement	Outdoor installation			
Battery temperature control mode	Industrial-grade air conditioner			
Fire suppression of energy storage system	YES			
Auxiliary Power Supply	220Vac, ≤4.2kW			
Communication port	Ethernet / SFP			
Communication protocol	Modbus TCP			
Protection degree	IP55			

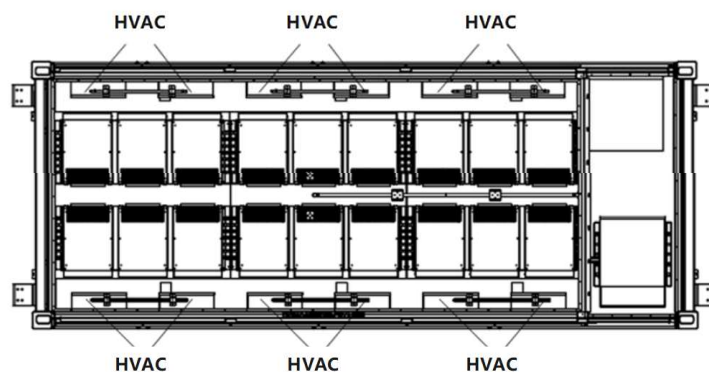
HUAWEI LUNA 2000 - 2 MWh



2MWh ESS - kontejner



20 stopý kontejner
LFP články
Kapacita 2064kWh
Váha 28t



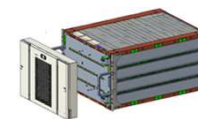
Pohled z vrchu

1 – Rozvod HVAC

- 1) 6 ks @2H0, 8 ks @1H0
- 2) 8 ks @2H0, 12ks @1H0

2 – Bateriový pack

Obsahuje 16 ks 320Ah článků a BMS (optmizer)



3 – Rack

Obsahuje 21 ks bateriových packů. Je 6 racků v kontajneru

4– Smart Rack Controller

Každý rack je zapojen do svého DC/DC modulu



5– Ovládací skříň & Hasicí systém

Jak optimalizovat přenos energie v DS?

Využíváním bateriového úložiště (BESS)

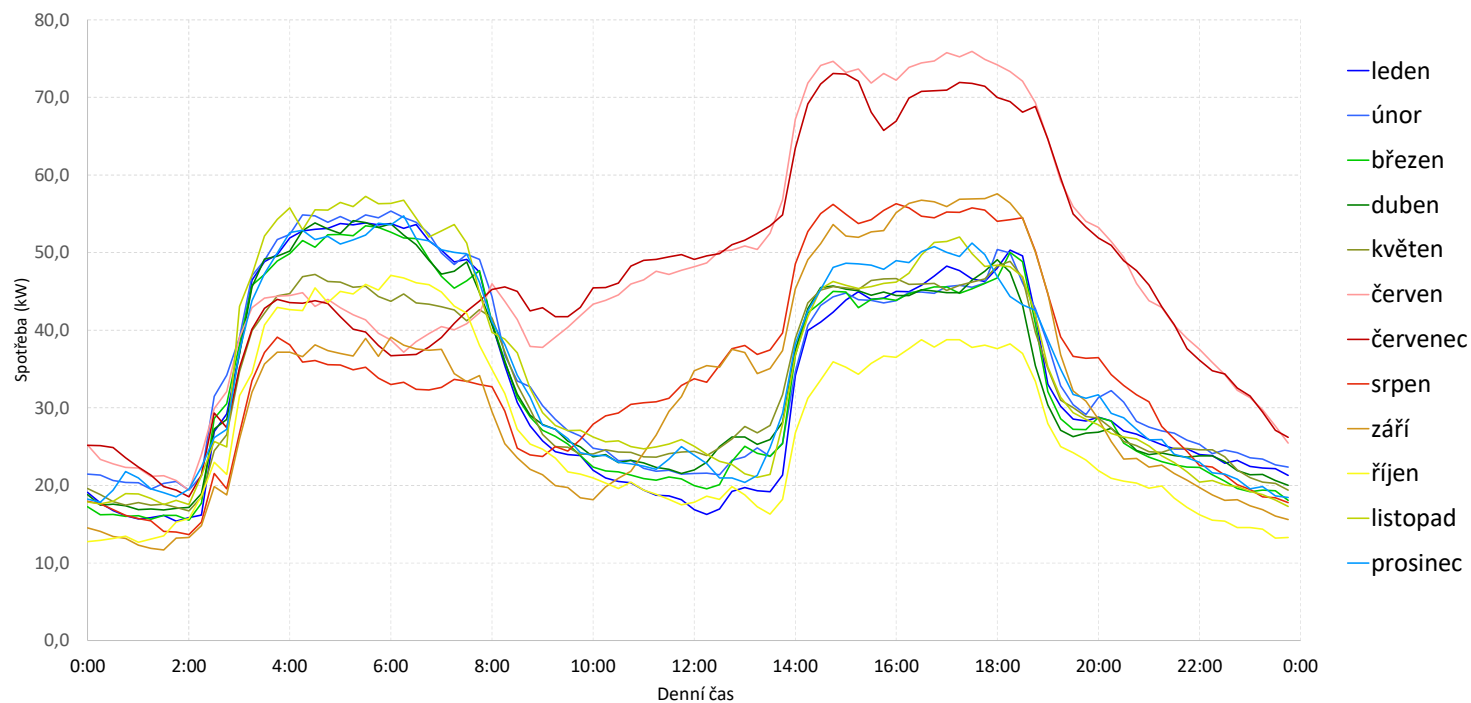
- ✓ *Snížením maxima odebíraného výkonu*
- ✓ *Omezení rychlých změn zatížení – stabilizace U*
- ✓ *Využití sníženého zatížení DS k nabíjení BESS*
- ✓ *Omezení přetoku energie zpět do sítě*

BESS = **B**attery **E**nergy **S**torage **S**ystem

Časové rozložení spotřeby elektřiny

PRŮMĚRNÁ DENNÍ SPOTŘEBA V JEDNOTLIVÝCH MĚSÍCÍCH

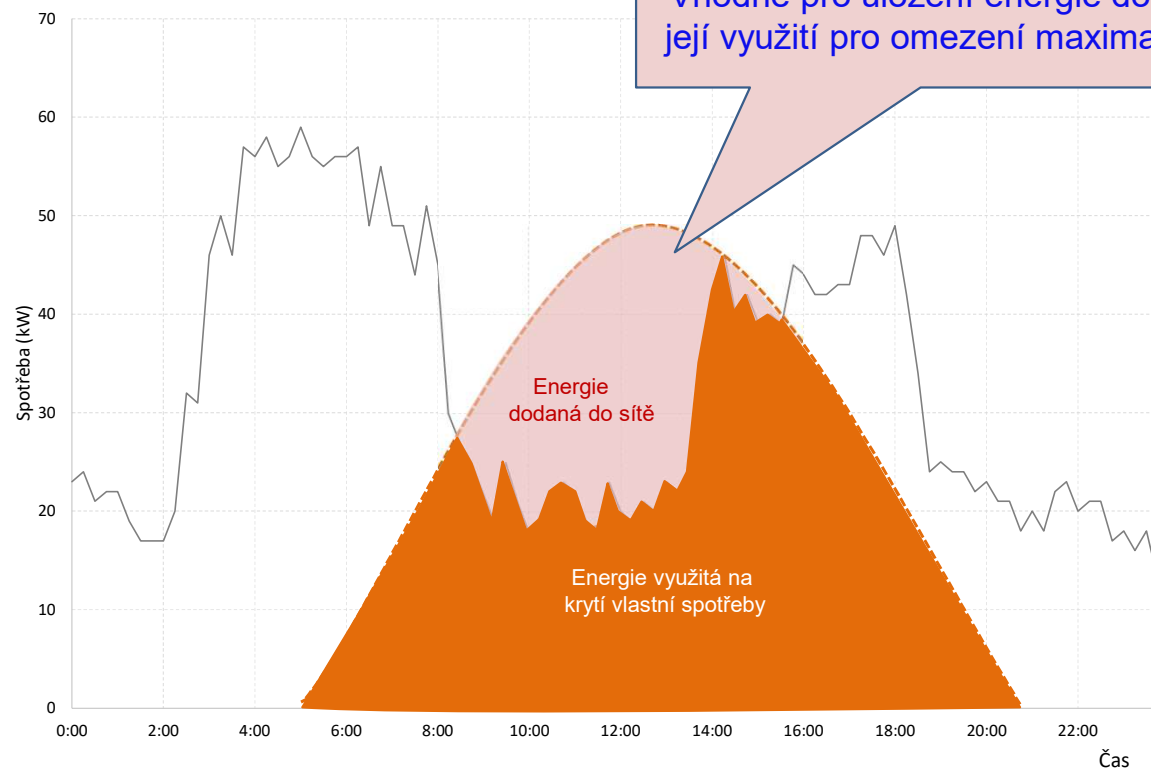
Průměrné denní rozložení spotřeby pro každý měsíc v roce





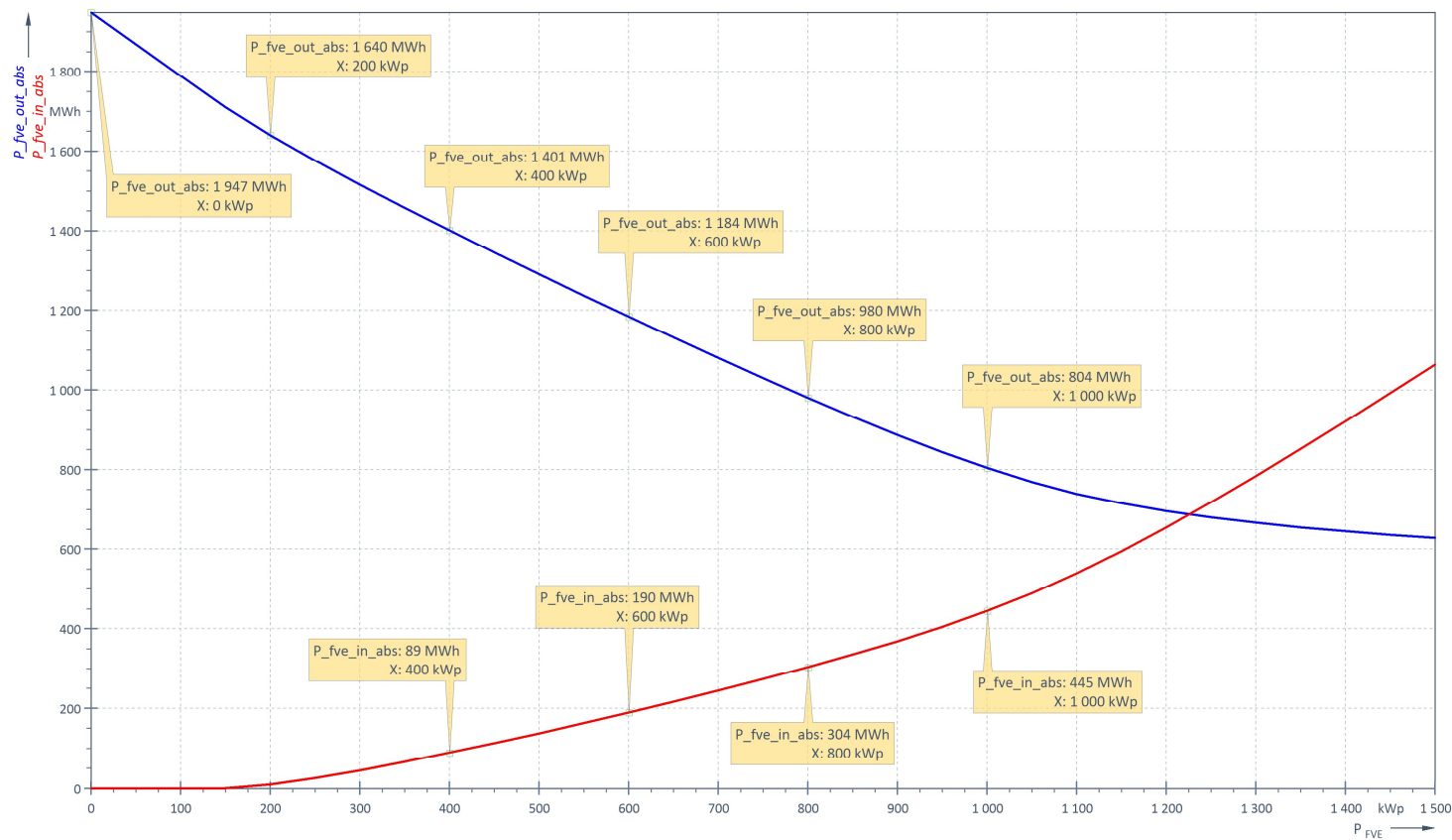
FVE a časový průběh zatížení

Příklad spotřeby dne 30.5. 2021



Vliv výkonu FVE na přetok elektřiny

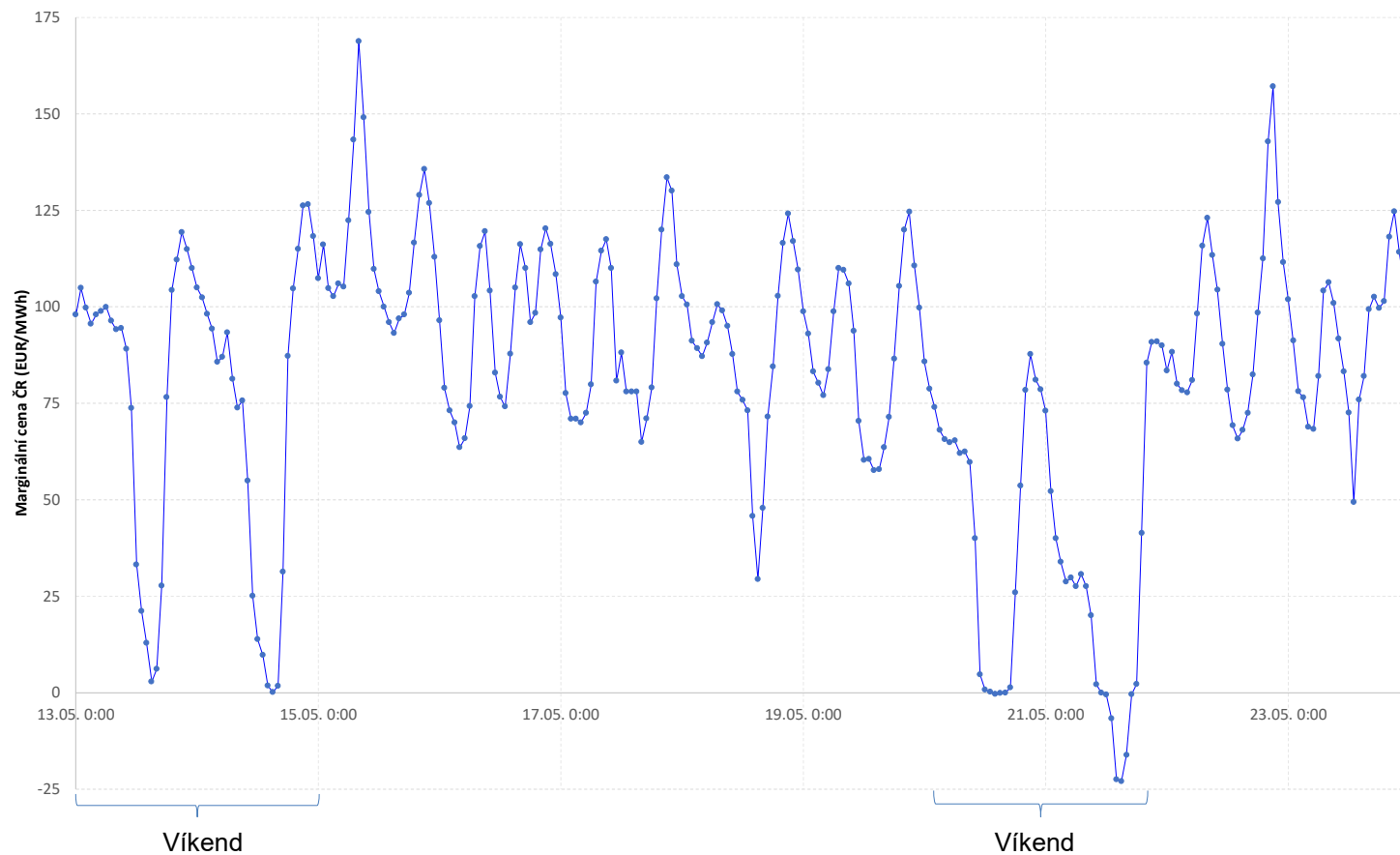
Příklad:





Krátkodobé trhy s elektřinou

Denní trh 2023 – Marginální cena





Krátkodobé trhy s elektřinou

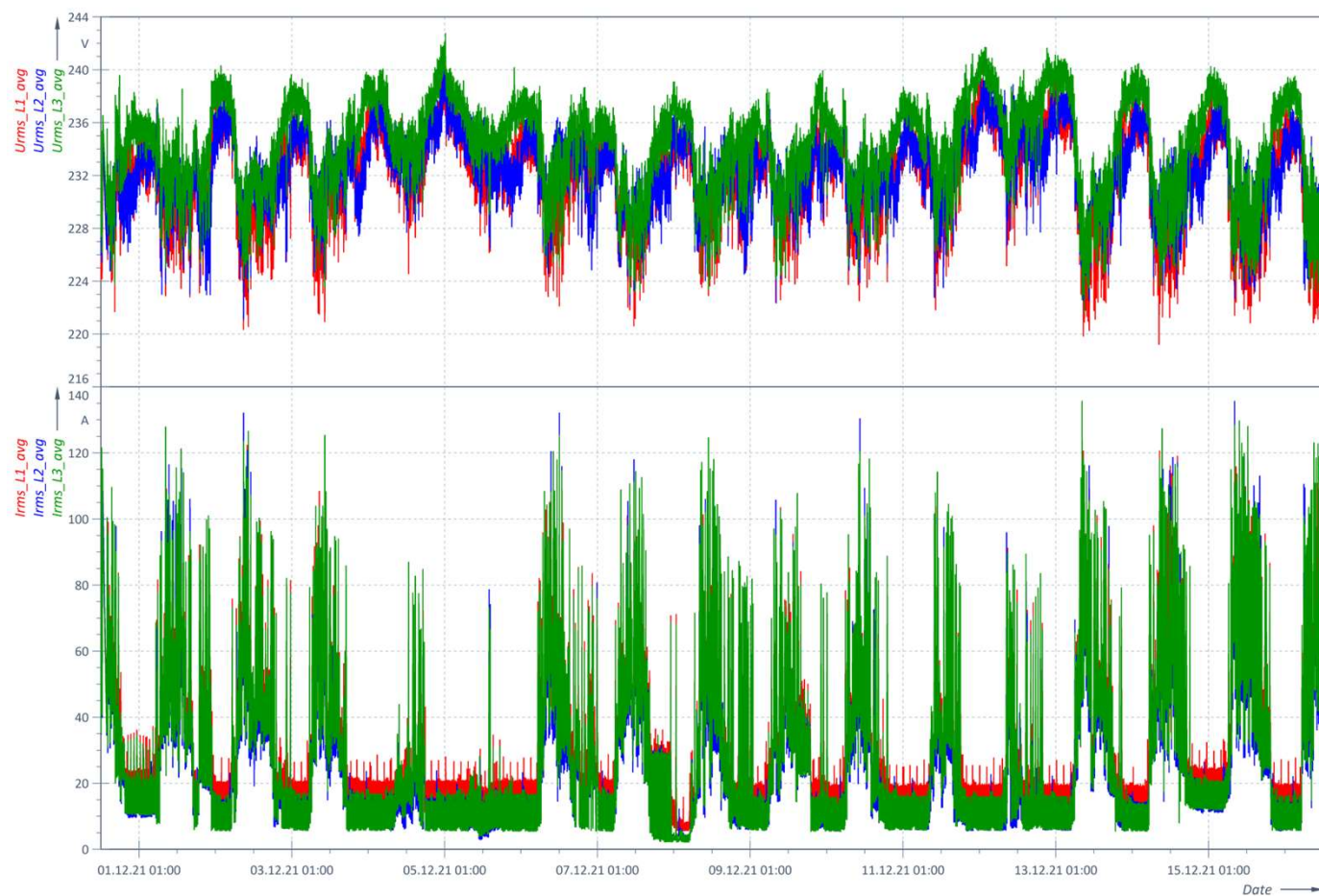
Výsledky vnitrodenního trhu - 26.05.2023

—○— Maximální cena (EUR/MWh)
 —●— Vážený průměr cen (EUR/MWh)
 —●— Minimální cena (EUR/MWh)
■ Množství (MWh)



Zdroj dat: OTE

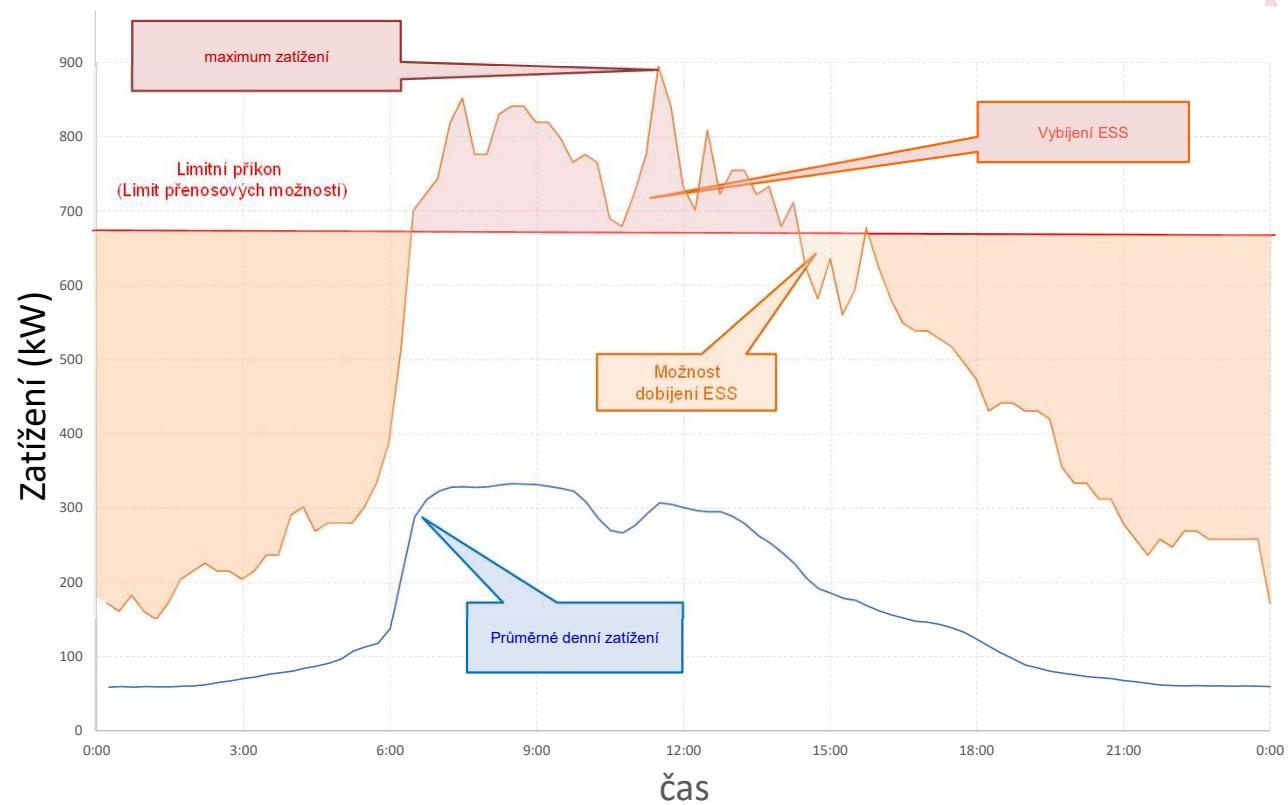
Proudové zatížení



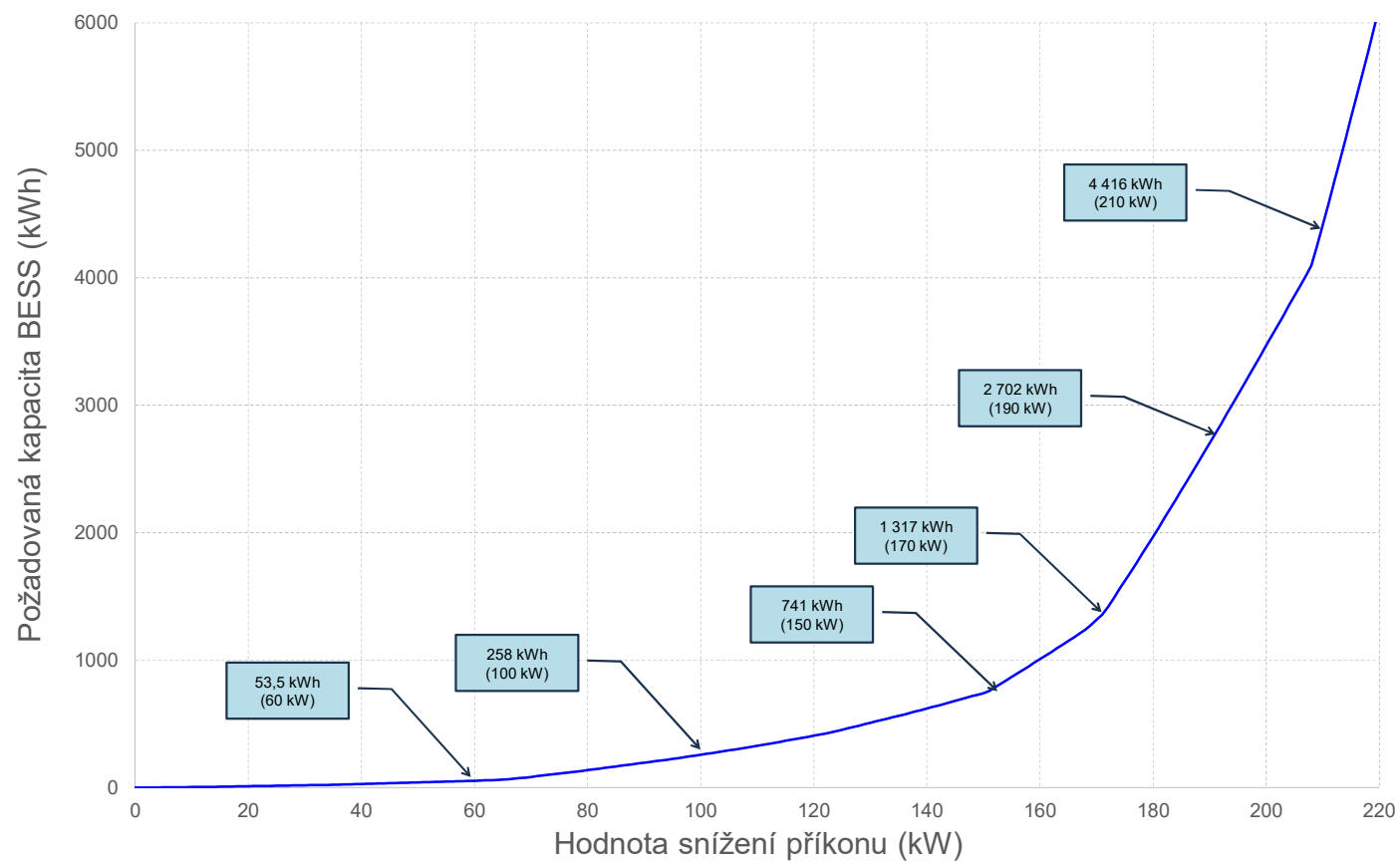


Bateriová úložiště

OMEZENÍ MAXIMA PŘETOKU ENERGIE

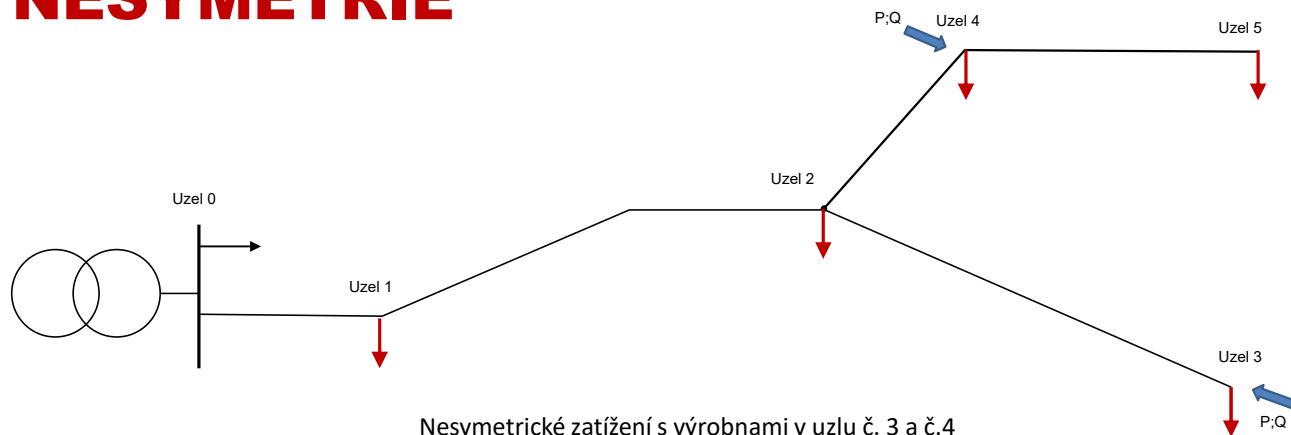


Proudové zatížení

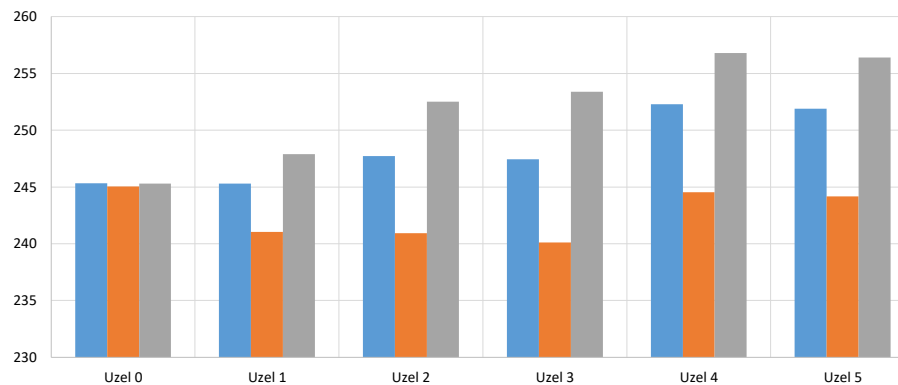


NAPĚŤOVÉ POMĚRY PŘI DISTRIBUCI ELEKTŘINY

NESYMETRIE

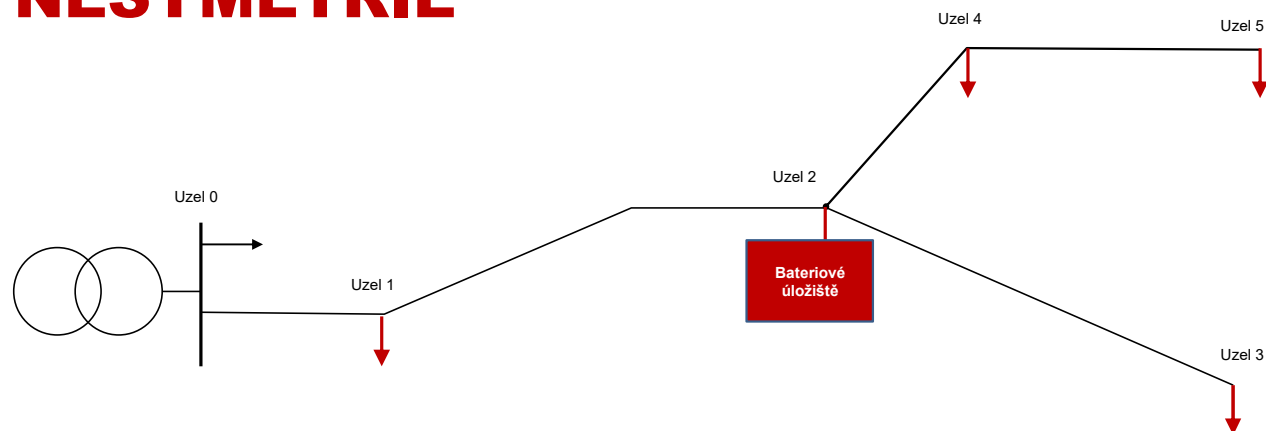


Nesymetrické zatížení s výrobny v uzlu č. 3 a č.4

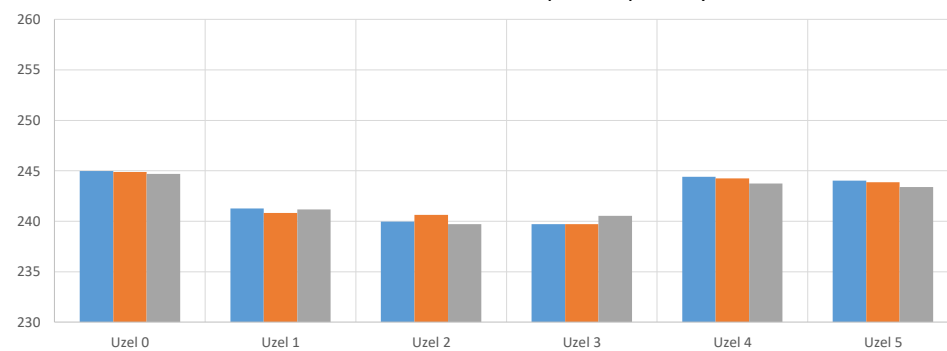


NAPĚŤOVÉ POMĚRY PŘI DISTRIBUCI ELEKTŘINY

NESYMETRIE



Vliv bateriového úložiště na napěťové poměry v DS





Obchodování s elektřinou

Přehled krátkodobých trhů

Krátkodobé trhy s elektřinou

Blokový trh

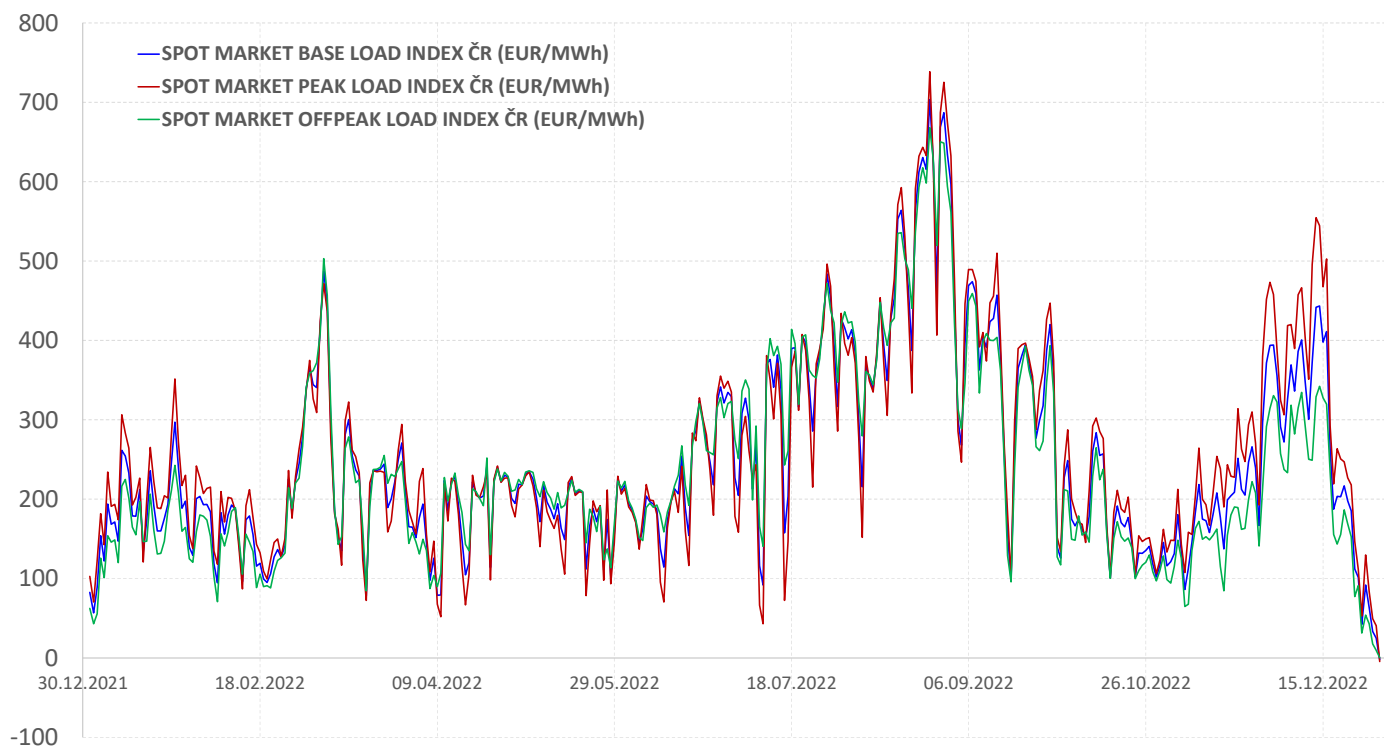
obchodována elektřina v tzv. blocích

- Base load (základní zatížení),
- Peak load (špičkové zatížení) – blok v pracovní dny od 8:00 do 20:00
- Offpeak load (mimošpičkové zatížení) – blok v pracovní dny od 20:00 do 8:00.

- Obchody jsou uzavírány vždy s několika denním předstihem



Obchodování s elektřinou na denním trhu – rok 2022



Krátkodobé trhy s elektřinou

Blokový trh

obchodována elektřina v tzv. blocích

- Base load (základní zatížení),
- Peak load (špičkové zatížení) – blok v pracovní dny od 8:00 do 20:00
- Offpeak load (mimošpičkové zatížení) – blok v pracovní dny od 20:00 do 8:00.

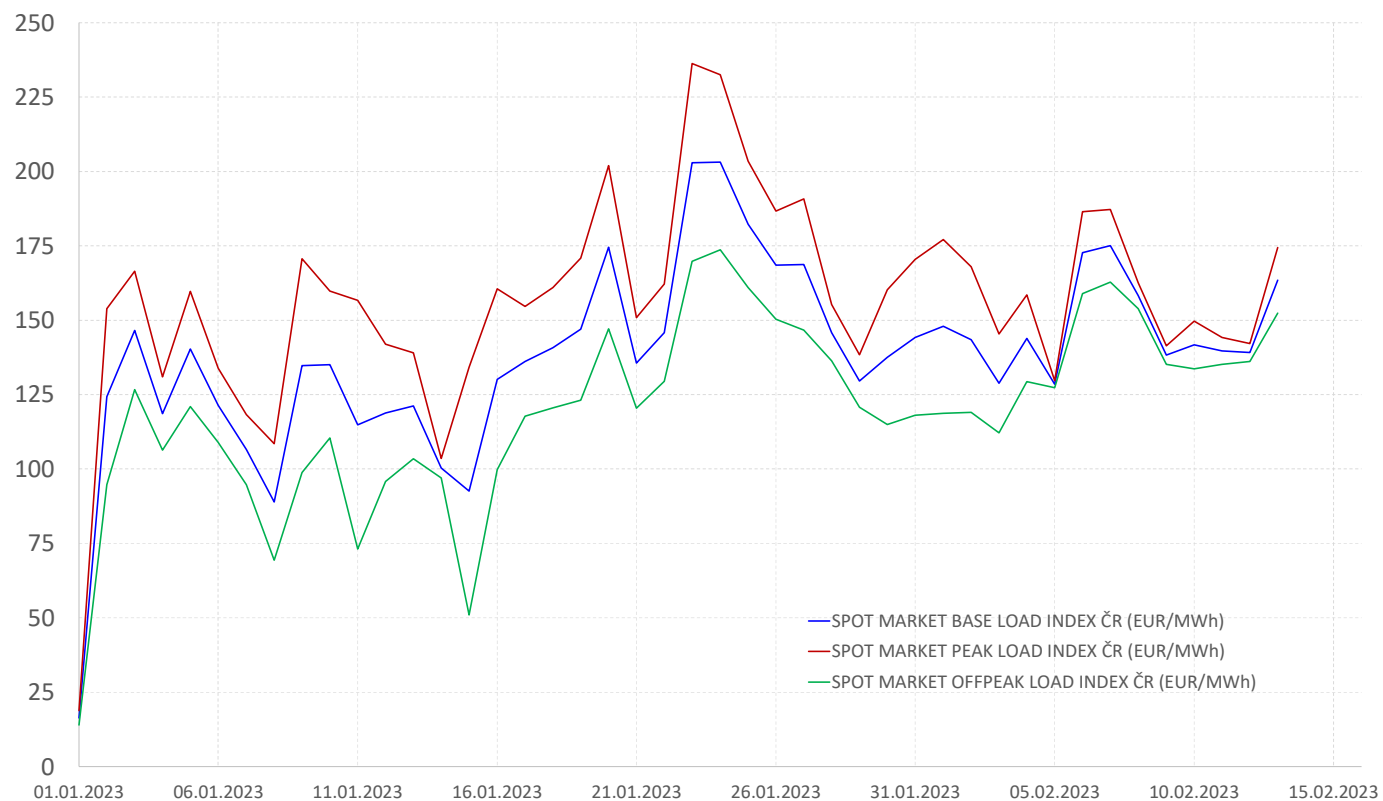
Denní trh

obchody jsou uzavírány den před uskutečněním dodávky elektrické energie, aukce jsou vyhlašovány zvlášť pro každou hodinu

Po sesouhlasení křivky nabídky a křivky poptávky je určena tzv. marginální cena.

V praxi to znamená, že jsou akceptovány všechny nabídky s nižší nabízenou cenou, než je cena marginální, a všechny poptávky, které vstoupily do aukce s cenou vyšší než marginální

Obchodování s elektřinou na denním trhu – rok 2023



Krátkodobé trhy s elektřinou

Blokový trh

obchodována elektřina v tzv. blocích

- Base load (základní zatížení),
- Peak load (špičkové zatížení) – blok v pracovní dny od 8:00 do 20:00
- Offpeak load (mimošpičkové zatížení) – blok v pracovní dny od 20:00 do 8:00.

Denní trh

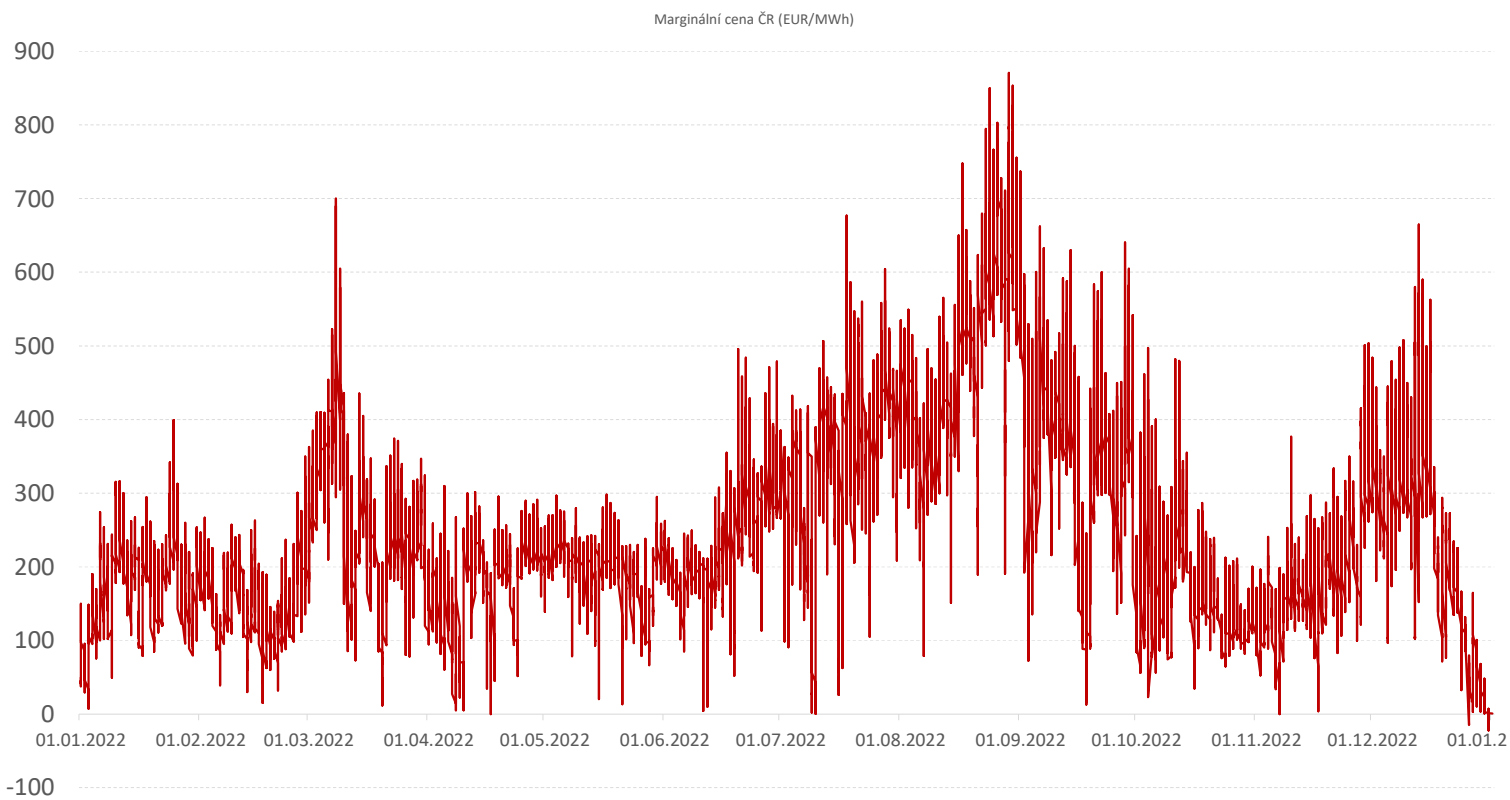
obchody jsou uzavírány den před uskutečněním dodávky elektrické energie, aukce jsou vyhlašovány zvlášť pro každou hodinu

Vnitrodenní trh

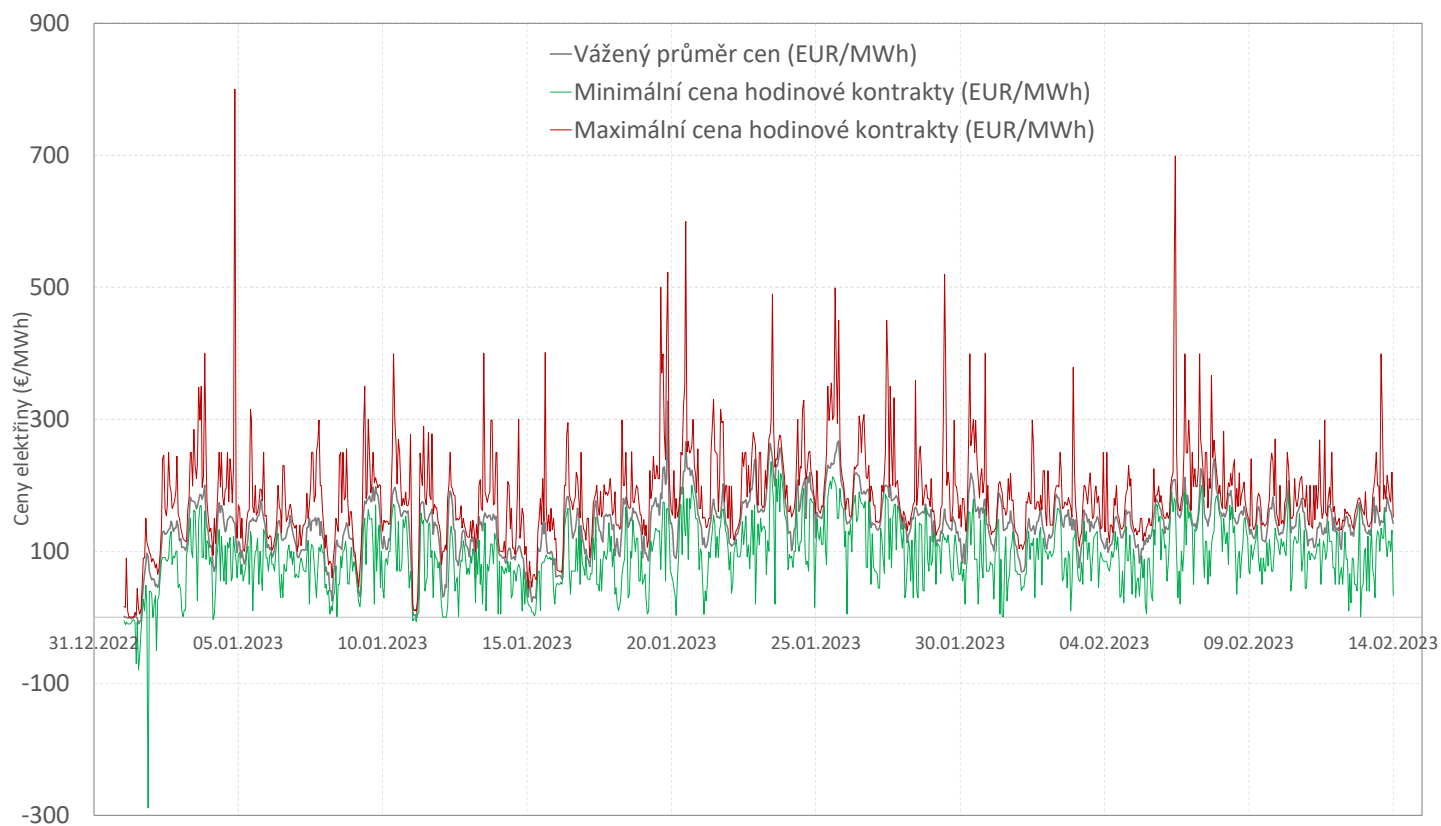
obchodování v den dodávky elektřiny, obchody jsou většinou uzavírány několik hodin dopředu



Obchodování s elektřinou na vnitrodenním trhu – rok 2022



Obchodování s elektřinou na vnitrodenním trhu – rok 2023



Krátkodobé trhy s elektřinou

Blokový trh

obchodována elektřina v tzv. blocích

- Base load (základní zatížení),
- Peak load (špičkové zatížení) – blok v pracovní dny od 8:00 do 20:00
- Offpeak load (mimošpičkové zatížení) – blok v pracovní dny od 20:00 do 8:00.

Denní trh

obchody jsou uzavírány den před uskutečněním dodávky elektrické energie, aukce jsou vyhlašovány zvlášť pro každou hodinu

Vnitrodenní trh

obchodování v den dodávky elektřiny, obchody jsou většinou uzavírány několik hodin dopředu

Vyrovnávací trh

ČEPS, a.s. jako jediný nakupující nakupuje tzv. regulační energii
Ta může být buď kladná s označením RE+ (zvýšení výroby nebo snížení spotřeby)
nebo záporná s označením RE- (snížení výroby nebo zvýšení spotřeby)



Regulační energie pocházející z aktivace podpůrných služeb - 2023



Krátkodobé trhy s elektřinou

Blokový trh

obchodována elektřina v tzv. blocích

- Base load (základní zatížení),
- Peak load (špičkové zatížení) – blok v pracovní dny od 8:00 do 20:00
- Offpeak load (mimošpičkové zatížení) – blok v pracovní dny od 20:00 do 8:00.

Denní trh

obchody jsou uzavírány den před uskutečněním dodávky elektrické energie, aukce jsou vyhlašovány zvlášť pro každou hodinu

Vnitrodenní trh

obchodování v den dodávky elektřiny, obchody jsou většinou uzavírány několik hodin dopředu

Vyrovnávací trh

ČEPS, a.s. jako jediný nakupující nakupuje tzv. regulační energii
Ta může být buď kladná s označením RE+ (zvýšení výroby nebo snížení spotřeby)
nebo záporná s označením RE- (snížení výroby nebo zvýšení spotřeby)



Děkujeme Vám za Vaši pozornost

www.photomate.eu

Ing. František Žák, Ph.D.

tel.: +420 725 090 447

mail: frantisek.zak@photomate.eu