

Energetika 21. století je obor statistiků

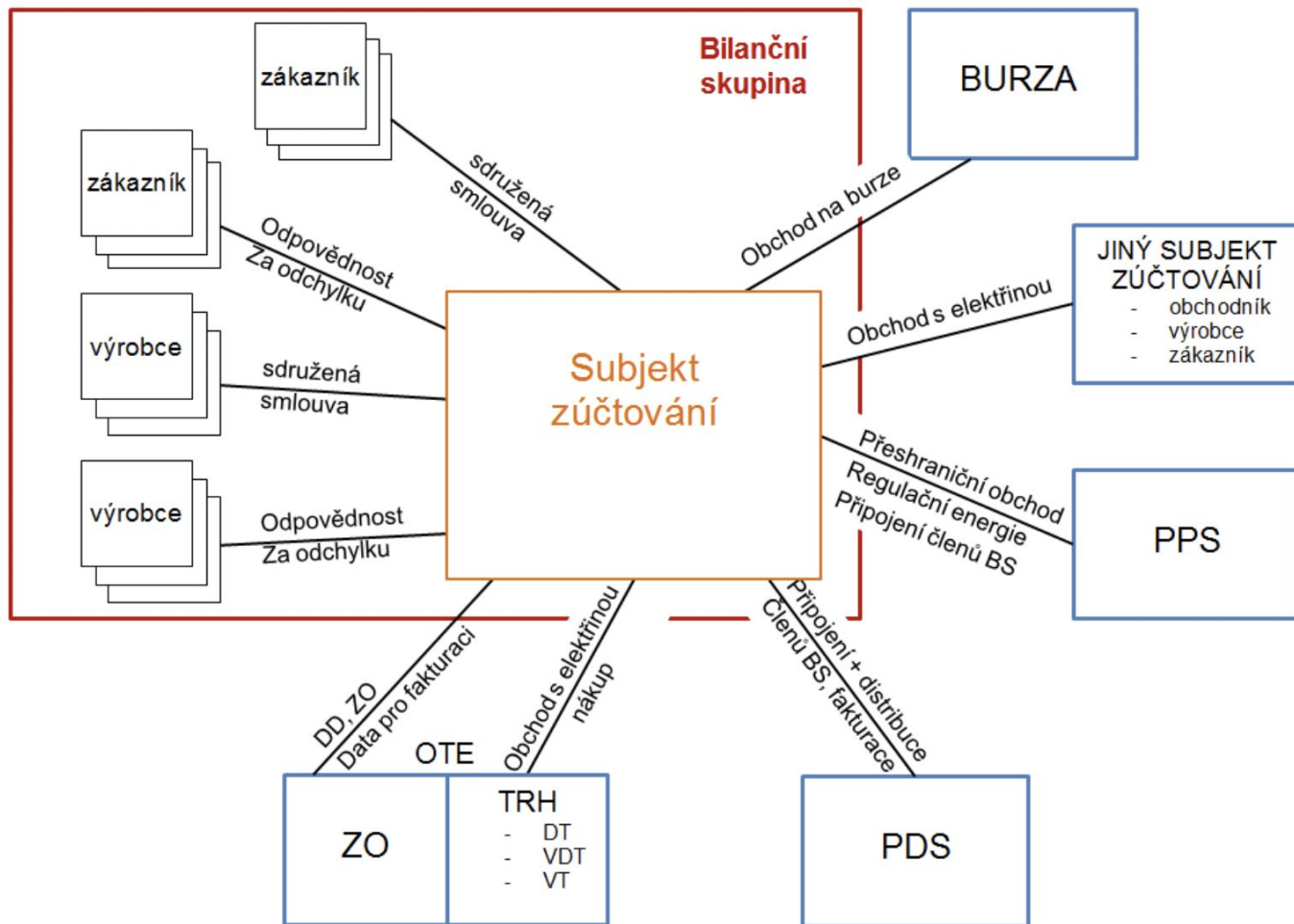
Proč?

Několik ukázek

- návratnost v oboru podpůrných služeb
- výkup z FVE a prodej na trhu
- použití baterie v domácnosti
- legislativa - baseline a nezávislá agregace
- (Nákup/prodej elektrické energie – CAL, Q, M, DT, VDT, ...)

Statistika na trhu s EE

Definice: soubor měřicích míst, za která daný SZ převzal odpovědnost za odchylku



Povinnost obchodníka (SZ) = plnit sliby

Jen prodej domácnostem

👉 Odchylka = nákup na trhu – spotřeba domácností

Povinnost obchodníka (SZ) = plnit sliby

Jen prodej domácnostem

👉 Odchylka = nákup na trhu – spotřeba domácností

Jen výkup z FVE

👉 Odchylka = reálná výroba elektráren – prodej na trhu

Povinnost obchodníka (SZ) = plnit sliby

Jen prodej domácnostem

👉 Odchylka = nákup na trhu – spotřeba domácností

Jen výkup z FVE

👉 Odchylka = reálná výroba elektráren – prodej na trhu

Obecně

👉 Odchylka = výroba – spotřeba + nákup – prodej

Povinnost obchodníka (SZ) = plnit sliby

Jen prodej domácnostem

👉 Odchylka = nákup na trhu – spotřeba domácností

Jen výkup z FVE

👉 Odchylka = reálná výroba elektráren – prodej na trhu

Obecně

👉 Odchylka = výroba – spotřeba + nákup – prodej

Ale pozor! Obchod probíhá na **H+1**. Obchodník pracuje **jen s predikcemi** zelených veličin.

Co dělat s elektřinou z FVE?

Příklad: Obchodník, který pouze vykupuje energii z FVE.

Co dělat s elektřinou z FVE?

Příklad: Obchodník, který pouze vykupuje energii z FVE.

Všechny zisky a ztráty se točí kolem odchylky SZ.

Co dělat s elektřinou z FVE?

Příklad: Obchodník, který pouze vykupuje energii z FVE.

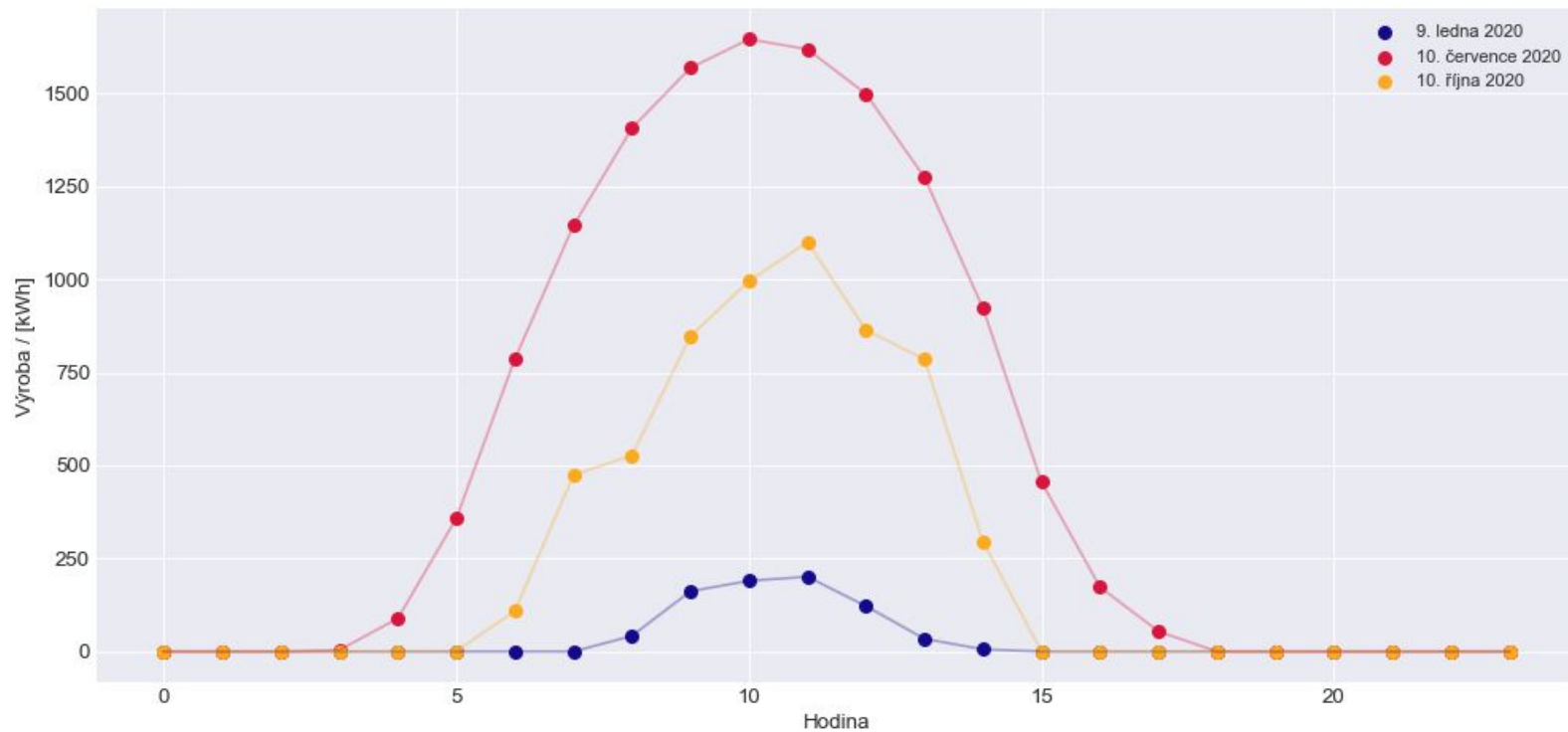
Všechny zisky a ztráty se točí kolem odchylky SZ.

Odchylka je závislá na přesnosti predikce FVE!

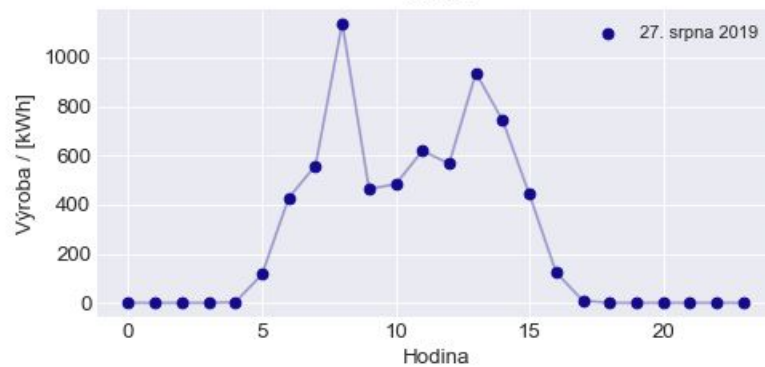
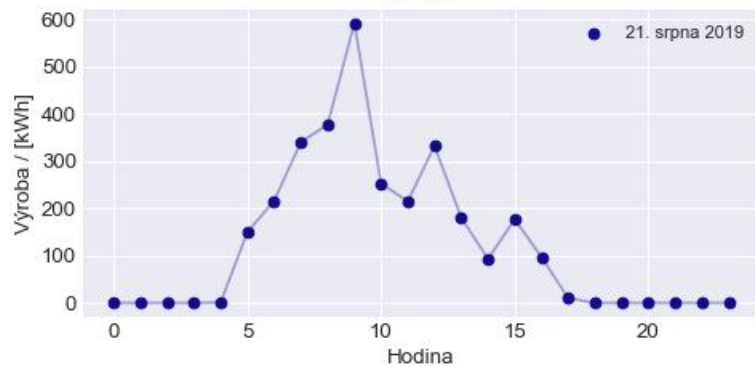
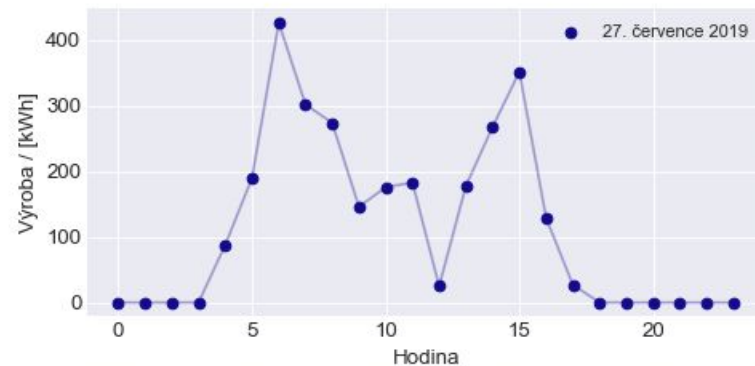
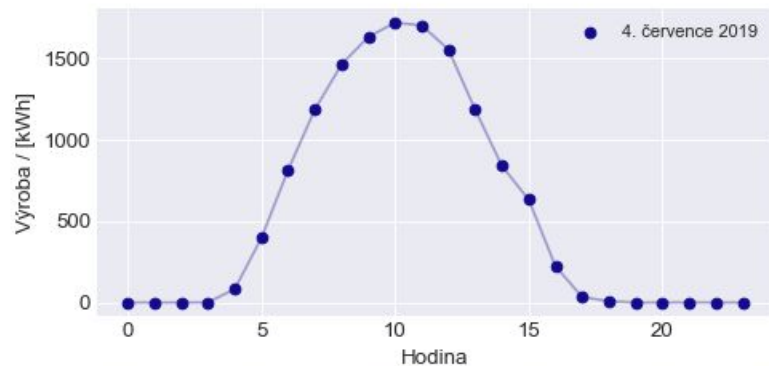
Co dělat s elektřinou z FVE?

Otázka 1: **Kolik energie vyrobím zítra v 10. hodinu?**

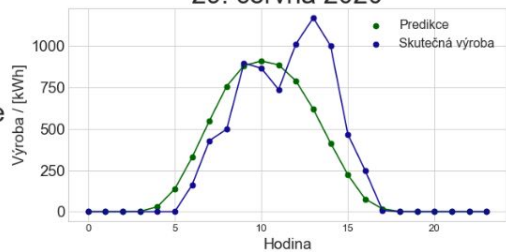
Snadná predikce – astronomický model



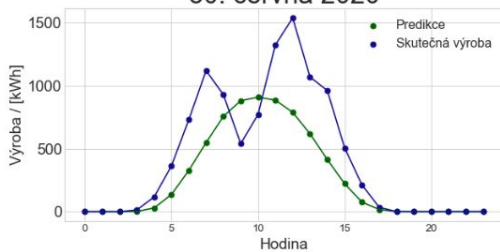
Obtížnější predikce



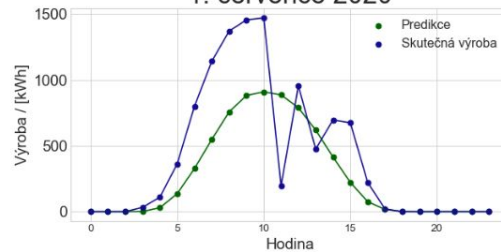
29. června 2020



30. června 2020



1. července 2020



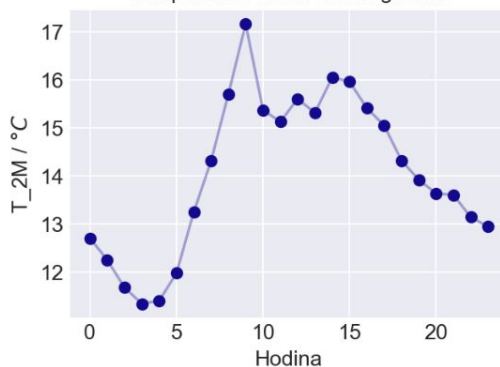
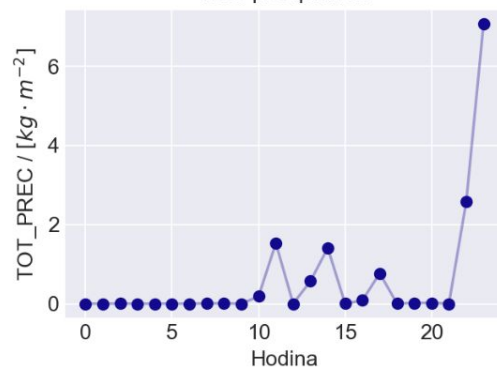
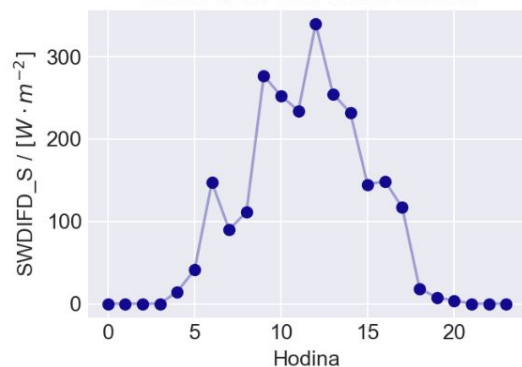
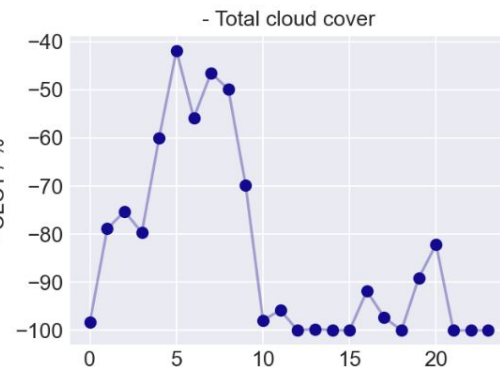
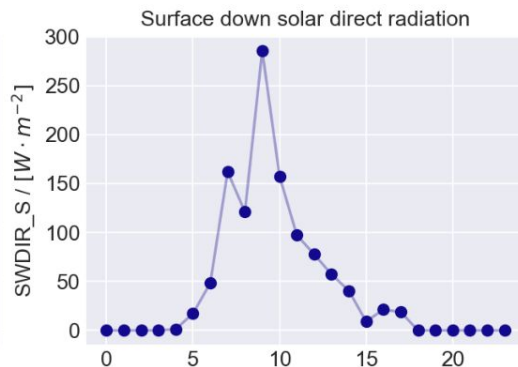
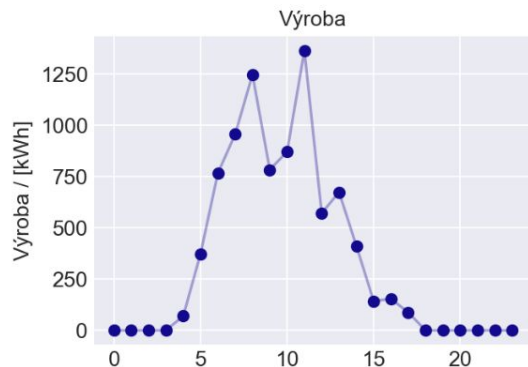
Mean curve

Montly mean curve

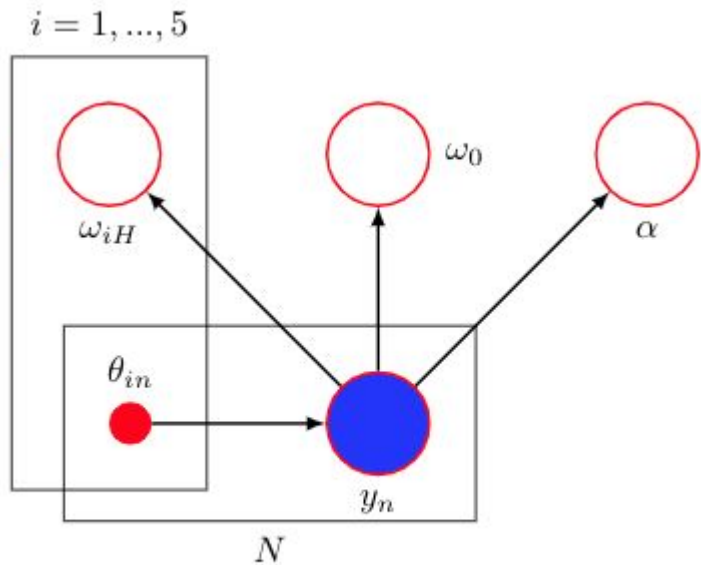
Persistence

Predikce výroby OZE

Kolik vyrobí FVE zítra/za dvě hodiny? 🖱️ **Předpověď počasí!**
(NWP, COSMO, ICON, ECMWF, ...)



SOČ Hynka Jakeše: Použití bayesovských metod pro predikci výroby solárních elektráren



(b) Natrénovaný model (*posterior*)

Pro trénink modelu byla použita Bayesova věta. Nejprve si zvolíme neinformativní⁶ *prior* parametrů:

$$\omega_{iH} \sim N(\mu = 0, \sigma^2 = 10) \quad \forall i, H, \quad (4.8)$$

$$\omega_0 \sim N(\mu = 0, \sigma^2 = 10), \quad (4.9)$$

$$\alpha \sim HalfNormal(\sigma^2 = 10), \quad (4.10)$$

protože pro α nutně platí, že $\alpha \geq 0$. Pak

$$p(\omega_{iH_s}, \omega_0, \alpha) = p(\omega_0)p(\alpha) \prod_{iH_s} p(\omega_{iH_s}). \quad (4.11)$$

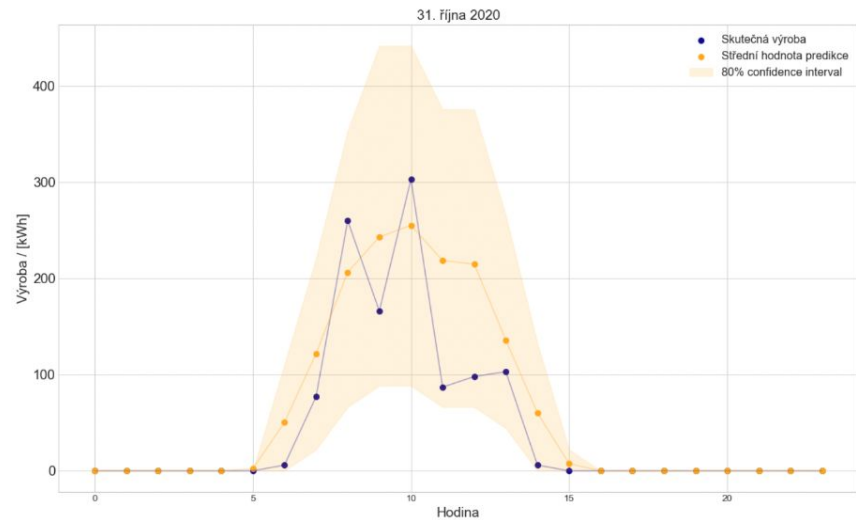
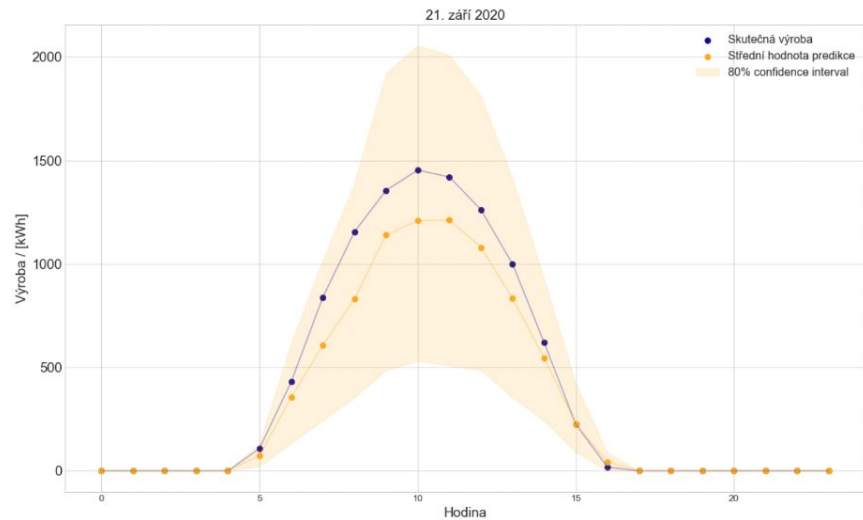
Z Bayesovy věty můžeme následně určit *posterior*:

$$p(\omega_{iH}, \omega_0, \alpha | Data) \propto p(Data | \omega_{iH}, \omega_0, \alpha) p(\omega_{iH}, \omega_0, \alpha), \quad (4.12)$$

a tedy

$$p(\omega_{iH_s}, \omega_0, \alpha | Data) \propto p(\omega_0)p(\alpha) \prod_{iH_s} p(\omega_{iH}) \cdot \prod_{DH} p_{NB}(y_{DH} | \mu = \bar{y}_{DH}, \alpha). \quad (4.13)$$

Predikce výroby OZE

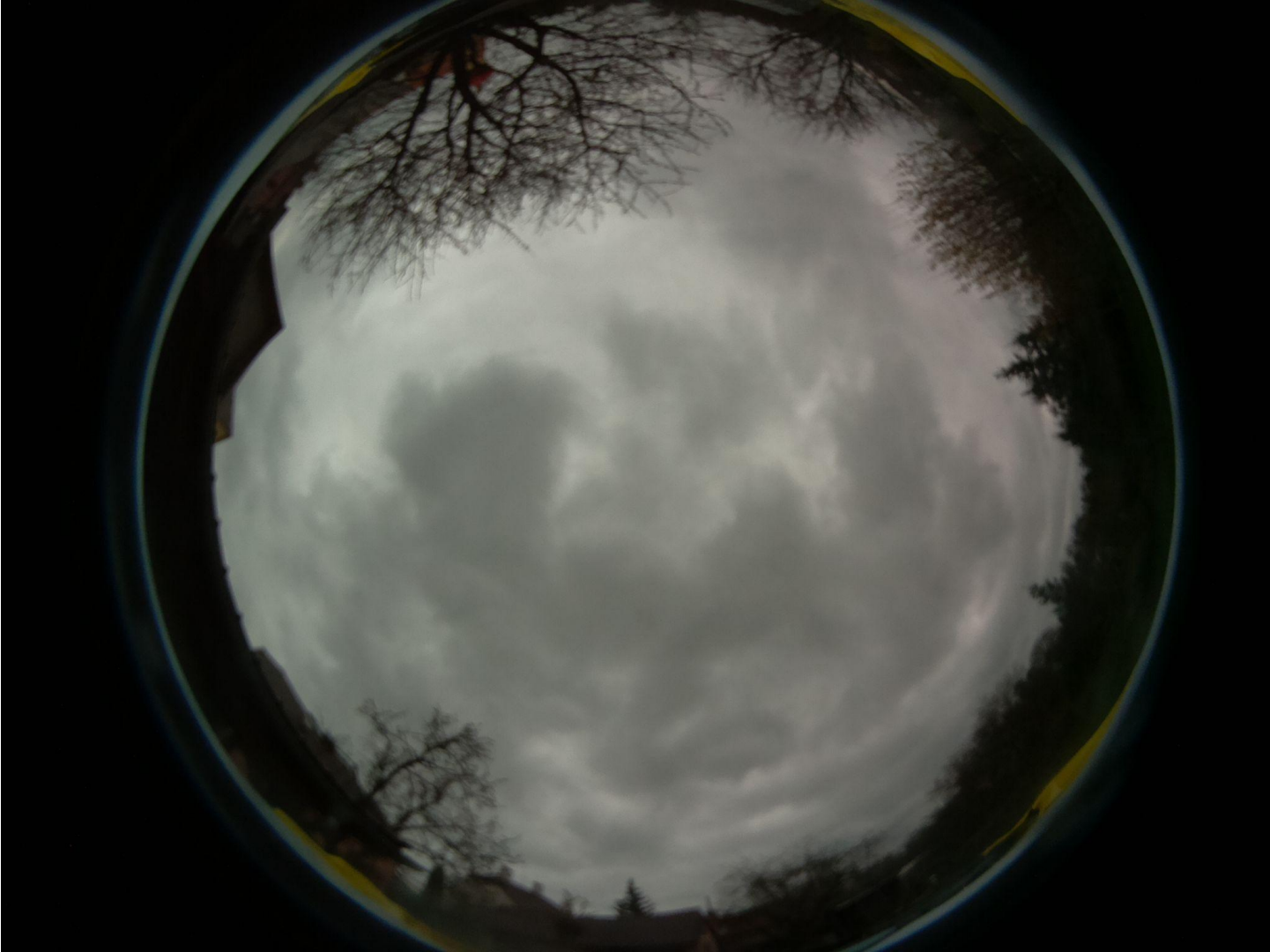


Co dělat s elektřinou z FVE?

Otázka 2: **Kolik energie vyrobím za 15 minut?**

Kolik vyrobí FVE za 15 minut? 🖱️ **Záleží, jak se zamračí.**

(sledování oblohy, obrazová analýza, CNN)



Kolik vyrobí FVE za 15 minut? 👉 **Záleží, jak se zamračí.**

(sledování oblohy, obrazová analýza, CNN)



Kolik vyrobí FVE za 15 minut? 🖱️ **Záleží, jak se zamračí.**

(sledování oblohy, obrazová analýza, CNN)



Kolik vyrobí FVE za 15 minut? 👉 **Záleží, jak se zamračí.**

(sledování oblohy, obrazová analýza, CNN)



Statistika v legislativě

Jak vyhodnotit aktivovanou flexibilitu?

Jak vyhodnotit aktivovanou flexibilitu?

Flexibilita
=
možnost změny odběru/dodávky energie

Jak vyhodnotit aktivovanou flexibilitu?

Flexibilita
=
možnost změny odběru/dodávky energie

Aktivovaná flexibilita
=
změna odběru/dodávky energie

Jak vyhodnotit aktivovanou flexibilitu?

Flexibilita
=
možnost změny odběru/dodávky energie

Aktivovaná flexibilita
=
plánovaná spotřeba – reálná spotřeba

Jak vyhodnotit aktivovanou flexibilitu?

Flexibilita
=
možnost změny odběru/dodávky energie

Aktivovaná flexibilita
=
plánovaná spotřeba – reálná spotřeba

(Komplikovanější v režimu “nezávislé agregace”, kdy jsou obchodník a agregátor dva odlišné subjekty.)

Jak vyhodnotit aktivovanou flexibilitu?

Továrna A slíbila odběr 5 MW od 05:00 do 11:00.

V 07:00 přišla poptávka na kladnou flexibilitu 1 MW po dobu 2h.

Aktivovaná flexibilita = 1 MW x 2h = 2 MWh.

Jak vyhodnotit aktivovanou flexibilitu?

Továrna A slíbila odběr 5 MW od 05:00 do 11:00.

V 07:00 přišla poptávka na kladnou flexibilitu 1 MW po dobu 2h.

Aktivovaná flexibilita = 1 MW x 2h = 2 MWh.

Jenže, továrny neslibují kolik spotřebují!

Jak vyhodnotit aktivovanou flexibilitu?

Továrna A slíbila odběr 5 MW od 05:00 do 11:00.

V 07:00 přišla poptávka na kladnou flexibilitu 1 MW po dobu 2h.

Aktivovaná flexibilita = $1 \text{ MW} \times 2 \text{ h} = 2 \text{ MWh}$.

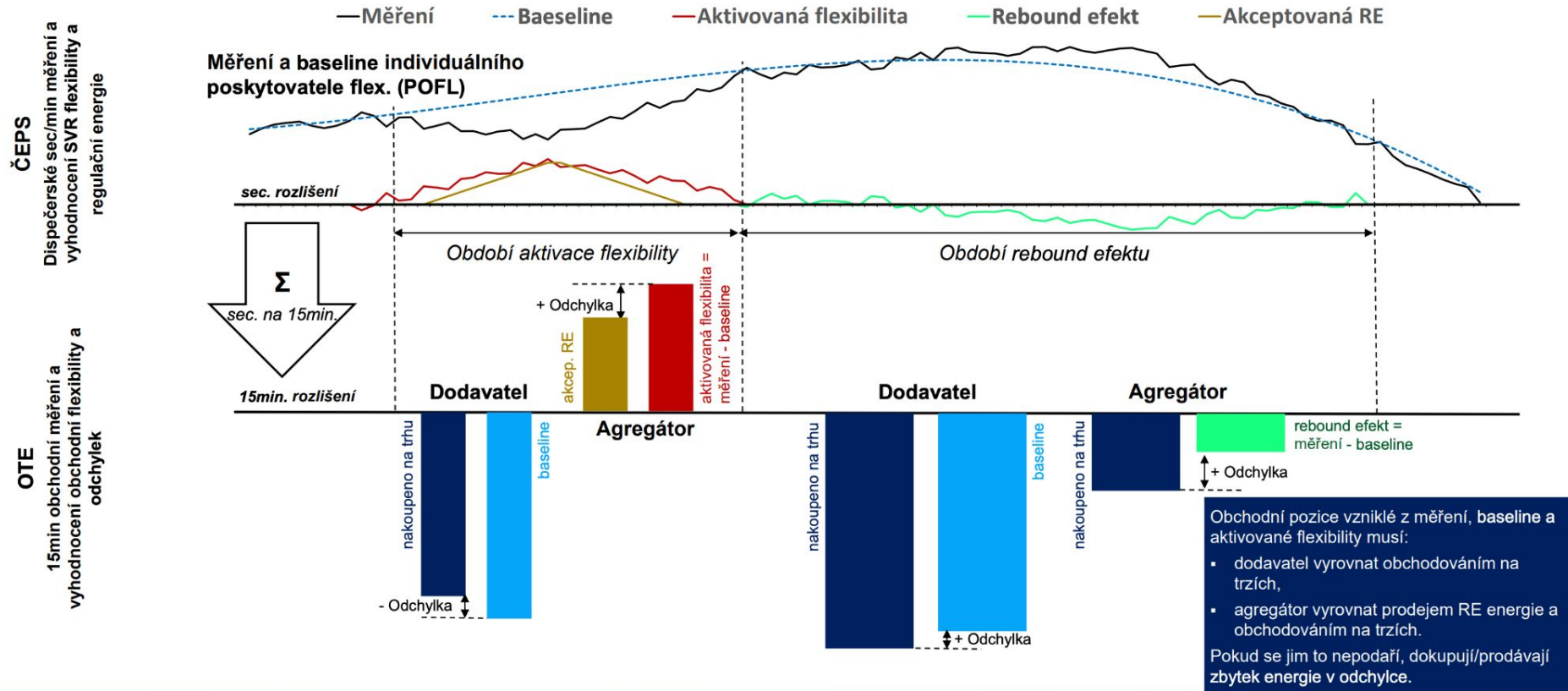
Jenže, továrny neslibují kolik spotřebují!

Továrna B nic neslíbila.

V 07:00 přišla poptávka na kladnou flexibilitu 1 MW po dobu 2h.

Aktivovaná flexibilita = ???

Schématický příklad korekce na baseline



Jak vyhodnotit aktivovanou flexibilitu?

Řešení dle Kodexu ČEPS

Posílej mi pravidelně predikci spotřeby (Baseline, BL).

Jak vyhodnotit aktivovanou flexibilitu?

Řešení dle Kodexu ČEPS

Posílej mi pravidelně predikci spotřeby (Baseline, BL).

Při aktivaci spočítám: **Flexibilita = Baseline - Měření**

Jak vyhodnotit aktivovanou flexibilitu?

Řešení dle Kodexu ČEPS

Posílej mi pravidelně predikci spotřeby (Baseline, BL).

Při aktivaci spočítám: **Flexibilita = Baseline - Měření**

V normálním stavu budu kontrolovat, jak se trefuješ.

Jak vyhodnotit aktivovanou flexibilitu?

Řešení dle Kodexu ČEPS

Posílej mi pravidelně predikci spotřeby (Baseline, BL).

Při aktivaci spočítám: **Flexibilita = Baseline - Měření**

V normálním stavu budu kontrolovat, jak se trefuješ.

Odměním tě méně, pokud se s predikcí nebudeš trefovat

Jak vyhodnotit aktivovanou flexibilitu?

Řešení dle Kodexu ČEPS

$$VBL = \frac{1}{n} \cdot \sum_{1}^n \left| \frac{P_{skut} - BL_t}{P_{skut}} \right| \cdot 100 [\%]$$

Odměním tě méně, pokud se s predikcí nebudeš trefovat

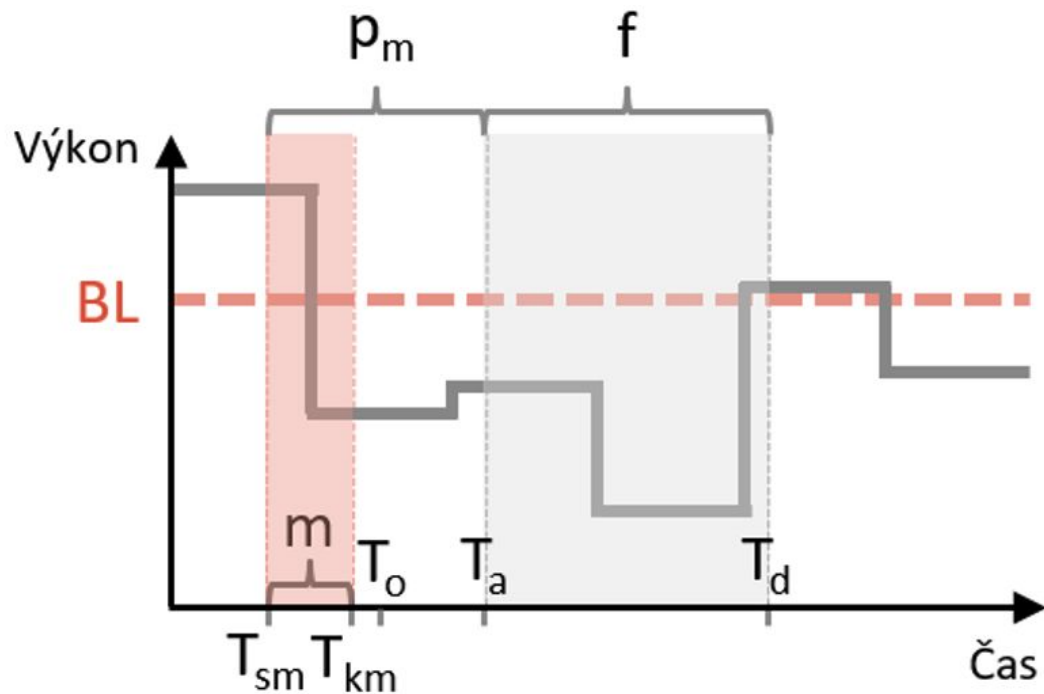
Jak vyhodnotit aktivovanou flexibilitu?

Řešení dle Kodexu ČEPS

$$VBL = \frac{1}{n} * \sum_{1}^{n} |P_{skut} - BL_t| [MW]$$

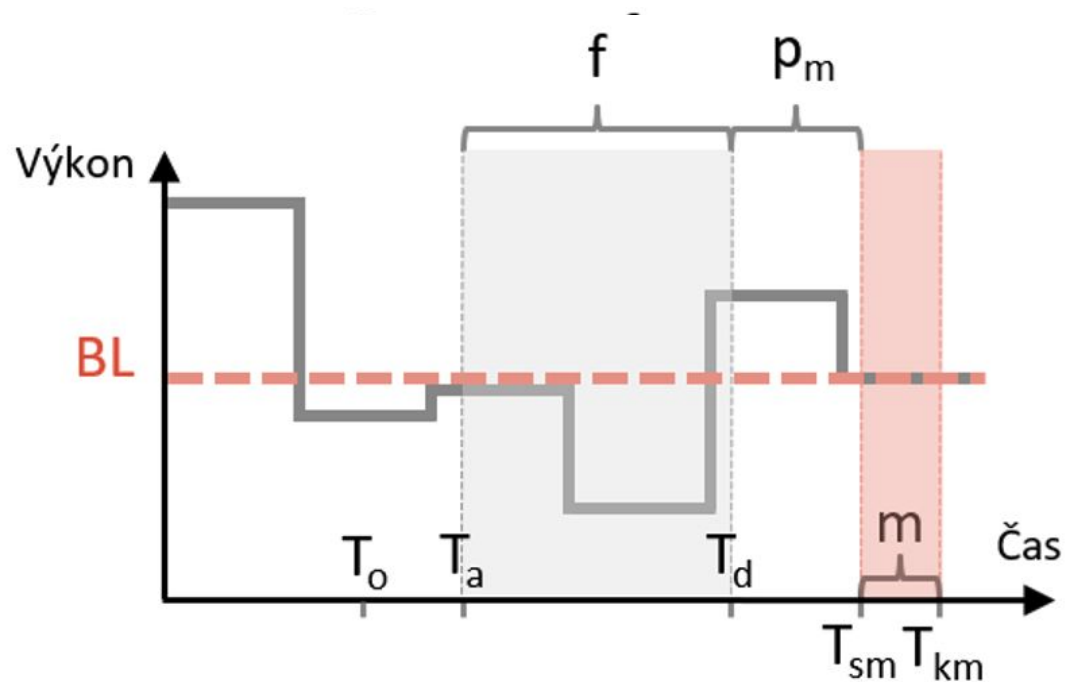
Odměním tě méně, pokud se s predikcí nebudeš trefovat

Meter Before



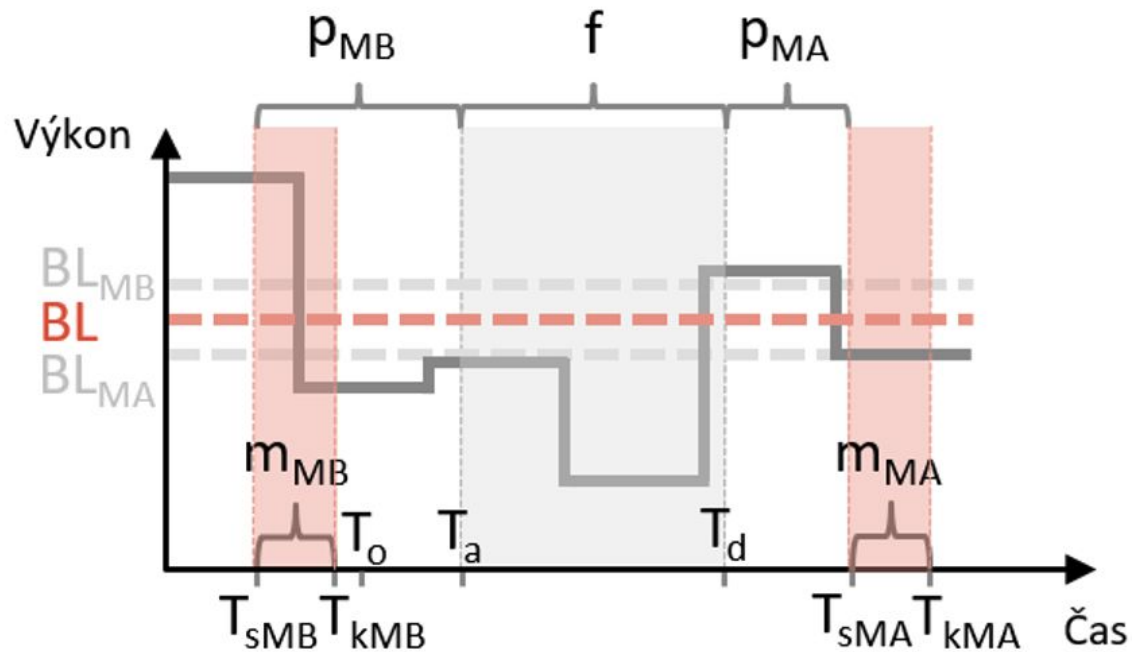
p_m	Posun měření
m	Délka intervalu měření
BL	Vypočtená baseline
f	Trvání flexibility
T_{sm}	Start měření
T_{km}	Konec měření
T_o	Oznámení požadavku flexibility
T_a	Aktivace flexibility
T_d	Deaktivace flexibility

Meter After

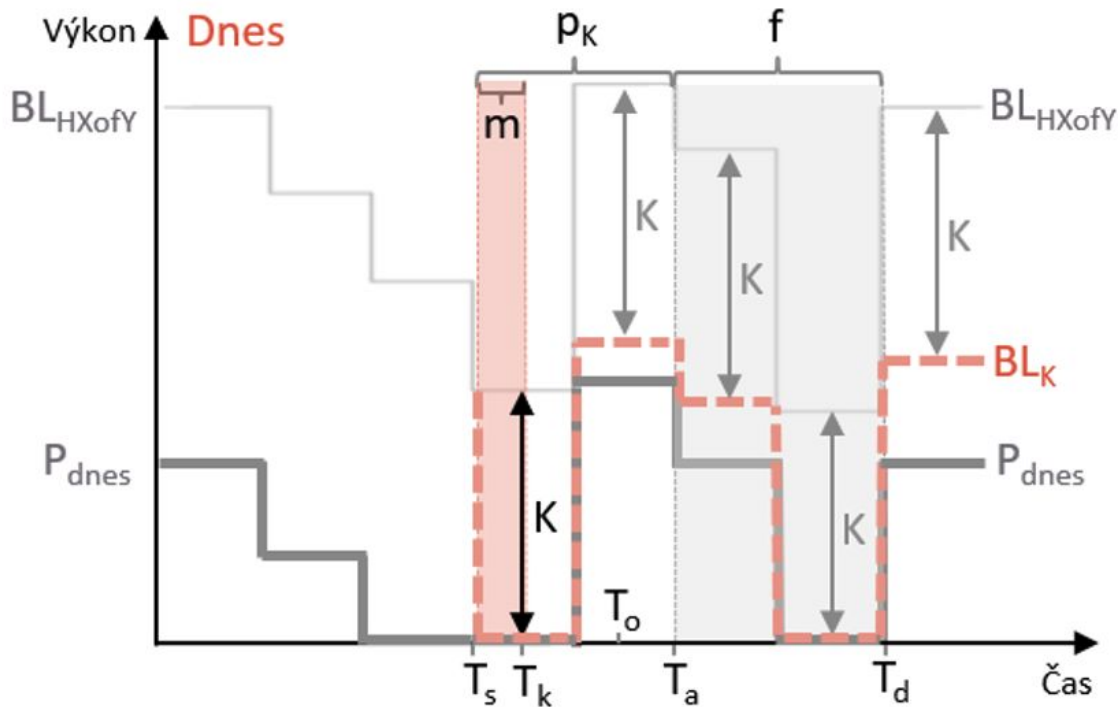
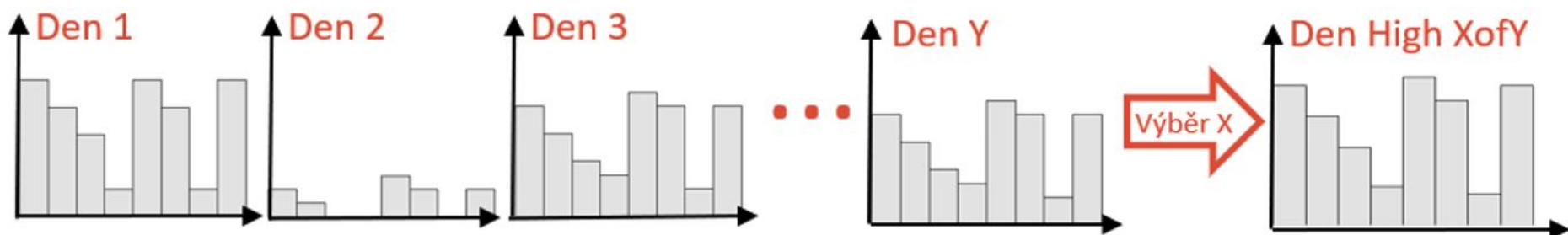


p_m	Posun měření
m	Délka intervalu měření
BL	Vypočtená baseline
f	Trvání flexibility
T_{sm}	Start měření
T_{km}	Konec měření
T_o	Oznámení požadavku flexibility
T_a	Aktivace flexibility
T_d	Deaktivace flexibility

Meter Before + Meter After



p	Posun měření
m	Délka intervalu měření
BL	Vypočtená baseline
f	Trvání flexibility
T_s	Start měření
T_k	Konec měření
T_o	Oznámení požadavku flexibility
T_a	Aktivace flexibility
T_d	Deaktivace flexibility



p_k	Posun měření korekce
m	Délka intervalu měření korekce
K	Korekce na dnešní výkon
BL_{HXofY}	Baseline pro den High XofY
BL_K	Baseline po korekci
P_{dnes}	Dnešní měřené hodnoty
f	Trvání flexibility
T_s	Start měření
T_k	Konec měření
T_o	Oznámení požadavku flexibility
T_a	Aktivace flexibility
T_d	Deaktivace flexibility

Jak vyhodnotit aktivovanou flexibilitu?

ČEPS používá metodu **Middle 4/6**

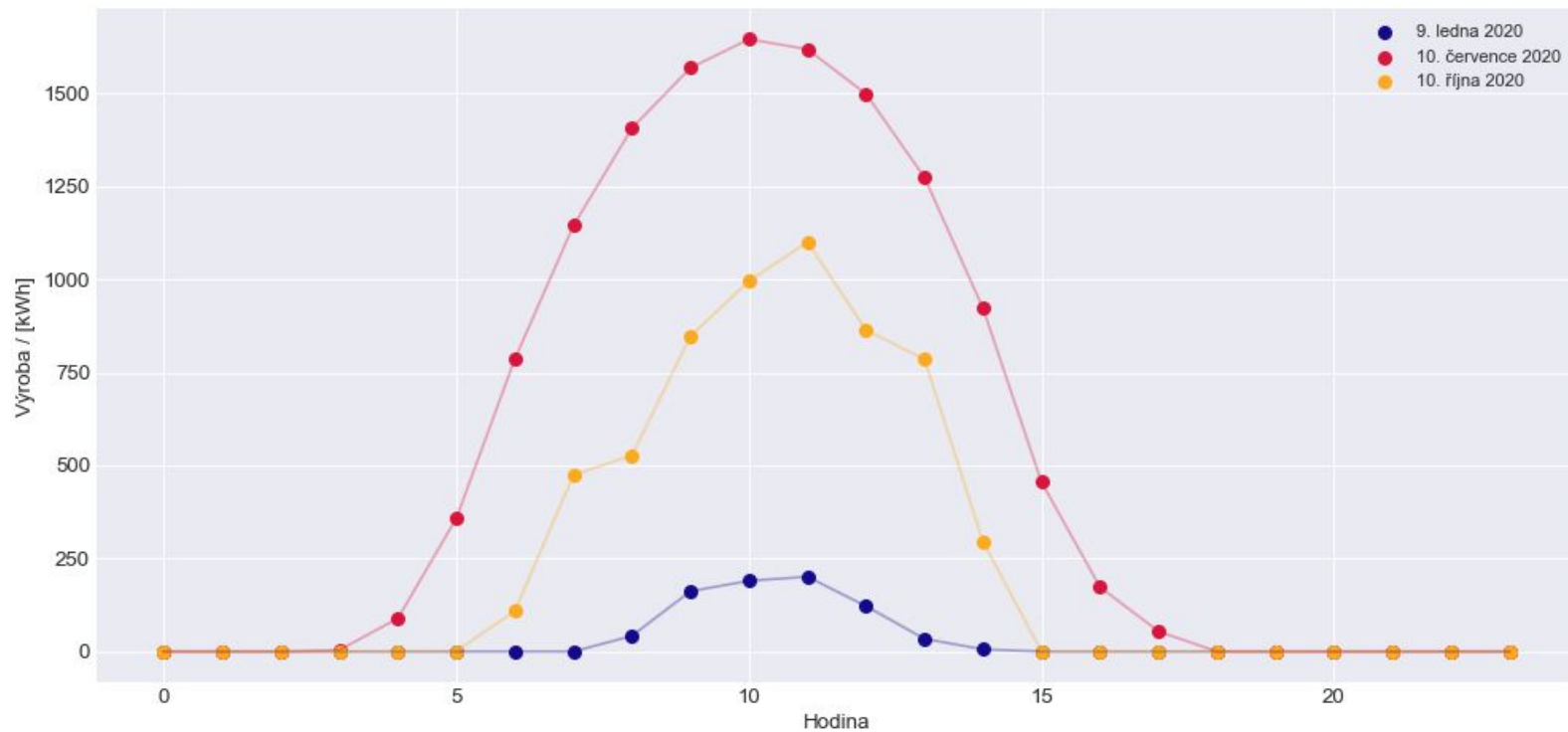
Predikce zasílaná poskytovatelem

Granularita 1s

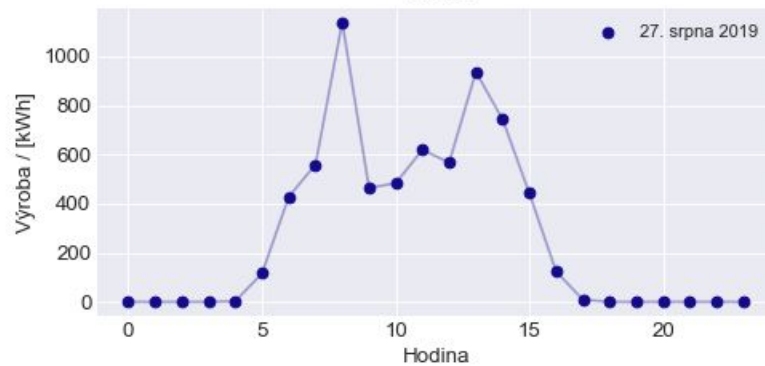
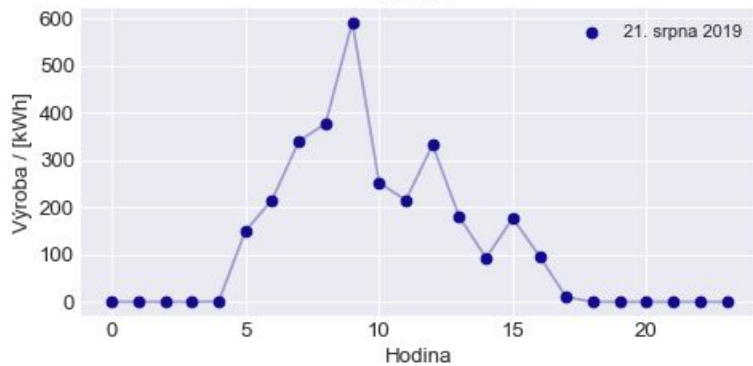
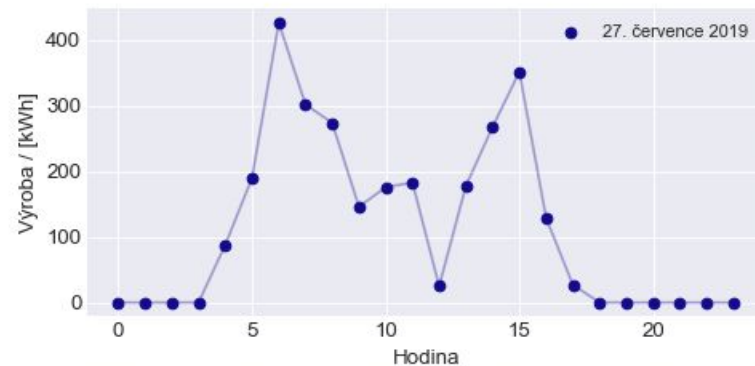
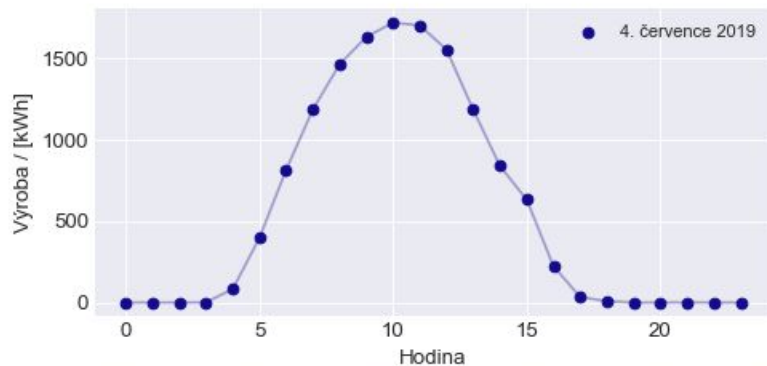
Predikční horizont 30 minut

Vyhodnocení v minutových průměrech

Na první pohled snadno predikovatelné pomocí Middle 4/6



Potřeba vlastní predikce s externími vstupy (počasí)



Abyste v dnešní době mohli obstojně “hrát” na trhu s elektřinou, **neobejdete se bez statistiky.**

I samotná **pravidla hry** (Kodex ČEPS) jsou závislá na predikcích.

Závěr

K zamyšlení:

- Poptávka po traderovi → 4 životopisy
- Poptávka po analytikovi/matematikovi → 50 životopisů