Spolufinancováno Evropskou unií

Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy

WORKSHOP • APLIKACE AI A KVANTOVÉHO POČÍTÁNÍ V ENERGETICE II

Možnosti využití BESS a rozhodovací proces portfolia

FCR, aFRR, mFRR, denní trh, IDA a kontinuální VDT v jednom společném portfoliu

Jeden výkon • jedna energie • více možností výnosu • jedno rozhodovací portfolio

projekt „Zvýšení odolnosti energetických sítí v kontextu dekarbonizace, decentralizace a udržitelného socioekonomického rozvoje“
CZ.02.01.01/00/23_021/0008759 • Operační program Jan Amos Komenský

26. 10. 2026



BESS v praxi: které parametry rozhodují o ekonomice

Parametry, které určují hodnotu baterie pro služby SVR a obchod na denním trhu



Příklad kontejnerového BESS

Výkon (MW)

Určuje objem nabídky do SVR a max. výkon obchodovaný na DT.

Kapacita (MWh)

Říká, jak dlouho baterie vydrží dodávat nebo odebírat energii.

Poměr P/E

Rozlišuje, zda je BESS vhodnější pro rychlé SVR, nebo pro energetický trading.

Účinnost η_{RT}

Na DT musí cenový spread pokrýt ztráty při nabití a vybití.

SoC okno a rezerva

Pro SVR je nutné držet prostor nahoru i dolů; pro DT energii v zásobě.

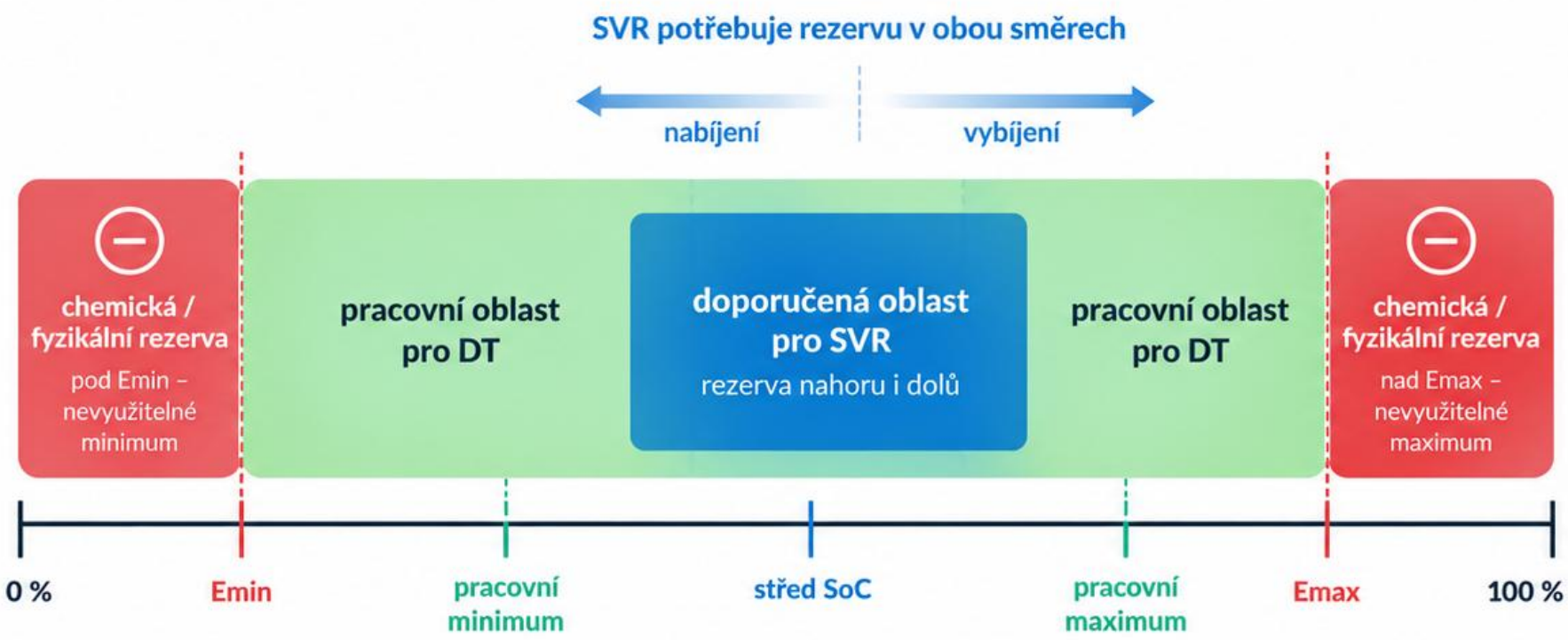
Degradace a cykly

Výnos musí pokrýt i opotřebení článků při častém cyklování.

Pro SVR dominují výkon, rychlost a rezerva SoC.
Pro DT dominují kapacita, účinnost a degradace.

Pracovní oblast BESS: co nelze využít a co zůstává pro SVR a DT

Nominální kapacita není celá obchodovatelná; část blokuje ochrana baterie a část provozní rezerva.



- Emin / Emax chrání články před poškozením
- DT využívá širší energetické okno
- SVR vyžaduje středové SoC a symetrickou rezervu
- Skutečně obchodovatelná kapacita je menší než nominální

Čím více prostoru musí baterie držet jako rezervu, tím menší část kapacity lze současně monetizovat na trhu.

Hodnoty jsou ilustrativní; konkrétní limity se liší podle technologie, BMS a obchodní strategie.

Jak může BESS vytvářet hodnotu

Dvě hlavní ekonomické role: rezervovat výkon a obchodovat energii.

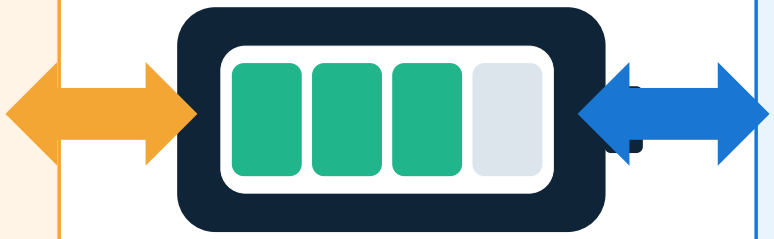
MW

REZERVACE VÝKONU

BESS drží část výkonu připravenou pro potřeby soustavy.

FCR | aFRR ± | mFRR / mFRR5+

Výnos: platba za kapacitu + případně regulační energie



JEDEN FYZICKÝ ZDROJ

výkon | energie | připojení | životnost

MWh

OBCHOD S ENERGIÍ

BESS mění čas nákupu a prodeje energie a opravuje svou pozici.

DT | IDA | VDT

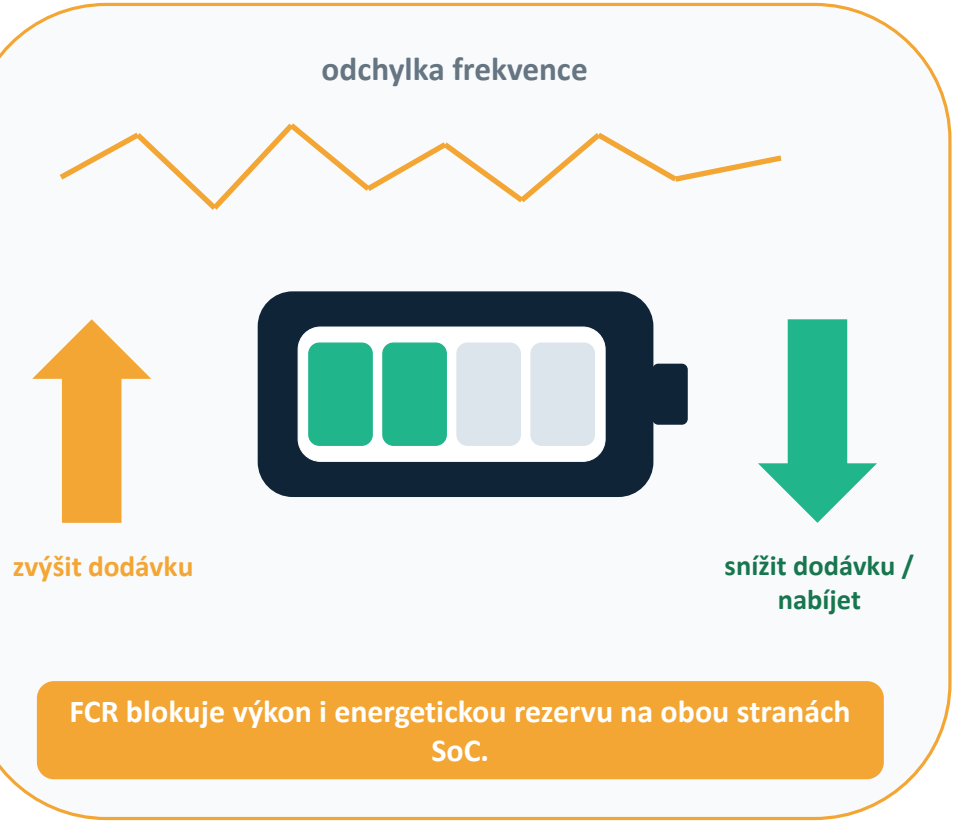
Výnos: cenový spread; provozně také obnova SoC a korekce odchylky

Stejný MW a MWh nelze prodat dvakrát – všechny možnosti musí být řízeny jako jedno portfolio.

FCR – symetrická rezerva pro stabilizaci frekvence

BESS drží stejný výkon pro zvýšení i snížení dodávky.

SYMETRICKÁ ↑↓ | OBVYKLE 4 h | MIN. 1 MW



FCR blokuje výkon i energetickou rezervu na obou stranách SoC.

1 Co se prodává

Dostupný výkon současně v kladném i záporném směru.

2 Jak vzniká výnos

Primárně kapacitní platba; fyzická reakce se řídí odchylkou frekvence.

3 Hlavní rozhodovací otázka

Převýší platba za rezervu hodnotu zablokované arbitráže a potřebného SoC bufferu?

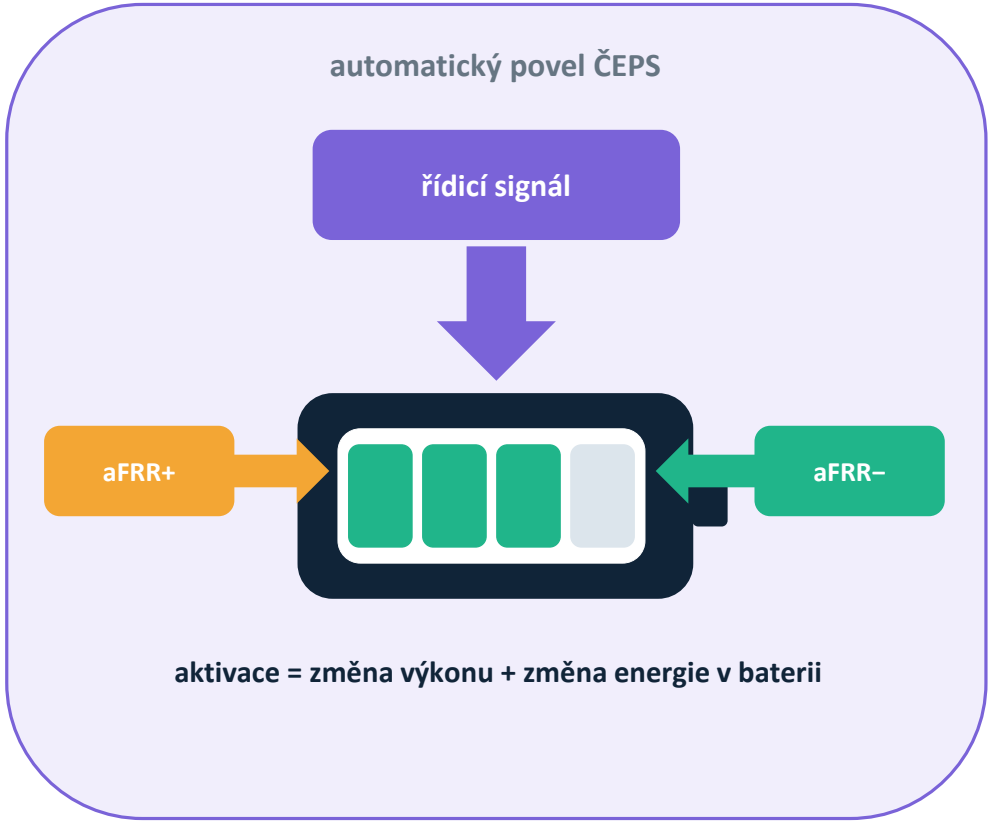
FCR je stabilní kapacitní příležitost, ale symetrie může být pro energeticky krátké BESS nákladná.



aFRR – automatická obnova výkonové rovnováhy

Kladný a záporný směr se nabízejí odděleně; aktivace průběžně mění SoC.

aFRR+ | aFRR− | 6 × 4 h BLOK | PAY-AS-BID



1 Co se prodává

Samostatný kladný nebo záporný regulační výkon pro jednotlivé bloky.

2 Jak vzniká výnos

Kapacitní platba podle vlastní akceptované ceny + vypořádání regulační energie.

3 Hlavní nejistota

Pravděpodobnost akceptace, směr a délka aktivace a cena následného rebalancingu.

Nabídková cena musí zahrnout oportunitní náklad, degradaci, riziko aktivace i sankční expozici.



mFRR a mFRR5+ – manuálně aktivovaná rezerva

Delší nebo jednostranná aktivace může být energeticky náročnější než samotný výkonový požadavek.

mFRR ± | mFRR5+ | MANUÁLNÍ AKTIVACE | MIN. 1 MW



1 Co se prodává

Kladná nebo záporná manuální rezerva podle konkrétního produktu a certifikace.

2 Jak vzniká výnos

Kapacitní platba a výnos z aktivované regulační energie podle tržních pravidel.

3 Hlavní omezení

Energetická dostatečnost, dlouhá jednostranná aktivace a realistická možnost obnovy SoC.

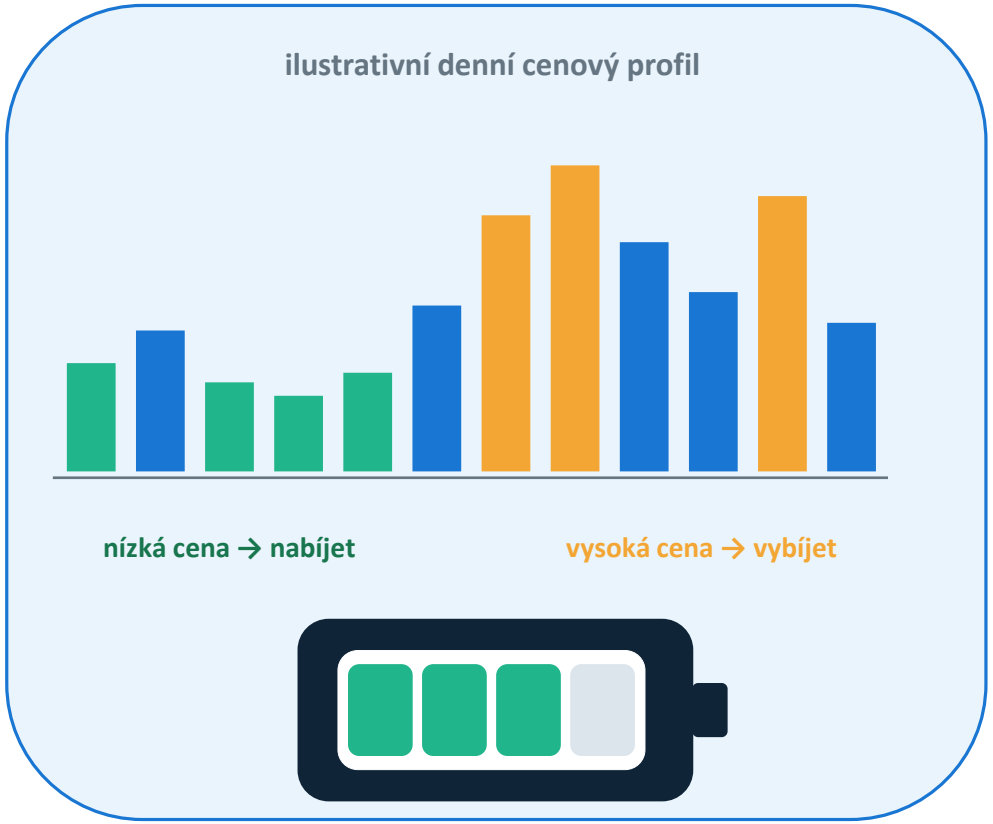
mFRR5+ je vhodná pouze tehdy, když BESS udrží potřebnou energii i v konzervativním stresovém scénáři.



Denní trh (DT) – základní energetický plán pro další den

BESS plánuje nákup a prodej energie, ale respektuje již přijaté závazky SVR.

AUKCE | **1 h + 15 min** | **MIN. 0,1 MW** | **GCT D–1 12:00**



1 Co se obchoduje

Nákup nebo prodej energie v hodinových a čtvrthodinových produktech.

2 Role v portfoliu

Vytváří základní obchodní pozici, baseline a cílovou trajektorii SoC.

3 Hlavní omezení

Výkon a energie rezervované pro SVR, cenová nejistota, ztráty a degradace.

DT určuje základní plán, nikoli definitivní provoz – ten se dále koriguje prostřednictvím IDA a VDT.



IDA – vnitrodenní aukce pro skokovou korekci plánu

Tři aukční okamžiky umožňují využít novější prognózy a opravit SoC nebo pozici po DT.

15 min | **MIN. 0,1 MW** | **AUKČNÍ CLEARING**

tři body pro přepočet portfolia

IDA1	IDA2	IDA3
1	2	3
15:00 D–1	22:00 D–1	10:00 D

Cena
novější forecast

SoC
změna po aktivaci

Pozice
oprava po DT

1 Co se obchoduje
Nákup nebo prodej čtvrthodinové energie v samostatných aukcích.

2 Role v portfoliu
Skoková reoptimalizace po novém forecastu, výsledku trhu nebo změně SoC.

3 Hlavní omezení
Rozhodnout lze jen v daném gate; po výsledku se přijatá pozice stává závaznou.

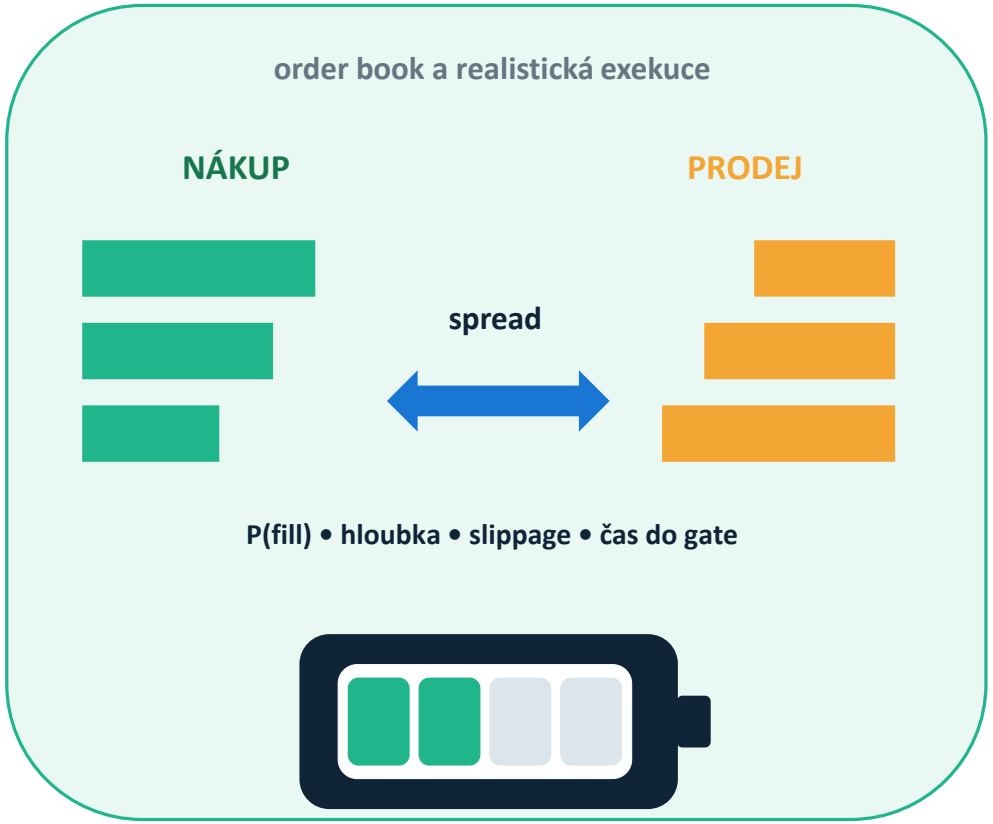
IDA je most mezi denním plánem a průběžným řízením v den dodávky.



Kontinuální VDT – průběžná oprava pozice až před dodávkou

Hlavní recourse nástroj pro aktivace, odchylku a obnovu SoC; arbitráž je až druhá priorita.

1 h + 15 min | **MIN. 0,1 MW** | **KONTINUÁLNÍ PÁROVÁNÍ** | **DO H−5**



1 Co se obchoduje

Energie se páruje průběžně podle konkrétního příkazu, ceny a dostupné hloubky.

2 Role v portfoliu

Nejprve korekce SoC a odchylky; teprve s volnou kapacitou dodatečná arbitráž.

3 Hlavní omezení

Spread, likvidita, pravděpodobnost provedení, slippage a rychle se zkracující čas.

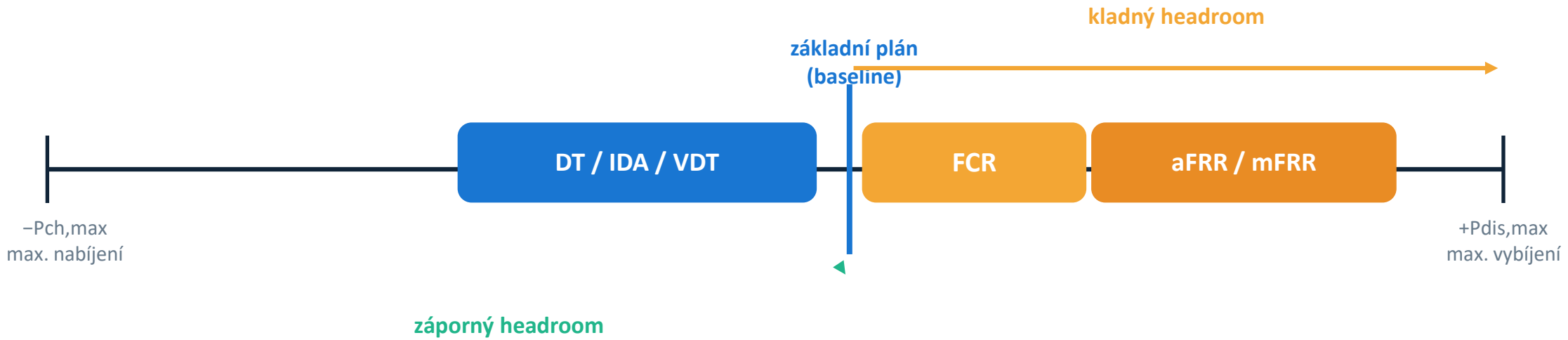
Správná otázka není jen „za jakou cenu“, ale také „zda a včas se obchod skutečně provede“.



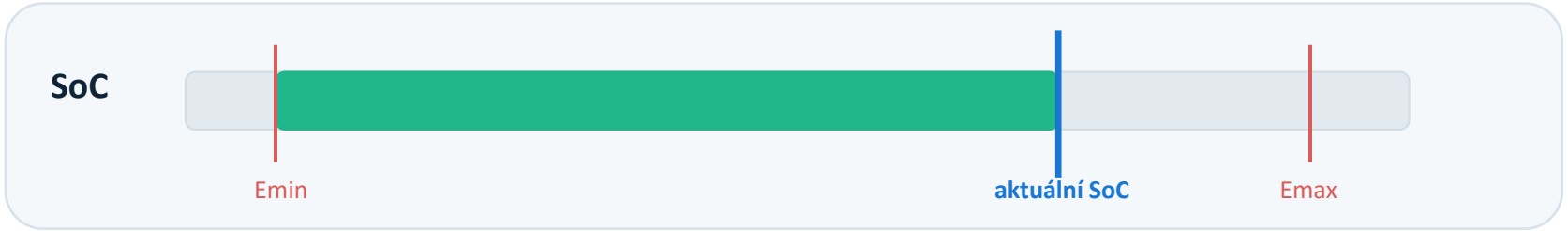
Všechny možnosti využití sdílejí jednu fyzickou obálku

Stejný MW, MWh, připojení a životnost nelze započítat dvakrát.

VÝKONOVÁ OBÁLKA



ENERGETICKÁ OBÁLKA



- výkon měniče
- energie / SoC
- limit připojení

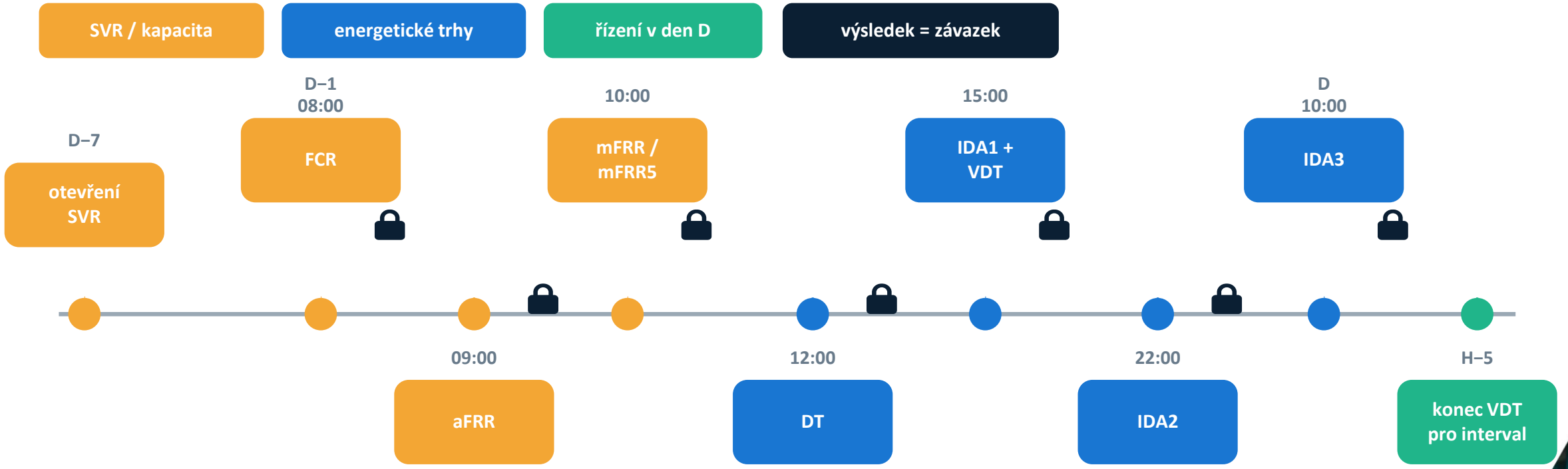


Zákaz dvojího započtení: všechny prodané rezervy a obchody sdílejí stejnou fyzickou kapacitu.



Rozhodování probíhá v pořadí gate – každý výsledek mění další krok

Zjednodušená časová osa od rezervace výkonu po průběžný rebalancing.



Po každém výsledku: uzamknout akceptovaný objem → přepočítat SoC koridor → znovu optimalizovat zbývající trhy.

Pozn.: uvedené časy jsou metodický snímek k 18. 8. 2026. V produkci musí být gate načítány z aktuálních pravidel ČEPS/OTE.

Jak se vybírá nabídka: porovnat úplná portfolia, ne ceny izolovaně

Před každým gate se opakuje stejný auditovatelný cyklus.

1 Snapshot dat
SoC, dostupnost, pozice, závazky

2 Scénáře
ceny, akceptace, aktivace, likvidita

3 Fyzická obálka
výkon, energie, připojení, SoH

4 Kooptimalizace
referenční portfolio a kandidáti

5 Validace
limity, risk, granularita, time-to-gate

REFERENČNÍ PORTFOLIO

Bez nové nabídky



- SVR
- DT / VDT
- SoC rezerva

ΔV

rozdíl rizikově očištěné hodnoty

PORTFOLIO S NABÍDKOU

Přičíst a odečíst vše

- \+ kapacitní platba a aktivace
- – ušlá hodnota jiné příležitosti
- – ztráty, degradace a poplatky
- – odchylka, sankce a tail-risk

PODAT pouze tehdy, když ΔV překročí minimální marži a všechny technické, smluvní a rizikové limity jsou splněny.

Po výsledku trhu se akceptovaný objem okamžitě mění v tvrdé omezení pro všechny další trhy.



Pět pravidel, která si odnést

Rozhodovací proces je důležitější než jednotlivé dílčí modely.

1

Jeden společný fyzický model BESS

Všechny trhy sdílejí stejný výkon, energii, připojení a životnost.

2

Rozhoduje přírůstková hodnota ΔV

Hrubá cena trhu nestačí bez oportunitních nákladů, degradace a rizika.

3

Akceptovaná SVR = tvrdý závazek

Po výsledku ihned uzamknout objem a reoptimalizovat zbytek portfolia.

4

VDT je nejprve recourse, až potom arbitráž

Nejdřív chrání SoC a odchylku, teprve pak využívá volnou flexibilitu.

5

Rychlé fyzické řízení musí zůstat oddělené

Obchodní optimizer připravuje podmínky, EMS/BMS plní povel a ochrany.

Nejdůležitější výstup optimizeru

stínová cena každého MW výkonu a každé MWh energie v čase

Díky ní lze konzistentně porovnat SVR, arbitráž, rebalancing, odchylku a degradaci.

Zisk je výsledkem dobře řízeného portfolia, ne izolovaného „nejlepšího trhu“.

Spolufinancováno Evropskou unií

Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy

Děkuji za pozornost

Doc. Ing. Lukáš Prokop, Ph.D.

Jeden výkon • jedna energie • více možností výnosu • jedno rozhodovací portfolio

projekt „Zvýšení odolnosti energetických sítí v kontextu dekarbonizace, decentralizace a udržitelného socioekonomického rozvoje“
CZ.02.01.01/00/23_021/0008759 • Operační program Jan Amos Komenský

26. 10. 2026

