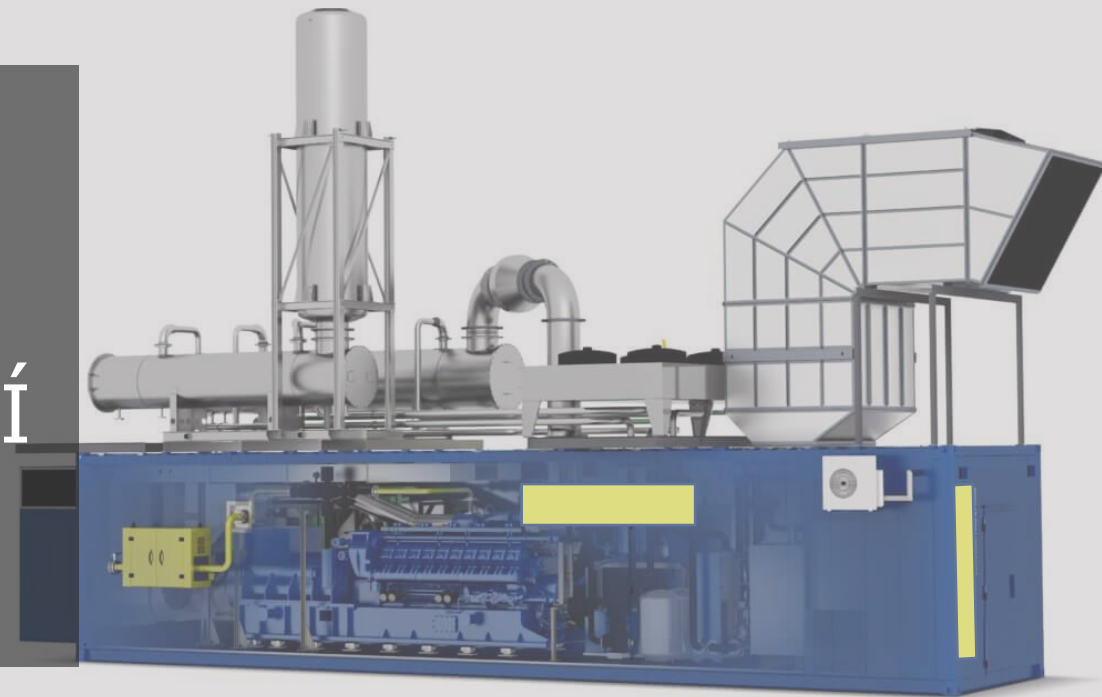


Část II.

Sborník referátů
z odborné konference

TAČR TK01030082
LOKÁLNÍ ZDROJE ELEKTŘINY A
TEPLA V KOMUNÁLNÍM PROSTŘEDÍ
S MOŽNOSTÍ OSTROVNÍHO
PROVOZU



konané v Praze ve dnech
11. a 12. 11. 2024

ISBN 978-80-01-07367-4

Obsah

Část I.

1/ Komplexní řešení malého energetického zdroje a jeho integrace do distribučních sítí.

P. Sláma + V. Mužík + O. Pártl + P. Jančík

2/ Představení webového interface MAEZR a ukázka modelu výroby a distribuce tepla a elektřiny v uživatelském prostředí pro návrh energetického systému

P. Jančík, V. Mužík,

3/ Prediktivní systémy při řízení výroby tepla v lokální distribuční soustavě s možností ostrovního provozu

V. Papež, P. Jančík, P. Sláma

Část II.

4/ Zkušenosti s měřením a hodnocením fyzikálních veličin v zásobování areálu KNTB elektřinou a teplem.

L. Kročil

5/ Rozvoj komunitní energetiky v kontextu jednotlivých TŘ z pohledu aplikace bateriových úložišť

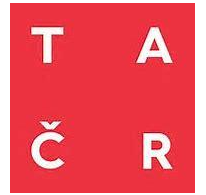
V. Mužík

5a/ Interakce lokálních zdrojů elektrické energie s nadřazenou distribuční sítí na příkladu TŘ2.

V. Mužík

6/ Využití akumulčních systémů tepelné energie pro Lokální distribuční soustavy

P. Sláma, P. Prokop



Program **Théta**

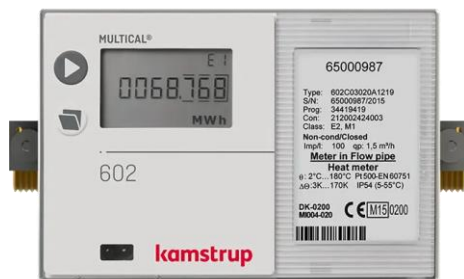


Zkušenosti s měřením a hodnocením fyzikálních veličin v zásobování areálu KNTB elektřinou a teplem.

Libor Kročil – Krajská nemocnice T. Bati, a.s.

Praha, 12. 11. 2024

Popis instalované technologie měření.



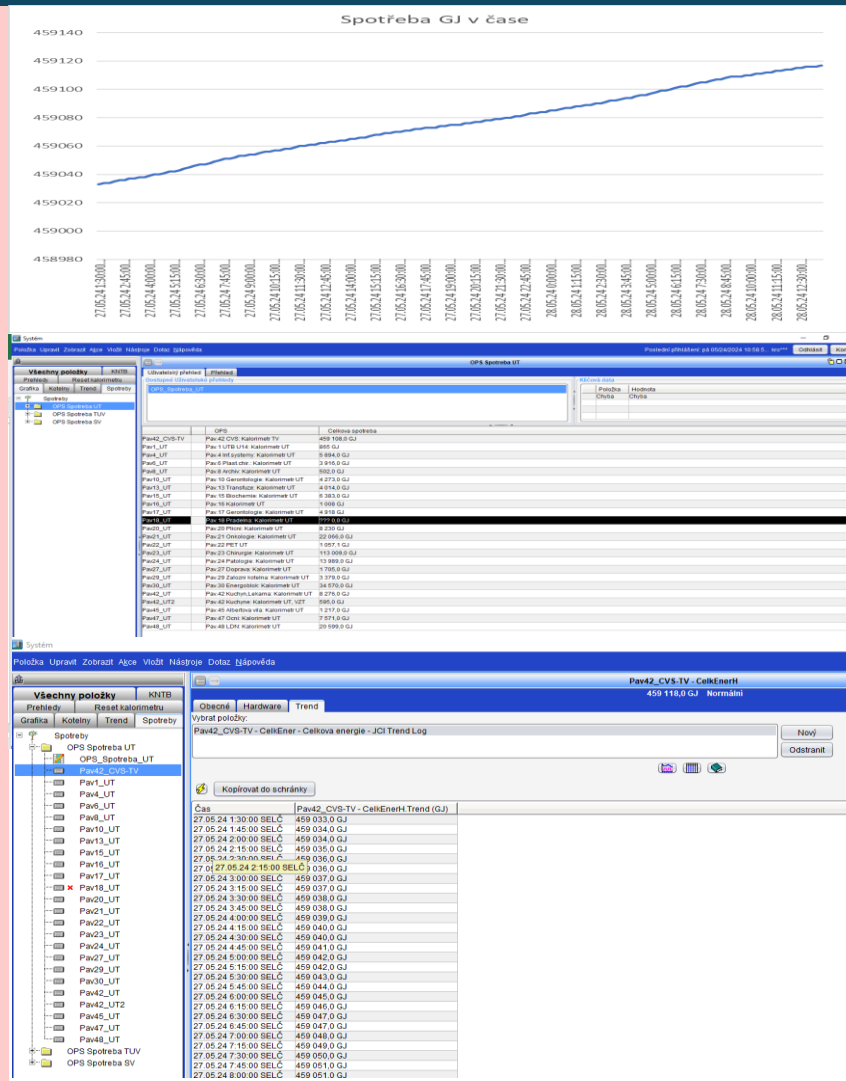
Kalorimetr Kamstrup - Řešení pro měření tepla

TeHum 2.0 - Senzor pro měření teploty a vlhkosti



ENERGY METER 525-230 – Monitoring elektrické energie

Popis instalované technologie měření.



Kalorimetr - sběr dat pomocí Metasys rozhraní

- Centrální topení
- PAV42 Centrální VS
- PAV1 UTB U14
- PAV4 Informační systémy
- PAV6 Plastická chirurgie
- PAV8 Archiv-Transfúzka
- PAV10 Gerontologie
- PAV13 Transfúze
- PAV15 Biochemie
- PAV17 Gerontologie
- PAV18 Pradelná
- PAV20 Infekční
- PAV21 Onkologie
- PAV23 Chirurgie
- PAV24 Patologie
- PAV27 Doprava

STANDARDNÍ GRAFIKA							
Centrální topení: Přehled							
	ÚT	T.výstup	T.žádná	Ventil	TUV	T.výstup	T.žádná
Pav.1 UTB Zlin U14	45.5 °C	38.2 °C	0 %		56.0 °C	55.0 °C	0 %
Pav.4 Informační systémy	37.4 °C	36.3 °C	3 %		57.4 °C	55.0 °C	10 %
Pav.6 Plastická chirurgie	36.3 °C	36.7 °C	18 %		55.3 °C	55.0 °C	25 %
Pav.8 Archiv	36.4 °C	36.2 °C	5 %		57.1 °C	55.0 °C	0 %
Pav.10 Gerontologie	45.8 °C	45.7 °C	12 %		55.1 °C	55.0 °C	2 %
Pav.13 Transfúze	35.8 °C	35.7 °C	22 %				
Pav.15 Biochemie	34.4 °C	34.7 °C	10 %		54.9 °C	55.0 °C	25 %
Pav.17 Gerontologie	37.1 °C	37.0 °C	7 %		56.9 °C	55.0 °C	54 %
Pav.20 Infekční	38.3 °C	38.5 °C	5 %		57.3 °C	55.0 °C	0 %
Pav.21 Onkologie	38.3 °C	38.2 °C	23 %		54.5 °C	55.0 °C	3 %
Pav.23 Chirurgie	80.1 °C	80.0 °C	41 %		55.3 °C	55.0 °C	41 %
Pav.24 Patologie, KHS, doprava	79.6 °C	78.9 °C	41 %		59.9 °C	60.0 °C	28 %
Pav.27 Doprava	37.2 °C	37.5 °C	12 %		54.7 °C	55.0 °C	8 %
Pav.29 Záložní kotelna	32.2 °C	32.5 °C	14 %				
Pav.30 Energeblok	36.2 °C	36.5 °C	13 %		58.0 °C	55.0 °C	43 %
Pav.42 Kuchyně, Lékárna	39.4 °C	40.0 °C	21 %		55.3 °C	55.0 °C	2 %
Pav.45 Albertova vila	44.7 °C	45.2 °C	20 %		60.3 °C	60.0 °C	37 %
Pav.47 Oční	37.2 °C	38.5 °C	15 %		57.9 °C	55.0 °C	0 %
Pav.48 LDN	45.7 °C	46.2 °C	100 %		45.7 °C	62.0 °C	100 %
	40.7 °C	40.5 °C	12 %		60.7 °C	55.0 °C	0 %
	35.6 °C	36.2 °C	6 %		53.5 °C	55.0 °C	13 %
	40.6 °C	40.3 °C	5 %		55.8 °C	55.0 °C	9 %

Popis instalované technologie měření.

OVOCNÍ STRÁNKA MĚŘICÍ MÍSTO ALARMY ADRESY TECHNICKÉ LISTY REŠENÍ

BLUEMATIC

Krajská nemocnice T. Bati Libor.Kroc@bnufrin.cz / ODHĚLAT

B26 - 1.patro Sever

Poslední aktualizace: 28. 5. 2024 8:09:41

Stav	Typ	Poslední kontakt	Cidlo	Stav baterie
●	TeHum	28. 05. 2024 08:06:51	A1010276	

Teplota [°C]

23.7 °C

ALARMY LIMITY

Vlhkost [%]

50 %

ALARMY LIMITY

DEN ZPĚT ~

Report rozdělit po měsíci

REPORT V CSV REPORT V PDF KONTROLNÍ REPORT V PDF

Teplota
 Vlhkost

27. 05. 2024 08:12:25 27. 05. 2024 12:59:18 27. 05. 2024 17:46:11 27. 05. 2024 22:33:04 28. 05. 2024 03:19:57 28. 05. 2024 08:06:51

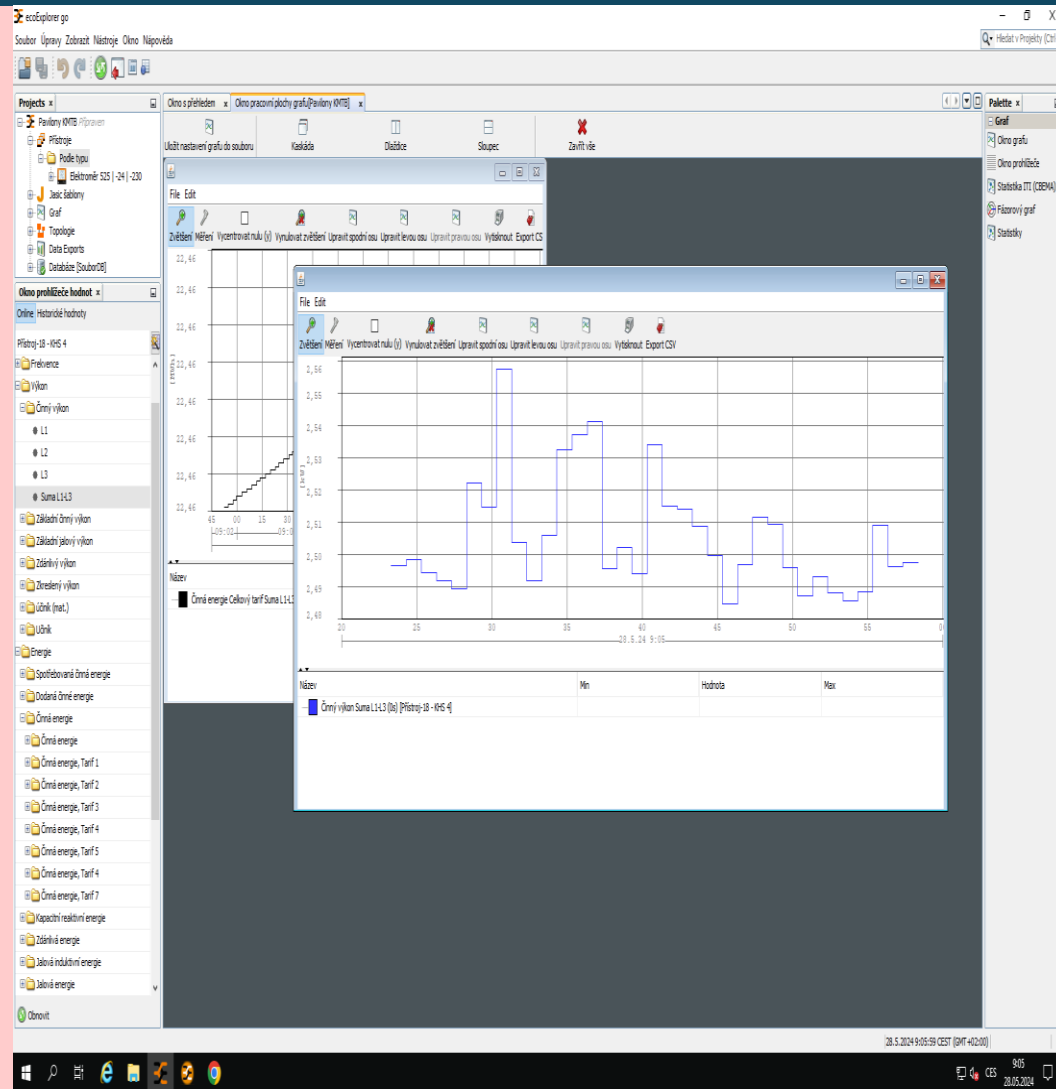
bluematic a. s.
 © Lipová 1789/9 (areál JVT), 370 05 České Budějovice ☎ +420 724 996 066
 ✉ bluematic@bluematic.cz IČO 05367786
 Switch to ENG/CSH

Technické listy Kontaktní formulář

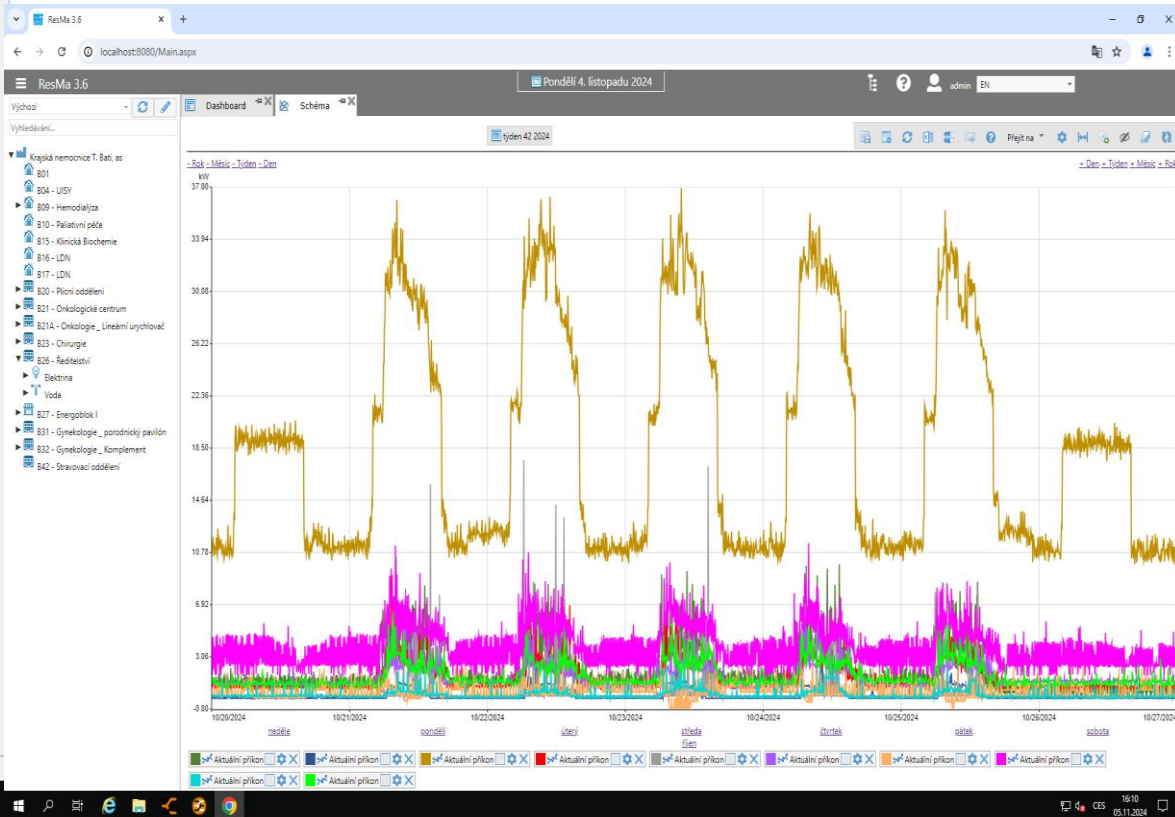
TeHum 2.0 - bluematic a.s. Web rozhraní

●	Krajská nemocnice T. Bati	B23 - dospávání VZT3 na odtahu	24,1 °C	33 %	04. 11. 2024 15:56:36	TeHum	A101027E
●	Krajská nemocnice T. Bati	B23 - Dospávání VZT3 na stole u sester	24,6 °C	33 %	04. 11. 2024 16:04:48	TeHum	A101019B
●	Krajská nemocnice T. Bati	B26 - 1.patro Jih	23,3 °C	36 %	04. 11. 2024 15:58:29	TeHum	A1010277
●	Krajská nemocnice T. Bati	B26 - 1.patro Sever	24,7 °C	38 %	04. 11. 2024 15:55:54	TeHum	A1010276
●	Krajská nemocnice T. Bati	B26 - 1.patro Východ	22,2 °C	39 %	04. 11. 2024 15:58:20	TeHum	A101027B
●	Krajská nemocnice T. Bati	B26 - 1.patro Západ	24,6 °C	37 %	04. 11. 2024 16:00:39	TeHum	A1010278
●	Krajská nemocnice T. Bati	B26 - 5.patro Východ	23,8 °C	40 %	04. 11. 2024 16:06:31	TeHum	A10101B4
●	Krajská nemocnice T. Bati	B26 - 6.patro Jih	23,7 °C	36 %	04. 11. 2024 15:57:25	TeHum	A101027F
●	Krajská nemocnice T. Bati	B26 - 6.patro Sever	23,8 °C	39 %	04. 11. 2024 16:04:54	TeHum	A10101B6
●	Krajská nemocnice T. Bati	B26 - 6.patro Východ	24,4 °C	45 %	04. 11. 2024 15:55:14	TeHum	A1010268
●	Krajská nemocnice T. Bati	B26 - 6.patro Západ	24,9 °C	42 %	04. 11. 2024 16:02:14	TeHum	A1010265
●	Krajská nemocnice T. Bati	B26 - 7.patro Jih	23,8 °C	35 %	04. 11. 2024 15:55:50	TeHum	A1010279
●	Krajská nemocnice T. Bati	B26 - 7.patro Sever	24,0 °C	40 %	04. 11. 2024 16:05:24	TeHum	A101027C
●	Krajská nemocnice T. Bati	B26 - 7.patro Východ	24,3 °C	49 %	04. 11. 2024 16:04:31	TeHum	A101027A

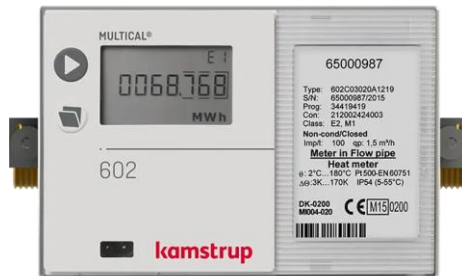
Popis instalované technologie měření.



ENERGY METER 525-230 Eco Explorer GO,



Finanční náročnost měření.



Kalorimetr Kamstrup, nebo jiné:

Vstupní náklad na pořízení a instalaci do topného systému a monitoringu.

Přehled spotřeby daných měření v čase a možnost vyhodnocování

Finanční náročnost měření.



TeHum 2.0 - Senzor pro měření teploty a vlhkosti od společnosti bluematic a.s.

Vstupní náklad na pořízení a měsíční datové přenosy a cloud

Snadná montáž a využitelnost. Přehled teplot daných měření v čase, lepší možnost vyhodnocování a regulace (úspora na vytápění)

Finanční náročnost měření.



ENERGY METER 525-230

Vstupní náklad na pořízení

Přehled spotřeby v čase a další měření a monitoring na daném měřeném úseku. Přípravenost na energetický management.

Přechod od hlavního měření k detailní výkonům

- **Počáteční stav:**

- Měření pouze celkové spotřeby energie
- Omezené možnosti analýzy a optimalizace

- **Současný stav:**

- Detailní měření osazeno v 17 z 32 budov
- Kompletně administrativní budova po patrech
- Sledování různých elektrických veličin (např. napětí, proud, výkon, harmonické)

- **Výhody detailního měření:**

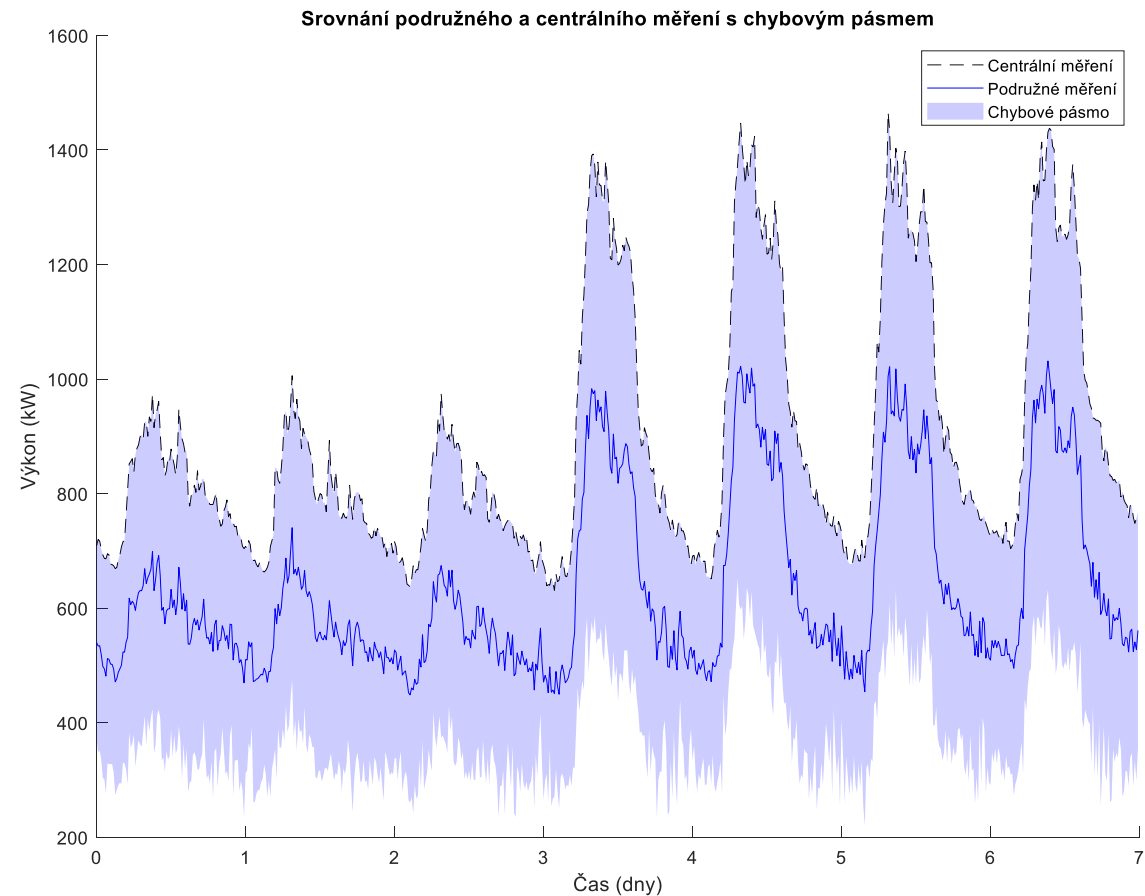
- Identifikace energeticky náročných budov
- Možnost cílených opatření pro úsporu energie
- Lepší porozumění spotřebě energie v různých částech areálu

Vliv na simulace elektrického systému

- **Simulace s jedním vstupem:**
 - Jednoduchý model s celkovou spotřebou
 - Omezená přesnost a možnosti optimalizace
- **Simulace s detailním měřením:**
 - Komplexní model s měřením v jednotlivých budovách a fázích
 - Vyšší přesnost a možnost detailní analýzy
 - Příklad: Grafy spotřeby energie pro jednotlivé budovy a fáze
- **Vizualizace:**
 - Obrázek simulace s jedním vstupem: Jednoduchý graf celkové spotřeby
 - Obrázek simulace s detailním měřením: Komplexní grafy s rozdělením spotřeby podle budov a fází

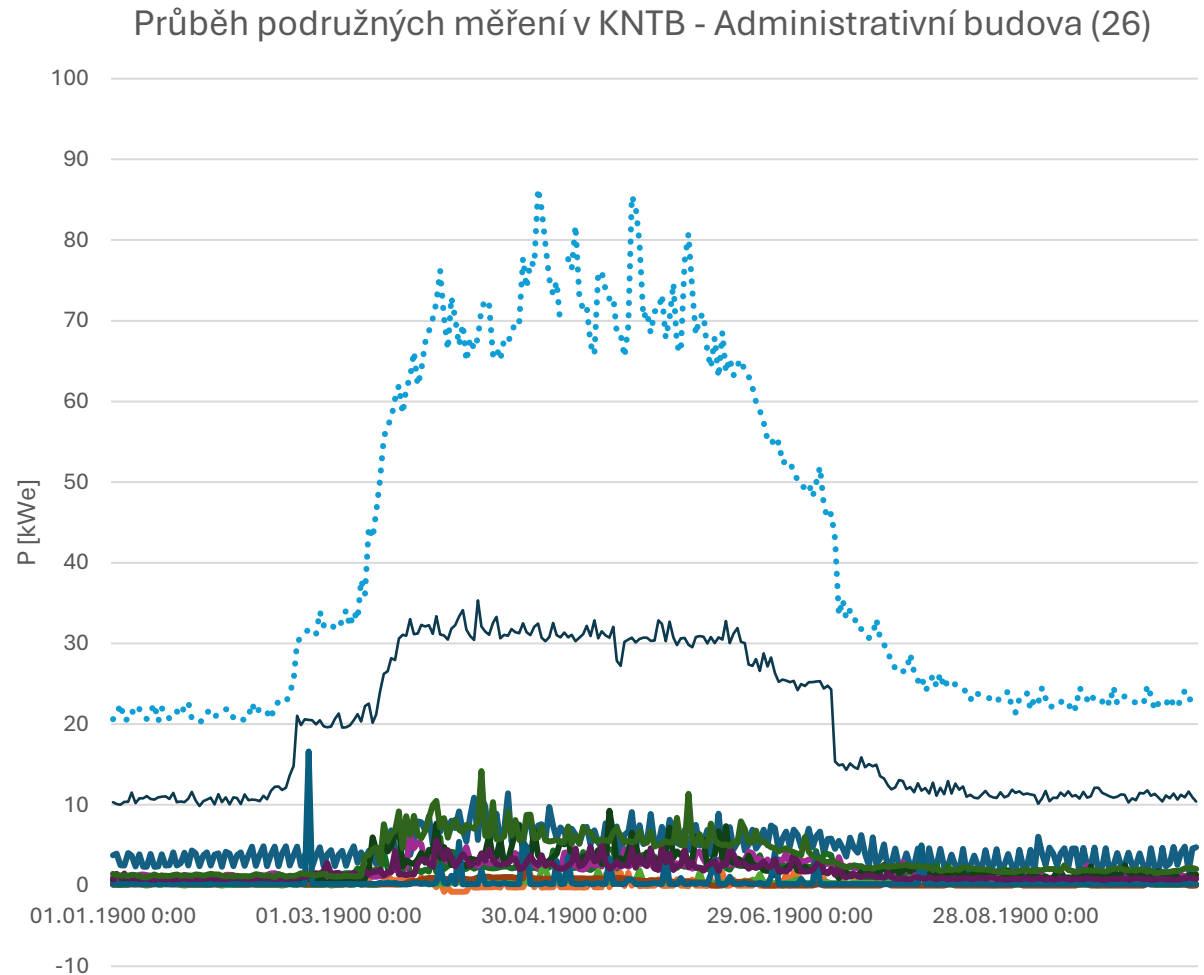
Vliv na simulace elektrického systému

- Původní energetický mgmt. = centrálního měření 22 kV
- Omezená znalost systému, absence analýzy vnitřních toků
- V případě instalace malých zdrojů (např. FVE) nutnost pro pochopení toků
- Standardní přístup k modernímu energetickému managementu nemocnic



Vliv na simulace elektrického systému

- Původní energetický mgmt. = centrálního měření 22 kV
- Omezená znalost systému, absence analýzy vnitřních toků
- V případě instalace malých zdrojů (např. FVE) nutnost pro pochopení toků
- Standardní přístup k modernímu energetickému managementu nemocnic



Rozvoj komunitní energetiky v prostředí ČR

Václav Mužík, Jan Smeták

Praha, 12. 11. 2024

Úvod

- Aktuální legislativní rozvoj ukotvuje podmínky pro rozvoj energetických společenství
- V současnosti ale není sledován masivní nástup energetických společenství
- Vznikají pilotní projekty pro řízení a simulaci malých energetických společenství

- Motivace existuje především pro **greenfield projekty**, kde lze vše připravit a zakotvit před prodejem nemovitostí
- Aktuálně nenahrává cena silové elektřiny pro masivní rozvoj
- Pro komunity o malém výkonu (resp. malé akumulaci) se čeká na dopady regulačních služeb (01/2025)

Úvod

- Existují rozdílné benefity pro jednotlivé členy energetických komunit, způsob vnitřní fakturace hraje velkou roli v návratnosti projektů

Budovy využívající komunitní sdílení a centrální baterii

Budova	ČOV	ZS	Rabas	Háje	OA	GYM	MŠ	MÚ
Roční náklady bez FVE (Kč)	6 415 134	7 272 336	756 115	839 030	274 787	437 782	173 792	548 850
Roční náklady s komunitou a centr. Bat. (Kč)	4 626 674	4 480 637	28 190	477 906	19 973	183 653	20 164	324 691
Úspora (Kč)	1 788 460	2 791 699	727 925	361 122	254 809	254 126	153 631	224 169
Úspora (%)	27.8788	38.3879	96.2717	43.0407	92.7315	58.0492	88.3976	40.8416
Investice (mil. Kč)	5.9375	10.9375	5.8375	2.2875	2.6875	2.1875	2.0875	1.4375
Návratnost (roky)	3.4	4.0	8.1	6.4	10.6	8.6	13.6	6.4

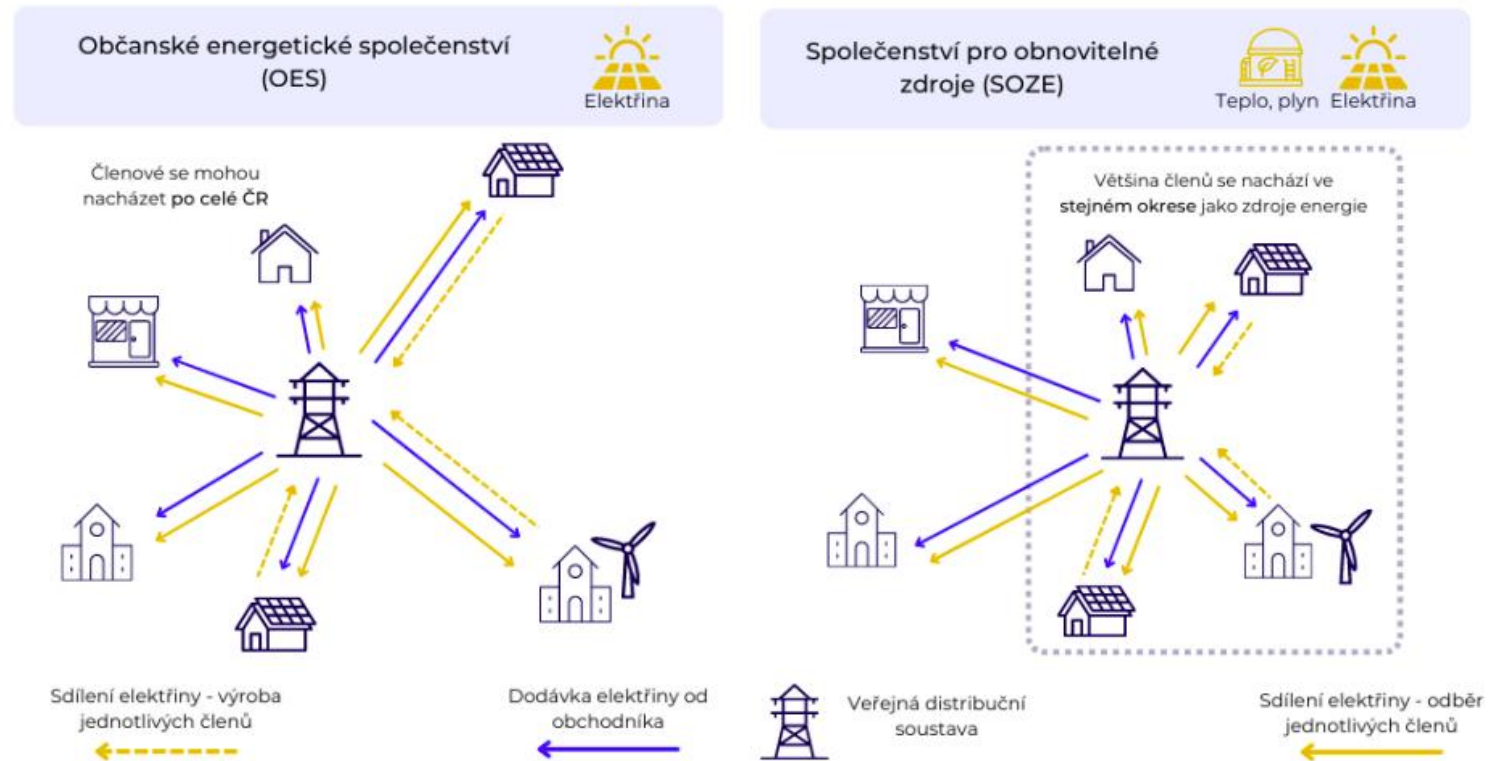
Budovy využívající komunitní sdílení a individuální baterie

Budova	ČOV	ZS	Rabas	Háje	OA	GYM	MŠ	MÚ
Roční náklady bez FVE (Kč)	6 415 134	7 272 336	756 115	839 030	274 787	437 782	173 792	548 850
Roční náklady s komunitou a individ. Bat. (Kč)	4 680 650	4 577 974	37 160	462 519	-66	156 823	512	311 067
Úspora (Kč)	1 734 484	2 694 362	718 955	376 511	274 859	280 973	173 280	237 809
Úspora (%)	27.0374	37.0495	95.0854	44.8746	100.0240	64.1778	99.7053	43.3239
Investice (mil. Kč)	6.5	15.25	5.8	2.85	3.25	2.75	2.65	2.0
Návratnost (roky)	3.8	5.7	8.1	7.7	11.9	9.8	15.3	8.4

Budova	Instalovaný výkon FVE (kWh)	Investice (mil. Kč)
COV	293	10
ZS	533	20
RABAS	260	9,8
HAJE	68	2.7
OA	94	3.5
GYM	63	2.5
MS	57	2.3
MU	36	1

TŘ2 – Představení modelované situace

- Metody sdílení elektrické energie
 - Statická
 - Dynamická
 - Hybridní
- Energetické komunity v sousedních zemích
 - Rakousko, Itálie, Polsko...
- Pojmy LDS, SOZE, OES
- Využití agrovoltaiky pro komunitní sdílení

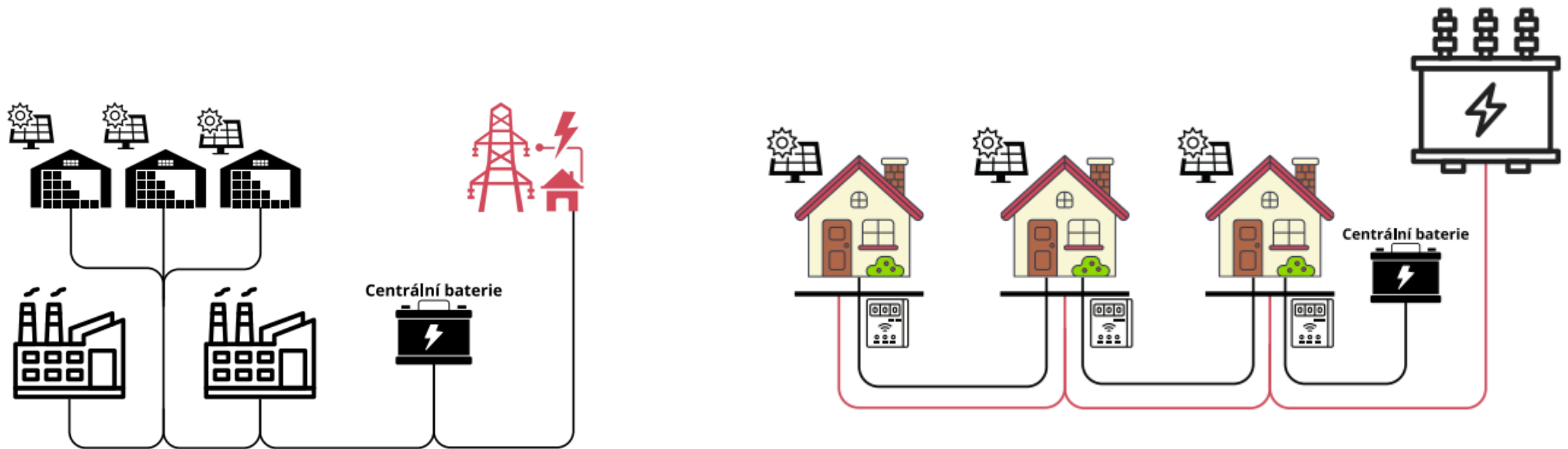


Legislativa LEX OZE

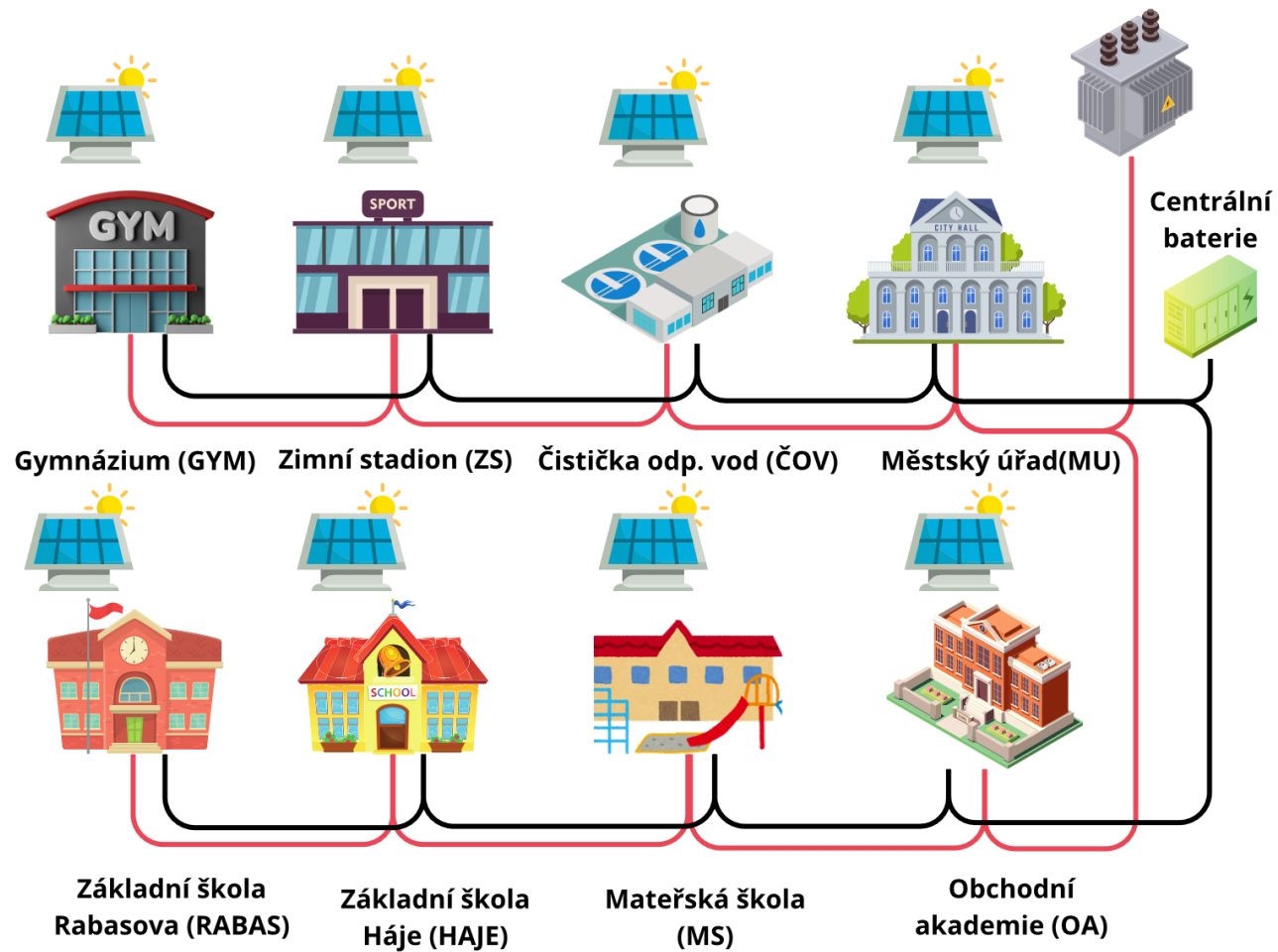
- Novela energetického zákona
- Novinky v zákoně
 - Nyní LEX OZE II (sdílení), následuje LEX OZE III (akumulace)
- Podmínky pro udělení licence na provozování FVE
 - Licence pro výkony nad 50 kWp
 - Na nejvýše 25 let
- Poplatky za činnost Energetického regulačního úřadu
 - Minimální částka původně 1.70,- Kč, maximální 2.50,- Kč měsíčně
 - Nyní maximální částka nejvýše 4.40,- Kč za měsíc
 - Poplatky za:
 - Provoz nesíťové infrastruktury (OTE, Datové centrum, ERU,...)
- Provozování datového centra (a.s.)

Technické uspořádání komunity

- Návrhy na technické uspořádání energetické komunity
 - Připojování přímo u domovního rozvaděče (Kratší délky vedení)
 - Připojování ve společném odběrovém místě (Využívání LDS, delší vedení)
 - Průmyslový závod jako energetická komunita
 - Energetické společenství využívající nadřazenou síť (Poplatky za využití sítě)



Technické uspořádání fiktivní komunity



Simulace provozu v MATLAB

- Provedení simulaci jedné budovy
- Analýza dat z budov poskytnuté pražským ČVUT UCEEB
- Na poskytnutých datech jsem provedl simulaci energetické komunity
- Vytvoření simulace, ve které zjišťuji toky energií všech budov, jako jsou například:
 - Kolik budova prodala komunitě
 - Kolik budova nakoupila z komunity
 - Jak budova obchodovala s nadřazenou sítí
 - Jak budova obchodovala s centrální baterií
- Vyúčtování mezi budovami a zjištění hrubé návratnosti investice

Simulace provozu v MATLAB

Kód simulace jedné budovy

```
stav_baterie (i) = stav_baterie(i-1);

if (spotreba(i) > vyroba(i)) && (stav_baterie(i)>0)

vybijeni = min(max_vybijeci_vykon, (spotreba(i)-vyroba(i)));
stav_baterie(i) = stav_baterie(i-1) - vybijeni;
energie_ze_site_s_FVE_s_baterii(i) = spotreba(i) - vyroba(i) - vybijeni;
end

if (vyroba(i) < spotreba(i)) && stav_baterie(i)==0
energie_ze_site_s_FVE_s_baterii(i) = spotreba(i) - vyroba(i);
end

if (vyroba(i) > spotreba(i)) && (stav_baterie(i) < max_kapacita)
nabijeni = min(max_nabijeci_vykon, (vyroba(i)-spotreba(i)));
pretoky(i)=vyroba(i)-spotreba(i)-nabijeni;
stav_baterie(i) = min(stav_baterie(i-1) + nabijeni, max_kapacita);
energie_ze_site_s_FVE_s_baterii(i) = 0;
end

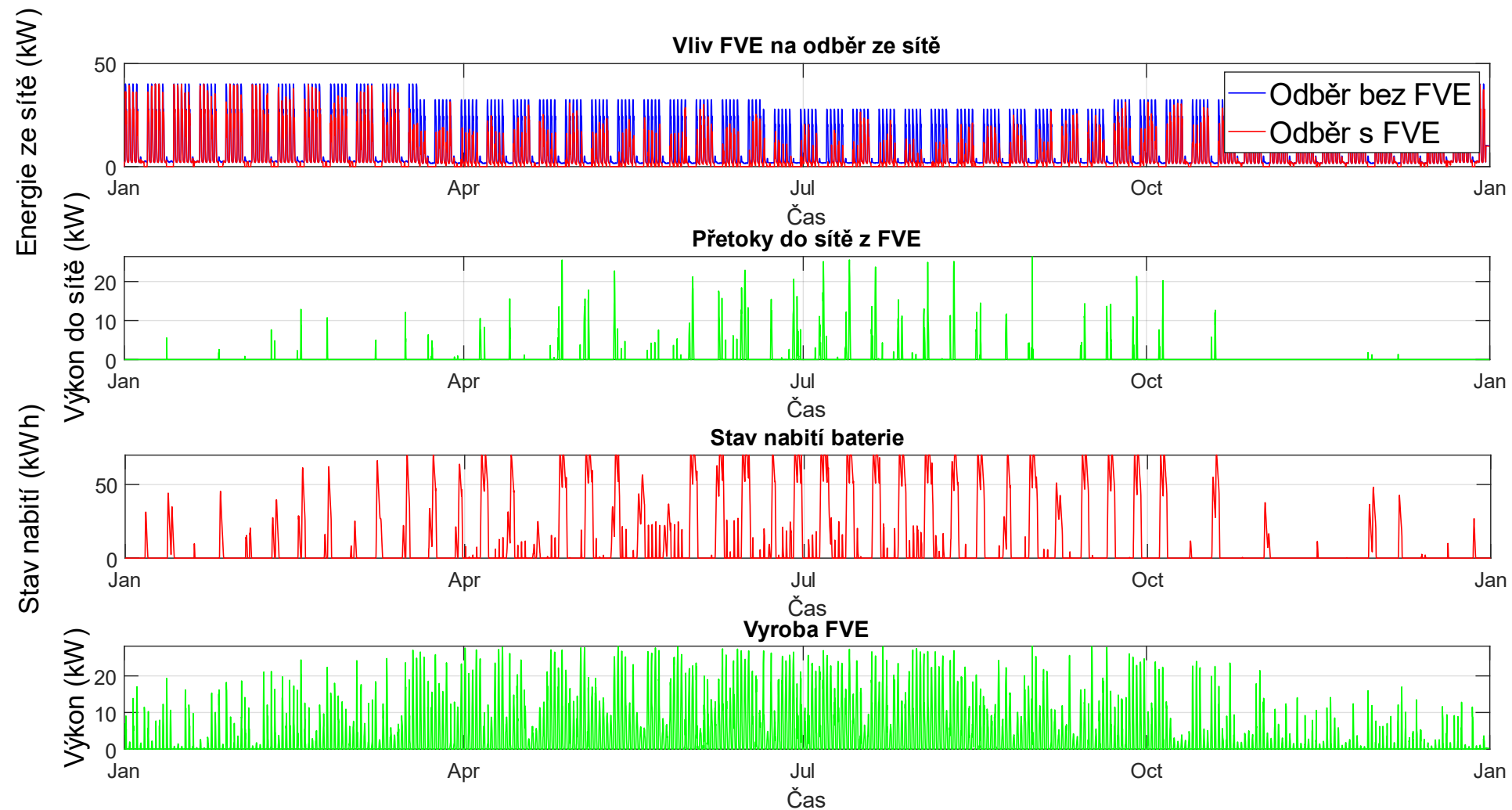
if (vyroba(i) > spotreba(i)) && (stav_baterie(i)==max_kapacita)
pretoky(i) = vyroba(i)-spotreba(i);
energie_ze_site_s_FVE_s_baterii (i) = 0;
end

if (stav_baterie(i)<=0)
stav_baterie(i) = 0;
elseif stav_baterie(i) >= max_kapacita
stav_baterie(i) = max_kapacita;
end
```

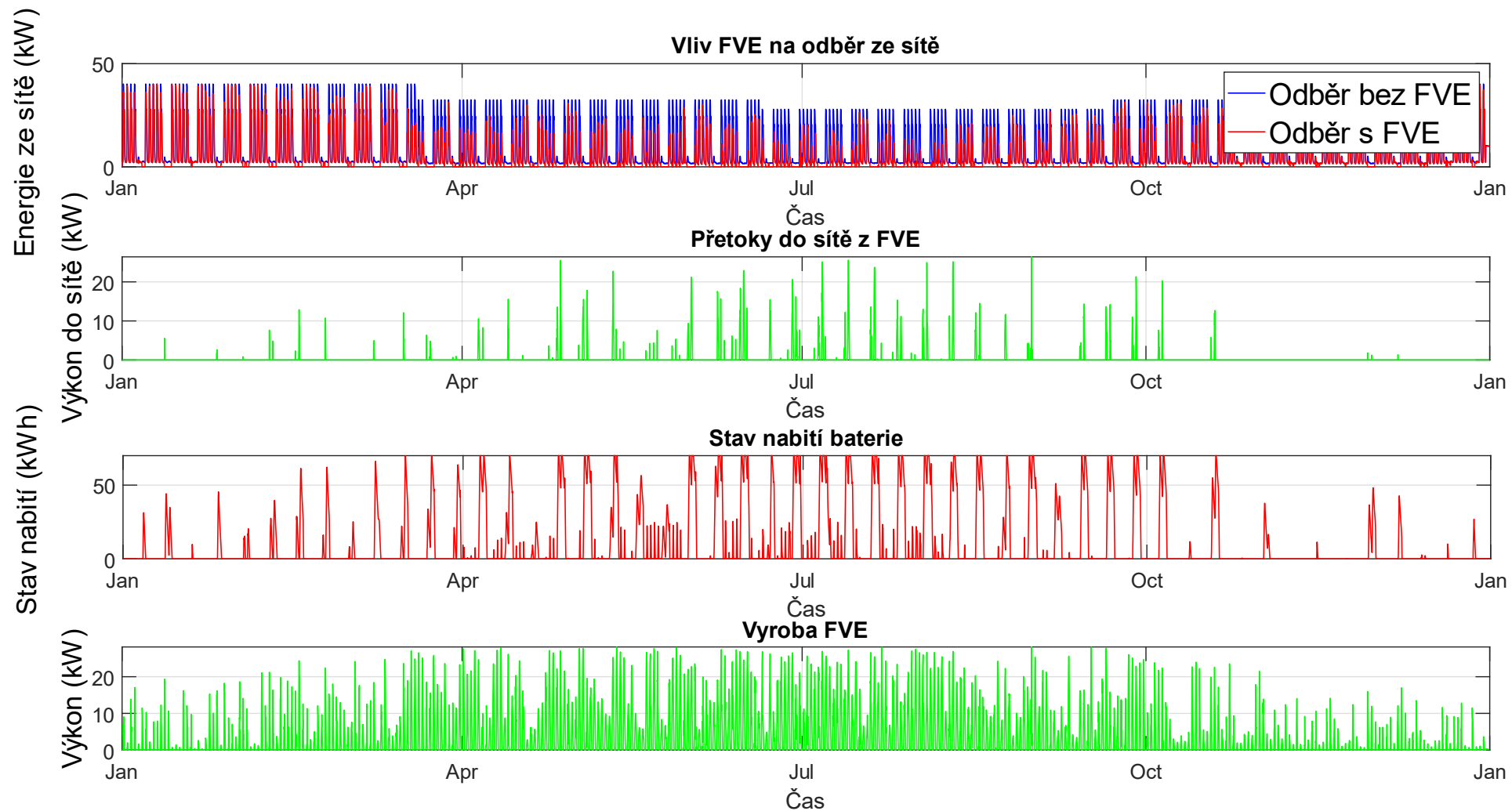
Výpis na obrazovku

```
-----
MU prodala do sítě: 4499.3719
MU prodala komunitě: 2092.4474
MU nakoupila z komunity: 13463.1992
MU nakoupila ze sítě: 42862.4776
MU nakoupila ze komunitní baterie: 2857.8432
MU prodala do komunitní baterie: 1674.2507
MU prodala do sítě za: 4724.3405,-Kč
MU prodala komunitě za: 5231.1185,-Kč
MU nakoupila z komunity za: 60584.3964,-Kč
MU nakoupila ze sítě za: 257174.8656,-Kč
MU nakoupila ze komunitní baterie za: 14289.2160,-Kč
MU prodala do komunitní baterie za: 2511.3761,-Kč
-----
COV uspořila za rok: 1958579.9889,-Kč
COV roční náklady: 4456553.5411,-Kč
COV roční náklady na elektřinu bez FVE: 6415133.5300,-Kč
COV investovalo: 5937500.0000,-Kč
COV Návratnost investice: 3.0315 let
-----
ZS uspořila za rok: 2988973.1544,-Kč
ZS roční náklady: 4283363.3456,-Kč
ZS roční náklady na elektřinu bez FVE: 7272336.5000,-Kč
ZS investovalo: 10937500.0000,-Kč
ZS Návratnost investice: 3.6593 let
-----
RABAS uspořila za rok: 650814.0798,-Kč
RABAS roční náklady: 105296.1452,-Kč
RABAS roční náklady na elektřinu bez FVE: 756110.2250,-Kč
RABAS investovalo: 5837500.0000,-Kč
RABAS Návratnost investice: 8.9695 let
-----
HAJE uspořila za rok: 386936.0403,-Kč
HAJE roční náklady: 452093.5147,-Kč
HAJE roční náklady na elektřinu bez FVE: 839029.5550,-Kč
HAJE investovalo: 2287500.0000,-Kč
HAJE Návratnost investice: 5.9118 let
-----
```

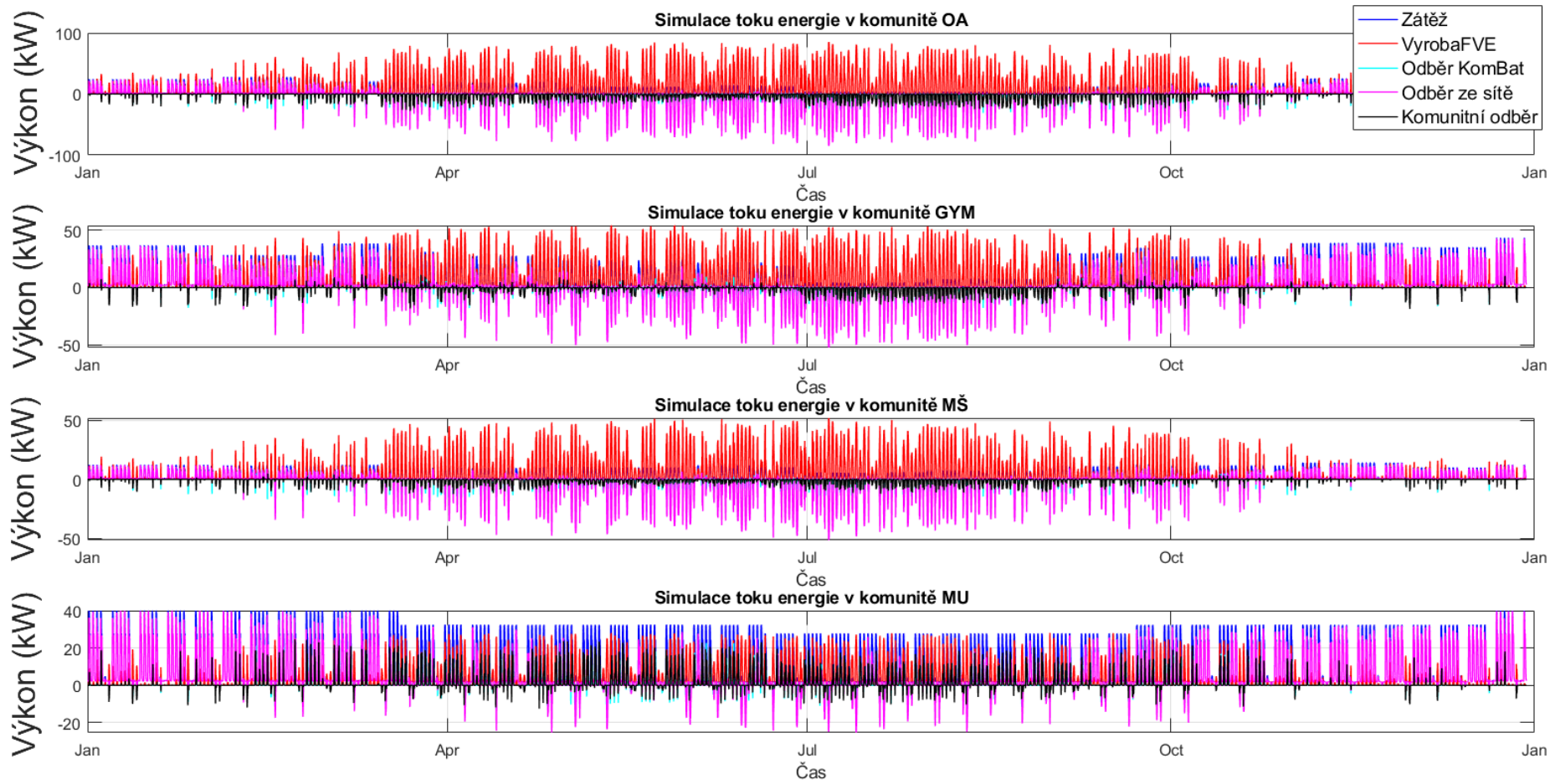
Simulace jedné budovy za rok



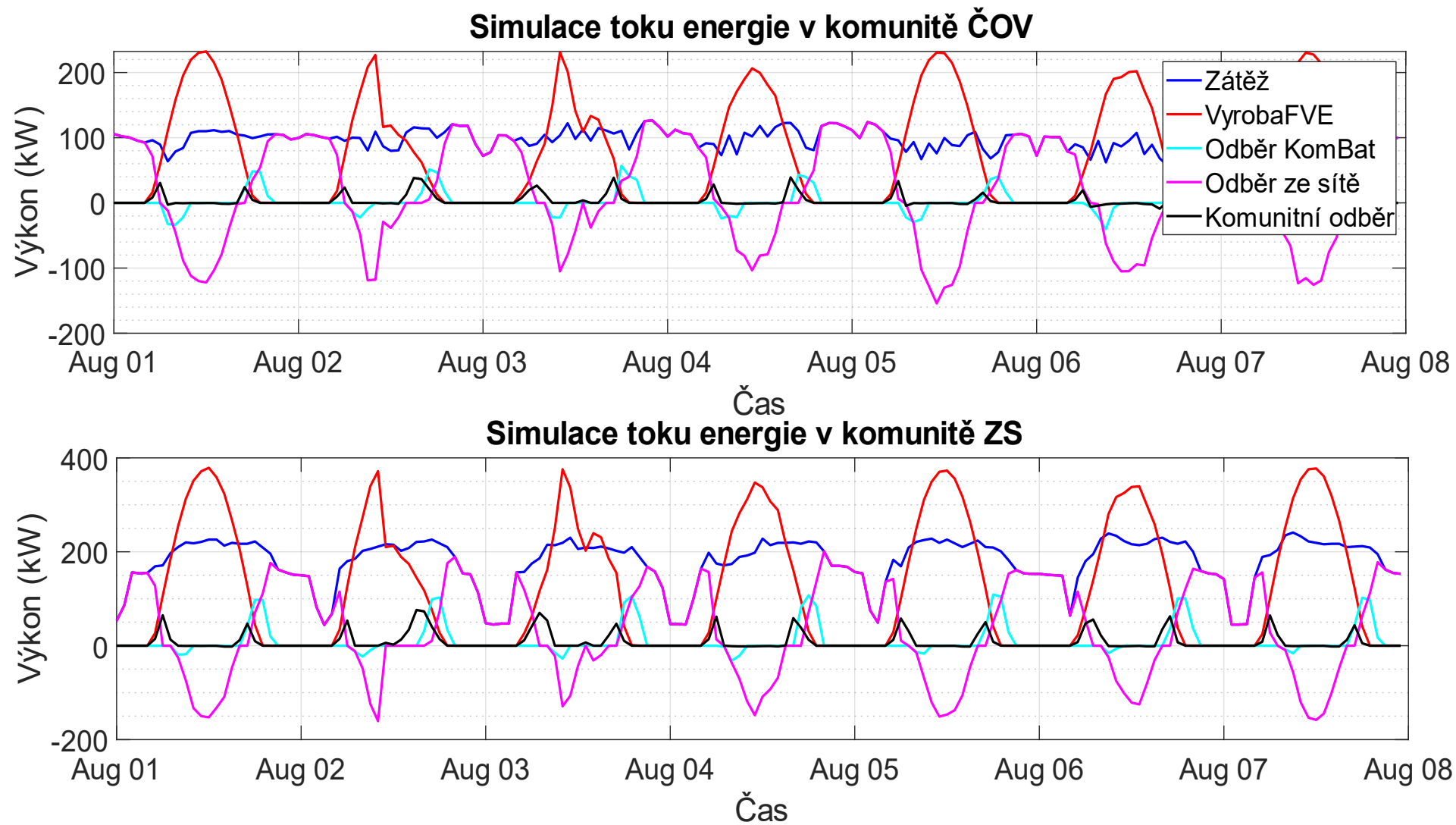
Simulace jedné budovy za týden



Simulace energetické komunity za rok



Simulace energetické komunity za týden





Program **Théta**



Interakce lokálních zdrojů elektrické energie s nadřazenou distribuční sítí na příkladu TŘ2

Ing. Václav Mužík, Ph.D. a Ing. Lenka Raková, Ph.D.
ZČU v Plzni, FEL, KEE

Zlín, 12. 06. 2024

Obsah

- Připojení obce Kněžice (TŘ2) do distribuční soustavy (DS)
- Charakter spotřeby (DDZ)
- Lokální zdroje elektrické energie (DECE)
 - KGJ a FVE (charakteristika zdrojů a numerické modely)
- Energetická bilance TŘ2
- Představení celého modelu elektrické sítě TŘ2 v MATLAB Simulink
- Analýza výsledků simulací
 - Změna intenzity slunečního záření
 - Změna zatížení v rámci TŘ2

Obec Kněžice – základní informace

Lokalita a počet obyvatel

- Středočeský kraj, okres Nymburk
- Počet obyvatel: **cca 410 obyvatel**

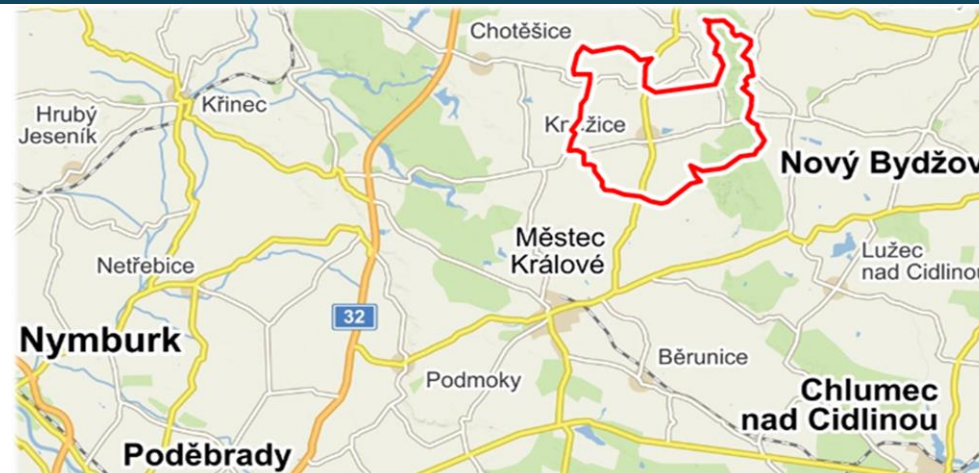
Základní informace o DECE

- Energeticky soběstačná obec od r. 2006
- **Dle ERÚ** – zatím jen **1 licence na DECE**
= bioplynová stanice s **KGJ** o instalovaném výkonu **330 kW_e**
 - **Průměrná roční výroba elektřiny cca 2 600 MWh/rok**
 - Vlastní spotřeba elektřiny – bioplynová stanice a kotelna na biomasu - cca 15 %
 - Čistá dodávka elektřiny do ES je cca 2 200 MWh/rok

Možné další lokální zdroje elektrické energie

Dle technické zprávy projektu MAEZR (TK01030082) z r. 2020 vyplývá:

- **Není vhodné instalovat MVE nebo VTE** - z energetických (nízký potenciál vodních toků v okolí obce a nevhodné větrné podmínky) k i ekonomických aspektů.
- **Nejvýhodnějším řešením = stávající KGJ ve spolupráci s FVE**



Připojení TŘ2 na distribuční soustavu

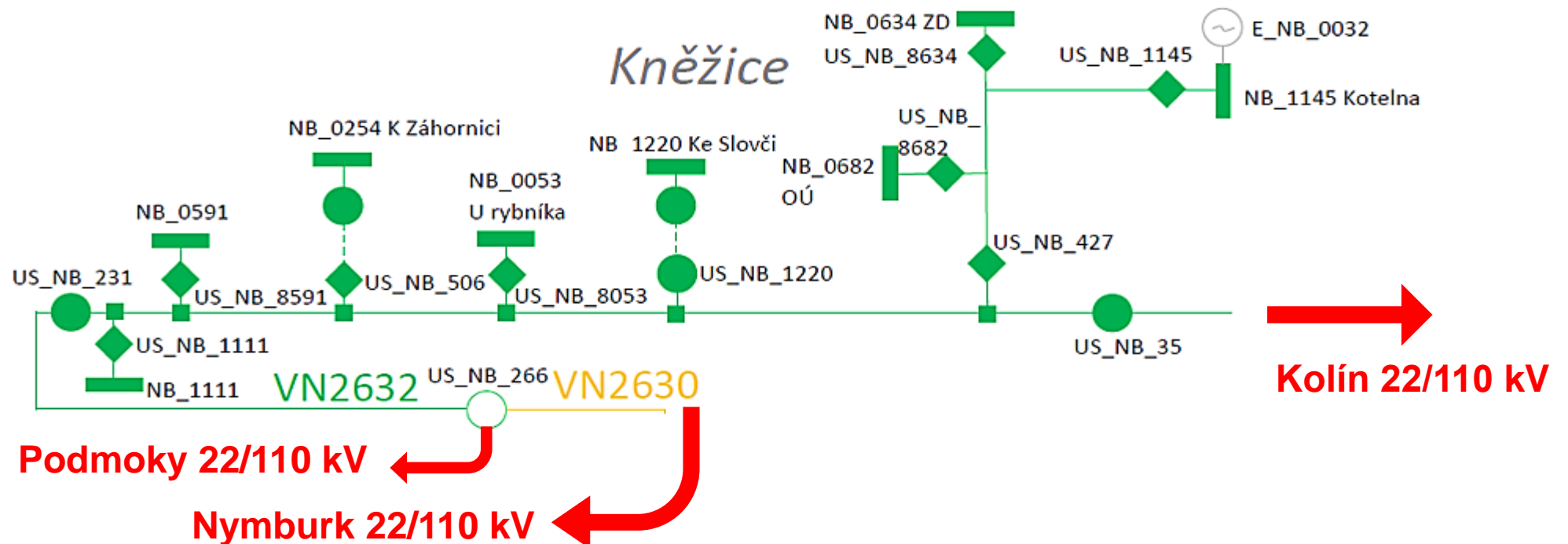
Obec je zásobována elektrickou energií **venkovním vedením VN 22 kV**, hlavní vedení jsou:

Vedení směr Sloveč - Městec Králové - Kolín

- Hlavní vedení je uváděno V_280 ZABY (Kolín Zálabí – Nový Bydžov) z rozvodny Kolín 22/110 kV

Vedení směr Záhornice – Podmoky – Nymburk

- vedení VN_2632 z rozvodny Podmoky 22/110 kV
- vedení VN_2632 a dále vedením VN_2630 z rozvodny Nymburk 22/110 kV



Topologie zapojení DS v TŘ2

Napájení TŘ2

- **4 transformátory 0,4/22 kV**
 - Obecní úřad (OÚ) – 630 kVA
 - K Záhornici – 160 kVA
 - U Rybníka – 250 kVA
 - Ke Slovči – 250 kVA
- **1 transformátor - kotelna a bioplynová stanice**
 - Kotelna – 400 kVA
 - Pouze napájení vlastní spotřeby 2 kotelny + bioplynová stanice
 - Výkon vyveden do DS 22 kV



Denní diagram zatížení

- Z hlediska charakteru spotřeby (spotřebitelů) má oblast TR2 **vesnický charakter spotřeby**
- Největší zatížení v pracovním dni – ráno od cca **6 až 8 h** a večer okolo **20 až 22 h**

Krizová infrastruktura

Název zařízení	Příkon (kW)
Obecní dům	33
Dodávky tepla	50
Dodávka vody	50
Veřejné osvětlení	15,4
Provozy SZD	50
Celkem	198,4

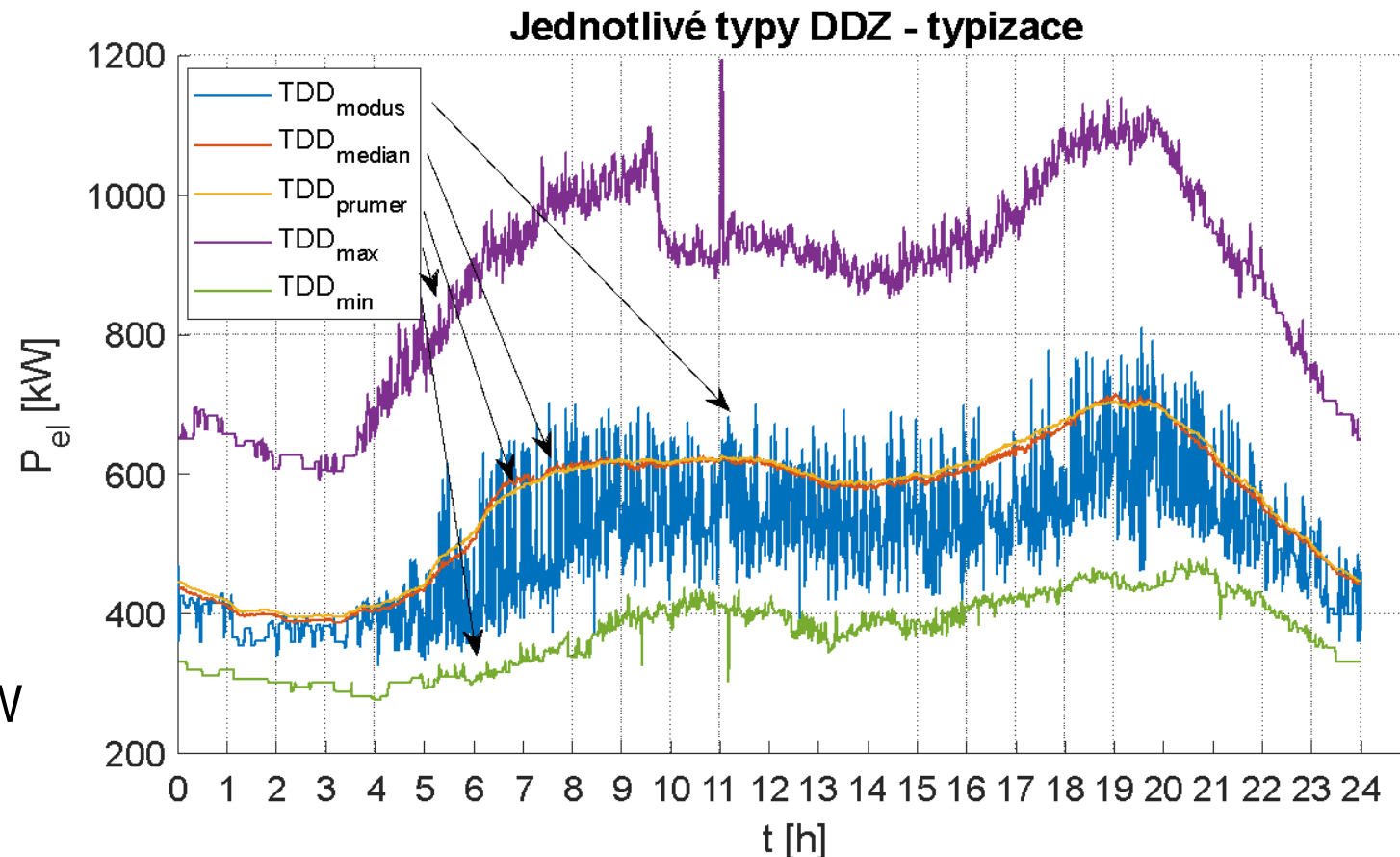
Odebraný činný výkon

Maximální rozsah

- Cca 200 kW – cca 1100 kW

Průměrný rozsah

- Cca **400 až 750 kW**



Kogenerační jednotka



Bioplynová stanice
289 02 Kněžice, Kněžice 205, okres Nymburk, kraj Středočeský

Celkový tepelný výkon provozoven MW		
	Elektrický	Tepelný
Celkový	0.33000	0.405
Teplovodní		0.405
Výkon KVET		0.405
Počet zdrojů		1

J208 GS
Biogas plant
Lamping;
Emstek, Germany

Fuel Biogas
Engine type 1 x JMS 208 GS-B.L
Electrical output 330 kW
Thermal output 1,383 MBTU/hr
Commissioning December 2003

The gas engine runs on biogas produced from liquid manure and corn from the Lamping farm. The generated electricity is entirely fed into the public grid, and the produced heat is used for heating of the digester, housing and stables.



Biogas

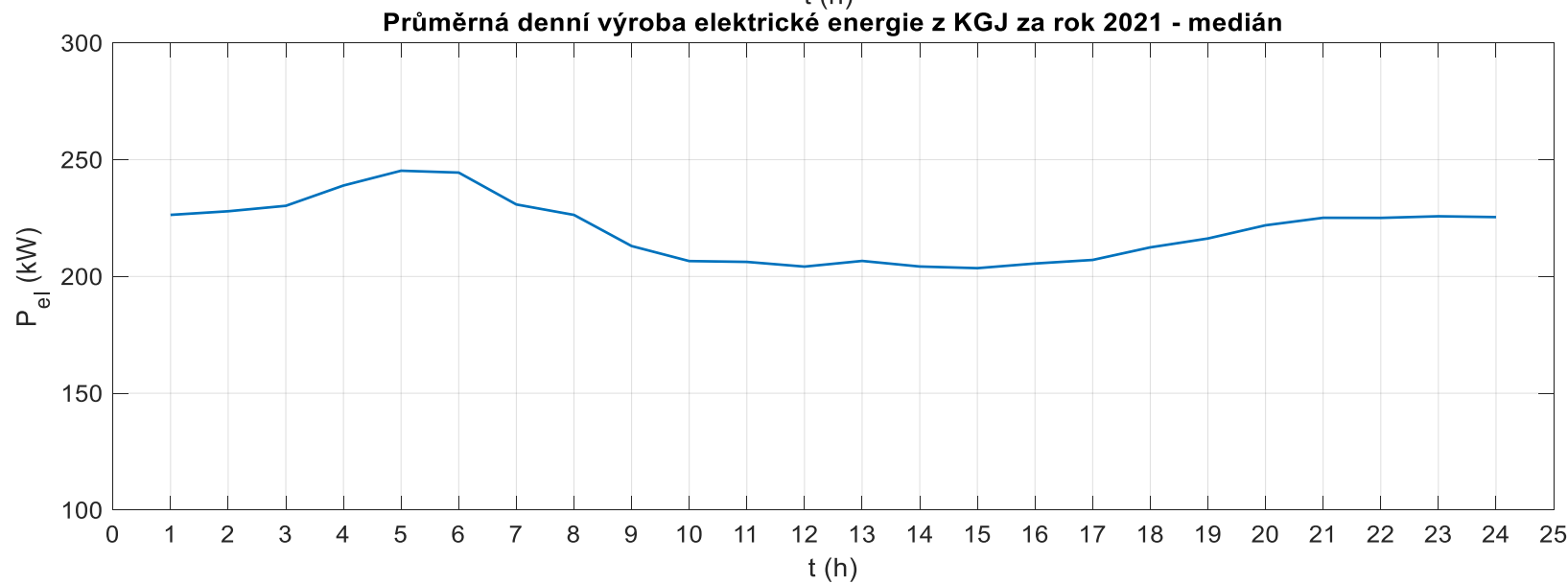
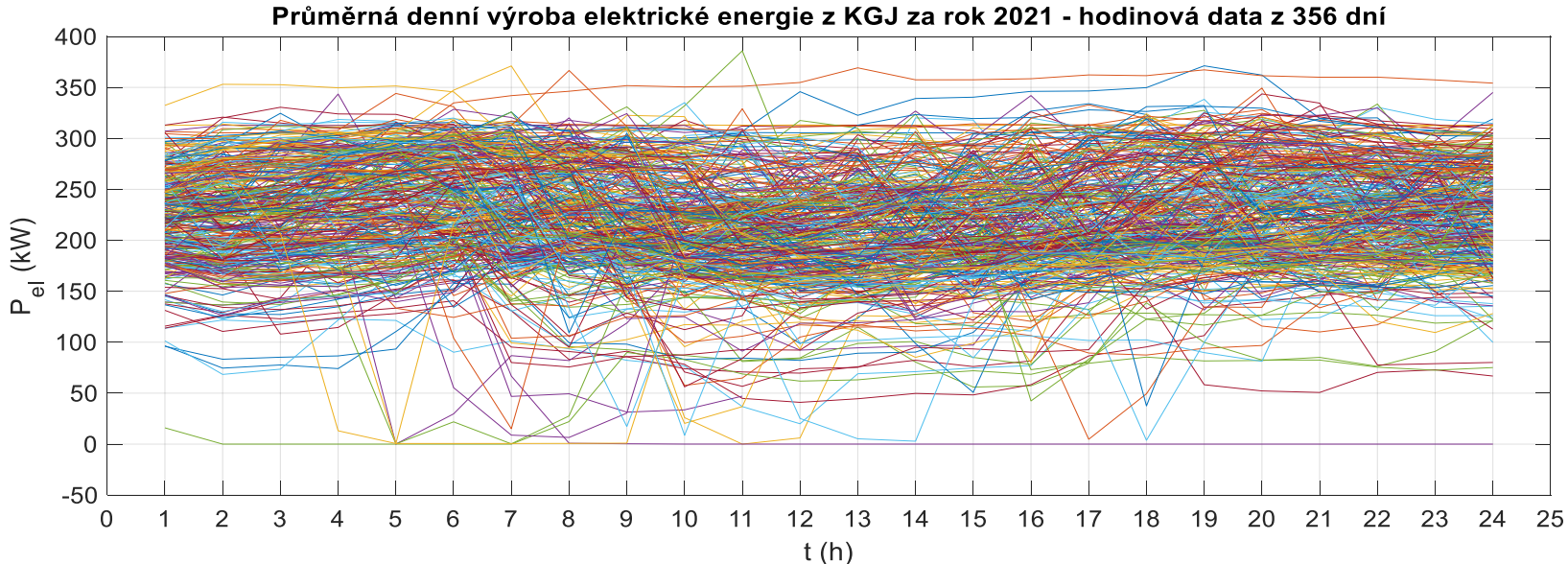
1,500 rpm | 50 Hz

1,800 rpm | 60 Hz

NOx <	Type	Pel (kW) ¹	η_{el} (%)	Pth (kW)	η_{th} (%)	η_{tot} (%)	Pel (kW) ¹	η_{el} (%)	Pth (kW)	η_{th} (%)	η_{tot} (%)
500 mg/m ³ _N	208	330	38.7	395	46.4	85.1	335	36.3	402	43.5	79.8
	208	248	38.9	293	46.0	84.9					

1) Total heat output with a tolerance of +/- 8%, exhaust gas outlet temperature 120°C, for biogas exhaust gas outlet temperature 180°C
All data according to full load and subject to technical development and modification.

Kogenerační jednotka

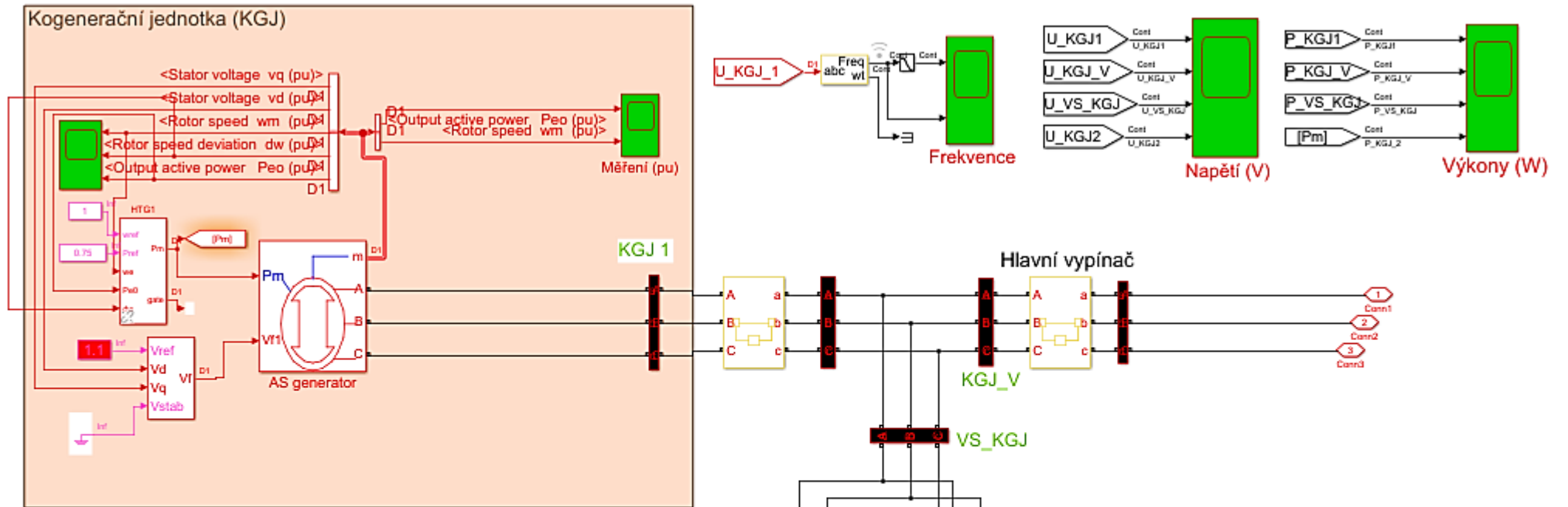


Dle měření je výroba elektrické energie z KGJ **během několika let téměř konstantní.**



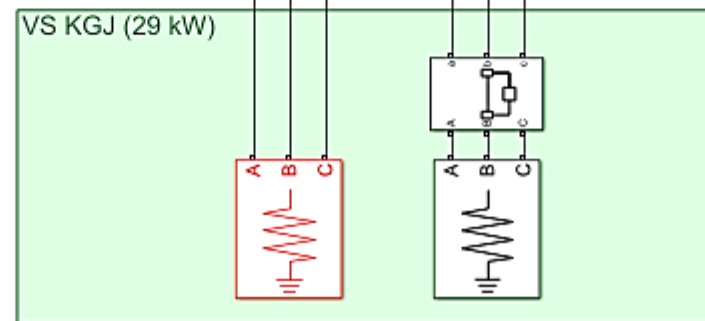
Medián činného výkonu je během průměrného dne v rozsahu **200 až 250 kW.**

Model kogenerační jednotky



KGJ o instalovaném výkonu 330 kW_e

MATLAB Simulink – základní
knihovna + knihovna
Simscape / Power Systems



**Vlastní spotřeba
elektriny (bioplynová
stanice a kotelna na
biomasu) = cca 15 %**

Plánovaná FVE v areálu zemědělské výroby

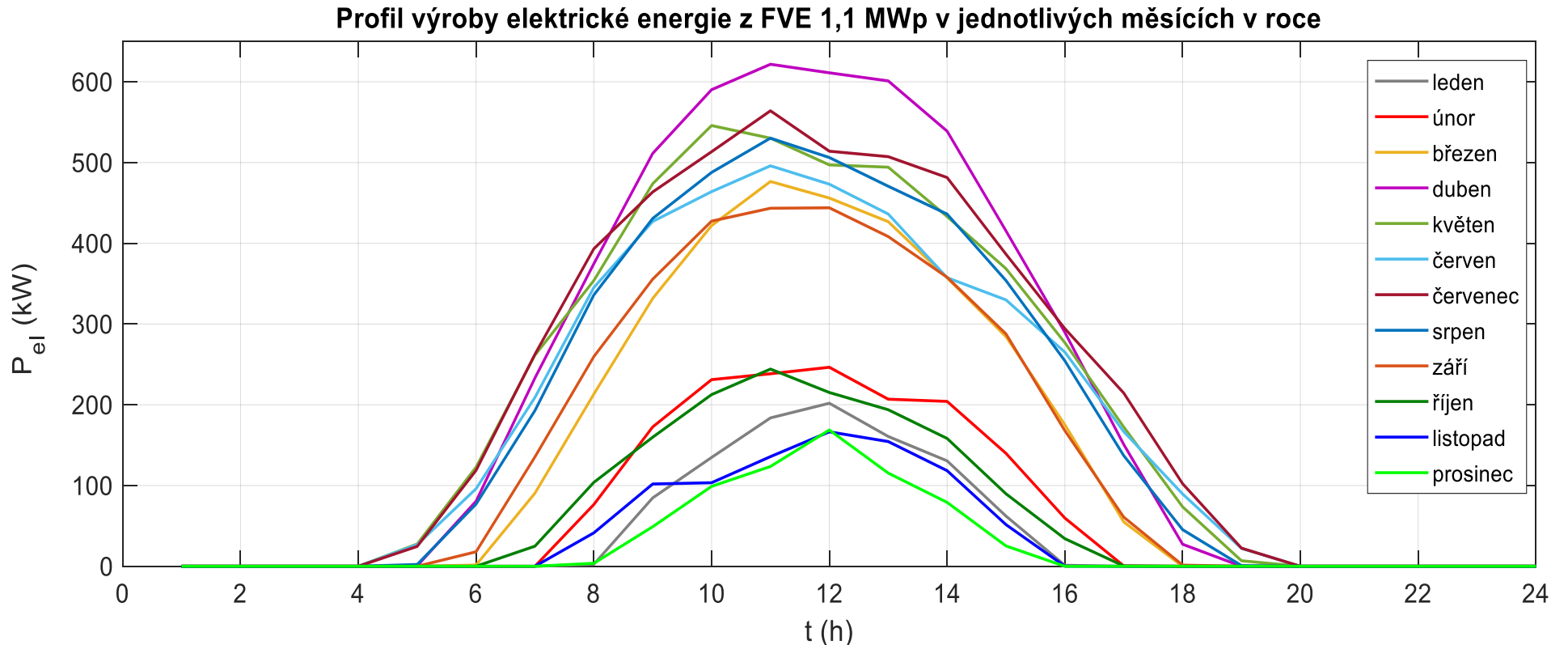
- Instalovaný výkon **FVE 1,12 MWp**
- FV panely JA Solar 410 Wp
- **14 střech** objektů v areálu zemědělské výroby
- **Sklon střechy:** 15° (mimo objektu č.1, má 5°)
- **Orientace:** nejčastěji J, JZ nebo JV

Číslo střechy	Azimut panelu (°)	Sklon panelu (°)	Počet panelů (ks)	Instalovaný výkon (kWp)
2 JV až 7 JV, 12 JV	-8	15	1104	452,64
10 JZ,11 JZ,13 JZ	82	15	360	147,6
10 SV,11 SV,14 SV	-98	15	360	147,6
8 JZ	2	15	72	29,52
9 JV	-2	15	168	68,88
1 SV	-98	5	336	137,76
1 JZ	82	5	336	1 37,76



Plánovaná FVE v areálu zemědělské výroby

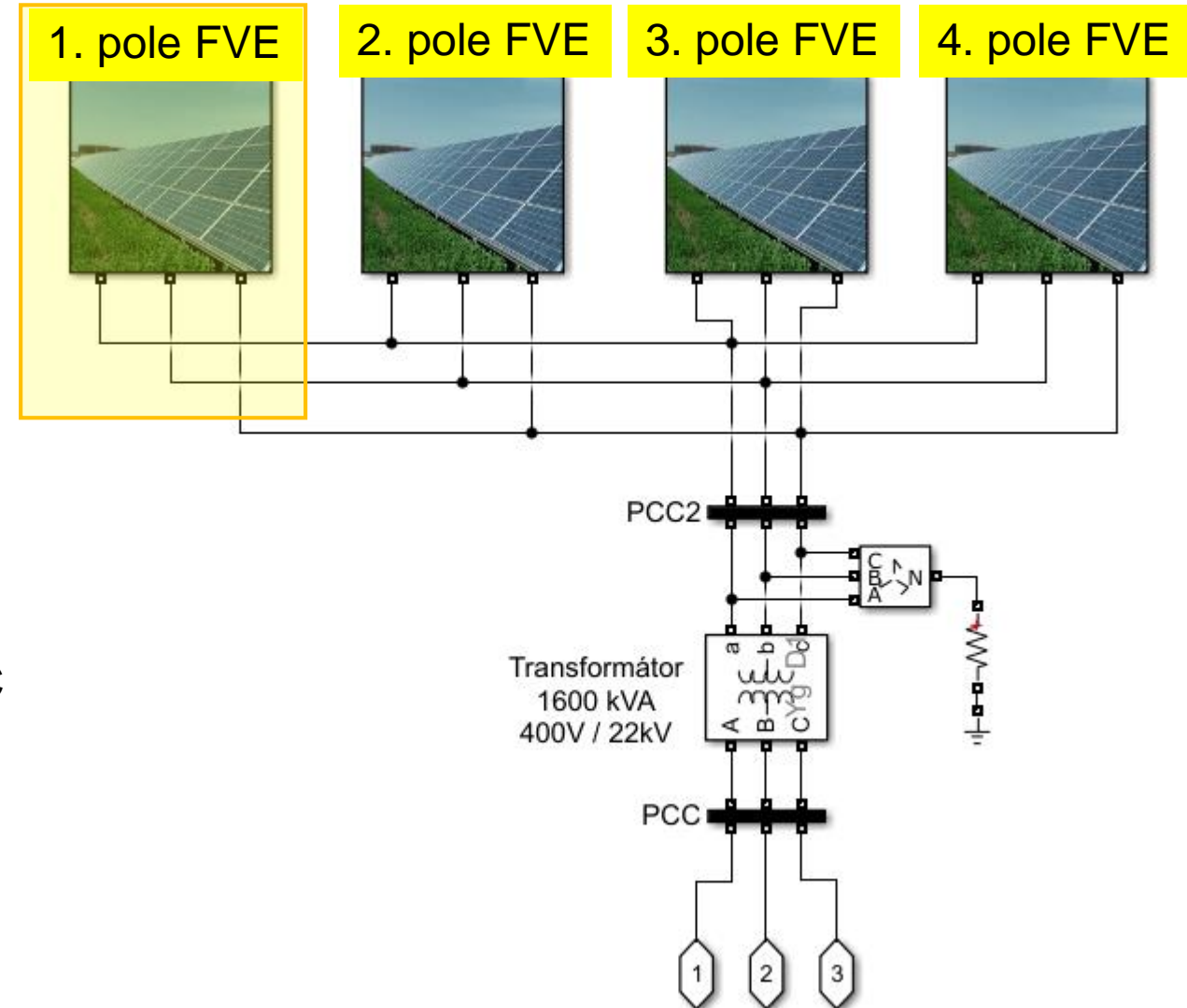
- Předpokládané **průměrné množství vyrobené elektrické energie** během dne **dle dat z PV GIS**



Množství vyrobené elektrické energie **za rok cca 1 059 MWh/rok.**

Model FVE v areálu zemědělské výroby

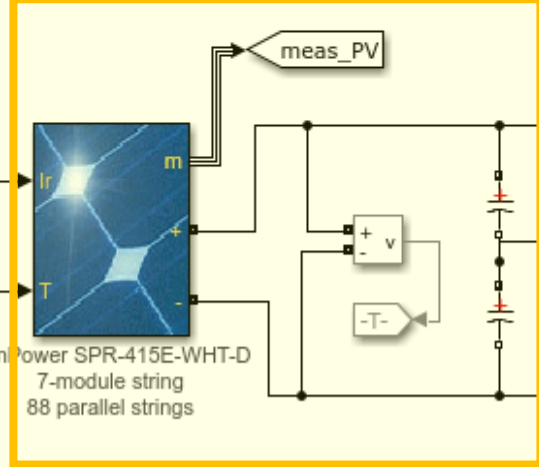
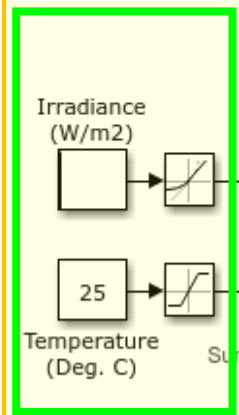
- Instalovaný výkon **FVE 1,12 MWp**
- Celkem 4 pole, tj. **4 x cca 280 kWp**
- Doporučujeme použít FV panely o jmenovitém výkonu 410 až 550 Wp
- V modelu použity FV panely JA Solar 410 Wp
- FVE připojena k DS 22 kV v bodě PCC přes transformátor 0,4/22 kV o jmenovitém výkonu $S_n = 1\ 600\ \text{kVA}$



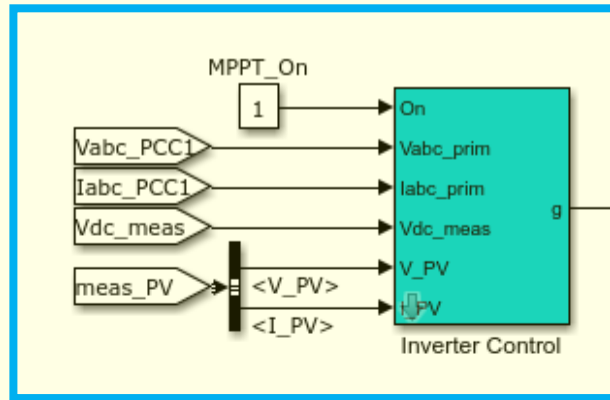
Model FVE v areálu zemědělské výroby

1. pole FVE

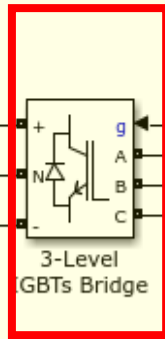
Průběh intenzity slunečního záření a teploty



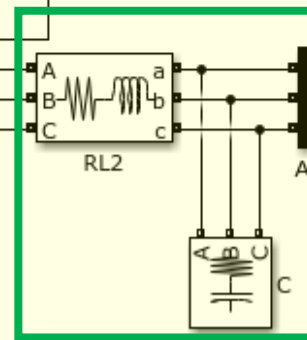
FVE s baterií



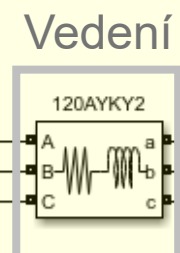
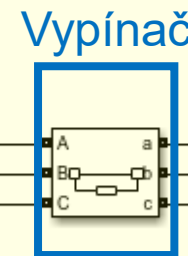
Regulátor střídače



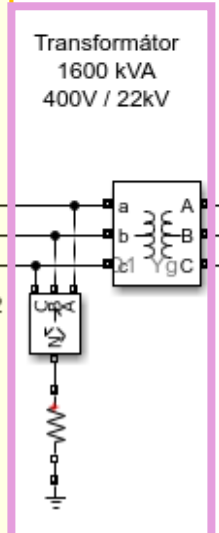
Střídač



LC filtr



Transformátor



Instalace FVE na střechách domů v obci

- V TRŽ uvažujeme mimo FVE v areálu zemědělské výroby i instalaci FVE na 30 % střech v obci

Předpoklady

- Sklon panelů 35
- Azimut 45° (J-Z)
- Účinnost systému cca 14 %

Podíl střech s FVE	10 %	30 %	50 %	70 %	90 %
Instalovaný výkon (kWp)	299	897	1 496	2 094	2 692
Množství vyrobené elektrické energie za rok (MWh/rok)	297	892	1 488	2 082	2 698



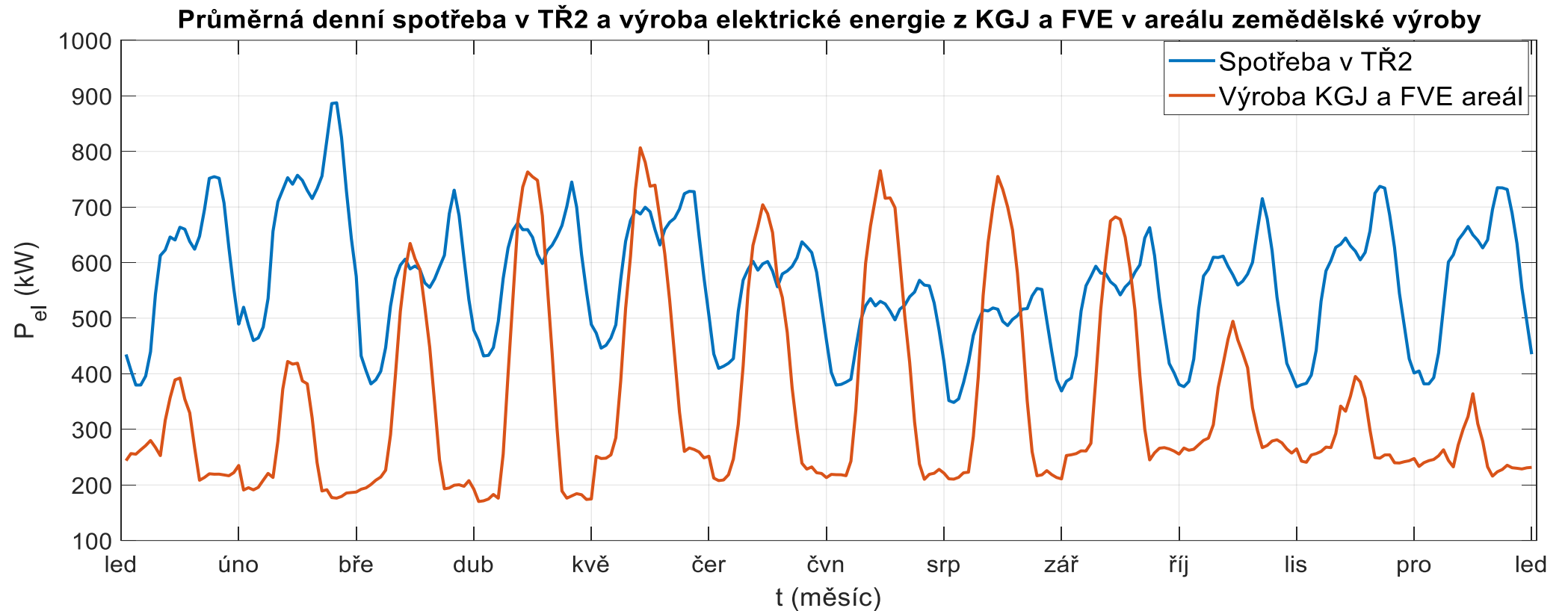
Z ekonomického a energetického hlediska je nejvýhodnější **v současné době varianta 30 % ploch střech s FVE** z hlediska propojitelnosti a přetoků z LDS do ES, ale do budoucna s ohledem na komunitní energetiku a rozvoj instalací OZE se situace může změnit.



Model FVE by byl stejný (jen jiné parametry) jako na předchozím slaidu.

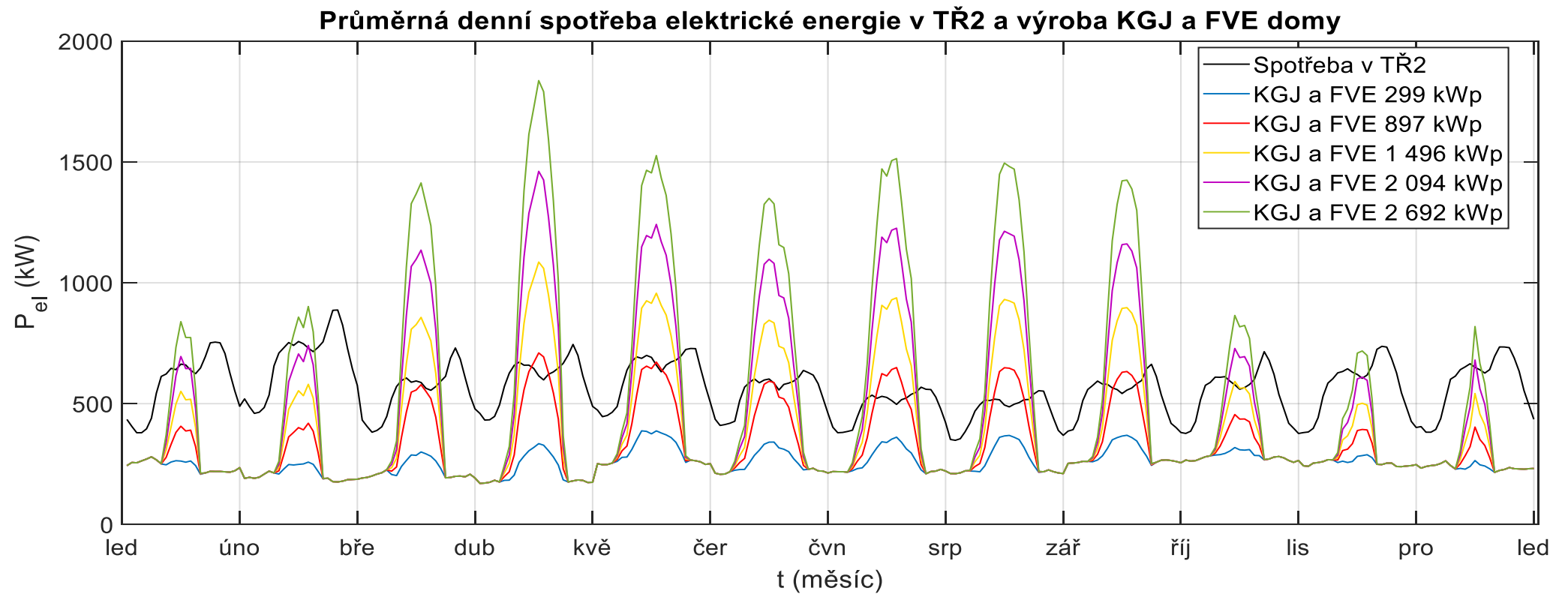
Energetická bilance LDS

Spotřeba + výroba z KGJ a z FVE v areálu zemědělské výroby



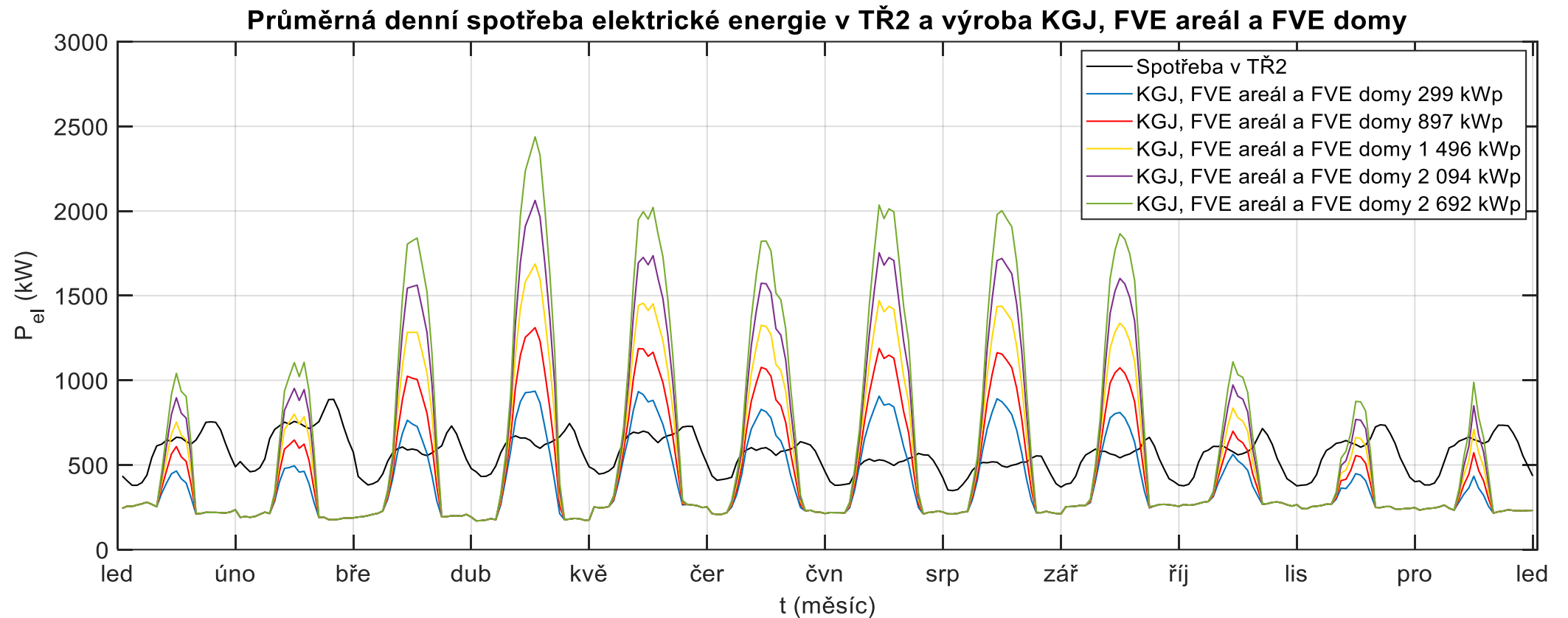
Energetická bilance LDS

Spotřeba + výroba z KGJ a z FVE na střechách domů v obci (mimo areál zemědělské výroby)



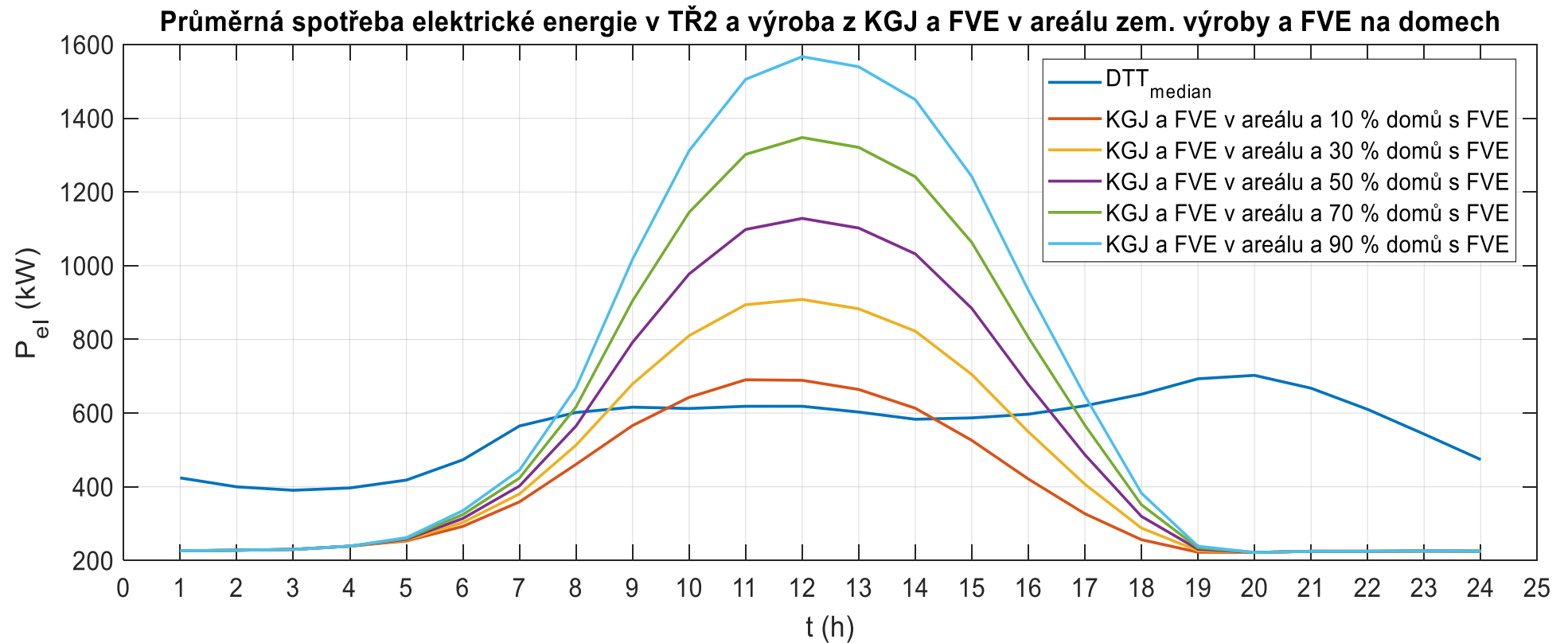
Energetická bilance LDS

Spotřeba + výroba z KGJ a z FVE v areálu zemědělské výroby a z FVE na střechách objektů v obci



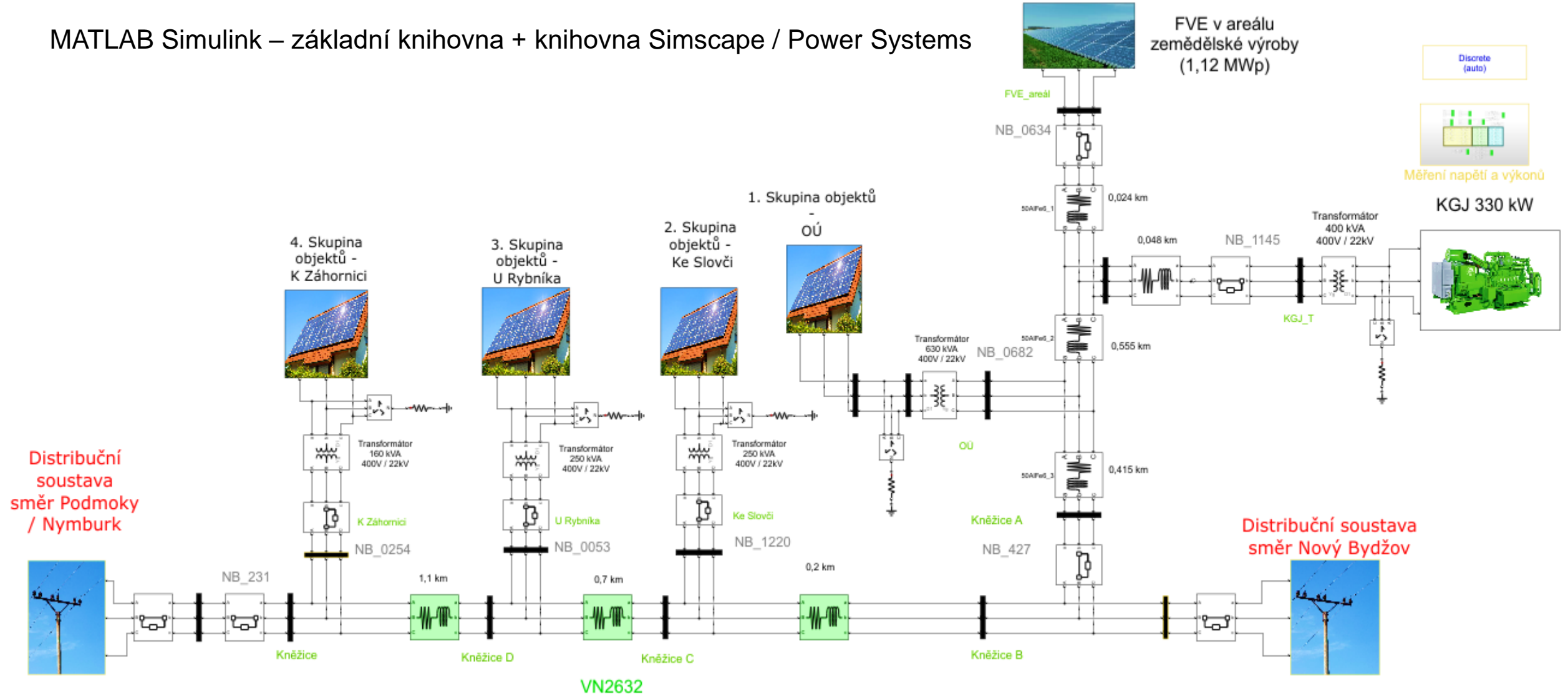
Energetická bilance LDS

Spotřeba + výroba z KGJ a z FVE v areálu zemědělské výroby a z FVE na střechách objektů v obci



Model LDS obce Kněžice

MATLAB Simulink – základní knihovna + knihovna Simscape / Power Systems



Simulace modelu LDS TŘ2

Předpoklady

- **Lokální zdroje:** KGJ (330 kW_e) + FVE v areálu zemědělské výroby (1,12 MWp)
- Celou dobu simulace je LDS připojena k DS
- Pro urychlení průběhu simulace jsou zvoleny rychlé dynamické změny v síti TŘ2 (řádově sekundy)

Varianty simulací

1. Změna slunečního svitu za ustáleného stavu (konstantní zátěž)
2. Změna zatížení při konstantních atmosférických podmínkách (intenzita slunečního záření)
3. Kombinace 1. a 2. simulace

Simulace – změna slunečního svitu

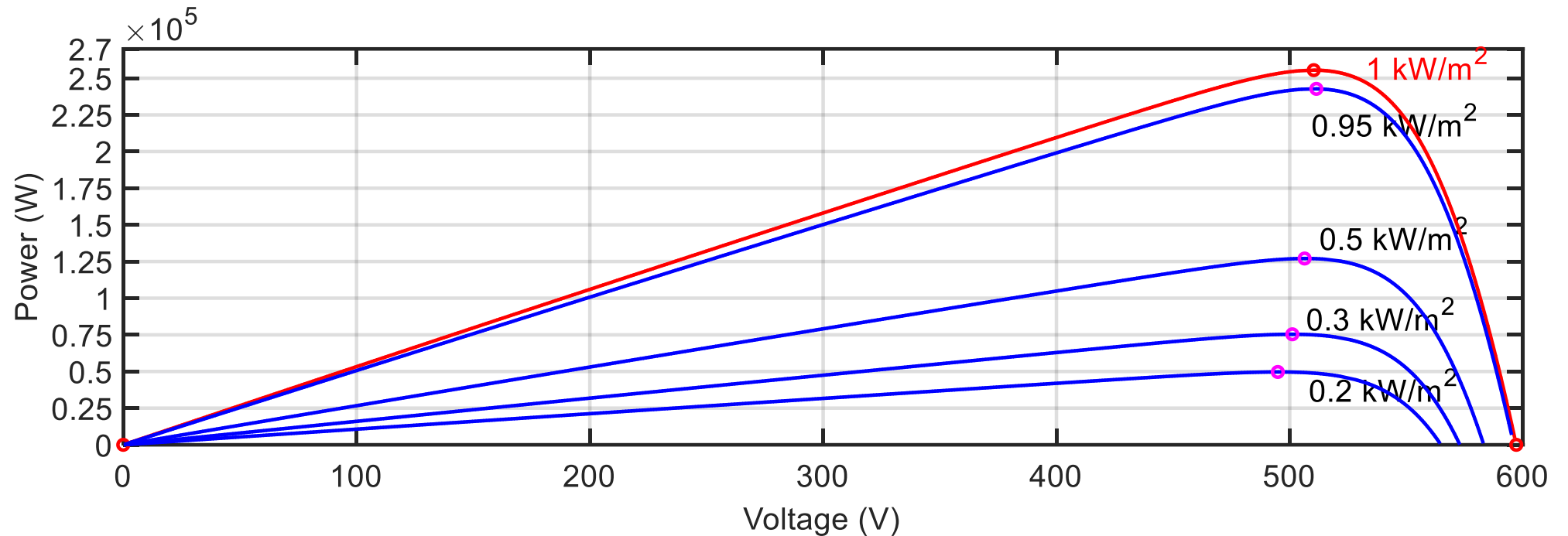
1. Simulace

- Napájení TR2 z DS pouze směr Nový Bydžov (vedení VN směr Nymburk odpojeno)
- Zatížení v LDS TR2 je konstantní: 575,4 kW
- KGJ má konstantní výkon dodávaný do DS cca 205 kW
- FVE s akumulací v areálu (4 FVE pole o instalovaném výkonu 4 x 250 kWp) má proměnlivý výkon v závislosti na změně intenzity slunečního svitu
 - Na začátku simulace → $I = 3\,000\text{ W/m}^2$ (všechny 4 FVE pole)
 - Od $t = 1\text{ s}$ → $I = 5\,000\text{ W/m}^2$ (všechny 4 FVE pole)
 - Od $t = 1.5\text{ s}$ → $I = 9\,500\text{ W/m}^2$ (3 FVE pole) a $I = 7\,500\text{ W/m}^2$ (1 FVE pole – částečně zastíněno)
 - Od $t = 2\text{ s}$ → $I = 2\,000\text{ W/m}^2$ (všechny 4 FVE pole)

Simulace – změna slunečního svitu

Analýza 1. simulace

- Simulace **změna I a vliv na výkon FVE** v areálu zemědělské výroby = **4 FVE pole (4 x 250 kWp)**
- **Teoreticky** dle V-A charakteristiky lze z **1 pole FVE získat maximální výkon:**
 - Při $I = 9\,500\text{ W/m}^2 \rightarrow P = 240\text{ kW}$
 - Při $I = 5\,000\text{ W/m}^2 \rightarrow P = 127\text{ kW}$
 - Při $I = 3\,000\text{ W/m}^2 \rightarrow P = 75\text{ kW}$
 - Při $I = 2\,000\text{ W/m}^2 \rightarrow P = 49\text{ kW}$

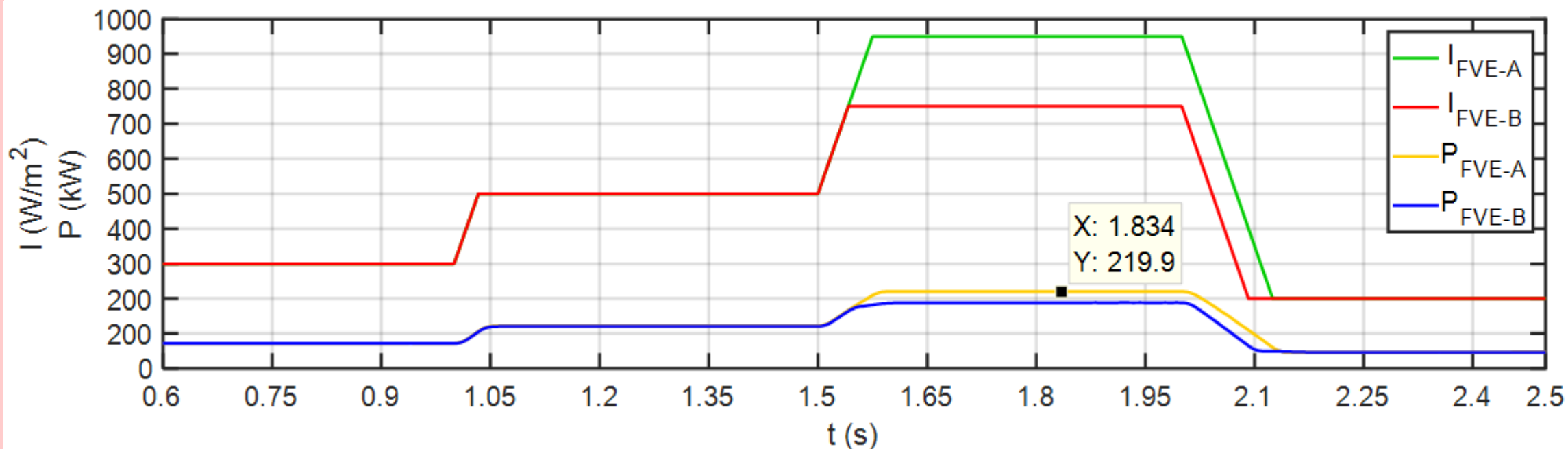


Simulace – změna slunečního svitu

Analýza 1. simulace - z 1 pole FVE (250 kWp)

- Se zvyšující se intenzitou slunečního svitu se zvyšuje dodávaný výkon z FVE do DS (a naopak)

I (W/m ²)	9 500	5 000	3 000	2 000
P (kW) –teoreticky V-A charka	240	127	75	49
P (kW) - simulace	220	121	71	46

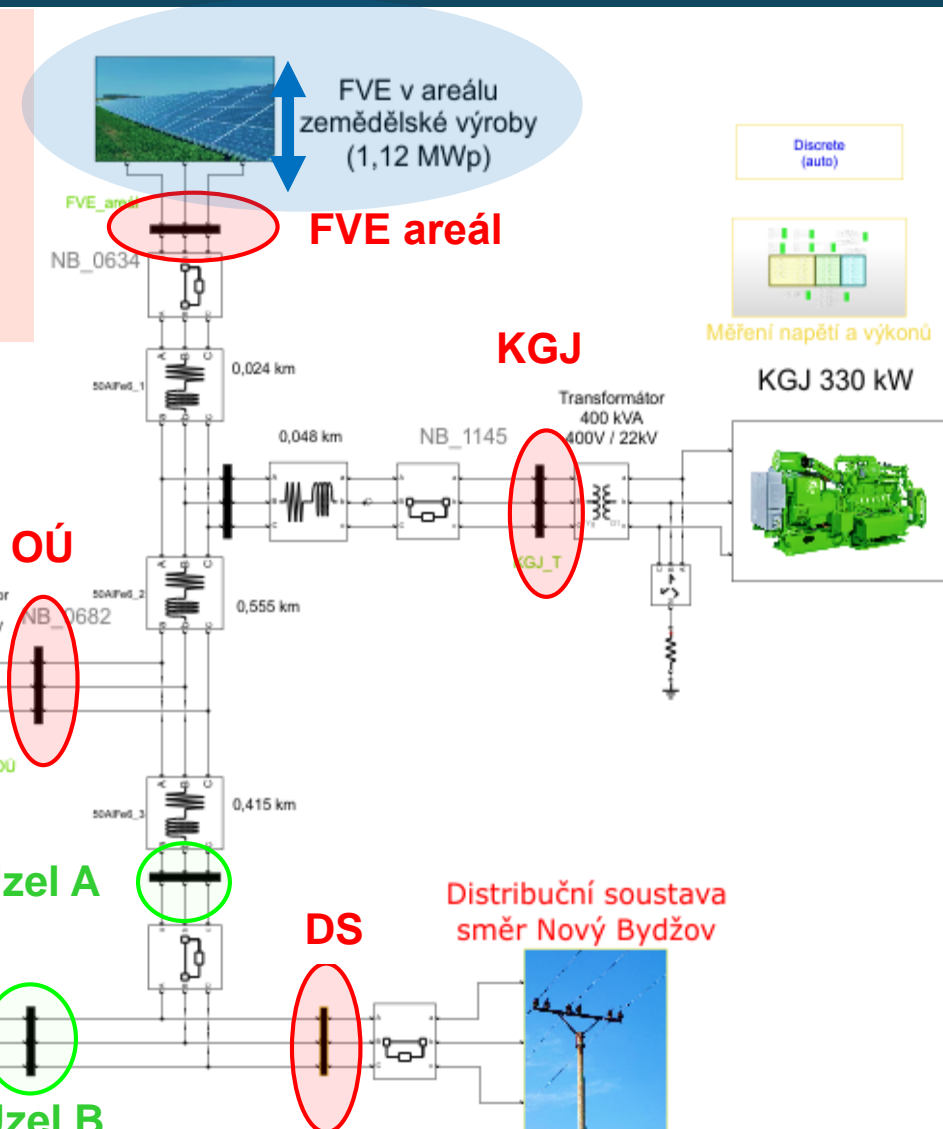


Simulace – změna slunečního svitu

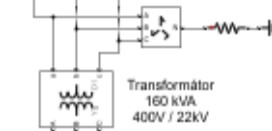
- **Zatížení je konstantní cca 575,4 kW**
- **KGJ má konstantní výkon** dodávaný do DS cca **205 kW**
- **FVE v areálu má proměnlivý výkon** v závislosti na intenzitě slunečního svitu



Stabilita v LDS je zajištěna vyrováním výkonové bilance na straně DS



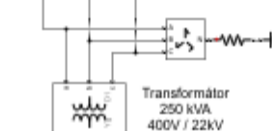
4. Skupina objektů - K Záhornici



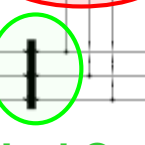
K Záhornici



3. Skupina objektů - U Rybníka



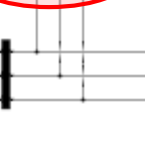
U Rybníka



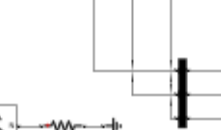
2. Skupina objektů - Ke Slovči



Ke Slovči



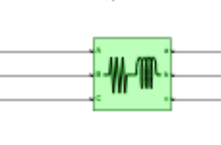
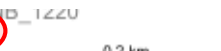
1. Skupina objektů - OU



OU



OU



Distribuční soustava směr Podmokly / Nymburk



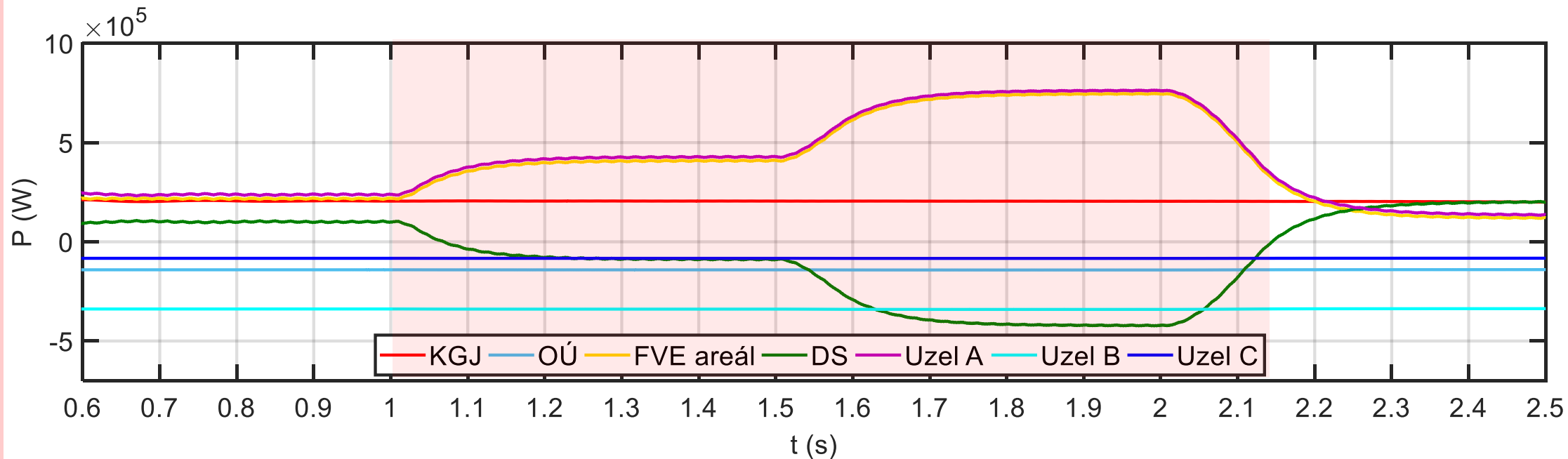
Distribuční soustava směr Nový Bydžov



Simulace – změna slunečního svitu

Analýza 1. simulace – výkonová bilance

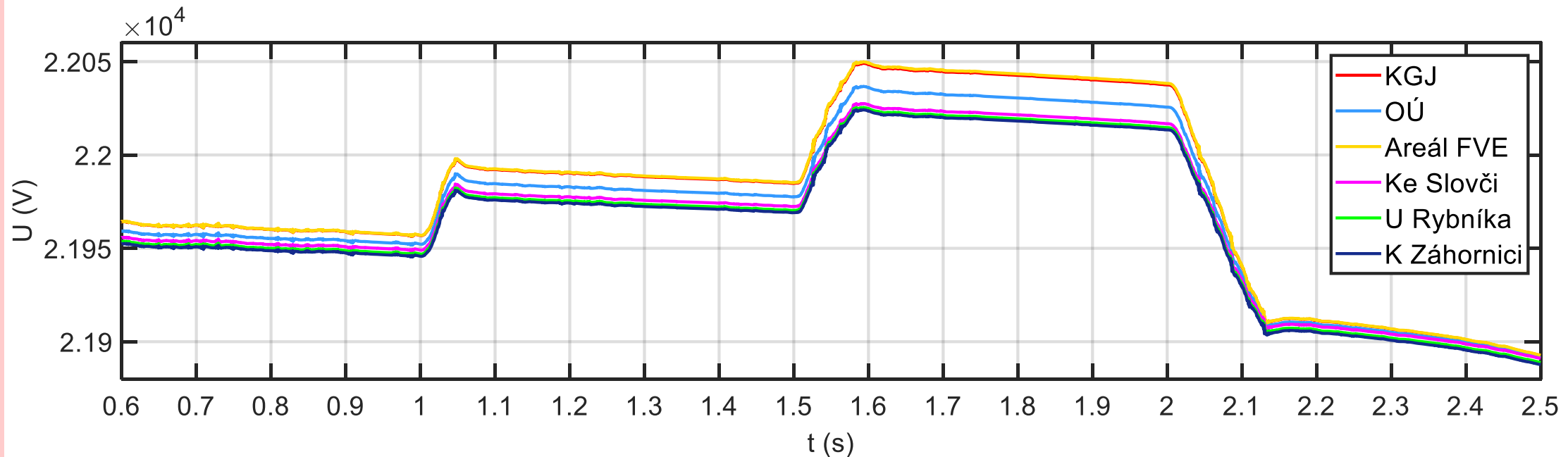
- **Změna výkonu z FVE** (žlutý průběh) **je vyrovnávána DS** (zelený průběh)
- Do cca $t = 1$ s a cca od $t = 2,1$ s je zatížení v LDS TR2 (575,4 kW) vyšší než výkon z FVE + KGJ → **dodávka výkonu z DS do LDS**
- Od $t = 1$ s do cca $t = 2,1$ s je výkon z FVE + KGJ vyšší než spotřeba v LDS TR2 → **přetok výkonu do DS**



Simulace – změna slunečního svitu

Analýza 1. simulace – napěťová stabilita

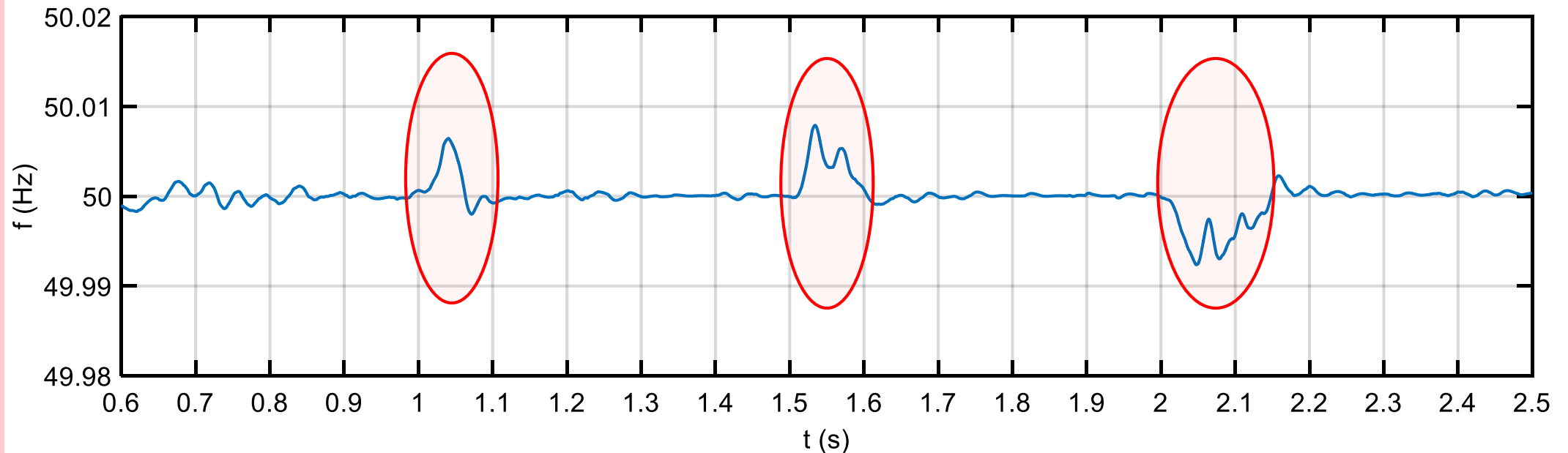
- Se změnou výkonu FVE se mění i napětí v LDS (nejvyšší U je v místě zdrojů, tj. FVE a KGJ)
- Díky udržování výkonové bilance v DS je napětí stále v povolených mezích a je **zajištěna napěťová stabilita**



Simulace – změna slunečního svitu

Analýza 1. simulace – frekvenční stabilita

- Při změně výkonu z FVE dochází ke **krátkodobé změně frekvence**, než se ustálí výkonová bilance díky regulaci v DS



Výkon KGJ je konstantní, ale i **KGJ a plánovaná velkokapacitní baterie v TR2 by se mohly podílet na zajištění výkonové bilance**, tj. **být tzv. virtuální blok a poskytovat podpůrné služby** (viz novela energetického zákona LEX OZE II a LEX OZE III).

Simulace – změna zatížení

2. Simulace

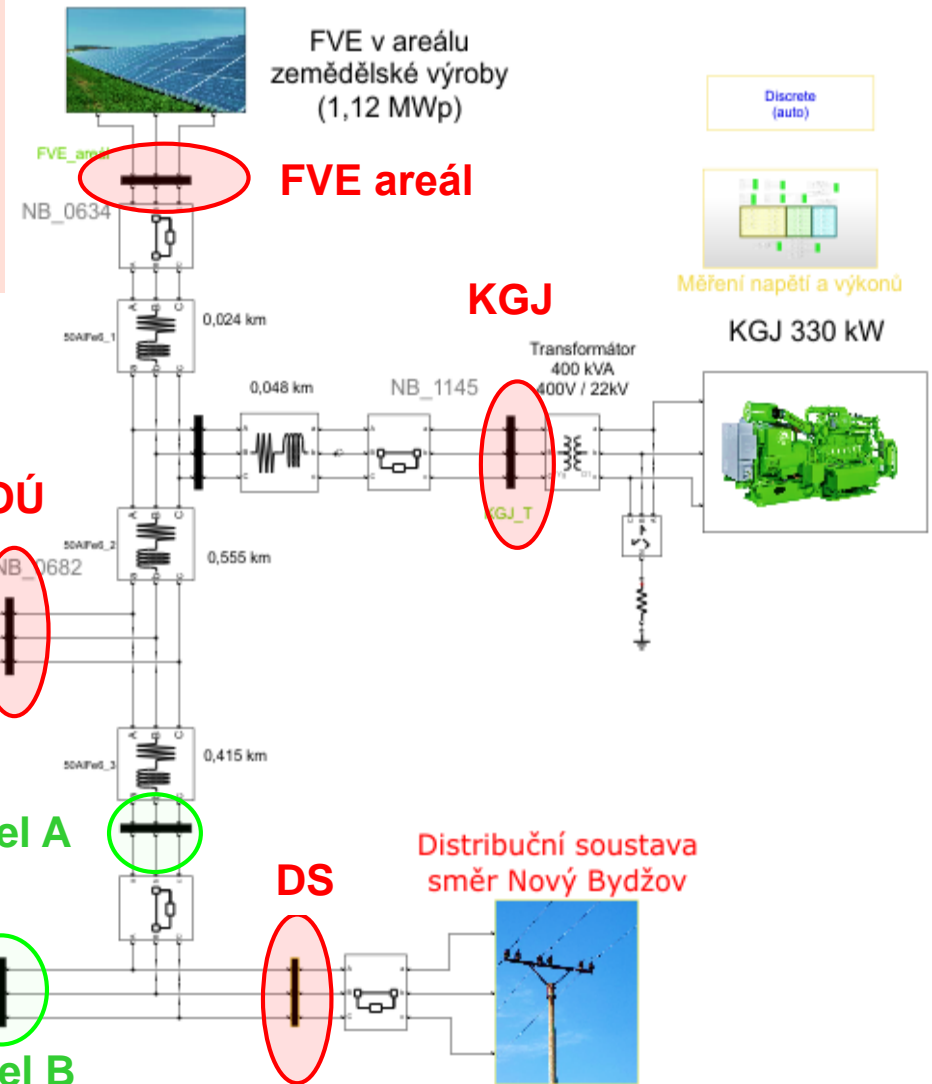
- Napájení TR2 z DS pouze směr Nový Bydžov (vedení VN směr Nymburk odpojeno)
- KGJ má konstantní výkon dodávaný do DS cca 205 kW
- FVE s akumulací v areálu (4 FVE pole o instalovaném výkonu 4 x 250 kWp) má konstantní výkon cca 410 kW
- Zatížení v LDS TR2 je proměnlivé:
 - Od $t = 1$ s → **zvýšení zatížení** o cca 61,1 kW zvýšením spotřeby v části obce Ke Slovči
 - Od $t = 1.8$ s → **snížení zatížení** o cca 57,6 kW snížením spotřeby v části obce K Záhornici

Simulace – změna zatížení

- **Zatížení je proměnlivé**
- **KGJ má konstantní výkon** dodávaný do DS cca **205 kW**
- **FVE v areálu má konstantní výkon** cca **410 kW**



Stabilita v LDS je zajištěna vyrováním výkonové bilance na straně DS



- 57,6 kW

4. Skupina objektů - K Záhornici



+ 61,1 kW

1. Skupina objektů - ŐU



Distribuční soustava směr Podmoky / Nymburk

K Záhornici

U Rybníka

Ke Slovči

Uzel A

Distribuční soustava směr Nový Bydžov

DS

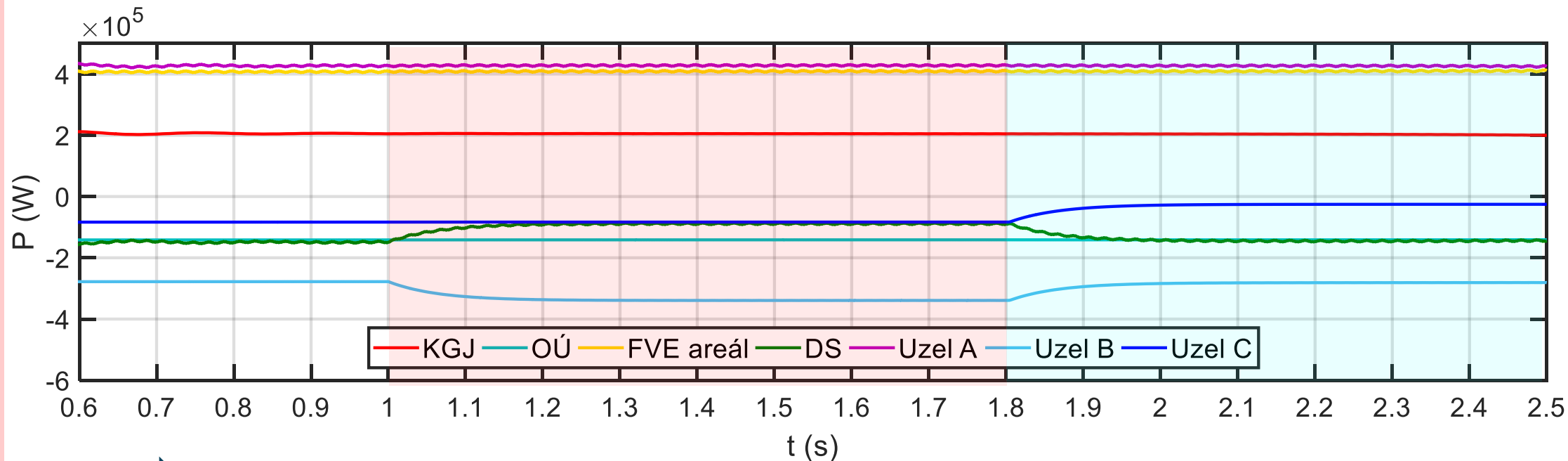
Uzel C

Uzel B

Simulace – změna zatížení

Analýza 2. simulace – výkonová bilance

- Od cca $t = 1$ s do cca $t = 1,8$ s se zvýší zatížení o cca **+ 61,1 kW** → zvýšení toku výkonu z DS do LDS
- Od $t = 1,8$ s se sníží zatížení o cca **- 57,6 kW** → snížení toku výkonu z DS do LDS

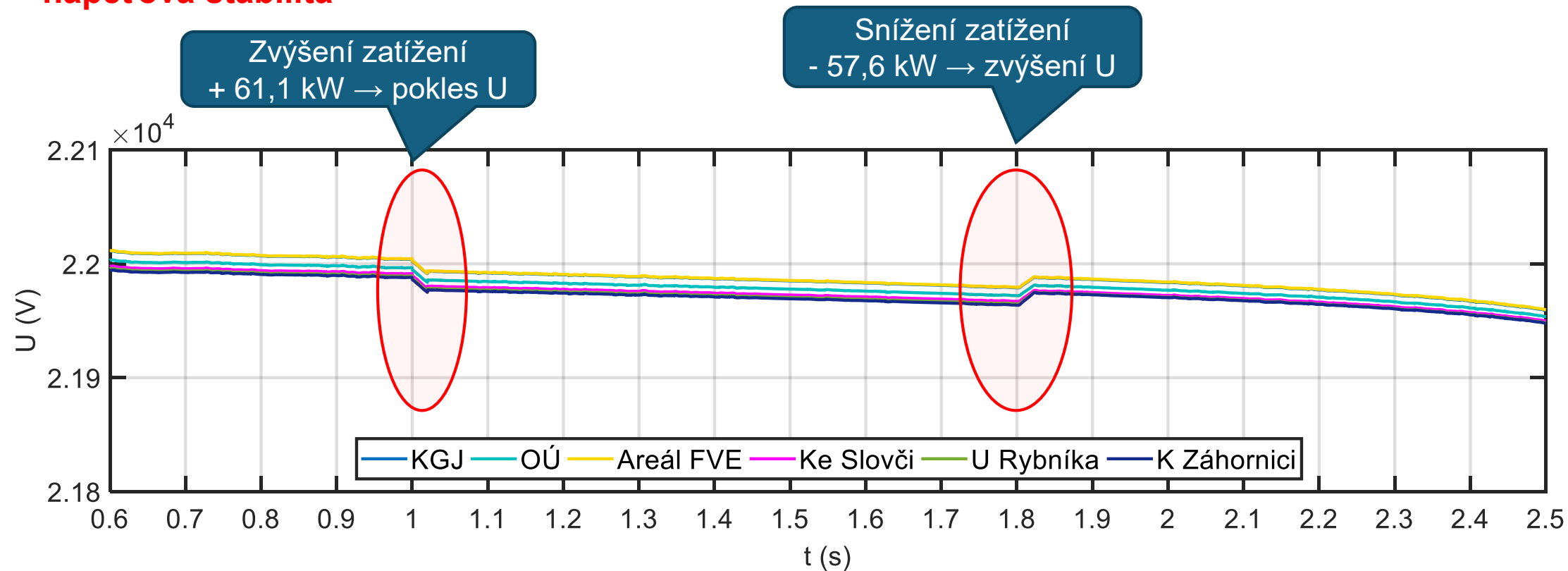


**Výkonová bilance je zachována díky regulaci a změně výkonu v DS.
KGJ a FVE se regulace neúčastnily.**

Simulace – změna zatížení

Analýza 2. simulace – napěťová stabilita

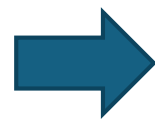
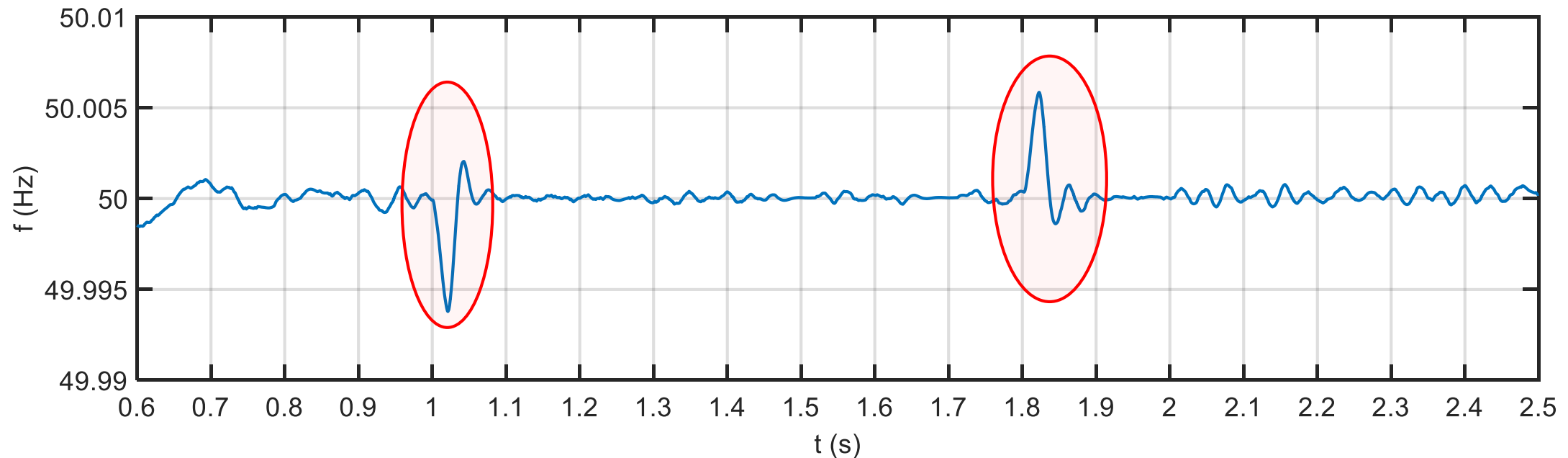
- Díky udržování výkonové bilance v DS je napětí stále v povolených mezích a je **zajištěna napěťová stabilita**



Simulace – změna zatížení

Analýza 2. simulace – frekvenční stabilita

- Při změně výkonu z FVE dochází ke **krátkodobé změně frekvence**, než se ustálí výkonová bilance díky regulaci v DS



Frekvenční stabilita je díky regulaci v DS zachována

Simulace – změna zatížení a slunečního svitu

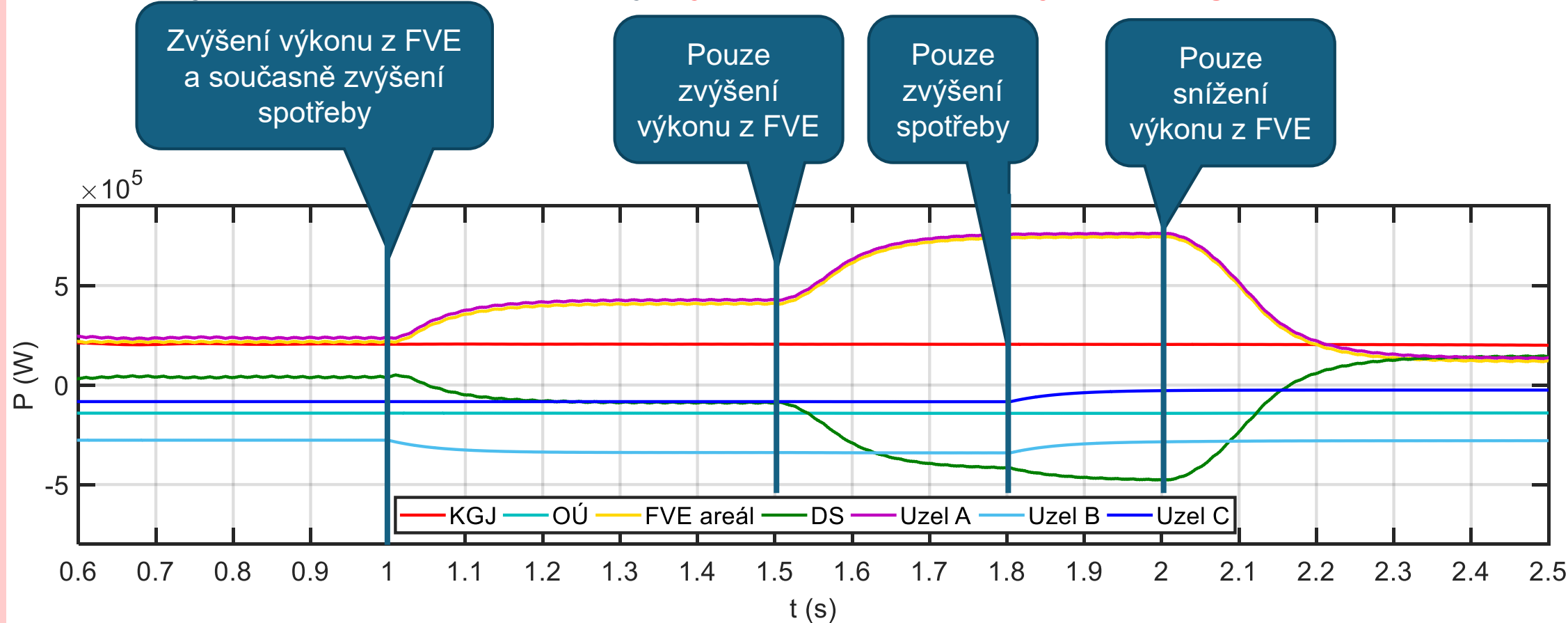
3. Simulace

- Napájení TR2 z DS pouze směr Nový Bydžov (vedení VN směr Nymburk odpojeno)
- KGJ má konstantní výkon dodávaný do DS cca 205 kW
- FVE s akumulací v areálu (4 FVE pole o instalovaném výkonu 4 x 250 kWp) má proměnlivý výkon **v závislosti na změně intenzity slunečního svitu**
- Zatížení v LDS TR2 je proměnlivé:
 - Od $t = 1$ s → zvýšení zatížení o cca 61,1 kW zvýšením spotřeby v části obce Ke Slovči
 - Od $t = 1.8$ s → snížení zatížení o cca 57,6 kW snížením spotřeby v části obce K Záhornici

Simulace – změna zatížení a slunečního svitu

Analýza 3. simulace – výkonová bilance

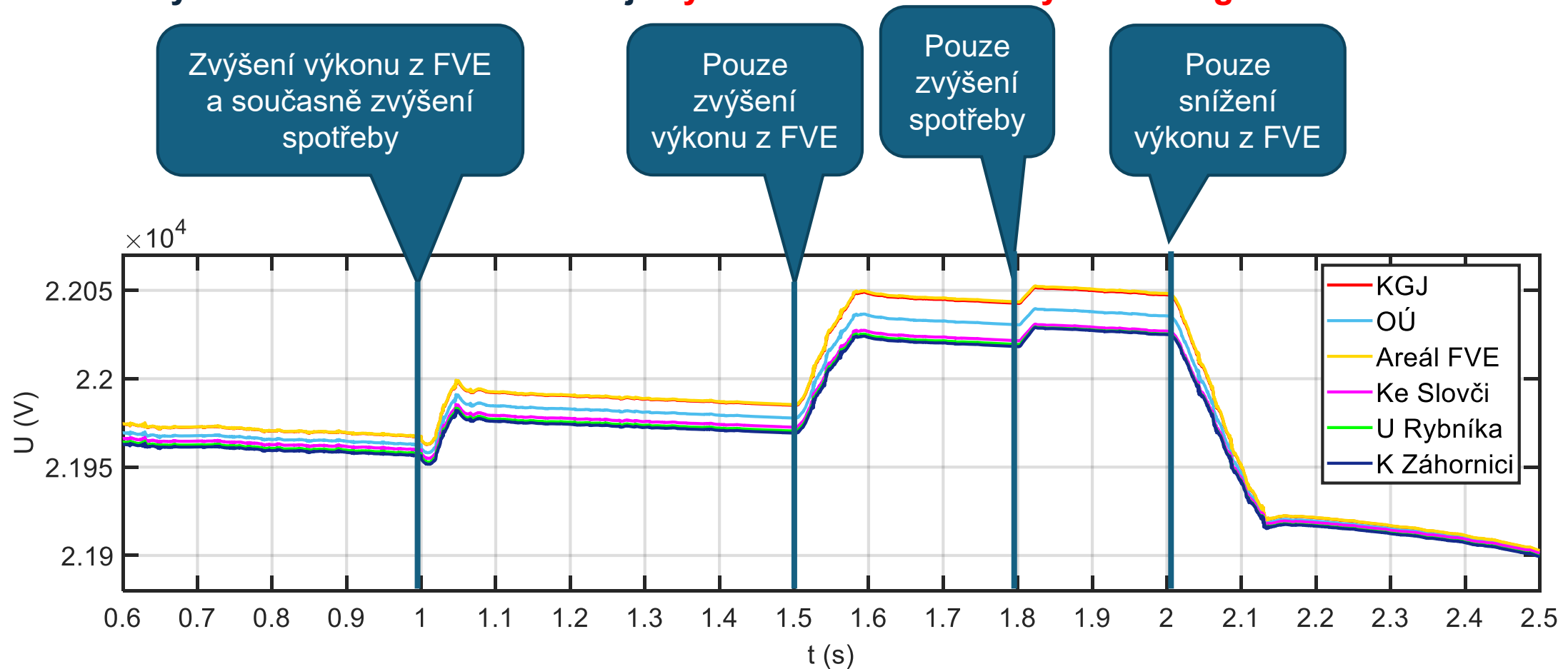
- Změna výkonu FVE i změna zatížení je **vyrovnávána změnou výkonu a regulací v DS**



Simulace – změna zatížení a slunečního svitu

Analýza 3. simulace – napěťová stabilita

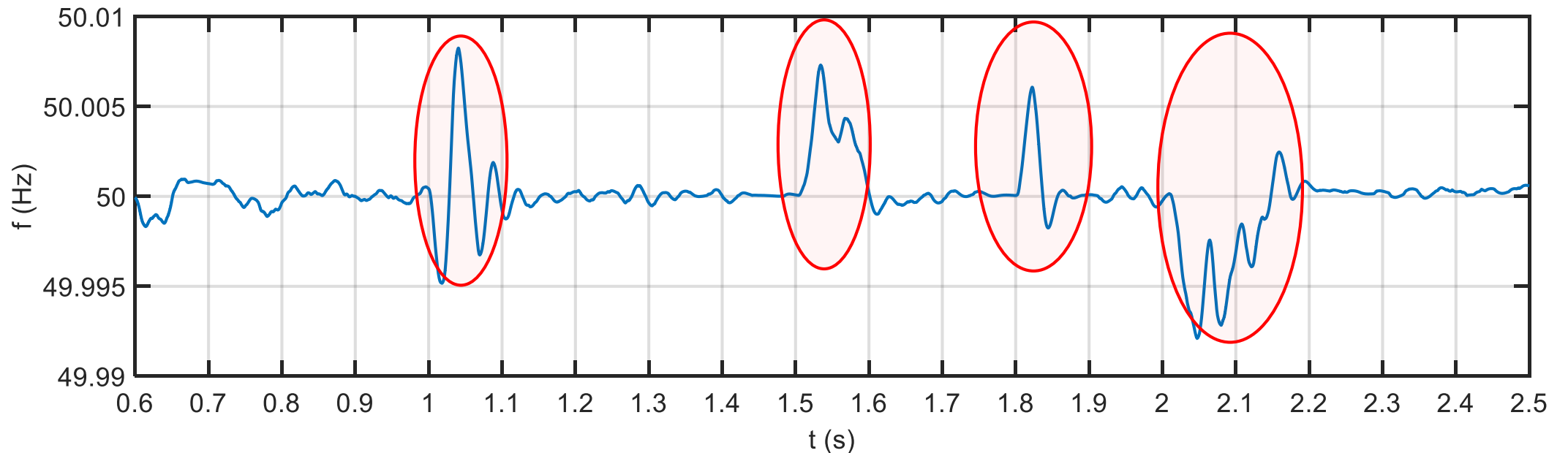
- Změna výkonu FVE i změna zatížení je **vyrovnávána změnou výkonu a regulací v DS**



Simulace – změna zatížení a slunečního svitu

Analýza 3. simulace – frekvenční stabilita

- Při změně výkonu z FVE nebo zatížení dochází ke **krátkodobé změně frekvence**, než se ustálí výkonová bilance díky regulaci v DS



Frekvenční i napěťová stabilita jsou zachovány díky regulaci v DS, ale bylo by možné **regulovat i pomocí lokálních zdrojů** a poskytovat částečně v omezené míře i podpůrné služby.

Shrnutí

Vliv lokálního zdroje na DS

- **Připojitelnost lokálních zdrojů** do DS je **nutné řešit individuálně**, viz podmínky propojitelnosti v PPDS zejména z hlediska rezervovaného výkonu a změny impedančního poměru v síti.
- **Výkon FVE se mění se změnou intenzity slunečního záření** dle V-A charakteristiky a **vzhledem k současnému energetickému mixu a principu regulace v ES nemá tato změna ve většině případů vliv na porušení napěťové a frekvenční stability v DS** → s rozvojem decentralizace a OZE je nutné řešit
- **Napěťová stabilita může být** v některých případech **lokálně narušena díky přepětí** vzniklému vyšší výrobou než spotřebou → **nutno posoudit individuálně a lze eliminovat akumulací elektřiny do velkokapacitní baterie nebo omezováním výkonu na FVE** díky dispečerskému řízení, což **není ale energeticky a ekonomicky výhodné**.
- **LDS TŘ2** by mohla být z velké části **energeticky soběstačná z pohledu výroby a spotřeby elektřiny**, ale je nutné instalovat navržené FVE spolu s velkokapacitním bateriovým úložištěm.



Následně by bylo **možné rozvinout v TŘ2 plně komunitní energetiku** v rámci obce Kněžice a byl by umožněn i **částečný ostrovní provoz LDS TŘ2**. V případě připojení k DS, by mohly lokální zdroje v TŘ2, **jako komplexní virtuální zdroj**, do určité míry **poskytovat i podpůrné služby ČEPS, a.s.**



Program **Théta**



Děkujeme za pozornost

Ing. Václav Mužík, Ph.D. a Ing. Lenka Raková, Ph.D.
ZČU v Plzni, FEL, KEE

Zlín, 12. 06. 2024

Akumulační systémy tepelné energie

Využití pro Lokální distribuční soustavy

Pavel Sláma, Petr Prokop; ČVUT Praha, FS

Praha, 12. 11. 2024

Prezentující

Zdroj Systherm

Ing. Pavel Sláma, PhD

Účely akumulace tepla

Účely akumulace tepla:

Zdroj Systherm

Základním účelem akumulace tepla je **posunutí spotřeby a výroby tepla v čase**.

Vedlejšími účely jsou např. stabilizace dodávek a odběrů tepla, dílčí úpravy provozních parametrů tepelných soustav s akumulátory pracujícími a další.

V tepelných soustavách se setkáváme s již přírodou daným nesouladem mezi obdobími spotřeby tepla, zde



— Časové období prodeje elektřiny z KVEP
Spotřební křivka tepla

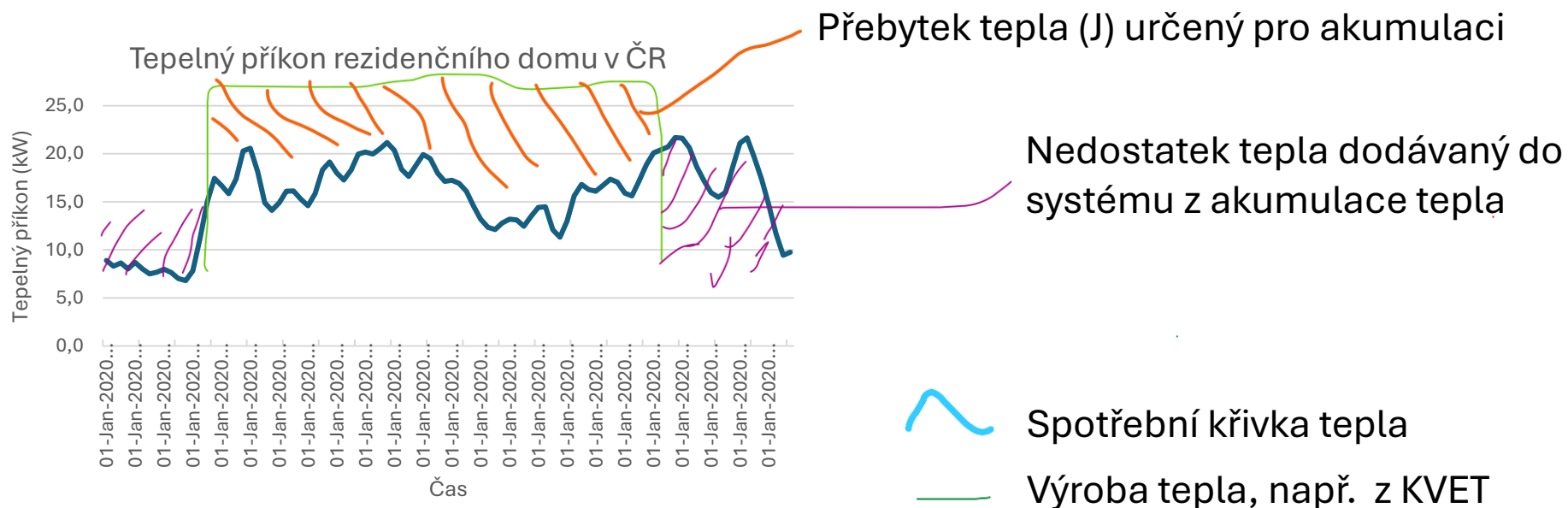
Nesoulad mezi výrobou a spotřebou je řešen akumulováním přebytku tepla v době výroby el. proudu a jeho uvolňováním do tepelného systému v době jeho potřeby.

a obdobími jeho možné výroby, která často souvisí (např. v případě kombinované výroby elektřiny a tepla) s časovými úseky možností dodávek a spotřeby elektřiny.

Účely akumulace tepla

Obvykle lze nesoulad mezi výrobou a spotřebou řešit následujícím způsobem

Zdroj Systherm



Jiným způsobem využití je dlouhodobá akumulace tepla, kdy teplo získané nejlépe z OZE během jara a léta, je akumulováno a využíváno na podzim a v zimě, nejdříve jako přímý zdroj tepla, v zimě pak jako stabilní zdroj tepla pro tepelná čerpadla.

Podobným způsobem pracuje akumulace chladu, kdy záporné teplo bývá shromažďováno během zimy a na začátku jara, aby pak bylo od května do srpna spotřebováno pro chladicí okruhy.

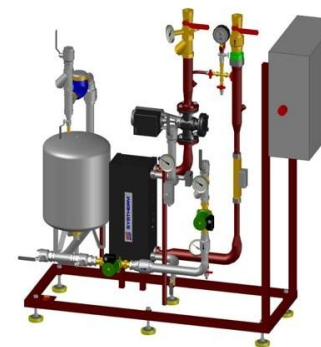
Účely akumulace tepla

Rozdělení akumulací:

Vyrovňovací – např. operativní zásobníky tepla na ohřátou pitnou vodu pro hygienické účely (dříve TUV) v bytových domech, jejichž účelem je vyrovnávat prudké rozdíly v odběrech teplé vody v napojených domácnostech. Obvykle se montují ve velikosti 20litrů objemu zásobníku na jednu připojenou domácnost. Schopnost dodávky z akumulátoru při plném zatížení jsou 2 – 3 minuty, které bývají cenné pro najetí ohřevu této látky na vyšší výkon.

Mezidenní – v naprosté většině případů jde v současnosti o příjem, skladování a vydávání tepla získávaného v souvislosti s výrobou el. proudu v různých zdrojích, případně s produkcí odpadního tepla z technologií. Akumulátor je konstruován tak, aby pokryl několik hodin příjmu a výdeje tepla v době, kdy je možno výhodně vyrábět elektrický proud a není jiný odběr tepla. V době mimo výrobu el. proudu je pak teplo z akumulátoru vydáváno, a to převážně do topných systémů.

Sezonní – tato akumulace pracuje s nerovnoměrností dostupnosti a spotřeby tepla v oblasti mezi obrátkou raka/kozoroha a oběma subpolárními oblastmi. Principem je letní záchyt tepla, převážně ve velkém objemu a jeho uvolňování od podzimu a v zimě. V převážné většině tyto akumulátory mají dostupnou kapacitu v tisících GJ a více a většina těchto konstrukcí je podzemních.



Zdroj Systherm



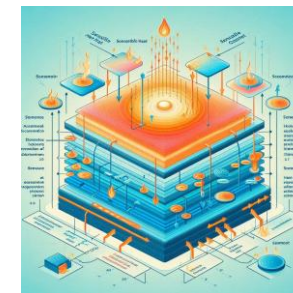
Účely akumulace tepla

Principy ukládání tepla:

Citelné teplo – využívá měrné tepelné kapacity jednotlivých látek v rámci jedné fáze, převážně pevné, či kapalné. Obvykle se jedná o minerální hmoty (skála apod.), vodu, nebo vodu s přísadami, kterou je možno využít i jako pracovní látku v horkovodech a teplovodech. Nevýhodou je malé množství uloženého tepla na zastavěném objemu a poměrně vysokou tepelnou ztrátu při skladování tepla.

Teplo fázových přeměn - využívá k ukládání tepla teplo fázových přeměn, nejčastěji mezi pevnou a kapalnou fází, méně mezi kapalnou a plynnou, případně tři skupenství. Akumulace v citelném teple je zčásti také přítomna, ale není žádána. Obtíží tohoto provedení je vkládání a získávání tepla do a z tuhé fáze, kde jsme odkázáni na tepelnou a teplotní vodivost materiálu a agresivita některých PCM. Za určitých okolností lze manipulovat s teplotou fázové přeměny v rámci jednoho ukládacího děje.

Teplo chemických reakcí – je ukládáno tak, že získané teplo je využito k realizaci chemické reakce s tím, že energie je pak, jako chemická, uložena ve vzniklé látce. Při vybíjení akumulátoru je pak, za působení vnějšího podnětu, iniciována reverzní, či další chemická reakce, uvolňující teplo, či jeho část zpět, do termického oběhu. Nevýhodou může být nestabilita látek v reakcích, potřeba dodávek dalších látek do cyklu a také agresivita některých látek v chemickém ději.



Chemická termodynamika - termochemické zákony

Hessův zákon (1840) - součet reakčních tepel dílčích reakcí je roven reakčnímu teplu celkové reakce

1) $C + 1/2O_2(g) \rightarrow CO(g)$ $\Delta H'_{298}(2) = -110,1 \text{ kJ/mol}$
2) $CO + 1/2O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$ $\Delta H'_{298}(3) = -283,6 \text{ kJ/mol}$
3) $C + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$
 $\Delta H'_{298}(3) = \Delta H'_{298}(1) + \Delta H'_{298}(2) = -393,7 \text{ kJ/mol}$

Laplaceův-Lavoisierův zákon (1780) - zvláštní případ Hessova zákona
- reakční teplo dané reakce je až na znaménko stejné jako reakční teplo reakce opačné

$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$ $\Delta H'_{298} = -292,0 \text{ kJ/mol}$ **exotermní děj**
 $2H_2O \rightarrow 2H_2(g) + O_2(g)$ $\Delta H'_{298} = 292,0 \text{ kJ/mol}$ **endotermní děj**

Požadovaná kritéria akumulátorů

Základní požadovaná kritéria akumulátorů tepla:

1/ nabíjecí příkon (W),

2/ vybíjecí výkon (W),

3/ kapacita (J, kWh..),

4/ pracovní teploty na vstupu a výstupu do a z akumulátorů a pracovní teploty jednotlivých stupňů (°C),

5/ teploty fázových přeměn, či chemických reakcí přítomných při provozu akumulátoru (°C),

6/ pracovní tlaky/přetlaky jednotlivých částí akumulátorů (Pa),

7/ maximální počet realizovaných cyklů v době životnosti akumulátorů (n),

8/ bezpečnost použitých látek ve vztahu k životnímu prostředí.

Požadovaná kritéria akumulátorů

Doplňující kritéria akumulátorů tepla:

- 1/ hmotnost akumulční sestavy vč. náplní a její vhodnost pro standardní silniční/železniční transport (kg),
- 2/ objem akumulční sestavy ve vztahu ke kapacitě akumulátoru (m^3/kWh). Obvykle bývá toto číslo poměřováno ve vztahu k vodnímu akumulátoru citelného tepla, jako násobek jeho jednotkového objemu za běžných pracovních teplot,
- 3/ průběh nabíjecí a vybíjecí křivky,
- 3/ izolační koncepce akumulátoru a jeho součástí, vč. výdrže na vhodné pracovní teplotě a provozní odolnosti této izolace vůči provozním podmínkám a vnějším vlivům... tj. především teploty, vlhkost, vysušení, změny tlaku, atd...



Požadovaná kritéria akumulátorů

Návaznost funkce akumulátorů na spolupracující, příp. nadřazené distribuční sítě

Základní parametry potřebné pro kompaktnost mezi akumulací jednotkou a spolupracující sítí, příp. nadřazenou distribuční sítí

1. Průběh a max. hodnoty **pracovních tlaků** – v případě domovní soustavy 6Barůg – 10Barůg, v případě okrskové soustavy 16Barůg (výjimečně pouze 12Barůg), pro dodávky do horkovodních sítí je minimální uvažovaný konstrukční přetlak 25Barůg, v případě dálkových napáječů až 40Barůg.
2. Průběh a hodnoty **pracovních teplot** akumulátorů ve vztahu k zásobovaným soustavám souvisí s tím, zda akumulátor je v aktuálním časovém úseku jediným zdrojem soustavy, či zda dodává společně s jinými zdroji. Obvyklý rozsah teplot pracovní látky akumulátorů na Lokálních topných soustavách je 40 – 90°C, pro spolupráci s nadřazenými teplotnými soustavami je 60 – 142°C. V případě souběžné dodávky s jinými tepelnými zdroji, je výstupní teplota pracovní látky akumulátoru dána tepelnou bilancí všech zdrojů účastných na dodávce. Zvláštním případem jsou **sezonní zásobníky tepla** uvažované v Technickém řešení 2, kde teplo ze zásobníku je získáváno pomocí tepelných čerpadel. Tam může klesnout na konci zimy pracovní teplota na 10 – 15°C a Akumulátor bude stále efektivní.

V případě zásobování Lokálních soustav chladem je třeba pro napojení do soustavy předpokládat pracovní teplotu akumulátoru mezi 5 – 8°C.

3. **Kvalita a vzájemná akceptovatelnost pracovní látky** akumulátoru a Lokální soustavy, příp. nadřazené soustavy. Jedná se o mechanickou čistotu, přítomnost minerálních látek a inhibitorů, dále o ionizační stav a elektrické vlastnosti

Parametrizace akumulčních zařízení

Akumulátory **parametrizujeme** především v následujících vlastnostech:

Tepelný výkon/příkon při příjmu a uvolňování tepla (W)

Tepelná **kapacita** (J, MWh), případně její **měrná** hodnota (GJ/m³, GJ/kg..)

Tepelná **ztráta** (J/h, J/pracovní cyklus....)

Rozsah pracovních **teplot** (°C, K)

Počet akumulčních a pracovních látek (1, 2, n)

Homogenita těchto látek (plná, s přídatnými materiály např. typu NANO vstupů.)

Stabilita akumulčních látek (hodiny, tisíce hodin, neomezená...)

Cyklovatelnost akumulčních a pracovních látek (počet dovolených pracovních cyklů, neomezené počty cyklů, podmíněné počty cyklů...)

Reaktance pracovních látek s běžnými konstrukčními materiály (ocel, barevné kovy, termosety, termoplasty, dřevo...)

Pracovní **princip** (bez/s stavovými změnami)

Tlakové provedení (vakuové, beztlaké, atmosférické, přetlakové)

Konstrukční provedení (nádoba/by, akumulční pole, akumulční pointy...)



Parametrizace akumulčních zařízení

Způsob hodnocení některých hlavních parametrů tepelných akumulátorů

Na základě našich zkušeností je **tepelný příkon/výkon** akumulátoru především určen **schopností přenosu tepla**, mezi pracovní a akumulční látkou akumulátoru.

Zcela **zásadní pro úspěšnost tohoto přenosu jsou fáze**, ve kterých se obě látky nachází a konstrukce oddělovací stěny mezi nimi, pokud musí být použita. Lze předpokládat, že maximální výkon/příkon akumulátoru lze dosáhnout, pokud jsou obě látky v kapalně fázi, případně, pokud jsou obě látky (pracovní a akumulční) látkou jednou.

Pracovní teploty akumulátorů mohou být různé, obvykle v rozsahu **od -170°C po 1000°C**, v závislosti na možnostech zdroje tepla/chladu a spotřeby. Je nutno brát v úvahu **exergetickou účinnost**.

Pro účely Projektu přichází v úvahu teploty akumulace **od -30 do 600°C** s tím, že akumulátory, jejichž pracovní látka je určena převážně k ohřevu vody pro vytápění a ohřevu HSW a vzduchu pro vzduchotechniky, je předpokládána teplota akumulace mezi 50 – 180°C, což odpovídá pracovním teplotám od jednostupňových tepelných čerpadel po dálkové horkovody. V případě akumulací, pracujících s vodní párou, jsou pracovní teploty od **210 po 600°C**.

Tepelná kapacita akumulátoru je rovněž ovlivněna rozsahem pracovních teplot, ale ještě více materiálovými vlastnostmi akumulčních látek ve smyslu tepelných kapacit, skupenských tepel fázových přeměn a tepelnými vlastnostmi předpoklaných chemických reakcí. Tato hodnota také souvisí s **tepelnou hustotou** těchto reakcí, hodnocených jako množství tepla, vztaženého k celkovému množství reagujících látek (J/kg, J/kmol, J/m³, kWh/kg,)

Tepelná ztráta akumulace souvisí především s pracovními teplotami akumulace, a také s konstrukcí akumulátoru a tepelnou hustotou akumulace. Obecně lze uvést, že čím vyšší, nebo nižší jsou pracovní teploty akumulace oproti okolí, tím roste tepelná ztráta akumulace, příp. nežádoucí tepelný zisk. Z tohoto důvodu lze preferovat technická uspořádání, kdy teplota akumulace je blízká teplotě okolního prostředí, případně, kdy akumulace probíhá na základě chemických principů za teploty rovné okolí. Samozřejmě, kvalitně navržená, provedená a provozovaná izolace, či izolační systém, mohou nežádoucí přestupy tepla z akumulční konstrukce do okolí výrazně snížit. Také konstrukce, kde tepelná ztráta přechází rovnou do pracovní látky, mohou výrazně zvýšit efektivitu akumulace.



Parametrizace akumulčních zařízení

Způsob **hodnocení** některých **hlavních parametrů** tepelných akumulátorů

Homogenita teplotných a akumulčních látek je hodnocena obvykle hmotnostními/ objemovými poměry jednotlivých složek vůči celku, tedy vážením ve smyslu kg přídavné látky/kg celkové hmotnosti náplně

Stabilita akumulčních látek je hodnocena s ohledem na jejich pracovní režimy a dobu využití, často společně s jejich **cyklovatelností**, na testovacím zařízení, ve kterém testovaná látka projde takovým počtem převážně teplotních, případně tlakových cyklů a přeměn, které odpovídají podstatné části jejich zatížení v reálném provozu. Stabilita však může být hodnocena i pouze jen v čase, bez jakýchkoliv provozních cyklů. Nežádoucím stavem v procesu tohoto posuzování může být separace látek, ztráta akumulčních a přenosových vlastností, biologický rozpad, atd...

Reaktance pracovních látek s běžnými konstrukčními materiály (ocel, barevné kovy, termosety, termoplasty, dřevo...) bývá hodnocena na základě odborné literatury – tedy např. knihoven PCM látek a dalších, případně vlastními pokusy chování těchto látek v kontaktu s uvedenými materiály. Předmětem hodnocení zde bývá tloušťka a stav dotykové vrstvy materiálů v časovém období, změna vlastností pracovních a akumulčních látek po styku s konstrukčními materiály i změny vlastností těchto materiálů.

Pracovní principy a konstrukční provedení akumulátorů pak bývají testovány v lab. podmínkách na zařízeních konstrukčně blízkých skutečným Akumulátorům.

Prezentující

Zdroj Systemerm

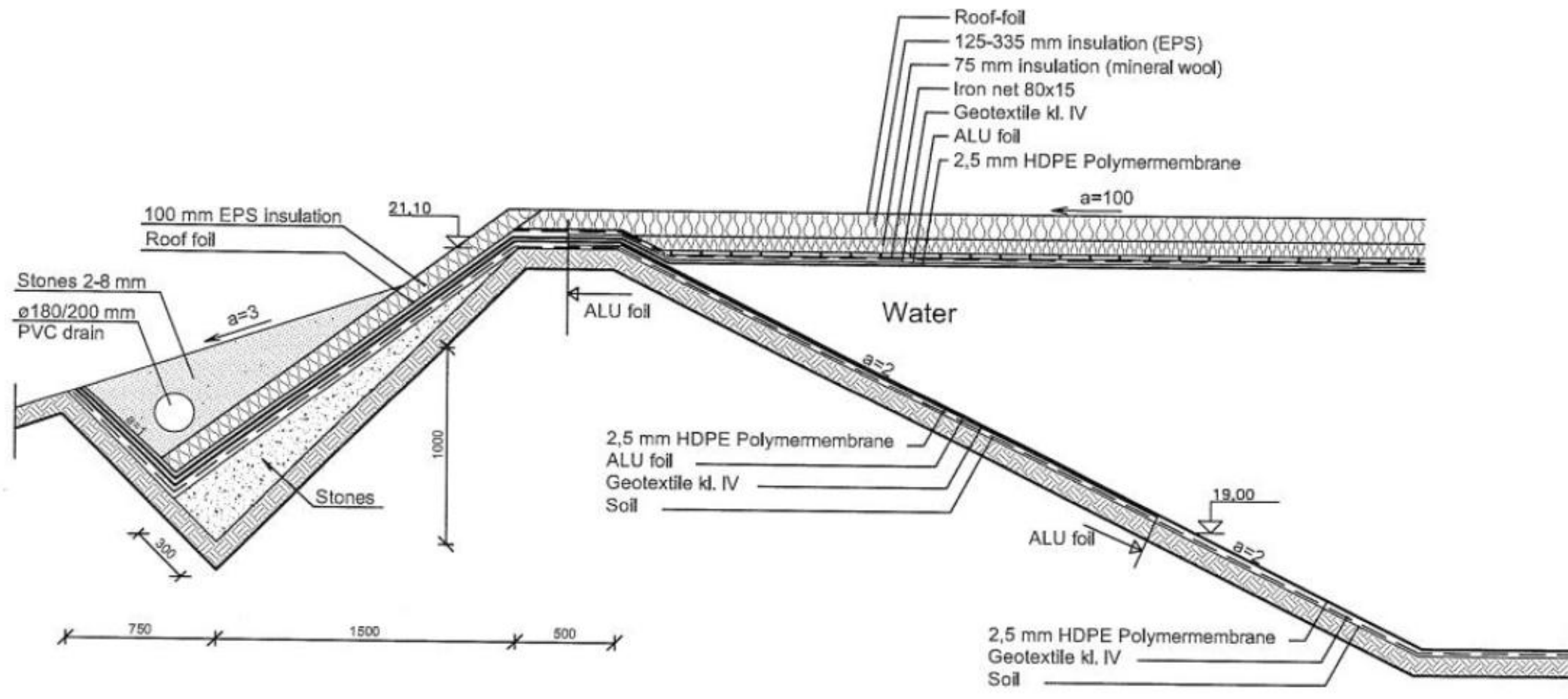
Ing. Petr Prokop, MBA

Konstrukční provedení akumulátorů

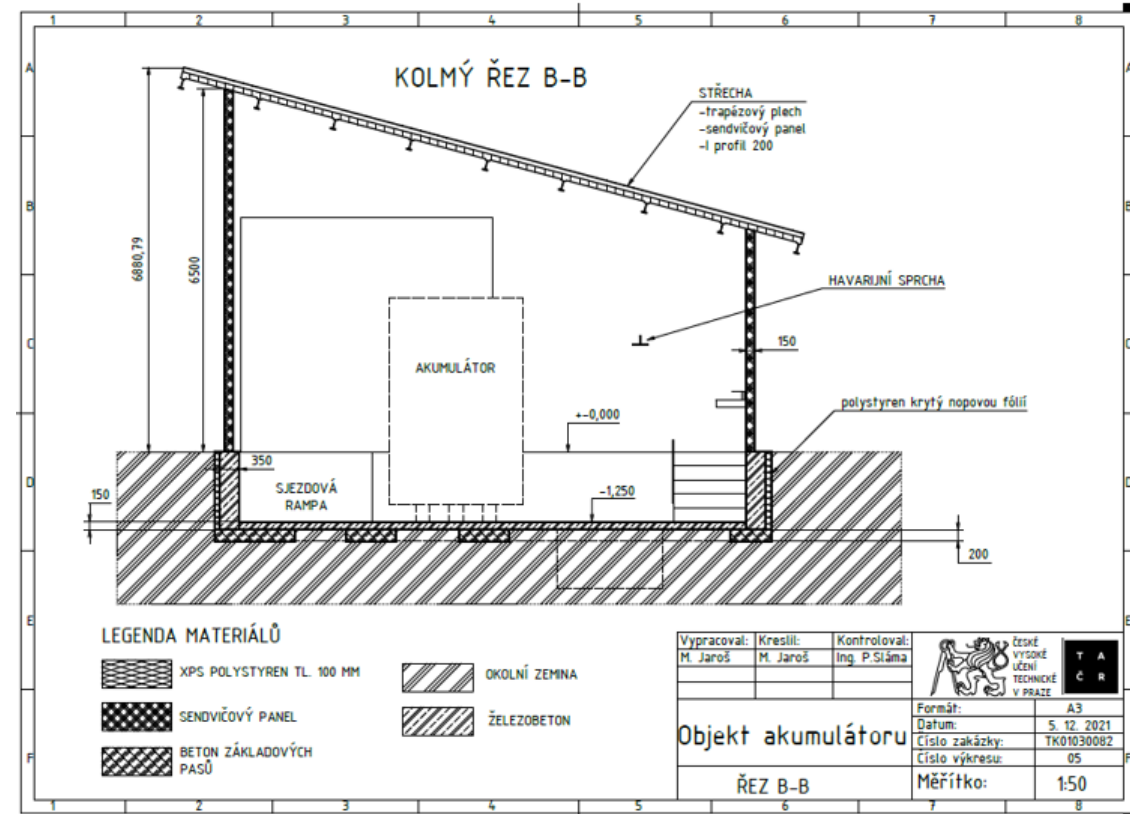
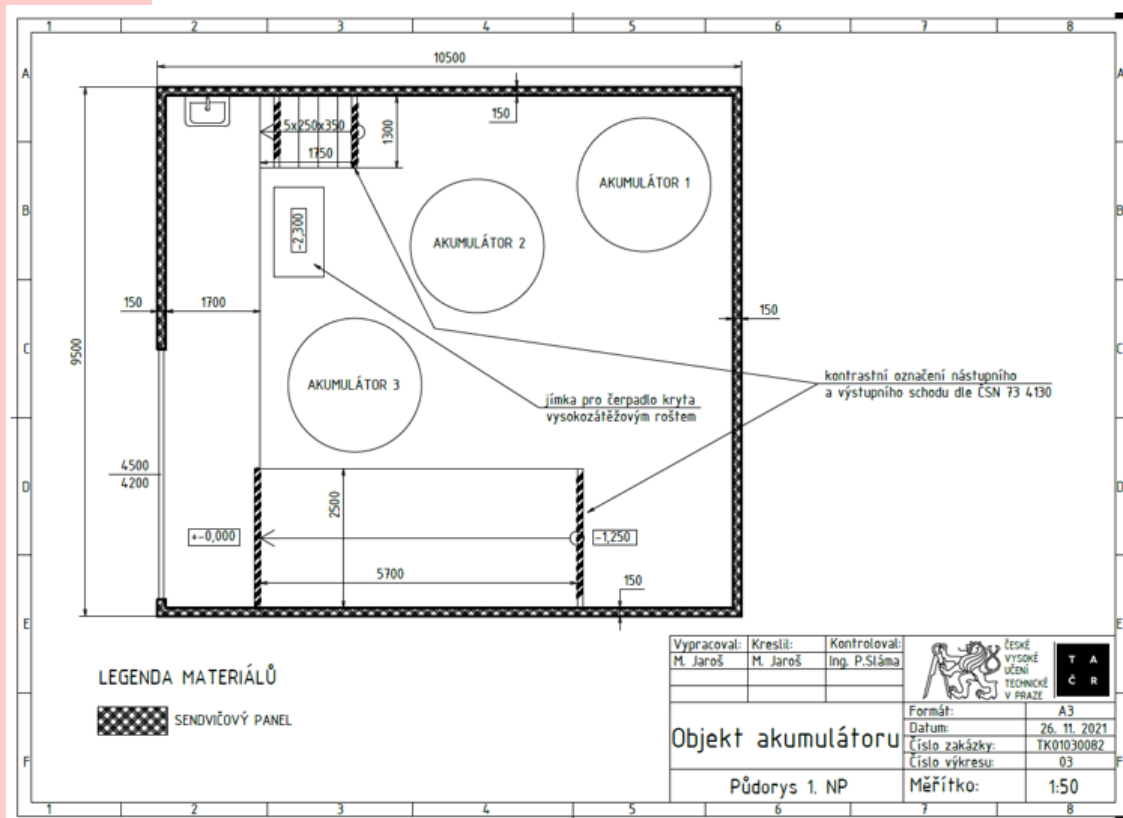


The tower in Berlin. Image: Vattenfall.

Konstrukční provedení akumulátorů



Stavební objekt pro akumulátor



Hodnocení úspěšnosti akumulčních jednotek

Dle metodiky IEA.org

Solar Heating & Cooling Programme

$$MNA_{AC} = \frac{RCE * N_a}{PVAF}$$

MNA_{AC} = Maximální náklady akumulční kapacity $\left[\frac{Kč}{kWh_{ac}} \right]$

RCE = Referenční cena energie na trhu $\left[\frac{Kč}{kWh_t} \right]$

N_a = Počet akumulčních cyklů za kalendářní rok $[-]$

$PVAF$ = Současná hodnota anuitního faktoru $[-]$

Hodnocení úspěšnosti akumulačních jednotek

PVAF = Současná hodnota anuitního faktoru [-]

$$PVAF = \frac{(r + 1)^n * r}{(r + 1)^n - 1}$$

r = úroková sazba [-]

n = počet platebních období [-]

Ukázka zapojení akumulátoru

Předobraz TR 2 G Kněžice, s.tika NŘ 2, ústřední energetický soběstačná obec



Vybrané reálie:

- CZT (KGJ + 2 x kotel) zásobuje 149 domů (95 % celkové spotřeby tepla v obci).
- Spotřeba tepla připojených domů je cca 2000 MWh pa.
- Výroba elektřiny v bioplynové stanici cca 2600 MWh elektrické energie pa
- Vlastní spotřeba elektřiny (bioplynová stanice a kotelny na biomasu) = 15 % z této výroby elektřiny.
- Čistá dodávka elektřiny z Kněžic do elektrizační sítě je v současnosti cca 2200 MWh pa.

Ukázka zapojení akumulátoru

Stávající energetický mix:

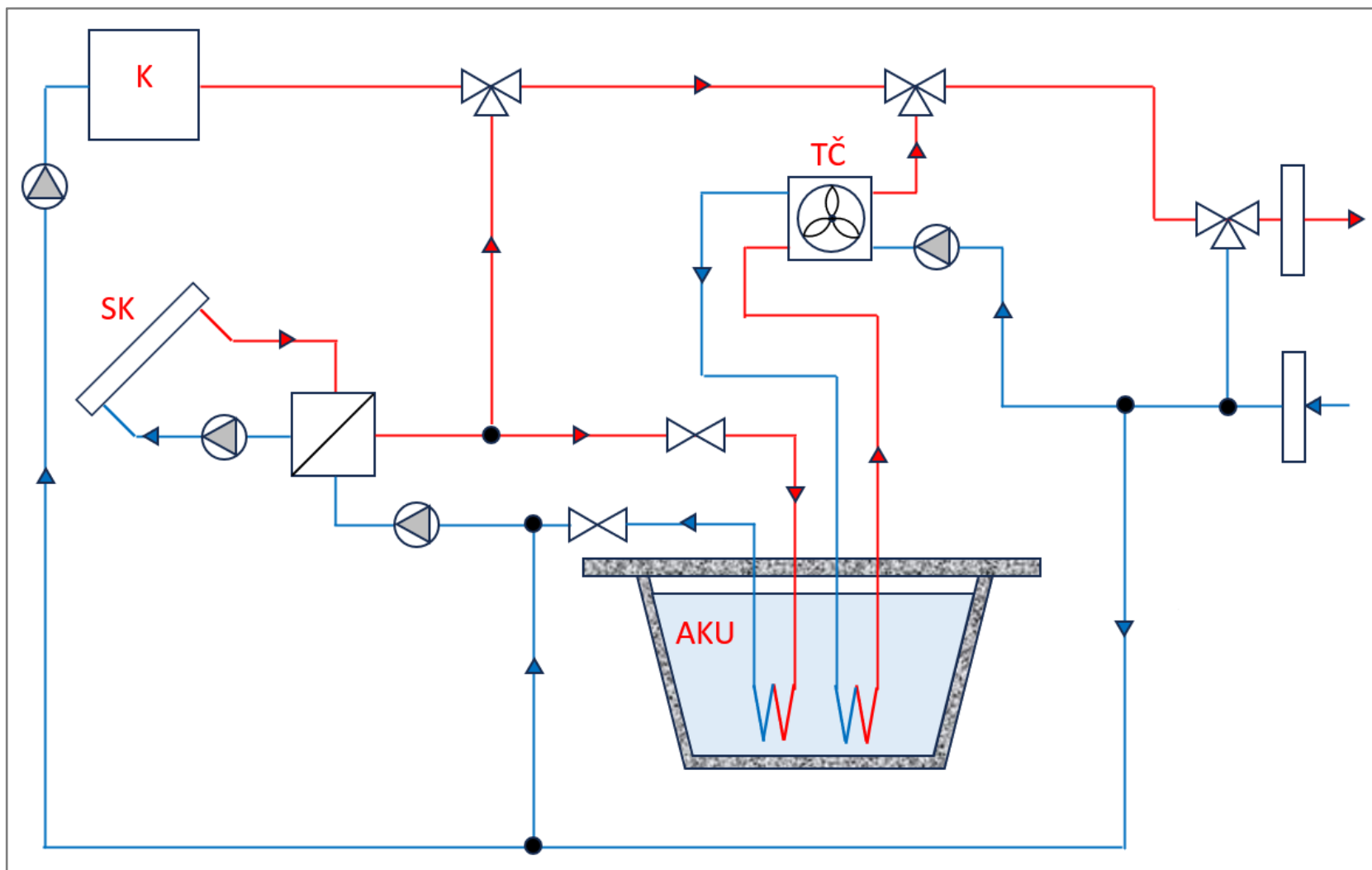
- Kogenerační jednotka 405 kWt – palivo: bioplyn
- Kotel na biomasu 800 kWt – palivo: sláma
- Kotel na dendromasu 400 kWt – palivo: dřevní štěpka

Max. požadovaný tepelný výkon: 1500 kWt

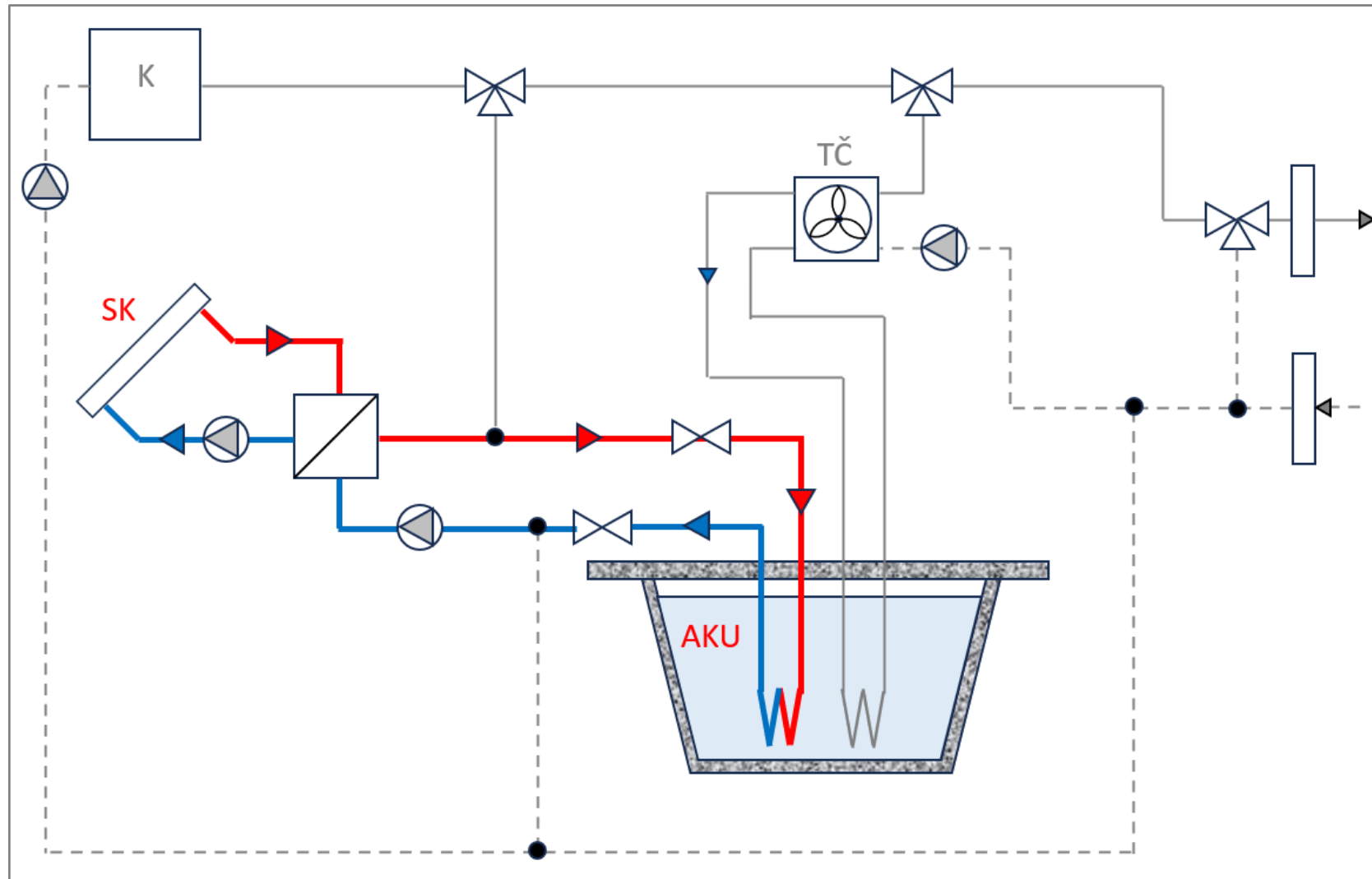
Alternativní energetický mix dle projektu:

- Solární kolektory 3700 m² / 1850 kWp
- Tepelné čerpadlo 210 kWt – palivo: el. energie
- Kotel na biomasu 1000 kWt – palivo: sláma
- Kotel na dendromasu 300 kWt – palivo: dřevní štěpka
- Akumulátor tepelné energie 4000 kWh

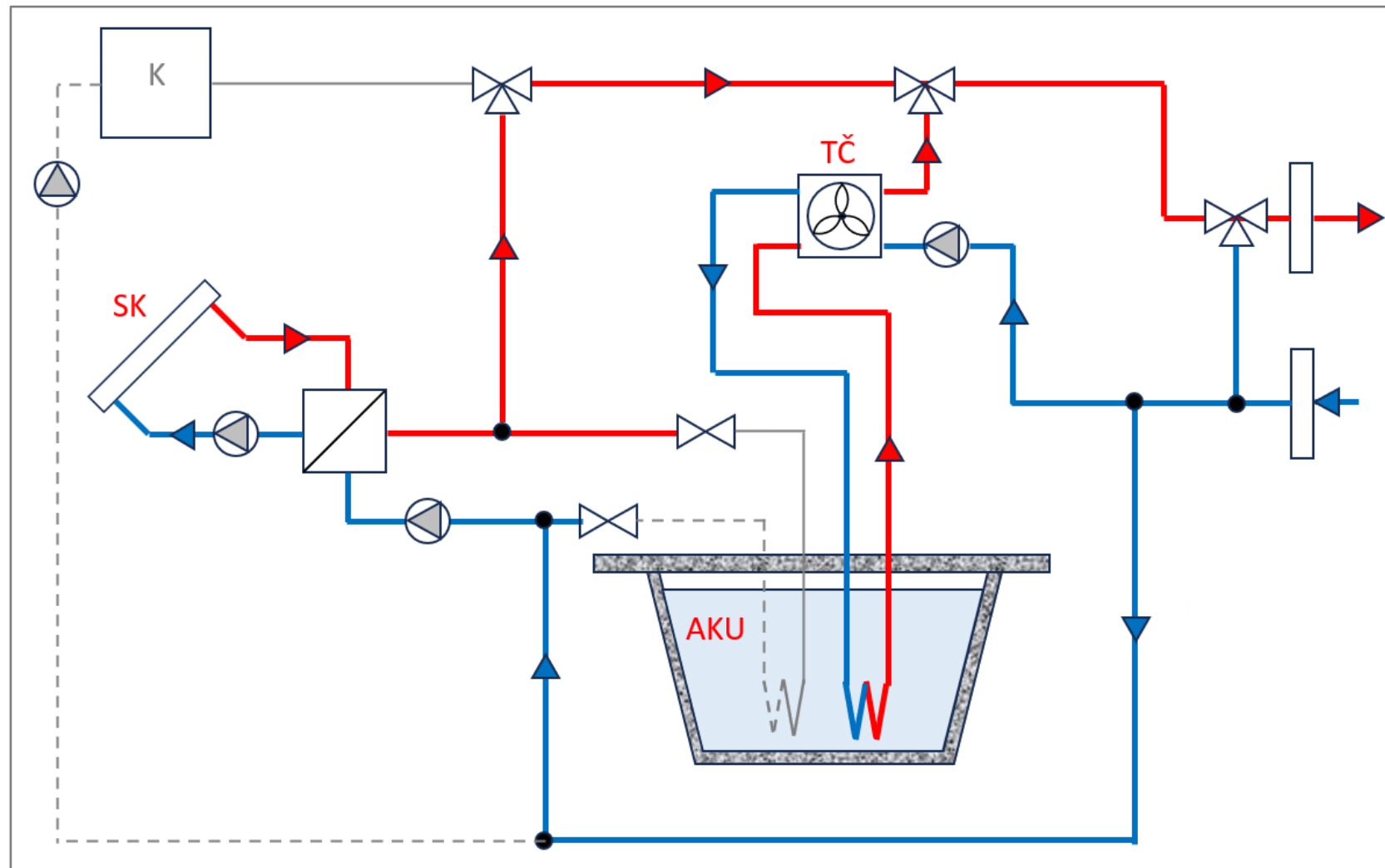
Ukázka zapojení akumulátoru



Ukázka nabíjení akumulátoru



Dodávka tepla tepelným čerpadlem



Kombinované zásobování teplem

