SBORNÍK PŘEDNÁŠEK

33. ročník odborné konference

KOTLE, TEPELNÁ A JADERNÁ ENERGETIKA

9. – 10. března 2026

OREA Congress Hotel Brno

PARTNEŘI

metrostav DIZ

PROVYKO

SES TLMAČE

MIC ENERGY • WASTE • CHEMISTRY

Uchytil®

Pondělí 9. 3. 2026

9:10

Zahájení konference

Česká energetika, její perspektiva a ekonomické aspekty

řídí Ing. Vladimír Kohout

9:20 – 9:40

Ing. Vladimír Kohout, MEAS-VMK, s.r.o. - Vyhánění čerta ďáblem

9:40 – 10:00

Ing. Miloš Hernych, TUL Liberec – Řízení výroby, nákupu a prodeje elektřiny

Jaderná energetika

řídí Ing. Aleš John, MBA

10:00 – 10:20

Ing. Kamil Ševanka, MPO, - Aktuální pohled na rozvoj JE v ČR

10:20 – 10:40

Ing. Petr Neumann, CSC. - Jaderné teplárny a výtopny – Pohled na České možnosti

10:40 – 11:10

Přestávka na kávu

Následují dělené sekce

Hlavní sál

Jaderná energetika

řídí Ing. Aleš John, MBA

11:10 – 11:30

Ing. Oldřich Daněk, ČEZ, a.s. - Rolls-Royce SMR v ČR: design a energetické využití

11:30 – 11:50

Ing. Michal Nejezchleb, Elektrárna Dukovany II, a.s. - Projekt APR1000 pro Dukovany

11:50 – 12:10

prof. Ing. Karel Katovský, Ph.D., VUT v Brně – Studijní programy VUT Brno

12:10 – 12:30

Ing. Edita Bromová, Stellar Nuclear, s.r.o. - Nové technologie – Projekt Raven

Vedlejší sál

Zařízení pro kombinovanou výrobu tepla a elektrické energie

řídí prof. Ing. Stanislav Veselý, CSc.

11:10 – 11:30

Ing. Tomáš Štěpán, Flamelogy, s.r.o. - Speciálně navržené kotle pro kombinovaný provoz využívající různé zdroje tepla

11:30 – 11:50

Ing. Milan Kořista, Ph.D., Siemens Energy, s.r.o. - Technické aspekty akumulace energie ve velkém měřítku

11:50 – 12:10

Ing. Stanislav Kubiš, CSc., Siemens Energy, s.r.o. - Špičkovací akumulační elektrárny

12:10 – 12:30

Ing. Tomáš Klíma, ECOL Industrial, s.r.o. - Úskalí uvedení plynových motorů do provozu

12:30 – 13:40

Oběd

Hlavní sál

Jaderná energetika
řídí Ing. Aleš John

13:40 – 14:00
prof. Dr. Ing. Jiří Maryška, CSc., TU Liberec – Hodnocení vlivu inženýrských bariér na migraci radionuklidů porušených kontejnerů s obsahem jaderného paliva

Návrh a realizace kotlů
řídí Ing, Michal Enžl

14:00 – 14:20
Ing. Petr Svoboda, SES, a.s. - Výstavba paroplynového cyklu v Teplárně Komořany

14:20 – 14:40
Ing. Václav Suchý, Engineering Praha, a.s. - Kotelna Brno Maloměřice

14:40 – 15:00
Ing. Filip Jedlička, Ph.D., EVECO Brno, s.r.o. - Komplexní zákotlí pro biomasu

15:00 – 15:20
Ing. Hynek Lang, ČEZ, a.s. - PPC v EGT Mělník

Vedlejší sál

Materiály pro energetická a jaderná zařízení
řídí Ing. Lukáš Řehořek, Ph.D.

13:40 – 14:00
doc. RNDr. Libor Mrňa, Ph.D., UPT AVČR - Využití nové hybridní svařovací technologie WoGaWe pro materiály v energetice

14:00 – 14:20
Ing. Petr Havlík, Ph.D., VUT v Brně - Svařování oběžného kola kompresoru z maraging oceli 17-4 PH pomocí technologie elektronového svazku

14:20 – 14:40
Ing. Lukáš Řehořek, Ph.D., VUT v Brně - Technologie studené kinetické depozice a její uplatnění při dimenzionálních opravách

14:40 – 15:00
Ing. Martin Slaný, Ph.D., VUT v Brně - Navařování inconelových superslitin v energetice - technologie prodlužování životnosti teplotně a chemicky namáhaných komponent

15:00 – 15:20
Ing. Jiří Dvořák, Ph.D., UFM AVČR - Vliv provozní degradace makrostruktury na creepové chování oceli pro energetická zařízení

15:20 – 15:50
Přestávka na kávu

Hlavní sál

Technická řešení pro energetické využití odpadů

řídí RNDr. Jana Suzová

15:50 – 16:10

Ing. Jan Grossmann, ČEZ, a.s. - ZEVO Mělník: Na cestě k realizaci

16:10 – 16:30

Ing. Pavel Drápela, SES, a.s. - Druhý rok výstavby EVO Komořany z pohledu zhotovitele

16:30 – 16:50

Ing. Jana Hladová, United Energy, a.s. - ZEVO Komořany

16:50 – 17:10

Ing. Tomáš Žižka, Pražské služby, a.s. - ZEVO Malešice

17:10 – 17:30

RNDr. Jana Suzová, SAKO Brno, a.s. - Mýty a fakta o energetickém využívání odpadů

19:00

Společenský večer

Restaurace **BAROKO**, Orlí 17, Brno

Úterý 10. 3. 2026

Provoz, údržba, měření a servis energetických zařízení

řídí Ing. Pavel Křemínský

9:00 – 9:20

Ing. Bořek Neumann,ČEZ, a.s. - Spalování biomasy v teplárnách

9:20 – 9:40

Ing. Petr Jirava, ČEZ, a.s. - Elektrárna Ledvice - Provoz 2025 a energetický mix po roce 2030

9:40 – 10:00

Ing. Přemysl Kól, Ph.D., SES, a.s. - Retrofit stávajících uhelných kotlů na jiná paliva, zkušenosti z provozu

10:00 – 10:20

Ing. Ondřej Peichl, SES, a.s. - Zvýšení účinnosti kotle pomocí kondenzace spalin, provozní zkušenost

10:20 – 10:50

Přestávka na Kávu

10:50 – 11:10

Ing. Vlastimil Otáhal - Chemické čištění nových a provozovaných kotlů - nové trendy

11:10 – 11:30

Ing. Tomáš Nágl, TRANSPORTA Technology, s.r.o. - Odtah a chlazení popelovin

11:30 – 11:50

Ing. Pavel Křemínský, SES, a.s. - Rekonstrukce olejo-plynového kotle pro snížení emisních parametrů – data z provozu

12:00 – Ukončení konference a oběd

Firemní prezentace v lobby hotelu

Bosch Termotechnika s.r.o.

ECOL Industrial s.r.o.

AJV energo, a.s.

Codet trade s.r.o.

DITHERM, a.s.

KOTLE, TEPELNÁ A JADERNÁ ENERGETIKA 2026
Brno, 9. - 10.3.2026

Vyhánění čerta ďáblem

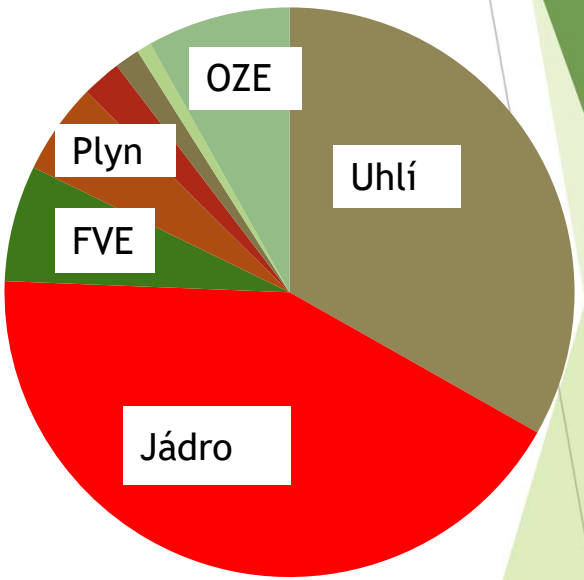
Vladimír Kohout
MORAVSKÁ ENERGETICKÁ A.S.

VYHÁNĚNÍ ČERTA ĎÁBLEM

- Dekarbonizace odstavením uhelných elektráren a využití zemního plynu,
- Zemní plyn, přechodové palivo?,
- Náhrada ruského plynu zkapalněným ZP,
- Zdroje zkapalněného plynu – hlavně USA a Katar,
- O kolik se sníží emise náhradou uhlí LNG?
- Nevyháníme čerta ďáblem?

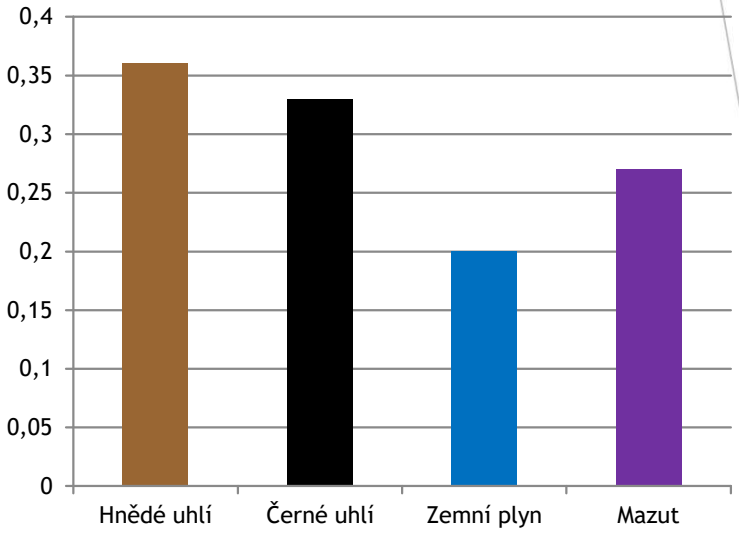
VÝROBA ELEKTŘINY V ČESKÉ REPUBLICE V ROCE 2025

- Hnědé a černé uhlí 23,7 TWh
- Jaderné elektrárny 30,3 TWh
- Fotovoltaické elektrárny 4,71 TWh
- Plynové elektrárny 3,7 TWh
- Vodní elektrárny 1,6 TWh
- Přečerpací elektrárny 1,0 TWh
- Větrné elektrárny 0,6 TWh
- Ostatní obnovitelné zdroje 5,8 TWh
- Celkem výroba elektřiny 71,4 TWh



Množství CO2/MWh výhřevnosti paliva

Hnědé uhlí0,36 t/MWh,
Černé uhlí 0,33 t/MWh,
Zemní plyn 0,20 t/MWh,
Mazut 0,27 t/MWh,
Biomasa 0 t/MWh



Spálením zemního plynu vznikne 56 % CO2 proti hnědému uhlí. Platí to i pro LNG?

Emisní stopa LNG

Problémem LNG není jen CO2, ale emise metanu při těžbě, přepravě a zplyňování zemního plynu,

Podle Mezivládního panelu pro klima (IPCC) je metan odpovědný za 30 - 40 % globálního oteplování,

Skleníkový efekt metanu je 28x silnější než CO2,

Emisní stopa těžby, dopravy, zkapalnění a spalování LNG je o 20 - 33 procent větší než využití uhlí (prof.Howarth, Cornellova univerzita)

Skleníkový efekt LNG

Prof. Robert W. Howarth, Department of Ecology & Evolutionary Biology, Cornell University, Ithaca, New York, USA, 2024

- **Studie Cornellovy univerzity v USA z roku 2024 uvádí, že LNG je kvůli úniku metanu emisně horší než spalování uhlí.**
- Metan uniká zejména při explozivním štěpení břidlicových hornin,
- Další ztráty vznikají při zkapalnění, přepravě a opětném zplyňování LNG,
- Při nejmodernějším procesu celého životního cyklu LNG od těžby, přepravy, zpracování až po spálení je LNG údajně o 20 - 33 % horší než emise, způsobené těžbou a spálením stejného množství uhlí.

Emisní stopa LNG

Emise metanu z těžebního procesu	38 %,
Emise metanu při zkapalnění ZP	9 %,
Přeprava do přístavu	5 %,
Přeprava tankery (průměr)	6 %,
Ostatní ztráty metanu	8 %
Celkem emise metanu	66 %
Emise CO2	34 %

Emisní stopa LNG

Produkce a přeprava břidlicového plynu uvolňuje značné množství metanu,

Oxid uhličitý (CO_2) z koncového spalování LNG přispívá pouze 34 % k celkové emisní stopě LNG, zbývajících 66 % je metan.

Přeprava LNG tankerem

NEJVĚTŠÍ UHELNÉ ELEKTRÁRNY V ČR

Elektrárna	Inst. výkon MW	Palivo
Chvaletice	820	hnědé uhlí
Mělník II	220	hnědé uhlí
Opatovice	375	hnědé uhlí
Počerady	1000	hnědé uhlí
Prunéřov	750	hnědé uhlí
Tušimice II	800	hnědé uhlí
Ledvice	770	hnědé uhlí
Celkem	**4 735**	

VÝROBA ELEKTŘINY PODLE ZDROJŮ V ROCE 2025

ZDROJ	Výroba GWh	Palivo
Jaderné elektrárny	32 067	
Parní elektrárny	30 656	Uhlí
Paroplyn	2 010	Zemní plyn
Plynové zdroje ostatní	3 937	Plyn
Vodní elektrárny	2 656	
Přečerpací elektrárny	1 055	
Fotovoltaické	4 266	
Větrné elektrárny	655	

ČÍM MŮŽEME NAHRADIT ZRUŠENÉ UHLÍ?

Pro zjednodušení uvažujme jen ty velké uhelné elektrárny a bez 600 MW v Ledvicích, tedy asi 4000 MW

Průmyslové a teplárenské zdroje si musí nějak poradit, buď plyn nebo biomasa,

Možná nahradíme 1000 MW obnovitelnými zdroji, tedy FVE a větrem. Zbývá 3000 MW.

Nahradit je můžeme dovozem elektřiny nebo výstavbou paroplynových elektráren.

Zajímavé jsou jen ty větší kombinované cykly s účinností kolem 60 %.

KOMBINOVANÉ CYKLY SIEMENS

Výrobce CCP	Typ	Výkon MW	Účinnost %	Odhad miliard Kč
SIEMENS Energy	2 x SCC5-4000F	1 140	60,0	25
SIEMENS Energy	2 x SCC5-4000F	1 140	60,0	25
SIEMENS Energy	2 x SCC5-4000F	1 140	60,0	25
Celkem		3 420		75

Německo hodlá postavit až 20 GW inst. výkonu v paroplynu, to je 10 až 15 PPC bloků,

Už dnes jsou objednací termíny PPC 10 a více roků.

Kombinovaný cyklus SGT 800 MW Siemens – 2 bloky po 400 MW

KOTLE, TEPELNÁ A JADERNÁ ENERGETIKA 2026
Brno, 9. - 10.3.2026

Vyhánění čerta (uhlí) ďáblem (LNG)

Děkuji za pozornost

Vladimír Kohout, Moravská energetická a.s.

FAKULTA MECHATRONIKY,
INFORMATIKY A MEZIOBOROVÝCH
STUDIÍ TUL

Řízení výroby, nákupu a prodeje elektřiny

Miloš Hernych

milos.hernych@tul.cz

Aktuální stav v ČR

Podpora státu vedla zejména k masivnímu nárůstů počtu instalací FVE v rezidenční výstavbě.
K 10. 2. 2026 bylo proplaceno celkem:

- Nová zelená úsporám 2021+ Rodinné domy (do 30. 6 .2023) 106 855 FV elektráren
- Nová zelená úsporám 2023+ Rodinné domy (od 26. 9 .2023) 49 557 FV elektráren
- Nová zelená úsporám 2025+ Rodinné domy (od 20. 2 .2025) 12 287 FV elektráren
- Nová zelená úsporám Bytové domy (do 30. 6. 2023) 585 FV elektráren
- Nová zelená úsporám Bytové domy (od 19. 9. 2023) 1 417 FV elektráren
- Nová zelená úsporám Light (pouze off-grid akumulace do vody) 27 537 FV elektráren

Celkem připojeno k síti k 31. 12. 2025:
239 tisíc FVE s 5,16 GWp, 193 753 bat. úložišť s celk. kap. 2,549 GWh.

Celková výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů dosáhla v roce 2025 přibližně 12,1 TWh, což odpovídalo zhruba 17 % celkové výroby elektřiny v České republice, z toho FVE 38,9 % (4,7 TWh).

https://novazelenausporam.cz/prehled-prijemcu/
https://www.solarniasociace.cz/, https://www.akubat-asociace.cz/
https://oenergetice.cz/energostat/report/rocni/2025

Porovnání s jinými zeměmi EU

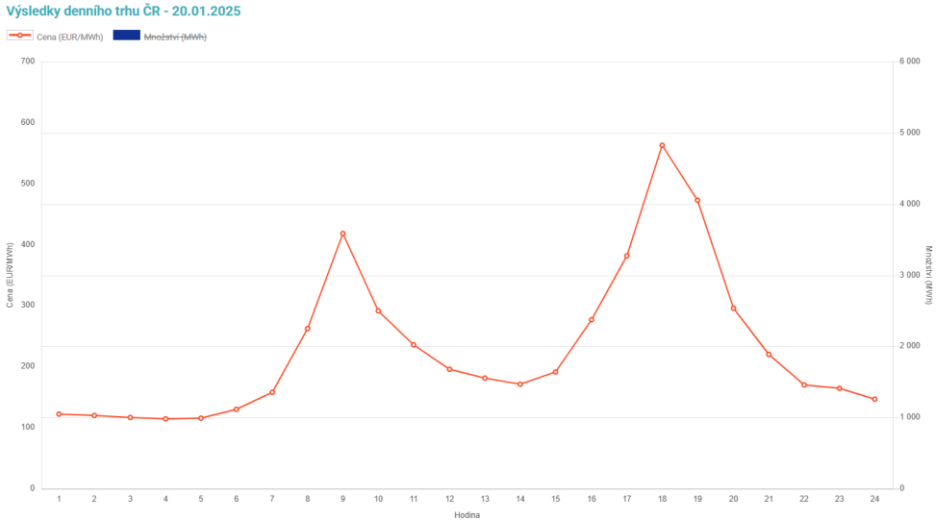
	instalovaný výkon [GWp]	počet obyvatel	výkon [kWp]/os	
Nizozemsko	26,00	17,88	1454	
Německo	116,80	83,28	1402	
Rakousko	8,48	9,13	929	
Dánsko	7,79	8,89	876	+ 7 GWp větrné
Švýcarsko	7,70	9,59	803	
Španělsko	38,59	48,35	798	
Maďarsko	3,95	5,95	664	
Polsko	20,20	36,69	551	
ČR	**5,16**	**10,86**	**475**	
Slovensko	0,68	5,43	125	
Austrálie	38,47	26,66	1443	
Čína	887,90	1411,00	629	
USA	177,49	340,10	522	

https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_power_by_country

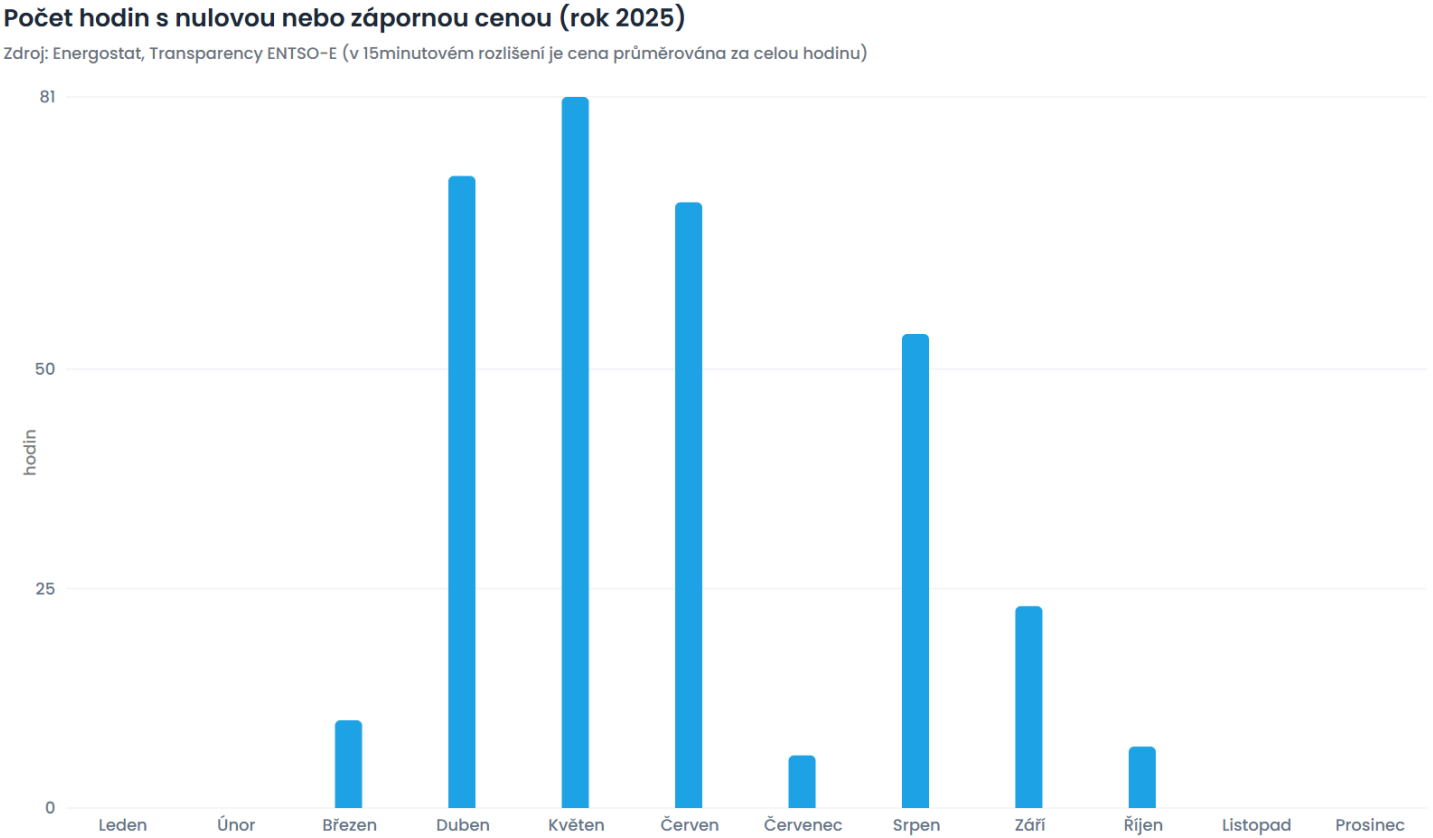
Důsledky – extrémní výkyvy cen

11. května 2025 14h: -224,49 EUR/MWh,

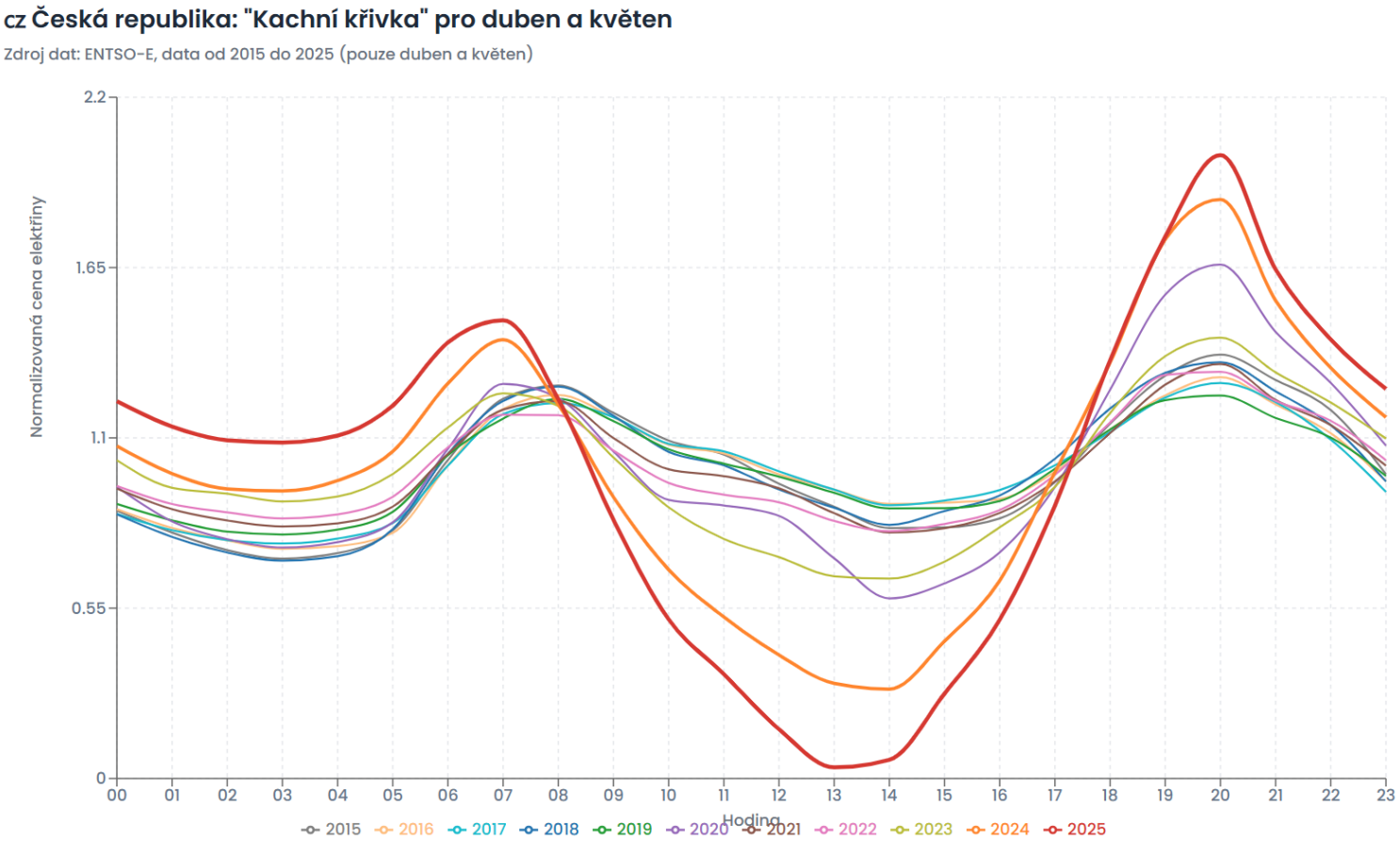
20. ledna 2025 18h: +563,13 EUR/MWh.



Důsledky – nulové/záporné výkupní ceny



Důsledky – cenová nerovnováha v průběhu dne



Co s tím?

Není pravda, že FVE jsou „neřiditelné“.

K dispozici je hypoteticky 240 tisíc FVE/ 5,16 GWp s 200 tisíci bateriemi/2,5 GWh, s kterými by bylo možné pracovat a využívat ke stabilizaci sítě a regulaci.

- Spotový trh je tržním vyjádřením aktuální ceny energie.
- Komunitní energetika problém řeší pouze částečně.

Je možné vytvářet přirozený tlak na provozovatele rezidenčních instalací, protože:

- Fixní výkupní ceny elektřiny dlouhodobě klesají, obchodníci s energiemi nemají zájem o výkup,
- Průměrné nákupní ceny ve spotu jsou nižší, než ceny fixované,
- S využitím akumulace a/nebo řízení spotřeby lze omezit/eliminovat cenové špičky.

Je ovšem třeba mít nástroje na dynamické řízení malých FVE instalací.

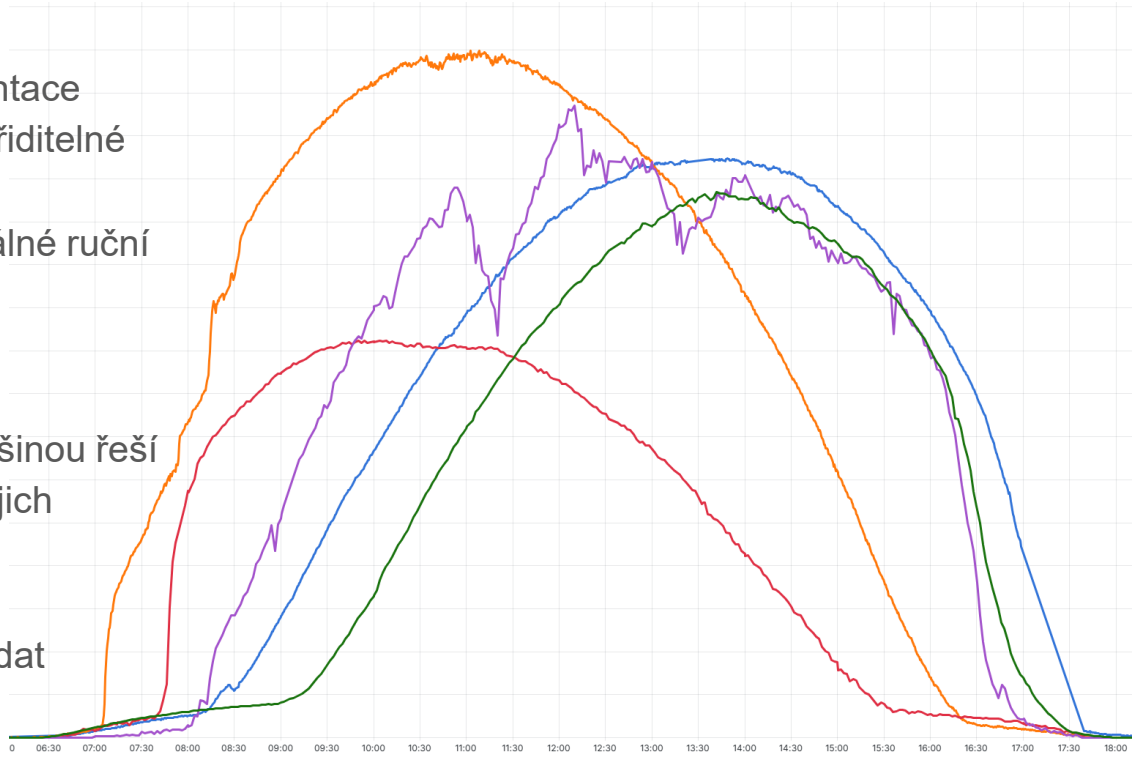
Optimalizace provozu FVE (s baterií)(ve spotu)

Problémy:

- Velké množství instalací
- Každá je v zásadě unikát – výkon a orientace panelů, střídače, velikosti a typy baterií, řiditelné spotřebiče, provoz domácnosti,…
- S přechodem na 15minutový trh není reálné ruční ovládání, nutné automatizovat
- Běžný provozovatel…

Komerční jsou řešení dostupná, nicméně většinou řeší potřeby obchodníků s energiemi, případně jejich ekonomická návratnost nebývá příliš veliká.

Na FM TUL se již nějakou dobu snažíme hledat technická řešení.



Data z výroby 5 vybraných FVE 3. 3. 2026

BSP Mechatronika/Chytré technologie

V roce 2021 na FM akreditována v rámci studijního programu Mechatronika specializace Chytré technologie se zaměřením na energetiku, chytré budovy, smart cities, elektromobilitu atd.

Nakládání s energiemi je jednou z oblastí pro semestrální, ročníkové a závěrečné práce, možnost pracovat s reálnými technologiemi je pro studenty motivační.

Testbed pro testování řídicích algoritmů

Základním problémem je přístup k reálným systémům a technologiím – získána skupina „dobrovolníků“ z řad majitelů domácích FVE.

Metodou pokus/omyl bylo ověřovány koncepty různých nástrojů, technologií a algoritmů.

Decentralizované autonomní řídicí systémy (např. PLC) nepříliš vhodné

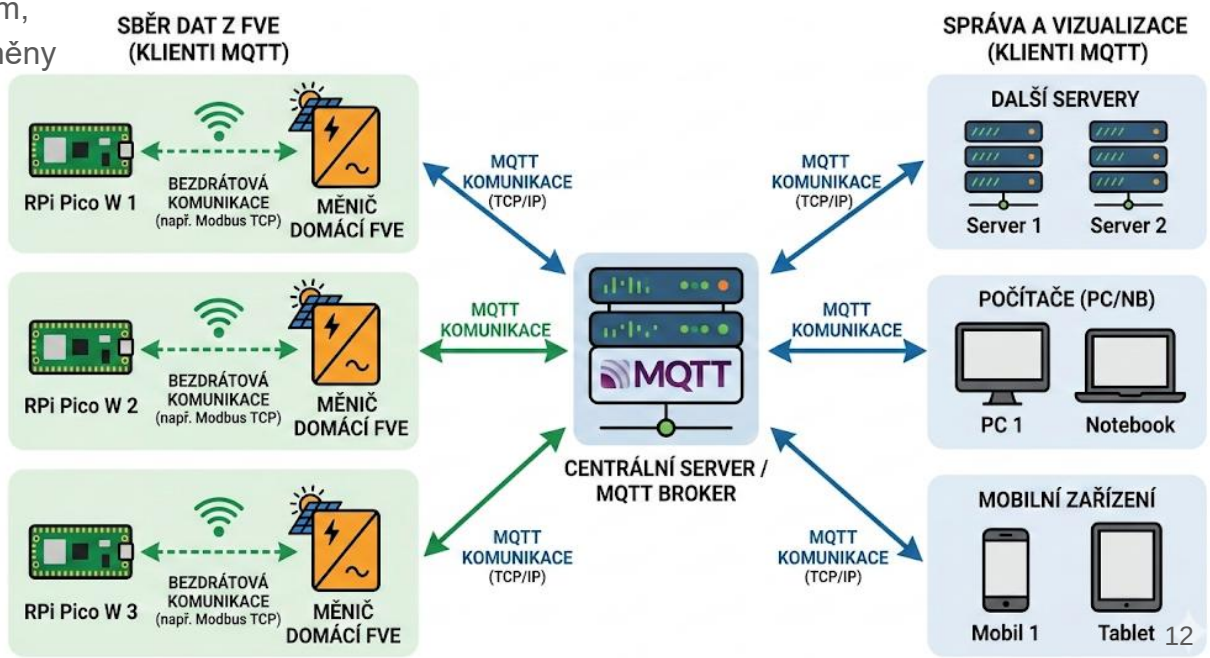
- Každý zásah do algoritmu nutné replikovat na všechny instalace,
- Komplikované ladění a sledování,
- Problematický sběr/archivace dat.

Testbed pro testování řídicích algoritmů

Server
- řídí komunikaci s tenkými klienty,
- získává data o cenách, předpovědi počasí a výroby z různých modelů,
- informace agreguje, ukládá do SQL databáze,
- přes MQTT poskytuje dalším aplikacím,
- aplikakce mohou server požádat o změny

Výhody:
- centrální dohled,
- data v jednom místě,
- škálovatelnost,
- Individualizace,
- otevřenost,
- snadná integrace další prvků.

Tenký klient
- v objektech dobrovolníků Raspberry Pico W
- přes MQTT šifrovaně komunikují se serverem
- podporují TCP/IP, TCP/UDP, Modbus, RS485, proprietární protokoly,…



Testbed pro testování řídicích algoritmů

Podpora střídačů (aktuálně):
- GoodWe,
- Solax,
- Deye,
- FoxESS.

Podpora ekosystému Shelly
- Možnost ovládání spotřebičů typu bojlery, akumulační nádrže, nabíječky EV
- Možnost ovládání zařízení SmartGrid (TČ), topné křivky apod. (Regulus, PZP)

Příprava podpory IrDA
- Klimatizace a další zařízení

Možnost implementace dalších prvků s podporou komunikace přes Internet.

„Chytré“ řízení výroby a spotřeby

Potřeba predikce výroby a spotřeby

- Modely spotřeby z historických dat.
- Kapacita, rychlost nabíjení a vybíjení baterií.
- Spotřeby objektu a výroby FVE – 1h, od 1. 10. 2025 ¼ h.
- Předpověď/stav počasí – teplota, vítr, oblačnost, vlhkost.
- Modely výroby FV na Internetu - často nepřesné.

Testování různých AI nástrojů.

„Chytré“ řízení výroby a spotřeby

Příklady testovaných algoritmů

Zimní režim

- Vyhledávání nejnižších denních cen a nabíjení baterií, pokud se „vyplatí“.
- Řízené vybíjení v době vysokých cen.
- Rezervace kapacity podle předpovědi výroby.
- Omezený počet změn – klouzavé průměry, kachní křivka – typicky 2x denně.
- Odhady spotřeb, vybití baterie - blokace nebo omezení, přebytky – zvýšení vlastní spotřeby.

Letní režim

- Odhad spotřeby do zahájení výroby, přebytek za nejvyšší cenu do sítě.
- Výroba přednostně do sítě, baterie dobíjet až v době nízké ceny.
- Odhad spotřeby po skončený výroby, prodej přebytku v odpolední špičce.

„Chytré“ řízení výroby a spotřeby – zimní režim

Příklad z 18. 2. 2026
Velký rodinný dům v Jizerských horách
Elektrárna 10 kWp
Baterie 10 kWh
Topení TČ voda/voda

Nákup do baterie
Čerpání z baterie

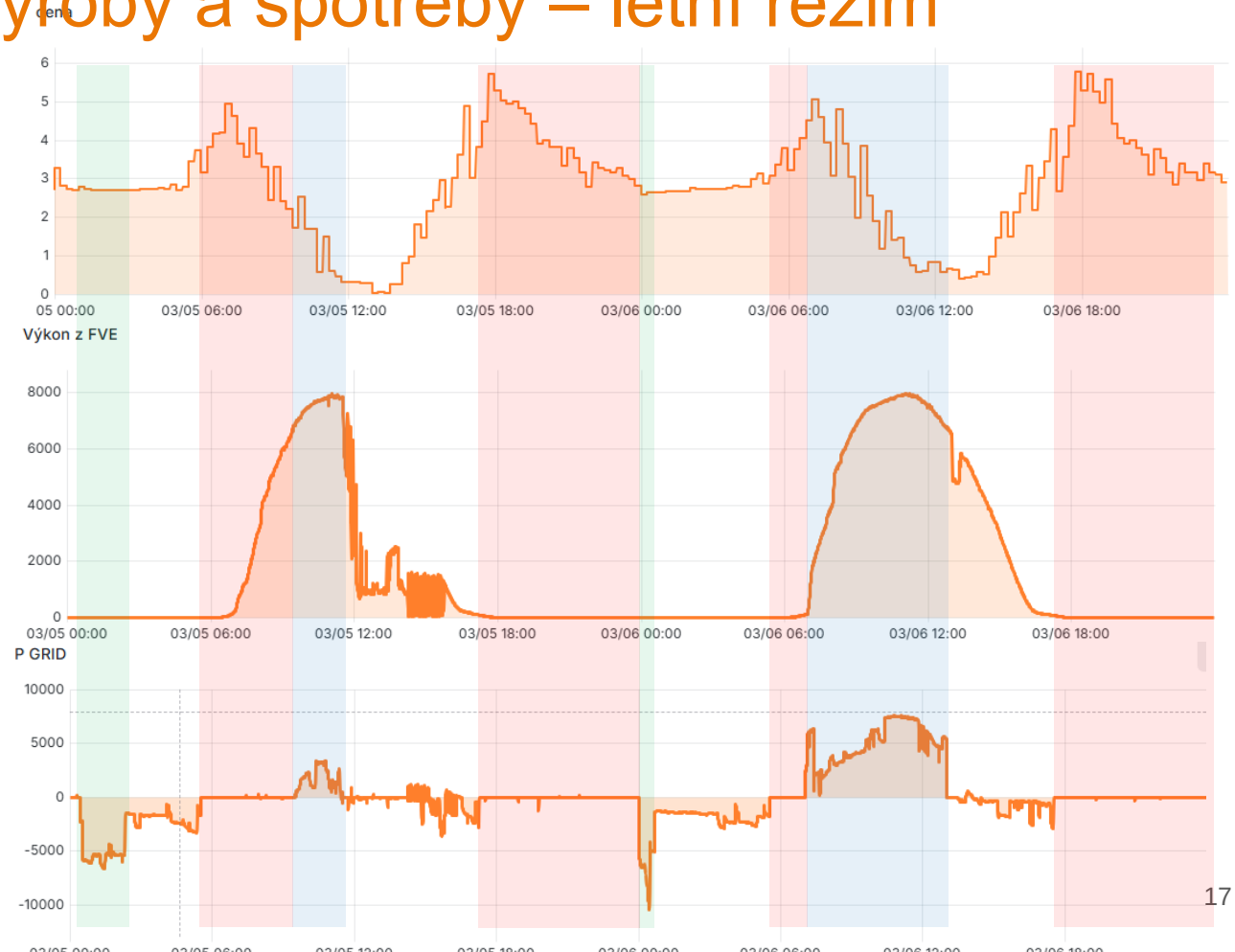
	nákup [kWh]	cena nákupu [Kč]	cena "spotřeby" [Kč]	úspora [Kč]
ráno	6,60	17,94	27,84	9,90
odpoledne	7,50	19,81	27,00	7,19

„Chytré“ řízení výroby a spotřeby – letní režim

5. - 6. 3. 2026
Větší rodinný dům v Českém ráji
Elektrárna 10 kWp
Baterie 15 kWh
Topení TČ vzduch/voda

Nákup do baterie
Čerpání z baterie
Prodej do sítě

	prodej [kW]	prodej brutto [Kč]	prodej netto [Kč]
5.3.	4,00	5,77	3,77
6.3.	39,40	70,97	51,27



FAKULTA MECHATRONIKY,
INFORMATIKY A MEZIOBOROVÝCH
STUDIÍ TUL

Děkuji za pozornost

Jaderné teplárny a výtopny – pohled na České možnosti

Ing. Petr Neuman, CSc.
člen Spolku Jaderní veteráni (F.NV.)

Odborná konference
Kotle, tepelná a jaderná energetika
9. – 10. března 2026
OREA Congress Hotel Brno

Anotace

V úvodu bude vysvětlena terminologie energetiky; elektroenergetiky a teplárenství; v oblasti zdrojů, přenosu, distribuce i spotřeby.

Terminologie zahrne porovnání realizace teplárenství s „fosilními“ a „moderními jadernými“ zdroji, tedy Klasické (fosilní), vs. Jaderné teplárenství (jaderník – primárista a sekundárista, teplárník).

Uvedeny budou dva velké projekty jaderného dálkového vytápění (SCZT) v Česku, včetně technických parametrů pro porovnání.

S konkrétními technickými informacemi bude uvedeno, proč MAAE (IAEA) označuje Slovensko jako Evropského lídra ve využívání jaderného vytápění.

Následovat bude část o Teplárenství v České republice (vhodné teplárenské lokality, ČEZ a soukromí investoři, srovnání potenciálu v Česku - Polsku - Slovensku, tabulkové srovnání zdrojů KVET a elektráren).

Pro jaderné teplárenství budou uvedeny charakteristiky zdrojů velkých a SMR. Z toho vyplyne zamyšlení nad kapacitními možnostmi odběru tepla pro lokální vytápění a dodávku tepla do rozsáhlých SCZT.

Budou prezentovány návrhy na řešení jaderného teplárenství a v závěru zazní relevantní návrhy na zvýšení účasti českých průmyslových podniků na jaderné energetice, vycházející z konkrétních podmínek a požadavků.

Pozn: Na této konference máme příležitost všechny skupiny energetiků vzájemně informovat a „seznámit“.

Vysvětlení pojmů energetiky a elektroenergetiky

„terminologie“ platná pro jaderné i konvenční (fosilní) energetiku

(1) energetické zdroje:

- teplárenské, kogenerační, hybridní, kombinované KVET =

Kombinovaná Výroba Tepla a Elektřiny

- výtopenské (dodávají externím zákazníkům pouze teplo pro vytápění);

- elektrárenské (dodávají externím zákazníkům pouze elektřinu);

(2) tepelné soustavy pro vytápění:

- Soustavy zásobování teplem (SZT), centrální SZT (CSZT), District Heating Network (DHN);

- horkovodní (130/70 °C), **teplovodní** (do 95/35-45 °C)**, parní =** (nenormalizováno, podle parametrů zdroje, možností strojovny a BVS, a podle požadavků odběratele)

(1) energetické zdroje - podrobnější „terminologie“ **:**

- jaderné: velké (> 700 MWe) a SMR (malé < 300, střední < 700),
elektrárenské, „hybridní“ (používáno pro SMR), výtopenské

- fosilní: uhelné, plynové (PPC), KJ benzinové či naftové - TTO
TTO … Těžké Topné Oleje; KJ … Kogenerační Jednotky; PPC … Paroplynové elektrárny

- obnovitelné (OZE):
(a) klasické (vodní průtočné a přečerpávající, geotermální$_{min}$, přílivové$_{0}$);
(b) „moderní“ (fotovoltaické - FVE, solární$_{0}$; větrné - VtE)

FVE, VtE (OZE) – nazývané v Česku též „**občasné** (náhodně)“
podle Bruselu korektně: **intermitentní** (angl. intermittently working,
tzn. přerušovaně s přestávkami fungující, nebo nesouvisle pracující);
volativní (angl. volatile, tzn. znamená nestálý, proměnlivý, nestabilní).

Pro stabilitu soustavy by OZE měly být „**občasné** (řízeně)“

Část A. TEPLÁRENSTVÍ

I. Jaderné teplárenství

V této kategorii jsou dosud „jaderníci a teplárníci“ dvě dosti oddělené skupiny.
*termín **jaderník** (dělení na **primáristy = reaktoristy** a **sekundáristy**) vs. **teplárník***

II. Klasické (fosilní) teplárenství

Dlouhodobě dobré zkušenosti s dálkovým horkovodem lze doložit na 30 let provozovaném horkovodu EMĚ-Praha, který je dlouhý nikoliv 34 km, *jak se obvykle publikuje*, ale 64 km, protože z Třeboradic pokračuje tlakově neoddělený páteřní Pražský horkovod až do Teplárny Krč na jihu Prahy.

III. Společné poznámky

To znamená, že tímto parametrem je prakticky **shodný s projektem „EDU-Brno“**
(41 + 19 „západní kosa = okružní městský napáječ“ = 60 km).

Z pohledu teplárenského je úplně jedno, jestli primárním zdrojem tepla pro dálkový lokální vytápění či pro horkovod (tepelný napaječ - TN) je:

a. **uhlí nebo zemní plyn (pro EMĚ I, EMĚ II; nebo po modernizaci plyn PPC 1,2,3),**
b. **jaderný zdroj (budovaný projekt EDU – Brno).**

Dva velké projekty dálkového vytápění (TN – tepelný napáječ, resp. dálkový horkovod – HV)

1.1. První TN JETE-České Budějovice

V současné době se provozuje tepelný napáječ z **JETE do 27 km vzdálených Českých Budějovic,** od topné sezóny 2023/2024. JETE dodává podle projektu **horkovodem s kapacitou 100 MWt pomocí topné vody v zimě o teplotě 140°C výkon** cca **1000 TJ/rok**.

1.2. Menší projekt dálkového vytápění je **JETE-Týn nad Vltavou**, vzdálenost 7 km, v provozu od uvedení do provozu bloků ETE 1.,2., zprovozněn v roce 2003.
Kapacita horkovodu je **20 MWt s dodávkou cca 200 TJ/rok**.

2.2. Druhý TN JEDU-Brno.

V současnosti je projekt horkovodu **EDU – Bosonohy – SZT Brno** projektovaný a připravovaný k výstavbě. Sestává se z dálkového úseku **EDU – Bosonohy s délkou 41 km**, a okružního západního **městského napáječe** (Bohunice) - Bosonohy – Kohoutovice – Bystrc – Komín - Jundrov – Medlánky (napojení na stávající SZT), **dlouhého 19 km**.
V první provozní etapě bude přenášený výkon napáječe asi **200 MWt s roční dodávkou 2000 TJ**.

Tab. 1. Srovnávací tabulka jednotlivých soustav SZT (SCZT)

parametry SCZT	EDU-Bosonohy-Brno	ETE-ČB	EMĚ-Třeboradice-Praha	EBO-Trnava-Hlohovec
stav	Příprava (2030)	Spuštění (23/24)	provoz (1995)	provoz (1985)
počet ob. [tis]	380	95	1300	65+30=95
Pokrytí spotřeby [%]	50	34	80	-
dodávka [TJ/r]	2000	1000	9000	2100
výkon [MWt]	200	100	650 (max 730)	210 (240 původně)
tlak vody max [MPa]		2,37	2,45	-
průtok vody [t/h]	2400	≈ 1500	6000 (560 MWt) 8300 (650 MWt)	-
teplotní spád [°C]	zima: 142/65 léto: 80/60	140/70	140/70	140/70 (150/70 původně)
potrubí 2x [mm]	DN700	DN500	DN1200	DN700
délka trasy [km]	41	27	34	16 + 8
teplotní ztráta [°C]		-	standard 1, max 2	-
navazující [km]	19	-	30	-
navazující 2x [mm]	DN600 – DN100	-	DN800 – DN500	-
celková délka [km]	60	-	64	24
max spotřeba [km]		-	74,5	-
zdroj dat	[1]	[2]	[3]	[4]

Podklady pro porovnání horkovodů EDU-Brno, EMĚ-Praha, a EBO--Trnava jsou v následující literatuře:

Literatura

[1] Šroubek M.: Teplo pro Brno (Tepelný napáječ Dukovany – Brno). **Dny Teplárenství a energetiky 2023**, 26.4.2023, Olomouc.

[2] Král V.: Komunitní energetika z pohledu městské teplárny. **Dny Teplárenství a energetiky 2023**, 26.4.2023, Olomouc.

[3] Hora M., Liška Z., Neuman P.: Horkovodní napáječ „EMĚ–Třeboradice–Praha“, nejdelší a nejvýkonnější v Evropě. časopis **All for Power**, č.3, 2023.

[4] Neuman, P.: Slovensko – Evrópsky líder vo využívaní jadrového vykurovania. **ATP Journal**, č.6 (1 diel), č.7 (2 diel), č.8 (3 diel), 2020.

[5] Neuman, P.: Možnosti využitia malých modulárnych jadrových blokov SMR v energetike a teplárenstve v porovnaní s veľkými blokmi. In: **ATP Journal**, 2022,
č. 4, s. 60 – 61 (1. časť), č. 5, s. 58 – 60 (2. časť), č. 6, s. 56 – 57 (3. časť), č. 7, s. 40 – 43 (4. časť).

[6] Neuman, P.: Jadrové bloky SMR s odberom tepla pre sústavy SZT. In: **ATP Journal**, 2024,
č. 6, s. 24 – 25 (1. časť), č. 7, s. 40 – 42 (2. časť).

Slovensko – Evropský lídr ve využívání jaderného vytápění

Informácie MAAE (IAEA)

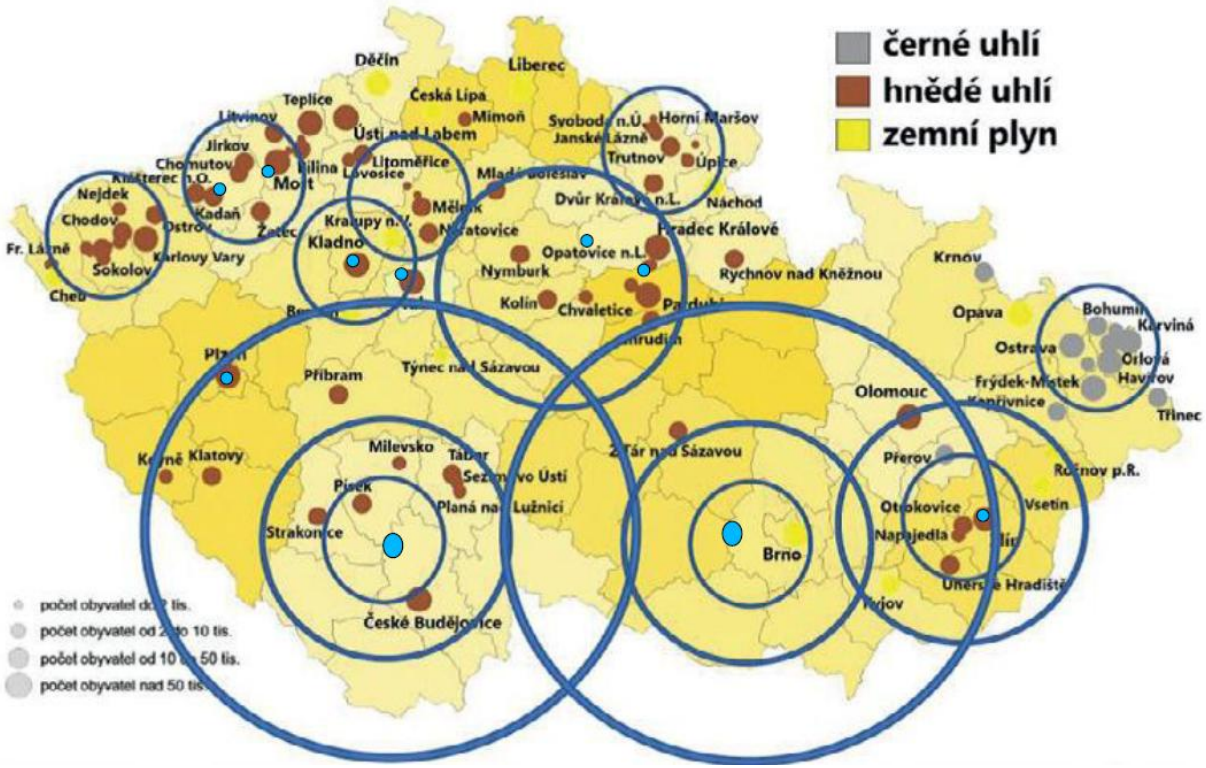
Najdlhšia dodacia vzdialenosť znama MAAE je 24 km na Slovensku (JEBO – Trnava – Hlohovec)
a 64 km (JE Kola), 50 km (JE Novovoroněž) v Rusku .
O vybranych existujucich projektoch sledovanych MAAE sú uvedene udaje v **Tab. 2** (JEBO s relativně největším odběrem).

Country	Unit name	Power MWe	Heat output MWt
Bulgaria	Kozloduy 5/6	953	20
Hungary	Paks 3/4	433	30
Slovakia	Bohunice 3/4	408	240
Switzerland	Beznau 1/2	365	80
Ukraine	Rovno 1/2	363	58
Ukraine	Rovno 3	950	233
Ukraine	South Ukraine 1/2	950	151
Ukraine	South Ukraine 3	950	232

Tab. 2. *Vybrané komerčné prevádzkované jadrové SCZT na paru alebo teplú vodu*

Parametre ďalších SCZT pri JEOT s viacerymi blokmi (Rusko: Novovoronež, Kola) su v Lit. **[5].**

Část A.1. Teplárenství v České republice



Obr.1. *Teplárenské lokality pro využívání jaderných bloků obecně v ČR (velké kružnice označují EDU a ETE)*

V České republice můžeme hypoteticky uvažovat následující soukromé energetické hráče (např. pro **SMR**):

1. **SevEn** (Pavel Tykač) – vlastník Elektráren **Chvaletice** (ECHV) a **Počerady** (EPOC), a tepláren **Kladno** a **Zlín**.
2. **EPH** (Daniel Křetínský) – vlastník Elektráren **Opatovice** (EOP), **Komořany** (UE KOM) a **Plzeňské teplárenské**.
3. francouzská **VEOLIA Česká republika** – vlastník **Pražské Teplárenské** soustavy (PTS = PT + levobřežní zdroje).

Data pro porovnání potenciálu v Česku, Polsku, Slovensku je v **Tab. 3.** Další seznam lokalit SZT v ČR je uveden v **Tab. 4.**

Tab. 3. Teplárenství v Česku, Polsku, (Slovensku *– doplněno z jiného zdroje: ÚRSO*) **– potenciál ve spotřebě tepla [TWh]**

zdroj: ***Euroheat & Power Congress 2025, Prague*** *- prezentace CALOGENA. nejednotná s* ***Tab. 4****.*

20 TWh

	City	GWh/year
1	Praha	3 311
2	Mělník (Praha)	2 834
3	Hradec Králové	912
4	Opatovice	1 132
5	Litvínov	688
6	Plzeň	890
7	Ústí nad Labem	831
8	Mladá Boleslav	476
9	Most - Komořany	453
10	Prunéřov	362

63 TWh

	City	GWh/year
1	Warszawa	10159
2	Wrocław	5128
3	Łódź	3220
4	Kraków	3116
5	Gdańsk	1979
6	Szczecin	1512
7	Lublin	1287
8	Katowice	1190
9	Sosnowiec	1141
10	Bydgoszcz	1060

15 TWh

MHTH a.s. 1,2,3,4,5,6	City DHN	GWh/year
1	Bratislava	884
2	Trnava	250
3	Zvolen	112
4	Martin	234
5	Žilina	404
6	Košice	748
7	VEOLIA Energia	368
8	Prešov	180
9	Banská Bystrica	152
10	Nitra	130

Následující **Tab. 4.** Seznam podrobněji řešených lokalit SZT (SZTE), data za rok 2022, *zdroj: ERÚ*

Pojmy: CVS…Centrální vytápěcí stanice, BK…Bloková kotelna, SEK…Sekundární rozvody, DPS…Domovní předávací stanice, DK…Domovní kotelny

Dekarbonizace – emisní povolenky (ETS I)

V letech 2021/2025 dochází k snižování/odstavování výkonů v důsledku zdražování emisních povolenek.
Důsledkem povolenek a vyplývající ekonomie provozu nyní vláda a státní orgány ČEPS a ERÚ musí řešit důsledky rozhodnutí o odstavení zdrojů skupiny Sev.En (Luděk Tykač) o výkonu 2400 MWe na jaře 2026.
Jedná se o elektrárny ECHV, EPC1, a teplárnu Tp Kladno, protože ekonomicky se provoz **soukromé společnosti již** nevyplácí.

ČEPS koncem ledna rozhodl, že dva ze čtyř bloků ECHVA musí ještě v roce 2027 zůstat v provozu, kvůli regulaci UaQ v severních Čechách (kvůli nebezpečnému přetěžování sítě), a kvůli zachování možnosti tzv. startu ze tmy (Black Start) podáním napětí z PVE Dlouhé Stráně právě do ECHVA a následnému vytvoření energetického ostrova.

Tab. 5. Výroba elektřiny ve vybraných uhelných elektráren [TWh]

Elektrárna [TWh]	2021	2022	2023	2024	2025	pokles [%] 2021/25
Tušimice (ETU2)	3,55	3,64	3,87	4,03	3,47	2,3
Chvaletice (ECHV)	3,32	4,47	2,81	2,57	2	39,7
Počerady (EPC1)	4,26	5,01	3,97	3,48	3,82	10,4
Prunéřov 2 (EPR2)	3,58	3,61	3,13	3,61	3,38	5,6

Tab. 6. Porovnání elektráren ČEZ vybraných pro SMR (ETU, EDĚ), a tepláren nezávislých dodavatelů (EPH, LAMA, ORLEN)

	lokalita	MW_t instal	MW_e instal	Dodávka tepla TJ/rok	Dodávka tepla GWh/rok	Výroba elektřiny GWh/rok	K_{teInst}	$K_{teVýr}$ x 10	SCZT
ČEZ elektrárny	Tušimice	1774	800	530	147	3550	0,18	0,41	Kadaň
	Prunéřov	1500	750	920	256	3580	0,34	0,71	Chomutov-Jirkov-Klášterce nad Ohří
	Dětmarovice	2074	800	557	154	1763	0,19	0,88	Bohumín-Orlová
EPH, teplárna	Opatovice	1068	363	3259	900	773	2,48	11,6	HK-Pardubice-Chrudim
LAMA Group, teplárna	Otrokovice	247	50	1416	393	389	7,86	10,1	Otrokovice-Malenovice
ORLEN, teplárna průmyslová	Unipetrol	768	112	5579	1540	1116	13,75	13,8	Záluží u Litvínova

*data **z roku 2022**,* K_{teInst} = (**dodávka tepla**/instalovaný výkon el.); $K_{teVýr}$ = (**dodávka tepla**/výroba resp. dodávka elektřiny).

Z tabulky je vidět, že poměr „teplo/elektřina“ u elektráren a tepláren je radikálně odlišný, a nelze je tedy nahradit stejnými novými bloky; např. **SMR Rolls-Royce.** Nelze nahradit elektrárny ani teplárny (nejen vlastněné ČEZ, ale ani jiných nezávislých provozovatelů).

ČEZem vybrané nejaderné lokality pro SMR jsou uhelné Tušimice a Dětmarovice, kde má ČEZ elektrárny s malým odběrem tepla. Nejsou to tedy **teplárny**, ale **elektrárny s malým, většinou „neregulovaným“ odběrem tepla**.

Část B. SMR … Small (nebo Medium) Modular Reactor

Nejznámější a nejpokročilejší zahraniční typy:

- **„NuScale“ VOYGR 2** (77 MWe/250 MWt, 2, 4, 6 nebo 12 modulů, **NuScale** USA), použity inovativní prvky, ale ekonomicky nevychází, v listopadu 2023 ukončen klíčový projekt CFPP v Idaho, kvůli prudkému nárůstu nákladů,
- **„BWRX-300“** (300 MWe/870 MWt, **GE-Hitachi**, USA), jediný typ BWR, technicky v Česku málo známý, ve světě často uvažovaný jako první SMR (Polsko, Švédsko, Holandsko),
- **„Rolls-Royce“** (**470** MWe/1358 MWt, **Rolls-Royce** Velká Británie), ČEZ si vybral tento klasický typ, který je nejpodobnější našim stávajícím blokům. Modularizované má pouze pomocná zařízeními,
- **„NUWARD“** (2x170=340 MWe, dvoumodulární 2x540=1080 MWt, **EDF** Francie), vývoj zastaven k 1.7.2024, začátkem roku 2025 byl ohlášen vývoj nového dvousmyčkového NUWARD 400 z osvědčených technologických zařízení „cihel / bricks“, Basic Design má být hotový až v roce 2027.
- **„i-SMR“** (2x170 MWe/540 MWt, **KHNP** Jižní Korea), v Evropě se KHNP zaměřuje na APR1000 pro EDU, „i-SMR“ nenabízí,
- **„SMR-300“** (300 MWe/1050 MWt, **Holtec** USA)
- **„AP300“** (300 MWe/900 MWt, **Westinghouse** USA)

Z pohledu teplárenství, je hlavním kritériem to, zda blok je projektován a konstruován na dostatečný odběr tepla pro lokální či dálkové vytápění, s uvedením základní projektové koncepce kogeneračního řešení.

Taková kritéria splňovaly pouze částečně tři bloky z výše uvedených:

- francouzský **NUWARD** (2x170) – jeho vývoj byl 2024 ukončen a je řešen nový **NUWARD 400**, parametry neznámé.
- inovativní korejské **SMART 100/110** (KAERI), a novější verze **i-SMR** (2x170) - KHNP, v Evropě nenabízen.
- americký **NuScale** (2, 4, 6, 12 x 77 MWe), v USA ekonomicky nerentabilní (projekt CFPP v Idaho, 2023 ukončen).

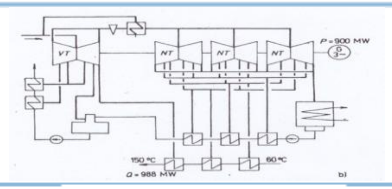
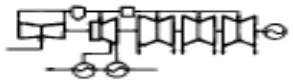
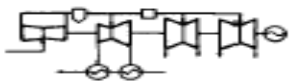
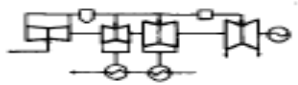
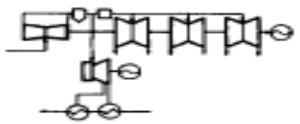
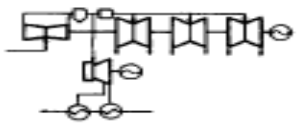
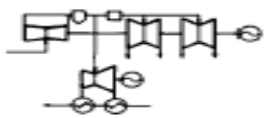
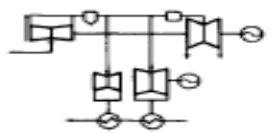
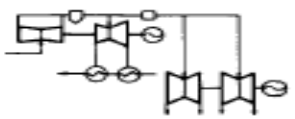
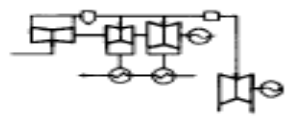
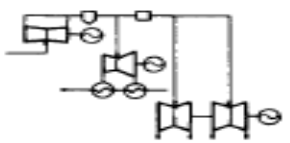
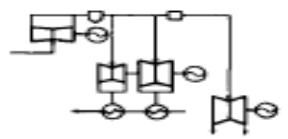
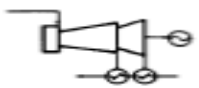
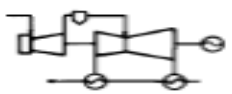
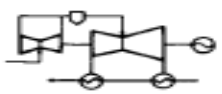
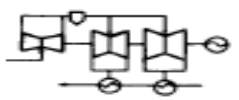
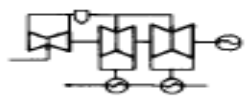
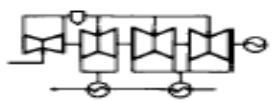
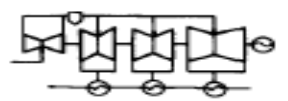
Příklady řešení masivního odběru tepla pro vytápění:

Na následujícím slidu je uvedena **Tab. 8. Teplárenské turbíny typová schémata na sytou páru** – Lit. **[6]**.
Tabulku zpracoval autor prezentace z vlastních minulých projektů, a z dostupných dokumentů.

Pro porovnání je uvažován blok třídy VVER 1000 s tepelným výkonem 3 000 MWe, elektrickým výkonem 1000 MWe, otáčkami 3 000 ot/min, výstupní teplotou topné vody 110 °C (383 °K) a vratnou teplotou 60 °C (333 °K).
Procentuální odběr tepla z tepelného výkonu jaderného reaktoru v **Tab. 10**:
sloupec 1: asi **3,8 [%]**, sloupec 2: asi **11,6 [%]**, sloupec 3: asi **38 [%]**

Pozn: Odběr však může být větší, jak ukazuje projekt teplárenského SMR CR-100 vyvíjeného v CV Řež.
CR-100 má nominální tepelný výkon 100 MWt. V kondenzačním režimu má výkon 32,4 MWe, v teplárenském režimu maximálně až 73,6 MWt dodávaných do SZT, což znamená odběr až **73 %** tepelného výkonu reaktoru.
Bohužel, po podpisu smlouvy na dva nové bloky EDU II s korejskou KHNP, a po výběru strategického partnera Rolls-Royce SMR, v roce 2025, ukončila společnost ČEZ; do které patří i Skupina UJV; veškeré vývojové a projekční činnosti ve vývoji vlastních SMR a veškeré kapacity alokovala na bloky APR1000 pro EDU II a RR SMR.

Políčko na řádku A – sloupec 2, v **Tab. 8.** odpovídá tepelnému schématu elektrárny JETE s blokem VVER 1000 (1 x VT + 3 x NT díly).

Usporiadanie \ Ohrev	① 100 Gcal/h = 116 MW	② 300 Gcal/h = 348 MW	③ 1000 Gcal/h = 1160 MW	④ 2000 Gcal/h = 2320 MW
Ⓐ Odber vykurovacej pary z NT turbíny				
Ⓑ Samostatná vykurovacia turbína na hlavnom hriadeli turbíny				
Ⓒ Samostatná vykurovacia turbína s vlastným generátorom				
Ⓓ NT turbína s vlastným generátorom				
Ⓔ Trojhriadeľové usporiadanie				
Ⓕ Autonómna vykurovacia turbína		 	  	  

Tab. 8. Teplárenska turbína na sýtu paru – typové schéma

Míra odběru tepla závisí především na technickém uspořádání a potřebách lokality:

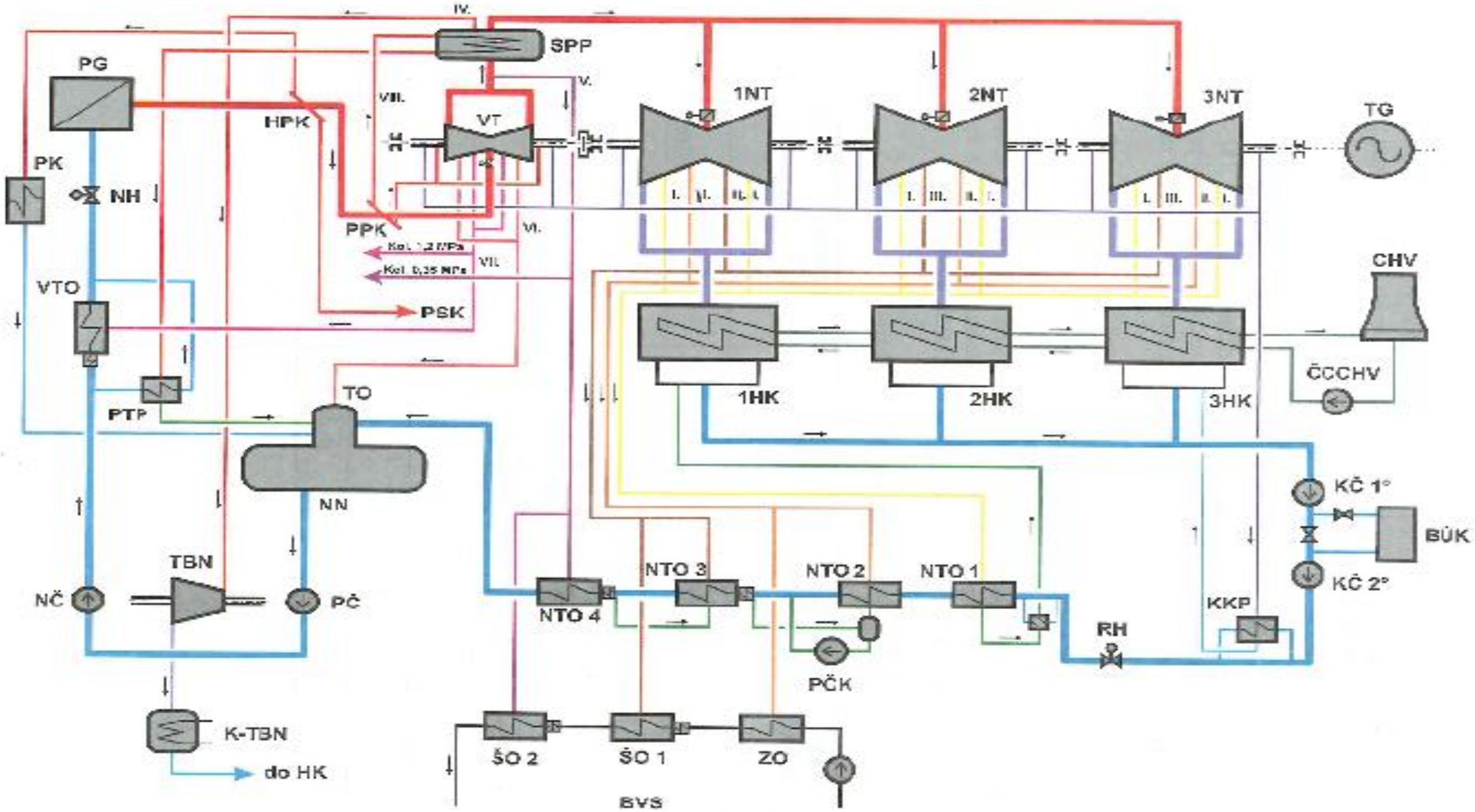
- **Provozní optimum /konzervativní/ podle provozovatelů jaderných elektráren generace GII+ (do 10 %)**: Argumentují důvody **technickými** (snižování životnosti zařízení), **bezpečnostními** (nejbezpečnější je stabilní provoz na nominální hodnotě výkonu, jsou jednodušší bezpečnostní analýzy a licencování), a **ekonomickmi** (provozní OPEX jsou nejmenší, a investiční náklady CAPEX jsou známé a stabilní).
- **Ekonomické /čisté/ optimum (kolem 30–40 %)**: Toto rozmezí je často považováno za dobrý kompromis. Umožňuje reaktoru stabilně dodávat elektřinu do sítě a zároveň pokrýt základní tepelné zatížení (base-load) města, aniž by došlo k přílišnému propadu příjmů z prodeje elektřiny.
- **Technické limity (do 60–70 %)**: U klasických tlakovodních SMR (např. NuScale nebo Rolls-Royce SMR) je možné odebírat i větší podíl, ale vyžaduje to významný zásah do parovodního oběhu a odpovídající dimenzování výměníků. Extrémní odběr tepla může způsobit, že turbína pro výrobu elektřiny bude pracovat mimo „termodynamicky“ optimální režim.
- **Sezónnost**: V létě může být odběr tepla blízký nule (pouze pro ohřev vody), zatímco v zimě může dosahovat maxima. SMR musí být navrženy tak, aby tuto variabilitu zvládly bez odstavení reaktoru.

Klasické tlakovodní reaktory (PWR, BWR) – standardní SMR
Sem patří jako **NuScale**, **Rolls-Royce SMR** nebo **GE Hitachi BWRX-300**. Pracují s teplotami kolem **300 °C**.
Součinitel: Situace je „nejhorší“, **ztrátový součinitel** se obvykle pohybuje mezi **0,20–0,25**. Tedy za každých 10 MW tepla ztratíte cca 2 až 2,5 MW elektřiny. Přesto jsou tyto reaktory nejblíže realizaci, protože využívají osvědčenou prověřenou technologii.

Proč je to odběr tepla u velkých bloků relativně výhodný? Obecně platí:
(I.) Čím je výstupní teplota z reaktoru vyšší, tím lepší (nižší) je součinitel tepelného ekvivalentu.

(II.) Ačkoliv **PWR**, BWR jsou reaktory s nízkými parametry páry (v porovnání s vysokoteplotními HTGR), tak **jejich turbíny jsou obrovské (až do 1750 MW) a mohou mít mnoho stupňů odběrů. Pokud se odběr navrhne optimálně ve vysokotlaké a nízkotlaké části (využití více odběrů z jednotlivých stupňů – viz Obr. 2, umožňuje „tvarování“ tepelného oběhu), je ztráta elektřiny přijatelná (e = 0,20 až 0,22).**
Pozn: Z**trátový součinitel** je u **SMR** (často zmenšené verze těchto reaktorů) bývá e **o něco vyšší (0,22 až 0,25)**,
protože menší turbíny mají nižší vnitřní účinnost.

Obr. 2. Sekundární okruh JE Temelín, odběr tepla (projekty **ETE-Týn**, & **ETE-České Budějovice**)



SMR teplárenské (hybridní) nebo výtopenské ?

Vzhledem k výše uvedeným vlastnostem a podmínkám nejsou **výtopenské SMR** pro České teplárenství vhodné !

Základní varianty pro „české“ řešení jsou tyto:
(A) Vytápění z velkých jaderných bloků na velké vzdálenosti (odběr od 10 do 20 % tepelného výkonu reaktoru, tzn. od 300 do 600 MWt, dodávka až 100 km – např. horkovod ETE-Praha, který byl již v minulosti vyprojektován).
(B) Vytápění z teplárenských SMR, ale s přehodnocením provozu, tedy s odběrem tepla 30 až 60 % (100 až 200 MWt).

O obtížích při náhradě stávajících uhelných elektráren novými SMR vypovídá dříve uvedená **Tab. 5.**

Je tedy zřejmé, že pro teplárny je obtížné specifikovat **strategické dlouhodobé rozvojové plány, a začlenit do nich využití SMR.**

Lze poznamenat, že dosud všechny světově nejznámější a nejpokročilejší SMRs jsou v podstatě popisovány jako **elektrárenské**, tedy vyrábějící pouze elektřinu pro odběratele.,

V Česku jsou mediálně známé následující čistě **výtopenské SMR**:
- **TEPLATOR (170 MWt,** český design ČVUT + ZČU), z hlediska SÚJB je projekt „u ledu“,
- **CALOGENA (moduly CAL30 a CAL90, 30 a 90 MWt,** francouzský vývoj), European SMR Industrial Alliance, CityHeat project,
- **LDR-50** (**50 MWt**, finský vývoj), European SMR Industrial Alliance, CityHeat project, SÚJB již řeší předlicenční projednávání.

Zapojení českého průmyslu

Uváděné alternativní návrhy strojoven s proměnným „flexibilním“ poměrem dodávky tepla a elektřiny v kogeneračním (teplárenském, hybridním) režimu, by mohly být vyvinuty, vyráběny a dodávány i původně českými společnostmi:

- nyní korejskou **DOOSAN ŠKODA Power** v Plzni,
- brněnskou **EKOL Brno, spol. s r.o.** nyní většinově vlastněnou čínskou společností pod názvem **ShaanGu EKOL**

*Pozn: zakladatel a původní vlastník – **Prof. Ing. Stanislav Veselý, CSc.**, je členem organizačního výboru této konference a aktivním účastníkem sekce „Zařízení pro KVET“ (parní kogenerační turbíny)*

- brněnskou **SIEMENS Industrial Machinery** *(v ukončeném projektu CR-100 vybrán jako dodavatel strojovny)*
- a dalšími vzniklými ze strojíren **ŠKODA Plzeň** a **PBS Brno** (G-Team Turbomachinery, PBS Velká Bíteš, PBS Třebíč, ALSTOM, UNIS Power, …)

Poznámky:

- **DOOSAN Škoda Power** řešila před několika lety Evropský dotovaný projekt **FlexTurbine**. Jaké a jak jsou využity výsledky?
- **EKOL Brno** řeší projekt **Vývoj flexibilních průmyslových parních turbín** (podpořený TAČR TREND, 2024-2026)

Závěrečná otázka do pléna účastníků:

Industrial „průmyslové“ turbíny jsou provozně podstatně více flexibilnější než turbíny „energetické“, které však zpracovávají admisní přehřátou páru s vyššími parametry (tlak, teplota) než jaderné turbíny na sytou páru.

Nabízí se otázka, zda by výrobci „průmyslových“ turbín dokázali vyrobit **jadernou turbínu na sytou páru pro SMR,** při zachování „flexibilních průmyslových“ parametrů manévrovatelnosti, účinnosti a životnosti?

Děkuji za pozornost

Elektrárna Dukovany II

Projekt APR1000 pro Dukovany

Ing. Michal Nejezchleb
Mechanical engineering senior specialist

09.03.2026

Agenda

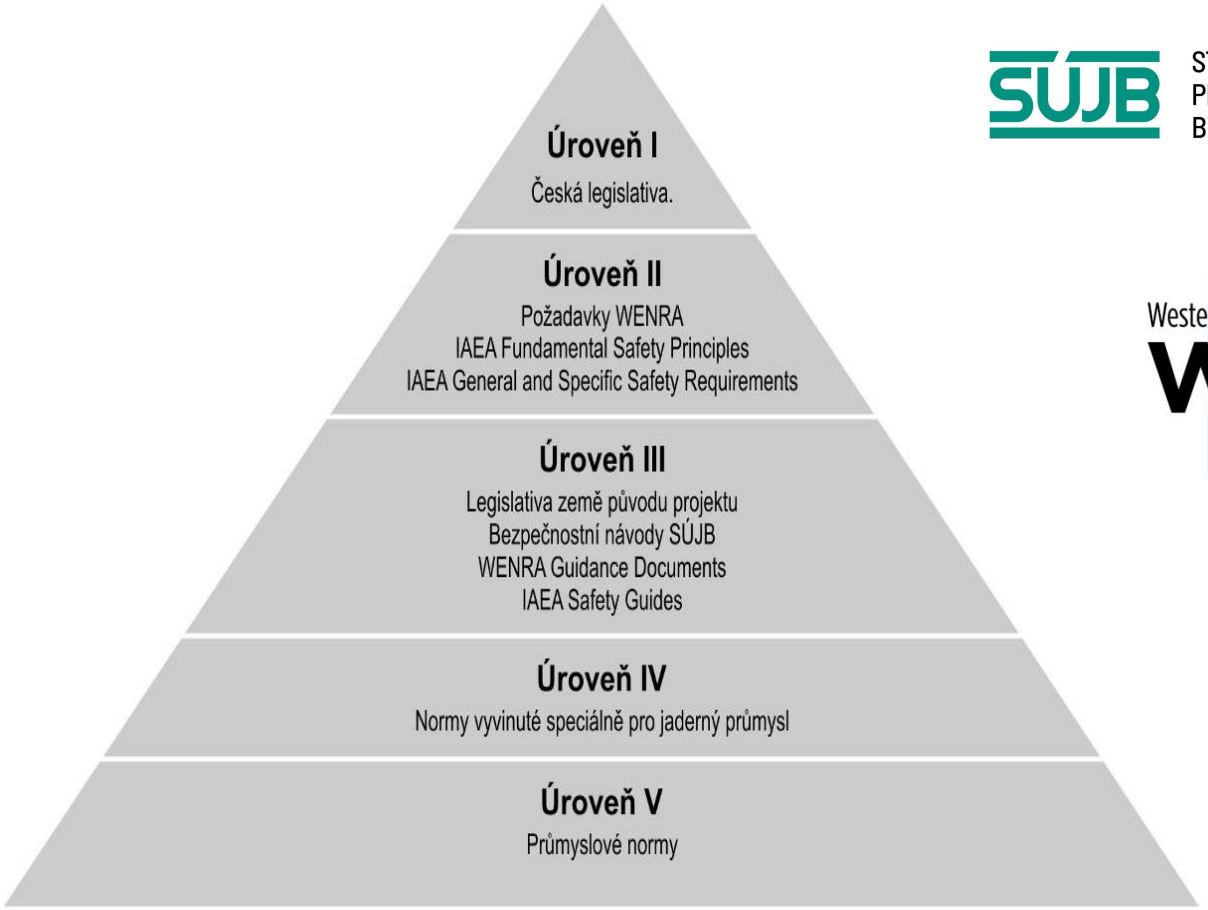
- Zadání projektu NJZ EDU
- Umístění
- Dodavatel KHNP
- Projekt APR1000
- Srovnání s ETE, EDU

Projekt NJZ EDU II

Výstavba 2 bloků tlakovodního reaktoru generace III+ (původně 1 bloku) s výkonem každého z bloků až 1200 MWe v lokalitě Dukovany:

- **Bezpečnostní charakteristiky:**
  - Rozšíření projektových východisek o tzv. rozšířené projektové podmínky a těžké havárie (včetně opatření z havárie ve Fukušimě)
  - Zvýšení odolnosti vůči vnějším vlivům (včetně pádu velkého dopravního letadla)
  - Praktické vyloučení tzv. časných a velkých radiačních úniků
  - Zvýšení autonomie (nezávislosti při řešení havarijních podmínek na okolí) a možnost použití mobilních prostředků
- **Provozní charakteristiky:**
  - Disponibilita 90 %
  - Projektová životnost 60 let
  - Regulační schopnost bloku (Load following 100 – 50 – 100%, 200x do roka)
  - 18 měsíční kampaň
  - Stanice vyvedení tepla po odstavení EDU II (300MWt na blok)

Legislativní a normativní požadavky



SÚJB STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST

Western European WENRA Nuclear Regulators Association

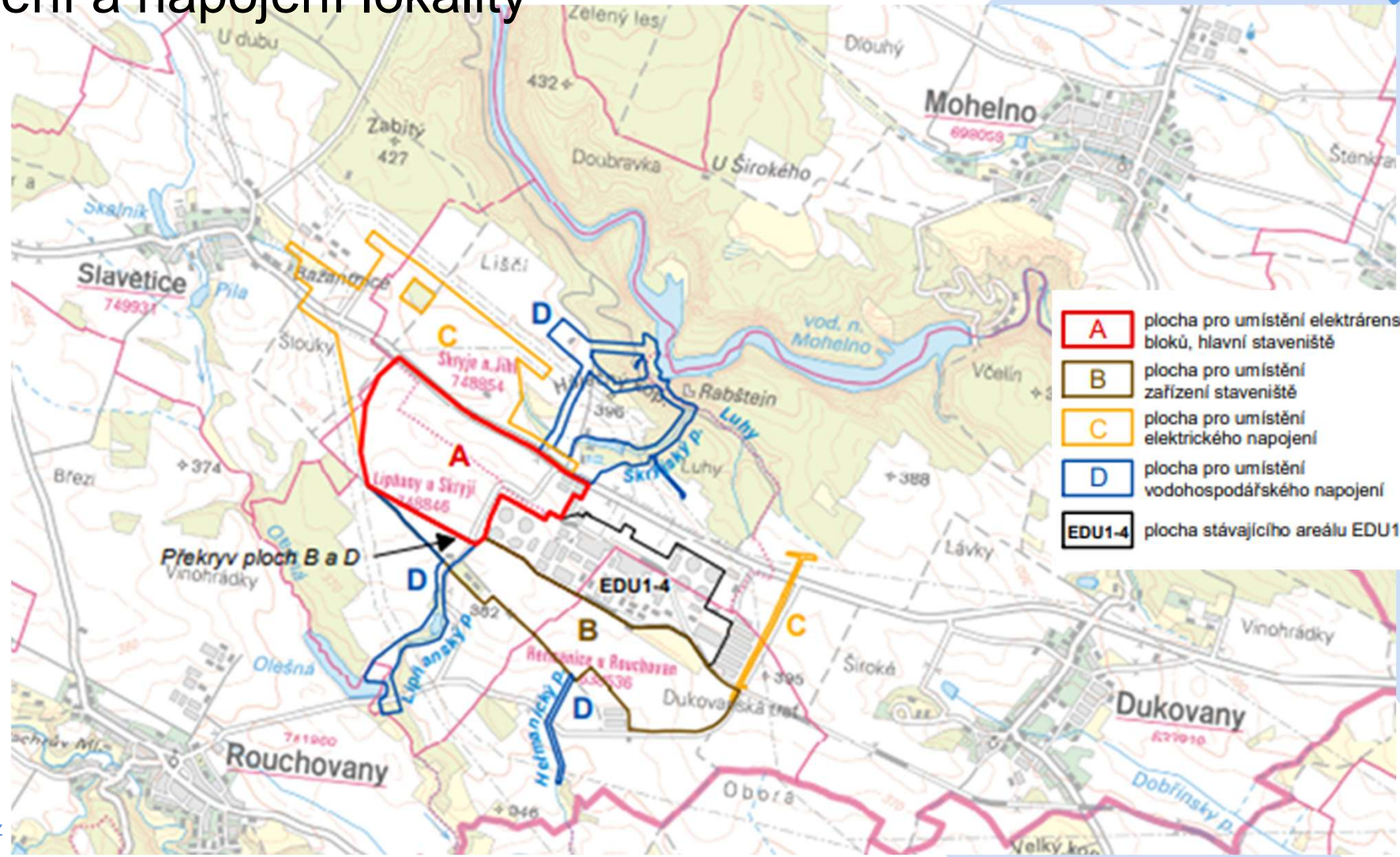
IAEA

ASME SETTING THE STANDARD

IEC

ČSN

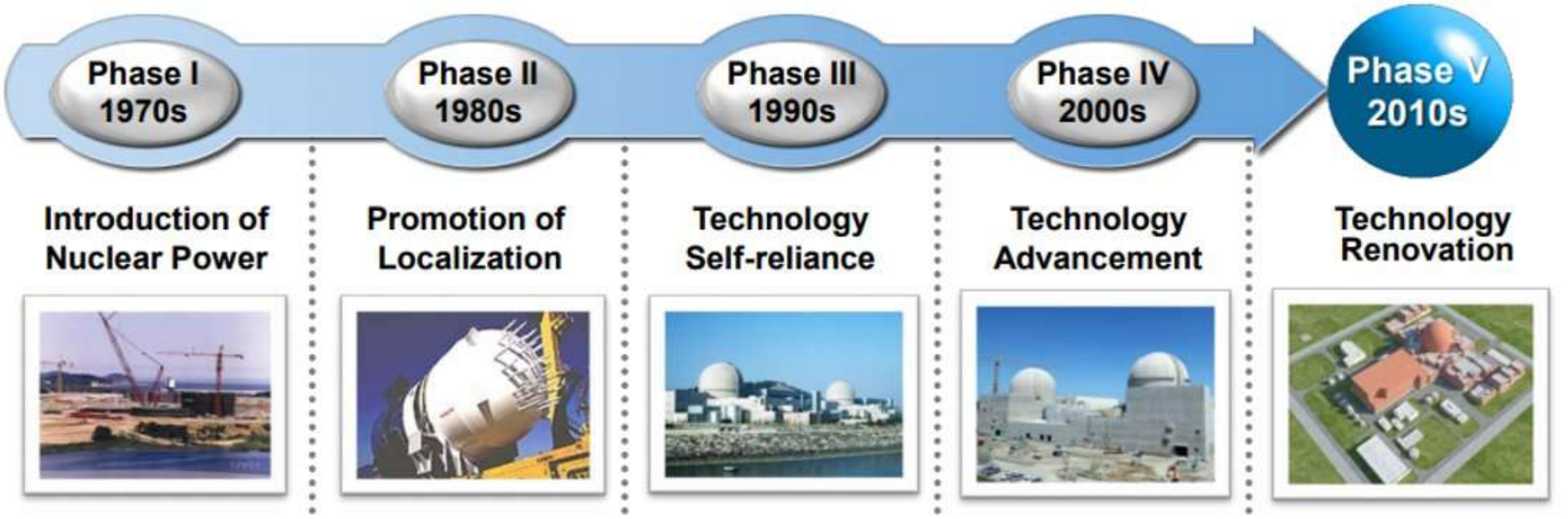
Umístění a napojení lokality



KHNP (Korea Hydro and Nuclear Power Company)

- Jihokorejská státní společnost s téměř 50 lety zkušeností se stavbou a provozem jaderných elektráren.
- Vybudovala již 36 bloků jaderných elektráren, v Koreji i ve světě.
- Jen v Koreji jich momentálně provozuje 26, ve výstavbě jsou další 4.
- Roční obrat cca 8 miliard EUR.
- www.khnpcesko.cz

Historie jaderné energetiky v Koreji



Výstavba od zahraničních dodavatelů na klíč

Postupné navyšování zastoupení Jihokorejských společností na projektech

Vývoj a realizace **OPR1000**

Vývoj a realizace **APR1400**

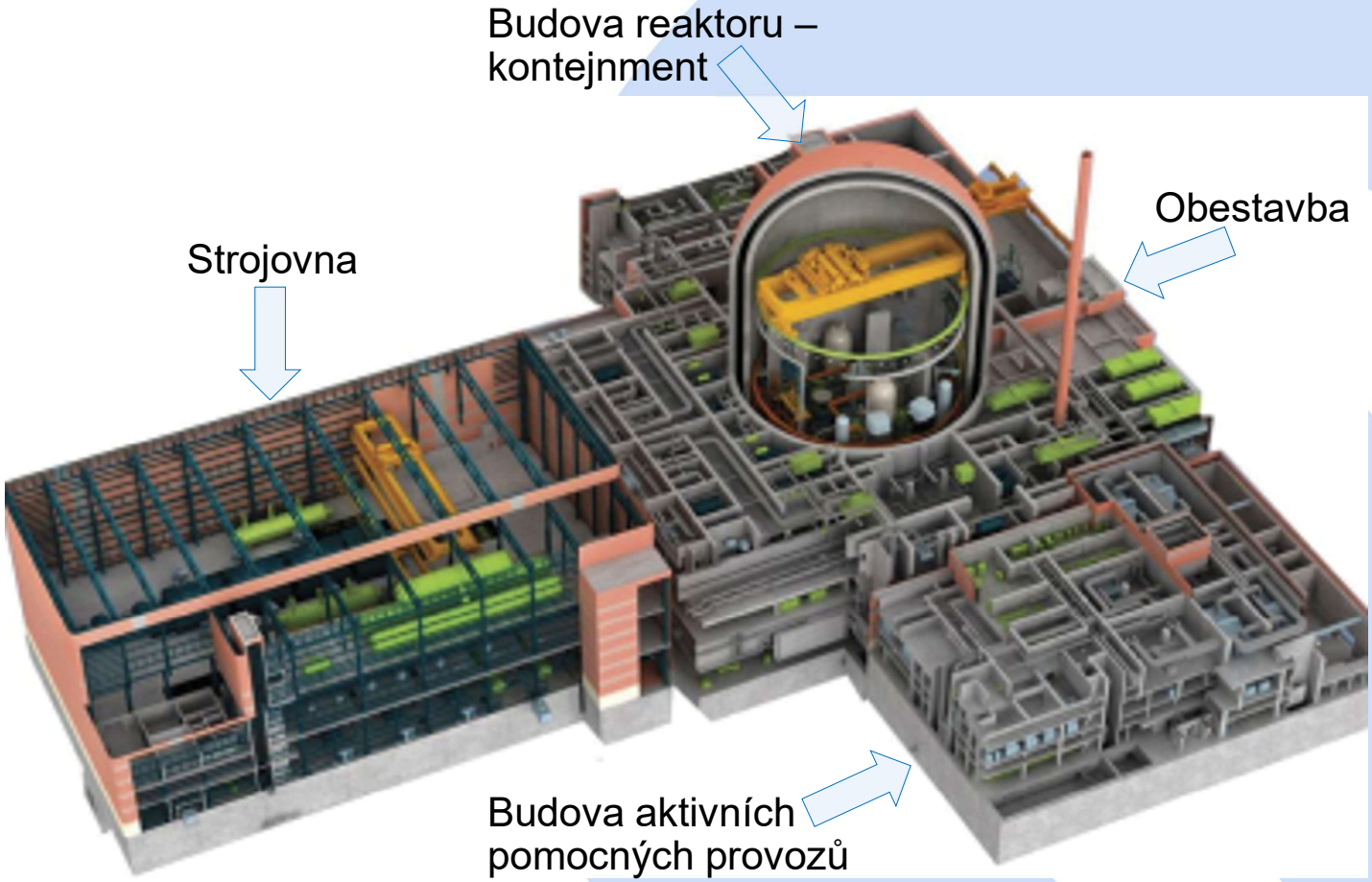
Vývoj dalších projektů APR+, EU-APR, **APR1000**, SMR

Parametr	APR1000	VVER440	VVER1000
Elektrický výkon	1000 MWe	2x256 MWe	1100 MWe
Tepelný výkon	2815 MWt	1444 MWt	3120 MWt
Projektová životnost	60 let	30 let	40 let
Tlak v primárním okruhu	15,5 MPa	12,25 MPa	15,7 MPa
Teplota chladiva v primárním okruhu	296/327 °C	270/300 °C	290/320 °C
Počet palivových souborů/proutků	177/236 ks	312/126 ks	163/312 ks
Vnitřní průměr TNR v oblasti AZ	4140 mm	3542 mm	4100 mm
Tlak páry	7,4 MPa	4,85 MPa	6,22 MPa
Teplota napájecí vody do PG a páry na výstupu	232/294 °C	228/262 °C	223/278 °C
Ochranná obálka	Plnotlaký kontejnment	Hermetické prostory, barbotážní věž	Plnotlaký kontejnment

www.njzedu.cz

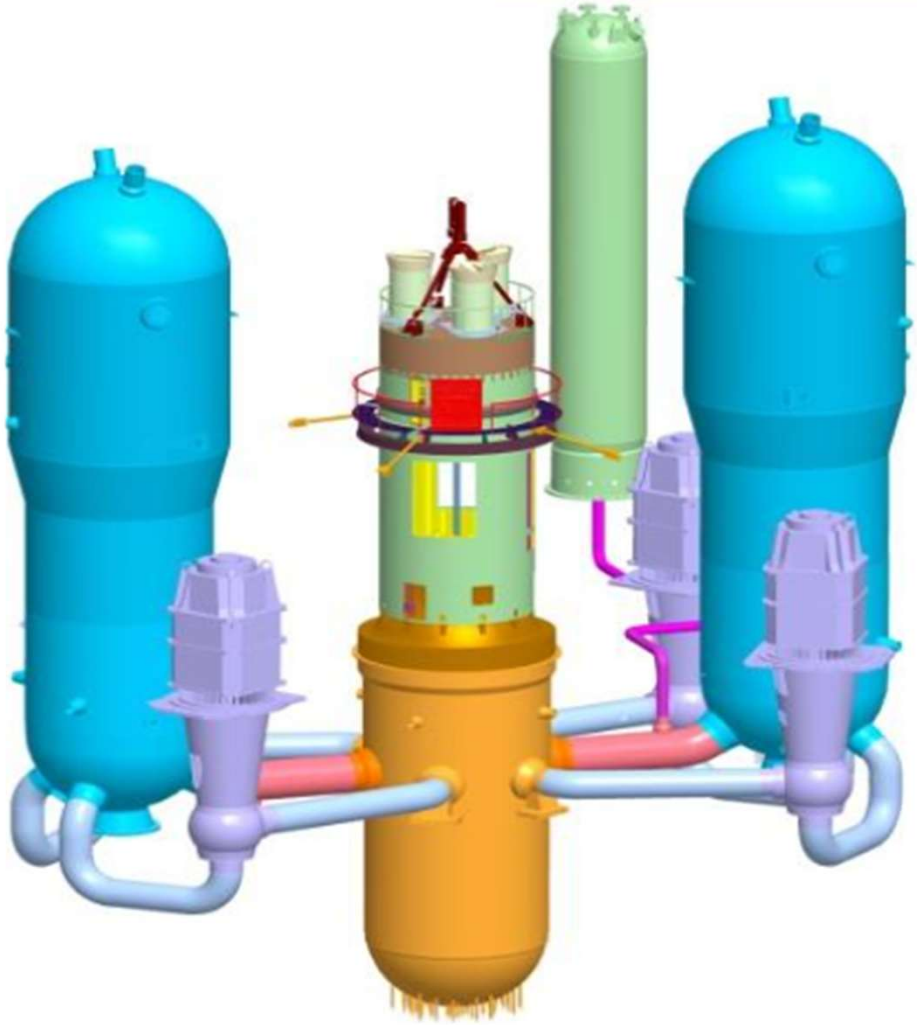
Hlavní budovy APR1000

- Budova reaktoru – kontejnment / Containment building
- Budova reaktoru – obestavba (Budova bezpečnostních systémů a paliva) / Auxiliary building
- Budova aktivních pomocných provozů / Compound building
- Strojovna / Turbine generator building



Hlavní systémy APR1000 – primární okruh

- Tlaková nádoba reaktoru
- 2815 MWt, 15,51 MPa
- 2 svislé parogenerátory
- 4 hlavní cirkulační čerpadla
- Kompenzátor objemu
- 2 horké smyčky/ 4 studené smyčky



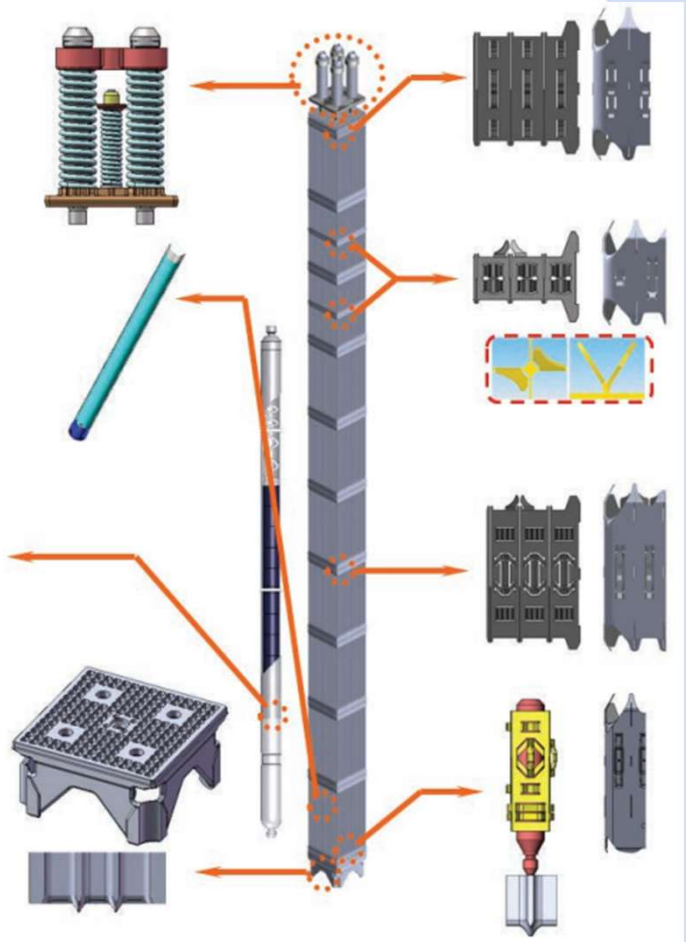
Hlavní systémy APR1000 – reaktor

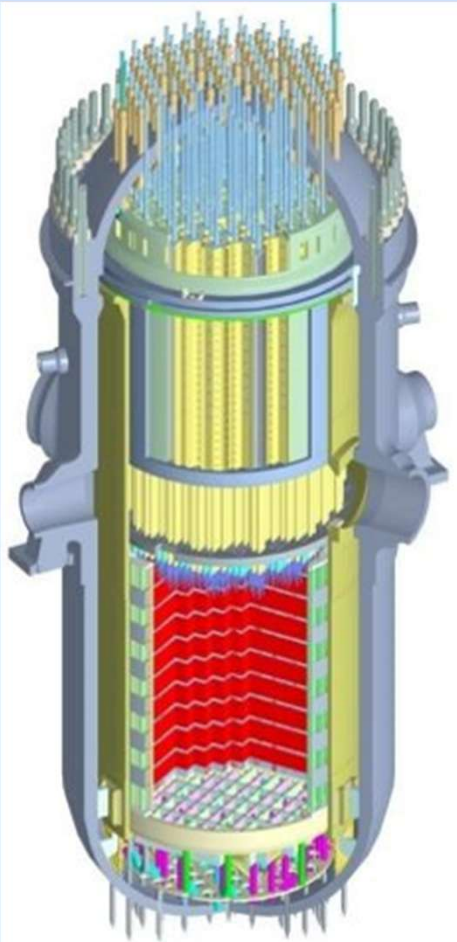
Tlaková nádoba reaktoru

- Výška celková cca 14,5 m
- Výška tělesa cca 12 m
- Výška víka cca 2,5 m
- Šířka cca 4,6 m
- Hmotnost cca 440 tun

- 4 studené nátrubky
- 2 horké nátrubky

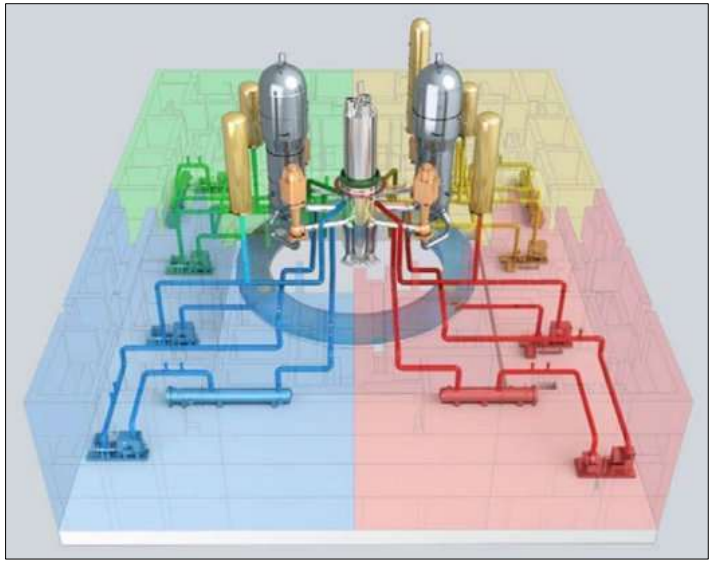
- 83 řídicích tyčí
- 177 palivových souborů
- 236 palivových proutků v souboru

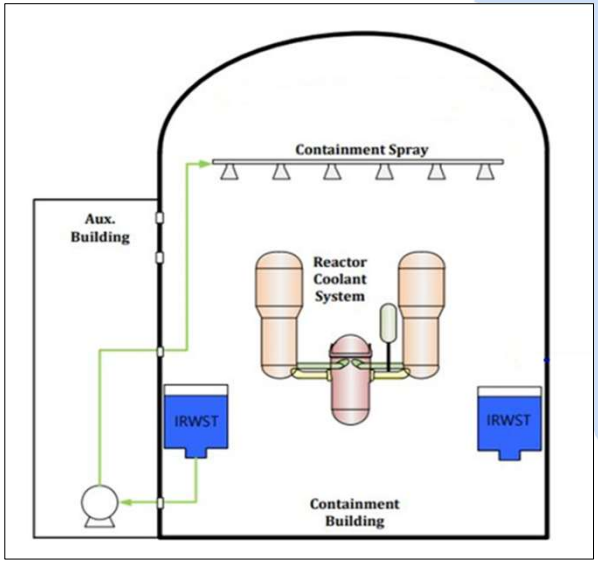


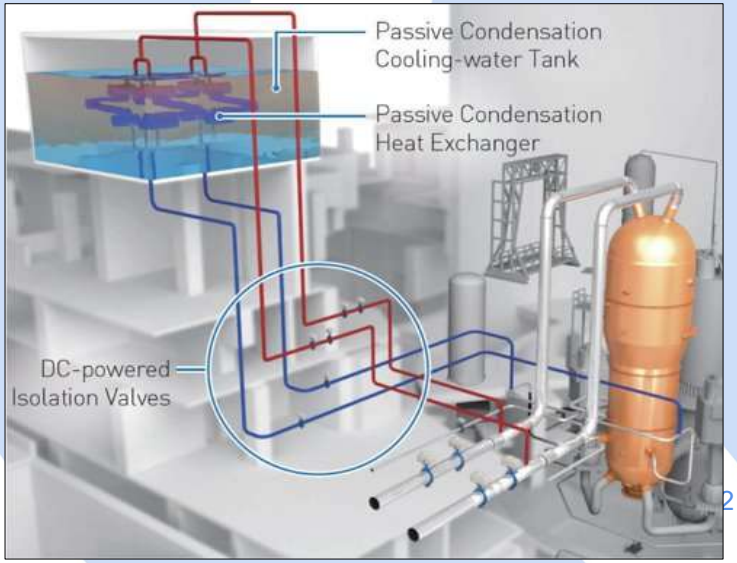


APR1000 – bezpečnostní systémy pro zvládání základních projektových nehod

- aktivní systém havarijního chlazení aktivní zóny
- aktivní systém odvodu zbytkového tepla
- pasivní systém odvodu zbytkového tepla
- aktivní systém snižování tlaku a odvodu tepla z ochranné obálky
- systém spalování vodíku v ochranné obálce
- vložený okruh chlazení a systém technické vody důležité
- autonomie prostředků

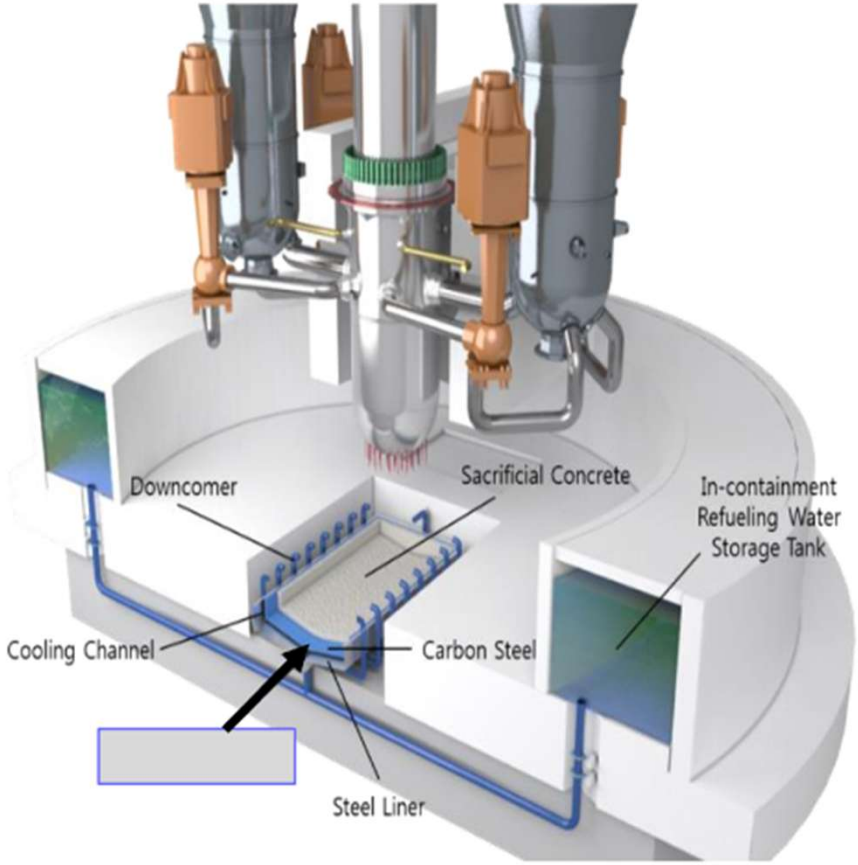






APR1000 – systémy pro řešení rozšířených projektových podmínek

- systém lokalizace a stabilizace taveniny paliva pro těžké havárie (core catcher)
- nezávislý systém odtlakování reaktoru
- nezávislý aktivní systém snižování tlaku a odvodu tepla z ochranné obálky
- systém spalování vodíku v ochranné obálce pro těžké havárie
- nezávislý vložený okruh chlazení a systém technické vody důležité



APR1000 – dvojitý kontejnment

- slouží k zabránění úniku radioaktivních látek při nehodě/havárii a k ochraně klíčových komponent před vnějšími vlivy
- primární kontejnment – plnotlaký předpjatý s ocelovou výstelkou (tloušťka 1,2 m, projektový přetlak 0,38 MPa;)
- sekundární kontejnment – železobeton (tloušťka 1,5 m)
- ochrana proti vnějším vlivům člověkem (letadlo), příroda (tornádo)

Mokro-suché chlazení

Technické řešení/dodavatel je předmětem výběrového řízení.

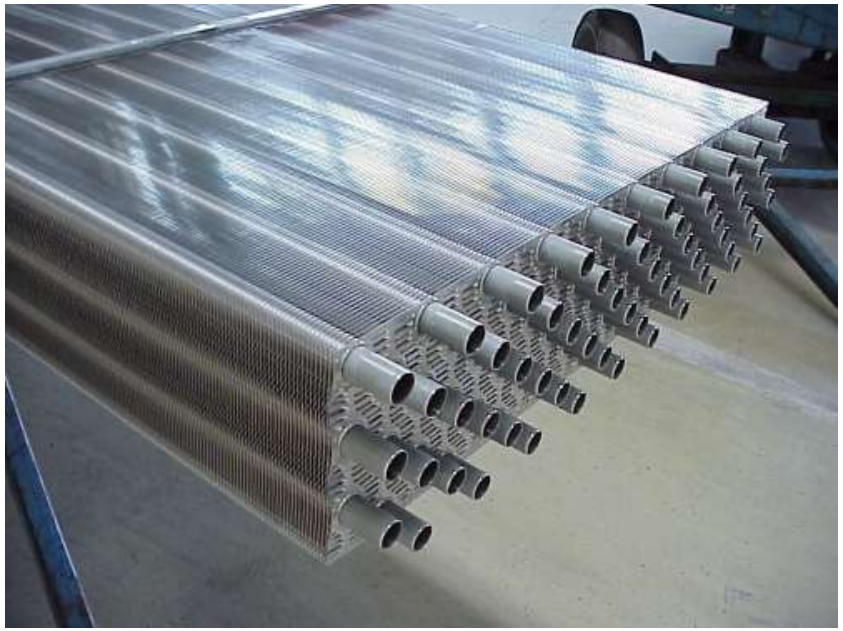
Níže ilustrativní řešení (MVM).

Oproti mokré věži, kde je chladicí voda chlazena rozstřikem, u mokro-suché věže je nejdříve voda částečně vychlazena vzduchem v trubkovém výměníku (viz další slide) a až poté rozstřikována, část tepla je tedy odváděna bez odparu (bez ztráty vody).

Mokro-suché chlazení

Technické řešení/dodavatel je předmětem výběrového řízení.

Níže ilustrativní řešení (MVM).

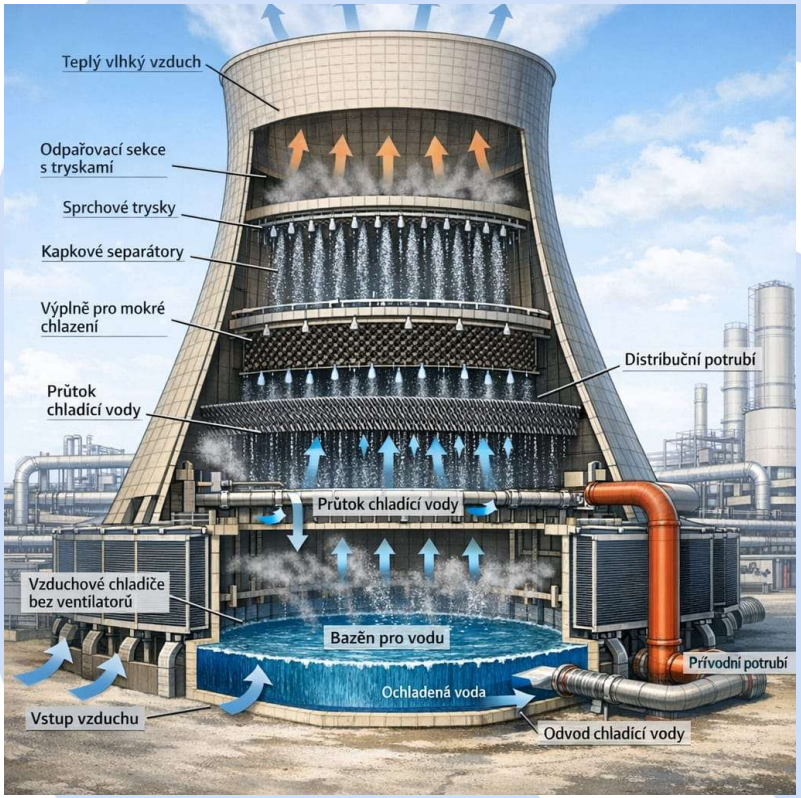


Hybridní (mokro-suché) chlazení

- Limity dle stanoviska EIA odpovídají potřebě jednoho bloku při současném provozu EDU1-4

Odběr surové vody	Max.	36,5 mil m^3/rok
Výpusť odpadní vody (odluh z věží)	Max.	16,0 mil m^3/rok
Odpar	průměr	0,635 m^3/s

- Využití hybridních věží umožňuje dodržet tyto parametry i v případě současného provozu 2 bloků EDU56 a všech bloků EDU1-4
- Hybridní věž – kombinace standardního mokrého chlazení a suchého (vzduchového) chlazení
- Zvoleno řešení kombinace obou typů chlazení ve věži s přirozeným tahem
- Provozní flexibilita – vhodnou kombinací zatížení mokré a suché části lze dosáhnout požadované úspory vody při maximalizaci účinnosti chlazení
- Aktuálně je připravováno výběrové řízení na dodavatele



Ilustrativní obrázek hybridní věže vytvořený AI

Elektrárna Dukovany II

Děkujeme za pozornost

RAVEN
český jaderný vesmírný mikroreaktor

Edita Bromová

9.3.2026, Konference Kotle, Brno

stellar NUCLEAR

Stellar Nuclear

- Česká (a Brněnská) společnost
- Založena odborníky na jaderné a vesmírné technologie
- Vývoj radioizotopových systémů
- Výzkum technologií jaderného pohonu
- Bezpečnostní analýza, radiačně odolná elektronika, …
- Od září 2025 projekt vesmírného mikroreaktoru RAVEN

Stellar Nuclear

- Česká (a Brněnská) společnost
- Založena odborníky na jaderné a vesmírné technologie
- Vývoj radioizotopových systémů
- Výzkum technologií jaderného pohonu
- Bezpečnostní analýza, radiačně odolná elektronika, …
- Od září 2025 projekt vesmírného mikroreaktoru RAVEN

Nejprve stručný úvod o situaci ve vesmíru…

Průzkum vesmíru

- Renesance průzkumu vesmíru
- Lidská přítomnost na Měsíci
- Průzkum Marsu, hlubin sluneční soustavy
- Využívání blízkého vesmíru ke komerčním účelům
- Těžba surovin

Dostupnost elektrické energie ve vesmíru

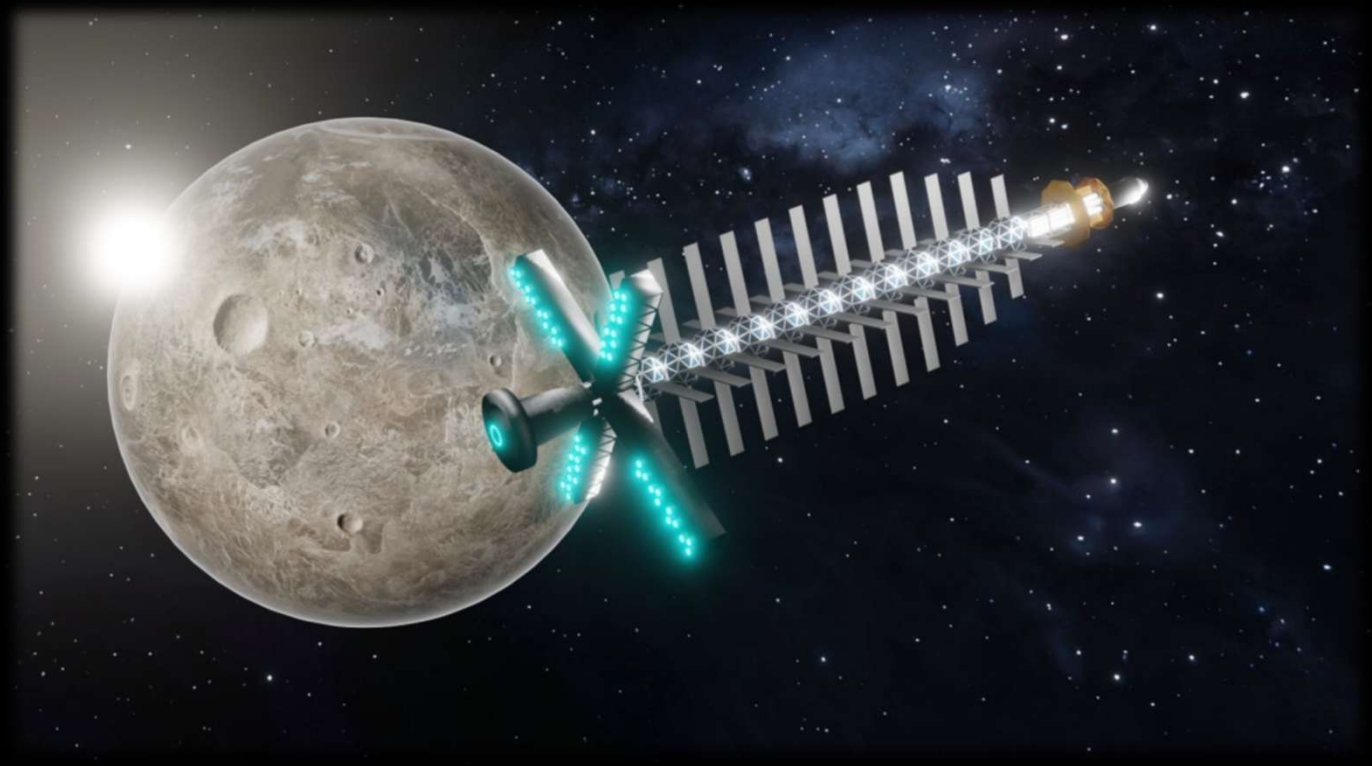
- Solární panely

Výhody:
- Žádné pohyblivé části
- Přímá přeměna energie
- Dobrá účinnost

Nevýhody:
- Pouze v osluněných oblastech
- Nízká osluněnost dál od slunce
- Lunární noc
- Marsovské prachové bouře
- Velká plocha

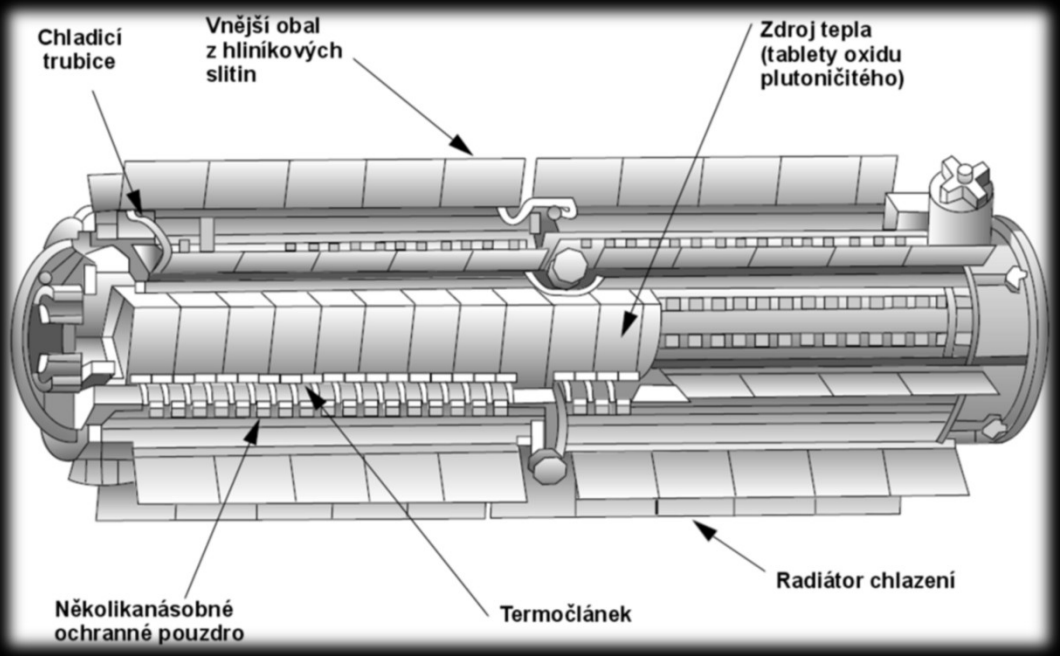
Dostupnost elektrické energie ve vesmíru

- Solární panely
- Jaderná energie



Jaderná energie ve vesmíru

- Radioizotopové zdroje (RPS, Radioisotope Power Source)
- Alfa zářiče s poločasem rozpadu desítky let (Pu, Am, Sr, Po, …)

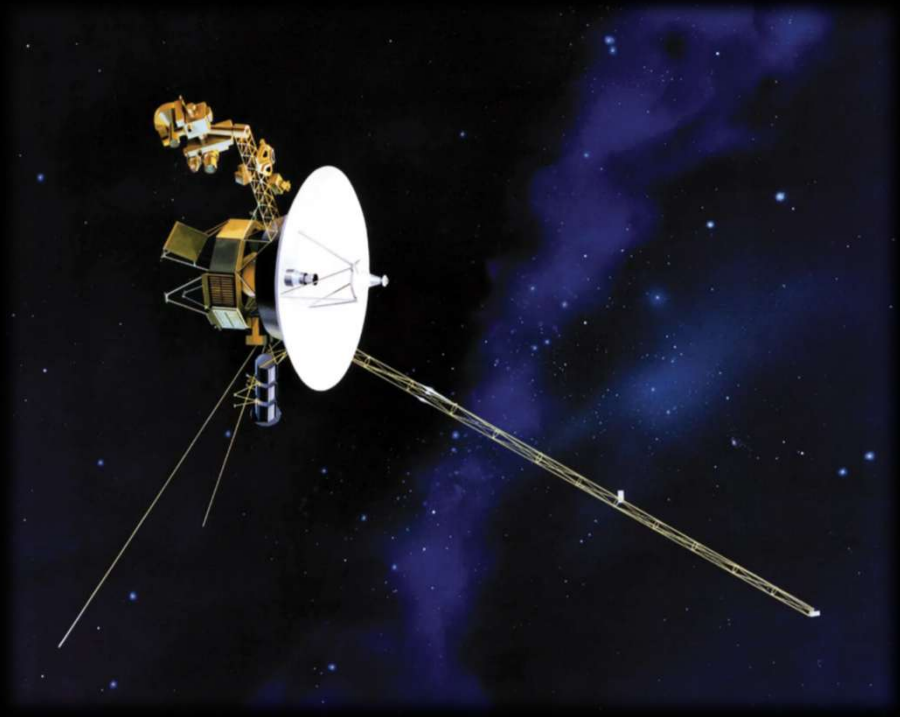


Jaderná energie ve vesmíru

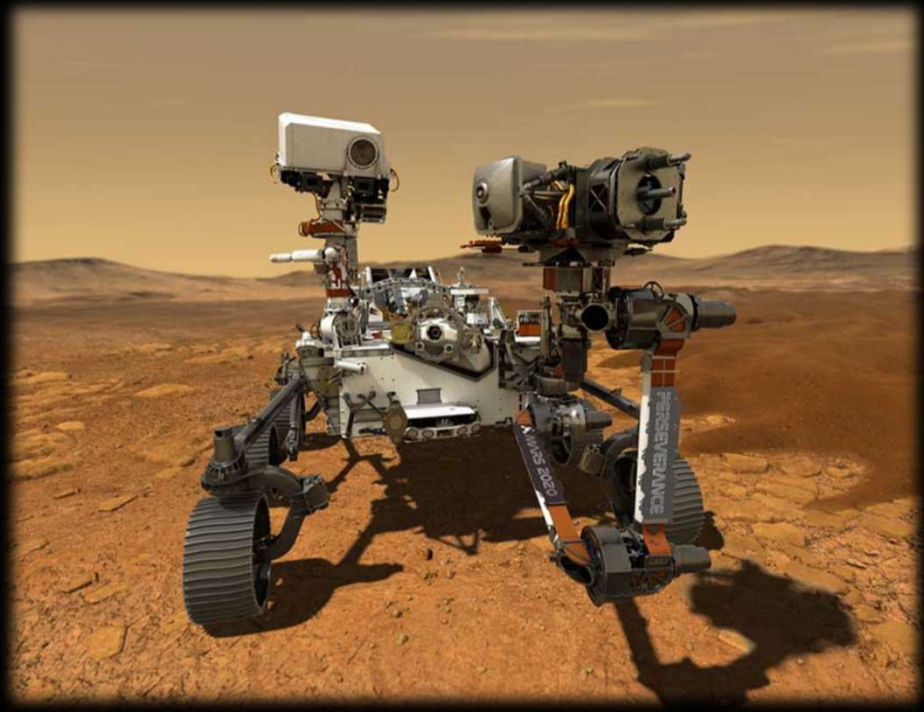
- Radioizotopové zdroje (RPS, Radioisotope Power Source)
- Alfa zářiče s poločasem rozpadu desítky let (Pu, Am, Sr, Po, …)
- Vyhřívání sond (RHU, Radioisotope Heat Source)
- Zdroj elektřiny (RTG, Radioisotope Thermoelectric Generetor)
- Termoelektrická konverze (žádné pohyblivé části, ale velmi nízká účinnost 3- 8%)
- Malé výkony (řádově 10-100W)

Neznámější použití RPS

Sonda Voyager

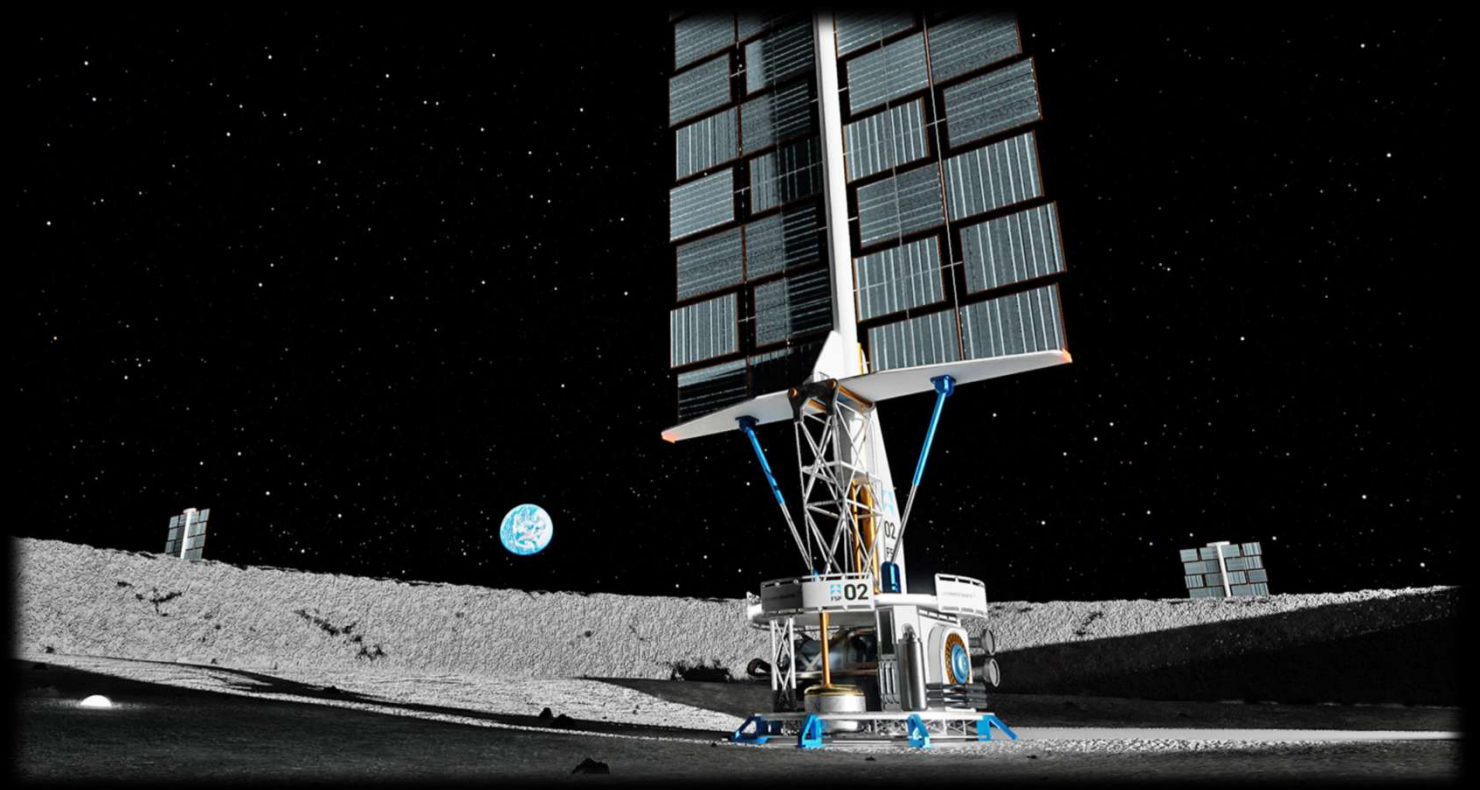


Rover Perseverance



Jaderná energie ve vesmíru

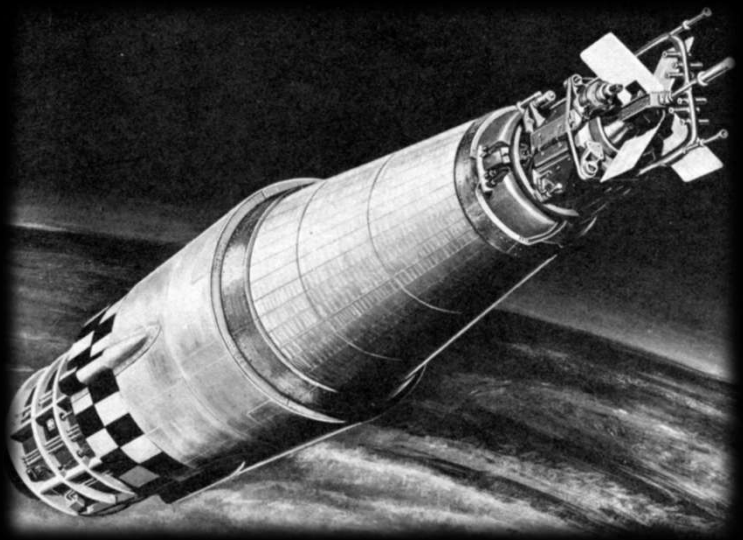
- Radioizotopové zdroje (RPS, Radioisotope Power Source)
- Jaderné reaktory



Jaderná energie ve vesmíru

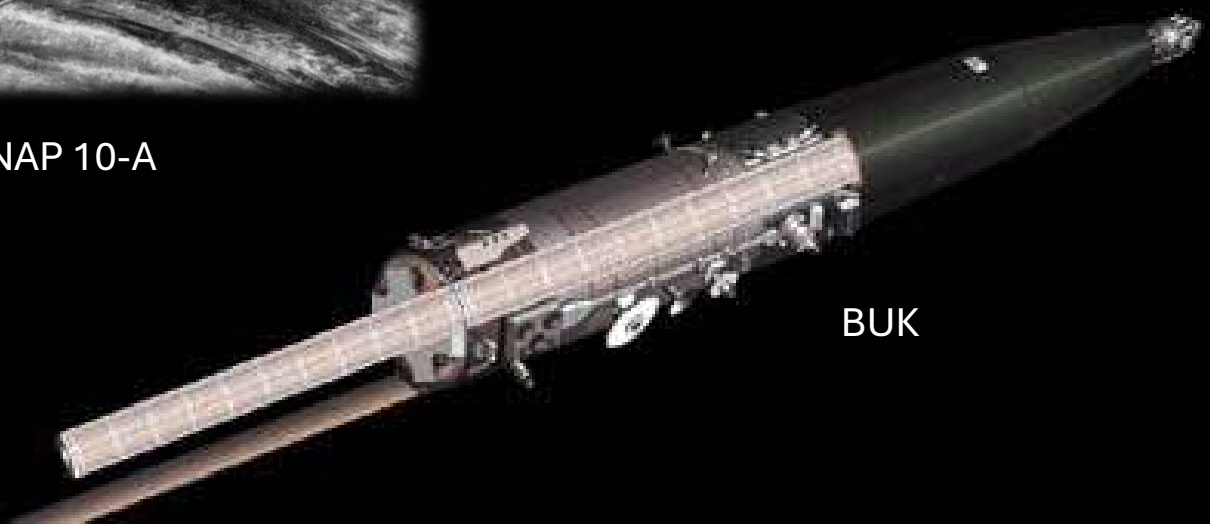
- Radioizotopové zdroje (RPS, Radioisotope Power Source)
- Jaderné reaktory
  - Již ve vesmíru existují přes půl století
  - První SNAP 10-A (USA) vypuštěn 1965
  - BUK, TOPAZ (SSSR) - více jak 30 reaktorů stále na oběžné dráze
  - Napájení špionážních družic
  - Chlazené NaK, HEU, termionický konverter, výkon několik kW

Historické jaderné vesmírné reaktory



SNAP 10-A

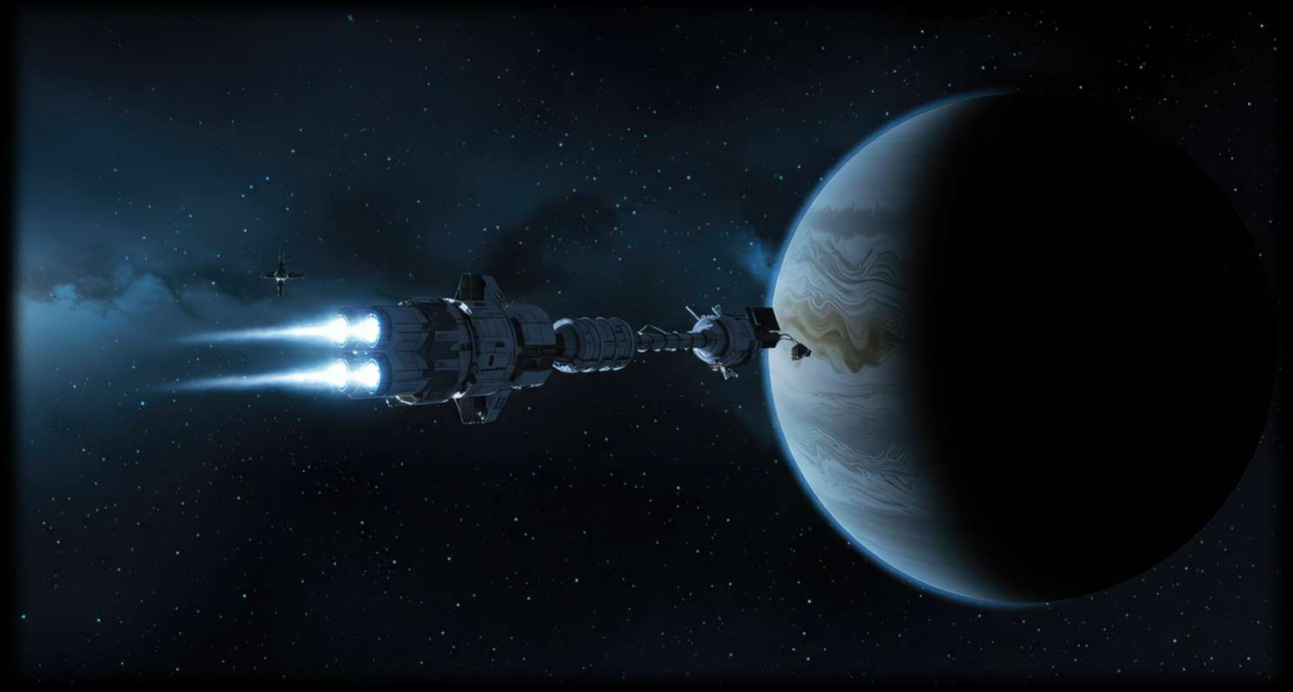
TOPAZ



BUK

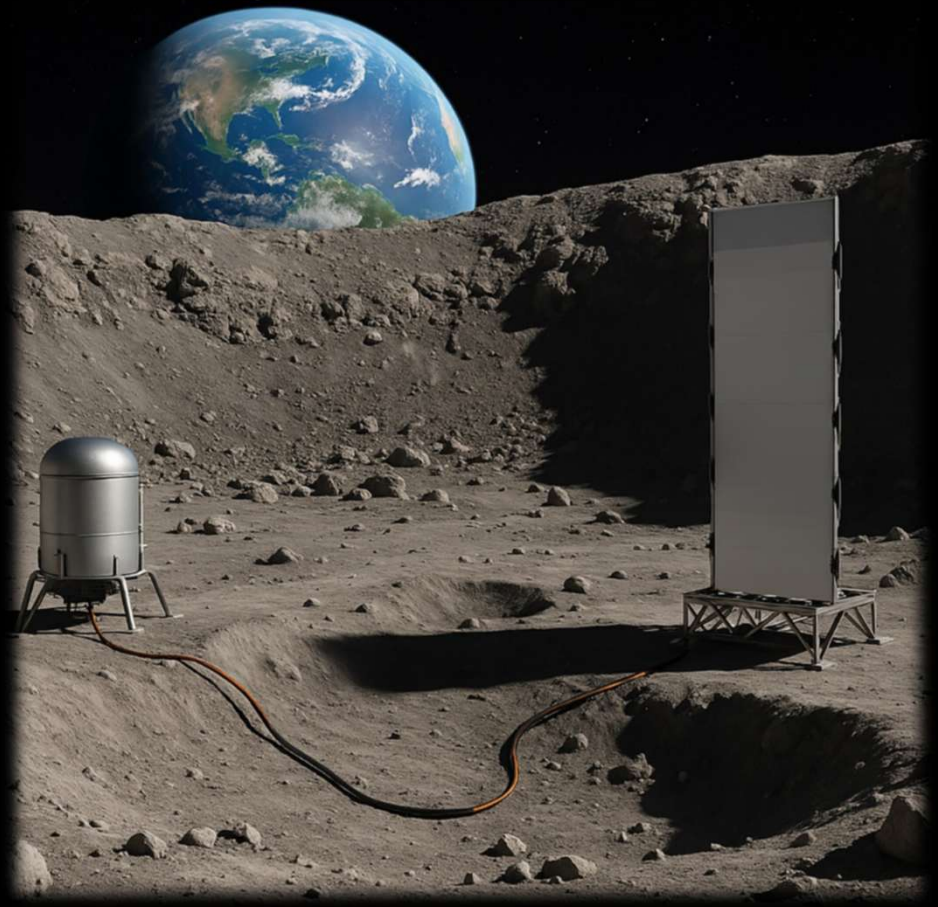
Poptávka po jaderných reaktorech

- Výkon desítky až stovky kWe
- Povrchové aplikace (napájení základen, těžba surovin)
- Pohon (NEP, NTP)



Vývoj vesmírných jaderných reaktorů

- eVinci (Westinghouse, USA)
- Fission Surface Power (NASA, USA)
- LOKI MMR™ (NANO Nuclear, USA)
- Rolls-Royce Micro-Reactor (UK)
- Mark-0 (Antares Nuclear, USA)
- Čína

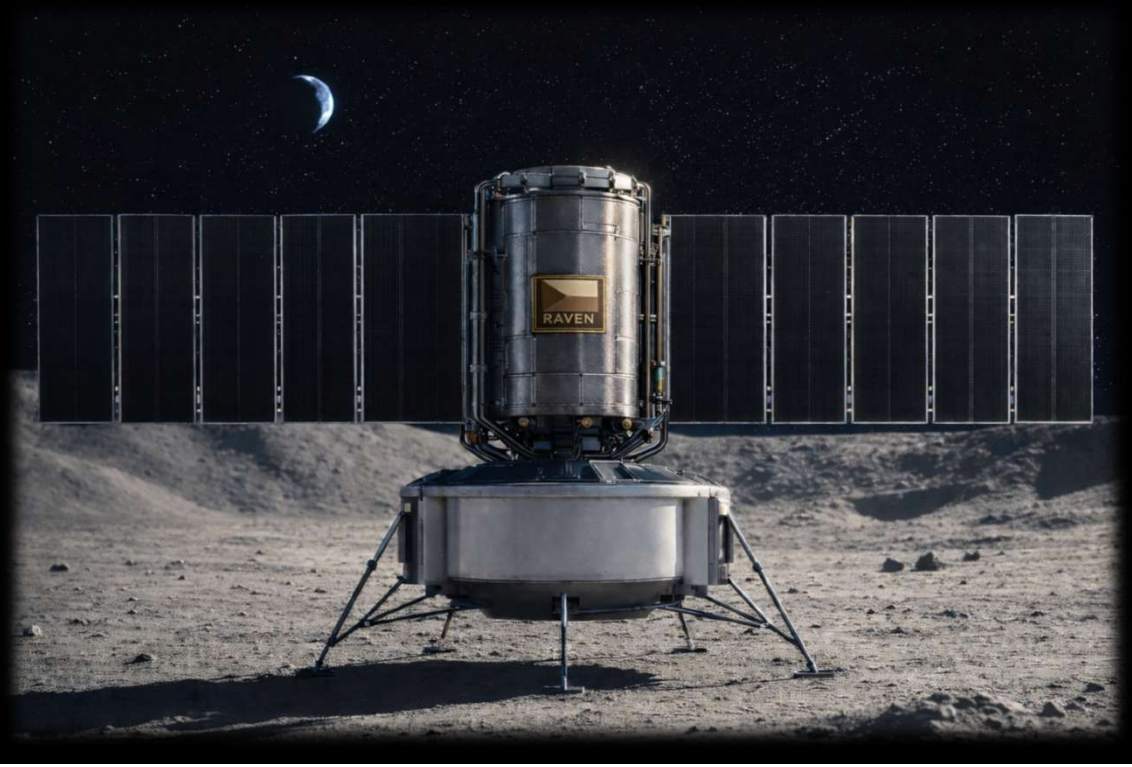


Vývoj vesmírných jaderných reaktorů

- **RAVEN (Stellar Nuclear, ČR)**
- eVinci (Westinghouse, USA)
- Fission Surface Power (NASA, USA)
- LOKI MMR™ (NANO Nuclear, USA)
- Rolls-Royce Micro-Reactor (UK)
- Mark-0 (Antares Nuclear, USA)
- Čína

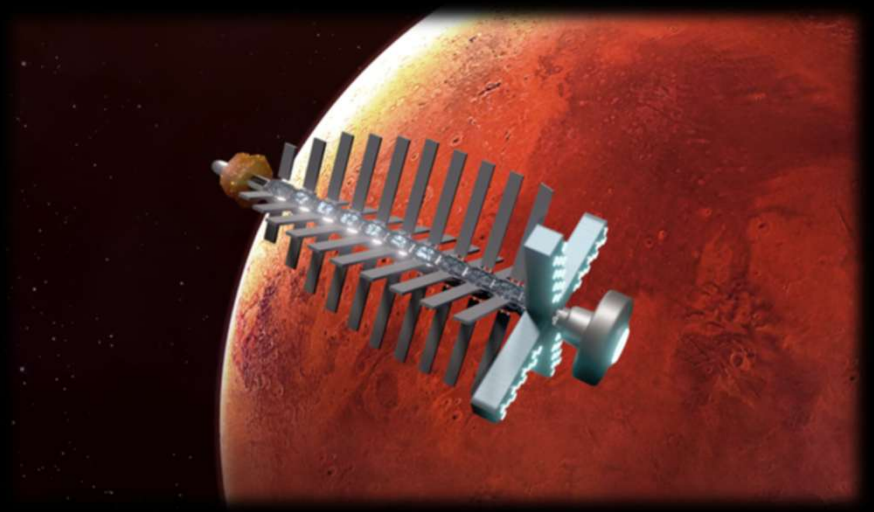
Projekt RAVEN

- Modulární jaderný reaktor pro vesmírné aplikace
- Konsorcium Stellar Nuclear + UJP Praha + ČVUT
- Design financován TAČR



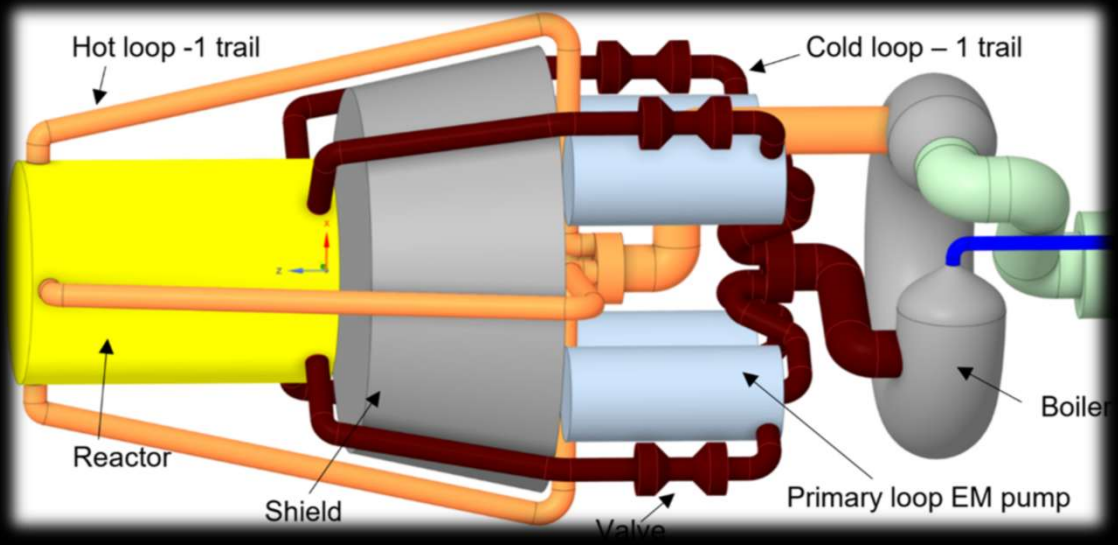
Parametry reaktoru RAVEN

- Fáze předběžného designu
- Primární aplikace: zdroj energie pro základnu na Měsíci
- Zdroj pro základnu na Marsu
- Zdroj energie pro NEP (raketu s iontovými motory)



Parametry reaktoru RAVEN

- Fáze předběžného designu
- 100 kWe
- 10 let života
- Palivo HALEU, karbid uranu
- Chladivo sodík
- Sekundární cyklus Rankine (K)
- Chlazení radiátory

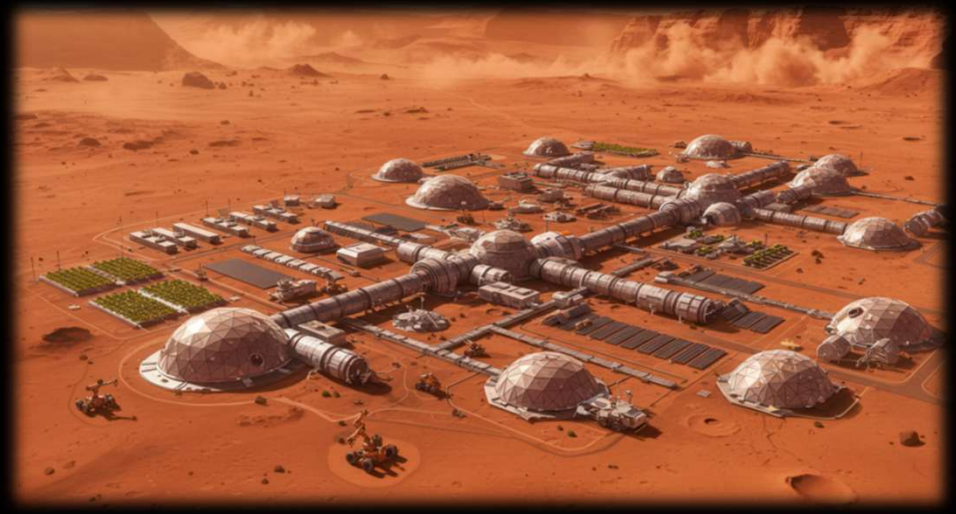


Výzvy vesmírného reaktoru

- Nutnost přečkat start a přistání
- Minimalizace hmotnosti a rozměrů
- Obtížné chlazení
- Provoz 10 let bez servisu
- Nestandardní provozní podmínky (vakuum, radiace, prach, mikrometeority, tepelné namáhání)

Plány projektu RAVEN

- Spolupráce s ESA
- Zákazníci malé státy a soukromé společnosti
- Stavba nejaderného prototypu v ČR
- Stavba jaderného prototypu s testováním na oběžné dráze
- Umístění a provoz na Měsíci
- Seriová výroba



stellar
NUCLEAR
Děkuji za pozornost
Kontakt:
Edita Bromová
edita.bromova@stellar-nuclear.eu
Tel: 737 340 936
www.stellar-nuclear.eu

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Hodnocení bezpečnosti inženýrských bariér po porušení kontejneru s VJP

Konference KOTLE, TEPELNÁ A JADERNÁ ENERGETIKA 2026
9. – 10. 3. 2026

prof. Dr. Ing. Jiří Maryška, CSc.,

Ing. Michal Balatka, PhD., Ing. Andrea Kobík Valihorová, PhD., Ing. Miloš Hernych

+420 605 747 878
jiri.maryska@tul.cz

Obsah

- **Koncepce nových jaderných zdrojů a ukládání VJP v ČR**
- **Inventář VJP a charakterizace**
- **Procesy v kontejneru po porušení**
- **Procesy v bentonitu**
- **Hodnocení, závěry a budoucí výzkumné aktivity**

Koncepce nových jaderných zdrojů a ukládání VJP v ČR

- Dostavba několika bloků v JEDU a JETE (až 4 nové bloky)
- Malé jaderné zdroje (v ČR asi 10)

Radioaktivní odpad - vyhořelé jaderné palivo (VJP)

Převzato z Škoda JS.

Koncepce hlubinného úložiště pro VJP

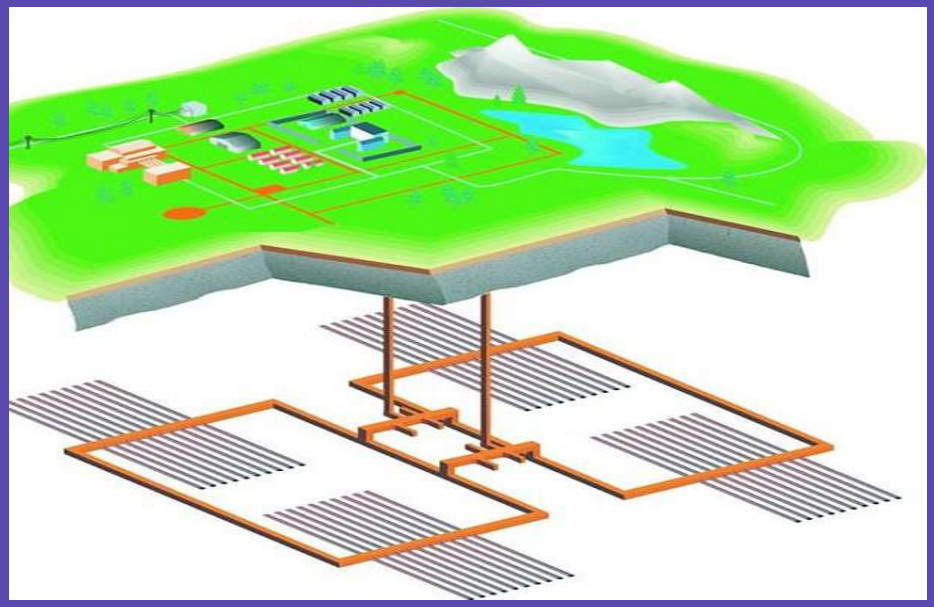
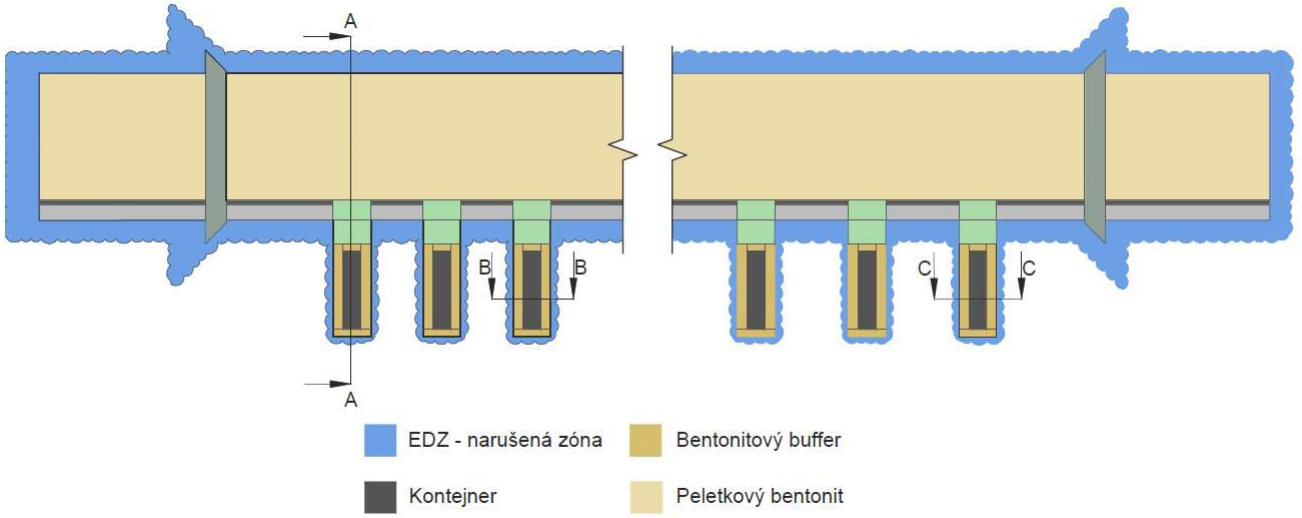
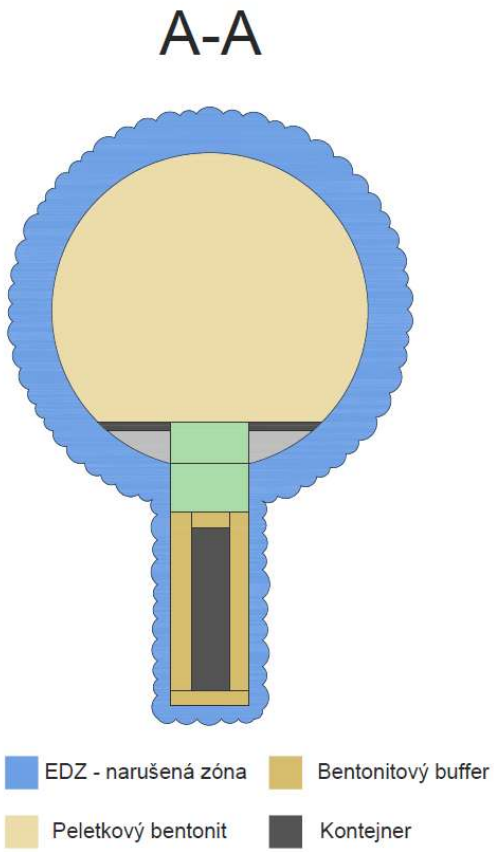


Schéma úložné chodby



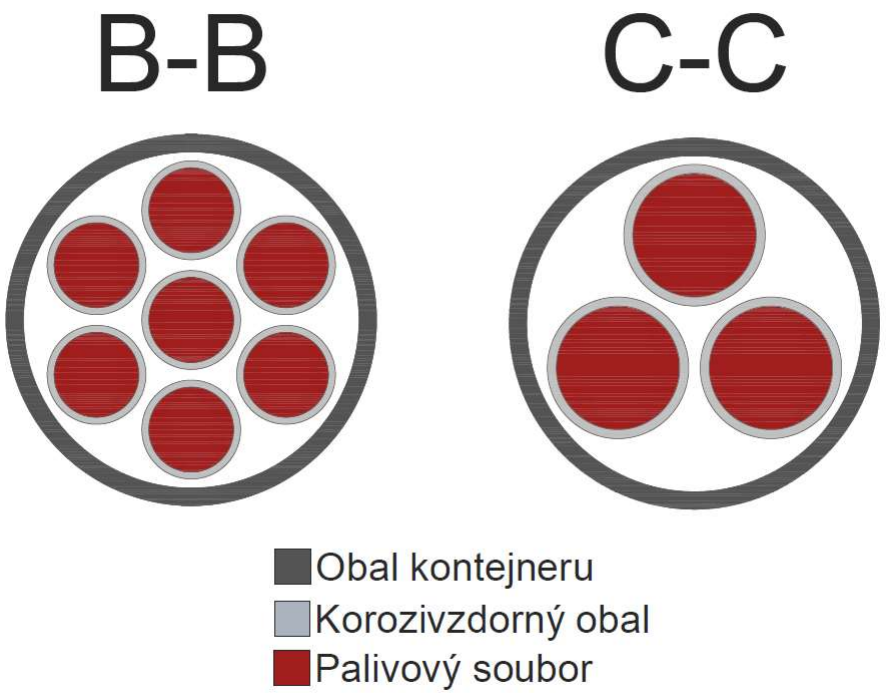
Obr. 1: Schéma vertikálního ukládání (koncepce převzata: Haussmanová - Technické řešení hlubinného úložiště, 711/2023, SÚRAO)

Profil úložné chodby se studnou pro ÚOS



Obr. 2: Vertikální uložení UOS (VVER 440) (koncepce převzata: Haussmanová - Technické řešení hlubinného úložiště, 711/2023, SÚRAO)

Typy kontejnerů (JEDU a JETE + NJZ)



Obr. 3: Vertikální uložení UOS (VVER 440) (koncepce převzata: Haussmanová - Technické řešení hlubinného úložiště, 711/2023, SÚRAO)

Kontejnery pro VJP - rozměry

Tabulka 1: Vlastnosti UOS kontejnerů z EDU, ETE a NJZ

Typ paliva	Rozměr	[cm]
VVER-440	Vnitřní pouzdro, vnitřní poloměr	26,00
	Vnitřní pouzdro, vnější poloměr	32,90
	Vnější plášť, vnitřní poloměr	33,25
	Vnější plášť, vnější poloměr	39,75
VVER-1000 NJZ	Vnitřní pouzdro, vnitřní poloměr	31,11
	Vnitřní pouzdro, vnější poloměr	38,00
	Vnější plášť, vnitřní poloměr	38,35
	Vnější plášť, vnější poloměr	44,85

Inventář radionuklidů z VJP

RN	Hmotnost RN v kontejneru EDU [kg/UOS]	Poměr RN ETE/EDU [1]	Poměr RN NJZ/EDU [1]	Poločasy rozpadu [rok]	Rizikový faktor pro EDU [n]
10Be	1,89E-07	1,22	2,17		
14C	2,65E-04	1,36	1,73	5,70E+03	1 020
36Cl	5,96E-04	1,45	1,83	3,01E+05	27
41Ca	8,54E-05	1,41	1,15	1,02E+05	2
59Ni	7,91E-04	1,45	1,33	7,60E+04	6
60Co	1,07E-09	1,51	1,85		
63Ni	1,24E-04	1,42	1,35	9,87E+01	1 584
79Se	7,56E-03	1,46	1,73	3,56E+05	413
90Sr	1,71E-01	1,51	1,75	2,88E+01	980 000 000
93Nb	5,76E+00	1,19	0,80		
93Zr	1,32E+00	1,46	1,68	1,53E+06	
94Nb	1,11E-01	1,10	0,89	2,00E+04	53 143
99Tc	1,26E+00	1,48	1,75	2,14E+05	20 153
107Pd	4,33E-01	1,41	1,91	6,50E+06	12

Tabulka 2a: Inventář radionuklidů z VJP

Inventář radionuklidů z VJP

RN	Hmotnost RN v kontejneru EDU [kg/UOS]	Poměr RN ETE/EDU [1]	Poměr RN NJZ/EDU [1]	Poločasy rozpadu [rok]	Rizikový faktor pro EDU [n]
108mAg	2,20E-06	1,34	2,22	4,38E+02	57
126Sn	3,83E-02	1,42	1,84	2,32E+05	3 260
129I	2,91E-01	1,42	1,70	1,61E+07	8 160
135Cs	8,40E-01	1,25	1,49	2,30E+06	2 865
137Cs	4,53E-01	1,48	1,81	3,01E+01	760 000 000
151Sm	1,06E-02	1,42	1,62	9,00E+01	40 471
166mHo	1,62E-06	1,15	0,56	1,20E+03	9
210Po	1,31E-12	1,46	1,51		
210Pb	7,70E-11	1,45	1,51		
226Ra	1,40E-08	1,46	1,54	1,60E+03	6
229Th	1,08E-08	1,06	1,63	7,34E+03	2
230Th	5,31E-05	1,45	1,60	7,54E+04	340
231Pa	1,45E-06	1,26	1,19	3,28E+04	72
232Th	1,83E-05	1,51	1,61	1,41E+10	0

Tabulka 2b: Inventář radionuklidů z VJP

Inventář radionuklidů z VJP

RN	Hmotnost RN v kontejneru EDU [kg/UOS]	Poměr RN ETE/EDU [1]	Poměr RN NJZ/EDU [1]	Poločasy rozpadu [rok]	Rizikový faktor pro EDU [n]
233U	2,37E-05	1,43	1,70	1,59E+05	17
234U	3,93E-01	1,41	1,70	2,46E+05	177 120
235U	6,27E+00	1,55	1,06	7,04E+08	943
236U	6,07E+00	1,51	1,58	2,34E+07	27 352
237Np	1,02E+00	1,43	1,73	2,14E+06	117 128
238Pu	3,63E-01	1,29	1,90	8,77E+01	2 100 000 000
238U	8,68E+02	1,46	1,53	4,47E+09	20 735
239Pu	7,14E+00	1,34	1,43	2,41E+04	160 000 000
240Pu	3,31E+00	1,40	1,66	6,56E+03	280 000 000
241Am	1,99E+00	1,39	1,60	4,33E+02	2 000 000 000
241Pu	9,17E-02	1,41	1,60		42 000 000
242Pu	1,13E+00	1,48	2,04	3,73E+05	1 590 725
242mAm	1,31E-03	1,05	1,23	1,41E+02	3 862 070
243Am	3,02E-01	1,40	2,19	7,37E+03	18 000 000
244Cm	1,59E-02	1,28	2,47	1,81E+01	230 000 000
245Cm	1,85E-02	1,16	2,56	8,48E+03	990 054
246Cm	2,50E-03	1,10	3,17	4,76E+03	237 382

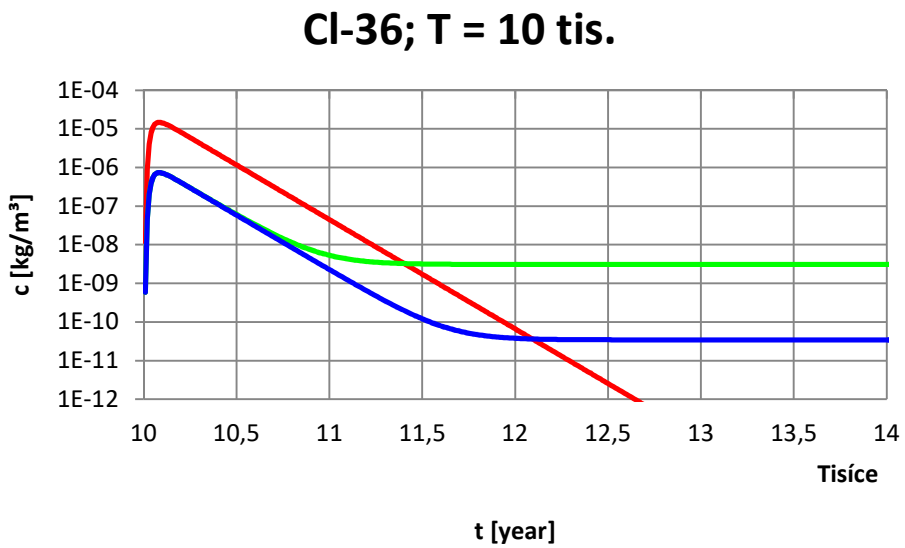
Tabulka 2c: Inventář radionuklidů z VJP

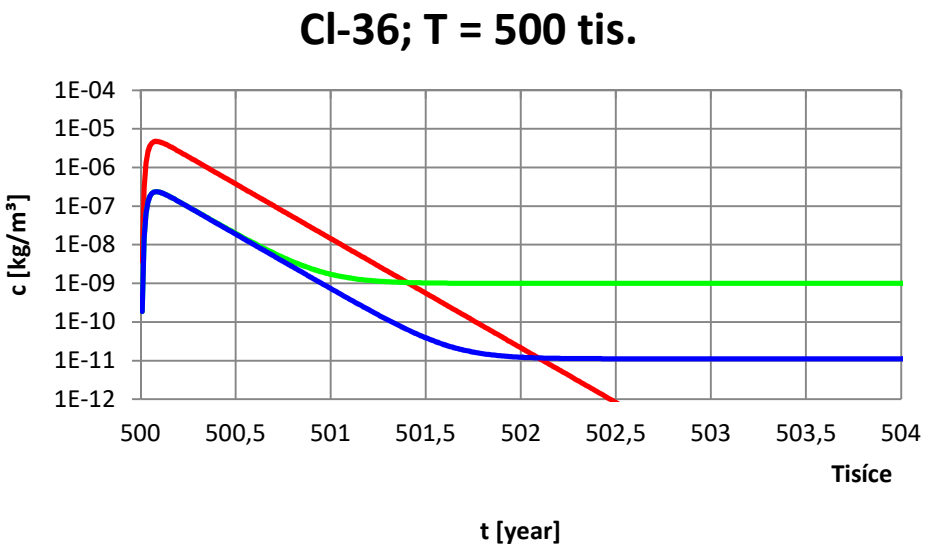
Užité fyzikální vlastnosti zvolených RN

RN	Rozpustnost $[\frac{kg}{m^3}]$	IRF [%]	K_d $[\frac{m^3}{kg}]$	ε [-]
$_{36}$Cl	neomezená	16	0	0.05
$_{79}$Se	0,79*E-3	7	0	0.05
$_{129}$I	neomezená	10	0	0.05
$_{135}$Cs	neomezená	10	0.03	0.43
$_{233-2}$ U	0,119*E-3	0	10	0.43

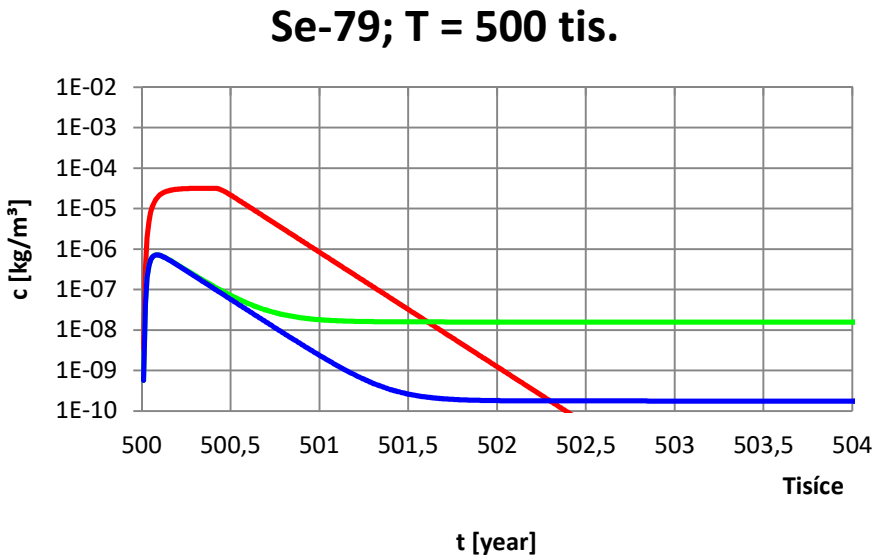
Tabulka 3: Rozpustnosti, distribuční koeficient a efektivní porozita v bentonitu

Rozpouštění RN (Cl) v čase po porušení kontejneru

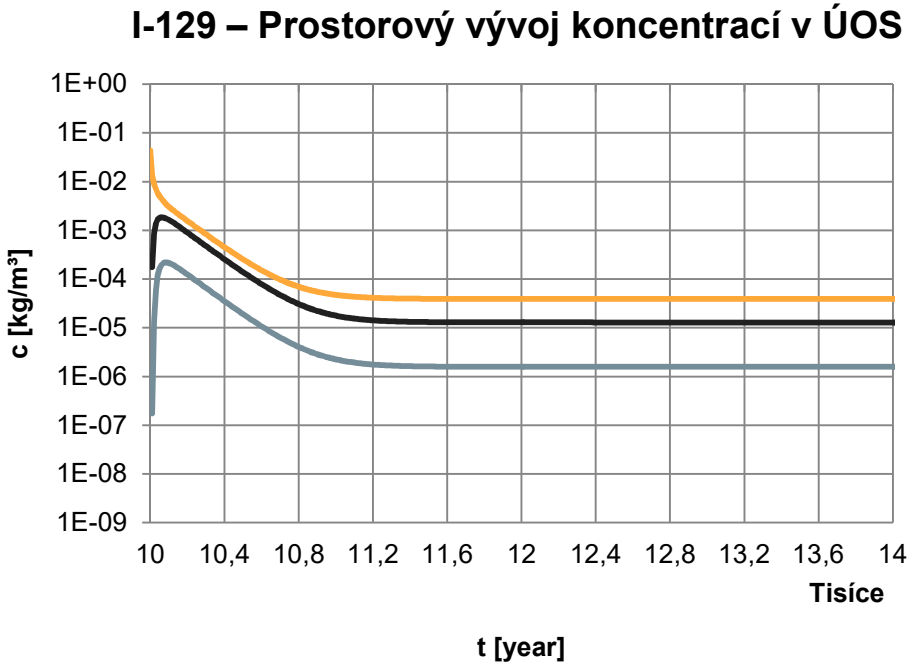




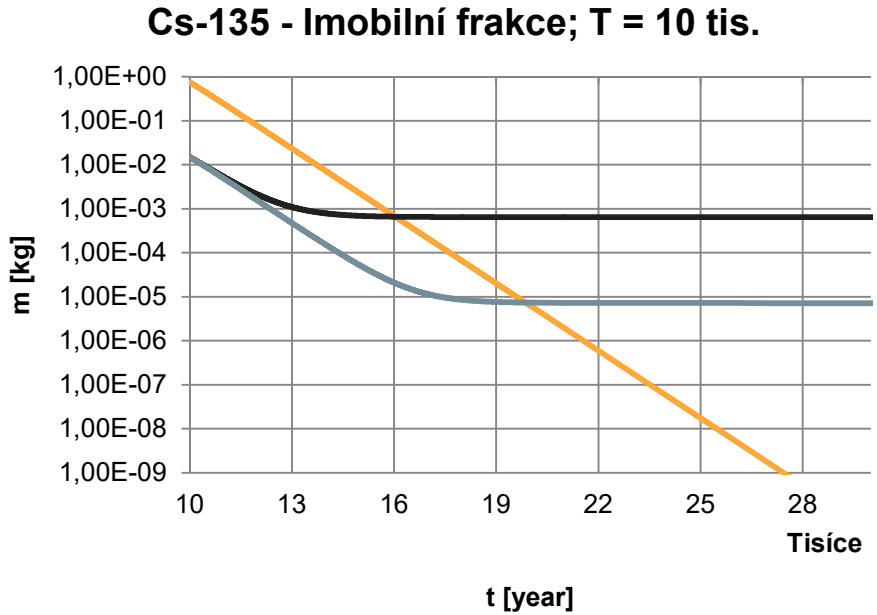
Rozpouštění RN (Se) v čase po porušení kontejneru



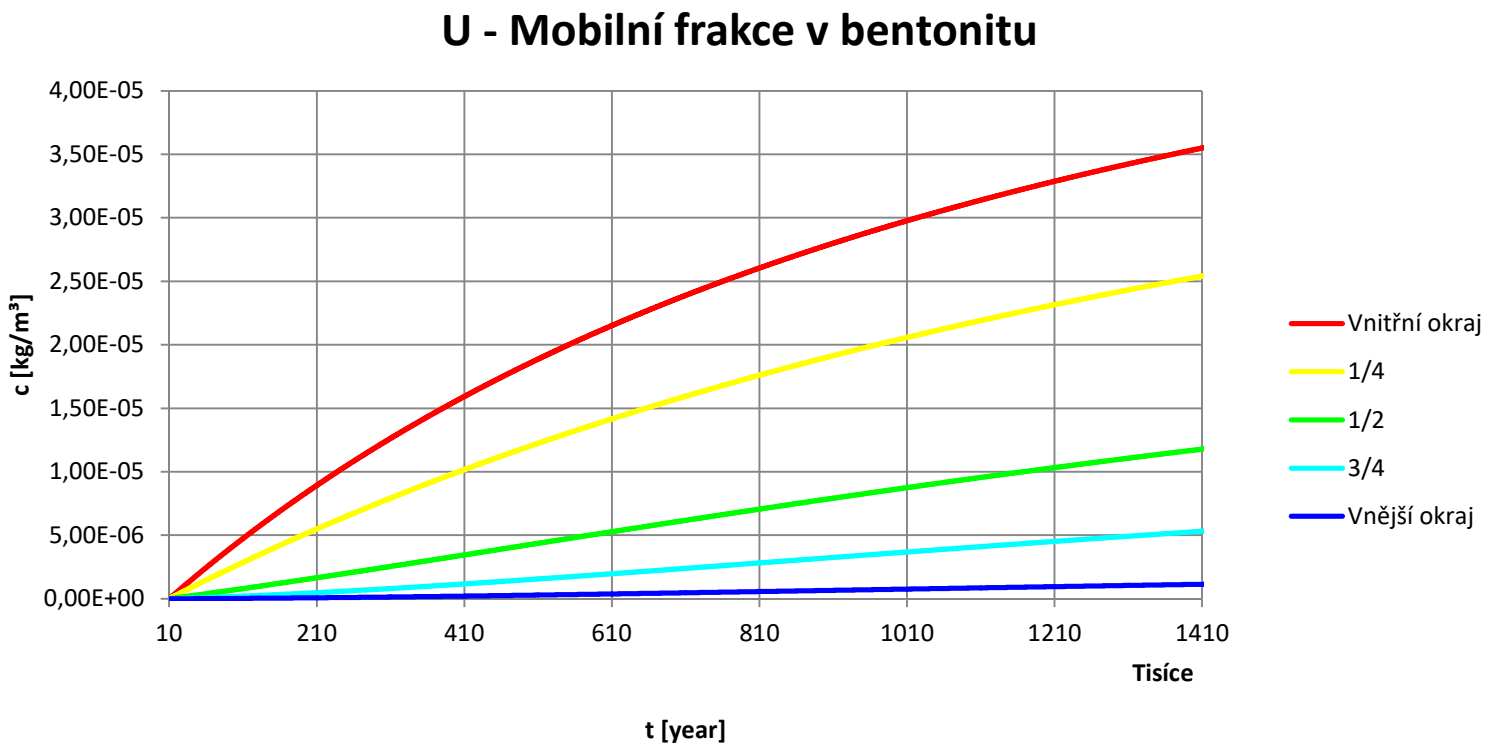
Rozpouštění RN (I) a prostorový vývoj v ÚOS



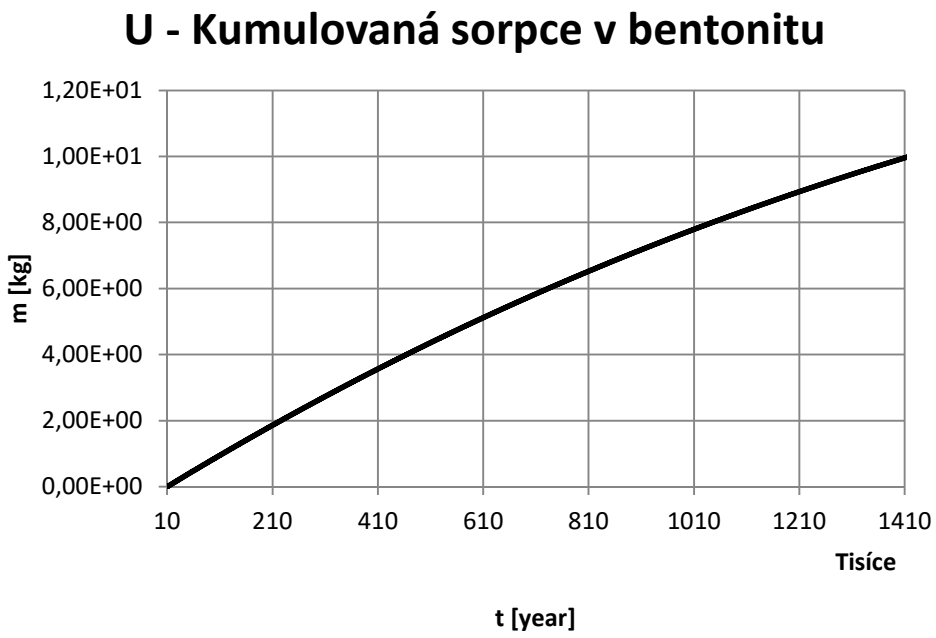
Rozpouštění RN (Cs) v čase po porušení kontejneru

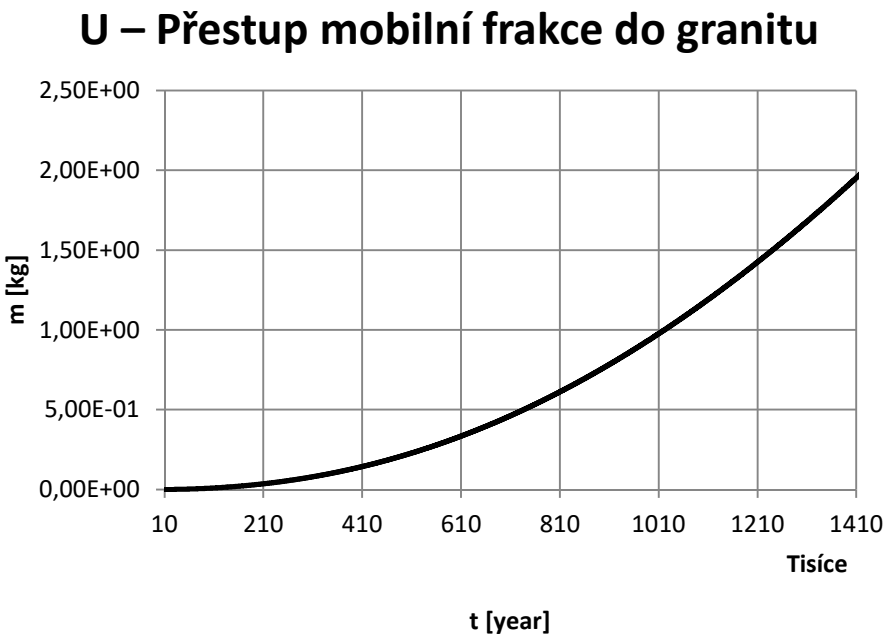


Vývoj koncentrací U v čase v segmentech bentonitu



Procesy ovlivňující migraci U v bentonitu





Hodnocení účinnosti bentonitové bariéry

RN	Cl36	Cl36	Cl36	Cl36
Pozice	vstupní koncentrace	výstupní koncentrace	kumulovaný odtok	účinnost bariéry
Čas / koncentrace	c [kg/m3]	c [kg/m3]	m [kg]	%
10 000	0,000145608	0	0	100,00
200 000	4,95494E-08	2,00351E-09	8,66019E-05	95,96
500 000	2,48318E-08	1,00406E-09	9,71088E-05	95,96
1 000 000	7,85158E-09	3,17476E-10	5,90083E-05	95,96

Tabulka 4: Účinnost bentonitové bariéry na mobilitu Cl36

RN	Se79	Se79	Se79	Se79
Pozice	vstupní koncentrace	výstupní koncentrace	kumulovaný odtok	účinnost bariéry
Čas / koncentrace	c [kg/m3]	c [kg/m3]	m [kg]	%
10 000	0,000370711	0	0	100,00
200 000	7,03279E-07	2,84368E-08	0,00101354	95,96
500 000	3,92148E-07	1,58564E-08	0,00141332	95,96
1 000 000	1,48134E-07	5,98974E-09	0,00106787	95,96

Tabulka 5: Účinnost bentonitové bariéry na mobilitu Se79

Hodnocení účinnosti bentonitové bariéry

RN	I129	I129	I129	I129
Pozice	vstupní koncentrace	výstupní koncentrace	kumulovaný odtok	účinnost bariéry
Čas / koncentrace	c [kg/m3]	c [kg/m3]	m [kg]	%
10 000	0,0436312	0	0	100,00
200 000	3,88163E-05	1,56952E-06	0,0617689	95,96
500 000	3,83182E-05	1,54938E-06	0,143854	95,96
1 000 000	3,75022E-05	1,51639E-06	0,275978	95,96

Tabulka 6: Účinnost bentonitové bariéry na mobilitu I129

RN	Cs135	Cs135	Cs135	Cs135
Pozice	vstupní koncentrace	výstupní koncentrace	kumulovaný odtok	účinnost bariéry
Čas / koncentrace	c [kg/m3]	c [kg/m3]	m [kg]	%
10 000	0,0837472	0	0	100,00
200 000	9,94022E-06	1,47409E-07	0,162459	98,52
500 000	9,08095E-06	1,34666E-07	0,360831	98,52
1 000 000	7,8107E-06	1,15829E-07	0,614861	98,52

Tabulka 7: Účinnost bentonitové bariéry na mobilitu Cs135

Hodnocení účinnosti bentonitové bariéry

RN	U	U	U	U
Pozice	vstupní koncentrace	výstupní koncentrace	kumulovaný odtok	účinnost bariéry
Čas / koncentrace	c [kg/m3]	c [kg/m3]	m [kg]	%
10 000	0	0	0	
200 000	0,000119	6,99048E-08	0,0324065	99,94
500 000	0,000119	2,80708E-07	0,219037	99,76
1 000 000	0,000119	7,49043E-07	0,955871	99,37

Tabulka 8: Účinnost bentonitové bariéry na mobilitu U233-238

Hodnocení, závěry a budoucí výzkumné aktivity

- Nejistoty procesů pokryty volbou vývojových scénářů.
- Vývoj koncentrací RN omezen nízkou rozpustností U.
- Degradace PS omezeně ovlivňuje vývoj koncentrací i u RN s neomezenou rozpustností.
- Případná deformace kontejneru sníží vývoj kinetiky rozpouštěných RN.
- Difuze a sorpce v bentonitu řešena beze změn parametrů.
- Vývoj difuzních toků vybraných RN dán tabulkou.

Hodnocení, závěry a budoucí výzkumné aktivity

- Upravit výsledky pro změny volného objemu v deformovaném kontejneru.
- Řešit úkol i při změnách vlastností „stárnoucího“ bentonitu (snížení K_D a D_e vlivem snížení pórového objemu).
- Řešení migrace RN v prostoru HÚ v globálním hydraulickém poli lokality ve variantních scénářích zdrojových členů (porušených kontejnerů).
- Stanovení toků RN na rozhraní HÚ a geosféry pro zvolené varianty vývoje zdrojových členů.
- Rozvinout vývojové scénáře i pro případy dlouhodobých klimatických změn, změn morfologie terénu modelové lokality.

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Děkuji za pozornost

Poděkování SÚRAO za poskytnutí informací k českému konceptu ukládání VJP.

Jiří Maryška
Samostatný pracovník vědy a výzkumu

+420 605 747 878
jiri.maryska@tul.cz

SES TLMAČE
organizační jednotka Brno

UNITED ENERGY

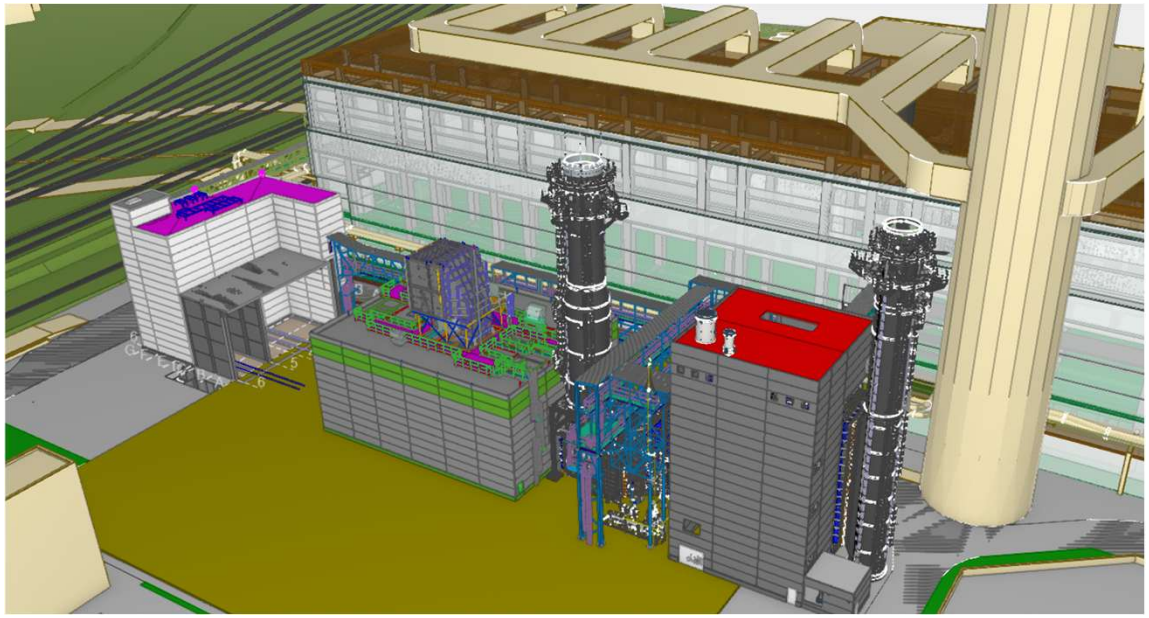
Výstavba paroplynového cyklu v Teplárně Komořany

Modernizace teplárny a přechod od uhlí k nízkoemisní výrobě
Projekt realizovaný formou EPC

Prezentují:
- **Pavel Rajtar - projektový manažer**
- **Petr Svoboda - hlavní inženýr projektu**

Obsah

- ÚVOD
- ZÁKLADNÍ PARAMETRY PROJEKTU
- DISPOZIČNÍ USPOŘÁDÁNÍ
- TECHNICKÁ KONCEPCE PAROPLYNOVÉHO CYKLU
- GT ZÁKLADNÍ PARAMETRY
- HRSG ZÁKLADNÍ PARAMETRY
- STAV PROJEKTU
- MECHANICKÁ MONTÁŽ
- KLÍČOVÉ MILNÍKY
- ZÁVĚR



Projekt Komořany: paroplyn ve výstavbě

Teplárna Komořany zásobuje více než 30 000 odběratelů a postupně se odklání od primárního zdroje energie (uhlí)

Paroplynový cyklus nahrzuje stávající uhelné zdroje plynem

- **ve výrobě elektřiny z GT - 60 MWe**
- **ve výrobě VT a NT páry a horké vody pro CZT - cca 85MWt**
- **Samostatný provoz HRSG na tzv. „fresh air“ – cca 78MWt**
- **navíc umožní flexibilněji poskytovat podpůrné služby distribuční síti**
- **… a spolehlivě dodávat teplo**

Základní parametry projektu & EPC role

Objednatel: United Energy, a.s.
Zhotovitel: Společnost PPC Komořany = sdružení firem

- **Slovenské energetické strojárně a.s. (skrze Organizační jednotu v Brně)**
- **Metrostav CZ s.r.o.**

Objednatel zajišťuje dodávku plynové turbíny vč. řídícího systému a elektro části
Zhotovitel zajišťuje výstavbu paroplynového celku na principu EPC

Hlavní části rozsahu Zhotovitele:

- **Stavební část** -
- **HRSG kotel**
- **Řídící systém a elektro část**
- **Balance of Plant**
- **Plynové hospodářství**
- **Příslušenství turbíny**
- **Instalace plynové turbíny**

metrostav CZ

SES TLMAČE organizační jednotka Brno

Základní parametry projektu & EPC role

ZÁKLADNÍ ČLENĚNÍ DÍLA NA STAVEBNÍ OBJEKTY „ SO“ A PROVOZNÍ SOUBORY „PS“

SO01_STROJOVNA PLYNOVÉ TURBÍNY
SO02_KOTELNA
SO03_ROZVODNA
SO04_POTRUBNÍ ROZVODY
SO05_ELEKTRO MOST
SO07_ÚPRAVY V HLAVNÍM VÝROBNÍM BLOKU
SO08_VT PLYNOVOT, ST PLYNOVOD REGULAČNÍ STANICE
SO09_PŘÍPRAVA ÚZEMÍ
SO11_KOMPRESOROVÁ STANICE
SO12_PODRUŽNA ELEKTRO ROZVODNA
SO13_VYCHLAZOVACÍ JÍMKA
SO14_ČPAVKOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ

PS01_PLYNOVÁ TURBÍNA
PS02_SPALINOVÝ KOTEL HRSG, KOMÍNY
PS03_ELEKTRO
PS04_VNĚJŠÍ PROPOJOVACÍ POTRUBÍ
PS08_VT PLYNOVOT, ST PLYNOVOD REGULAČNÍ STANICE
PS09_MaE a ŘS
PS11_KOMPRESOROVÁ STANICE

DISPOZIČNÍ USPOŘÁDÁNÍ PPC1

LEGENDA

- NOVÉ STAVEBNÍ OBJEKTY
- NOVÉ KOMUNIKACE / ZPEVNĚNÉ PLOCHY
- HRANICE ŘEŠENÉHO ÚZEMÍ
- HRANICE OCHRANNÉHO PÁSMA HVB
- HRANICE OCHRANNÉHO PÁSMA ŽELEZNICE

STAVEBNÍ OBJEKTY

- SO 01 – STROJOVNA PLYNOVÉ TURBÍNY
- SO 02 – KOTELNA
- SO 03 – ROZVODNA
- SO 04 – POTRUBNÍ MOST
- SO 05 – ELEKTRO MOST
- SO 06 – NEOBSAZENO
- SO 07 – ÚPRAVY V HVB
- SO 08 – REGULAČNÍ STANICE PLYNU
- SO 09 – PŘÍPRAVA ÚZEMÍ
- SO 10 – NEOBSAZENO
- SO 11 – KOMPRESOROVÁ STANICE
- SO 12 – PODRUŽNÁ ROZVODNA
- SO 13 – VYCHLAZOVACÍ JÍMKA HRSG
- SO 14 – ČPAVKOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ

INŽENÝRSKÉ OBJEKTY

- IO 01 – KOMUNIKACE
- IO 02 – KANALIZACE
- IO 03 – PŘELOŽKY
- IO 04 – KTÚ

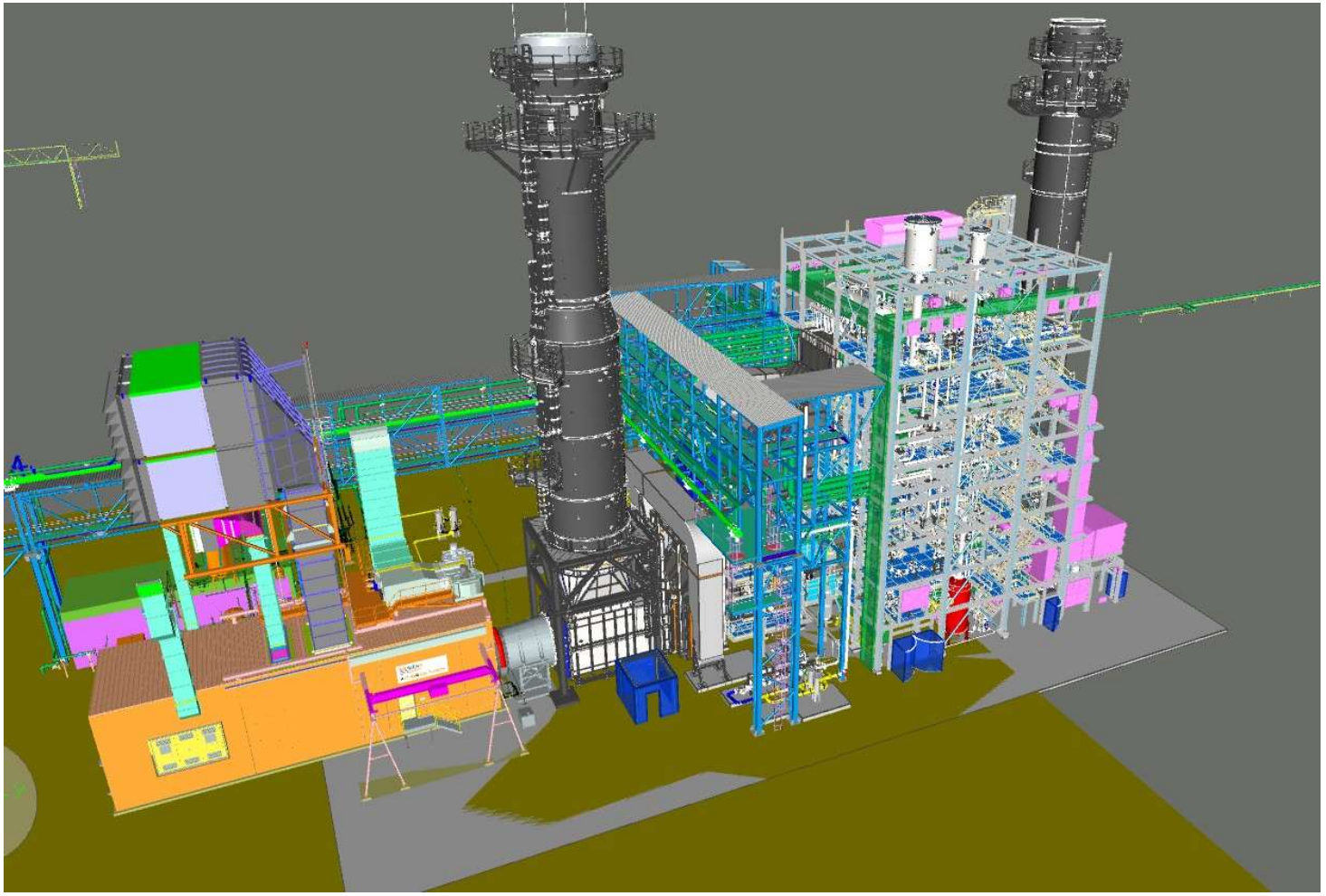
ORGANIZACE STAVENIŠTĚ

- OBJEKTY ZAŘÍZENÍ STAVENIŠTĚ
- SKLADOVACÍ A PŘEDMONTÁŽNÍ PLOCHY
- OBRYS STAVENIŠTĚ
- ZÁBOR PRO ZAŘÍZENÍ STAVENIŠTĚ
- STAVENIŠTNÍ KOMUNIKACE

Link:

Prilohy\1E_00_C_b_SIT_3_00_Koord_situace.pdf

DISPOZIČNÍ USPOŘÁDÁNÍ PPC1



DISPOZIČNÍ USPOŘÁDÁNÍ PPC1

Technická koncepce paroplynového cyklu

ZVOLENÁ KONFIGURACE PAROPLYNU PPC

PLYNOVÁ TURBÍNA SGT-800 + BY-PASSOVÝ KOMÍN + HRSG + HLAVNÍ KOMÍN

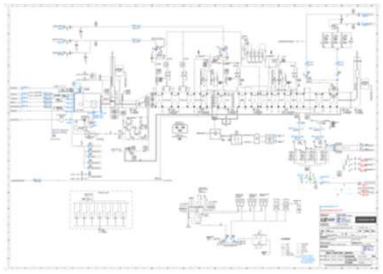
GT UMOŽŇUJE 10 MINUTOVÉ STARTY (JMENOVITÉ ZATÍŽENÍ PO 10 MINUTÁCH)

PPC1 JE NAPOJEN NA PARNÍ SBĚRNY STÁVAJÍCÍHO PROVOZU „HVB“

PROVOZ HRSG:

- **GT+HRSG**
- **GT+HRSG+SF (MAXIMALIZACE VÝROBY VT PÁRY)**
- **HRSG V REŽIMU „FA“**

DIAGRAM PPC1:



Technická koncepce paroplynového cyklu

TEPLÁRENSKÉ ODBĚRY A NAPOJENÍ NA CZT / VAZBY NA STÁVAJÍCÍ INFRASTRUKTURU KOMOŘAN

PPC1 JE NAPOJEN NA PARNÍ SBĚRNY STÁVAJÍCÍHO PROVOZU „HVB“

MEDIA PRO PROVOZ PPC1 JSOU NAPOJENA ZE STÁVAJÍCÍHO PROVOZU „HVB“

PŘÍPOJKA PLYNU JE NOVÁ SAMOSTATNÁ PRO PPC1

UVAŽOVANÝ PROVOZ JE LISTOPAD AŽ BŘEZEN V ZÁKLADNÍM ZATÍŽENÍ V RÁMCI ZDROJŮ TEPLÁRNY KOMOŘANY

POTÉ HRSG ODSTAVEN V ZÁLOZE

GT V ZÁLOZE PRO PODPŮRNÉ SLUŽBY „PpS“

GT ZÁKLADNÍ PARAMETRY

- **ZÁKLADNÍ PARAMETRY GT**
- **VYSTUPNI TEPLOTA SPALIN 600°C**
- **KONSTRUKČNÍ TLAK 5000 Pa(g)**
- **PALIVO: ZEMNÍ PLYN, ZEMNÍ PLYN +15% H2**
- **JMENOVITÝ TLAK ZEMNÍHO PLYNU: 31 bar(g)**
- **KONSTRUKČNÍ TLAK ZEMNÍHO PLYNU: 40 bar(g)**
- **VÝKON: 60 MWe**

Zdroj: www.siemens.com

HRSG ZÁKLADNÍ PARAMETRY

ZÁKLADNÍ KONCEPCE/PARAMETRY

- **KONCEPCE BYLA VOLENA S OHLEDEM NA POŽADAVKY ZÁKAZNÍKA**
- **MÁME 13 PROVOZNÍCJ STAVŮ**
- **HLAVNÍ PROVOZNÍ STAVY:**
  - **GT MAX**
  - **GT do by-pass**
  - **GT + SF max**
  - **FA max**
- **DVOUTLAKÉ PROVEDENÍ (VT + NT) VČ. ČÁSTI PRO OHŘEV TOPNÉ VODY (POSLEDNÍ VÝHŘEVNÁ PLOCHA)**

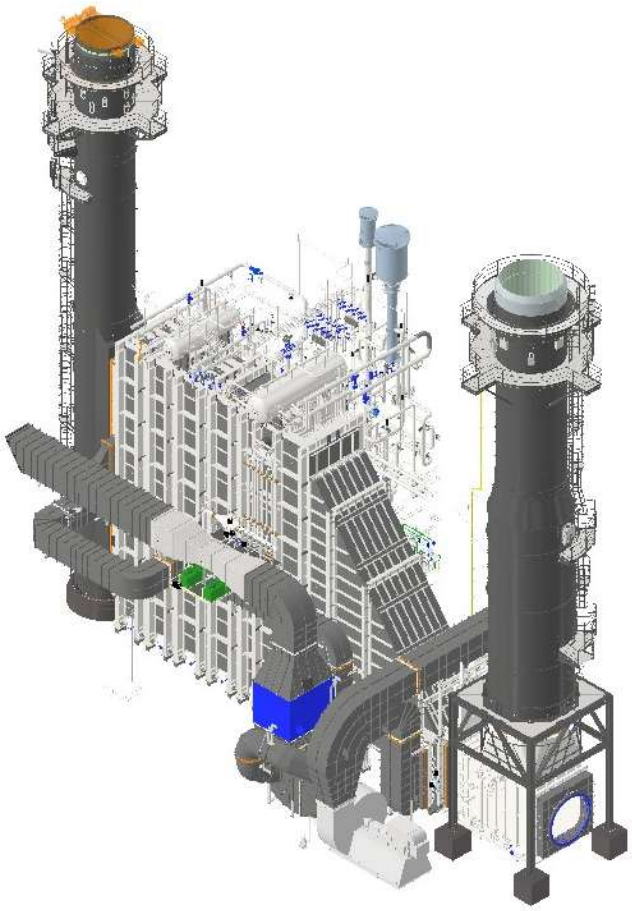
- **HRSG UMOŽŇUJE PŘÍDAVNÉ SPALOVÁNÍ „SF“ , TAK PROVOZ JAKO PLYNOVÝ KOTEL BEZ GT. HRSG JE VYBAVEN SAMOSTATNÝM VENTILÁTOREM SPALOVACÍHO VZDUCHU.**

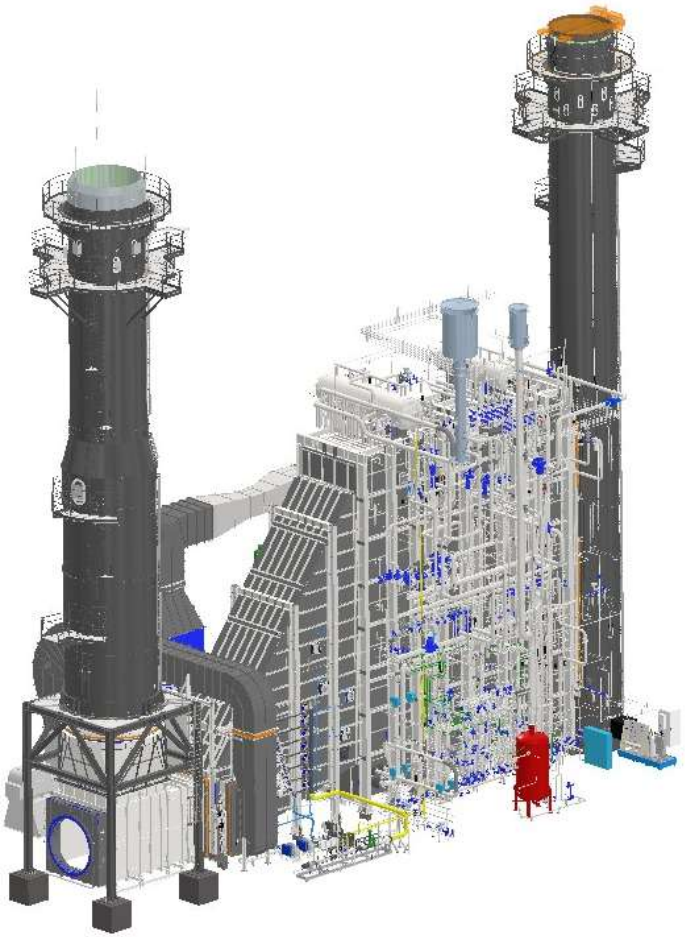
HRSG ZÁKLADNÍ PARAMETRY

ZÁKLADNÍ KONCEPCE/PARAMETRY

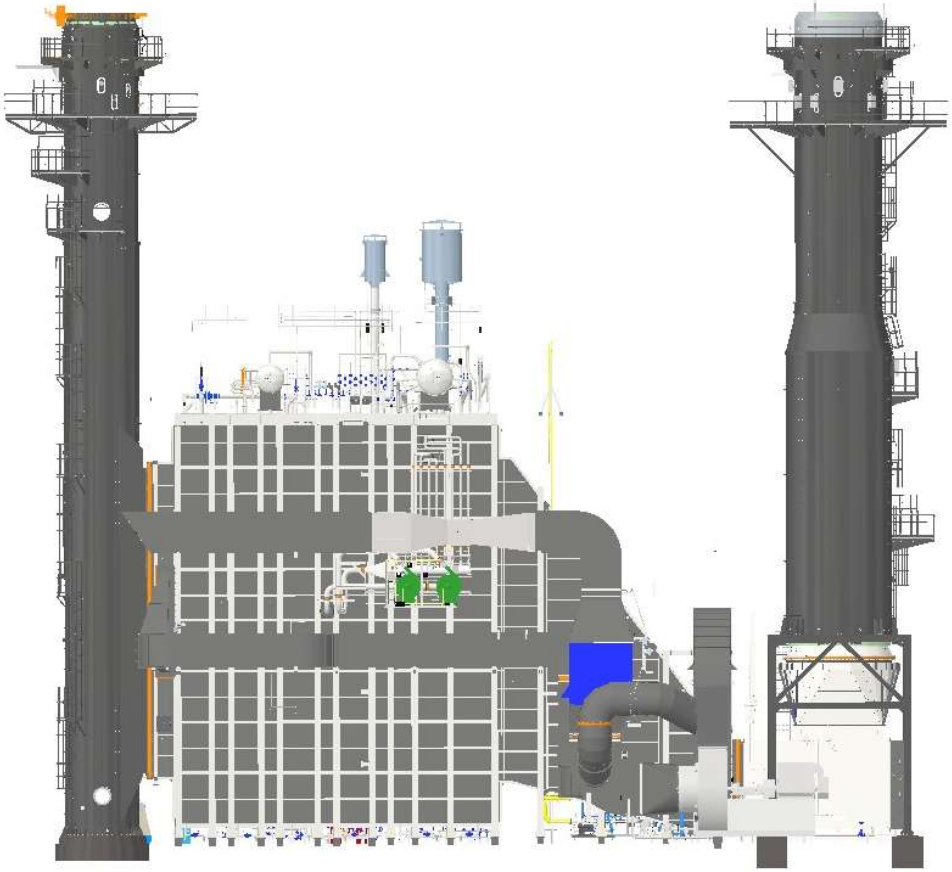
➢ **PARAMETRY:**		
➢ **VT PÁRA**		
➢ **MAXIMÁLNÍ PARNÍ VÝKON**	**[kg/s] / [t/h]**	**25,15 /90,54**
➢ **NOMINÁLNÍ PARNÍ VÝKON**	**[kg/s] / [t/h]**	**25,15 / 90,54**
➢ **MINIMÁLNÍ PARNÍ VÝKON**	**[kg/s] / [t/h]**	**10,82 / 38,95**
➢ **TEPLOTA VÝSTUPNÍ PÁRY PRO MAXIMÁLNÍ PARNÍ VÝKON**		**[°C] 487**
➢ **VÝSTUPNÍ TLAK PÁRY PRO MAXIMÁLNÍ VÝKON**		**[bar(g)] 72,9**
➢ **NT PÁRA**		
➢ **MAXIMÁLNÍ PARNÍ VÝKON**	**[kg/s] / [t/h]**	**2,67 / 9,612**
➢ **NOMINÁLNÍ PARNÍ VÝKON**	**[kg/s] / [t/h]**	**1,3 / 4,68**
➢ **MINIMÁLNÍ PARNÍ VÝKON**	**[kg/s] / [t/h]**	**0,53 / 1,9**
➢ **TEPLOTA VÝSTUPNÍ PÁRY PRO MAXIMÁLNÍ PARNÍ VÝKON**		**[°C] 287**
➢ **VÝSTUPNÍ TLAK PÁRY PRO MAXIMÁLNÍ VÝKON**		**[bar(g)] 11,8**
➢ **Emise CO**		**30 mg/Nm^3, ref O2 15%**
➢ **Emise NOx**		**30 mg/Nm^3, ref O2 15%**

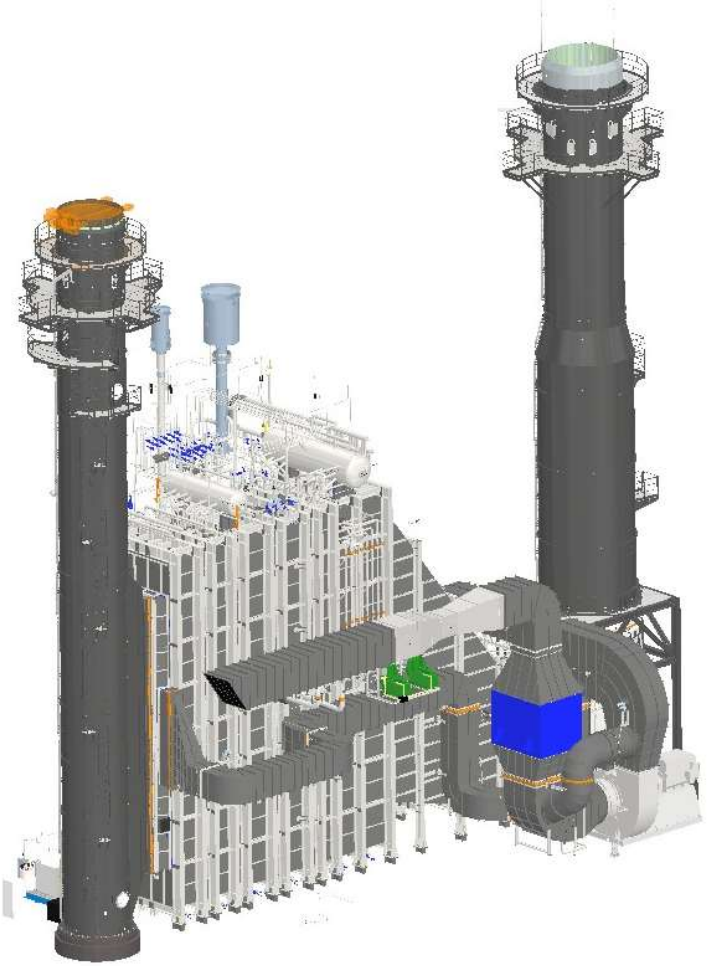
HRSG DIPOZICE KOTLE





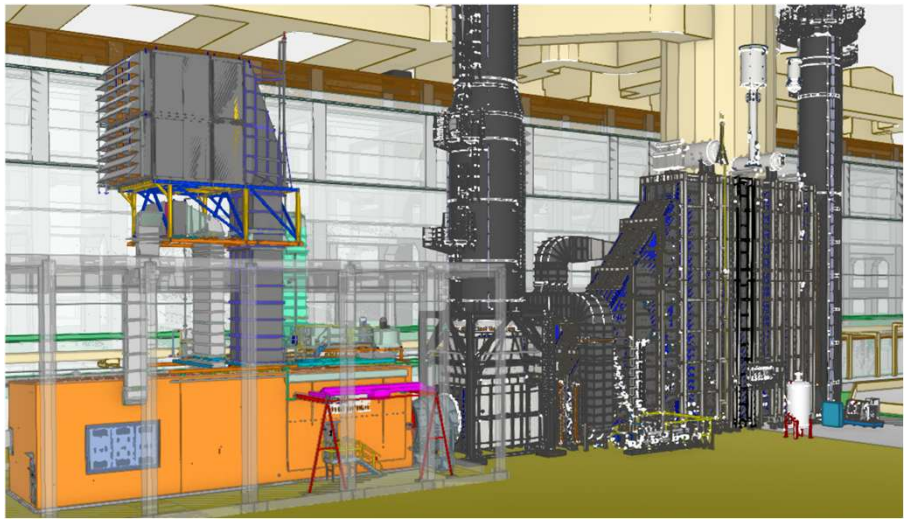
HRSG DIPOZICE KOTLE

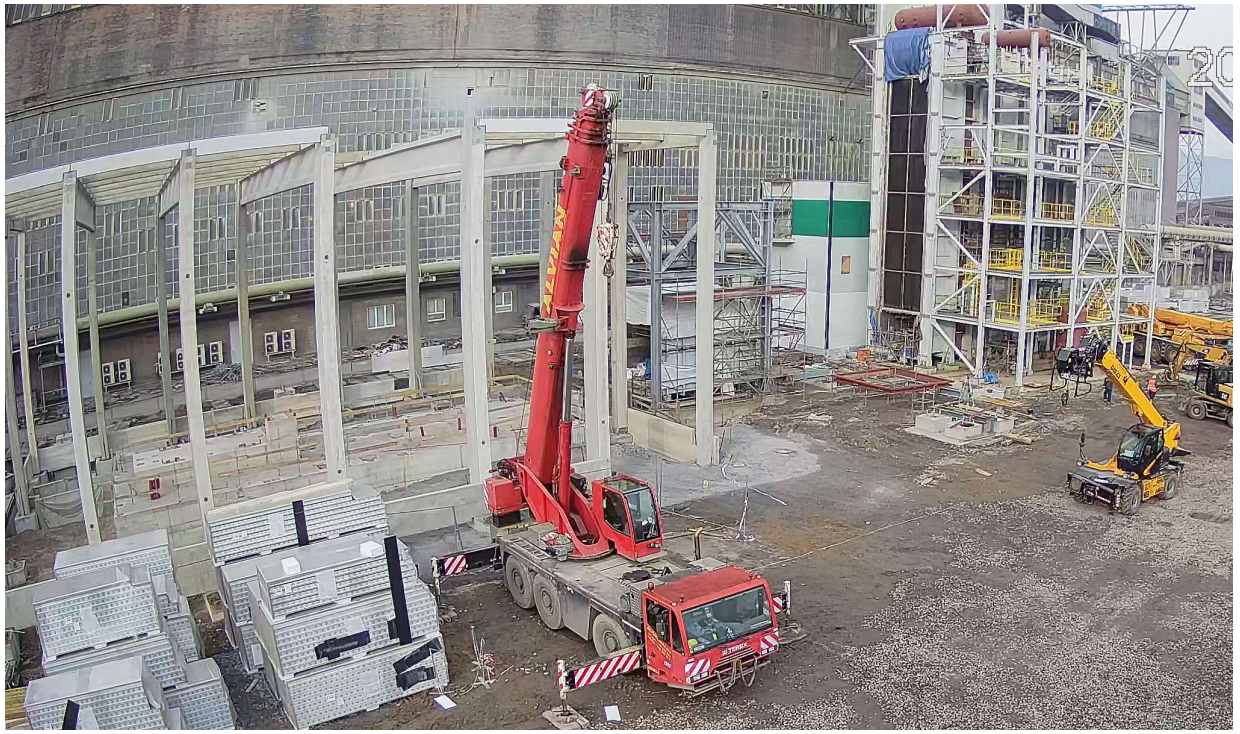




Stav projektu k dnešnímu dni

- Stavební práce jsou v pokročilé fázi
- Probíhá výroba zařízení
- Probíhají dodávky zařízení na stavbu
- Probíhá montáž HRSG kotle



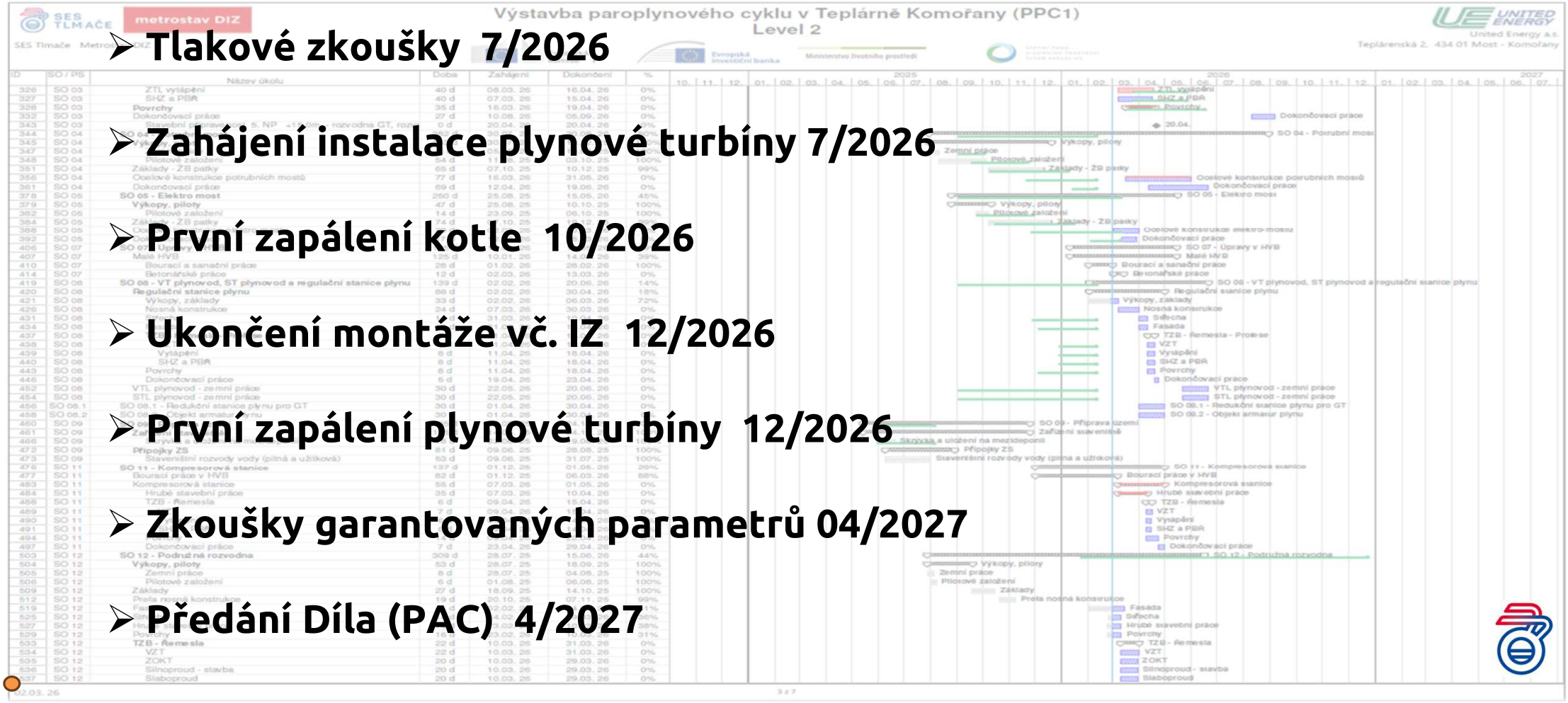


Projekt přešel z projekční fáze do fáze montážní

HRSG: mechanická montáž

Klíčové milníky projektu a co nás ještě čeká

- **Tlakové zkoušky 7/2026**
- **Zahájení instalace plynové turbíny 7/2026**
- **První zapálení kotle 10/2026**
- **Ukončení montáže vč. IZ 12/2026**
- **První zapálení plynové turbíny 12/2026**
- **Zkoušky garantovaných parametrů 04/2027**
- **Předání Díla (PAC) 4/2027**



Závěr

Technická koncepce PPC je zaměřena na poskytování podpůrných služeb distribuční síti a optimalizována k teplárenskému provozu

HRSG není pouze „ kotel na odpadní teplo z GT“ – je navržen jako flexibilní teplárenský zdroj schopný samostatného provozu v režimu „Fresh air“

Projekt Komořany ukazuje praktickou cestu transformace teplárenství při zachování bezpečné dodávky tepla

Závěr - poděkování členové teamu

HLAVNÍ ČLENOVÉ TEAMU:

VEDOUCÍ REALIZACE: Ing. Ivo Rybecký
VEDOUCÍ PROJEKCE: Ing at Ing Jiří Trávniček
AUTOR TEPELNÉHO VÝPOČTU/BILANCE: Ing. Veronika Malíková
AUTOR TEPELNÉHO VÝPOČTU/BILANCE: Ing. Ondřej Peichl
PROJEKTANT HRSG: Ing. Martin Loukota/ Ing at Ing Jiří Trávniček
PROJEKTANT CELKU: Ing Petr Svoboda
PM PROJEKTU: Ing. Marek Heythum (Investor)
HIP PROJEKTU: Ing. Dita Černá (Investor)
OPONENT PROJEKTU HRSG: Ing Radomír Nantl (Investor)
OPONENT PROJEKTU GT: Ing Robert Chovanec (Investor)

PORADCI VĚCI TECHNICKÉ/KOLEGOVÉ V DŮCHODU:

Ing. Josef Pavlíček
Ing. Vlastimil Otáhal
Pavel Šír

Děkujeme

Modernizace zdroje „Brno-sever“ pro soustavu zásobování tepelnou energií města Brna

Investor: Teplárny Brno, a.s.
EPC: ENGINEERING PRAHA & OHLA ŽS
TDI: Brněnské komunikace a.s.

Prezentuje: Václav Suchý

Skupina ÚJV, člen Skupiny ČEZ

Veřejné / Public

Provoz Brno-sever v Maloměřicích

Nový biomasový blok

- Stavební část
- Doprava paliva
- Parní kotel K3 – 56 t/h MCR
- Čištění spalin, komínová vložka
- Popelové hospodářství
- Strojovna – protitlaká TG, bypass 50%
- Teplofikace, akumulátor
- Výroba demivody, kompresorovna
- Elektro, MaR a ASŘTP

Stávající zdroje v provozu teplárny Brno-sever

- Plynová horkovodní kotelna 2x15 MWt

VÝSTAVBA

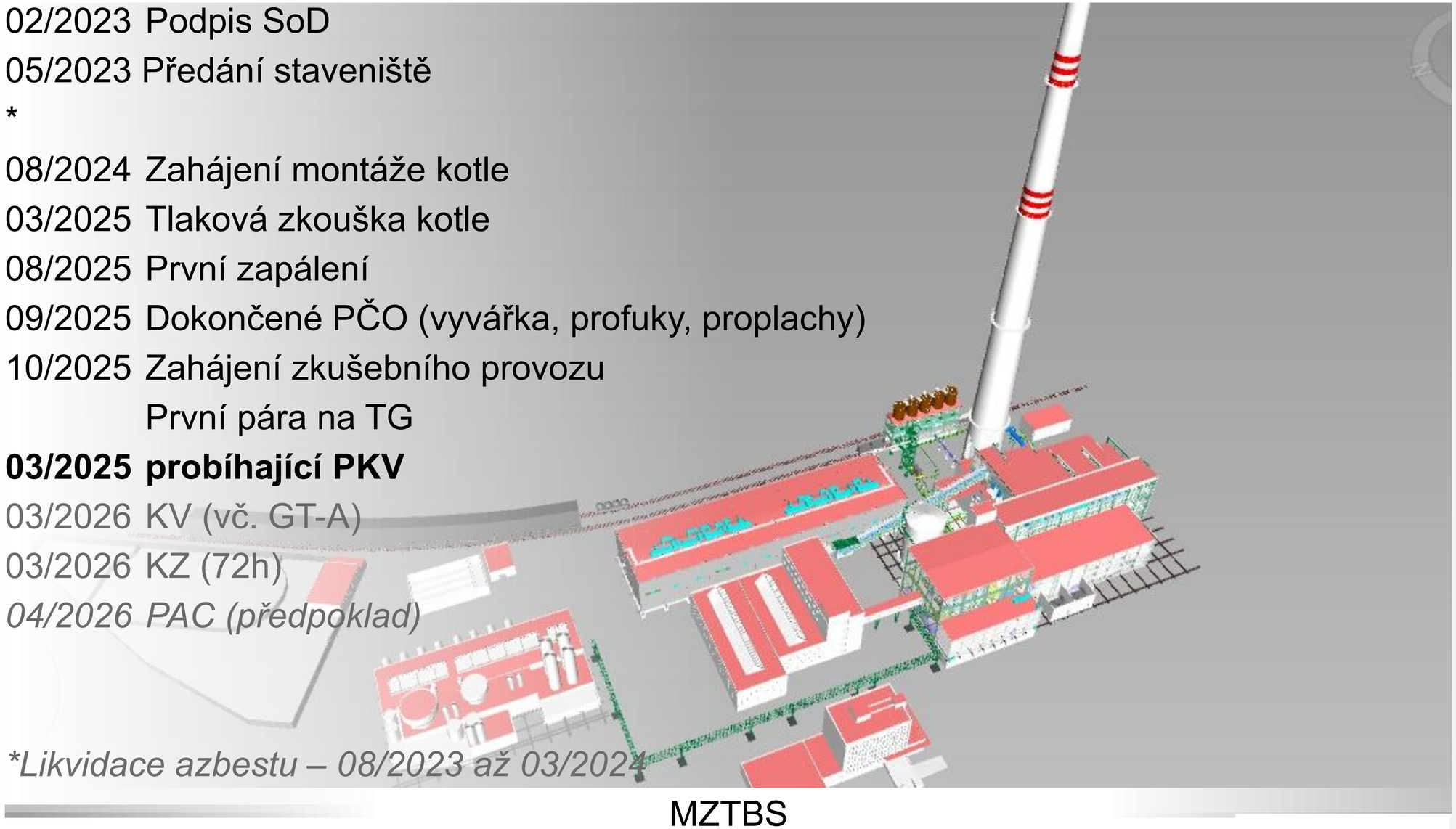
TBS Obřanská 940/60, 614 00 Brno, Maloměřice

snímek Google Earth 7. 10. 2022

Veřejné / Public

HARMONOGRAM

02/2023 Podpis SoD
05/2023 Předání staveniště
*
08/2024 Zahájení montáže kotle
03/2025 Tlaková zkouška kotle
08/2025 První zapálení
09/2025 Dokončené PČO (vyvářka, profuky, proplachy)
10/2025 Zahájení zkušebního provozu
First pára na TG
03/2025 probíhající PKV
03/2026 KV (vč. GT-A)
03/2026 KZ (72h)
04/2026 PAC (předpoklad)



**Likvidace azbestu – 08/2023 až 03/2024*

MZTBS
3D model

DOPRAVA PALIVA

Dřevní biomasa ve formě dřevní štěpky

Výhřevnost	Qir 6,7 MJ/kg - 12,0 MJ/kg
Vlhkost	Wr 55 – 30 % hm.
Popeloviny	Ad ≤ 5 % hm.

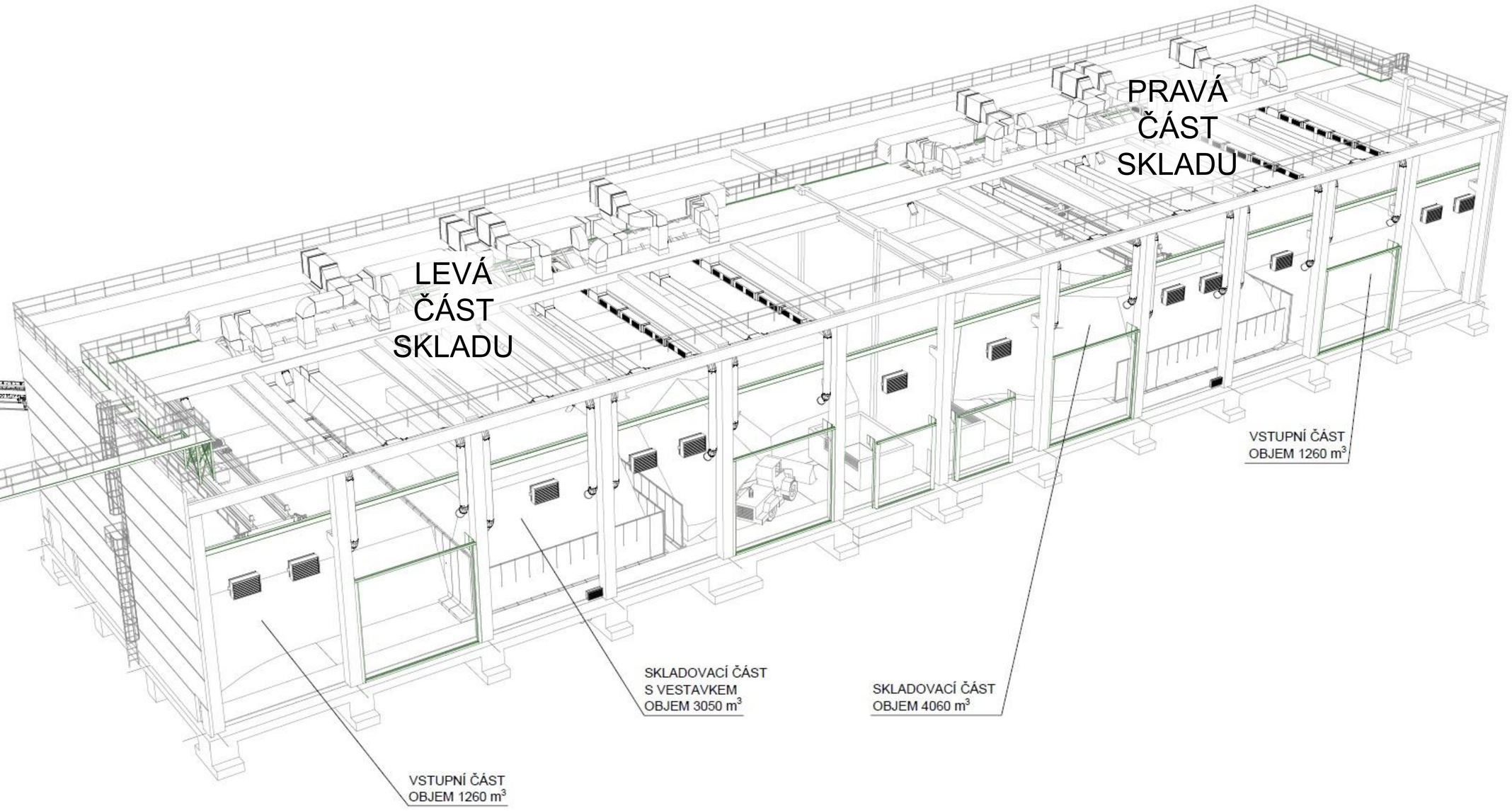
Způsob dopravy do areálu

- Rekonstrukce vlečky
- Posunovací zařízení
- 10 - 16 vagonů, každý veze 3 kontejnery
- InnnoFreight woodtainer XXL (45 m3)
- Kalmar – vysypává kontejner ve skladu
- VOLVO – nahrnuje, manipuluje

Uzavřený sklad paliva (OHLA ŽS)

- Půdorys 108,48 m x 27,5 m
- Dvě nezávislé poloviny
- Kapacita 4 310 m3 a 5 320 m3
- Indukční smyčky, rychlodveře
- Vzduchotechnika
- Laboratoř vzorkování paliva

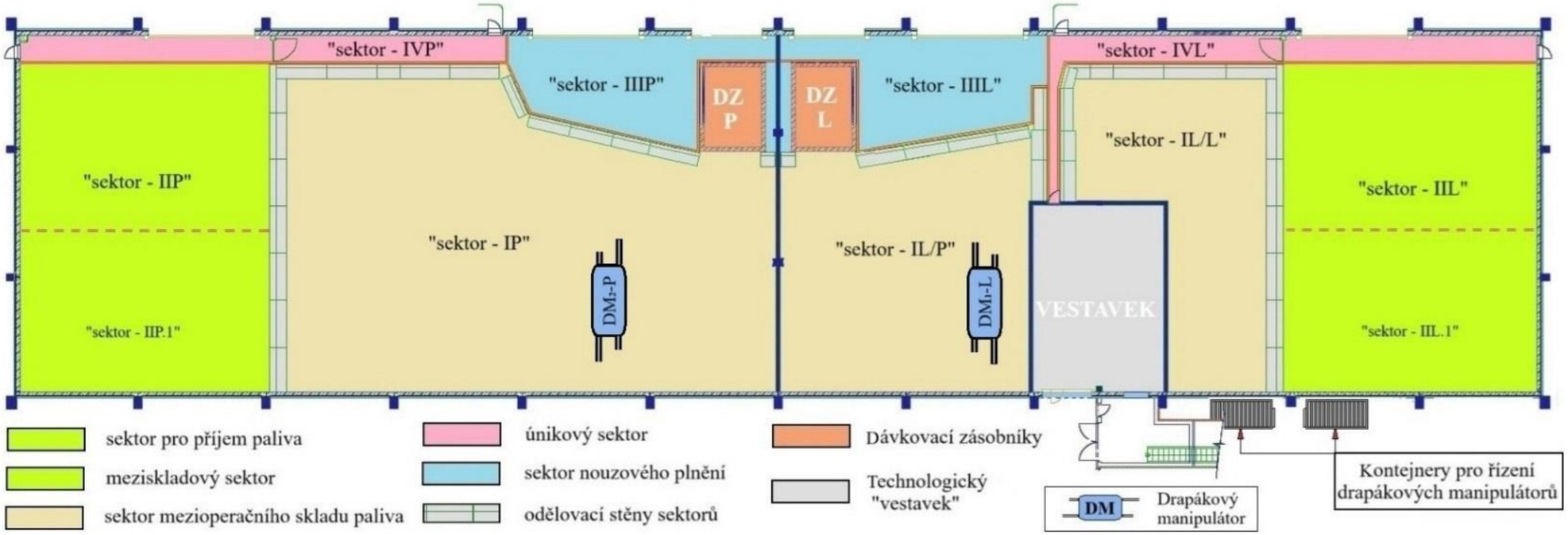
DOPRAVA PALIVA



OHLA ŽS

Veřejné / Public

DOPRAVA PALIVA



Sektorové řízení skladu

DOPRAVA PALIVA

Automatické manipulátory paliva (SIMO)
- Každá polovina skladu 1 drapákový manipulátor
- 8 m3 lžíce

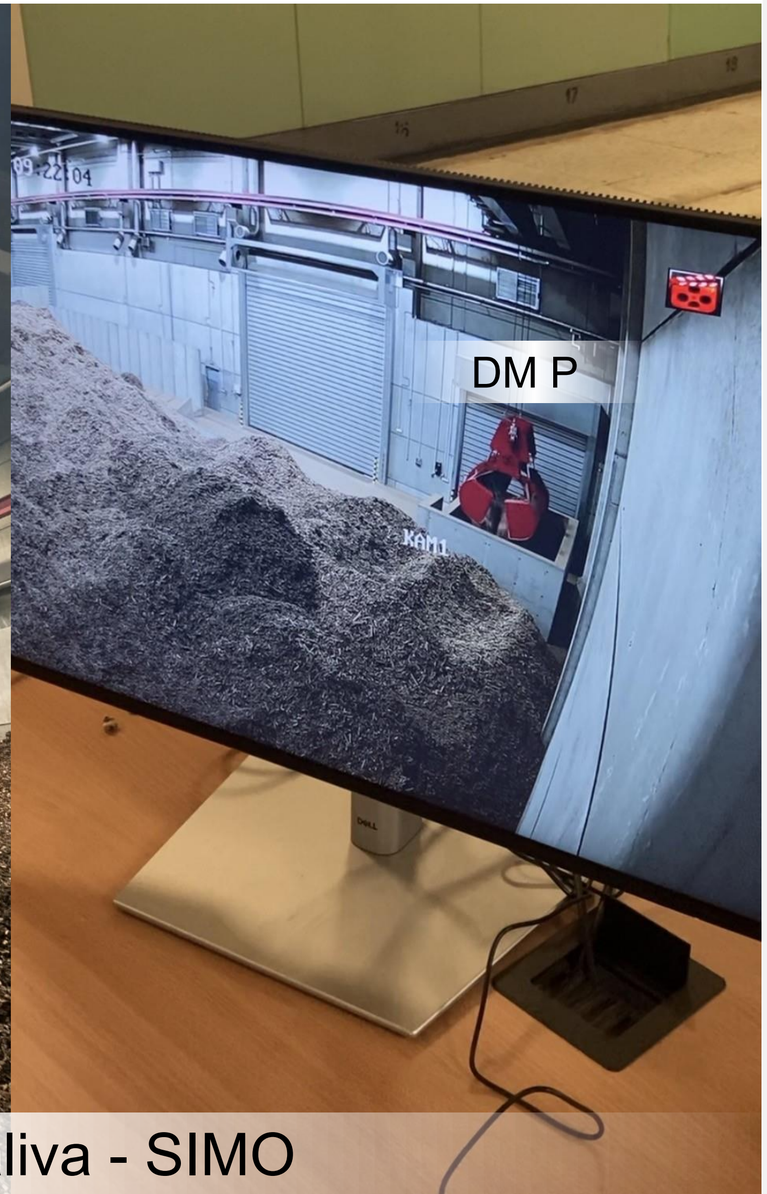
Hydraulické posuvné podlahy (MRtech)
- Každá polovina skladu vlastní násypka (70 m3)
- Společný pás z obou podlah do třídící linky

Třídící linka paliva (MRtech)
- Flexowell
- Separátor magnet. kovů
- Diskový separátor (P100)
- Vibrační separační žlab
- Drtič (nadsítá 150x150x350 mm)
- Zbytek do kontejneru nadrozměru

Doprava paliva (MRtech)
- 1x pásová doprava do kotelny
- Automatická vzorkovací stanice
- Tenzometrická pásová váha

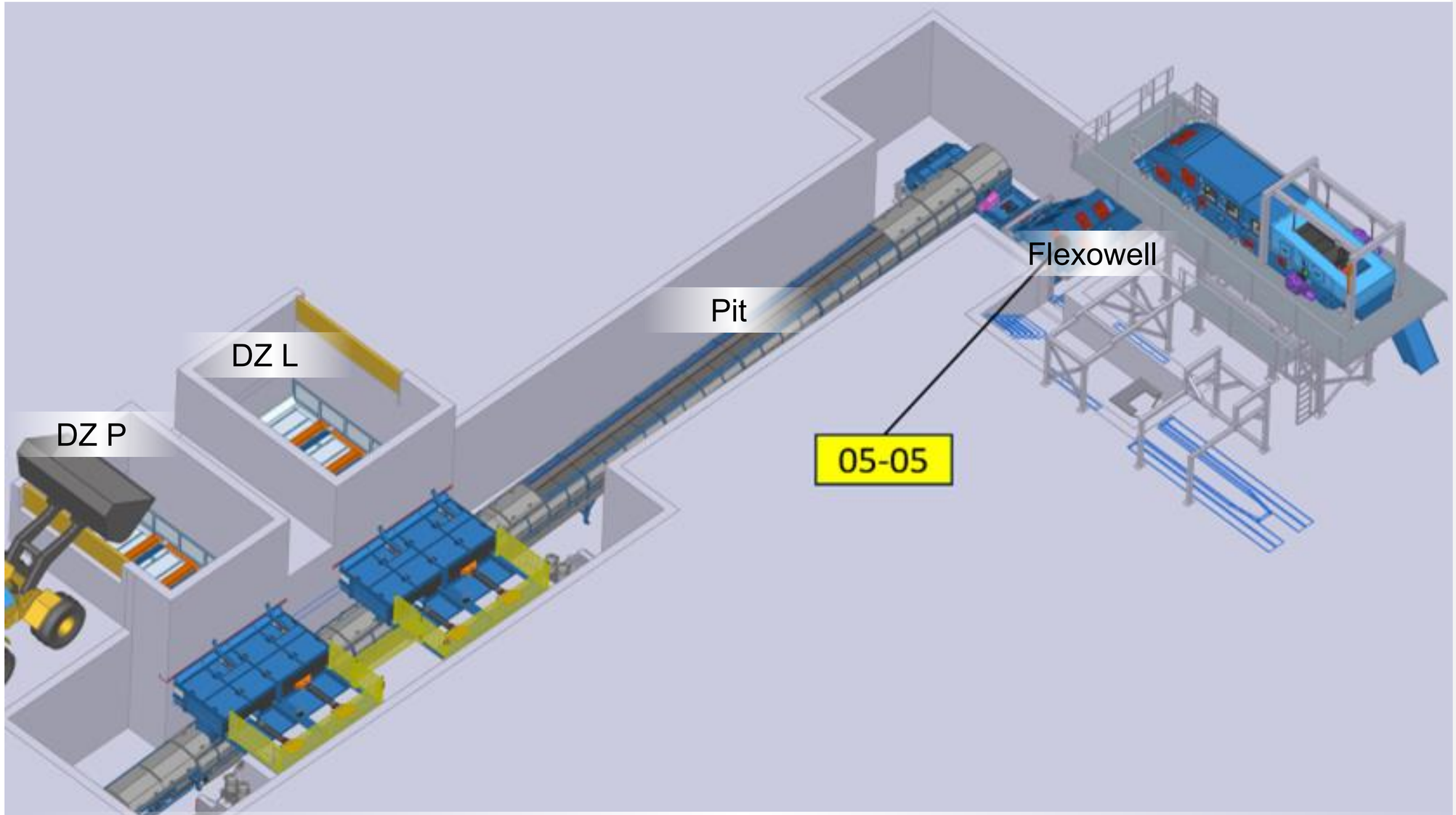
DOPRAVA PALIVA

ENGINEERING PRAHA



Automatické manipulátory paliva - SIMO

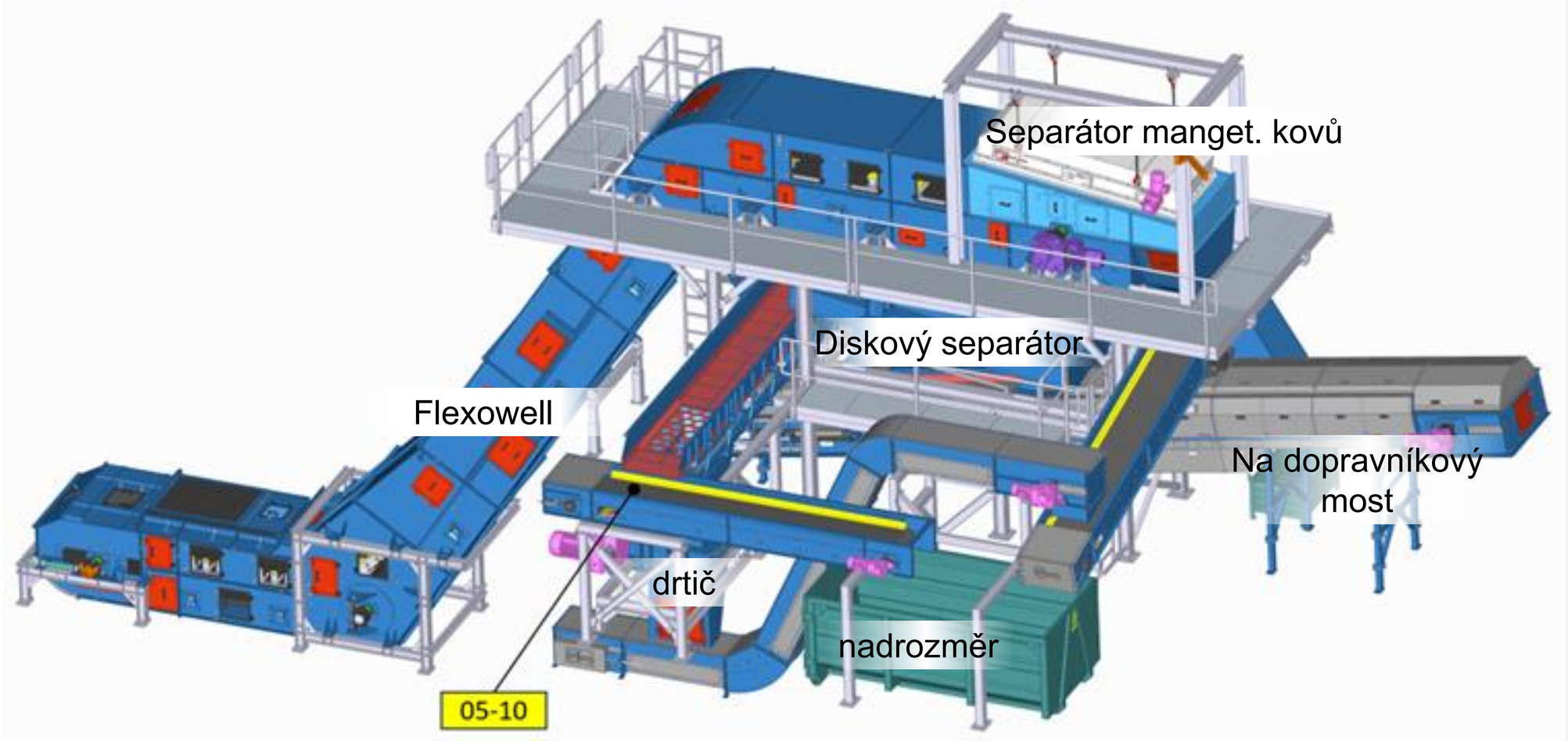
DOPRAVA PALIVA



Posuvné podlahy (1+1) do společného dopravníku - MRTech

Veřejné / Public

DOPRAVA PALIVA



Třídící linka - MRTech

Veřejné / Public

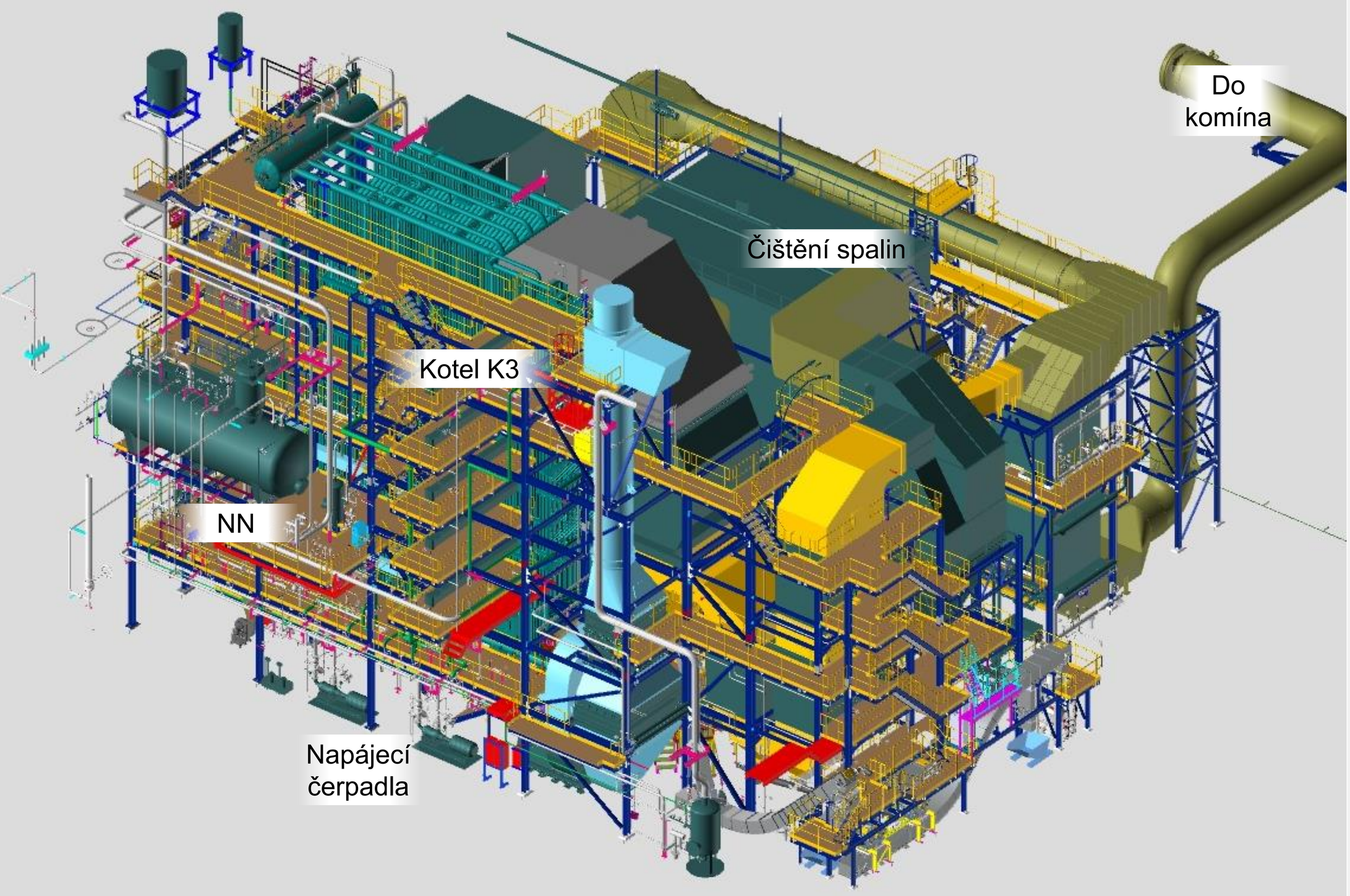
KOTELNÍ OSTROV

Kotel a příslušenství (EKOL)
- Vnitřní zásobník paliva 1h jm. provozu
- Vodotrubný, roštový kotel
- MCR 56 t/h, 5,1 MPa(a), 450 °C, η ≥ 90 %
- Spotřeba paliva 5,1 – 27,45 t/h

Čištění spalin (EVECO)
- Lapač jisker, DeSOx, TF, SCR DeNOX + DeCO
- NOx 90 mg/Nm3 *á 11 % O_2, STP, suché*
- CO 100 mg/Nm3 *á 11 % O_2, STP, suché*
- TZL 3,5 mg/Nm3 *á 11 % O_2, STP, suché*

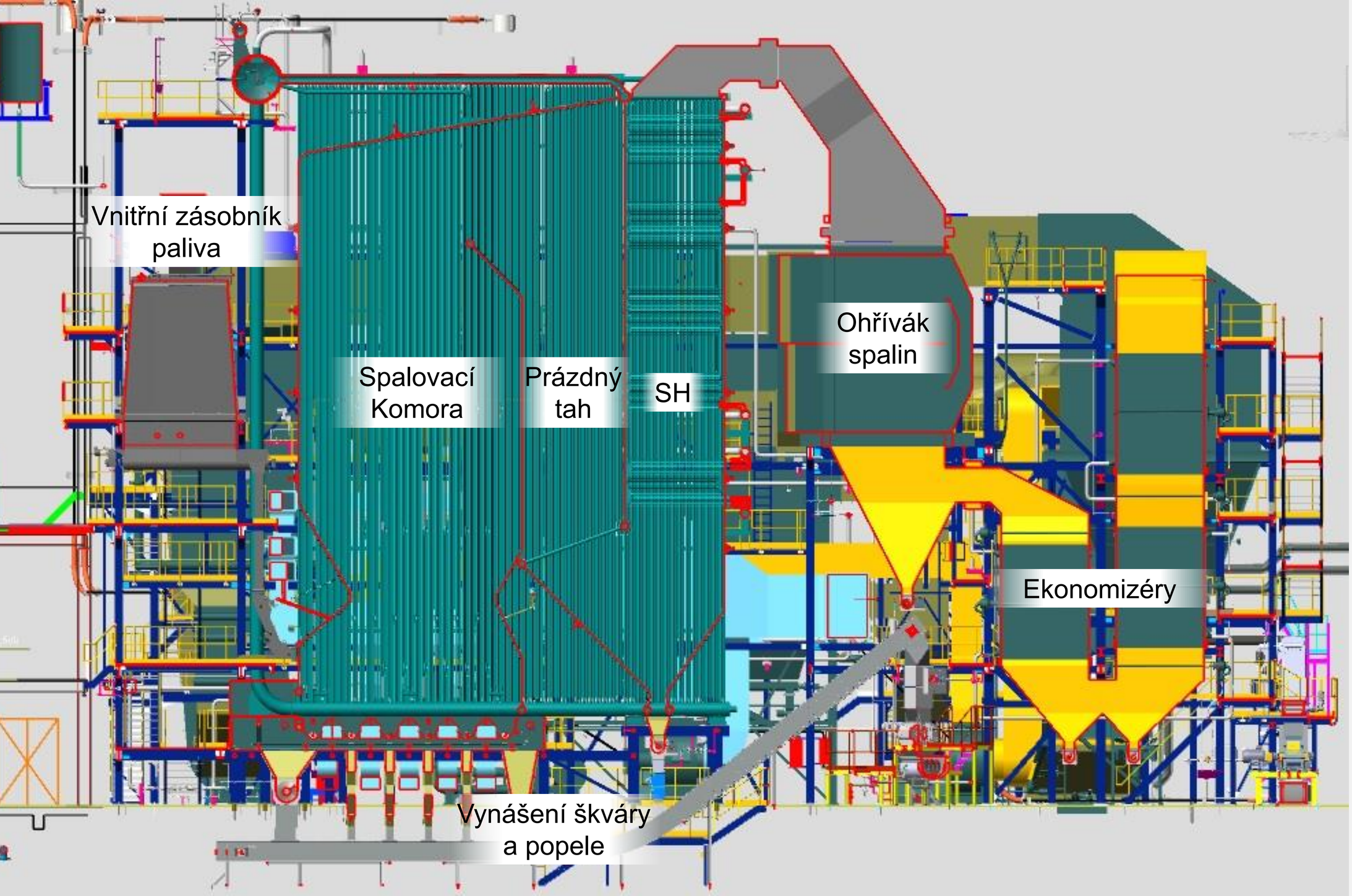
TUV (EKOL)
- Napájecí nádrž s odplyněním (105 °C)
- Pára vlastní spotřeby při najíždění

Suché vynášení (EKOL / TRANSPORTA)
- 100 % t.z. ze spalování pneudopravou do sil
- Chladící a chlazené šneky, řetězové dopravníky
- Válcový drtič, magnetický separátor kovů
- Tříštivé kladivové mlýny

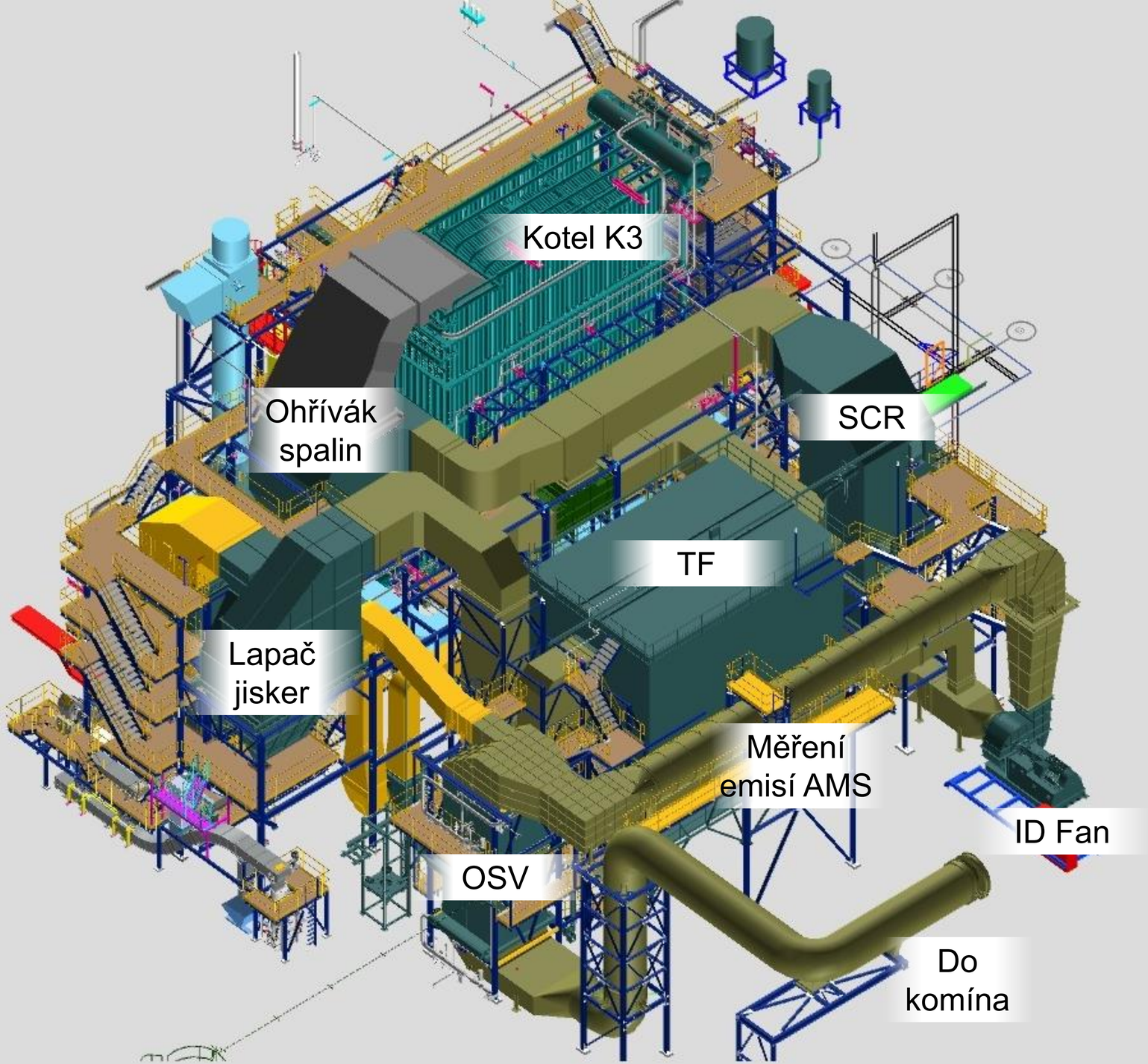


ENGINEERING PRAHA

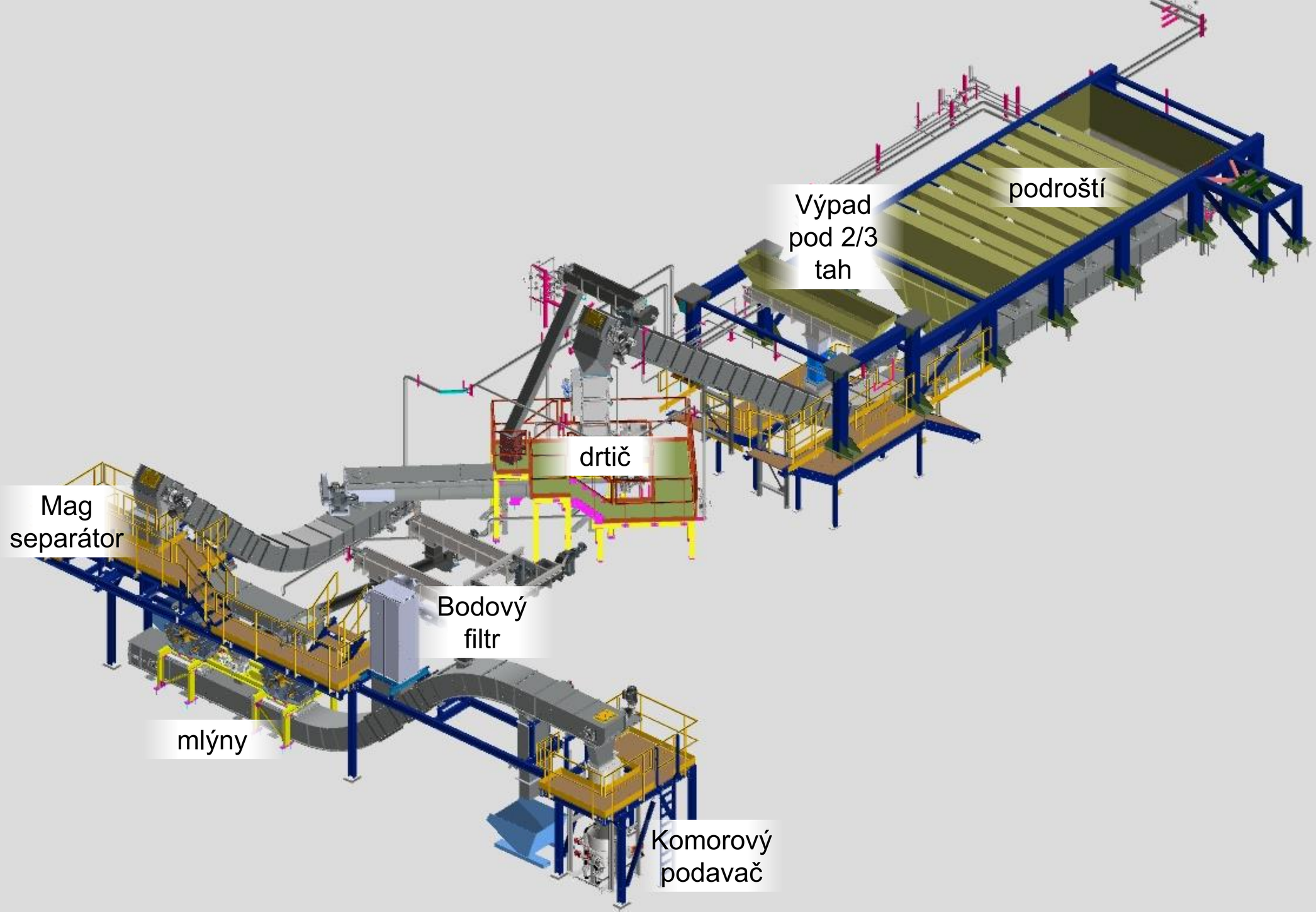
ENGINEERING PRAHA



ENGINEERING PRAHA



ENGINEERING PRAHA



KOTELNÍ OSTROV

KOTELNÍ OSTROV

ENGINEERING PRAHA

Veřejné / Public

POPELOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ

Pneudoprava popele (Rayman)
- podroští + tahy kotle
- Komorý podavač – do sila
- jm. 0,9 t/h dle aktuální sypné hmotnosti

Pneudoprava popílku (Rayman)
- Z tkaninového filtru
- Komorý podavač – do sila
- jm. 0,32 t/h dle aktuální sypné hmotnosti

Sila a expedice popelovin (Rayman)
- Kapacita jednotlivých sil 5x150m3
- Expedice přes míchací zařízení, dle receptury
- Odvoz po železnici - kontejnery

STROJOVNA

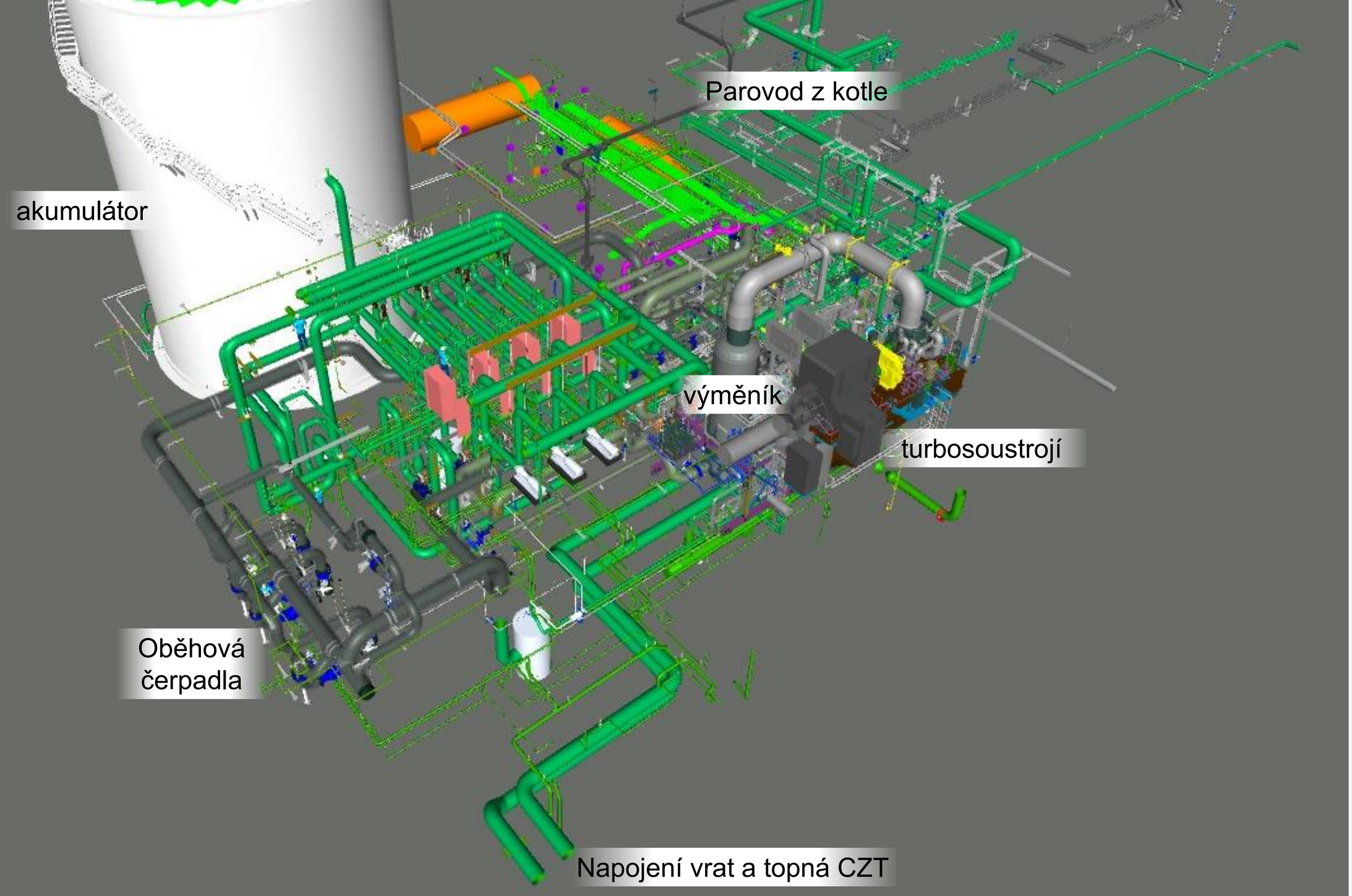
ENGINEERING PRAHA

Turbosoustrojí (SIEMENS Energy)
- SST-200, protitlaká
- Generátor, ochrany
- 10,5 MWe, 0,6 – 1,6 bara protitlak
- Bypass 50 % parního výkonu

Výměník (SIEMENS Energy)
- 32 MWt, vertikální
- Kondenzátní systém
- Vývěva

Teplofikace (ENESA / SSI / Polycomp / Allcons)
- Napojení na topnou síť CZT
- Nabíjení aku – primární a sekundární okruhy
- Akumulátor 3500 m3

Potrubní systémy (ENESA / Allcons)
- Parovod, ostatní potrubní propoje
- Přeložky stávajících zařízení (např. HVK)



ENGINEERING PRAHA

Veřejné / Public

OSTATNÍ PROVOZNÍ SOUBORY

Výroba demivody (PROMINENT)

- Zdroj čiřená voda stávající CHUV
- pískový filtr, duplexní změkčovací filtr
- UV zářič
- DEMI jednotka RO
- CIP sestava
- EDI
- mix-bed filtr
- Sklad 2x20m3
- Vodivost za EDI: ≤ 0,1 µS/cm
- GT vodivost 0,05 µS/cm

Doplnění kompresorovny (RAYMAN)

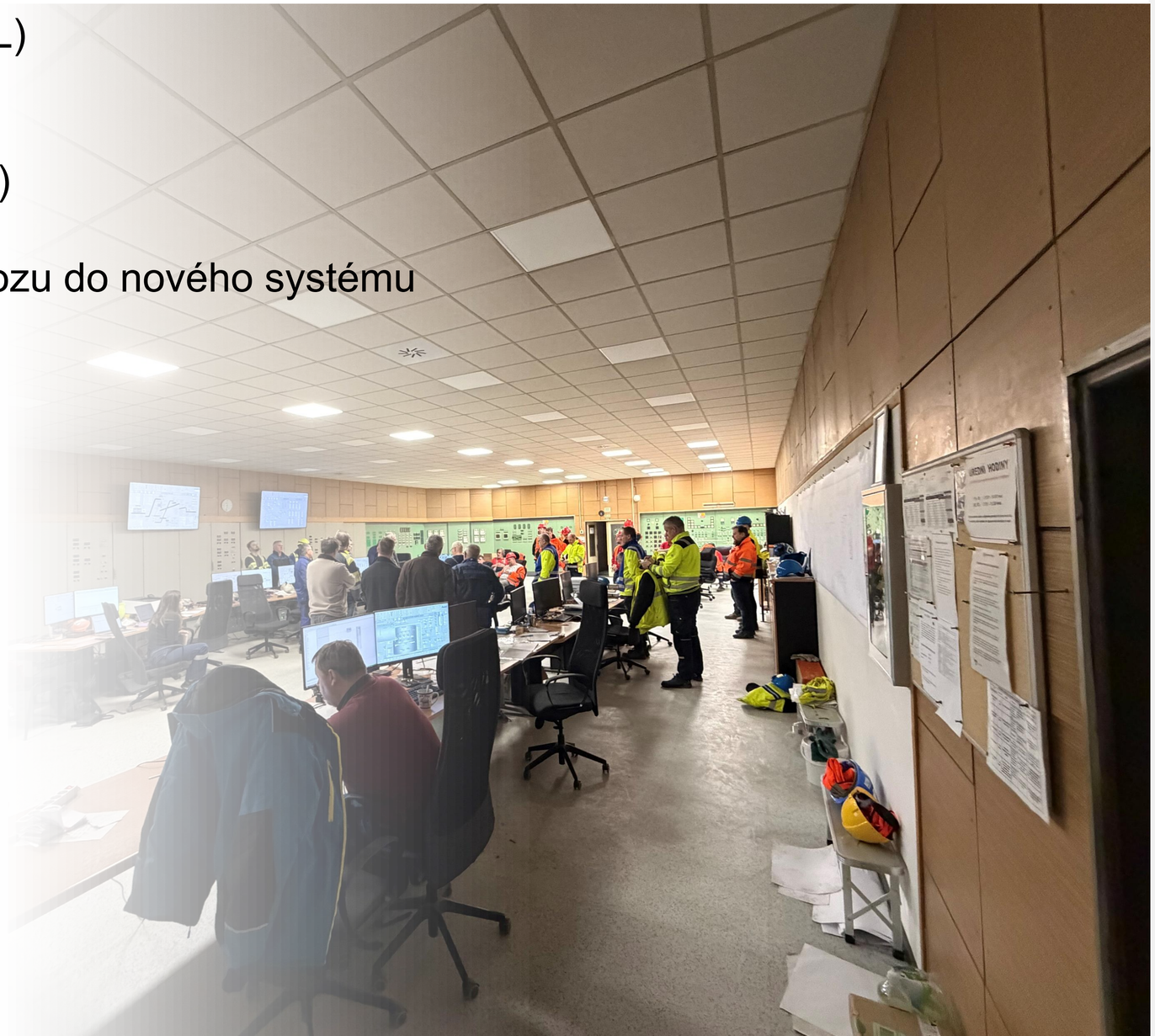
- Instrumentační vzduch (TRB -40 °C) 1:2:1
- Pracovní vzduch (TRB +3 °C) 4:4:4.

ELEKTRO, ASŘTP

Kompletní dodávka (AUTEL)
- VN, NN, MaR

Nový řídící systém (AUTEL)
- DCS
- Zapojení stávajícího provozu do nového systému

Záložní zdroj (AUTEL)
- Dieselgenerátor



VÝSTAVBA

ENGINEERING PRAHA

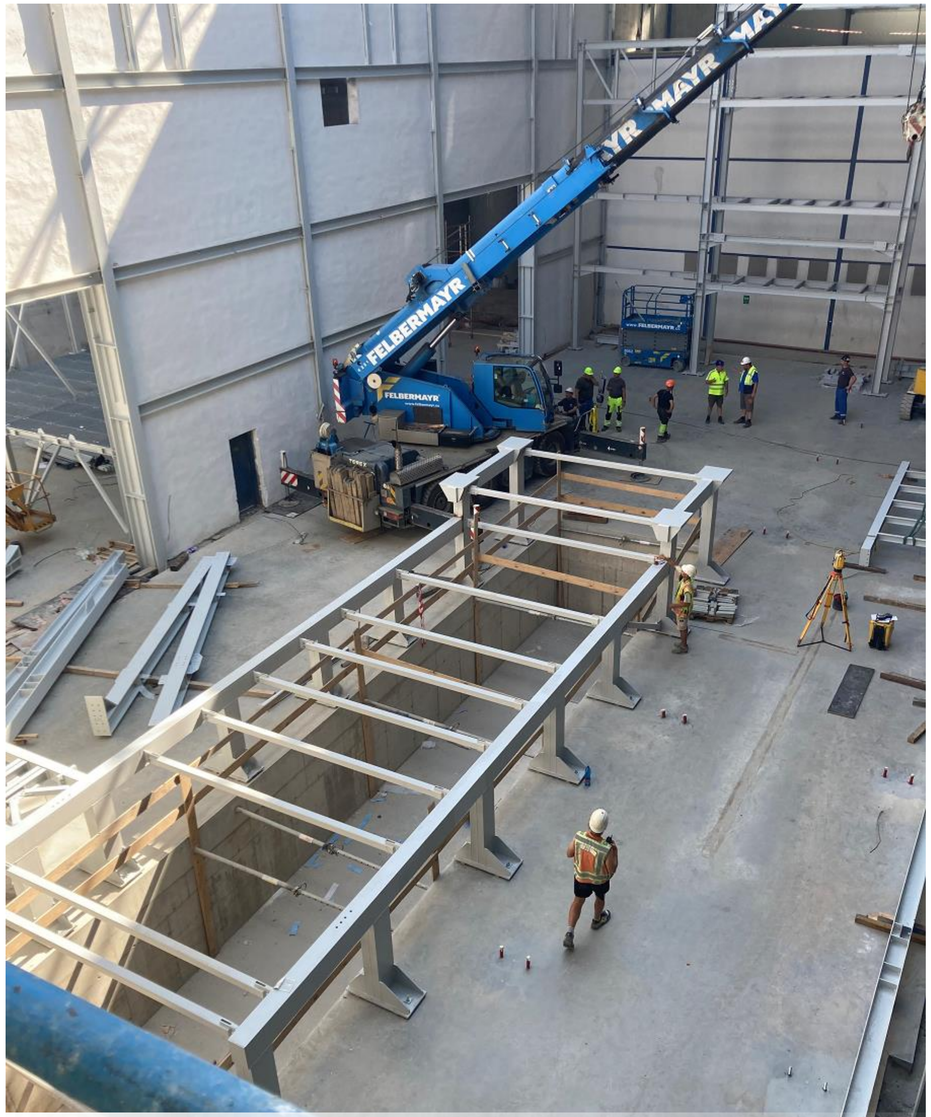
Sklad štěpky 10/2024

VÝSTAVBA

ENGINEERING PRAHA

Kotelna a zákotlí 10/2024

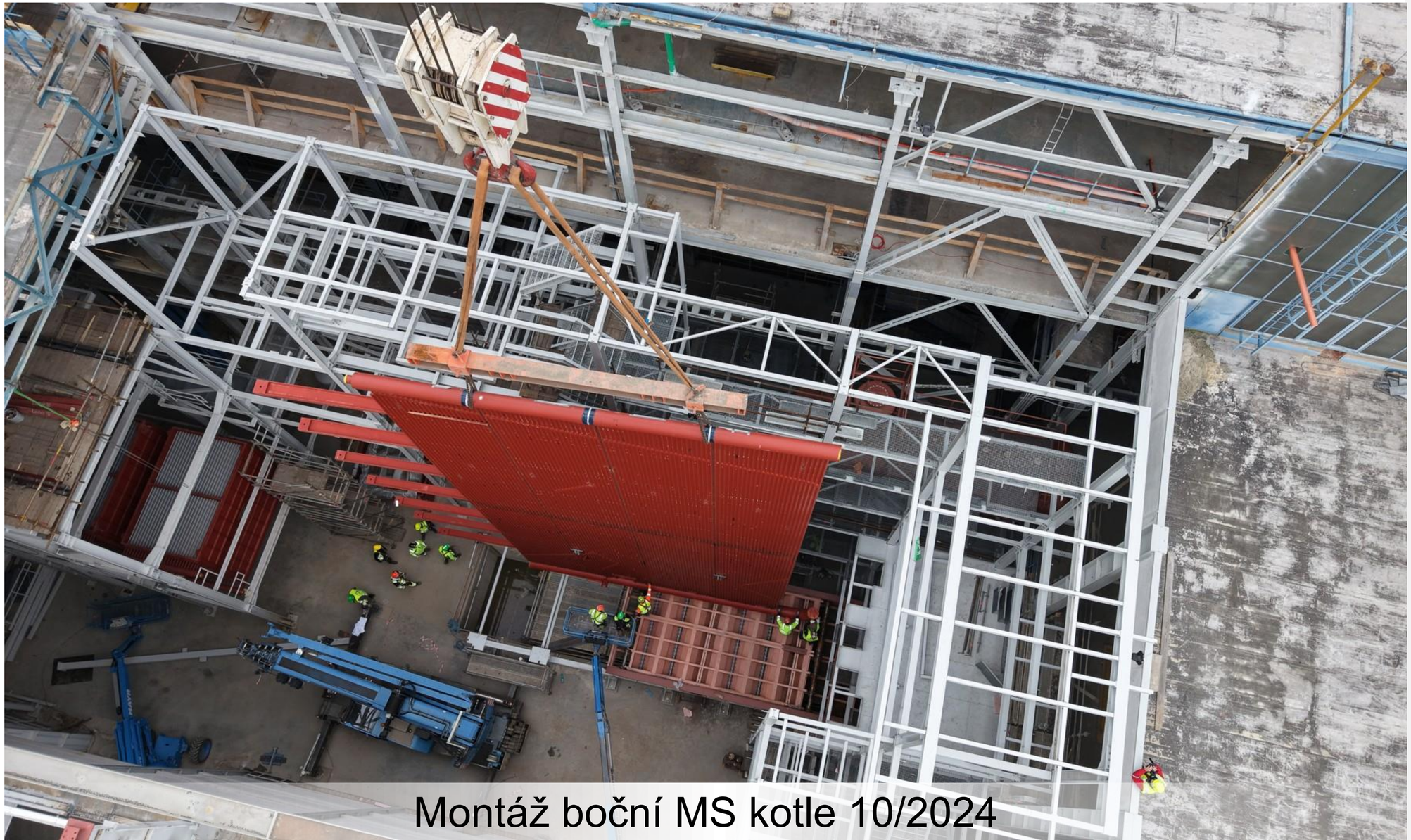
VÝSTAVBA



Kotelna

VÝSTAVBA

ENGINEERING PRAHA



Montáž boční MS kotle 10/2024

VÝSTAVBA

ENGINEERING PRAHA

Montáž bloku ca 50 tun s přehříváky na pozici 10/2024

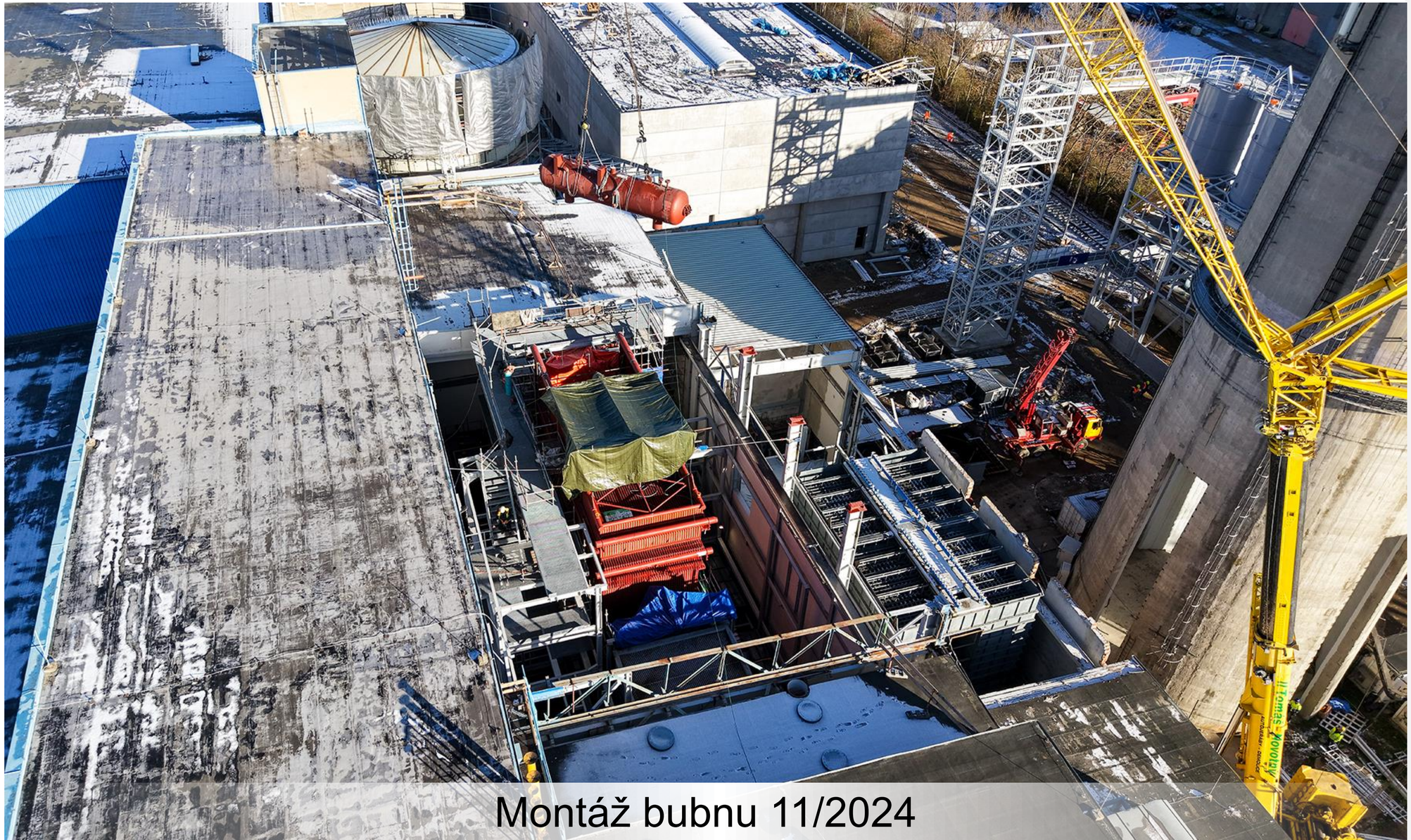
VÝSTAVBA

ENGINEERING PRAHA

Montáž kotle 11/2024

VÝSTAVBA

ENGINEERING PRAHA



Montáž bubnu 11/2024

VÝSTAVBA

ENGINEERING PRAHA

Strojovna 04/2024

VÝSTAVBA

Montáž TG 10/2024

VÝSTAVBA

ENGINEERING PRAHA

Montáž OTV 11/2024

Veřejné / Public

UVÁDĚNÍ DO PROVOZU

ENGINEERING PRAHA

PČO

- Nebyl cizí zdroj páry – provedeno K3 bio kotlem
- Vyvářka kotle HELAMIN
- Profuky parovodu (3. destička OK)
- Profuku bypassu (bez destiček)
- Proplachy ostatních systémů
- Při UDP suchá štěpka (12 – 14 MJ/kg)

Teplé zkoušky (začátek topné sezony)

- nižší výkony kotle (ca do 30 t/h)
- Stále suchá štěpka (Qir > 12 MJ/kg)
- ...
- málo paliva / nízké výkony ► málo popele ► OK

Teplé zkoušky (vlhčí palivo a vyšší výkony)

- vyšší výkony kotle (> 40 t/h)
- Stále dobrá štěpka (Qir 9 - 10 MJ/kg)
- ...
- více popele, více spalin, více příměsí
- ► ► ► ► ► ►

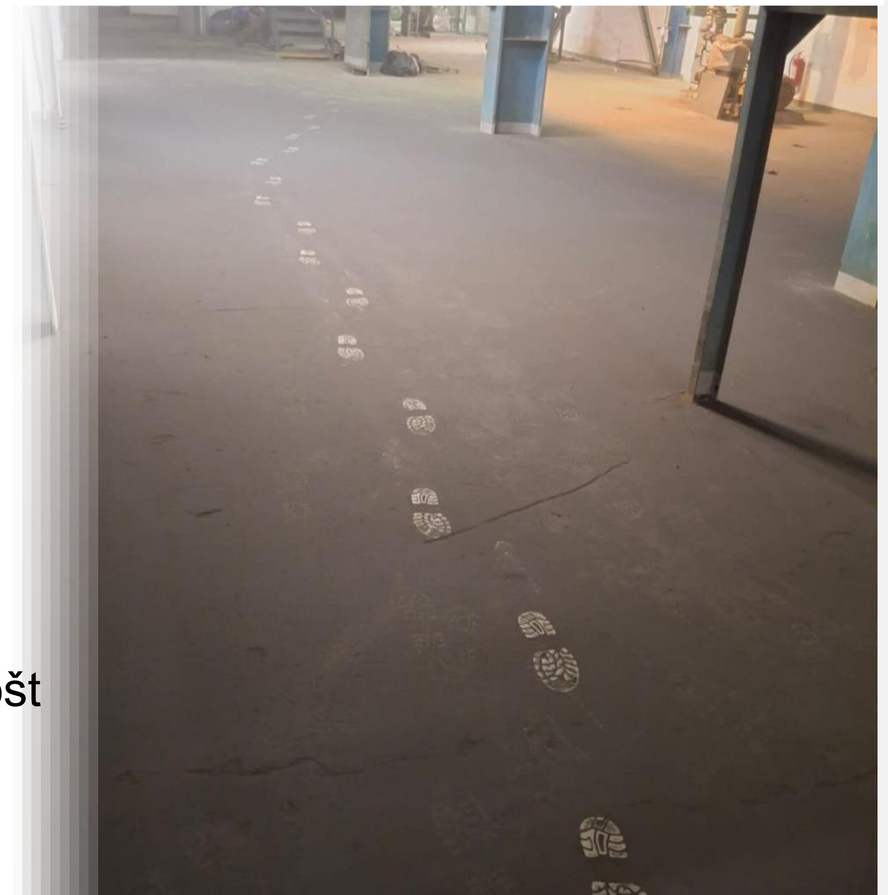
Veřejné / Public

UVÁDĚNÍ DO PROVOZU

ENGINEERING PRAHA

Poruchy vnitřní dopravy popele

- Tlakové poměry podroští – hoření v krabici roštu
  ► porucha ložisek
- Velké množství nedopalu + přisávaný vzduch = intenzivní hoření v dopravě popele
  ► porucha celé dopravy popele
- Propálení, kompenzátorů, nětěsné dvojklapky
- Propálený bodový filtr
  ► zaprášení kotelny
- Nedopal v komorovém podavači
  ► hoření v komorovém podavači

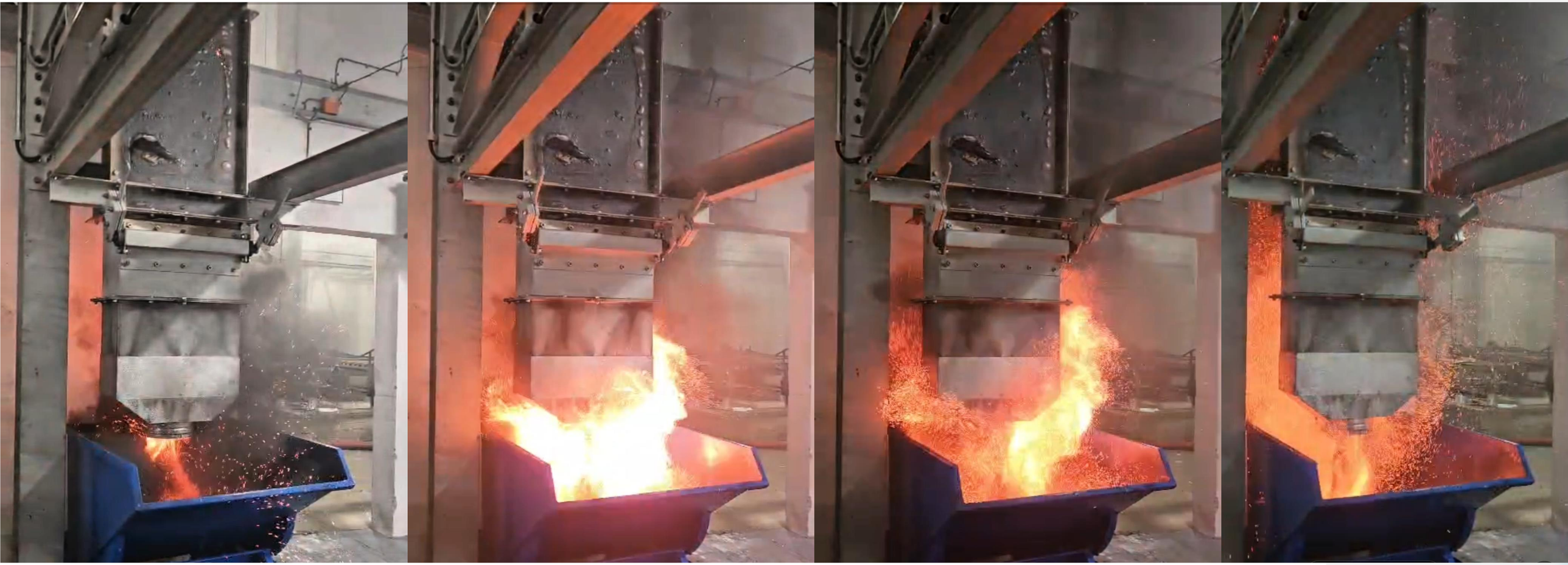


Hlavní nápravná opatření:

- **Seřízení spalování** ✓
- Zavedení reci do krabice roštu ✓
- utěsnění dopravy popele ✓
- Změny na rychlostech šneků a dopravníků ✓
- **recirkulace popele propadu** 2/3 tahu zpět na rošt ✓

UVÁDĚNÍ DO PROVOZU

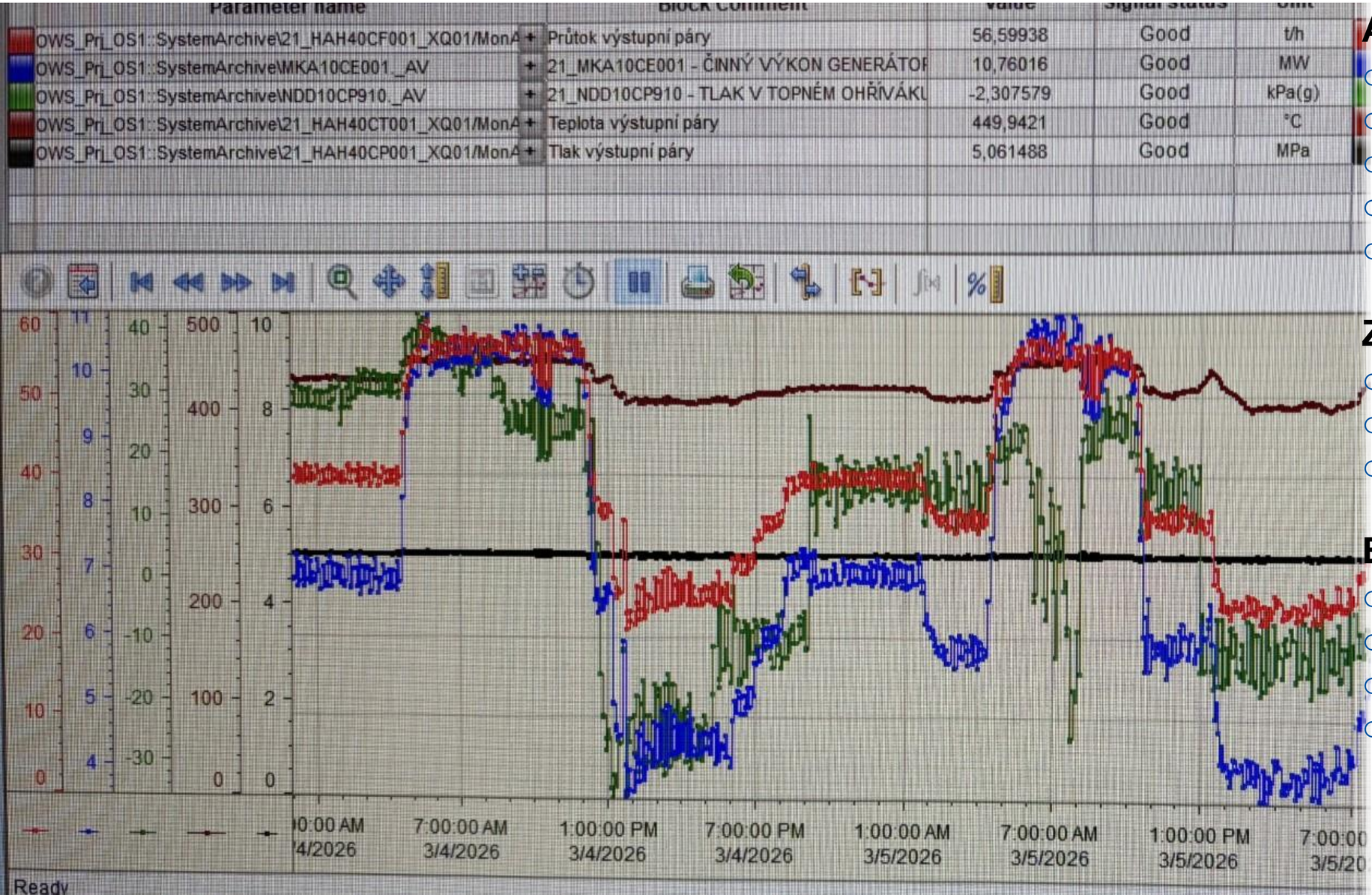
ENGINEERING PRAHA



Veřejné / Public

ZÁVĚR

ENGINEERING PRAHA



Aktuální stav

- K 03/2026 kotel plný výkon ✓
- Přejezdy výkonových hladin ✓
- Zkoušky ostrovní provoz ✓
- Dokončnování PKV ✓
- Zkoušky připravenosti ke KV ✓

Zbývá

- KV a garanční test
- KZ (72hod)
- PAC

Budoucí realizace na TBS

- TČ a kondenzátor spalin
- Elektrokotel
- Fotovoltaika (na sklad štěpky)
- Bateriové úložiště

Děkuji za pozornost.

vaclav.suchy@engineeringpraha.cz

Skupina ÚJV, člen Skupiny ČEZ

Skupina ÚJV
LIDÉ | INOVACE | TECHNOLOGIE

SKUPINA ČEZ

EVECO BRNO
člen ORGREZ GROUP

KOMPLEXNÍ ZÁKOTLÍ PRO BIOMASU

Kotle, tepelná a jaderná energetika 2025

9. - 10. 3. 2026

Ing. Tomáš Krejčí EVECO Brno

SPOLEČNOST EVECO BRNO, S.R.O.

EVECO Brno se zaměřuje na poskytování **ekologických řešení pro energetiku a nakládání s odpady.** Na trhu působí bezmála **30 let.**

Naše klíčové služby v oblasti energetiky, teplárenství a odpadového hospodářství:

- Dodávky technologických celků včetně zařízení malých ZEVO („O“ + „N“)
- Komplexní návrh a dodávka **technologie čištění spalin**
- **Tepelné výměníky** pro speciální aplikace – nestandartní média
- **Hořákové systémy** pro speciální aplikace
- **Poradenské a inženýrské služby** s dlouholetou zkušeností v oblasti energetiky

SYSTÉMY ČIŠTĚNÍ SPALIN PRO STÁVAJÍCÍ ZDROJE ZNEČIŠTĚNÍ

UPLATNĚNÍ TECHNOLOGIÍ:

Kotle na zemní plyn

Kotle na biomasu

Multipalivové kotle

Kotle na TAP

Zařízení pro energetické využívání odpadů

Kogenerační jednotky

Chemicko – technologické procesy

Odplyny z výrobních zařízení

REDUKCE EMISÍ:

Prach (TZL)

Kyselé složky (HF, HCl, SO_x)

Oxidy dusíku (NO_x)

Oxid uhelnatý (CO)

Dioxiny a furany (PCDD/F, PCB)

Těžké kovy (Cd, Tl, Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V)

Rtuť (Hg)

MODERNIZACE ZDROJE BRNO - SEVER

Zákazník: EKOL, spol. s r.o.

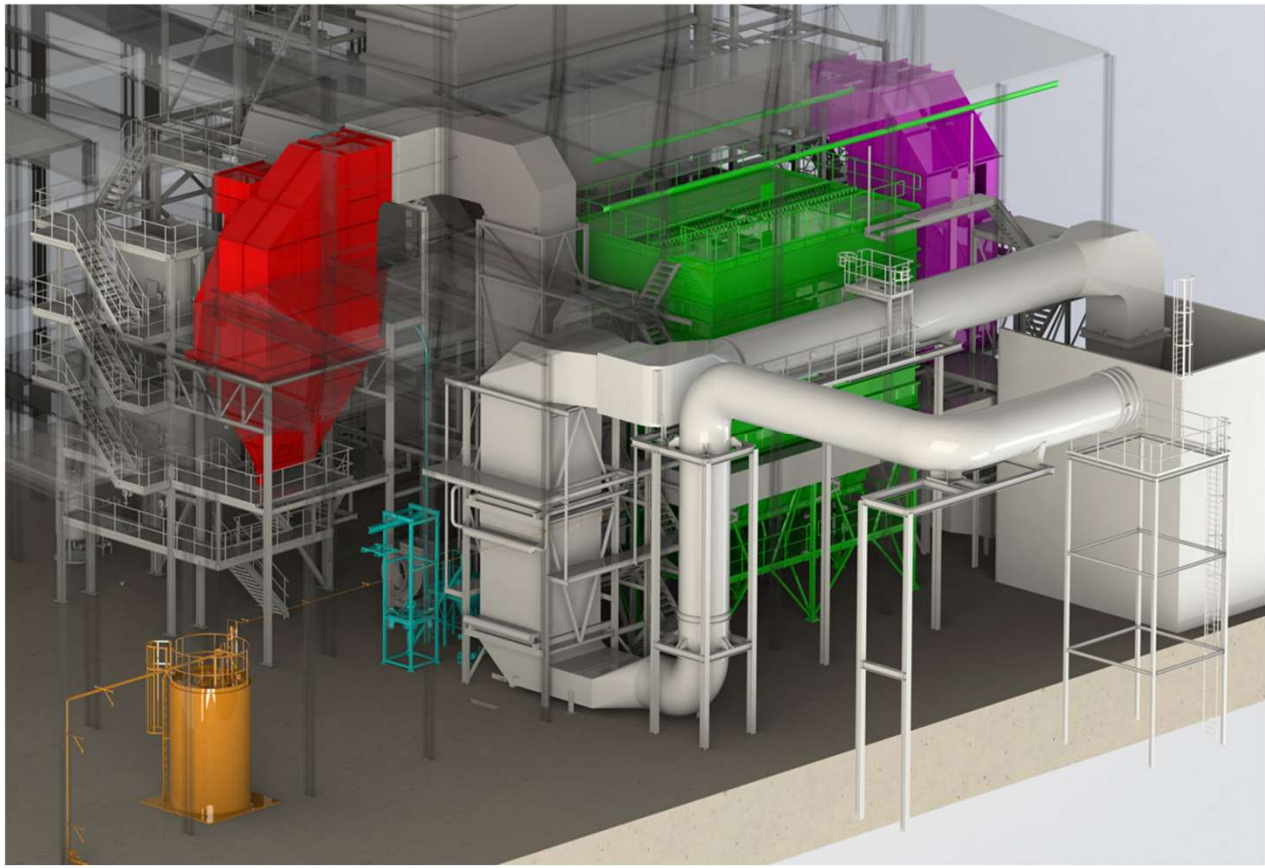
Roštový kotel – výkon 56 t páry/h

Palivo - dřevní štěpka (LHV 8 MJ/kg)

Parametry spalin:

- Průtok vlhkých spalin: cca **100 000 m_N^3 /h**
- Teplota spalin na výstupu z kotle: cca **225 ºC**

	Vstup		Výstup
CO: cca	**260 mg/m_N^3**	→	**< 100 mg/m_N^3**
NOx: cca	**210 mg/m_N^3**	→	**< 90 mg/m_N^3**
TZL: cca	**2 300 mg/m_N^3**	→	**< 3,5 mg/m_N^3**



MODERNIZACE ZDROJE BRNO - SEVER

Řešený polutant	Použitá technologie	Princip řešení	Činidlo / Aktivní prvek
TZL – hrubé částice	**Lamelový odlučovač jisker**	Mechanická separace velkých částic	Bez přídavného média
SO_2, HCl, HF	Suchá sorpce	Neutralizace kyselých složek ve spalinách	**$Ca(OH)_2$ – práškový sorbent**
TZL – jemné částice	**Látkový filtr**	Povrchová filtrace + reakční filtrační vrstva	Filtrační rukávce
CO	Primární optimalizace spalování + **DeCO**	Řízení spalovacího procesu + katalytická oxidace	**Oxidační katalyzátor**
NO_x	**SCR – selektivní katalytická redukce**	Redukce NO_x na N_2 a H_2O	**Močovina / NH_3 + katalyzátor**

ODLUČOVAČ JISKER

První stupeň čištění spalin - ochrana následné technologie

Separace velkých a žhavých částic změnou rychlosti a směru proudění

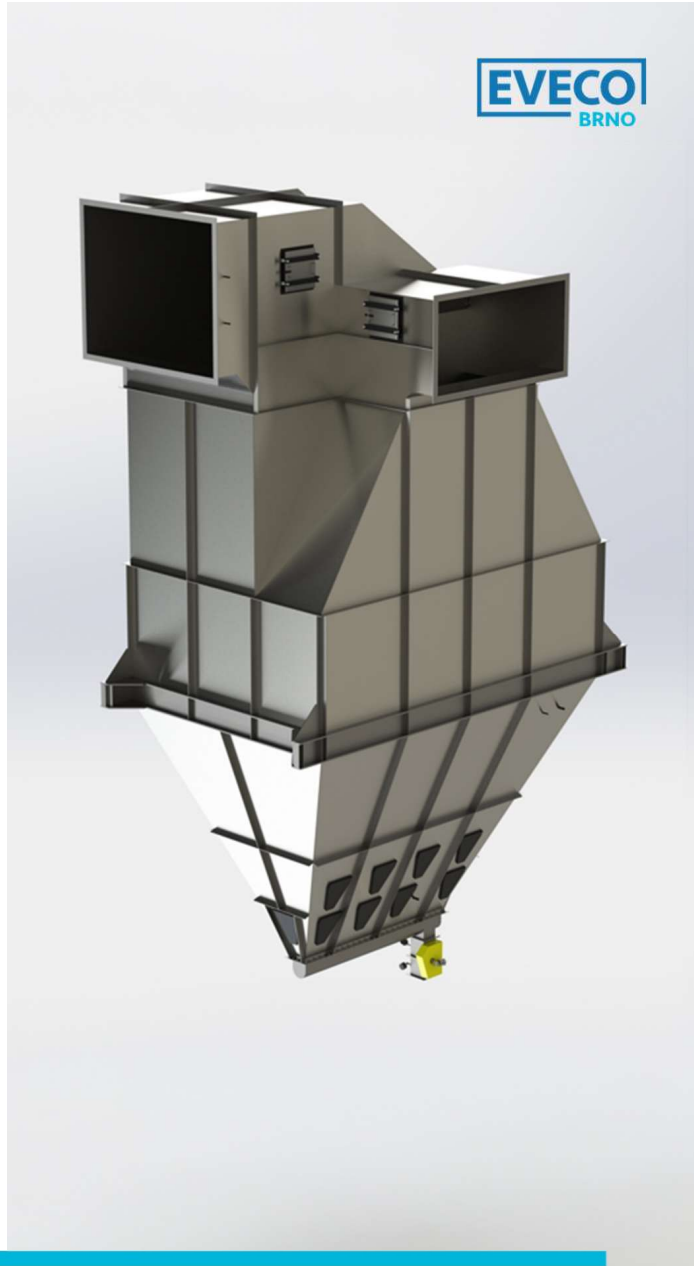
Zachycení nedohořelých částic ve vyhřívané výsypce

Kontinuální odvod popílku šnekovým dopravníkem přes dvojklapku

Odloučený popílek je zaveden zpět do výpadu z kotle (popelové hospodářství)

Bez pohyblivých částí (mimo vynášecí zařízení)

Provozní teplota: max. 250 °C



SYSTÉM DeSOx

PRINCIP A OCHRANA KATALYZÁTORU

Suchá sorpce $Ca(OH)_2$ – neutralizace SO_2, SO_3, HCl, HF

Pneumatické dávkování sorbentu do spalin před látkovým filtrem (2× tryska)

Big-bag stanice + provozní zásobník 1,2 m³

Dávkovací šnek s frekvenčním řízením + pneudoprava (dmychadlo, ejektor)

Reakce probíhá v potrubí i na filtračním koláči

Produkty odsíření zachyceny v látkovém filtru

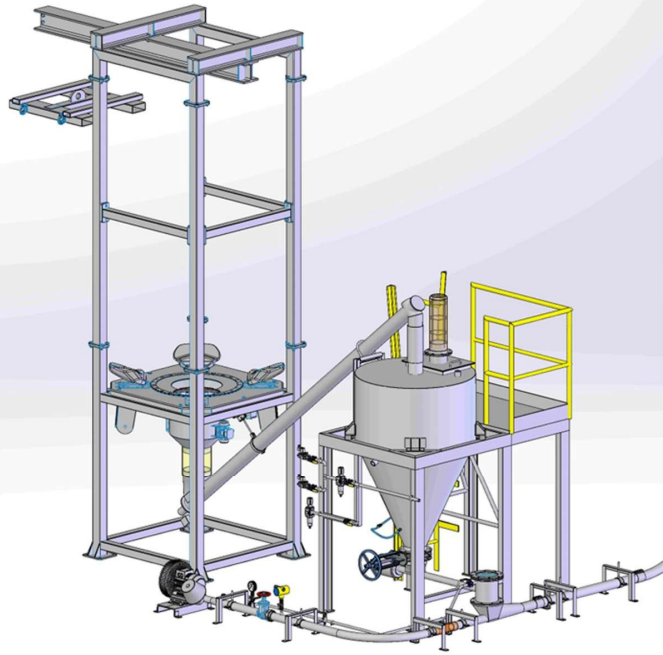
KLÍČOVÁ FUNKCE V TECHNOLOGICKÉM ŘETĚZCI:

Snížení koncentrace SO_2 před vstupem do SCR

Prevence tvorby $(NH_4)HSO_4$ a zanášení katalyzátoru

Stabilizace chemického prostředí spalin

Prodloužení životnosti vrstev DeCO a DeNOx



LÁTKOVÁ FILTRACE

Finální odloučení jemných TZL a produktů odsíření

Povrchová filtrace na textilních hadicích

Regenerace pulse-jet (on-line)

Dvoukomorové provedení

Vznik „filtračního koláče“ zvyšujícího účinnost

Řízení regenerace dle tlakové ztráty nebo časově

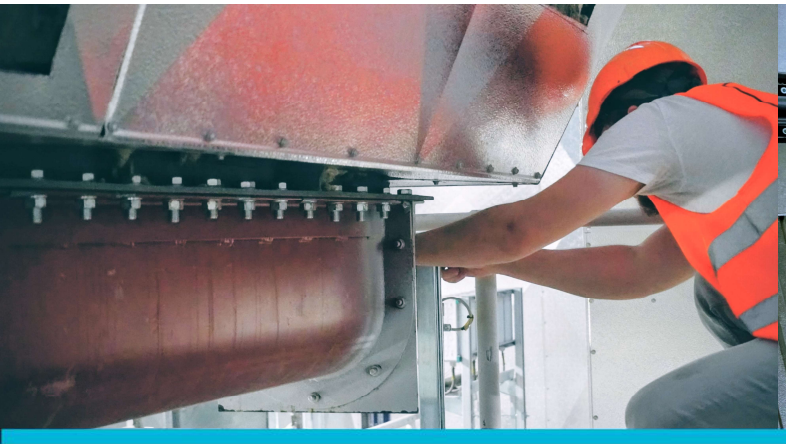
Havarijní odvod popílku do kontejneru

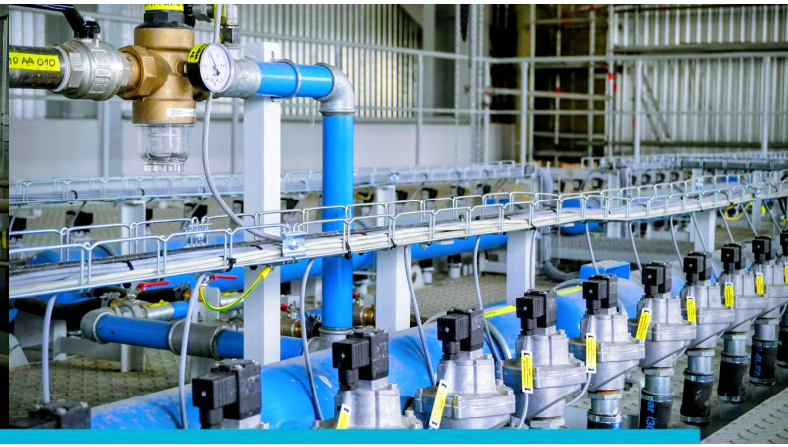
Specifikace Hadic - PTFE+PI / PTFE 700 g/m^2, ReleaseTech PTFE, HydroTech

Počet filtračních hadic: 1152 ks

Filtrační plocha: 2 834 m²

Max. teplota: 210 °C





REAKTOR SCR – REDUKCE CO

PRINCIP TECHNOLOGIE

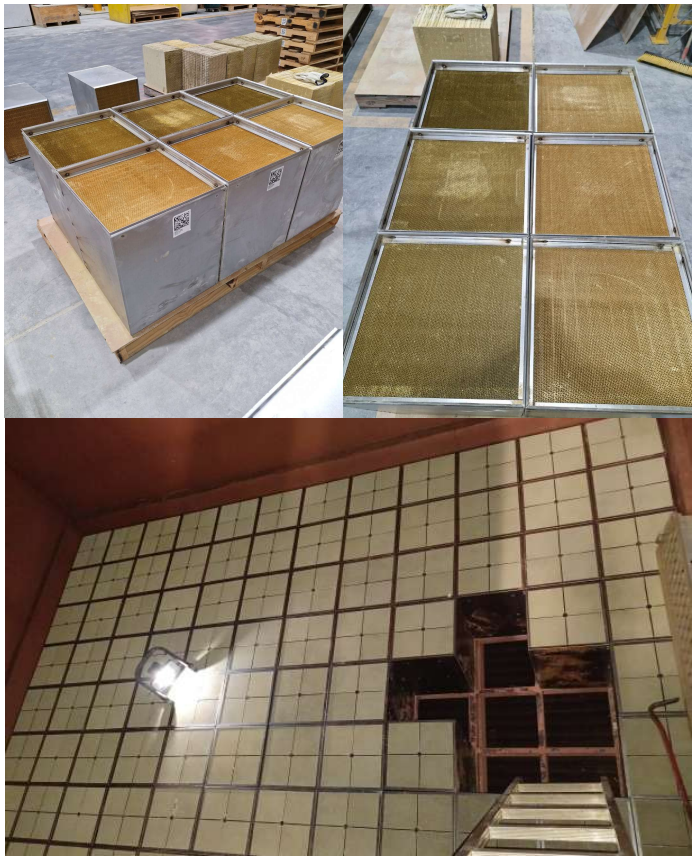
Oxidační katalyzátor zajišťuje převod CO na CO_2 před redukční SCR vrstvou - stabilizuje prostředí a chrání DeNOx katalyzátor.

OXIDACE CO NA KATALYTICKÉM POVRCHU:

$CO + ½\ O_2 \longrightarrow CO_2$
Redukční činidlo: bez činidla
Reakční teplotní okno: 260 – 425 °C

PROVOZNÍ PARAMETRY (BRNO-SEVER)

CO vstup: 200 - 350 mg/mN^3
CO výstup (garance): ≤ 100 mg/mN^3
Teplotní rozsah: 264 - 425 °C
Tlaková ztráta: ~1 mbar



INTEGRACE V SYSTÉMU SCR

Stabilizuje redoxní prostředí

Eliminuje redukční složky (CO, HC)

Chrání aktivní plochu SCR před zanášením

Zabraňuje lokálním teplotním špičkám

Zvyšuje selektivitu redukce NO_x

Prodlužuje životnost DeNOx vrstvy

ENERGETICKÁ NÁROČNOST SYSTÉMU SCR

Instalovaný příkon: 87 kW
Provozní odběr: ~70 kW
Ohřev recirkulace spalin: 60 kW
Ventilátor RGS: 6,7 kW

REAKTOR SCR – REDUKCE NOx

PRINCIP TECHNOLOGIE

SELEKTIVNÍ KATALYTICKÁ REDUKCE (SCR)

$NO_x + NH_3 \longrightarrow N_2 + H_2O$

Redukční činidlo: 40% roztok močoviny

Reakční teplotní okno: 260 – 510 °C

PROVOZNÍ PARAMETRY (BRNO-SEVER)

Teplota spalin: 265 - 425 °C

NO_x vstup: 150 - 250 mg/mN^3

NO_x výstup (garance): ≤ 90 mg/mN^3

Životnost katalyzátoru: 16 000 h

Tlaková ztráta SCR vrstvy: ~2,2 mbar

KONSTRUKCE REAKTORU

Dvě katalytické vrstvy ve společném reaktoru (DeCO + DeNOx)

Uspořádání modulů: 8 × 8

Průřez reaktoru: 4000 × 4000 mm

KRITICKÉ PROVOZNÍ PODMÍNKY

Homogenní rychlostní pole (±15 %)

Min. vzdálenost RIG - katalyzátor: 3000 mm

Teplota > 180 °C (prevence NH_4HSO_4)

Teplota < 500 °C (ochrana katalyzátoru)

EMISNÍ MONITORING (AMS)

PRINCIP TECHNOLOGIE

Plně automatizovaný systém kontinuálního měření emisí
Umístění: kouřovod před vstupem do komína
Nepřetržitý provoz | On-line přenos dat do EMS

CO MĚŘÍME

Plynné složky (extraktivně):
NO_x | CO | SO_2 | O_2

In-situ měření:
TZL | NH_3 | H_2O | Průtok | Teplota | Tlak

PROVOZNÍ FILOZOFIE

Automatický nájezd a autokalibrace
Stabilizace systému do 45 min
Kontinuální validace stavu
Detekce vlhkosti a ochrana zařízení
Provozní teplota EK: 25 ± 5 °C

ARCHITEKTURA SYSTÉMU

Vyhřívaný odběr vzorku

Úprava plynu (chlazení, filtrace, kondenzát)

IR analyzátory + NO_2/NO konverze

Optické měření prachu

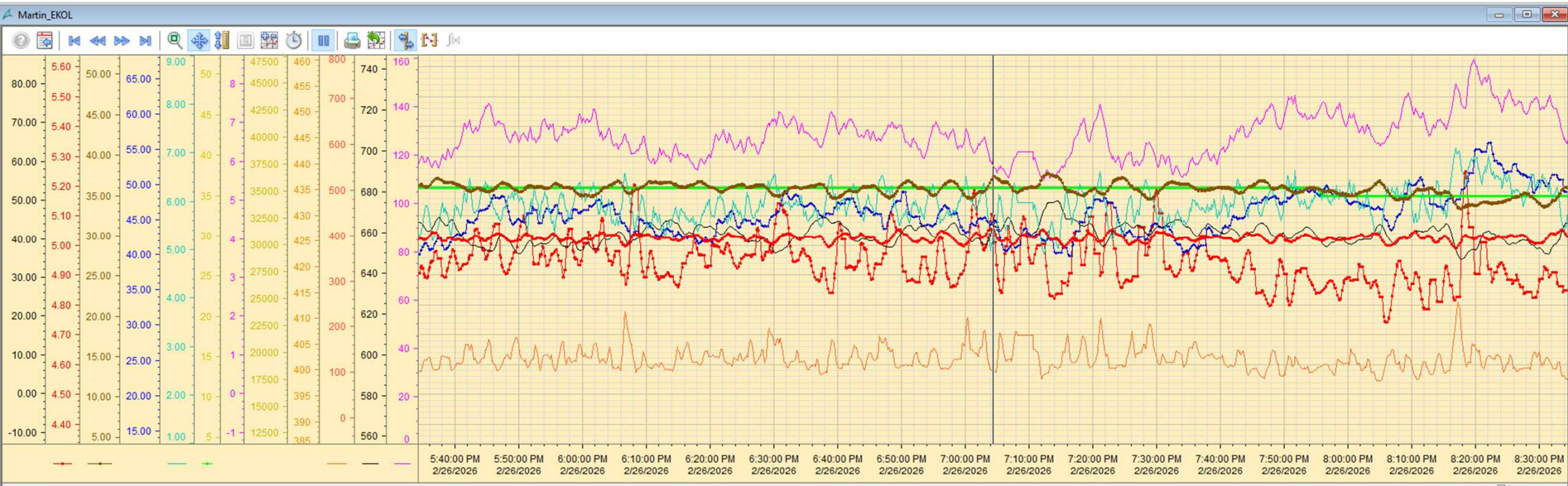
Ultrazvukové měření průtoku

Laserová spektroskopie NH_3

KLÍČOVÝ PŘÍNOS

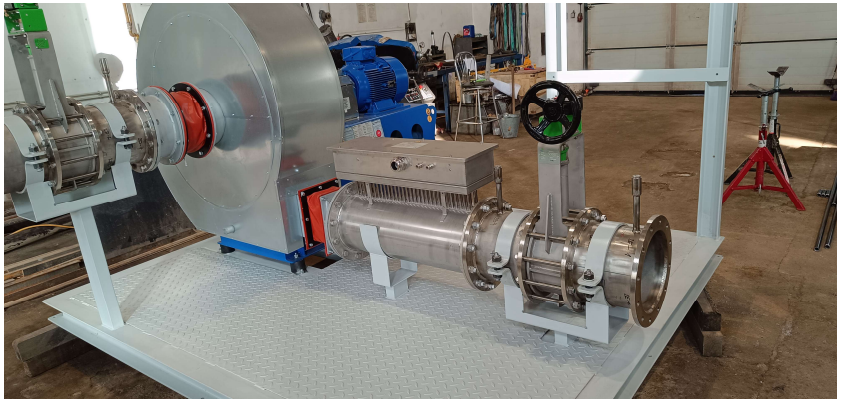
- ✓ On-line kontrola emisních limitů
- ✓ Podklad pro řízení spalovacího procesu
- ✓ Integrace s technologií SCR a DeCO
- ✓ Plná dohledatelnost a archivace dat

PROVOZNÍ HODNOTY



	Name	Y value	X value/time stamp
1	P vystupni PE	5.05 [i.]	2/26/2026 7:04:23 F
2	Q PE pary	37.26	2/26/2026 7:04:21 F
3	O2	5.07	2/26/2026 7:04:22 F
4	SP prutok	36 [i.]	2/26/2026 7:04:23 F
5	CO	105	2/26/2026 7:04:26 F
6	T ve SK	663	2/26/2026 7:04:26 F
7	NOx	115	2/26/2026 7:04:26 F
8	NOx za KV	92 [i.]	2/26/2026 7:04:23 F
9	CO za KV	46 [i.]	2/26/2026 7:04:23 F

MODERNIZACE ZDROJE BRNO - SEVER



MODERNIZACE ZDROJE BRNO - SEVER

DEZA D1 – DeSOx a DeNOx (SES CZ)

DeSOx Suchá sorpce

Reagent: **Hydrogenuhličitan sodný ($NaHCO_3$)**

Kapalné palivo

Koncentrace SO2:
730 - 2020 mg/m_N < 350 mg/mN_3

Koncentrace ve spalinách SO_2 je v závislosti na obsahu síry v palivu

DeNOx SNCR

Reagent: **40% močovina**

Provedení:
2 x 3 trysky v jedné vstřikovací úrovni

Kapalné palivo koncentrace NO_x:

Vstup **< 1000 mg/m_N^3**
Výstup **< 450 mg/m_N^3**

Zemní plyn koncentrace No_x :

Vstup **< 110 mg/m_N^3**
Výstup **< 100 mg/m_N^3**

Garantovaná koncentrace NH_3 na výstupu: < 15 mg/m_N^3

SYNTHESIA – DeNOx NITROCELULÓZA (EPC)

Čištění odplynů z výroby nitrocelulózy

- Současně produkce 50% HNO_3

Parametry odplynů a redukce:

- Průtok spalin: cca 15 000 m_N^3 /h
- Teplota odplynů: 10 - 25 ºC
- NO_x: ≤ 12 600 mg/m_N^3 < 150 mg/m_N^3
- Výstupní limit NH_3: < 10 mg/m_N^3

DĚKUJEME

ZA POZORNOST

WWW.EVECOBRNO.CZ

ČISTÁ ENERGIE ZÍTŘKA

Nové PPC ve Skupině ČEZ

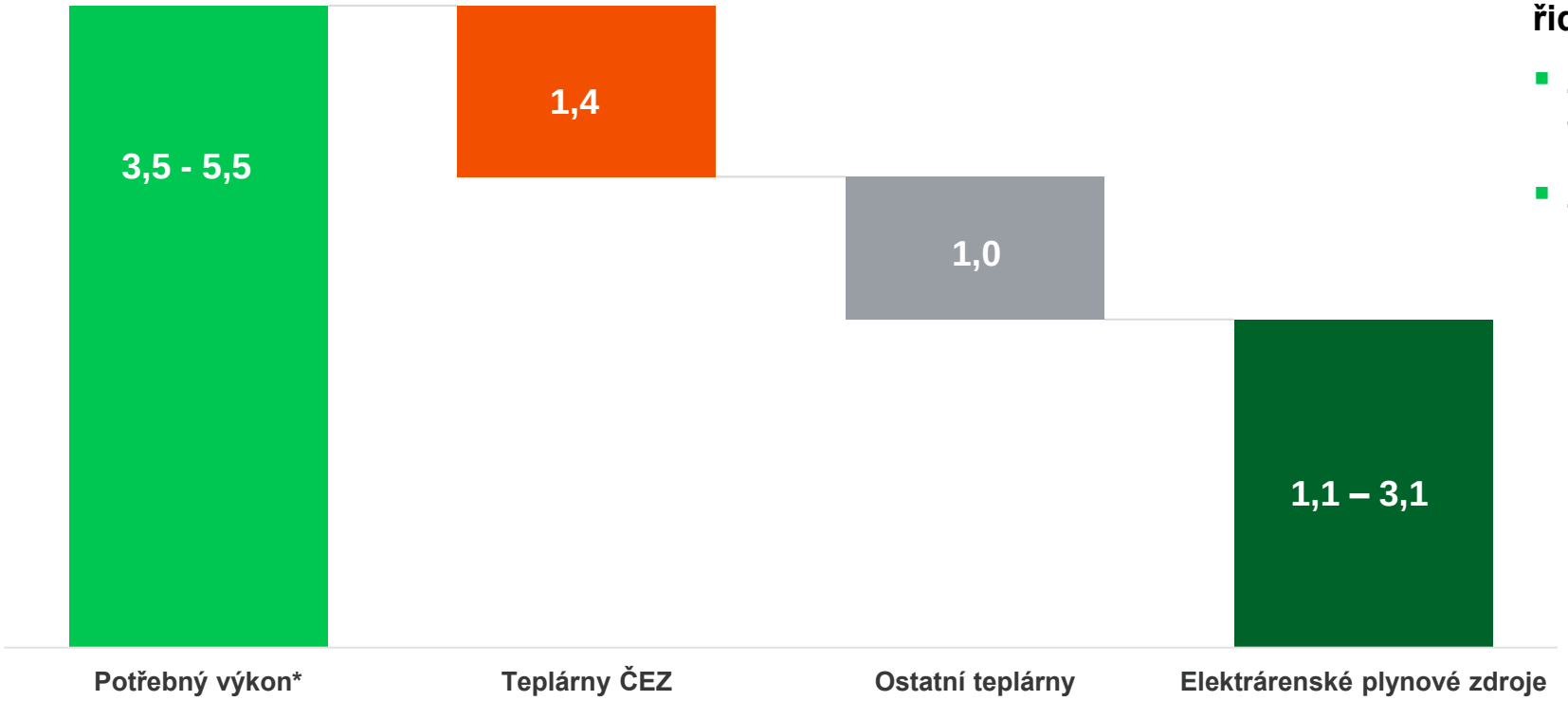
Autor Hynek Lang

Událost Kotle, tepelná a jaderná energetika 2026, 9. - 10. 03. 2026

Skupina ČEZ v rámci své strategie **Č**istá **E**nergie **Z**ítřka přispívá k zásadní proměně a modernizaci české energetiky

Náhrada výkonu po odstavení uhelných zdrojů

Struktura pokrytí chybějícího instalovaného výkonu očekávanou zdrojovou základnou:
ČR, 2035, GW



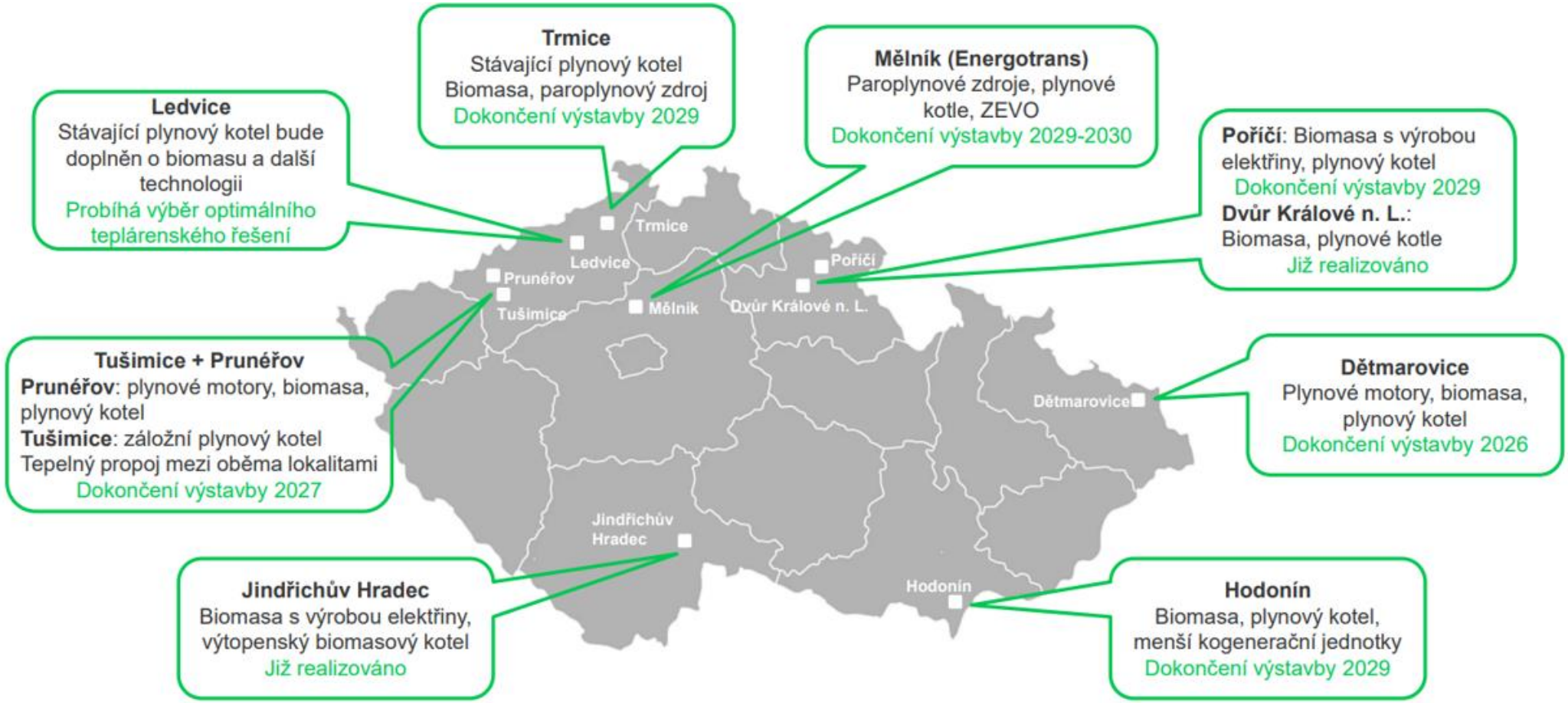
Pro odstavení uhelných zdrojů je nutné zajistit řiditelnou kapacitu v rozsahu 3,5 – 5,5 GW

- Zhruba 2,4 GW může zajistit konverze teplárenský zdrojů na plyn
- Zbývajících 1,1 – 3,1 GW připadá na čistě elektrárenské plynové zdroje

**Výkon potřebný k pokrytí špičkové poptávky vzhledem ke stávajícím zdrojům, rozvoji jádra, SMR, OZE, baterií a flexibility na straně poptávky.“*

Dekarbonizace SKČ

Transformace teplárenství ve Skupině ČEZ přinese kromě zajištění tepla i více než 1,1 GW instalovaného elektrického výkonu ve vysokoúčinných kogeneračních zdrojích



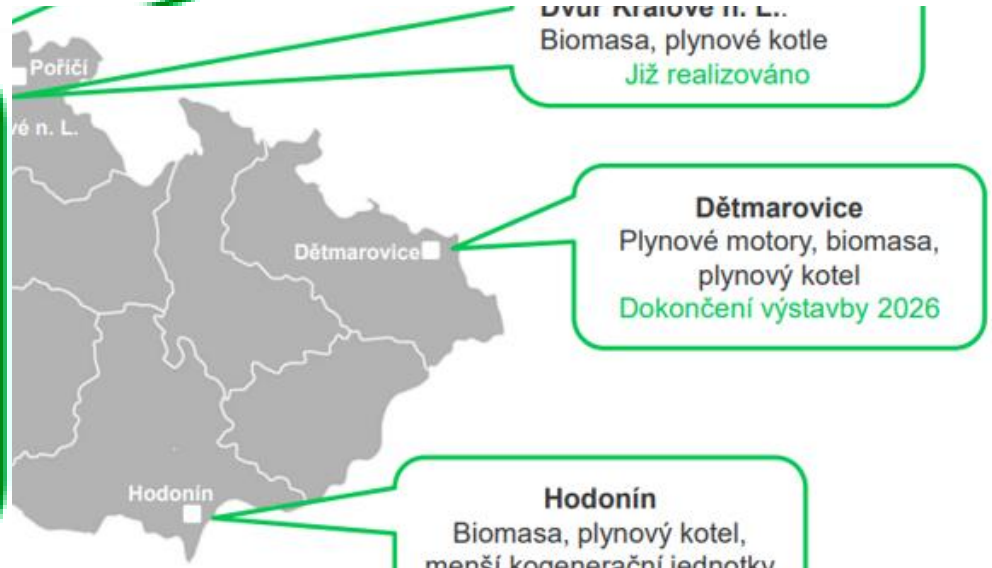
Dekarbonizace SKČ

Transformace teplárenství ve Skupině
instalovaného elektrického výkonu ve

Mělník (Energotrans)
Paroplynové zdroje, plynové kotle, ZEVO
Dokončení výstavby 2029-2030

Ledvice
Stávající plynový kotel bude doplněn o biomasu a další technologii

Trmice
Stávající plynový kotel
Biomasa, paroplynový zdroj
Dokončení výstavby 2029



Biomasa, plynové kotle
Již realizováno

Dětmarovice
Plynové motory, biomasa, plynový kotel
Dokončení výstavby 2026

Hodonín
Biomasa, plynový kotel, menší kogenerační jednotky
Dokončení výstavby 2029

Příprava **teplárenských paroplynových zdrojů** KVET v SKČ

Prioritně jsou v současnosti připravovány záměry plynových zdrojů pro teplárenství
(s kombinovanou výrobou elektřiny a tepla)

Lokalita, zdroj	Aktuální stav projektu	Uvedení do provozu (PAC)	Elektrický výkon [MWe]	Tepelný výkon [MWt]
Mělník, PPC 1	Probíhá realizace	Q1 / 2029	266	183
Trmice, PPC	Probíhá VŘ	Q4 / 2029	150	100
Mělník, PPC 3	Probíhá VŘ	Q4 / 2030	680	330
Celkem			**1 096**	**613**

Příprava projektů nových elektrárenských paroplynových zdrojů se zprovozněním na počátku 30. let

Ve vybraných lokalitách uhelných elektráren budou následovat PPC určené primárně pro **flexibilní výrobu elektřiny**:

Připojení k technické infrastruktuře

- Pro připravované projekty máme zajištěn způsob napojení na plynárenskou soustavu a vyvedení jejich elektrického výkonu.

Technická příprava

- Probíhá zpracování záměrů projektů, v rámci které jsou především řešeny technické aspekty realizace PPC.

Environmentální posouzení

- V lokalitě Mělník vydáno souhlasné stanovisko EIA.
- V dalších lokalitách pracujeme na přípravě potřebné dokumentace.

Projekty nových plynových elektráren čekají především na dokončení potřebné legislativy ČR a budou připraveny pro účast v kapacitních aukcích

Příprava **elektrárenských paroplynových zdrojů** v SKČ

Lokalita, zdroj	Aktuální stav projektu	Uvedení do provozu (PAC)	Elektrický výkon [MWe]
Mělník, PPC 2	Probíhá příprava ZD	Q1 / 2032	250
Počerady, PPC 2	Probíhá příprava ZD	Q4 / 2031	250
Ledvice, PPC	Příprava koncepce	Q1/2032	250
Počerady, PPC 3	Příprava koncepce	Q1 / 2033	750
Prunéřov, PPC	Posouzení příležitosti	Q2 / 2033	150 – 250
Dětmarovice, PPC	Posouzení příležitosti	Q2 / 2033	150 – 250
Celkem			**1 800 – 2 000**

PPC v EGT (Mělník)

- PPC 1
- AKU 1

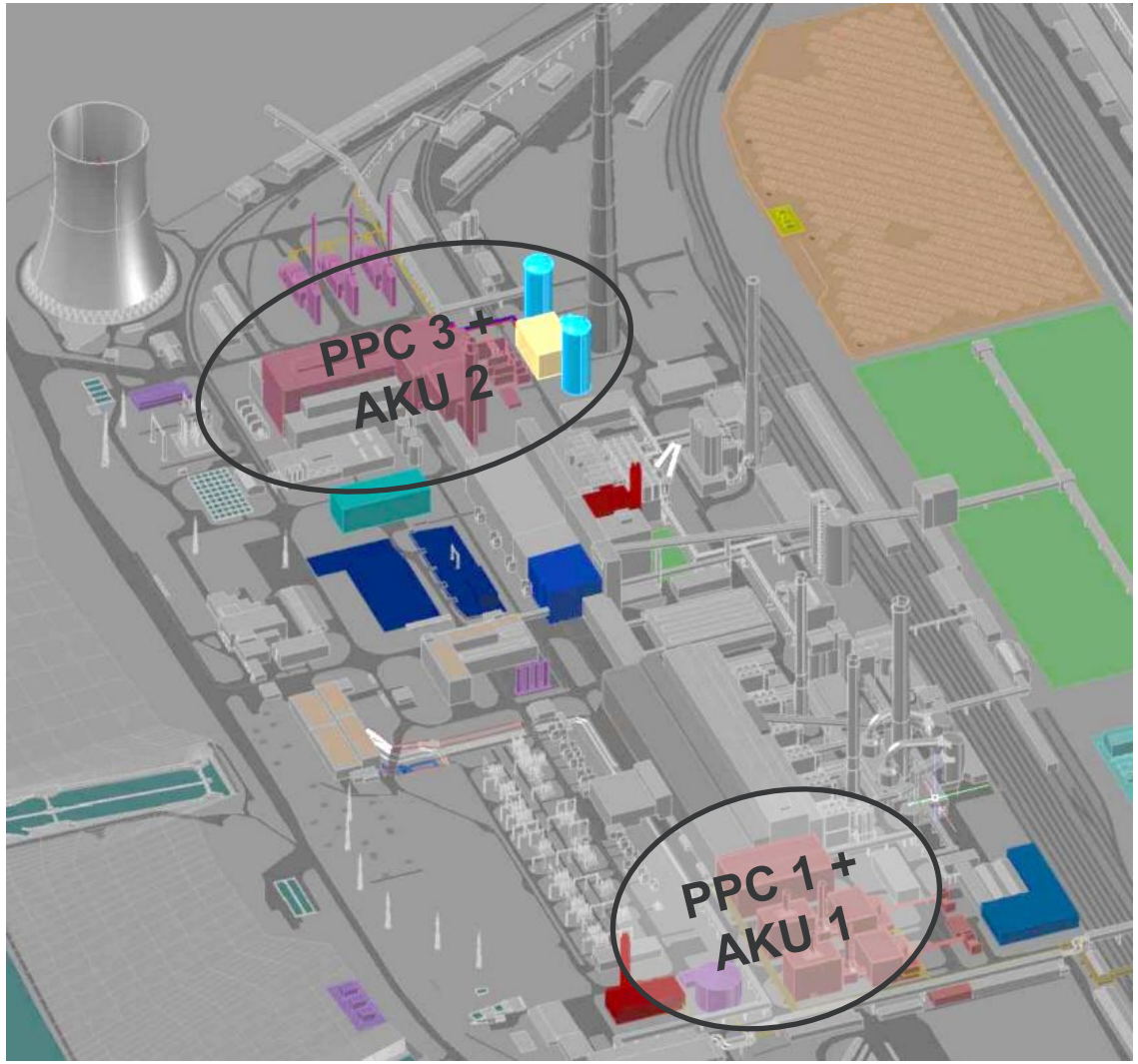
- PPC 3
- AKU 2

Dekarbonizace EGT = výstavba nízkoemisních zdrojů

Pro Energotrans, největšího dodavatele tepla v ČR, jde o významný krok k modernizaci portfolia.

PPC 1 - náhrada za odstavované hnědouhelné bloky B9 a B10 EMĚ 2

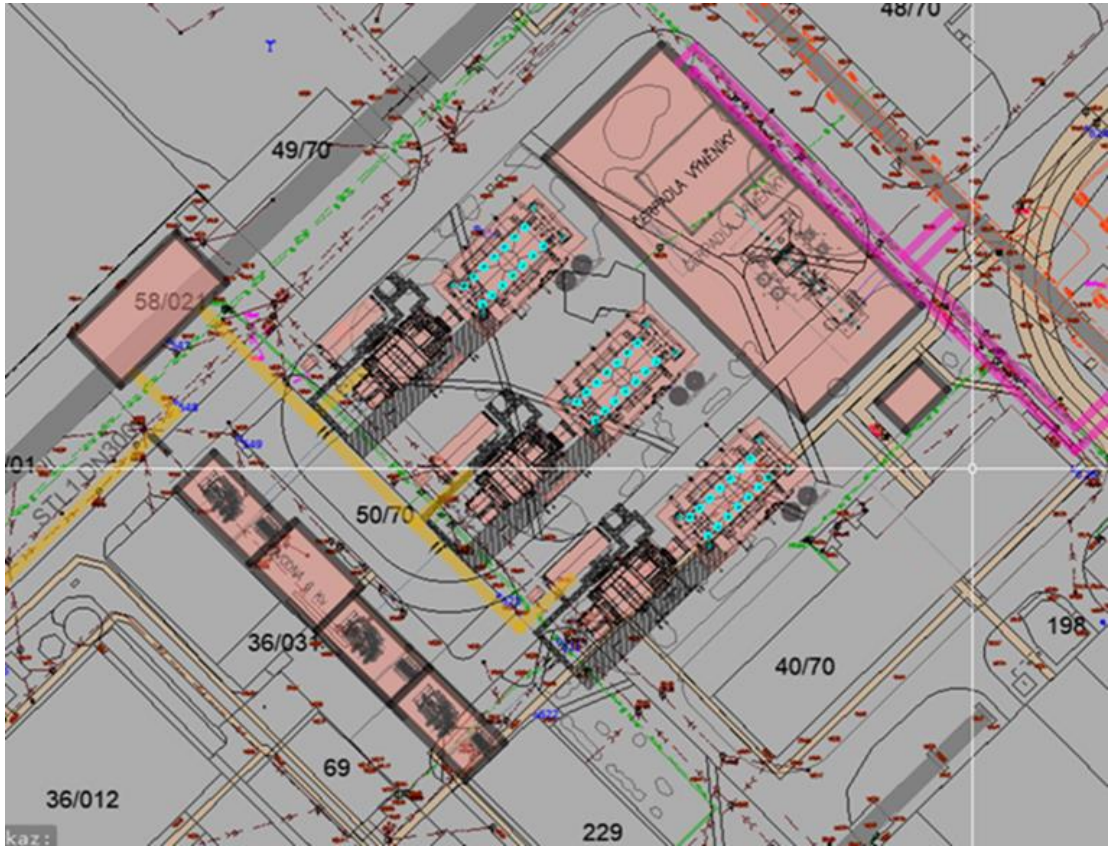
Výstavba PPC 1 je spolufinancována ze systému EU pro obchodování s emisemi prostřednictvím Modernizačního fondu a na realizaci je příslib na investiční podporu ve výši 7,26 mld korun (cca až 50 % celkových uznatelných výdajů) a provozní podporu ve formě aukčního bonusu na elektřinu po dobu 15 let od zprovoznění zdroje.



PPC 1 Koncept a varianty řešení

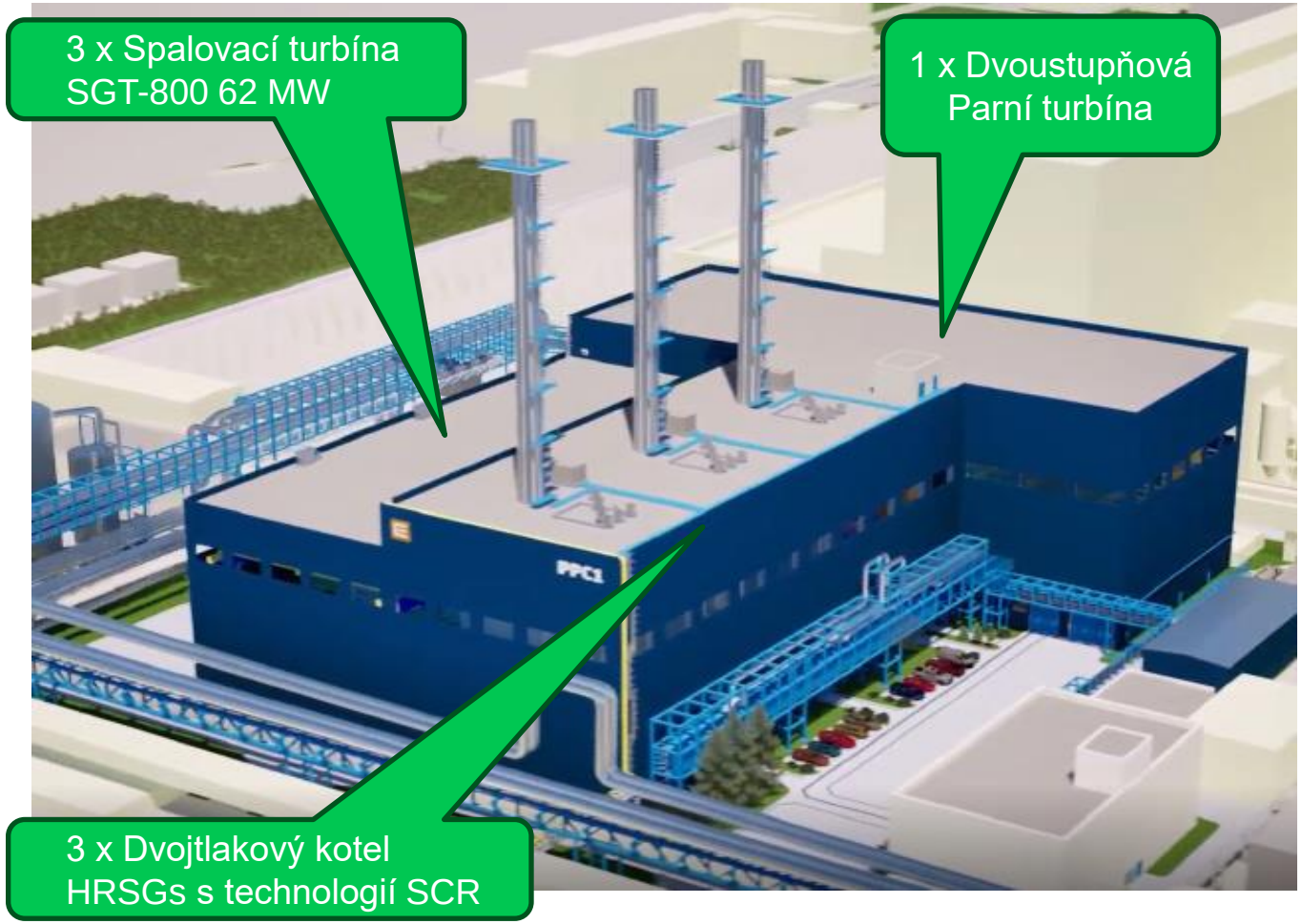
Modelový případ umístění dvou plynových turbín

Modelový případ umístění tří plynových turbín



PPC 1 Technické údaje

Pokrytí 30 % celkové dodávky tepla z lokality Mělník



Zhotovitel (konsorcium)

Metrostav DIZ s.r.o.

Siemens Energy, s.r.o.

Siemens Energy Austria GmbH

Základní parametry PPC

Elektrický výkon:	**≥ 266 MWe**
Tepelný výkon do teplárenství:	**≥ 183 MWt**
Účinnost v max. režimu KVET:	**≥ 89 %**
Účinnost při čisté kondenzaci:	**≥ 57,7 %**

Podpis SoD:	**19. 5.2025**
PAC:	**22. 1. 2029**

- Očekávaná výroba elektřiny: **550 až 900 GWh/rok**
- Očekávaná výroba tepla: **2 až 2,5 PJ/rok**

PPC 1 Průběh přípravy projektu

13. 5. 2020 – vystaven tzv. technický podnět

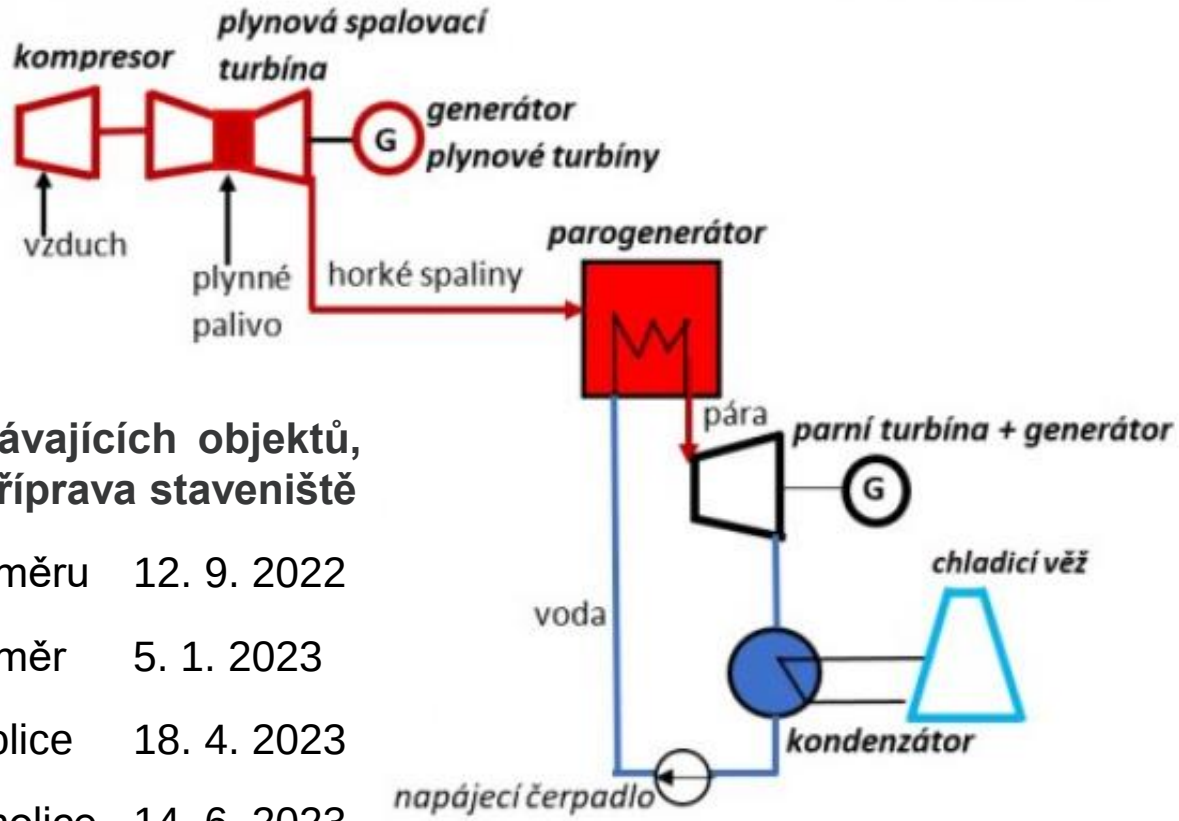
Činnosti na Záměru projektu:
- Studie Škoda Praha, studie a podklady pro EIA, jednoznačné rozhodnutí o nové technologii a jejích rámcových parametrech
- Studie připojitelnosti (EnerGoConsult CB s.r.o.)
- Zásadní otázky: zdroj chlazení, parametry paliva, bypassové komíny, start ze tmy, vyvedení výkonů.

1. 12. 2021 – schválen Záměr projektu

1/2022 – zahájena tvorba zadávacích dokumentů

1/2023 – zveřejněna ZD na věstníku veřejných zakázek

19. 5. 2025 Podpis SoD

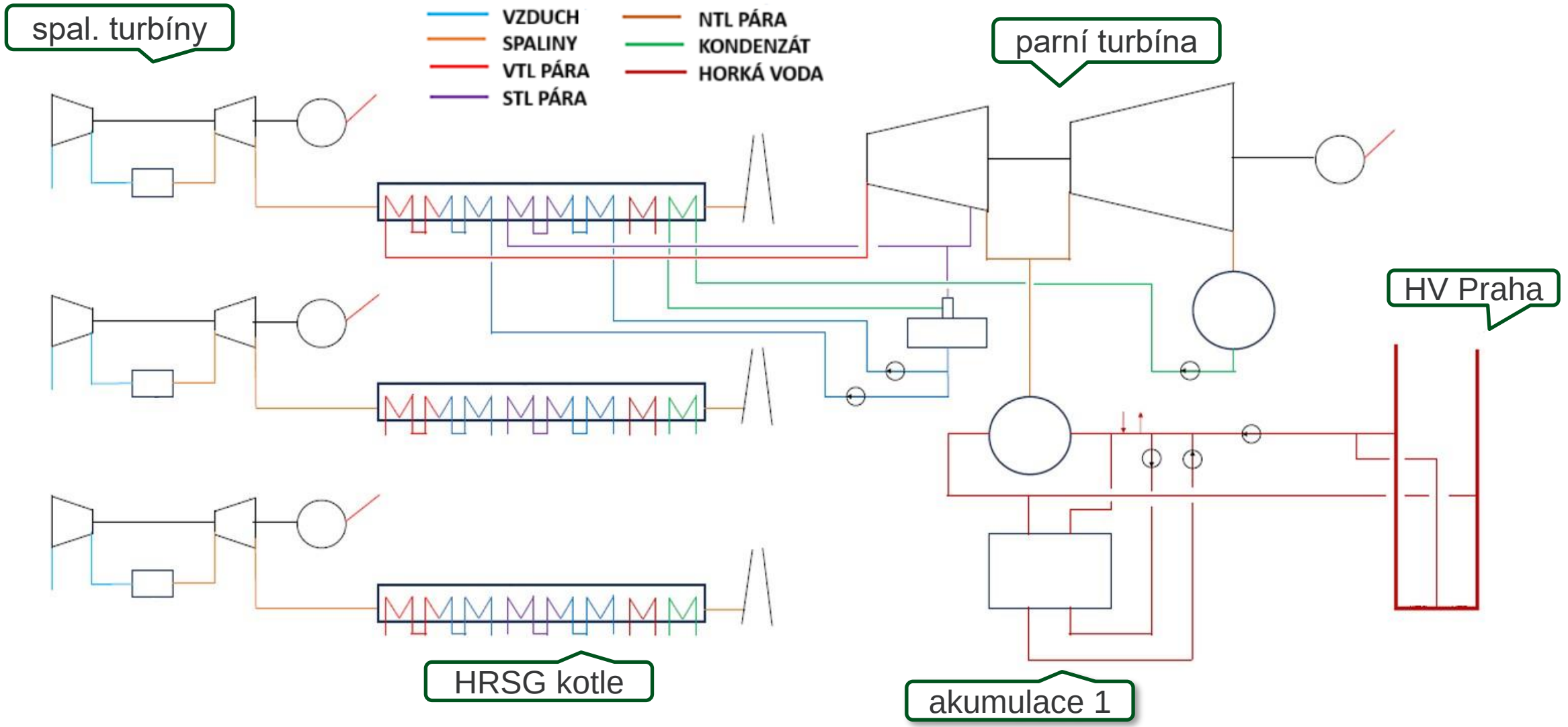


Demolice stávajících objektů, přeložky a příprava staveniště

Schválení záměru	12. 9. 2022
Demoliční výměr	5. 1. 2023
SoD na demolice	18. 4. 2023
Zahájení demolice	14. 6. 2023
Ukončení demolice	31. 1. 2024

Souběžně probíhaly práce na přeložkách elektro, ICT, EPS

PPC 1 Ideové schema zdroje

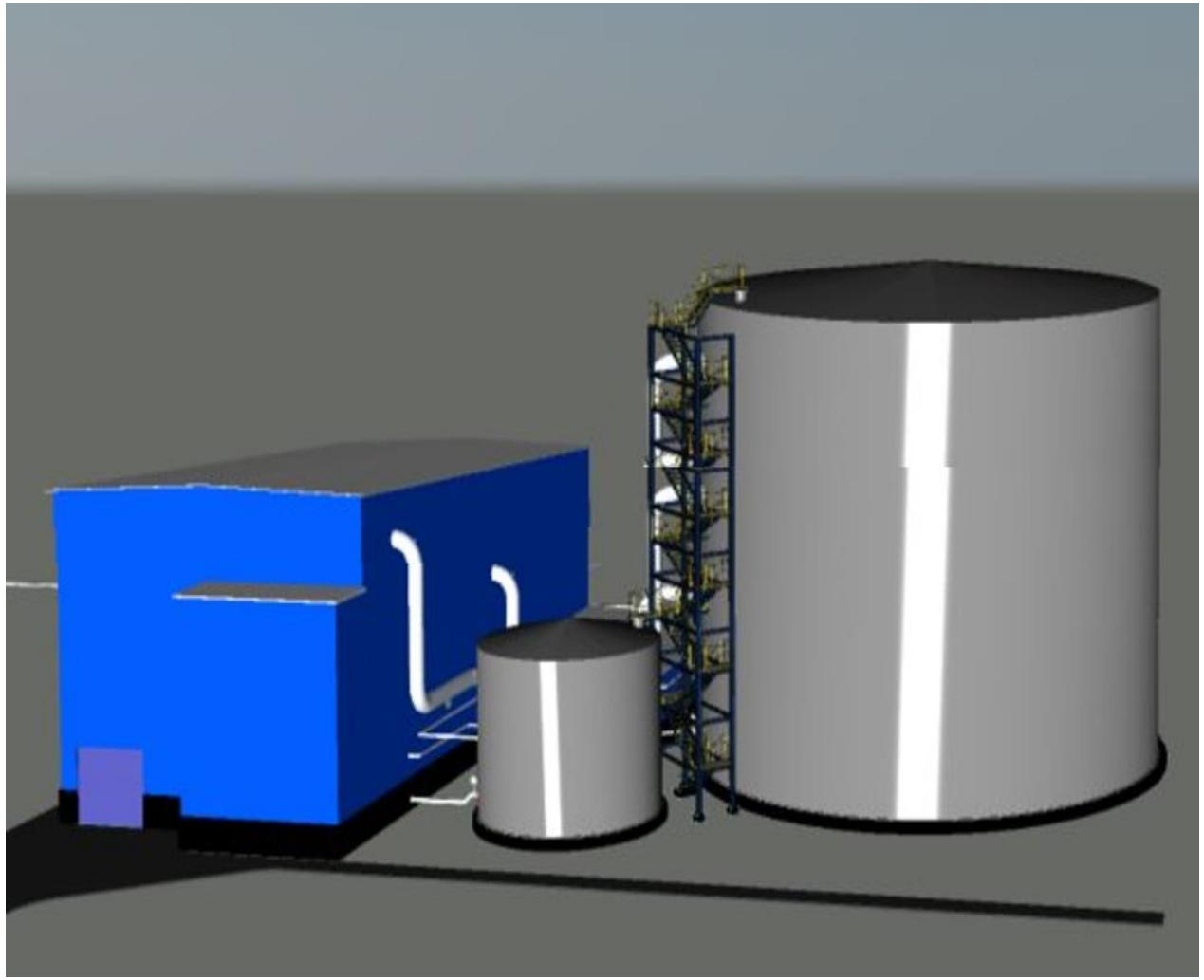


AKU 1 Základní parametry

Pro vyšší flexibilitu a efektivitu při vykrývání energetických špiček je připravována, jako součást zdroje, horkovodní akumulace tepla.

Parametry:

Uvažovaná tepelná kapacita	680 MWh
Tepelný spád	135/60 °C
Předpokládaný aktivní objem	8 500 m^3
Předpokládaný objem expanze	450 m^3
Okamžitý nabíjecí/vybíjecí výkon	170 MWt
Doba nabíjení/vybíjení akumulátoru	4 hod.



PPC 3 – Zadání a koncept

Porovnávané konfigurace:

a) single shaft (SS) X multi shaft (MS)
b) možnost využití pův. komína
c) možnost využití budovy strojovny B11
d) odpojitelný NT díl parní turbíny se spojkou SSS

Příprava staveniště:

- SoD (ČEZ EP) podepsána 26.3.2025
- Zahájena demolice kotelny K11, vč. příslušenství a demontáž technologií strojovny
- Souběžně probíhají práce na přeložkách elektro, ICT, EPS
- **Ukončení demolic: 31.10.2026**

Základ výsledného koncepčního zadání pro PPC3:

Vybudovat teplárenský paroplynový zdroj pro dodávky elektřiny do sítě ČEPS, a pro dodávky tepla do horkovodů Praha a Mělník s:

- **elektrickým výkonem cca 600 - 680 MWe**
- **vyváděným tepelným výkonem cca 300 MWt.**

Z důvodů podmínek zákona o veřejných zakázkách nelze v současné době stanovit přesné konkrétní parametry a design výsledného řešení, které vyplyne z technicko-ekonomicky nejvýhodnějšího návrhu řešení v nabídkách uchazečů.

PPC 3 - Průběh přípravy projektu

06.09.2021 – vystaven technický podnět
18.12.2023 – schválen Záměr projektu

1/2024 – zahájena tvorba zad. dokumentů
- 1. etapa: technická část ZD zpracovávána jako společná dokumentace pro sloučené projekty PPC3, PPC2 a společné chlazení uzavřeným okruhem

12/2024 – rozhodnuto o rozdělení ZD, vyjmutí PPC2 (odsunutí projektu PPC2)
- 2. etapa: přepracování zadávacích dokumentů do podoby samostatné dokumentace PPC3 a jeho chlazení

2/2025 – předána technická část ZD

Plánovaný termín PAC 11.10.2030

Zveřejnění v NEN 2.9.2025

PPC 3 - Umístění

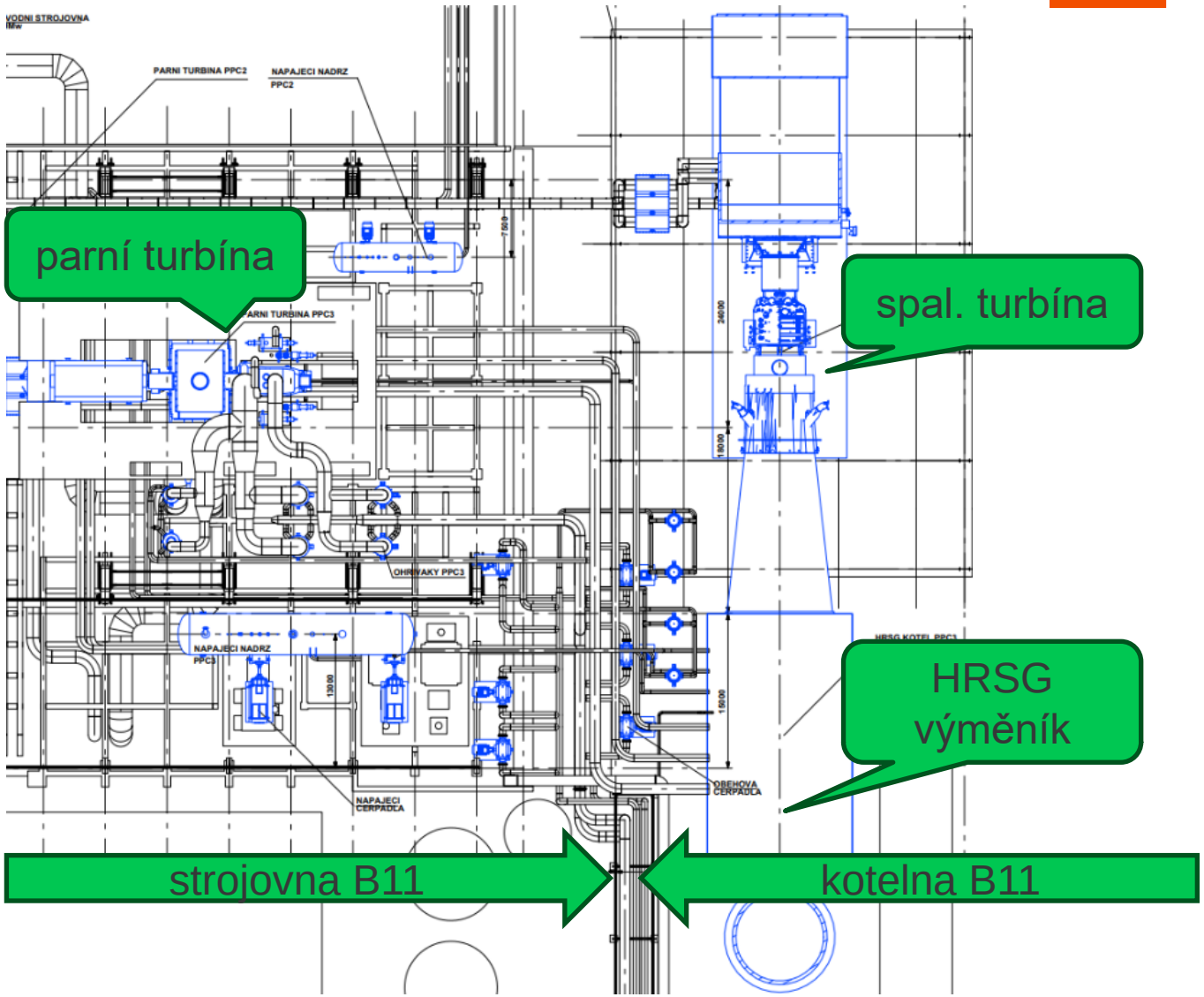
Schéma umístění PPC3
v půdorysu původní kotelny a strojovny

Výhody:

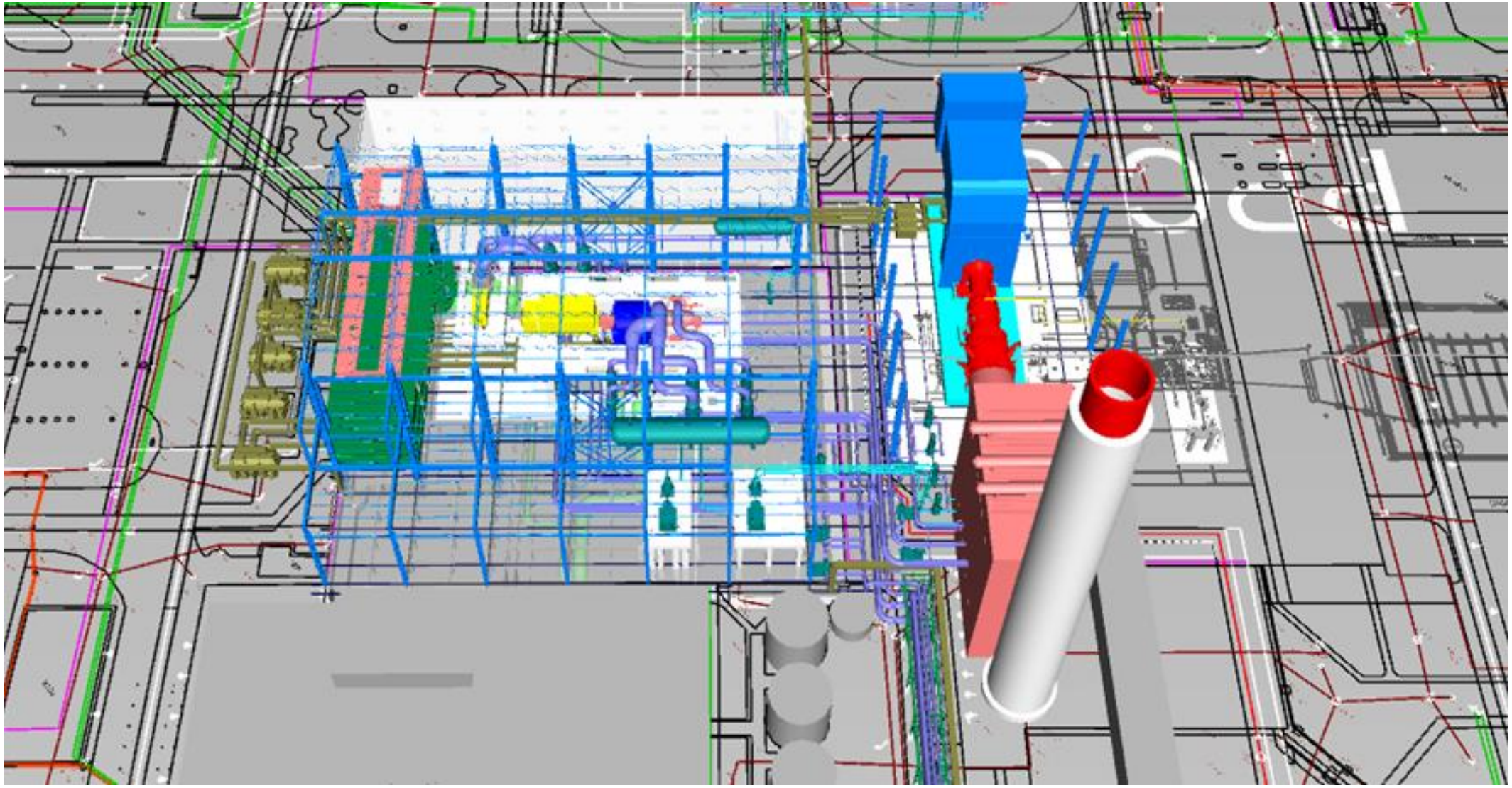
- lze využít objekt stávající strojovny, vč. jeřábů, servisních ploch apod.
- lze provozovat ve výtopenském režimu bez parního TG

Nevýhoda:

- delší spoj. potrubí



PPC 3 - Vizualizace



AKU 2 - Základní parametry

K navýšení flexibility a efektivity při vykrývání energetických špiček je připravována, jako součást zdroje, **horkovodní akumulace tepla (AKU 2).**

Uvažovaná tepelná kapacita	1 200 MWh
Tepelný spád	135/60 °C
Předpokládaný aktivní objem	2 x 10 000 m^3
Předpokládaný objem expanze	1 500 m^3
Okamžitý nabíjecí/vybíjecí výkon	300 MWt
Doba nabíjení/vybíjení akumulátoru	4 hod.

AKU 2 - Průběh přípravy

12.02.2024 – vystaven technický podnět

05.12.2024 – schválen Záměr projektu

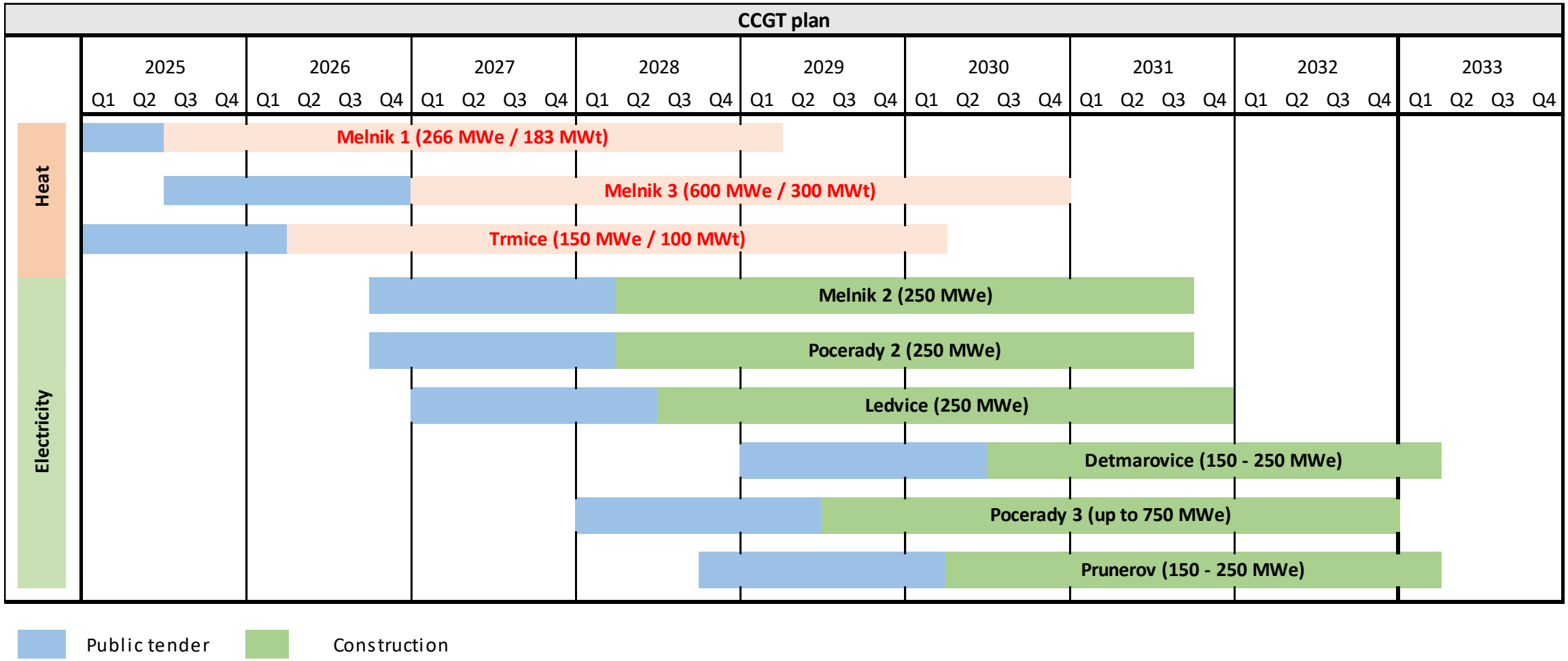
1/2025 – zahájena tvorba zadávacích dokumentů

6/2025 – předána technická část ZD k dopracování části obchodní

Plánovaný termín PAC 26.11.2030

Plánované zveřejnění v NEN 1.Q/2026

Dlouhodobá strategie PPC projektů v SKČ



Klíčové faktory ovlivňující budoucí výstavbu PPC (nejen ve Skupině ČEZ)

Dotace pro výstavbu – všechny „elektrárenské“ PPC

- Generují kladné NPV pouze v případě **dodatečné dotační podpory** (kapacitní platby)
- Termín dokončení bude omezen **podmínkami dotace** (v tuto chvíli neznáme)
- Předpokládáme vypsání prvních kapacitních aukcí cca na konci 2026 nebo v 2027 (?)

Situace na trhu plynových turbín

- Rostoucí **globální poptávka** po výrobě energie na bázi **plynu**
- **Deficit nabídky** a **růst marží v odvětví** vysoce přesahující index růstu cen (nyní běžně +15% p.a.)
- Dodací lhůty **GT setů** (plynová turbína + generátor) skokově vzrostly na 300% (z **10 měsíců** na **> 36 měsíců**)

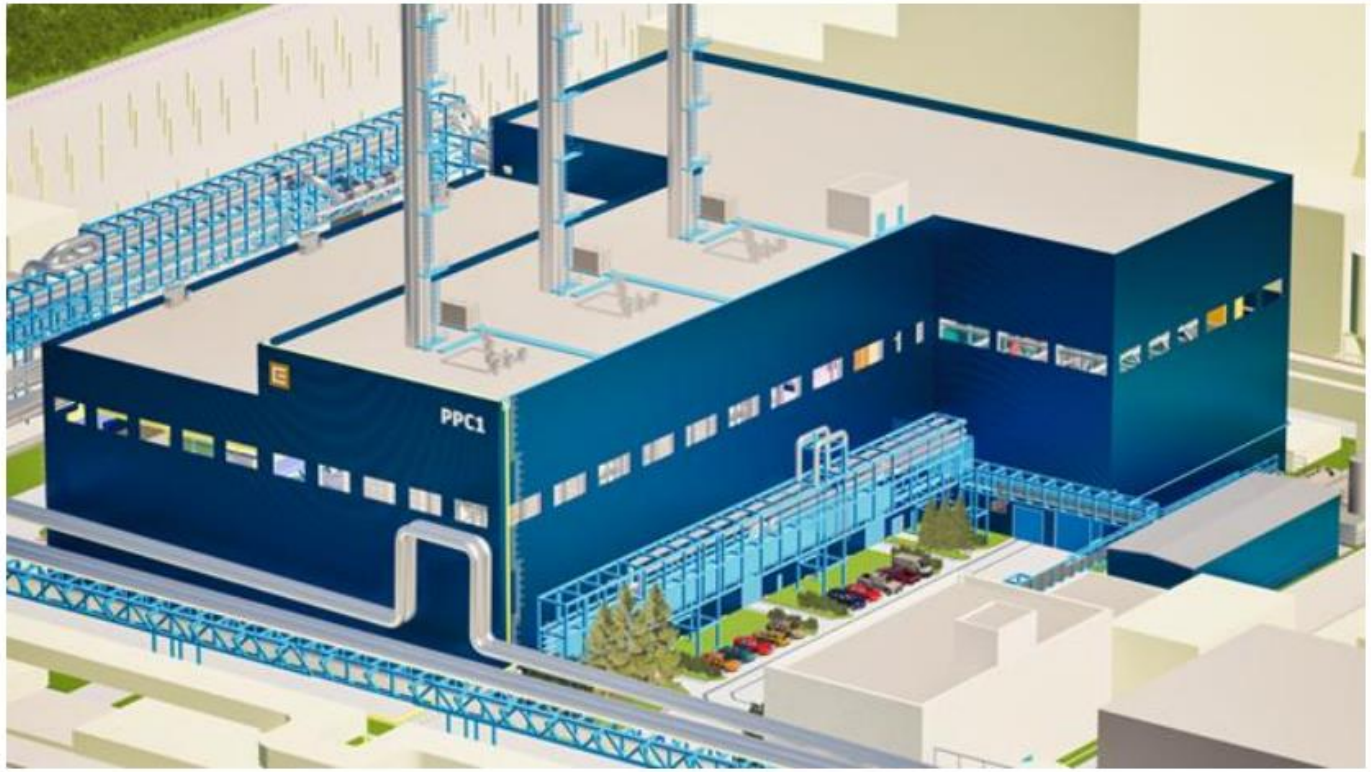
Kapacity EPC dodavatelů

- **Nízký počet** tuzemských a **nedostatek kapacit** zahraničních EPC, převis poptávky v EU – **tržní přetížení**,
- **Zahraniční EPC** bez motivace ke **vstupu na CZ trh** (nízká lokální zkušenost, výhodnější zakázky EU i non-EU)
- Dotační pravidla a omezení vycházející ze ZZVZ vytvářejí bariéry a snižují flexibilitu při jednání a přípravě

ČISTÁ ENERGIE ZÍTŘKA

Děkuji za pozornost

PPC1 (smlouva podepsána v 05/2025) se bude podílet na celkové dodávce tepla z lokality Mělník ze zhruba 30 %



Hlavní technologická zařízení

- 3 x Spalovací turbína SGT-800 62 MW s generátorem
- 3 x Dvojtlakový kotel na odpadní teplo HRSGs s technologií SCR
- 1 x Dvoustupňová Parní turbína SST-500/800
- Vodou chlazený kondenzátor včetně vývěv
- Vysokotlaké a nízkotlaké bypassové stanice parní turbíny
- Sestavy dávkování a odběrů vzorků pro jednotlivá média
- Rozvodny VN/NN
- Blokové transformátory
- Kompresorová stanice
- Záložní Dieselgenerátory
- Řídicí systém SPPA-T3000

Maximální celkový tepelný výkon

- **183 MWt** (max. možný výkon do HV Praha je 147 MWt a do HV Mělník 55 MWt.
- Očekávaná výroba tepla: **2 až 2,5 PJ/rok**

Maximální celkový hrubý elektrický výkon

- **266 MWe** (GT: 3 x 61,3 = 184 MWe + ST: 82 MWe) (při teplotě okolí -14°C celkový elektrický výkon až 282 MWe)
- Očekávaná výroba elektřiny: **550 až 900 GWh/rok**

Účinnost

- Účinnost v max. režimu KVET (režim E) ≥ **89,03 %**
- Účinnost v režimu čisté kondenzace (režim A1) ≥ **57,73 %**

PPC1 EME zahájí dodávky elektřiny a tepla za 3 roky a 9 měsíců od podpisu smlouvy

Základní garantované parametry – PPC1 Mělník	
Elektrický výkon (v max. kondenzačním režimu A1)	≥ 266 MWe
Tepelný výkon	≥ 183 MWt
Účinnost v max. režimu KVET (provozní režim E)	≥ 89,03 %
Účinnost v režimu čisté kondenzace (100%; režim A1)	≥ 57,73 %

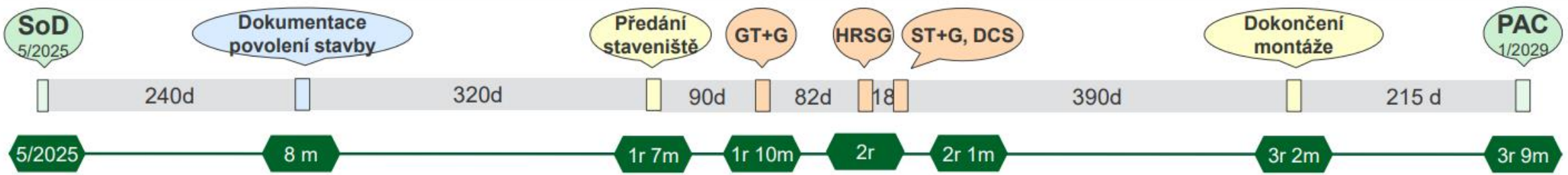
Emise Nox	≤ 25 mg/m3
Emise CO	≤ 17 mg/m3
Spalování H2	10%
Upgrade H2	až 100%

Rozsah dodávky

- ✓ Dokumentace
- ✓ Výstavba
- ✓ Dodávka
- ✓ Montáž
- ✓ Uvádění do provozu
- ✓ Garanční provoz

Dodavatelé klíčových komponent

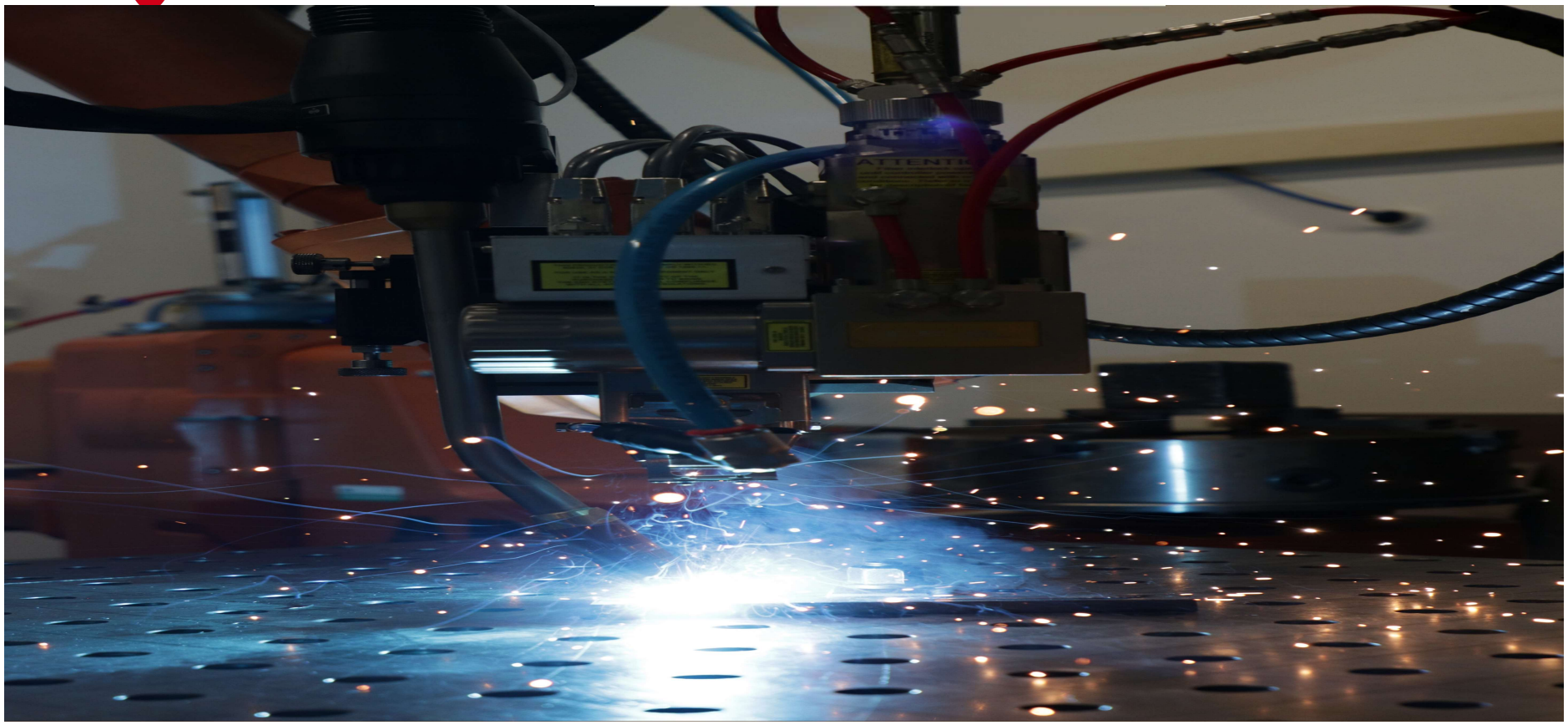
❑ 3x Plynová turbína SGT-800 a generátor	Siemens Energy	❑ HRSG (spalinový kotel)	NEM Energy B.V.
❑ 1x Parní turbína a generátor	Siemens Energy	❑ Veškeré ostatní technologie	Metrostav DIZ
❑ DCS (Siemens SPPA –T3000)	Siemens Energy	❑ Stavební objekty	Metrostav DIZ



ÚSTAV PŘÍSTROJOVÉ TECHNIKY
Akademie věd České republiky

ŠKODA JS

Akademie věd
České republiky

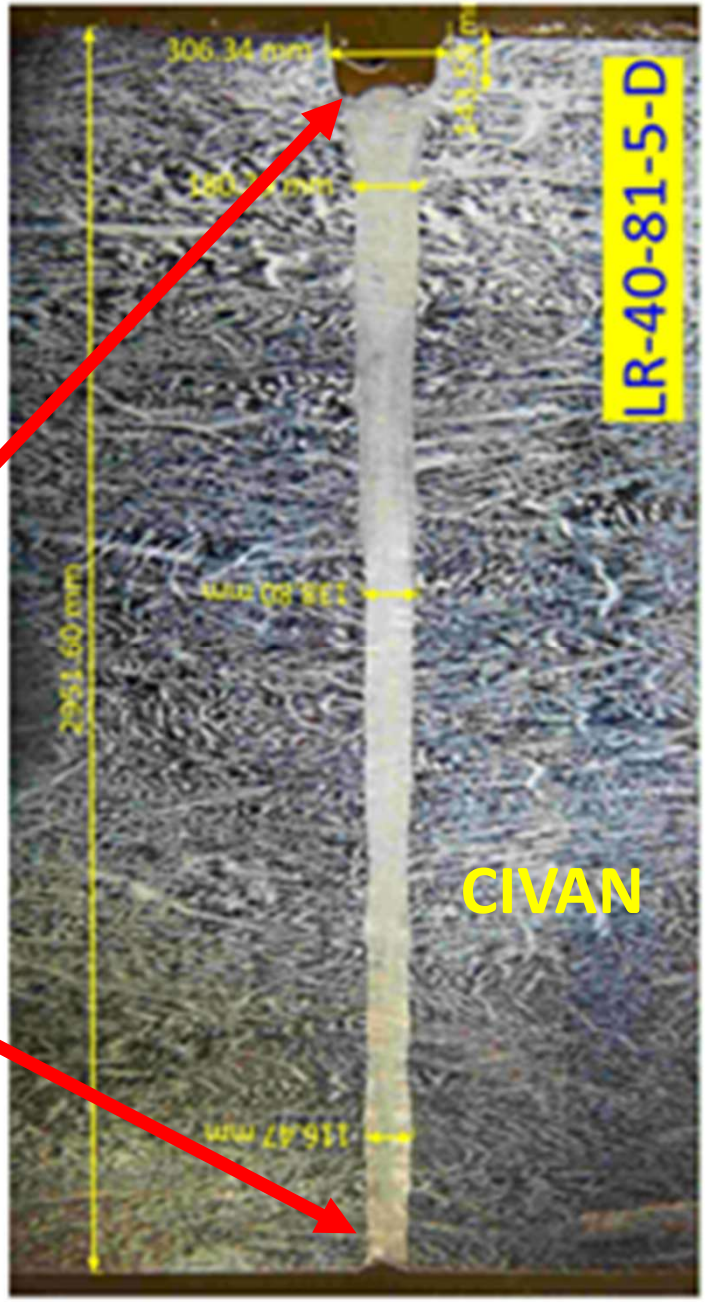


Mrňa Libor, Šebestová Hana, Hráček Jan, Novotný Jan

Využití nové hybridní technologie WoGaWe pro svařování materiálů v energetice

Motivace

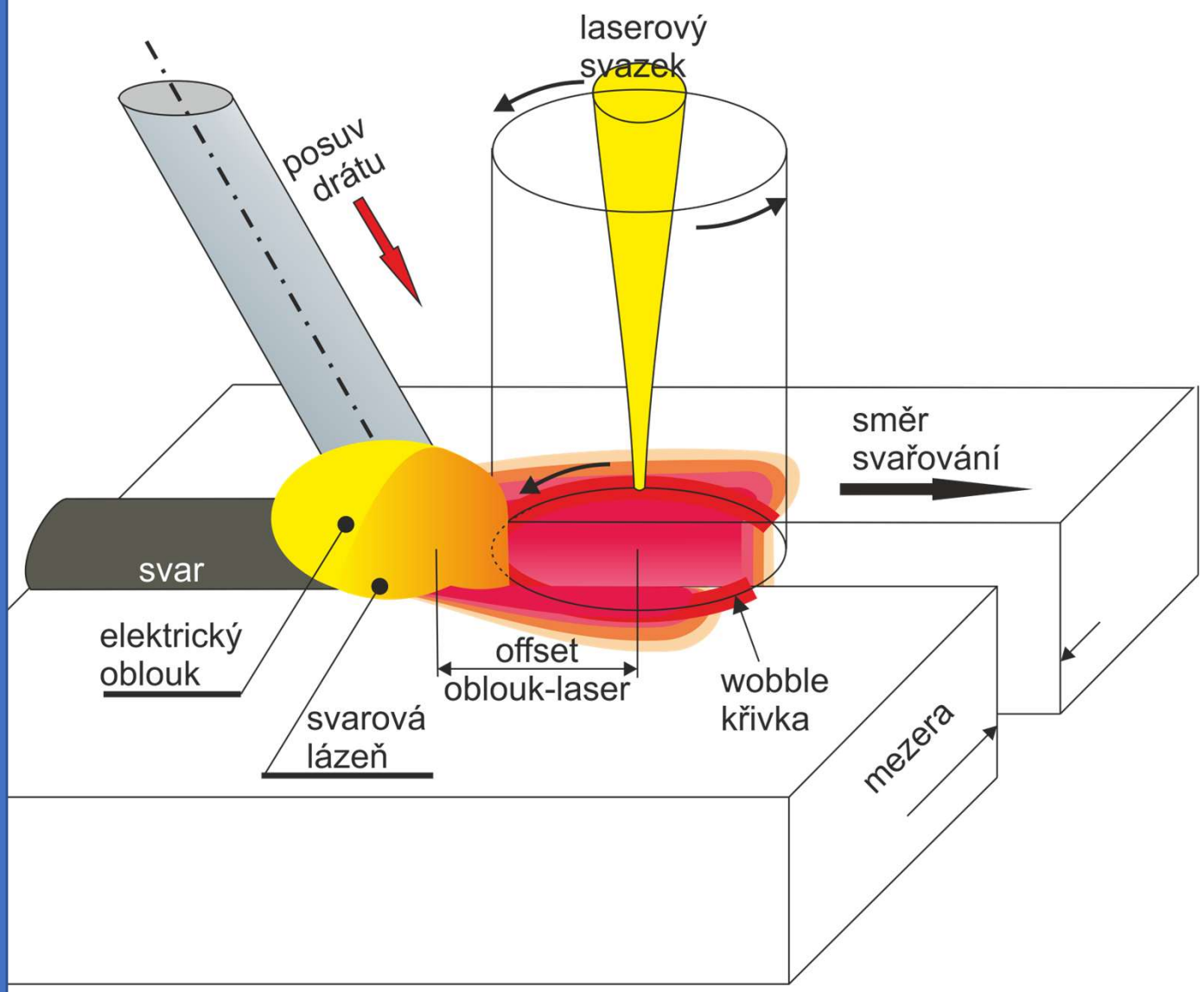
- Při výrobě energetických zařízení se pro svařování nejvíce používá **metoda TIG** v ruční i strojní podobě. Výhodou je svar bez studených spojů a dalších vad, jednoduchá technologie, nevýhodu jsou malé svařovací rychlosti a velké vnášené teplo.
- Další možností je **svařování plazmatem**. Výhodou je vysoce kvalitní svar, nevýhodou náročnější technologie a většinou potřeba strojního vedení.
- **Laserové svařování** se v energetice doposud používá málo. Výhodou je vysoká svařovací rychlost, malé deformace. Nevýhodou náročné zařízení, nebezpečí pórovitosti a nevyplněný svar.
- Byla navržena a je vyvíjena **nová technologie hybridního svařování** pojmenovaná zkratkou **WoGaWe**, která mnohé z těchto problémů odstraňuje a nabízí i **nové možnosti**.



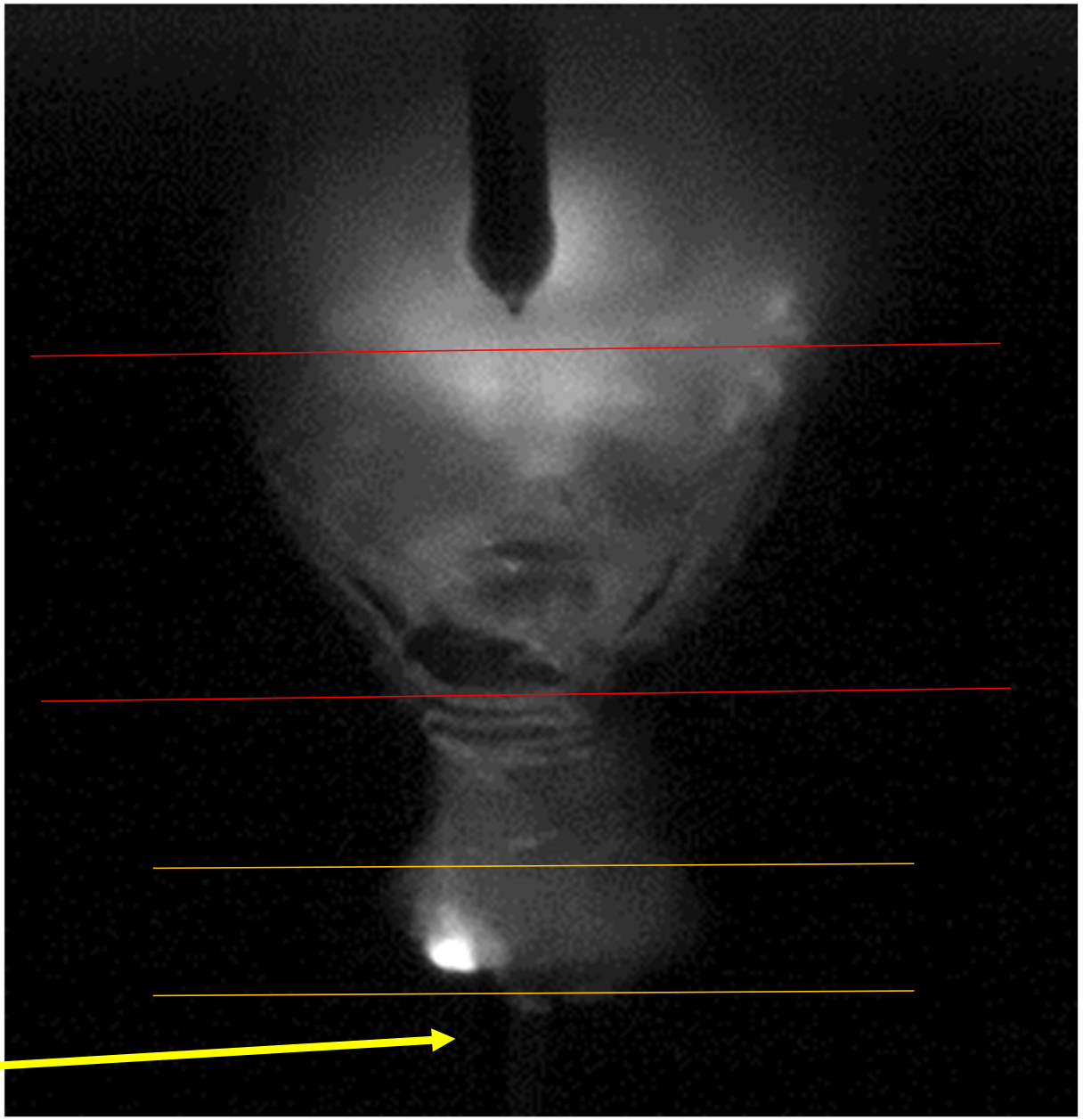
Princip metody WoGaWe

Jde o zkratku Wobble – Gap - Welding

- Mezi svařovanými díly se záměrně vytvoří mezera (Gap)
- Oscilující (Wobble) laserový svazek ohřívá / taví stěny mezery (podobně jak při penetračním svařování s efekty uvnitř key hole)
- Kov vznikající tavením drátu obloukovým procesem vtéká do mezery
- Ohřáté stěny mezery zlepšují smáčivost
- Pravděpodobně pomáhá i vzlínavost kovu do mezery
- Oscilující laserový svazek se částečně noří do taveniny a ohřívá ji

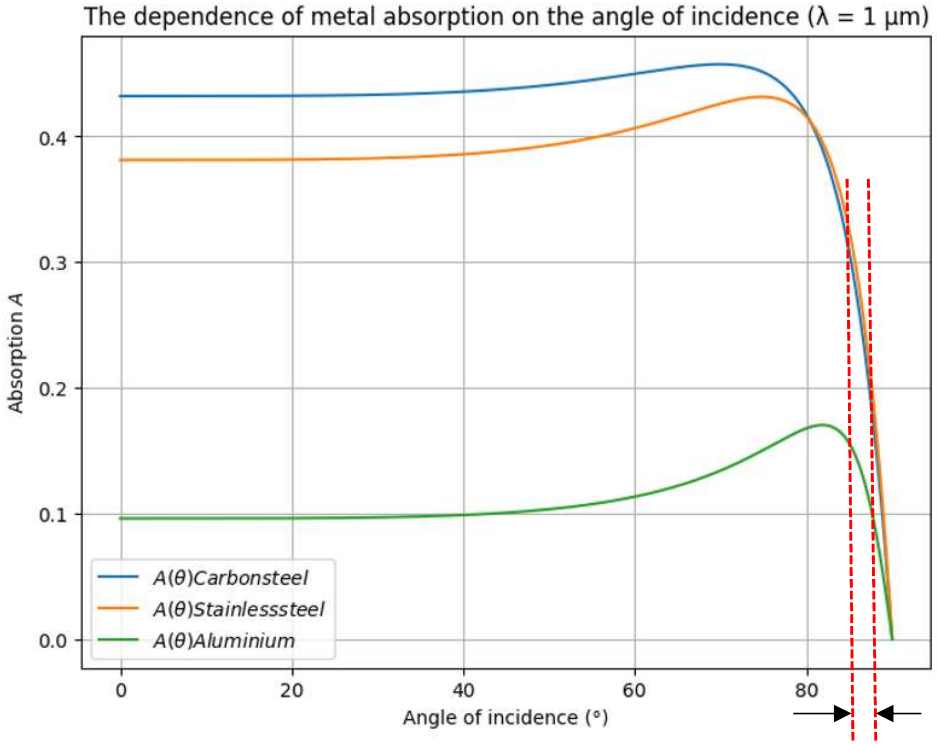


HS video WoGaWe – čelní pohled

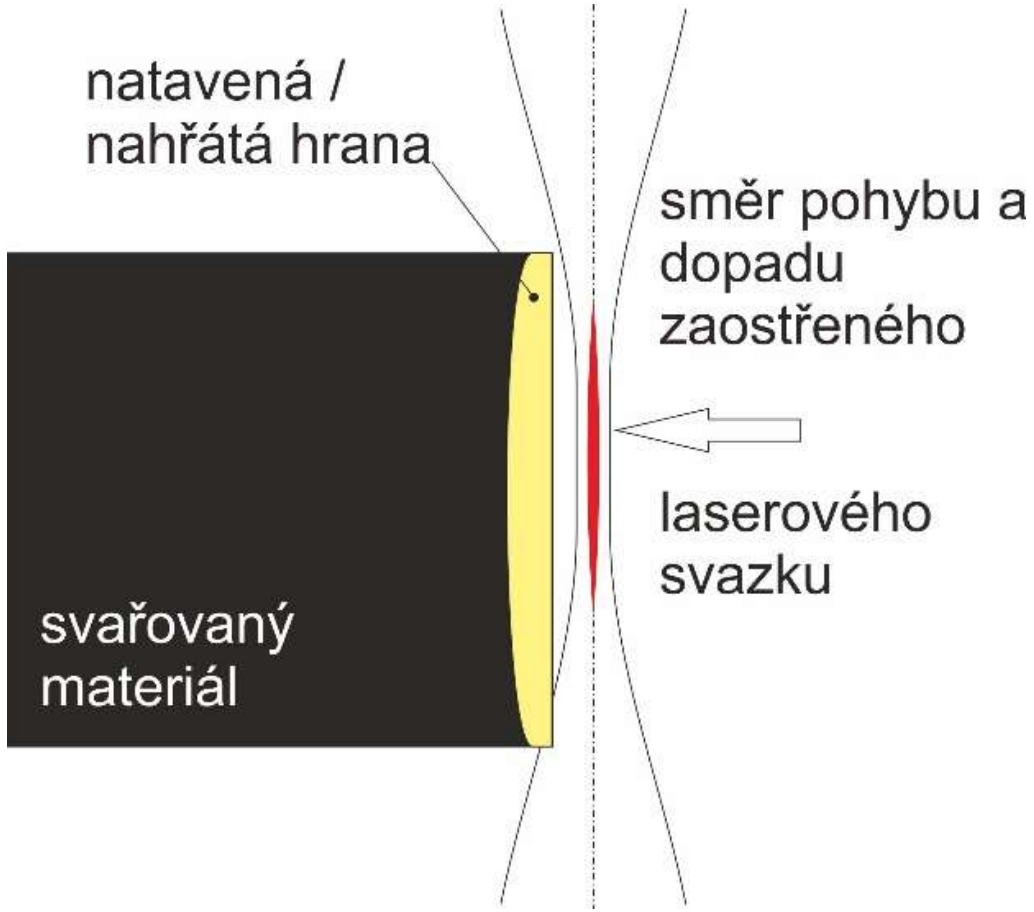


Fresnelova absorbce na stěnách mezery

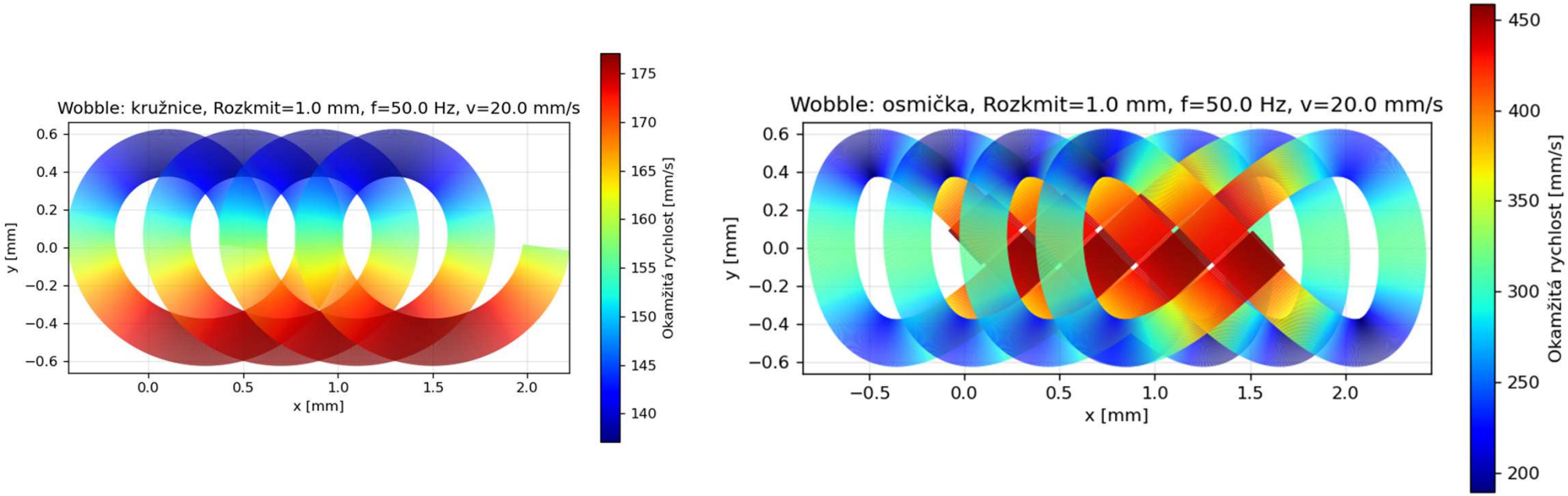
- Komplexní index lomu $\tilde{n}=n+ik$
- Vláknové lasery mají *náhodnou* polarizaci



Oblast funkce WoGaWe



Problematika oscilace svazku - wobble

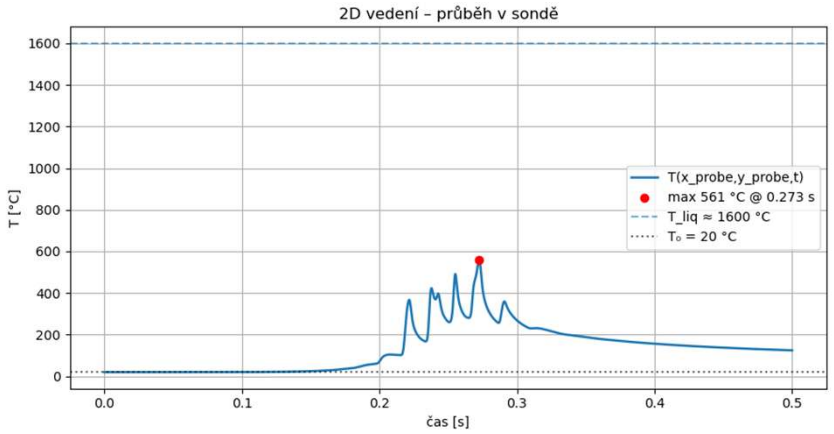


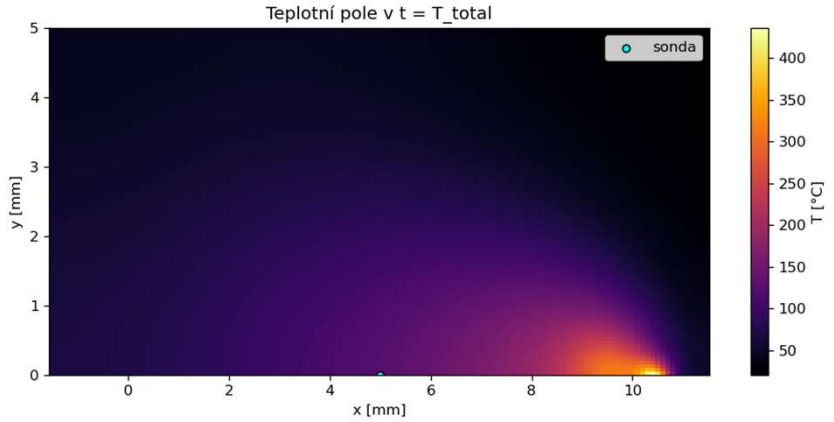
Tvar	V_{min} [mm/s]	$V_{prům}$ [mm/s]	V_{max} [mm/s]
Kruh	137	157	177
Osmička	189	305	459
Rozkmit = 1,0 mm, frekvence = 50 Hz, posuv = 20 mm/s			

Simulace ohřevu stěny pomocí wobble laserového svazku

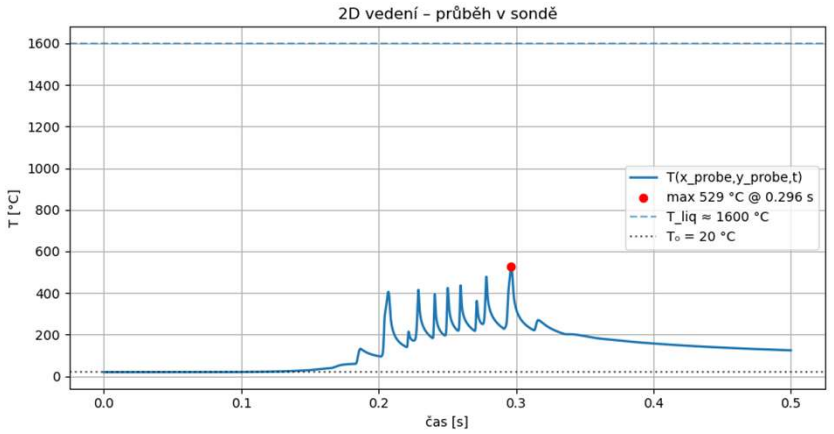
ÚPT AVČR

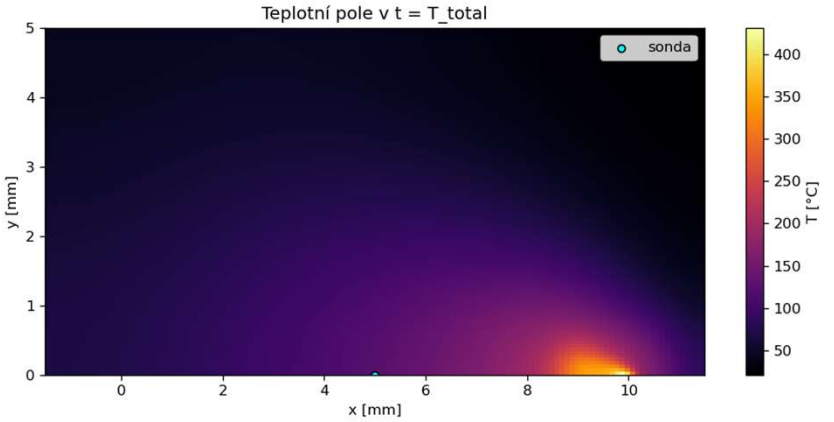
Wobble kruh





Wobble osmička

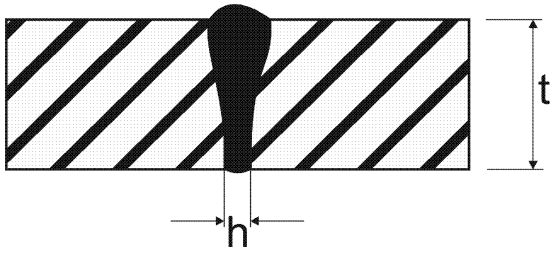




Podmínka zaplněnosti mezery roztaveným kovem z přídavného drátu

ÚPT AVČR

Tupý svar – objem kovu V_w



$$V_w = t * h * v_w$$

h šířka spáry

t tloušťka materiálu

v_w svařovací rychlost

Objem kovu z drátu V_{rk}

$$V_{rk} = \pi \left(\frac{D_{dr}}{2}\right)^2 v_{dr}$$

D_{dr} průměr podávaného drátu

v_{dr} rychlost podávaného drátu

Koutový svar – objem kovu V_w

$$V_w = (a^2 + th) * v_w$$

a jmenovitá velikost koutového svaru

h šířka spáry mezi stojinou a pásnicí (u běžného koutového svaru je nulová, jinak vada; zde ale žádoucí.

t tloušťka materiálu stojiny

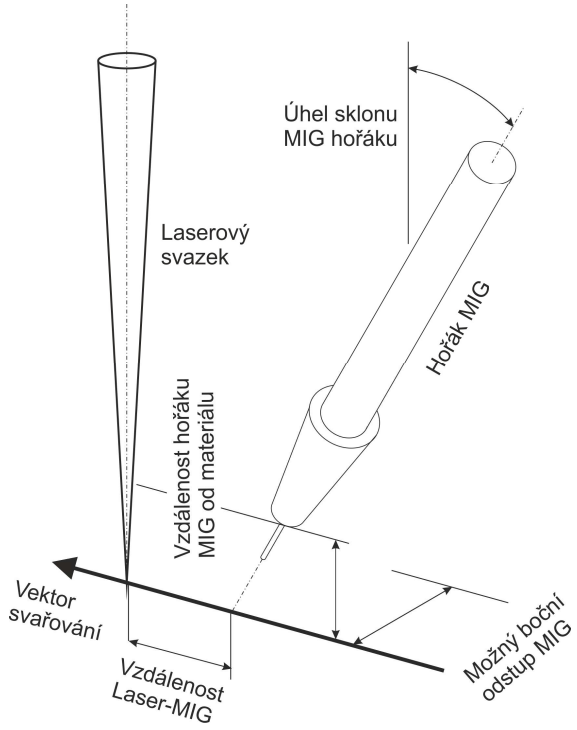
v_w svařovací rychlost

Podmínka zaplněnosti

$$V_{rk} = K^* V_w$$

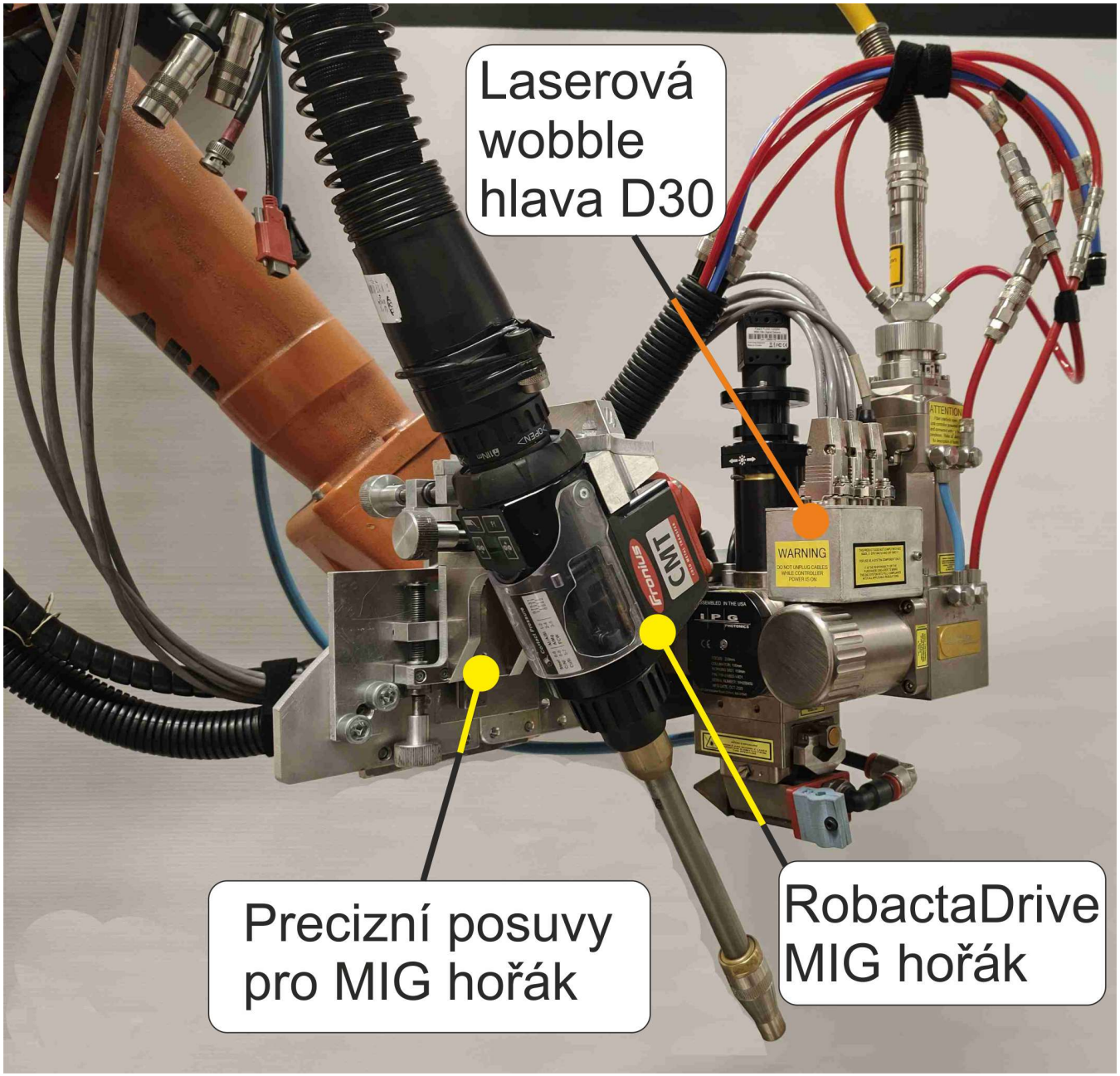
Svařovací hlava MohylaMIG

Popis os wobble laserové hlavy a MIG/CMT hořáku



Laser: IPG YLS6000

Obloukový zdroj: Fronius TPS320i



Svařované materiály

Ocel P265GH (1.0425) je nízkouhlíková, nelegovaná ocel pro vyšší teploty – žáropevná. Materiál pro součásti kotlů a tlakových nádob. Dále vhodná pro potrubí transportující horké kapaliny. Svařitelnost zaručena.

C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	Re [MPa]	Rm [MPa]
≤ 0,2	≤ 0,5	≤ 0,35	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 0,3	≥ 225	400-490

Nerezová ocel X6CrNiTi (1.4541) je austenitická titanem stabilizovaná ocel se zvýšenou odolností proti mezikrystalické korozi. Vhodná pro použití v oxidačním prostředí pro silné anorganické kyseliny při velmi nízké koncentraci v oblasti nízkých teplot.

C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	Ti	Re [MPa]	Rm [MPa]
≤ 0,08	≤ 2,0	≤ 1,0	17-19	9-12	≤ 0,3	0,7	≥ 225	400-490

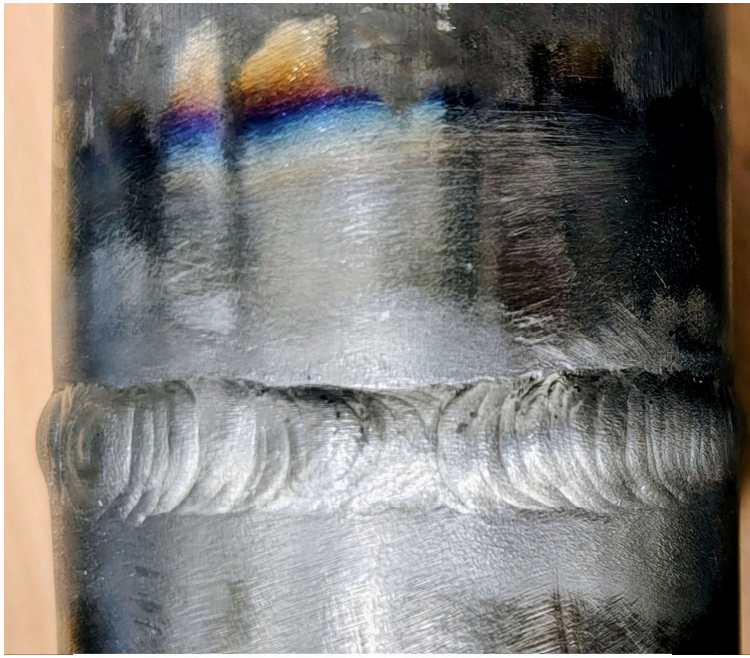
Drát 309 LSi Drát s velmi nízkým obsahem uhlíku pro svařování ocelí podobného složení v tvářeném nebo litém stavu. Použitelný pro heterogenní spoje, např. nerez oceli s nízkolegovanou ocelí

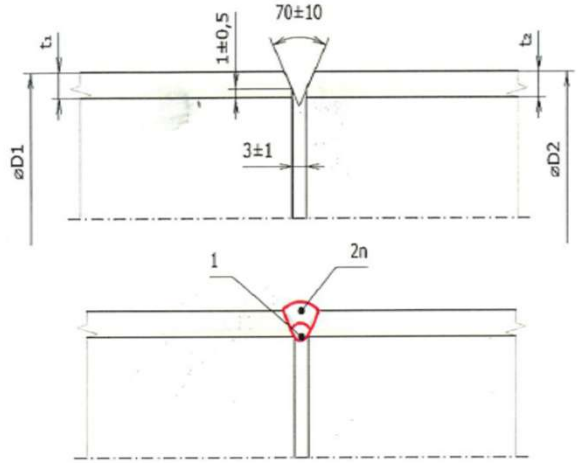
C	Mn	Si	Cr	Ni	Re [MPa]	Rm [MPa]
≤ 0,03	1,8	0,8	24	13	440	600

Experiment

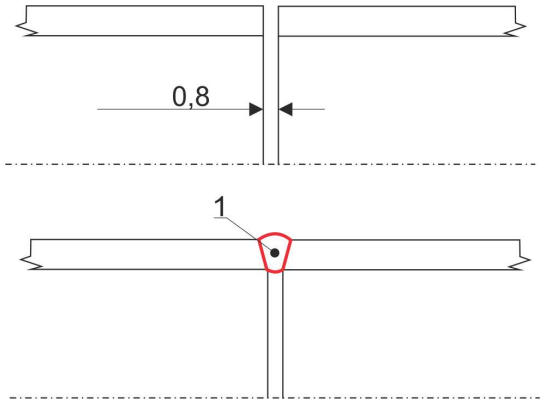
ÚPT AVČR

TIG

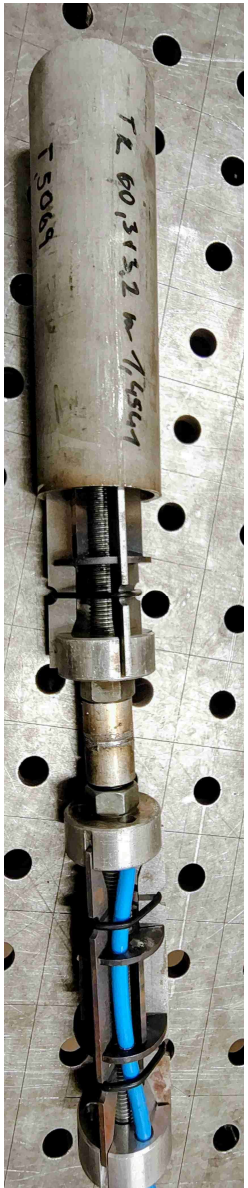




WoGaWe



Svařovací přípravek



Experiment

TIG

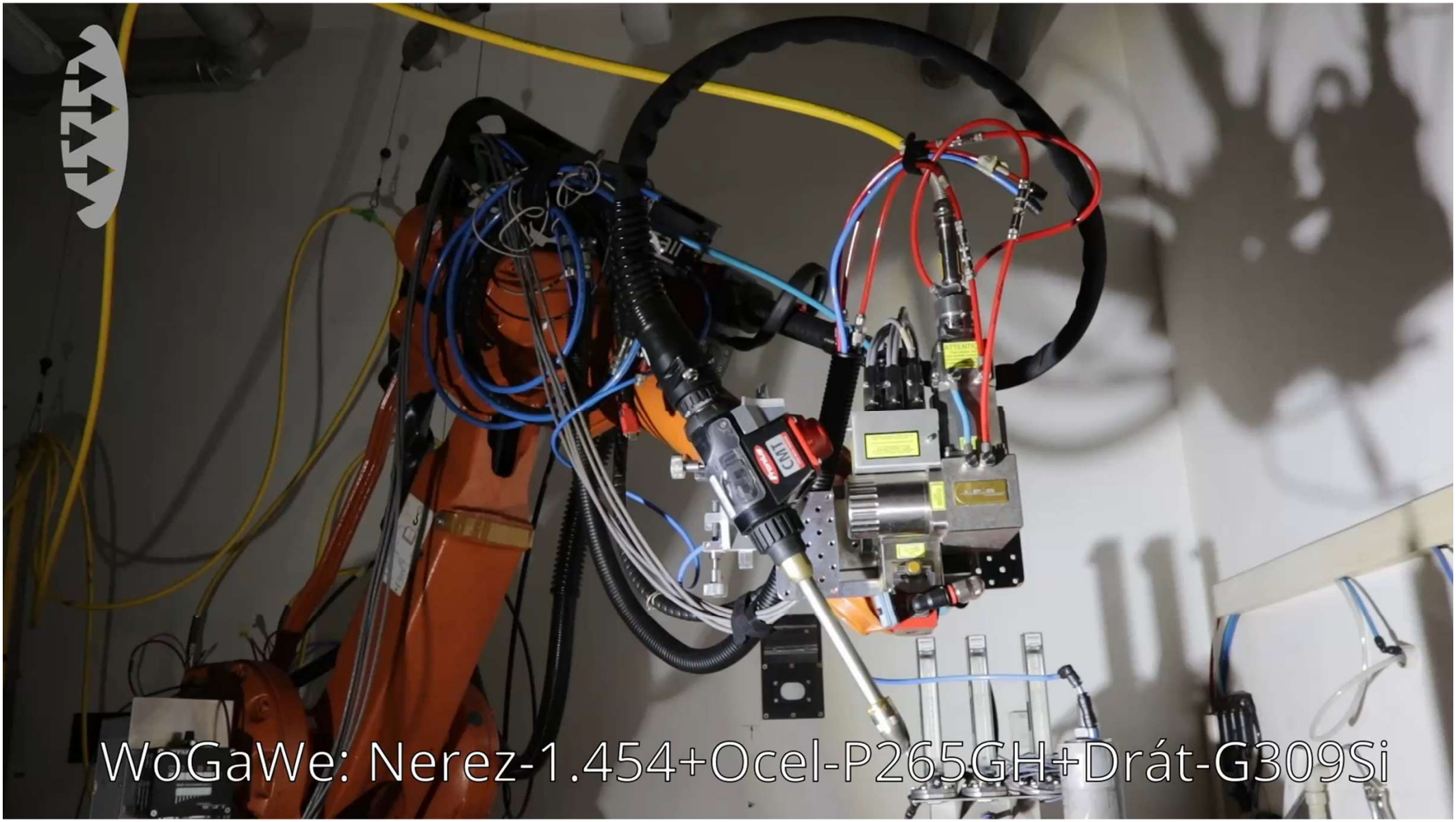
WoGaWe

Operace	Čas [s]	Proud [A]	Napětí [V]	Teplo [J/mm]
stehování	95			
Kořen výplň	80	75	11	210
Krycí vrstva	80	90	11	251
Celkem	**255**			

Operace	Čas [s]	Výkon [W]	Rychlost [mm/s]	Teplo [J/mm]
stehování	0			
Laser	9,45	2000	20	70
MAG		3929	20	157
Celkem	**9,45**			**227**

WoGaWe pro energetiku – heterosvar trubek austenitická nerez 1.4541 – uhlík. ocel P265GH

ÚPT AVČR

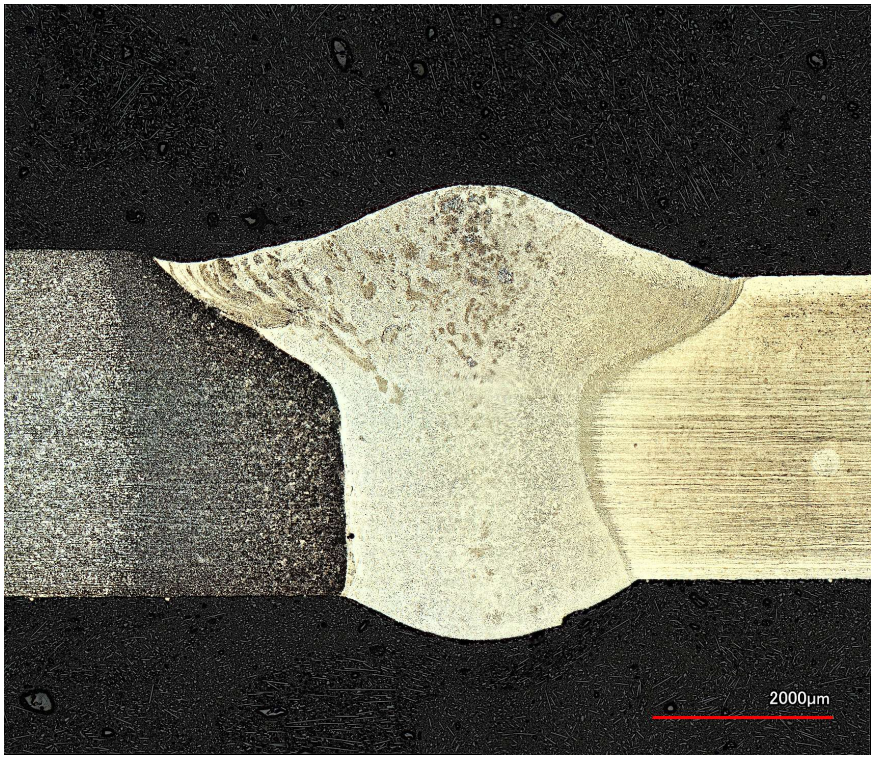


Makrosnímky svarů

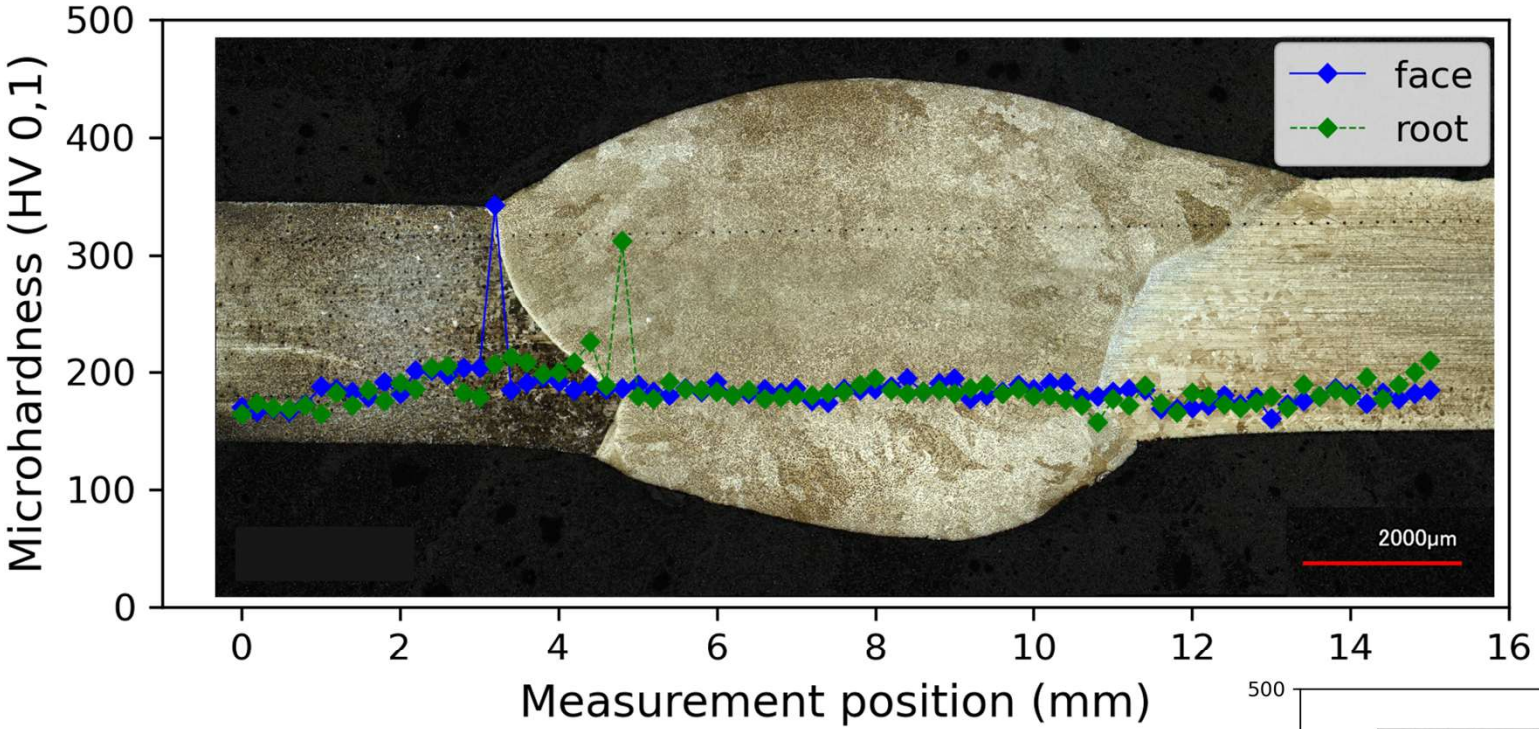
ÚPT AVČR

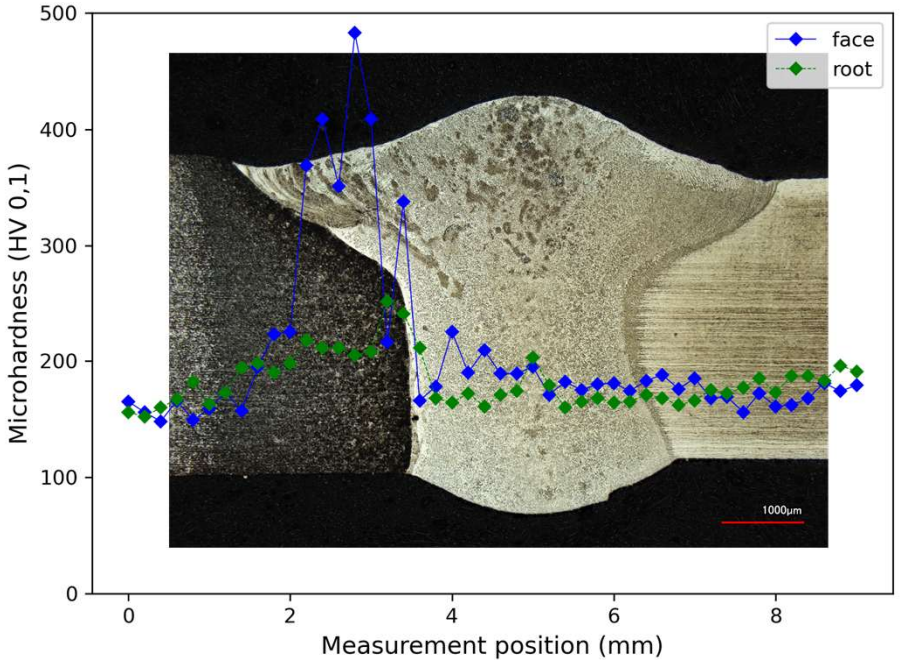
TIG

WoGaWe

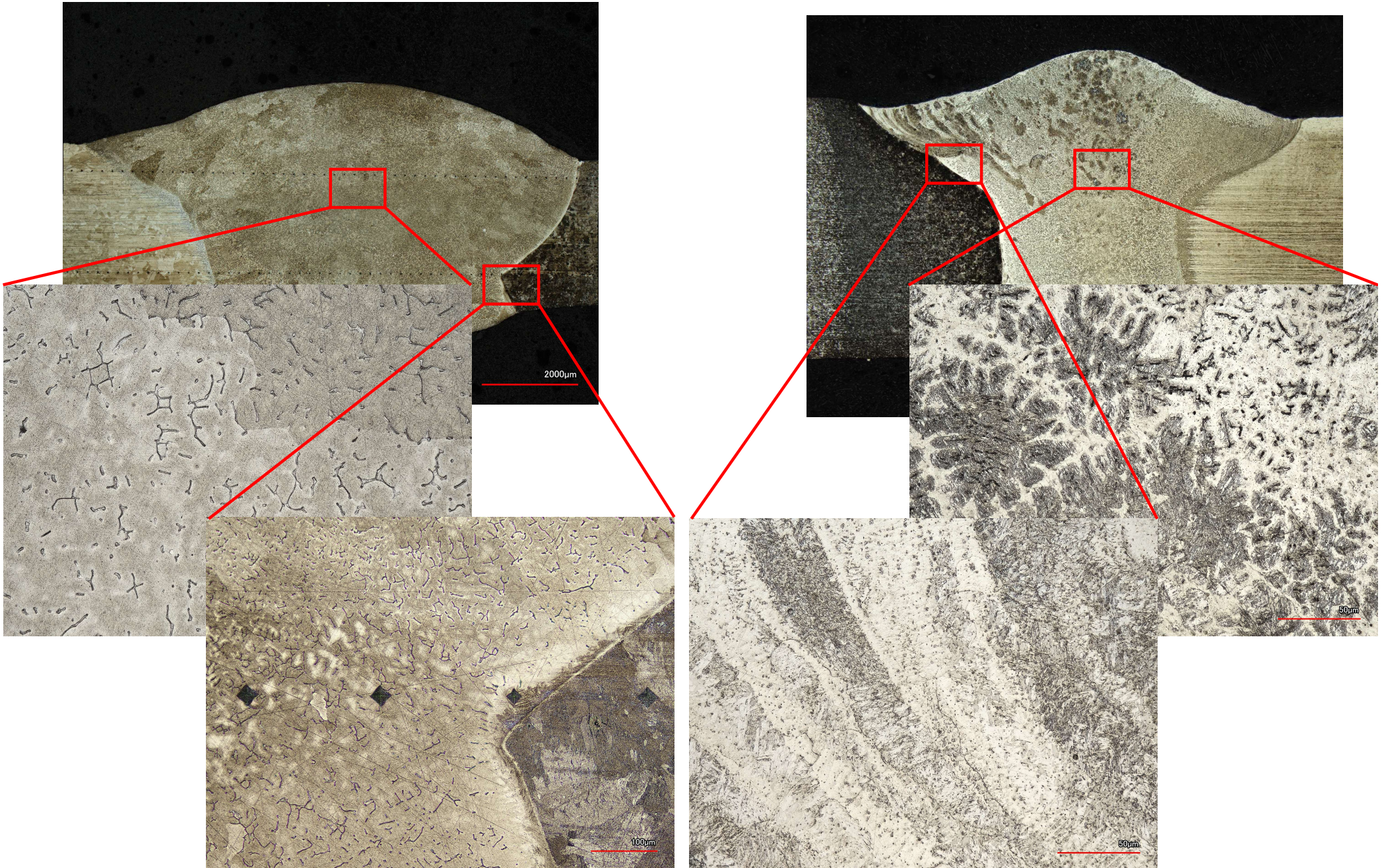


Mikrotvrdost

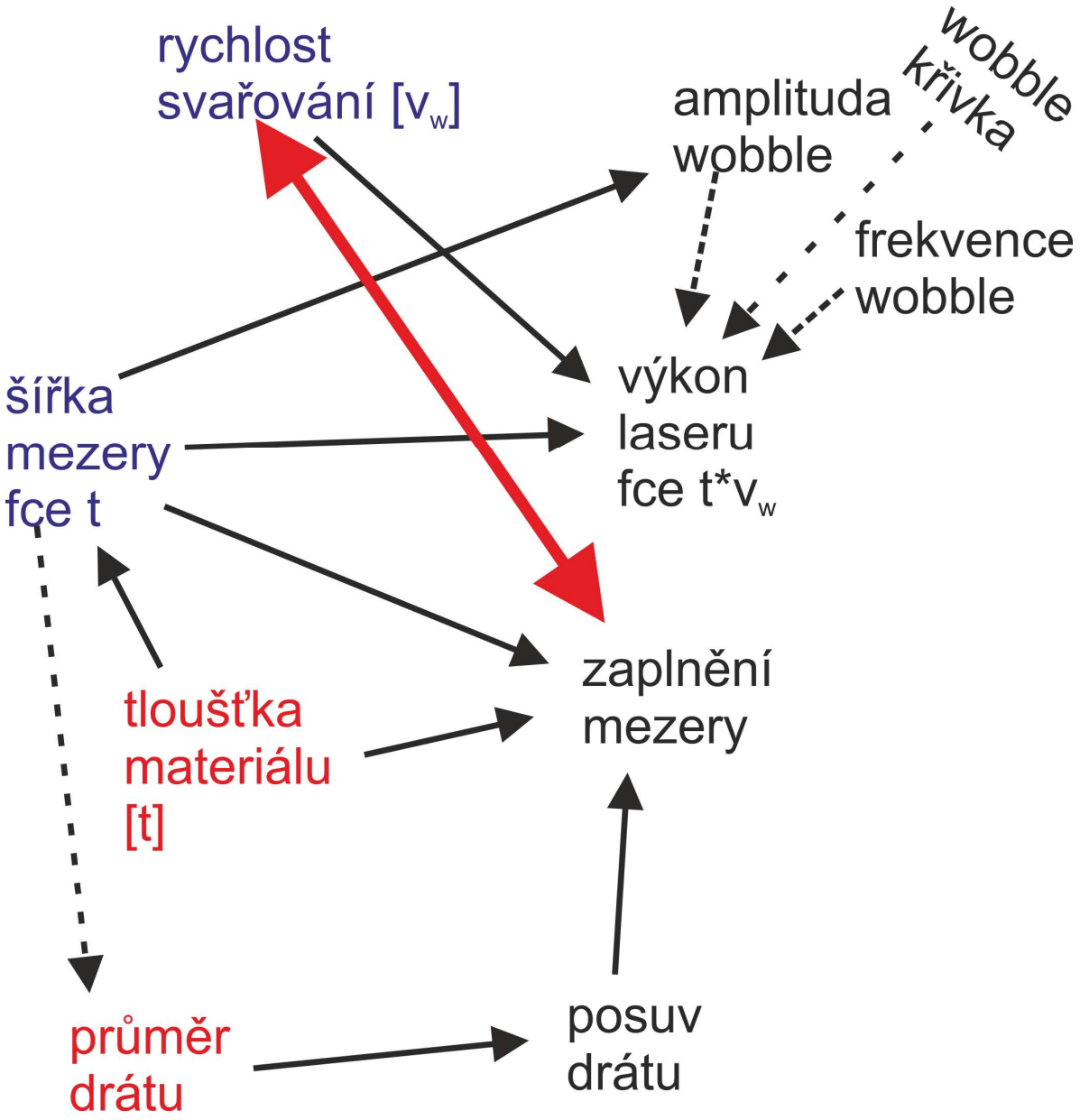




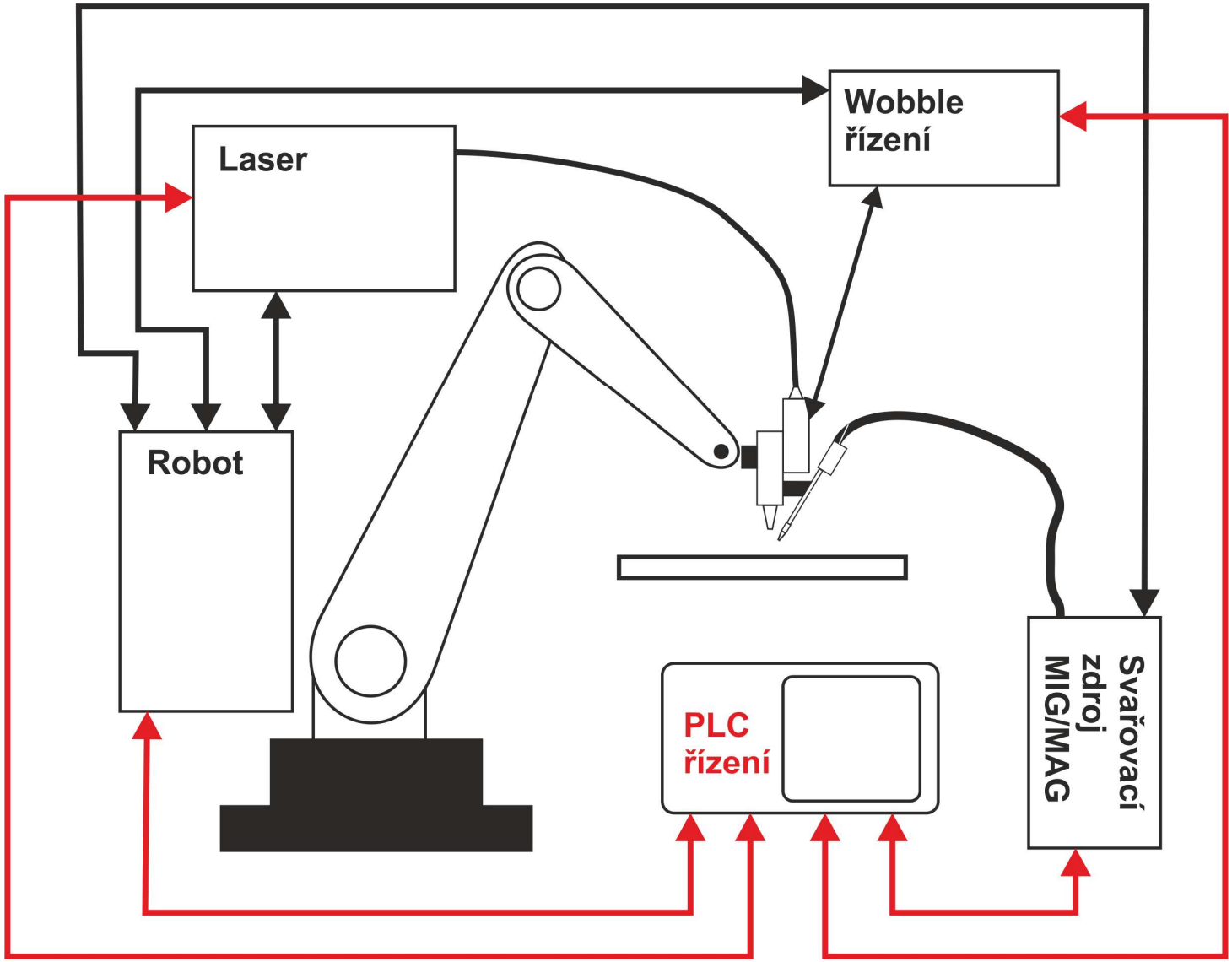
Mikrostruktura



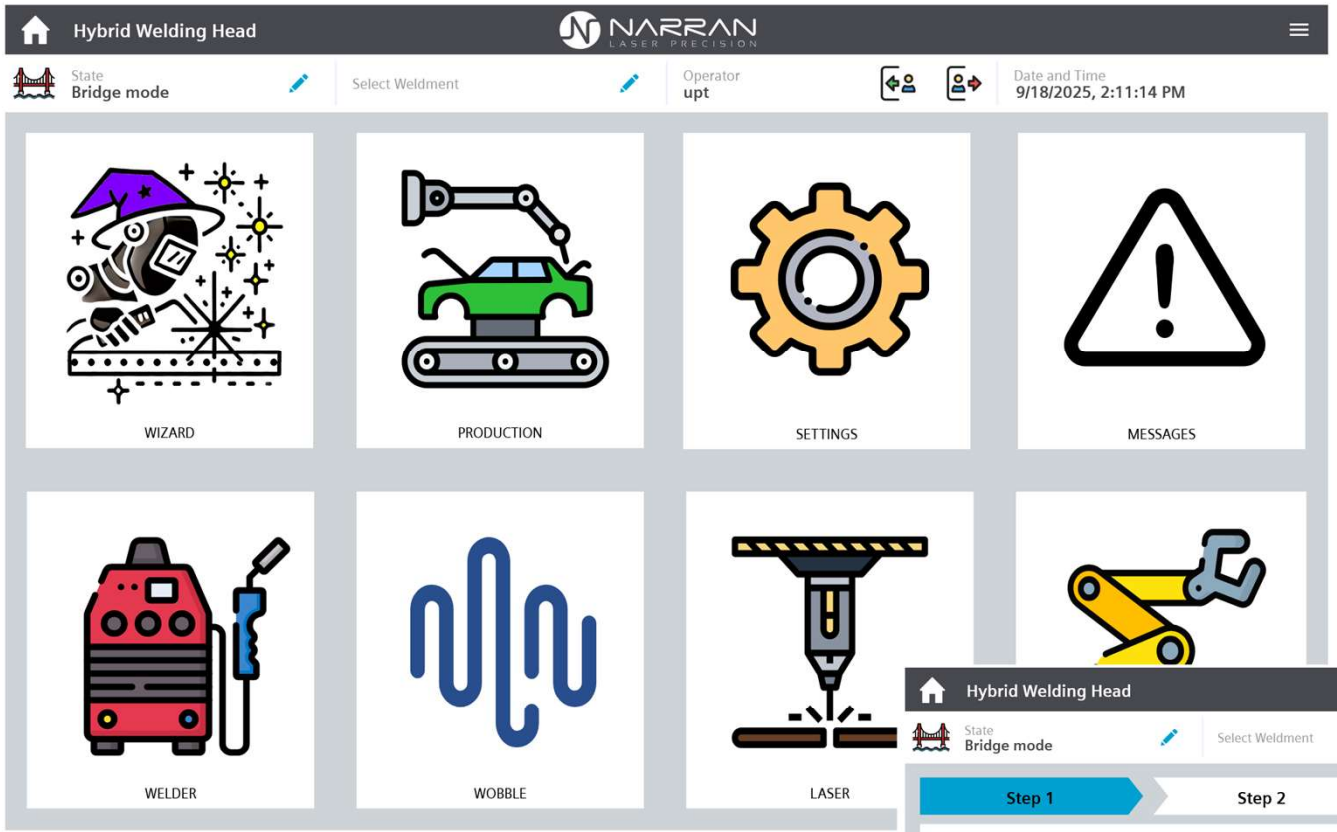
Souvislosti mezi parametry pro WoGaWe: řeší se pro HMI (obdoba synergických křivek)

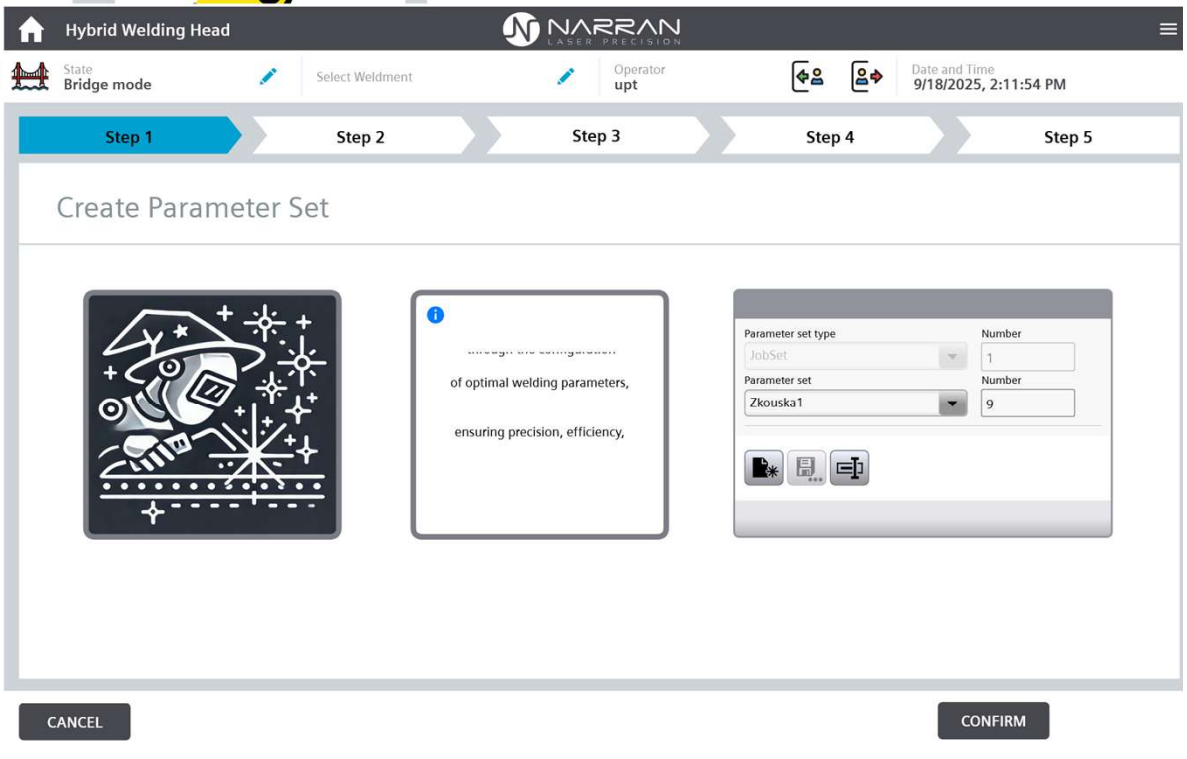


Uplatnění pro praxi: Modulární Hybridní hlava Laser-MIG = MohylaMIG!

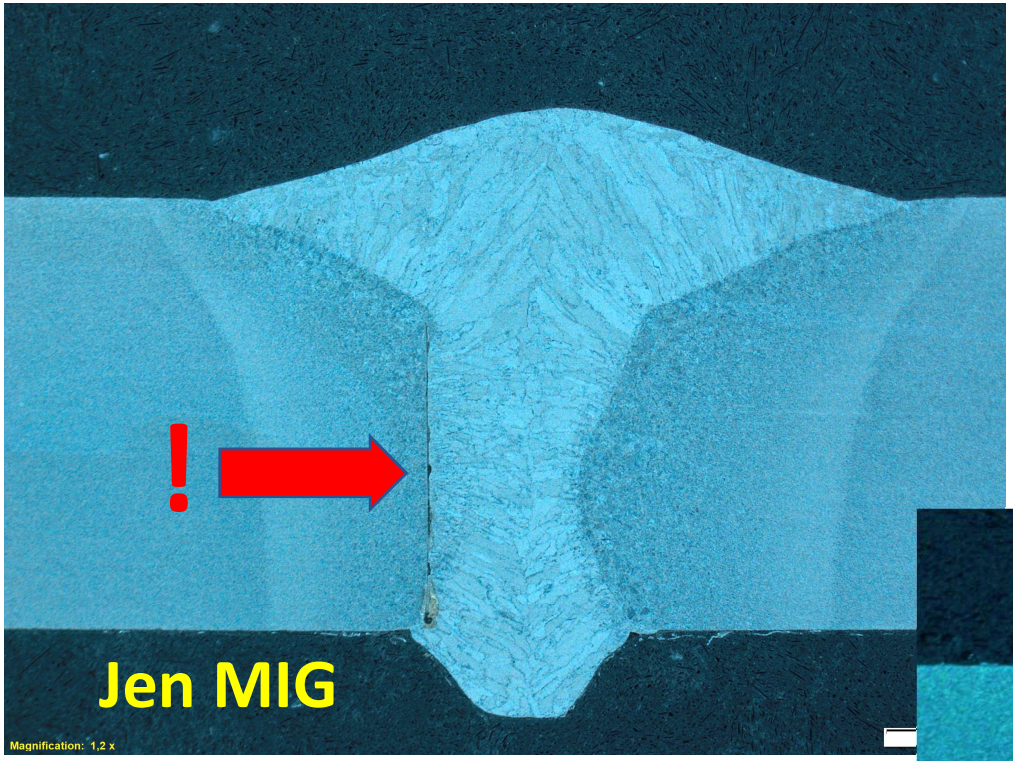


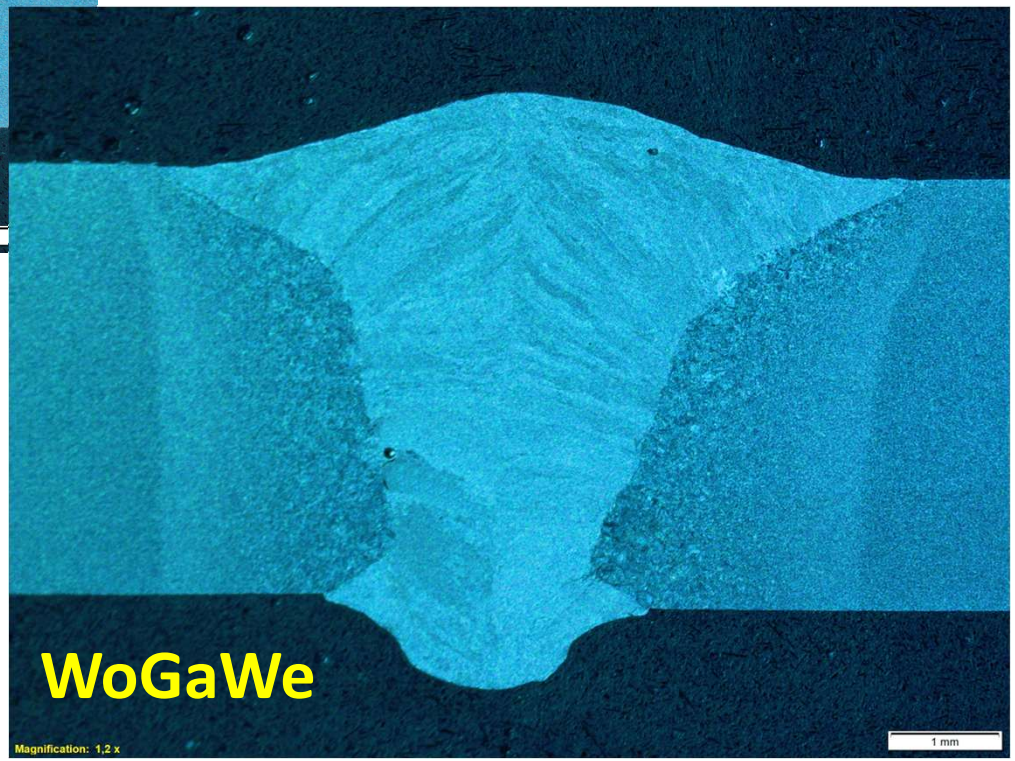
Systém HMI pro snazší ovládání svařovacího





Prověření, že WoGaWe opravdu funguje

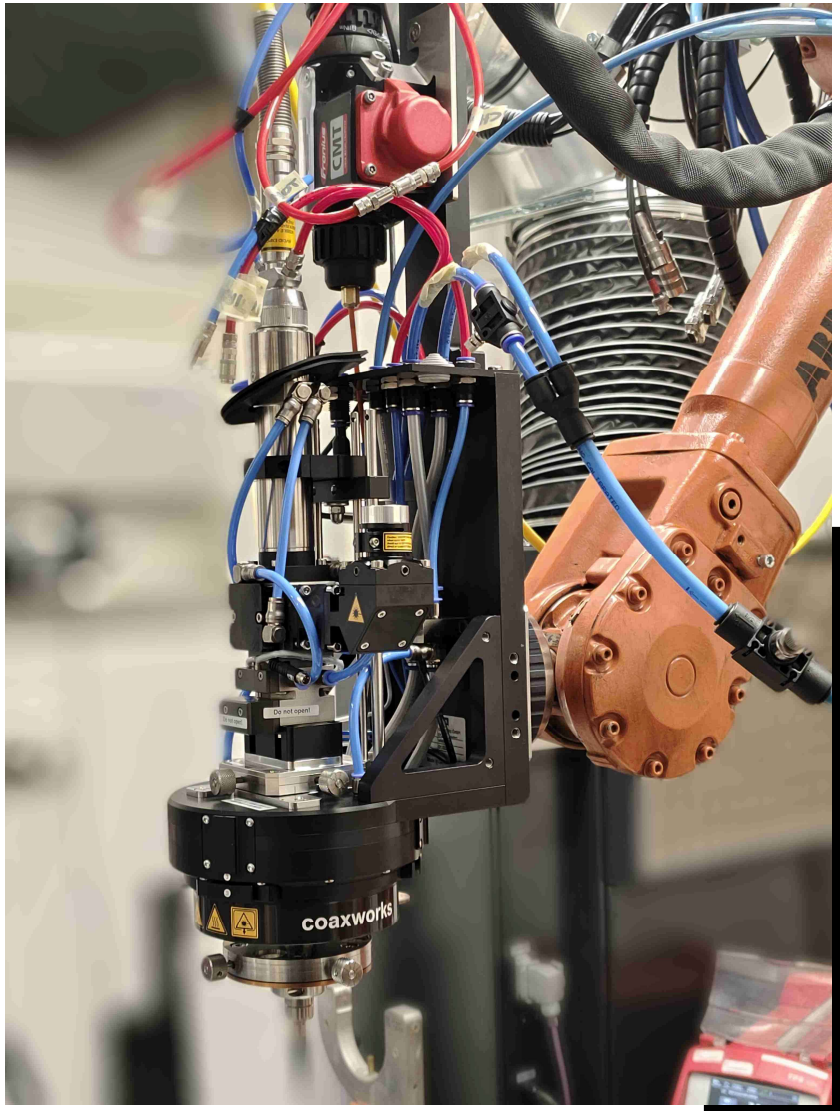




Závěry

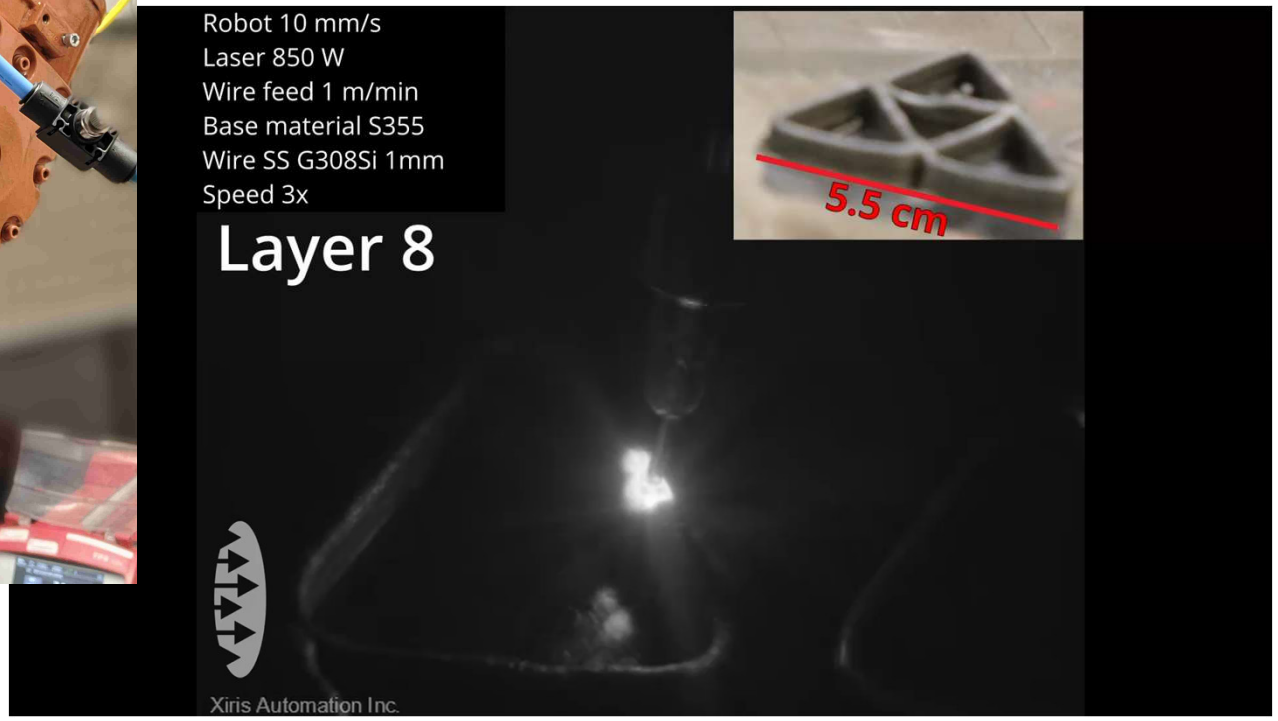
- Svařovací technologie nazvaná WoGaWe kombinuje zcela novým způsobem laserový svazek (s oscilací) s obloukovým svařováním tavící se elektrodou v ochranné atmosféře
- Poskytuje svary s dostatečným převýšením a dobře vyvinutým kořenem
- Svařovací rychlost je blízká rychlosti typické pro laserové svařování
- V představené aplikaci WoGaWe umožnila drasticky snížit svařovací čas a rozměry heterogenního svaru
- V představené aplikaci je pouze jeden svar a bez úkosu
- WoGaWe má potenciál nabídnout svary s definovanými vlastnostmi vlivem variace chemického složení přídavného materiálu a určitou variací vnášeného tepla
- Metoda je instrumentačně náročnější a má mnoho procesních parametrů
- Připravuje se komerčně dostupný svařovací systém s rozhraním HMI s integrovaným průvodcem zjednodušujícím nastavení parametrů
- Na metodu WoGaWe je udělen **patent CZ-310610**
- Po malé modifikaci lze tuto metodu použít pro **hybridní navařování** funkčních materiálů, kdy laser zajišťuje předehřev základního materiálu.

Další aktivity skupiny LT – 3D tisk WLAM a laserové navařování



Laserová hlava CoaxM

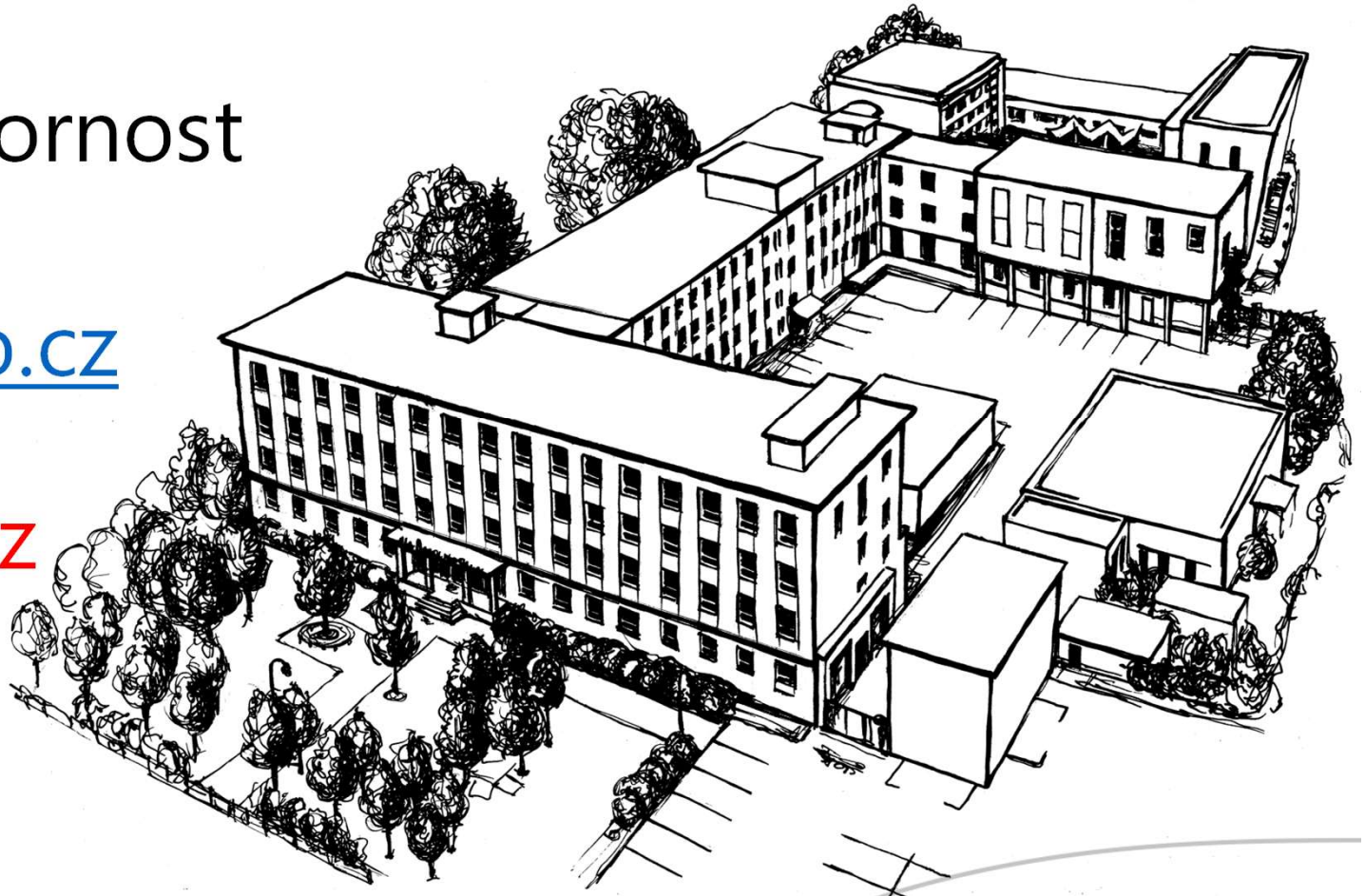
- Dráty D 1,0 a 1,2 mm
- 3D tisk metodou WLAM
- Laser clading



ÚSTAV PŘÍSTROJOVÉ TECHNIKY
Akademie věd České republiky

Děkuji za pozornost

Libor Mrňa
mrna@isibrno.cz
731 462 192
www.isibrno.cz

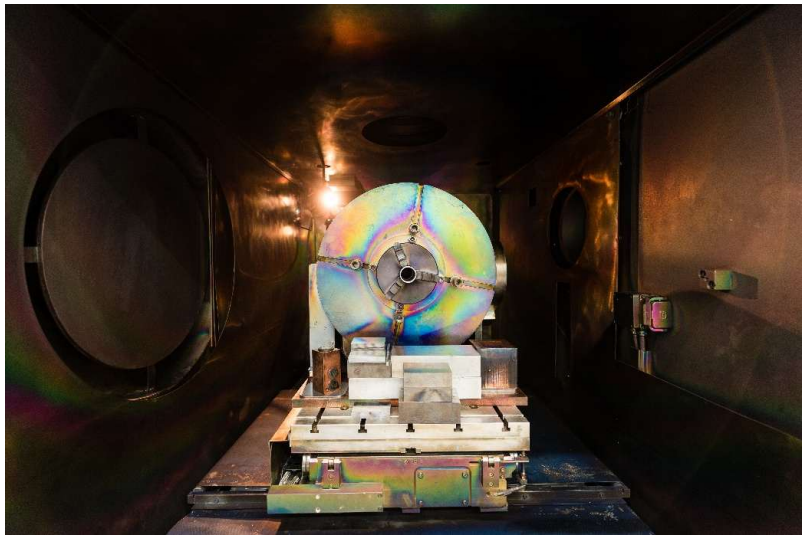


Svařování oběžného kola kompresoru z maraging oceli 17-4 PH pomocí elektronového svazku

Petr Havlík[1)], Jan Kouřil[1)], Pavel Sonnek[2)], Ivo Dlouhý[1)]

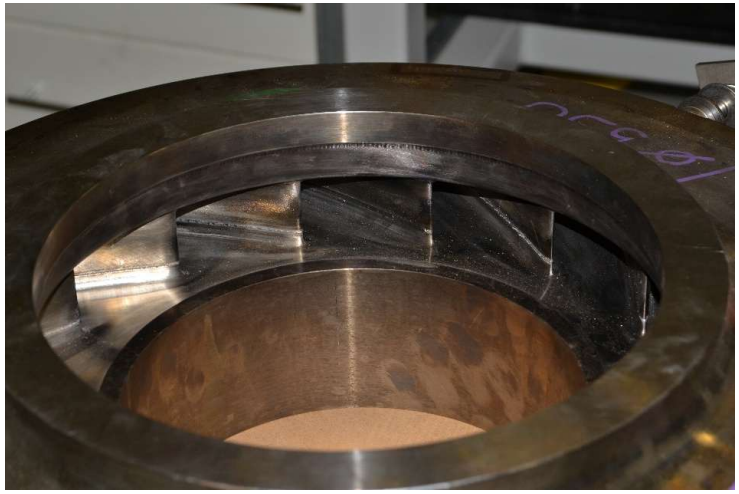
Vysoké učení technické v Brně
Fakulta strojního inženýrství
Ústav materiálových věd a inženýrství
Technická 2896/2, Brno 616 69
E-mail: Petr.Havlik1@vutbr.cz

Český svářečský ústav s.r.o.
Vratimovská 624/11
Ostrava – Kunčičky 718 00
E-mail: pavel.sonnek@csuostrava.eu



Úvod

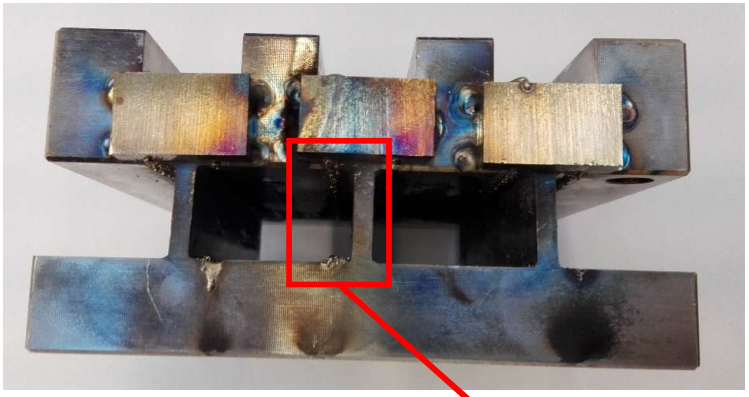
- Motivace
- Technologie svařování elektronovým svazkem (EB)
- Ocel 17-4 PH
- Optimalizace procesu
- Zhotovení oběžného kola
- Závěr

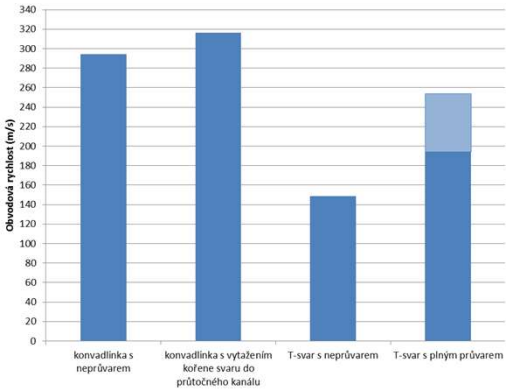


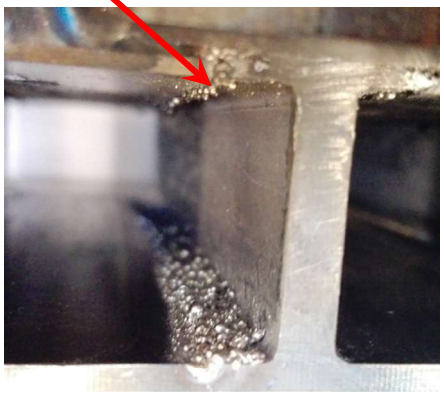
Motivace

Oběžné kolo kompresoru

- Dynamické namáhání
- Mechanické a korozní opotřebení
- **Efektivita komprese** – hmotnost vs. proudění média (tolerance, jakost)
- **Technologicky** a **cenově** náročné







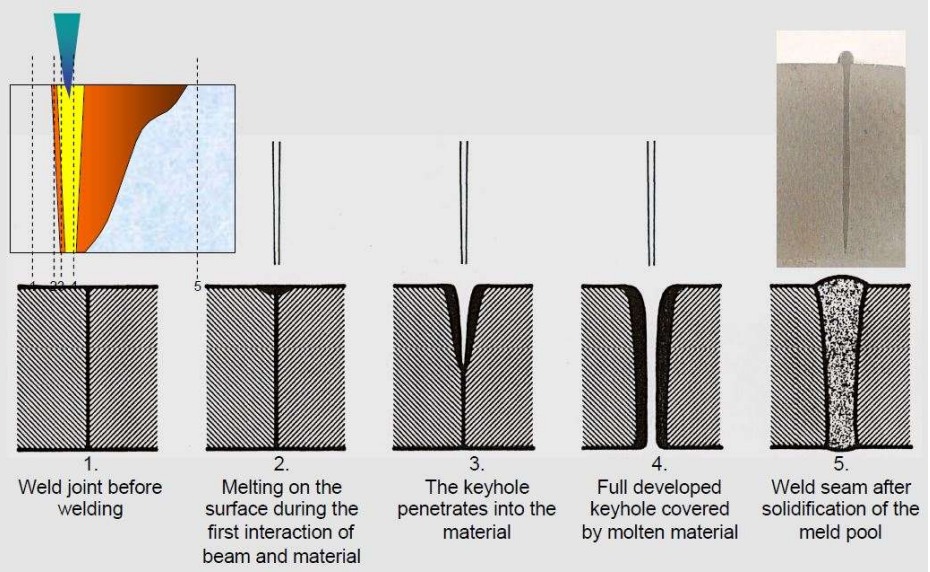
- Návrh technologie → optimalizace procesu → návrh metodiky NDT → zhotovení prototypového kusu (ČKD Howden Praha)

Technologie svařování EB

Svařování elektronovým svazkem

- Proud volných **e**$^{-}$ → **kinetická energie** (10^5 – 10^7 W/mm^2) → **ohřev** (10^5 K/s)
- Keyhole welding → úzké a hluboké svarové spoje

- **ProBeam K26 EBG 60-150**
- Vakuum (10^{-2} – 10^{-4} Pa)
- Modulace svazku

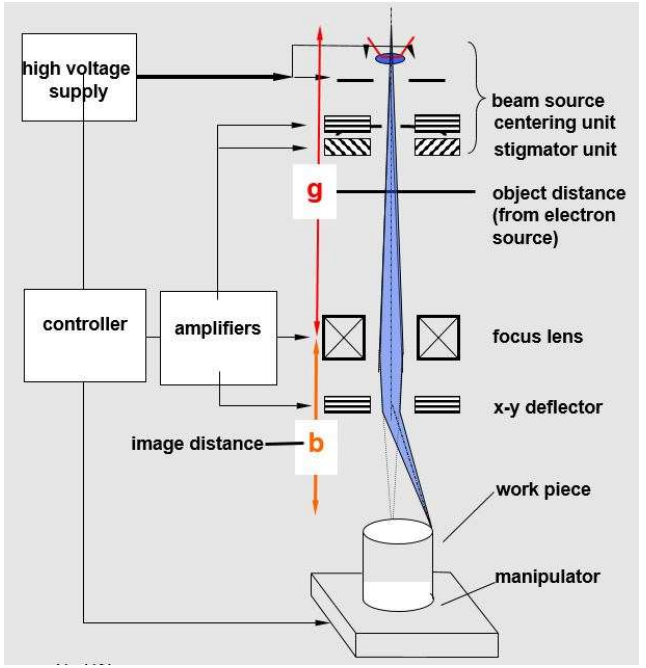


[1] Löwer, T., How to get an electron beam [pdf]. Seminar „EB-Professional. Burg, 2015.

Technologie svařování EB

Svařování elektronovým svazkem – procesní parametry

- Řídící systém: **Siemens Sinumerik 840d**
- Výkon svazku: **max. 15 kW**
- Urychlovací napětí: **60 – 150 kV**
- Proud svazku: **≤ 100 mA**
- Oscilační frekvence: **≤ 100 kHz**
- Rychlost posuvu: **≤ 167 mm/s**
- Pracovní prostor – osa X: **830 mm**
- Pracovní prostor – osa Y: **550 mm**
- Pracovní prostor – osa Z: **≤ 700 mm**
- Vakuum: **min. 2 x 10^{-3} mbar**
- Pracovní komora: **2,6 m^3**
- Čas evakuace: **12 minutes**



[1] Löwer, T., How to get an electron beam [pdf]. Seminar „EB-Professional. Burg, 2015.

Materiál oběžného kola

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ ústav materiálových věd a inženýrství

Ocel 17-4 PH

- X5CrNiCu16-4 (1.4542) – maraging ocel

C	Cr	Ni	Cu	Mn	Mo	Si	P	S	Nb
< 0,07	15 – 17	3 – 5	3 – 5	< 1,50	< 0,60	< 0,70	< 0,040	< 0,015	5xC – 0,45

- **TZ**: 1020 – 1080 °C/vzduch → (480 – 620)°C/ 1-4 h/vzduch → nízkouhlíkový martenzit + precipitáty

$R_{p0,2}$ [MPa]	R_m [MPa]	A [%]	$KV_{20°C}$ [MPa]
650 – 850	900 – 1100	10 – 22	40 – 70

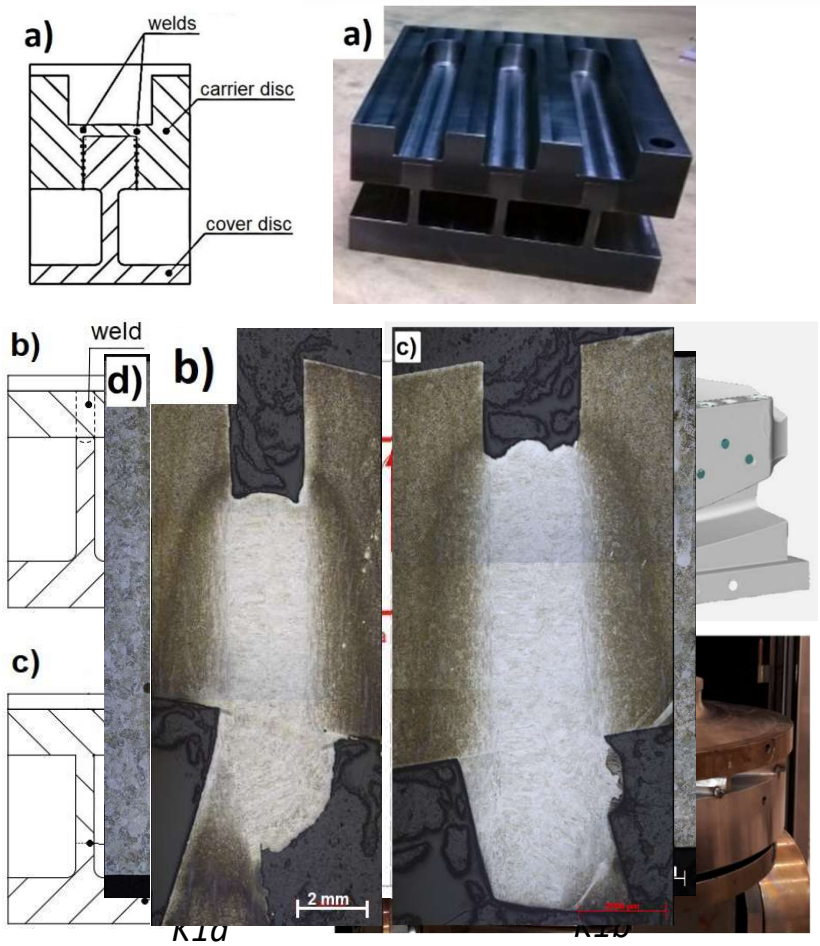
- Vysoká pevnost a výborná korozní odolnost
- Výtečná svařitelnost (svařování plamenem **X**) – doporučeno PWHT (↓ SCC)

Návrh technologie

Design oběžného kola

- Tři návrhy pro design krycího a nosného kotouče
- Vnitřní čistota, drsnost povrchu, tvarové a geometrické odchylky → ↓ **účinnost**

- „**Kovadlinka**“ – tupý svarový spoje (t = 17 mm)
- „**3D Model**“ – T-svar ($t_{krycí}$ = 9 mm; $w_{lopatky}$ = 4 mm)
- „**Funkční vzorek**“ – tupý svarový spoj (t = 5 mm)



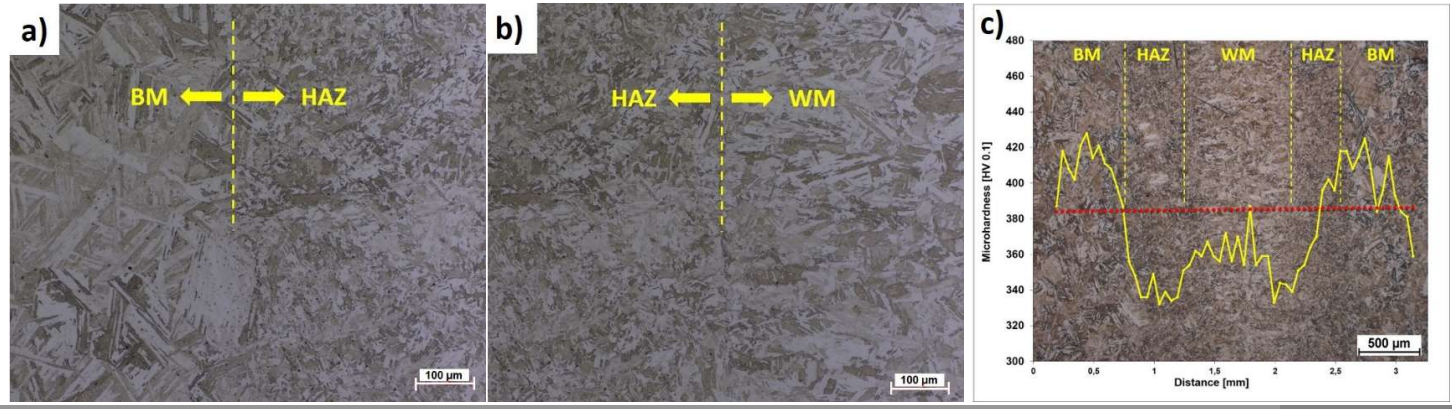
Materiál oběžného kola

Ocel 17-4 PH

- X5CrNiCu16-4 (1.4542) – mechanické vlastnosti

vzorek	E [GPa]	$R_{p0.2}$ [MPa]	R_m [MPa]	$R_m/R_{p0.2}$ [-]	A [%]	Z [%]	KV [J]
X5-BM	202 ± 4	847 ± 3	1020 ± 0	1.38	12.9 ± 0.3	67.8 ± 1.6	69 ± 12
X5-WM	190 ± 15	998 ± 78	1086 ± 24	1.09	12.2 ± 1.7	63.4 ± 2.9	131 ± 12

- **TZ**: rozpouštěcí žíhání (1040 °C) + umělé stárnutí (540 °C)



BM: 404 HV0.1

HAZ: 360 HV0.1

WM: 357 HV0.1

Zhotovení prototypového kusu

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ ústav materiálových věd a inženýrství

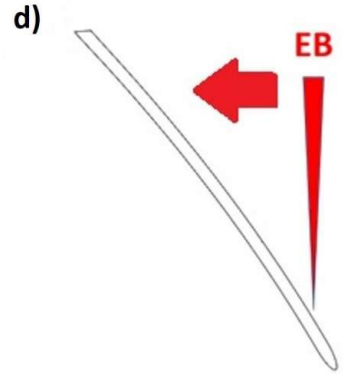
Svařování oběžného kola

- **Procesní parametry**: U_a = 120 kV; : v = 10 mm/s; f = 120 Hz; $Ø_{SPOT}$ = 0,6 x 0,6 mm; *SURF* = - 6 mA

- **S1**: lopatky č. 2; 4; 5; 7; 9; 11; 14 (certifikováno)
- **S2**: lopatky č. 1; 3; 6; 8; 10; 12; 13

- **Cosmetic pass**: *CP-*$Ø_{SPOT}$ = 0 x 2,80 mm; *SURF* = 30 mA; (certifikováno – **S2**)

- **Bodování**: poloha PC – metoda 142
- **Svařování**: poloha PA – metoda 511



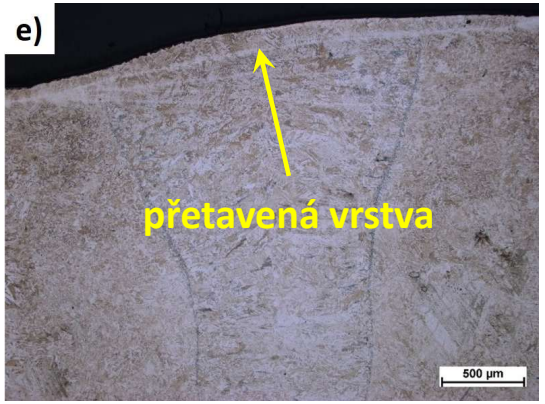
vše v [mA]	I_b	$I_{b\text{-}max.}$	CP-I_b	CP-$I_{b\text{-}max.}$	R-I_b	R-$I_{b\text{-}max.}$
S1	18.00	21.78	3.00	3.63	4.20	5.08
S2	22.50	27.23	2.70	3.27	3.60	4.36

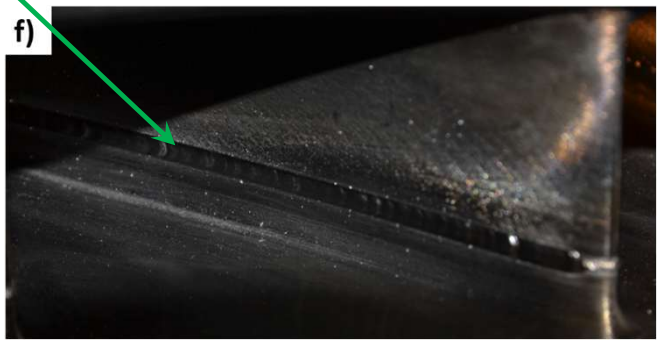
Materiál oběžného kola

Design oběžného kola

- cosmetic pass (hlava; kořen)

svary s CP





svary bez CP

vše v [mA]	I_b	$I_{b\text{-}max.}$	CP-I_b	CP-$I_{b\text{-}max.}$	R-I_b	R-$I_{b\text{-}max.}$
S1	18.00	21.78	3.00	3.63	4.20	5.08
S2	22.50	27.23	2.70	3.27	3.60	4.36

Kvalifikace procesu svařování

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ ústav materiálových věd a inženýrství

ČSN EN ISO 15614-11 – stupeň přesnosti B, síla plechu 10 mm, poloha PA

- **Nedestruktivní zkoušení**
  - **Vizuální kontrola** dle ČSN EN ISO 17637; stupeň jakosti B ČSN EN ISO 13919-1
  - **Penetrační zkouška** dle ČSN EN ISO 3452-1; stupeň jakosti B ČSN EN ISO 13919-1; stupeň přípustnosti ČSN EN ISO 23277 2X
  - **Kontrola prozářením** dle ČSN EN ISO 17636-1; stupeň jakosti 13913-1; stupeň přípustnosti ČSN EN ISO 10675-1
- **Destruktivní zkoušení**
  - **Zkouška tahem** dle ČSN EN ISO 6892-1 při 20 °C
  - **Zkouška ohybem** dle ČSN EN ISO 5173 – úhel ohybu 180°
  - **Zkouška rázem v ohybu** ČSN EN ISO 148-1 při 20 °C
  - **Makroskopický výbrus** dle ČSN EN ISO 17639
  - **Zkouška tvrdosti** dle ČSN EN ISO 9015-1

Kvalifikace procesu svařování

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ ústav materiálových věd a inženýrství

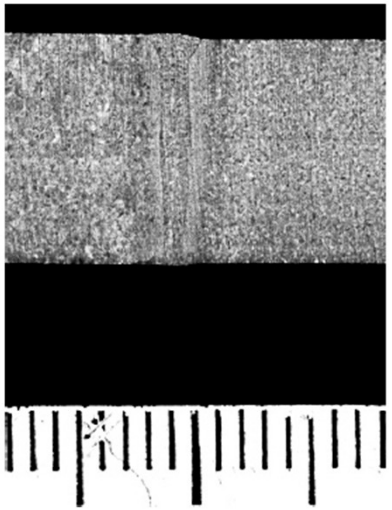
Nedestruktivní zkoušení

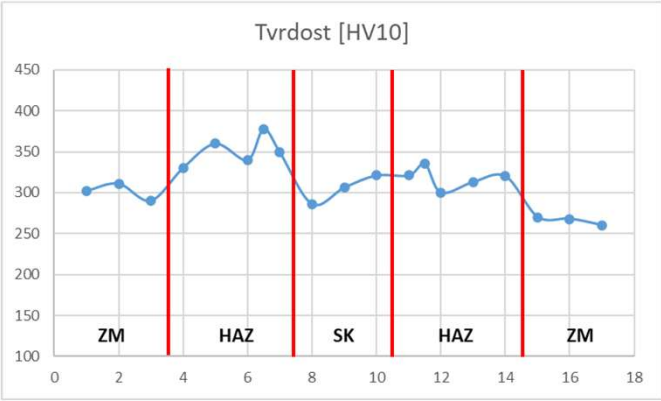
- oboustranný tupý svarový spoj (tenké lopatky přecházející do masivních stěn) – pracovní „okno“ 20 x 140 mm
- **VT** – zrcátko s osvětlením, boroskop, endoskop
- **MT** – neproveditelná, **PT** – doplňkové pomůcky
- **UT** – přímá vlna přes stěnu oběžného kola – srovnávací etalon
- **RTG** – zářič Se^{75}; ostrý úhel dopadu – zkreslení – 2 různé citlivosti filmu

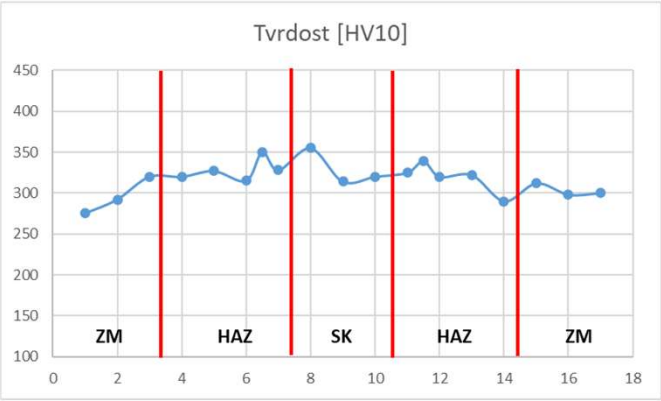
Kvalifikace procesu svařování

Destruktivní zkoušení

- **Zkouška tahem** → R_m = 1042 – 1045 MPa (mimo svar)
- **Zkouška ohybem** → bez vad (kořen/povrch)
- **Zkouška rázem v ohybu** → KV = 64,0 – **99,3** J
- **Makroskopický výbrus** dle ČSN EN ISO 17639
- **Zkouška tvrdosti** dle ČSN EN ISO 9015-1







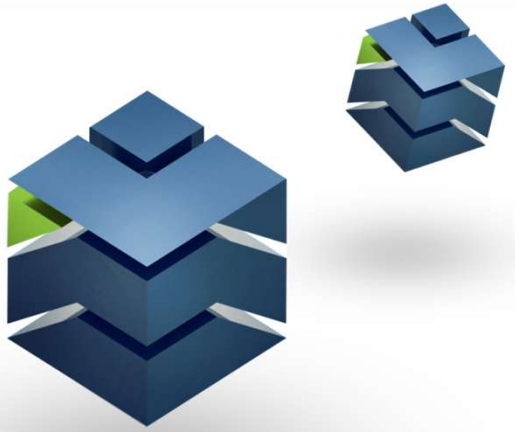
Závěr

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ ústav materiálových věd a inženýrství

Prototypové kolo z oceli 17-4PH zhotovený metodou 511

- **Ocel 17-4PH** → svařitelná pomocí **EBW** (metoda 511)
- Nebezpečí tvorby **spikingu** → podkladový materiál nebo modifikace kořene → nedostatečné výsledky
- **Eliminace spikingu** → design oběžného kola
- **Cosmetic pass** → CNC řízení – reprodukovatelnost; zlepšení kvality hlavy a kořene → účinnost
- **Certifikace** → přizpůsobení → průkazné zkoušky → **WPQR 11P-4218**

DĚKUJI VÁM ZA POZORNOST



Acknowledgment
This work has been supported by Ministry of Industry and Trade of the Czech Republic in the framework of the research project TRIO – FV10385 “The Advanced impeller manufacturing technology” and by European Regional Development Fund in the framework of the research project NETME Centre under Operational Program Research and Development for Innovation No. Cz.1.5/2.1.00/01.002 and within the project NETME Plus (LO1202) project of Ministry of Education, Youth and Sports, under the “national sustainability programme”.

Vysoké učení technické v Brně
Fakulta strojního inženýrství
Ústav materiálových věd a inženýrství
Technická 2896/2, Brno 616 69
E-mail: Petr.Havlik1@vutbr.cz

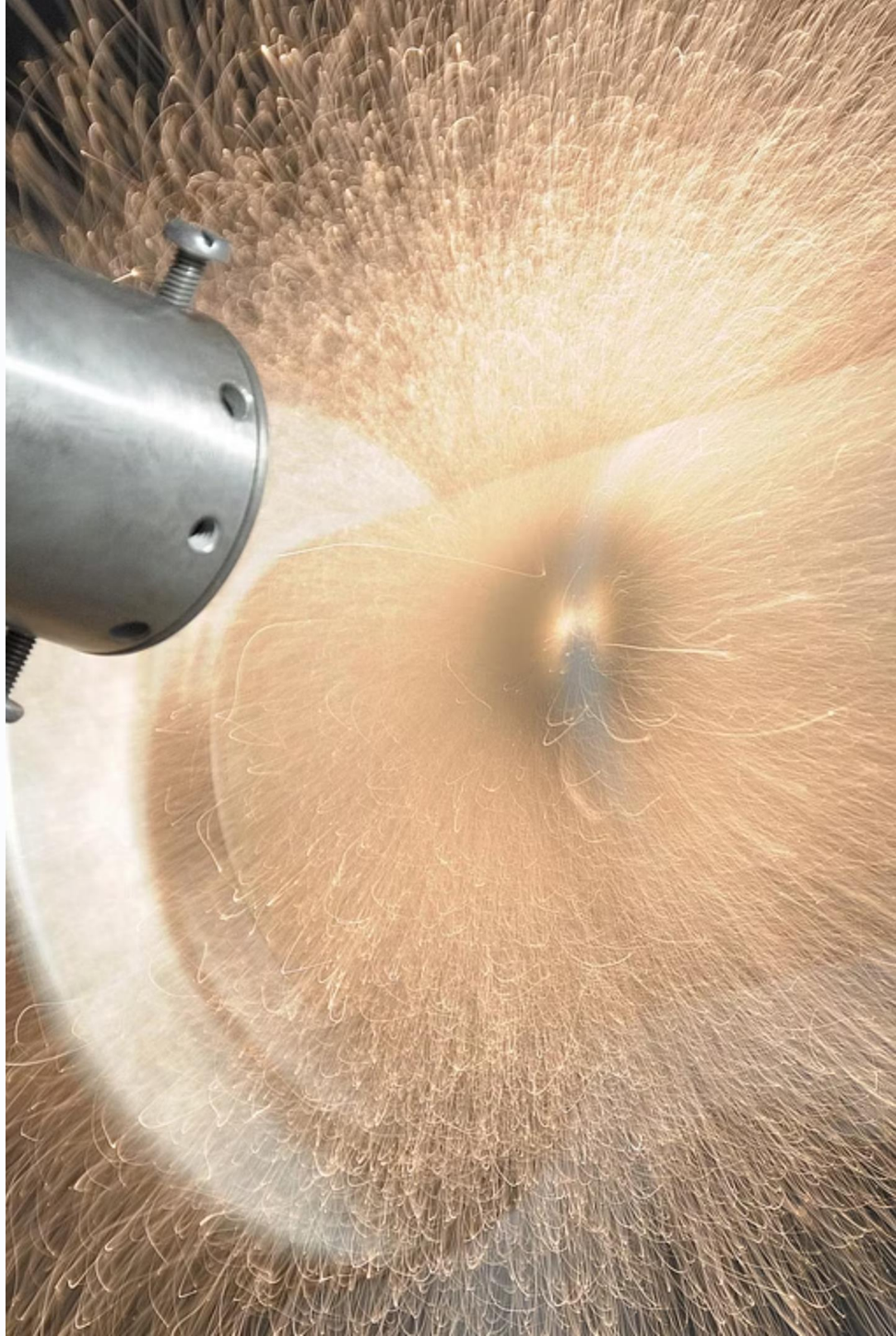
Český svářečský ústav s.r.o.
Vratimovská 624/11
Ostrava – Kunčičky 718 00
E-mail: pavel.sonnek@csuostrava.eu

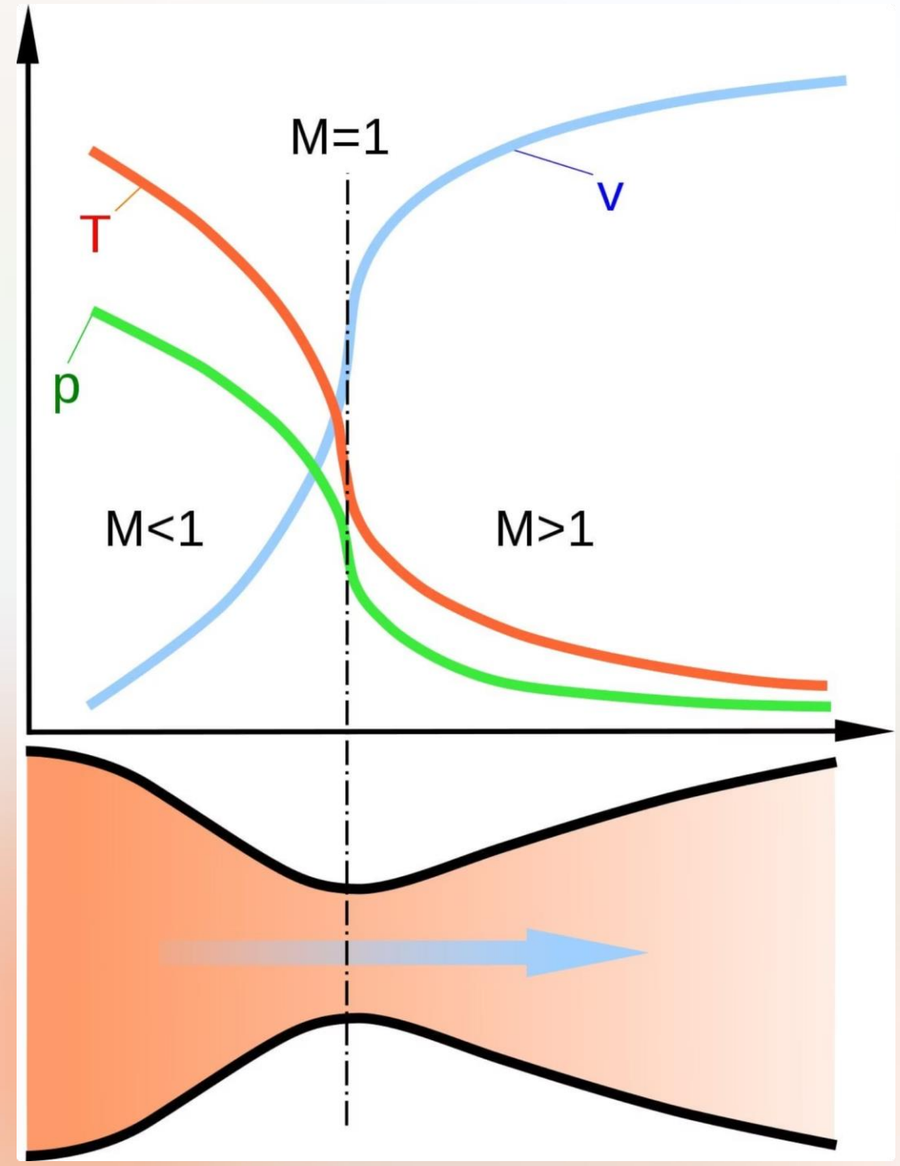
Pokročilé strukturální opravy v energetice pomocí technologie Cold Gas Dynamic Spray

KOTLE, TEPELNÁ A JADERNÁ ENERGETIKA 2026

BRNO, 9.–10. BŘEZNA 2026

Ing. Lukáš Řehořek, Ph.D.





Fyzikální podstata Cold Spray — Solid-State proces

Princip bez tavení

Technologie CGDS urychluje kovový prášek (5–100 µm) na nadzvukové rychlosti **300–1200 m/s (Mach 1–3)** pomocí ohřátého nosného plynu v de Lavalově dýze. Pracovní tlak dosahuje až 60 barů, plyn je předehříván na 300–1100 °C — nikoli k tavení, ale ke zvýšení rychlosti zvuku v médiu.

Nosné plyny

- **Dusík** — standardní aplikace, nižší náklady
- **Helium** — niklové superslitiny (IN718, IN738), titanové slitiny — překonává fyzikální limity rychlosti

De Lavalova dýza

V konvergentní části plyn zrychluje na rychlost zvuku v krčku. V divergentní části masivní expanze zvyšuje rychlost do nadzvukových hodnot a strhává práškové částice.

Klíčové procesní parametry technologie Cold Spray

Tlak plynu: 1–60 bar

Vyšší tlak urychluje částice, zlepšuje adhezi a hustotu vrstvy. Je zásadní pro dosažení kritické rychlosti.

Teplota plynu: 100–1100 °C

Zvyšuje plasticitu částic a jejich kinetickou energii, což zlepšuje kohezi. Bez tavení materiálu.

Rychlost částic: 300–1200 m/s

Rozhodující pro plastickou deformaci a metalurgické spojení. Musí překročit kritickou rychlost pro daný materiál.

Velikost prášku: 5–100 µm

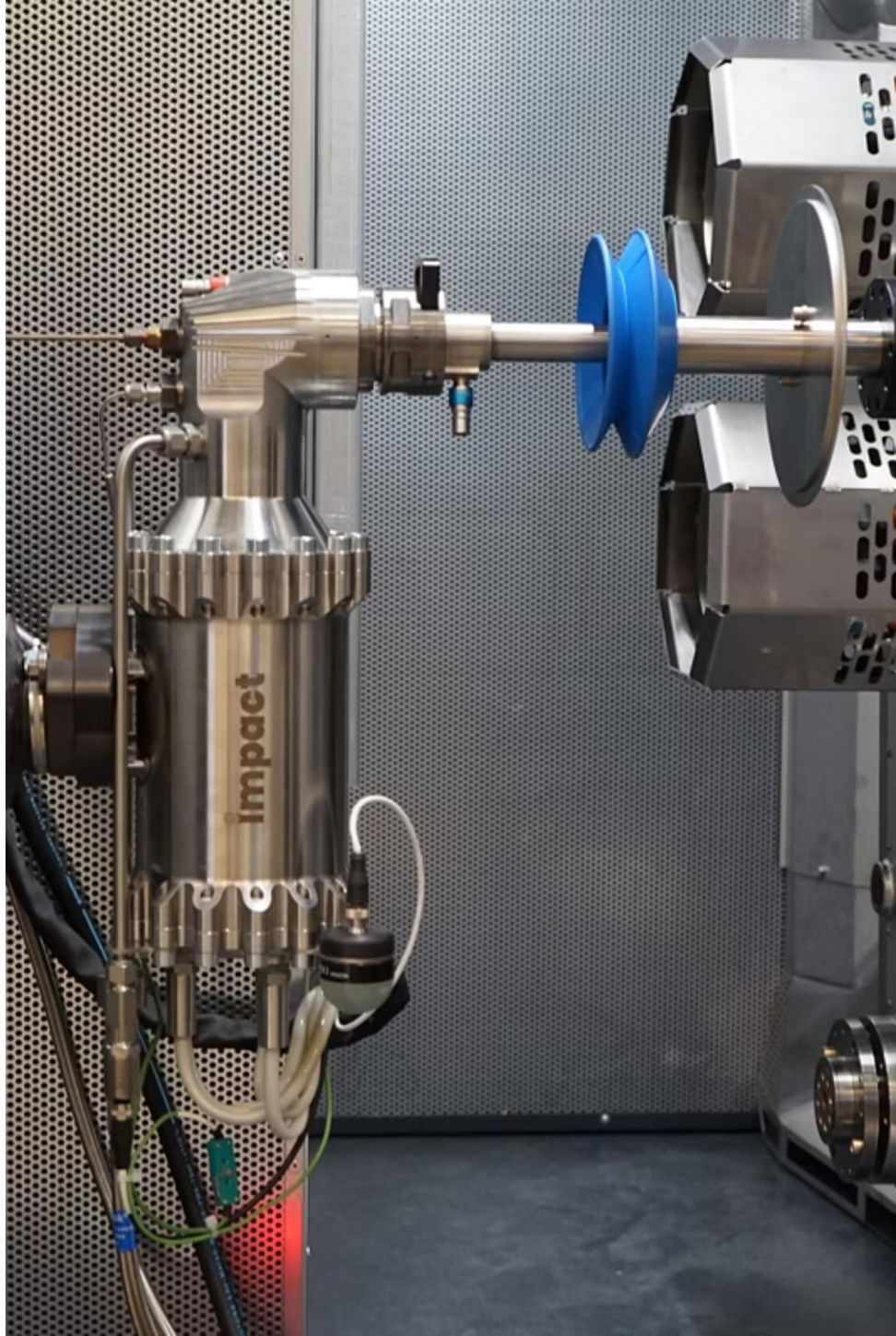
Menší částice vedou k hustším a hladším vrstvám. Větší částice jsou méně efektivní pro jemné struktury.

Vzdálenost trysky: 10–50 mm

Optimalizace pro správné zrychlení a zaostření proudu. Ovlivňuje energii dopadu a kvalitu depozice.

Depoziční účinnost: 20–100 %

Míra, s jakou se prášek usadí na povrchu. Je syntetickým ukazatelem optimalizace všech parametrů.



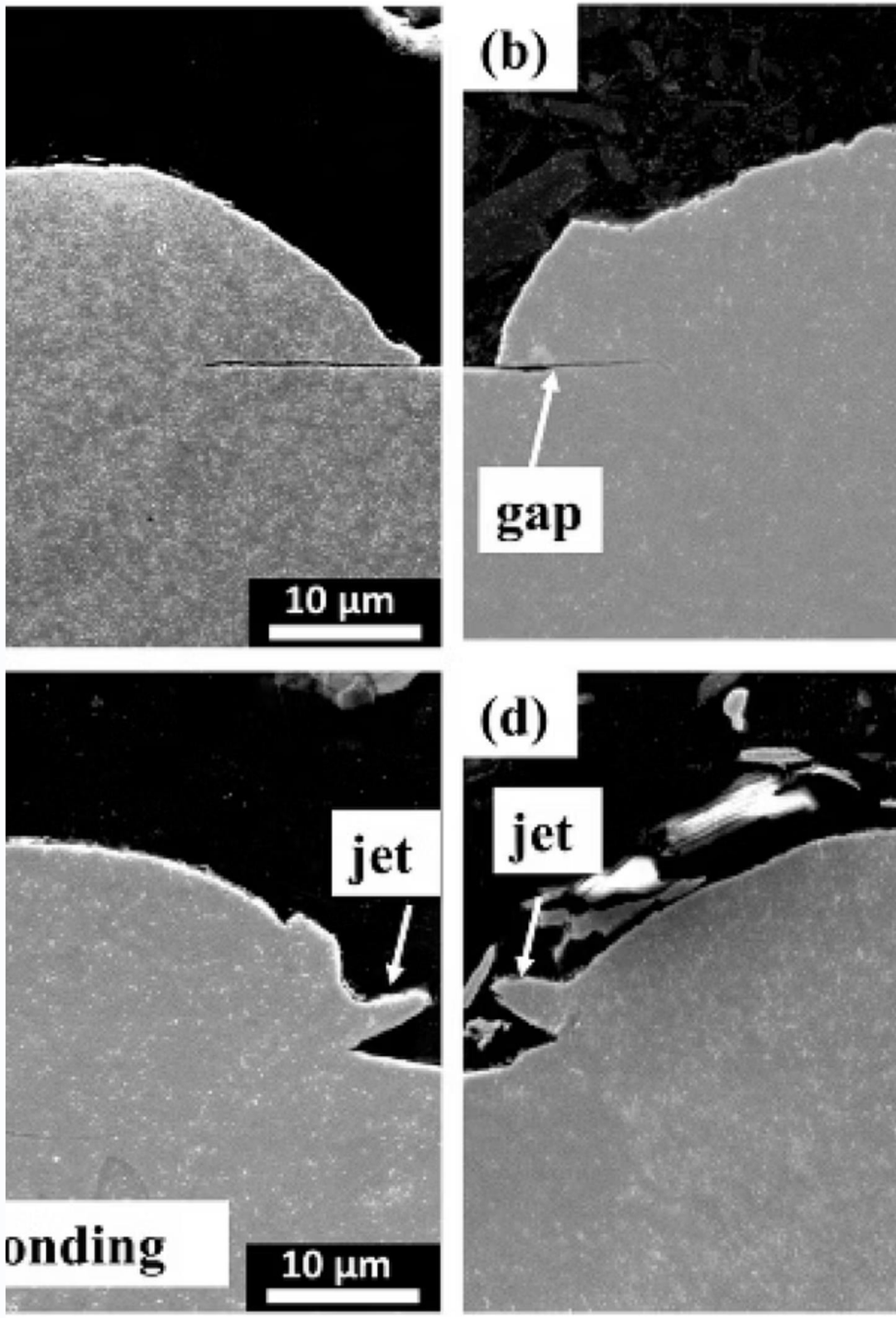
Formování metalurgické vazby — Adiabatická smyková nestabilita

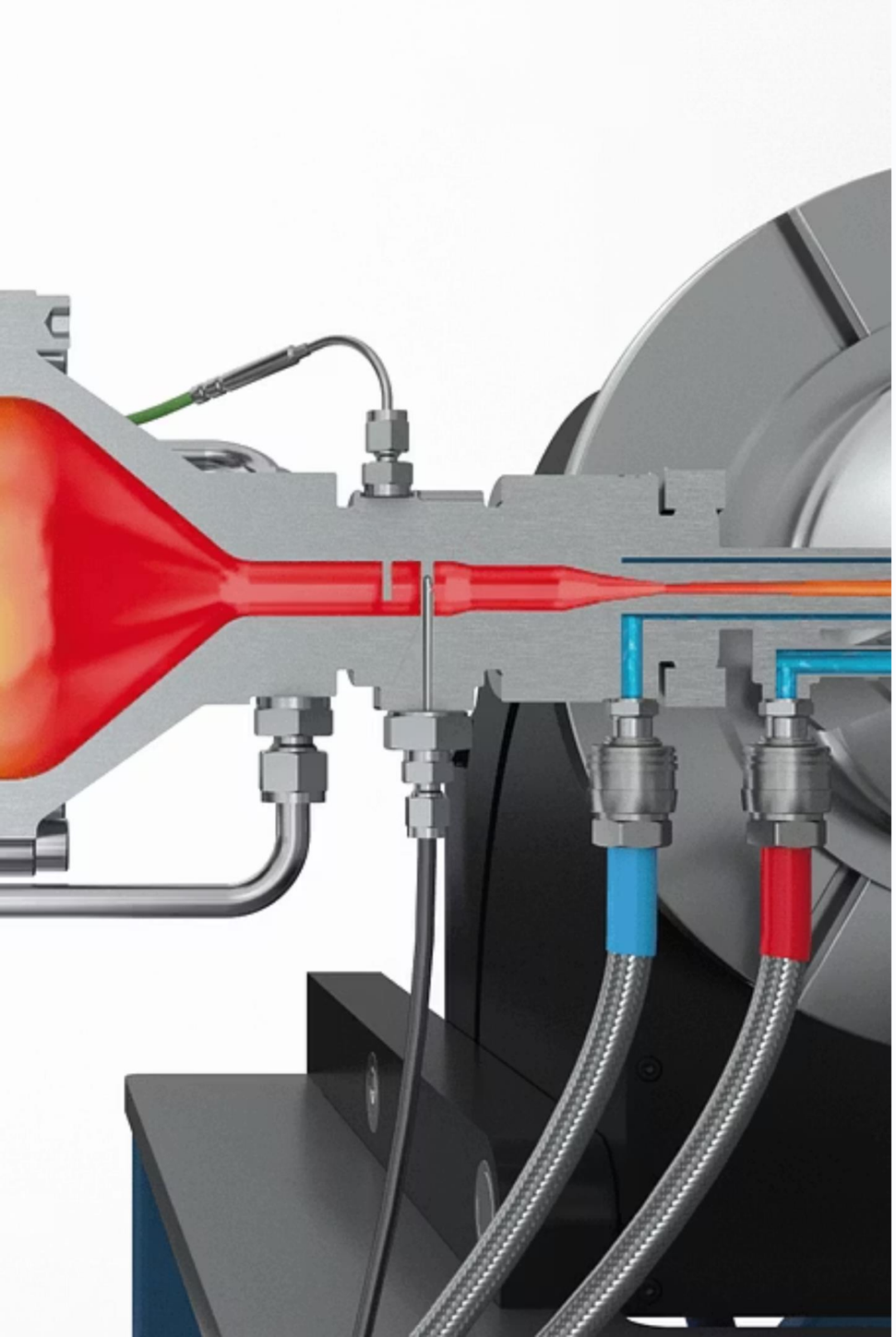
Mechanismus nárazu

Kinetická energie se při dopadu v řádu **nanosekund** transformuje na deformační práci a teplo. Lokální teplotní anomálie způsobuje masivní plastický tok materiálu na rozhraní částice a substrátu — **adiabatická smyková nestabilita**.

Vznik dokonalé vazby

Extrémní tangenciální tok materiálu fragmentuje a vytlačuje křehké povrchové **oxidové vrstvy** do periferních oblastí. Obnažený čistý kov na obou površích se přiblíží na vzdálenost interatomárních vazeb — vzniká plná metalurgická vazba za studena, analogická **explozivnímu svařování**.





Mechanické výhody oproti konvenčnímu svařování

Nulová TOZ

Absolutní absence tepelně ovlivněné zóny. Substrát nemění fázové složení ani mechanické vlastnosti.

Tlaková zbytková napětí

Kontinuální vtlačování vrstev indukuje **tlaková zbytková napětí** — efektivně inhibují iniciaci a šíření únavových trhlin a brání SCC.

Žádná oxidace

Zachování primární fáze prášku. Žádné křehké intermetalické fáze, žádná tepelná distorze opravovaných struktur.

Neomezená tloušťka

Geometrická obnova bez rozměrového omezení tloušťky vrstvy — na rozdíl od tavných procesů limitovaných pnutím.

Materiály pro technologii Cold Spray v energetice

Výběr vhodného kovového prášku je klíčový pro dosažení požadovaných vlastností a funkce opravované či povlakované součásti. Cold Spray umožňuje depozici široké škály kovů a slitin:

Měď

Vynikající elektrická a tepelná vodivost, ideální pro opravy elektrických kontaktů a výměníků tepla v generátorech a transformátorech.

Hliník

Lehký a odolný proti korozi, často používaný pro opravy komponent v leteckém průmyslu a v prostředí s mořskou vodou, včetně částí turbín.

Titan a Ti-6Al-4V

Vysoká pevnost, nízká hustota a vynikající odolnost vůči korozi. Klíčové pro letecké konstrukce a komponenty odolné proti vysokým teplotám v energetice.

Inconel 625/718

Slitiny niklu s vysokou odolností vůči korozi, oxidaci a teplotám až do 980 °C. Nezbytné pro turbínové lopatky a součásti jaderných reaktorů.

Kobaltové slitiny CoNiCrAlY

Používány jako pojivové vrstvy pro tepelné bariérové povlaky (TBC), chránící komponenty v extrémních teplotách v plynových turbínách.

Nerezová ocel 316L

Vysoká odolnost proti korozi a dobré mechanické vlastnosti, široce používaná v chemickém a potravinářském průmyslu, ale i v energetice pro potrubí a nádoby.

Wolframové karbidy WC-Co

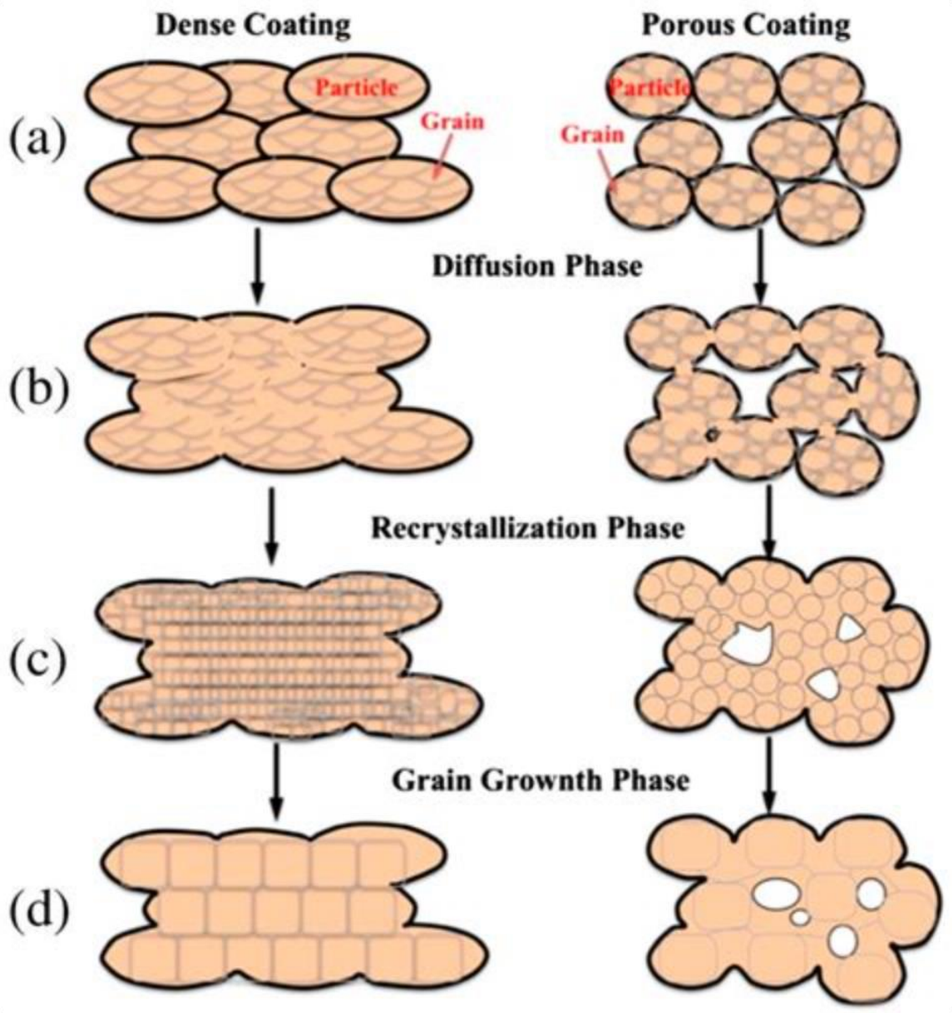
Extrémně vysoká tvrdost a odolnost proti opotřebení, ideální pro aplikace vyžadující ochranu proti abrazivní erozi v uhelných elektrárnách nebo hydroelektrárnách.

Srovnání Cold Spray s konkurenčními technologiemi

Technologie Cold Spray (CGDS) nabízí v energetice jedinečné výhody, zejména při opravách komponent citlivých na teplo. Následující tabulka porovnává klíčové vlastnosti CGDS s dalšími běžnými metodami povrchových úprav.

Metoda	Teplota procesu	HAZ	Porozita	Oxidace	Mobilita	Náklady	Vhodnost pro ENERGETIKU
Cold Spray (CGDS)	Nízká (<500 °C)	Žádná	Nízká	Minimální	Vysoká	Střední/Vysoké	Vynikající (bez tavení)
HVOF	Střední (částečné tavení)	Malá	Nízká	Nízká/Střední	Střední	Střední	Dobrá (ochrana proti opotřebení)
Plasma Spray	Velmi vysoká (>10 000 °C)	Významná	Střední/Vysoká	Významná	Nízká	Vysoké	Dobrá (TBC, keramika)
Elektrochemické pokovování	Nízká	Žádná	Nízká	Žádná	Nízká	Nízké	Omezená (jen el. vodivé materiály)
Laserové navařování (LMD)	Velmi vysoká (tavení)	Významná	Velmi nízká	Nízká (inertní atmosféra)	Střední	Vysoké	Dobrá (přesnost, malé díly)

Jak tabulka ukazuje, Cold Spray se vyjímá schopností provádět opravy bez tepelného ovlivnění, což je klíčové pro zachování integrity vysoce namáhaných komponent v energetickém průmyslu.



Cold Spray v letectví a obraně

Technologie Cold Spray je nezbytná pro opravy kritických leteckých a obranných komponent, což vede k prodloužení životnosti dílů a značným finančním úsporám ve srovnání s výměnou za nové.

Hořčíkové převodovky

Opravy skříní vrtulníků (např. AH-64 Apache, CH-47 Chinook) bez tepelného ovlivnění, zásadní pro zachování strukturální integrity.

Hliníkové konstrukce

Sanace hliníkových trupů a křídel letadel, klíčové pro udržení provozuschopnosti flotily a minimalizaci nákladů.

Titanové komponenty motorů

Obnova opotřebených nebo poškozených titanových dílů leteckých motorů, prodlužující životnost těchto vysoce namáhaných součástí.

USAF, US Army RDECOM a společnosti jako Boeing či Lockheed Martin aktivně využívají Cold Spray k úspoře miliard, jelikož se vyhýbají nutnosti kompletní výměny drahých komponent.

Cold Spray v ropném a plynárenském průmyslu

Technologie Cold Spray je transformační řešení pro ropný a plynárenský průmysl, nabízející kritické opravy a ochranu infrastruktury v extrémních podmínkách. Umožňuje prodloužit životnost drahých aktiv a výrazně snížit provozní náklady.

Klíčové aplikace a výhody

Cold Spray se uplatňuje při opravách široké škály kritických komponent:

- **Potrubí a ventily:** Obnova erodovaných nebo korodovaných stěn a sedel.
- **Čerpadla a kompresory:** Opravy opotřebených povrchů, ložiskových ploch.
- **Offshore platformy:** Sanace konstrukcí vystavených drsnému mořskému prostředí.
- **Antikorozní ochrana:** Depozice povlaků z hliníku a zinku pro vynikající odolnost proti mořské korozi.

Klíčovou výhodou je možnost provádět opravy bez nutnosti odstavení provozu, což minimalizuje prostoje a maximalizuje produkci. Společnosti jako Shell, BP a Petrobras již aktivně zkoumají a implementují Cold Spray pro udržení integrity své infrastruktury.

Ekonomický a provozní dopad

Rozsah potrubní infrastruktury je enormní a s ním i potenciál úspor:

~8K km

Délka plynovodů ČR

Rozsáhlá síť vyžadující neustálou údržbu a ochranu proti degradaci.

~215K km

Délka plynovodů EU

Obrovský rozsah, kde prevence korozního poškození přináší miliardové úspory.

~2.5 bilionu €

Roční náklady na korozi v EU

Ztráty způsobené korozí představují značné finanční břemeno napříč všemi průmysly.

Cold Spray nabízí trvalé řešení, které snižuje četnost drahých výměn a prodlužuje životnost zařízení v náročném prostředí ropného a plynárenského průmyslu.

Robotizace a automatizace Cold Spray

Integrace technologie Cold Spray s průmyslovými roboty a pokročilými systémy je klíčová pro dosažení maximální přesnosti, efektivity a reprodukovatelnosti oprav a povlakování. Otevírá nové možnosti pro in-situ aplikace a inteligentní řízení procesů.

Průmyslová integrace

Integrace s předními průmyslovými roboty (KUKA, ABB, Fanuc) a CNC systémy pro plně automatizované operace.

Komplexní geometrie

Využití 6osých robotických ramen umožňuje přístup a precizní ošetření i těch nejsložitějších geometrií dílů.

In-situ opravy

Možnost provádět opravy přímo na místě v těžko přístupných lokalitách, což snižuje prostoje a demontáž.

Digitální dvojče procesu

Vytvoření digitálního dvojčete pro simulaci, optimalizaci a predikci výsledků procesu Cold Spray.

Online monitoring kvality

Real-time sledování kvality povlaku pomocí pokročilých senzorů (akustická emise, termovize).

AI optimalizace

Budoucnost přináší AI-řízenou optimalizaci parametrů pro adaptivní a vysoce efektivní depozici.

Certifikace a Normy pro Cold Spray v Energetice

Technologie Cold Spray vyžadují přísné normy a certifikace pro zajištění spolehlivosti a bezpečnosti v kritických průmyslových odvětvích, zejména v energetice. Je nutné dodržovat mezinárodní standardy.

Relevantní technické normy

MIL-STD-3021 (w/Change 2)

Hlavní vojenský standard USA pro Cold Spray: "Materials Deposition, Cold Spray" — procesní kontroly pro manuální i automatizované operace Cold Spray.

MIL-DTL-32495A

Specifikace prášků pro Cold Spray (Al, Ti, Cu a další materiály) pro účely oprav, povlakování a výroby near-net tvarů.

SAE AMS7057

„Cold Spray Additive Manufacturing (CSAM) Process“ — procesní kontroly pro opakovanou implementaci CSAM pro výrobu kovových komponent.

IAEA požadavky

Specifické směrnice pro jaderné aplikace a bezpečnost.

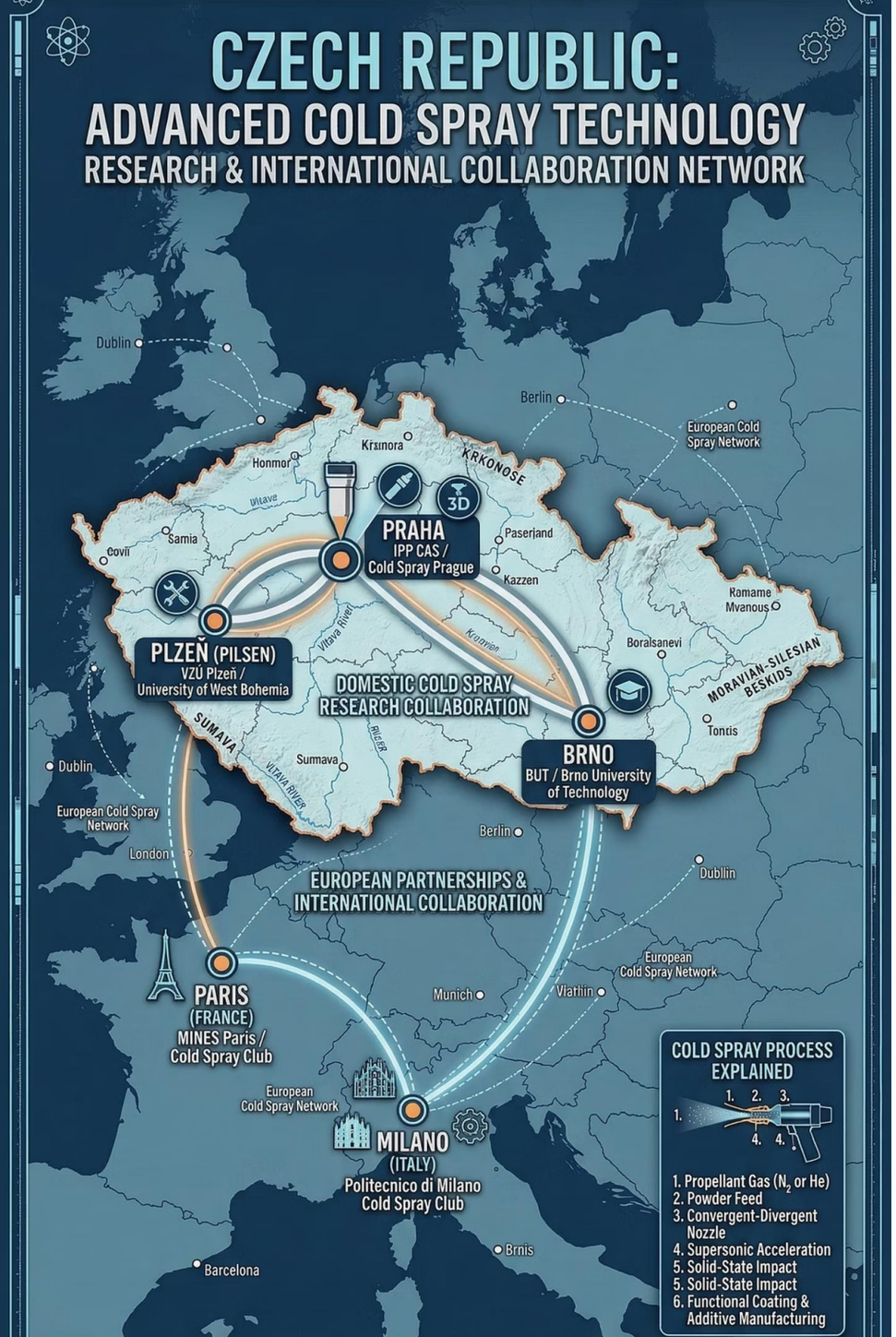
EN ISO 14919 / EN ISO 17836

Evropské normy pro tepelné nástřiky (feedstock materiály a terminologie), aplikovatelné i na Cold Spray jako podkategorie.

Výzvy certifikace

Zajištění souladu a bezpečnosti technologie Cold Spray představuje několik klíčových výzev:

- **Nedestruktivní zkoušení (NDT):** Vývoj a validace metod pro kontrolu integrity a adheze povlaků bez poškození.
- **Akceptační kritéria:** Stanovení přesných a robustních kritérií pro hodnocení kvality a výkonu aplikovaných vrstev.
- **Kvalifikace operátorů:** Zajištění vysoké odbornosti a certifikace personálu provádějícího aplikaci Cold Spray.
- **Údržba a servis:** Kontinuální ověřování kvality a funkčnosti v průběhu životnosti komponent.



Český výzkumný ekosystém Cold Spray — VUT Brno v čele

ČR patří mezi evropské lídry výzkumu Cold Spray, přičemž VUT Brno hraje klíčovou roli.

VUT Brno – Klíčový hráč ve výzkumu Cold Spray

ÚMVI

Výzkum mikrostruktury povlaků, mechanických vlastností a detailní charakterizace.

Ústav strojírenské technologie

Optimalizace obráběcích paramterů a kvaity výroby.

Spolupráce s průmyslem

Aktivní partnerství s klíčovými hráči jako ČEZ, Doosan Škoda Power a Sigma Group.

Inovační projekty

Účast na národních a mezinárodních projektech, včetně TAČR, OP PIK a Horizon Europe.

Špičkové vybavení

Využití HPCS systému Impact Innovations, SEM/TEM mikroskopie a XRD analýzy.

Další česká pracoviště

VZÚ Plzeň s.r.o.

Zaměření na průmyslové opravy, certifikace a energetické aplikace Cold Spray.

ÚFM AV ČR Brno

Základní výzkum materiálů a jejich chování v extrémních podmínkách.

Mezinárodní spolupráce VUT

VUT Brno udržuje silné mezinárodní vazby, včetně spolupráce s předními institucemi jako je Helmholtz-Zentrum Hereon (Německo) a Université de Technologie de Belfort-Montbéliard (Francie).

Cold Spray jako aditivní výrobní technologie

Technologie Cold Spray se vyvíjí nad rámec oprav a nabízí unikátní schopnosti v aditivní výrobě kovových komponent, které tradiční metody nedokážou obsáhnout.

Tisk kovových dílů

Vrstvení kovových prášků umožňuje vytvářet komplexní geometrie a velkoobjemové díly bez tepelně ovlivněné zóny.

Hybridní AM

Integrace Cold Spray s obráběním (Cold Spray + CNC) pro výrobu finálních dílů s vysokou přesností a povrchovou úpravou.

Bimetalické a FGM struktury

Unikátní možnost vytvářet materiály s plynulým přechodem vlastností (Functionally Graded Materials), optimalizované pro specifické aplikace.

Elektrody pro energetiku

Výroba vysoce efektivních elektrod pro palivové články a elektrolyzéry pro produkci zeleného vodíku, klíčové pro dekarbonizaci.

Na rozdíl od SLM/DMLS, které spoléhají na tavení materiálu, je Cold Spray nízkoteplotní proces. To zachovává mikrostrukturu prášku a zabraňuje oxidaci, což umožňuje zpracování širšího spektra kovů a slitin.

Návrh případové studie: Oprava lopatky parní turbíny

Cold Spray představuje efektivní řešení pro sanaci kriticky namáhaných komponent v energetice, jako jsou lopatky parních turbín. Tato technologie umožňuje obnovu poškozených dílů a prodlužuje jejich životnost bez nutnosti kompletní výměny.

Problém: Eroze náběžné hrany

Lopatky parních turbín vyrobené z 12Cr oceli jsou vystaveny erozi na náběžné hraně, často s hloubkou poškození 2–4 mm. To vede ke snížení účinnosti turbíny a riziku selhání komponenty.

Řešení: HPCS aplikace

Pro opravu bylo zvoleno vysokotlaké Cold Spray (HPCS) s použitím prášku Stellite 6 nebo IN625. Tyto materiály jsou vybrány pro svou vysokou odolnost proti erozi a dobrou adhezi k substrátu z 12Cr oceli.

1. Příprava povrchu

Povrch poškozené lopatky je důkladně připraven pískováním pro optimální adhezi povlaku.

2. Depozice Cold Spray

HPCS aplikace nanáší vrstvu vybraného materiálu (Stellite 6/IN625) přesně na poškozenou oblast, čímž obnovuje ztracenou geometrii.

3. CNC dokončení

Po depozici je lopatka mechanicky dokončena pomocí CNC obrábění pro dosažení přesné geometrie a povrchové úpravy.

4. NDT kontrola

Opravená oblast prochází nedestruktivní kontrolou (ultrazvuk, penetrační zkouška) k ověření integrity a kvality povlaku.

Výsledek: Obnovená funkčnost a úspory

Úspěšně byla obnovena původní geometrie lopatky s výslednou tvrdostí povlaku 450 HV. Tato oprava přinesla značné finanční úspory ve srovnání s výměnou celé lopatky a minimalizovala prostoje turbíny.

Výzvy a limitace technologie Cold Spray

Depoziční účinnost

Omezená depoziční účinnost u některých tvrdých materiálů (např. WC-Co), která zvyšuje náklady a prodlužuje dobu zpracování.

Náklady na helium

Vysoké provozní náklady spojené s používáním helia jako nosného plynu pro dosažení vysokých rychlostí částic, zejména u velkých aplikací.

Standardizace

Nedostatečná globální standardizace a certifikace procesů a materiálů.

Zpracování keramik

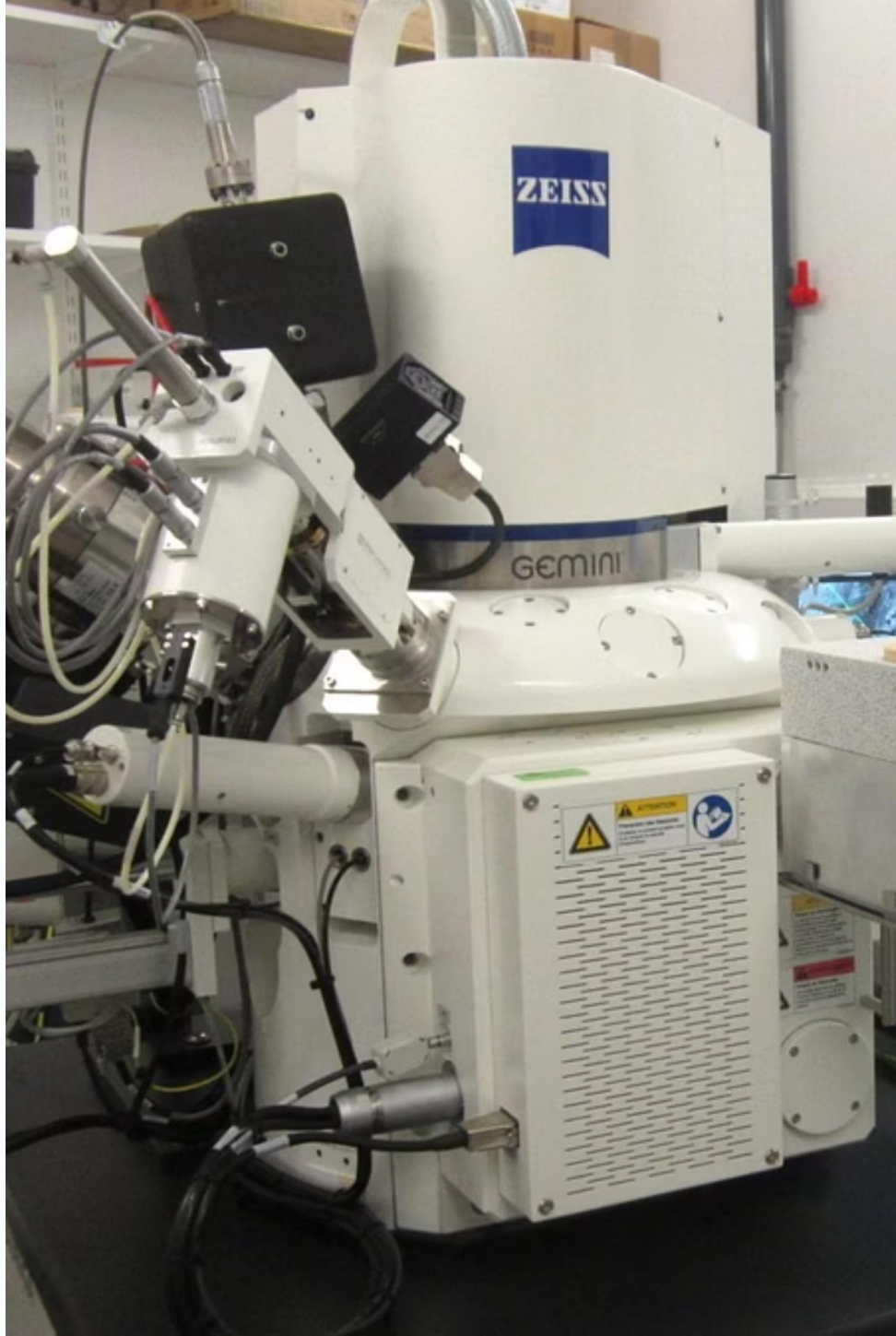
Obtížné zpracování čistých keramik kvůli jejich křehkosti a vysoké tvrdosti, což limituje aplikace v některých oborech.

Vnitřní povrchy

Výzvy při opravách a nanášení povlaků na složité vnitřní povrchy (např. potrubí) kvůli omezenému přístupu a viditelnosti.

Post-processing

Často nezbytný post-processing (např. tepelné zpracování) pro zlepšení duktility a mechanických vlastností deponovaných vrstev.



Výzkumné priority do roku 2030

Vývoj nových materiálů

Rozšíření portfolia zpracovatelných materiálů (keramiky, polymery, kompozity) a optimalizace jejich vlastností pro specifické aplikace.

Snížení nákladů

Výzkum alternativních procesních plynů (dusík, vzduch) nebo účinnějších systémů pro recyklaci helia.

In-situ monitoring

Vývoj pokročilých monitorovacích a kontrolních systémů v reálném čase pro zajištění konzistentní kvality povlaku a automatizace procesů.

Automatizace a robotika

Integrace technologie Cold Spray s robotikou a umělou inteligencí pro zvýšení přesnosti, efektivity a produkční kapacity.

Standardizace a certifikace

Úsilí o vytvoření robustních mezinárodních standardů a certifikačních rámců pro zajištění spolehlivosti a důvěry v technologii.

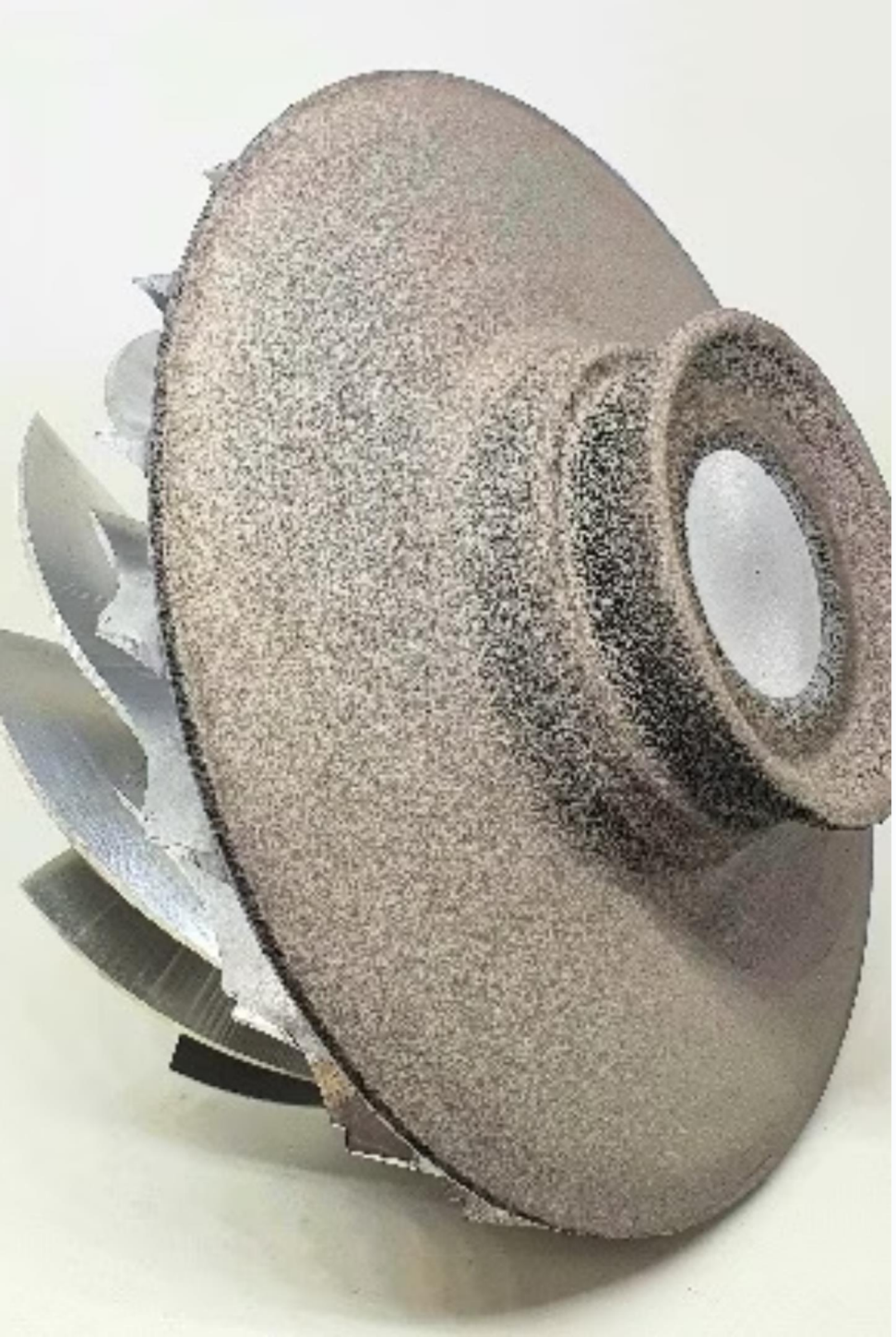
Nukleární aplikace — Pečetění trhlin SCC

Korozní praskání pod napětím (SCC)

Synergické působení tahových pnutí ze svařování, radiace a chemicky aktivního prostředí reaktorové vody způsobuje katastrofální rozvoj mikrotrhlin v primárních okruzích LWR reaktorů.

Bariéra IN625 na SS304

Depozice CGDS nevyvolává tahová zbytková napětí — naopak obohacuje povrch o **kompresní stav pnutí**. Aplikace slitin **Inconel 625** na nerezovou ocel SS304 spolehlivě zapečetí mikrotrhliny a eliminuje podmínky pro šíření SCC. Projekt **CSPEL 2** (VZÚ Plzeň, ÚJV Řež, ČEZ) validuje tuto technologii pro prodloužení životnosti jaderných bloků.



Aplikovaný výzkum (typicky financovaný granty TAČR)

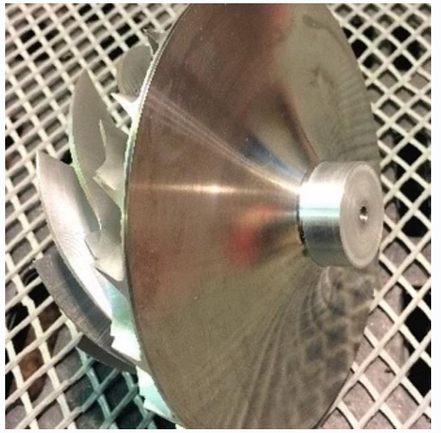
Program Národního centra kompetencí:

Vývoj kompresorového kola se zvýšenou odolností (aplikace Cold Spray)

Substrát

Slitina hliníku (Al alloy)

Povlak



Program Národního centra kompetencí — Oprava lopatek turbíny

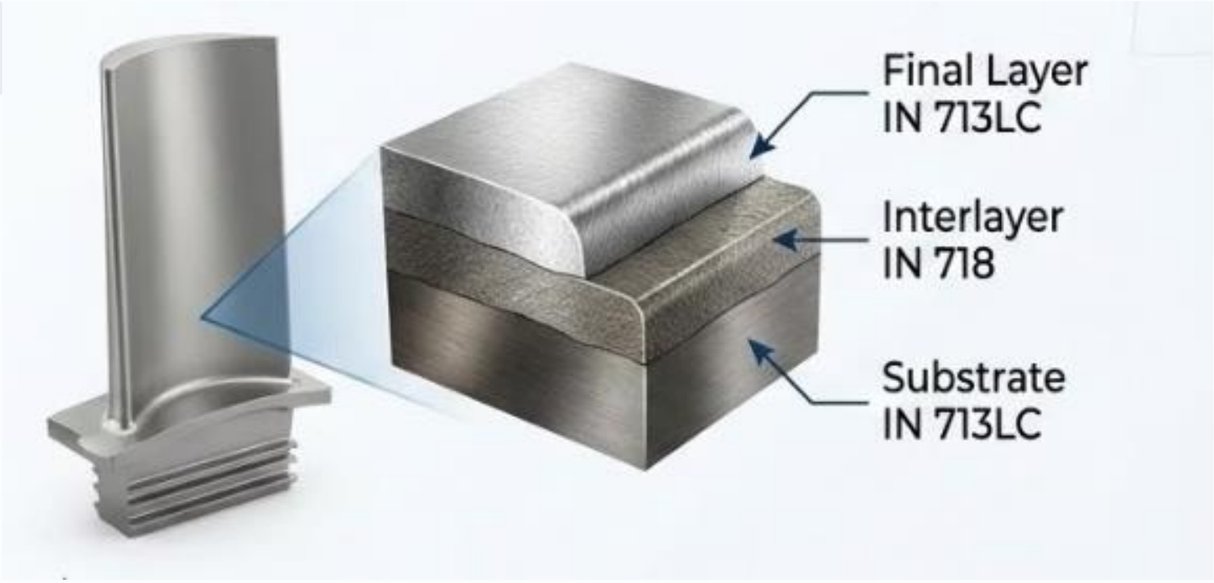
Aplikace Cold Spray pro opravu opotřebených lopatek turbíny včetně simulace FOD (poškození cizím tělesem).

Substrát
IN 713LC

Mezivrstva
IN 718

Finální vrstva
IN 713LC

- **Hlavní myšlenka:** Oprava turbínových kol přímo v provozu
  = úspora nákladů a ekologicky šetrný postup



Výsledky multimaterialové opravy — Vlastnosti povlaku

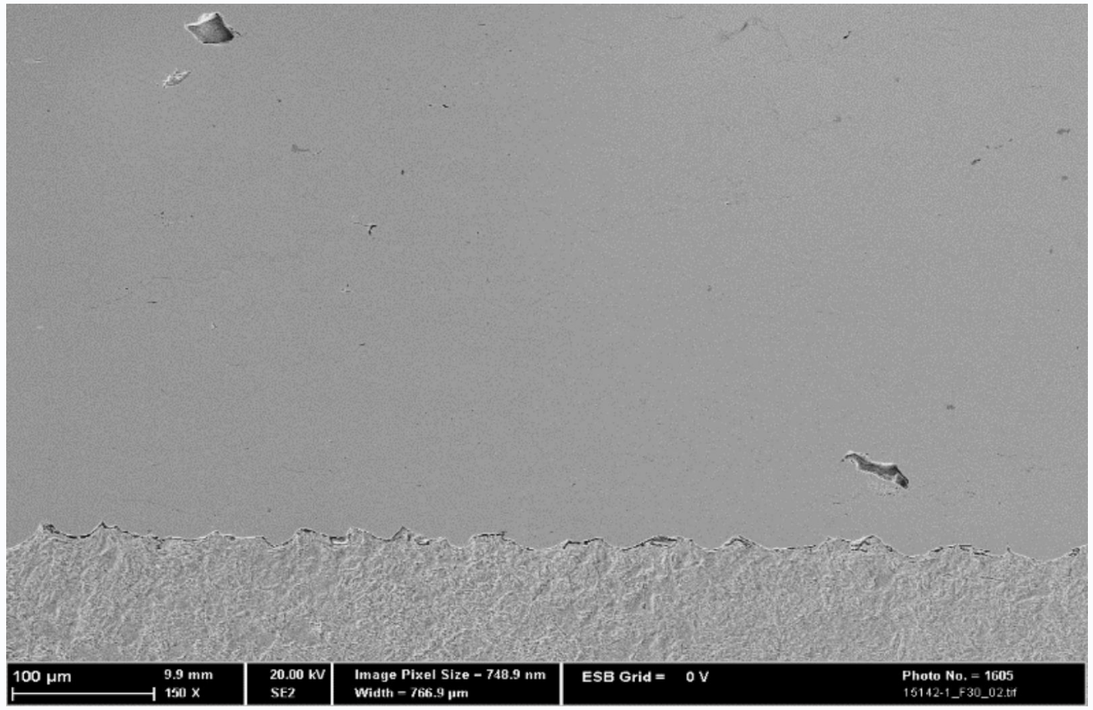
Multimaterialová oprava s materiály se sníženou plasticitou dosahuje vynikajících mechanických vlastností.

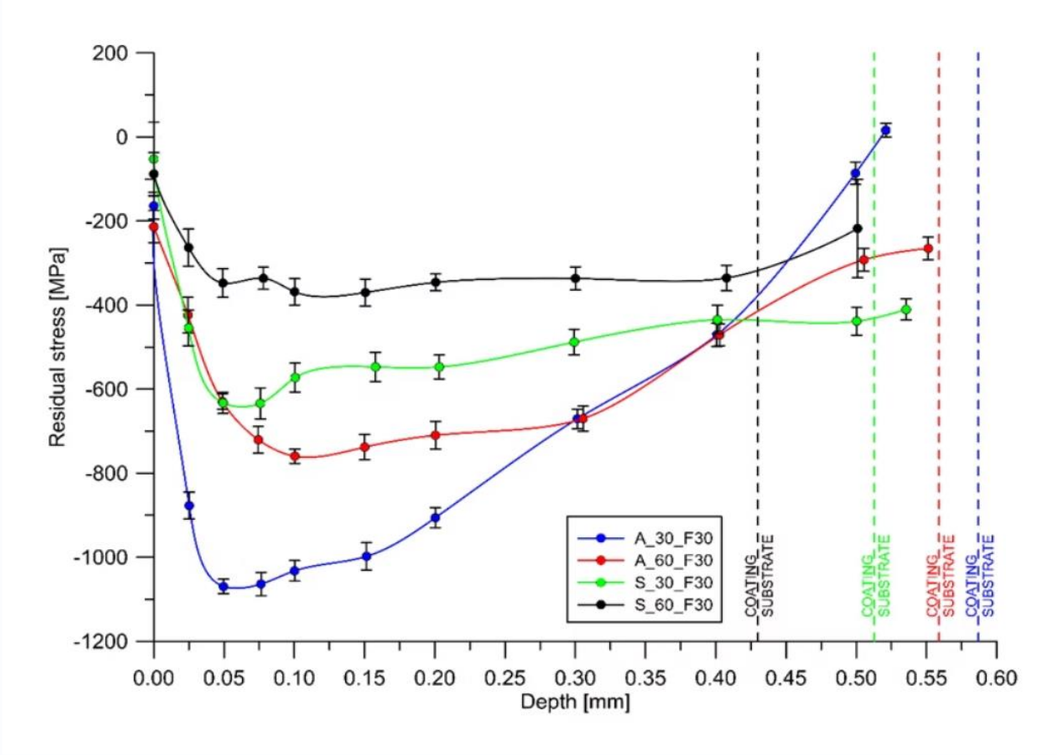
< 0,2 %
Porozita povlaku

~650 HV1
Tvrdost

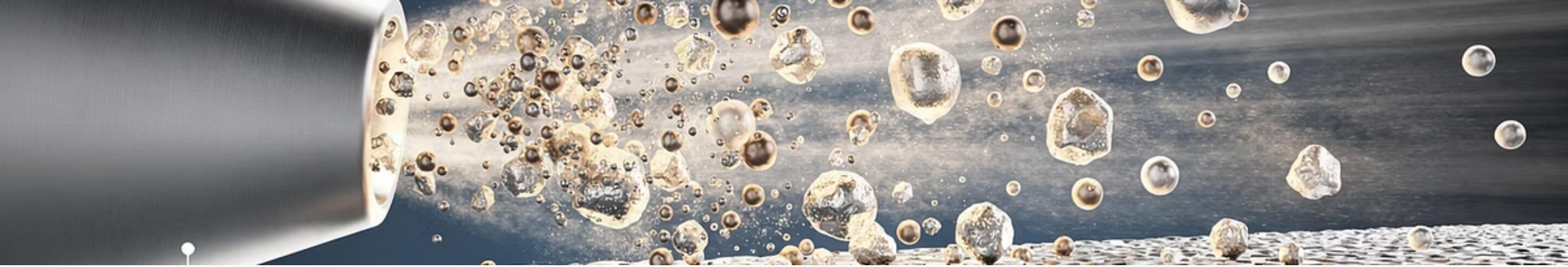
> 60 MPa
Adhezní pevnost

Tlaková
Zbytková napětí v povlaku





Výrazné zjemnění zrna během depozice a vysoká tlaková zbytková napětí zajišťují dlouhou životnost opravené komponenty.



Děkuji za pozornost

Prostor pro dotazy a odbornou diskusi.

Kotle, tepelná a jaderná energetika 2026OREA Congress Hotel, Brno

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ústav strojírenské technologie

Navařování Inconelových superslitin v energetice
–
Technologie prodlužování životnosti teplotně a chemicky namáhaných komponent

Aplikace na teplotně a chemicky namáhané komponenty (ZEVO / kotle)

Ing. Martin Slaný, Ph.D.

Ústav strojírenské technologie,
Fakulta strojního inženýrství, VUT v Brně
E-mail: martin.slany@vutbr.cz

KOTLE, TEPELNÁ A JADERNÁ ENERGETIKA
9. – 10. března 2026 - Brno

Výzkumný tým a zaměření

Výzkumná skupina Ústavu strojírenské technologie (FSI VUT v Brně) se od roku 2018 zaměřuje na výzkum a vývoj pokročilých technologií pro tvorbu povrchových ochranných návarů a materiálové řešení pro energetiku, zejména systémy ZEVO a tepláren.

Hlavní oblasti vývoje

- Navařování superslitiny Inconel 625 na ocelové polotovary.
- Vývoj systémů, metodik, a technologických procesů pro tvorbu plošných a spirálových návarů.
- Analýzy mikrostruktury, tvrdosti, chemické promísení, segregace a mikro-CT kontroly.
- Optimalizace MIG-CMT a laserových navařovacích procesů využitelných pro energetický sektor.

Naše cíle

rozvoj know-how a excelence v oblasti pokročilých povrchových technologií pro energetiku.Naší snahou je propojit český dodavatelský řetězec s evropskými partnery a posílit tak soběstačnost a technologickou konkurenceschopnost České republiky při návrhu, vývoji a realizaci systémů pro ZEVO

Legislativní rámec 2030: Co zákon skutečně říká

Zákaz ukládání využitelných odpadů na skládky od 1. 1. 2030

- § 40 Zákona č. 541/2020 Sb., o odpadech (výňatek):„Provozovatel skládky nesmí od 1. ledna 2030 na skládku ukládat odpady,
- a) jejichž výhřevnost v sušině je vyšší než 6,5 MJ/kg,
- b) které překračují limitní hodnotu biologické stability AT4, nebo
- c) které je za stávajícího stavu vědeckého a technického pokroku možné účelně recyklovat.“

Legislativní rámec 2030: Co zákon skutečně říká

Co to znamená pro praxi

- Na skládky se nesmí ukládat spalitelné, biologicky nestabilní ani recyklovatelné / energeticky využitelné odpady.→ **ZEVO** a zařízení pro energetické využití se stávají **nepostradatelnou částí odpadového hospodářství.**
- Česká republika má povinnost výrazně zvýšit recyklaci a odklon od skládek —např. **60 % recyklace komunálních odpadů do roku 2030** (cíle dle MŽP).
- Energetická zařízení proto musí počítat s vyšším objemem zátěžových odpadů → roste tlak na životnost systémů u kterých právě navařování (Inconel 625) hraje klíčovou roli.

Provozní zátěž bimetalových trubek a membránových stěn v ZEVO

Hlavní degradační mechanizmy

- Chemická koroze: chloridy (HCl, Cl–), sulfáty, alkalické soli.
- Tepelné cyklování: proměnlivé teploty, nerovnoměrné zatížení.
- Eroze popílkem a struskování: abrazivní částice, nánosy měnící teplotní pole.
- Promísené účinky: kombinace koroze + eroze + cyklování vede k urychlené degradaci.

Důsledek pro konstrukční materiály

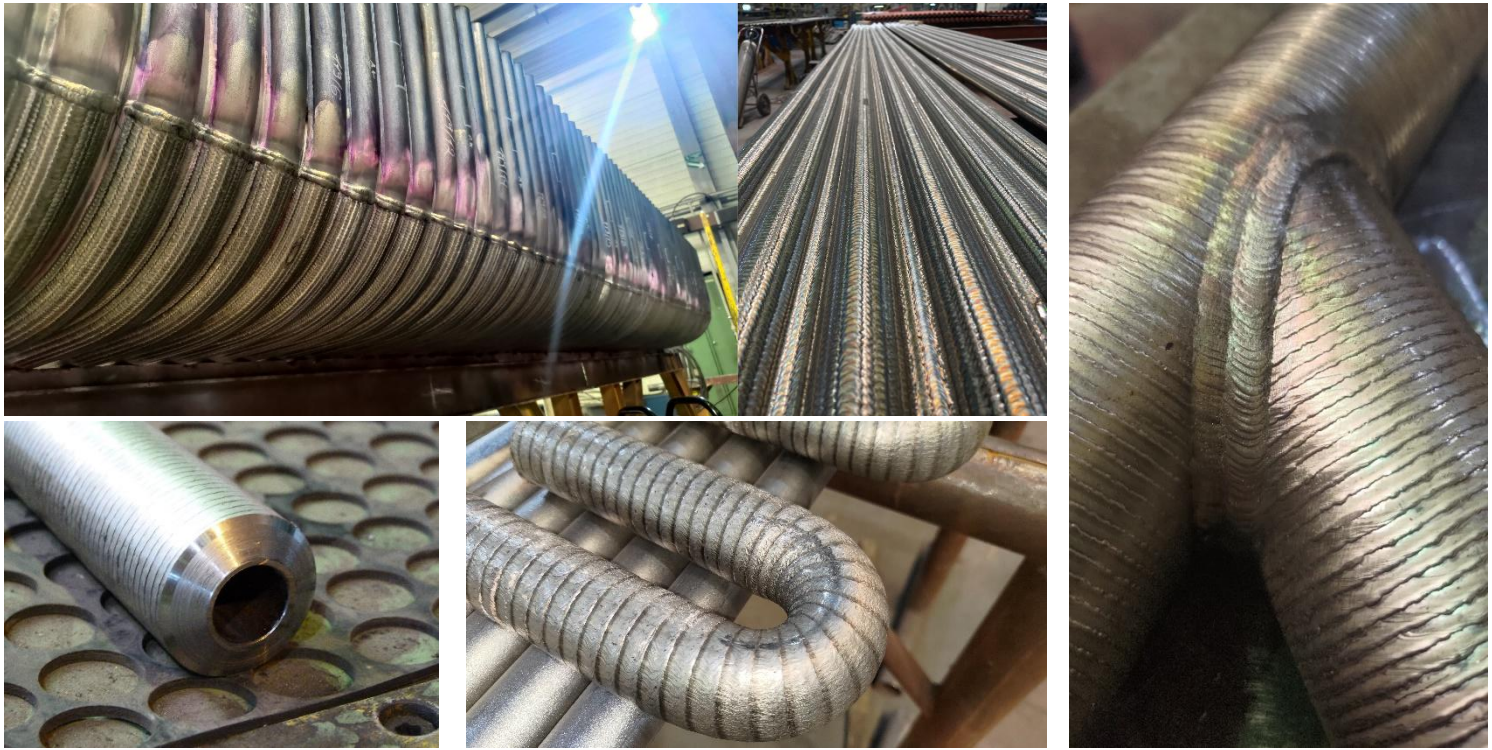
- Rychlý pokles tloušťky stěny.
- Tvorba trhlin v tepelně namáhaných místech.
- Zkracování inspekčních intervalů a odstávky.

Potřeba vysoce odolných povlaků → zde přichází na řadu Inconel 625.

Membránová stěna a další aplikace

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ ústav strojírenské technologie

Použití v kritické infrastruktuře energetického průmyslu



Proč právě Inconel 625

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ ústav strojírenské technologie

- Vysoká odolnost vůči chloridové a sulfidické korozi.
- Stabilita při vysokých teplotách a kombinovaném namáhání.
- Dendritická mikrostruktura a karbidy Nb/Mo → dlouhá životnost.
- Dobrá zpracovatelnost pomocí MIG-CMT i laserových procesů.
- Umožňuje efektivně chránit trubky a MeS v prostředí ZEVO.

Technologie MIG-CMT při navařování Inconelu 625

- Nízký vnos tepla → potenciál pro minimalizaci promísení Fe a stabilní mikrostruktura.
- Digitálně řízený přenos aditivního materiálu → homogenní vrstva s minimálním rozstřikem.
- Vysoká opakovatelnost → vhodné pro robotizaci a náročné aplikace.
- Možnost přesného řízení překryvu, rychlosti a oscilace.
- Osvědčená technologie pro bimetalové trubky a membránové stěny.

Co u návarů hodnotíme a sledujeme

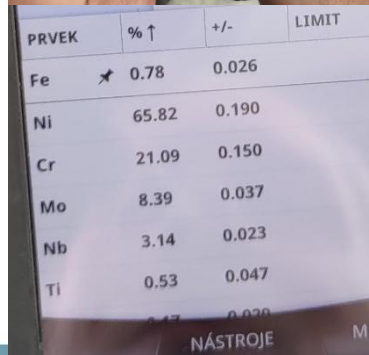
- **Promísení Fe do návaru**
  → zásadní pro korozní odolnost; cílem je nízký Fe-pickup v povrchové vrstvě.

- **Výška navařené vrstvy**
  → kompromis mezi ochranou, náklady a vlivem na přenos tepla.

- **Mikrostruktura návaru**
  → orientace dendritů, segregace Nb/Mo, karbidy - zásadně ovlivňuje životnost.

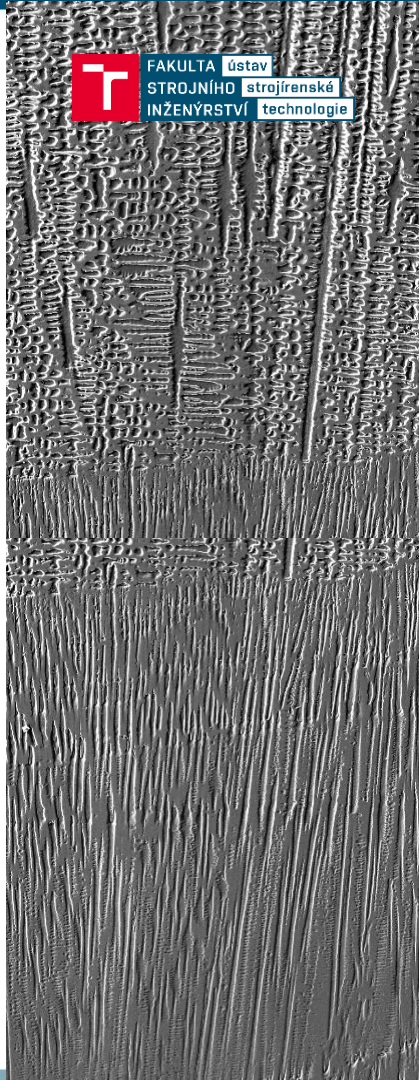
- **Mechanické vlastnosti bimetalových polotovarů**
  → zejména tvárnost / tažnost – kritické a superkritické ohyby 0,7D

- **Homogenita a vnitřní vady**
  → porozita, mikrotrhliny; kontrola pomocí mikro-CT a metalografie.



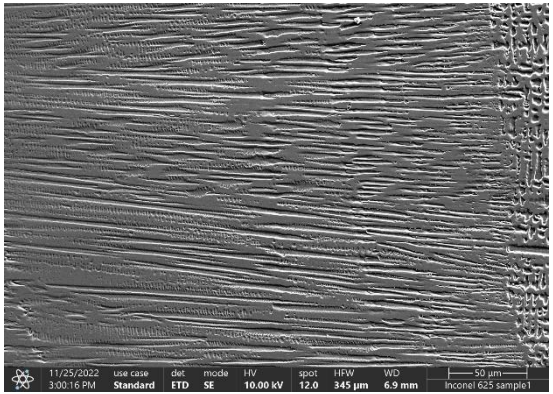
Mikrostruktura návaru Inconel 625

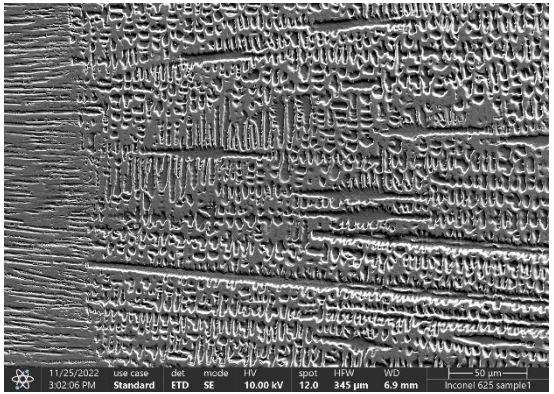
- Dendritická struktura orientovaná podle teplotního gradientu.
- Segregace Nb a Mo v interdendritických oblastech.Tvorba karbidů NbC/MoC → zvyšují pevnost a stabilitu.
- Rozdíl mezi 1. a 2. vrstvou:– 1. vrstva = vyšší promísení Fe, hrubší struktura– 2. vrstva = nižší Fe, homogennější dendrity
- Mikrostruktura zásadně ovlivňuje korozní odolnost a tvárnost při ohybu.

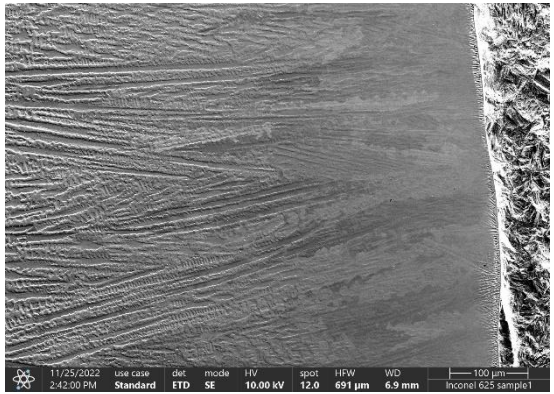


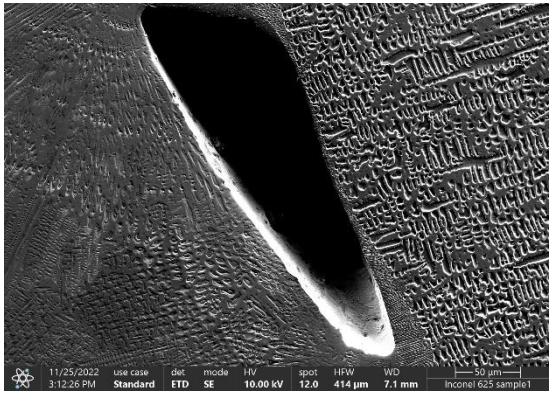
Mikrostruktura – Inconel 625

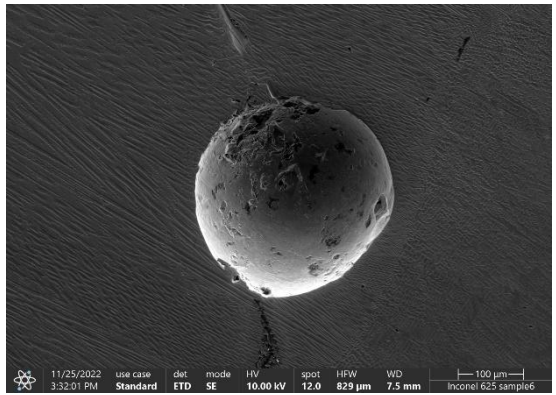
FAKULTA ústav
STROJNÍHO strojírenská
INŽENÝRSTVÍ technologie

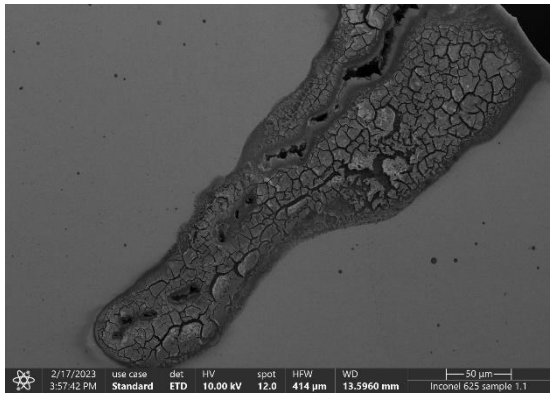








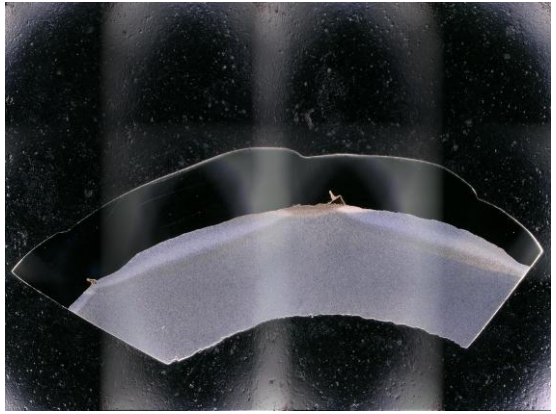


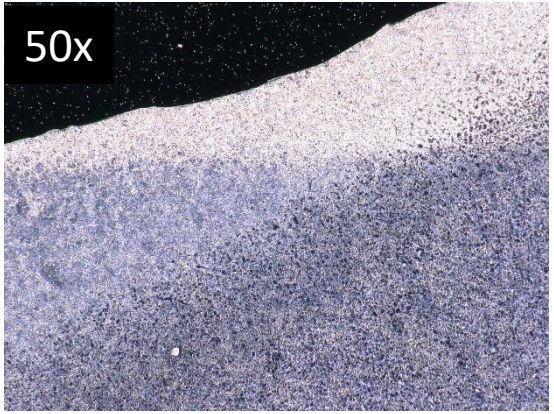


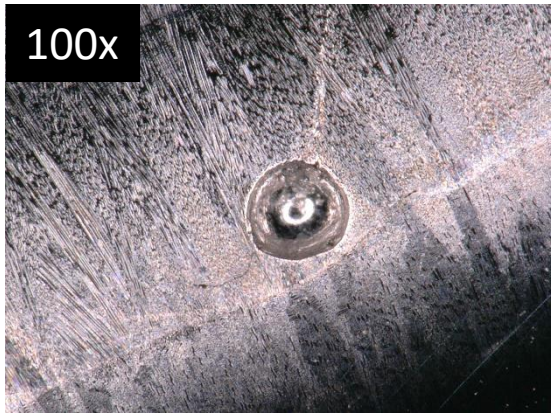
Makrostruktura

- Kontinuita a překryv návarů – rovnoměrné překrytí bez mezer.
- Tloušťka a profil vrstvy – stabilní výška, plynulý přechod k základnímu materiálu.
- Spojitost s podkladem – bez neúplného provaření / studených spojů.
- Vady – lokální póry/inkluse.

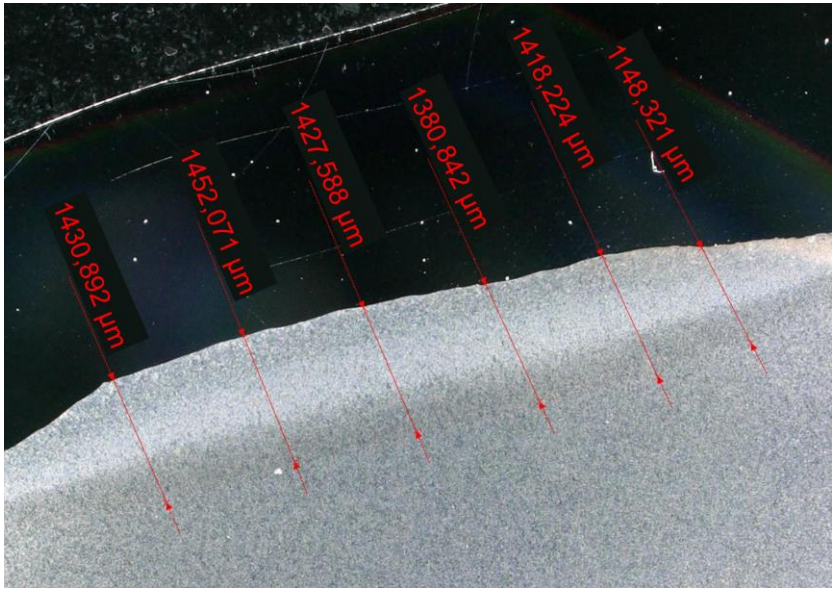
Makrostruktura



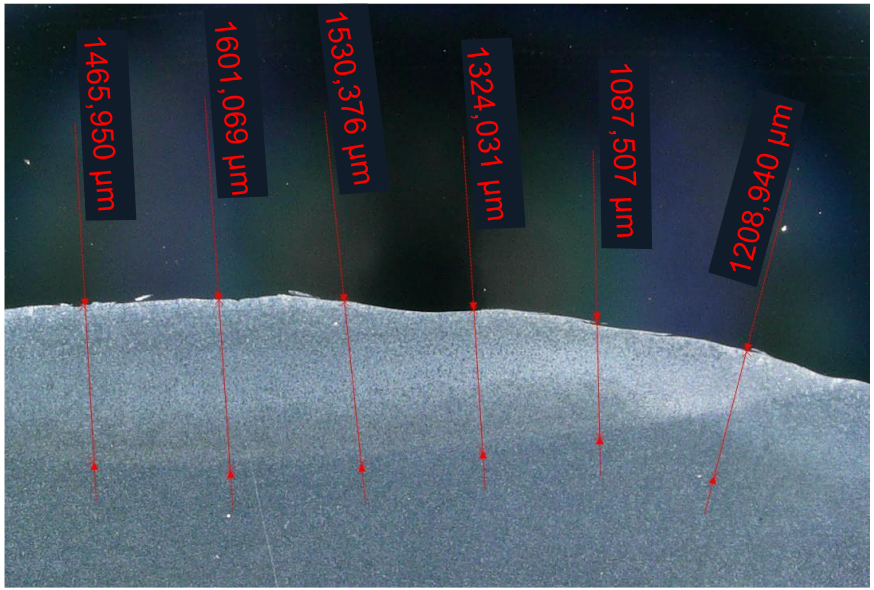




Makrostruktura



1,369 mm

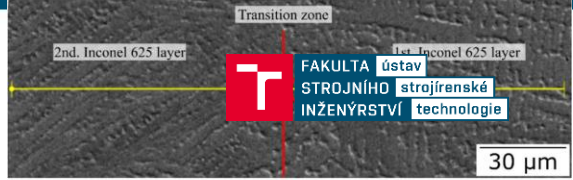


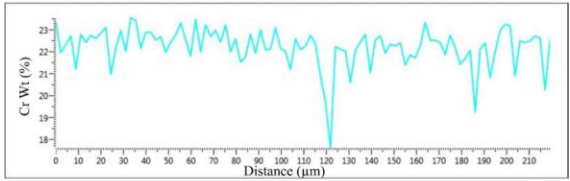
1,376 mm

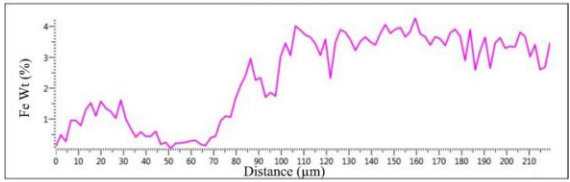
Chemické složení návaru (EDS)

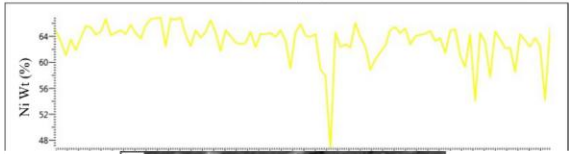
- 1. vrstva: vyšší obsah Fe z podkladu → ~3,5 % Fe.
- 2. vrstva: výrazné snížení Fe-pickupu → ~1,2 % Fe (žádoucí pro korozní odolnost).
- Segregace Nb a Mo v interdendritických oblastech → přirozený jev u Inconelu.
- Rovnoměrnější distribuce prvků ve 2. vrstvě → homogennější struktura, vyšší životnost.

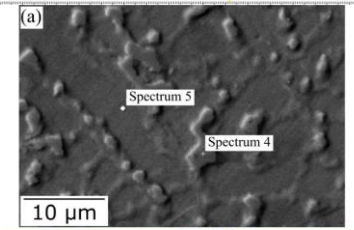
EDS = rychlá a přesná metoda kontroly chemie návaru v místě zájmu.

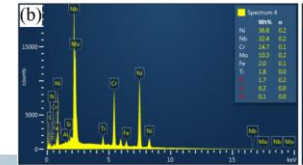


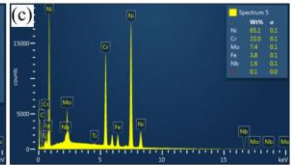








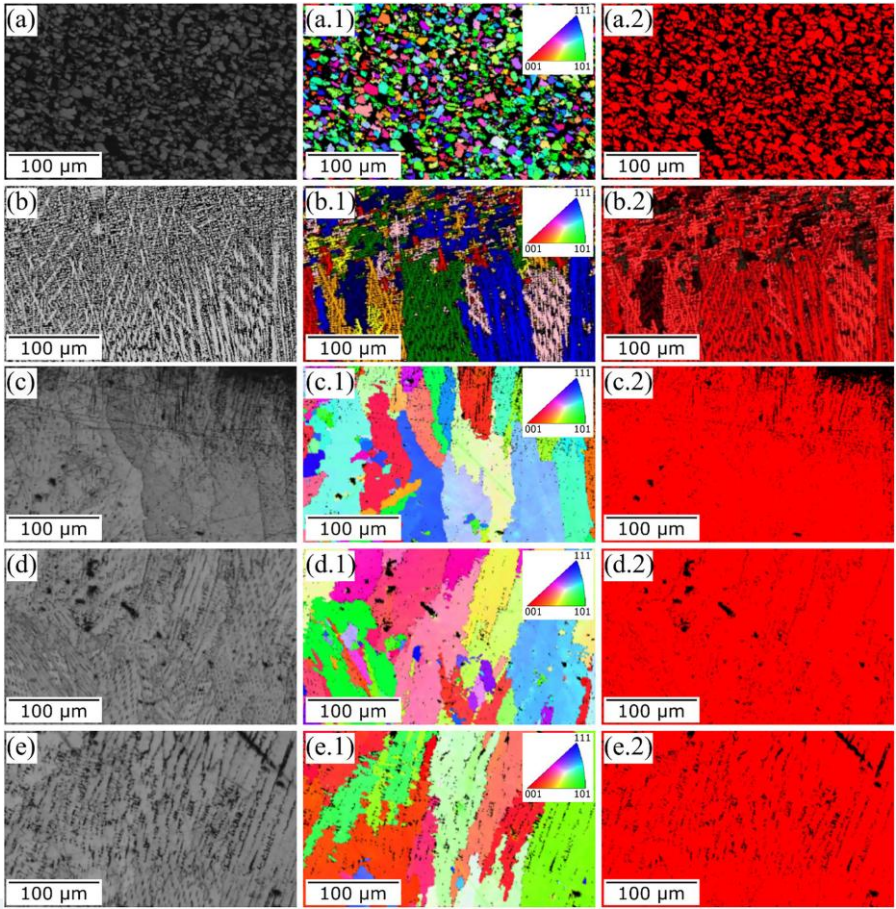




EBSD/IPF/Phase mapy přes rozhraní 16Mo3 ↔ Inconel 625

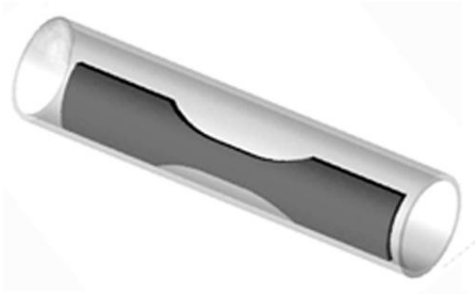
- (a) 16Mo3 + HAZ (BCC) – zjemnění v HAZ (~10 µm), čistě BCC.
- (b) Přechod k 1. vrstvě – nástup kolumnárních/dendritických útvarů; mix BCC/FCC → přechodová zóna
- (c) 1. vrstva Inconel 625 (FCC) – hrubší kolumnární zrnitost; odpovídá vyššímu Fe-pickupu z EDS (~3,5 %).
- (d) Rozhraní 1./2. vrstvy – „přežihnutí" spodní vrstvy, jemnější textura nad rozhraním
- (e) 2. vrstva Inconel 625 (FCC) – homogennější kolumnární struktura, koreluje s nižším Fe (~1,2 %) z EDS.

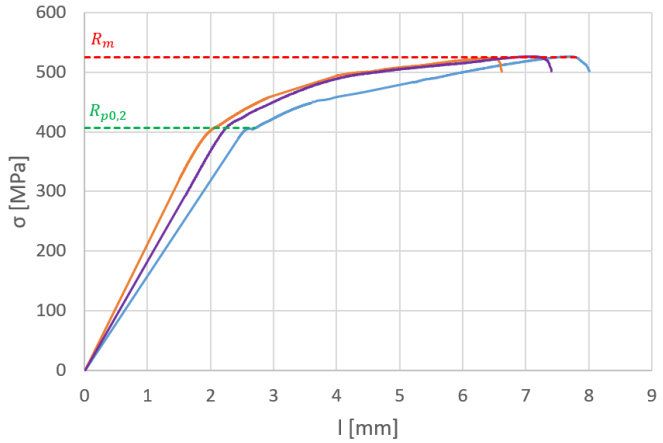
Pokles Fe-pickupu (EDS) jde ruku v ruce s přechodem k čisté FCC a homogennější textuře (EBSD) → vyšší korozní odolnost a stabilita návaru.

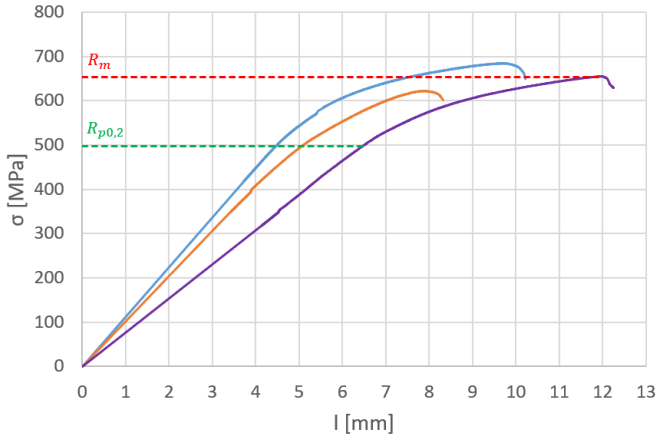


Tahové testy

	$R_{p0,2}$ [MPa]	R_m [MPa]	F_{max} [N]
16Mo3	405	525	46055,7
16Mo3+Inconel 625	497	654	67012,9



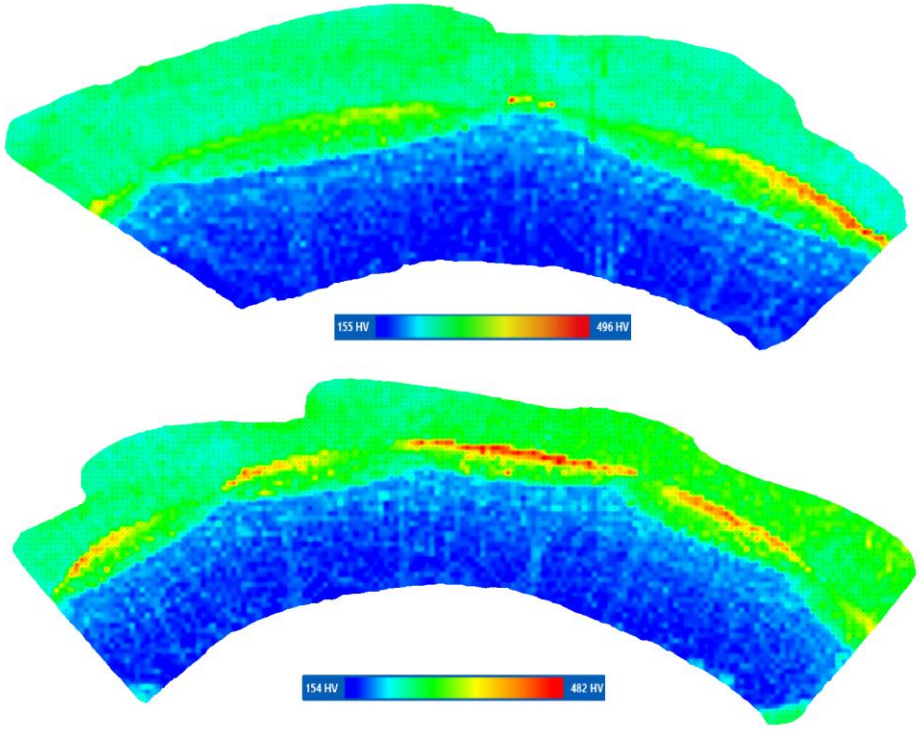




Měření mikrotvrdosti

- Podmínky měření
  - HV0,1
  - 100g
  - 180 µm
  - 10 s

I [HV]	II [HV]
155	154
254	226
353	347
496	482



Shrnutí

- Proces: MIG-CMT = nízký vnos tepla → homogenní vrstva, nízké promísení Fe.
- Chemie: 1. vrstva ≈ 3,5 % Fe, 2. vrstva ≈ 1,2 % Fe → vyšší korozní odolnost (EDS).
- Struktura: 2. vrstva = homogenní FCC kolumnární mikrostruktura (EBSD) → stabilita a předvídatelnost.
- Makro: tloušťka vrstvy ~ 1,3 - 1,6 mm = prokázaly rozumný kompromis ochrana × přenos tepla × náklady (v praxi zatím nepoužíváno).

Pointa: Správně navržený cladding Inconel 625 prodlužuje životnost MeS/trubek a snižuje provozní rizika.

Možnosti spolupráce

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ ústav strojírenské technologie

- Cílem je rozvoj know-how a excelence v pokročilých povrchových technologiích pro energetiku.
- Naší snahou je propojit český dodavatelský řetězec s evropskými partnery a posílit tak technologickou soběstačnost a konkurenceschopnost ČR při návrhu, vývoji a realizaci systémů pro ZEVO a energetiku.

Nabízíme: návrh a validaci parametrů claddingu i jiných typů materiálů, laboratorní EDS/EBSD/HV/CT hodnocení, metodiky pro QA/QC.

Možnost spolupráce na pilotních aplikací a na společných projektech (researche, standardizace metrik).

Závěr

- Spolupracujeme s výrobním sektorem od návrhu technologie navařování až po ověření na reálných dílcích a zavedení do výroby.
- Překládáme výzkum do standardních postupů tak, aby se průběžně promítal do nových návrhů zařízení (ZEVO/kotle) a zlepšoval údržbu i provoz.

FAKULTA ústav
STROJNÍHO strojírenské
INŽENÝRSTVÍ technologie

Rád bych poděkoval Technologické agentuře ČR, Ministerstvu průmyslu a obchodu, projektu APVV, CzechELib i specifickému výzkumu za podporu všech projektů, které podporují realizovat výzkum, vývoj i přenos výsledků do praxe

Tento výzkum byl podpořen Technologickou agenturou České republiky v rámci projektu FW10010196 (program TAČR TREND).

Výsledky vznikly také s podporou projektu TAČR TK04020189 (program TAČR THÉTA IV – výzkum a vývoj technologie automatizovaného spirálového navařování Inconelu 625).

Dále byl výzkum podpořen projektem TAČR FW01010220(program TAČR TREND I) a projektem APVV SK-SRB-21-0030(podpora mezinárodní spolupráce).

Část výsledků vznikla za podpory projektu MPO TRIO FV40173.

Podporu poskytl také specifický výzkum SV20-216(Univerzita obrany v Brně).

Publikační činnost byla podpořena programem CzechELib (Transformative Agreement).

Tato práce byla rovněž podpořena projektem DZRO VARoPs.

FAKULTA ústav
STROJNÍHO strojírenské
INŽENÝRSTVÍ technologie

Děkuji Vám za pozornost

Institute of Physics of materials, Brno

Academy of Science of the Czech Republic, v.v.i.

Vliv provozní degradace mikrostruktury na creepové chování ocelí pro energetická zařízení

Jiří Dvořák [a], Václav Sklenička [a] Petr Král [a], Marie Kvapilová [a], Marie Ohanková [b]

[a] Ústav fyziky materiálů AV ČR, v.v.i.

[b] UJP PRAHA a.s.

KOTLE, TEPELNÁ A JADERNÁ ENERGETIKA

9. – 10. března 2026

OREA Congress Hotel Brno

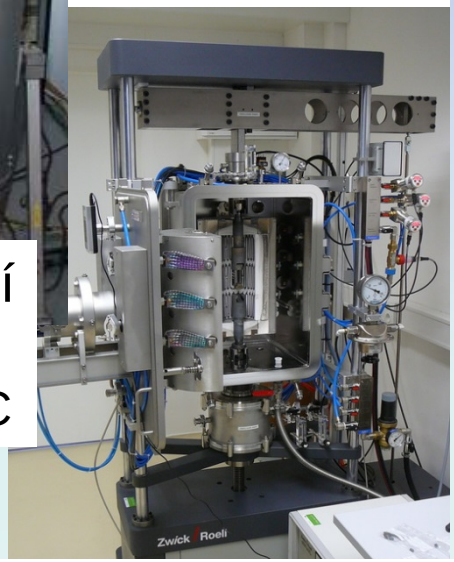
CREEPOVÉ LABORATOŘE

Skupina perspektivních vysokoteplotních materiálů

přímé zatížení
T_{max}=1200°C

páková konstrukce
T_{max}=950°C

Helikoidní vzorky
T_{max}=1000°C



Atmosféra: vzduch, argon, vakuum

Zwick/Roell
T_{max}=1200°C a 1400°C

Požadavky na komponenty energetických zařízení

- **Vysoká creepová pevnost (odolnost vůči tečení):** Schopnost odolávat trvalé deformaci pod konstantním zatížením při vysokých teplotách.
- **Odolnost vůči únavě materiálu:** Komponenty musí snášet cyklické teplotní a mechanické namáhání (rozjezdy, odstávky, vibrace).
- **Korozní odolnost:** Odolnost vůči oxidaci v páře, horkých plynech nebo korozivnímu prostředí v primárních okruzích.
- **Strukturní stabilita:** Mikrostruktura materiálu se nesmí za provozu měnit směrem k termodynamicky rovnovážnému stavu, což by vedlo ke ztrátě pevnosti.
- **Svařitelnost a houževnatost:** Schopnost materiálů být spojen bez vzniku trhlin a odolnost vůči křehkému porušení.

Rizika degradace mikrostruktury

Mikrostruktura se v čase mění, což vede k náhlým selháním:

- **Creep:** Vznik mikrotrhlin a kavit (dutinek) na hranicích zrn, které se spojují, až dojde k lomu.
- **Sferoidizace a hrubnutí fází:** Karbidy, které mají materiál zpevňovat, se shlukují a hrubnou. Tím klesá tvrdost a pevnost oceli.
- **Segregace nečistot:** Prvky jako fosfor nebo síra se koncentrují na hranicích zrn, což způsobuje křehnutí materiálu.
- **Precipitace nežádoucích fází:** Vznik křehkých fází (např. Lavesova fáze nebo sigma fáze), které snižují houževnatost a mohou iniciovat trhliny.
- **Vnitřní oxidace a oduhličení:** Chemické změny pod povrchem, které oslabují nosný průřez materiálu.

Cr–Mo-V ocel (15 128.5) ocel

Ocel **15 128** je nízkolegovaná žáropevná ocel s přísadou Cr, Mo a V. Od 80. let byla v české energetice standardem pro parovody s pracovní teplotou do **540 °C–560 °C**.

chemické složení (hm.%):
0.16 C, 0.56 Mn, 0.21 Si, **0.59 Cr**, **0.43 Mo**, **0.32 V**, 0.013 Al, 0.001 P, 0.013 S, 0.0142 N

Provozně exponovaná trubka z oceli ČSN 15 128.5

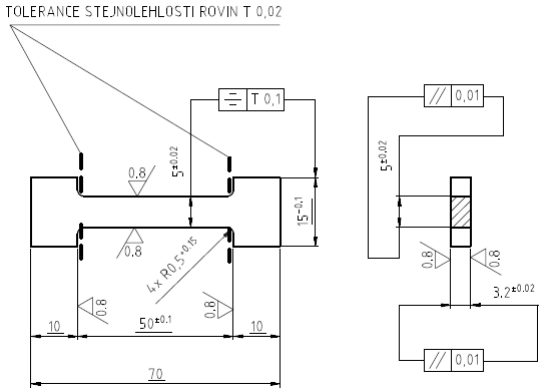
- OD 457 x 40 mm
- provoz 77 990h/ 528 °C / 15MPa
- označeno jako DS stav

Provozně neexponovaná trubka z oceli ČSN 15 128.5

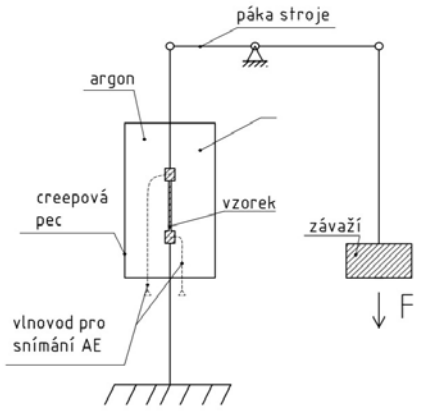
- OD 457 x 40 mm
- označeno jako VS stav

Experimentální podmínkyc

- **Creepový vzorek**:
  Plochý creepový vzorek:
  5 mm x 3,2mm, měrná délka l= 50 mm.



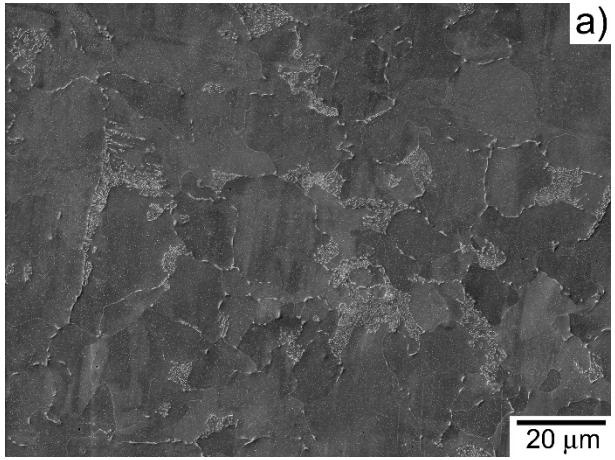
- **Creepové testy:**
  - režim jednoosého tahového konstantního zatížení
  - testovací teplota: 528 °C
  - aplikované napětí: 120 – 300 MPa
  - ochranná atmosféra – **argon**
  - testy vedené do lomu

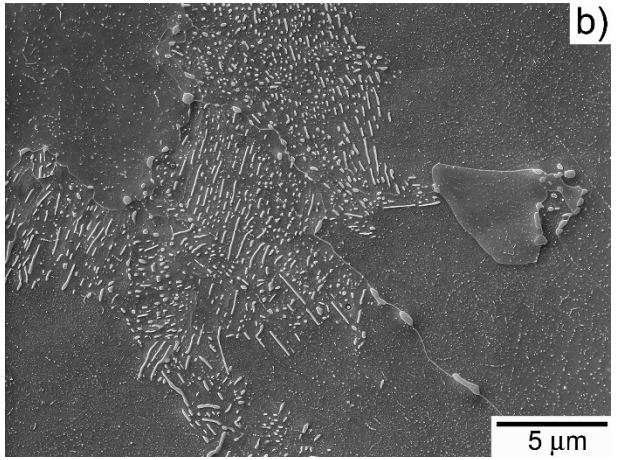


- **Mikrostrukturní rozbor:** SEM, TEM, EDS aj.

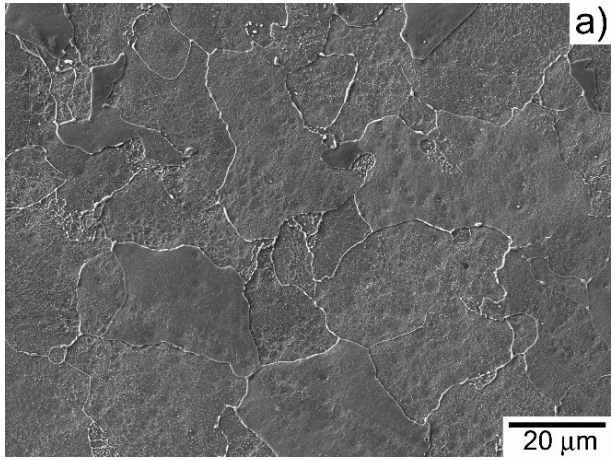
Mikrostruktura AR vs. SE stav

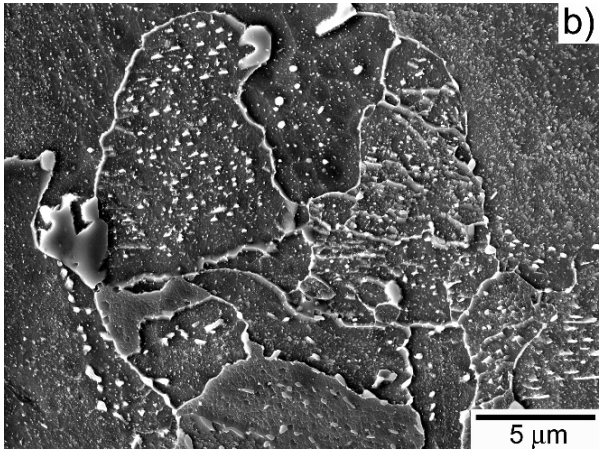
VS stav

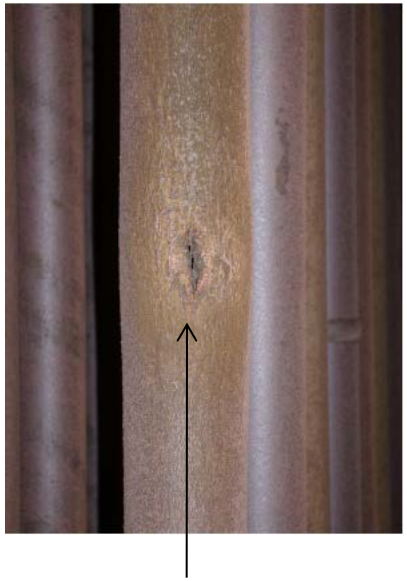




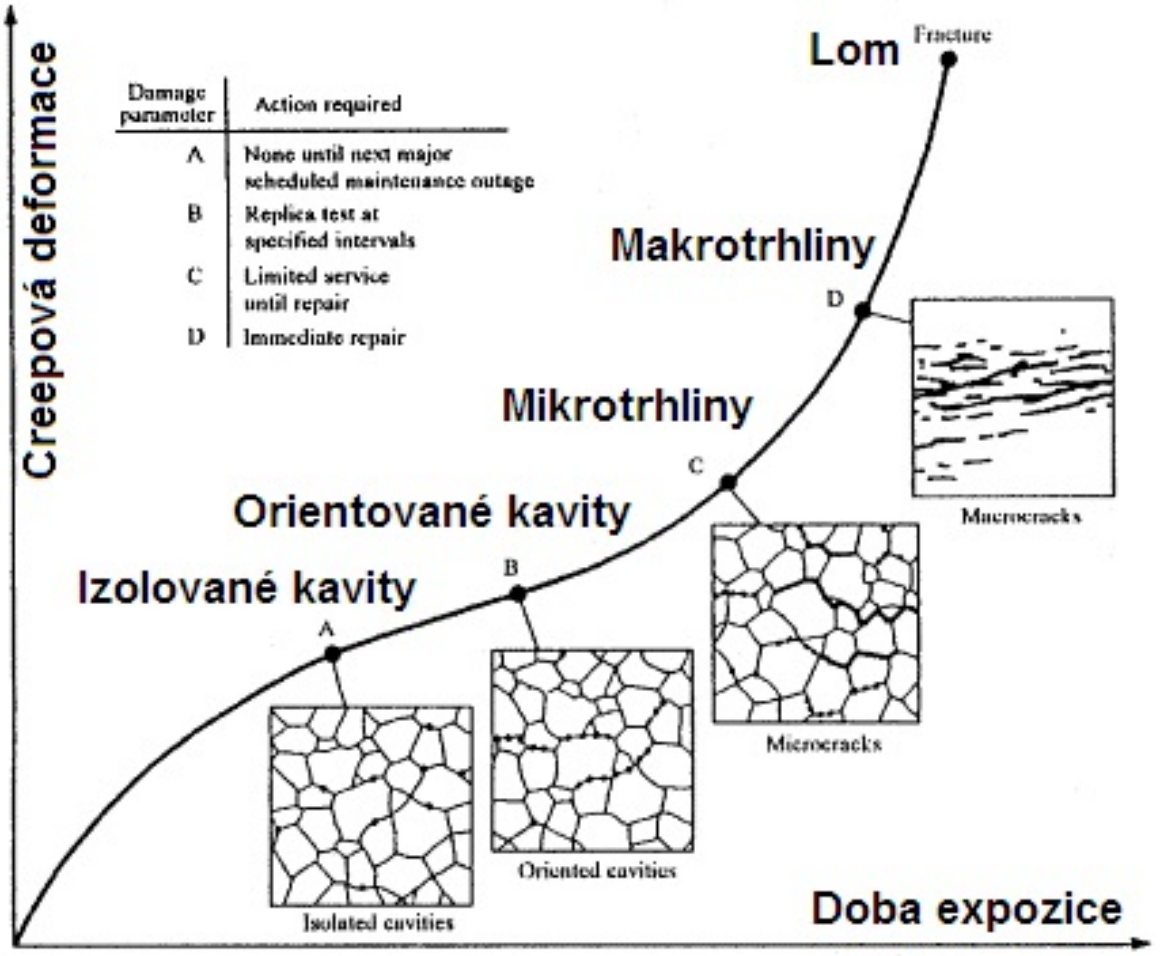
DS stav



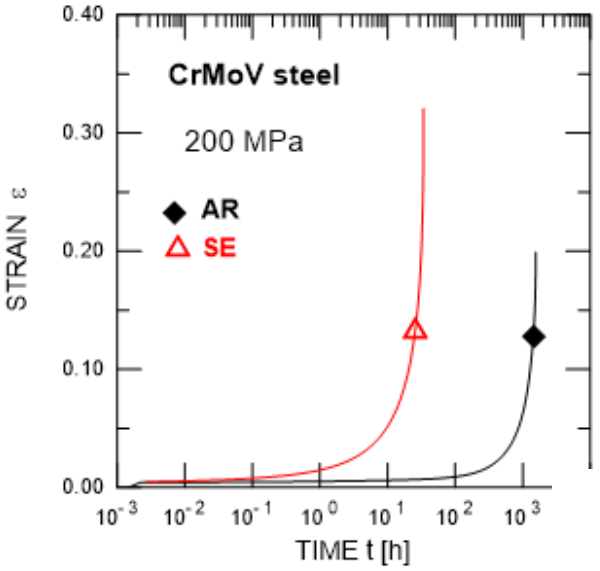


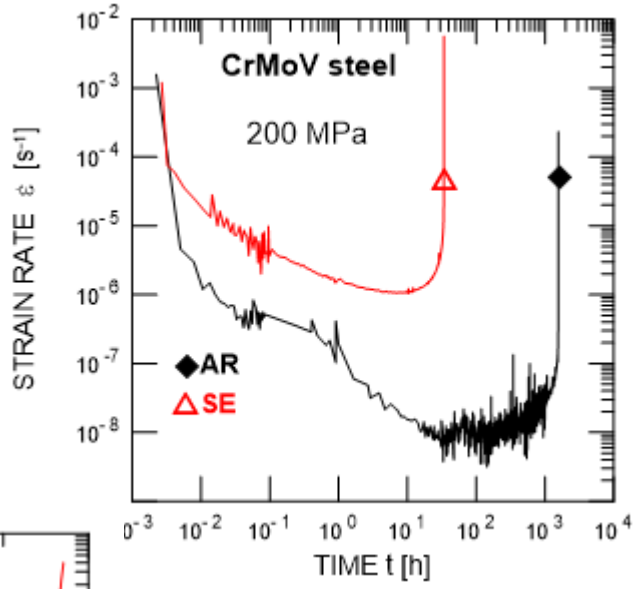


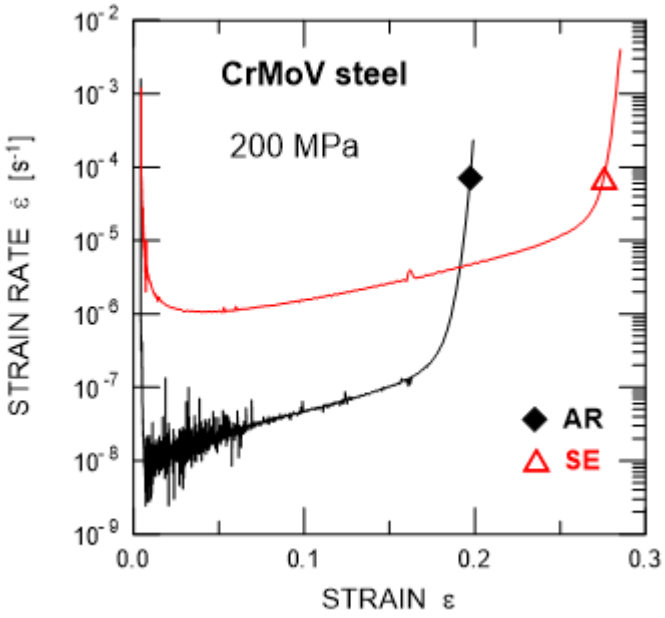
creepová trhlina



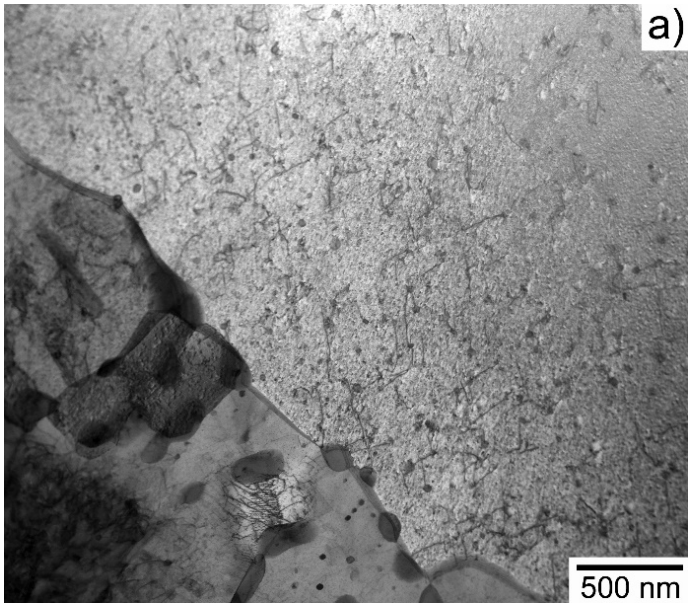
CREEPOVÉ CHOVÁNÍ





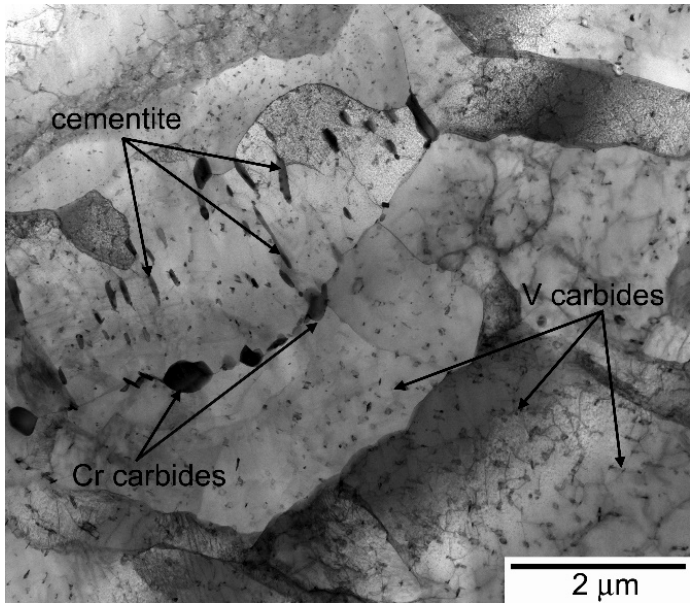


Mikrostruktura AR vs. SE stav



t_f =10 000h

VS stav



t_f =2500h

DS stav

TEM mikrostruktura po creepové expozici při napětí 150 MPa a 528 °C znázorňující a) interakci VC karbidů s dislokacemi (VS stav) a b) karbidické částice (DS stav).

Závěry 15 128

- Vysoká odolnost zkoumané oceli proti tečení je způsobena převážně intragranulární disperzí **jemných karbidů vanadu**, které zajišťují účinné zpevnění ocelové matrice.
- Spolu s precipitačním zpevněním hraje roli i **dislokační zpevněni** a **zpevnění tuhého roztoku.**
- Provedené creepové testy ukázaly, že ocel 15 128 po **dlouhodobém provozu** vykazuje výrazně **nižší creepovou odolnost** v porovnání s výchozím stavem.
- Důvodem je především **hrubnutí karbidických částí**, jejich **segregace** na hranicích zrn, **nárůst (sub)zrna** a **zotavení mikrostruktury**.
- Testovací ochranná atmosféra **neprokázala** výraznější vliv na creepové chování oceli 15 128.

Ocel P92

Institute of Physics of materials
Academy of Science of the Czech Republic, v.v.i.

Ocel P92 (podle ASTM A335) je pokročilá martenzitická žáropevná chromová ocel (9 % Cr), která byla vyvinuta zejména pro potřeby moderní energetiky především pro provoz v nadkritických (USC) elektrárnách s vyššími teplotami a tlaky páry, což umožňuje zvýšení účinnosti a snížení emisí CO_2.

- **Chemické složení:** P92 je 9% Cr-Mo-W-V-Nb-N ocel. Oproti P91 má snížený obsah molybdenu (Mo) a naopak zvýšený obsah wolframu (W) (cca 1,5–2,0 %).
  Tato kombinace výrazně zvyšuje creepovou pevnost.

- **Creepová pevnost:** Hlavní předností je vynikající odolnost proti tečení (creepu) při vysokých teplotách (až do 600–630 °C). Má o 25–30 % vyšší creepovou pevnost než ocel P91.

- **Struktura:** Po tepelném zpracování (normalizační žíhání a popouštění) má homogenní martenzitickou strukturu s jemnou disperzí precipitátů (karbidy a karbonitridy $M_{23}C_6$, MX), které zajišťují vysokou pevnost.

- **Fyzikální vlastnosti:** Má dobrou tepelnou vodivost a nižší koeficient tepelné roztažnosti než austenitické oceli, což je výhodné pro zamezení únavového poškození při spouštění a zastavování elektrárny.

Ocel P92

Provozně neexponovaná trubka z 9% Cr oceli P92

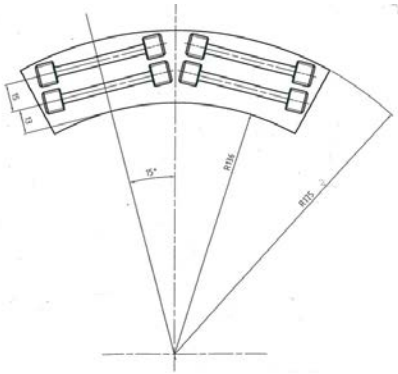
OD 330 x 55 mm – Vallourec & Mannesmann Tubes Deutschland GmbH

TZ: normalizace 1050°C/30 min/vzduch

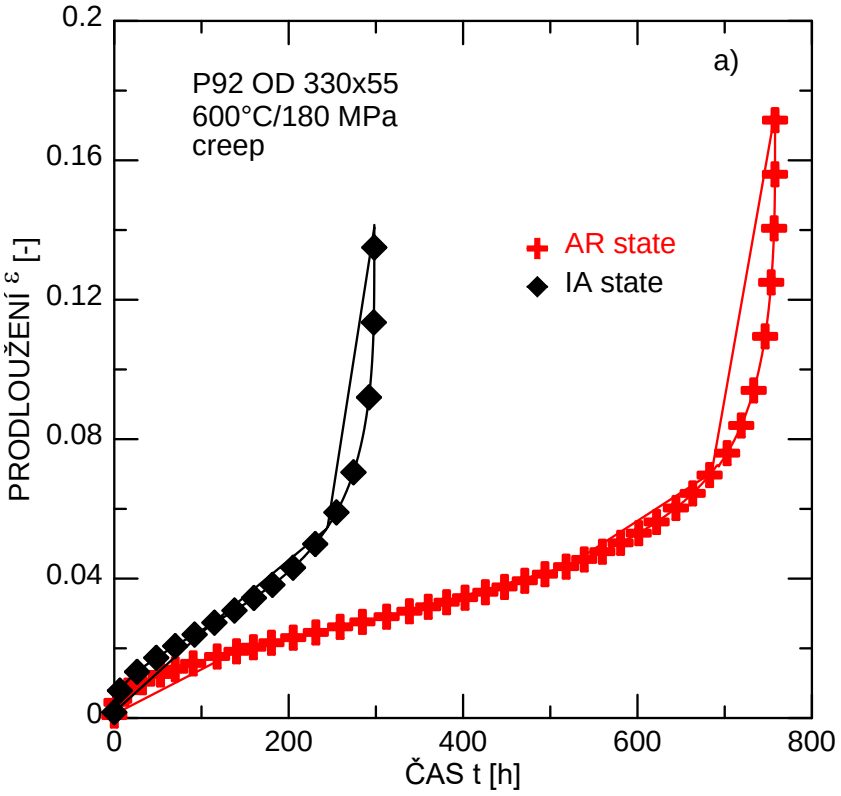
popouštění 765°C/60 min/vzduch. (dále AR state)

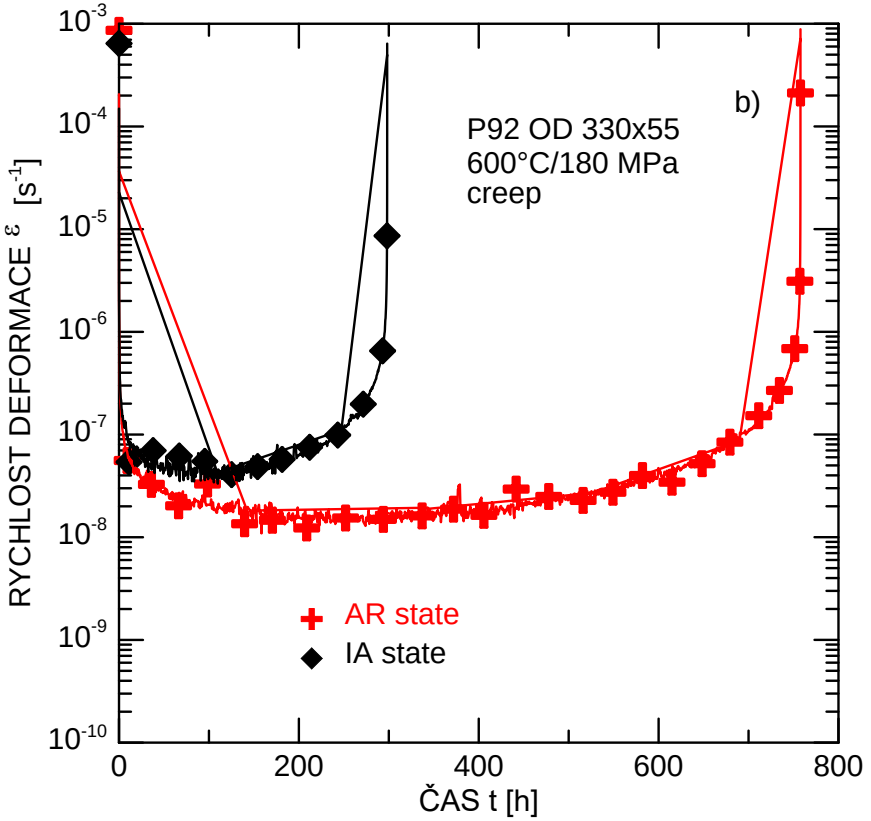
Simulace TZ po svaření:

+ popouštění 766 °C/3 h/do 425 °C (dále IA stav)



Ocel P92





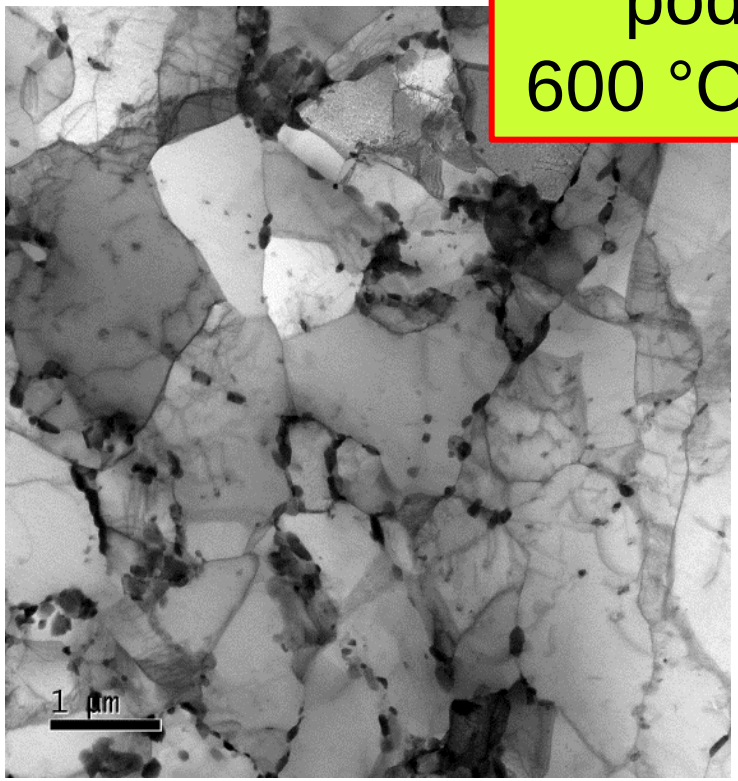
Creepové chování oceli P92: 600°C a 180 MPa, AR vs. IA stav

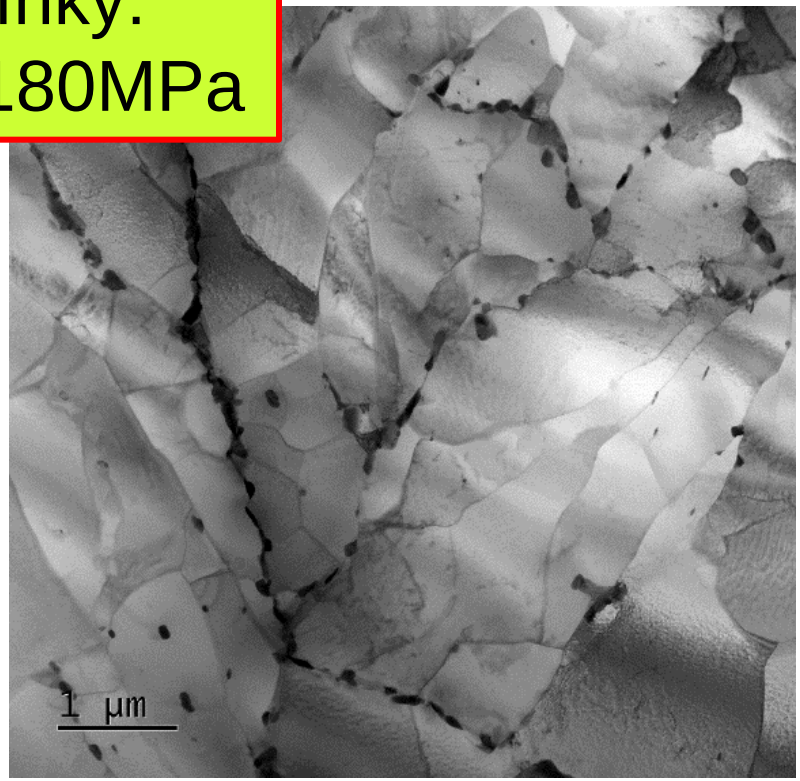
Mikrostruktura oceli P92

AR stav

Creepové podmínky: 600 °C/ 180MPa

IA stav





normalizace 1050°C/30 min/vzduch
popouštění 765°C/60 min/vzduch.

+ popouštění 766 °C/3 h/do 425 °C

Ocel P92

MATERIÁL

- **The Grade ASTM A 213 – P92 steel**

Chemické složení (wt.%):

0.11C, 0.37Si, 0.48 Mn, 0.013P, 0.005S, 8.58Cr, 0.33Mo, 0.23V, 0.06Nb, 0.037N, 1.62W

trubka:

OD 350 mm×tl. stěny39 mm (Výrobce Tubulares, s.a.v., Spain)

1050°C/60 min/air+775°C/140 min/air: (AR) – as-received state

+ isotermal ageing at 650°C/ 200 - 5 000 h: (IA) – isothermal ageing state

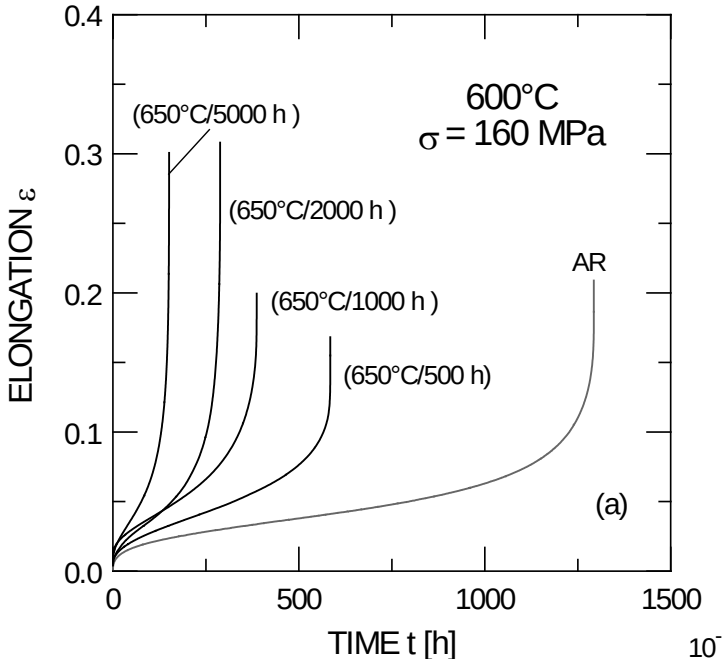
- **CREEP**

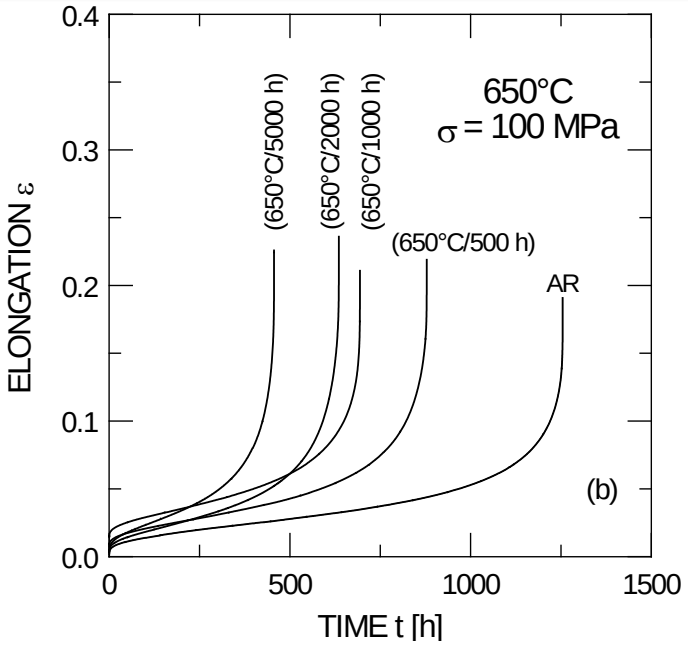
testy při konstantním zatížení v tahu: T= 600 a 650°C, σ = 85-250 MPa

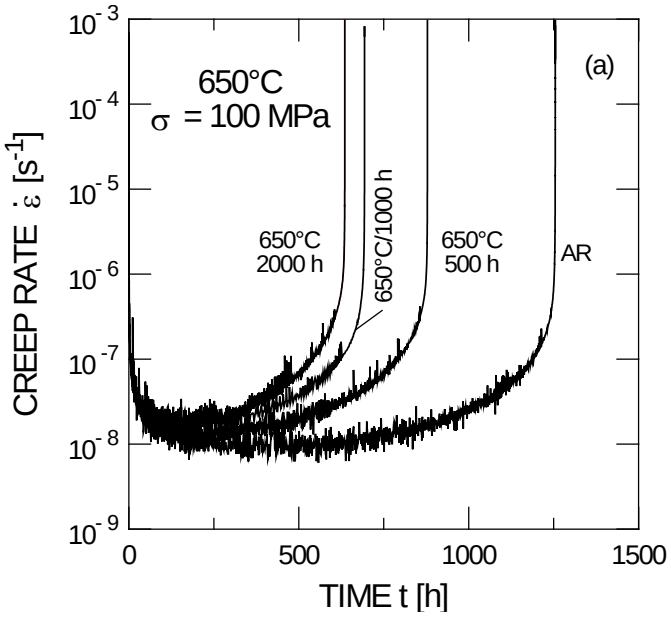
- **MIKROSTRUKTURNÍ ROZBOR**

TEM, SEM (SAED), EDS, EBSD aj.

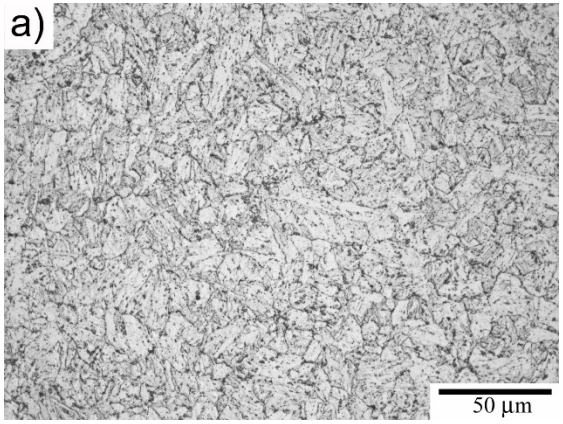
Ocel P92- creep



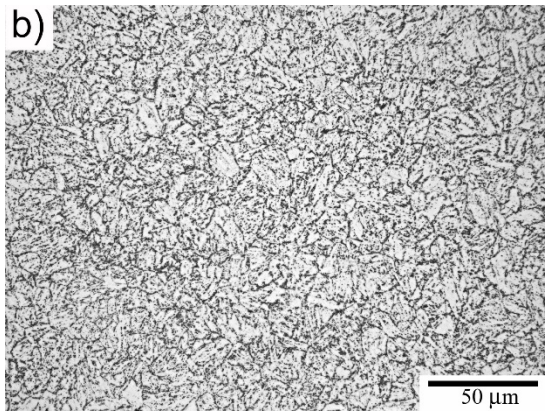




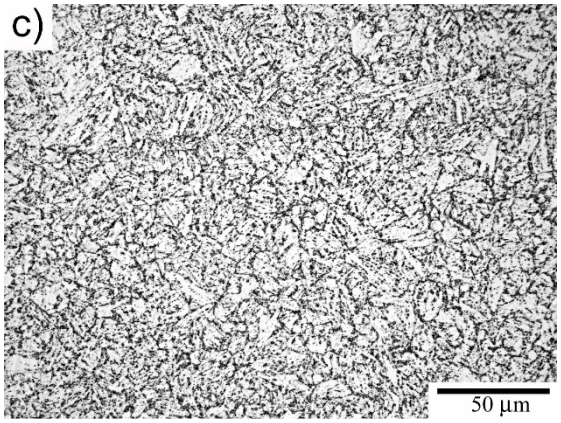
Ocel P92- AR state



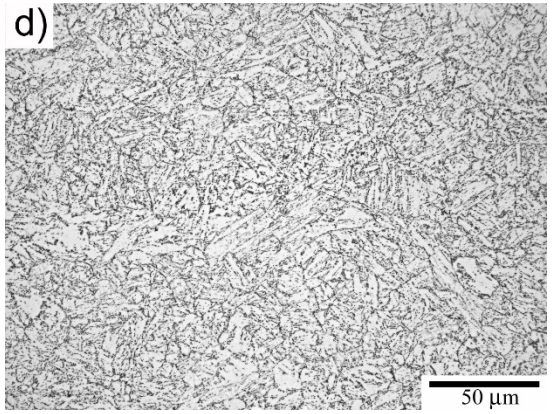
AR condition



650°C/500 h



650°C/2000 h

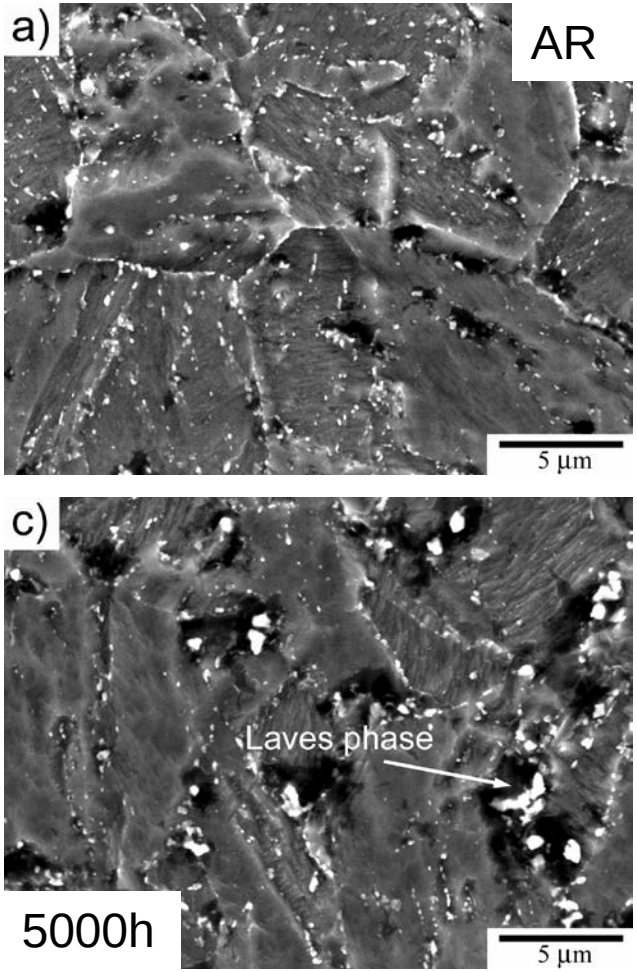


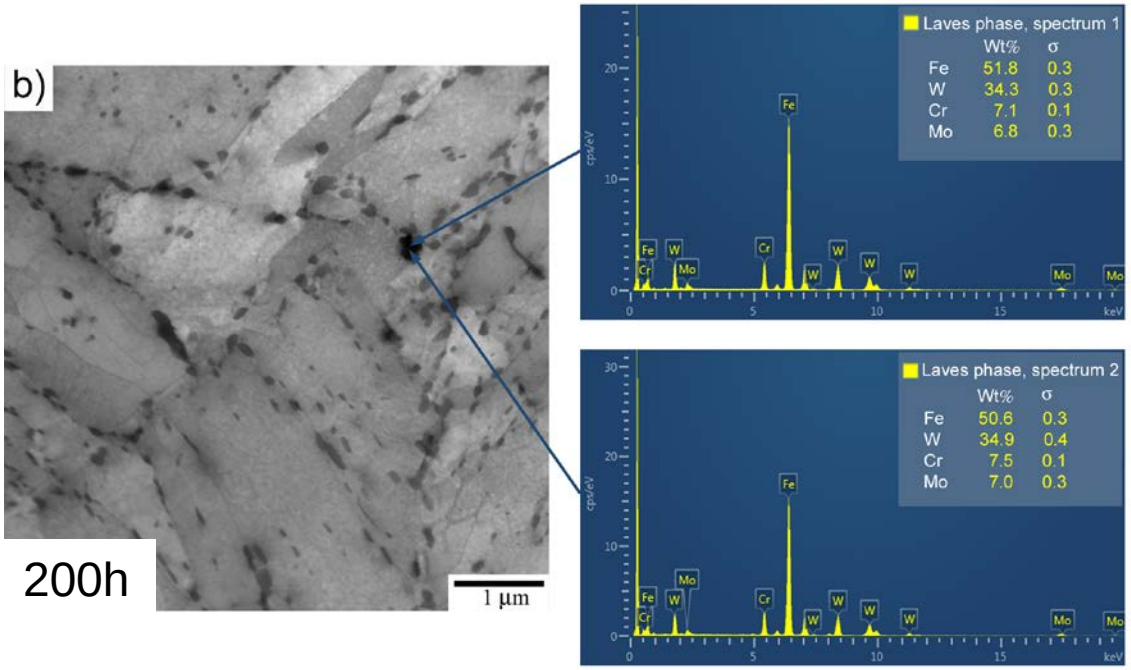
650°C/5000 h

OM znázorňující mikrostrukturu a) ve výchozím stavu (AR), a po žíhání při 650°C : (b) 500h, (c) 2000h, and (d) 5000h.

Mikrostruktura

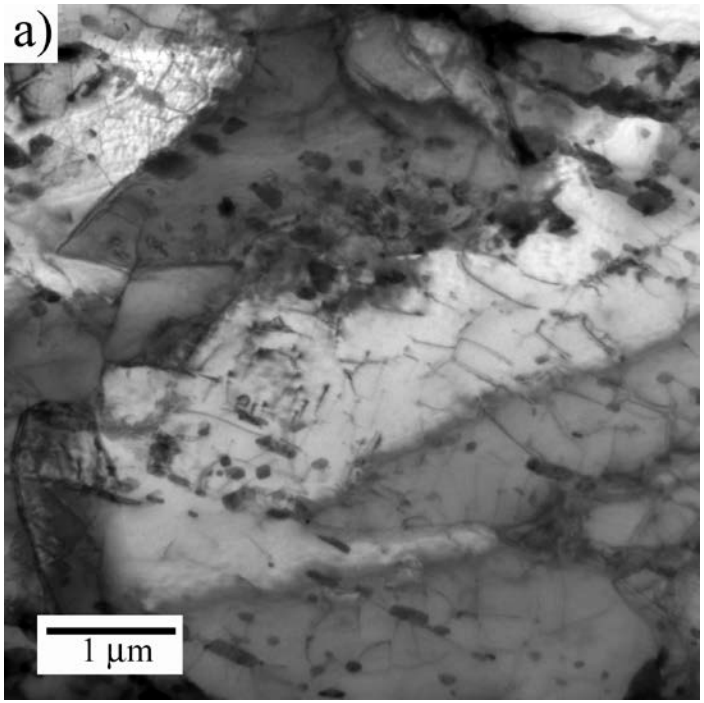
Ocel P92

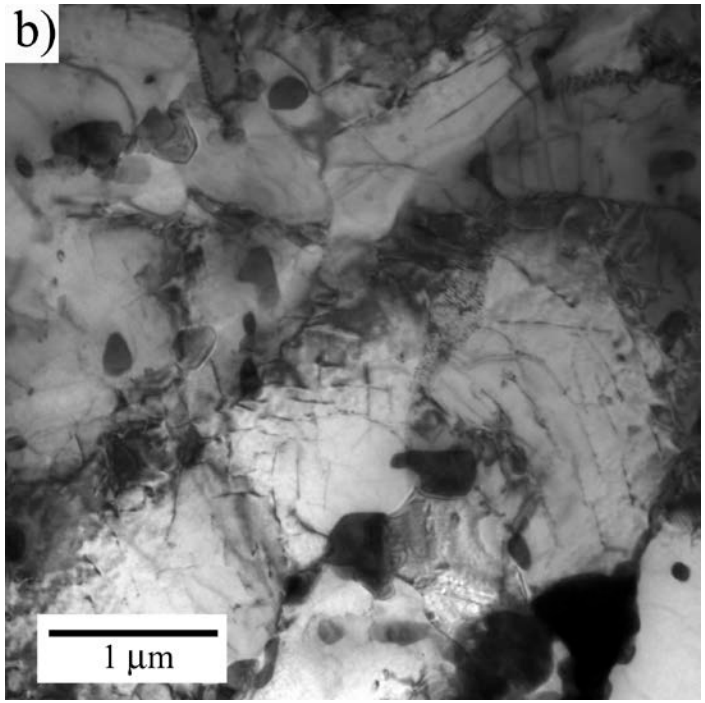




SEM zobrazující mikrostrukturu v různých podmínkách: (a) stav AR, (b) žíhání po dobu 200 hodin a (c) žíhání po dobu 5000 hodin.

Mikrostruktura -CREEP



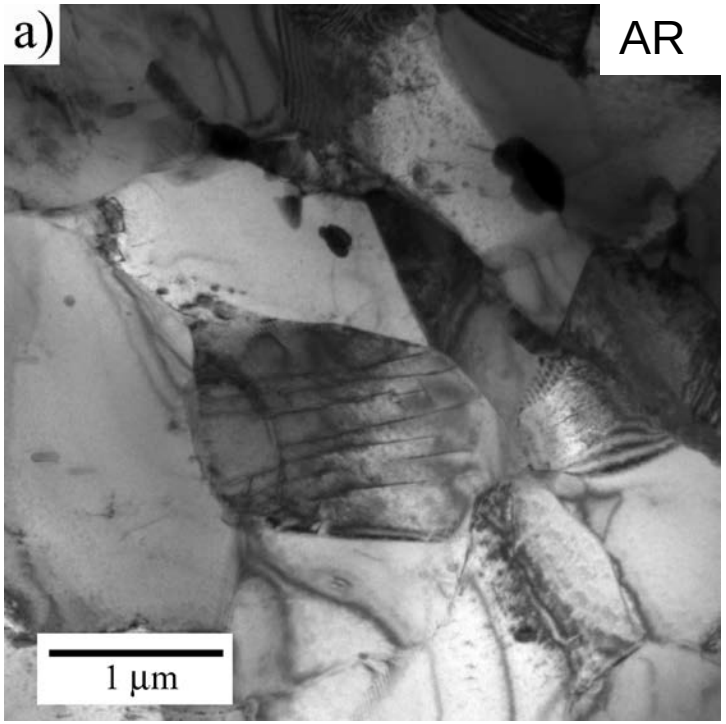


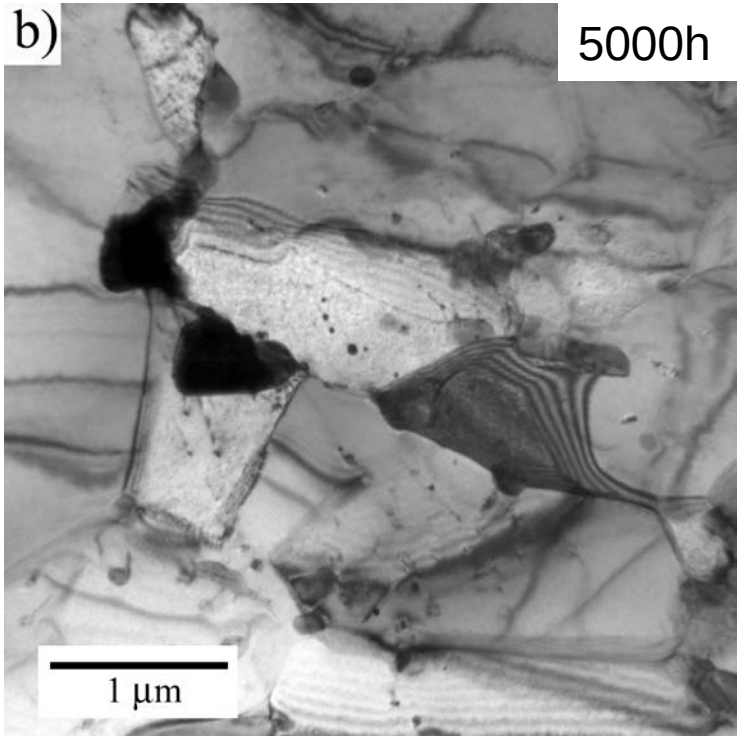
AR state

650°C/5000 h

TEM znázorňující variaci dislokační substruktury a precipitačního hrubnutí v průběhu creepu při teplotě **600°C** a 160 MPa: (a) AR state, and (b) žíhání po dobu 5000h.

Mikrostruktura -CREEP





TEM znázorňující variaci dislokační substruktury a precipitačního hrubnutí v průběhu creepu při teplotě **650°C** a 100 MPa: (a) AR state, and (b) žíhání po dobu 5000h.

Austenitické oceli

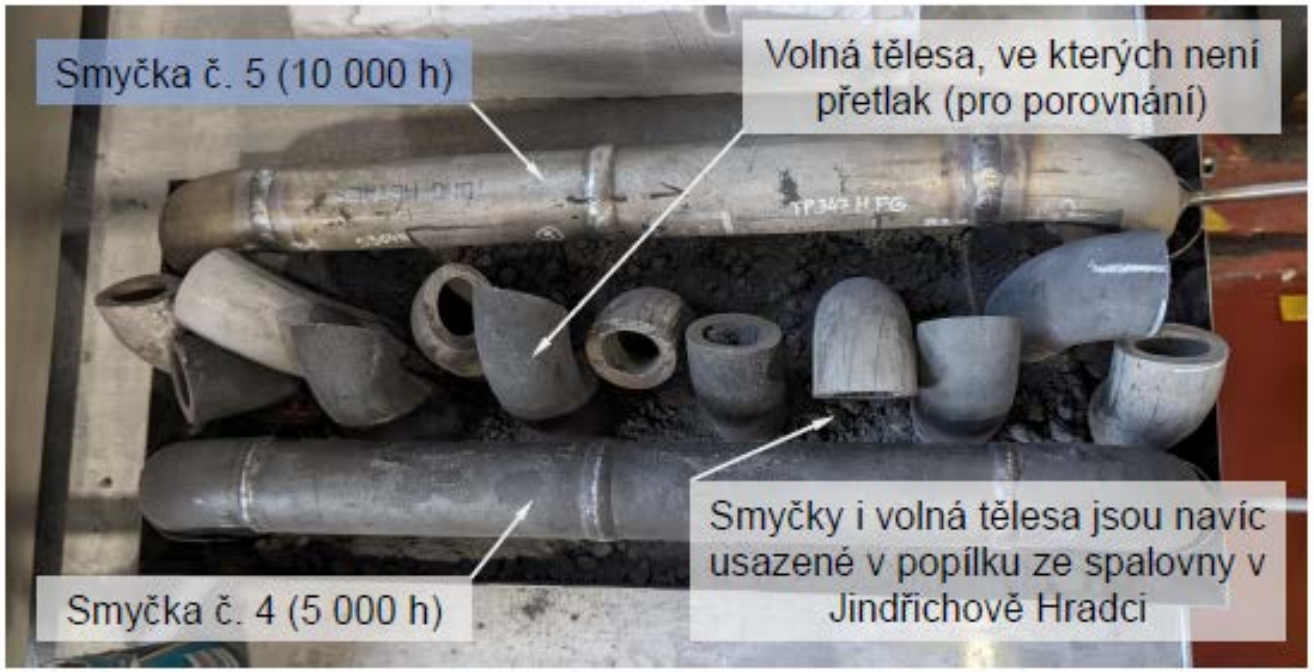
Austenitické oceli - klíčové materiály v energetických zařízeních (parní kotle, jaderné reaktory a turbíny).

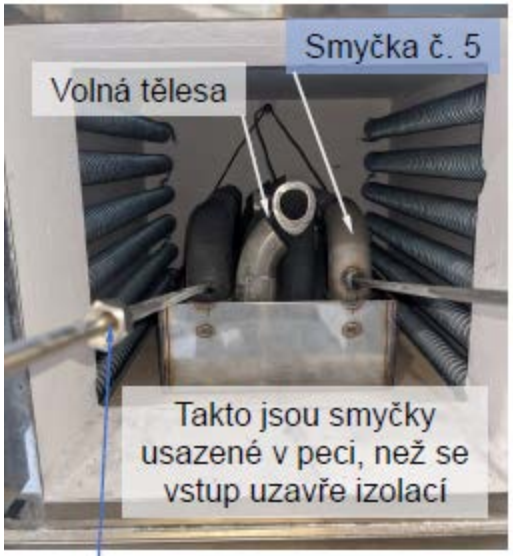
- **Vysoká korozivzdornost a žáropevnost:** Obsahují minimálně 18 % chromu, což zajišťuje odolnost proti oxidaci a korozi v agresivním prostředí (vysokoteplotní pára, spalinová koroze). Jsou schopny pracovat při teplotách přesahujících 700 °C v superkritických elektrárnách.
- **Vynikající houževnatost a tvárnost:** Austenitické oceli zůstávají houževnaté i při kryogenních teplotách a nevykazují křehký lom, což je výhodné pro bezpečnost zařízení.
- **Vysoká odolnost proti tečení (creepová pevnost):** Při dlouhodobém namáhání za vysokých teplot odolávají deformaci, což je zásadní pro trubky přehříváků páry.
- **Dobrá svařitelnost:** Lze je snadno svařovat běžnými technikami, často bez nutnosti předehřevu nebo dodatečného tepelného zpracování.
- **Strukturní stabilita:** Ve srovnání s feritickými ocelemi vykazují menší změny mikrostruktury při dlouhodobém provozu.

Expoziční smyčka

- pec, do které je zasunut svařenec z trubek – smyčka, která je naplněna daným množstvím vody tak, aby po ohřevu na teplotu uvnitř vznikl přetlak
- jmenovité parametry 550 °C/18 MPa /10 000 h

Materiály : SUPER 304H, 347H FG, HR3C





Teplota sledována kontrolními termočlánky na kovu i v popílku, ukládáno do databáze

Ocel Super 304H (označovaná také jako X10CrNiCuNb18-9-3)

- **Provozní teplota:** až **700 °C**.
- **Mechanické zpevnění precipitáty:** Hlavním mechanismem stability je vylučování jemných, tepelně stabilních částic **bohatých na měď (fáze ε-Cu)**, které spolu s karbidy Nb účinně blokují pohyb dislokací
- **Odolnost proti oxidaci**
- **Snížení houževnatosti:** Hrubnutí $M_{23}C_6$ a precipitace sigma σ -fáze na hranicích zrn způsobuje výrazný pokles nárazové práce (zkřehnutí).
- **Oxidace a koroze:** Na vnějším povrchu trubek vzniká oxidační vrstva, přičemž dochází k ochuzení matrice o chrom (Cr-depletion) v blízkosti hranic zrn, což může snížit lokální korozní odolnost.

Ocel **HR3C** (25Cr-20Ni-Nb-N)

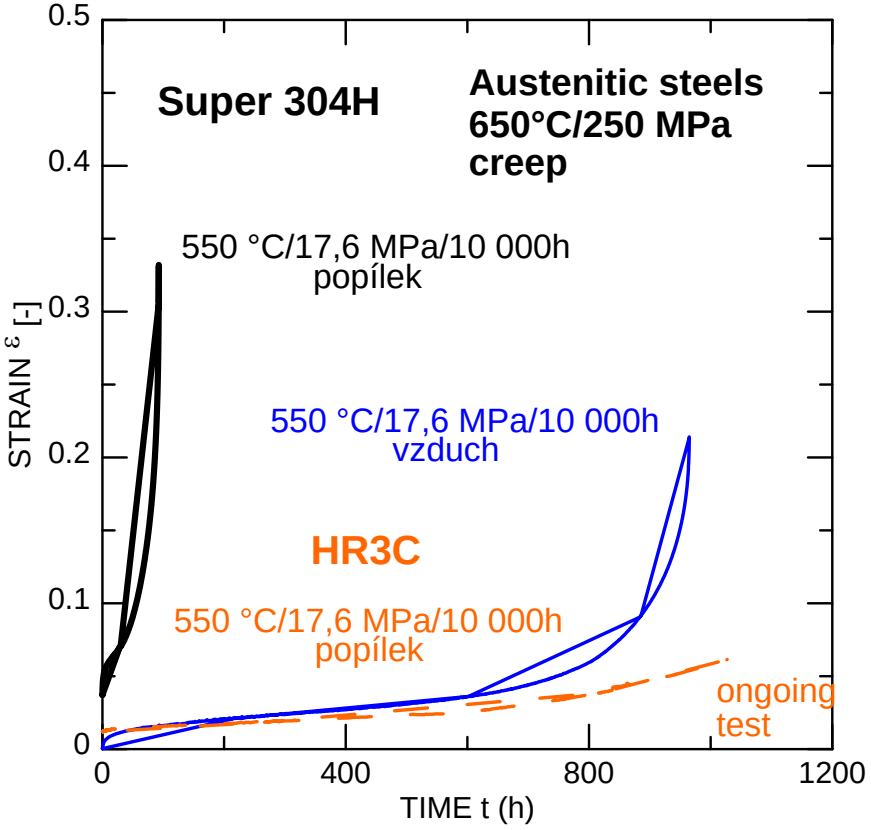
Provozní teploty: 650–660 °C krátkodobě až do **700–750 °C**.

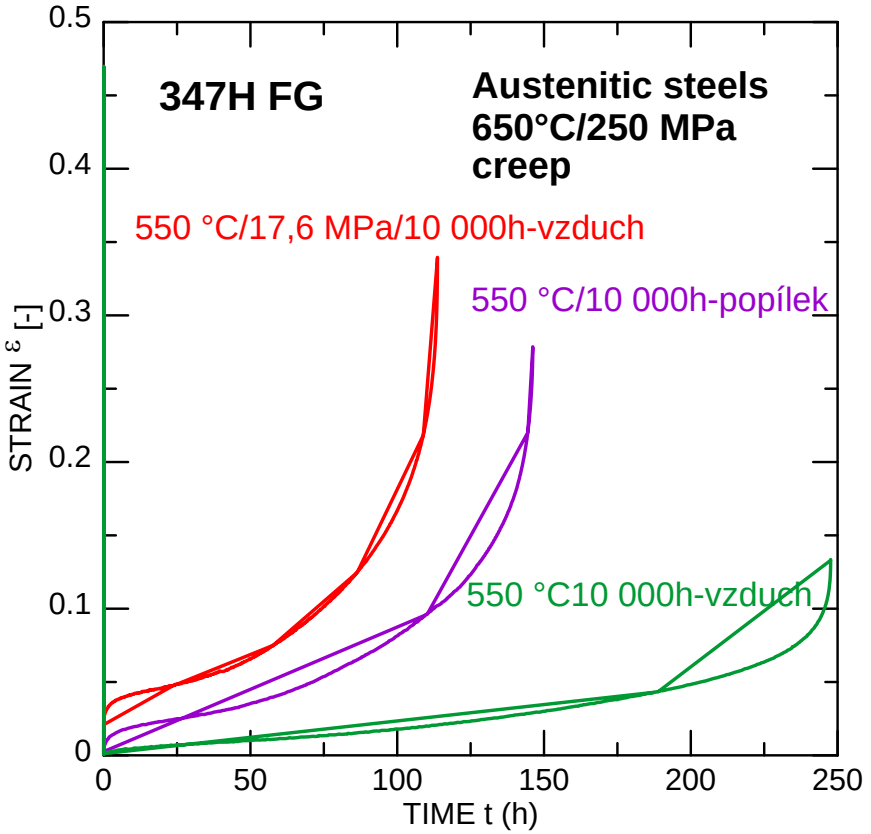
- **Creepová pevnost:** dobrá díky disperzi částic niobu (tzv. **Z-fáze**) , nitridů a $M_{23}C_6$ karbidů které blokují pohyb dislokací
- **Oxidační odolnost:** - odolnost proti vysokoteplotní oxidaci
- **Zkřehnutí :** Dlouhodobé působení teplot nad 600 °C vede k vylučování sekundárních fází (zejména karbidů **$M_{23}C_6$** a **sigma fáze**) na hranicích zrn. To způsobuje prudký pokles vrubové houževnatosti, a to až o **90 %** oproti výchozímu stavu.

Ocel 347H FG (Fine Grain – jemnozrnná)

- **Provozní teplota:** až **750 °C**.
- **Stabilizace Niobem (Nb):** Ocel obsahuje niob (v poměru k uhlíku), který tvoří karbidy a **karbonitridy Nb(C,N),** což zabraňuje vzniku karbidů chromu na hranicích zrn a následné mezikrystalové korozi.
- **Jemnozrnná struktura (FG):** Oproti 347H (která má hrubá zrna) má 347H FG menší zrna, což zlepšuje mechanické vlastnosti za tepla.
- **Dlouhodobá stabilita:** Při dlouhodobém provozu (až 30 000 hodin a více) dochází k precipitačnímu zpevnění. Vnitřní precipitace MX fází **(NbC**) a precipitace $\mathbf{M_{23}C_6}$ karbidů na hranicích zrn zpevňuje matrici.
- **Vznik fáze sigma :** Při velmi dlouhém provozu (nad 600 °C) může docházet k precipitaci křehké **sigma fáze**, což je hlavní degradační proces mikrostruktury, vedoucí k postupnému snížení houževnatosti.

Super 304H + 347H FG

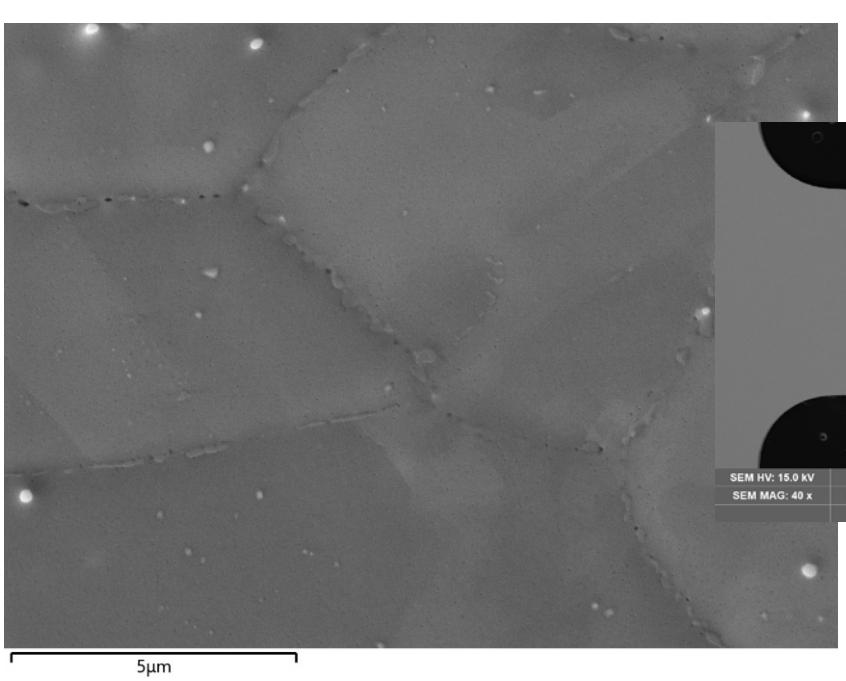


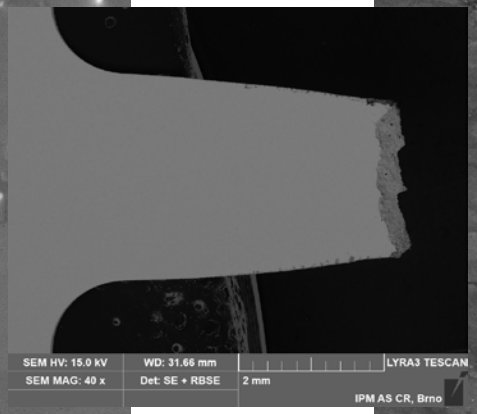


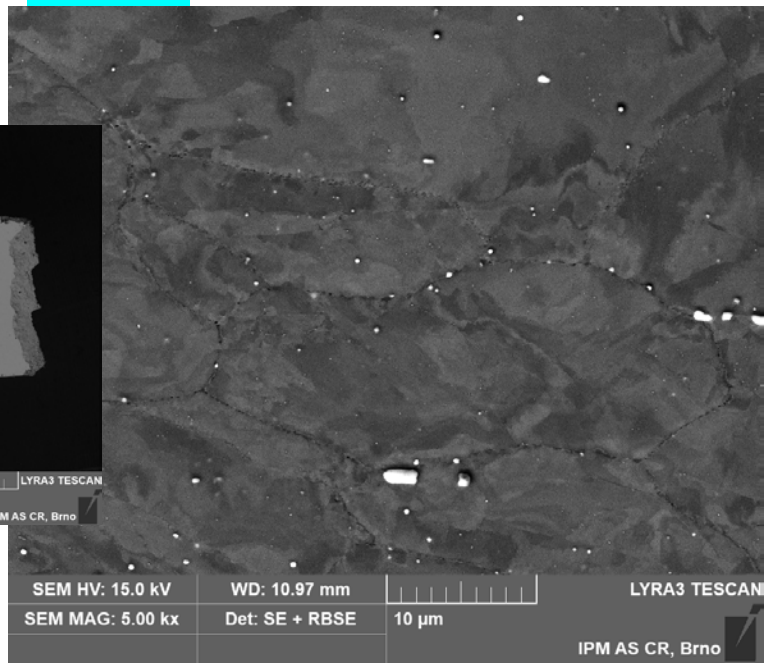
Creepové chování a) ocelí Super304H a HR_3C a b) oceli 347H FG žíhaných v různém prostředí při teplotě 550°C po dobu 10 000h.

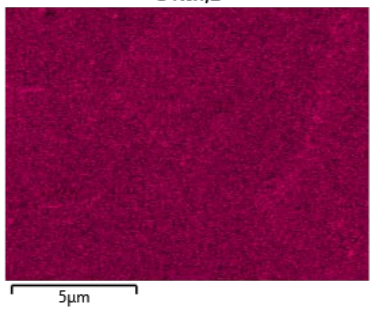
Super 304H

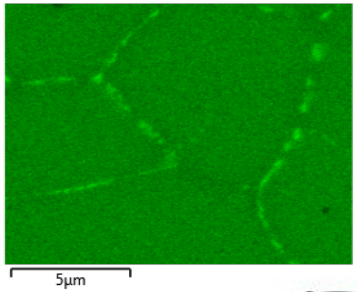
Žíháno: 550 °C/18 MPa /10 000 h na vzduchu

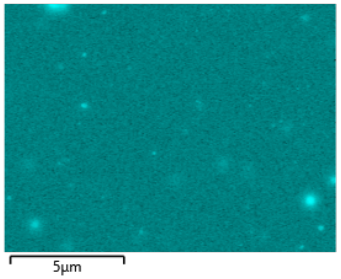


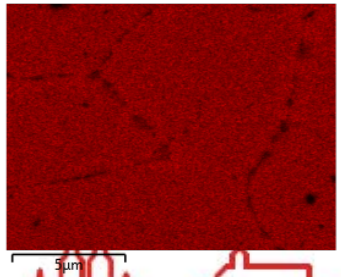








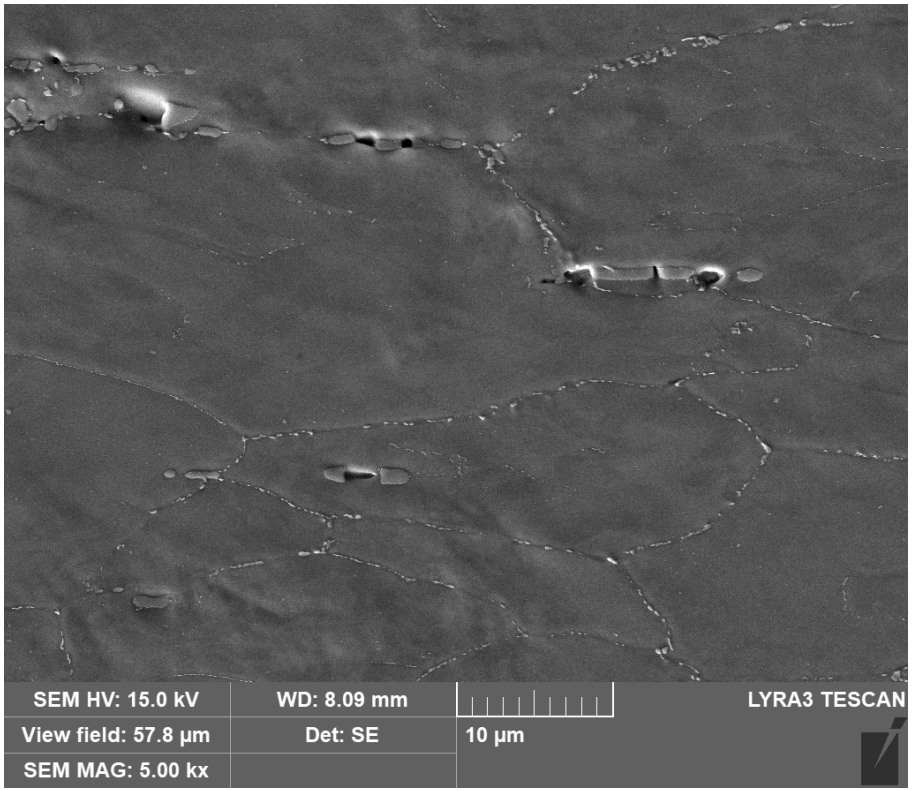


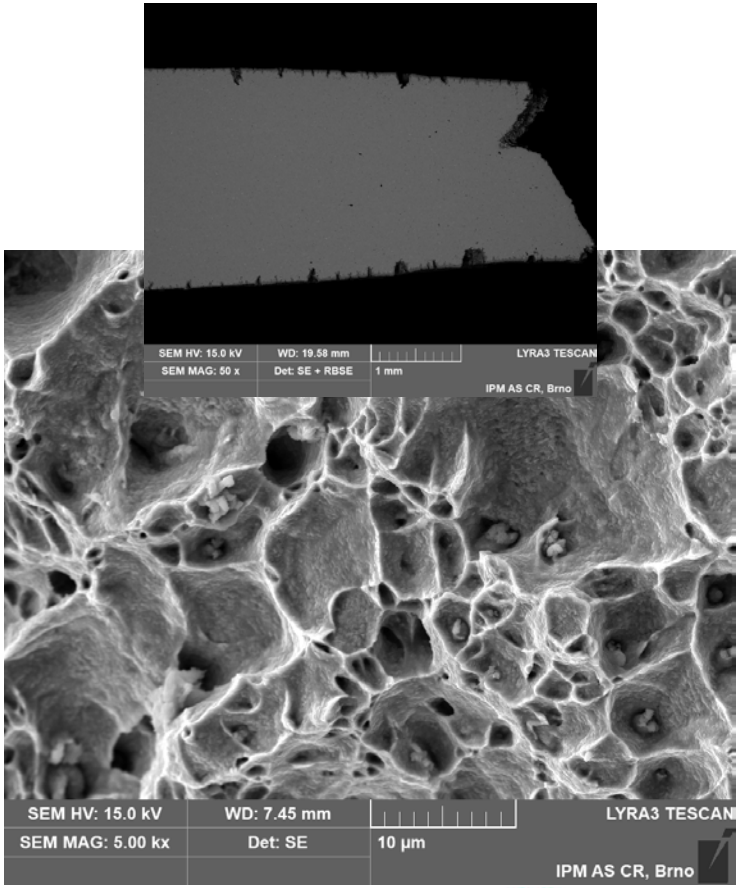


Austenitické oceli

Super 304H

Žíháno: 550 °C/18 MPa /10 000 h v popílku





ZÁVĚRY

- Hlavním zpevňujícím, mechanismem u ocelí **15 128 a P92** je precipitační zpevnění (VCN, Mo_2C, $M_{23}C_6$, VN, NbN), zpevnění tuhého roztoku (Mo, Cr, W), dislokační zpevnění a zpevnění hranicemi zrn.

- Provedené creepové testy ukázaly, že oceli 15 128 a P92 po **dlouhodobém teplotní expozici** vykazují výrazně **nižší creepovou odolnost** v porovnání s výchozím stavem.

- Důvodem je především **hrubnutí karbidických částí**, jejich **segregace** na hranicích zrn, **nárůst (sub)zrna** a **zotavení mikrostruktury**.

ZÁVĚRY

- Hlavním zpevňujícím, mechanismem u austenitických ocelí je **precipitační zpevnění** Nb(C,N), $M_{23}C_6$, NbCrN (Z-fáze) a zpevnění tuhého roztoku (Cr, Ni, N).
- Mezi hlavní **degradační** procesy u austenitických ocelí **patří precipitace fází** (zejména σ-fáze) a **hrubnutí částic** zpevňujících matrici.
- Austenitické oceli žíhané v prostředí popílku vykazují výrazně **nižší creepovou odolnost**
- Popílek obsahuje sloučeniny **síry**, alkalické kovy (Na, K) a někdy chloridy či vanad. Tyto taveniny rozpouštějí ochranný oxid chromitý (Cr_2O_3) a může docházet **penetraci hranic zrn** a následně **oslabení koheze materiálu**.

Děkuji za pozornost

The authors acknowledge financial support for this study provided by the project PSSITE No. CZ.02.01.01/00/23_020/0008549 of the Programme Johannes Commenius, call Intersectional Cooperation.

ČISTÁ
ENERGIE
ZÍTŘKA

Spalování biomasy v teplárenství

Bořek Neumann

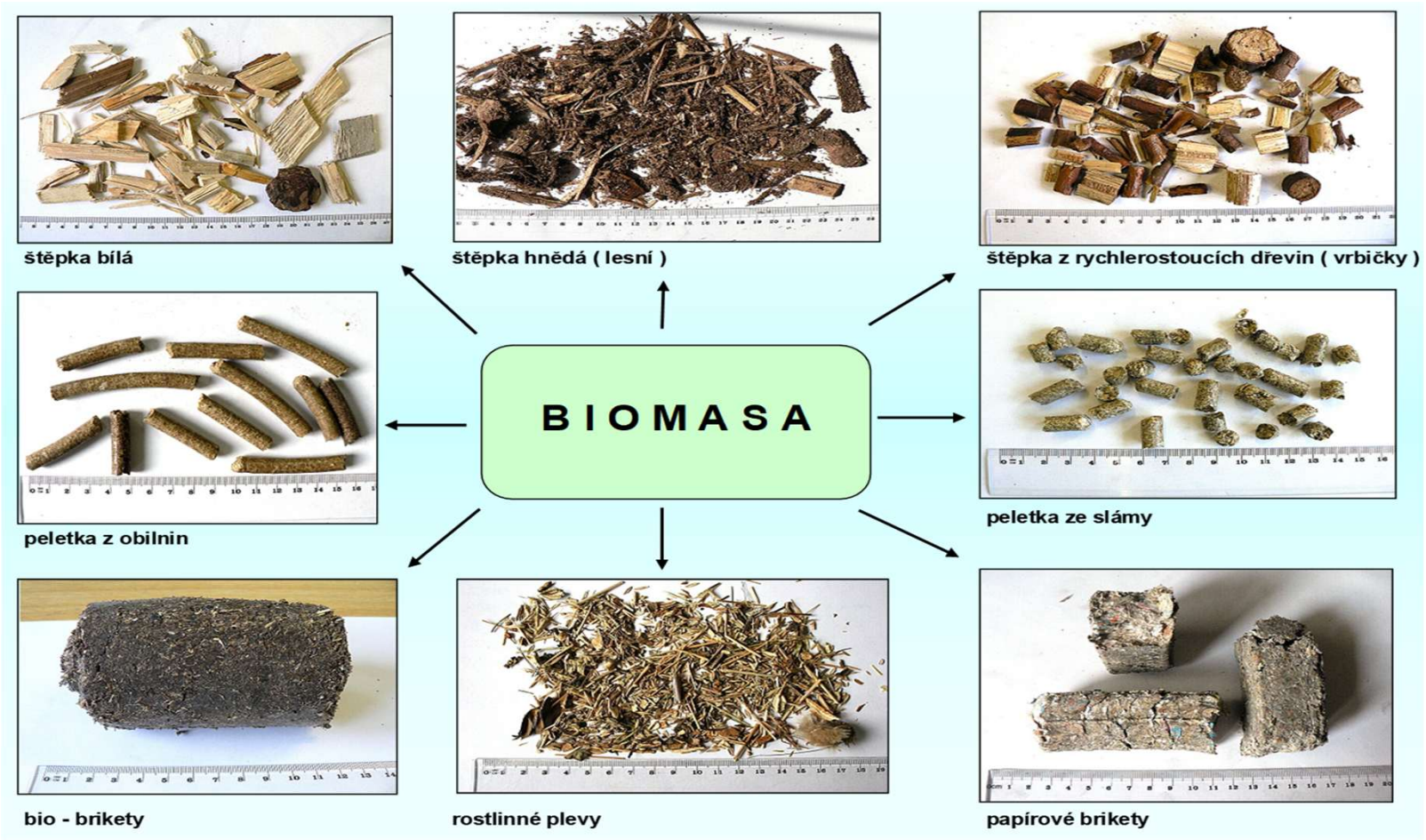
Kotle, tepelná a jaderná energetika 2026, 9. - 10. 03. 2026

Obsah

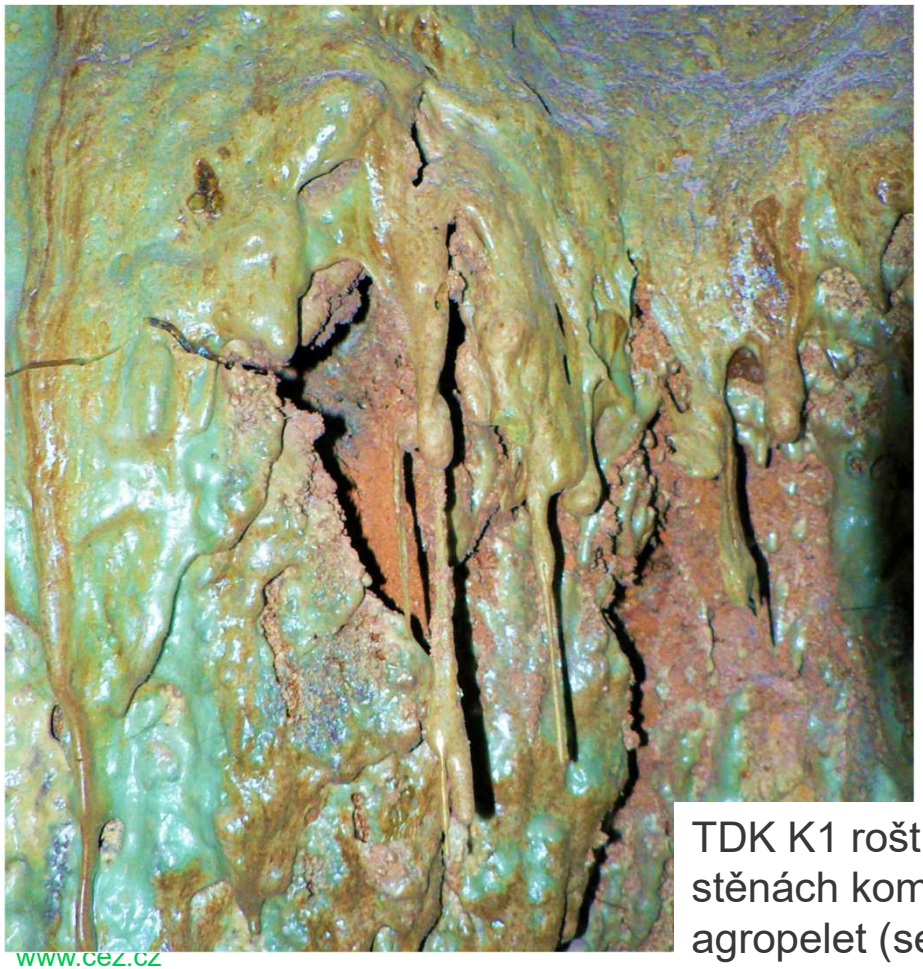
- Naše zkušenosti
- Nové BM zdroje pro teplárenství

Naše zkušenosti

Co vše prošlo našimi kotli?



Naše zkušenosti
Co vše prošlo našimi kotli, a co z toho lezlo ven?



TDK K1 rošt. : „sklo“ na stěnách komory při spalování agropelet (seno/sláma/otruby)

Naše zkušenosti - od začátku jsme u toho

Motiv v začátcích: **Zelený bonus na el. + úspora vápence na FK + EU ETS (CO_2)**

- **1999 - 2000** – provozní zkoušky spoluspalování (ssp) HU a otrub; později i dřevní štěpky v EHO
- **Povolení ČIŽP pro změnu palivové základny v EHO,** do konce 2000 spáleno cca 2 400 tun BM
- **Rozšíření nasazení režimu ssp** v dalších OJ (kromě EHO také v EPO, ETI, ELE a TDK); postupné zvyšování obsahu biomasy ve směsi s uhlím až na tepelný obsah 20 - 25 %
- **Překročení hranice 300 GWh (300 000 MWh) vyrobených z biomasy v 2008,** což znamená náhradu více jak 200 tisíc tun uhlí a zhruba 15 % podíl výroby z obnovitelných zdrojů (OZE)

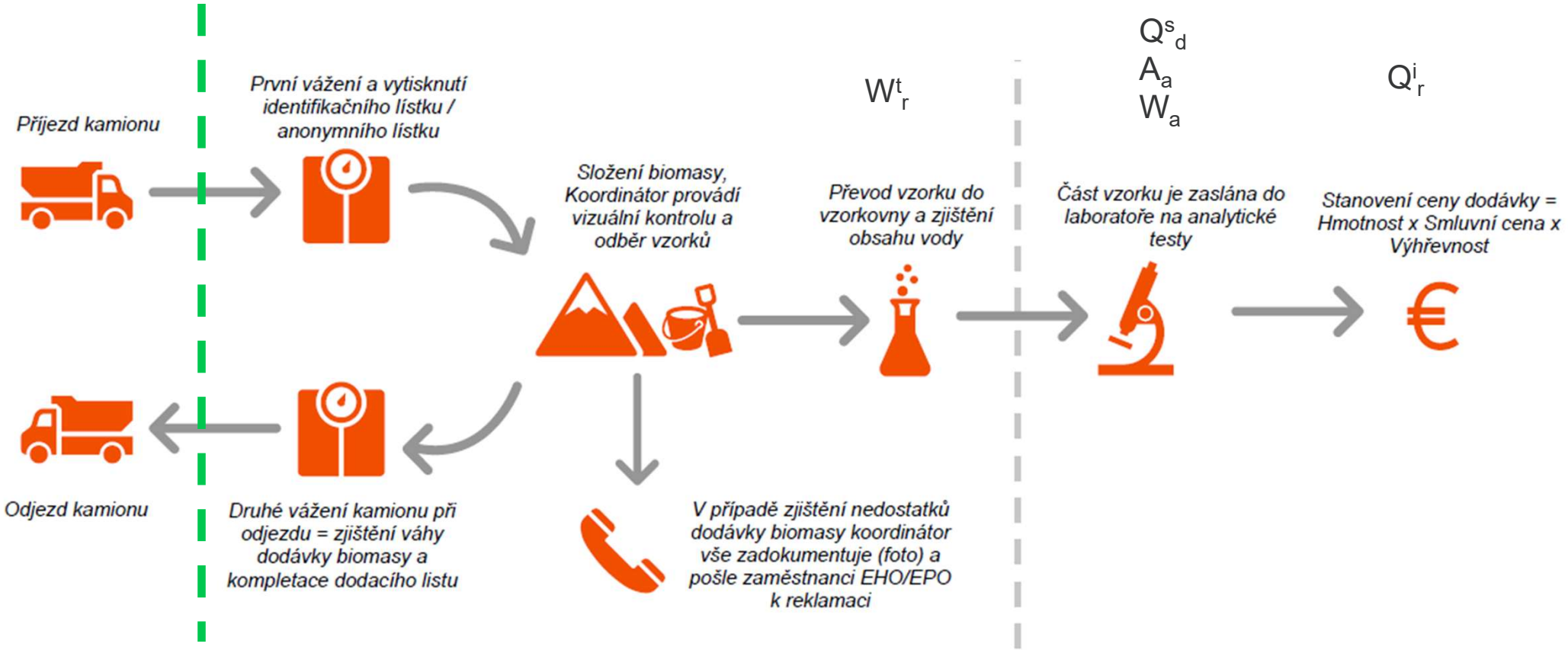
Naše zkušenosti
FK EHO a EPO na 100% štěpky 2010/2012

- **Pro další zvyšování podílu BM byly již nutné investice významného rozsahu do vlastní konstrukce kotlů a jejich příslušenství**

- Zásadní problémy:
  - **doprava dostatečného množství tohoto paliva do komory kotle** (uhlí má pro dopravu a mechanizované skladování výrazně lepší vlastnosti než 90 % z běžně využívaných druhů a forem BM)
  - **nízký tepelný obsah** srovnatelného objemu uhlí a běžné BM
  - **klenbování a nalepování**, kdy běžný „uhelný“ zásobník se zúžením ve spodní části je sice možné biomasou naplnit, ale ne vyprázdnit
  - sezónní výkyvy v kvalitě BM

Proces přejímky, kontroly a analýzy biomasy

REZBIO ⟷ ESADA



Vybavení vzorkovna a laboratoř

>200 t/rok biomasy

- Vzorkovna
  - počítač + čtečka + váha
  - 3x sušící pec
  - 2x mlýn
- Laboratoř
  - počítač
  - 4x kalorimetr
  - 1x váha
  - 3x TGA

<200 t/rok biomasy

- Vzorkovna
  - počítač + čtečka + váha
  - 1x sušící pec
  - 2x mlýn
- Laboratoř
  - počítač
  - 2x kalorimetr
  - 1x váha
  - 2x TGA

Biomasový kotel K16

Zhotovitel: ČEZ Energetické služby

Dodavatel: DT EnergieTech

Výrobce kotlového systému: Justsen Energiteknin A/S

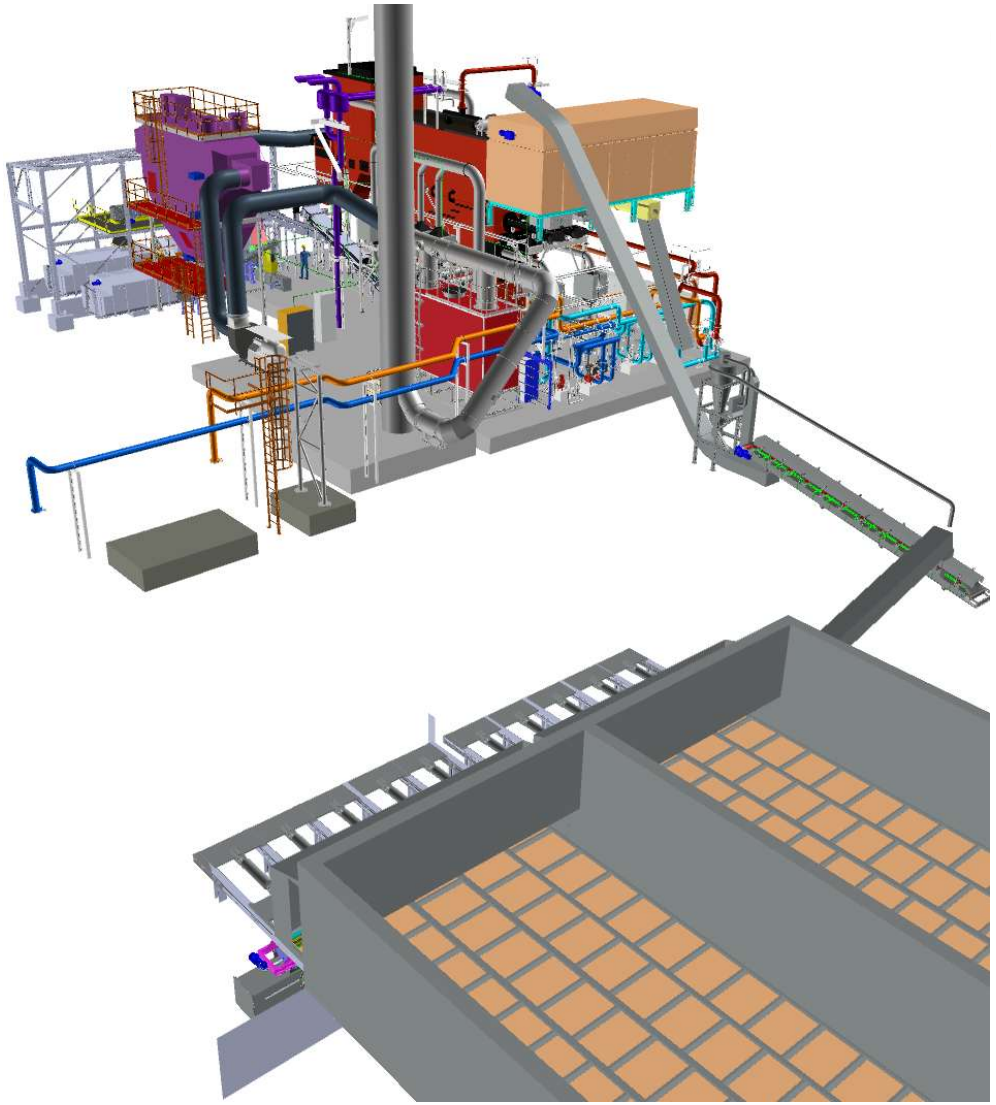
Horkovodní, roštový kotel

- **Tepelný výkon: 8 MWt**

- Dokončení montáže: 11/2023
- Zkušební provoz: od 28. 11. 2023 do 30. 11. 2024
- **Garanční test A: 13. 12. 2023**
- **Garanční test B: 19. 11. 2024**

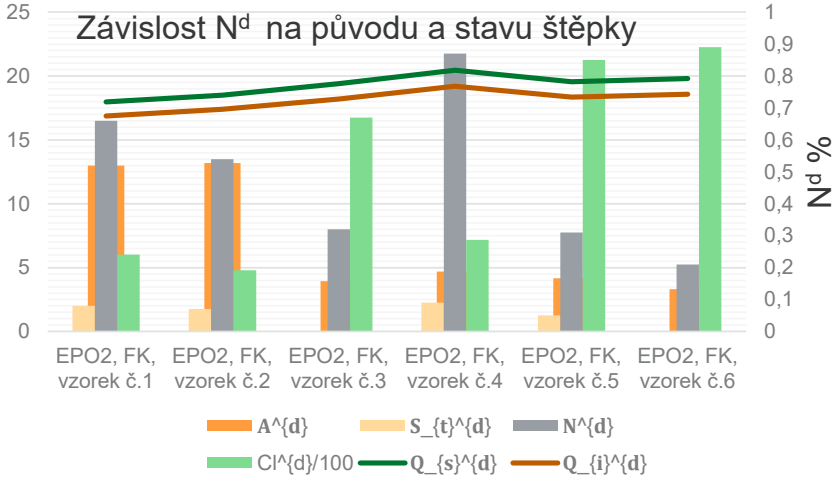
První zkušenosti:

- Problémy s dopravou paliva
- Vyšší emise NOx



TDK – K16 (dřevní štěpka) - problémy a řešení NOx

Výsledky analýz lesní štěpky z dodávek do EPO



EPO2, FK, vzorek č.1	hnědý klest
EPO2, FK, vzorek č.2	hnědý klest
EPO2, FK, vzorek č.3	směs pila
EPO2, FK, vzorek č.4	zelený klest
EPO2, FK, vzorek č.5	směs pila
EPO2, FK, vzorek č.6	třísky pila

Závěr:
Lesní štěpka běžně nabývá N^d od 0,2 do 0,8 %.

Čím více zeleného jehličí a listí, tím větší N^d a naopak.

Od 09/2024 – zahájena spolupráce Zhotovitele s VŠB na seřízení kotle

- Aplikace zjištěných naměřených dat
- Instalace směrových dyšen sekundárního vzduchu
- Rozdělení vlivu korekcí SekVzd a TercVzd
- Doladění spalovacího procesu (rychlost posunu roštu apod.)

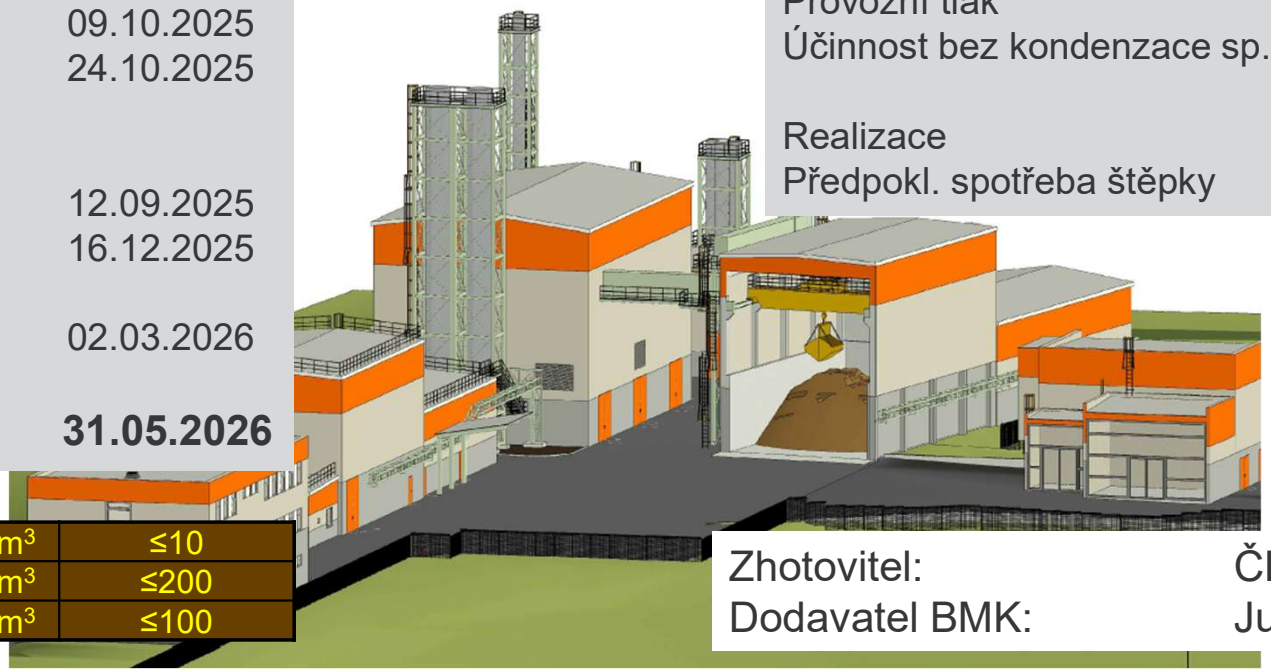
10/2024 Emise NOx při spalování běžné lesní štěpky NOx < 200 mg/Nm³

Při kvalitním seřízení kotle SNCR / SCR zvažovat pouze v případě limitů NOx pod cca 180 mg/Nm³

Aktuální stav výstavby BMK v EDE

Hlavní milníky	
Podpis SoD	21.05.2024
Dokumentace pro SP	18.10.2024
Předání staveniště	17.03.2025
Kotel:	
Montáž technologie	09.10.2025
Montáž střechy – fin.	24.10.2025
Sklad BM:	
Montáž technologie	12.09.2025
Montáž střechy – fin.	16.12.2025
Ukončení všech montáží	02.03.2026
Gar. test „A“	**31.05.2026**

Tep. výkon kotle jmenovitý	MWt	8
Palivo – dřevní štěpka	MJ/kg	8 - 11
Tep. výkon - rozsah %	30-100	
Tep. v topné větvi max.	°C	135
Tep. v topné větvi min.	°C	90
Provozní tlak	MPa	1,9
Účinnost bez kondenzace sp.	%	89,9
Realizace	2025 – 2026	
Předpokl. spotřeba štěpky	25 500 t/rok	



Emise TZL	mg/Rm^3	≤10
Emise NO_x	mg/Rm^3	≤200
Emise CO	mg/Rm^3	≤100

Zhotovitel: ČEZ ESL, s.r.o.
Dodavatel BMK: Justsen

Aktuální stav přípravy BMK v EPR

Emise TZL	mg/Rm^3	≤13
Emise NO_x	mg/Rm^3	≤200
Emise CO	mg/Rm^3	≤300

Hlavní milníky	
Podpis SoD	12/2025
Předání staveniště	06/2026
Ukončení všech montáží	07/2027
Gar. test „A“	**12/2027**

Tep. výkon kotlů jmenovitý	MWt	2 x 17,5
Palivo – dřevní štěpka	MJ/kg	8 - 11
Tep. výkon - rozsah %	30-100	
Tep. v topné větvi max.	°C	130
Tep. v topné větvi min.	°C	80
Provozní tlak	MPa	0,8-1,45
Účinnost se spalinovým výměníkem >		97,5%
Realizace	2025 - 2027	

Podepsána SoD

Vizualizace je převzata z dokumentace pro územní rozhodnutí a je tedy pouze přibližná

Aktuální stav přípravy BMK v TTR

Hlavní milníky	
Podpis SoD	12/2025
Předání staveniště	08/2026
Kotel + sklad:	
Ukončení všech montáží	12/2027
Komplexní vyzkoušení	04/2028
Gar. test „A“ (PAC)	**05/2028**

Tep. výkon kotle jmenovitý	MWt	32
Palivo – dřevní štěpka	MJ/kg	8 - 11
Tep. výkon - rozsah %	%	30-100
Teplota páry výstupní	°C	245
Jmenovitý přetlak páry	1,4	MPa
Účinnost	%	92
Realizace	2026 - 2028	

Podepsána SoD

Aktuální stav přípravy BMK v EHO

Hlavní milníky	
Podpis SoD	01/2027
Předání staveniště	08/2027
Kotel:	
Ukončení všech montáží	12/2028
Komplexní vyzkoušení	04/2028
Gar. test „A“ (PAC)	**04/2029**

Tep. výkon kotle jmenovitý	MWt	14
Množství páry na výstupu	t/h	21
Palivo – dřevní štěpka	MJ/kg	8 - 11
Tep. výkon - rozsah %	%	30-100
Teplota páry výstupní max.	°C	240
Jmenovitý přetlak páry	1,4	MPa
Účinnost	%	min. 93
Realizace	2027 - 2029	

Probíhá výběrové řízení

Emise TZL	mg/Rm^3	≤13
Emise NO_x	mg/Rm^3	≤200
Emise CO	mg/Rm^3	≤500

Aktuální stav přípravy BMK v ELE

Hlavní milníky	
Podpis SoD	6/2027
Předání staveniště	6/2028
Kotel:	
Ukončení všech montáží	10/2029
Komplexní vyzkoušení	12/2029
Gar. test „A“ (PAC)	**01/2030**

Tep. výkon kotle jmenovitý	MWt	20
Množství páry na výstupu	t/h	30
Palivo – dřevní štěpka	MJ/kg	8 - 11
Tep. výkon - rozsah %	%	30-100
Teplota páry výstupní max.	°C	250
Jmenovitý přetlak páry	MPa	1,6
Účinnost	%	91

Emise TZL	mg/Rm^3	≤5
Emise NO_x	mg/Rm^3	≤200
Emise CO	mg/Rm^3	≤500

Aktuální stav přípravy BMK v EPO

Hlavní milníky	
Podpis SoD	06/2027
Předání staveniště	04/2028
Kotelna:	
Ukončení všech montáží	10/2029
Komplexní vyzkoušení	05/2030
Gar. test „A“ (PAC)	**05/2030**

Tep. výkon kotle jmenovitý	MWt	2×25
Množství páry na výstupu	t/h	61
Palivo – dřevní štěpka	MJ/kg	8 - 11
Tep. výkon - rozsah %	%	30-100
Výkon protitlaké turbíny	MWe	10
Účinnost vč. kondenzace sp.	%	>90
Realizace	2028 - 2030	

Emise TZL	mg/Rm^3	≤5
Emise NO_x	mg/Rm^3	≤120
Emise CO	mg/Rm^3	≤200

ČISTÁ
ENERGIE
ZÍTŘKA

Děkuji za pozornost.

Bořek Neumann

ČISTÁ ENERGIE ZÍTŘKA

ELEKTRÁRNA LEDVICE

provoz 2025 & energetický mix po 2030

Petr Jirava

E provozu, údržby a rozvoje B6 660MW / Ledvice

Interní / Internal

AGENDA

- B4,6 provoz 2025
- ELE konec dožité technologie
- ELE výhled 20XX

Interní / Internal

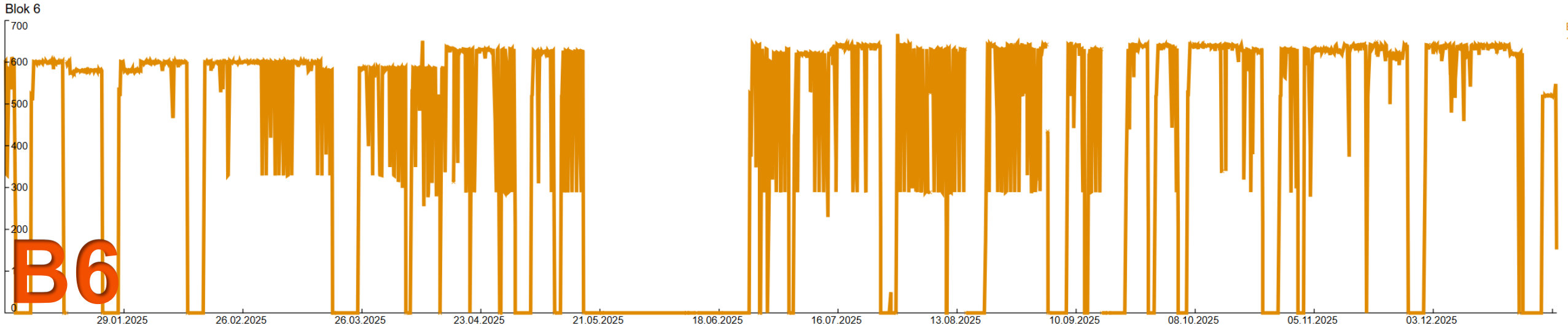
AGENDA

- **B4,6 provoz 2025**

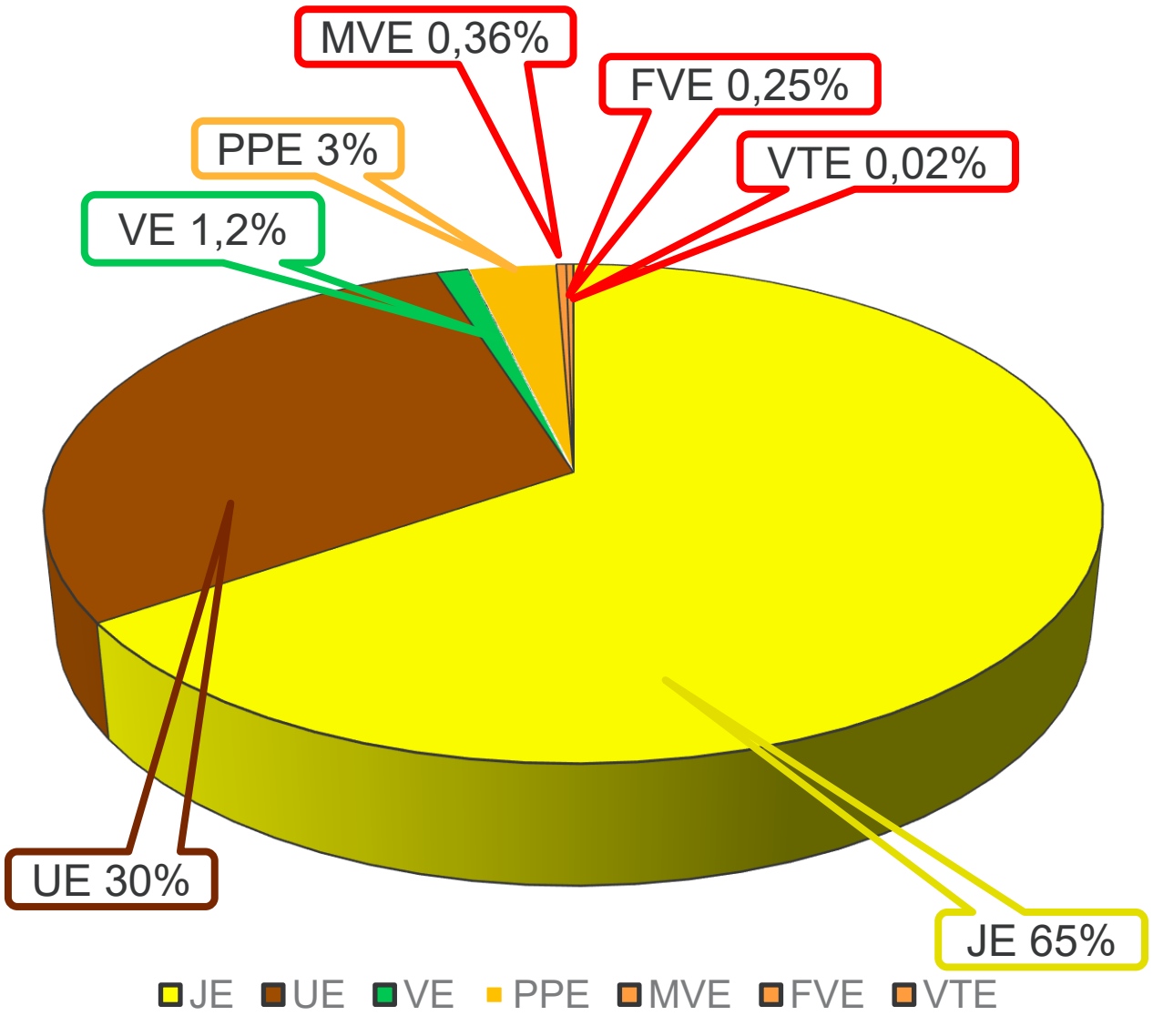
ELE konec dožité technologie

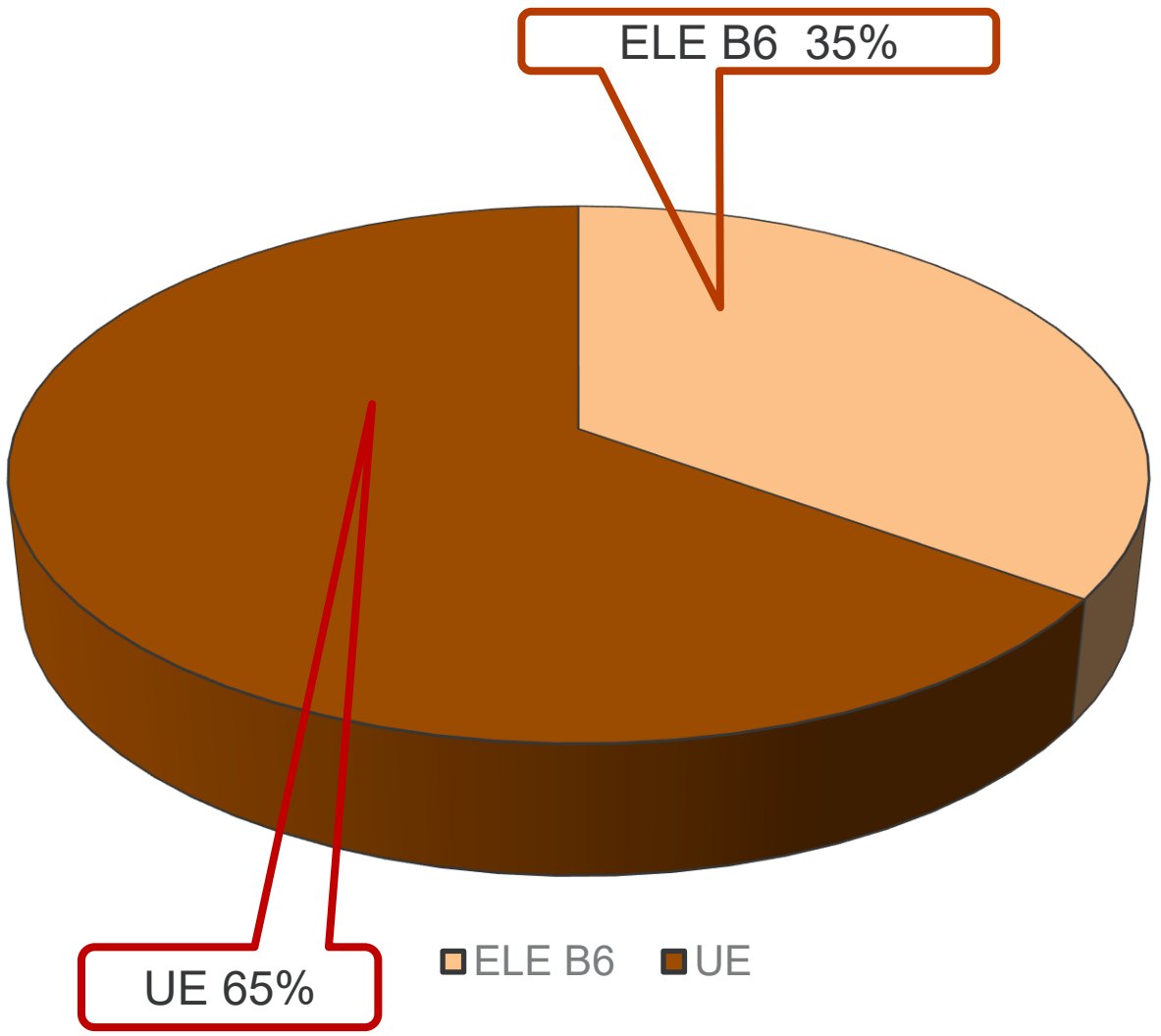
ELE výhled 20XX

ELE provoz 2025 – B4, B6

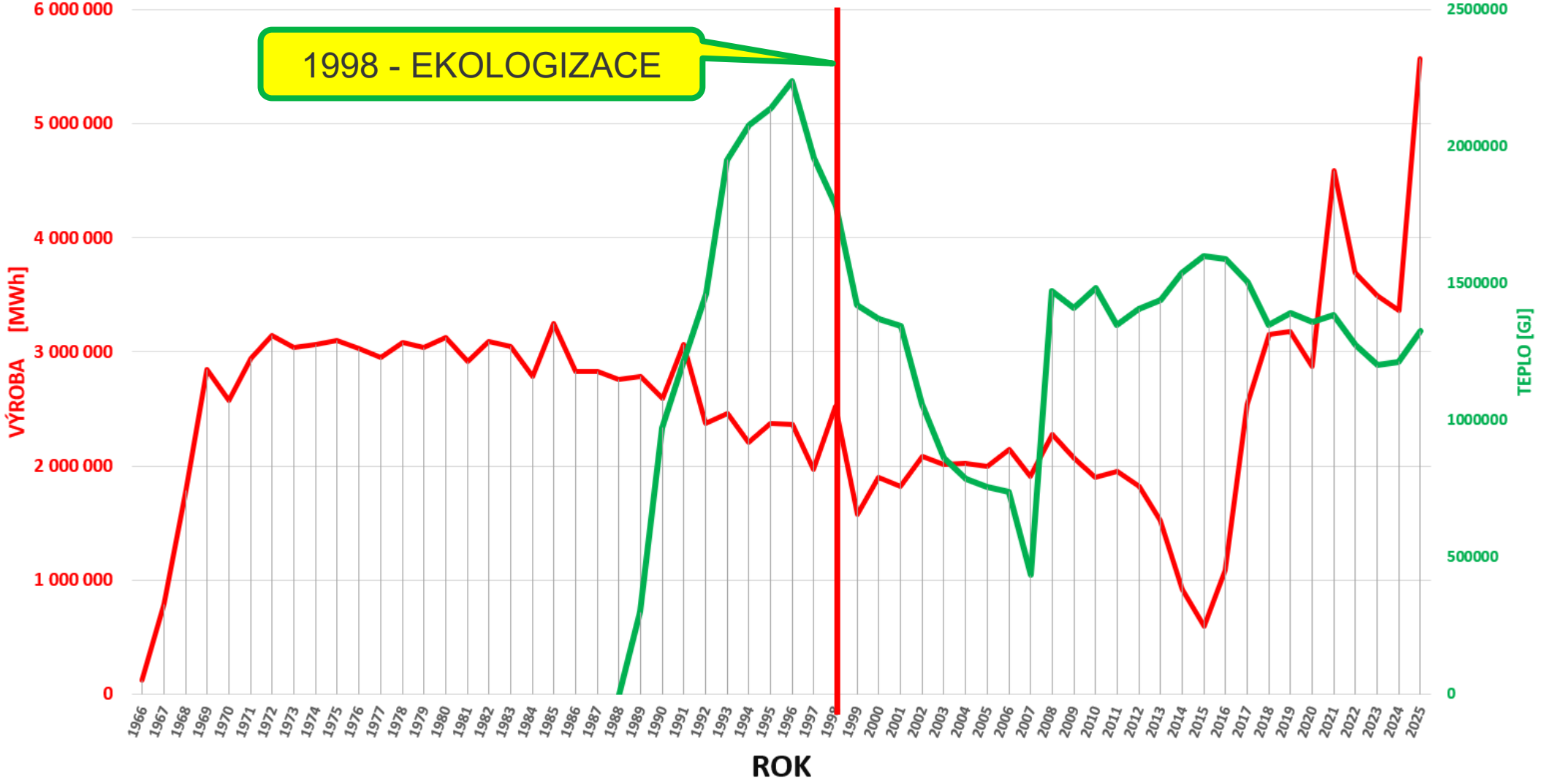


2025 - ČEZ výroba & ELE B6 1/4 výroby UE



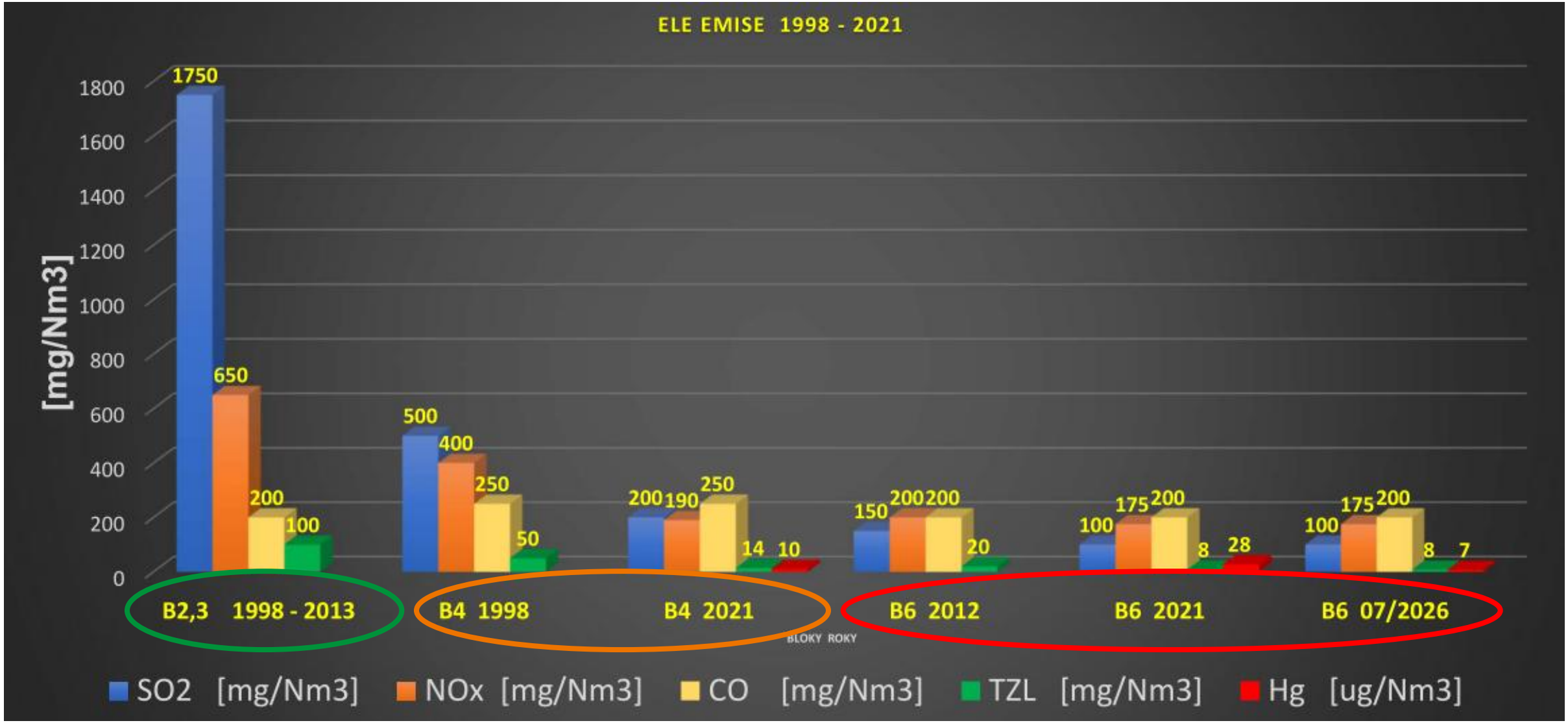


Elektrárna Ledvice Výroba – MW / TEPLO 1966 – 2025



Elektrárna Ledvice

EKOLOGIZACE SNIŽOVÁNÍ EMISÍ 1998 – 2026/07



Interní / Internal

AGENDA

B4,6 provoz 2025

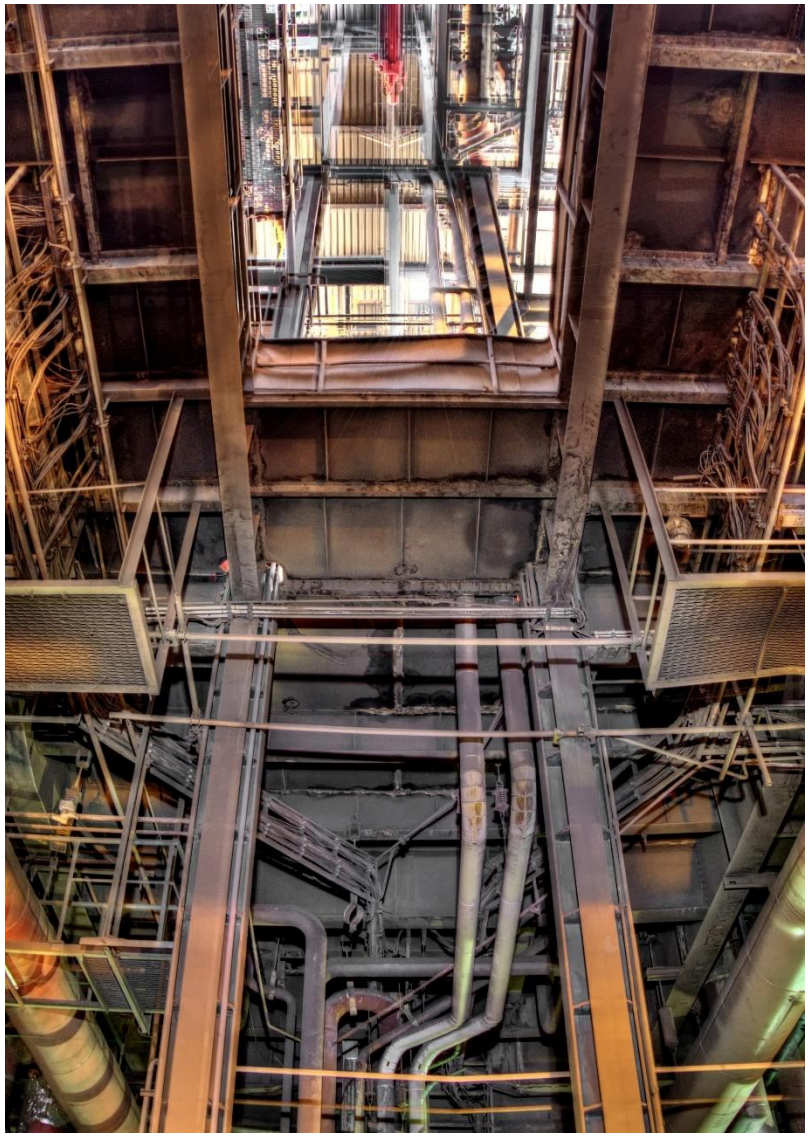
➡ ELE konec dožité technologie

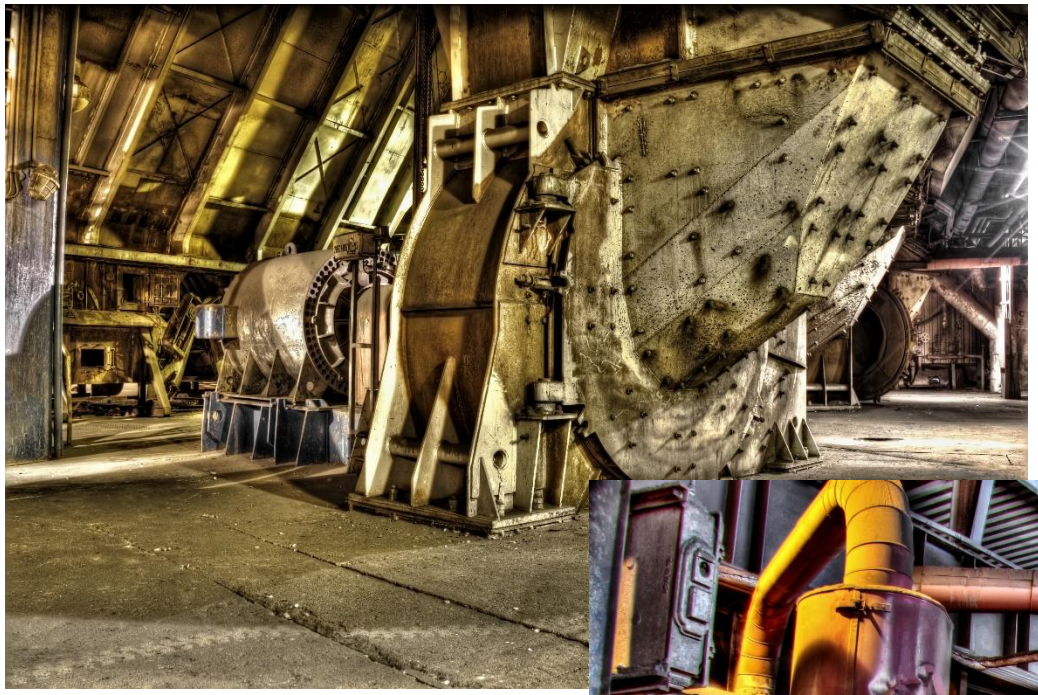
ELE výhled 20XX

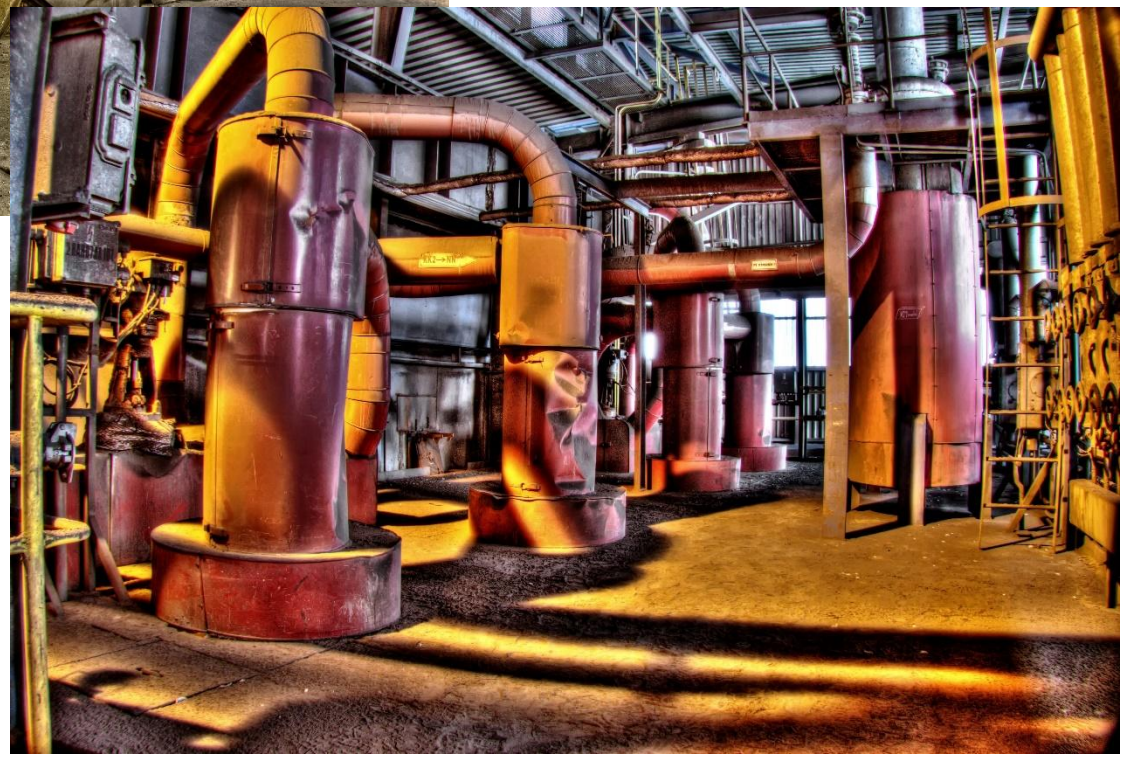
DEMOLICE FGD K2,3

DEMOLICE FGD K2,3
09/2024 – 03/2025

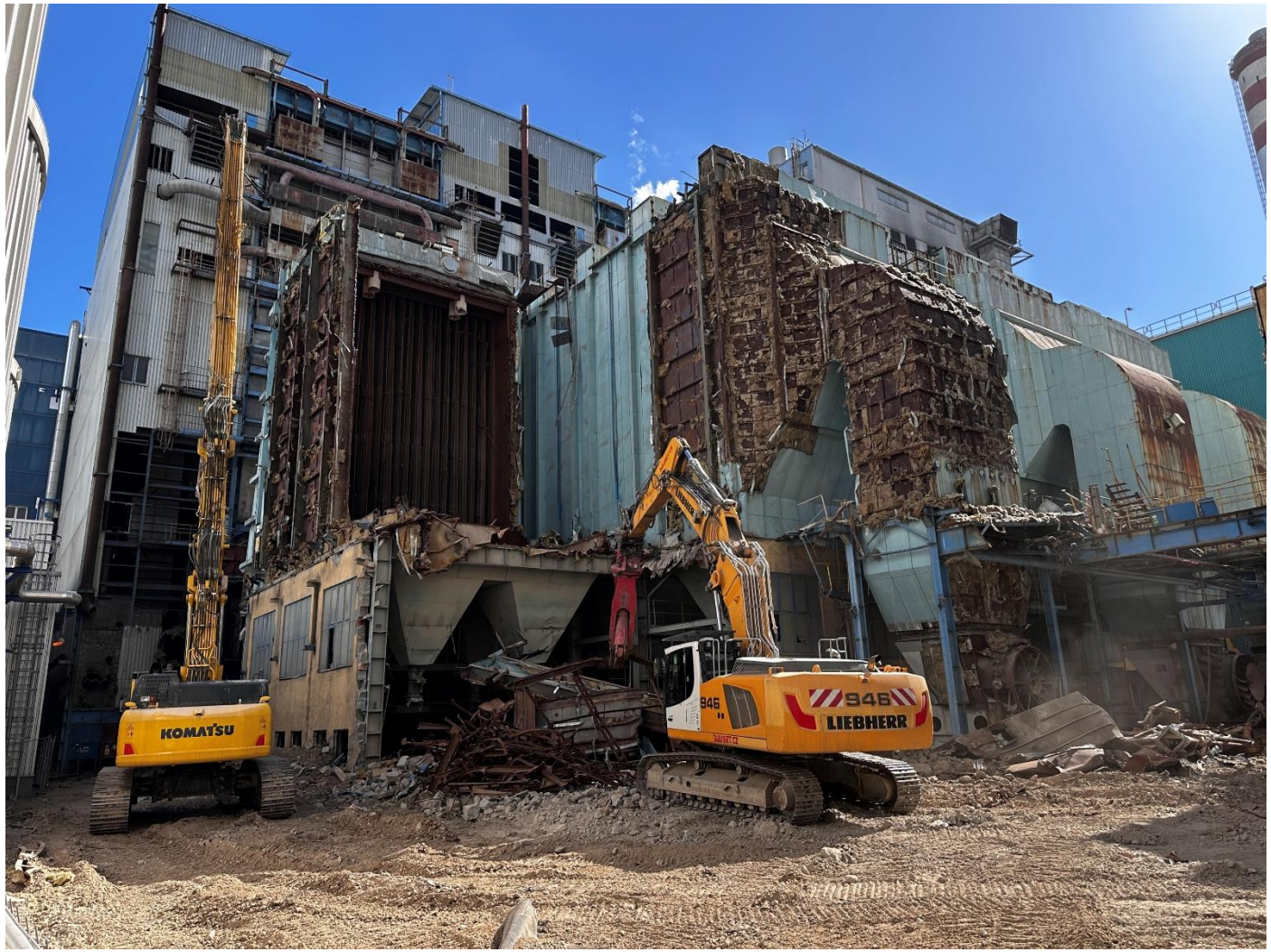
DEMOLICE K2,3







DEMOLICE K2,3



DEMOLICE K2,3

DEMOLICE K2,3

12/2024

06/2025

DEMOLICE K2,3

DEMOLICE K2,3

DEMOLICE K2,3
PŘÍPRAVA NA REPOWERING PPC LEDVICE

Interní / Internal

AGENDA

B4,6 provoz 2025

ELE konec dožité technologie

➡ ELE výhled 20XX

Ledvice energetický MIX – výhled po 2030

Směřování

- **Hybridní energetický areál**
- Stabilní + obnovitelné zdroje
- Flexibilní a nízkoemisní provoz
- Dlouhodobá stabilita dodávek

Klíčové zdroje

- Uhelný blok B6 – stabilní výkon

Ledvice energetický MIX – výhled po 2030 - uhlí

Ledvice energetický MIX - výhled po 2030 FVE

Směřování

- **Hybridní energetický areál**
- Stabilní + obnovitelné zdroje
- Flexibilní a nízkoemisní provoz
- Dlouhodobá stabilita dodávek

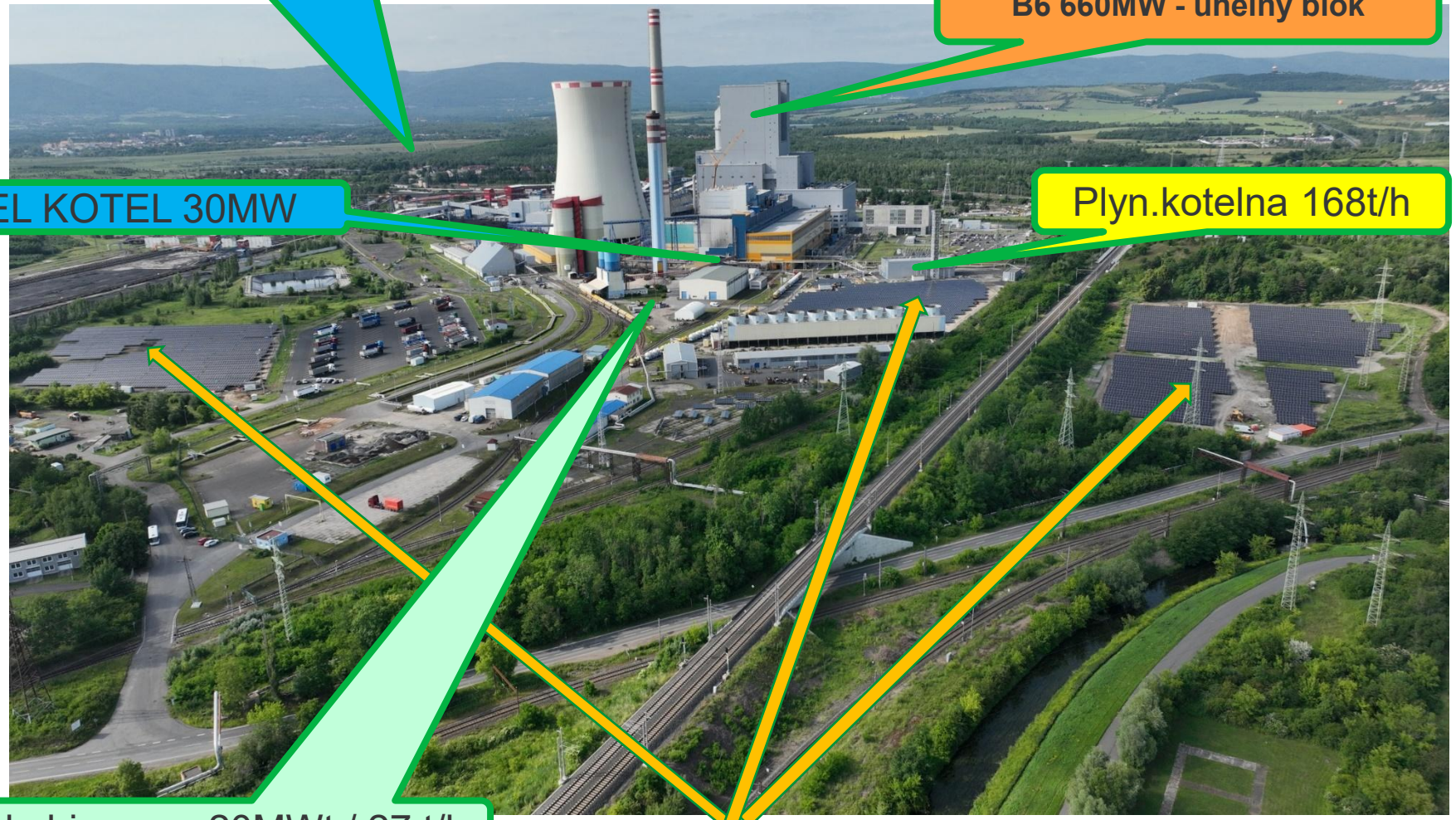
Klíčové zdroje

- Uhelný blok B6 – stabilní výkon
- Fotovoltaika – nové OZE kapacity

Ledvice energetický MIX – výhled po 2030 - FVE

Ledvice energetický MIX – 2030 - FVE

Ledvice energetický MIX - výhled po 2030 BIOMASA



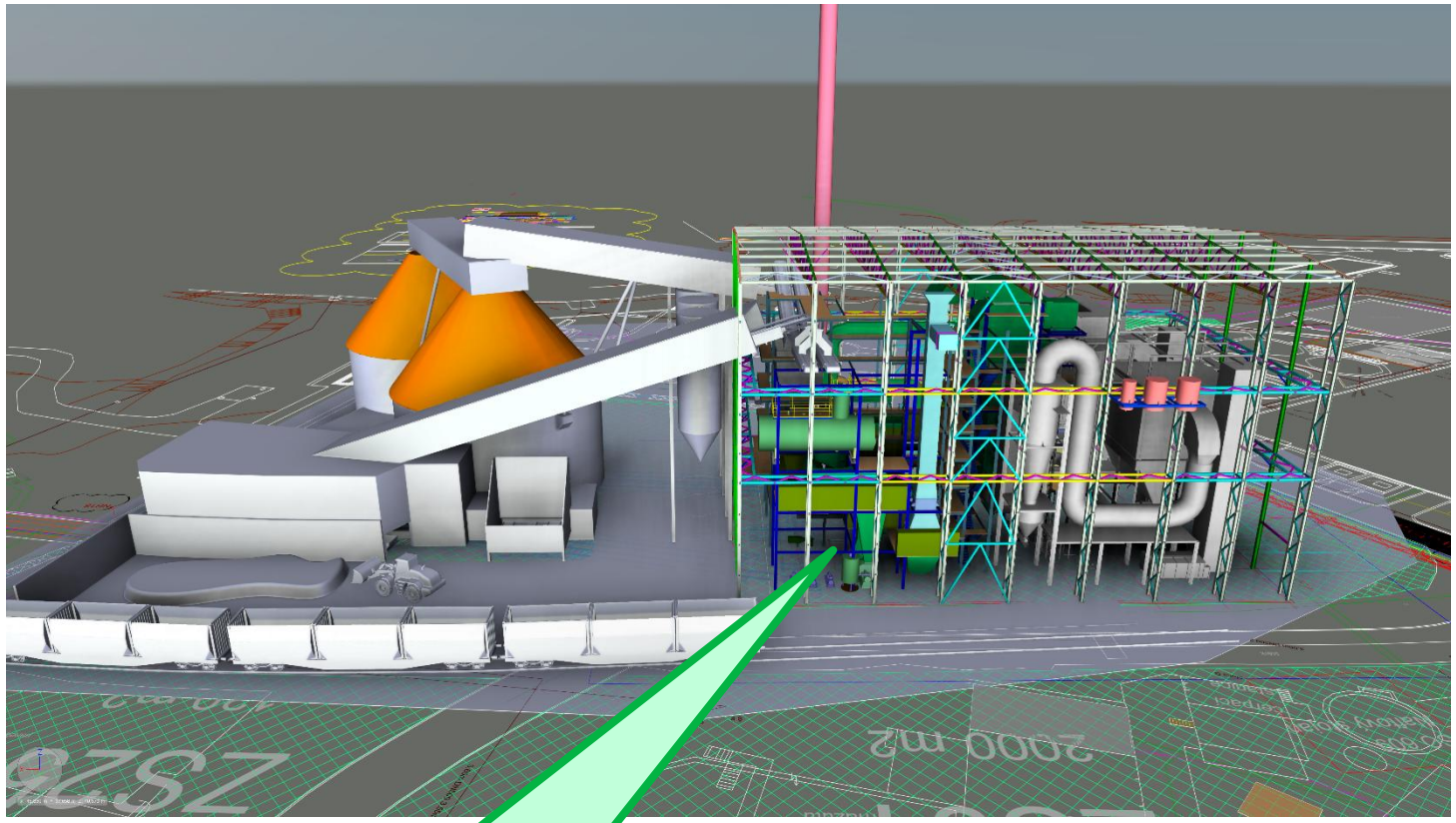
Směřování

- **Hybridní energetický areál**
- Stabilní + obnovitelné zdroje
- Flexibilní a nízkoemisní provoz
- Dlouhodobá stabilita dodávek

Klíčové zdroje

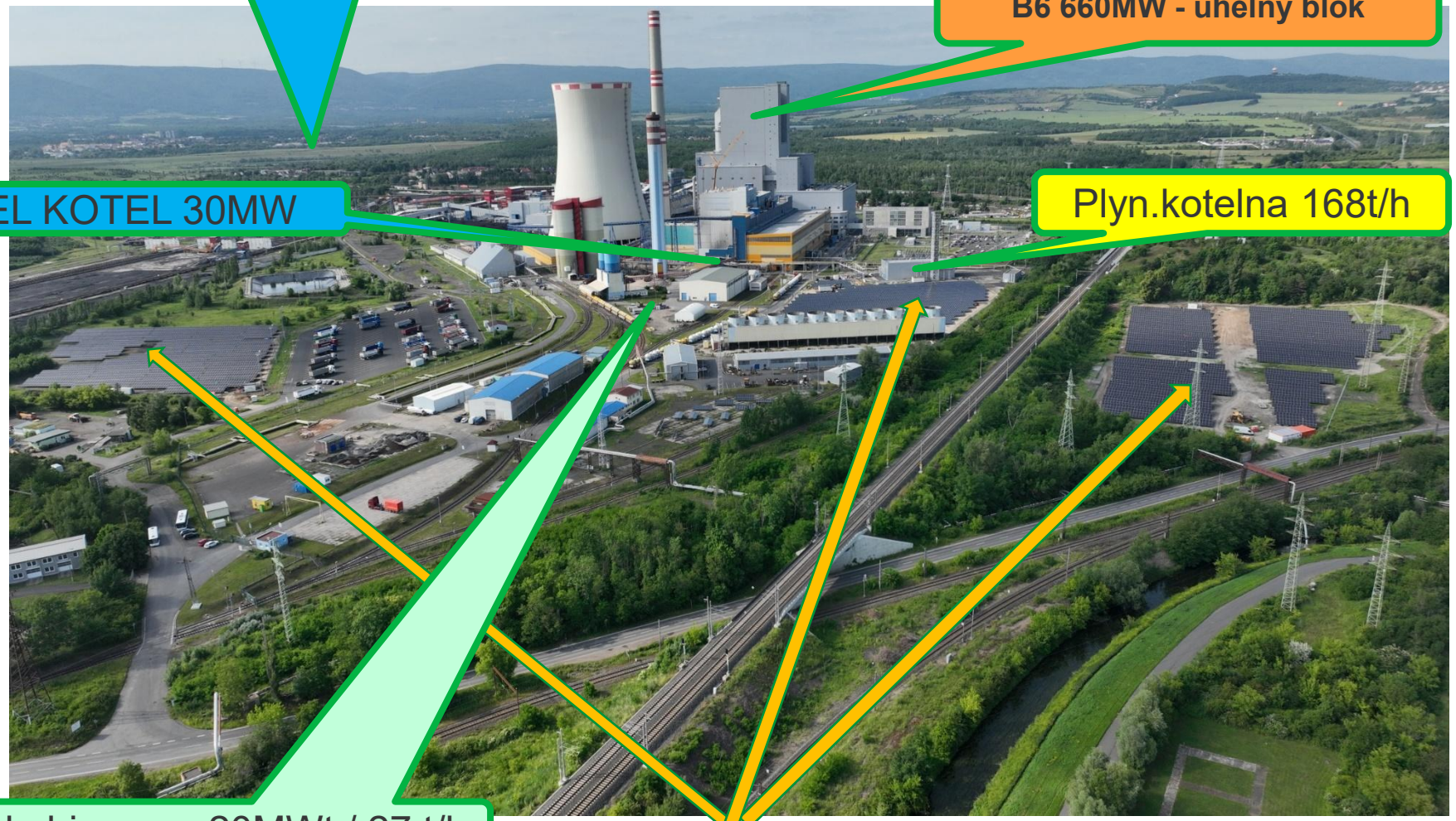
- Uhelný blok B6 – stabilní výkon
- Fotovoltaika – nové OZE kapacity
- Biomasa – nízkoemisní doplněk

Ledvice energetický MIX – výhled po 2030 BIOMASA



Teplo biomasa 20MWt / 27 t/h

Ledvice energetický MIX - 2030



Směřování

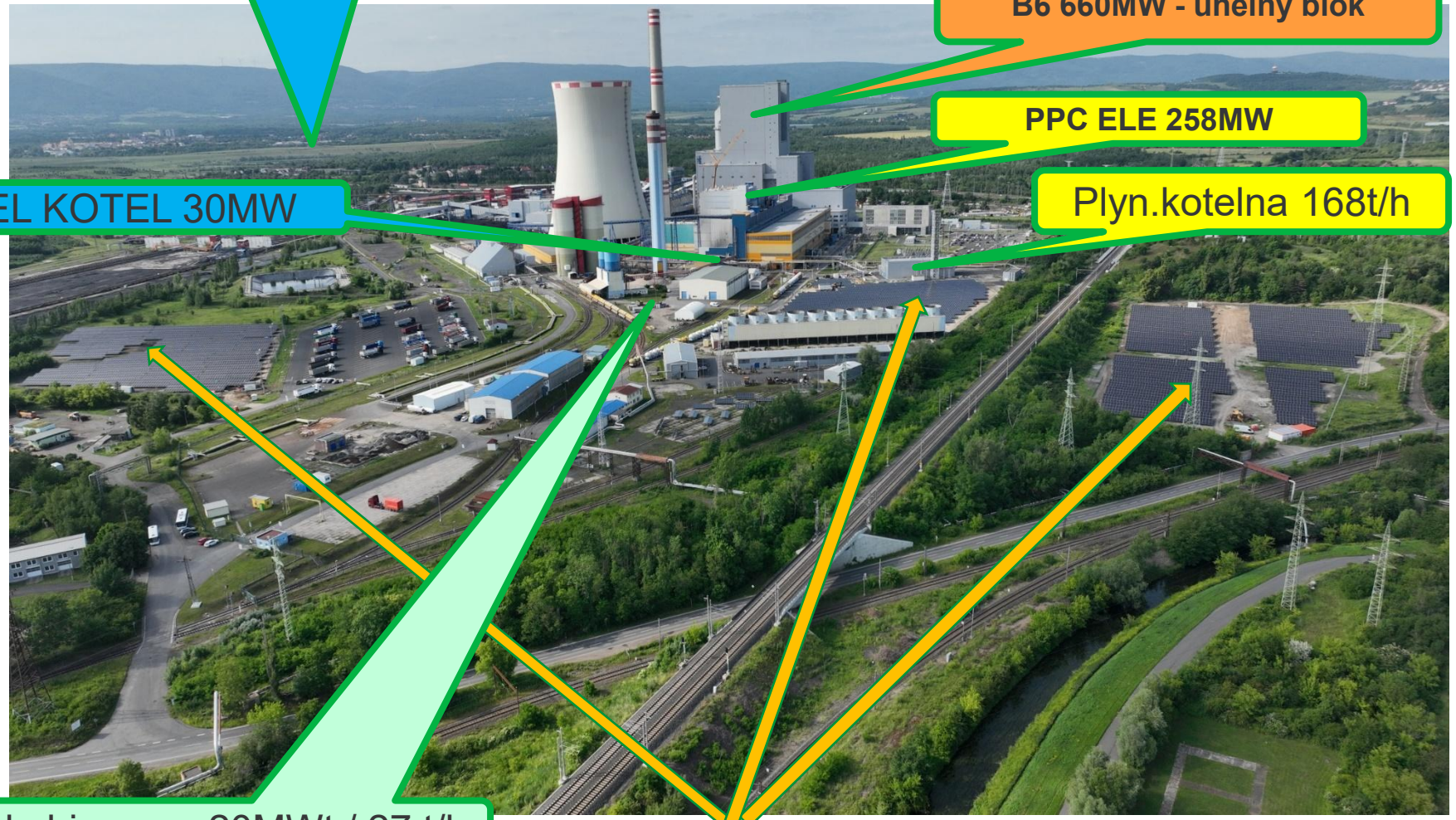
- **Hybridní energetický areál**
- Stabilní + obnovitelné zdroje
- Flexibilní a nízkoemisní provoz
- Dlouhodobá stabilita dodávek

Klíčové zdroje

- Uhelný blok B6 – stabilní výkon
- Fotovoltaika – nové OZE kapacity
- Biomasa – nízkoemisní doplněk
- Plynové a elektrické kotle – flexibilita teplárenství

Ledvice energetický MIX – výhled po 2030 – PK a EK

Ledvice energetický MIX - výhled po 2030



Směřování

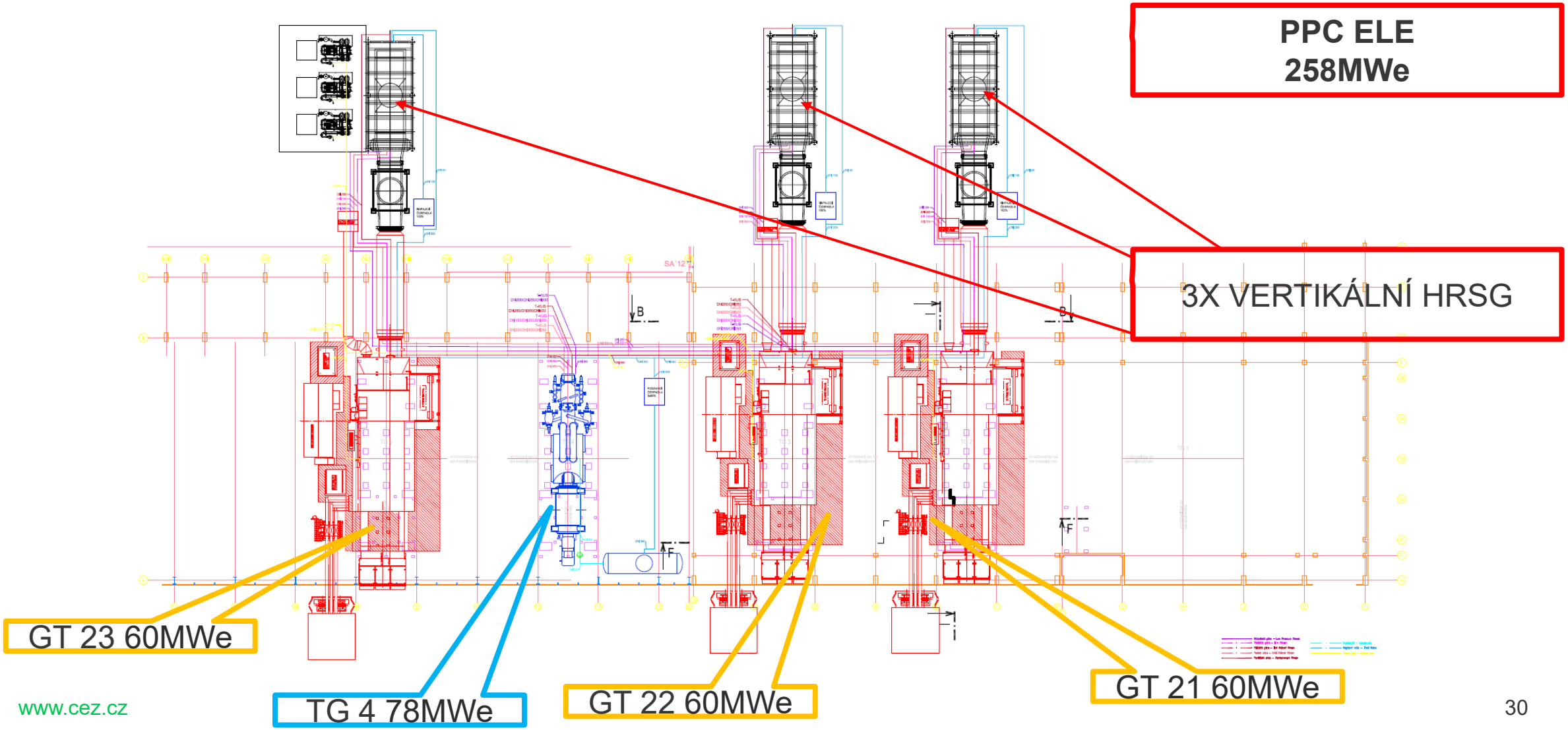
- **Hybridní energetický areál**
- Stabilní + obnovitelné zdroje
- Flexibilní a nízkoemisní provoz
- Dlouhodobá stabilita dodávek

Klíčové zdroje

- Uhelný blok B6 – stabilní výkon
- Fotovoltaika – nové OZE kapacity
- Biomasa – nízkoemisní doplněk
- Plynové a elektrické kotle – flexibilita teplárenství
- Paroplynový cyklus – flexibilní zdroj

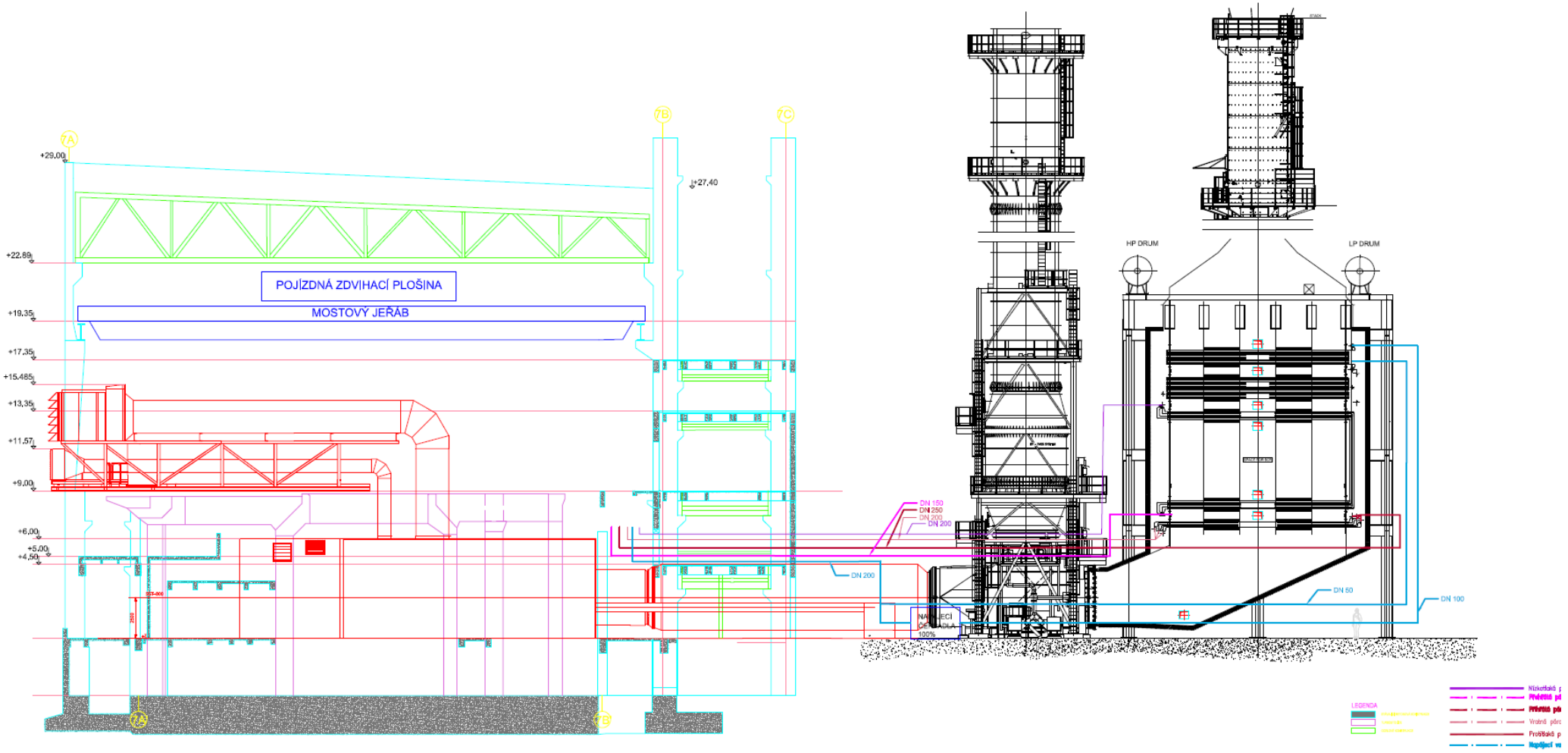
Ledvice energetický MIX – výhled po 2030 – PPC ELE

ELEKTRÁRNA LEDVICE
REPOWERING PPC LEDVICE



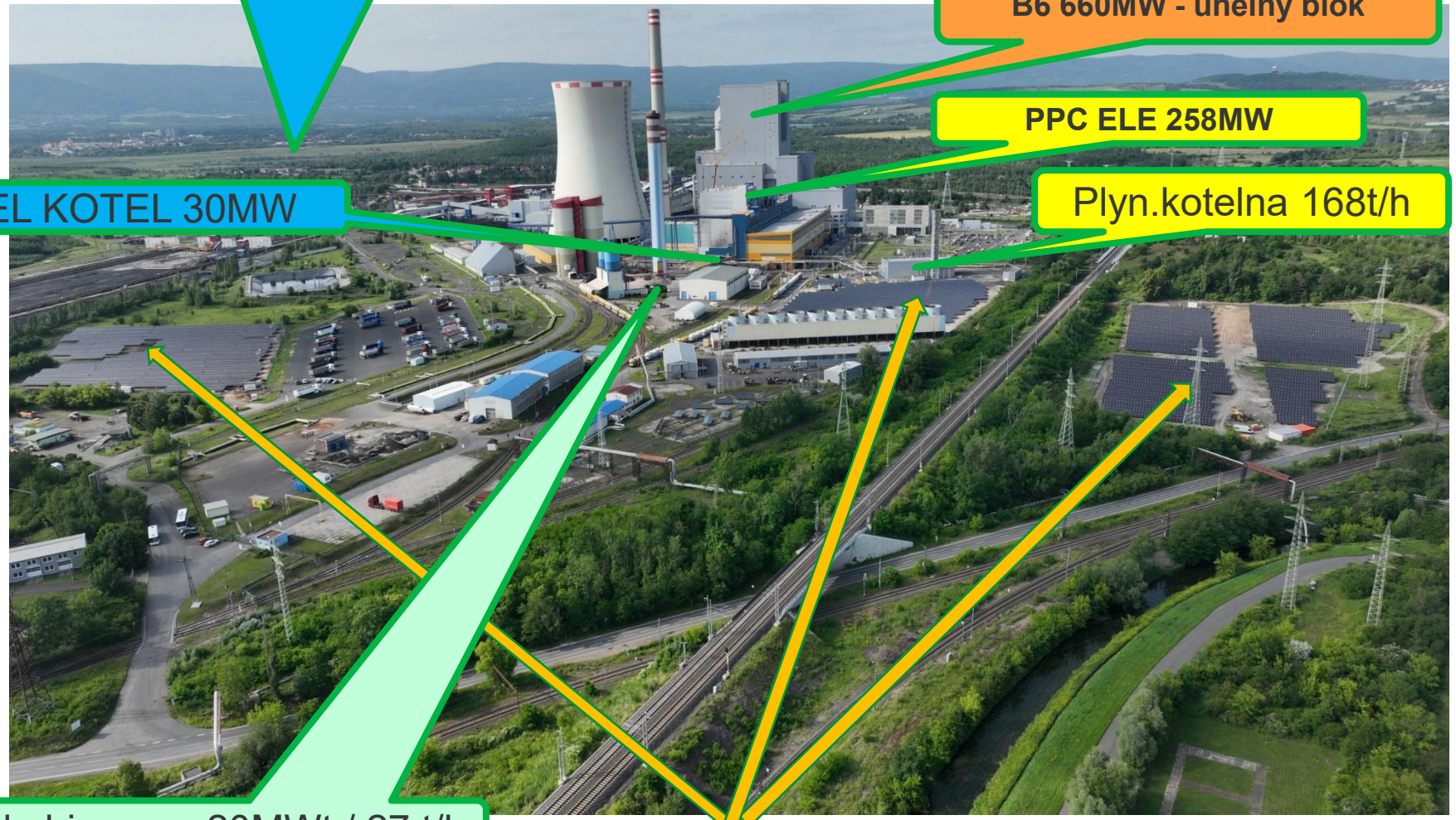
REPOWERING PPC LEDVICE

3x Siemens SGT- 800 3x vertikální HRSG



Ledvice energetický MIX – výhled po 2030

HYBRIDNÍ ENERGETICKÝ ZDROJ LEDVICE



Směřování

- Hybridní energetický areál
- Stabilní + obnovitelné zdroje
- Flexibilní a nízkoemisní provoz
- Dlouhodobá stabilita dodávek

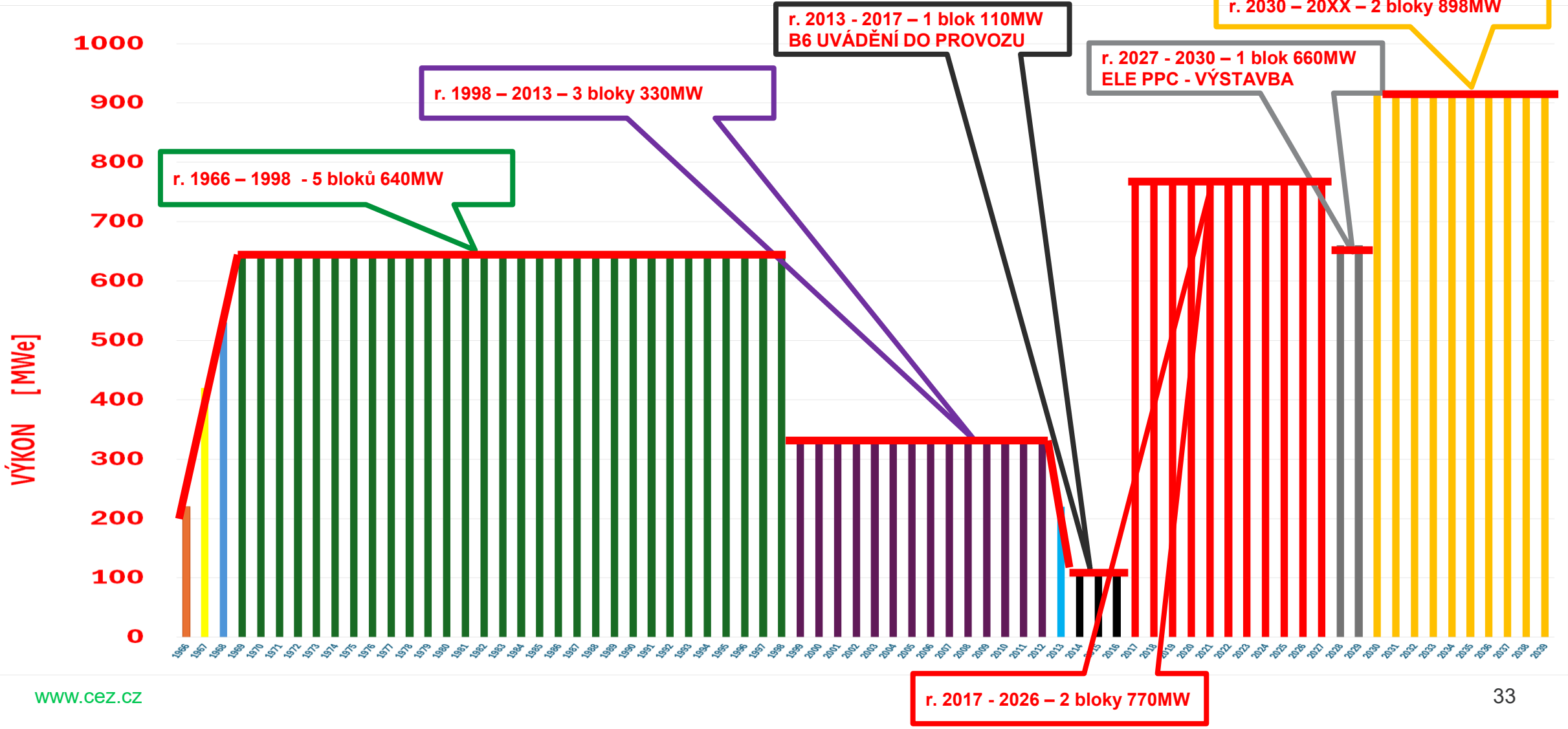
Klíčové zdroje

- Uhelný blok B6 – stabilní výkon
- Fotovoltaika – nové OZE kapacity
- Biomasa – nízkoemisní doplněk
- Plynové a elektrické kotle – flexibilita teplárenství
- Paroplynový cyklus – flexibilní zdroj

Cíle transformace

- Stabilní a bezpečné dodávky energie
- Postupné snižování emisí
- Moderní nízkoemisní energetické centrum
- Reakce na proměnlivou poptávku a výrobu z OZE

ELEKTRÁRNA LEDVICE
INSTALOVANÝ VÝKON [MWe] V LETECH



Elektrárna Ledvice

Elektrárna Ledvice

Děkuji za pozornost Elektrárna Ledvice

SES TLMAČE

Retrofit stávajících uhelných kotlů

Přemysl Kól

Profil společnosti

1.1.2024

SES TLMAČE

SES TLMAČE
organizační jednotka Brno

Úvod

Dekarbonizace českých tepláren

Přechod na alternativní paliva

Možnosti přestavby stávajících zdrojů

Stávající uhelné zdroje – co s nimi?

Odstavení z provozu (výstavba nového zdroje)

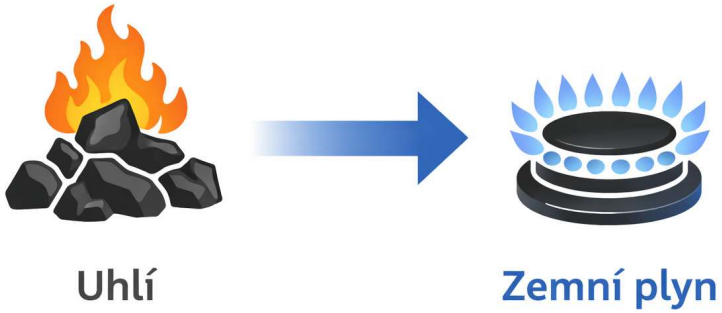
Plynofikace zdroje

Rekonstrukce zdroje na jiný druh pevného paliva

Plynofikace uhelného kotle

Rozsah úprav:

- Kompletní tepelný přepočet kotle
- Demontážní práce – uhelné palivové cesty
- Demontáž spalovacího systému (rošt/fluid/práškové hořáky …..)
- Instalace plynových hořáků (návrh umístění)
- Přívod plynu případně redukce tlaku plynu
- Úpravy komína

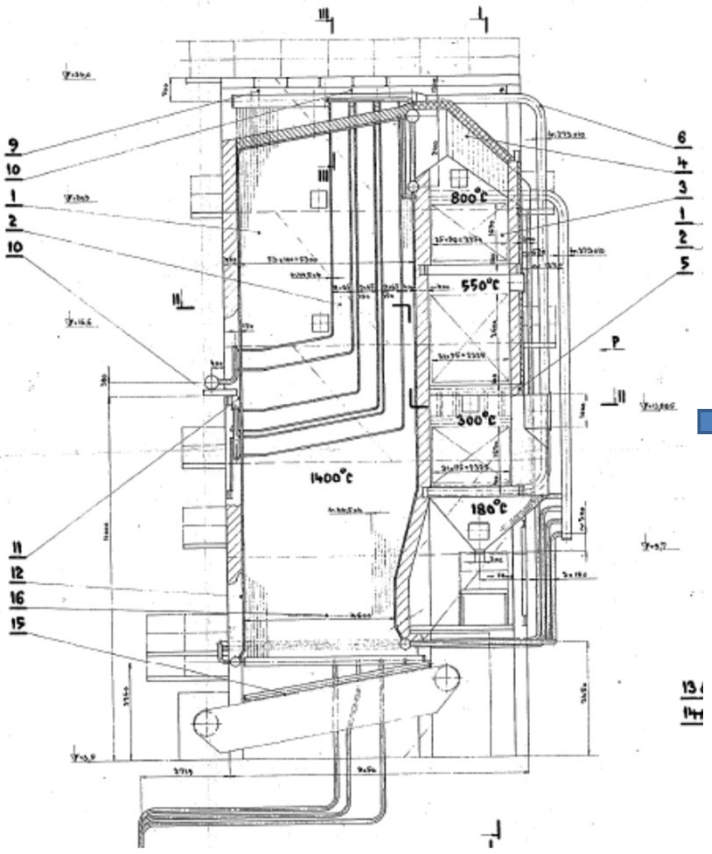


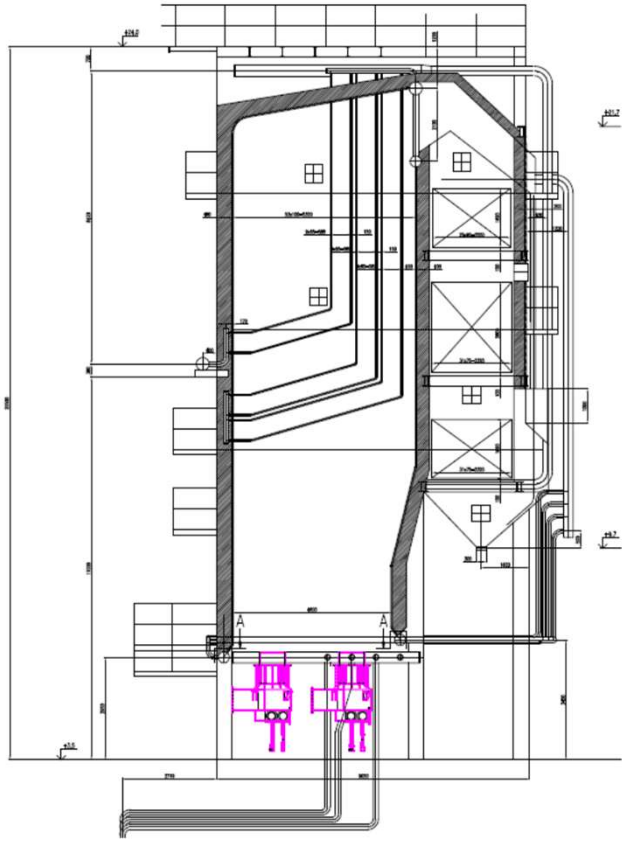
Plynofikace uhelného kotle

Horkovodní uhelný kotel – 2 x 60 MWt

Parametry:

- Zachování původního výkonu (60 MWt)
- Výkonový rozsah 20 – 100%
- Nový komín





Plynofikace kotle

Parní olejovo-plynový kotel – 30 t/h

Parametry:

- Zachování původního výkonu
- Spalování 100% LDTS a 100% ZP
- Instalace DeNOx (SNCR)
- Instalace DeSOx (suchá metoda)
- Instalace nových hořáků
- Úpravy na tlakovém celku + nástřik

Plynofikace uhelného kotle

Fluidní uhelný kotel – 140 t/h – příprava nabídky

Parametry:

- Jmenovitý výkon kotle 140 t/h (možnost snížení výkonu na 110 t/h)
- Minimální výkon kotle 50 t/h při zachování parametrů páry
- Parametry páry 490°C@75 bar

Přechod ze spalování uhlí na biomasu

Parní fluidní uhelný kotel – 140 t/h

Rozsah rekonstrukce:

- Kompletní tepelný přepočet kotle
- Instalace zásobníku na biomasu (ve stávajícím uhelném bunkru) – kapacity 350 m3
- Provozní zásobník na biomasu
- Svodky paliva do kotle
- Úpravy na tlakovém celku vč. potrubí
- Nový vzduchový ventilátor vč. nových rozvodů vzduchu
- Zásah do ŘS kotle

Přechod ze spalování uhlí na biomasu

Parní fluidní uhelný kotel – 140 t/h

Parametry:

Parametr	Hodnota	Jednotka
Parní výkon jmenovitý	140	t/h
Teplota páry	490	°C
Tlak páry	7,5	MPa

Parametr	Hodnota	Jednotka
Parní výkon jmenovitý	110	t/h
Parní výkon minimální	60	t/h
Teplota páry	490	°C
Tlak páry	7,5	MPa
Účinnost kotle	85	%
Emise SO2	50	mg/Nm3
Emise CO	250	mg/Nm3
Emise NOx	160	mg/Nm3

Přechod ze spalování uhlí na biomasu

Parní fluidní uhelný kotel – 140 t/h

Provozní zkušenosti:

- Problematika zásobníku paliva – 350 m3
- Odvod kamení z fluidního lože

Přechod ze spalování uhlí na biomasu

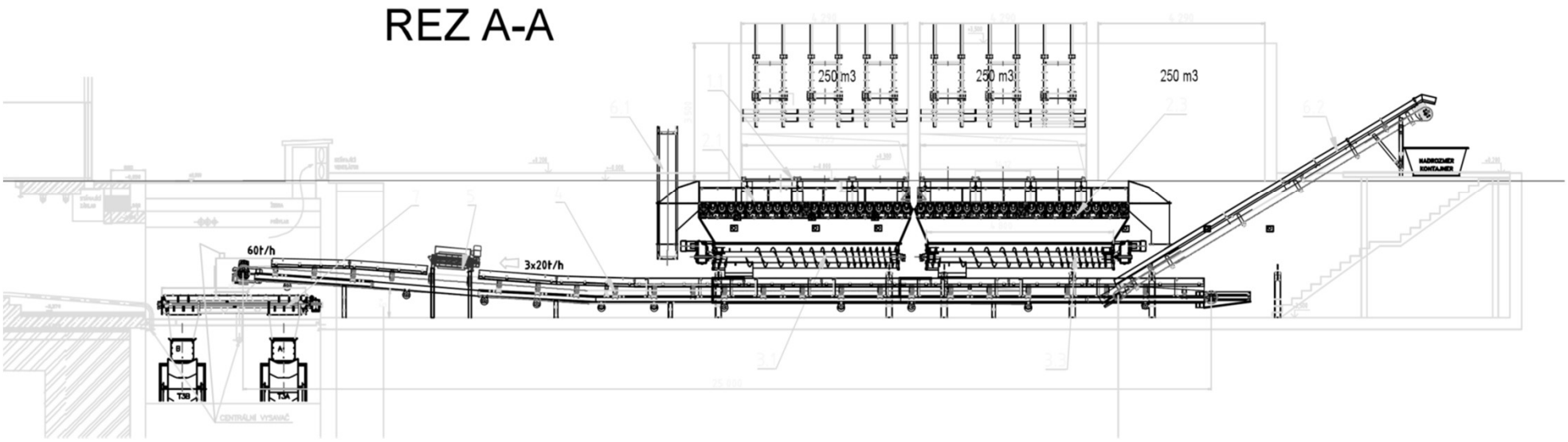
Parní práškový uhelný kotel – 125 t/h

Rozsah rekonstrukce:

- Kompletní tepelný přepočet kotle
- Instalace spalovacího roštu (kombinace = vzduchem i vodou chlazený)
- Kompletní doprava paliva
- Svodky paliva do kotle
- Úpravy na tlakovém celku vč. potrubí
- Zásah do ŘS kotle
- 2 etapy (spoluspalování uhlí + biomasa, 100% biomasa)

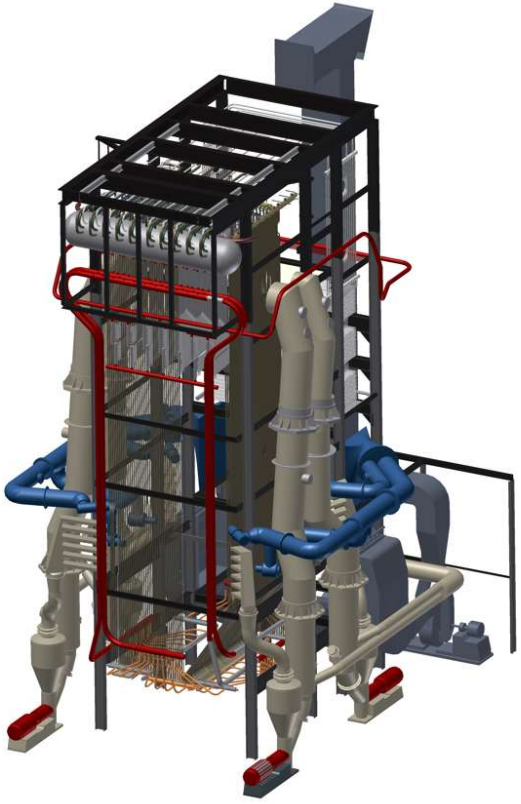
Přechod ze spalování uhlí na biomasu

Parní práškový uhelný kotel – 125 t/h



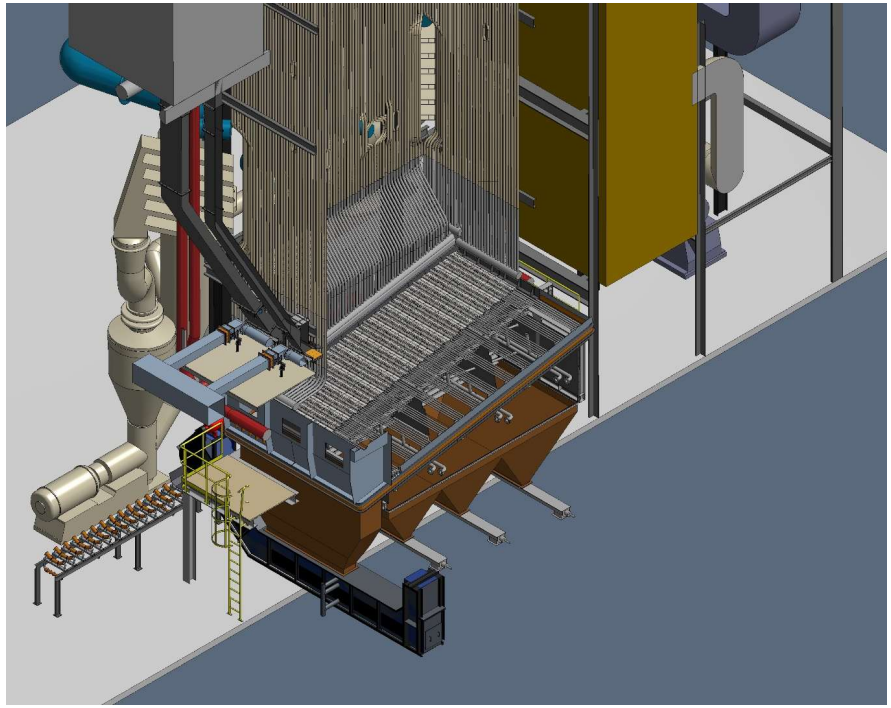
Přechod ze spalování uhlí na biomasu

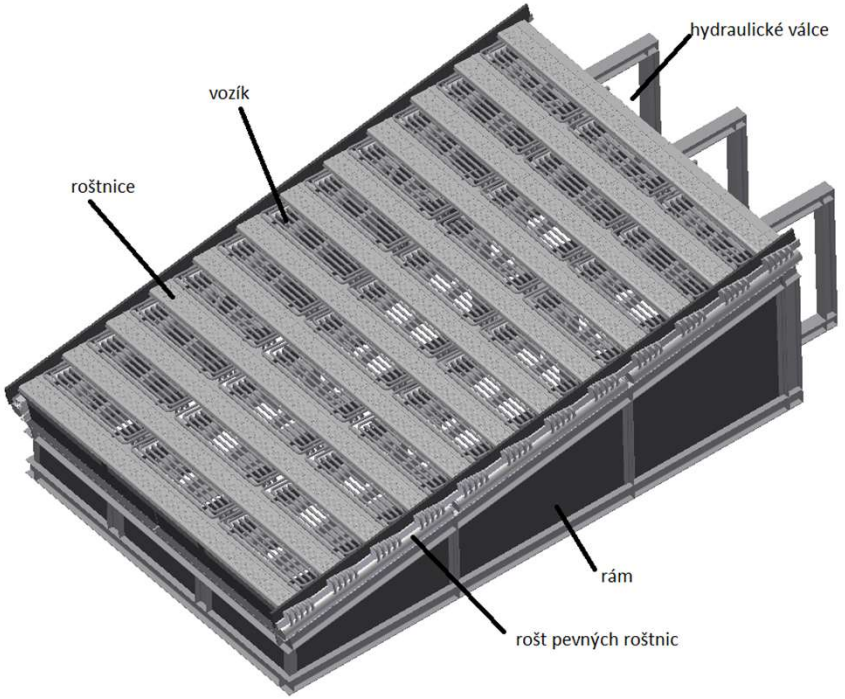
Parní práškový uhelný kotel – 125 t/h



Přechod ze spalování uhlí na biomasu

Parní práškový uhelný kotel – 125 t/h





Přechod ze spalování uhlí na biomasu

Parní práškový uhelný kotel – 125 t/h – I. ETAPA (spoluspalování)

Parametr	Hodnota	Jednotka
Parní výkon jmenovitý	125	t/h
Parní výkon minimální	55	t/h
Teplota páry	540	°C
Tlak páry	9,32	MPa
Účinnost kotle	88	%
Emise SO2	200	mg/Nm3
Emise CO	100	mg/Nm3
Emise NOx	200	mg/Nm3

Parametr	Hodnota	Jednotka
Parní výkon jmenovitý	125	t/h
Parní výkon minimální	55	t/h
Teplota páry	540	°C
Tlak páry	9,32	MPa
Účinnost kotle	88	%
Emise SO2	135	mg/Nm3
Emise CO	200	mg/Nm3
Emise NOx	300/180	mg/Nm3

Přechod ze spalování uhlí na biomasu

Parní práškový uhelný kotel – 125 t/h – II. ETAPA (100% biomasa)

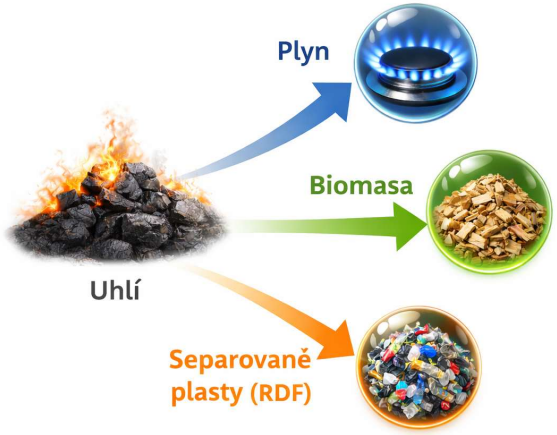
Parametr	Hodnota	Jednotka
Parní výkon jmenovitý	125	t/h
Parní výkon minimální	55	t/h
Teplota páry	540	°C
Tlak páry	9,32	MPa
Účinnost kotle	88	%
Emise SO2	200	mg/Nm3
Emise CO	100	mg/Nm3
Emise NOx	200	mg/Nm3

Parametr	Hodnota	Jednotka
Parní výkon jmenovitý	100	t/h
Parní výkon minimální	55	t/h
Teplota páry	540	°C
Tlak páry	9,32	MPa
Účinnost kotle	88	%
Emise SO2	135	mg/Nm3
Emise CO	200	mg/Nm3
Emise NOx	180	mg/Nm3

Provozní zkušenosti

Rizika projektu:

- Nedostatečné podklady od stávající technologie
- Nedostatečné podklady od statiky objektů
- PBŘ



Reference

Typ kotle	Výkon kotle (původní/nový)	Palivo (nové)	Stav
Horkovodní roštový	2 x 60 MWt	Zemní plyn	Zrealizováno
Parní fluidní	140 / 110 t/h	Dřevní štěpka	Zrealizováno
Parní práškový	125 / 100 t/h	Dřevní štěpka	Zrealizováno
Parní roštový	35 t/h	Dřevní štěpka	Zrealizováno
Parní olej-plynový	30 t/h	Zemní plyn	Zrealizováno
Parní práškový	70 t/h	Dřevní štěpka	Studie
Parní fluidní	140 / 110 t/h	Zemní plyn	Nabídka
Parní fluidní	140 / 110 t/h	Dřevní štěpka	Nabídka

Děkuji Vám za pozornost

Kontakt

Ing. Přemysl Kól, Ph.D.

Ředitel organizační jednotky

+420 724 404 420

premysl_kol@ses.sk

Mgr. Světlana Holická

Obchodní ředitelka

+420 734 425 682

svetlana_holicka@ses.sk

SLOVENSKÉ ENERGETICKÉ STROJÁRNE, a.s. - organizační jednotka
Olomoucká 3419/7
618 00 Brno
Czech Republic

SES TLMAČE

FAKULTA energetický STROJNÍHO ústav INŽENÝRSTVÍ

Zvýšení účinnosti kotle pomocí kondenzace spalin

Ing. Filip Toman, Ph.D.
Ing. Ondřej Peichl

Výzkumný projekt

- Název: **Využití kondenzace spalin ke zvýšení účinnosti energetických zařízení**
- Označení: TK05020094
- **Trvání: 2023-2025**

Část 1 Metodika výpočtu kondenzace spalin	Část 2 Laboratorní kondenzátor spalin	Část 3 Poloprovozní technologie
Výstupy: 1. Metodika výpočtu kondenzace spalin 2. Vývoj **výpočtového softwaru** pro návrh kondenzátorů spalin 3. Analytické modely kondenzace	**Výstupy:** 1. Konstrukce **laboratorního kondenzátoru spalin** 2. Experimentální měření kondenzačních procesů 3. Analýza **složení kondenzátu** 4. Sledování vlivu **složení spalin na kondenzaci**	**Výstupy:** 1. **Prototyp spalinového kondenzačního výměníku** 2. Integrace **s tepelným čerpadlem** 3. Instalace v **reálném energetickém provozu** 4. Ověření účinnosti technologie 5. Porovnání laboratorních modelů s reálným provozem 6. Zpřesnění vyvinutého softwarového nástroje

Vývoj technologie kondenzace spalin

1900–1950
Ekonomizéry - obava z koroze při kondenzaci

1961
Richard Vetter
1. koncept kondenzačního kotle

1973–1979
Ropné krize - účinnost se stává prioritou

80. léta
Nové antikorozní materiály (nerez, Al-Si slitiny)

1989
První sériové domácí kondenzační kotle

90. léta
Rozšíření technologie v západní Evropě

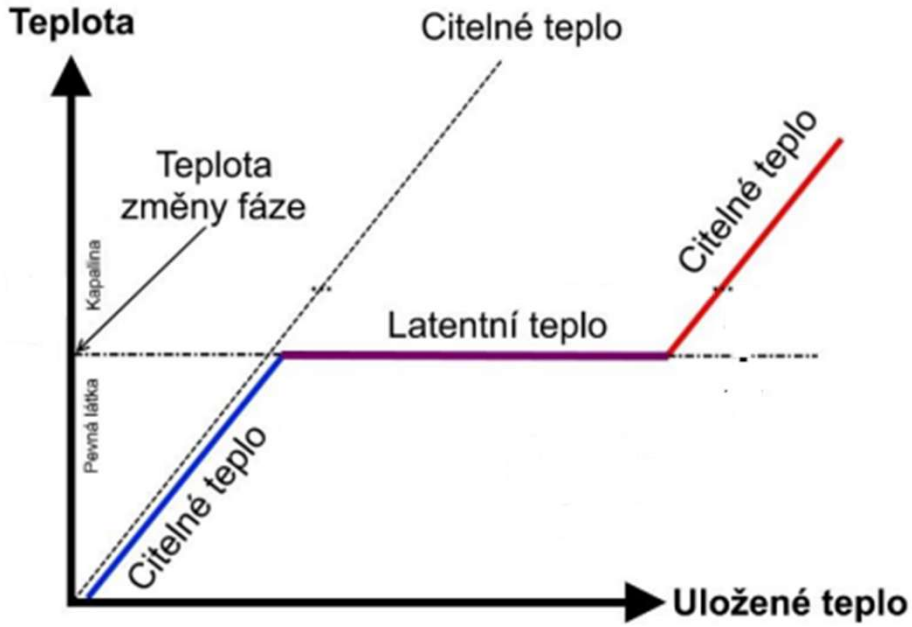
Po 2000
Kondenzátory v teplárenství biomasa

2015
EU směrnice ErP
standard kondenzačních kotlů

2018+
Integrace s tepelnými čerpadly

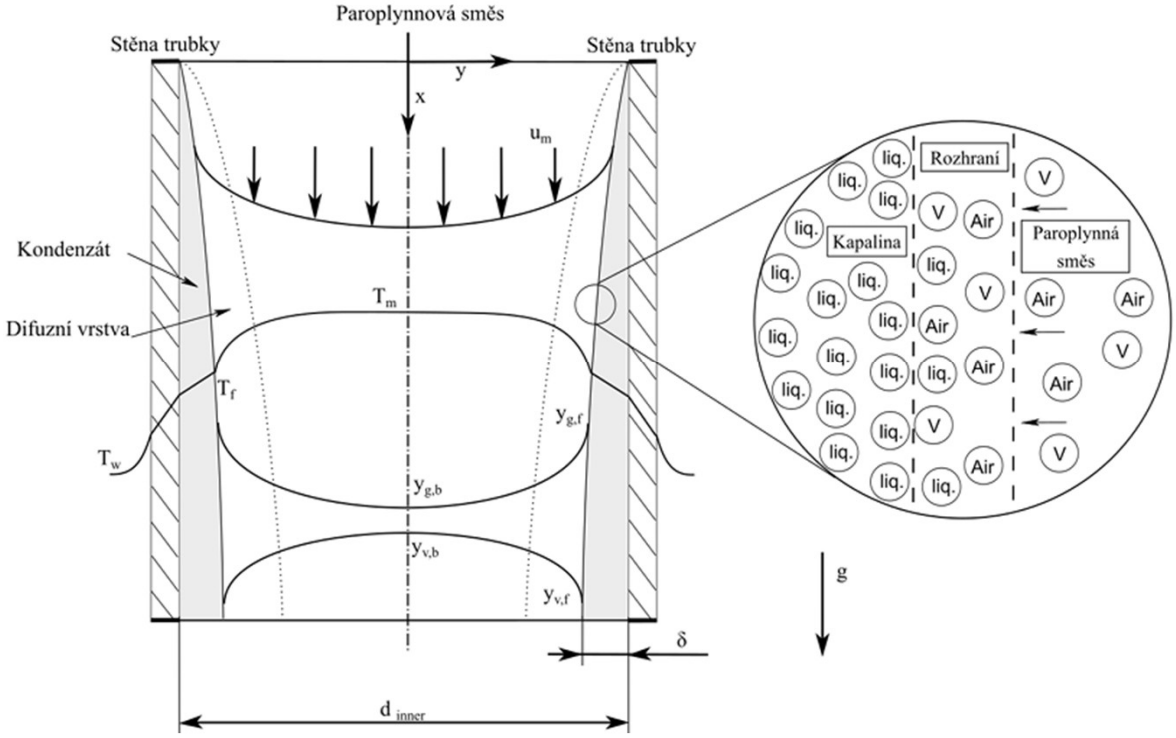
Kondenzace

- Kondenzaci lze definovat jako odebírání tepelné energie ze systému za vzniku fázové změny z páry na kapalinu, přičemž odebraná tepelná energie se nazývá latentní teplo.
- Přestože v kondenzačním procesu existuje tepelný spád, díky velmi malé šířce rozhraní, ve kterém kondenzace probíhá, se kondenzační proces obecně považuje za děj izotermický.



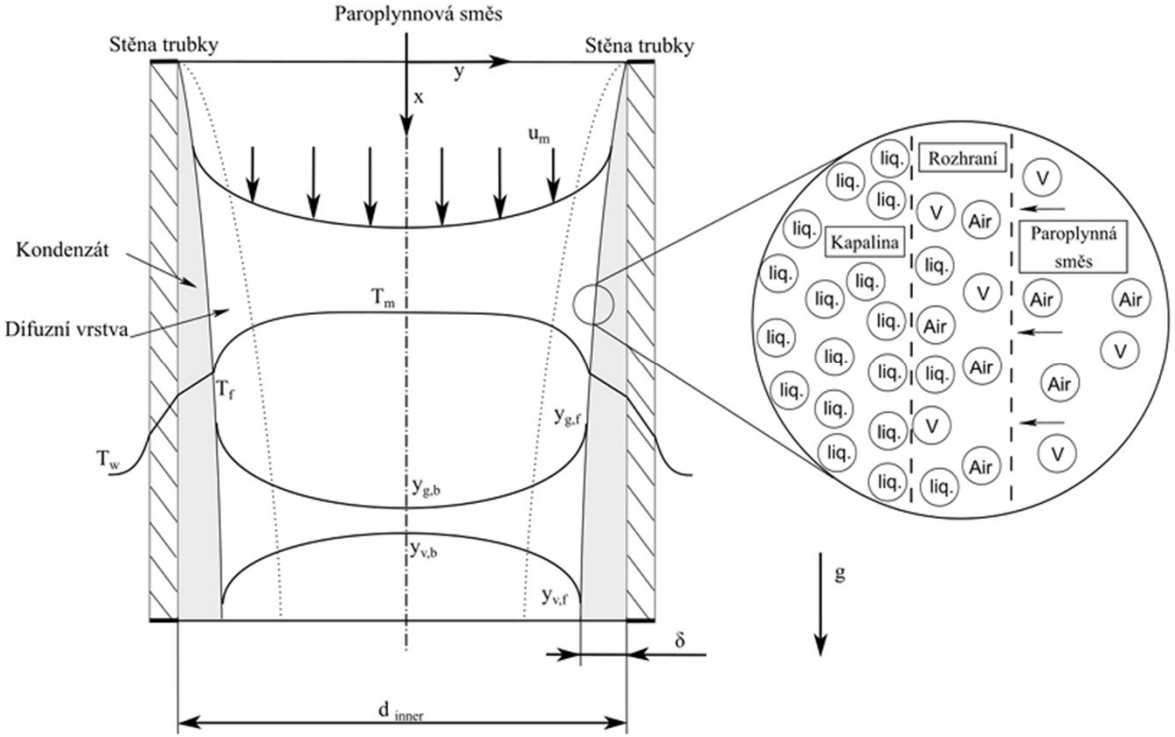
Kondenzace v inertním plynu

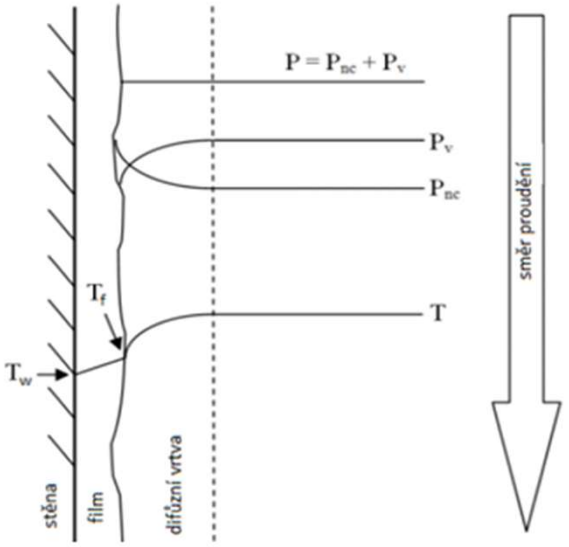
- Vodní pára při změně fáze z plynné na kapalnou mnohonásobně zmenší svůj objem, a tak dochází na rozhraní plyn-kapalina k podtlaku.
- Pokud jsou ve vodní páře přítomny nekondenzující plyny, hromadí se vlivem nízkého tlaku právě u tohoto rozhraní.



Kondenzace ve spalinách

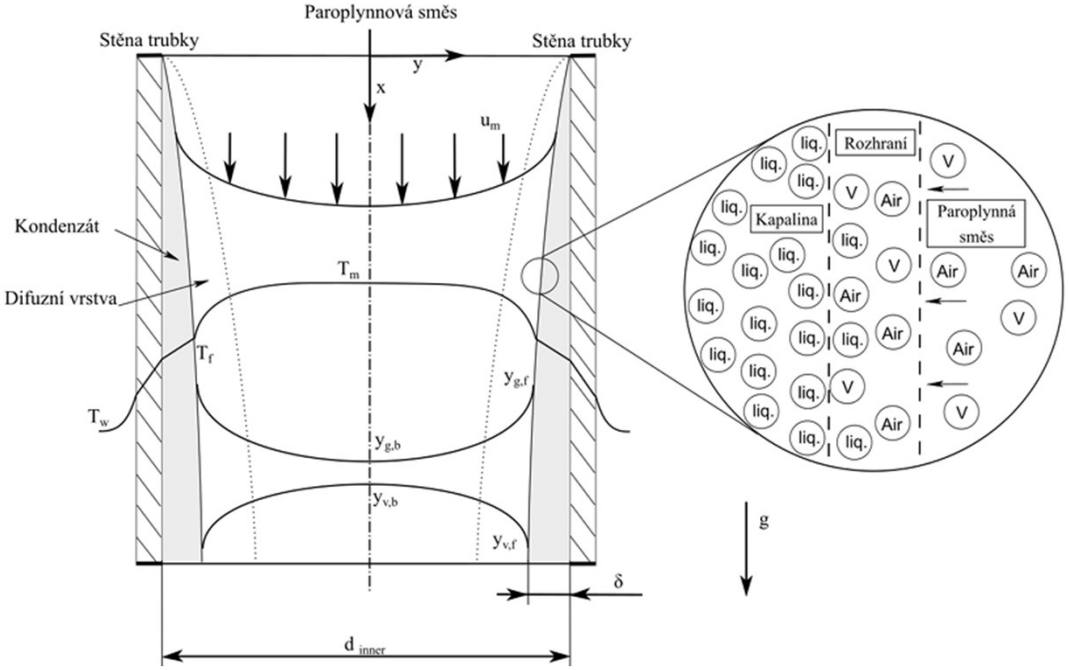
- Hnací silou difuze atomů je jejich koncentrace, v případě kondenzace vodní páry je to rozdíl mezi koncentrací vodní páry v proudu parovzdušné směsi a koncentrací na rozhraní plyn-kapalina

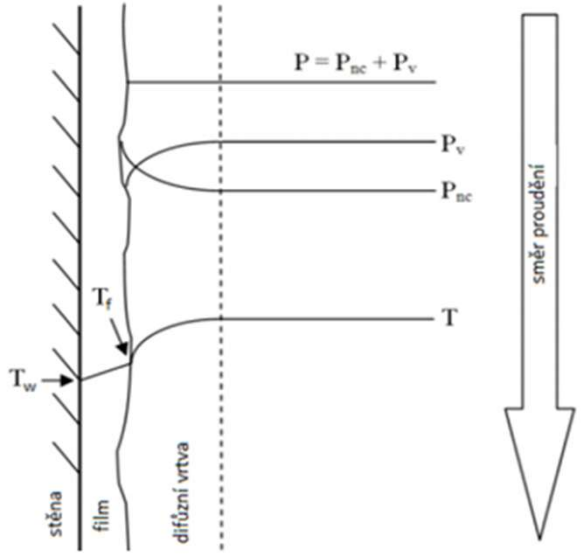




Difuzní vrstva

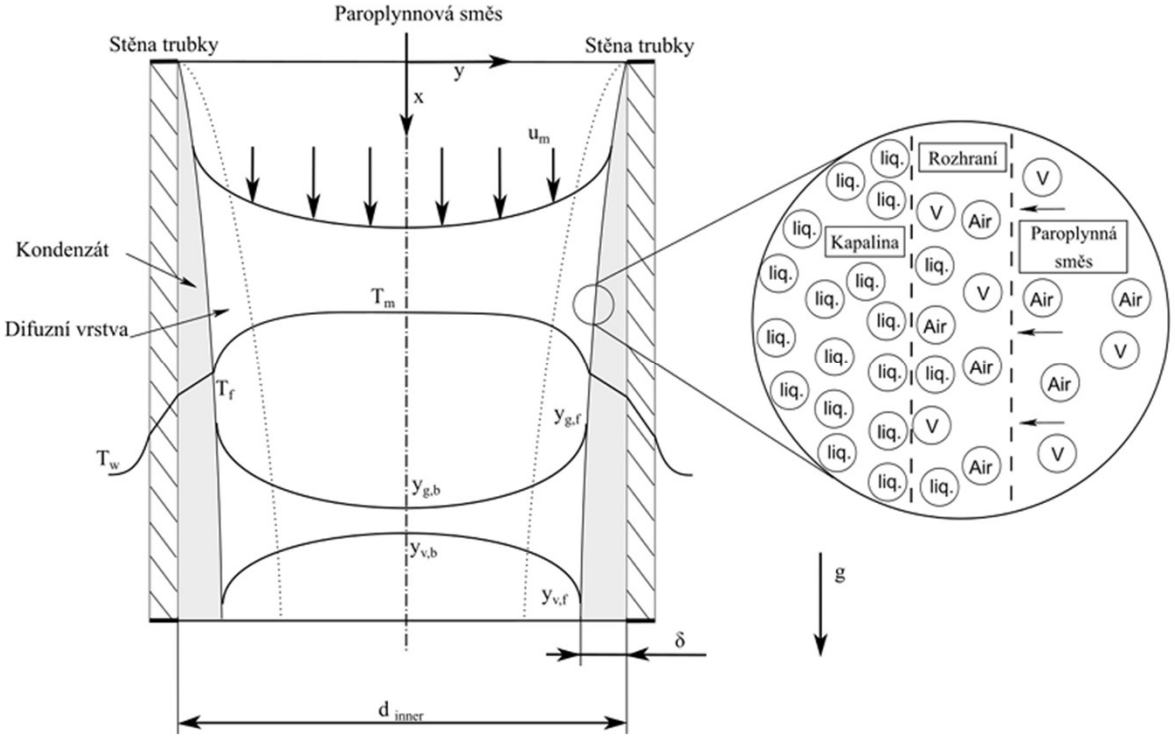
- Difuzní vrstva je vrstva, ve které se hromadí molekuly nekondenzujícího plynu a tím se tvoří další odpor vůči přenosu hmoty a tepla.
- Vodní pára prochází touto vrstvou v sytém stavu, ale protože se směrem ke stěně trubky snižuje její koncentrace a tím i její parciální tlak, dochází také k poklesu její teploty.

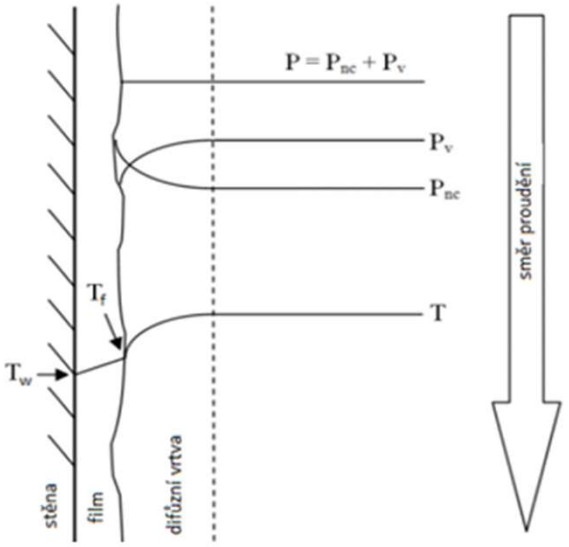




Průběhy stavových veličin

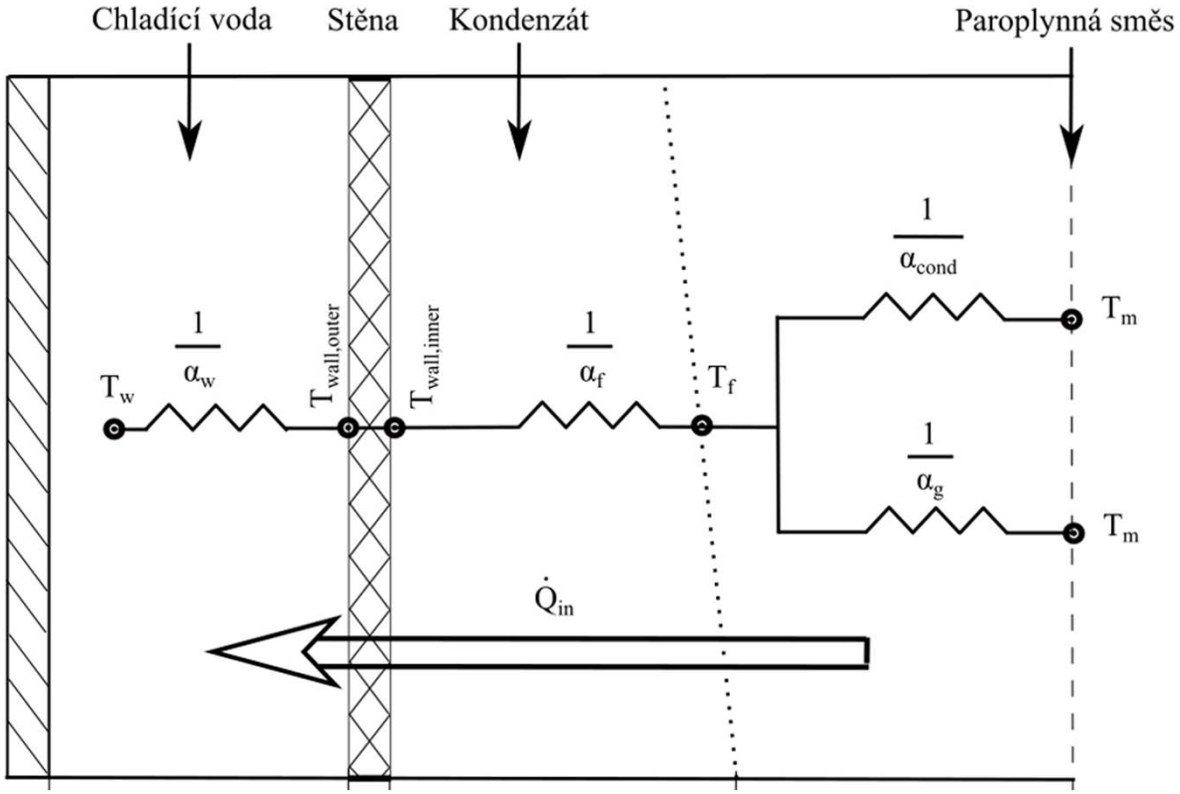
- Teplota směsi tedy klesá jak ve směru proudění (směr x) tak ve směru ke stěně trubky (směr y)





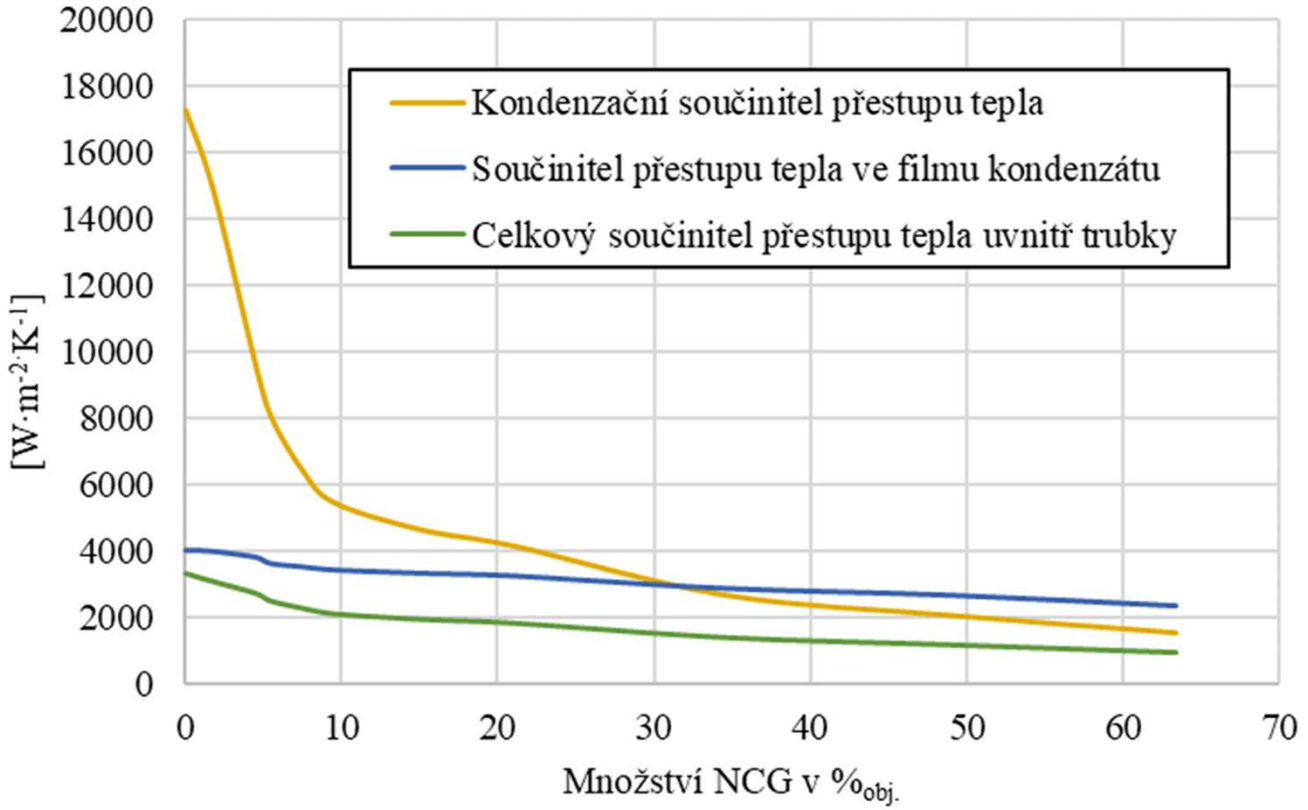
Přestup tepla

- Celkový součinitel přestupu tepla z parovzdušné směsi do filmu kondenzátu je rozdělen na součinitel přestupu tepla citelného a latentního.



Vliv inertního plynu na kondenzaci

- Přestup tepla se se zvyšujícím objemem inertního plynu snižuje.



Proč máme kondenzátory spalin?

- Ve spalinách je tedy vždy přítomna H_2O

  - Ve formě vody v palivu
  - Ve formě vlhkosti spalovacího vzduchu
  - Vznikem během hoření

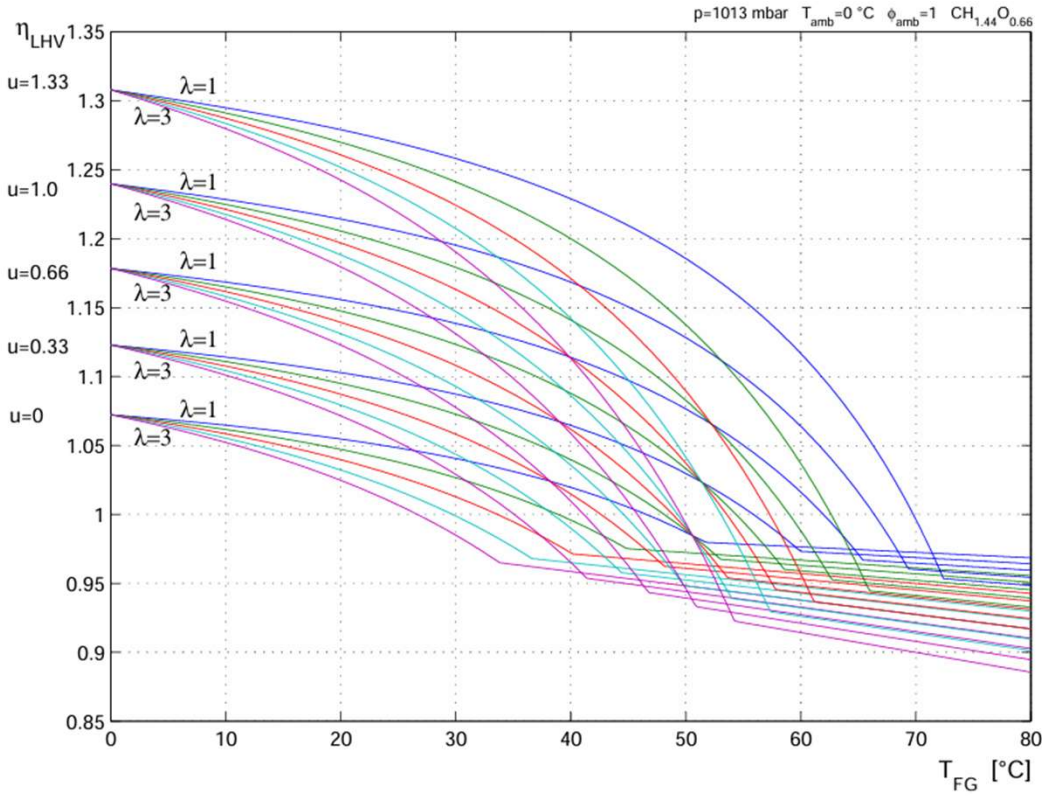
Spalování zemního plynu (methanu):

$CH_4 + 2\ O_2 \rightarrow CO_2 + 2\ H_2O$ + teplo

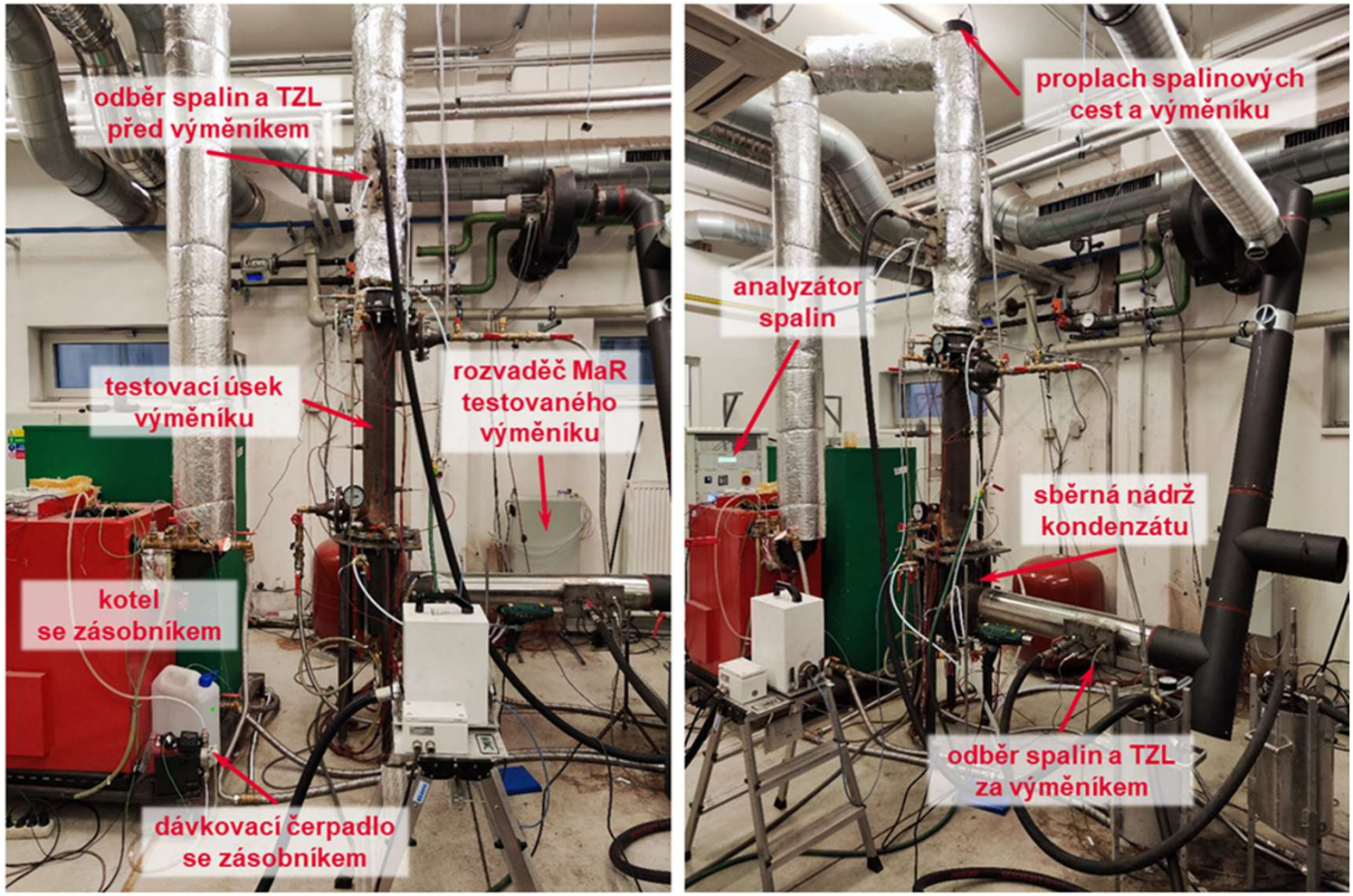
- Spalinové kondenzátory dokážou zvýšit účinnost tepelného zařízení obvykle o **10 % až 15 %**.
- V určitých specifických případech, například při spalování vlhčí biomasy, to může být dokonce až o **20 %**.

Proč máme kondenzátory spalin?

- Účinnost při spalování biomasy (λ – přebytek vzduchu, u – relativní vlhkost [$kg_{water}/kg_{dry\ wood}$])



Laboratorní měření



Laboratorní měření

Tab. 1 Hrubý rozbor paliva

vlhkost	popel		prchavá hořlavina		spalné teplo		hořlavina
	původní	bezvodý	původní	bezvodý	původní	bezvodý	
%	%	%	%	%	MJ/kg	MJ/kg	MJ/kg
7,95	0,35	0,38	77,02	83,66	18,76	20,38	20,46

Tab. 2 Prvková analýza paliva

	původní vzorek	sušina	hořlavina
N [%]	0,04	0,05	0,05
C [%]	46,01	49,98	50,17
H [%]	6,05	6,57	6,59
S [%]	0,00	0,00	0,00
O [%]	39,60	43,02	43,19
hořlavina v sušině	-	99,62	-

Laboratorní měření

Tab. 3 Okamžitý rozbor kondenzátu

stav	A1	A2	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
Ve sběrné nádrži kondenzátu									
teplota vzorku [°C]	34,3	34,8	32,9	33,5	34,0	32,9	35,0	31,3	30,5
pH [-]	5,960	6,200	6,237	6,237	6,336	6,376	6,375	6,832	6,700
O_2 [mg/l]	1,01	1,78	0,89	2,39	0,93	1,45	1,81	3,85	2,72
vodivost [µS/cm]	289	332	302	278	316	286	322	447	446

Tab. 4 Testování kondenzátu na anorganické parametry a ropné uhlovodíky

stav	metoda	A1	A2
chemická spotřeba O_2 (CHSK-Cr) [mg/l]	W-COD-SPC	57,8 ± 16,7 %	37,6 ± 17,6 %
nerozpuštěné látky – NL sušené (105 °C) [mg/l]	W-TSS-GR	78,9 ± 10,2 %	76,3 ± 10,2 %
rozpuštěné aniontové sloučeniny – RAS (550 °C) [mg/l]	W-FVDS-GR	64,0 ± 11,2 %	84,0 ± 10,8 %
ropné uhlovodíky > C10 – C40 frakce [mg/l]	W-TPHFID01	143,0 ± 30,0 %	< 50,0 %

Laboratorní měření

Tab. 5 Online měření emisí (Horiba)

stav	A1	A2	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
O_2 [% obj] – před SKV	7,3 ± 0,7	7,4 ± 0,6	11 ± 0,5	11,3 ± 0,5	11,1 ± 0,6	10,2 ± 0,6	9,9 ± 0,6	10,7 ± 0,9	9,9 ± 0,6
O_2 [% obj] – za SKV	-	-	10,4 ± 0,8	10,1 ± 0,4	10,3 ± 0,7	8,3 ± 0,7	10,0 ± 0,5	10,6 ± 0,8	11,0 ± 0,7
CO_2 [% obj] – před SKV	12,0 ± 0,6	11,9 ± 0,5	8,8 ± 0,4	9,9 ± 0,0	8,7 ± 0,5	9,5 ± 0,5	9,8 ± 0,6	9,6 ± 0,6	9,9 ± 0,5
CO_2 [% obj] – za SKV	-	-	9,3 ± 0,7	9,9 ± 0,0	9,4 ± 0,6	11,2 ± 0,6	9,7 ± 0,4	9,1 ± 0,7	9,9 ± 0,0
Nox REF [mg/Nm^3] – před SKV	144,1 ± 4,7	142,8 ± 4,0	158,5 ± 2,1	158,9 ± 2,2	157,2 ± 2,9	141,1 ± 3,2	155,4 ± 2,1	157,4 ± 3,6	156,3 ± 2,5
NOx [mg/Nm^3] – za SKV	-	-	157,0 ± 3,3	157,2 ± 1,8	157,5 ± 1,8	144,4 ± 4,1	156,3 ± 2,2	157,6 ± 3,3	158,8 ± 1,9

Tab. 6 Koncentrace TZL

stav	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
před výměníkem [mg/m^3]	31,2	29,7	-	30,9	31,2	28,2	31,0
za výměníkem [mg/m^3]	21,6	24,4	25,4	24,0	24,0	24,8	25,7
rozdíl [mg/m^3]	9,6	5,3	-	5,5	7,2	3,4	5,3

SES TLMAČE

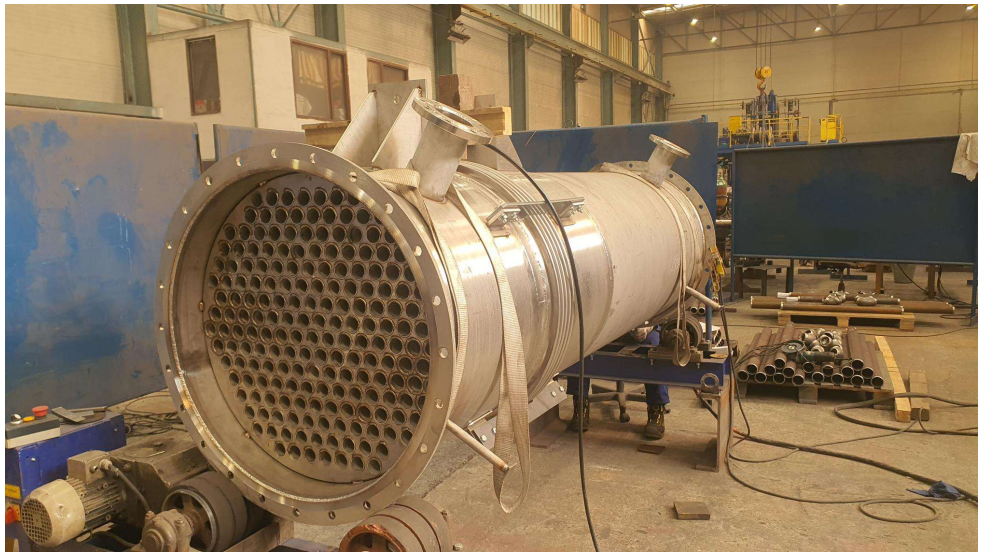
FAKULTA energetický STROJNÍHO ústav INŽENÝRSTVÍ

Zvýšení účinnosti kotle pomocí kondenzace spalin, provozní zkušenost

Ing. Filip Toman, Ph.D.
Ing. Ondřej Peichl

Kondenzační výměník

počet trubek v plášti	190	-
délka trubkového svazku	2530	mm
vnitřní průměr pláště	800	mm
teplosměnná plocha na straně spalin	55,5	m^2
jmenovitý tepelný výkon kondenzátoru	475	kWt



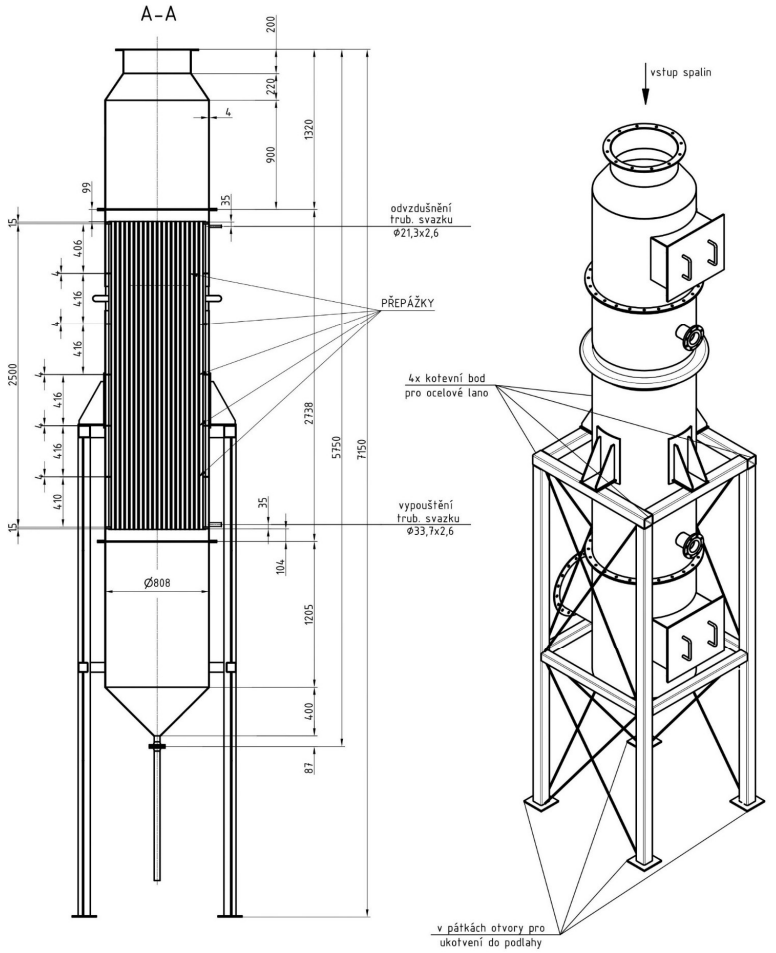
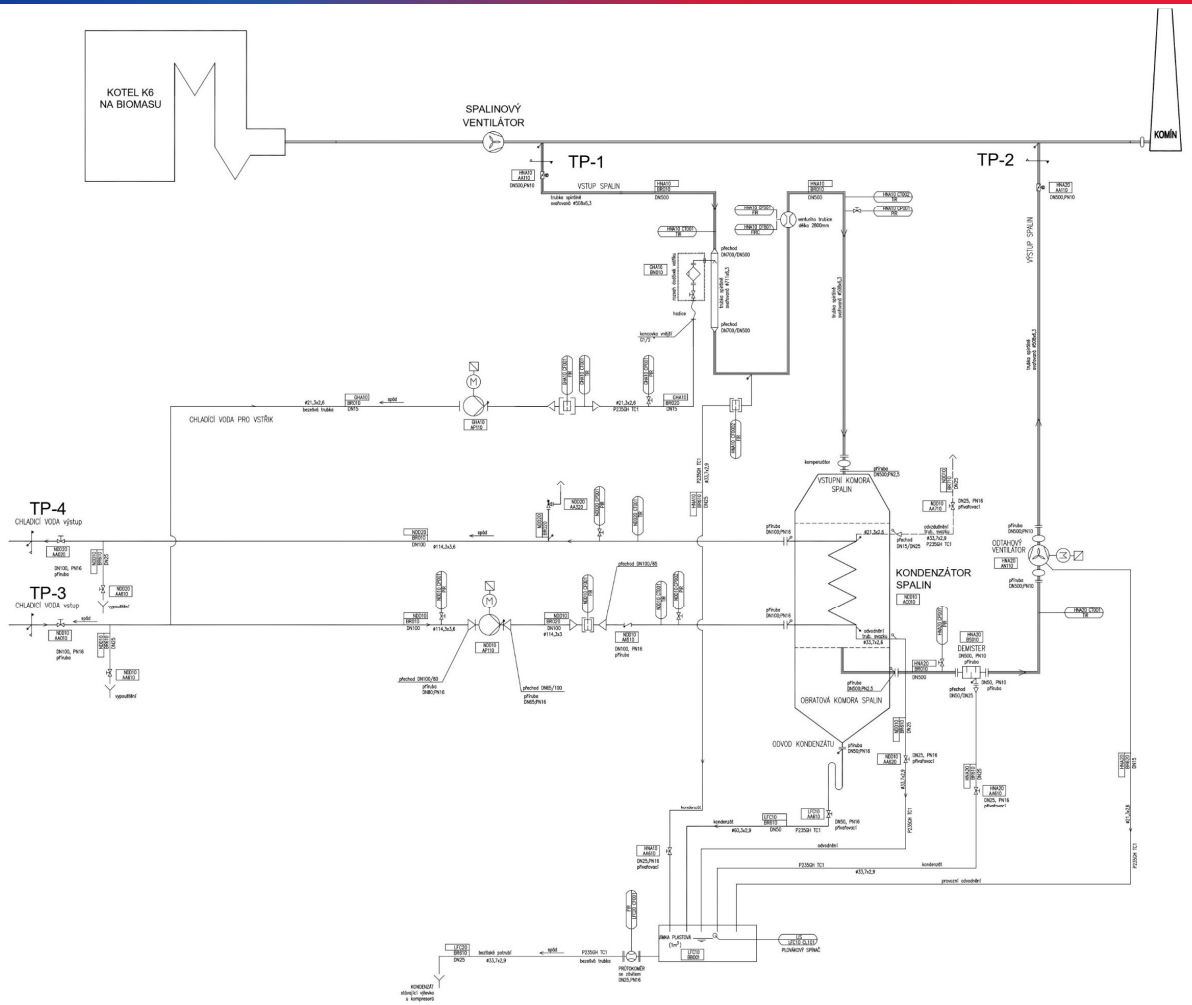
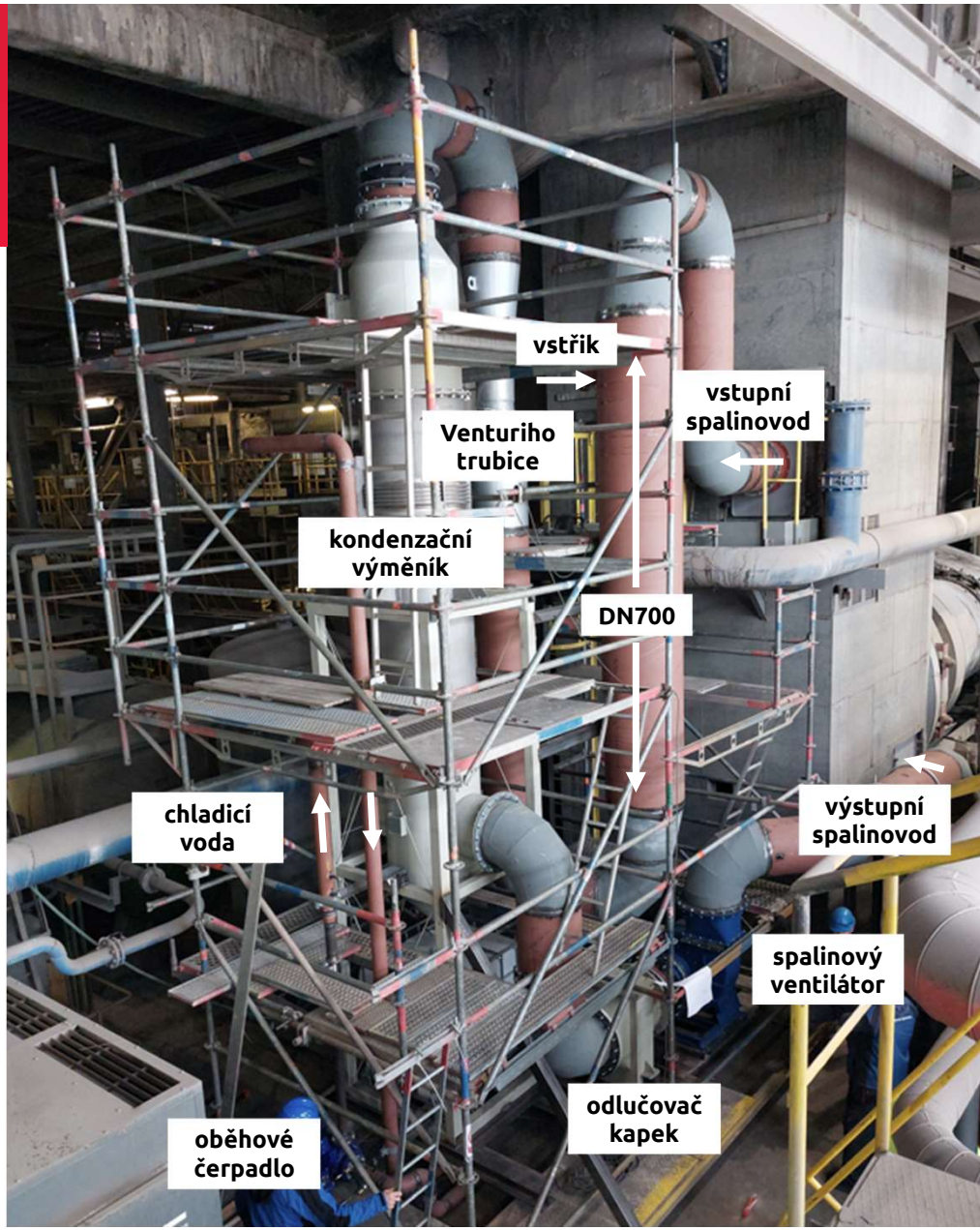


Schéma a instalace

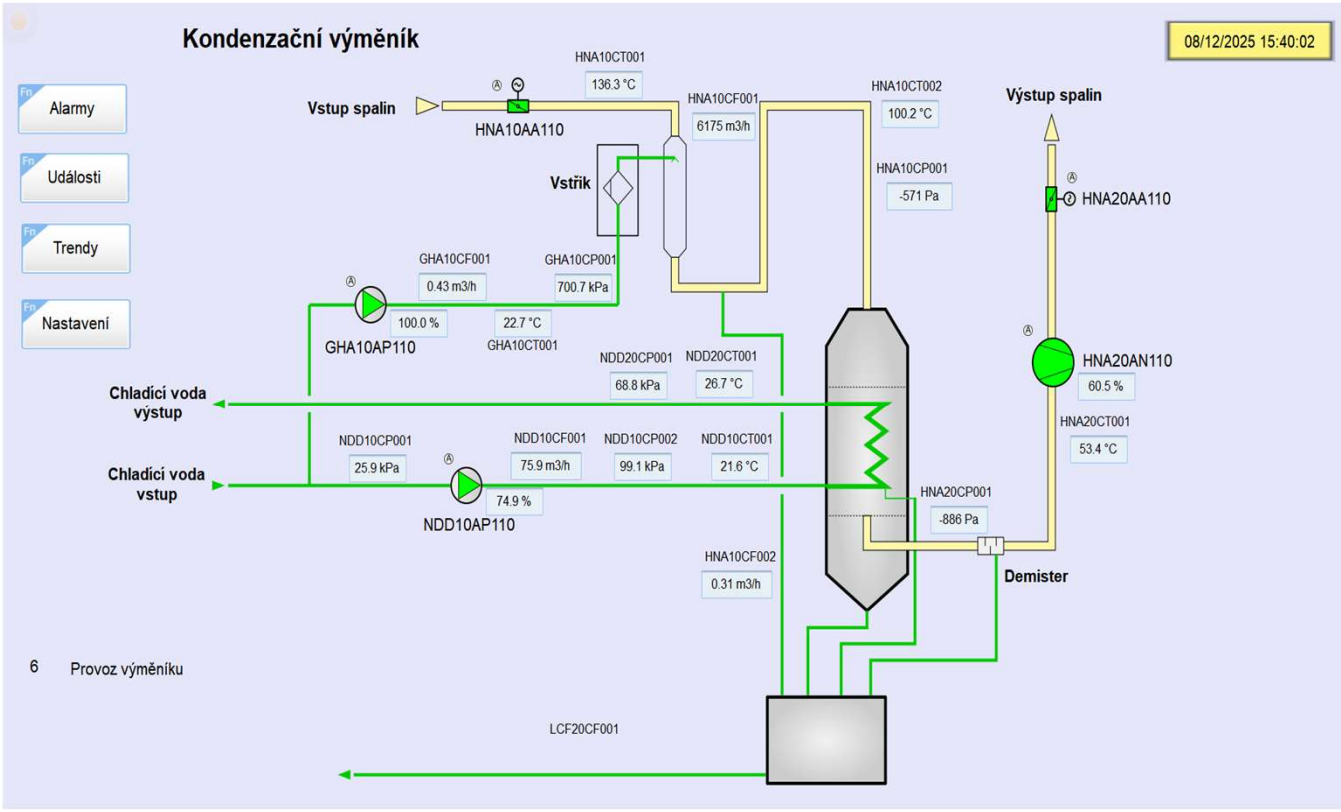




Měřené stavy

- Rozdělení do 2 etap
- Matice provozních stavů

provozní stav	spaliny [%]					vstřik [%]				voda [%]	
	50	70	85	100	110	0	50	75	100	50	100
režim 1				x		x					x
režim 2				x			x				x
režim 3				x				x			x
režim 4				x					x		x
režim 5				x					x	x	
režim 6	x					x					x
režim 7		x				x					x
režim 8			x			x					x
režim 9				x		x					x
režim 10					x	x					x
režim 11	x								x		x
režim 12		x							x		x
režim 13			x						x		x
režim 14				x					x		x
režim 15					x				x		x



Úpravy po 1. etapě

- Úpravy po 1. etapě
  - Optimalizace vstřiku – výměna trysek za nové s užším profilem (jemnější kapičky)
  - Instalace sifonu – zamezení nežádoucímu ochlazování spalin (přisávání falešného vzduchu)

parametr	bilanční předpoklad	reálný provoz	jednotka
teplota spalin na vstupu do systému	150	130-142	°C
teplota vstřiku a chladicí vody	22	21-23,5 (19,1-30,7)	°C

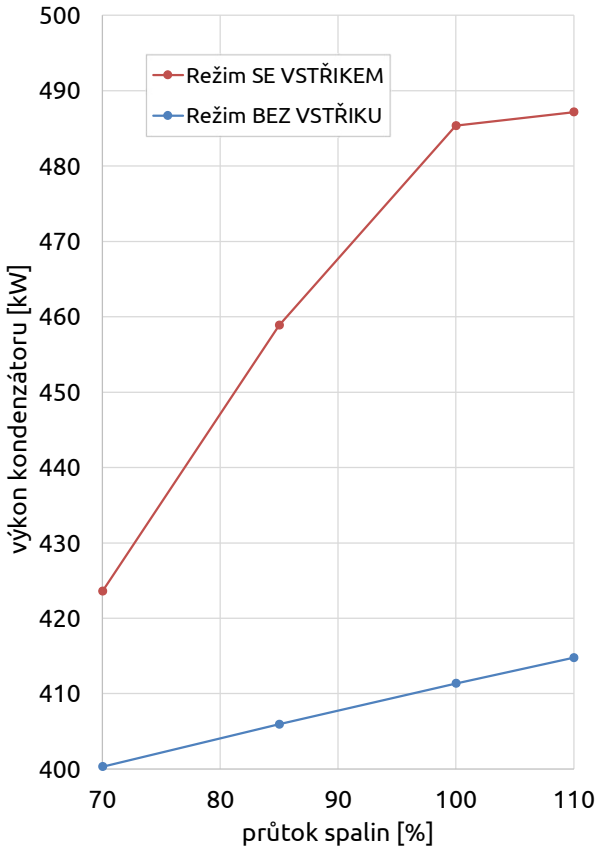
Vyhodnocení a výkon kondenzátoru

Režim BEZ VSTŘIKU

průtok spalin [%]	70	85	100	110
t_sp_před vstřikem [°C]	141,4	138,6	135,9	134,7
t_sp_za vstřikem [°C]	139,7	137,6	134,9	133,7
t_sp_za kondenzátorem [°C]	62,5	62,8	62,5	62,4
t_voda_in [°C]	22,7	23,2	23,2	22,9
t_voda_out [°C]	27,2	27,8	27,9	27,6
výkon kondenzátoru [kW]	400,3	405,9	411,3	414,7

Režim SE VSTŘIKEM

průtok spalin [%]	70	85	100	110
t_sp_před vstřikem [°C]	134,6	136,3	141,2	141,5
t_sp_za vstřikem [°C]	97,3	100,2	104,9	106,1
t_sp_za kondenzátorem [°C]	51,8	53,4	55,6	56,3
t_voda_in [°C]	21,7	21,5	21,8	21,9
t_voda_out [°C]	26,5	26,7	27,3	27,4
výkon kondenzátoru [kW]	423,6	458,9	485,3	487,1



Závěr

- Dosažení projektovaného výkonu
- Validace výpočtového softwaru
- Zvýšení účinnosti kotle
  - Prototyp – zvýšení o 0,5 %
  - Teoreticky až 105,5 % (tento kotel)
- Možnost integrace TČ
  - Pro vyšší výstupní teplotu vody

- Rozbor kondenzátu za výměníkem

průtok spalin	provozní režim	vodivost [µS/cm]	pH [-]
70	se vstřikem	115,5	5,33
	bez vstřiku	179,6	3,6
85	se vstřikem	100,9	5,27
	bez vstřiku	140,4	3,9
100	se vstřikem	112,4	5,30
	bez vstřiku	193,6	4,1
110	se vstřikem	112,4	5,31
	bez vstřiku	150,8	3,7

SES TLMAČE

FAKULTA energetický
STROJNÍHO ústav
INŽENÝRSTVÍ

Děkujeme za pozornost

T A
Č R
Technologická agentura České republiky

UNITED ENERGY

www.transporta.cz

ODTAHY A CHLAZENÍ POPELOVIN

Tato prezentace představuje naše technická řešení odtahů a chlazení popelovin pro různé typy kotlů a různá tuhá paliva

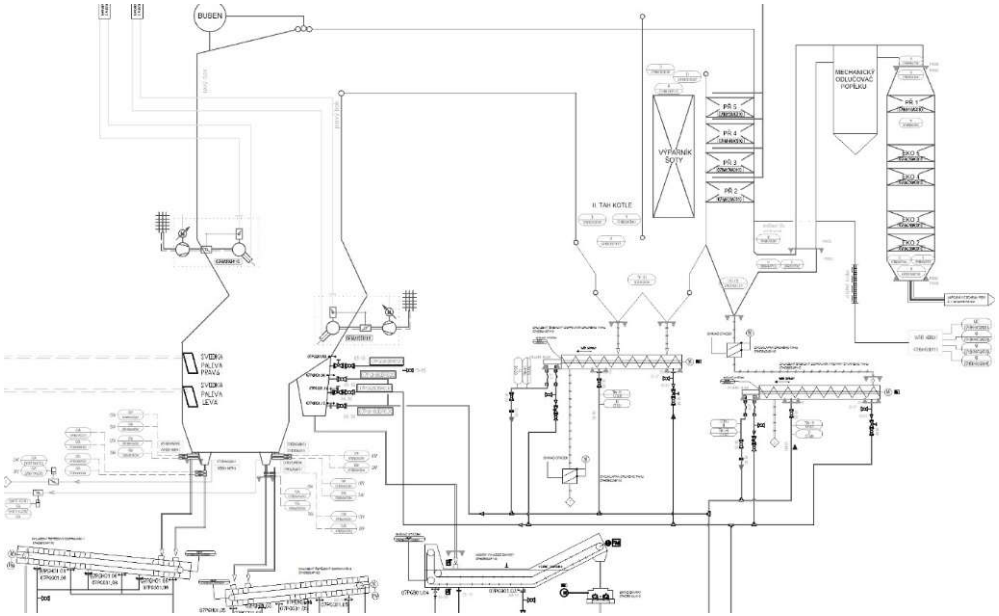
TRANSPORTA se zabývá návrhem, vývojem a výrobou zařízení pro manipulaci s popelovinami od roku 2019, kdy jsme na požadavek provozu elektrárny Prunéřov navrhli náhradu výkonově nevyhovujících chladících šneků.
Nově navržené zařízení umožnilo vyšší přepravní kapacity i chladící výkon při zachování omezených prostorových možností. Naším řešením jsme dosáhli zvýšení odolnosti zařízení (použití tvrdonávarových plechů) a nová konstrukce umožňuje snadnější servis.

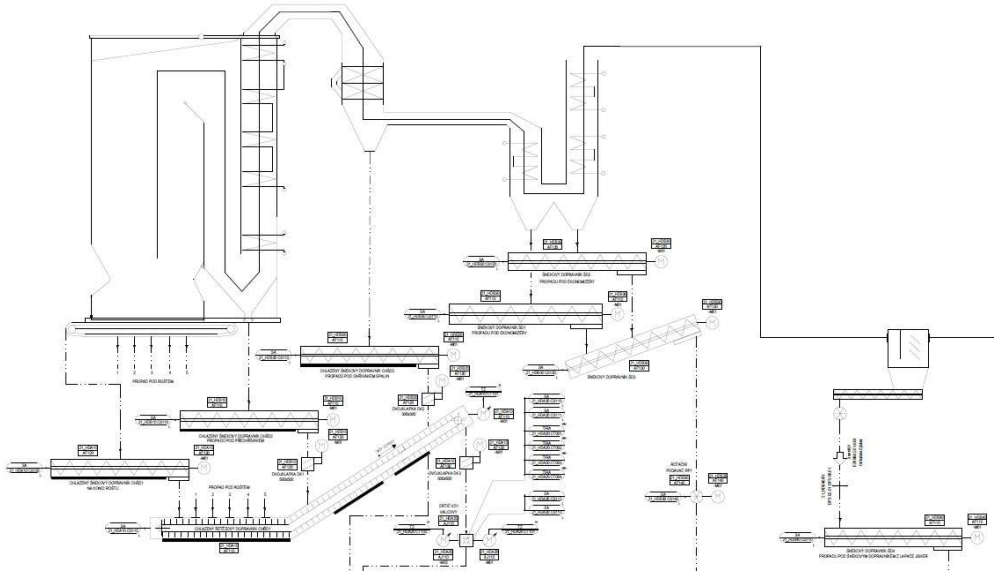
Při návrhu a výrobě pozdějších zařízení pro manipulaci s popelovinami se držíme pravidel zvyšujících životnost a servisovatelnost.

CO OVLIVŇUJE VOLBU TECHNOLOGIE

Typy kotlů:

- **kotle s fluidním ložem**
  - s regulací odtahu popelovin na straně kotle
  - s požadavkem na regulaci odtahu na straně dopravy (stáváme se součástí vnitřní regulace kotle)
- **roštové kotle**
  - s homogenní zrnitostí paliva
  - s nehomogenní zrnitostí paliva (typicky kotle ve spalovnách)





CO OVLIVŇUJE VOLBU TECHNOLOGIE

Druhy paliv

V dnešní době převládá výstavba biomasových kotlů (BIO), kotlů na tuhá alternativní paliva (TAP, RDF) nebo smíšených multipalivových kotlů.

Manipulace s těmito palivy je problematická již před vstupem do kotle. Nemají přesně definované vlastnosti a vyžadují specifické zacházení.

Obecně bychom tyto materiály neměli řadit mezi sypké materiály – jejich sypný úhel může být dokonce i negativní.

CO OVLIVŇUJE VOLBU TECHNOLOGIE

Vliv na popeloviny

Lze očekávat, že kvalita popelovin na výstupech z kotle se bude lišit v závislosti na kvalitě spalovaného paliva.

Obecně lze konstatovat, že v případě biomasy se setkáváme především s přírodním inertním materiálem, jako jsou kameny či zbytky betonu pocházející z manipulačních ploch. Naopak u tuhých alternativních paliv se častěji vyskytují kovové příměsi a spečence.

CO OVLIVŇUJE VOLBU TECHNOLOGIE

Požadavky na výslednou kvalitu popelovin

Z pohledu následné manipulace
- požadavky na jemnozrnnost (typicky pro pneudopravu)
- problémy s nedopalem

Z pohledu vytřídění kovů
- nižší vrstvy materiálu na pasech z důvodu účinnosti magnetických separátorů
- drcení na menší zrnitosti
- rozvolnění toku pro separátory nemagnetických kovů

Z provozních důvodů
- vlhkost/suchost materiálu (zamrzání, lepení)
- těsnosti doprav (přisávání vzduchu, prašnost)
- výstupní teploty

ODTAHY A CHLAZENÍ POPELOVIN

Doprava popelovin je trochu jako proktologie – je vidět, že výsledná popelovina je přímo závislá na vstupech a kvalitě spalování.

Je důležité spolupracovat už při návrhu řešení. Poskytujeme projekční podklady, pomáháme s návrhem dispozičního řešení celého podkotlí a optimalizujeme zástavbu našich zařízení s ohledem na provoz a údržbu.

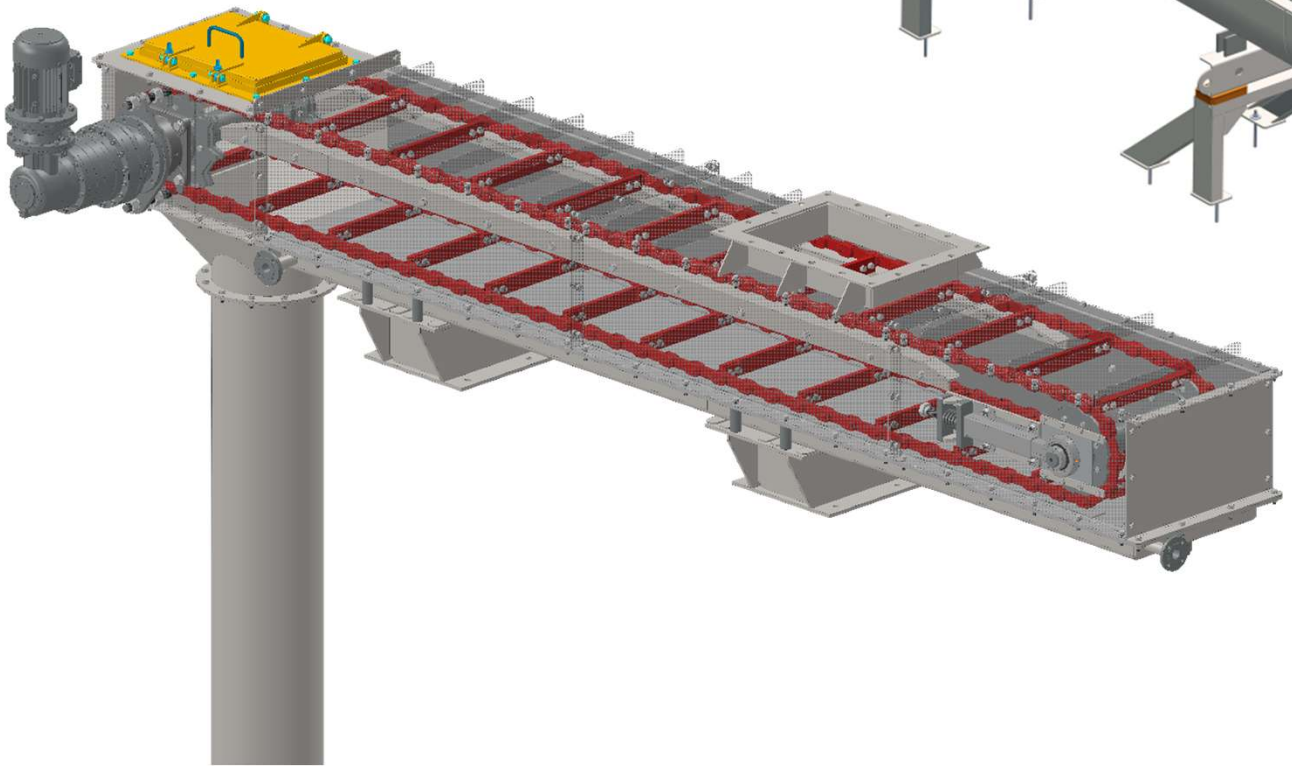
Velký důraz klademe také na robustnost těchto zařízení, protože nikdy přesně nevíme, co všechno se v popelu najde.

Většinu potřebných zařízení si firma Transporta sama konstruuje a vyrábí.

VLASTNÍ PRODUKTY FIRMY TRANSPORTA

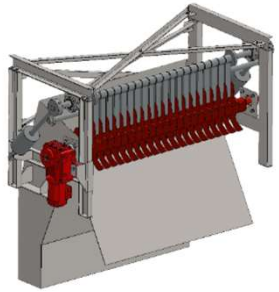
Chladící šnekové dopravníky

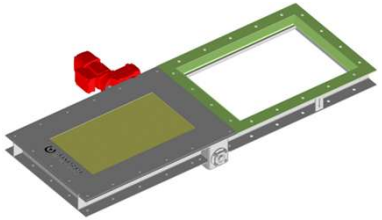
Chlazené řetězové dopravníky

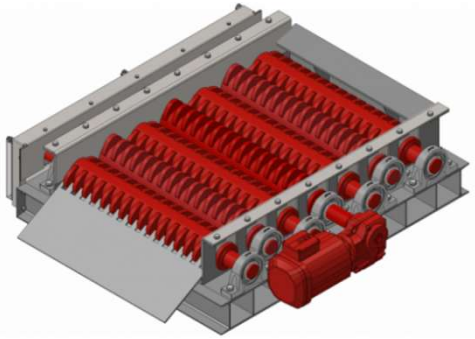


VLASTNÍ PRODUKTY FIRMY TRANSPORTA

Šneky, řetězové dopravníky, pásové dopravníky, trubkové dopravníky, elevátory, deskové uzávěry, klapky, kompenzátory



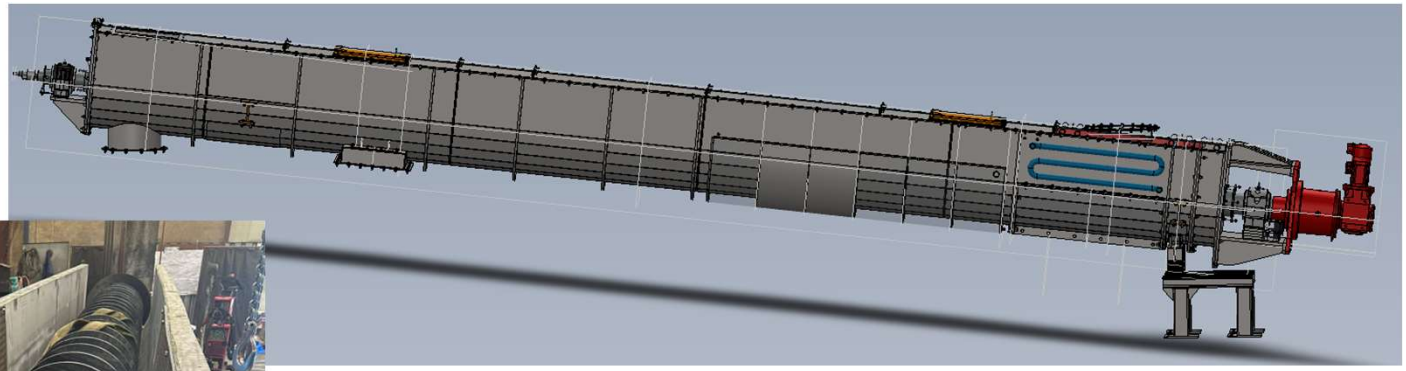


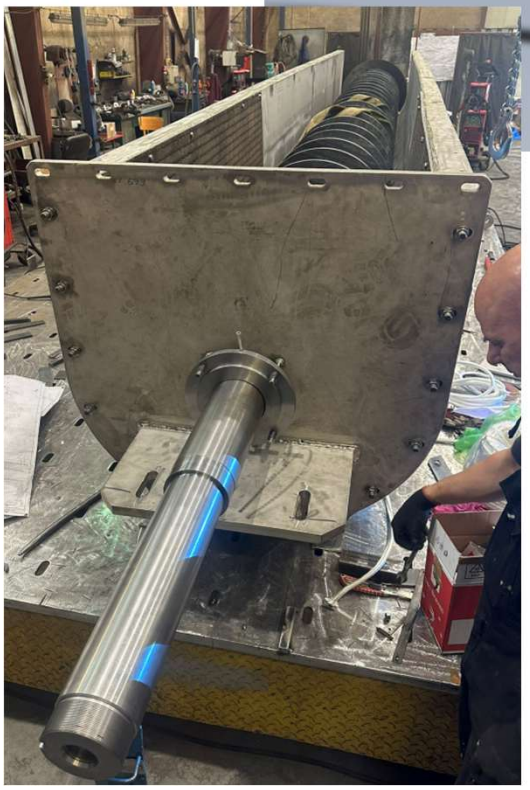


VLASTNÍ PRODUKTY FIRMY TRANSPORTA

Nové produkty

Vynášení, regulace a chlazení fluidního lože

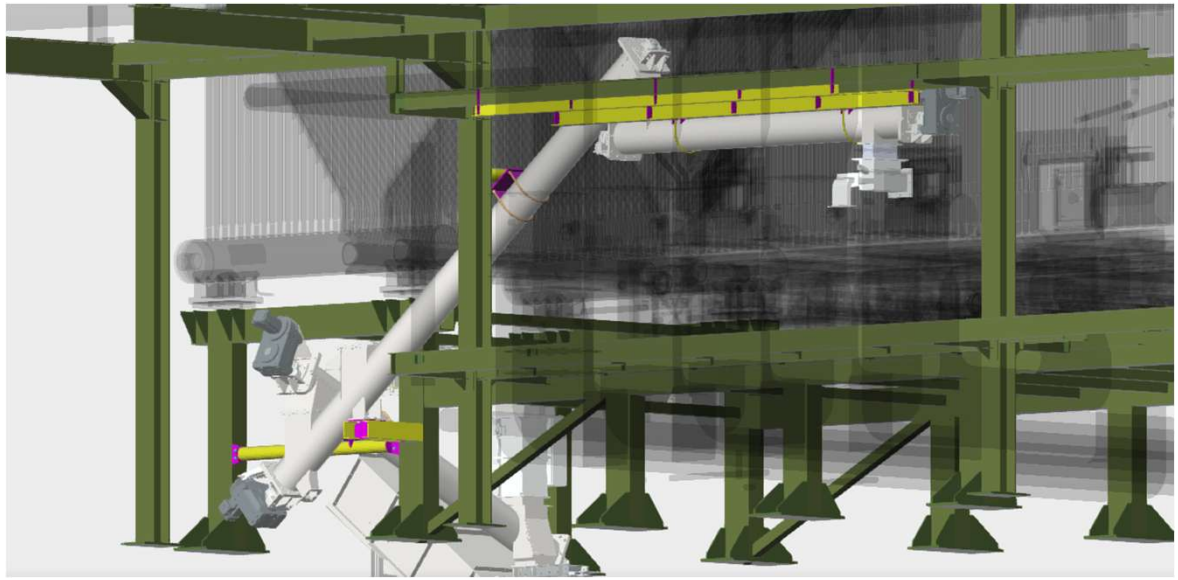




VLASTNÍ PRODUKTY FIRMY TRANSPORTA

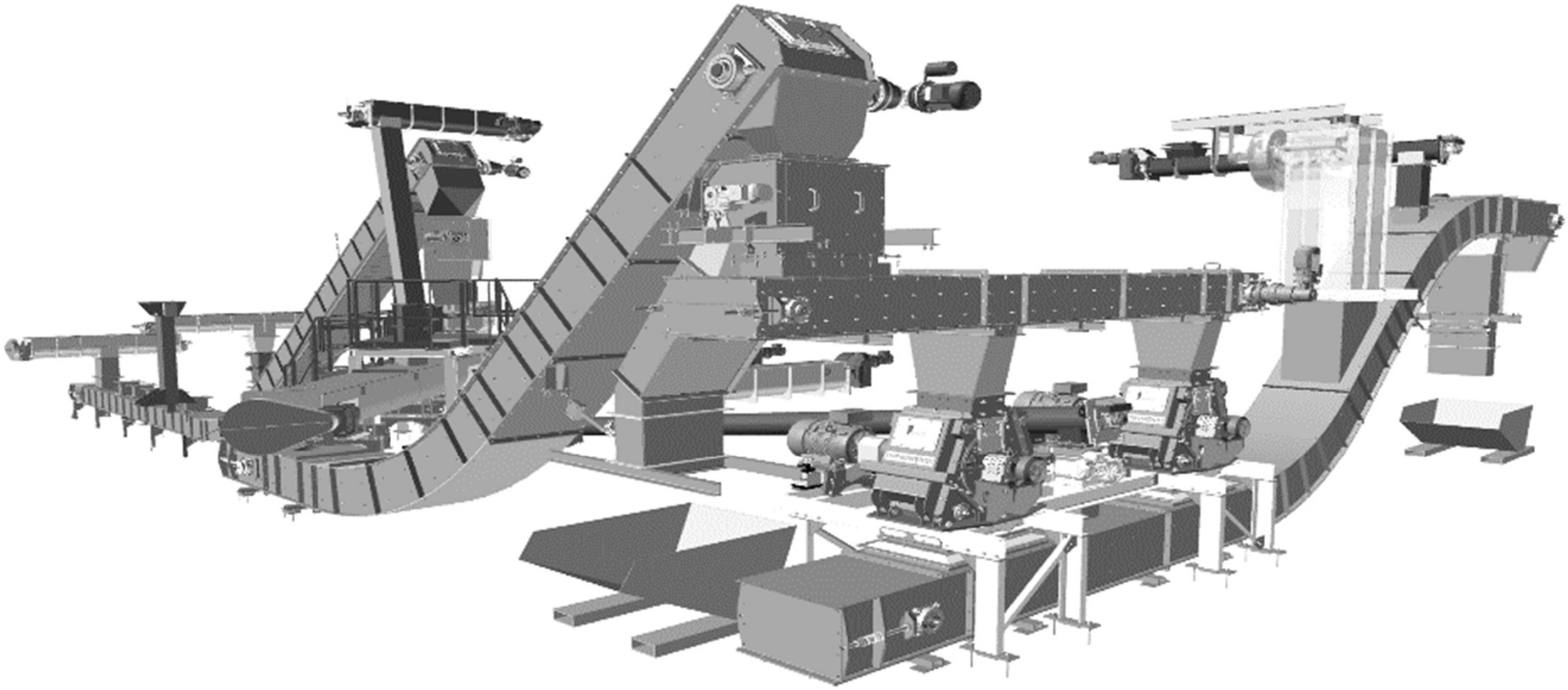
Nové produkty

Bypassová linka popeloviny s nedopalem zpět do spalovací komory



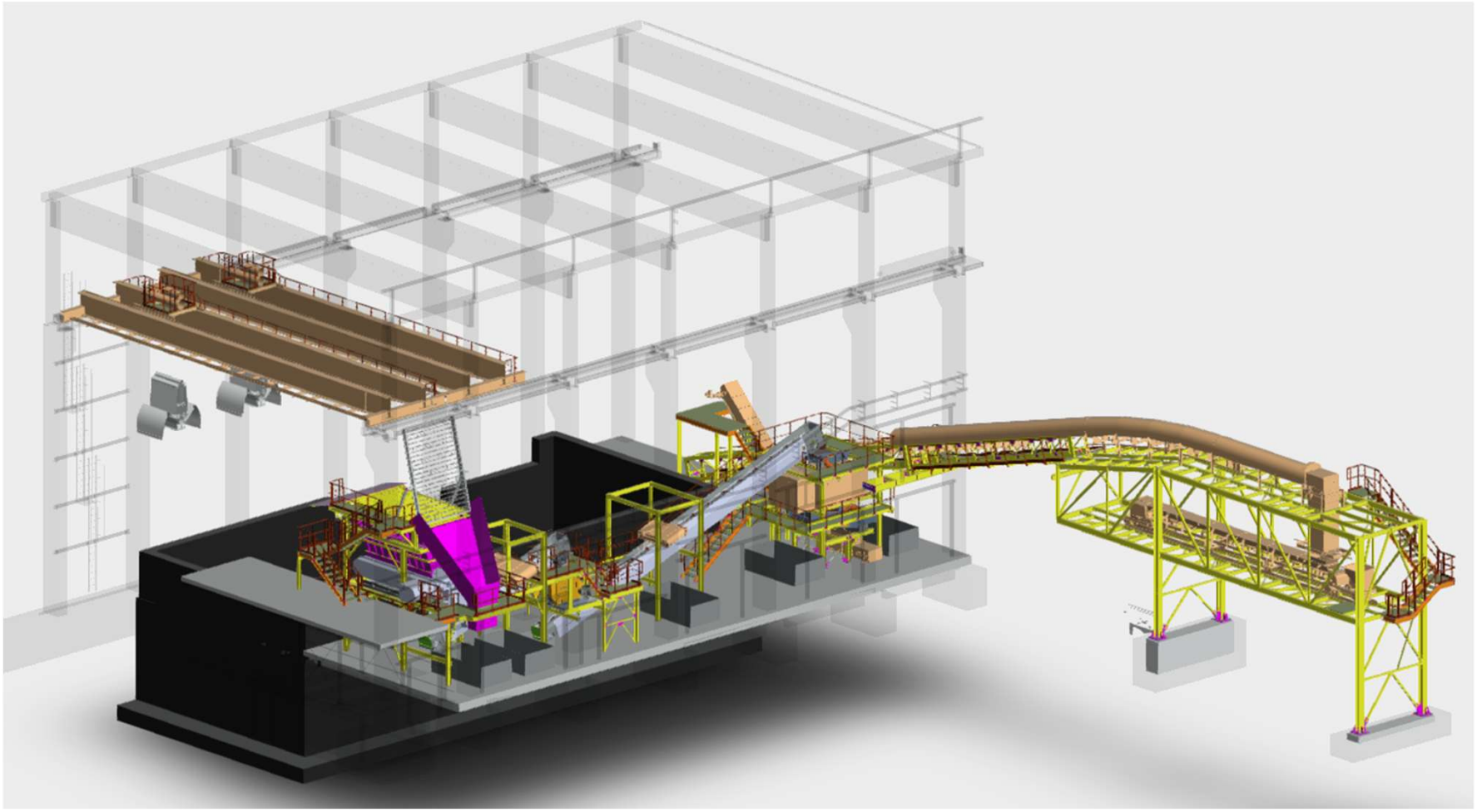
AKTUÁLNÍ PROJEKTY FIRMY TRANSPORTA

EKOL - Teplárna Brno sever, Maloměřice



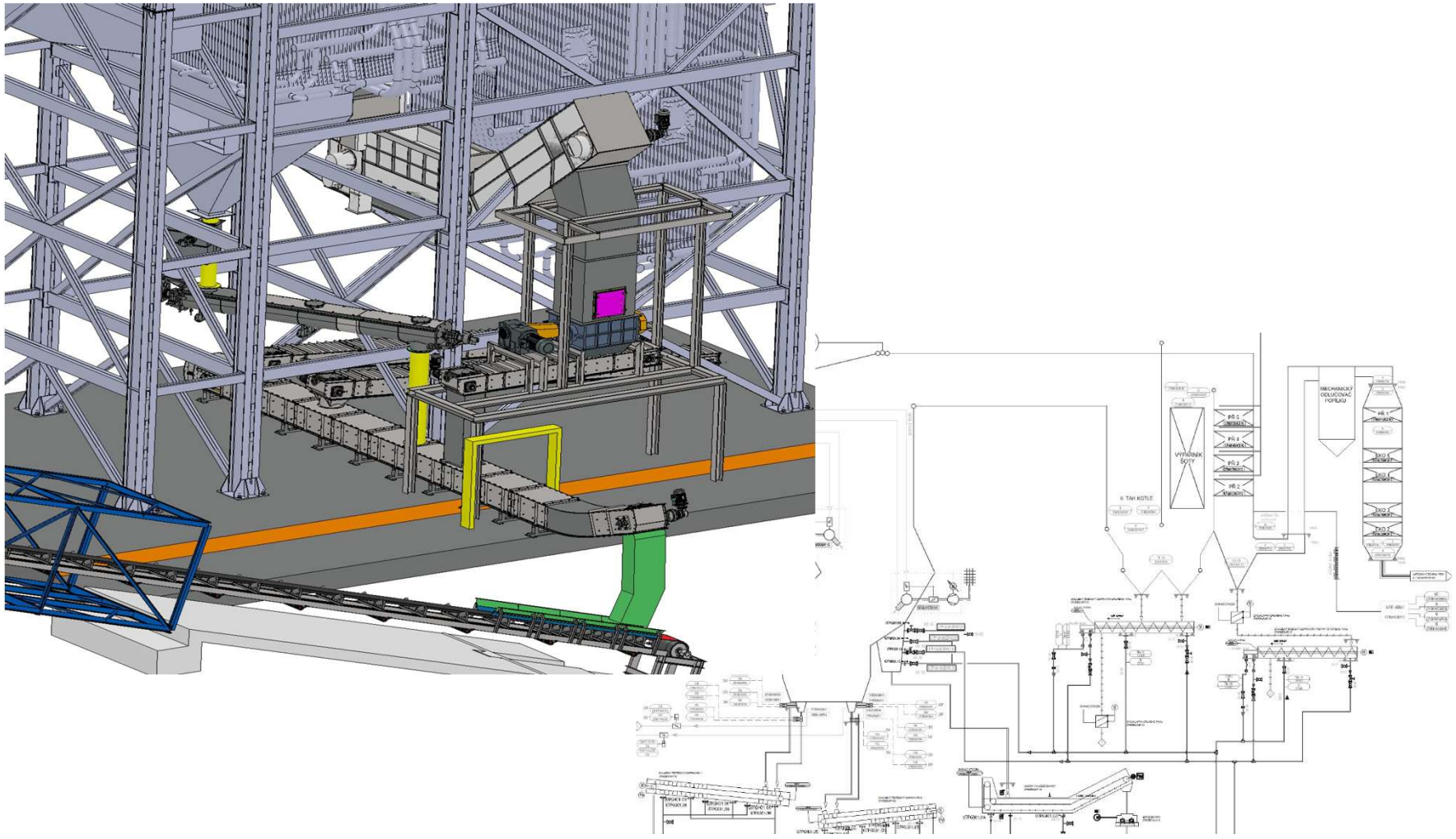
AKTUÁLNÍ PROJEKTY FIRMY TRANSPORTA

METROSTAV CZ – ZEVO – Elektrárna Mělník



AKTUÁLNÍ PROJEKTY FIRMY TRANSPORTA

INVELT SERVIS – C-energy – Planá nad Lužnicí

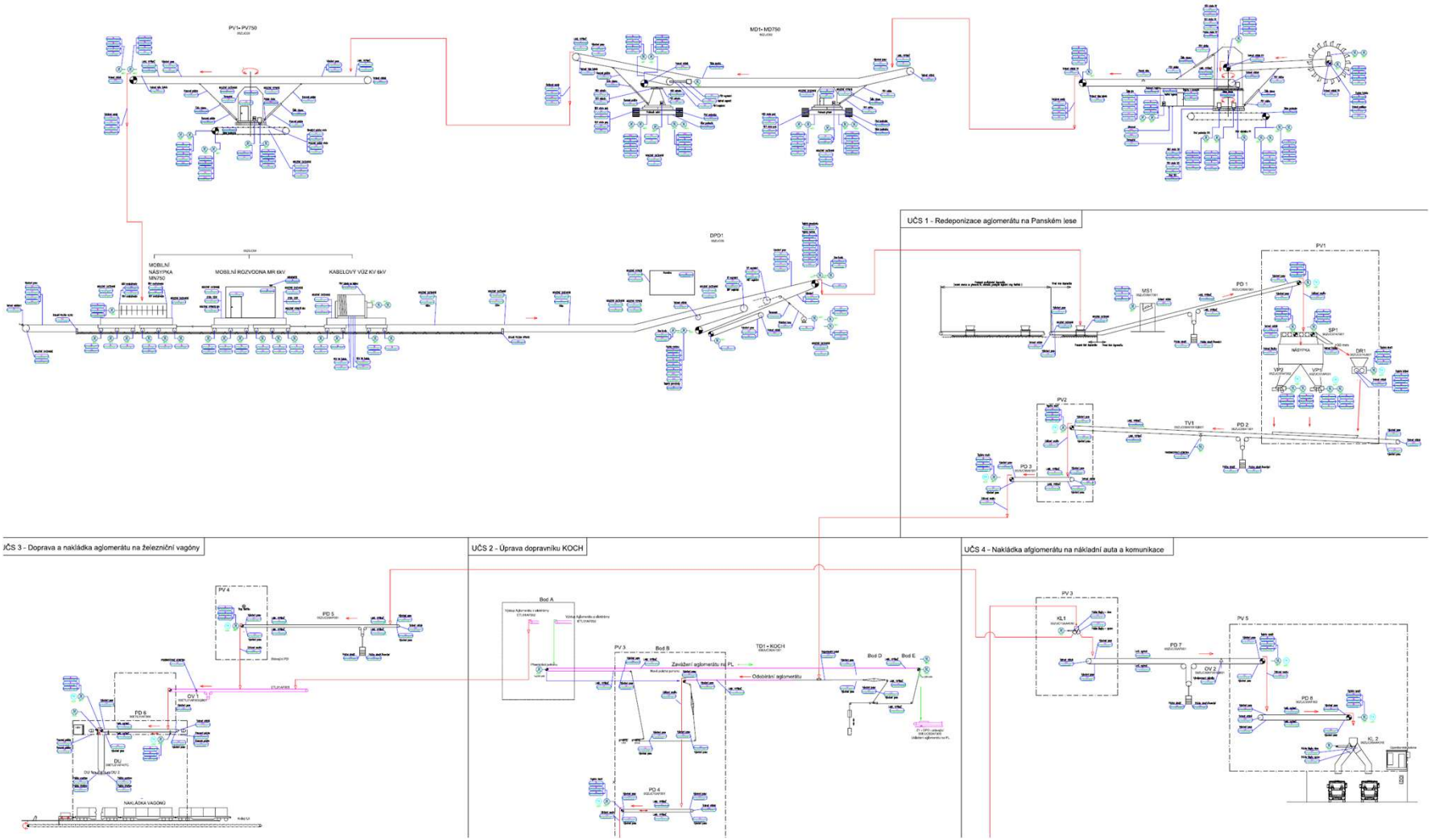


NOVÝ ŽIVOT PRO POPELOVINY

ČEZ EP – Redeponizace popelovin elektrárny Mělník – projekt Panský les

NOVÝ ŽIVOT PRO POPELOVINY

ČEZ EP – Redeponizace popelovin elektrárny Mělník – projekt Panský les



TRANSPORTA

DĚKUJI ZA POZORNOST

www.transporta.cz

SES TLMAČE
organizační jednotka Brno

Rekonstrukce spalovacího zdroje kotle D1 včetně DeNOx a výstavby nové technologie DeSOx

KOTLE, TEPELNÁ A JADERNÁ ENERGETIKA 9. – 10. března 2026

Prezentující:
-Pavel Křemínský

Obsah

- ÚVOD
- PARAMETRY KOTLE PŘED A PO REKONSTRUKCI
- HARMONOGRAM PROJEKTU
- DISPOZICE PŮVODNÍHO KOTLE
- ÚPRAVY NA KOTLI
- REALIZACE
- SEŘIZOVÁNÍ VÝKONŮ A EMISÍ
- MINIMÁLNÍ VÝKON
- MAXIMÁLNÍ VÝKON
- ZÁVĚR

Parametry kotle před a po

Rekonstrukce

- **Snížení emisních limitů NOx a SO2**
- **Spalování až 100% zemního plynu**
- **Spalování LDTS (lehká topná dehtová směs) a různých variant**
  - **Síra max 1%**
  - **Dusík max 2,41%**
  - **Výhřevnost 29 – 37 MJ/kg**
- **Snížení výstupní teploty páry**

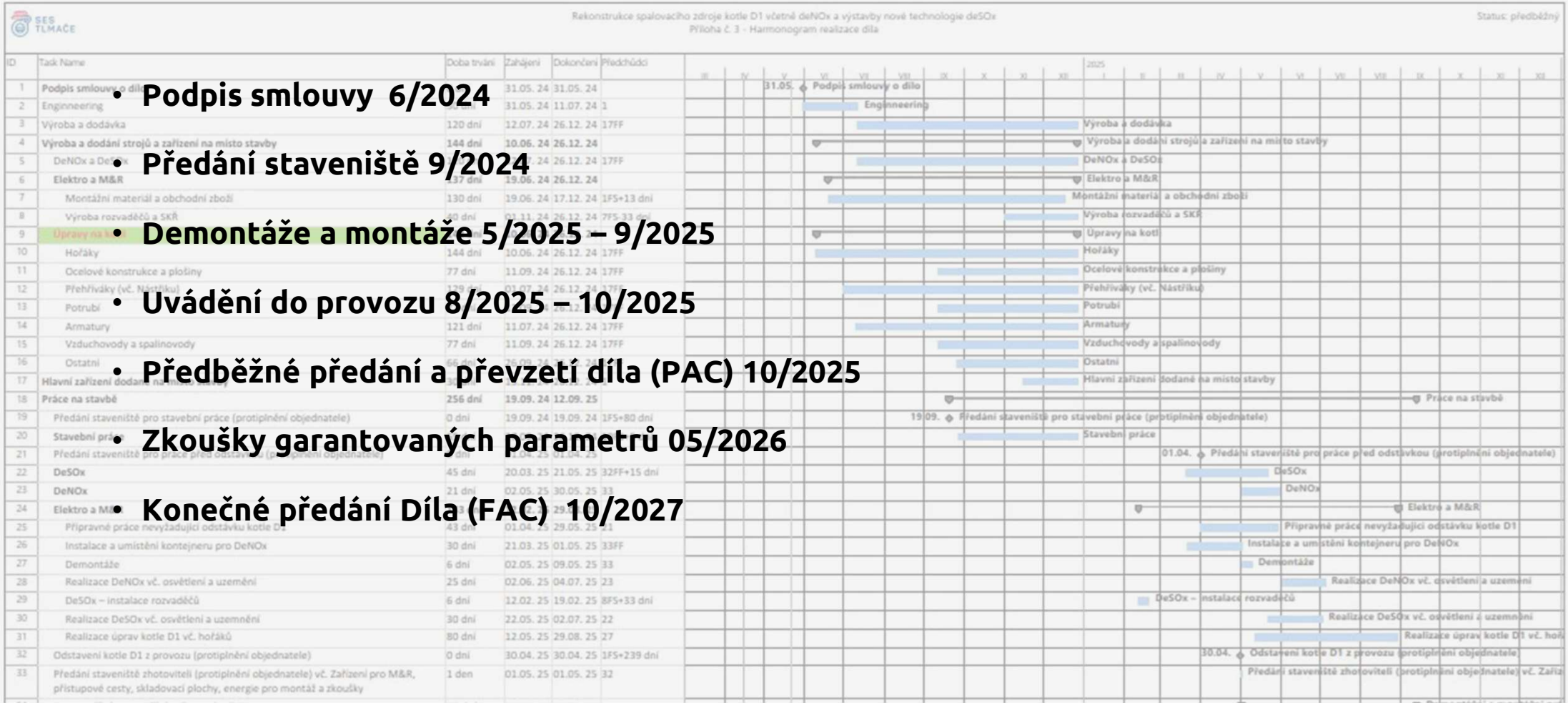
	Před rek.	Po rek.	
Jmenovitý parní výkon	30	30	t/h
Minimální parní výkon	15	10	t/h
Jmenovitá teplota přehřáté páry	**495**	**487**	**°C**
Jmenovitý tlak přehřáté páry	63	63	bar (g)
Teplota napájecí vody	145	145	°C

Zemní plyn	
NO_x [mg/Nm^3]	100
CO [mg/Nm^3]	35
SO_2 [mg/Nm^3]	50
TZL [mg/Nm^3]	-
NH_3 [mg/Nm^3]	-

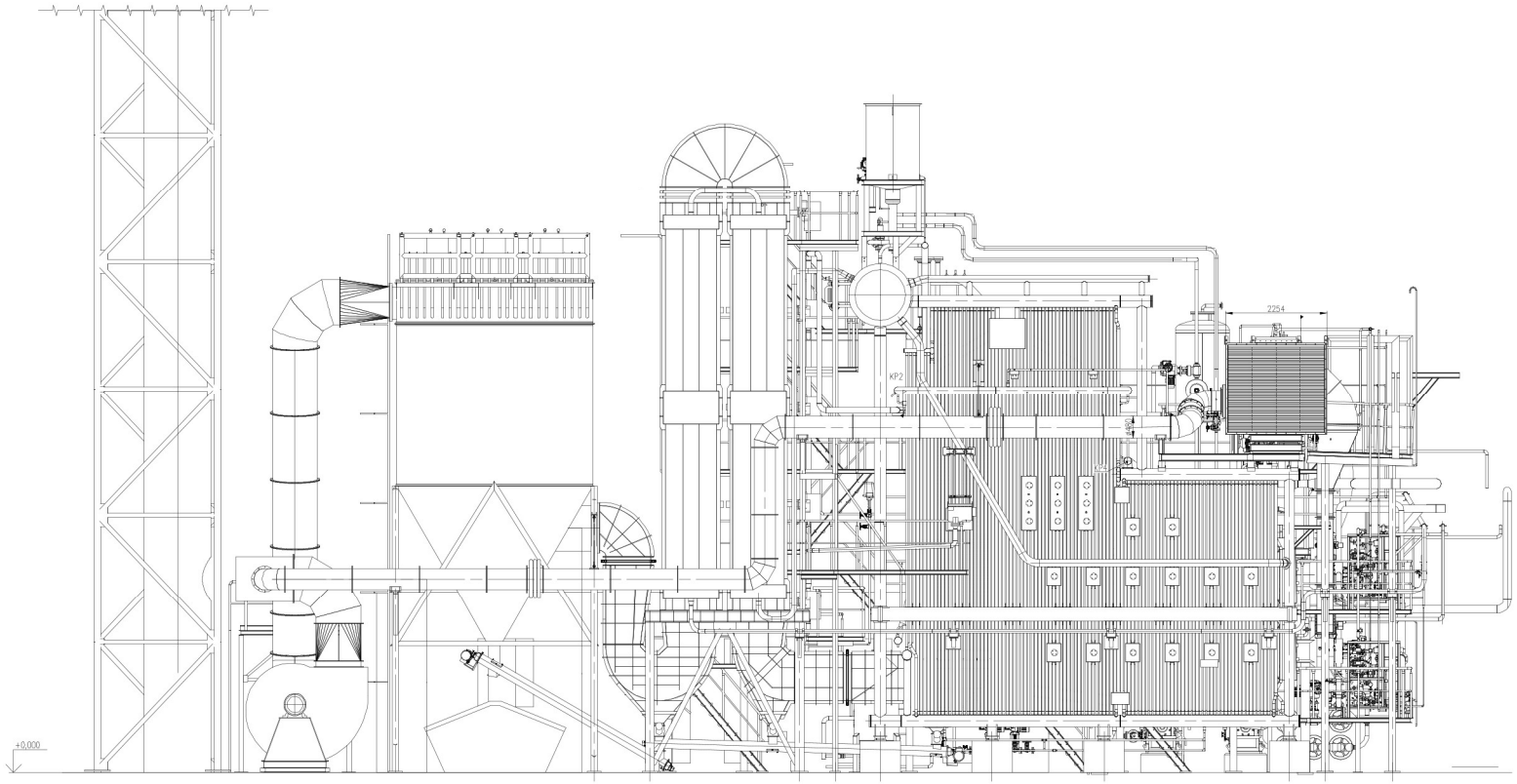
LDTS		
	Před rek.	Po rek.
NO_x [mg/Nm^3]	900-1200	450
CO [mg/Nm^3]	80	80
SO_2 [mg/Nm^3]	2200	350
TZL [mg/Nm^3]	30	30
NH_3 [mg/Nm^3]	-	15

Klíčové milníky projektu

- **Podpis smlouvy 6/2024**
- **Předání staveniště 9/2024**
- **Demontáže a montáže 5/2025 – 9/2025**
- **Uvádění do provozu 8/2025 – 10/2025**
- **Předběžné předání a převzetí díla (PAC) 10/2025**
- **Zkoušky garantovaných parametrů 05/2026**
- **Konečné předání Díla (FAC) 10/2027**

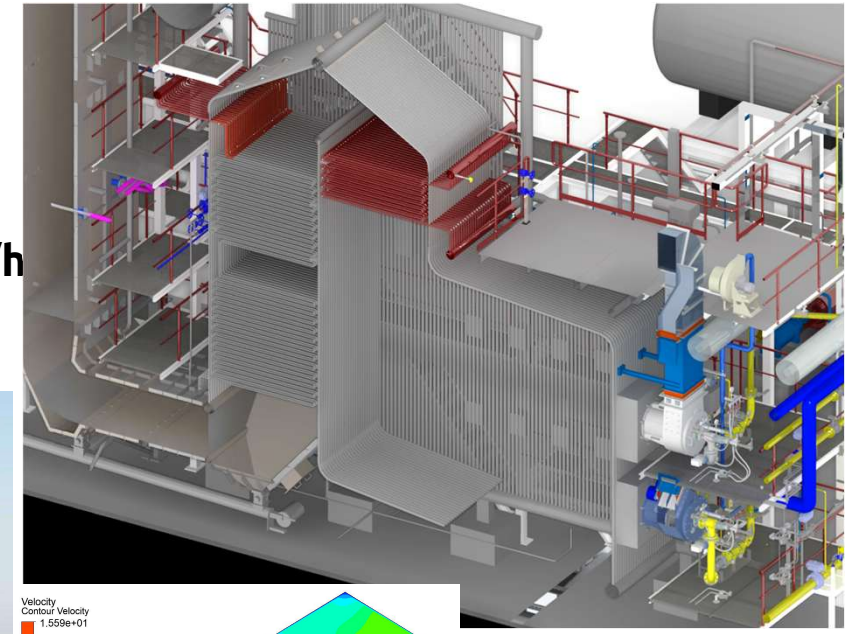


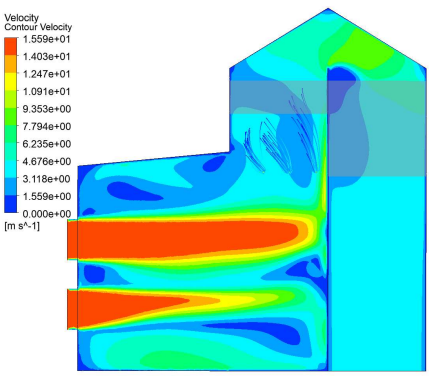
Původní kotel bez úprav



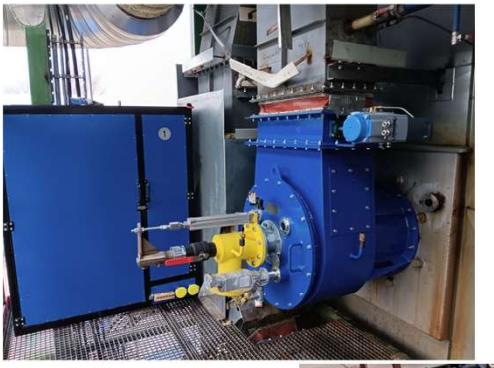
Úpravy na kotli

- **Hořáky (2x14 MWt)**
- **Úprava teplosměnných ploch – přehříváky (keramický nástřik)**
- **Úprava spalinovodů a vzduchovodů, přesun ventilátoru**
- **DeNOx – SNCR (max 95 kg/h)**
- **DeSOx – suchá metoda – hydrogenuhličitan sodný (max 200 kg/h**
- **Odpopílkování kotle**
- **SKŘ pro nově instalovaná zařízení**

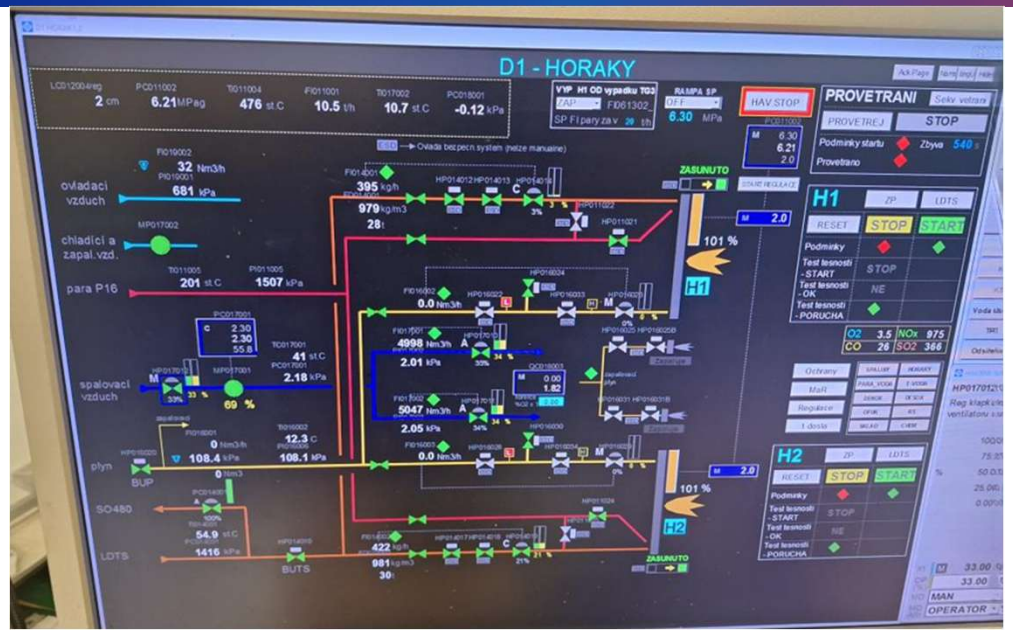




Realizace



Seřizování: výkon 10 t/h (min. výkon)

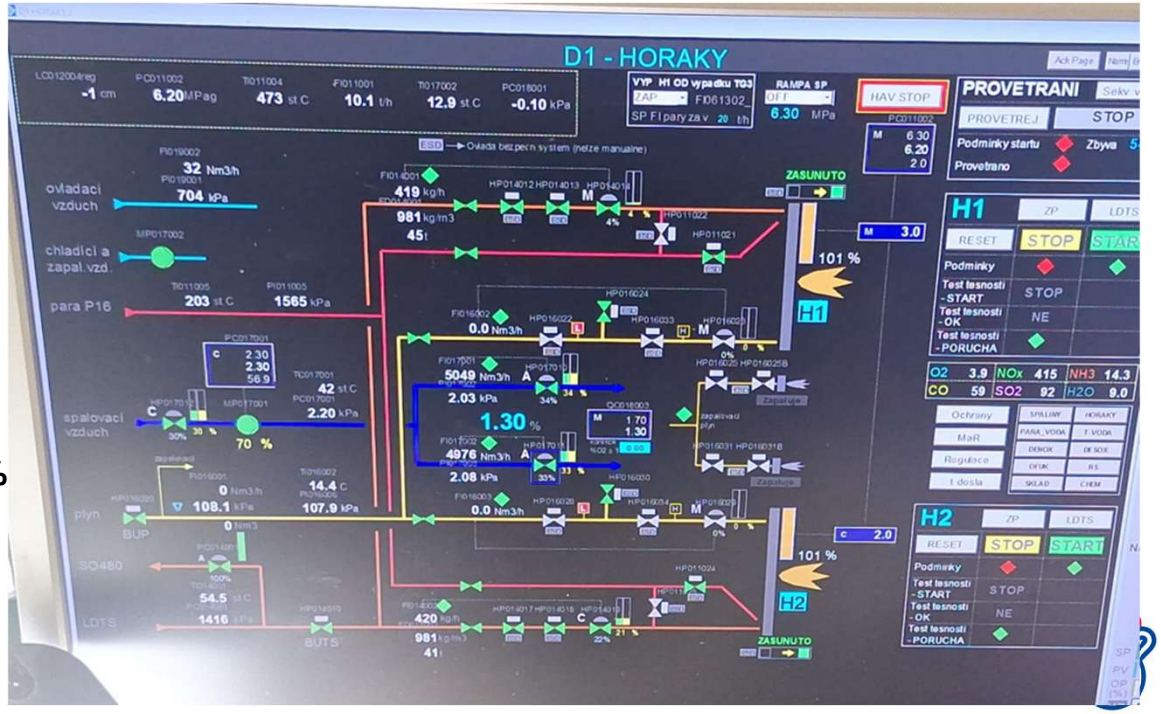


Bez SNCR

- Emise NOx 1400-1600 mg/Nm3, bez recirkulace, O_2 = 3%
- Emise NOx 1000 – 1200 mg/Nm3, bez recirkulace. O_2=1,8%
- Emise NOx 800 – 1000 mg/Nm3, s recirkulací

Zapnutí SNCR

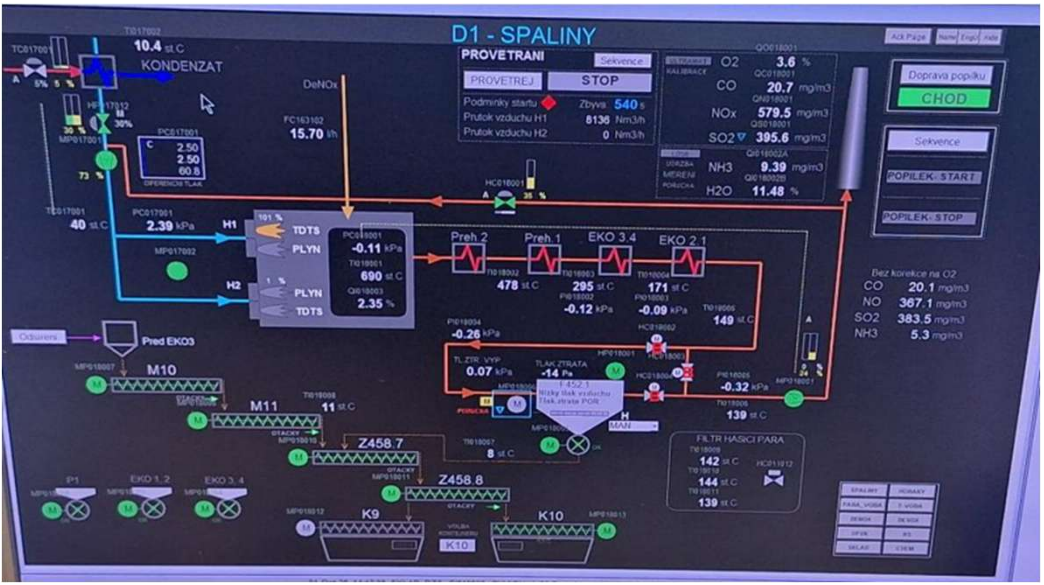
- Emise NOx 400 - 450 mg/Nm3, s recirkulací (10-20%), O_2 = 1,3%, CO 40-60mg/Nm3, NH3 = 5 – 15 mg/Nm3
- Vyšší recirkulace 20% a výš => CO 60 – 100 mg/Nm3, NOX 400 mg/Nm3
- Nízké teploty spalin => změna polohy zástřiku SNCR

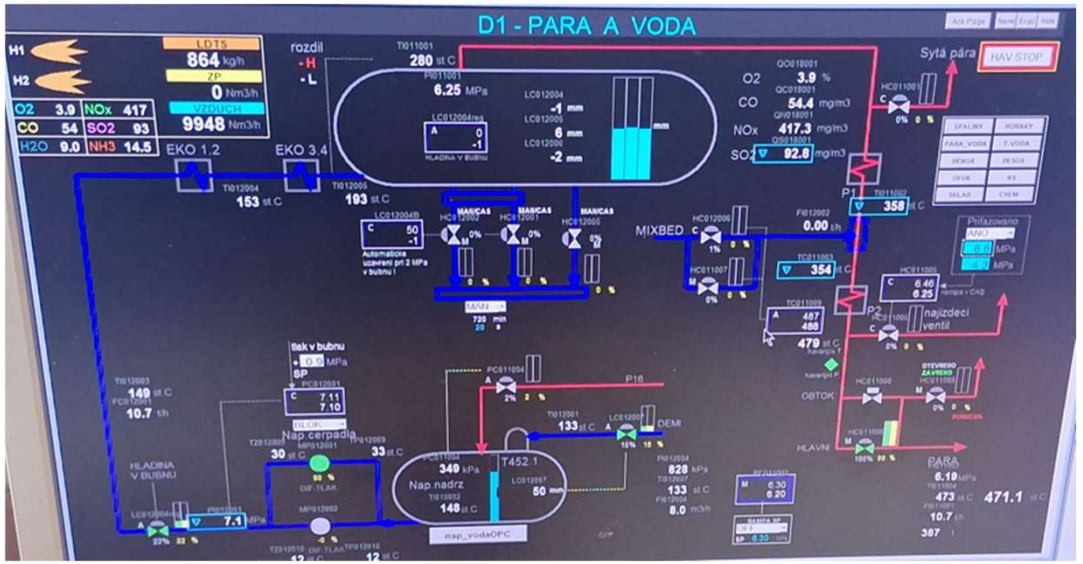


Seřizování: výkon 10 t/h (min. výkon)

Důležité body pro minimální výkon

- **Plnění emisních limitů**
- **Funkční recirkulace spalin**
- **Dodržení teploty spalin ve spalovací komoře - SNCR**
- **Dodržení teploty výstupní páry – garance od 15t/h, splněno i při 10 t/h**





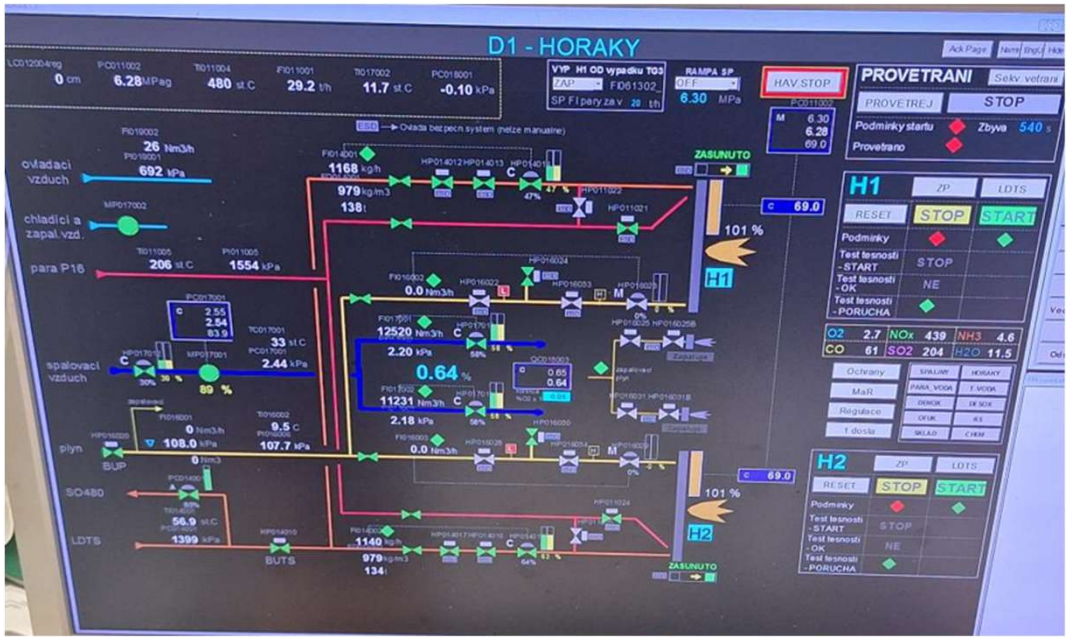
Seřizování: výkon 30 t/h (max. výkon)

Bez SNCR viz min výkon

- Emise NOx 1400-1600 mg/Nm3, bez recirkulace, O_2 = 2%
- Emise NOx 1000 – 1200 mg/Nm3, bez recirkulace. O_2=1,2%
- Emise NOx 800 – 1000 mg/Nm3, s recirkulací

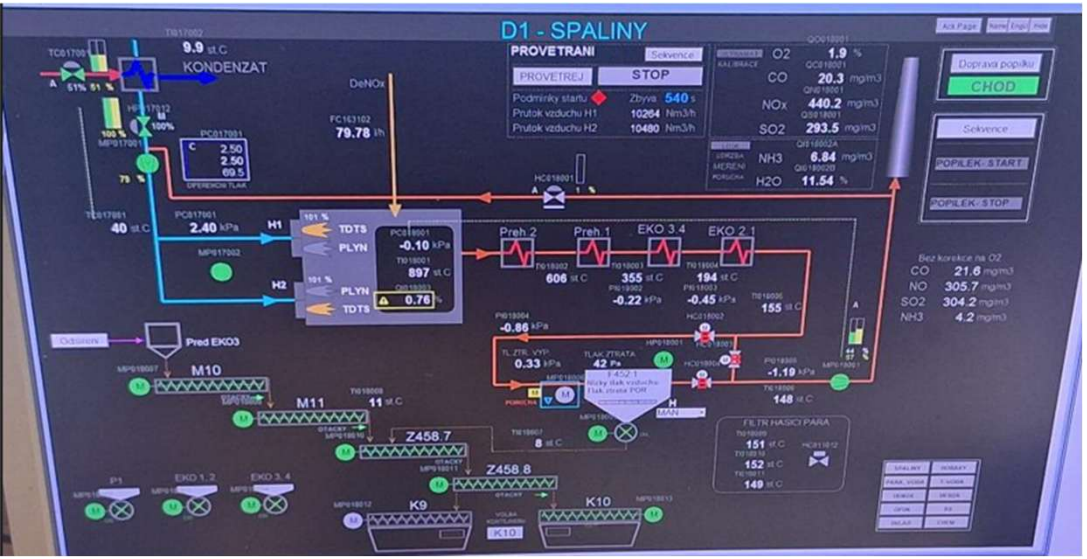
Zapnutí SNCR

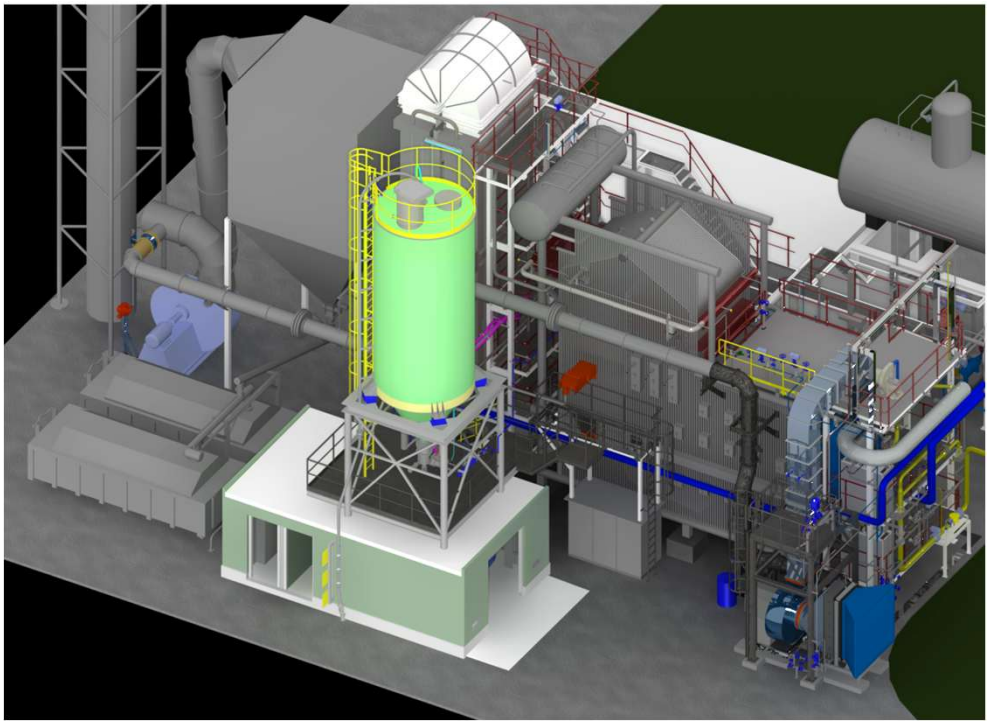
- Emise NOx 400 - 450 mg/Nm3, s recirkulací (0-10%), O_2 = 0,64%, CO 60-70mg/Nm3, NH3 = 5 – 10 mg/Nm3
- Vyšší recirkulace => vyšší zástřik - nežádoucí



DeSOx

- Dávkování $NaHCO_3$ - hydrogenuhličitan sodný (max 200 kg/h)
- Instalace objektu SO 458
  - Silo, vč. hospodářství a pneu dopravy
- Navýšení kapacity odpopílkování kotle
  - Nově 2 kontejnery





Děkujeme

Ing. Pavel Křemínský
+420 737 262 915 | pavel_kreminsky@ses.sk

SES TLMAČE
organizační jednotka Brno

ČISTÁ
ENERGIE
ZÍTŘKA

ZEVO Mělník:
Na cestě k realizaci

Jan Grossmann
ČEZ, a.s., útvar inženýring ONE

Konference: Kotle, tepelná a jaderná energetika | 2026

Skupina ČEZ v rámci své strategie **Č**istá **E**nergie **Z**ítřka přispívá k zásadní proměně a modernizaci české energetiky

Obsah

- Představení lokality Mělník
- Představení ZEVO
- Demolice a výstavba

Teplárenská lokalita Mělník je největším dodavatelem tepla v ČR

- V současnosti Mělník dodává do Prahy horkovodem cca 9 000 TJ tepla ročně.
- Dodávka tepla probíhá nepřetržitě celý rok 24/7 s výjimkou jednoho týdne plánované odstávky.
- Nové technologie
  - plynové a paroplynové zdroje s možností spalování vodíku,
  - fotovoltaické systémy,
  - systémy na ukládání energie,
  - tepelná čerpadla,
  - energetické využití odpadu (ZEVO)

zajistí **spolehlivou dodávku tepla** a poskytnou **podpůrné služby** distribuční soustavě.

www.cez.cz

Výroba elektřiny a tepla z uhlí bude v lokalitě **UKONČENA K ROKU 2030**

Paroplynový zdroj s možností spoluspalování vodíku

FVE a bateriové systémy

Zařízení na energetické využití odpadů (ZEVO)

ZEVO v lokalitě Mělník

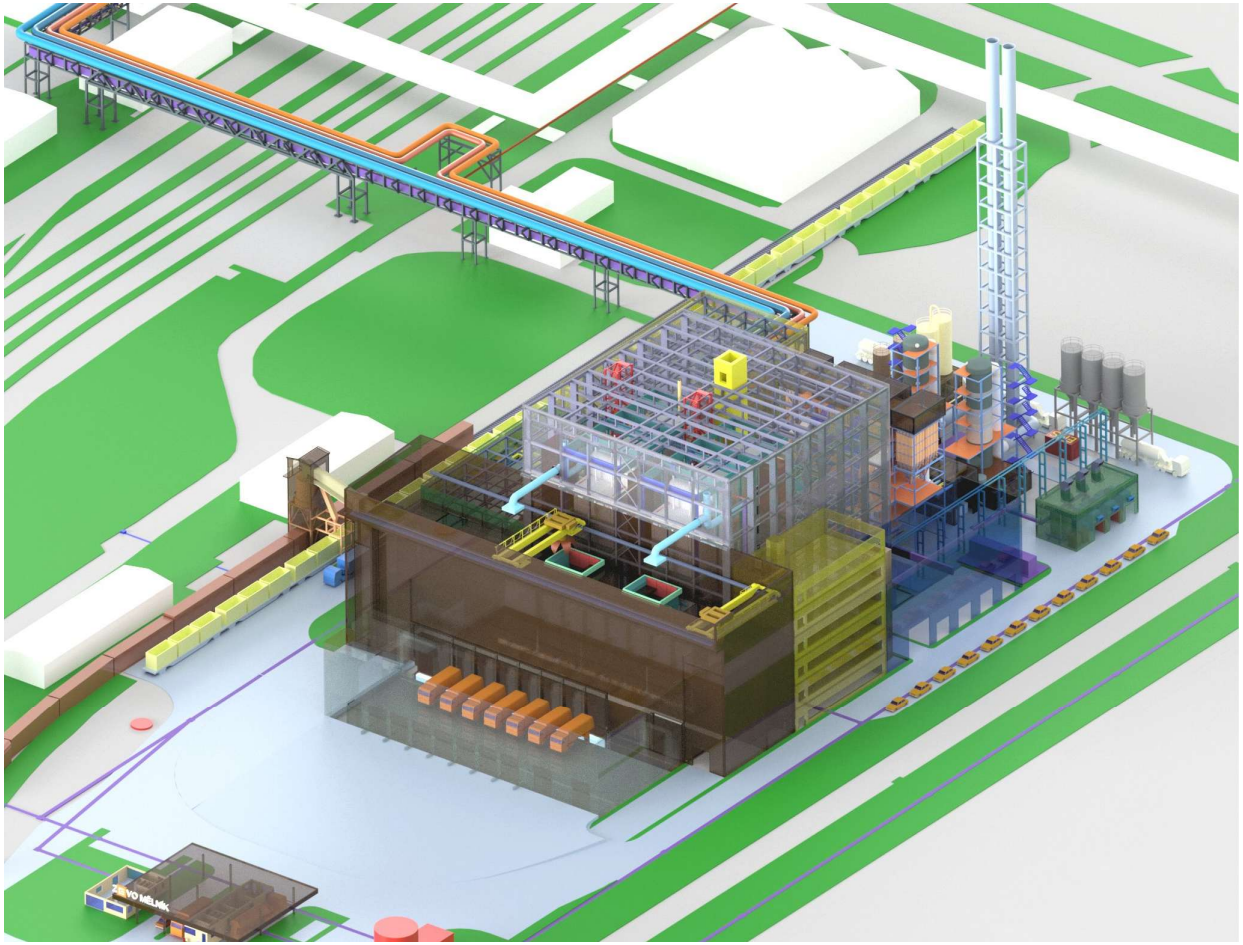
- ZEVO z 320 tisíc tun energeticky využitelných odpadů dodá ročně 1 900 000 GJ tepla a 150 000 MWh elektřiny

- Příspěvky ZEVO:
  - Snížení emisí **CO_2 o 22,45 %,** tzn. snížení produkce **CO_2 o 46 708 tun ročně**
  - Snížení spotřeby primární neobnovitelné energie o **21,57 %**
  - Snížení emisí skládkového plynu do ovzduší o **44 800 000 m^3 ročně**

- Dvě linky – 2 kotle, společný TG, 2 linky čištění spalin

- Režimy provozu:
  - Kondenzační provoz **34,6 MW_e**
  - Teplárenský provoz **66 MW_t** a **22 MW_e**
  - Výtopenský provozu **94 MW_t**

EPC dodavatelem je Společnost „ZEVO Mělník – Metrostav DIZ – Subterra“,

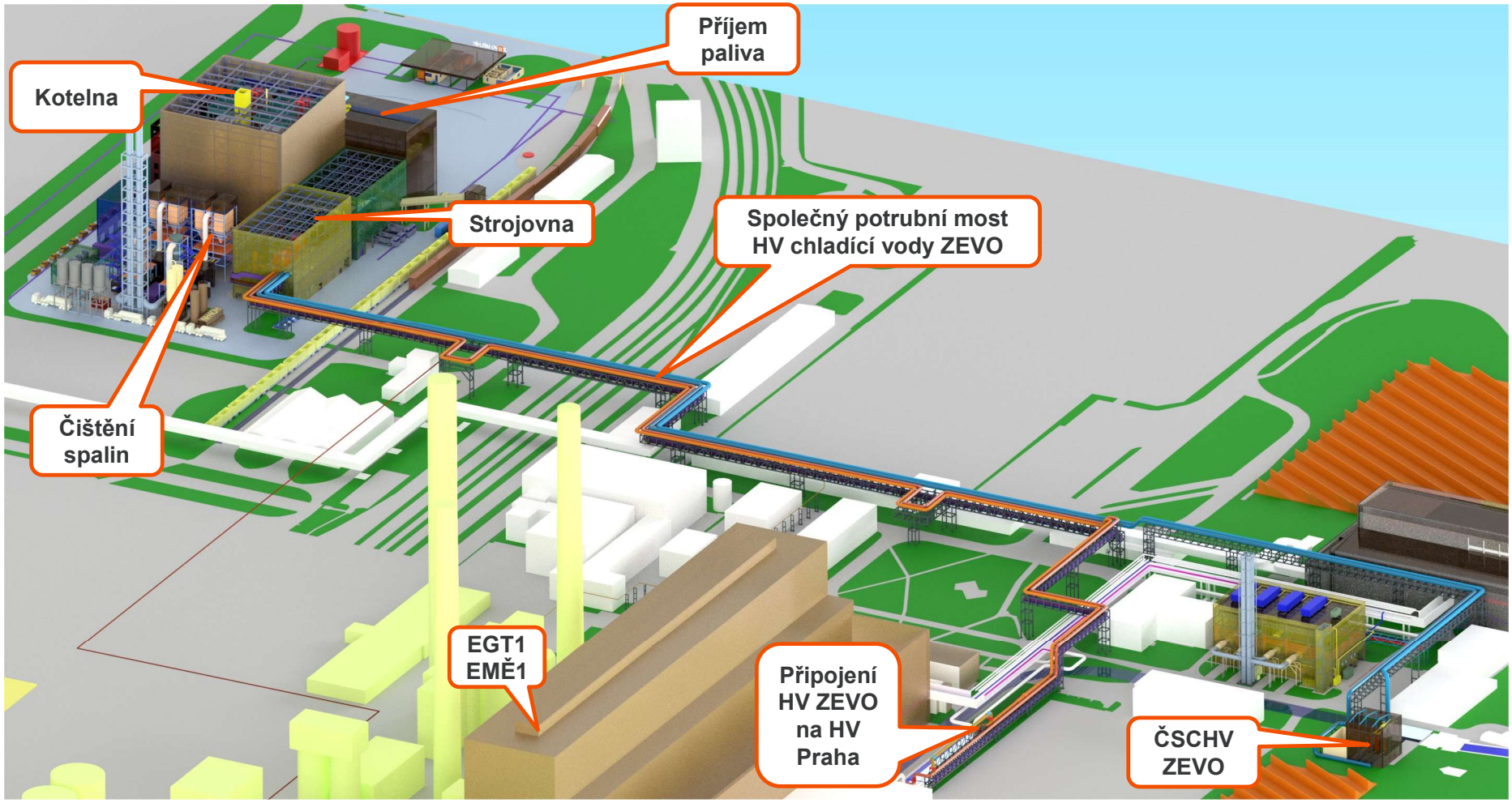


- Celkové náklady projektu ZEVO jsou 13,2 mld. Kč
- Z Modernizačního fondu HEAT 2 v květnu 2023 od SFŽP obdržena dotační podpora ve výši 46 % uznatelných nákladů projektu
- Renomovaní poddodavatelé technologií
  - **Martin GmbH** – kotel
  - **LAB SAS** – čištění spalin
  - **Siemens** – systém parní turbíny

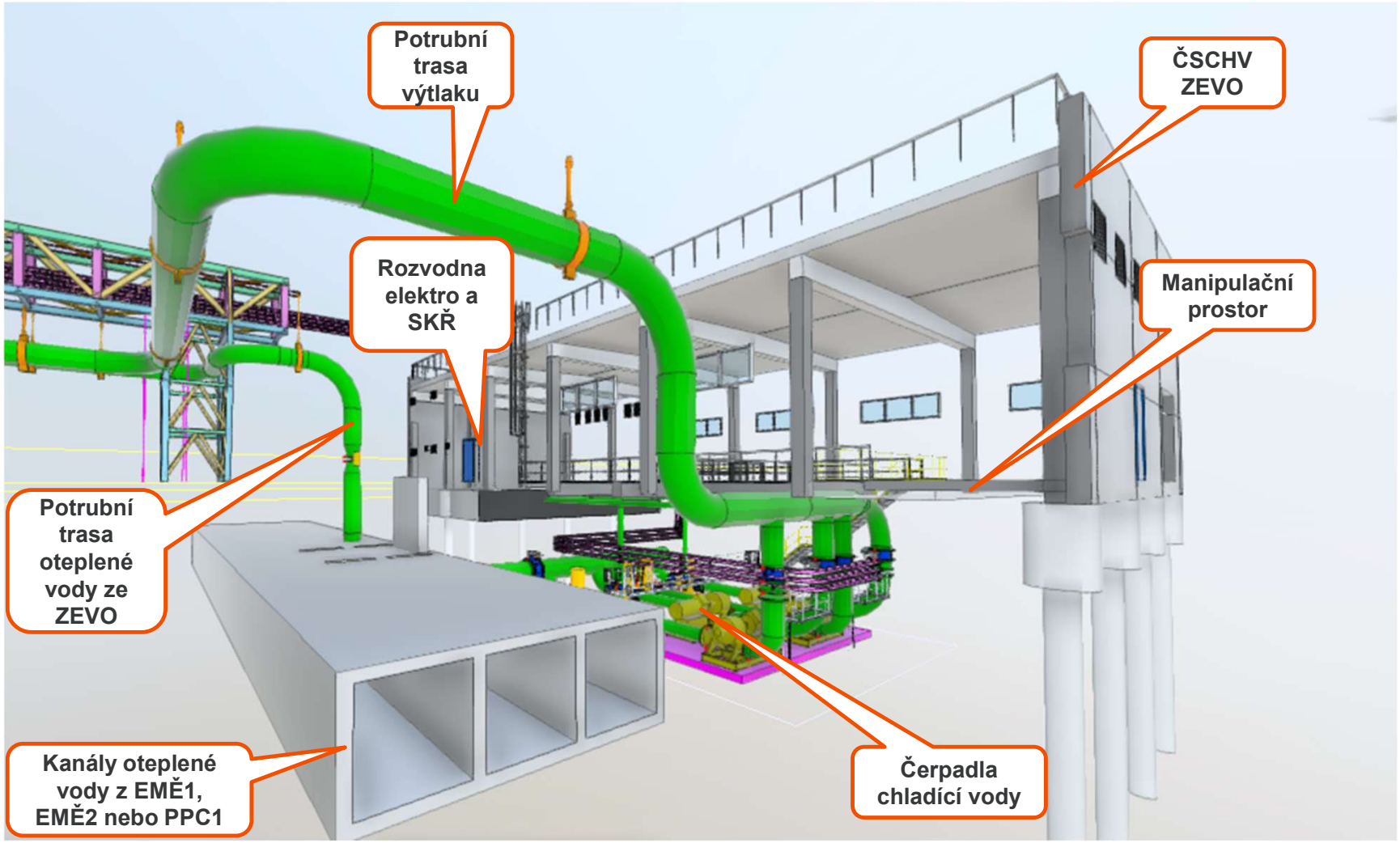
Harmonogram realizace díla

- **Od 2023 technická jednání k projektové dokumentaci**
- 2025 zahájena realizace výstavby zařízení staveniště a demolice
- 10/2025 vydání stavebního povolení
- 11/2025 zahájení výkopových prací pro hlavní výrobní blok
- 08/2026 dokončení spodní stavby a hlavních částí nosných konstrukcí
- 02/2027 dokončení montáže hlavních technologických celků
- 04/2027 zahájení uvádění zařízení do provozu
- 12/2027 zahájení zkušebního provozu
- **12/2028 uvedení zařízení do trvalého provozu**

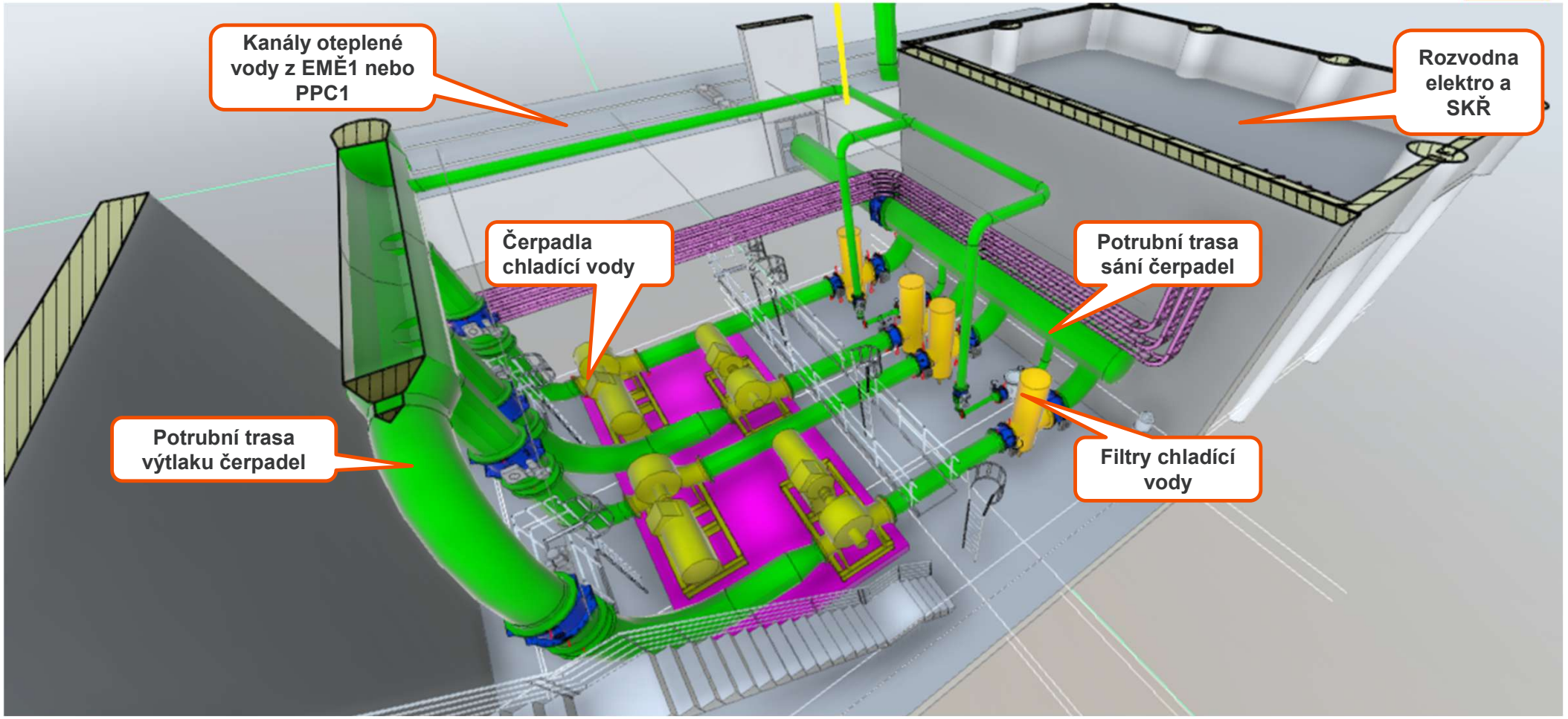
Umístění a připojení ZEVO v rámci lokality



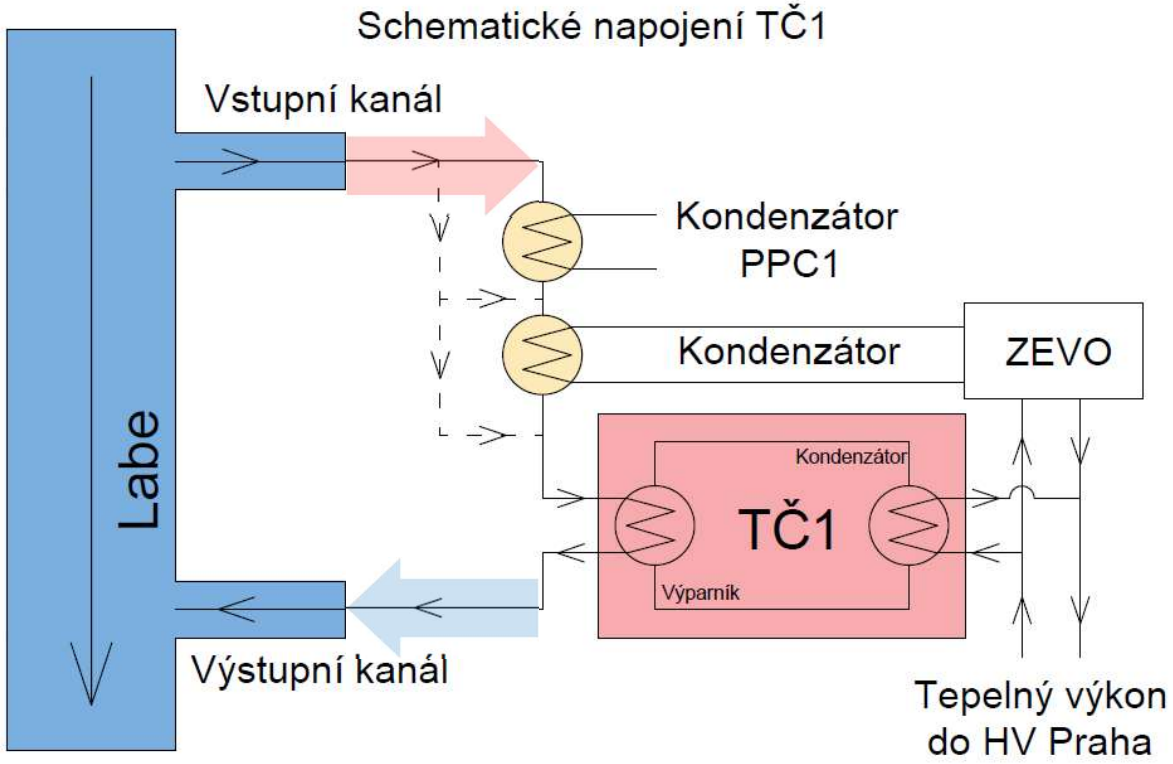
ČSCHV ZEVO – technické řešení



ČSCHV ZEVO – technické řešení



Implementace úsporných technologií v energetických systémech

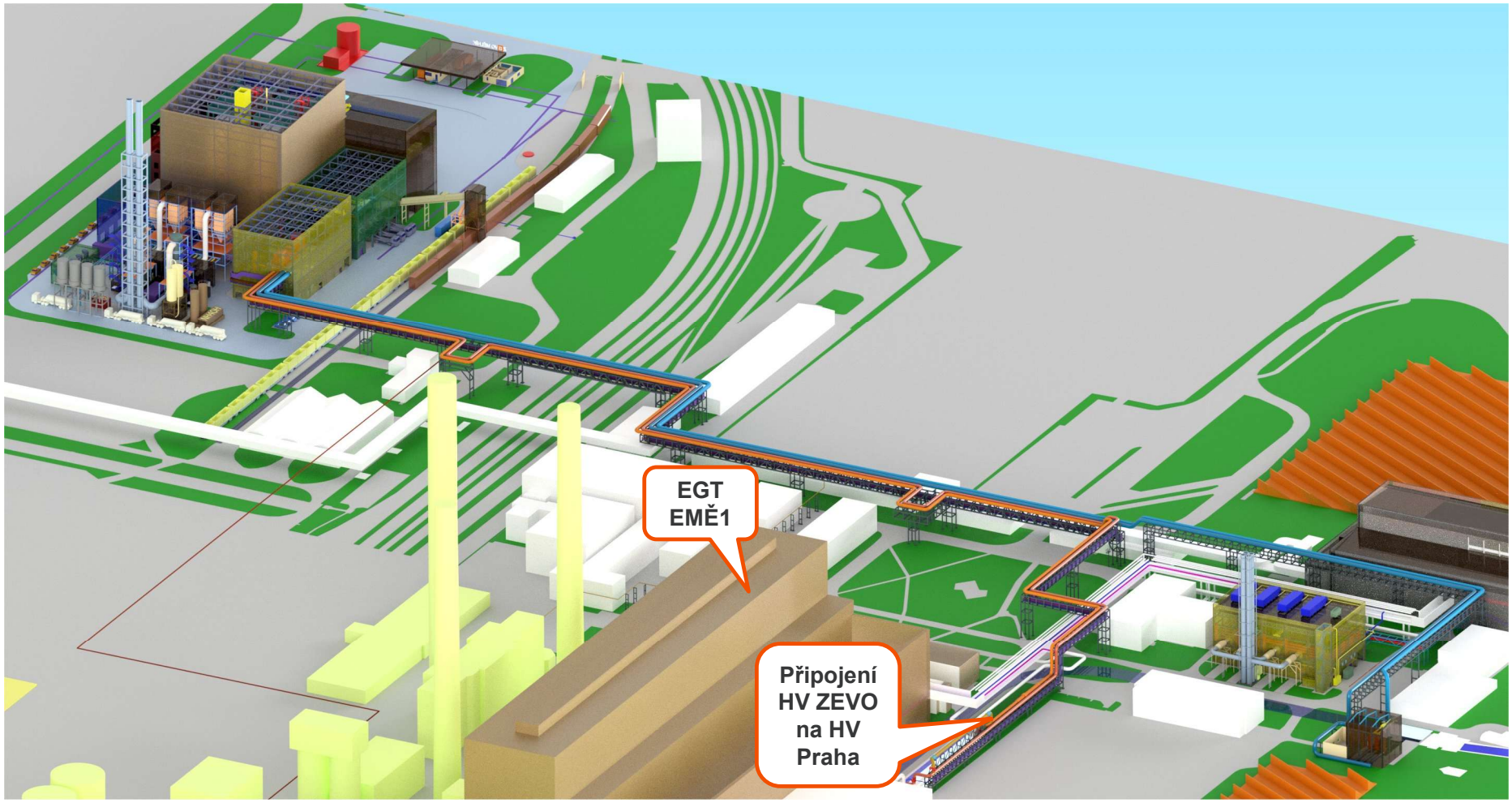


Očekávané parametry TČ:

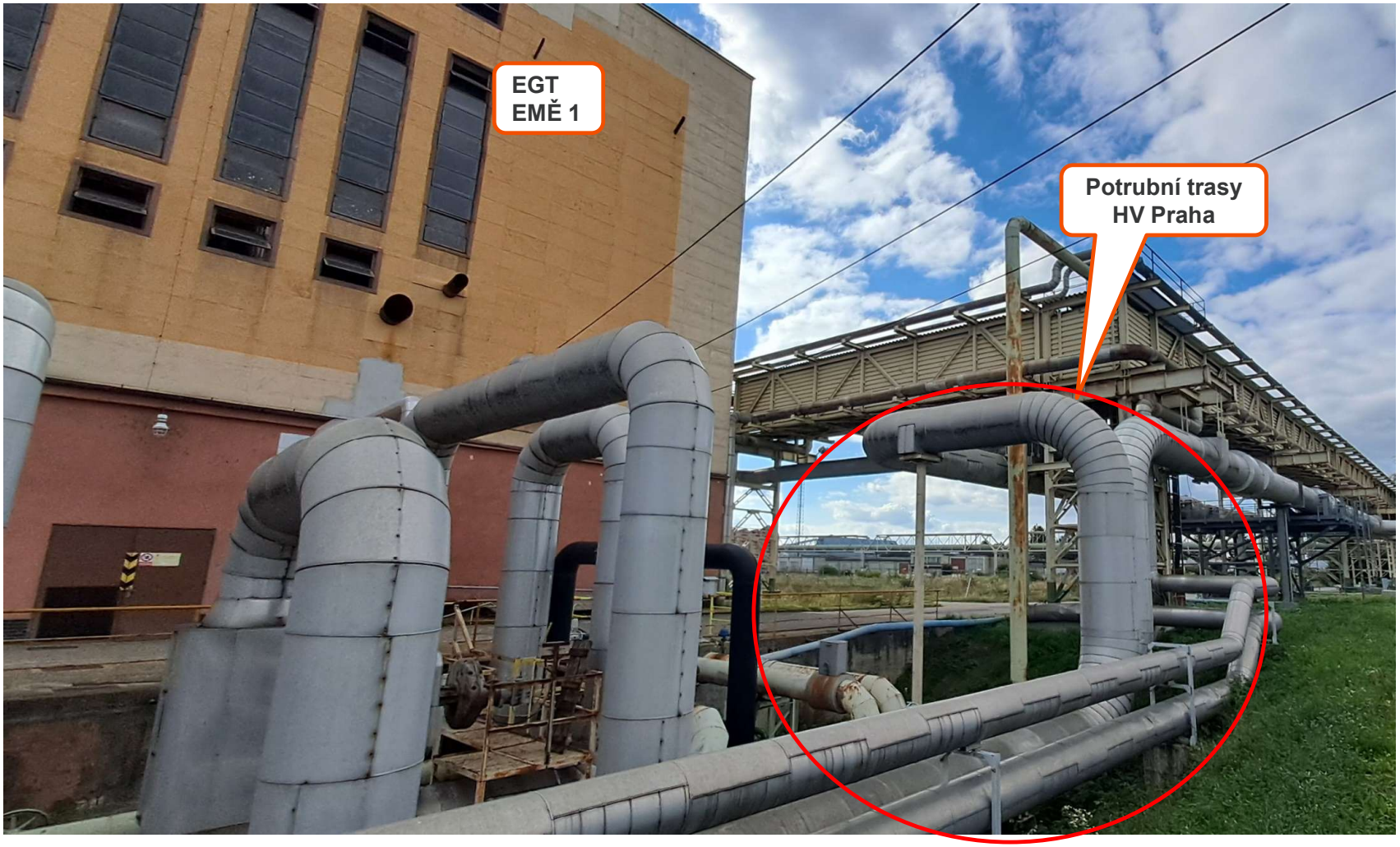
- Tepelný výkon **25 až 35 MWt**, příkon EE ~ 9 až 13 MWe
- Průměrný topný faktor **SCOP 2,8**
- Výstupní dopředná teplota až 110 °C
- Minimální vstupní teplota zdrojové vody ~ 5 °C

- Recirkulace oteplené vody z kondenzátoru

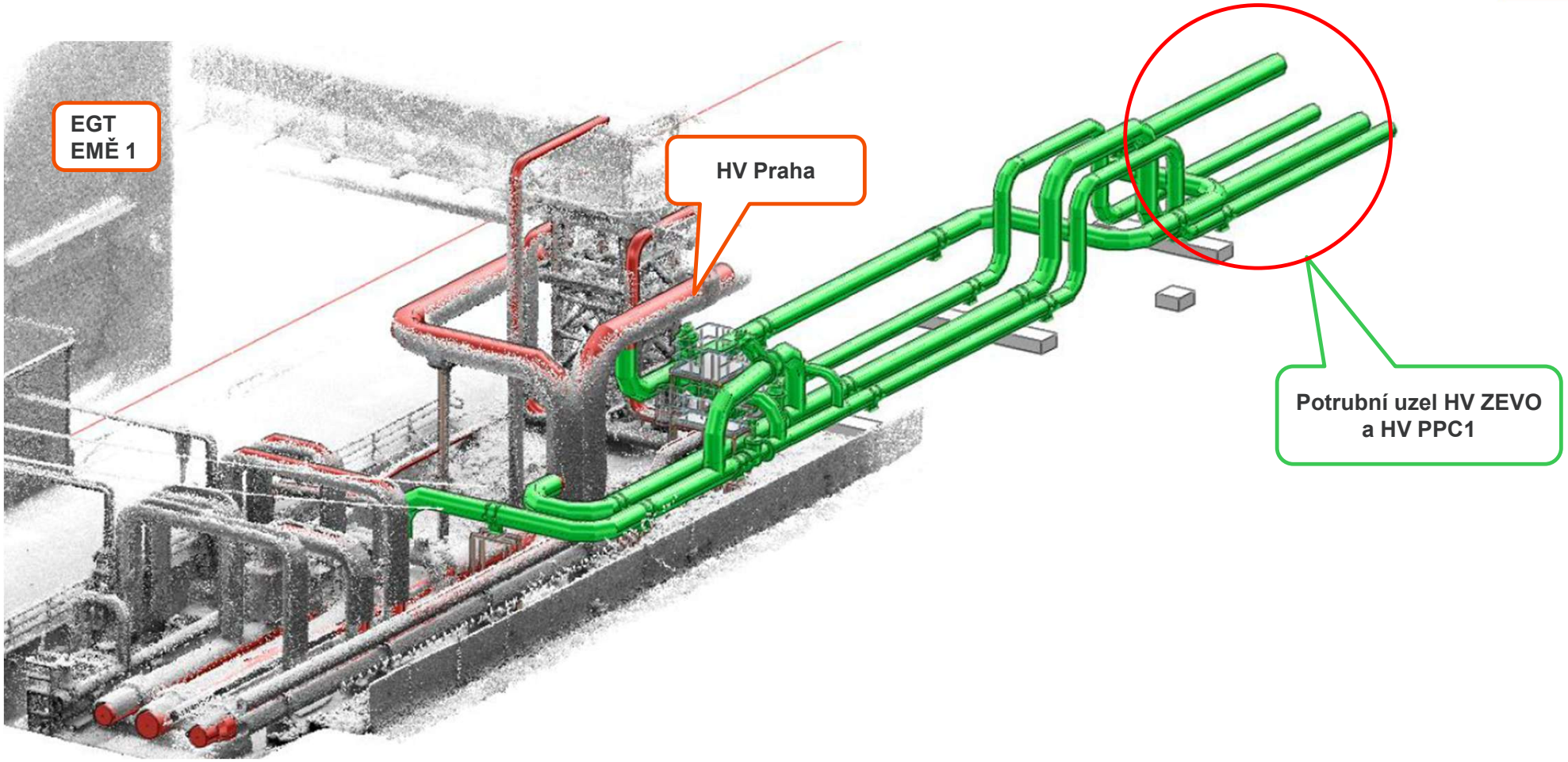
Začlenění ZEVO do stávající lokality



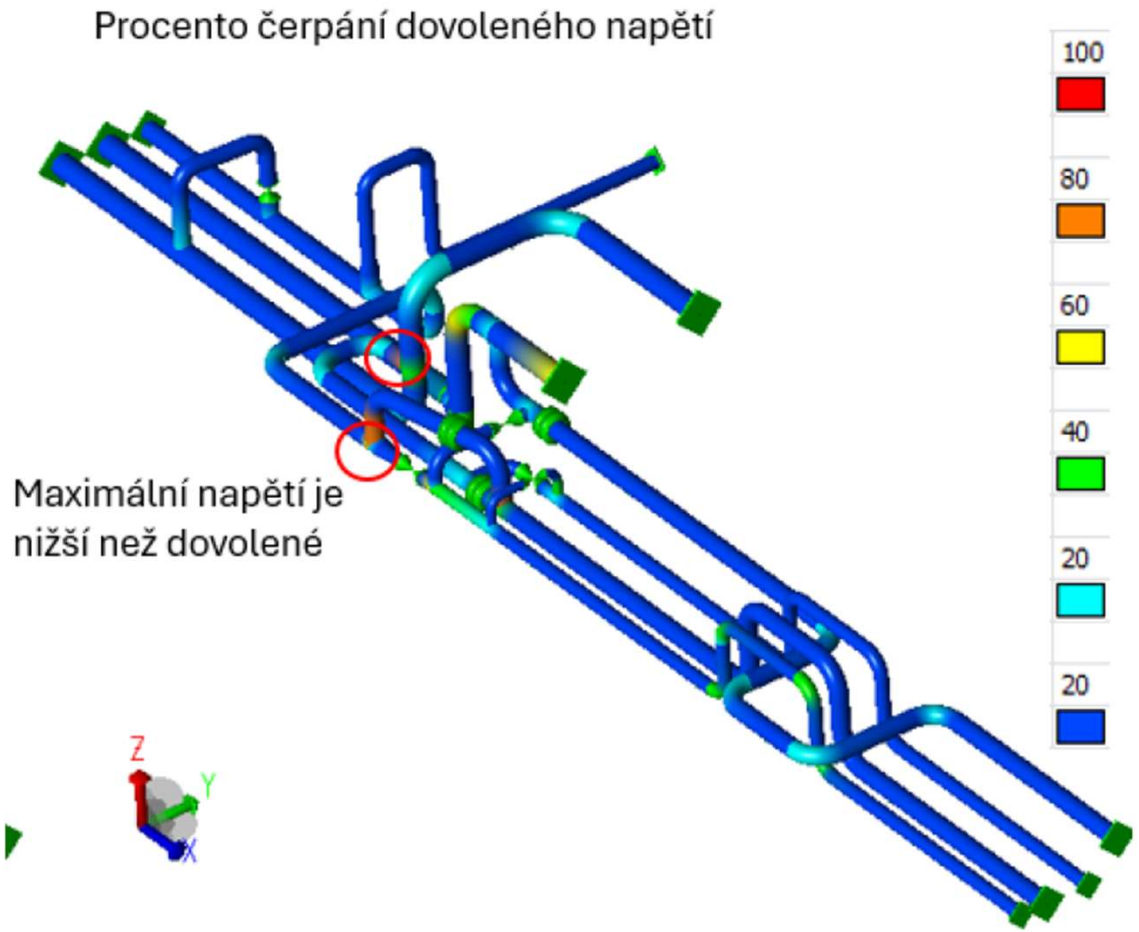
Koordinace připojení na HV Praha



Připojení HV ZEVO a HV PPC1



Připojení HV ZEVO a HV PPC1



- Protažení potrubních tras,
- Snížení napětí na hrdlech.

Aktuální výstavba

1. Buňkoviště dodavatele „ZEVO Mělník – Metrostav DIZ – Subterra“
2. Bunkrová stavba
3. Základy kotelny

ZEVO Mělník

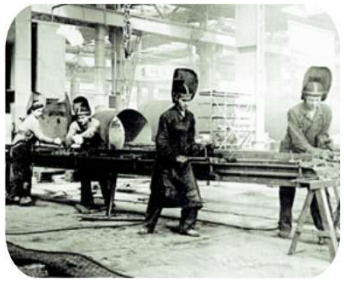
Spolufinancováno Evropskou unií
Systém pro obchodování s emisemi
Modernizační fond
Ministerstvo životního prostředí
STÁTNÍ FOND ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČESKÉ REPUBLIKY

SES TLMAČE

EVO Komořany

Konference kotle, tepelná a jaderná energetika 2026

Historie společnosti



1. 1. 1950

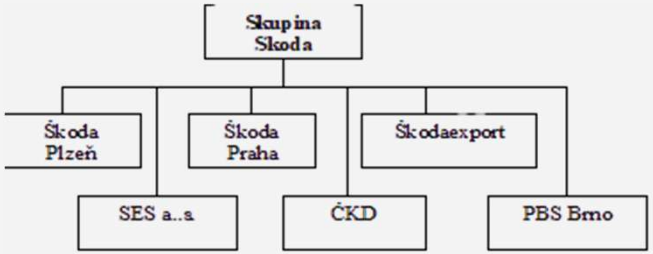
Založení Levické kotlárny, národního podniku

1958 - 1969

Národní podnik Tlmače, jako odštěpný závod IBZKG Brno

1969 - 1990

Slovenské Energetické Strojárne, národní podnik Tlmače od roku 1981 jako člen koncernu ŠKODA



1990 - 1992

Slovenské Energetické Strojárne, státní podnik,Tlmače

od května 01, 1992

Slovenské Energetické Strojárne, akciová společnost, Tlmače

od roku 2017

Hlavním akcionářem SES Tlmače je společnost EP Industries a.s.

SES TLMAČE

Profil společnosti

Dodavatel technologických celků

Kotle & kotelny

- Parní kotle
- Fluidní kotle
- Kotle na biomasu a odpady
- Parní generátory s rekuperací tepla

Modernizace & rekonstrukce kotlů

Dodavatel částí kotlů

- Dodávky dílů pro kotle
- Dodávky náhradních dílů
- Speciální zařízení pro petrochemii

Montáž & servis

Uhelné práškové kotle

Fluidní kotle

HRSG

Kotle na odpady a biomasu

Kondenzátory

Montáž

SES TLMAČE

Reference
Kotle na odpad a biomasu

Více než 50 kotlů v provozu

Dodávky SES kotlů na biomasu (dřevo, dřevěný odpad, dřevěný prach atd.) a kotlů na spalování odpadu pro výrobu elektrické energie a tepla včetněinženýringu, výroby, montáže a uvedení do provozu.

Košice, Slovensko, 20 t/h

Strongoli, Itálie, 2x81 t/h

Breisgau, Německo, 72 t/h

SES TLMAČE

SOUČASNÉ PROJEKTY

- Paroplynové cykly pro Elektrárny Opatovice a Komořany
- EVO KOMOŘANY

SES TLMAČE

EVO KOMOŘANY - KONSORCIUM

SES a.s. – lídr projektu a specialista na kotlové technologie

Slovenské energetické strojárne Tlmače (SES a.s.) jsou tradiční a zkušený dodavatel energetických kotlů s téměř 75 lety historie a referencemi v 55 zemích světa. S více než 500 provozovanými kotli se SES řadí mezi přední světové výrobce v oblasti parních kotlů pro elektrárny, teplárny a spalovny.
SES Tlmače se specializují na kompletní dodávky kotlů na klíč (EPC) a poskytují komplexní služby od vývoje, projektování, dodávky až po montáž a uvedení do provozu

I&C Energo a.s. – expert na řídicí systémy a elektroinstalace

I&C Energo a.s. je předním dodavatelem komplexních služeb v oblasti řídicích systémů, elektroinstalací, bezpečnostních a komunikačních technologií. Společnost se specializuje na automatizaci provozů v jaderné i klasické energetice a díky téměř tisícovce zaměstnanců patří mezi největší české společnosti působící ve svém oboru.

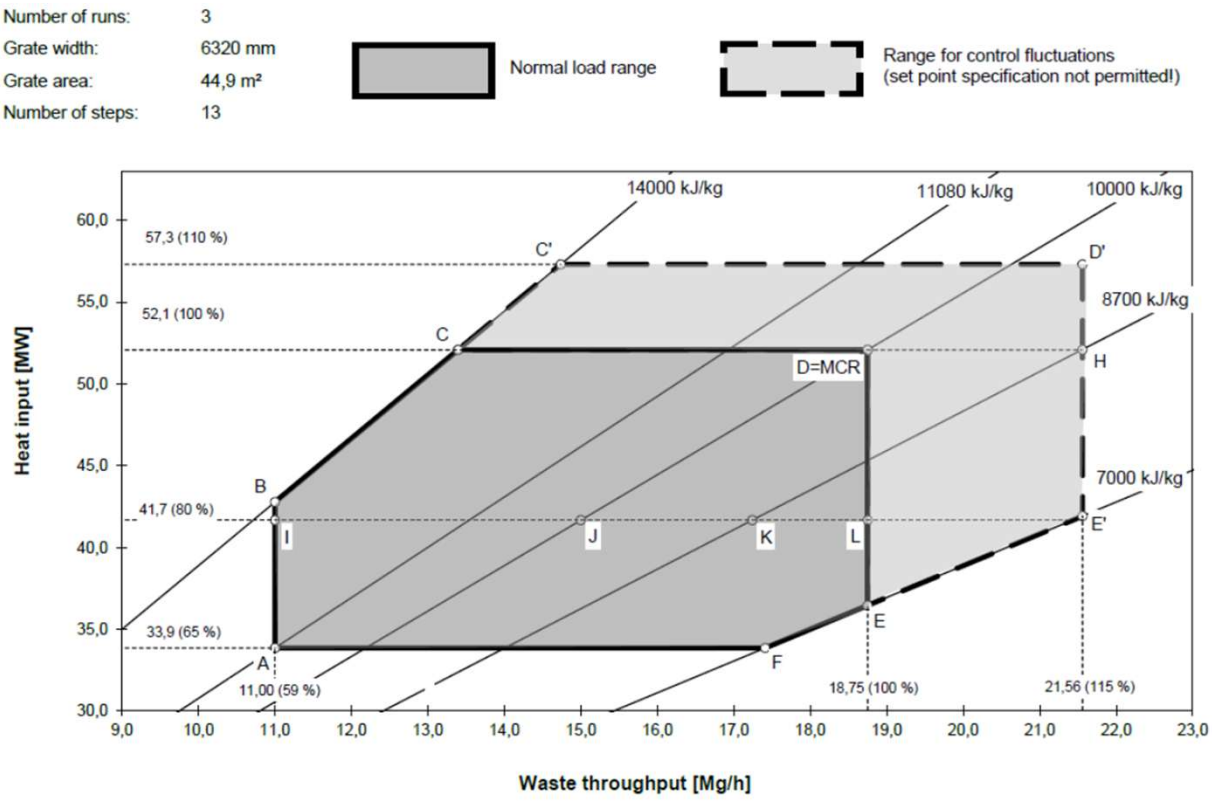
Metrostav DIZ s.r.o. – stavební část projektu

Metrostav DIZ s.r.o. patří mezi přední stavební společnosti v České republice s více než 25letou historií. Jako renomovaný partner v oblasti infrastruktury a průmyslové výstavby se specializuje na náročné stavební projekty, včetně výstavby mostů, silnic, železnic, metra i ekologizace energetických zdrojů.

SES TLMAČE

PROJEKT EVO
KOMOŘANY

Operation Range Diagram



SES TLMAČE

Projekt EVO Komořany

Rošt MARTIN - spalovací proces

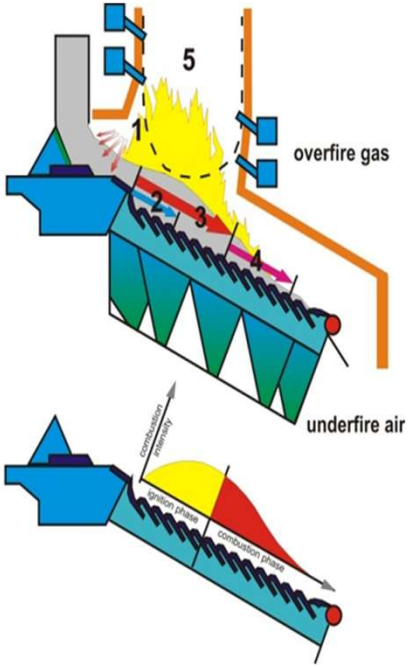
1 Beginning of waste drying and degasification by means of flame irradiation

2 Residual drying, gasification and beginning of primary combustion

3 Primary combustion: conversion of solid waste components into a gaseous state

4 Complete burnout of bottom ash

5 Secondary combustion: oxidation of unburned gases with overfire gas

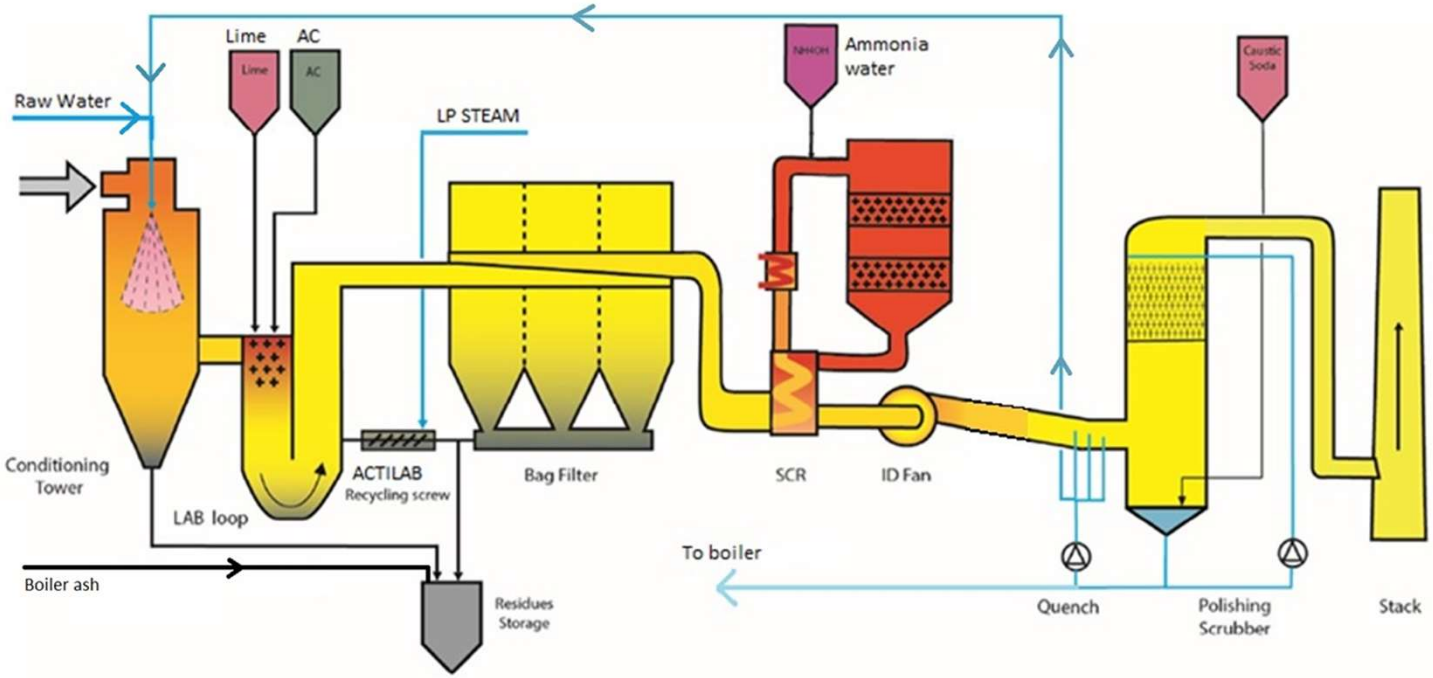


1. Začátek sušení odpadu a odplynění účinkem sálavého tepla plamene.
2. Dosušení, zplyňování a začátek primárního spalování.
3. Primární spalování: přeměna pevných sožek odpadu na plynný stav.
4. Dohoření ložového popela
5. Sekundární spalování: oxidace nespálených plynů pomocí přehřátého plynu.

SES TLMAČE

Projekt EVO Komořany

Čištění spalin



Projekt EVO Komořany

Harmonogram projektu

04/2024	Podpis SOD
07/2024	Převzetí staveniště
09/2024	Zahájení prací na staveništi
01/2025	Závazné objednávky - dílčí komponenty
11/2026	Dokončení montáže Díla
10/2026 - 02/2027	Uvádění do provozu
02/2027	**Předběžné převzetí Díla (PAC)**
11/2026 - 12/2027	Zkušební provoz
12/2027 - 02/2028	Kolaudace
07/2028 - 08/2028	Garanční měření
02/2032	**Konečné převzetí Díla (FAC)**

SES TLMAČE

Projekt EVO Komořany

Průběh výstavby

SES TLMAČE

Projekt EVO Komořany

Průběh výstavby

SES TLMAČE

Projekt EVO Komořany

Průběh výstavby

SES TLMAČE

Projekt EVO Komořany

Průběh výstavby

SES TLMAČE

Projekt EVO Komořany

Průběh výstavby

SES TLMAČE

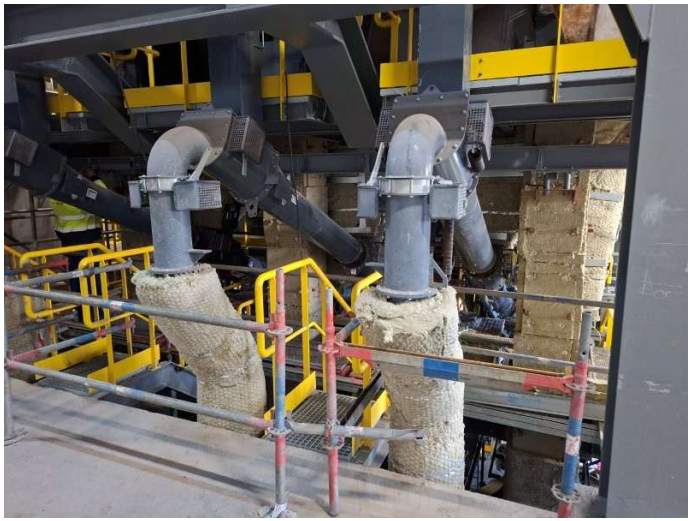
Projekt EVO Komořany

Průběh výstavby

SES TLMAČE

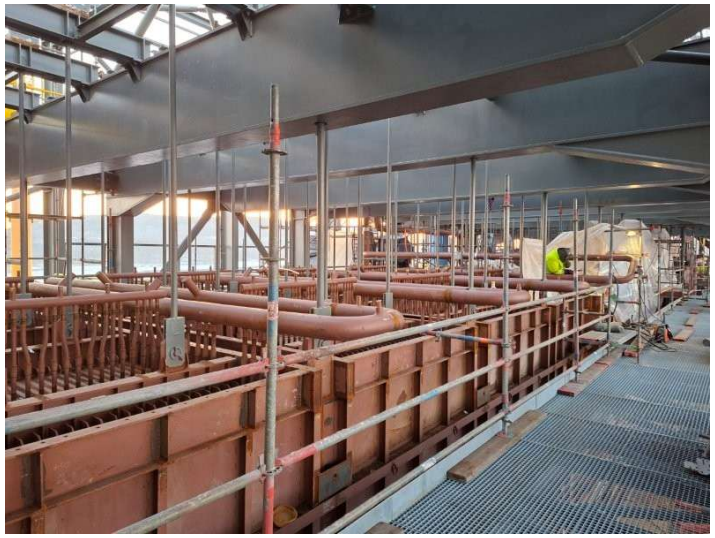
Projekt EVO Komořany

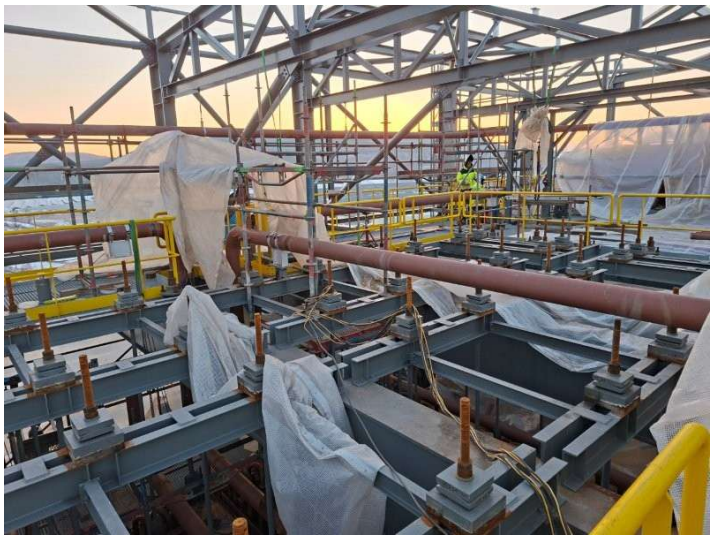
Průběh výstavby



Projekt EVO Komořany

Průběh výstavby





Děkuji za pozornost

Ing. Pavel Drápela
Projektový manažer

Email
pavel.drapela@epindustries.cz

Telefonní číslo
+420 739 540 334

EP INDUSTRIES

EP Industries, a.s. | Pařížská 26 | 110 00 Prague 1 | Czech Republic
m: +420 739 540 334 | pavel.drapela@epindustries.cz | www.epindustries.cz

SES TLMAČE

Projekt EVO Komořany

Jak aktuálně pokračujeme s výstavbou

Jana Hladová
Vedoucí oddělení ekologie

Petr Mareš
Zástupce hlavního inženýra projektu a Plánovač

Březen 2026

United Energy

Provozujeme v Komořanech
u Mostu elektrárnu s kombinovanou
výrobou elektřiny a tepla o celkovém
instalovaném **výkonu 239 MW_e**.

Tepelnou energii vyrábíme v parních kotlích
s fluidním spalováním uhlí
a biomasy.

United Energy

Prostřednictvím sesterské společnosti Severočeská teplárenská, a.s., zásobujeme teplem více než **30 tisíc domácností** v Mostě a Litvínově
a další zákazníky v regionu.

Severočeská teplárenská spravuje přes **300 km tepelných rozvodů**.

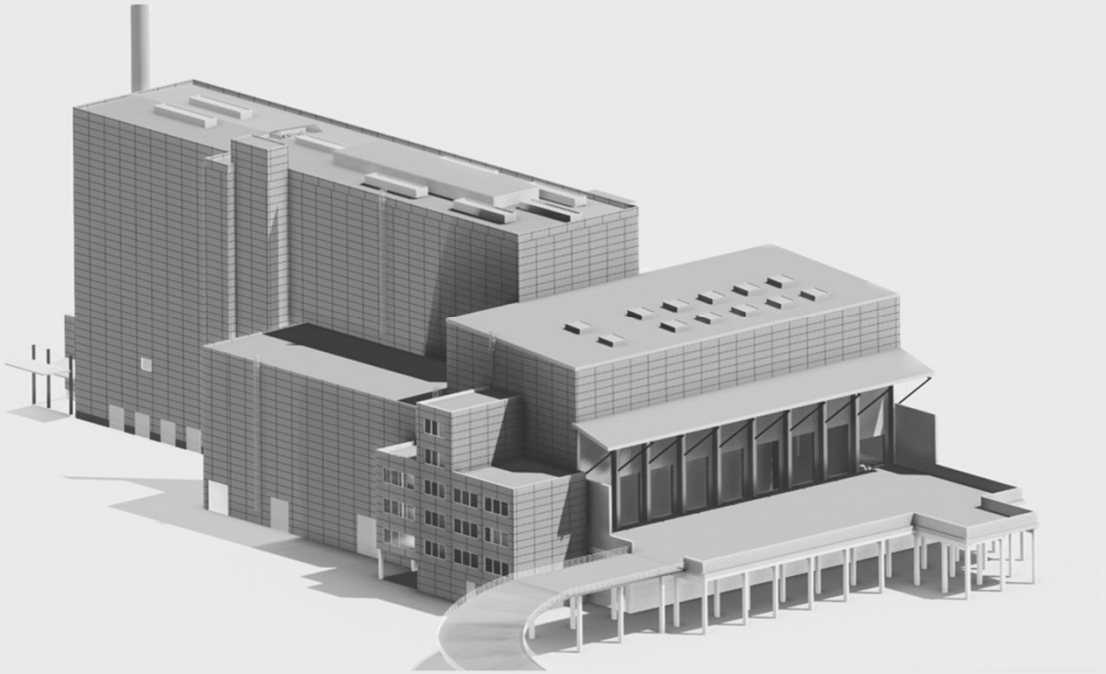
United Energy

Jsme významným **českým dodavatelem energie** v Ústeckém kraji.

United Energy je součástí **EPH**.

Představujeme
EVO Komořany:

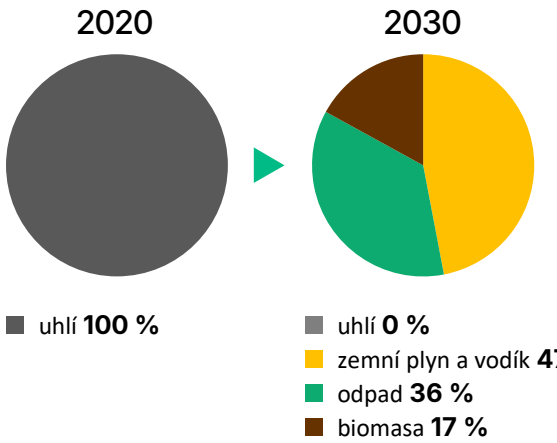
1. Zařízení, které bude vyrábět **elektřinu a teplo** za využití lokálního **komunálního odpadu**
2. Situováno ve stávajícím **areálu teplárny Komořany**
3. Součást plánu **dekarbonizace** United Energy
4. Projekt přímo navazuje na **Plán odpadového hospodářství Ústeckého kraje**



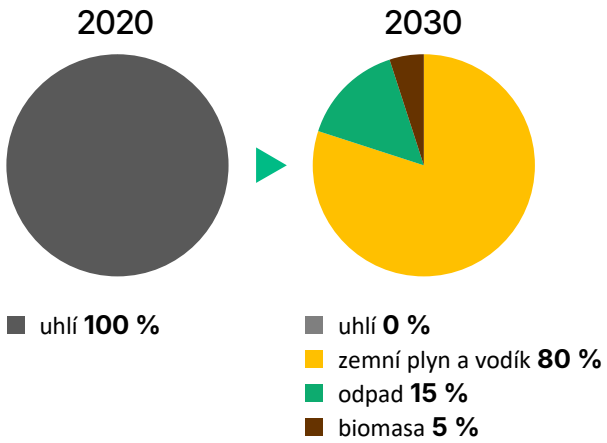
EVO Komořany jako součást plánu dekarbonizace UE

Dekarbonizace UE představuje postupnou náhradu uhelného zdroje novými ekologickými zdroji se zachováním dodávek tepla a elektrické energie.

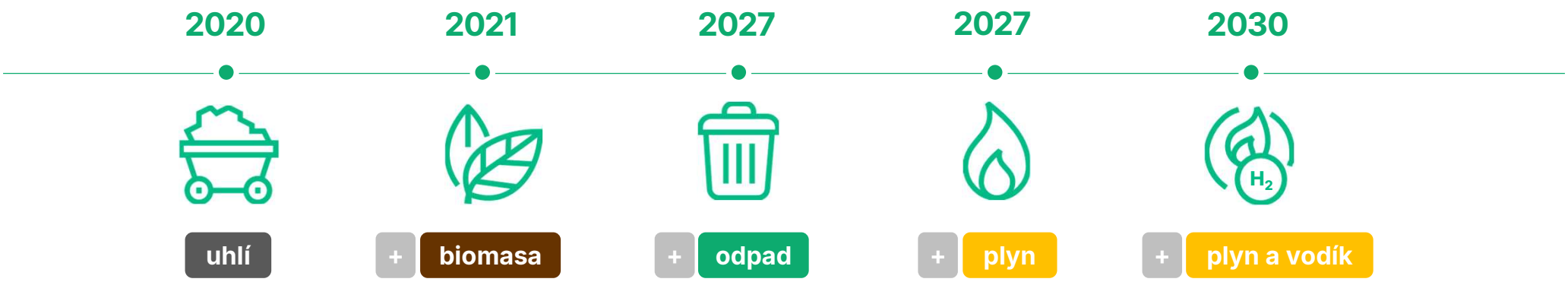
Dodávky tepla



Dodávky el. energie

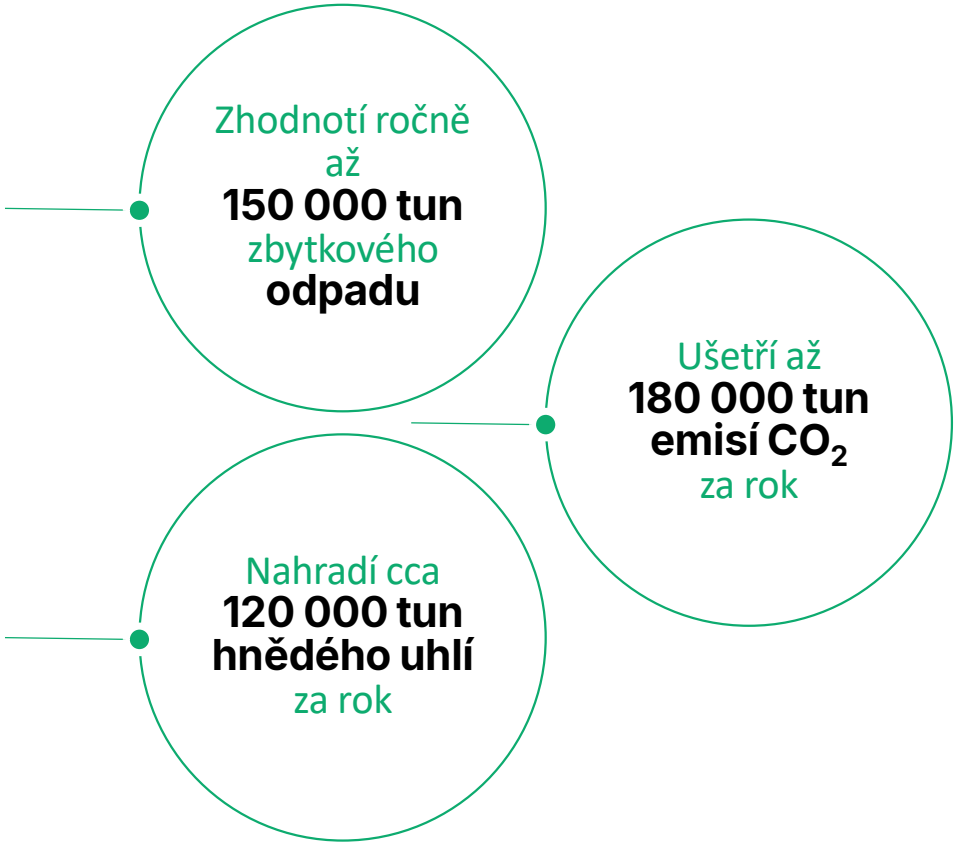


EVO Komořany jako součást plánu dekarbonizace UE



KLÍČOVÁ ČÍSLA

EVO Komořany:
600 TJ tepla



Evropská komise | Evropská investiční banka | Ministerstvo životního prostředí | Státní fond životního prostředí České republiky

Důležité milníky

- ✓ **05/2011 -** Obdrženo **kladné stanovisko EIA**
- ✓ **10/2012 -** Obdrženo **pravomocné integrované povolení IPPC**
- ✓ **12/2013 -** Obdrženo **stavební povolení**
- ✓ **4/2014 -** Z důvodu **nejasné legislativy a zamítnutí podpory** Ministerstvem životního prostředí bylo zhotovitelem **odstoupeno od kontraktu** a realizace projektu byla zmrazena
- ✓ **8/2014 - "Zahájena stavba"** – přípravné práce, kácení, demolice, vodovod, plot, vrátnice
- ✓ **4/2024 - Podpis SoD** s konsorciem SESMETIC
- ✓ **8/2024 - Oficiální zahájení stavby** - poklepání základního kamene

Integrované povolení

- **9/2012 -** vydání prvního integrovaného povolení (IP)
- **2/2023** - přezkum na základě aktualizace závěrů o BAT
- **2026** - změna č.3 z důvodu změny stavby před dokončením - změna technologie čištění spalin
- **Sporné body IP:**

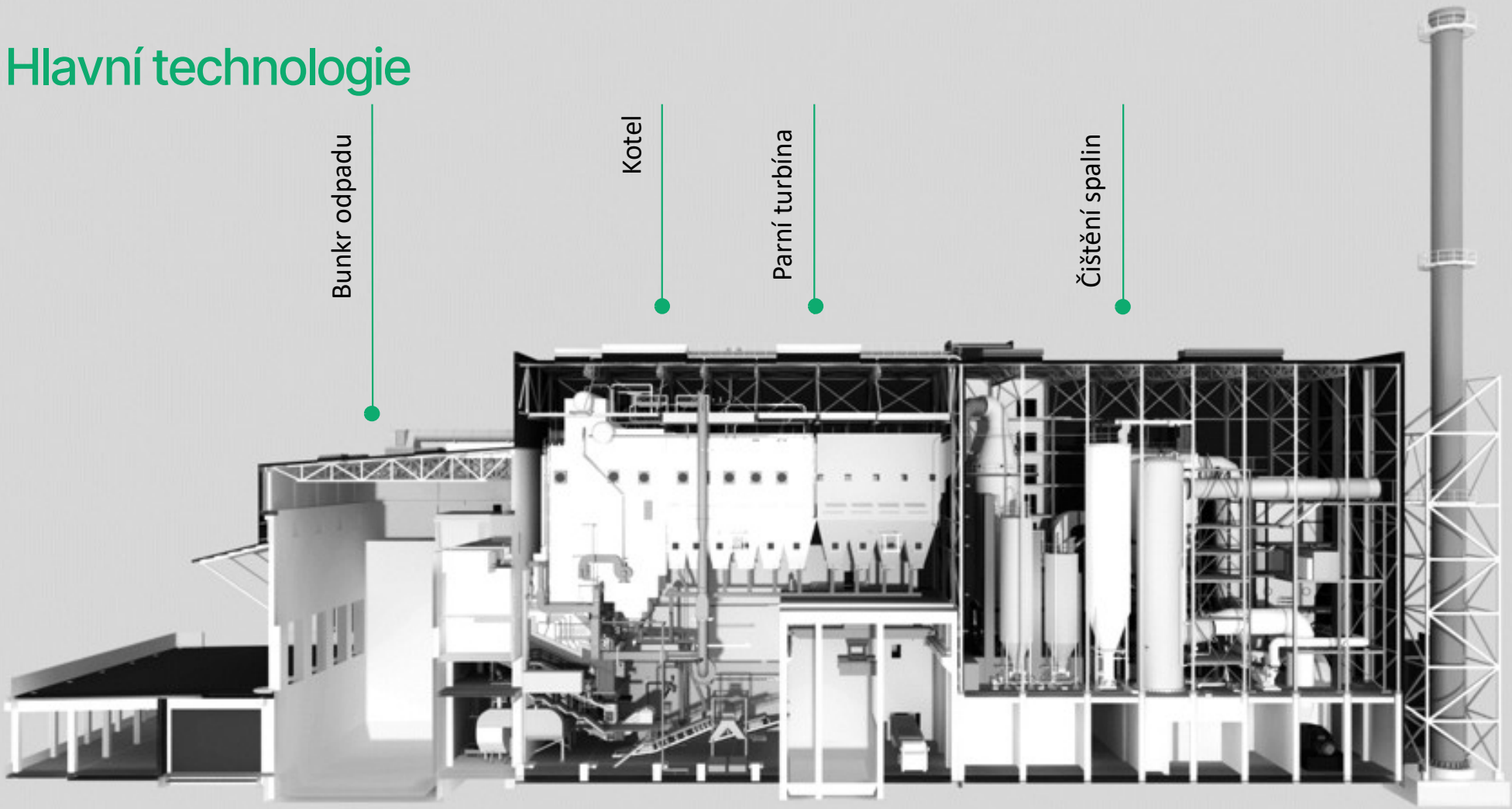
  Měření PCDD/F a PCB během zkušebního provozu (6x jednorázový odběr)

  Imisní monitoring (IM) – harmonogram, původní imise (**PM**, NOx, SO2,CO, As, Cd, Ni, Pb, **Benzen, Benzo(a)pyren**, **TOC, Hg, PCDD/F)**
- **Oznámení** IM dotčeným obcím + pravidelný report o výsledcích
- **Spolupráce s ČHMÚ** - sdílení historických dat (10 – 20 let zpětně) hlavně monitoringu organických polutantů a Hg
- **Příprava doprovodné dokumentace** : provozní řády (ovzduší, odpady), Havarijní plán, OZO, POh
- **OZO** - odborně způsobilá osoba zodpovědná za spalování odpadu - prověření ze strany MŽP

Imisní monitoring

Vybrané technické parametry

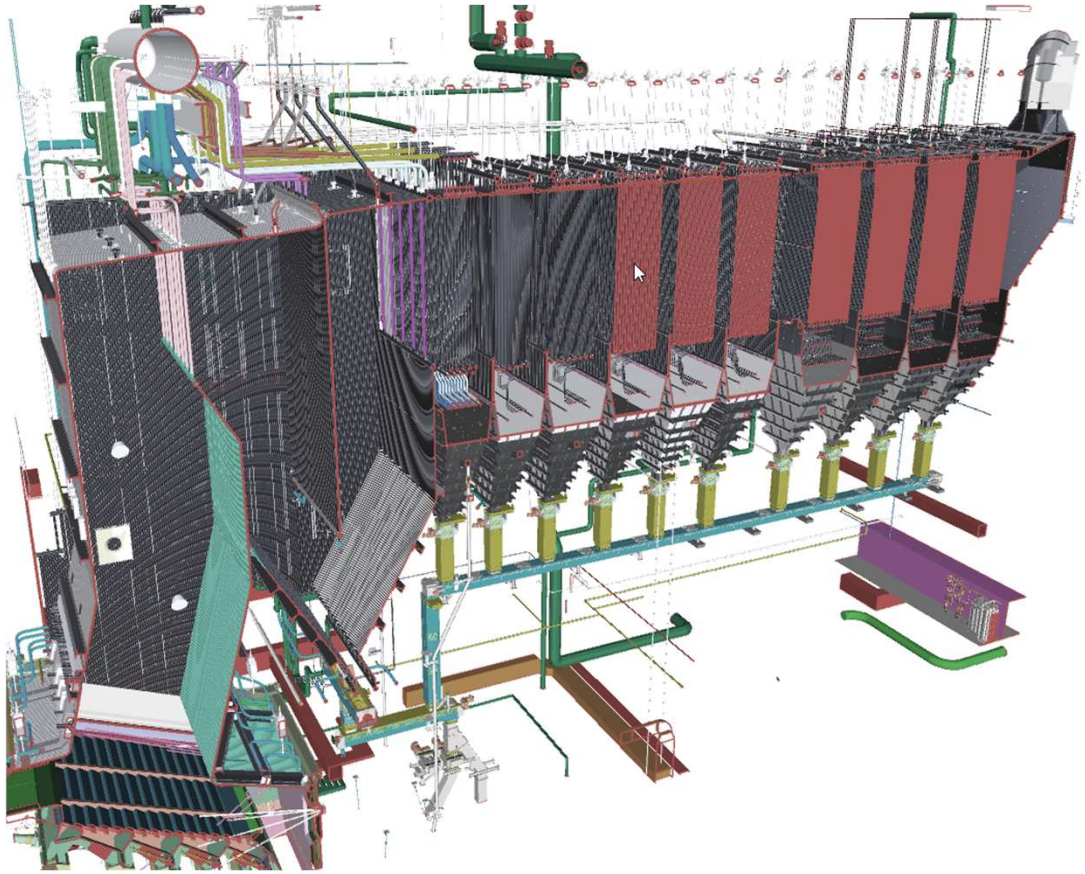
Hlavní technologie



KOTEL

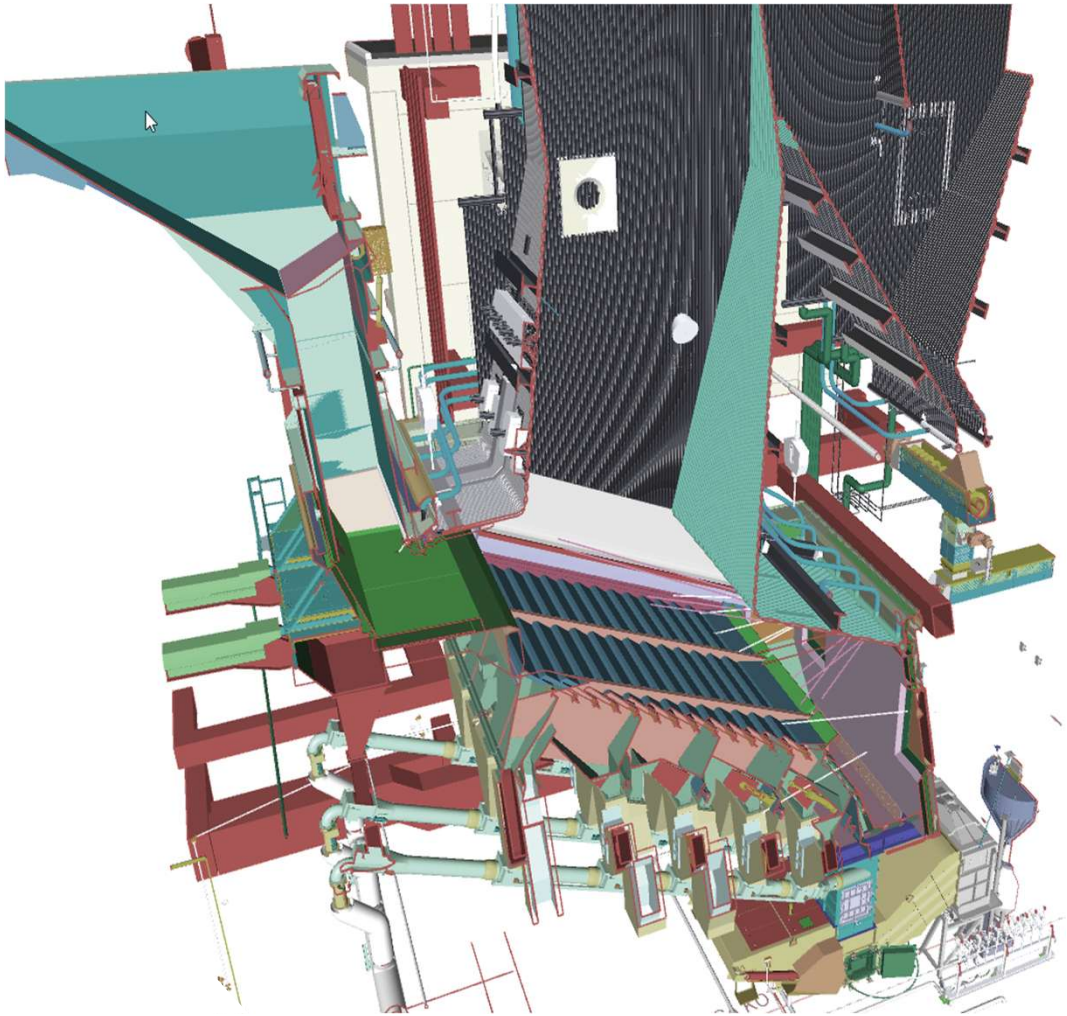
SES TLMAČE

- Čtyřtahový kotel o výkonu spalování **18,75 t/h SKO**
- Jmenovitá teplota / tlak přehřáté páry na výstupu z **kotle 408 °C / až 6,0 MPa** (dle řešení zhotovitele)
- Nominální parní výkon je **59 t/h**, zapalovací a stabilizační plynové hořáky, DeNOx – SCR



ROŠT

- Reverzní vzduchem chlazený rošt MARTIN Vario
- Skládá se z pevných a pohyblivých stupňů, které jsou uspořádány střídavě na roštu a pohybují se nahoru proti přirozenému samotížnému pohybu palivového lože. V důsledku pohybu proti svahu dochází k neustálému převalování a intenzivnímu promíchávání hlavní spalovací zóny a čerstvého odpadu. Tím je zajištěno stabilní zapalování na předním konci roštu vč. dokonalého spálení odpadu.

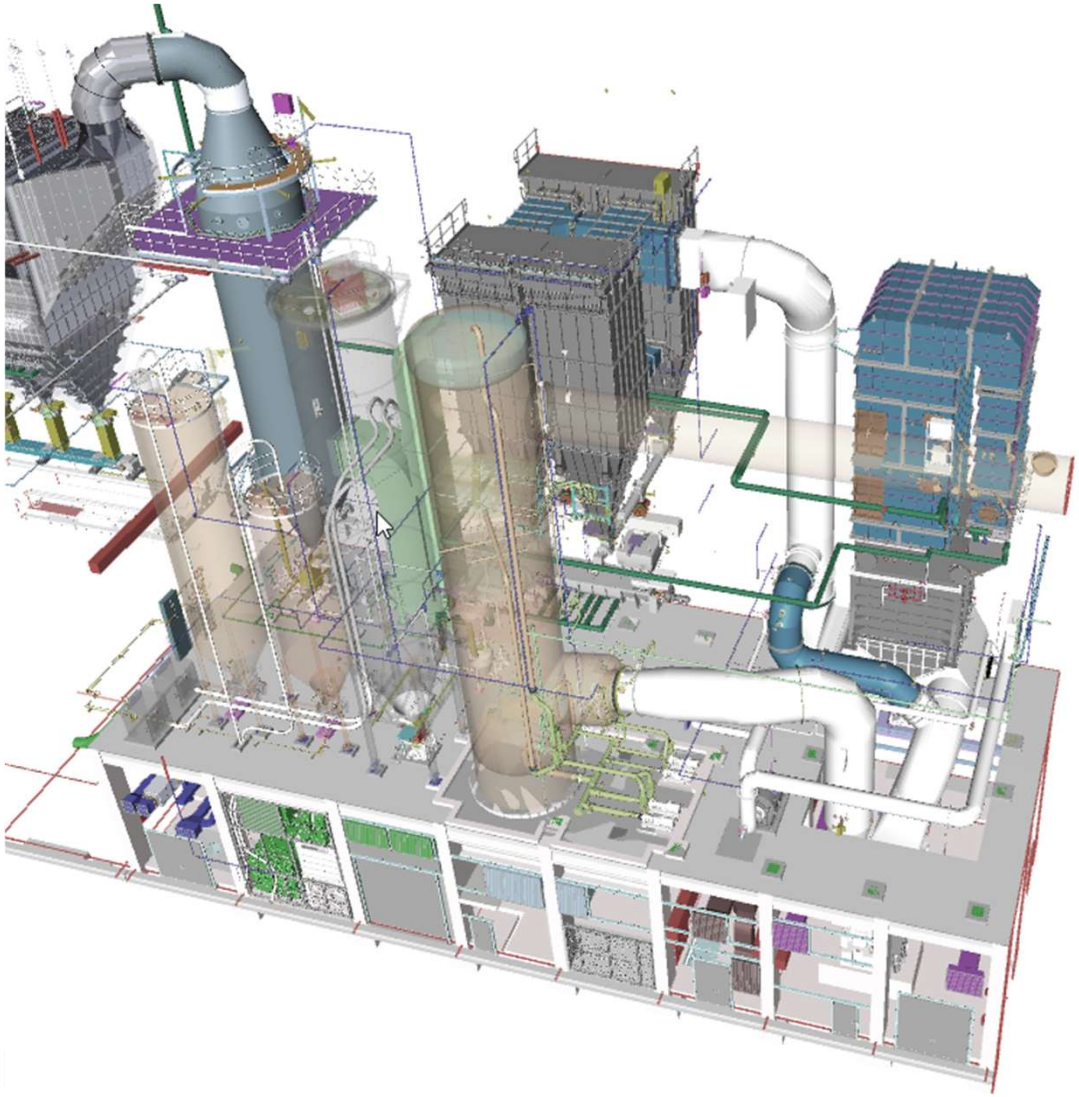


ČIŠTĚNÍ SPALIN

Lab

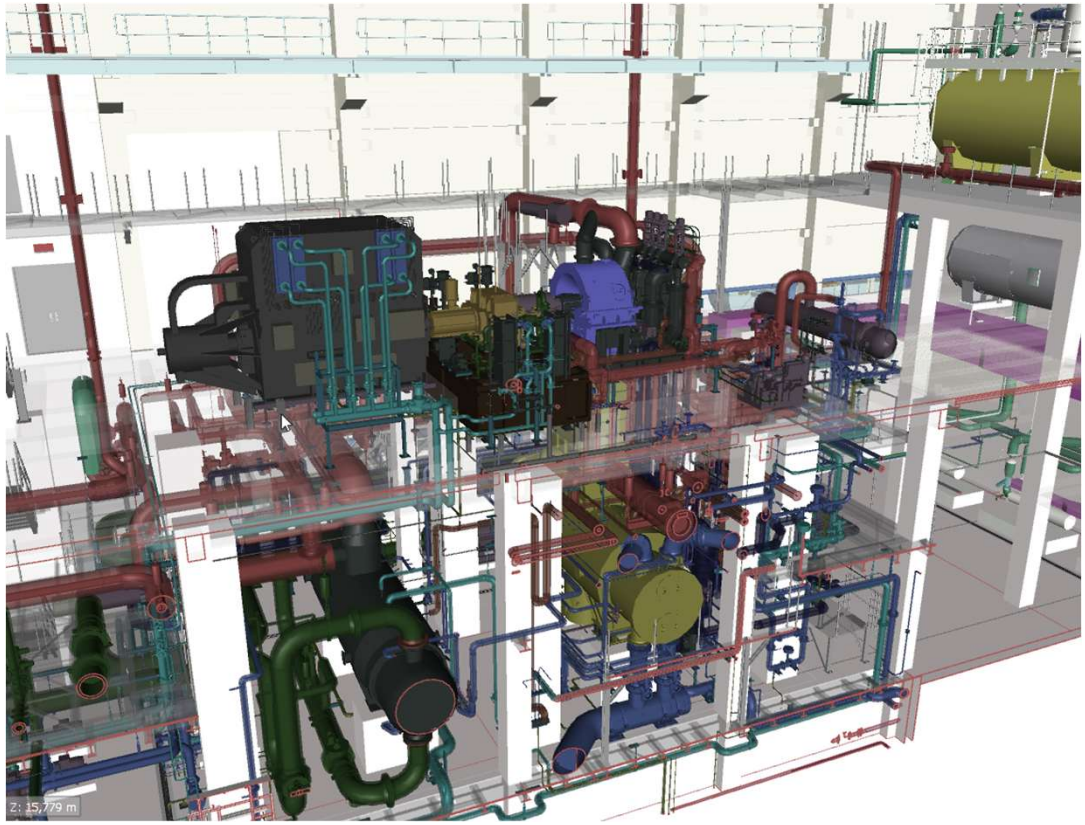
Vícestupňové čištění spalin:

- Čištění spalin polosuchým procesem
  v rozprašovací sušárně s aditivy aktivní uhlí
  + $Ca(OH)_2$ a jejich aktivace v reakčním kanálu LABLOOP
- Tkaninový filtr s regeneračním systémem aditiv ACTILAB
- $DeNO_x$ spalin pomocí SCR katalyzátoru
  s aditivem amoniak
- Čištění spalin mokrým procesem pomocí pračky spalin s
  aditivem NaOH

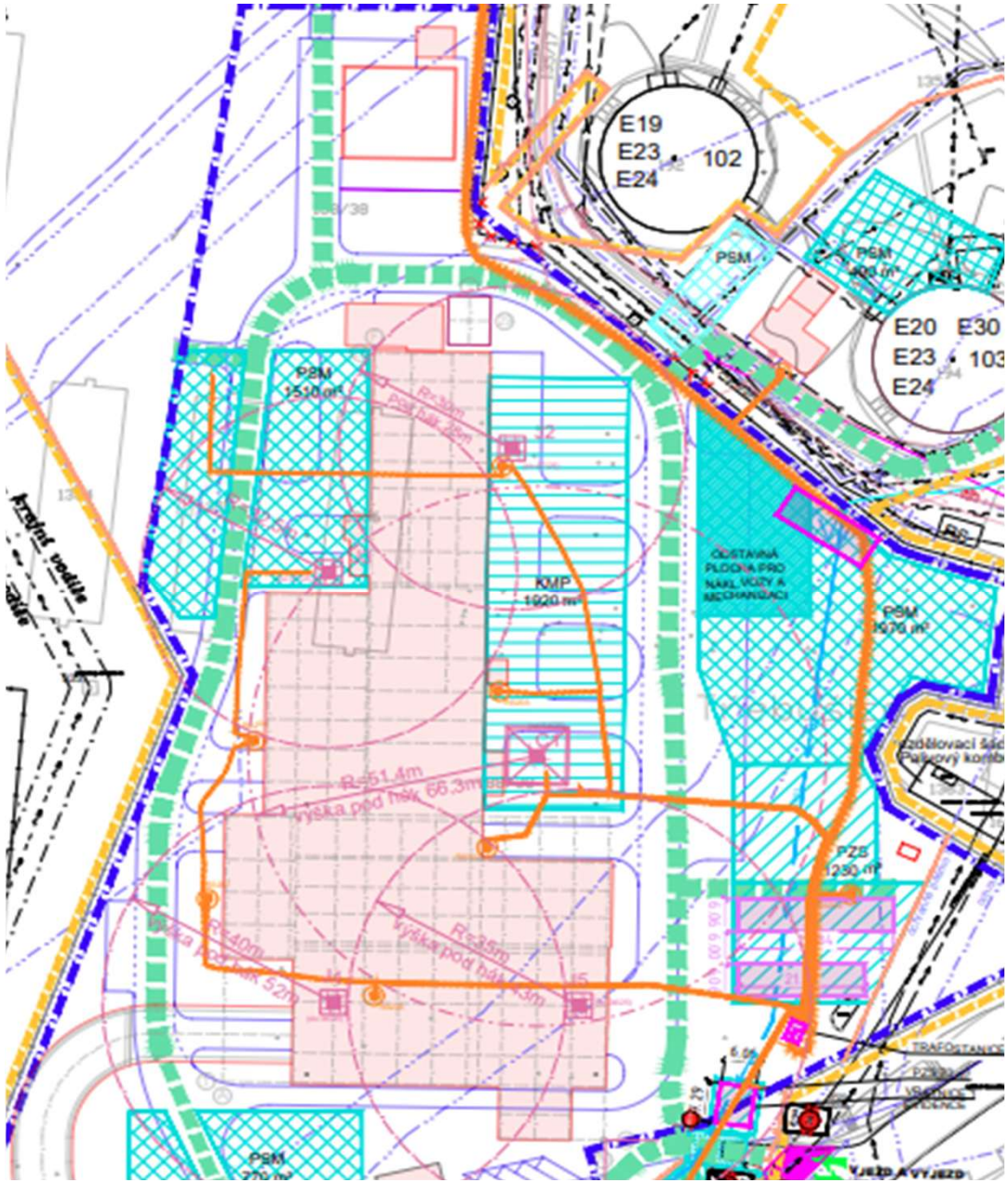


TURBOGENERÁTOR SIEMENS energy

- Výkon na svorkách v čistě kondenzačním provozu cca **14 MW_e**
- Vodou chlazený kondenzátor (připojení na stávající chladící věž vč. nové čerpací stanice)
- První spalovna v ČR s chlazením vodou
- Ohřívák topné vody s trvalým dosažitelným výkonem do CZT při plně kogeneračním provozu **32 MW_t**



EVO Komořany aktuálně


E19
E23
E24
102
PSM
E20
E30
E23
E24
PSM
1510 m²
KMP
1920 m²
OSTATNÍ
PLOCHA PRO
NÁKL. VOZY A
MECHANIZACI
PSM
1975 m²
PZS
1230 m²
R=51.4m
výška pod hák 55.3m
R=40m
výška pod hák 52m
R=35m
výška pod hák 43m
PSM
270 m²
TRAFOSTANICE
VJEZD A VYJEZD

Výstavba probíhá v souladu s plánovaným harmonogramem projektu

Dokončení hlavních nosných konstrukcí HVB

- **dokončeny všechny hlavní nosné monolitické železobetonové konstrukce**
- probíhají práce na nájezdové rampě a vyklápěcí hale SO206, což je poslední nedokončená žb. prefabrikovaná konstrukce stavby
- **dokončeny všechny hlavní nosné ocelové konstrukce**

Kotelna

- dokončena montáž spalovacího roštu a vynašeče škváry
- dokončování rozvodů primárního a sekundárního vzduchu
- usazeny ekonomizéry, přehříváky, výparník a kotlové těleso
- probíhá svařování membránových stěn, výsypek a potrubních tras (páry a vody)
- montáž hydraulického systému zařízení roštu
- **v druhé polovině dubna proběhne TLAKOVÁ ZKOUŠKA KOTLE**

Turbínová hala

- **usazeno a před-vyrovnáno turbosoustrojí**
- usazeny jsou i napájecí nádoba, nádoba na čiřenou vodu, kondenzátor, OTV
- montáže potrubních tras (VT parovodu, potrubí kondenzátu, potrubí chladicí vody)
- probíhá montáž čerpadel, rozvoden NN a VN, osazení traf a kabelových tras

Čistění spalin

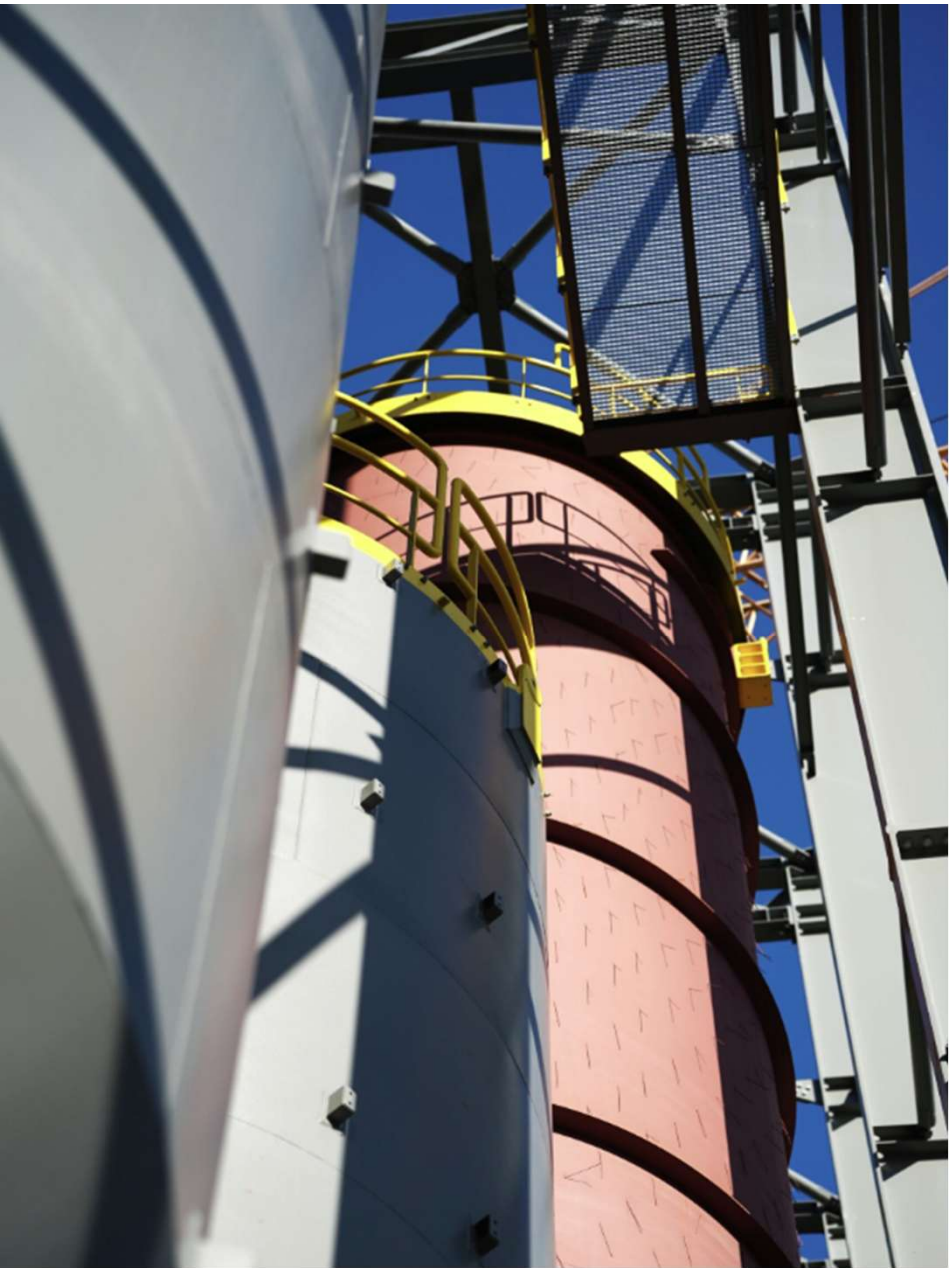
- **na pozicích jsou všechny velké komponenty – chladicí věž, Labloop, tkaninové filtry, sila, SCR a spalinový ventilátor**
- probíhají práce na dopravě popela
- dokončuje se montáž spalinovodu
- probíhají práce na izolacích a obslužných konstrukcích

Ostatní objekty

- **začátkem dubna proběhne MONTÁŽ KOMÍNU**
- chladící věž prošla rozsáhlou sanací pláště, výměnou chladicího systému a vnitřního potrubí
- probíhají práce na trasách vyvedení el. výkonu a vyvedení tepla
- dokončeny jsou hrubé stavby čerpací stanice chladicí a záložní vody, retenční nádrž
- velká část inženýrských sítí je také téměř dokončena, vč. napří. rozvodu technologických vod

Harmonogram dalších kroků projektu EVO Komořany

Q1/2025	Dokončení stavební připravenosti na montáž nosných ocelových konstrukcí kotle
Q2/2025	Kompletní Detail Design, zahájení montáže technologie kotle a roštu
Q3/2025	Montáž turbogenerátoru, montáž čištění spalin, pokračování v montáži technologie
9/2026	Ukončení mechanické montáže, uvádění do provozu
Q1/2027	Předběžné převzetí díla (PAC)



Zajímavosti z výstavby
EVO Komořany

- Přemístěno cca **35 000 m³ zeminy** v rámci hrubých terénních úprav
- Realizováno **306 vrtaných pilot** s délkou dříku až 22 m
- Uloženo cca **9 000m³ betonových směsí** a **1800 t ocelových konstrukcí**
- Stavbu obsluhovalo **až 5 věžových jeřábů současně**; dále i několik mobilních jeřábů, největší z nich Liebherr LTM 1500 (500t)
- Denně se na stavbě pohybuje **až 450 pracovníků**, práce probíhají v režimu 10/5 + 8/2
- Více než **5 500 dokumentů** již prošlo procesem schvalování

MAYR
Genie

Děkuji
za pozornost.

United Energy, a.s.
Teplárenská 2
434 03 Most – Komořany

e-mail: Petr.Mares.ml@ue.cz

www.ue.cz / www.evokomorany.cz

Provozní zkušenosti po modernizaci ZEVO Malešice

Tomáš Žižka

„KOTLE, TEPELNÁ A JADERNÁ ENERGETIKA“

9.-10.3.2026, OREA Congress Hotel Brno Brno

PRAŽSKÉ SLUŽBY

NEPŘEKONATELNÝ SERVIS

CERTIFIKOVÁNO ZÚS ČSN EN ISO 9001:2001

TÜV NORD

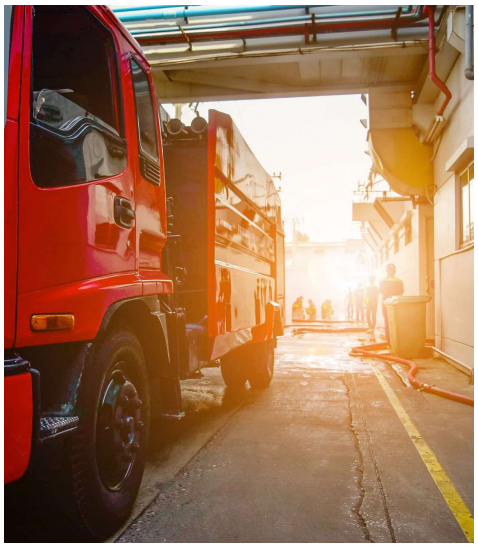
Představení společnosti Pražské služby, a.s.

- Založena: 20.12.1993
- Hlavní akcionář: Hlavní město Praha (100 %)
- Počet zaměstnanců: 2069
- Tržby z prodeje služeb a zboží: 4,5 mld. Kč (2024)

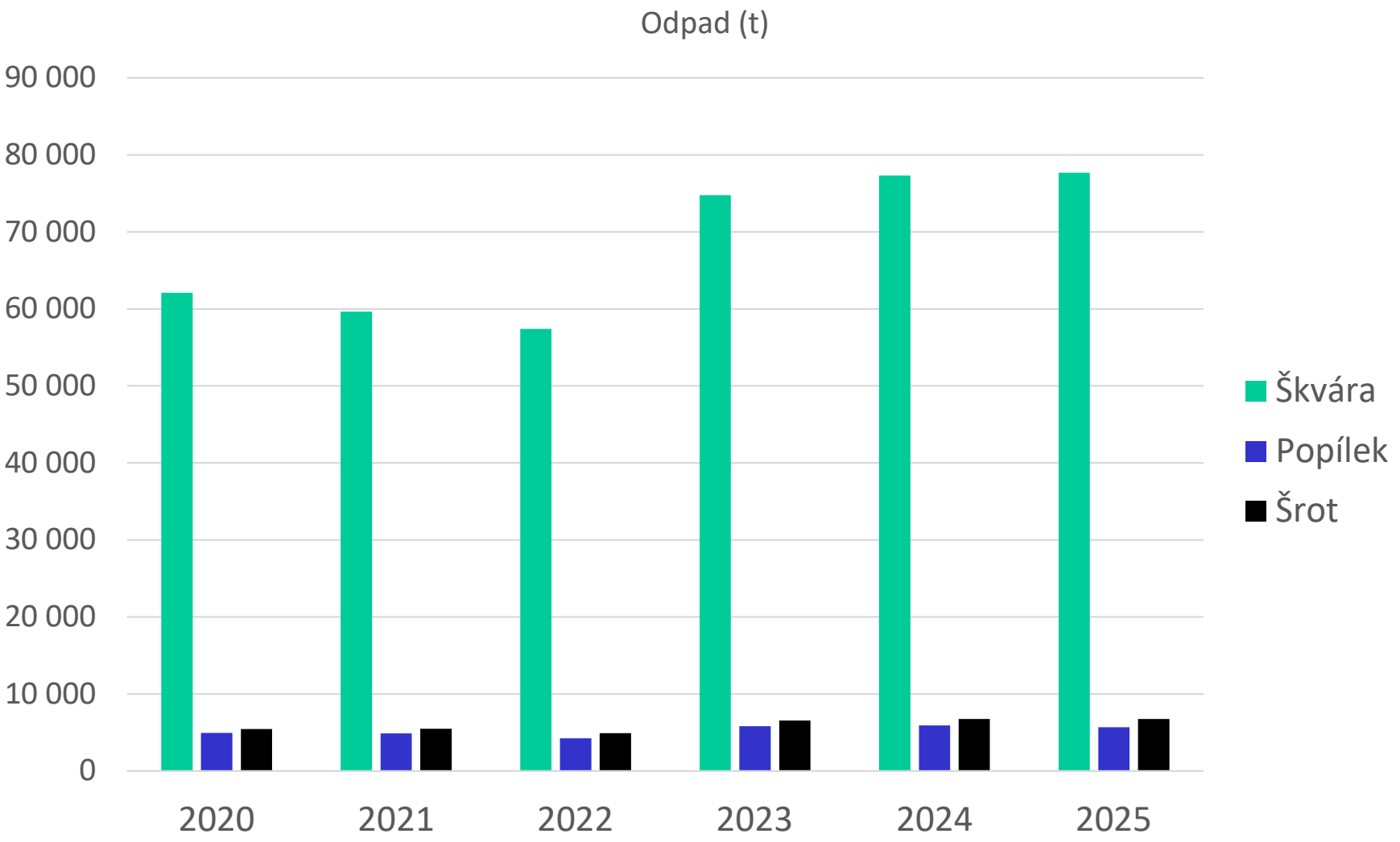
- Závod 14 - ZEVO Praha - Malešice
  - Do provozu: 1998
  - Počet zaměstnanců: 115
  - Roční kapacita: 480 000 t/rok (2024)
  - 4 samostatné linky
  - Jmenovitý výkon kotle: 39,5 t/h
  - Parametry páry: 250 °C, 1,37 MPa(g)

Provozní data za 2020 až 2025

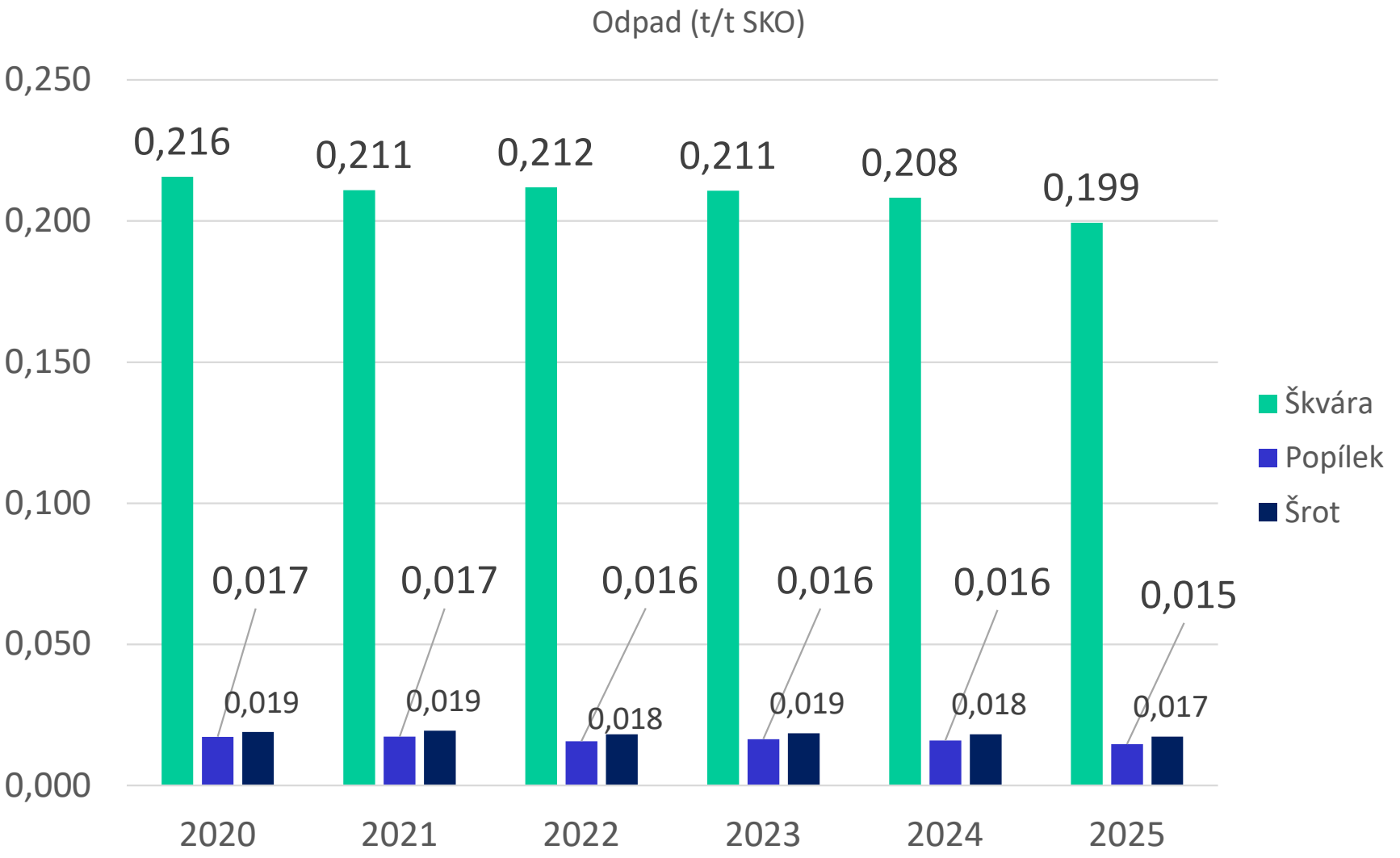
ROK		2020	2021	2022	2023	2024	2025
Dovezený odpad	t	287 794	282 740	270 835	354 851	371 325	389 559
Dodávka tepla	GJ	822 563	852 638	744 063	716 760	805 785	856 169
Dodávka el. en.	MWh	33 551	34 192	31 014	76 661	77 448	85 250
Škvára	t	62 083	59 640	57 392	74 772	77 332	77 681
Popílek	t	4 964	4 895	4 246	5 830	5 910	5 699
Šrot	t	5 457	5 485	4 917	6 569	6 747	6 741



Produkce odpadu 2020 až 2025



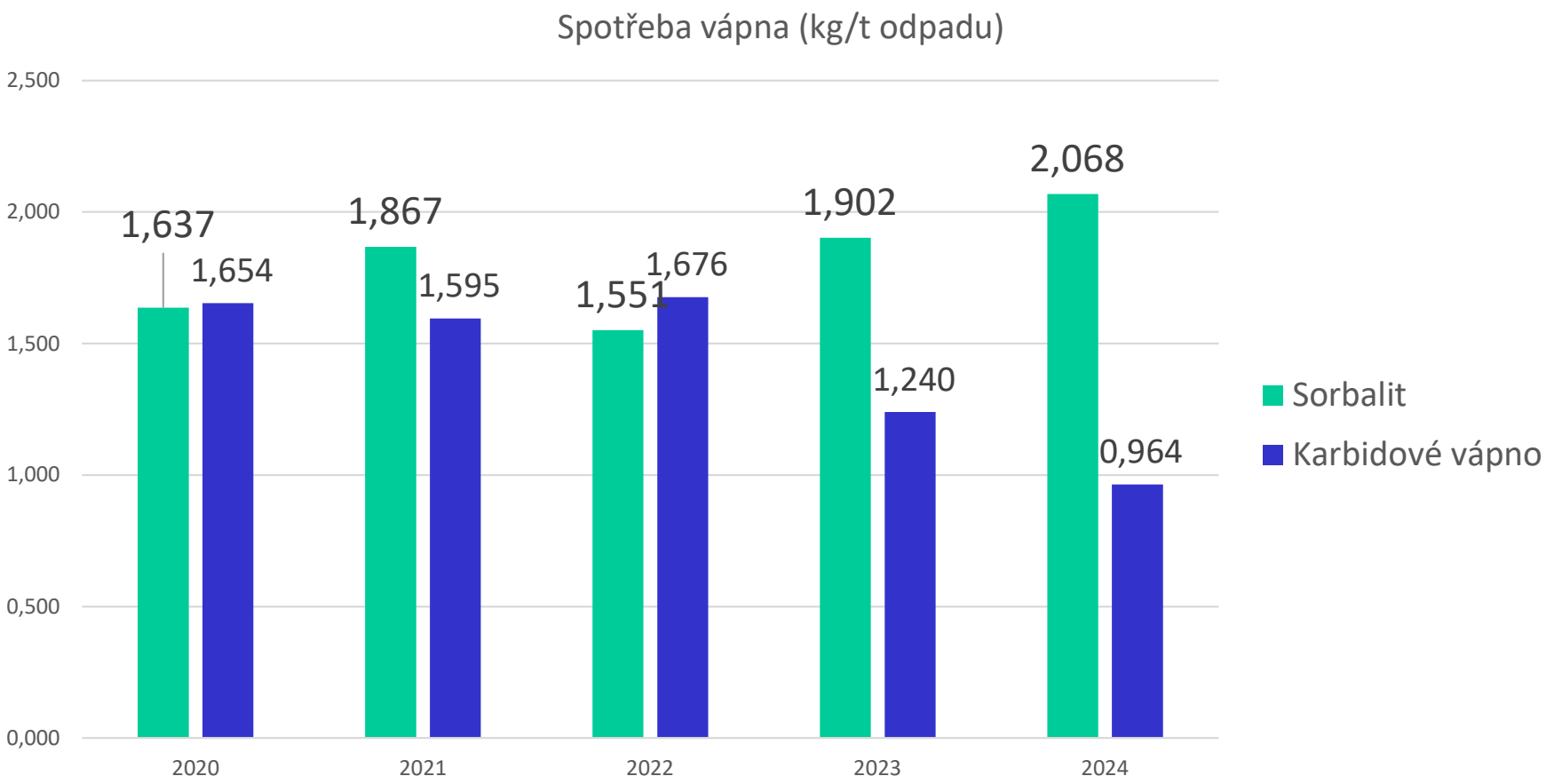
Produkce odpadu na t SKO 2020 až 2025



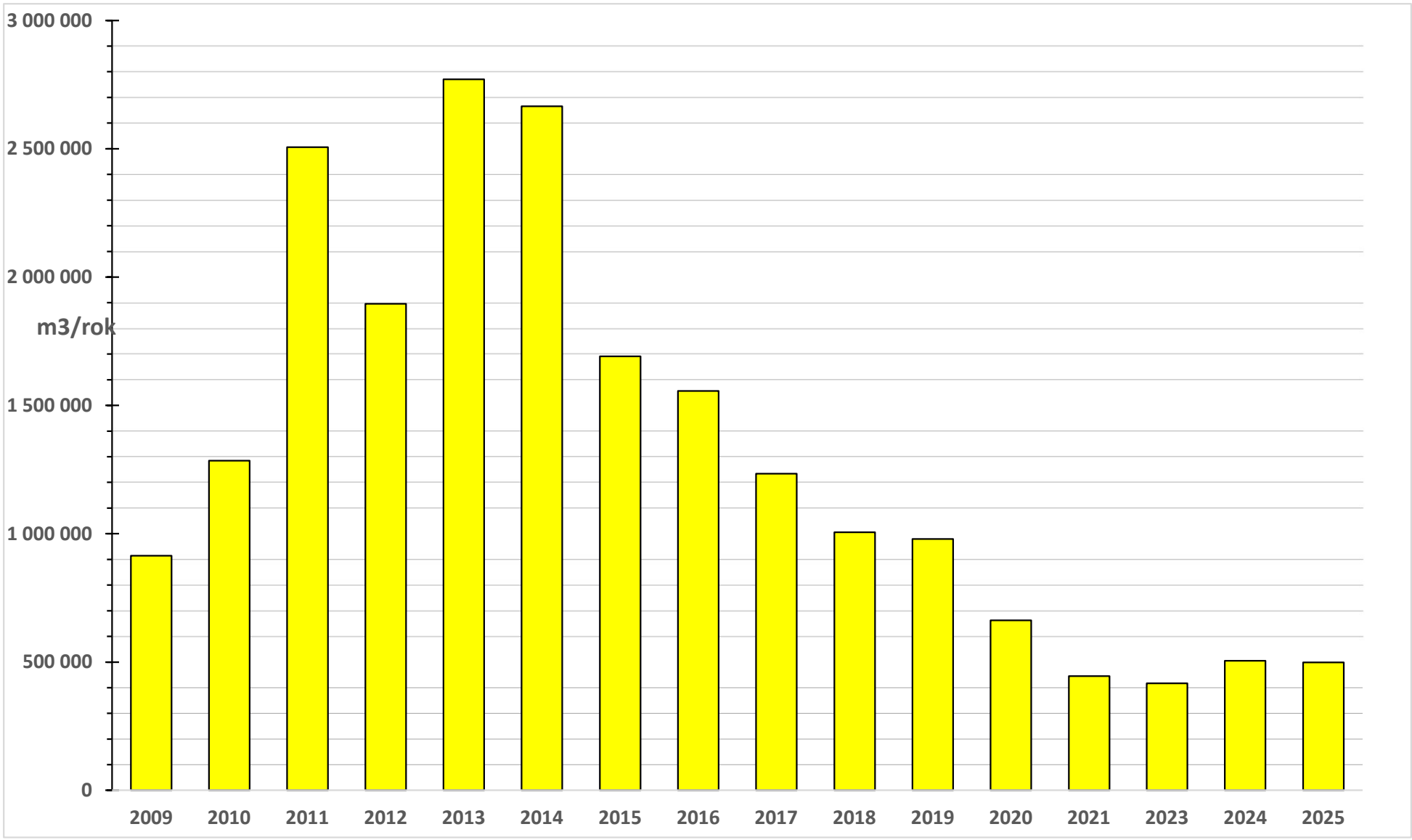
Spotřeba vápna kg/t odpadu

Sorbalit - 90 % CaO suchý

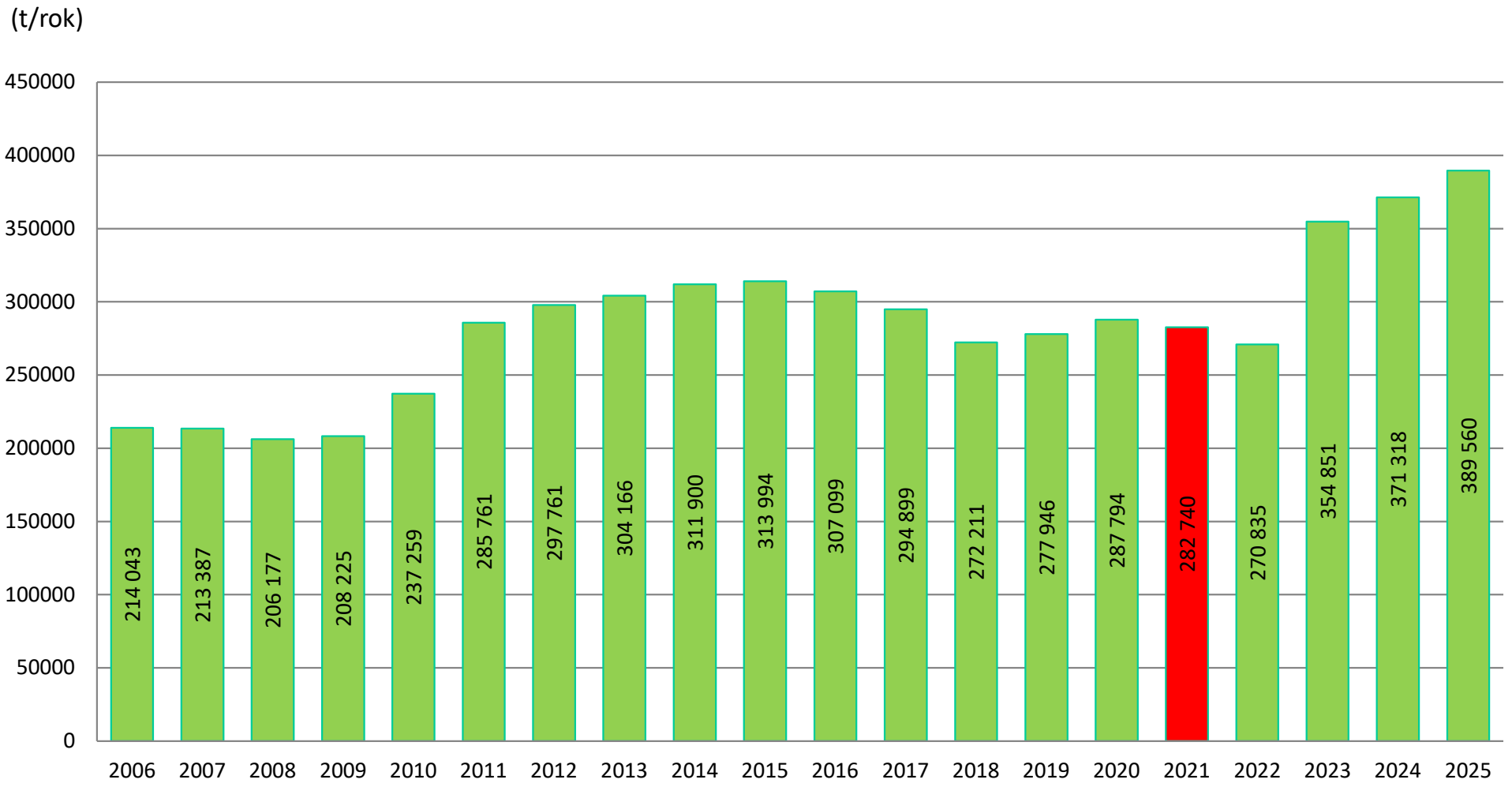
Karbidové vápno – cca 30% $Ca(OH)_2$ ve vodě



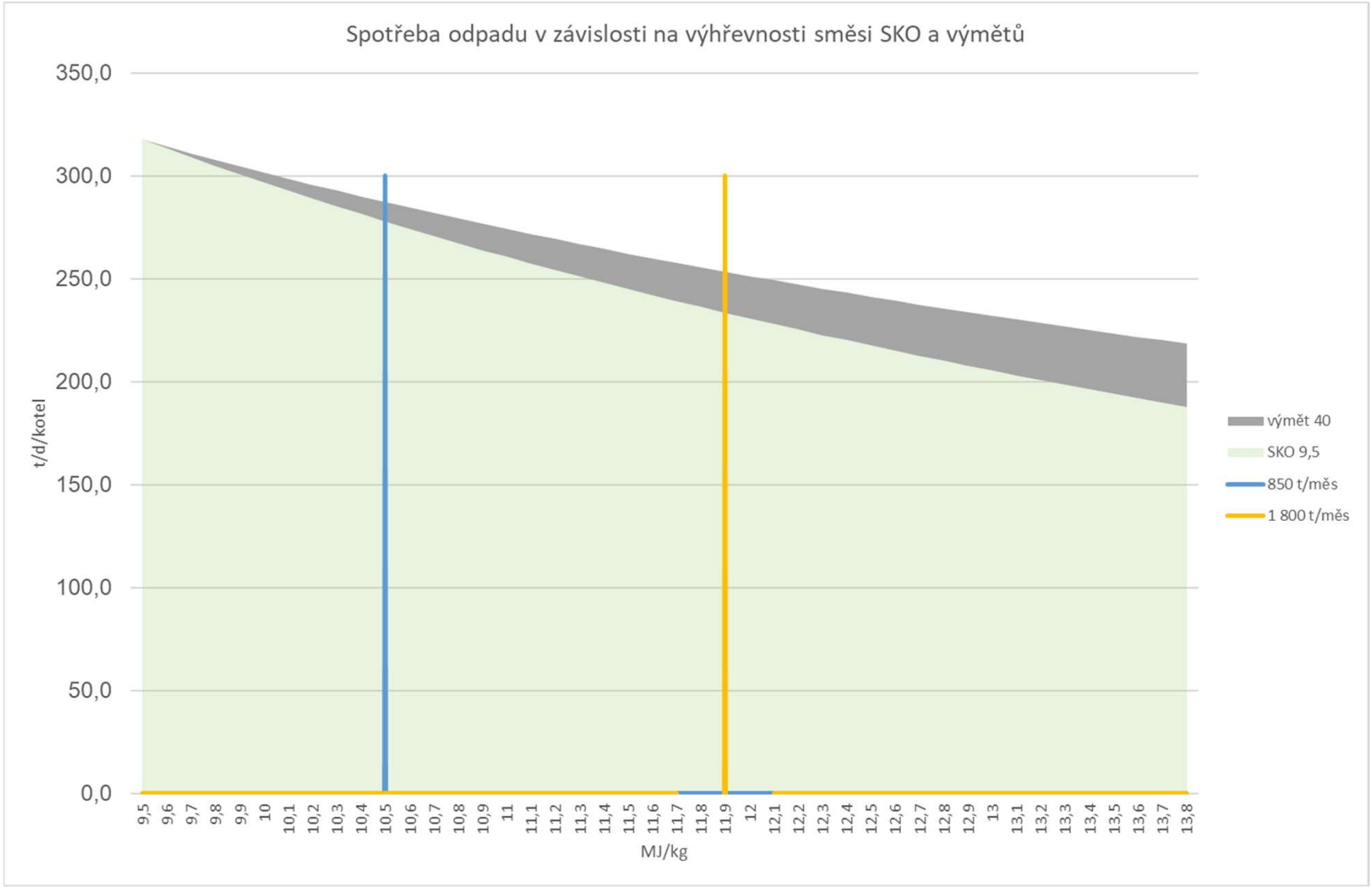
Spotřeba zemního plynu ZEVO Malešice



SKO v ZEVO Malešice 2006 - 2025



Výměty vs. kapacita ZEVO Malešice



BREF Waste Incineration – metodika stanovení výhřevnosti odpadu

EUROPEAN COMMISSION

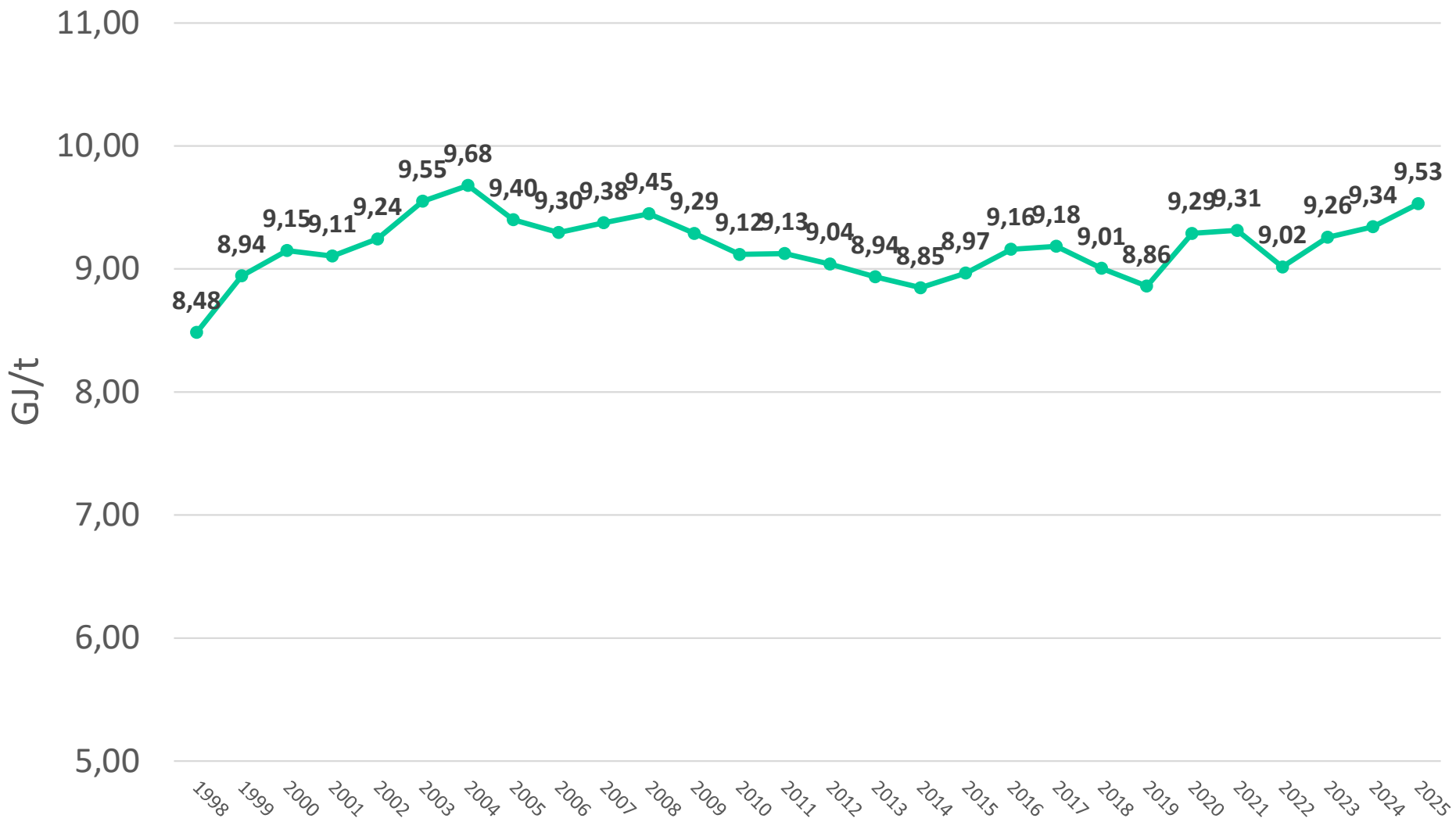
Integrated Pollution Prevention and Control
Reference Document on the Best Available Techniques for

Waste Incineration

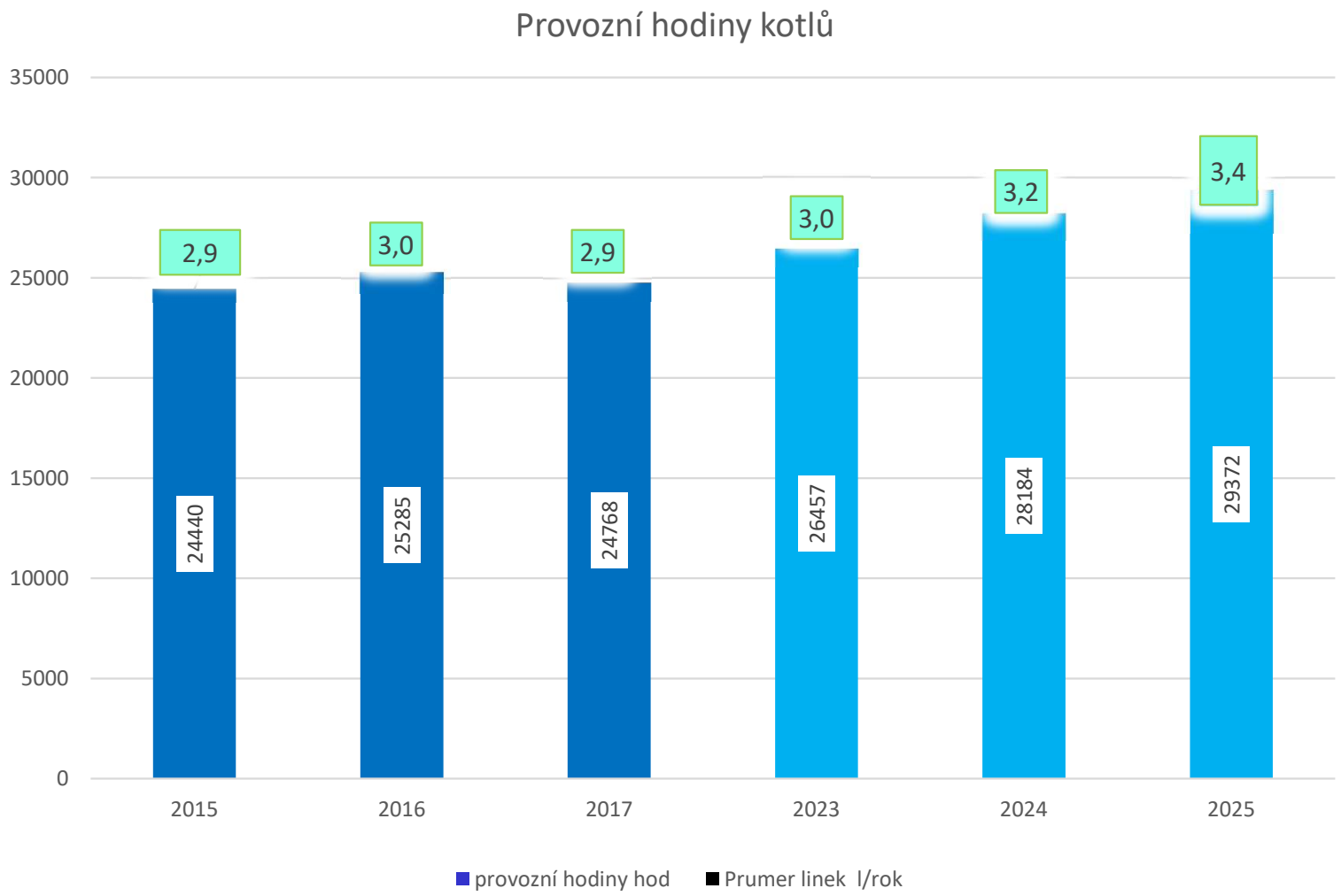
August 2006

- Jednoduchá metodika využívající provozní data ŘS „on-line“
- Metodiku jsme aplikovali na provozní data našich kotlů ZEVO Malešice
- Z energetické bilance jsme zpětně dopočítali výhřevnost spalovaného odpadu.
- Vývoj tohoto parametru v čase ukazuje následující graf.

Výhřevnost odpadu ZEVO Malešice dle BREF 2006



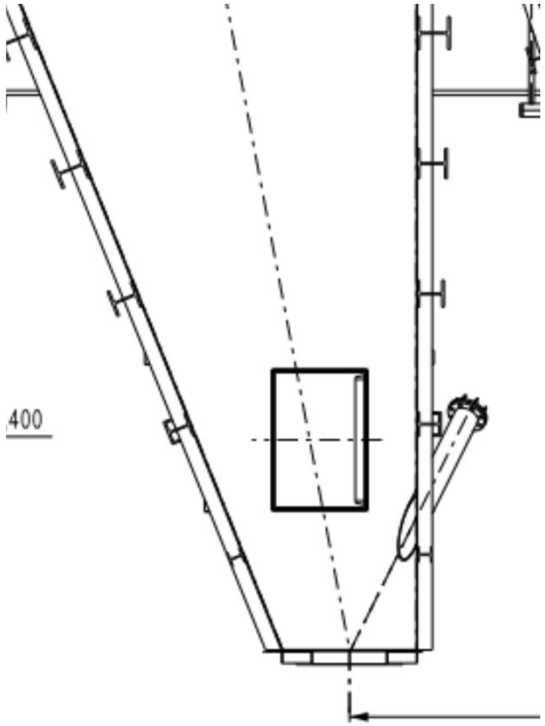
Provozní hodiny linek v ZEVO Malešice



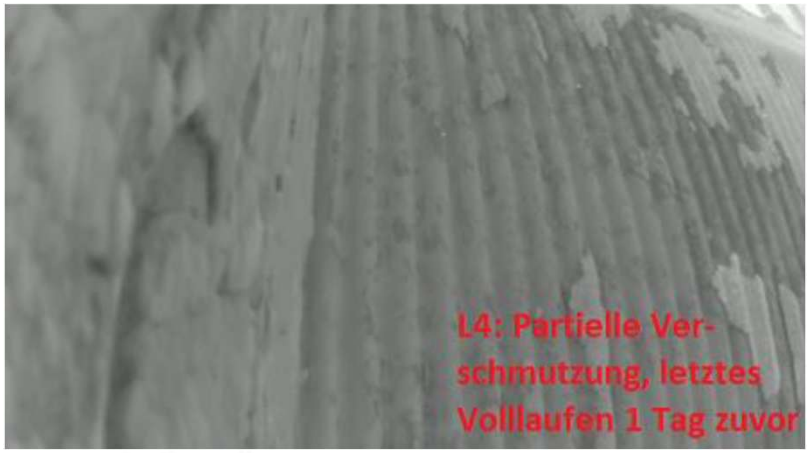
Aktivity provozu 2025

1. Exploze tlakových lahví N_2O

2. Zanášení výsypek kotlů –
   1. analýza příčin ve spolupráci s MARTIN Gmbh
   2. Zkušební test aplikace Sorbacal Heat 1500 do K4 ve spolupráci s LHOIST

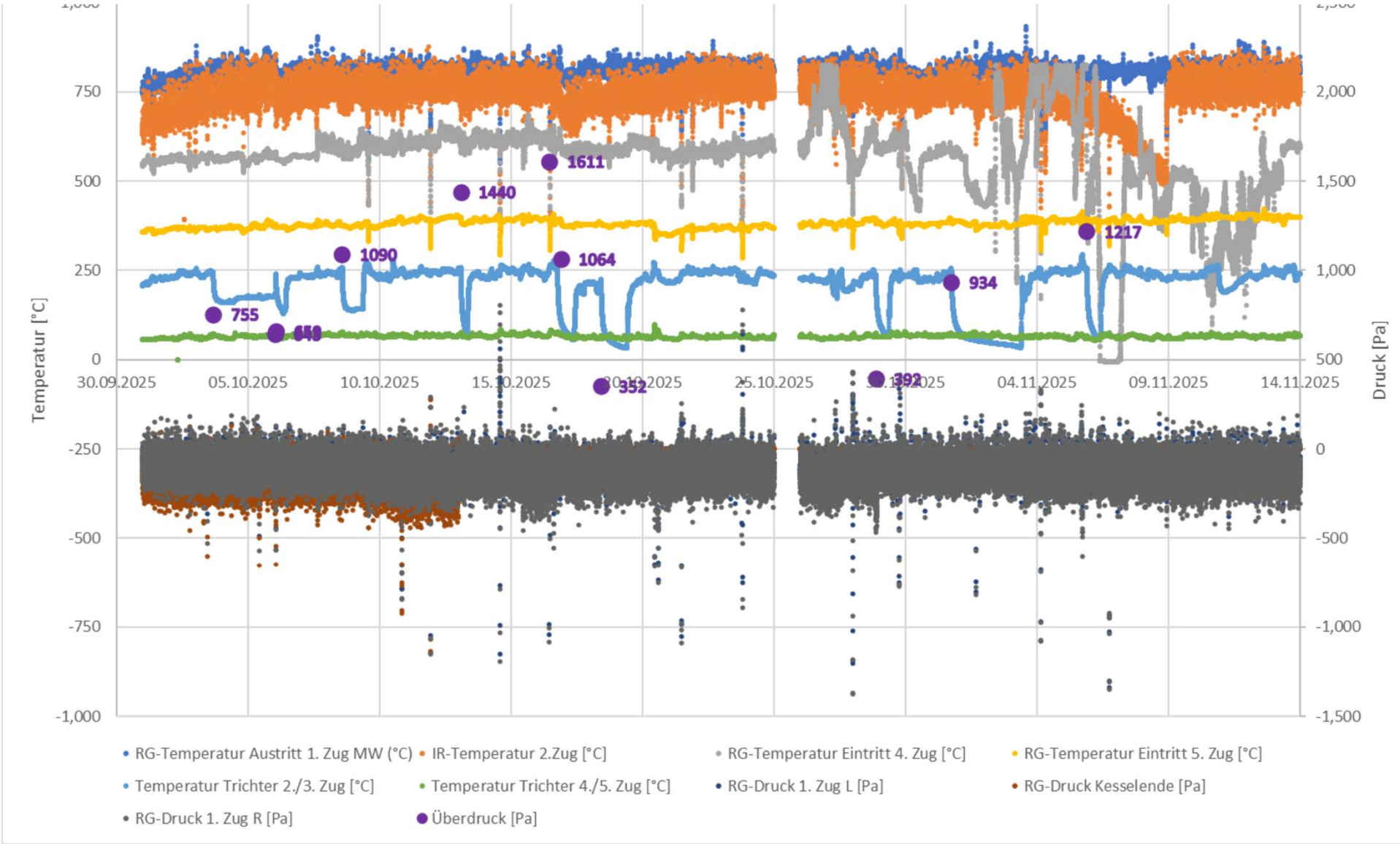


Kotel 3
5 dní po poslední explozi

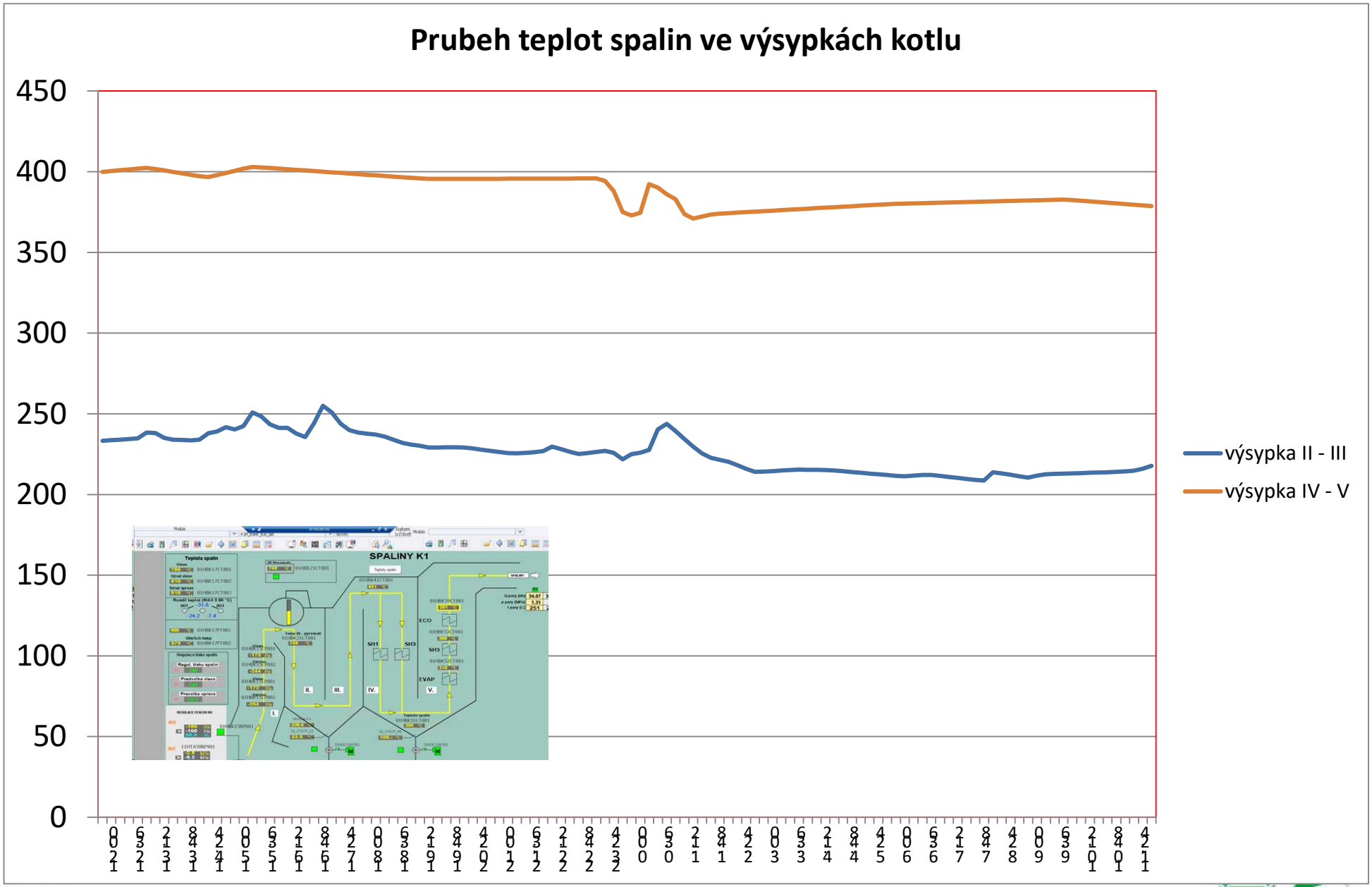


Kotel 4
1 den po poslední explozi

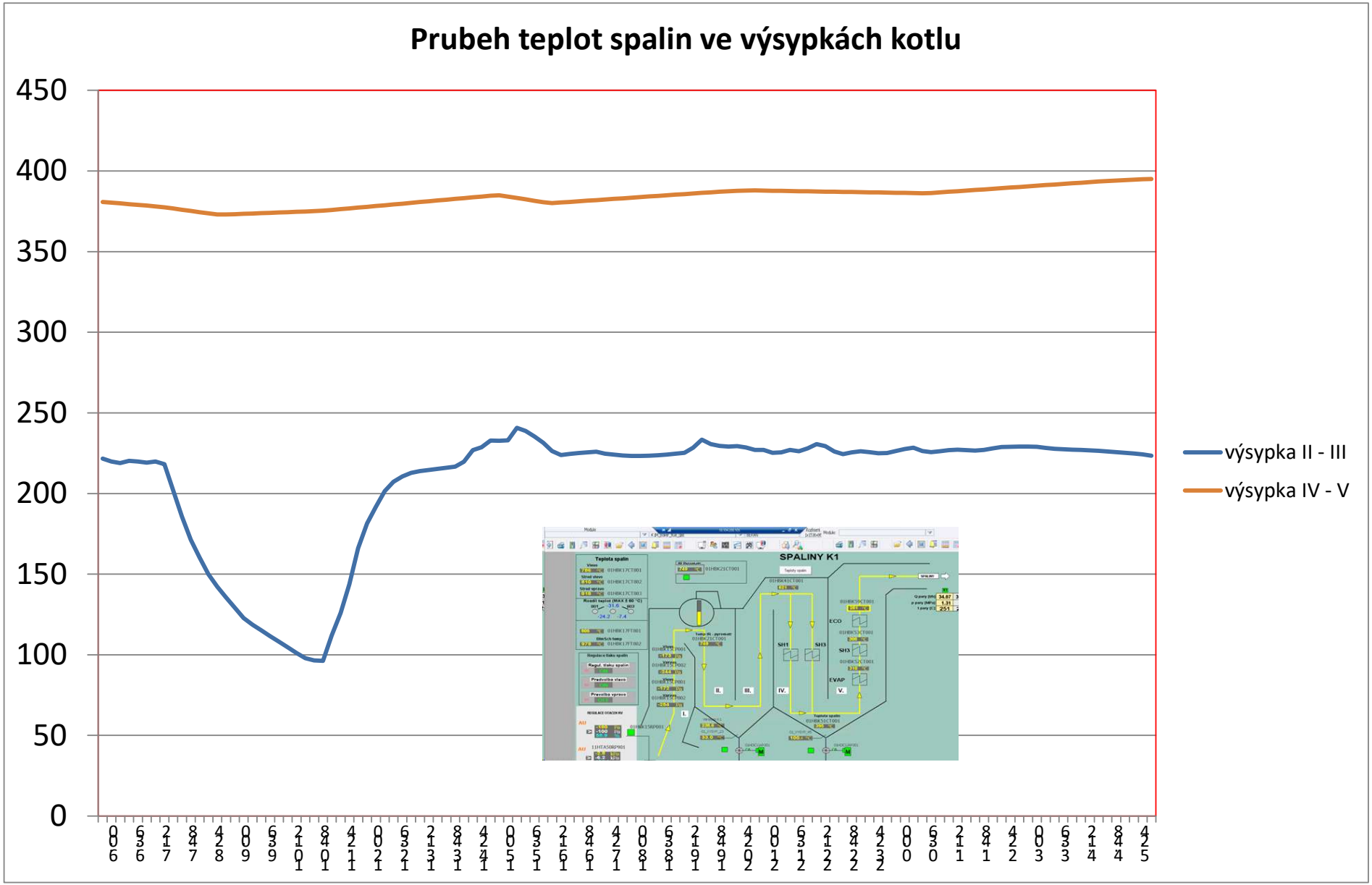
Analýza zasypání výsypek kotle – K1



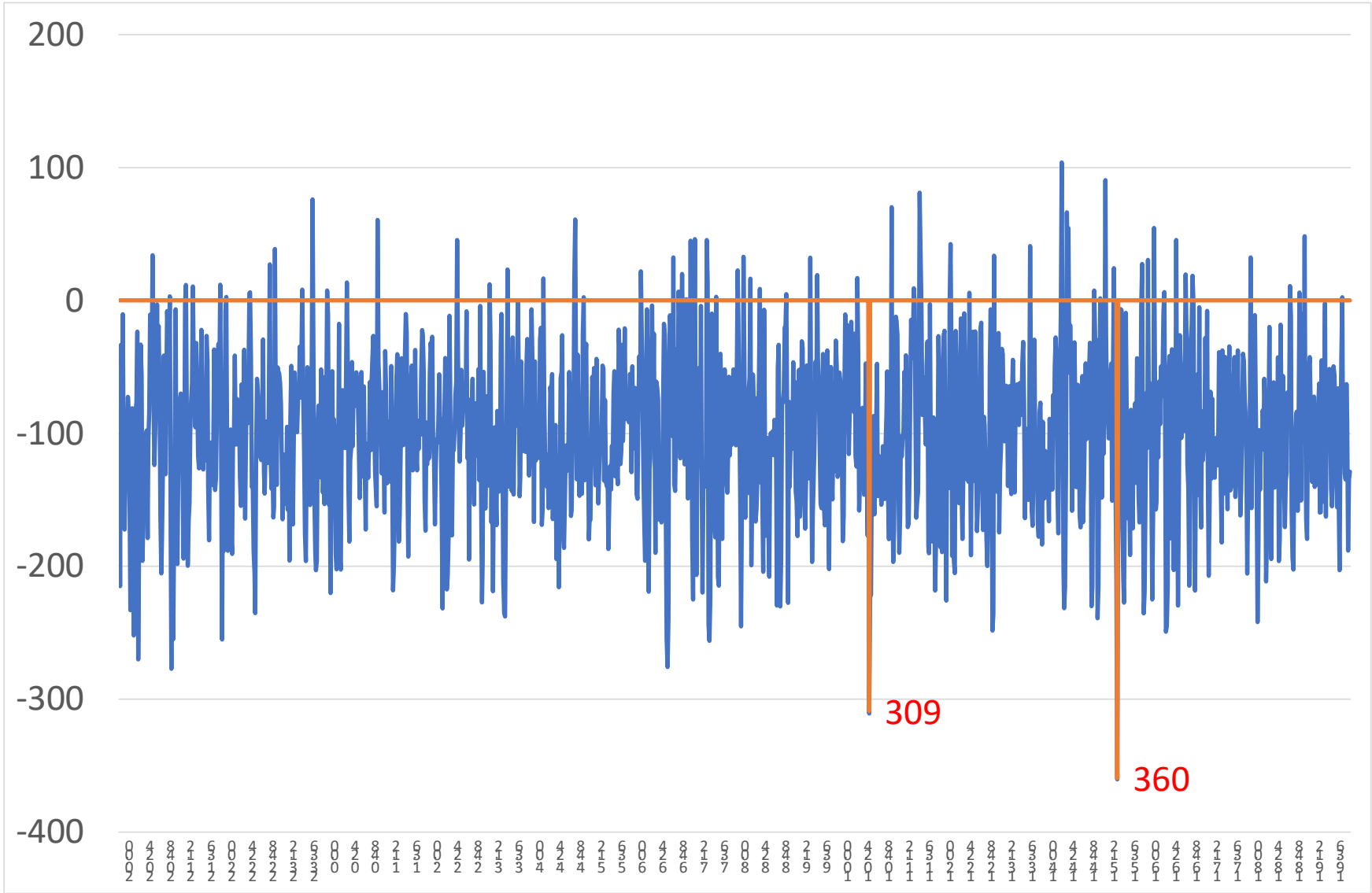
Průběhy tlaků a teplot spalin



Průběhy tlaků a teplot spalin



Průběhy tlaků ve spalovací komoře (Pa)

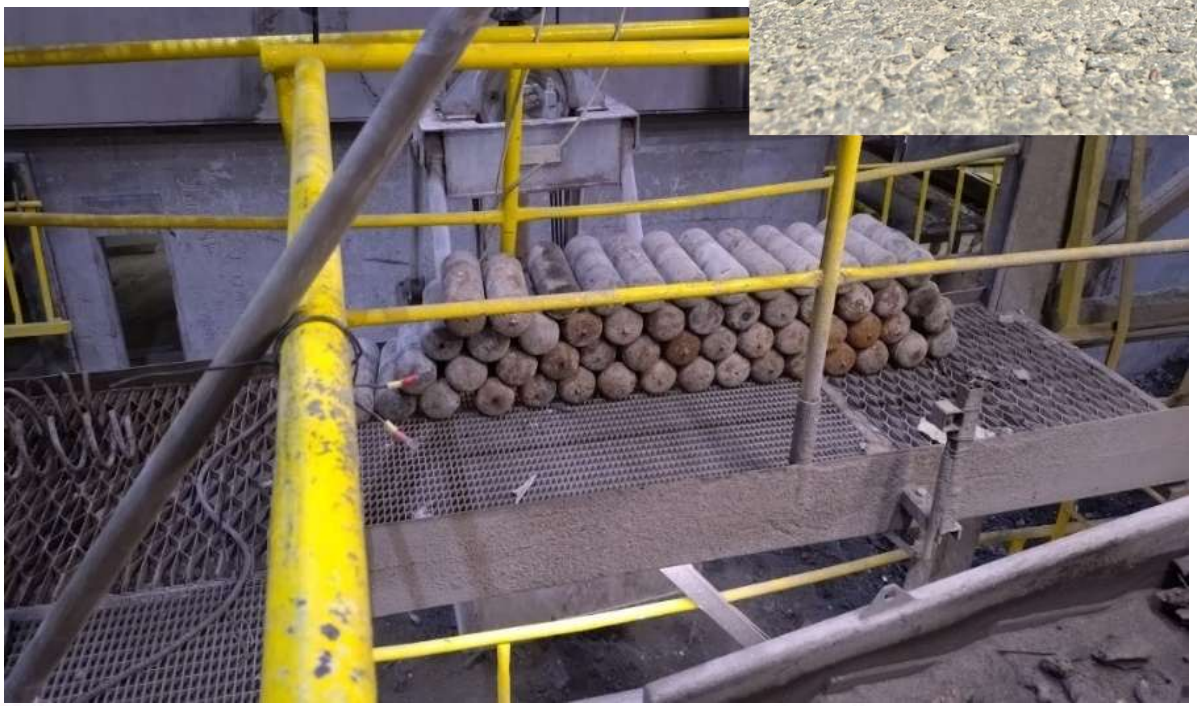


Závěr z analýzy zasypávání násypek

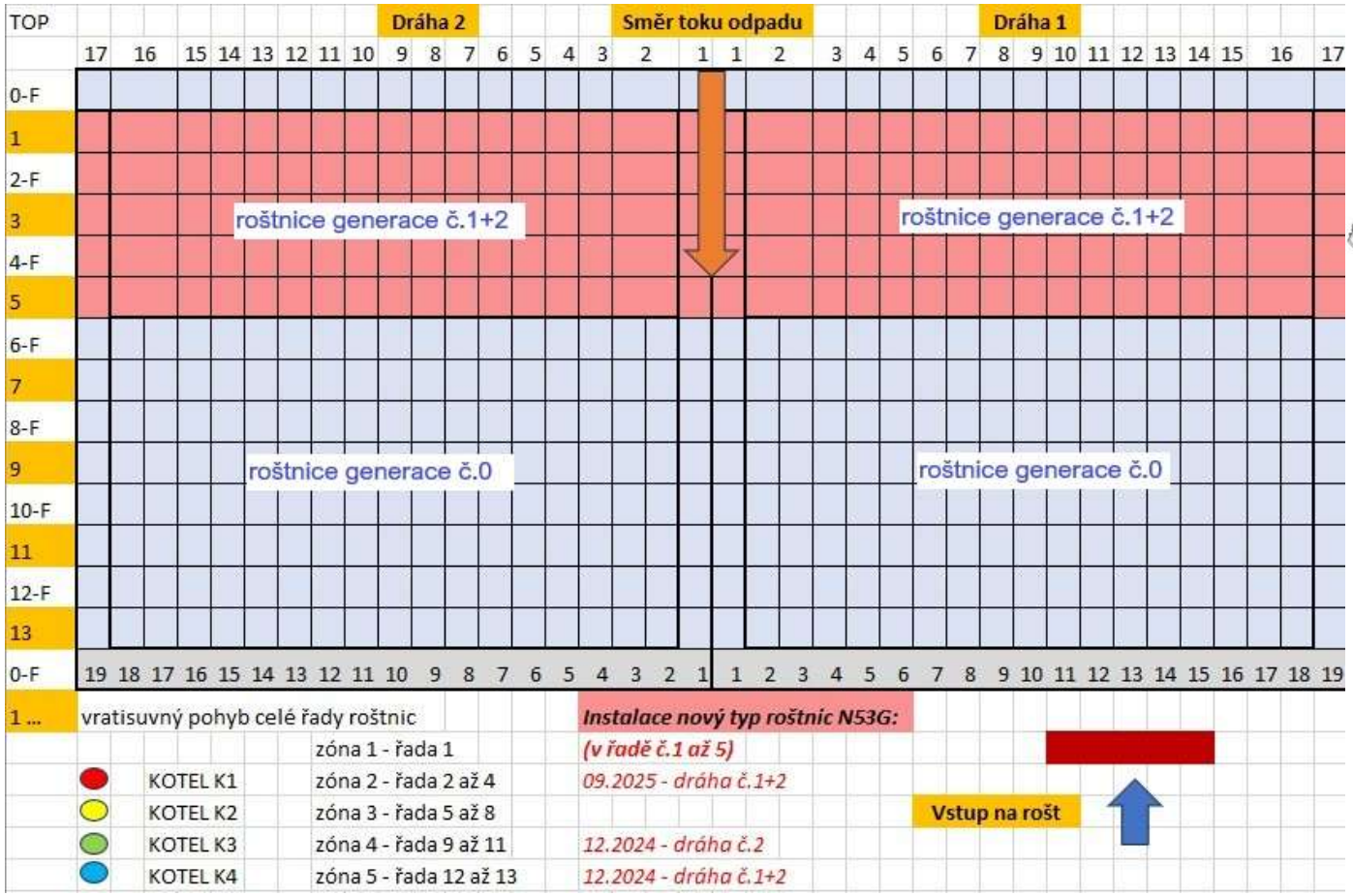
- Ve všech čtyřech linkách došlo ve sledovaném období k zasypání výsypky 2. / 3. tahu
- Detekce zasypání poklesem teploty násypky z 200–250 °C na méně než 40 °C
- K poklesu teploty dochází většinou náhle
- Téměř ve všech případech tomuto vývoji předcházela jednorázová výrazná změna tlaku
- Výše přetlaků se mezi sebou výrazně liší, od přibližně 400 Pa do více než 1500 Pa
- Na K4 nedošlo během zkoumaného období k úplnému naplnění výsypky ani po výrazném přetlaku 1560 Pa (možná souvislost aplikace sorbentu Sorbacal Heat 1500)
- Potvrzení hypotézy kdy náhlý přetlak ve spalovací komoře (exploze) způsobí náhlé uvolnění vrstev nálepů na stěnách kotle, čímž se ucpe výstup výsypek pod 2./3. tahem
- Provozní data potvrzují pravděpodobnou kauzalitu

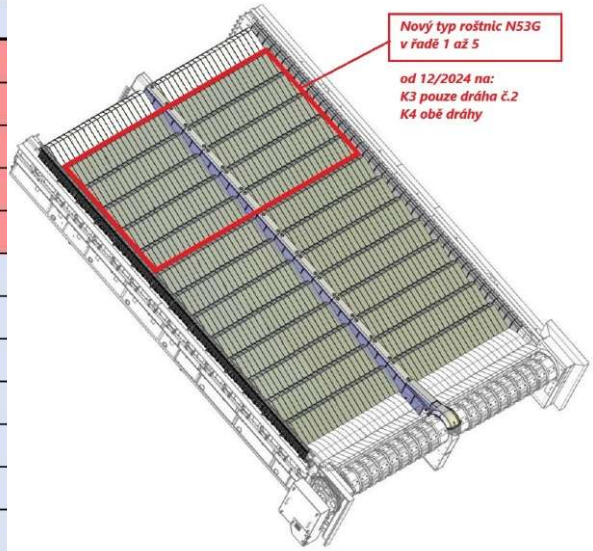
Rajský plyn v komunálním odpadu – rostoucí bezpečnostní riziko

Opakované exploze tlakových lahví N_2O způsobují poškození technologie a provozní odstávky.

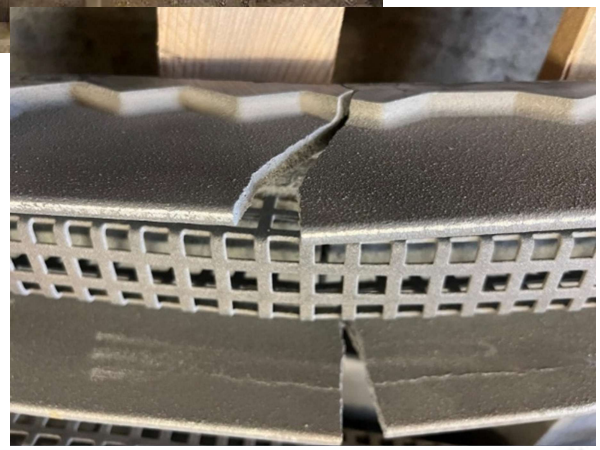


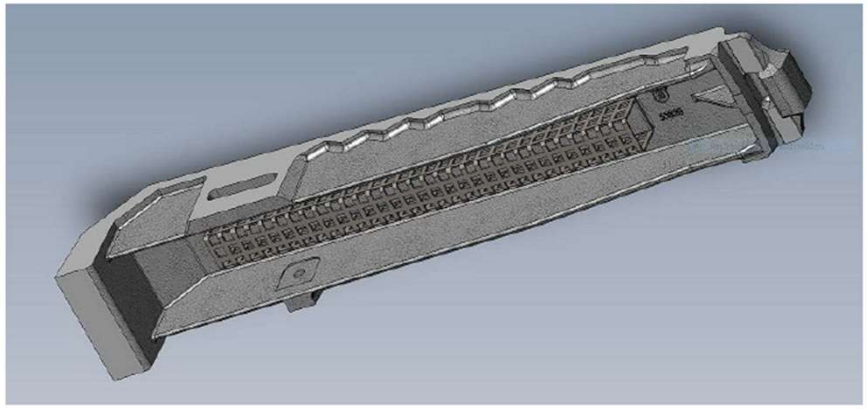
Oblasti poškození roštu, nový typ roštnice 2.generace (akt.2025)





Roštnice 1.generace - typ N53G





Roštnice 2. generace - N53 Protect

- Instalace 170 ks roštnic v září během CZO 2025 na obě dráhy roštu kotle K1.
- Výrobce technologie MARTIN reaguje na rostoucí počet explozí tlakových lahví v odpadu vývojem nové generace roštnic N53 se zvýšenou mechanickou odolností.

Nárůst poškození roštnic způsobených explozemi N_2O v 2025

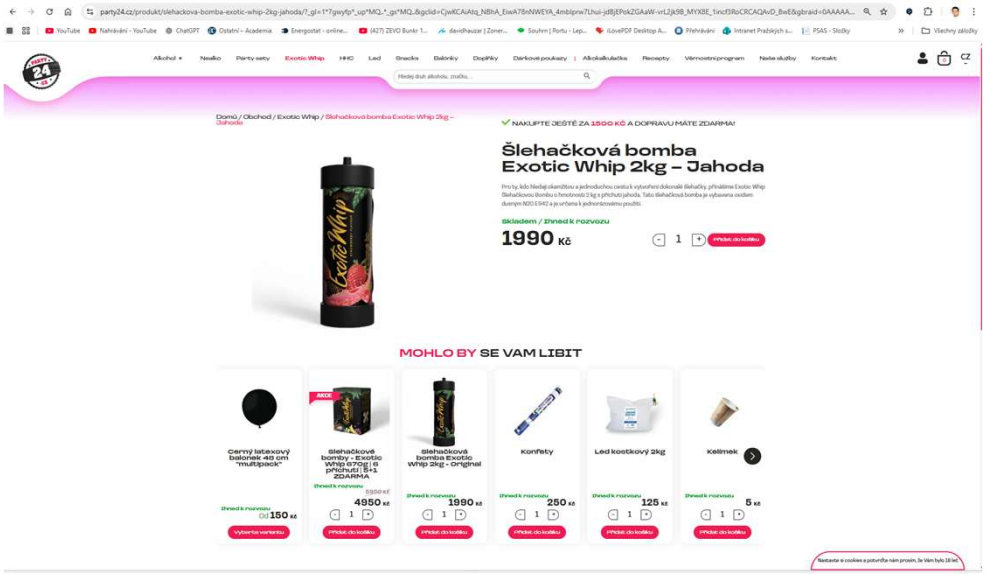
2024: **117** roštnic / **20** odstavení kotle

+ 44%

2025: **169** roštnic / **31** odstavení kotle

Aktuální stav problematiky tlakových lahví N_2O (3/2026)

- problematika je řešena na úrovni EU legislativy (REACH / CLP)
- sektor odpadového hospodářství (CEWEP, FEAD, MWE) upozorňuje na bezpečnostní rizika pro spalovny
- exploze lahví způsobují poškození zařízení a odstávky provozu
- diskutují se opatření omezení prodeje velkých lahví
- kontrola online distribuce
- zálohový systém / zpětný odběr



Shrnutí provozních zkušeností

- mírně rostoucí výhřevnost SKO
- zvýšený výskyt tlakových lahví N_2O
- exploze způsobují zasypávání výsypek kotlů
- testování sorbentu Sorbacal Heat 1500 a akustického čištění výsypek– nové investiční záměry

→ exploze lahví N_2O se stávají novým bezpečnostním problémem spaloven v celé Evropě

DĚKUJI ZA POZORNOST

Tomáš Žižka
(tomas.zizka@psas.cz)

33. ročník odborné konference
KOTLE, TEPELNÁ A JADERNÁ ENERGETIKA
OREA Congress Hotel Brno, 9. - 10.3.2026

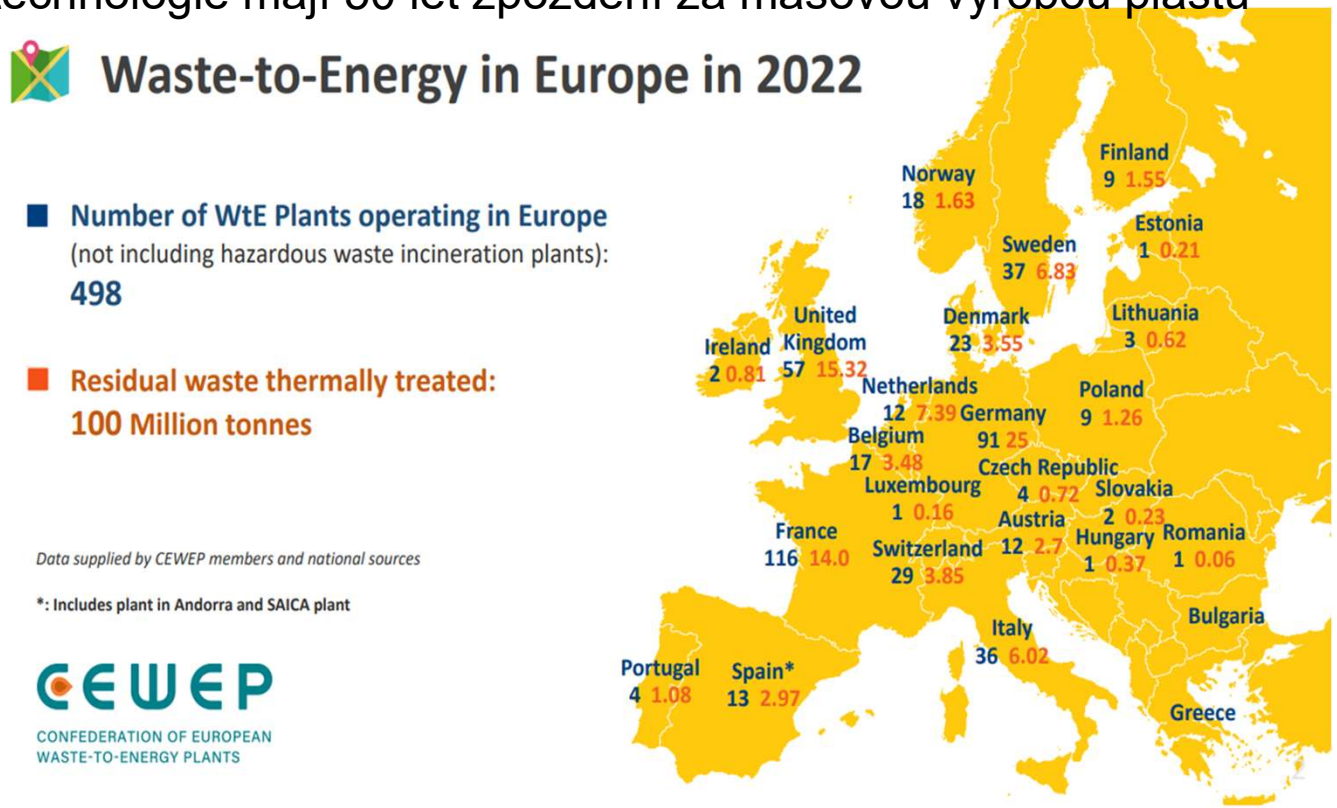
Mýty a fakta o energetickém využívání odpadů

RNDr. Jana Suzová
Environmentální specialista

www.sako.cz

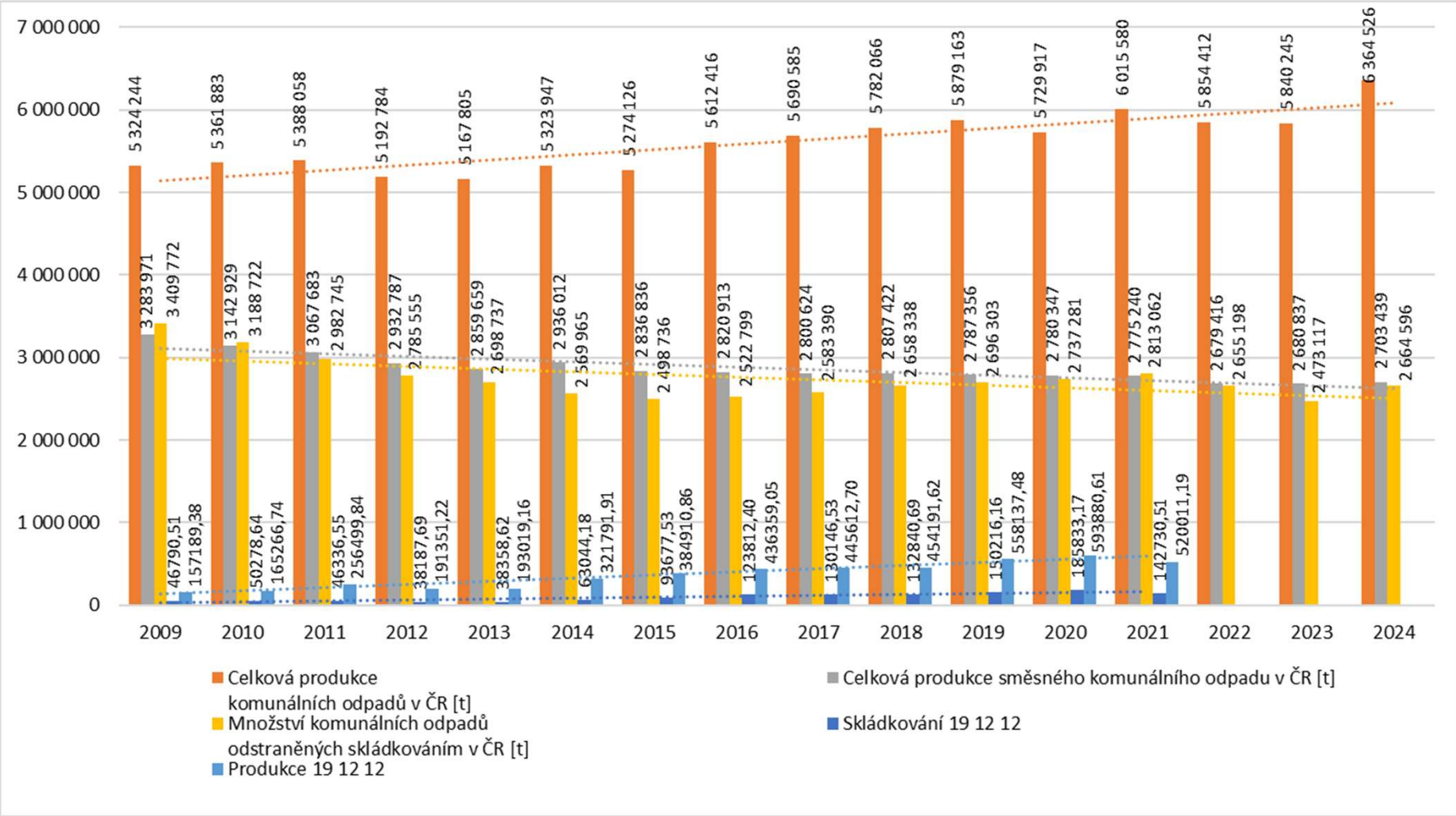
Mýtus č.1:
Energetickým využitím odpadů se ničí materiálově využitelné složky odpadů

- Produkce KO… **229,5** mil. tun KO/**2021**/EU27; **225,7 mil. tun** KO/**2020**/EU27
- Energetické využití v EU 498 zařízení ZEVO … 100 mil. tun KO/2022 +průmysl. odpadů; (435 zařízení/2014 – nárust počtu ZEVO o 63 tj. o 14,7%/8 let)
- **52% SKO** se v EU energeticky využívá, **48% SKO** se skládkuje, nutno změnit ve prospěch recyklace
- V EU se ročně **vyseparuje 30 mil. tun plastů** – dotříděno 38% (11,4 mil.t) určeno k recyklaci - pouze **3,9 mil. tun** se vrací do výroby **(13%)** - kvalitativní parametry; 24% - vyváženo do 3. zemí, 42,6 % energ. využití; 20,4% skládkování
- Recyklační technologie mají 50 let zpoždění za masovou výrobou plastů



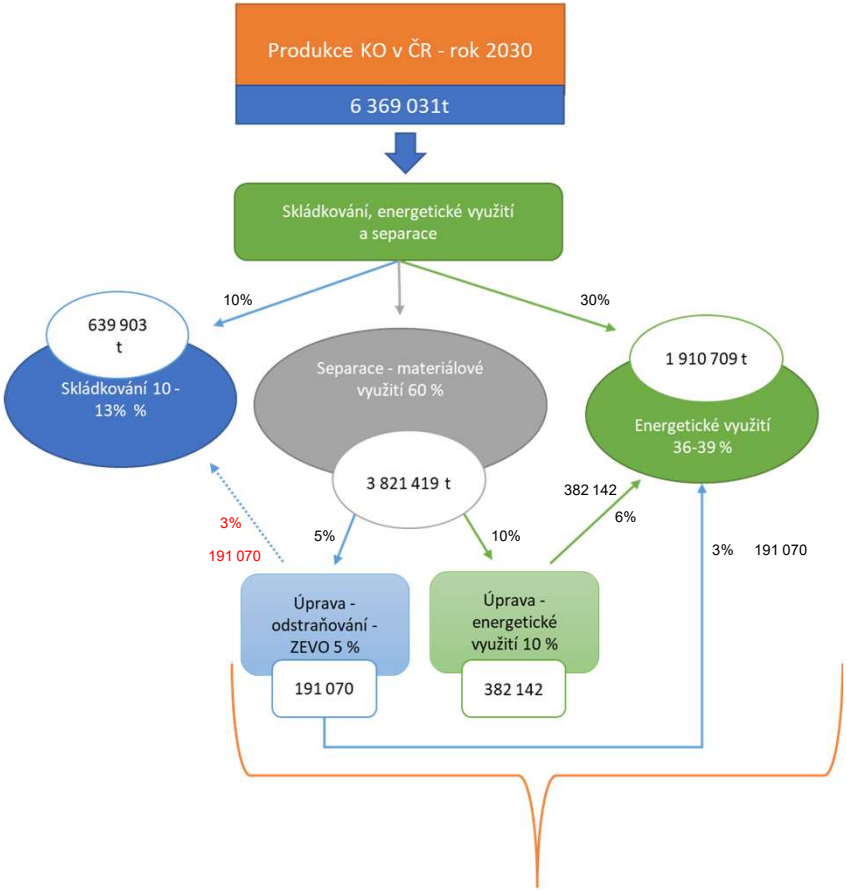
Mýtus č.1: Energetickým využitím odpadů se ničí materiálově využitelné složky odpadů

- EU skládkuje KO v průměru 23%/2022; ČR 42%/2024 (2,66 mil. tun) – tj.182% průměru EU
- Konec skládkování se blíží - ZEVO je smysluplný, environmentálně přijatelný „plán B“ pro materiálově nevyužitelné odpady



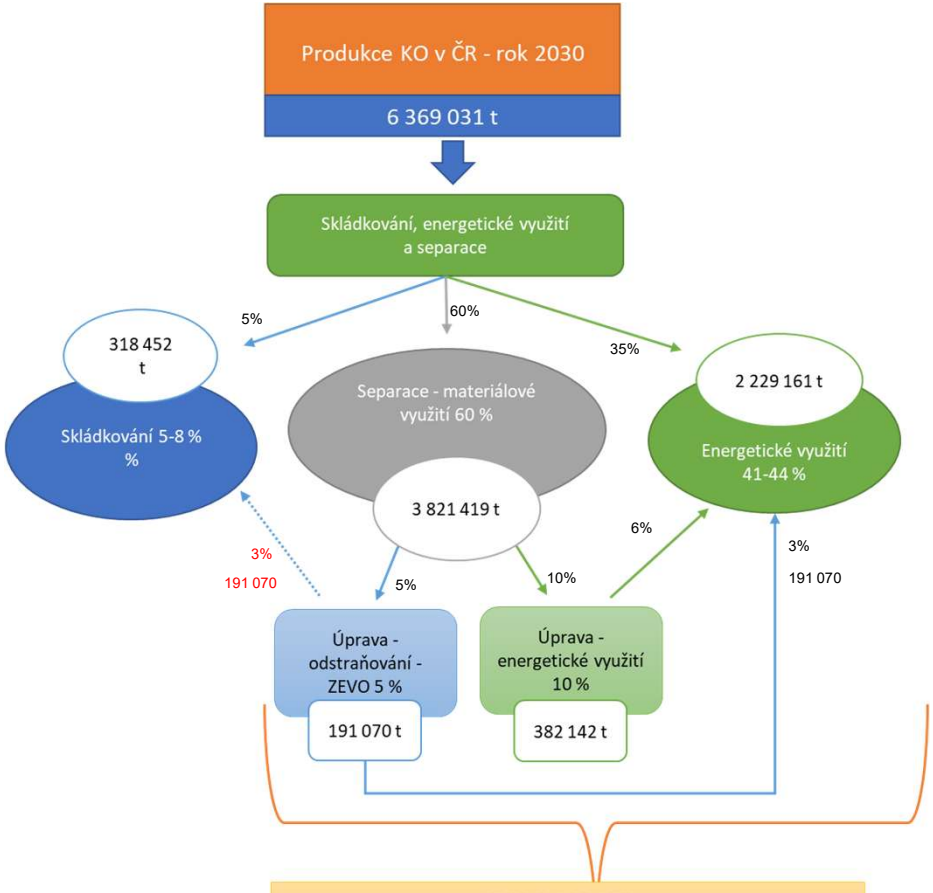
- V roce 1995 v ČR 3 mil.t KO – 96,7 % se skládkuje tj. 2,9 mil.t + 0,1 mil.t energ. využití SAKO
- V roce 2021 v ČR 6,01 mil.t KO (údaj MŽP) – 46,8 % se skládkuje tj. 2,76 mil.t + 0,14 mil.t výmětu kat.č.19 12 12 (42% tj. 2,66 mil. t /2024; 0,555 mil. tun kat. č. 191212/2024)

Prognóza kapacit energetického využití SKO + výmětů v roce 2030- realistický scénář POH



EVO 2 483 921 t
(tj. **39 %** z 6 369 031 t KO/2030);
podíl recyklace - 3 248 207 t/2030
(tj. **51%** z 6 369 031 t KO/2030)
skládkování 10 % - 636 903 t KO
varianta 1

EVO 2 292 851 t
(tj. **36 %** z 6 369 031 t KO/2030);
podíl recyklace - 3 248 207 t/2030
(tj. **51%** z 6 369 031 t KO/2030)
skládkování 13 % - 827 973 t KO
varianta 2



EVO 2 802 373 t
(tj. **44 %** z 6 369 031 t KO/2030);
podíl recyklace - 3 248 207 t/2030
(tj. **51%** z 6 369 031 t KO/2030)
skládkování 5% - 318 452 t KO
varianta 1

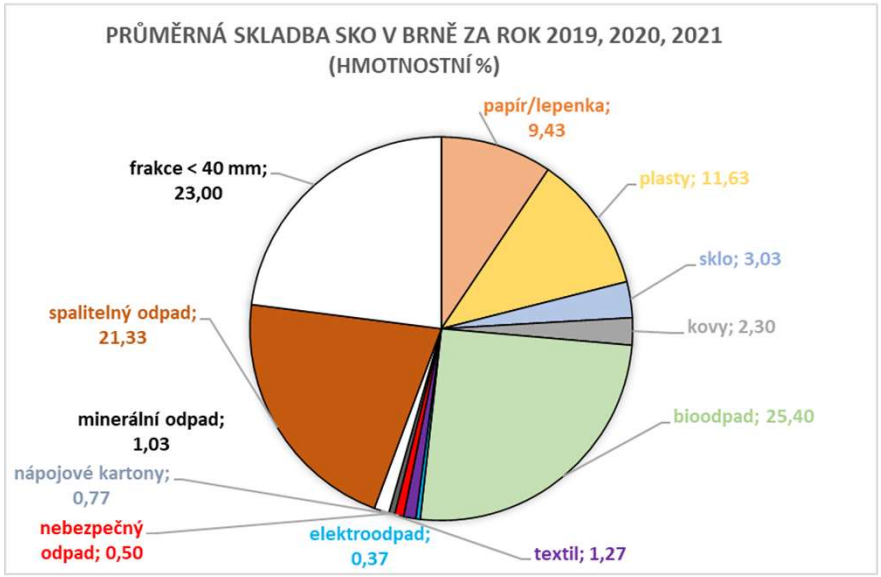
EVO 2 611 303 t
(tj. **41 %** z 6 369 031 t KO/2030);
podíl recyklace - 3 248 207 t/2030
(tj. **51%** z 6 369 031 t KO/2030)
skládkování 8 % - 509 522 t KO
varianta 2

Přehled stávajících a projektovaných zařízení na energetické využívání odpadu

	schválená kapacita v t/rok	kapacita po ukončení projektu v t KO/rok	rok uvedení do zkušebního provozu	poznámka
Stávající ZEVO				
ZEVO SAKO Brno, a.s.	260 000	352 000	2028	3.kotel ve výstavbě
ZEVO Praha-Malešice	480 000	480 000		
TERMIZO Liberec	117 600	117 600		
ZEVO Plzeň	120 000/134 000 *	134 000	2024	120 000 t/rok+ odst.; 134 000* t/ rok bez odst.
celkem stávající roštové	**991 600 (852 802**)**	**1 083 600**		**skutečné energ. využití - 86%/2025
Projektované ZEVO - roštové spal.				
ZEVO Komořany		150 000	IV.27	SKO+KO
ZEVO Mělník		320 000		SKO+KO
ZEVO Chomutov	72 000	36 000		50% KO+ 50% průmysl.odpad
ZEVO Vráto		160 000		SKO+KO
ZEVO Neratovice		160 000	2031	SKO+KO + "O" odpady
ZEVO Opatovice nad Labem		150 000	2030	SKO+KO + "O" odpady
Multipalivový kotel Třebíč		20 000	2029	EIA 2/2025; TAP z SKO + odpadů"O"
celkem projektované roštové		**996 000**		
Stávající TAP z KO (fluid)				
Multipalivový kotel Přerov		**114 000**		TAP +biomasa+suš.kaly+plyn
Projektované TAP z KO (fluidní kotel)				
Multipalivový kotel Karviná	215 000	151 000	2029	TAP(151 000): BIO(215 000)= až 100 % : až 100 %
ZEVO Planá nad Lužnicí	80 000**	50 000		TAP z SKO+ biomasa
Multipalivový kotel Olomouc	210 000**	210 000	EIA 2025	TAP (KO+ "O" odpad) 0-100% + biomasa
Multipalivový kotel Žďár n/Sáz.	40 000**	40 000	2029	TAP z SKO+ KO 0-100%; biomasa
Multipalivový kotel Český Krumlov	80 000**	80 000		EIA vrácena 12/2025 (SKO 70-100%)
ZEVO Příbram		34 400		
celkem projektované fluid		**565 400**		
Stávající EV TAP				
Cementárna Prachovice	90 000	140 000		TAP z SKO
Cementárna Hranice		60 000		TAP z SKO
Cementárna Mokrá		50 000		TAP z SKO
celkem stávající EV TAP		**250 000**		
CELKEM VŠECHNA ZAŘÍZENÍ		**3 009 000**		

Mýtus č.1: Energetickým využitím odpadů se ničí materiálově využitelné složky odpadů

Teoreticky z průměrné skladby SKO vychází, že obsahuje 50 – 60% materiálově využitelných složek.



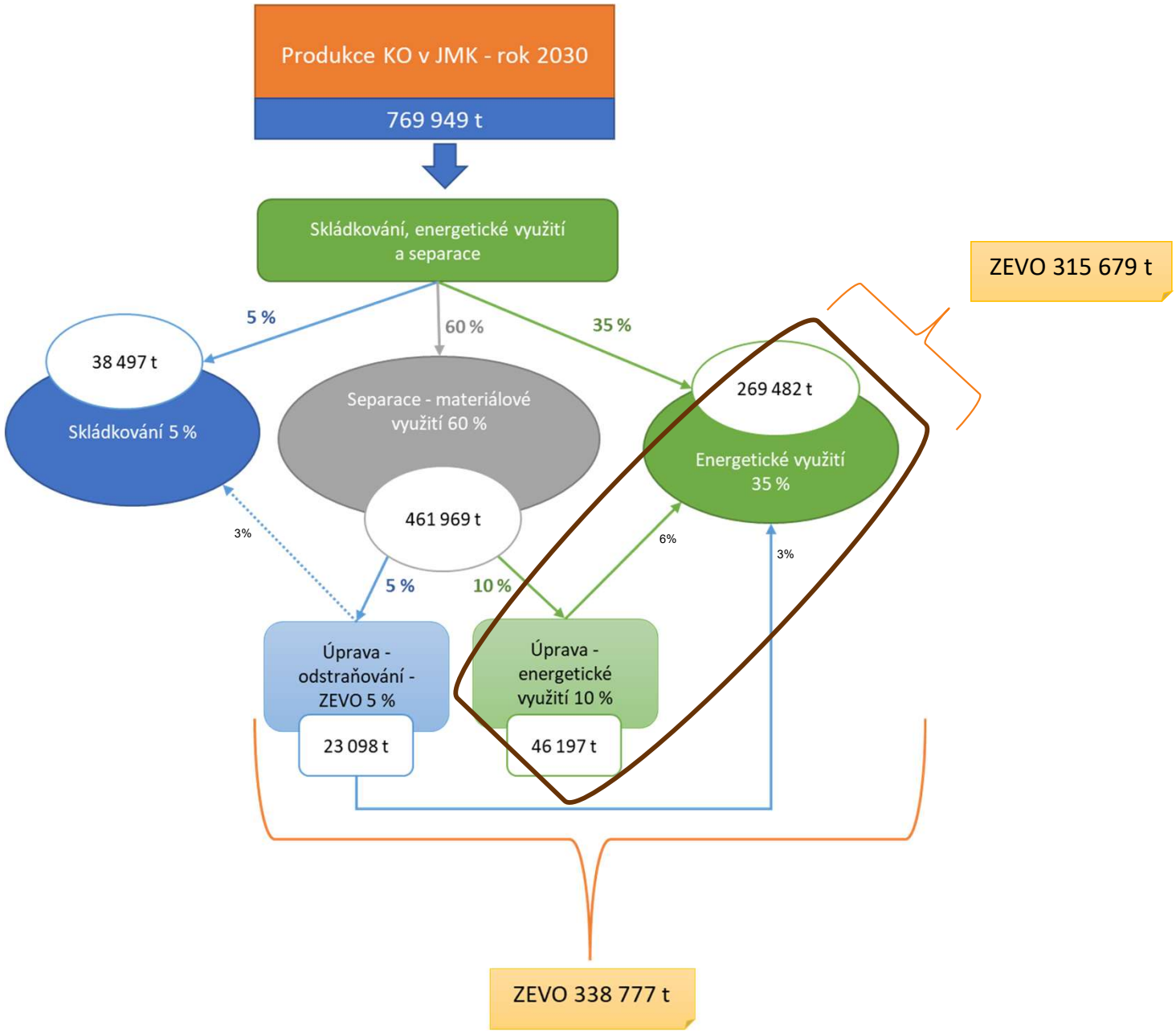
OZO Ostrava – jediná dotříďovací linka na SKO v ČR

- Sídlištní SKO – **10%** materiálového využití (plast + papír + sklo + kovy)
- Při technologické úpravě – ztráta **15%** vlhkosti (úprava + sušení)
- **10%** inertního podílu – skládkování
- **65%** – výroba alternativního paliva

- Výroba TAP z SKO:
  - Energeticky náročné operace (třídění, drcení, sušení, laboratorní analýzy)
  - Riziko šíření patogenů (mikroorganismy, bakterie, viry, prach)
  - Přeprava paliva – spotřeba fosilních paliv, produkce CO_2, NO_x, prach
  - Zařízení spalující TAP z SKO– obdobné systémy čištění spalin a stejné emisní limity jako ZEVO; odběratel TAP požaduje na příjmu platbu

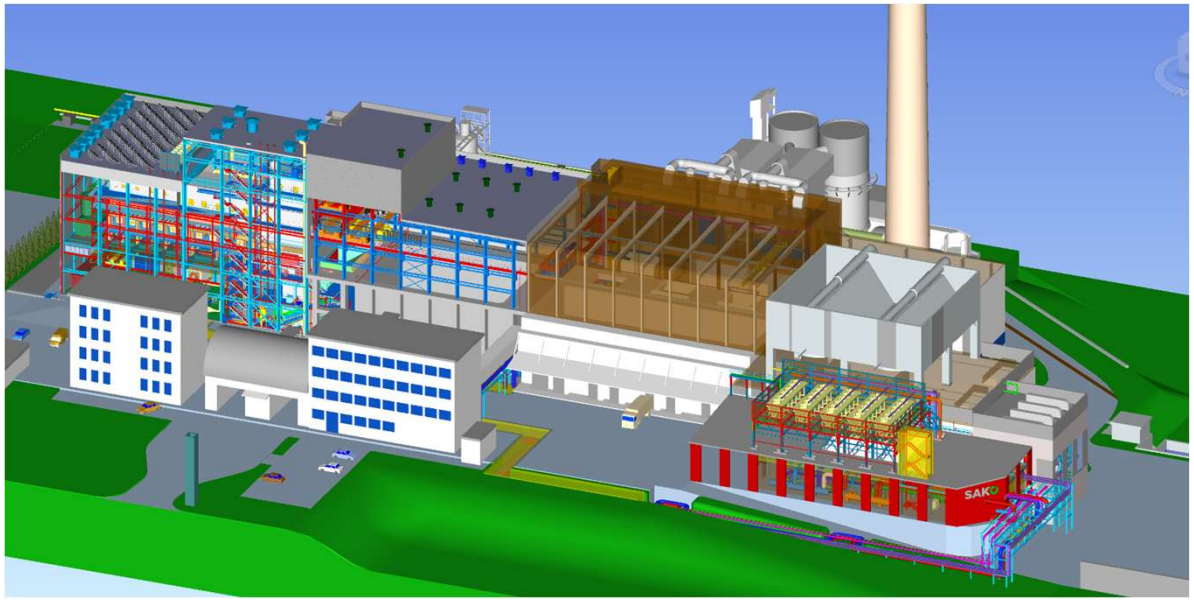
Logisticky a technologicky je proces složitější, **ekonomicky a environmentálně** náročnější a celkově méně efektivní než **přímé energetické využití** v ZEVO.

Prognóza potřebných kapacit v JMK na energetické využívání odpadu SKO + výmětů z DL



Nová linka K1 – základní parametry (ZD)

• Minimální garantovaná doba provozu	8 000 hod/rok
• Nominální kapacita linky K1	132 000 tun/rok
• Nominální průměrná výhřevnost odpadu	10 MJ/kg
• Nominální návrhová kapacita	16,5 tun/hod
• Nominální tepelný příkon v odpadu	46 MWt
• Tepelný výkon kotle	40 MWt
• Instalovaný výkon parní turbíny	10 MW
• Emisní limity	BAT-AEL 2019



Nová linka K1 – realizace

- **Financování:**

Dotace SFŽP (K1) a SFDI (vlečka)

Komerční úvěr – úvěrová dokumentace podepsána

Zdroje SAKO Brno, a.s.

- **Největší výzva projektu:**

Uzavření smlouvy o dílo	11/2025
Den účinnosti SoD ↔ Předání díla:	34 měsíců (vč. povolení záměru, SAKO má platné ÚR)

Mýtus č.2: Výsledky chemické analýzy vajec ze dvorku v okolí spalovny jsou alarmující

- V únoru 2022 se veřejnoprávními médii v ČR začala šířit tisková zpráva Hnutí DUHA, která se podílela na výzkumné zprávě zastřešené výzkumnou organizací Zero Waste Europe (ZWE), zaměřená na sledování kontaminace vajec, jehličí a mechu z okolí spaloven ve 3 zemích Evropy, tj. v Česku, Španělsku a Litvě. Zabývala se kontaminací dioxiny a PCB látkami.

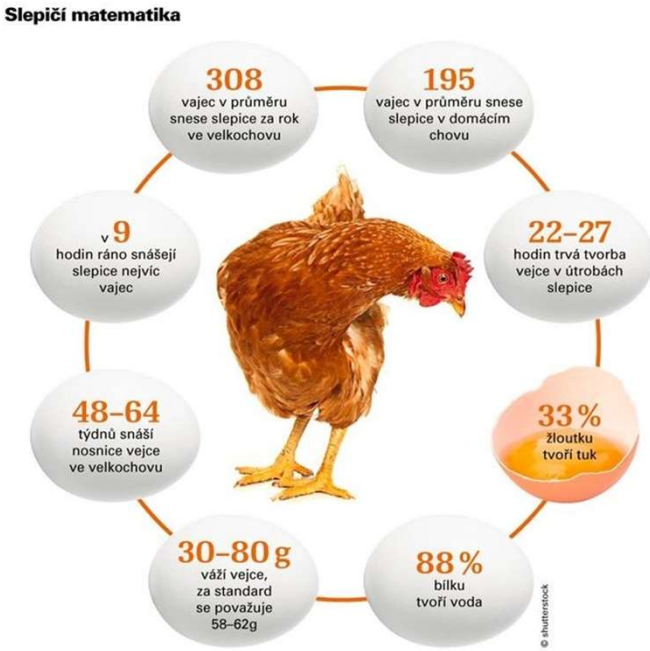
- Studie varuje, že politika založená na podpoře spalování odpadů může mít negativní vliv na lidské zdraví.

- Ivo Kropáček – odpadový expert Hnutí DUHA, k této problematice sdělil: **„Výsledky chemické analýzy vajec ze dvorků v okolí spalovny jsou alarmující. Polovina vajec by musela být stažena z prodeje, pokud by se prodávala na trhu. Nutně potřebujeme zjistit více o skutečném vlivu spalování odpadů na životní prostředí. Lidé žijící v okolí spaloven odpadů musí přesně vědět, jakým zdravotním rizikem spalovny jsou“.**

Tak se na problém kontaminace vajec dioxiny pojďme podívat postupně.

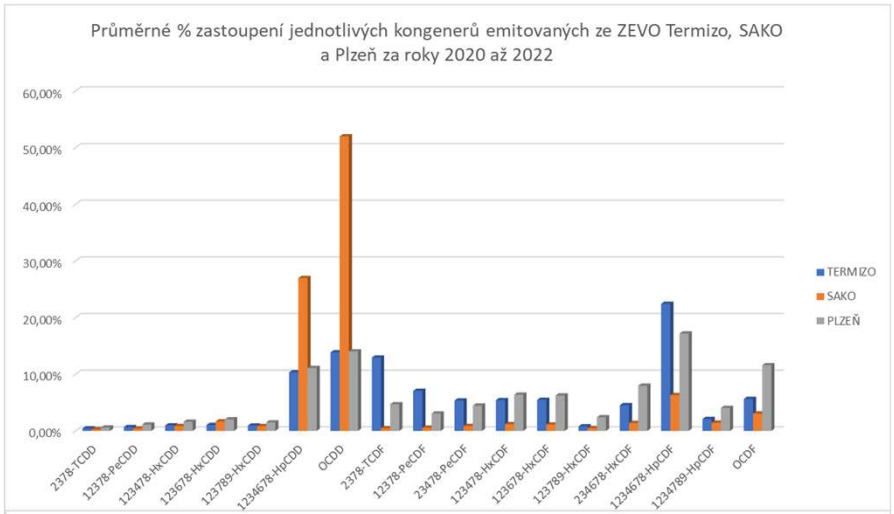
Mýtus č.2: Výsledky chemické analýzy vajec ze dvorku v okolí spalovny jsou alarmující

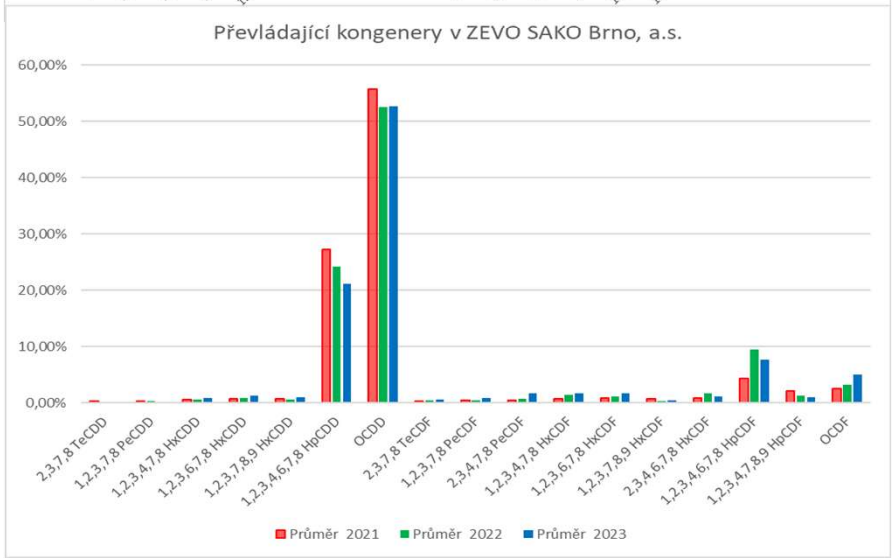
- Vývoj vajíčka je citlivě propojen s prostředím, ve kterém slepice žije. Vaječný folikul se vyvíjí ve vaječníku 21 dní a následné vajíčko ve vejcovodu 24–26 hodin.
- Lidé pro přípravu pokrmů převážně volí domácí vejce nebo z komerčních velkochovů pro jejich chuť i výraznou barevnost žloutků a předpokládají, že se s tím pojí i kvalitativní parametry.
- Vajíčka z velkochovů, na rozdíl od volného chovu, **podléhají hygienickým normám**, **prochází výstupními kontrolami**, vztahují se na ně různé regulace**, limity**, provádí se **dozorové kontroly**.
- Výroba krmiv pro nosnice podléhá **přísným limitům a kontrolám**.
- Výsledky australské studie (10/2022) zaměřené na rizika spojená s kontaminací nosnic a vajec stopovými prvky a zejména olovem. Bylo odebráno 55 nosnic a jejich vajec současně s krmivem, půdou a vodou. Byla nalezena přímá souvislost mezi koncentracemi v krvi nosnic a ve vejcích – 25x vyšší obsahy olova ve vejcích než v krvi nosnic. Kontaminovaná půda městských zahrad představuje největší riziko pro nosnice chované na dvorku.
- Do prodeje z velkochovů vejce s obsahem 5 µg Pb/kg, v domácích vejcích v Austrálii byla stanovena průměrná koncentrace 301 µg Pb/kg, tedy 60 ti násobně vyšší obsahy
- Z výsledků je zřejmé, že hlavním zdrojem kontaminace je **potrava a kontakt s půdou** obsahující kontaminované látky a nikoliv to, co slepice dýchá, anebo pije.

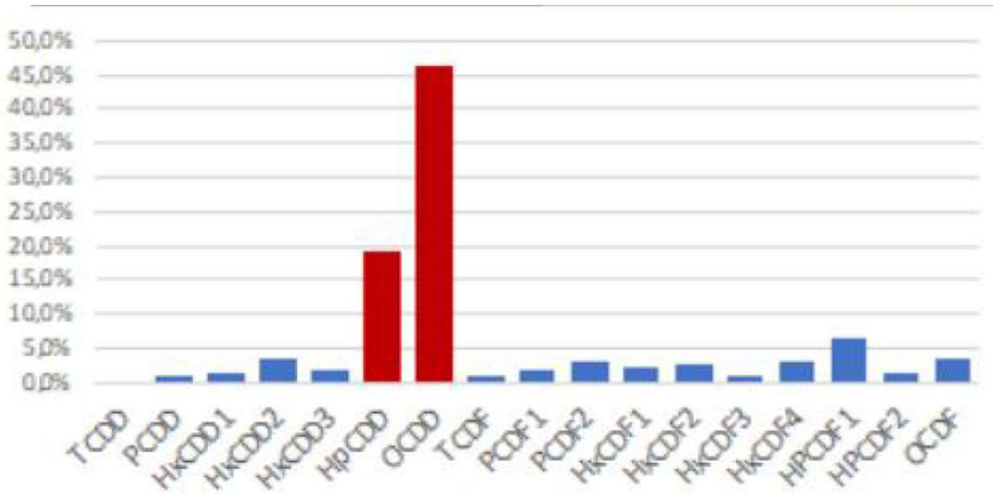


Mýtus č.2: Výsledky chemické analýzy vajec ze dvorku v okolí spalovny jsou alarmující

- Dlouhodobý výzkum a sledování různých antropogenních zdrojů produkujících PCDD/F ukázal, že každý zdroj produkuje a emituje jen **specifický profil kongenerů** dioxinů – „otisk palce".
- Procentuální kongenerové zastoupení charakterizuje určité zdroje nebo skupiny zdrojů.
- Hmotnostní koncentrace dioxinů v emisích: ZEVO SAKO – 80 %, TERMIZO a Plzeň – 30 %.
- Hmotnostní koncentrace furanů v emisích: ZEVO SAKO – 20 %, TERMIZO a Plzeň – 70 %.







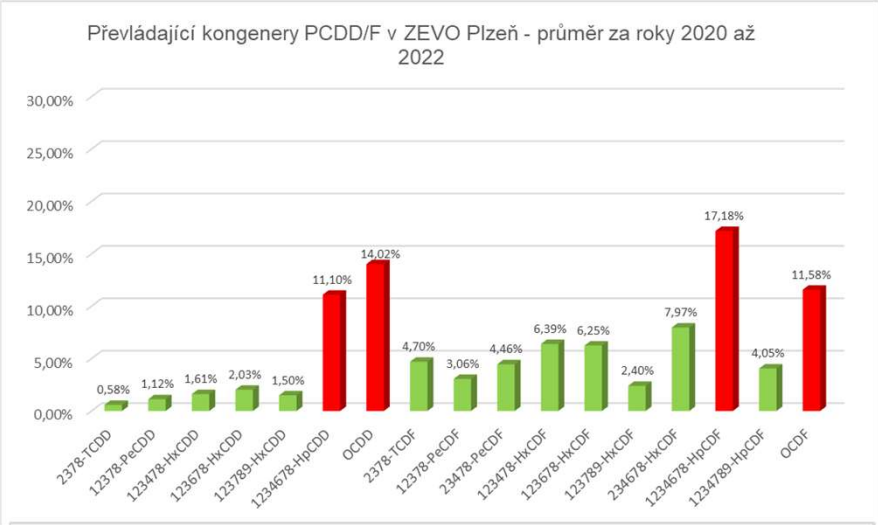
ZEVO v Harlingenu (NL) kapacita 230 000 $t_{odp.}$/rok

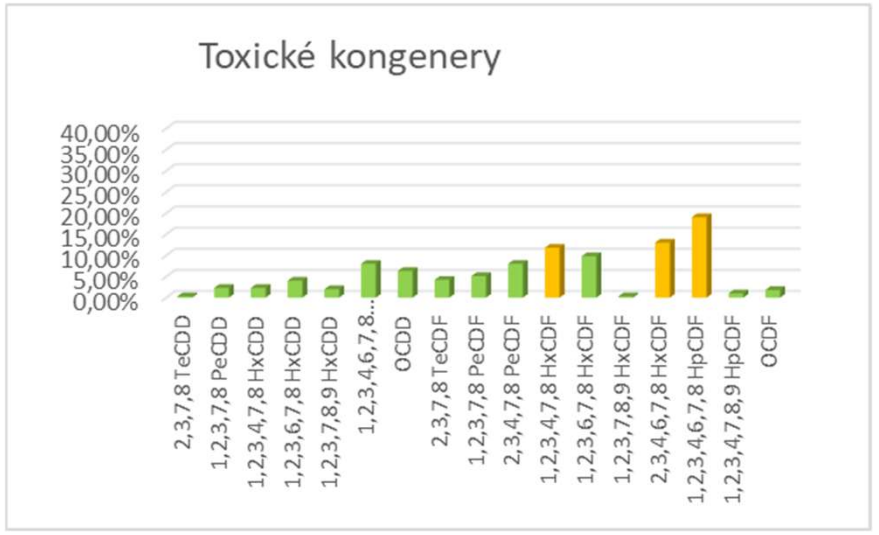
Mýtus č.2: Výsledky chemické analýzy vajec ze dvorku v okolí spalovny jsou alarmující

- Pro dioxiny ve vejcích je stanoven limit 2,5 ng TEQ/g tuku = 2 500 pg TEQ/kg dle „Nařízení Komise 2023/915/EU, o bezpečnosti potravin“.
- Nařízení je zásadně myšleno pro sektor komerčních vajec nikoliv z domácích chovů.
- Vzorek č. 1 vykazoval hodnotu blízkou limitu s hodnotou 2,2 pg TEQ/g = 2 200 pg/kg.
- Vzorek č. 2 vykázal hodnotu 6,7 ng TEQ/g = 6 700 pg/kg.
- Vzorek č. 5 vykázal hodnotu 8,9 ng TEQ/g = 8 900 pg/kg.
- Ostatních 6 vajec splňovalo limit pro obsah dioxinů ve vejcích.

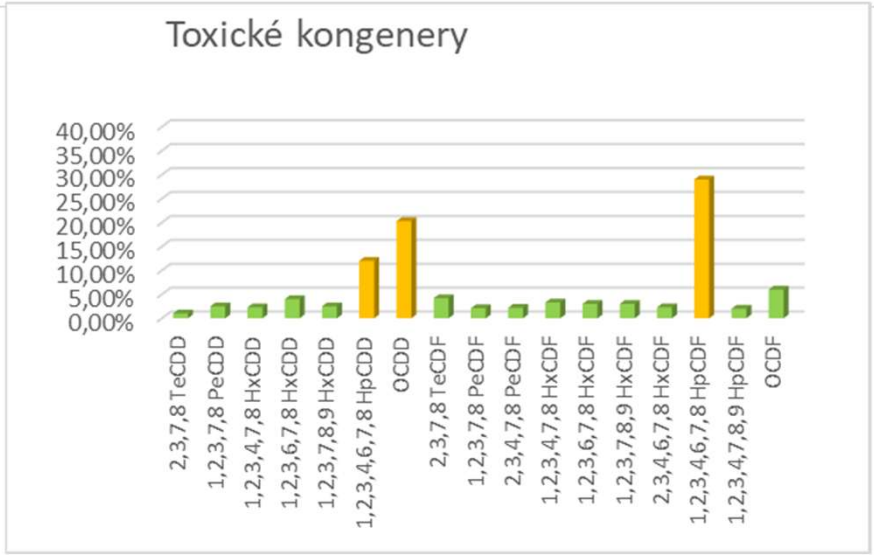
- Vejce č. 2,5,6,8 byla kontaminována i PCB látkami, kterými se nebudeme blíže zabývat, neboť jejich koncentrace emitované do atmosféry ze zařízení ZEVO jsou řádově nižší (0,42 pg/kg) než koncentrace dioxinů v emisích (3,1 pg TEQ/kg).
- Vejce č. 2 bylo nejvíce zatíženo PCDD/F a PCB.
- Ve vejci č. 6 bylo 5 x více PCB látek než PCDD/F.
- Ve vejci č. 8 bylo 6 x více PCB látek než PCDD/F.

Mýtus č.2: Výsledky chemické analýzy vajec ze dvorku v okolí spalovny jsou alarmující

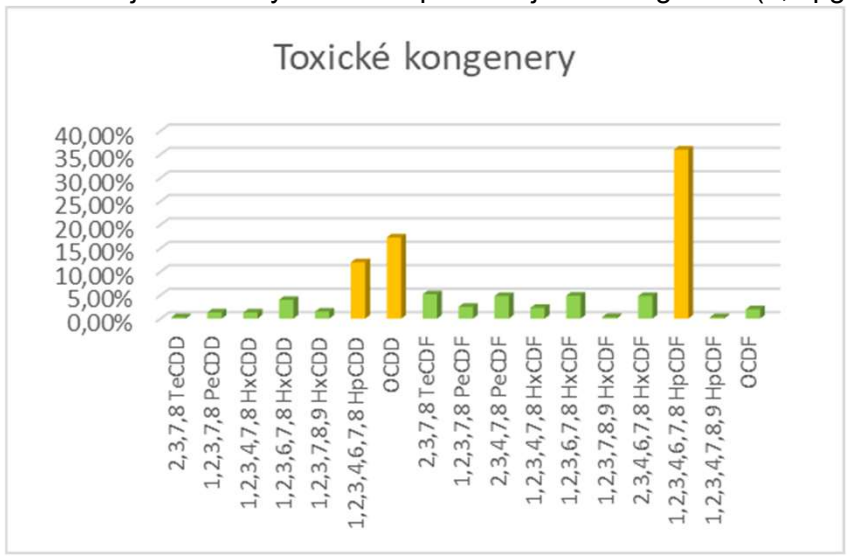




vzorek vejce č. 5 s vyznačením převládajících kongenerů (8,9 pg/g)



vzorek vejce č. 1 s vyznačením převládajících kongenerů (2,2 pg/g)



vzorek vejce č. 2 s vyznačením převládajících kongenerů (6,7 pg/g)

- Z porovnání výsledků **druhové skladby kongenerů; počtu převládajících kongenerů** ze ZEVO Plzeň nekorespondují s počtem nalezených převládajících kongenerů ve vejcích ani s jejich **% zastoupením**.
- Z porovnání vzorku vejce č. 1 a č. 2 je zřejmé, že nosnice žijí v prostředí s podobnou expozicí kontaminantů, neboť počty a druh převládajících kongenerů obdobné, liší se % zastoupením.

Mýtus č.2: Výsledky chemické analýzy vajec ze dvorku v okolí spalovny jsou alarmující

Závěr:

- Viníkem kontaminace vajec **není co nosnice dýchá**, neboť imisní koncentrace dioxinů v ovzduší jsou 1 000 000 x nižší než koncentrace nalezené ve vejcích.

- Viníkem **není ani voda, kterou pije**, neboť dioxiny se považují ve vodě za téměř nerozpustné; jsou to látky lipofilní tzn. rozpustné v tucích.

- **Dostupnost kontaminovaných látek** na pozemku **je přímo úměrná volnosti pohybu nosnice** ve vymezeném prostoru při hledání potravy.

- **Kontaminovaný prach, půda a prostředí tvoří primární cestu kontaminace** ve kterém nosnice žijí, následně kontaminují jejich potravu, kterou konzumují, čímž se **dostávají do potravního koloběhu a cirkulují životním prostředím**.

- Z analýzy vajec odebraných v okolí ZEVO Plzeň vyplývá:

1) **vzorky vajec se lišily mezi sebou** co se týče druhového i procentního zastoupení nalezených převládajících kongenerů
2) **neodpovídaly profilu ZEVO** Plzeň

- Výsledky analýz potvrzují, že **zdroje kontaminace jsou lokální a mají odlišný původ**

Mýtus č.3:Antropogenní zdroje jsou odpovědné za změnu klimatu na Zemi

Fakta

Přírodní role oxidu uhličitého

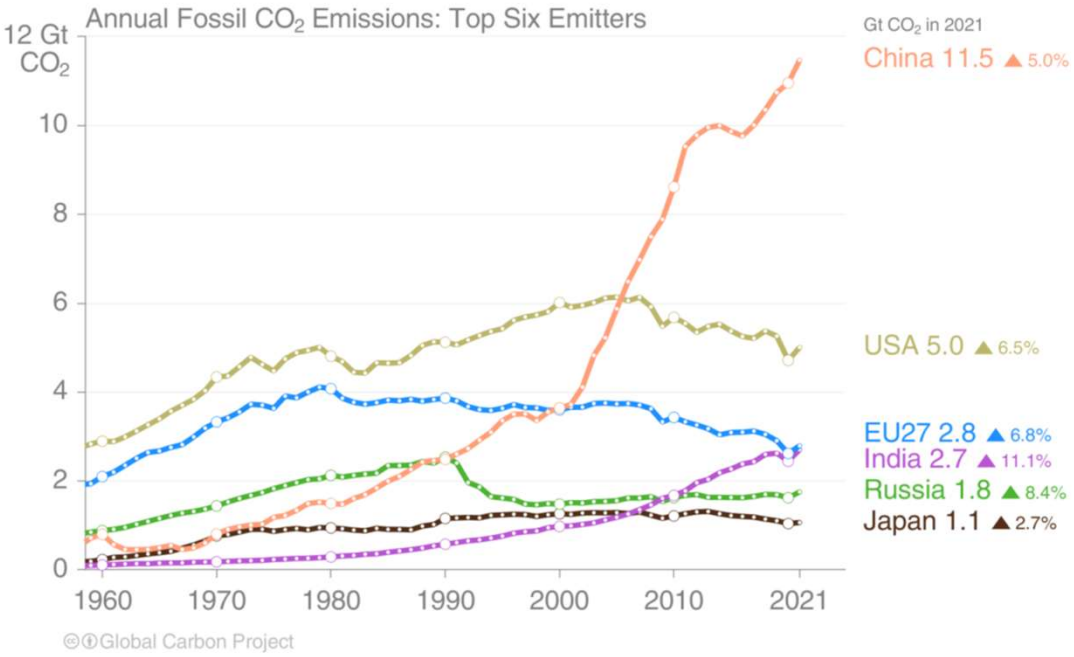
- **Oxid uhličitý** (CO_2) a **vodní pára** jsou klíčové anorganické sloučeniny života, **základním stavebním kamenem celého ekosystému** a zároveň dva nejvýznamnější skleníkové plyny.

- v posledních dvou desetiletích vzrostl celosvětový podíl zelené vegetace na Zemi přibližně o 5 %,
- prodloužilo se vegetační období,
- úroda dozrává i v severnějších oblastech,
- ubývá extrémně krutých zim, čímž se zvyšuje dostupnost potravin pro rostoucí počet obyvatel planety

- CO_2 je „energeťák“ pro rostliny – podporuje růst a dozrávání.
- Při koncentraci 500 ppm – růst o 15 – 20% rychlejší
- Čím je více světla, tím více CO_2 rostliny potřebují

Umělé navyšování CO_2 - suplementace/fertilizace

Nejvýznamnější emitenti CO2 ekv. z antropogenních zdrojů v čase



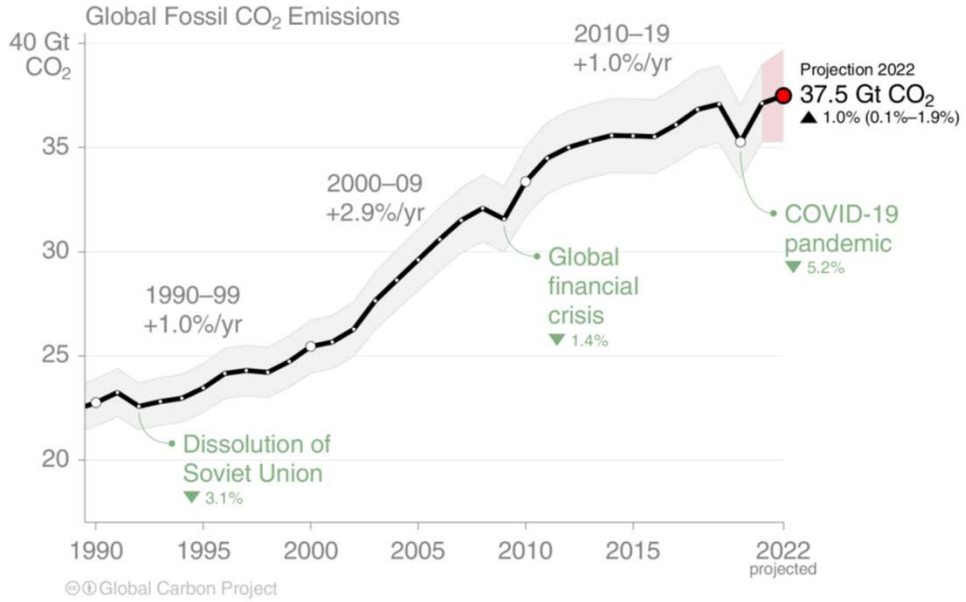
Množství CO_2 ekv. v atmosféře:

3 000 000 000 000 t = **0,04 %**

Antropogenní přídavek do atmosféry za rok:

37,5 Gt = **0,000 5 %**

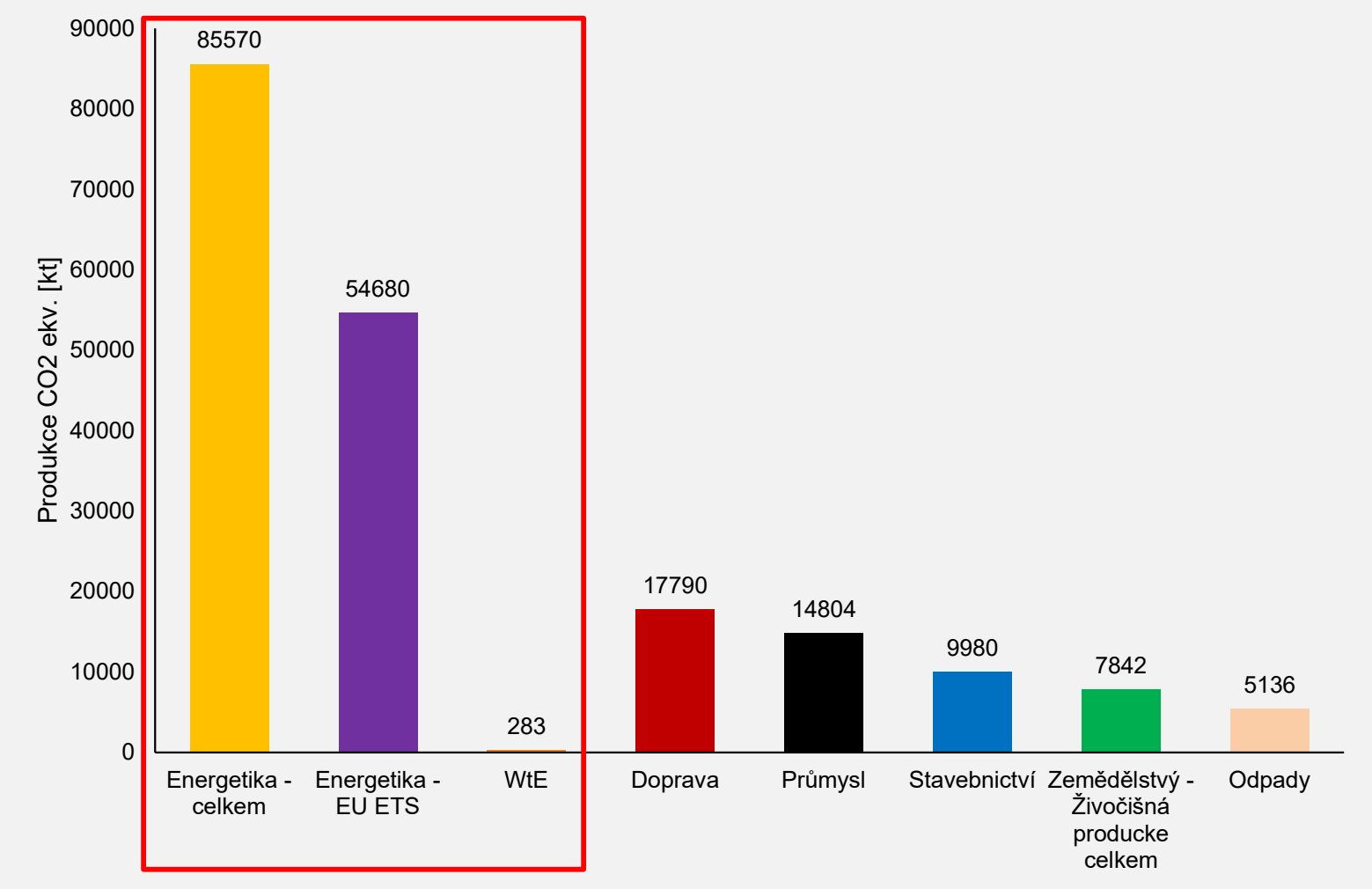
- Roční emise fosilního $CO_{2\ ekv.}$



Na celosvětových emisích fosilního CO_2 ekv.:

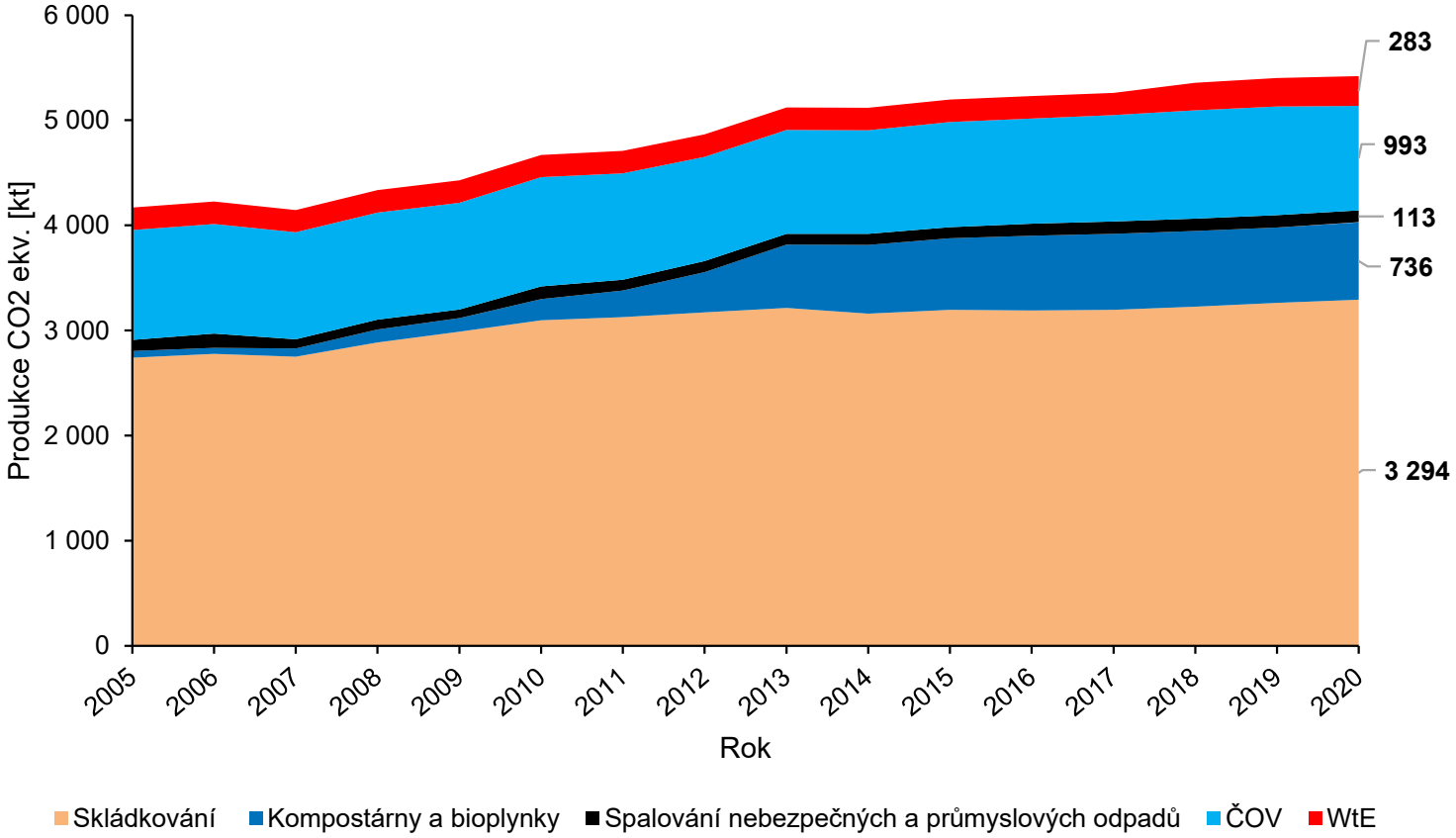
- EU 27 – 7,5 %
- Čína – 30,6 %
- USA – 13,3 %

Mýtus č.3:Antropogenní zdroje jsou odpovědné za změnu klimatu na Zemi



- V sektoru „energetika – spalování paliv“ je dnes mimo systém EU ETS **36,1%** zdrojů
- 4 ZEVO se podílela **0,33 %** na bilancích za sektor energetika; mimo EU ETS pak **0,9 %**

Mýtus č.3:Antropogenní zdroje jsou odpovědné za změnu klimatu na Zemi



- Dle bilancí ČHMI/2021/ČR byla produkce CO2 ekv. v sektoru odpady celkem: 5 136 kt + 283 = „5 419 kT“
- Skládkování se na celkové produkci podílelo: 60,7%
- 4 ZEVO/ČR/2021 se na celkové produkci podílela: 5,2%

Mýtus č.3:Antropogenní zdroje jsou odpovědné za změnu klimatu na Zemi

Role energetického využívání odpadů v ZEVO má své opodstatnění i z hlediska klimatu:

- větší **část emisí CO_2** ze ZEVO je biogenního původu, tedy **klimaticky neutrální**,
- naopak skládkování odpadů vede k produkci metanu (CH_4), který má více než 28× vyšší radiační sílu než CO_2 (schopnost vázat teplo v atmosféře),
- přesměrování odpadů ze skládek do ZEVO spojené s **úsporou fosilních paliv** při výrobě tepla a elektrické energie, reálně snižuje celkovou bilanci skleníkových plynů

Závěr:

Klimatické změny jsou výsledkem souběžného působení celé řady přírodních (550 Gt/rok) a antropogenních procesů (36-37 Gt/rok – 6 %) (např. skleníkové plyny (CO_2, CH_4, N_2O, H_2O), aerosoly, změny druhové skladby vegetace, pokryv Země, oceánské proudění, sluneční aktivita, vulkanická činnost či dlouhodobé Milankovičovy cykly) z nichž antropogenní emise jsou jedním z nich. **Oxid uhličitý je přirozenou a životně důležitou složkou atmosféry,** nikoli ***primární*** příčinou klimatických změn.

Energetické využití odpadů představuje racionální a environmentálně přijatelnou cestu, jak omezit emise metanu ze skládek a využít biogenní uhlík k výrobě tepelné a elektrické energie a následně snížit závislost na fosilních palivech. ZEVO představuje důležitý článek pro naplňování klimatických cílů, zajištění energetické bezpečnosti a zároveň přispívá k uzavření kruhu oběhového hospodářství.

Mýtus č.4: Škvára ze spaloven nemá ve stavebnictví místo

Tvrzení: Škvára obsahuje látky mající škodlivé účinky na životní prostředí a lidské zdraví. Jsou to různé chemické látky, jako těžké kovy (rtuť, olovo, kadmium), halogenované sloučeniny (PCB, PCDD/F, PBDD/F), perfluorované a polyfluorované látky (PFAS) a mikroplasty.

Fakta

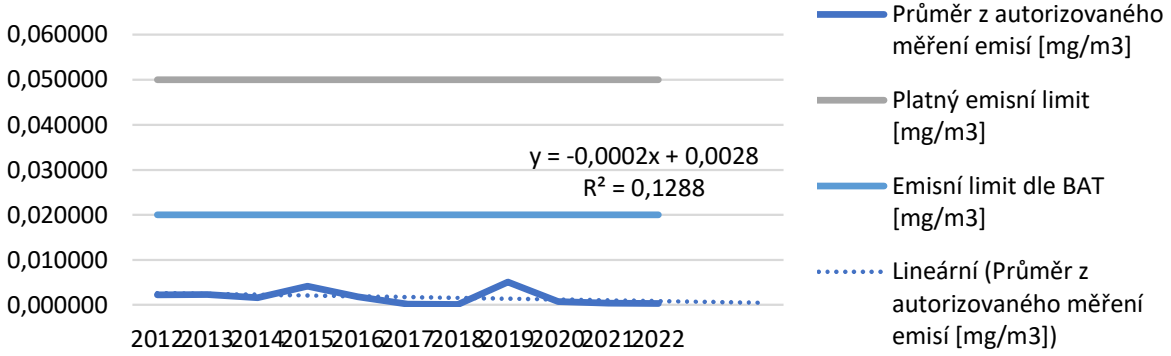
Chemické složení

- Hlavní složku škváry tvoří **hlinitokřemičitany vápenaté** a **železitan vápenatý**.
- Přítomnost **volného hydroxidu vápenatého** ve škváře způsobuje její alkalickou reakci.
- po odloučení kovů a odležení (imobilizaci) jde o **stabilní inertní anorganický materiál**,

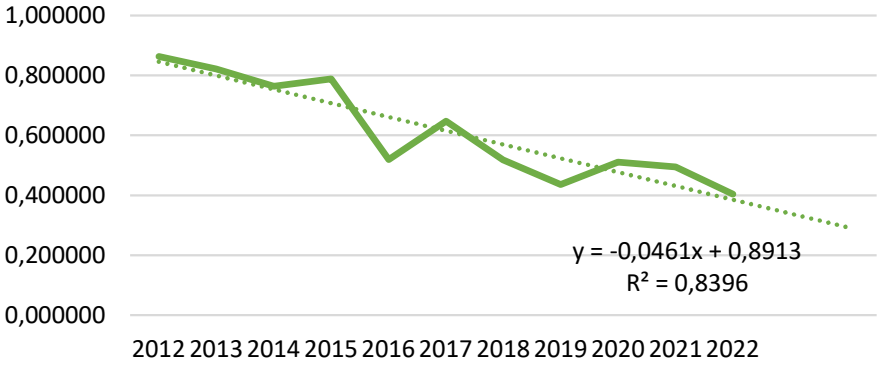
Těžké kovy

- Obsahy těžkých kovů ve škváře jsou v zařízení ZEVO **dlouhodobě monitorovány**.
- Data z posledních 30 let prokazují trvalý pokles koncentrací sl**edovaných těžkých kovů např. Pb, Ni, Cd, Cr a Hg**, a to na úroveň běžnou v životním prostředí.
- Další významné snižování jejich koncentrací již nelze reálně očekávat.

Průměr obsahu rtuti z autorizovaného měření emisí [mg/m³]



Množství rtuti ve spalovaném odpadu [g_{Hg}/t_{odpadu}/rok]



Mýtus č.4: Škvára ze spaloven nemá ve stavebnictví místo

Bromované dioxiny

- Koncentrace bromu v SKO jsou až 1000× nižší než chloru.
- Poměr brom/chlor ve spalinách odpovídá jejich poměru v přijímaných odpadech.
- V důsledku nízkých koncentrací bromu ve spalinách je přímo úměrně omezena možnost jeho rekombinace za vzniku bromovaných dioxinů
- Ve škváře nebyly bromované dioxiny prokázány.

Poly a perfluorované látky PFAS/PFOS

- PFAS se rozkládají při teplotách nad 600 °C, přičemž ošetřené textilie fluortelomery (goretex) při teplotách 725 °C dosahují účinnosti destrukce > 99,9 %.
- Spalováním PFOS/PFAS nevede k jejich zpětné rekombinaci ani k emisím těchto látek, ale ke vzniku plynů (CF_4, C_2F_6).
- Díky přítomnosti $Ca(OH)_2$ při spalovacím procesu přechází organické sloučeniny fluoru v stabilní fluorid vápenatý (CaF_2).

Mikroplasty

- Plasty se při teplotách kolem 100- 460 °C na roštu zcela rozkládají, rychlost jejich rozkladu souvisí s velikostí a tloušťkou materiálu a na typu polymeru
- Teploty na roštu dosahují hodnot 900 °C a ve spalovací komoře ještě vyšší.
- Mikroplasty se ve škváře ani v emisích nebyly detegovány

Na základě dostupných vědeckých dat a dlouhodobého monitoringu není důvod vylučovat škváru ze stavebního využití. Při dodržení legislativních podmínek představuje bezpečný, environmentálně vhodný materiál, jehož využití přispívá k úspoře primárních neobnovitelných zdrojů a podporuje principy oběhového hospodářství.

Mýtus č.4: Škvára ze spaloven nemá ve stavebnictví místo

Dioxiny a PCB

- Směsný komunální odpad obsahuje dioxiny v rozmezí 50–250 ng TEQ/kg, zatímco ve škváře jsou všechny sledované kongenery dioxinů pod mezí detekce akreditovaných analytických metod.
- Podle vyhlášky č. 273/2021 Sb. příl. č. 6 se hodnoty pod mezí detekce považují za nulové.
- Totéž platí pro koncentrace PCB kongenerů ve škváře.

Vzorek: 34816

ALS ID Vzorku: PR23D5566/ 001

Výsledky měření PCDD/F:

Vzorek:			34816		
			Finální objem extraktu [µl]:		75
Navážka [g]:	4.358		Nastřikovaný objem [µl]:		4
Sušina [%]	84.8		Datum nástřiku:		04.12.2023
2,3,7,8-PCDD/F	Výsledek [ng/g sušiny]	Mez detekce [ng/g sušiny]	Mez stanovitelnosti [ng/g sušiny]	I-TEF	I-TEQ Upperbound [ng/g sušiny]
2,3,7,8-TCDD	< 0.00081	0.00081	0.0016	1	0.00081
1,2,3,7,8-PeCDD	< 0.0014	0.0014	0.0027	0.5	0.00068
1,2,3,4,7,8-HxCDD	< 0.0022	0.0022	0.0044	0.1	0.00022
1,2,3,6,7,8-HxCDD	< 0.0018	0.0018	0.0036	0.1	0.00018
1,2,3,7,8,9-HxCDD	< 0.002	0.002	0.004	0.1	0.0002
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	< 0.021	0.021	0.042	0.01	0.00021
OCDD	< 0.0056	0.0056	0.011	0.001	0.0000056
2,3,7,8-TCDF	< 0.00048	0.00048	0.00095	0.1	0.000048
1,2,3,7,8-PeCDF	< 0.00067	0.00067	0.0013	0.05	0.000033
2,3,4,7,8-PeCDF	< 0.0011	0.0011	0.0022	0.5	0.00055
1,2,3,4,7,8-HxCDF	< 0.0012	0.0012	0.0025	0.1	0.00012
1,2,3,6,7,8-HxCDF	< 0.0013	0.0013	0.0025	0.1	0.00013
1,2,3,7,8,9-HxCDF	< 0.002	0.002	0.0041	0.1	0.0002
2,3,4,6,7,8-HxCDF	< 0.0016	0.0016	0.0033	0.1	0.00016
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	< 0.026	0.013	0.026	0.01	0.00026
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	< 0.015	0.015	0.031	0.01	0.00015
OCDF	< 0.0082	0.0082	0.016	0.001	0.0000082
I-TEQ z kvantifikovaných 2,3,7,8-PCDD/F - „Lowerbound"					0
I-TEQ z 2,3,7,8-PCDD/F -„Mediumbound"					0.002
Maximální možný I-TEQ -„Upperbound"					**0.004**

V Libereckém deníku.cz v 9/2019 vyšel článek o tom, že MŽP uvažuje o využití škváry do liniových staveb. Ekologové před použitím nebezpečného materiálu varují – může otrávit vodu. „Škvára totiž obsahuje soli kovů a toxické organické látky dioxiny, které se při styku s vodou vyplavují do podloží“ upozorňuje RNDr. Petrlík, (Sdružení Arnika) specialista na toxické látky.

Děkuji Vám za pozornost

RNDr. Jana Suzová
environmentální specialista
tel.: **+420 548 138 155**
mobil: **+420 604 221 413**
e-mail: **suzova@sako.cz**

Technické aspekty akumulace energie ve velkém měřítku

Milan Kořista

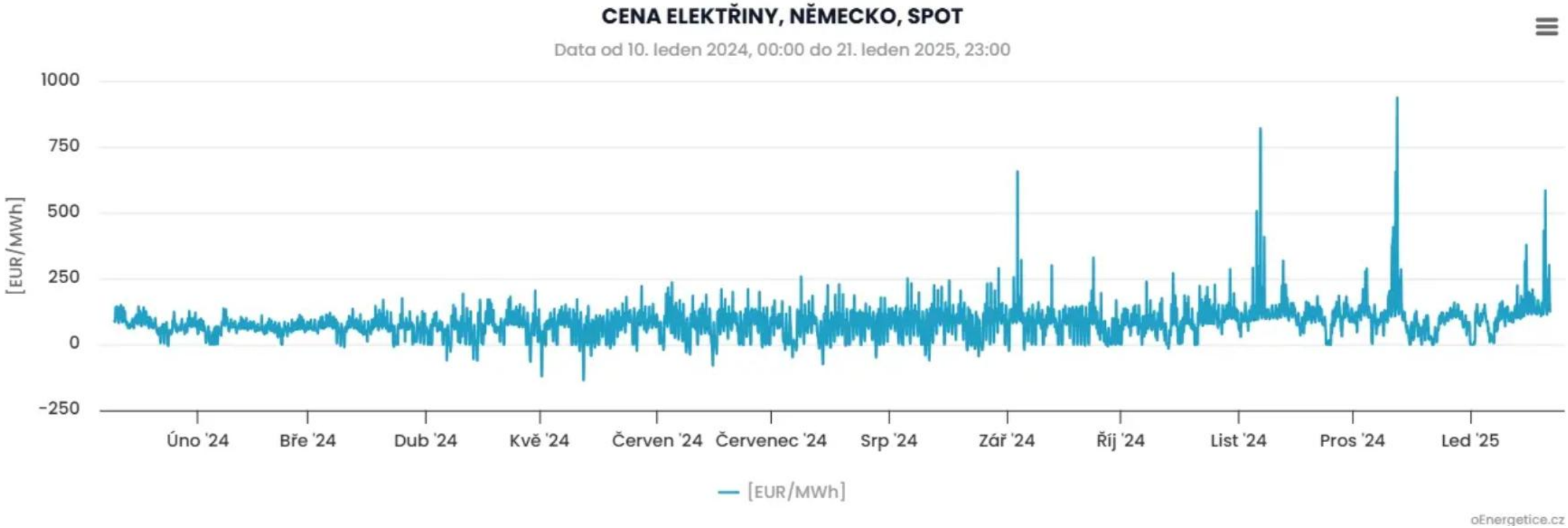
2026-March-09

Siemens Energy je registrovaná ochranná známka Siemens AG.

© Siemens Energy, 2020

Unrestricted

Časový posun dodávky vygenerované elektrické energie do sítě jako podnikatelská příležitost v energetice

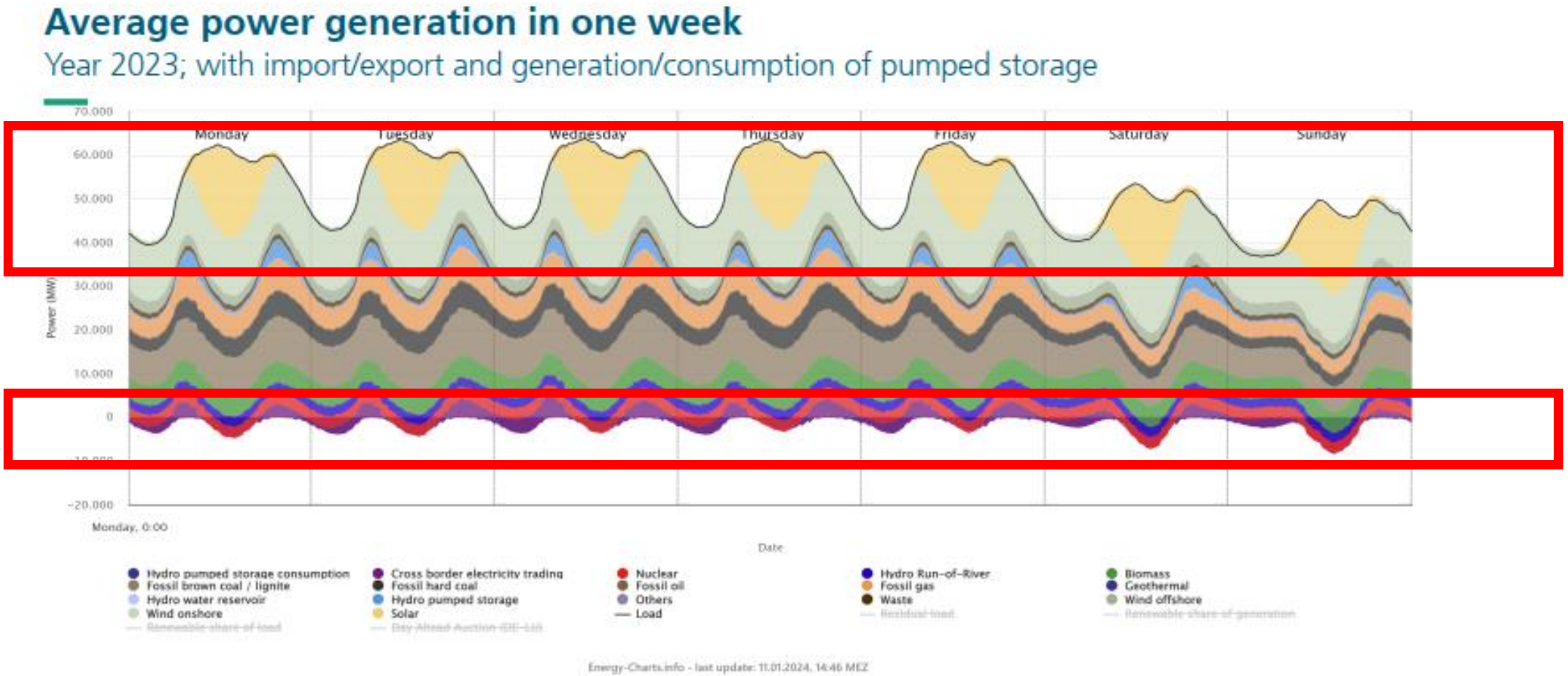


Elektrická energie se v „klasickém“ pohledu „klasické“ energetiky považuje za prakticky neskladovatelnou v měřítku celkového množství energie přenášeného sítí.

Existuje v přírodě akumulace energie, který by mohl inspirovat návrh zařízení pro akumulaci elektrické energie ve velkém měřítku?

© Siemens Energy, 2021

Variace celkové přenášené energie je podstatně větší kapacity největších současných akumulačních kapacit



© Fraunhofer ISE
PHG-SK: ISE-INTERNAL

Fraunhofer ISE

© Siemens Energy, 2021

Uhlíko – Vodíkový cyklus v atmosféře Země

Energetický tok ze Slunce na Zemi

Přenos tepla radiací

Geologické procesy

Uvolnění energie

Atmosféra Země:

O2
N2
CO2
H2O
…

Fotosyntéza

(lze chápat jako proces obsahující hydrogenaci CO2 a další reakce)

rH-sC-tO-…
(biomasa)

Fosilní paliva

C
CH4
mH-nC…
(vyšší uhlovodíková paliva)

Spalné produkty

CO2
H2O

Snížení entropie

Zvýšení entropie

Čas →

© Siemens Energy, 2021

Uhlíko – Vodíkový cyklus v akumulátoru inspirovaný přírodním cyklem na Zemi

Nabíjecí fáze:

Elektrolýza

$2\,H_2O\,(l) \rightarrow 2H_2(g) + O_2(g)$ $\Delta_r H_m^o(T_0)_{H2O} = 571.65992\,\frac{kJ}{mol}$

Hydrogenace CO2

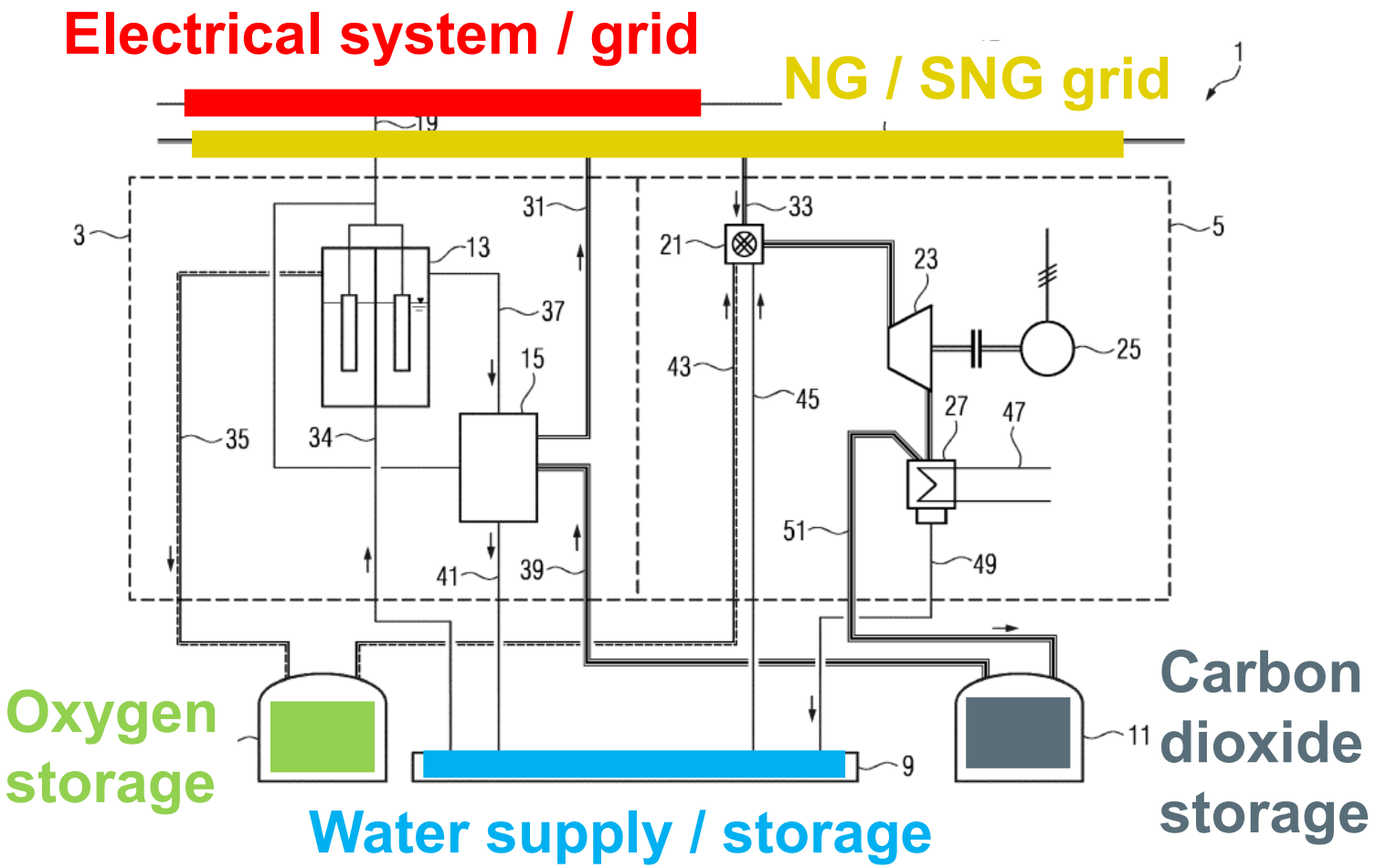
$CO_2(g) + 4H_2(g) \rightarrow CH_4(g) + 2\,H_2O\,(g)$ $\Delta_r H_m^o(T_0)_{CO2(g)} = -164.983488\,\frac{kJ}{mol}$

Vybíjecí fáze:

$CH_4(g) + 2\,O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2\,H_2O\,(g)$ $\Delta_r H_m^o(T_0)_{CH4} = -802.2903680\,\frac{kJ}{mol}$

© Siemens Energy, 2021

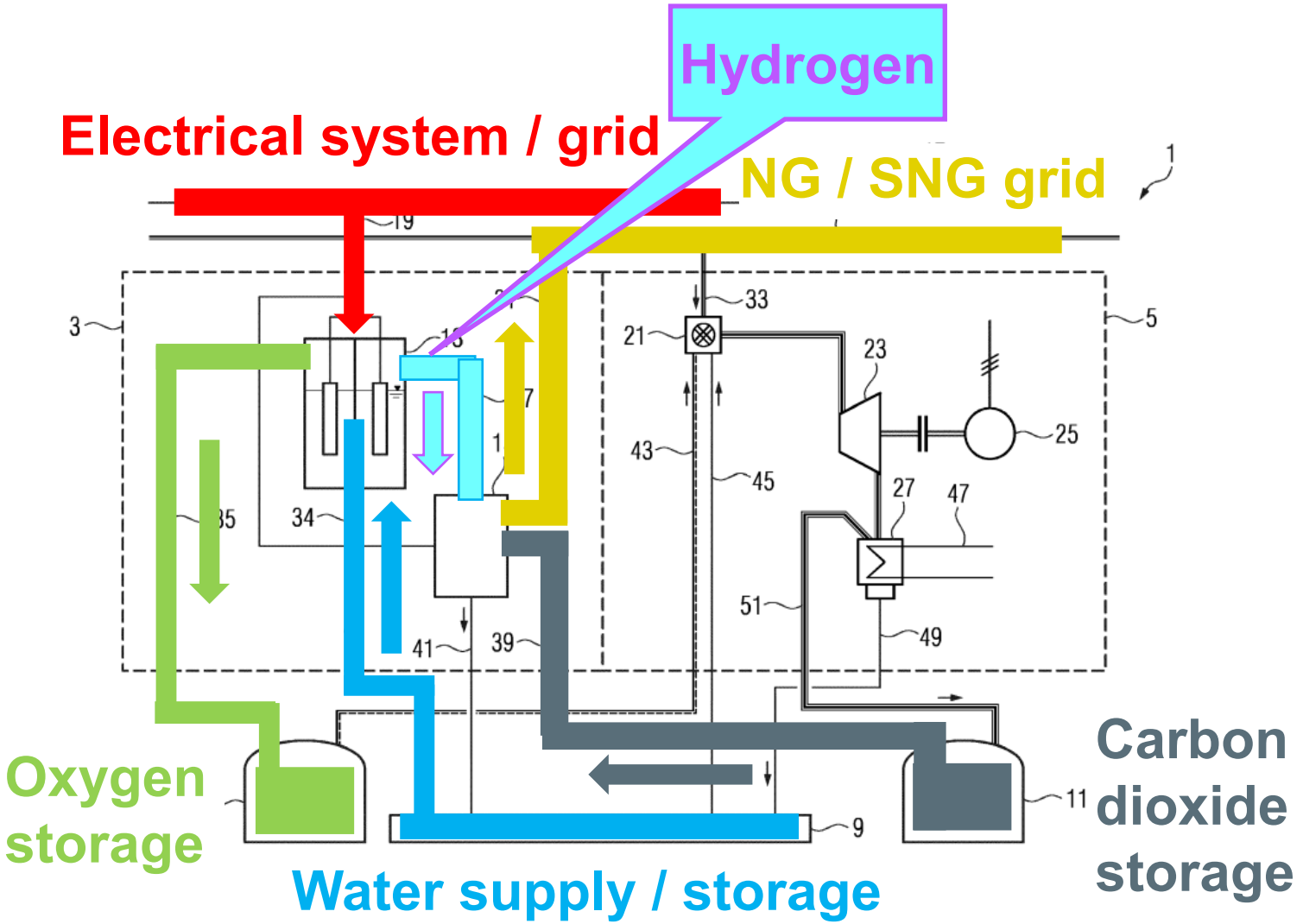
Ideové schéma akumulátoru s Uhlíko – Vodíkovým cyklem
Rozhraní s okolím



- Accumulation of energy from the electricity system
- The energy in the accumulator is stored in the form of chemical energy of methane (CH4)
- Release of accumulated energy in the form of electricity to the electricity system, or in the form of methane (CH4)
- Produced methane (CH4) can be stored, or sold and bought, through existing natural gas infrastructure
- The substance with which the PEA interacts with the environment is mainly water (H20)
- (when the balance of carbon dioxide (CO2) is balanced),
- The internal intermediates of the PEA operation are oxygen (O2) and carbon dioxide (CO2)

© Siemens Energy, 2021

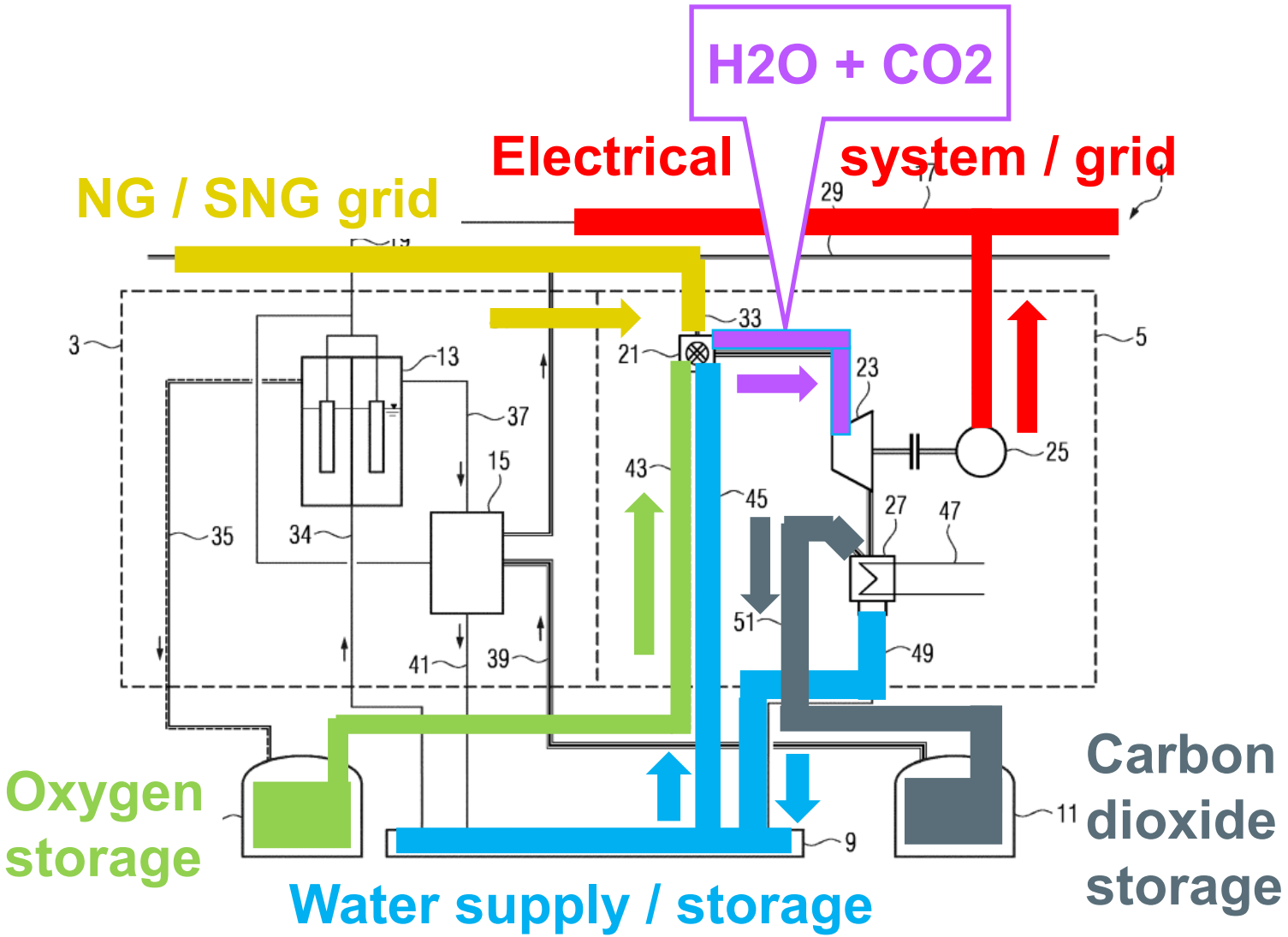
Ideové schéma akumulátoru s Uhlíko – Vodíkovým cyklem
Nabíjecí fáze



- Energy from the electrical system decomposes water (H20) into hydrogen (H2) and oxygen (O2) by electrolysis
- Oxygen, as an internal intermediate product of the PEA, is stored in the gas accumulator for the subsequent phase of the accumulator's operation - energy release
- The hydrogen (H2) obtained by electrolysis is combined with carbon dioxide (CO2), which is an internal intermediate product of the battery during the discharge phase of its discharge, to form methane (CH4) synthetic natural gas (SNG)
- The obtained methane (CH4) synthetic natural gas (SNG) is stored in the natural gas infrastructure
- The PEA receives water (H20) from the environment for the operation of the electrolyzer

© Siemens Energy, 2021

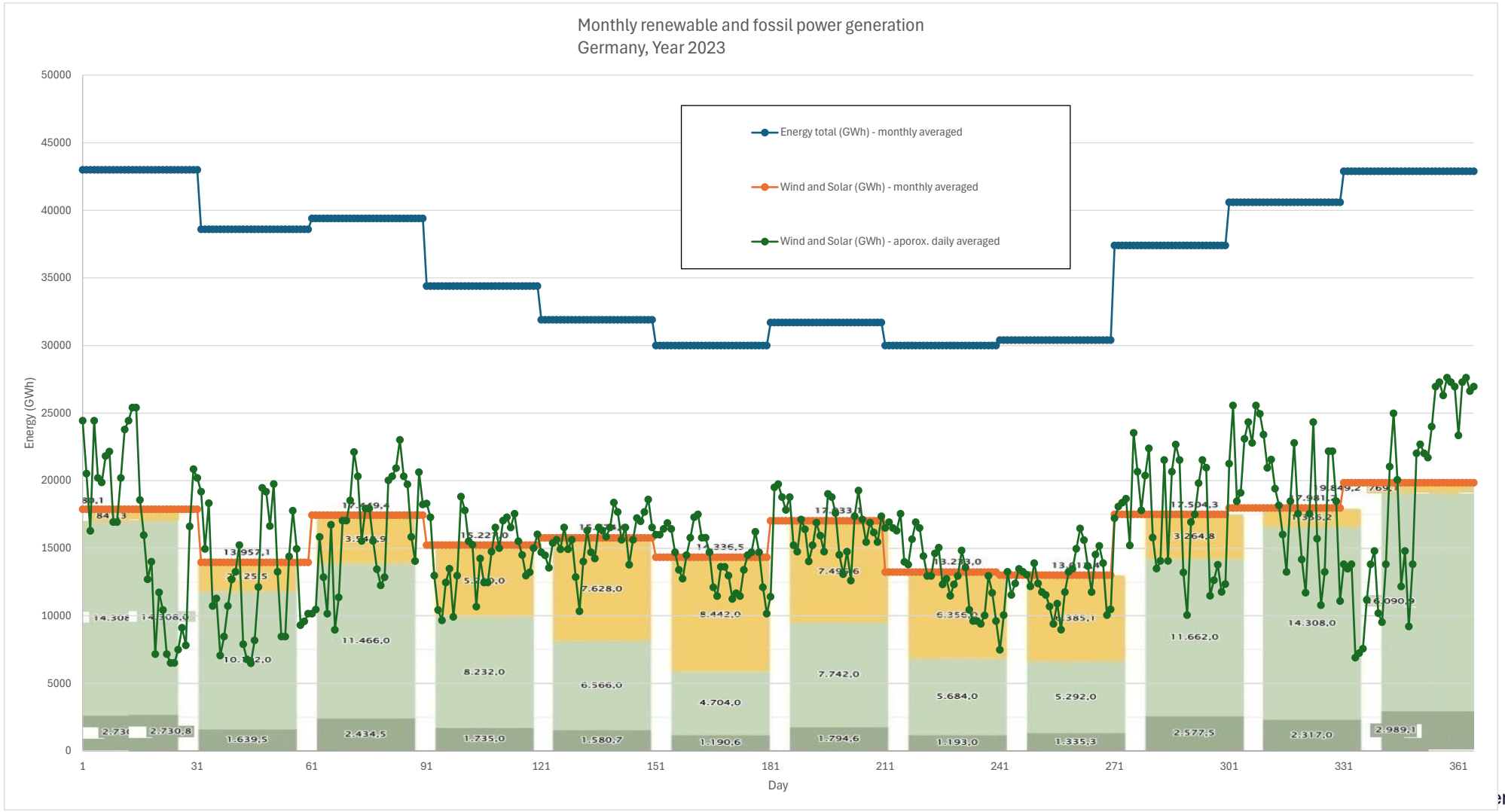
Ideové schéma akumulátoru s Uhlíko – Vodíkovým cyklem
Vybíjecí fáze



- The energy stored in the gas infrastructure in the form of methane (CH4) → synthetic natural gas (SNG) is released by oxidation with oxygen (O2), which is an intermediate product of the PEA obtained by the operation of the battery during the charging phase of the PEA, into the form of enthalpy of a mixture of water (H20) and carbon dioxide (CO2)
- The enthalpy of the mixture of water (H20) and carbon dioxide (CO2) is converted into mechanical work by a “Steam - gas" turbine a clone of a steam turbine, possibly extended by another Rankine → Clausius cycle of a "pure" steam turbine
- The carbon dioxide (CO2) separated by the condensation of the steam-gas mixture behind the turbine is an internal intermediate product of the battery operation, which is stored for subsequent charging of the battery
- PEA emits water (H20) into the environment

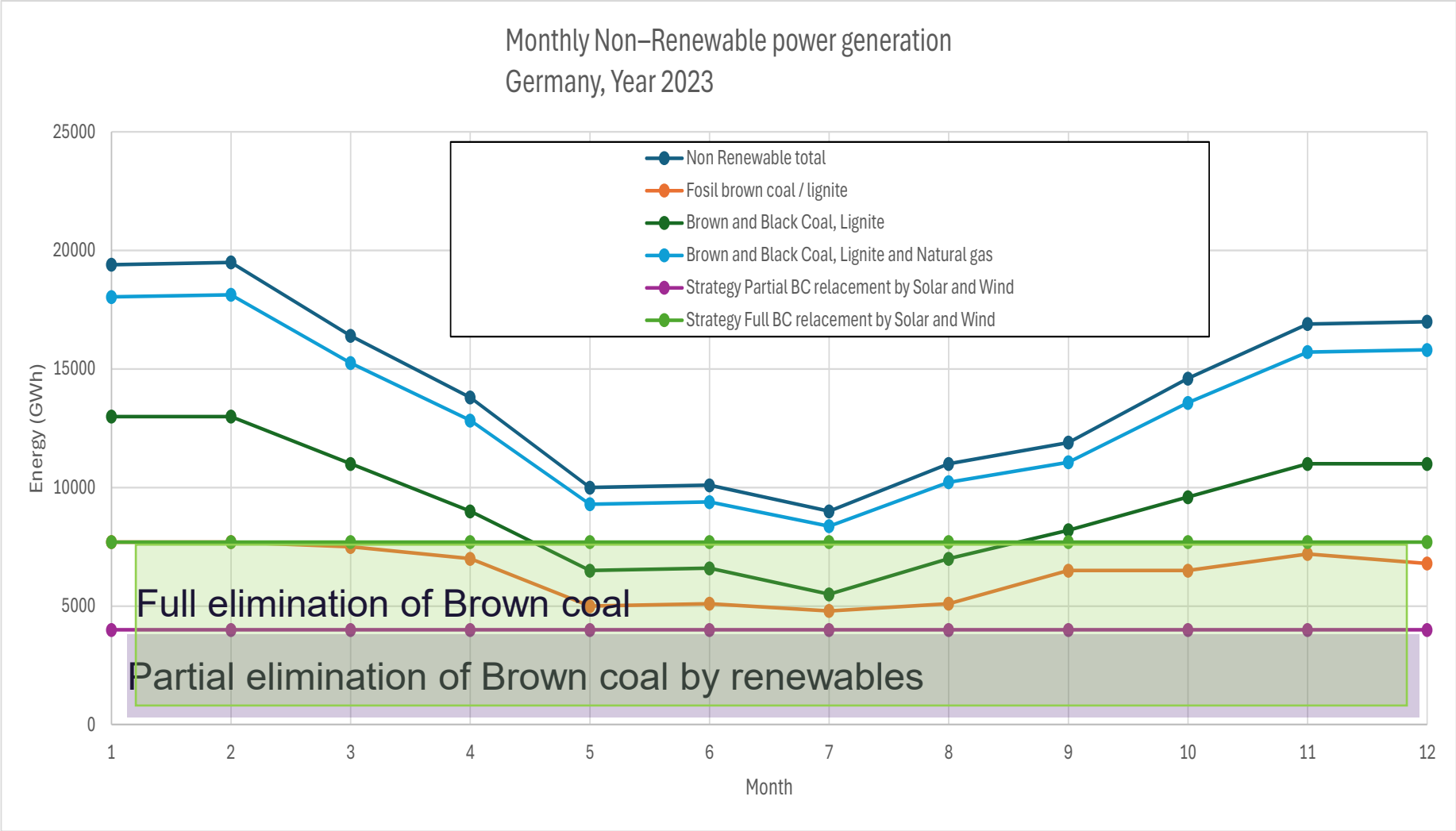
© Siemens Energy, 2021

Německo – energie dodaná v roce 2023
Celková / Fotovoltaika + Větrná



emens Energy, 2021

Příležitost pro náhradu uhelných zdrojů v Německu



© Siemens Energy, 2021

Funkční schéma akumulátoru
Nabíjecí fáze

Akumulátor po celou dobu své činnosti pracuje ve **NE – stacionárním stavu**

Tlaky v zásobníku CO2 a O2 se průběžně mění.

Pro zajištění spolehlivé a efektivní činnosti kompresorů je nutné zajistit kolísání tlaku v sání kompresoru v určitém rozsahu.

Důsledkem pak je:

- Nutnost velkého „balastního“ množství CO2 a O2 v zásobnících pevného objemu, nebo
- Použití zásobníků s proměnným objemem.

V důsledku nestacionárního provozu akumulátoru není aplikovatelná představa účinnosti akumulátoru ve smyslu klasického energetického zařízení.

V důsledku kolísání nákupní a výkupní ceny energie je nutno **pojem efektivity akumulátoru chápat na základě celkové ekonomické, nikoliv energetické bilance.**

© Siemens Energy, 2021

Power Energy Accumulator (PEA)

Stanislav Kubiš

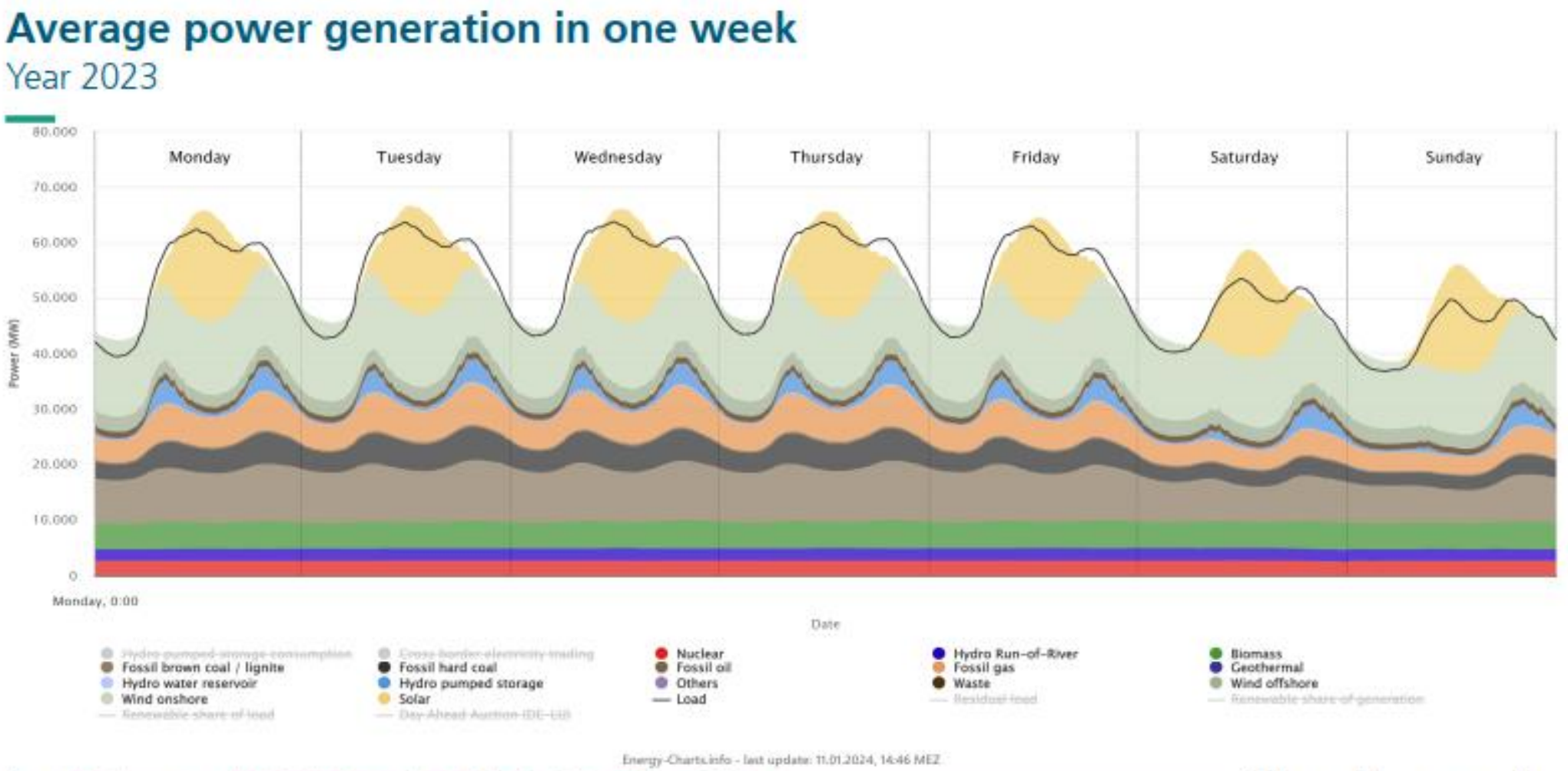
2026-March-09

Siemens Energy je registrovaná ochranná známka Siemens AG.

© Siemens Energy, 2020

Unrestricted

Průměrná týdenní výroba a spotřeba elektrické energie v Německu



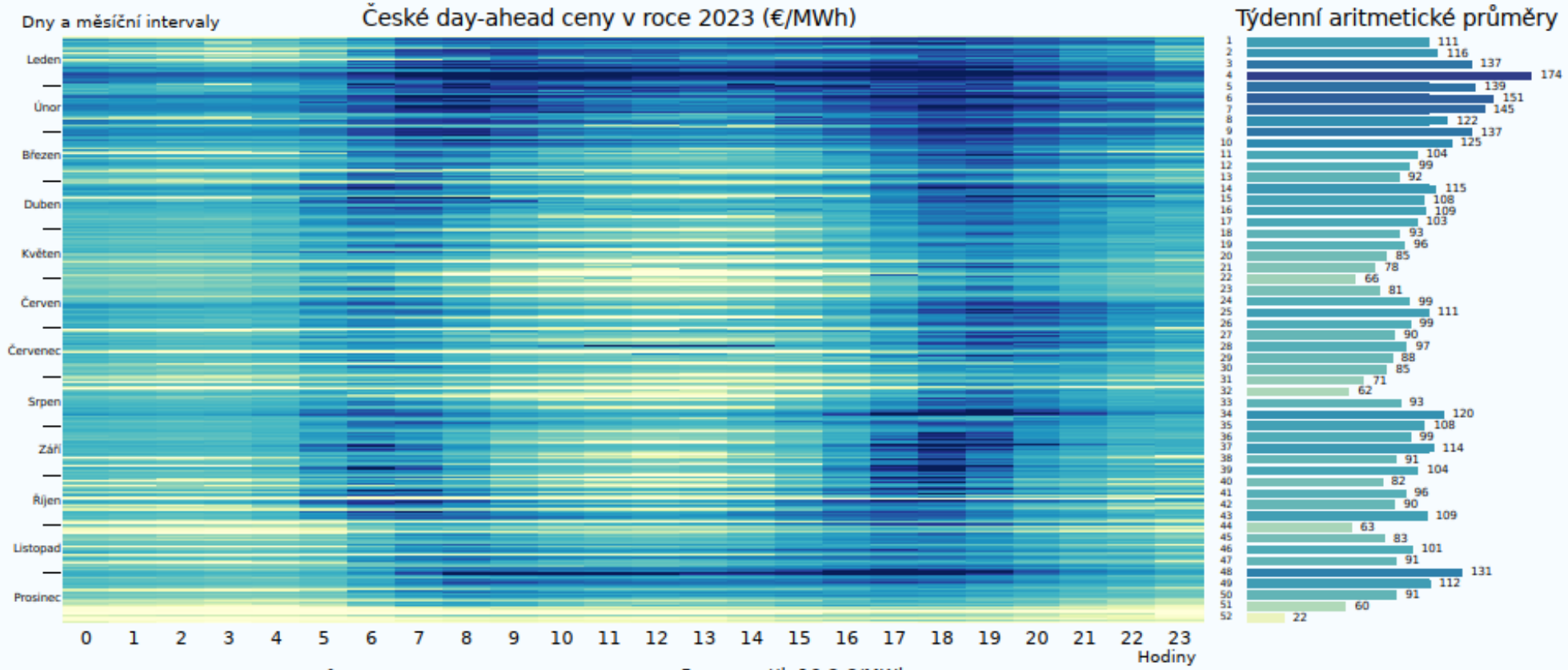
© Fraunhofer ISE
FHG-SK: ISE-INTERNAL

Fraunhofer ISE

ergy, 2021

Cenová mapa (heat map) České republiky v roce 2023

Obr. 7.12 Heatmapa českých day-ahead cen v roce 2023



© Siemens Energy, 2021

Přečerpávací vodní elektrárny

Pump storage power plant		Dlouhé	Dalešice	Čierny	Porabka	Kruonis
		stráně		Váh	Žar	
Total output	MW	650	440	735	500	900
Number x machine output	n x MW	2 x 320	4 x 120	6 x 122	4 x 125	4 x 225
Total energy accumulation	GWh	3,7	0,9	4,56	2,6	10,8
Working time	hod	5,7	2	6	4	10
Lake volume	mil. m3	2,7	127	3,7	2,3	48
Heigh difference	m	510	90	434	440	103

© Siemens Energy, 2021

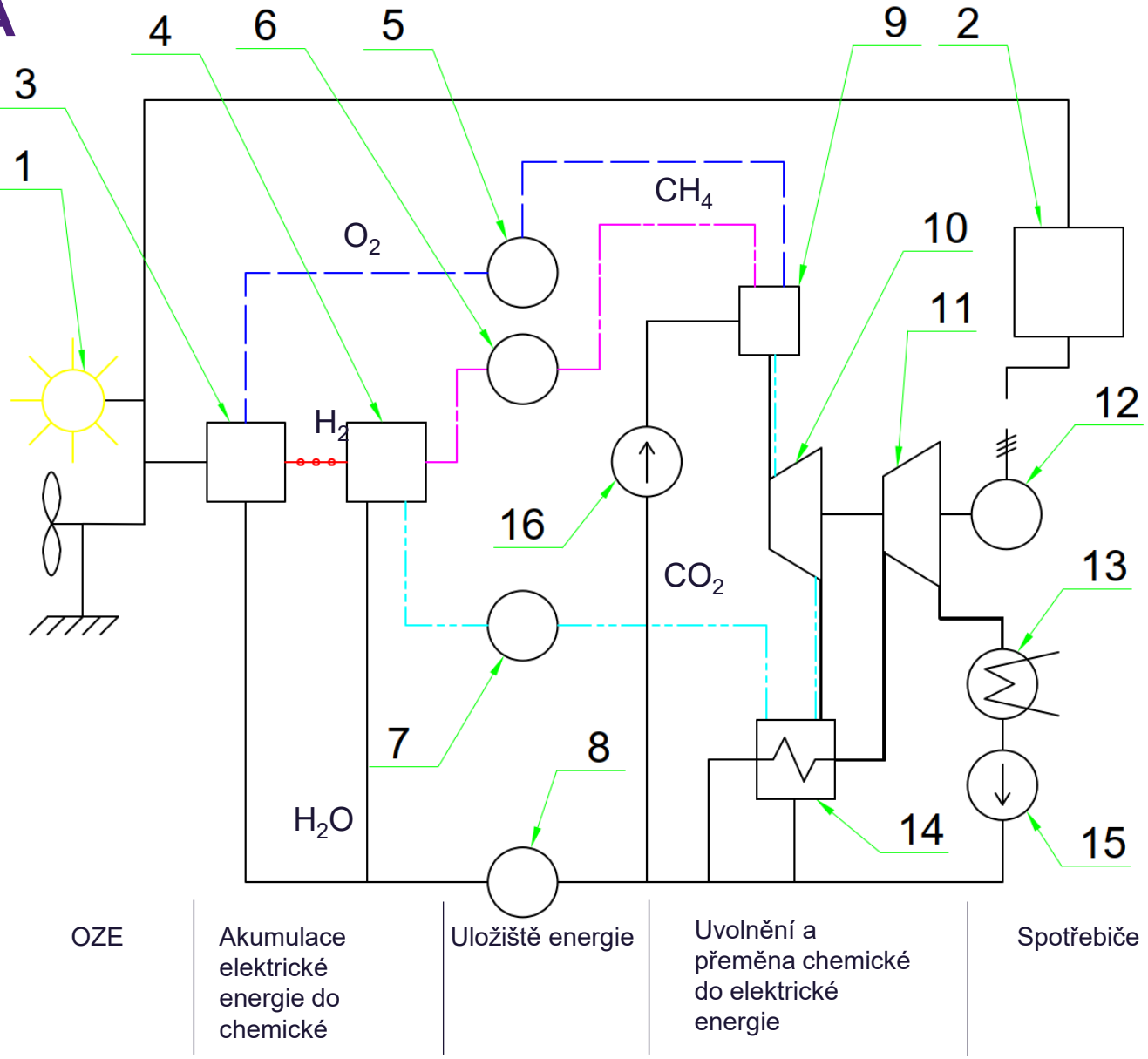
Podmínky pro stavbu přečerpávacích elektráren

Podmínky pro stavbu přečerpávacích elektráren:

- Dostatek vodních zdrojů
- Vhodný terén
- Souhlas ochránců přírody

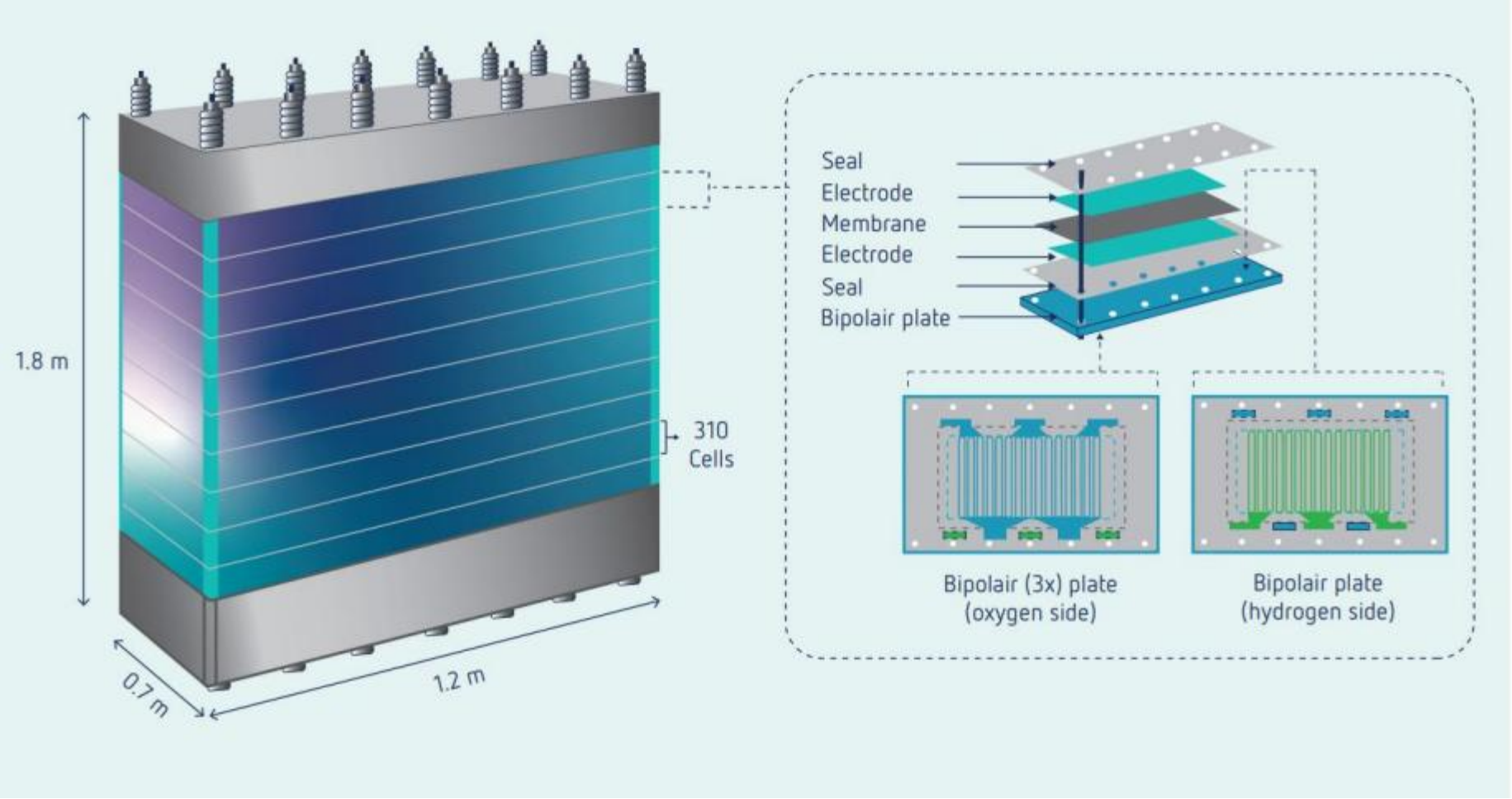
© Siemens Energy, 2021

PEA



© Siemens Energy, 2021

Modul elektrolyzéru - výkon 10 MW, 2 250 Nm3/hod vodíku

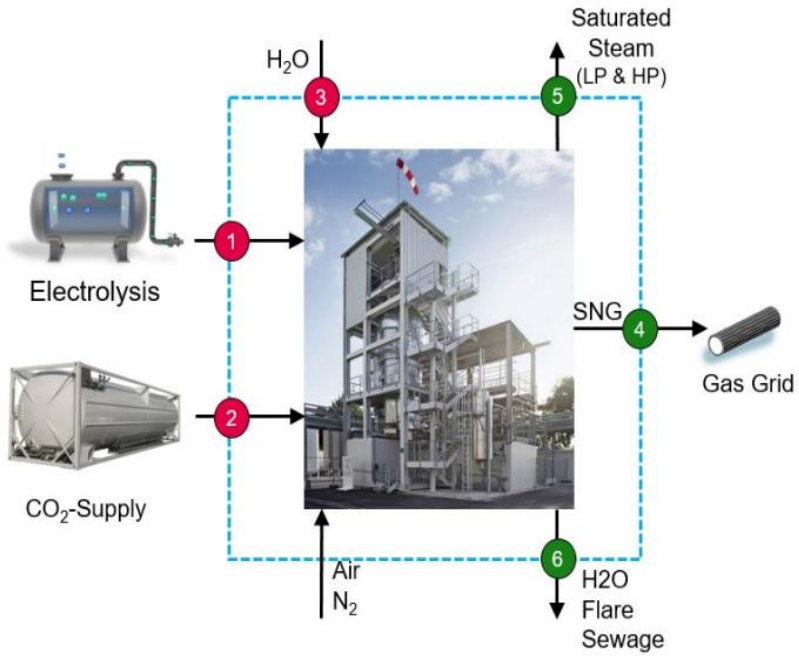


© Siemens Energy, 2021

Metanizační reaktor parametry

Size of the unit	250 MW (electrolyser input)		
Customer	Siemens Energy / CZ		
Everllence Project	11025207		
Input	**Temperature**	**Pressure**	**Mass Flow Rate**
H_2	20 °C	25 bar(g)	4500 kg/hr
CO_2	20 °C	25 bar(g)	25200 kg/hr
Demin water	20 °C	0,5 bar(g)	45900 kg/hr
Raw water	20 °C	3 bar(g)	5800 kg/hr
Output	**Temperature**	**Pressure**	**Mass Flow Rate**
CH_4	35 °C	25 bar(g)	9500 kg/hr
Steam HP	270 °C	54 bar(g)	31800 kg/hr
Steam LP	134 °C	2 bar(g)	12700 kg/hr
Condensate hot	130 °C	20 bar(g)	17100 kg/hr
Condensate cold	35 °C	20 bar(g)	3100 kg/hr
Sewage water	40 °C	4 bar(g)	6900 kg/hr
Cooling Media	for cooling of	3300	kW

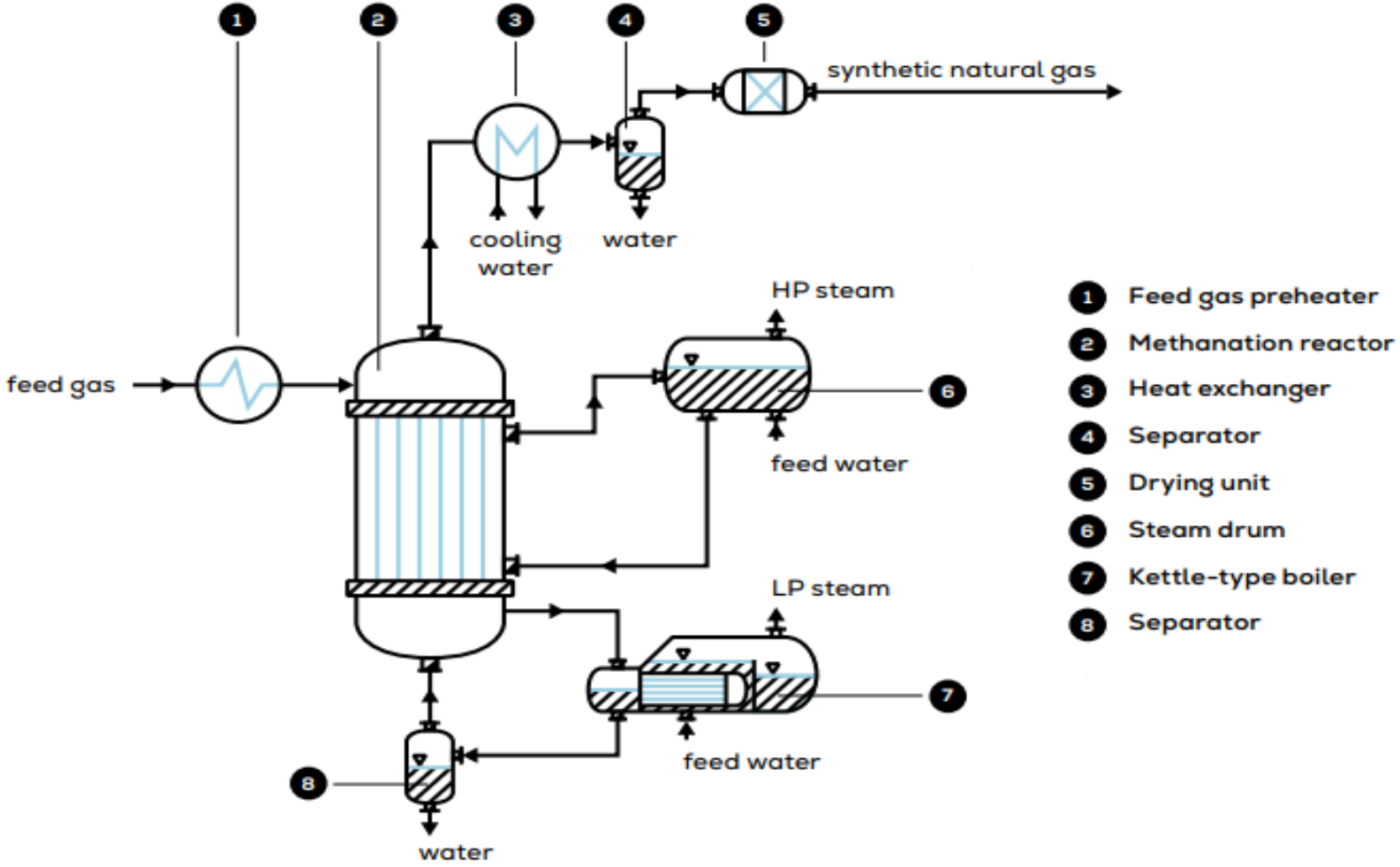
Price Indication*	45	mio € (incl. Transport, Erection, Commissioning)



*Price indication based on standard scope of supply, acc. to european standards and installatio site.
Electrolyser H_2 output assumed with 4,9 kWh/Nm³
In case of project execution Transport, Erection and Commissioning will be invoiced on cost plus fee

© Siemens Energy, 2021

Metanizační reaktor - schéma



© Siemens Energy, 2021

Kulový ocelový plynojem

Kapacita 20 000 m3, průměr 33 m, Tlak 10 bar

© Siemens Energy, 2021

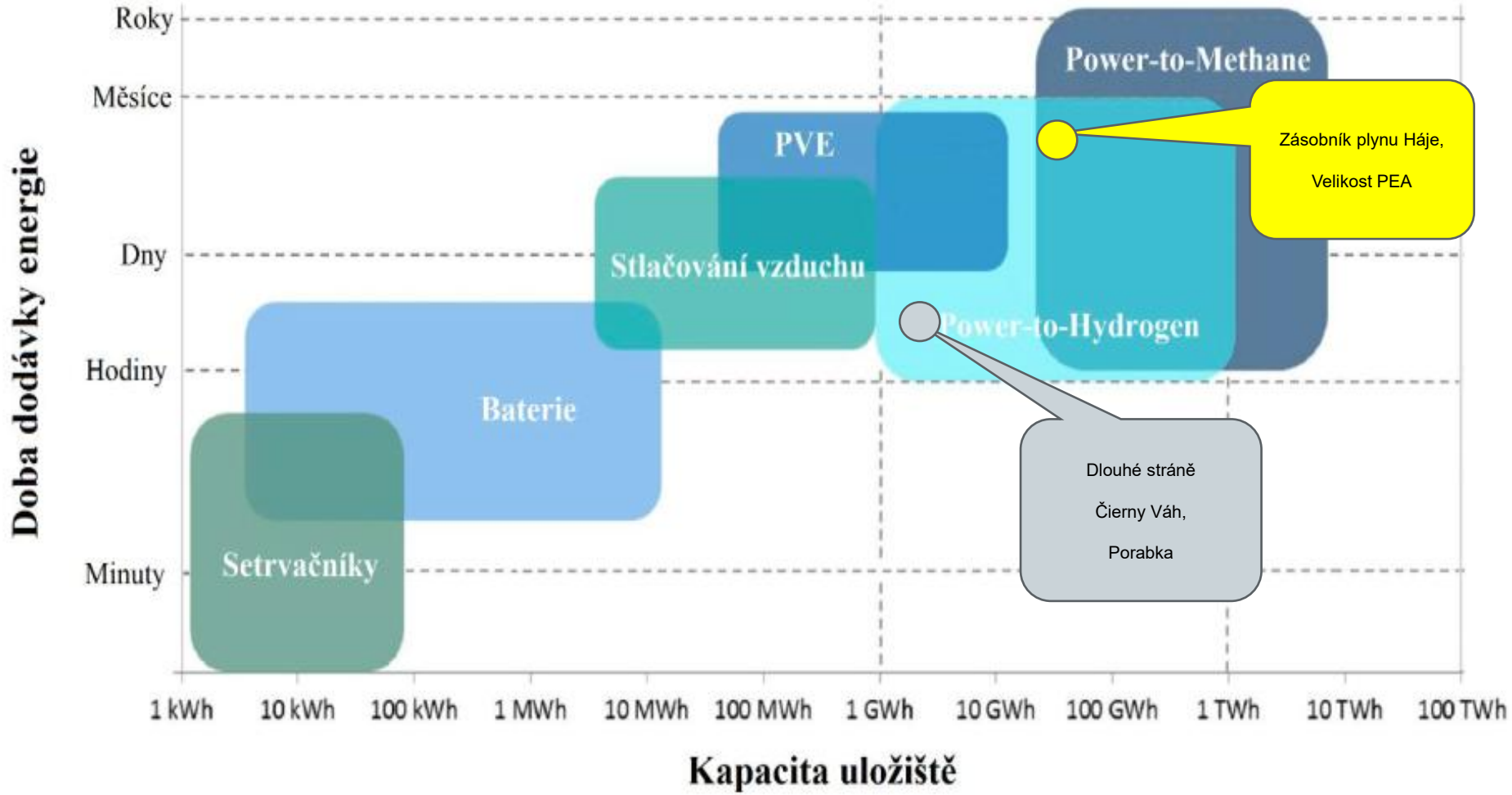
Štola podzemního kavernového plynojemu Háje

Kapacta 75 000 m3 plynu, Průřez štol 10 – 15 m2, Délka 43 km

Bývalá štola u Příbrami zásobuje plynem polovinu Česka | (2:03) | video: iDNES.cz

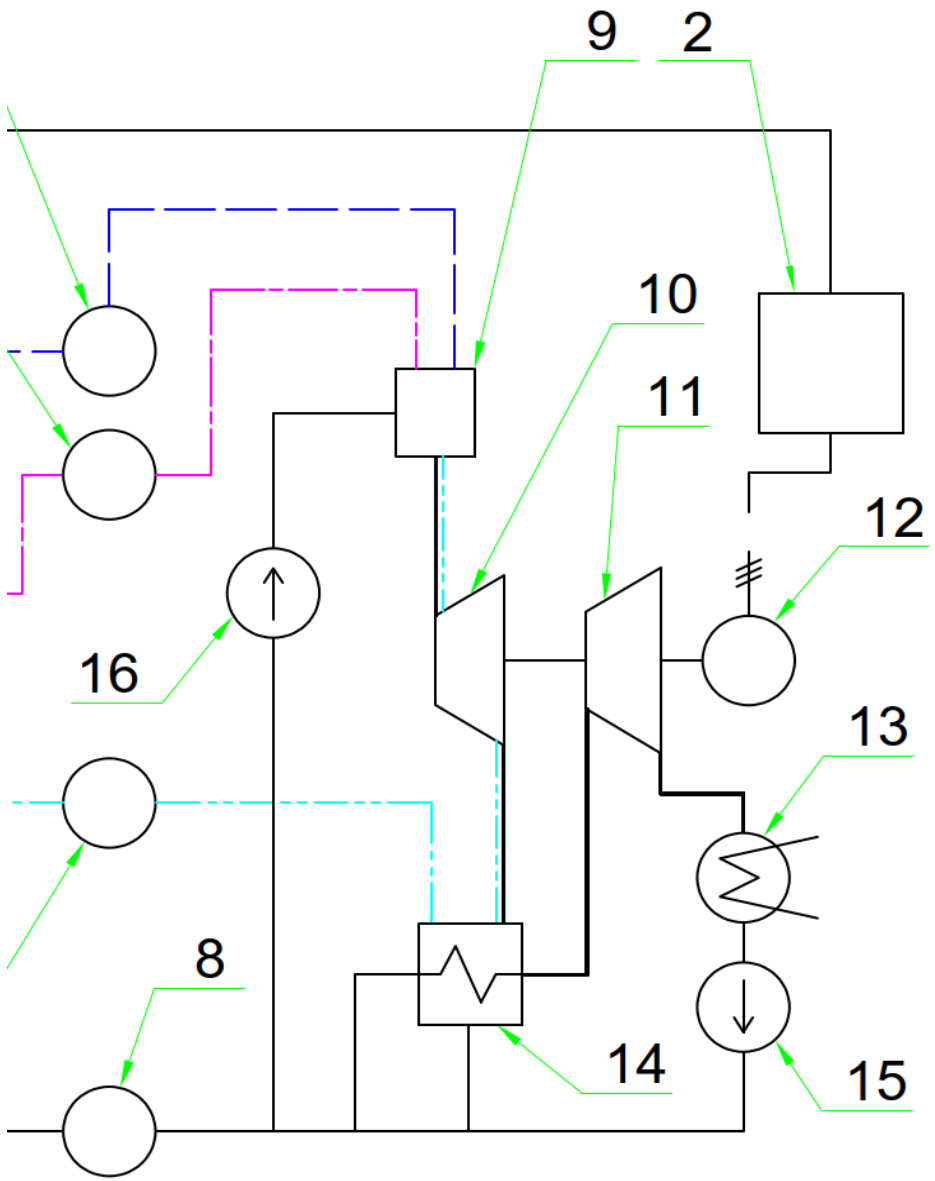
© Siemens Energy, 2021

Akumulační kapacita různých druhů úložišť energie



© Siemens Energy, 2021

Uvolnění akumulované energie -Tepelný oběh s paroplynovou turbinou



© Siemens Energy, 2021

Generátor paroplynové směsi

Výkon 200 MW, Maximální tlak 345 bar, Maximální teplota 1700 °C, Průměr 300 mm

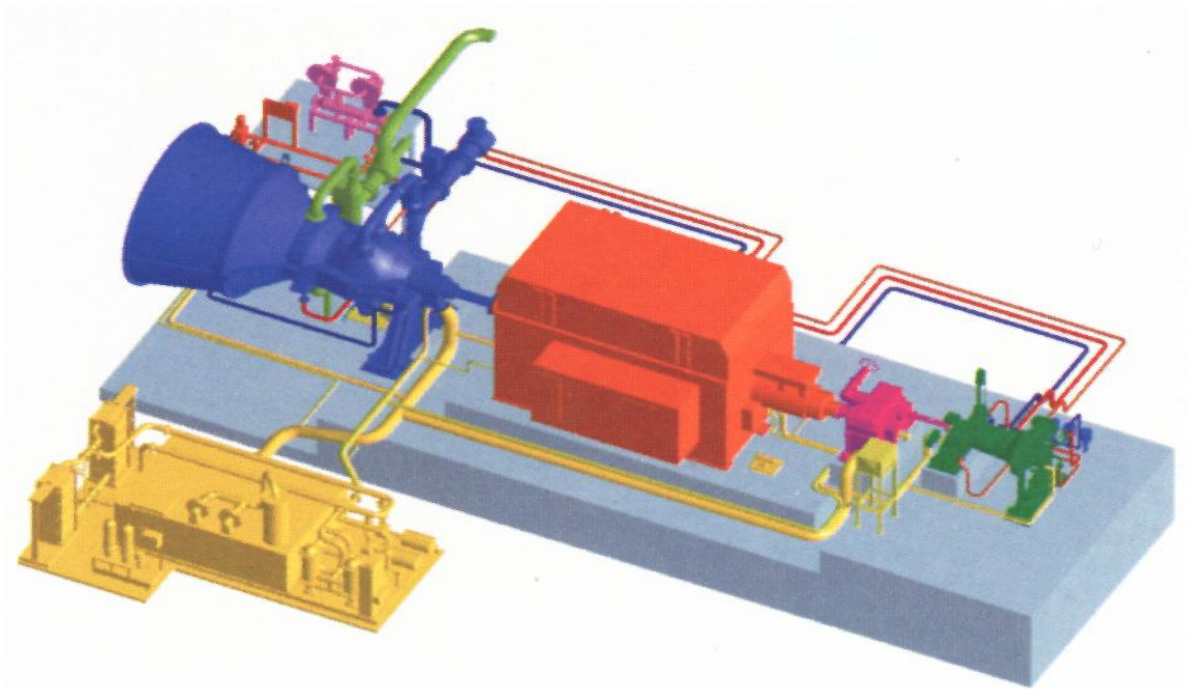
© Siemens Energy, 2021

Kapacita plynojemů

Výkon PPT	MW	100	200
Účinnost oběhu s PPT	1	0,5	0,5
Doba provozu turbiny denně	hod	6	6
Tepelný výkon PPT	MW	200	400
Celková akumulovaná energie	MWh	1200	2400
Celková akumulovaná energie	MJ	4320000	8640000
Celková potřeba metanu	kg	81384,50	162769
Celková potřeba metanu	m3	120391,27	240782,5
Celková potřeba CO2	kg	223807,37	447614,7
Celková potřeba CO2	m3	41714,25	83428,5
Celková potřeba O2	kg	325538,00	651076
Celková potřeba O2	m3	227808,26	455616,5

© Siemens Energy, 2021

Příklad provedení paroplynové turbiny 100 MW



© Siemens Energy, 2021

Závěr

Závěr

- PEA technologie umožňuje akumulovat velká množství energie
- PEA technologie umožňuje dodávat dlouhodobě elektřinu velkých výkonů
- Prakticky všechna zařízení pro vybudování PEA, jsou komerčně dostupná
- Výstavba PEA technologie nevyžaduje
  - vhodný terén,
  - tak ohromné množství vody jako srovnatelná přečerpávací elektrárna
  - ani významně neovlivňuje životní prostředí
- Umístění PEA technologie se řídí požadavky přenosové sítě
- PEA technologie neprodukuje žádné škodlivé látky, CO2 neopouští PEA technologii.
- Při výstavbě a provozu jsou použity materiály, které nejsou nebezpečné životnímu prostředí
- PEA technologie není omezena velikostí výkonu
- Životnost PEA je srovnatelná s klasickými velkými elektrárnami

© Siemens Energy, 2021

© Siemens Energy, 2021

Proplach olejových systémů plynových motorů

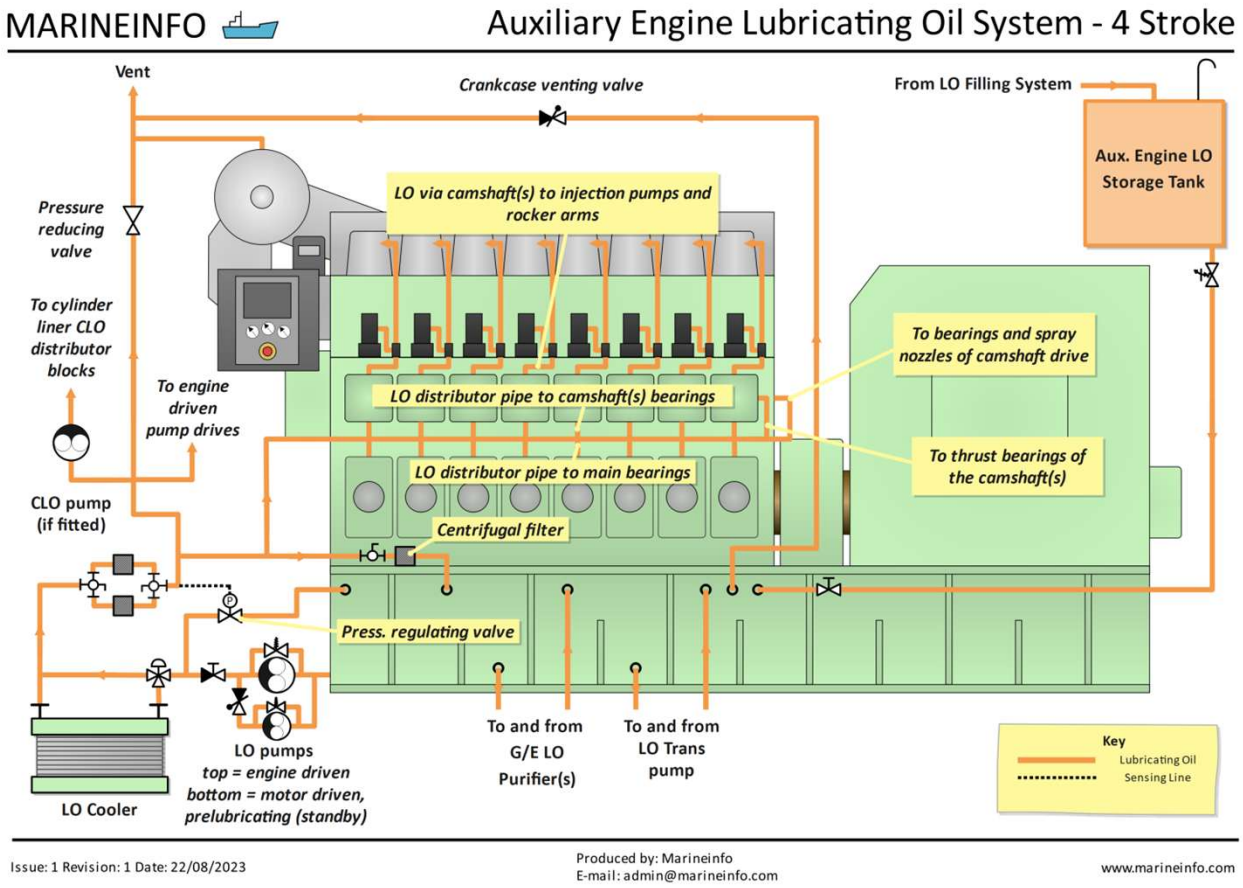
Úskalí uvedení plynových motorů do provozu

KOTLA, TEPELNÁ A JADERNÁ ENERGETIKA

9. – 10.3.2026

Tomáš Klíma

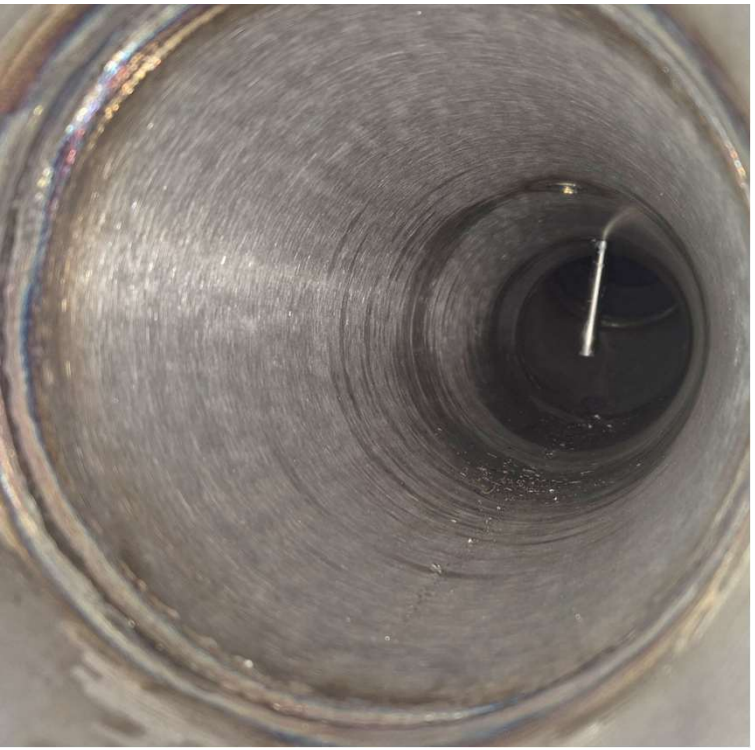
Olejový systém motoru

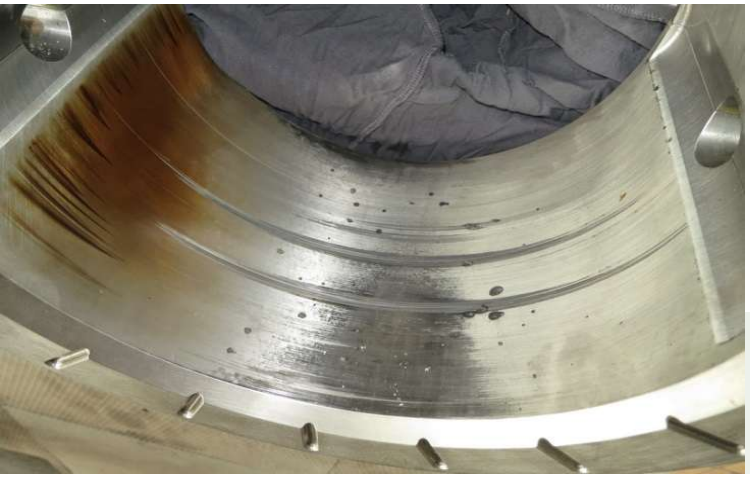


Jak funguje a co zajišťuje:

- **Mazání ložisek**
  Zajišťuje plynulý chod a snižuje tření.
- **Chlazení motoru**
  Pomáhá odvádět přebytečné teplo z motorových komponent.
- **Odvod nečistot**
  Filtruje a odvádí nežádoucí částice z motoru.
- **Ochrana komponent**
  Chrání pohyblivé části před opotřebením a poškozením.

Extrémně citlivý na kontaminaci!





Zdroje nečistot a jejich důsledky

1

Zdroje nečistot

- z výroby potrubí
- montáž a svařování
- nečistoty z okolí (stavba!!)
- koroze

2

Důsledky znečištění

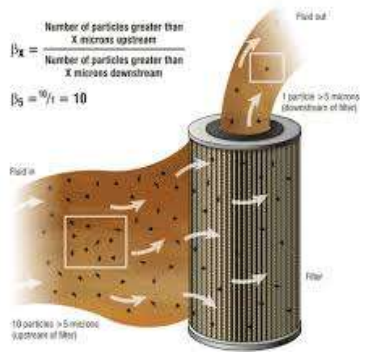
Zejména poškození drahých komponent motoru!!

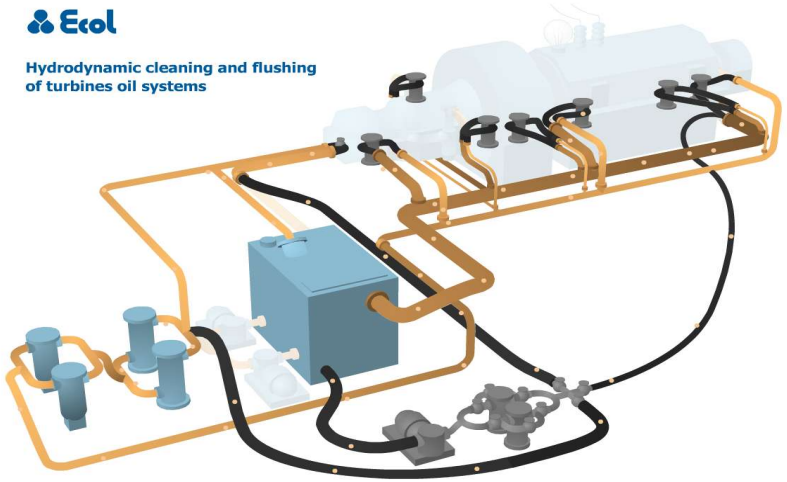
Prodloužení čistících operací před najetím.

Proplach olejového systému – princip

Ecol Industrial

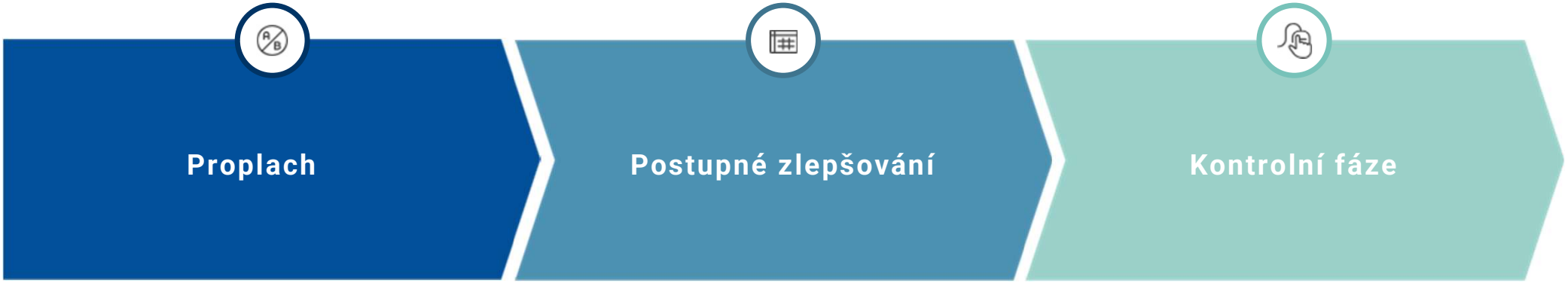
- Cirkulace oleje
- Vysoký průtok
- Filtrace
- Kontrola čistoty





Běžná praxe v energetice energetice

Typické očekávání procesu olejového proplachu:



Několik dní trvající nepřetržitý proces.

Monitorování a zaznamenávání zvyšující čistoty oleje.

Závěrečná kontrola filtru pro ověření splnění podmínek.

Tento postup je běžně považován za dostatečný standard!

Zkušenosti s minulých projektů

například C-Energy Planá nad Lužnicí (6 motorů Rolls Roys – Bergen Engines)

Procedura

Dodržení standardní procedury výrobce.

Proces proplachu

Olejový proplach byl při dodržení procedury časově předvídaným procesem.

Čistota oleje

Dosažení požadované čistoty oleje.

Kontrolní filtr

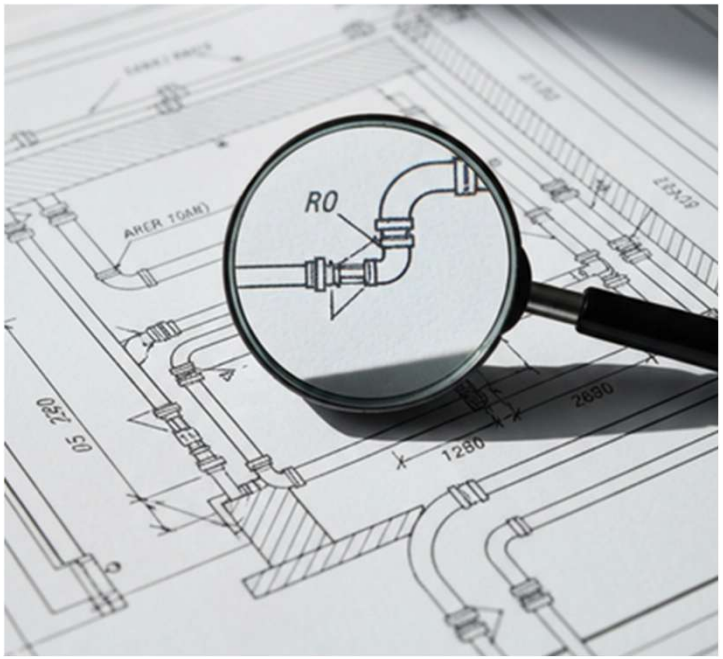
Splnění čistoty kontrolního filtru.

.... např. dle API 614

Finish

Passed!!

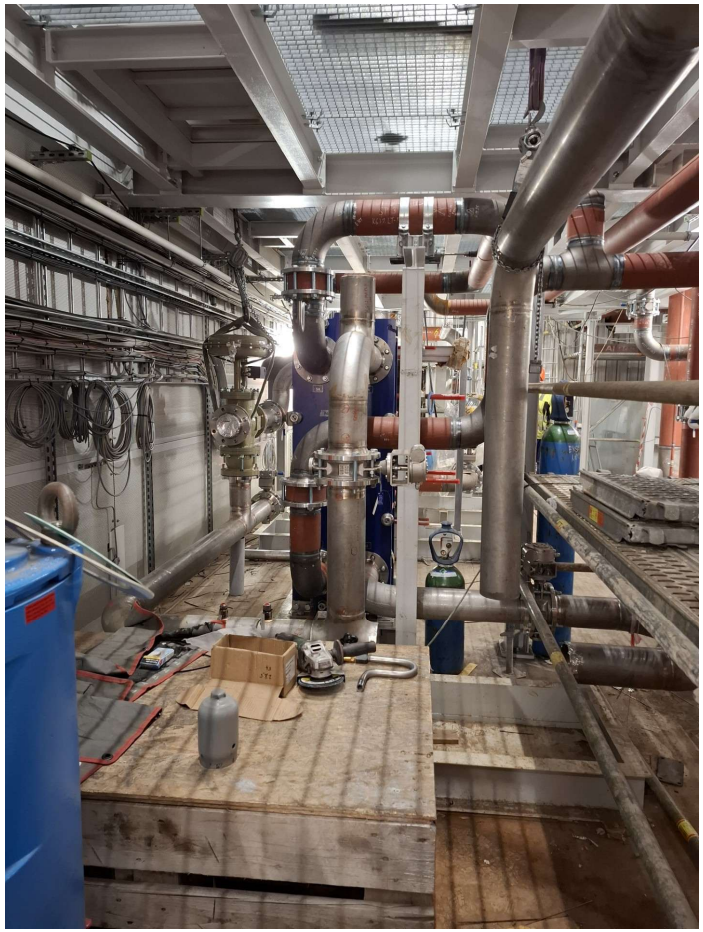
Změna přístupu výrobce



- **Přísnější limity**
  Zavedení přísnějších požadavků na finální čistotu proplachu.
- **Detailní kontrola**
  Pečlivé monitorování procedury (zapojení, filtry, průtok ....)
- **Přítomnost**
  Zajištění přímého dohledu ze strany výrobce motoru.
- **Kontrola nečistot**
  Prověření úrovně nečistot – vzorek oleje a kontrolní filtr.
- **Opakované potvrzení**
  Několikanásobné ověření

Výsledný proplach trvá podstatně déle, než bylo původně předpokládáno.

Realita na stavbě



- **Prostory stavby**

  Často velmi málo místa, nepořádek, nedokončená montáž, absence tlakové zk., apod.

- **Délka proplachu**

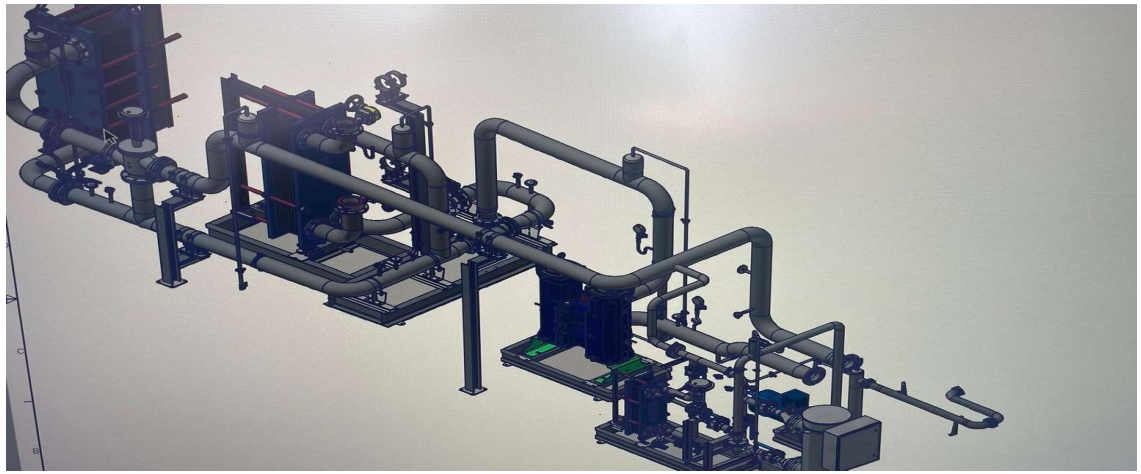
  Je často delší, než bylo původně plánované.

- **Přísnost kontrol**

  Kontroly jsou mnohem přísnější.

- **Opakování kroků**

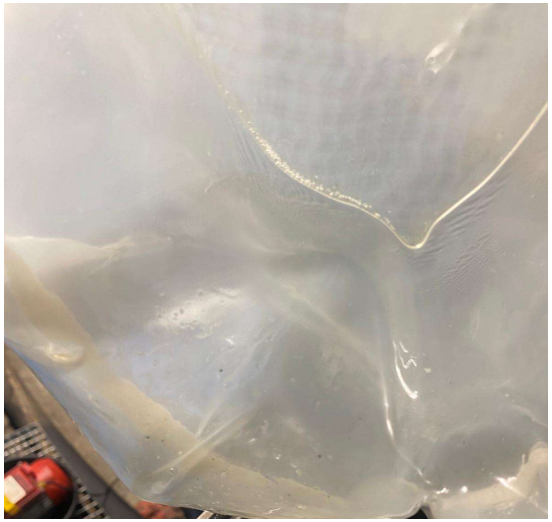
  Některé kroky je třeba opakovat.



Proplach může trvat násobně déle, než bylo plánováno.

Klíčové faktory ovlivňující délku olejového proplachu:

- **Podcenění čistoty potrubí**
  - Potrubí není předčištěné
  - Čistá montáž = utopie
- **Usazené nečistoty**
  - Nečistoty se postupně uvolňují
  - Z mrtvých zón potrubí, z komponentů
- **Extrémní požadavky výrobce**
  - Kontrolní filtry – bez nečistot 100%
  - Opakované kontroly po 12h



Dosažení stabilní čistoty je časově náročné!

Technické faktory úspěchu

Kritické faktory pro zajištění optimálního výkonu

- **Výkonné proplachové čerpadlo**

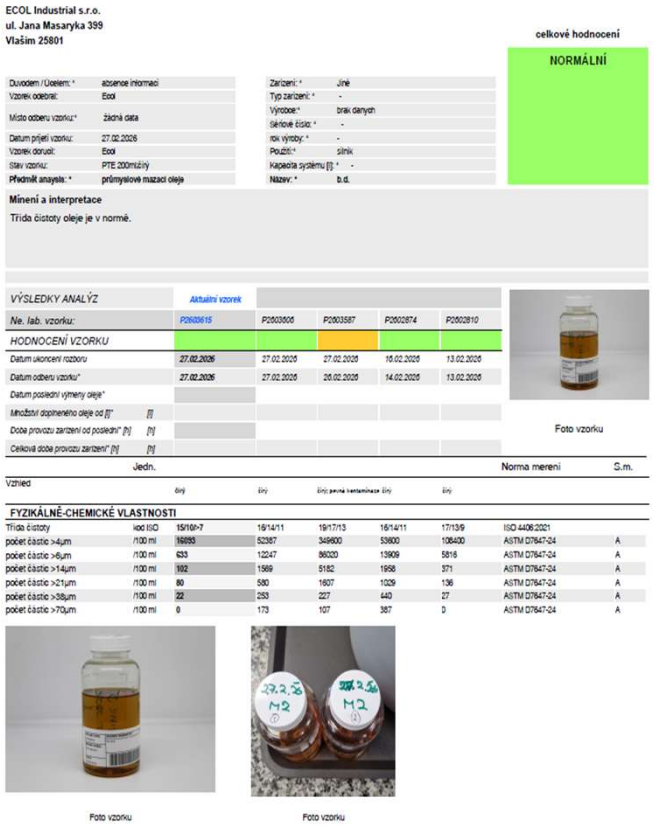
  Zajišťuje vysoký průtok a dostatečnou rychlost proudění pro efektivní olejový proplach.

- **Filtrace**

  Výkonná filtrace a pravidelná výměna jsou klíčové pro udržení kvality.

- **Rozdělení do dílčích okruhů**

  Proplach na etapy a sledování trendu čistoty v dílčích okruzích.



ECOL Industrial s.r.o.
ul. Jana Masaryka 399
Vlašim 25801

celkové hodnocení: NORMÁLNÍ

Původem / Účelem: *	absence informací	Zařízení: *	Jiné
Vzorek odebral:	Ecol	Typ zařízení: *	-
Místo odběru vzorku:*	žádná data	Výrobce:*	brak danych
		Sériové číslo: *	-
Datum přijetí vzorku:	27.02.2026	rok výroby: *	-
Vzorek doručil:	Ecol	Použití:*	silnik
Stav vzorku:	PTE 200mlZlty	Kapacita systému [l]: *	-
Předmět analýzy: *	průmyslové mazací oleje	Název: *	b.d.

Mínění a interpretace

Třída čistoty oleje je v normě.

VÝSLEDKY ANALÝZ		Aktuální vzorek				
Ne. lab. vzorku:		P2603615	P2603606	P2603587	P2602874	P2602810
HODNOCENÍ VZORKU						
Datum ukončení rozboru		27.02.2026	27.02.2026	27.02.2026	16.02.2026	13.02.2026
Datum odběru vzorku*		27.02.2026	27.02.2026	26.02.2026	14.02.2026	13.02.2026
Datum poslední výměny oleje*						
Množství doplněného oleje od [l]*	[l]					
Doba provozu zařízení od poslední* [h]	[h]					
Celková doba provozu zařízení* [h]	[h]					

Foto vzorku

	Jedn.						Norma merení	S.m.
Vzhled		čirý	čirý	čirý, pevná kontaminace	čirý	čirý		
FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ VLASTNOSTI								
Třída čistoty	kód ISO	15/10/7	16/14/11	19/17/13	16/14/11	17/13/9	ISO 4406:2021	
počet částic >4µm	/100 ml	16855	52387	349600	53800	106400	ASTM D7647-24	A
počet částic >6µm	/100 ml	633	12247	86020	13909	5816	ASTM D7647-24	A
počet částic >14µm	/100 ml	102	1589	5182	1958	371	ASTM D7647-24	A
počet částic >21µm	/100 ml	80	580	1607	1029	136	ASTM D7647-24	A
počet částic >38µm	/100 ml	22	253	227	440	27	ASTM D7647-24	A
počet částic >70µm	/100 ml	0	173	107	387	0	ASTM D7647-24	A

Foto vzorku

Foto vzorku

Role dodavatele proplachu

Výkonné proplachové čerpadlo

Dodavatel musí disponovat výkonnou technikou pro tyto účely.

Zkušenosti s podobnými projekty

Je důležité, aby dodavatel měl zkušenosti, které aplikuje na aktuální projekt a jeho podmínky.

Znalost požadavků výrobce

Dodavatel musí znát, dodržovat proceduru a znát požadavky i očekávání.

Role výrobce na stavbě

- **Reálné požadavky**
  Zástupce výrobce může požadovat měření průtoku, instalace vibrátorů na potrubí, kvalifikaci a zkušenosti
- **Opakování kroků, dílčí etapy**
  Může být vyžadováno opakování kroků, rozdělení do etap.
- **Další čištění systému**
  Je možné, že výrobce bude vyžadovat předčištění systému před proplachem.

Bergen Engines

Jenbacher

INNIO Waukesha

Některé požadavky nejsou explicitně v proceduře, ale jsou očekávány.

Závěrem .....

Projektový paradox

- Relativně malý olejový systém
- Transparentní požadavky
- Běžný olejový proplach potrubí
- REALITA vs PLÁN

Požadavky

- Extrémní čistota
- precizní práce
- zkušený tým
- silné technické vybavení.

→ Proplach je jedním z kritických kroků uvádění motoru do provozu a ovlivňuje najetí motoru i jeho životnost.

Děkuji za Vaši pozornost!

Ecol Industrial s.r.o.
J. Masaryka 399
258 01, Vlasim, Czech republic

Tomáš Klíma - jednatel
Tel.: +420 317 842 227
GSM: +420 774 663 320
E-Mail: t.klima@ecol.eu

Ecol Sp. z o.o. - Headquaters
Podmiejska 71 A
44 207 Rybnik, Poland

Tel.: +48 32 739 18 30
Fax: +48 32 739 18 29
E-Mail: ecol@ecol.eu