



VYSOKÁ ŠKOLA
CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ
V PRAZE



UDRŽITELNÁ LETECKÁ PALIVA

(SAF - Sustainable Aviation Fuels)

Pavel Šimáček

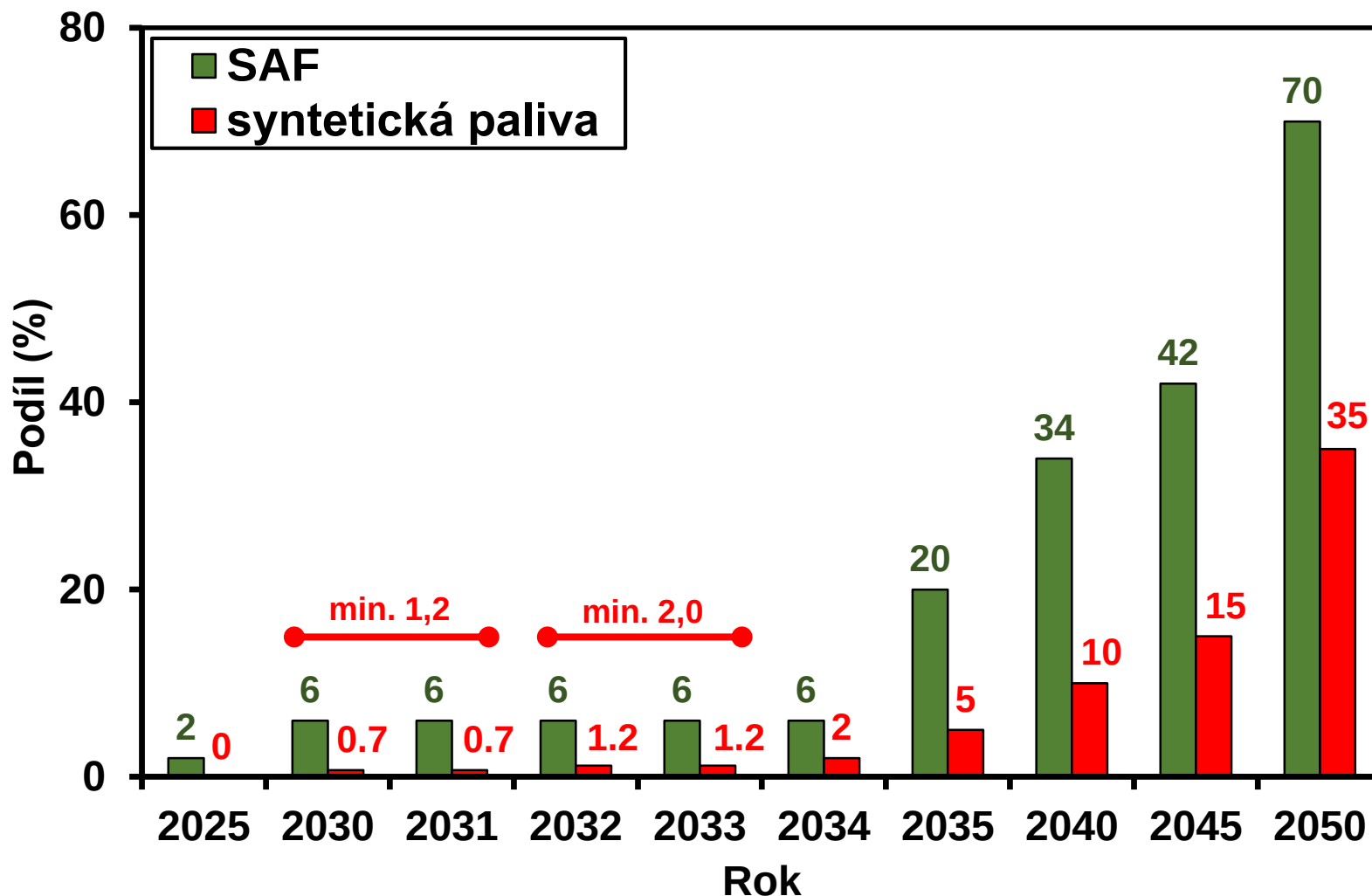
NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) 2023/2405

o zajištění rovných podmínek pro udržitelnou leteckou dopravu

(Inciativa pro letecká paliva **ReFuelEU**)

- Od roku 2025 ukládá dodavatelům leteckých paliv povinnost, aby veškeré letecké palivo dostupné provozovatelům letadel na letištích v EU obsahovalo určitý **minimální podíl SAF**
- Od roku 2025 ukládá provozovatelům letadel načerpat za rok **minimálně 90 %** potřebného množství paliva na letišti v EU
- **Provozovatelům letadel** ukládá vykazovací povinnost (ročně) zahrnující celkové množství paliva, „**nenatankované palivo**“ a množství SAF → nesplnění povinností → **sankce**
- **Dodavatelům paliv** ukládá vykazovací povinnost (ročně) zahrnující množství dodaného paliva, **množství SAF**, emise SAF, ... → nesplnění povinností → **sankce**

MINIMÁLNÍ PODÍL SAF DLE ReFuelEU



CO JSOU SAF DLE ReFuelEU?

➤ Letecká biopaliva

- nesmí být vyrobena z potravinářských a krmných plodin
- zahrnují **pokročilá biopaliva** (Přílohy IX A, Směr. 2018/2001) a paliva vyrobená z **upotřebených kuchyňských olejů a živočišných tuků** (Přílohy IX B, max. 3 %)
- nesmí být vyrobena z materiálů odvozených z palm. oleje...

➤ Recyklovaná letecká paliva s obsahem uhlíku

Paliva vyrobená z odpadu neobnovitelného původu a z výfukových plynů:

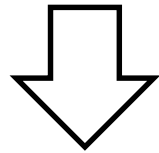
- pyrolýzní olej z odpadních plastů a pneumatik
- CO₂ z fosilních stacionárních zdrojů
- ...

➤ Syntetická letecká paliva (určitý povinný podíl)

CO JSOU SYNTETICKÁ LETECKÁ PALIVA?

➤ Paliva vyrobená z obnovitelných zdrojů nebiologického původu (RFNBO)

- musí být z obnovitelných zdrojů
- energetický obsah nesmí být získán z biomasy (~~biopaliva~~)



- 1) „E-fuel“ (PtL): vodík z OZE + CO₂ (ze vzduchu, ...?)
H₂ + CO₂ → FT syntéza → uhlovodíky
- 2) Vodík z OZE a nízkouhlíkový vodík jako palivo (vyžaduje speciální pohony: turbínové motory, příp. palivové články)

KVALITA PALIVA JET A-1

- Mezinárodní přesah → nejsou tak časté národní normy, neexistuje evropská norma.
- Kvalita JET A-1 se obvykle řídí podle:
 - ASTM D1655 (USA)
 - Defence Standard 91-091
 - JIG checklist - AFQRJOS (mezinárodní organizace JIG)
- Tyto specifikace uvádějí i množství a typy „syntetických komponent“, které se mohou přidávat do paliva s odkazem na Přílohy normy **ASTM D7566**
- **Syntetické komponenty**, resp. syntetizované uhlovodíky zahrnují obecně uhlovodíky vyrobené z alternativních (neropných) surovin: uhlí, zemní plyn, **biomasa**, ... (**udržitelná letecká paliva?**)
- „**Biokomponenty**“: ~~etanol, ETBE, FAME~~ → uhlovodíky !!!

SYNTETICKÉ KOMPONENTY DLE ASTM D7566

1. FT-SPK: FT hydroprocessed Synthesized Paraffinic Kerosine

- uhlovodíky vyrobené **FT-syntézou** ze syntézního plynu a následným hydrogenačním zpracováním
- suroviny: **zemní plyn, uhlí**, (biomasa, CO₂)
- neobsahuje aromáty
- obsah v palivu: max. 50 % obj.

2. HEFA-SPK: Synthesized Paraffinic Kerosine from Hydroprocessed Esters and Fatty Acids

- uhlovodíky vyrobené hydrogenací esterů a mastných kyselin
- suroviny: **čistý a odpadní rostlinný olej a živočišné tuky, mastné kyseliny a podobné materiály**
- neobsahuje aromáty
- obsah v palivu: max. 50 % obj.

SYNTETICKÉ KOMPONENTY DLE ASTM D7566

3. **SIP**: Synthesized Iso-Paraffins from hydroprocessed fermented sugars
- uhlovodíky vyrobené hydrogenací farnesenu získaného fermentací **cukrů** (*Amyris*)
 - téměř čistá látka (2,6,10-trimethyldodekan)
 - **suroviny**: ~~cukerné a škrobnaté plodiny~~, (lignocelulóza?)
 - obsah v palivu: max. 10 % obj.
4. **SPK/A**: Synthesized Paraffinic Kerosine with Aromatics
- uhlovodíky typu **FT-SPK** s přidavkem aromátů vyrobených alkylací aromátů (benzenu) neropného původu (*s FT alkeny*)
 - **suroviny**: zemní plyn, uhlí, (biomasa, CO₂)
 - obsah aromatických uhlovodíků: max. 20 % obj.
 - obsah v palivu: max. 50 % obj.

SYNTETICKÉ KOMPONENTY DLE ASTM D 7566

5. ATJ/SPK: Alcohol-To-Jet Synthetic Paraffinic Kerosine

- uhlovodíky vyrobené z **alkoholů** (etanol, i-butanol) pomocí dehydratace → oligomerace → hydrogenace
- **suroviny**: ~~cukerné a škrobnaté plodiny~~, (lignocelulóza, CO₂)
- neobsahuje aromáty
- obsah v palivu: max. 50 % obj.

6. CHJ: Catalytic Hydrothermolysis Jet (from FAE and FA)

- uhlovodíky vyrobené z mastných kyselin a jejich esterů hydrotermální konverzí a následným zpracováním (hydrogenace a/nebo izomerace)
- **suroviny** **čisté a odpadní rostlinné olej a živočišné tuky, mastné kyseliny a podobné materiály**
- obsah aromatických uhlovodíků: 8-20 % obj.
- obsah v palivu: max. 50 % obj.

SYNTETICKÉ KOMPONENTY DLE ASTM D7566

7. HC-HEFA SPK: SPK from hydrocarbons and HEFA

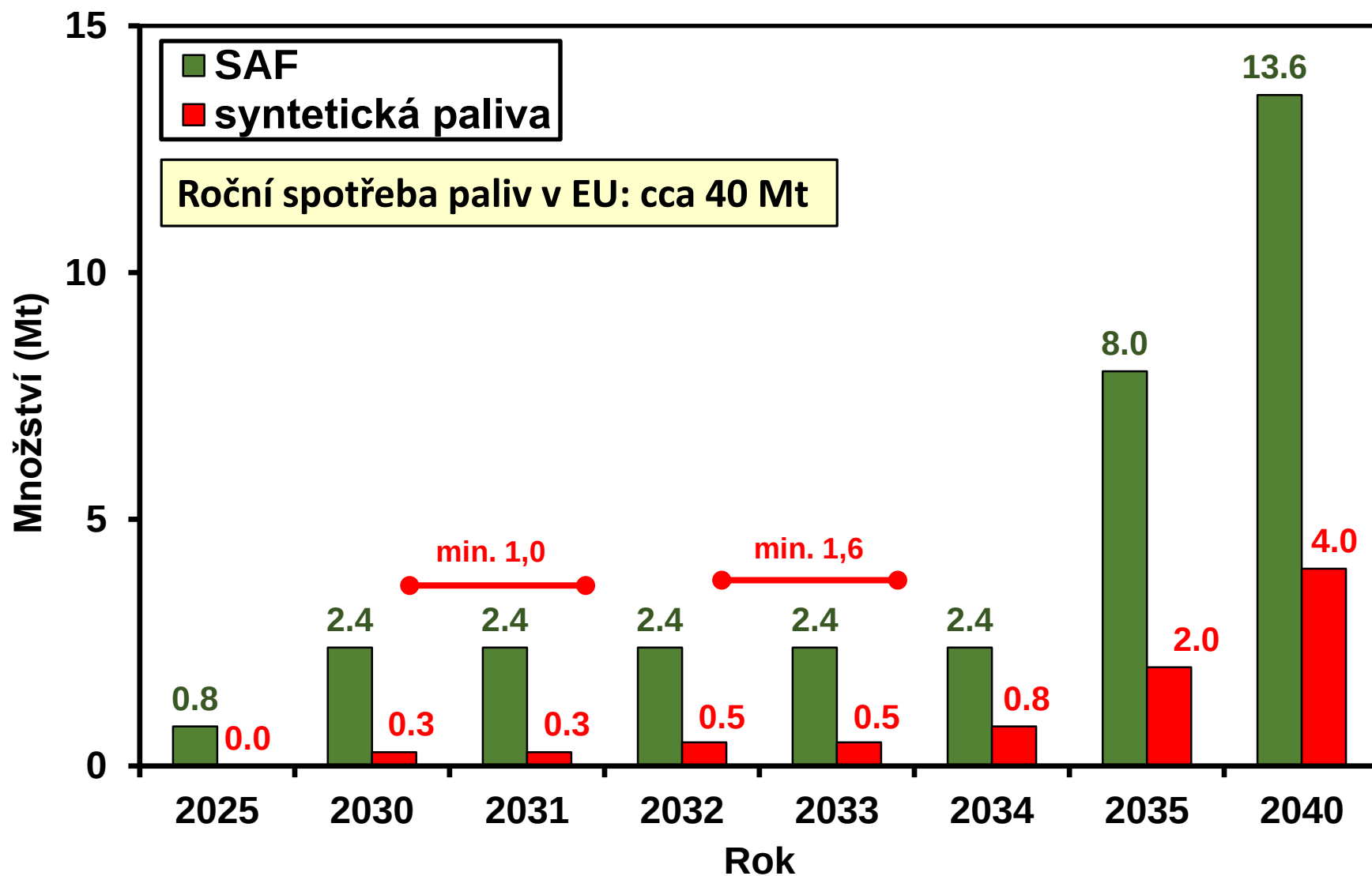
- uhlovodíky vyrobené hydrogenacním zpracováním uhlovodíků, esterů a mastných kyselin biologického původu (odstranění nenasycených uhlovodíků + deoxygenace + , ...)
- suroviny: řasy (*Botryococcus braunii*)
- neobsahuje aromáty
- obsah v palivu: max. 10 % obj.

8. ATJ-SKA: ATJ Synthetic Kerosene with Aromatics (**nově**)

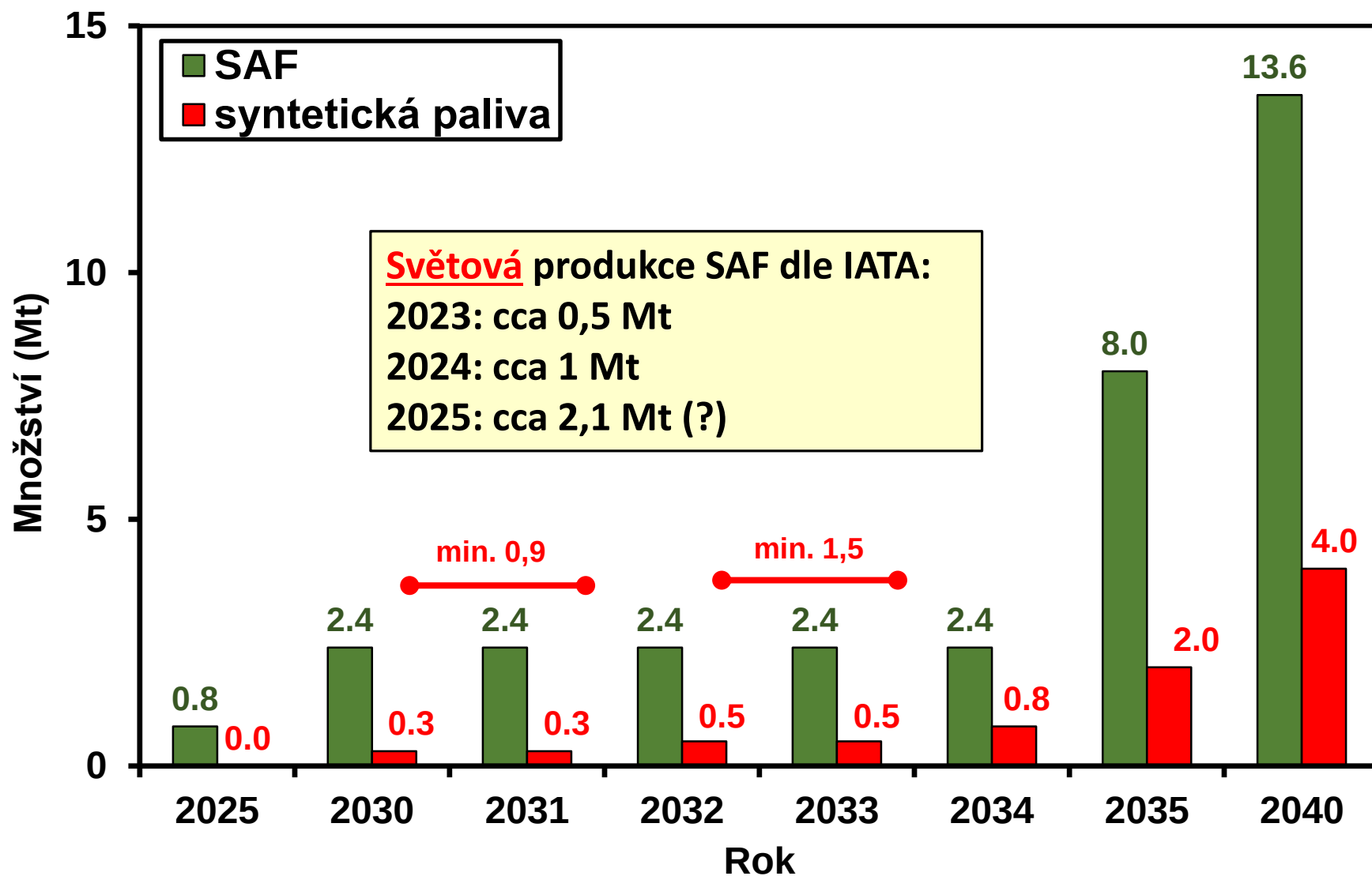
CO-PROCESSING (DLE JIG CHECKLIST)

- *Hydrokrakování ropné suroviny a esterů/mastných kyselin*
- *Produkt obsahuje de facto HEFA*
- *Omezení: max. 30 % obj. alternativní suroviny v nástřiku
max. 50 % obj. produktu ve finálním palivu
max. 15 % obj. HEFA ve finálním palivu*

POTŘEBNÉ MNOŽSTVÍ SAF PRO EU



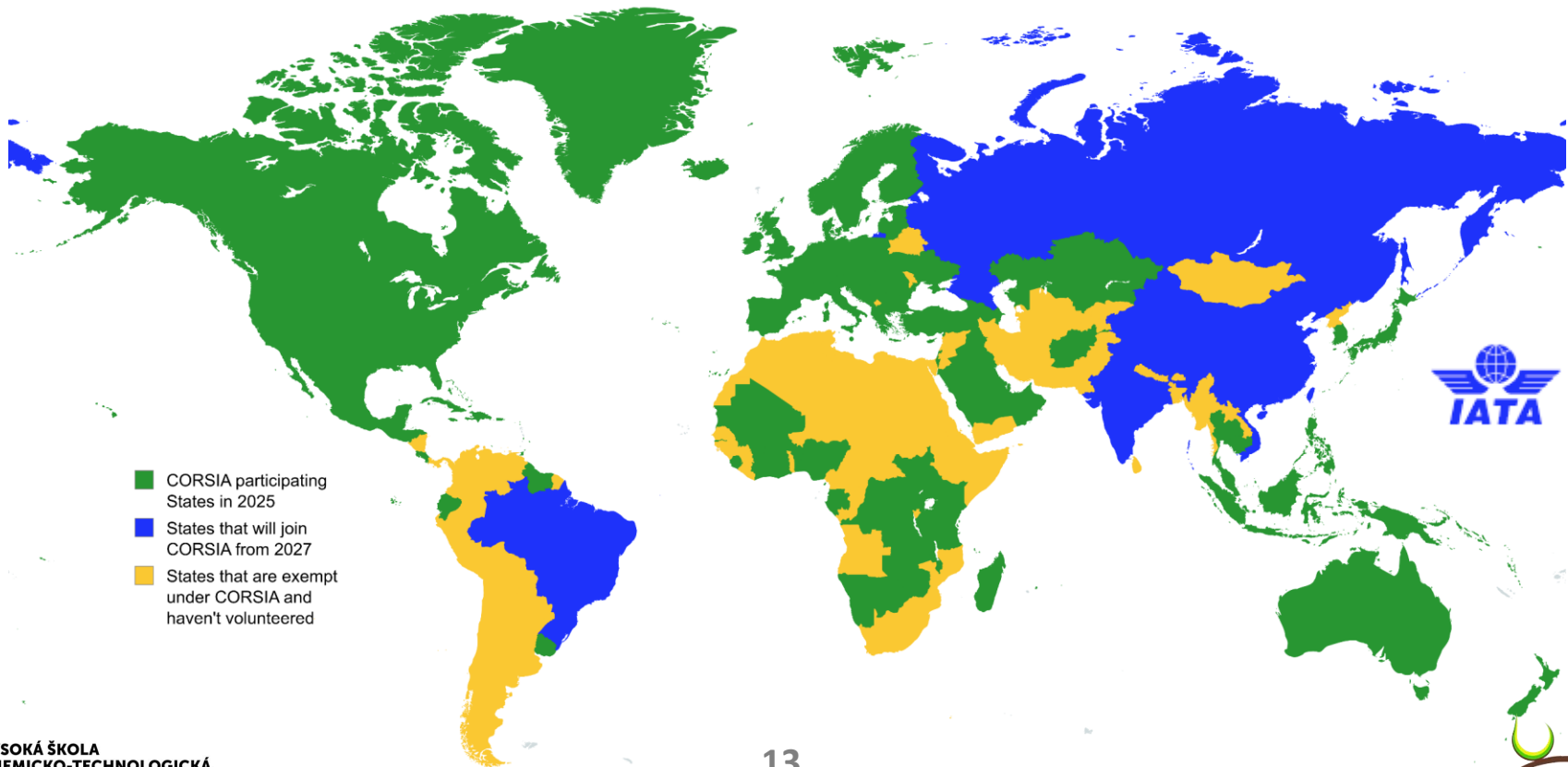
POTŘEBNÉ MNOŽSTVÍ SAF PRO EU



NEJEN EU POUŽÍVÁ SAF

CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation)

- Snižování emisí CO₂ v letecké dopravě (přijato ICAO)
- Jeden z nástrojů je použití SAF



HEFA VS. HVO

➤ HEFA - Hydroprocessed Esters and Fatty Acids

- Hydrogenačně zpracované estery a mastné kyseliny
- Biosložka pro letecká turbínová paliva (SAF)
- Název naznačuje technologii a lépe vystihuje suroviny
- V současnosti se jedná v podstatě o jediný SAF

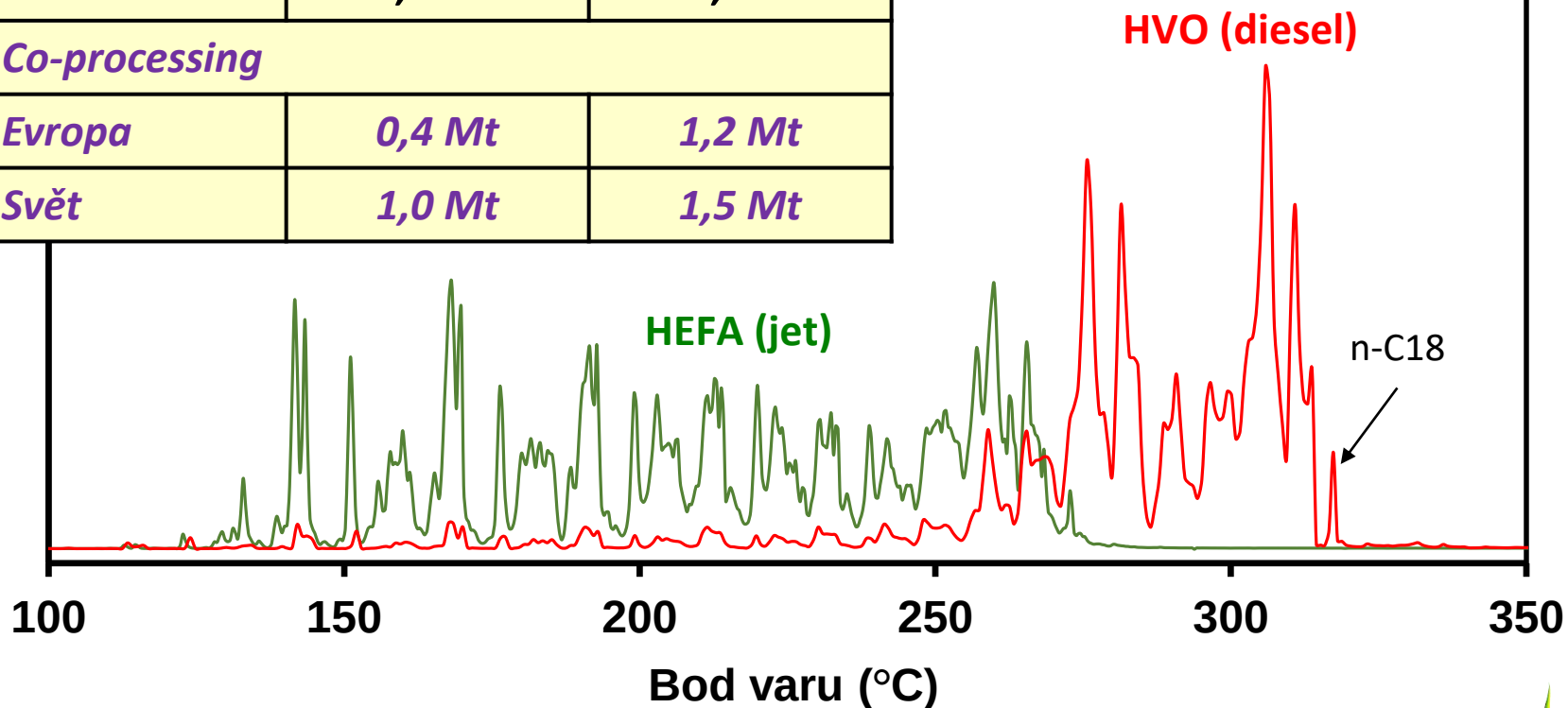
➤ Pro výrobu **HVO a HEFA** se používá **stejná technologie**, jejíž nastavením/modifikací lze optimalizovat poměr produktů

➤ HVO - Hydrotreated Vegetable Oil

- Hydrogenovaný rostlinný olej
- Běžné označení, které označuje biopalivo pro vznětové motory (XTL), resp. biosložku pro výrobu mot. naft (B7,...)
- Název naznačuje technologii, surovinová základna je širší: rostlinné oleje, odpadní tuky, odpady ze zpracování rostlinných olejů, ... (**rostl. oleje, IX A, IX B**)

HEFA VS. HVO

Kapacity výroby dle Argus Media group (2024/2025)			Požadavky na SAF v EU (Mt)		
	HEFA	← ? → HVO	2030	2035	2040
Evropa	1,1 Mt	3,8 Mt	2,4 (0,3)	8,0 (2,0)	13,6 (4,0)
Svět	4,8 Mt	16,7 Mt			
<i>Co-processing</i>					
<i>Evropa</i>	<i>0,4 Mt</i>	<i>1,2 Mt</i>			
<i>Svět</i>	<i>1,0 Mt</i>	<i>1,5 Mt</i>			



ZÁVĚR

- Budou dostatečné **kapacity** pro výrobu **SAF** (**HEFA** a obecně)?
- Budou dostatečné **kapacity** pro výrobu **syntetických paliv** (**RFNBO**: letecká a automobilová paliva)?
- Bude dostatek „**vhodných**“ **surovin** pro výrobu HEFA a HVO? (omezení: potravinářské plodiny, Příloha IX.B, materiály z palmového oleje a sóji, ...)
- Jak ovlivní poptávka po SAF (**HEFA**) nabídku **HVO**?



VYSOKÁ ŠKOLA
CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ
V PRAZE



DĚKUJI ZA POZORNOST

VÝROBCI SYNTETICKÝCH KOMPONENT

Annex	Conversion Process	Abbreviation	Possible Feedstocks	Blending ratio by Volume	Commercialization Proposals
1	Fischer-Tropsch hydroprocessed synthesized paraffinic kerosene	FT-SPK	Coal, natural gas, biomass	50%	Fulcrum Bioenergy, Red Rock Biofuels, SG Preston, Kaldi, Sasol, Shell, Syntroleum
2	Synthesized paraffinic kerosene produced from hydroprocessed esters and fatty acids	HEFA-SPK	Vegetable oils and fats, animal fat, recycled oils	50%	AltAir Fuels, Honeywell UOP, Neste Oil, Dynamic Fuels, EERC
3	Synthesized iso-paraffins produced from hydroprocessed fermented sugars	HFS-SIP	Biomass used for sugar production	10%	Amyris, Total
4	Synthesized kerosene with aromatics derived by alkylation of light aromatics from non-petroleum sources	FT-SPK/A	Coal, natural gas, biomass	50%	Sasol
5	Alcohol-to-jet synthetic paraffinic kerosene	ATJ-SPK	Biomass used for starch and sugar production and cellulosic biomass for isobutanol production	30%	Gevo, Cobalt, Honeywell UOP, Lanzatech, Swedish Biofuels, Byogy