



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



KONVERZE CO₂ NA LIPIDY Z MIKROŘAS POHLEDEM STROJNÍHO INŽENÝRA

L. KRÁTKÝ, R. FORMÁNEK, V. BĚLOHLAV, R. ŠULC, T. JIROUT

Ústav procesní a zpracovatelské techniky
Fakulta strojní, ČVUT v Praze



FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE

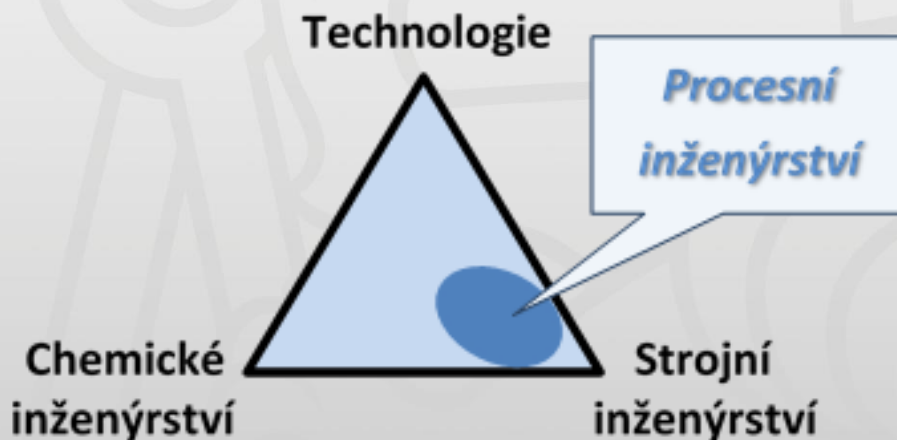
6.6.2018, Workshop
Česká republika – Perspektivy a potenciál využití CO₂



Odborné zaměření ústavu

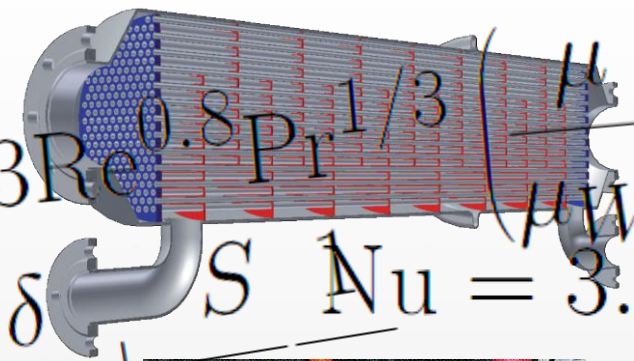
Stroje, zařízení a aparáty:

- **chemický průmysl** (základní chemické látky, rafinerie, těžba, ...)
- **potravinářský průmysl** (potraviny a potravin. doplňky, zemědělství)
- **zpracovatelský a spotřebitelský průmysl** (plasty, keramika, stavební hmoty, sklo, balení a obaly ...)
- **farmaceutický průmysl** (nová léčiva, generika, ...)
- **biotechnologie** (biopaliva, odpady, bioplasty, speciální organické látky, čištění odpadních vod a plynů)





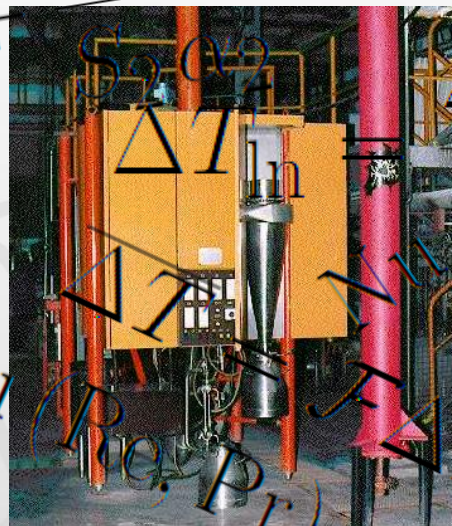
$$Nu = 0.023 Re^{0.8} Pr^{1/3}$$



$$\delta = \frac{S}{Nu} = \frac{\mu}{v} \frac{1}{3.66} = \frac{0.14}{3.66}$$



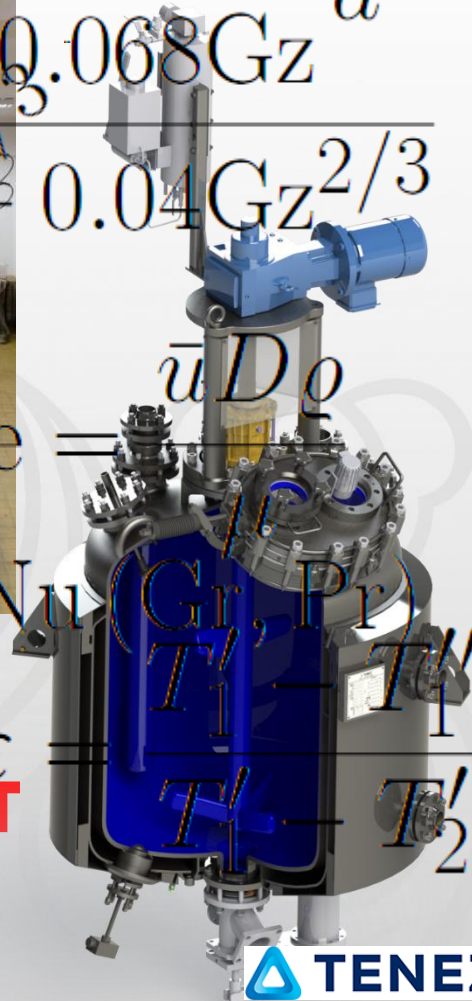
$$Pr = \frac{\nu}{a}$$
$$0.068 Gz$$
$$0.04 Gz^{2/3}$$



$$\Delta T_{ln} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}}$$
$$Re = \frac{\rho u D_0}{\mu}$$



$$Q = k S \Delta T$$
$$Nu = \frac{h D_0}{\lambda}$$



$$\bar{u} D_0$$
$$Nu = Nu(Gr, Pr)$$
$$\frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_2'}$$
$$\frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_2'}$$

JAK MŮŽE STROJNÍ INŽENÝR PŘISPĚT K ŘEŠENÍ CCU PROBLEMATIKY?

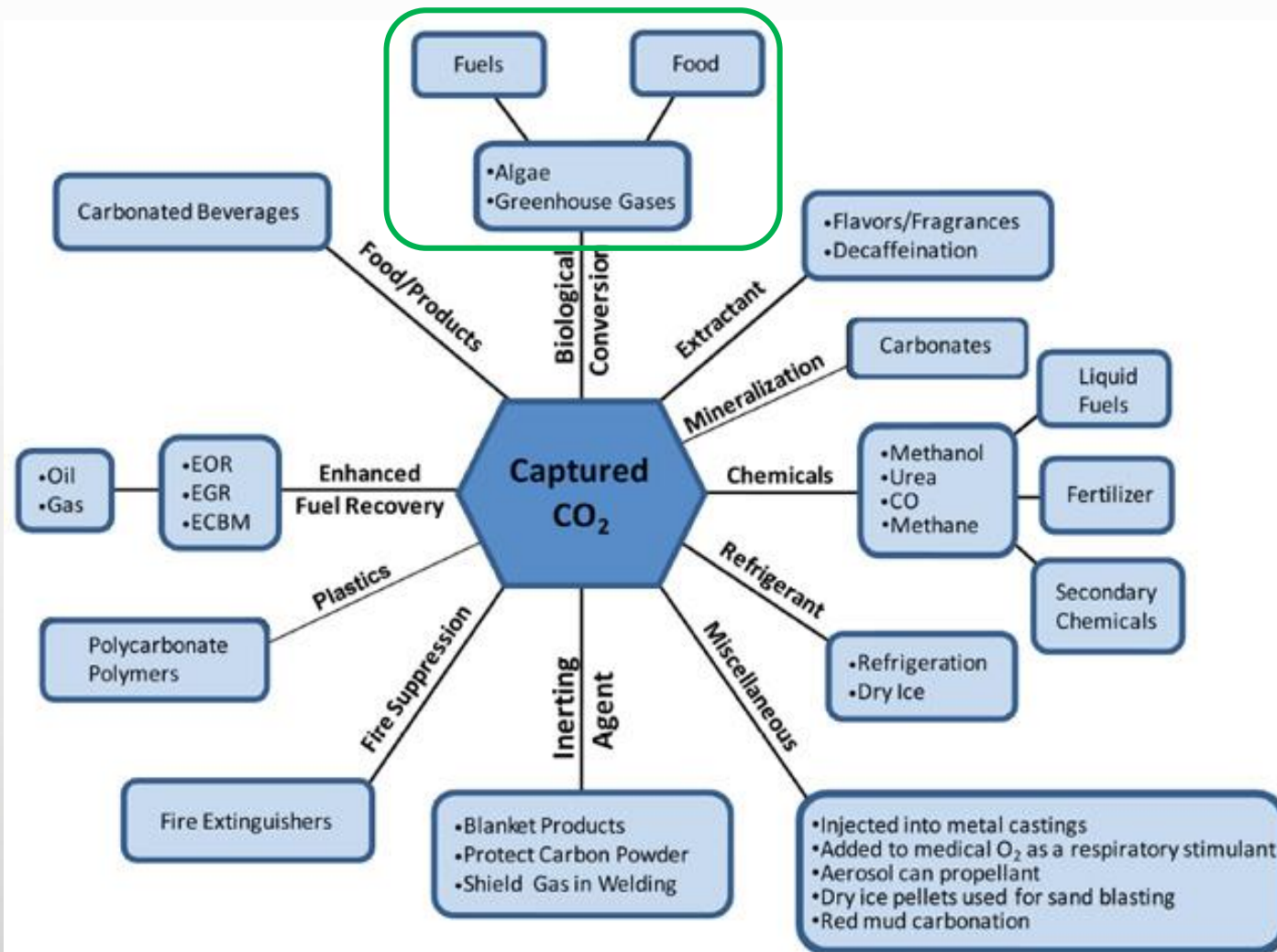


ČVUT

ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

VÝROBA LIPIDŮ Z CO₂ POMOCÍ MIKROŘAS

➤ široké portfolio využití emisního CO₂ -> **fotosyntentická transformace**

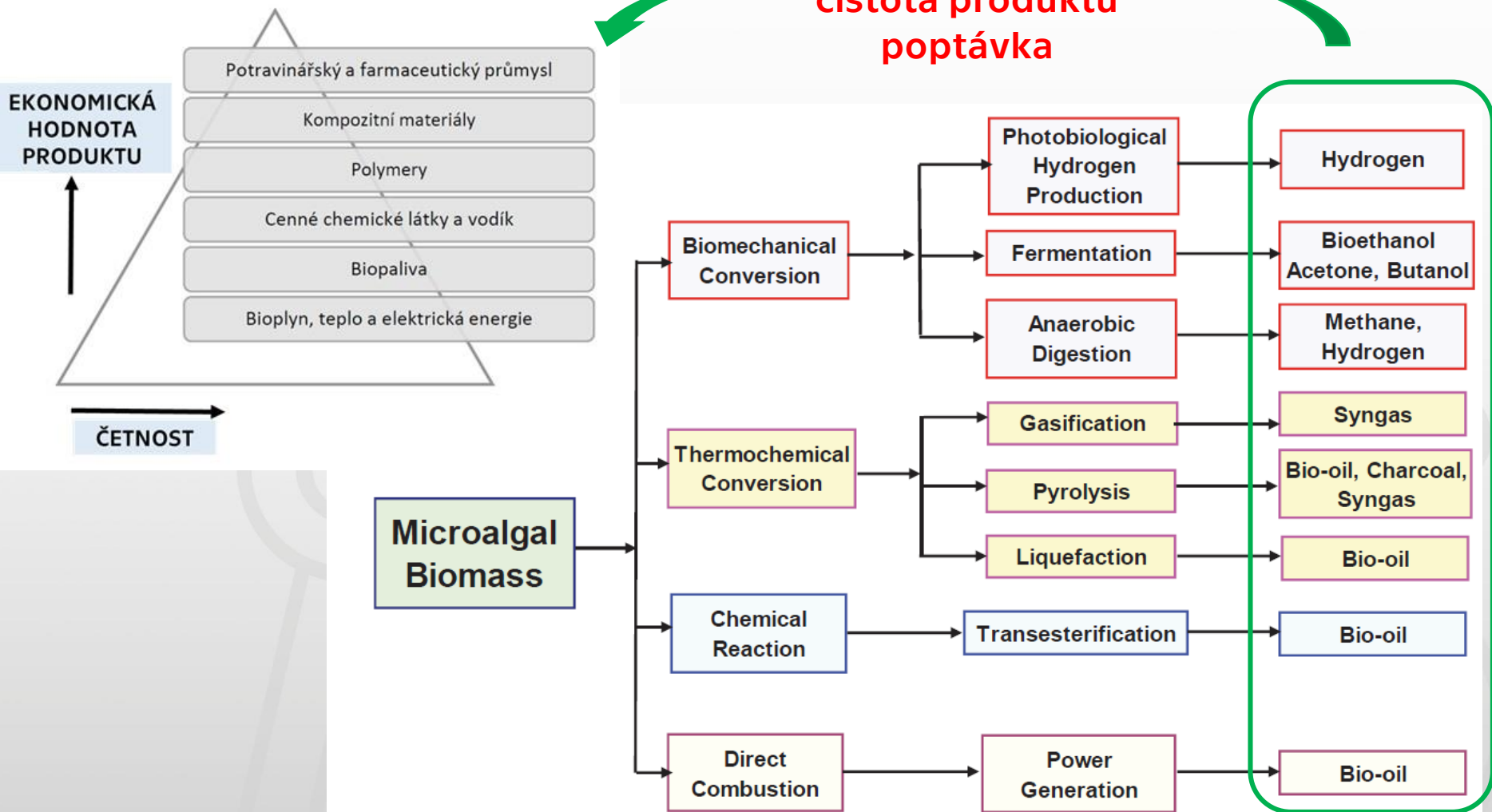




ČVUT

ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

VÝROBA LIPIDŮ Z CO₂ POMOCÍ MIKROŘAS



**ČVUT**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

VÝROBA LIPIDŮ Z CO₂ POMOCÍ MIKROŘAS

Orientační výkupní ceny produktů z řas

Produkt	Náhrada	Výkupní cena	Jednotka
elektrická energie	fosilní paliva	0.13-0.21	USD/kWh
biometan	zemní plyn	0.05-0.06	USD/kWh
hnojivo	organické hnojivo	0.25-0.63	USD/kg
bioplasty	plasty	1.75	USD/kg
potravina	proteiny, oleje	50	USD/kg
beta-karoten	organický	275-2750	USD/kg
omega 3 mastné kyseliny		50	USD/kg
krmivo		300	USD/t



ČVUT

ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

VÝROBA LIPIDŮ Z CO₂ POMOCÍ MIKROŘAS

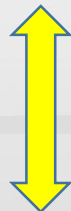
- **KULTIVACE MIKROŘAS JAKO MEZIPRODUKTU PŘEDSTAVUJE JEDEN ZE SLIBNÝCH SMĚRŮ ZPRACOVÁNÍ EMISNÍHO CO₂**



VELKÁ PROPAST MEZI PROJEKTOVANÝMI A SKUTEČNÝMI PRŮMYSLOVÝMI VÝROBAMI



? VŽDYŤ SE TO NEVYPLATÍ?



JAKÁ JE VELIKOST A EKONOMICKÁ NÁROČNOST TECHNOLOGIE „EMISNÍ CO₂ -> LIPIDY Z MIKROŘAS „ K PRODUKCI 2 m³ LIPIDŮ DENNĚ?

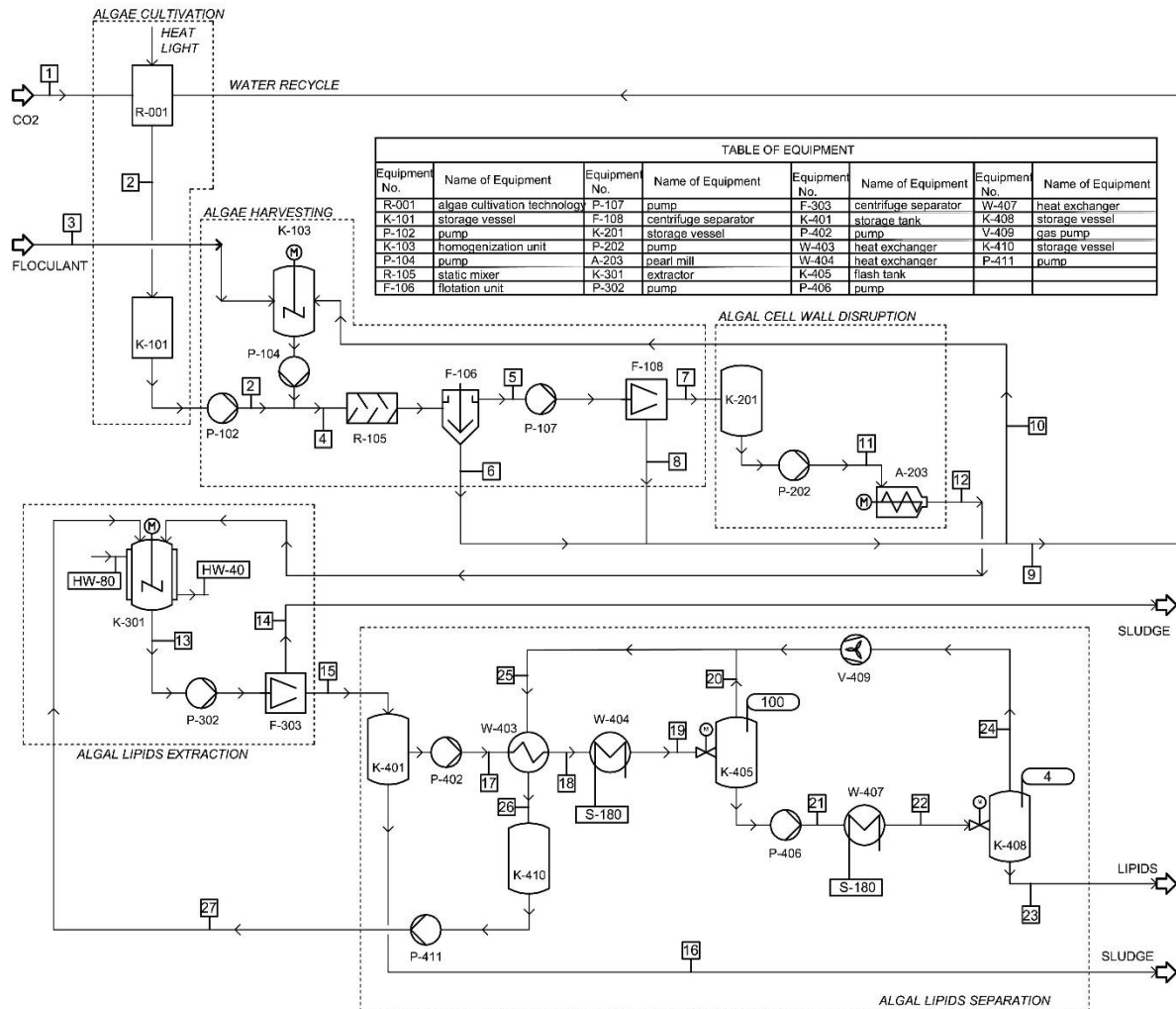


ČVUT

ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

VÝROBA LIPIDŮ Z CO₂ POMOCÍ MIKROŘAS

TECHNICKO-EKONOMICKÁ EVALUACE TECHNOLOGIE



- **PFD SCHÉMA**
- **BILANCE**
- **CAPEX**
- **OPEX**
- **RENTABILITA**
- **ANALÝZA MODELU**



**ČVUT**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

VÝROBA LIPIDŮ Z CO₂ POMOCÍ MIKROŘAS

Celkové investiční náklady CAPEX, design faktor 1.15

Investice do kultivace

Investice do sběru, dezintegrace, extrakce, separace

Investice na konstrukce, strojní montáže, MaR

Projekce, výroba, realizace

Rezerva pro kolísání cen

20 226 000 Eur

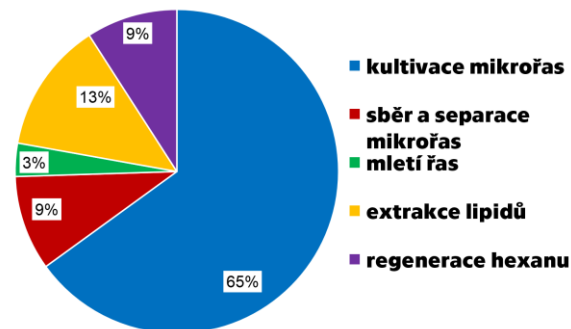
6 800 000 Eur

3 250 000 Eur

4 020 000 Eur

2 110 500 Eur

1 407 000 Eur



■ kultivace mikrořas

■ sběr a separace mikrořas

■ mletí řas

■ extrakce lipidů

■ regenerace hexanu

Provozní náklady OPEX

Přímé provozní náklady

*suroviny, energie, spotřební materiál kultivace**nákup surovin, spotřební materiál, energie – ostatní technologie**servis a údržba**ostatní**mzdy, dozor, laboratoř*

Nepřímé provozní náklady

režie, pojištění

Doprava surovin, produktů a odpadu

18 489 300 Eur r⁻¹18 218 000 Eur r⁻¹11 968 000 Eur r⁻¹5 185 200 Eur r⁻¹440 000 Eur r⁻¹625 000 Eur r⁻¹270 700 Eur r⁻¹0 Eur r⁻¹

Ekonomická bilance procesu

roční produkce lipidů

*provoz 8000 hodin*666 667 kg r⁻¹

výkupní cena lipidů

30 Eur kg⁻¹

roční příjem z prodeje lipidů

19 753 100 Eur r⁻¹

zdanitelný zisk

1 263 800 Eur r⁻¹

Průměrná doba odepisování majetku	rok	6
Odpisy na 1. rok	%	9.0
Odpisy na další roky	%	18.0

prostá doba návratnosti

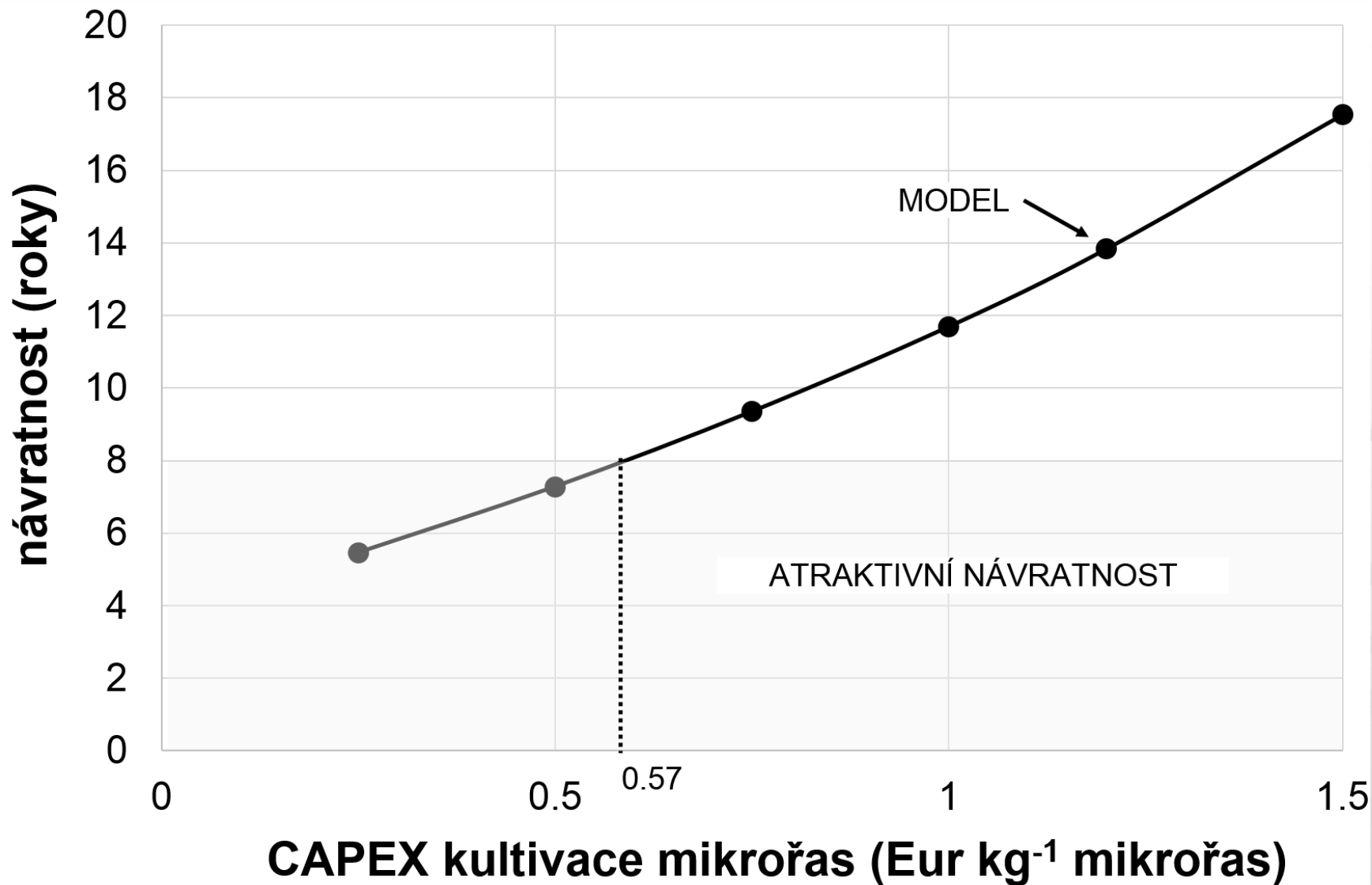
14,1 let



ČVUT

ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

VÝROBA LIPIDŮ Z CO₂ POMOCÍ MIKROŘAS

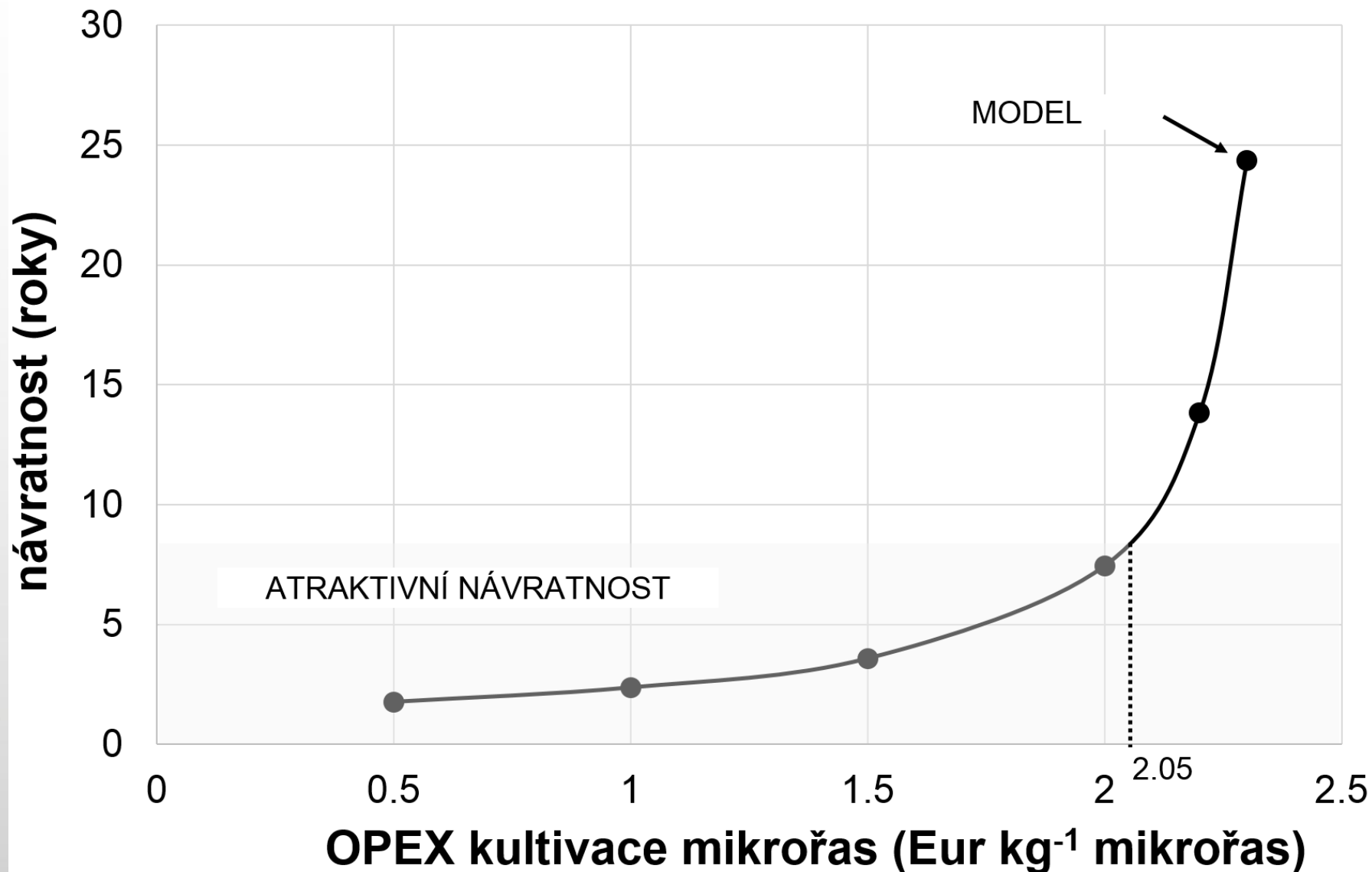




ČVUT

ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

VÝROBA LIPIDŮ Z CO₂ POMOCÍ MIKROŘAS

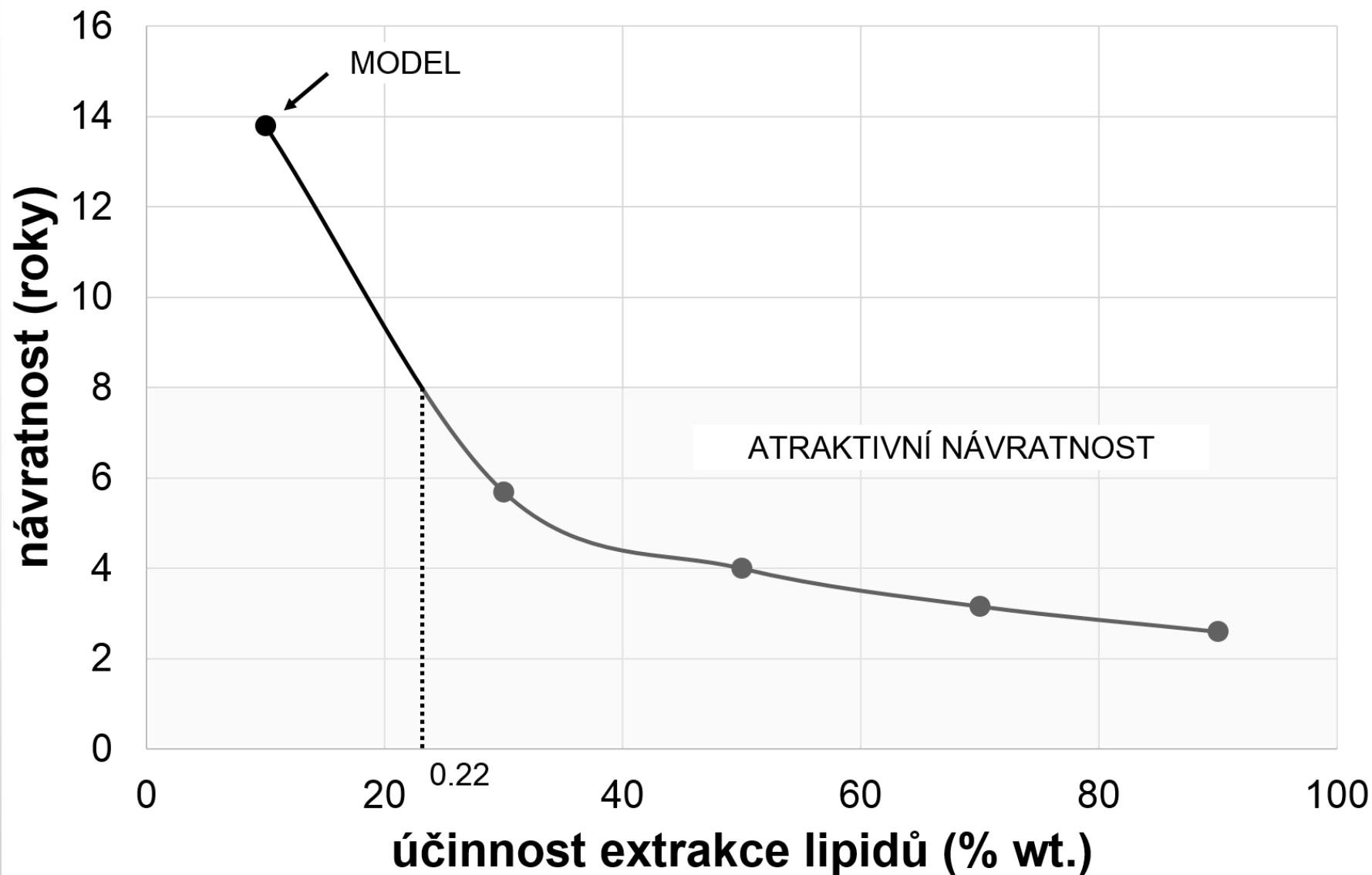




ČVUT

ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

VÝROBA LIPIDŮ Z CO₂ POMOCÍ MIKROŘAS

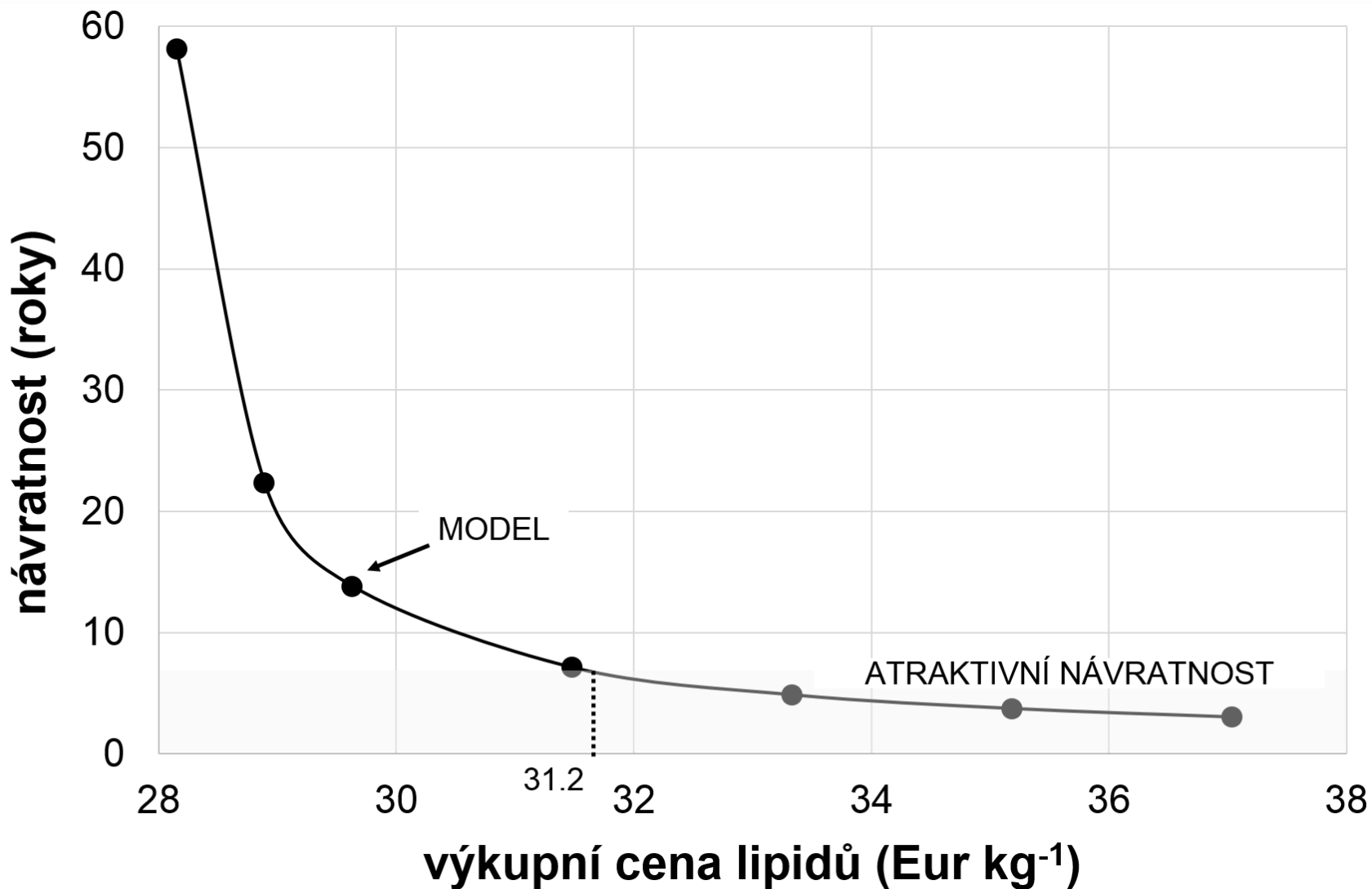




ČVUT

ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

VÝROBA LIPIDŮ Z CO₂ POMOCÍ MIKROŘAS





ČVUT

ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

VÝROBA LIPIDŮ Z CO₂ POMOCÍ MIKROŘAS

EKONOMICKY ATRAKTIVNÍ TECHNOLOGIE

- **rentabilní pouze při výkupních cenách lipidů nad 800 Kč kg⁻¹**

VYSOKÉ INVESTIČNÍ A PROVOZNÍ NÁKLADY

- **Fotobioreaktory**
 - K výrobě 1 kg lipidů je tedy zapotřebí 1 t kultivačního média, tj. vody s řasami, při 100 % účinnosti extrakce.
- **Extrakce lipidů**
 - účinnost 10-50 % v závislosti na metodě dizintegrace buněčných stěn mikrořas
 - hexan 200 ml g_{TS}řas⁻¹ s dobou zpracování 2 h



ČVUT

ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

VÝROBA LIPIDŮ Z CO₂ POMOCÍ MIKROŘAS

VÝZVA PRO ODBORNOU VĚŘEJNOST

- **zvýšení produkce a koncentrace lipidů v mikrořasách**
- **snížení CAPEX a OPEX kultivace mikrořas**
- **snížení nároků na zástavbu**
- **snížení energetické náročnosti (čerpání, míchání, osvětlení)**
- **integrace kultivace mikrořas do konceptu biorafinerie**
- **poloprovozní a průmyslové jednotky – techno-ekonomická studie**
- **separace a čištění produktů z mikrořas**
- **LCA analýza procesu**



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

CENTRUM VÝZKUMU NÍZKOUHLÍKOVÝCH ENERGETICKÝCH TECHNOLOGIÍ

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ

Projekt reg. číslo CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_019/0000753



FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE