

# Chemická technika

## 11 – Reaktory

Petr Zbořil

# Reaktory a fermentory

- Centrální část výroby
  - Chemické
    - obecně reaktory
      - nádoby vhodného tvaru, velikosti, materiálu ...
    - speciální případy
      - elektrolýzéry, vysokoteplotní ...
  - Biochemické
    - Bioreaktory, fermentory
    - Typické součásti

# Reaktory a fermentory

## ■ Požadavky

- chemická a mechanická (tepelná) odolnost – materiál
- inertnost – vliv na proces (materiál)
- velikost
  - scale-up – laboratorní, pilotní, provozní
- vybavení dle potřeb reakce – fermentace
- konstrukce dle způsobu provozu

# Reaktory a fermentory

- Materiál – dle bodů 1 – 3 výše
  - kov (železo, ocel – různá kvalita a cena)
  - sklo, keramika
  - dřevo, plast
  - povrchová úprava – smalt apod.

# Reaktory a fermentory

## ■ Vybavení

- ventily (napouštěcí, vypouštěcí – ev. otvory) a dávkovací zařízení (reaktanty, aditiva apod.), u fermentorů sterilita, odvod plynů
- míchadla
- tepelná zařízení (topení – chlazení)
- aerace (dávkování)
- měřicí a regulační body – čidla (T, pH,  $pO_2$  apod., pěna) + dávkovače

# Konverze substrátu

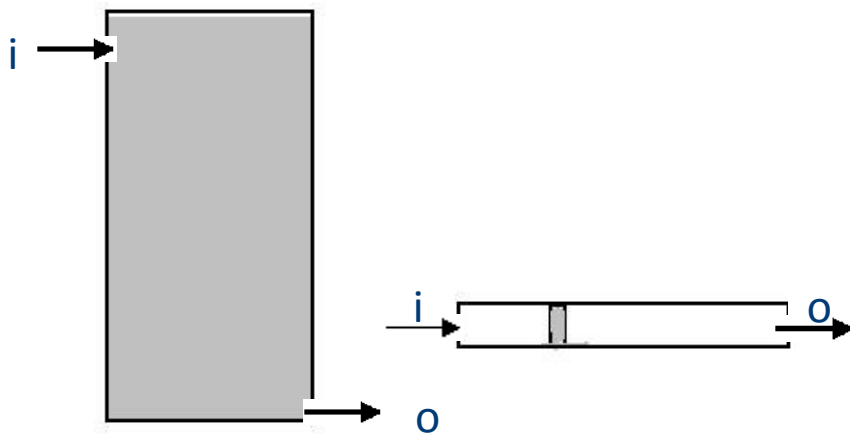
- Rychlost reakce – určující
- Doba zdržení – periodické x kontinuální
  - Objem reaktoru a průtok
  - $\tau = V/v - (t - h, s)$
  - Pravděpodobnost – průměrná molekula
- Kontinuální kultivace
  - $\mu = D, D = Q/V (t^{-1})$

# Reaktory a fermentory

- Konstrukce a hydrodynamický režim
  - Vsádkové (batch) – periodický provoz
  - Polokontinuální
  - Kontinuální
    - ideálně míchané
    - pístový tok
  - Průtok a velikost
    - doba zdržení – požadavek konverse

# Konstrukce a hydrodynamický režim

- Ideálně míchaný reaktor (široká nádoba)
- Reaktor s pístovým tokem (trubka - válec)



$$v = V_i/t = V_o/t$$

■ =  $V_R/v$  – doba zdržení

■ – reduk. čas

■ – stupeň konverze =  $f(\text{■})$   
■ – pravděpodobnost



# Konstrukce a hydrodynamický režim

## ■ Ideálně míchaný a pístový tok

- Koncentrace komponenty na výstupu – C křivka

- C nebo  $C/C_0$  vs. t nebo  $\theta$  (t/■)

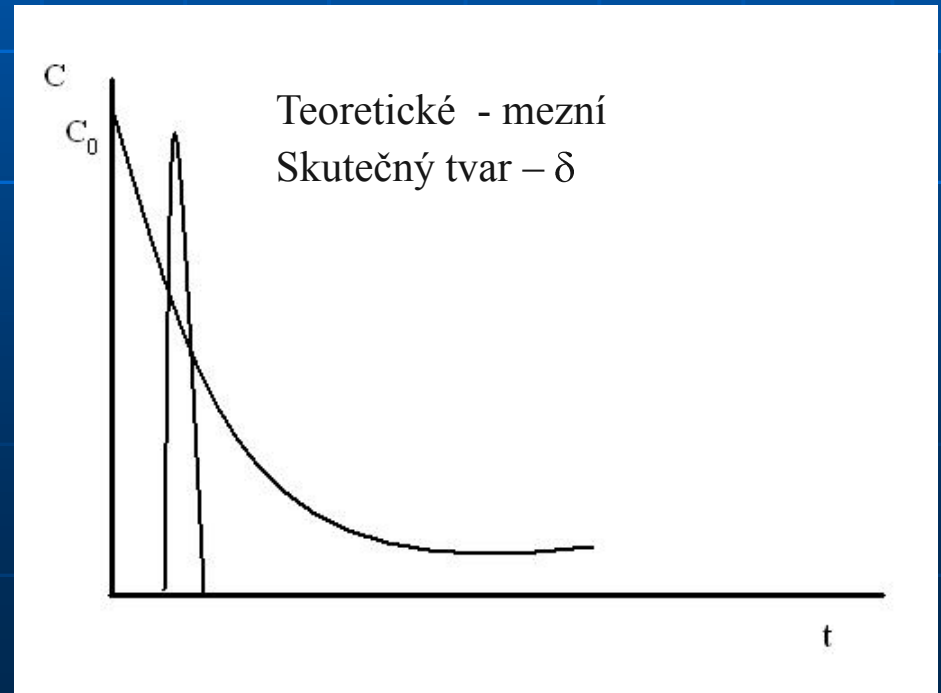
- Experimentální stanovení – barvivo, ionty

- modelové

- za provozu

- Disperzní číslo

$$\text{■} = f(D/v.L) \text{■} - \text{■}$$



# Měřicí a regulační způsoby

## ■ Periodické

- Jednodušší
- parametry se mění s časem
- kontrola a úprava během procesu dle potřeby

## ■ Kontinuální

- Složitější
- parametry konstantní v čase a daném místě, mění se pro jednotlivá místa – kolísání
- nutnost většího počtu kontrolních míst
- modelový průběh konverse
- predikce změn – tendence
- regulace (přídavky) – řízeno modelem

# Velikost zařízení

- Laboratorní
- Poloprovozní – pilotní
- Provozní
- Scale-up
  - odlišná geometrie
  - vliv na proces!
  - mechanické problémy – hmotnost x nosnost

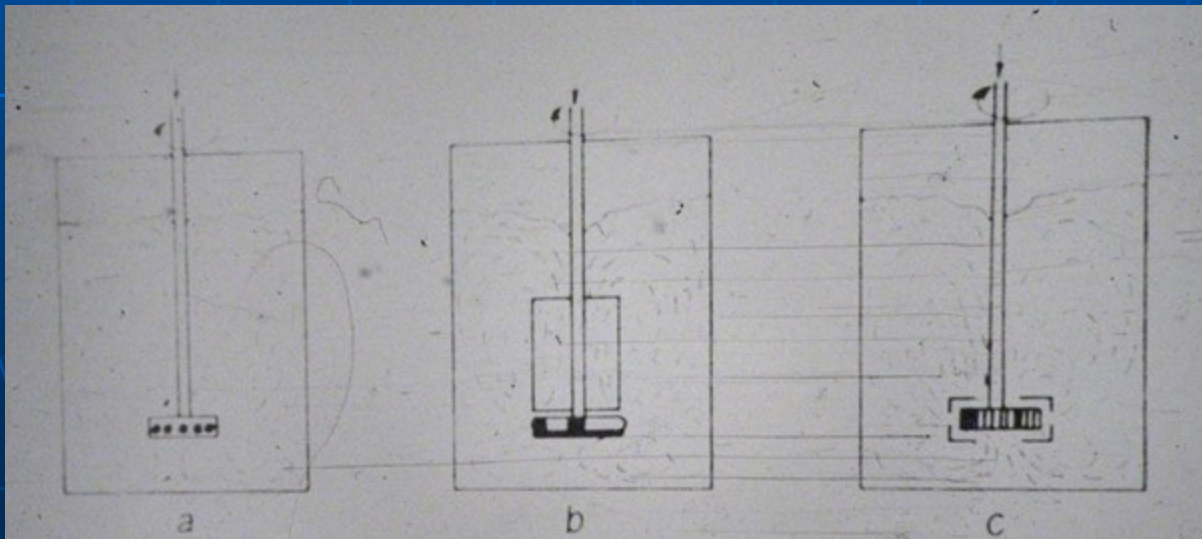
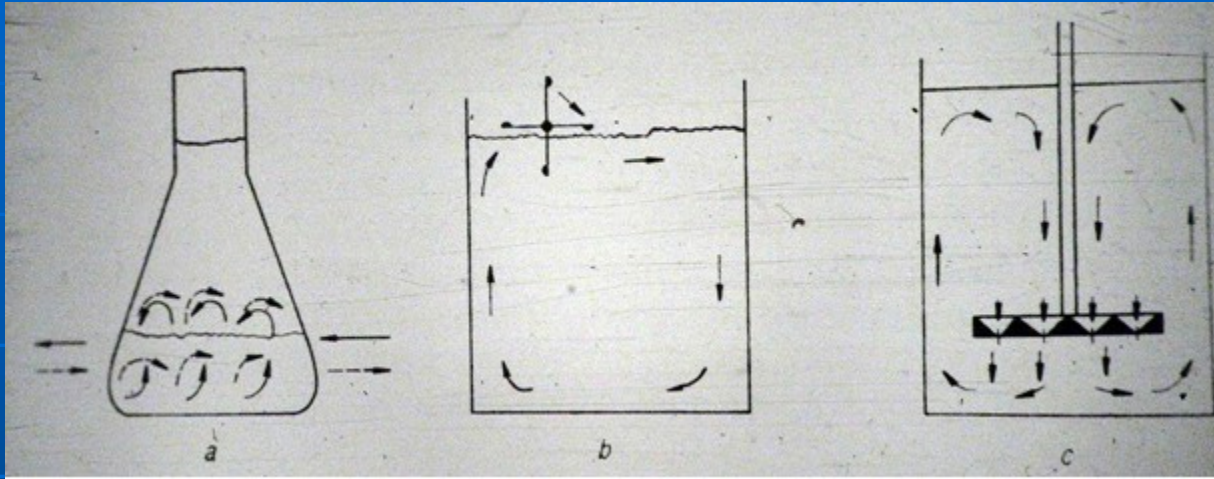
# Laboratorní úrovně

- Baňky a láhve
- Jednoduché vybavení a kontrola
- Periodický provoz

# Vzduchování a míchání

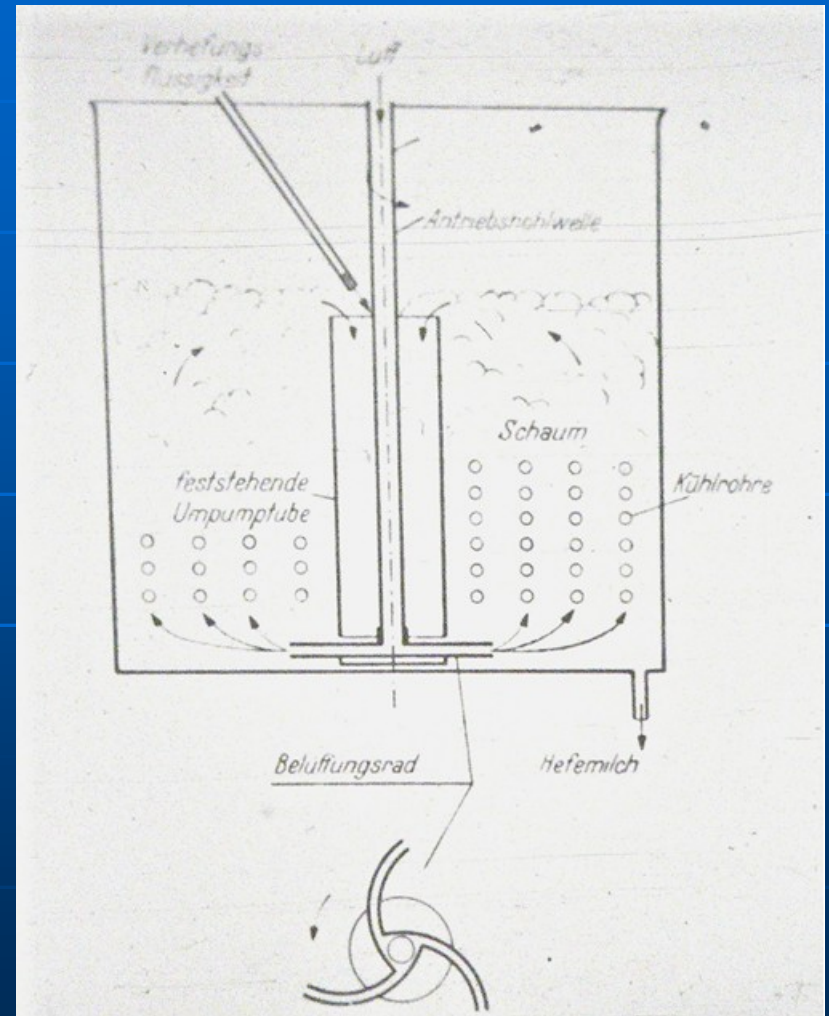
- Zajištění přenosu hmoty
- Heterogenní x homogenní systém
- Heterogenní místa spotřeby reaktantů
- Zvláštní postavení kyslíku

# Vzduchování a míchání - míchadla a turbíny



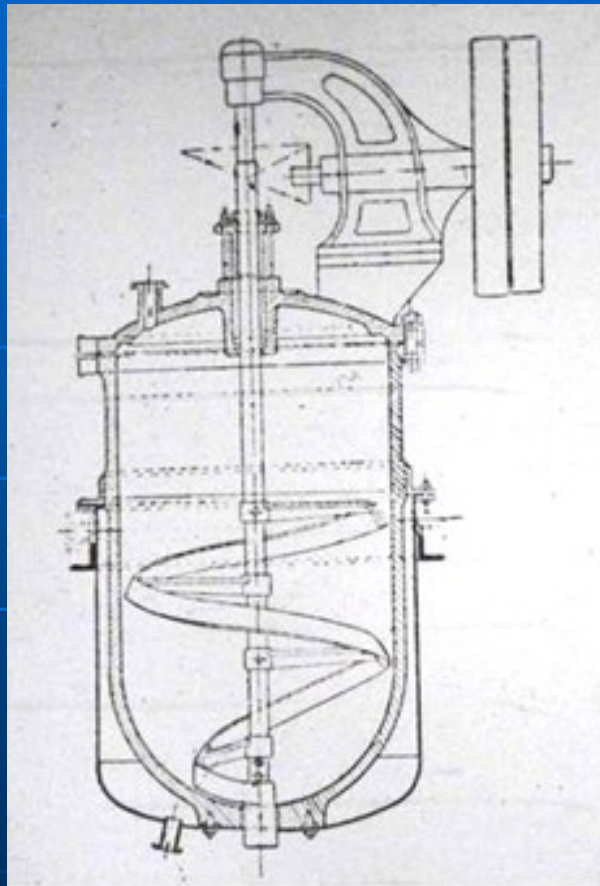
# Vzduchování a míchání

- Vzduchování pomocí míchadla

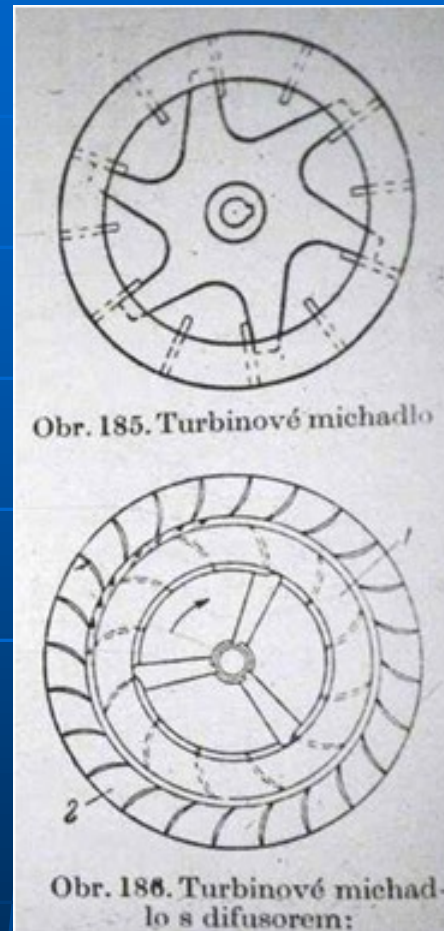




# Vzduchování a míchání



Pásové míchadlo



Turbinová míchadla

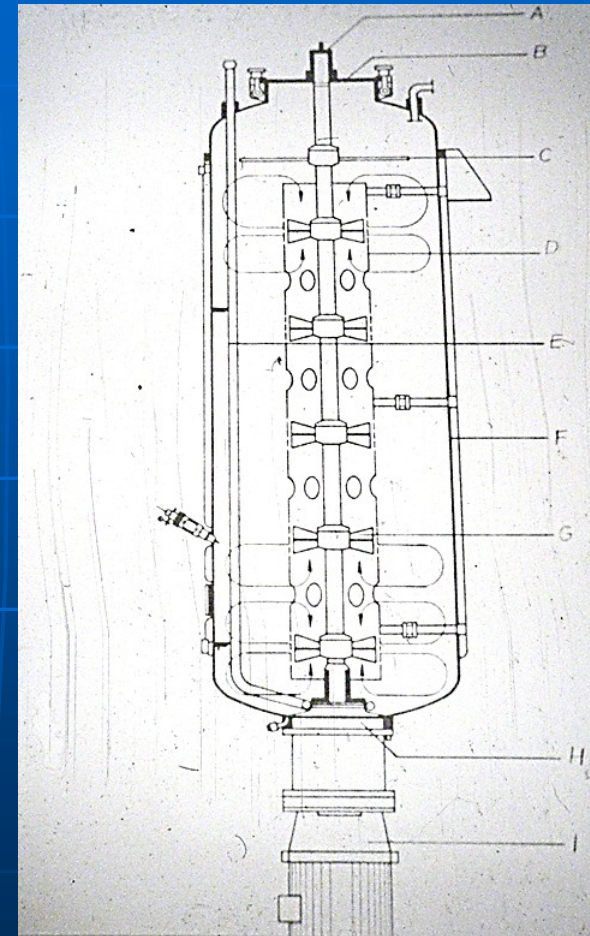
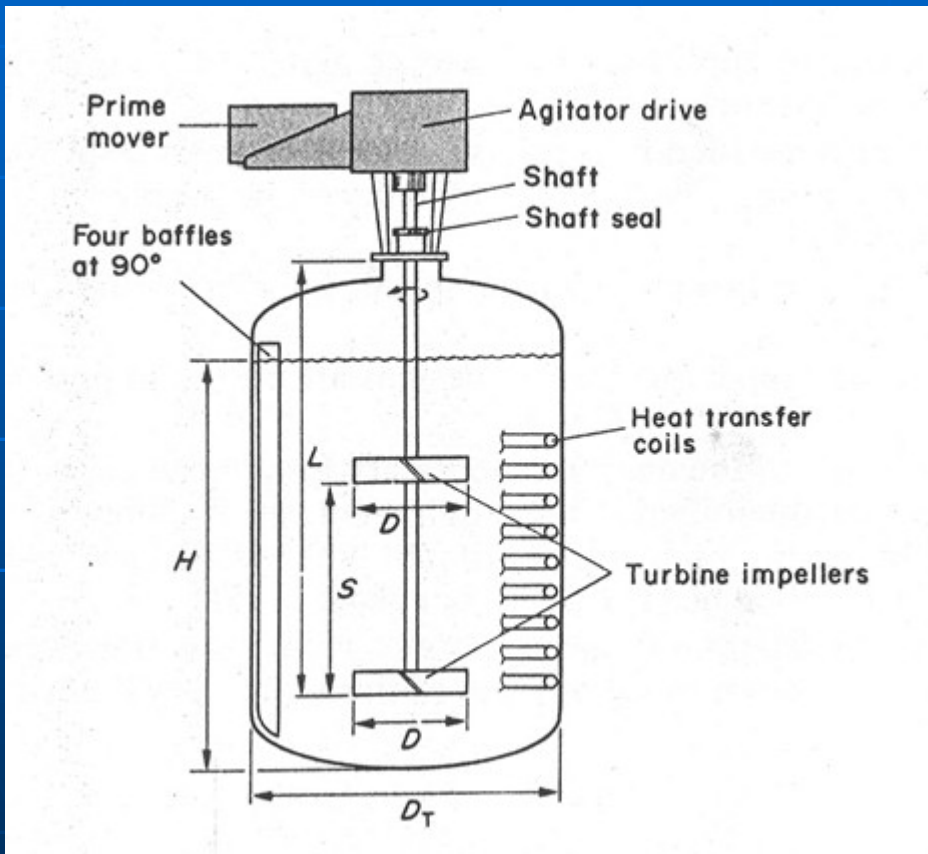


# Laboratorní fermentor

- Vyšší stupeň, po úrovni láhve  
Periodický i kontinuální provoz
- Vybavení, měřicí a regulační prvky identické s provozními



# Provozní úroveň

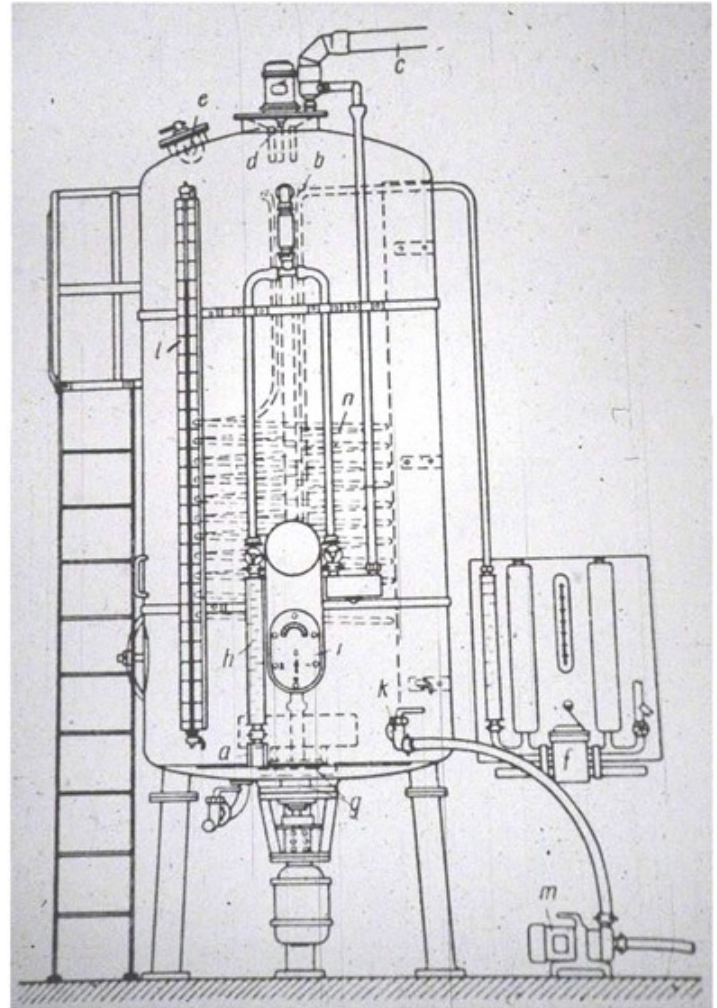


- Mícháný tank s temperací

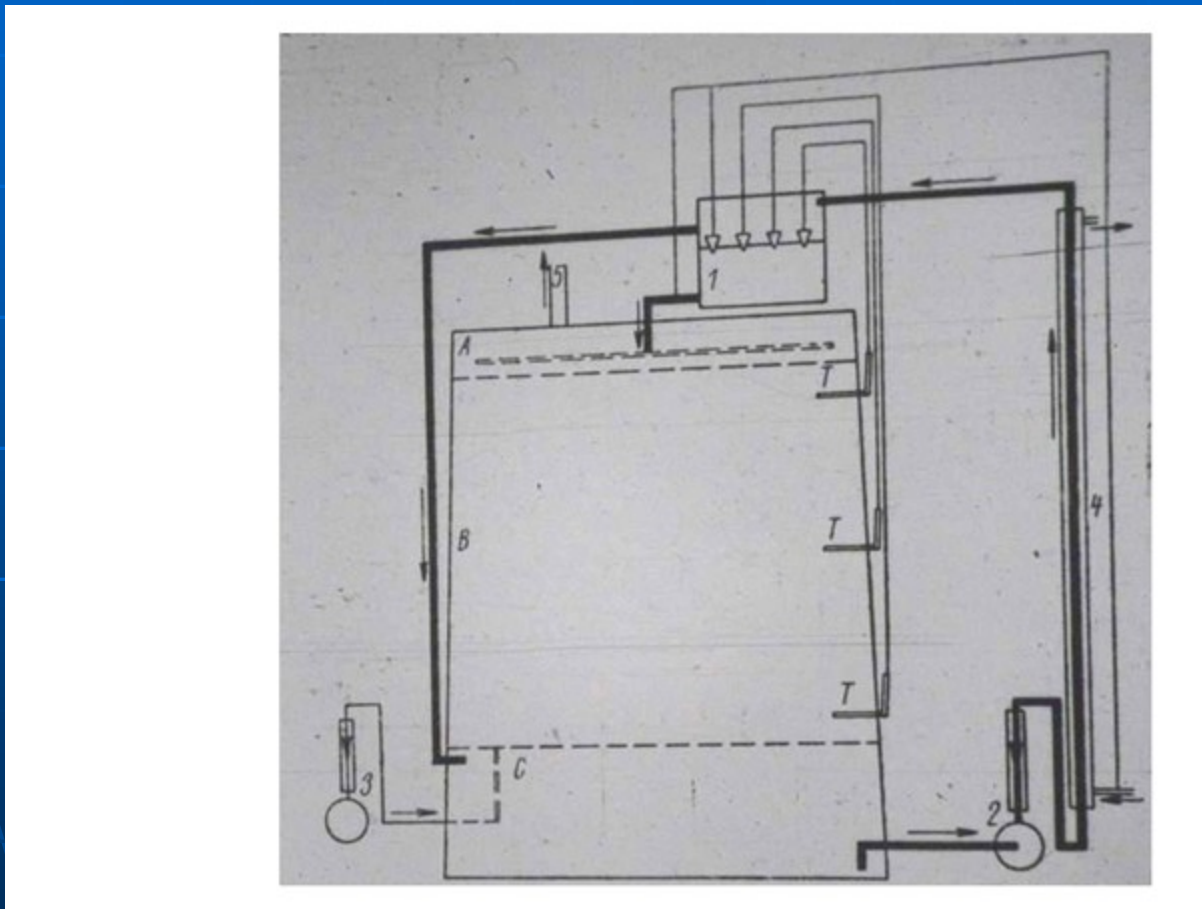
# Provozní úroveň

- Provozní fermentor s průtokoměrem vzduchu (velkoocetnice)

Rozměry – viz žebřík



# Náplňový fermentor



- Zakotvený systém – ocet

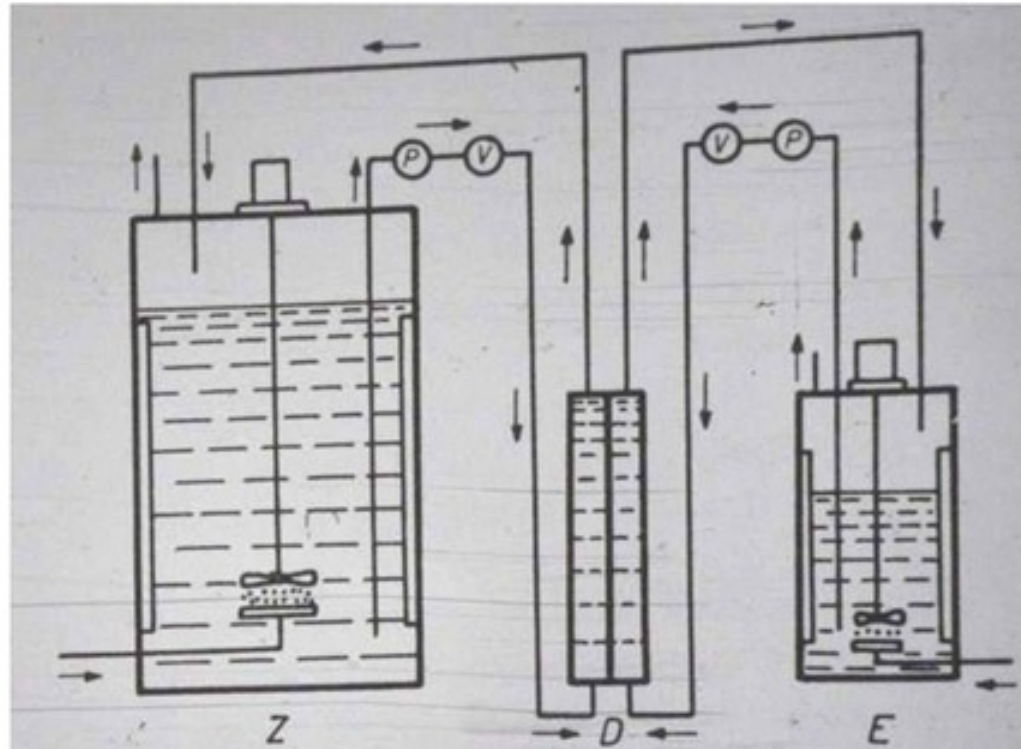


# Náplňový fermentor



- Zakotvený systém – ocet

# Dialyzační fermentor

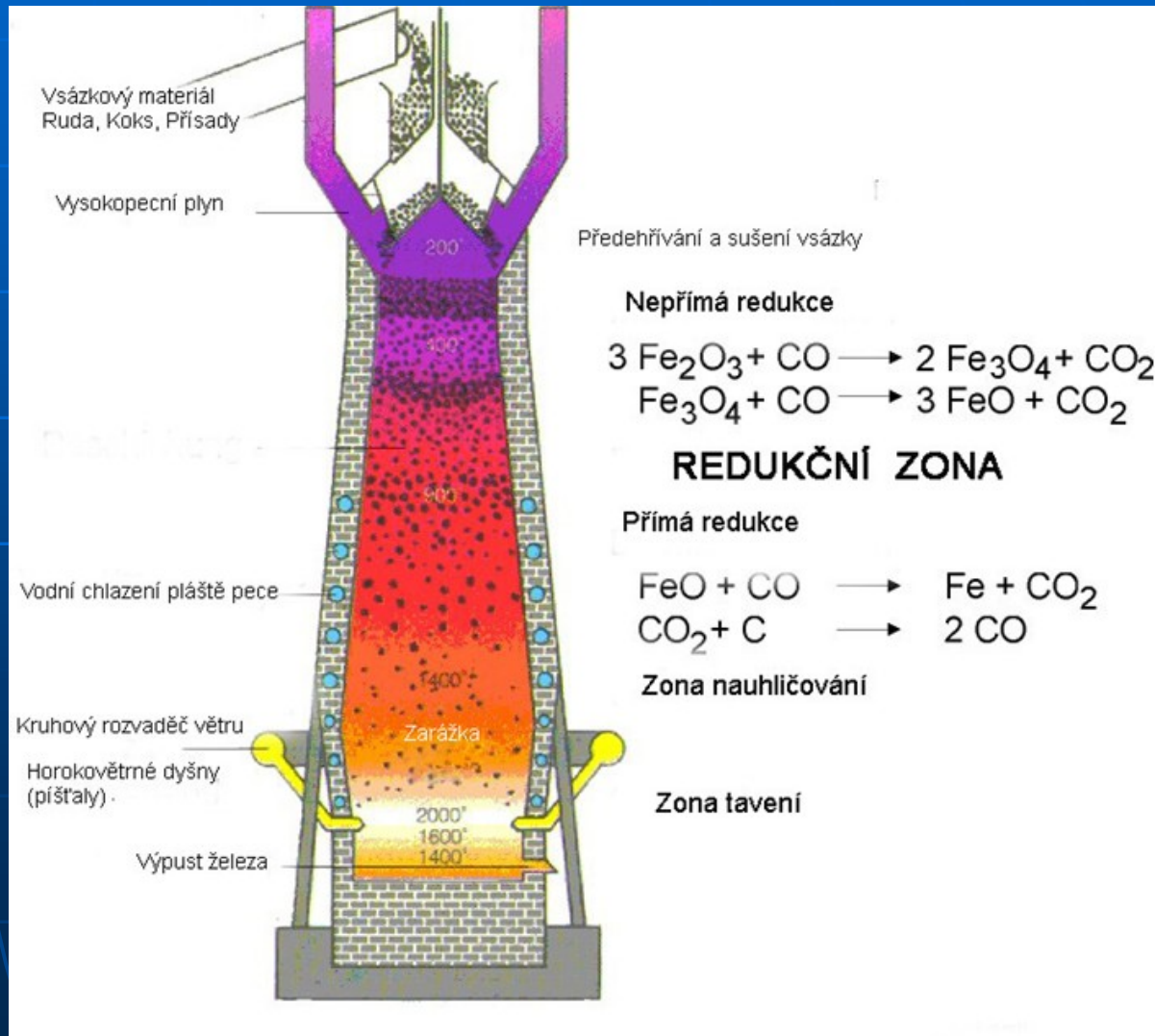


Obr. 49. Dialyzační fermentér (podľa [51])

Z — tank so zásobou čerstvej sterilnej pôdy, D — dialyzátor,  
E — fermentér, P a V — pumpy a ventily

# Kontinuální-kombinovaný proces

## ■ Vysoká pec



■ Děkuji za pozornost



