

Omezování plynných emisí

Ochrana ovzduší

ZS 2017/2018

Úvod

- Různé fyzikální a chemické principy + biotechnologie
- **Principy:**
 - absorpce
 - adsorpce
 - oxidace a redukce
 - katalytická oxidace a redukce
 - kondenzační technologie
 - biotechnologie

Úvod

- **Volba technologie** podle:
 - chemického složení odlučované látky
 - koncentrace v nosném plynu
 - fyzikálních a chemických vlastností odlučované látky
 - množství čištěného plynu
 - teploty, tlaku a vlhkosti plynu
 - obsahu tuhých příměsí
 - místních podmínek (prostorových, skladovacích, ...)
 - a jiných parametrů

Absorpce

- **Plynná složka** z čištěného plynu **pohlcována** při kontaktu s **vhodnou kapalinou**.
- **Difúzní** přenos hmoty
- **Hnací síla absorpce** – $\Delta C_{\text{složky}}$ mezi C v plynné fázi a rovnovážnou C v plynné fázi \sim obsahu složky v kapalné fázi
- **Účinnost absorpce** –
 - rychlost přestupu hmoty z plynné do kapalné fáze
 - C , T , plocha styku fází, doba zdržení, hydrodynamické podmínky
 - lépe nižší T a vyšší p

Absorpce

- **Chemisorpce** – navíc ještě chemická reakce mezi plynem a kapalinou
- Většinou regenerace prací kapaliny – exsorpce
- Použití absorpce při čištění plynů z výrobních a spalovacích procesů
- Účinnost běžně až 99 %

Typy absorbérů

- bezvýplňové sprchové absorbéry
- výplňové absorbéry
- pěnové (patrové) absorbéry
- absorbéry s plovoucí výplní

- mokré mechanické odlučovače (Venturiho pračky, mokré pěnové odlučovače)

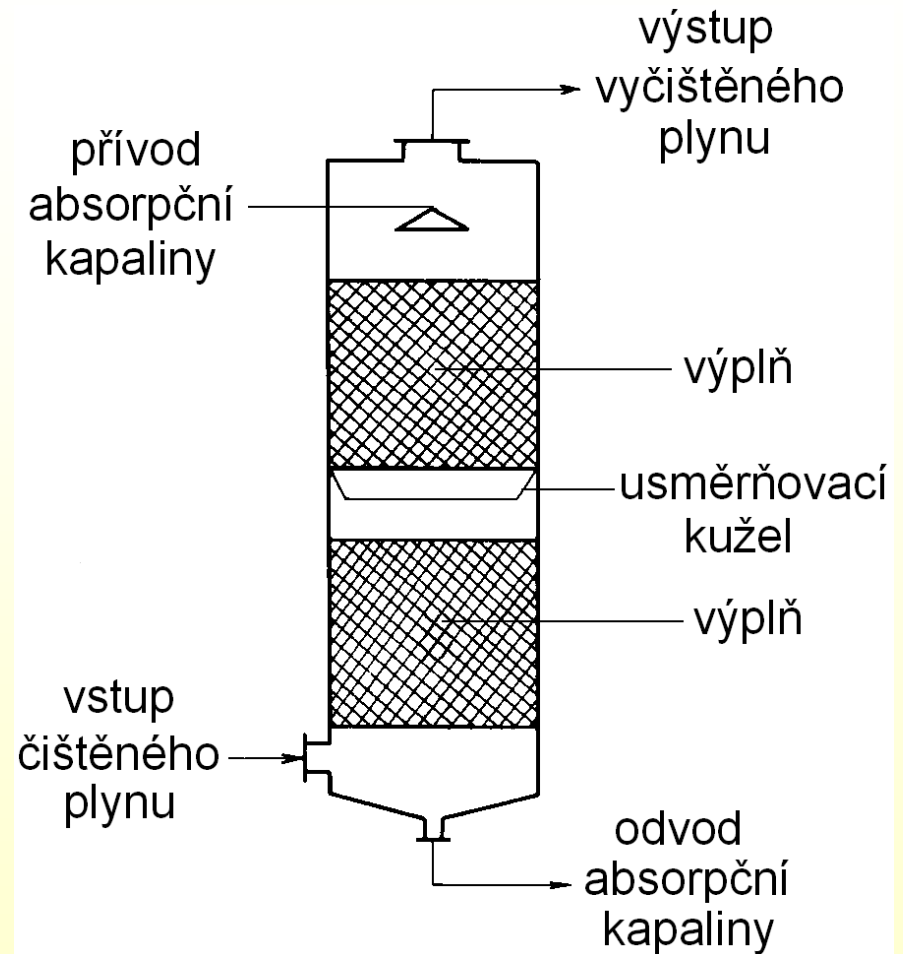
- Velké objemy plynu s malou koncentrací odlučované látky

Bezvýplňové sprchové absorbéry

- Konstrukčně **jednoduché**
- Válcová nádoba, absorpční kapalina rozstříkována proti proudu plynu
- **Rozprašovací zařízení**
 - velikost kapiček
 - rovnoměrnost rozstříkování
- **Výhody:** jednoduché, nízká Δp , menší citlivost na tuhé částice v čištěném plynu
- **Nevýhody:** nízká η , únos kapiček
- Použití - odsiřovací technologie

Výplňové absorbéry (absorpční věže)

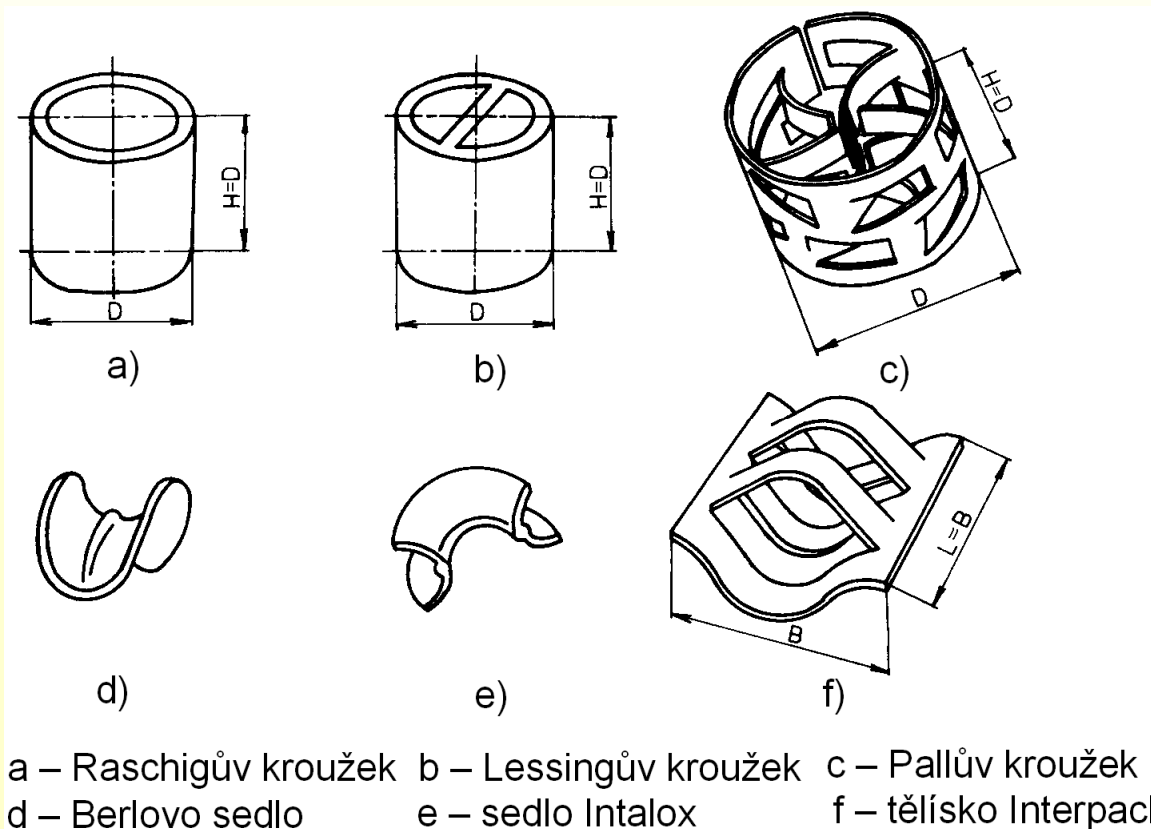
- Nejčastější typ absorbéro
- Typy podle **výplně**
 - dřevěné rošty
 - profilované desky
 - tělíska
- **Výhody:** vysoká η
- **Nevýhody:** citlivost na vyšší obsah tuhých částic v plynu



Výplňové absorbéry (absorpční věže)

Výplňová tělíska

- Materiál
- Co největší měrný povrch, co nejnižší měrná hmotnost a tlaková ztráta

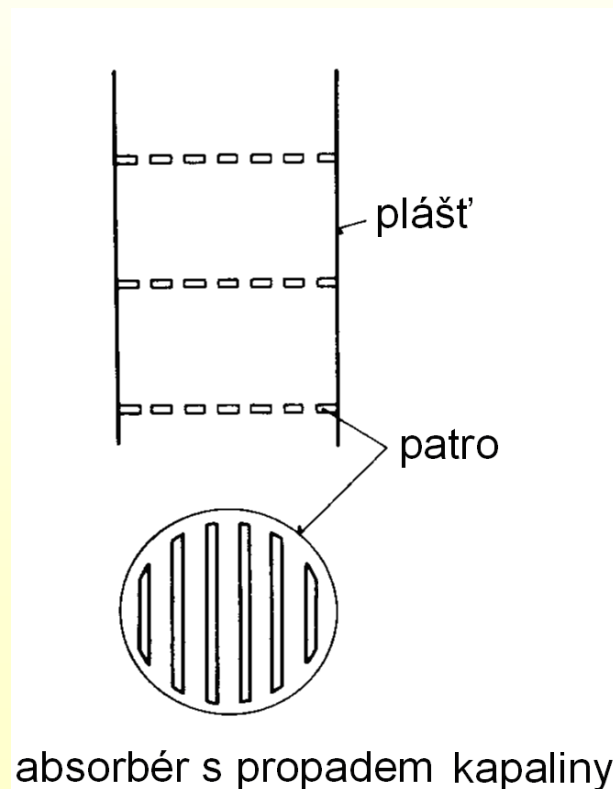


Pěnové (patrové) absorbéry

- 2 nebo více pater

Absorbéry s propadem kapaliny (s bezpřepadovými patry)

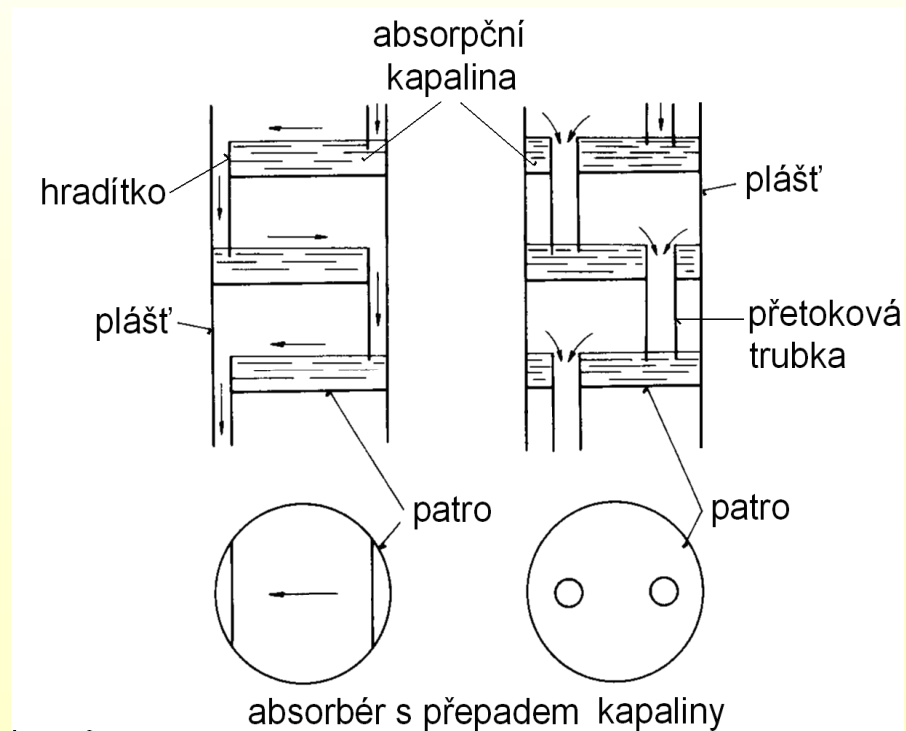
- Děrované přepážky nebo síta
- Pěnový režim při určité rychlosti plynu



Pěnové (patrové) absorbéry

Absorbéry s přepadem kapaliny (s přepadovými patry)

- Přepadové otvory na patře
- Plyn rozdělován na patrech do bublin



Pěnové (patrové) absorbéry

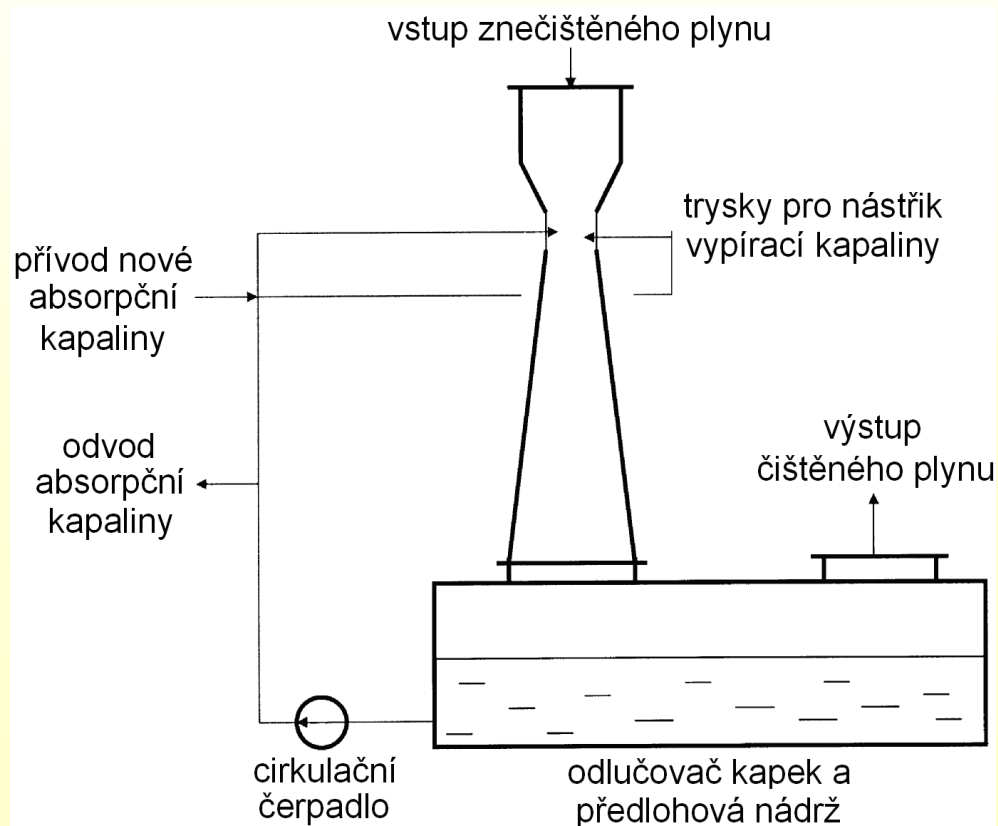
- **Výhody:**
 - intenzivní promíchávání a přenos hmoty
 - vysoká η nad 90 %
 - nízká citlivost na obsah tuhých částic v plynu
 - dobrá regulace doby zdržení
- **Nevýhody:**
 - vyšší Δp
 - citlivost na kolísání průtoku plynu

Absorbéry s plovoucí výplní

- Lehká dutá plastová tělíška na patrech
 - vyšší turbulence
 - styčný povrch
 - omezení ucpávání otvorů

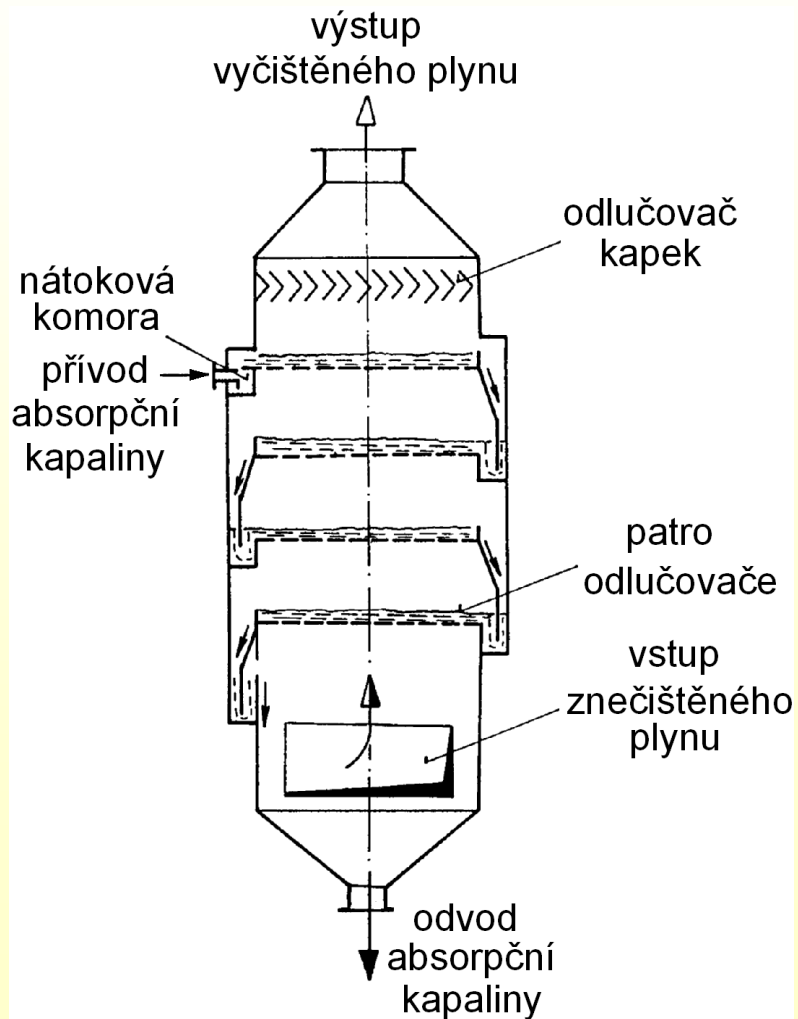
Venturiho pračky

- Mokrý proudový odlučovač tuhých částic
- **Venturiho tryska** – absorpční kapalina se rozpráší v hrdle a v difuzoru se směšuje s čištěným plynem
- Často předřazování před další absorbéry



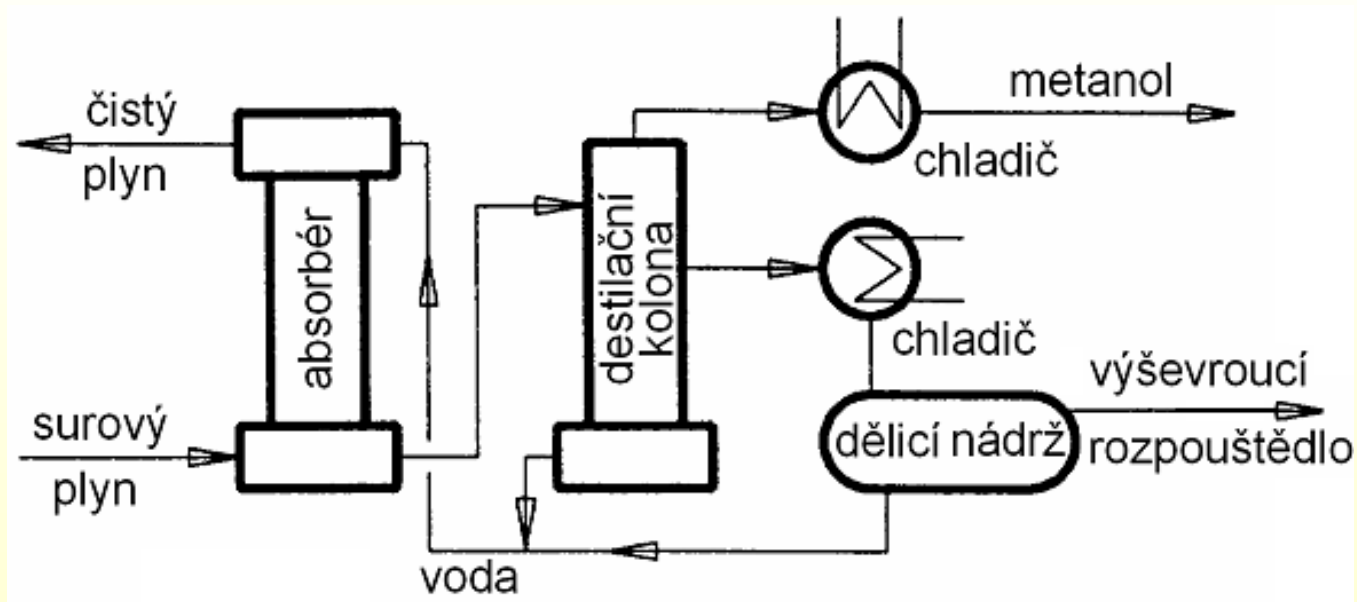
Mokrý pěnový odlučovače

- odlučování tuhých částic
- Odlučování a absorpce v pěnové vrstvě na děrovaném patře



Absorpce

- Aplikace absorpce k likvidaci metanolu ze vzduchu z výroby desek z organických pryskyřic



Absorpce

Tabulka 26 Příklady použití absorpce k čištění odpadních plynů

Průmyslová činnost	Průtok odplynů [m _n ³ /h]	Škodlivina	Koncentrace v surovém plynu [mg/m ³]	Koncentrace v čistém plynu [mg/m ³]	Účinnost %
Výroba synt. usní	20 000	dimethylformamid	10 000	100	99
Výroba viskosity	50 000	sulfan	2 000	5	99,9
Slévárny (výroba forem)	6 000	dimethylisopropylamin	60	1,2	98
Sklárny (leptání skla)	20 000	slouč. fluoru	2 – 10	0,1	95
Mikroelektronika (difúzní pec)	3 000	chlorovodík	80	0,5	99

Adsorpce

- Molekuly plynné látky se zachytávají na povrchu tuhé látky.
- **Difúzní** přenos hmoty
 - fyzikální adsorpce – vazba pomocí van der Waalsových sil, je možná desorpce
 - chemická adsorpce – plyn vázán pomocí chemické vazby, pevnější vazba

Adsorpce

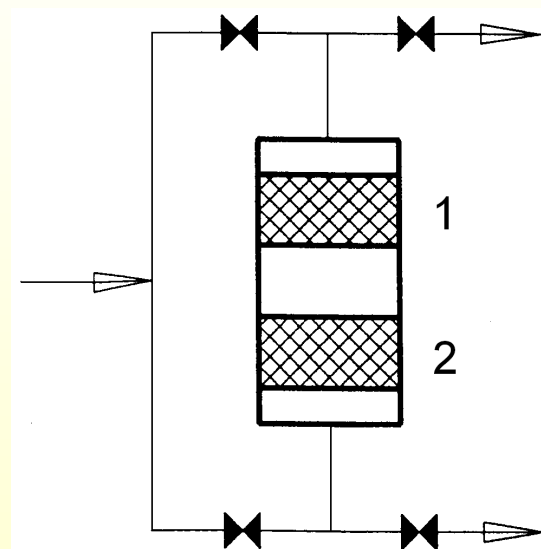
- **Sorbent** – pórovité látky s velkým měrným povrchem, aktivní uhlí, silikagel, bentonit, zeolity aj.
- Desorpce – zvýšením T a proháněním inertního plynu
- **Sorbenty pro chemickou adsorpci** – kovy na inertním nosiči, oxidy kovů
- Čištěný plyn musí být zbaven tuhých částic, aby se zamezilo zanášení sorbentu
- **Použití** v řadě prům. odvětví, ve spalovnách odpadů
- Uplatnění chemické adsorpce při **suché aditivní metodě odsiřování spalin** či **fluidním spalování s aditivy**.

Adsorbéry

- **Adsorpční zařízení bez regenerace** – pro malé koncentrace odstraňované látky

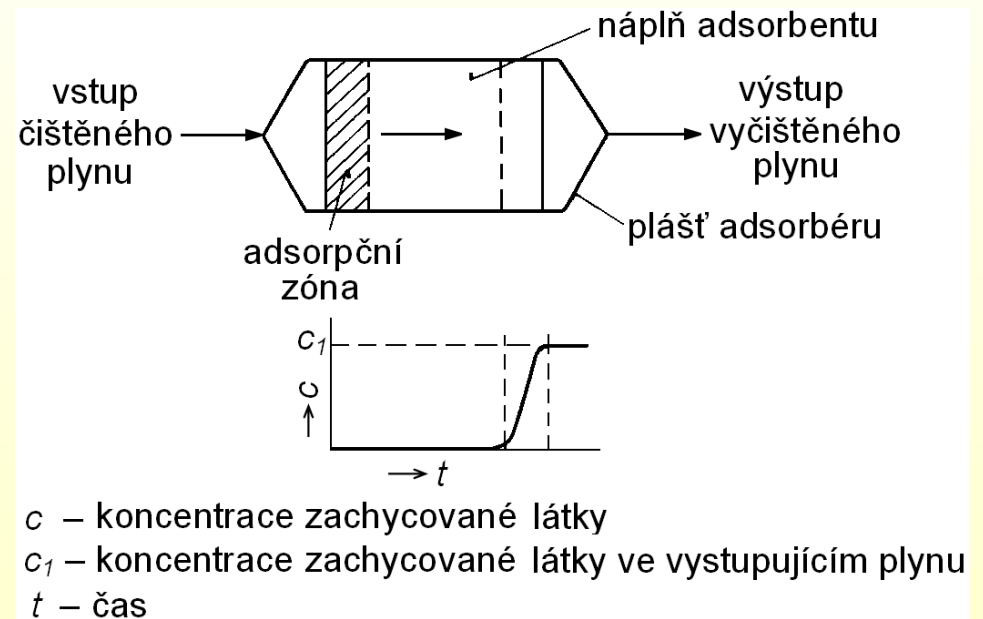
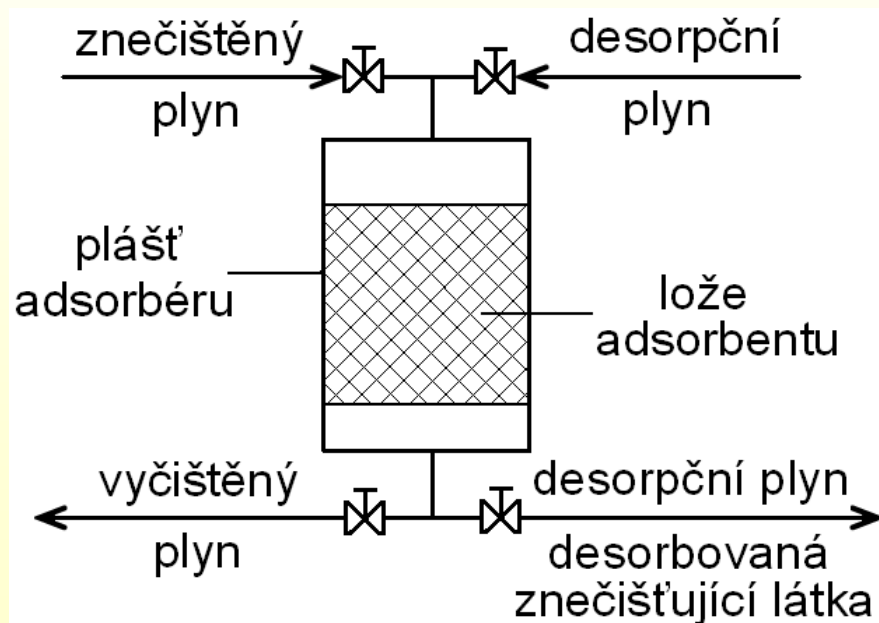
1 – čištění

2 – dočištění



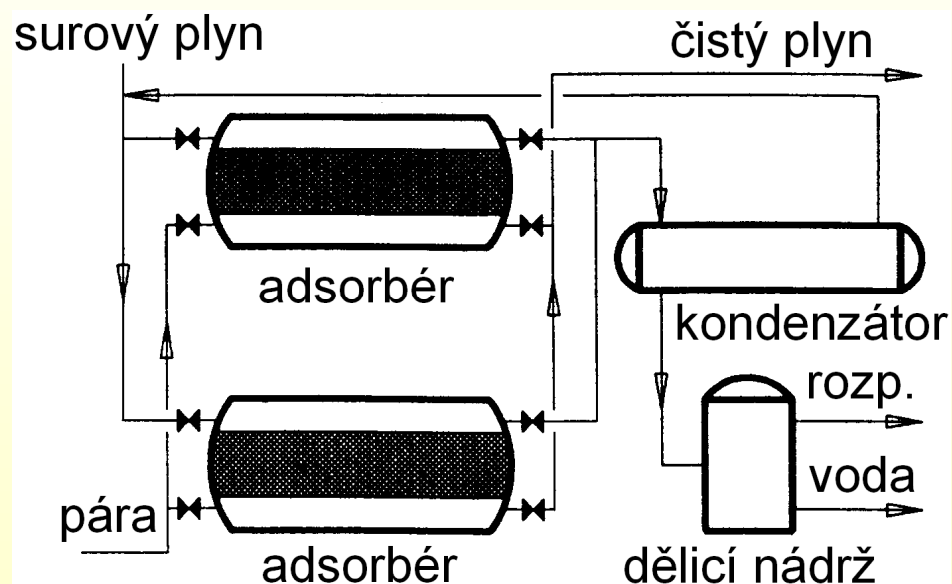
Adsorbéry

- **Jednostupňové zařízení s přetržitým provozem** – použití v běžných případech
- Adsorpční lože vertikálně nebo horizontálně



Adsorbéry

- **Více adsorbérů, pracujících střídavě** – pro nepřetržitý provoz
- Př.: jednoduché adsorpční zařízení pro čištění odplynů z lakoven



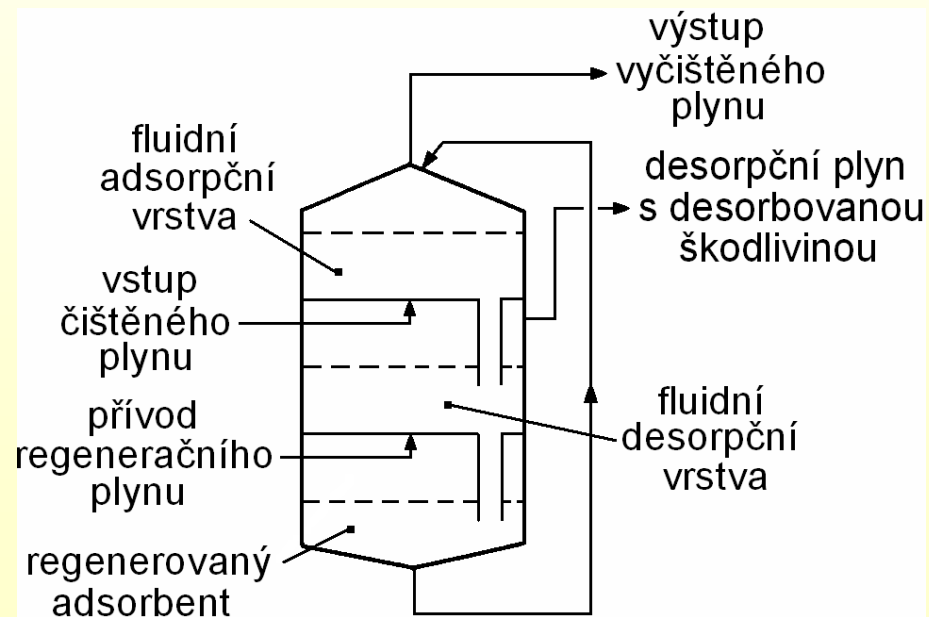
Adsorbéry

Adsorbér s posuvným ložem – pro nepřetržitý provoz

- Postupný pohyb sorbentu do spodní části, odběr nasyceného sorbentu k regeneraci, dávkování v horní části

Adsorbér s fluidním ložem

- Intenzivní styk sorbentu a plynu
- Nasycený sorbent odváděn k fluidní regeneraci na spodním patře a pak vrácen zpět



Adsorpce

Tabulka 27 Příklady praktického použití adsorpce

Průmysl	Průtok odplynů [m ³ /h]	Škodlivina	Konc. v sur. plynu [mg/m ³]	Konc. v čist. plynu [mg/m ³]	Účinnost [%]
Lakovny	45 000	org. rozpouštědla	550	20	96
Odstraňování laků	6 000	dichlormethan	10 000 až 30 000	150	98
Odmašťování kovů	1 700	tetrachlorethylen	2 000 až 4 000	20 - 60	99
Výroba polyuretanových pěn	20 000	benzín trichlorethan trichlorfluormethan	160 60 580	0,8 0,4 3,6	99 99 99
Hlubotisk	400 000	toluen	5 000 až 7 000	20 - 100	98
Výroba folií a náplastí	90 000	benzín, aceton a isopropanol	16 000	40 - 150	99

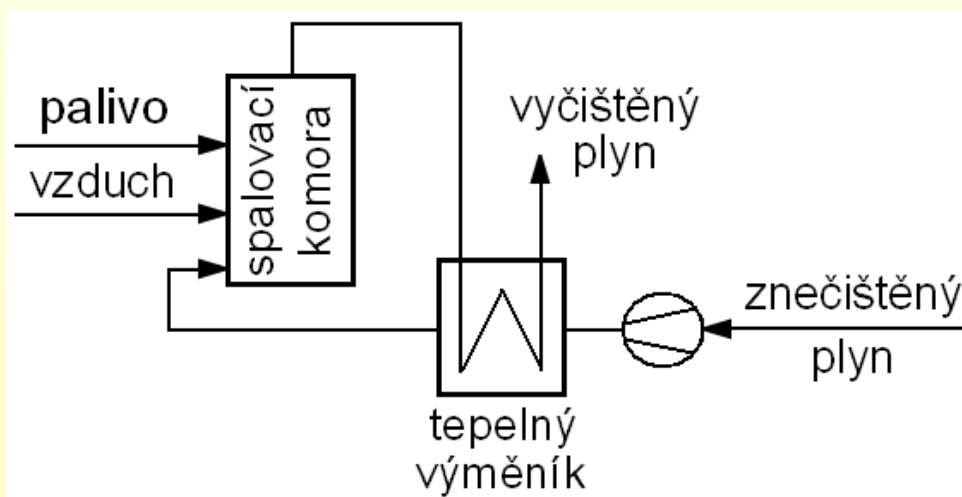
Oxidace a redukce

- **Produktem** buď nezávadné konečné látky nebo meziprodukty pro další odlučování
- Nejběžnější je použití kyslíku jako **oxidačního činidla** → nejjednodušší prosté termické spalování
- Redukční činidla: uhlík, oxid uhelnatý, amoniak, metan aj.
- Př.: SNCR oxidů dusíku $\text{NO} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Oxidace a redukce

Termické spalování

- Pro odpadní plyny s organickými látkami
- V petrochemickém průmyslu
- Dokonalé spálení při 800 °C
 - přidání plynu do spalovacího vzduchu pro kotel
 - spalování hořákem ve fakuli
 - spalovací jednotky



Katalytická oxidace a redukce

- Za přítomnosti **katalyzátorů**
- Průběh reakce i za podmínek, kdy by nekatalyzované reakce neprobíhaly nebo probíhaly nižší rychlostí
- **Produktem** buď nezávadné konečné látky nebo meziprodukty pro další odlučování

- Nejčastější je katalytické spalování
- Katalytická redukce – např. SCR i NSCR oxidů dusíku
- Příklad vzniku meziprojektu: selektivní katalytická oxidace SO_2 na SO_3

Katalytická oxidace a redukce

Katalyzátory

- Kovy (drahé i ostatní) nebo jejich oxidy na nosiči, katalyzátory s aktivním uhlíkem
- Nosiče katalyzátoru – kovy, oxidy kovů, keramické, řada tvarů
- Citlivost na katalytické jedy a vysokou teplotu (horní provozní mez okolo 850 °C)
- Nutné odprášení plynu kvůli zanášení

Př.: SCR NO_x – katalyzátor V₂O₅ na SiO₂ nebo TiO₂

Katalytická oxidace a redukce

- Široké využití katalytické redukce a oxidace
- Široký rozsah vstupních koncentrací znečišťující látky
- Účinnost běžně 95 % až téměř 100 %

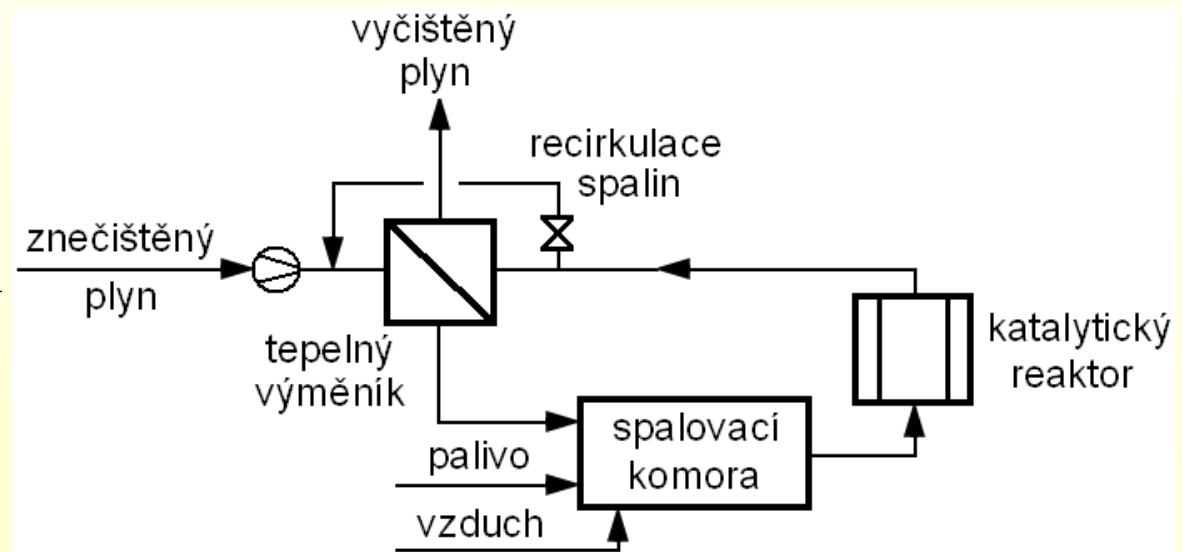
Katalytická oxidace a redukce

Katalytická oxidace

- Katalyzátor výrazně snižuje reakční teplotu, kdy probíhá spalování s dostatečnou účinností

Jednotka pro katalytické spalování

- předehřev čistěného plynu
- někdy recirkulace spalin pro předehřev nebo zředění plynu při vysoké C spalitelných látek



Katalytická oxidace a redukce

Tabulka 28 Příklady praktického využití katal. spalování

Průmysl	Škodlivina	Teplota [°C]	Vstup. konc. [mg/m ³]	Výstup. konc. [mg/m ³]	Účinnost [%]
Chemie	formaldehyd	700	130	1,3 – 6,7	99,8
	dimethylether		2150	3,2	
	methanol		2400	0	
Chemie	mast. kysel. H ₂ S	570	3600 – 4500	40 – 50	98
Pražení kávy	org. látky	670 – 770	500	50	90
Potrav. smažení	org. látky	650	200	10	95
Výroba nábytku	methylethyl- keton	650	4000	20	99

Kondenzační technologie

- Ochlazení par znečišťujícího plynu pod **teplotu rosného bodu**
- Vhodné pro případy, kdy je tlak par znečišťující složky ve směsi za dané teploty a tlaku blízký rovnovážnému parciálnímu tlaku a teplota bodu varu složky okolo 50 °C

Povrchové kondenzátory

- Častější
- Trubkové nebo spirálové výměníky tepla

Vstřikovací kondenzátory

- Chladicí médium se rozstříkuje do jemných kapiček a mísí se s čištěným plynem
- Chladivo a znečišťující látka musí být vzájemně nemísitelné a nesmí chemicky reagovat
- Oddělení v separačním stupni

Kondenzační technologie

- Chladiwa
- Využití

Biotechnologie

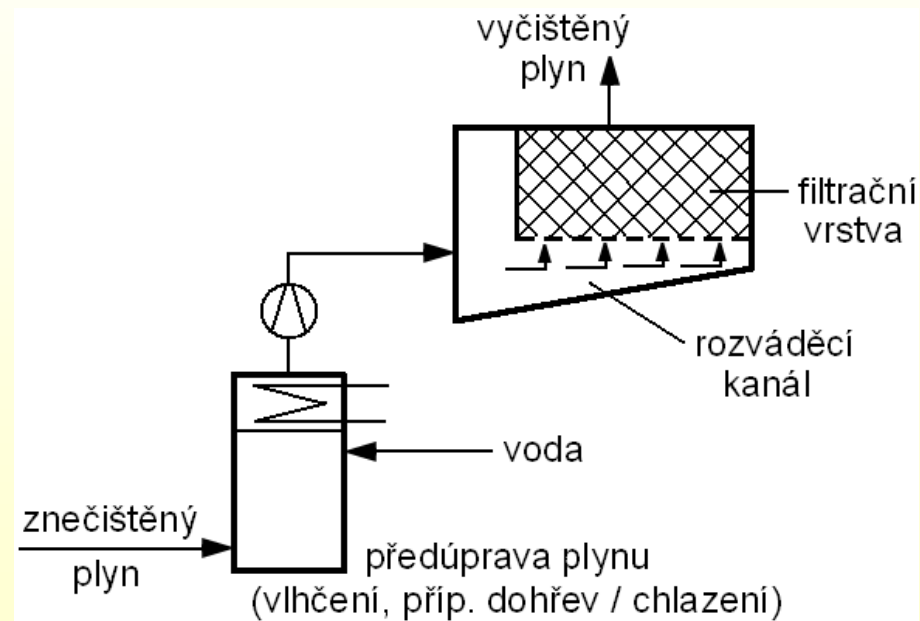
- Likvidace znečišťujících látek působením mikroorganismů (bakterie)
- Biologicky nezávadné produkty
- Vhodné pro nízké koncentrace biologicky odbouratelných látek, rozpustných ve vodě
- Uplatnění při odstraňování organických zápachů a biologicky odbouratelných látek v řadě provozů

Biotechnologie

- **Výhody:**
 - nízké provozní a investiční náklady
 - vysoká účinnost
 - bezodpadovost
- **Nevýhody:**
 - dlouhá doba náběhu
 - závislost účinnosti na průtoku plynu
 - přívod živin
 - nutnost zabránit přívodu toxických látek a změnám pH
 - nutný minimální obsah prachu v plynu
 - zpracování biokalu
 - prostorově náročné
 - obtížná regulace

Biologické filtry (biofiltry)

- Mikroorganismy na **nosiči** (biologický nebo inertní)
- Znečišťující plyn musí být biologicky odbouratelný a nejdříve se absorbovat do vody
- Vlhkost plynu nad 95 %
- Teplota plynu pod 35 °C
- Odprášení plynu
- Pracovní režim



Biologické filtry (biofiltry)

Tabulka 29 Příklady praktického použití biofiltrů

Provoz	Zprac. průtok [m ³ /h]	Plocha filtru [m ²]	Výška vrstvy [m]	Spec. výkon [m ³ /m ² h]	Rel. vlhkost plynu [%]	Teplota [°C]	Olfak. hodnota	
							vstup	výstup
Kompostárna komunálního odpadu	16 000	264	1	60	40 – 60	28	-	-
Kafilérie	10 000	1000	1	100	40 – 60	17 – 23	-	-
Chov dobytka	11 000	39	0,5	282	25 – 75	18 – 32	6 – 70	2 - 7
Čistírna odpad. vody	4 800	94	0,8	51	50 – 80	22 – 30	730	40
Výroba želatiny	35 000	200	1	175	75 – 90	22 – 35	40 – 50	3

Biologické pračky (biopračky)

- Kombinace absorpce a biologického rozkladu
- Nutná snadná absorbovatelnost znečišťujícího plynu do vody a biologická odbouratelnost
- Vyšší účinnost oproti biofiltrům, ale jsou dražší
- Absorbér s biofilmem na výplni
- Regenerace roztoku v aktivační nádrži
- Recirkulace vody s biokalem

