

# **SUROVINOVÁ**

## **RECYKLACE**

# **VULKANIZÁTŮ**

## **(PRYŽÍ)**

RNDr. Ladislav Pospíšil, CSc.

[pospisil@polymer.cz](mailto:pospisil@polymer.cz)

SNTL knižnice  
technických  
aktualit

SEDLAŘ-NAVRÁTIL-KADLEC

Pryže  
a plasty  
jako druhotné  
suroviny

**Tady najdete  
spoustu  
schémat  
technologií  
SUROVINOVÉ  
RECYKLACE  
PRYŽÍ &  
SMĚSNÝCH  
PLASTOVÝCH  
ODPADŮ**

# Surovinové zhodnocení odpadních pryží

- Tyto postupy zažily svůj zenit někdy před cca. 45 lety
- Vzniknulo množství technologických postupů
- Zatím se ale neprosadilo

• **PROČ ASI?**

Česky	anglicky
Fyzikální recyklace plastů, fyzikální recyklování plastů	Physical recycling
Chemická recyklace plastů, chemické recyklování plastů, rekonstituce plastového odpadu	Reconstitution of plastic waste, <u>Chemical recycling – běžně se používá, ale není v této normě</u>
<b>Surovinové zhodnocení plastů, přeměna plastového odpadu na suroviny, surovinové využití plastového odpadu</b>	<b>Transformation of plastic waste into raw materials</b> <u>Feedstock recycling – běžně se používá, ale není v této normě</u>
Energetické zhodnocení plastů, přeměna plastového odpadu na energii, energetické využití plastového odpadu	Transformation of plastic waste into energy <u>Energy recovery – běžně se používá, ale není v této normě</u>

Postup	Použitý reaktor	Druh zpracovávaného odpadu	Provozovaná jednotka (výkonnost)	Poznámka
Warren Spring	souproudá šachtová pec	domovní odpad s plasty i pryží	laboratorní	
Garret	vertikální trubkový reaktor	domovní odpad s plasty i pryží	4 t d <sup>-1</sup> (200 t d <sup>-1</sup> )	
Mitsubishi	tavicí reaktor – retorta	plasty	100 kg h <sup>-1</sup>	
Mitsui	tavicí reaktor	ataktický PP	1 t h <sup>-1</sup>	
Bergbau	komorová pec	drcené pláště	200 kg h <sup>-1</sup>	
Takuma	dehydrochlorační reaktor s navazující spalovací komorou	plasty	5 t d <sup>-1</sup>	
Sanyo	pyrolýzní šnek	plasty	5 t d <sup>-1</sup>	dvoustupňový mikrovlnný ohřev
Kobe Steel	rotační bubnová pec	drcené pláště	100 kg h <sup>-1</sup>	
Herko-Kiener	rotační bubnová pec	drcené pláště	50 kg h <sup>-1</sup>	
Tosco	rotační bubnová pec	drcené pláště	15 t d <sup>-1</sup>	
Intenco		drcené pláště	50 t d <sup>-1</sup> (00 t d <sup>-1</sup> )	
Nippon-Zeon	fluidní reaktor	drcené pláště	t h <sup>-1</sup>	parciální oxidace
vývojový	fluidní reaktor	plasty, celé pláště	10 kg h <sup>-1</sup> (70 kg h <sup>-1</sup> )	parciální oxidace
Sumitomo	fluidní reaktor	plasty	3 t d <sup>-1</sup>	parciální oxidace
Hitachi	fluidní reaktor	plasty, domovní odpad	20 kg h <sup>-1</sup>	parciální oxidace

## Některé postupy zplyňování odpadu plastů a pryže

Postup	Použitý reaktor	Realizovaná jednotka (výkonnost)	Poznámka	Literatura
Destrugas	souproudá šachtová pec	20 kg h <sup>-1</sup> (5 t d <sup>-1</sup> )		[72, 90]
Sodeteg	souproudá šachtová pec	12 t d <sup>-1</sup>		[19]
Pyrogas	dvojstupňová šachtová pec	100 t d <sup>-1</sup>	směs vodní páry a vzduchu pod rošt	[73]
Andco-Torrax	protiproudá šachtová pec	75 t d <sup>-1</sup> (200 t d <sup>-1</sup> )	vzniká nerozpustný zbytek	[50]
Nippon Steel	protiproudá šachtová pec	30 t d <sup>-1</sup> (60 t d <sup>-1</sup> )	vzniká nerozpustný zbytek	[4]
Purox	protiproudá šachtová pec	5 t d <sup>-1</sup> (200 t d <sup>-1</sup> )	vzniká nerozpustný zbytek	[67]
SFW-Funk	šachtový reaktor s otáčivým roštem	1 t h <sup>-1</sup>		[40]
Babcock	rotační válcová pec – buben	0,5 t d <sup>-1</sup>		[41]
Kiener	pražicí buben	170 kg h <sup>-1</sup>	system s využitím energie	[51]
Pyrocal	rotační válcová pec	0,5 t h <sup>-1</sup> (6 t h <sup>-1</sup> )		[74]
Landgard	přímo vyhřívaná rotační pec	35 t d <sup>-1</sup> (1 000 t d <sup>-1</sup> )	protiproud	[94]
Lantz	přímo vyhřívaná rotační pec	40 t d <sup>-1</sup>		[33]
Virginia	fluidní reaktor	1 t d <sup>-1</sup>		[21]

Tabulka 30

Produkty pyrolýzy plastů a ojetých plášťů

Produkt	Obsah [kg t <sup>-1</sup> ]	
	Ojeté pláště pneumatik	Směs plastů PE : PP : PS = = 3 : 1 : 1
pyrolýzní plyn	200	506
hrubé saze	160	14
hrubé saze — aktivní uhlí	200	—
jemné saze	40	14
ocel	100	—
pyrolýzní oleje:	300	466
alifatická nafta	8	12
čistý benzen	32	137
čistý toluen	26	68
aromáty C <sub>8</sub>	47	9
dicyklopentadienové pryskyřice	20	71
naftalen	4	29
oleje pro výrobu sazí	110	97
smola	53	43

## Složení benzínové frakce z pyrolýzy ojetých plášťů postupem Herko-Kiener

Složka	Obsah [hmotn. %]
benzen	2,7 až 6,0
toluen	12,8 až 22,6
ethylbenzen	5,4 až 11,9
<i>p</i> -xylen	1,7 až 1,9
<i>m</i> -xylen	4,3 až 7,9
<i>o</i> -xylen	2,8 až 3,6
kumen	0,8 až 1,3
styren	3,3 až 8,4
propylbenzen	1,1 až 1,3
<i>m</i> -ethyltoluen	3,0 až 5,6
mesitylen	0,5 až 1,4
isobutylbenzen	1,6 až 3,1
pseudokumen	1,8 až 4,8
diethylbenzen	0,6 až 1,5
inden	0,6 až 1,1

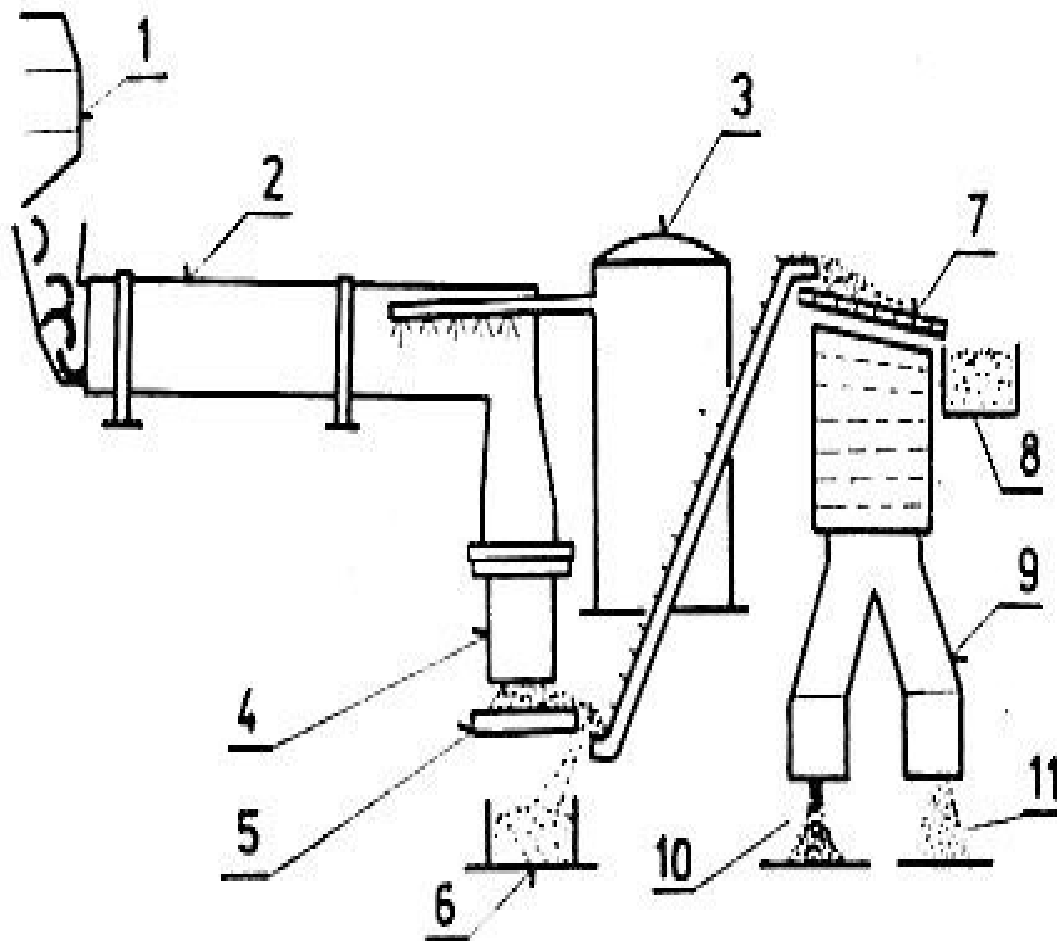


Vlastnosti uhlíkatého zbytku — sazí z pyrolýzy ojetých plášťů  
postupem Herko-Kiener

Vlastnost, složka	Hodnota
sypná hmotnost/kg m <sup>-3</sup>	420
výhřevnost/MJ kg <sup>-1</sup>	30,2
specifické spalné teplo/MJ kg <sup>-1</sup>	30,6
ztráta žiháním/hmotn. %	88,3
extrahovatelné organické látky/hmotn. %	0,8
podíly rozpustné ve vodě/hmotn. %	0,6
uhlík/hmotn. %	85,8
vodík/hmotn. %	1,1
dusík/hmotn. %	0,4
síra/hmotn. %	2,6
chlor/hmotn. %	0,7
zinek/hmotn. %	6,1
železo/hmotn. %	0,38
hliník/hmotn. %	0,34
cín/ppm	400
olovo/ppm	229
měď/ppm	157
mangan/ppm	40
nikl/ppm	31
chrom/ppm	28
kadmium/ppm	22
rtuť/ppm	1

specifická spalná tepla některých plastů, pryže, uhlí a dřeva

Látka	Specifické spalné teplo [kJ kg <sup>-1</sup> ]
polyethylen	46 300 až 49 000
polypropylen	44 200 až 46 800
polystyren	40 300 až 45 600
kopolymer akrylonitril/butadien/styren	38 700 až 45 600
polykarbonát	29 600 až 32 400 (40 900)
akrylátové koberce a podlahoviny	24 200 až 27 900
polymethylmethakrylát	28 000
lehčený polyurethan	20 900 až 32 600
polyvinylchlorid	20 900
polyamid	20 200 až 25 600
pryže	32 000 až 43 000
černé uhlí (ČSSR)	23 600
hnědé uhlí energetické (ČSSR)	13 100
dřevo (různé druhy)	11 600 až 20 900



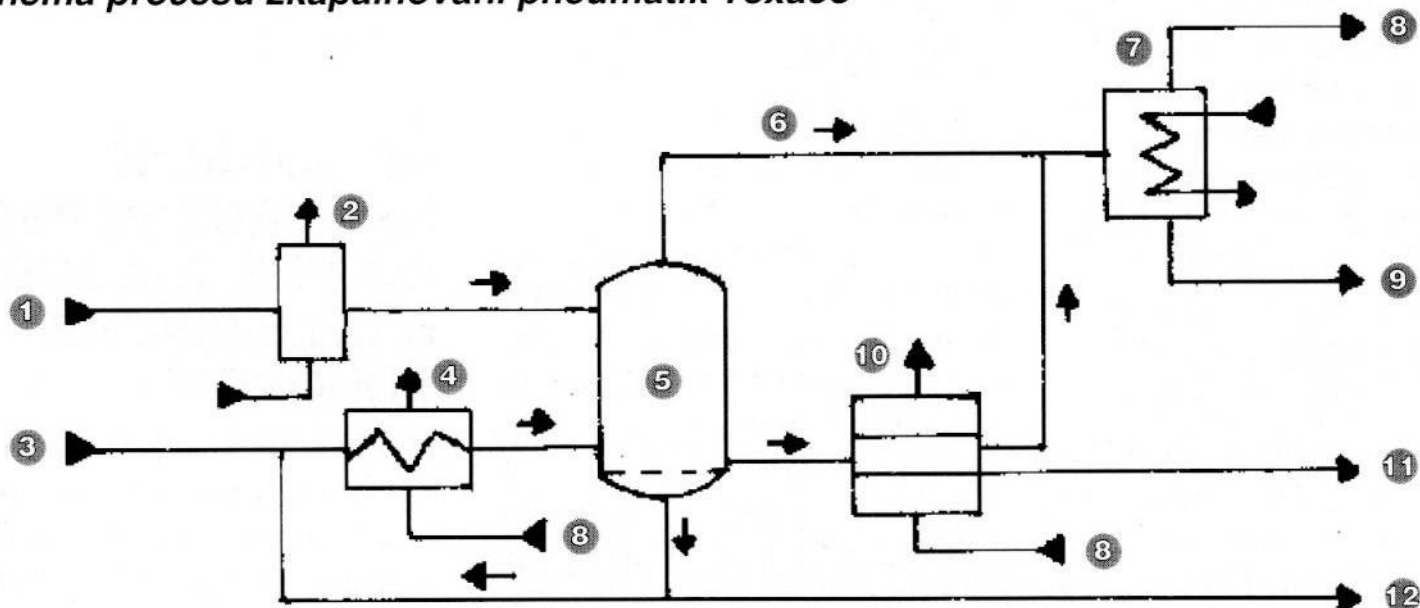
*Obr. 8. Zařízení pro kryogenní drcení ojetých plášťů*

- 1 – drtič na hrubé drcení plášťů, 2 – rotační mrazicí tunel, 3 – zásobník kapalného dusíku, 4 – kladivový mlýn, 5 – magnetický odlučovač, 6 – ocelový odpad, 7 – vibrační třídič, 8 – odpadní textil,

9 – separace kordů, 10 – hrubá drť pro zpětné mletí, 11 – jemná drť pro recyklaci

# Surovinové zhodnocení odpadních pryží 1

*Schéma procesu zkapalňování pneumatik Texaco*



1 – rozřezané pneumatiky

2 – „oplach“ dusíkem

3 – odvodněný odpadní olej

4 – ohřev oleje

5 – reaktor

6 – plynné produkty rozkladu

7 – chladič

8 – nezkondenzovaný podíl

9 – kondenzát (lehký olej

z pneumatik)

10 – separace a čištění  
ocelového drátu

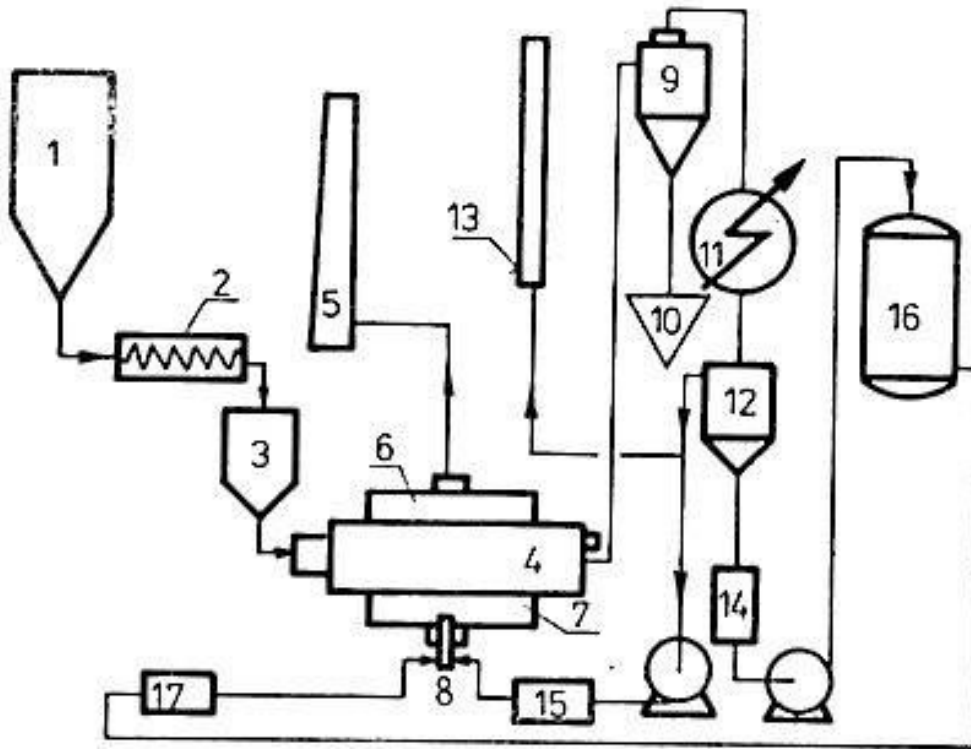
11 – ocel k recyklaci

12 – těžký olej

z pneumatik



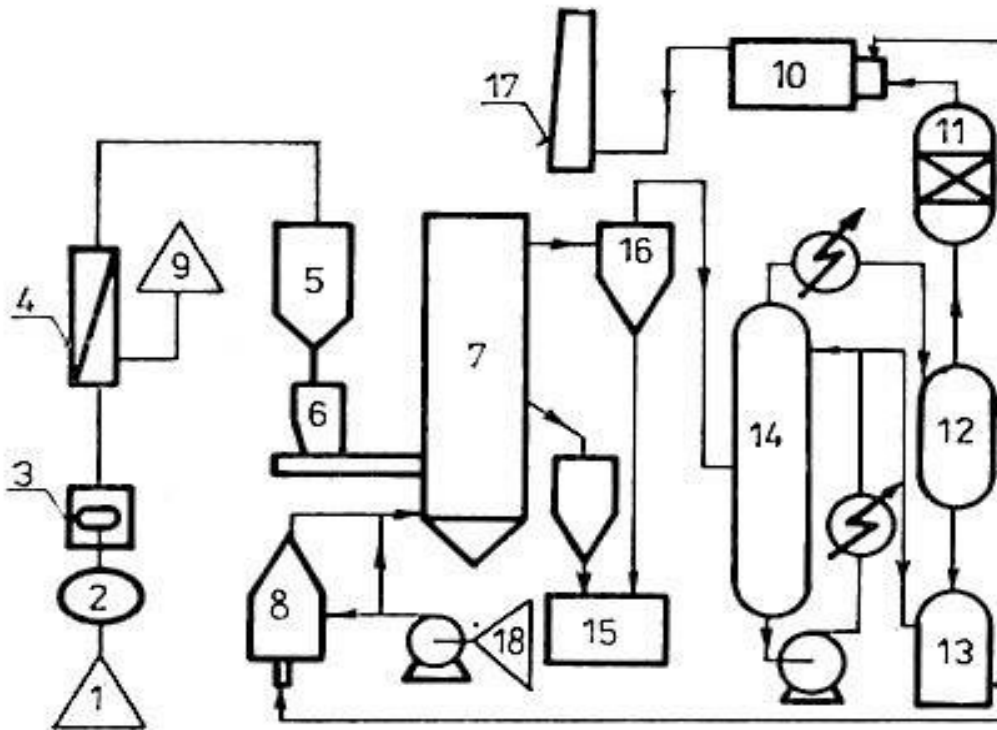
# Surovinové zhodnocení odpadní pryže 3



- 1 – zásobník pryžové drtě,  
2 – podávací šnek, 3 –  
uzávěrový zásobník, 4 –  
rotační bubnový reaktor, 5 –  
komín, 6 – vyhřívací zóna,  
7 – spalovací komora, 8 –  
plynoolejový hořák, 9 –  
odlučovač částic, 10 – odběr  
sazí, 11 – vzduchový chladič,  
12 – dělič oleje a plynu,  
13 – hořák odplynu, 14 –  
olejový filtr, 15 – plynový  
filtr, 16 – zásobník  
pyrolýzního oleje, 17 – filtr  
topného oleje

Obr. 27. Pyrolýza drcených pláštů v rotačním bubnu – proces Herko – Kiener

# Surovinové zhodnocení odpadní pryže 4

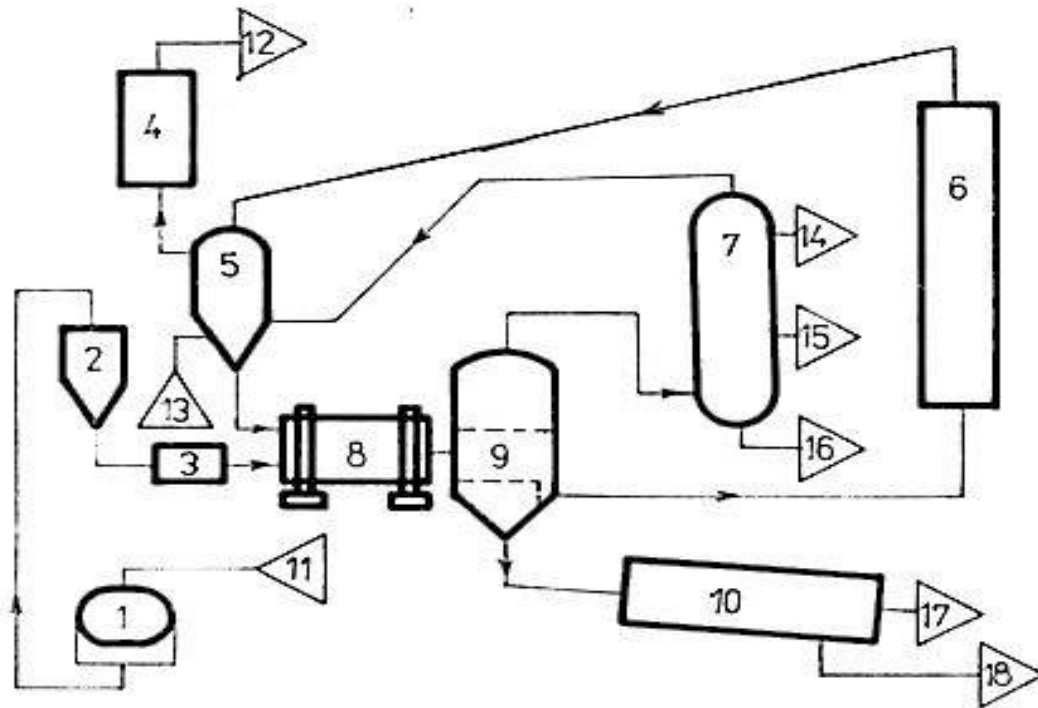


1 – vstup ojetých pláštů, 2 – drtič pláštů, 3 – mlyn, 4 – magnetický odlučovač kovů, 5 – zásobník pryžové drtě, 6 – dávkovací šnek, 7 – pyrolýzní reaktor, 8 – předehříváč fluidačního vzduchu, 9 – výstup ocelového kordu, 10 – spalování odplynu, 11 – odsířovací zařízení, 12 – dělič plynů a kapalin, 13 – zásobník pyrolýzního oleje, 14 – dělicí kolona, 15 – saze a uhlíkatý zbytek, 16 – cyklón pro oddělení sazí, 17 – komín, 18 – vstup fluidačního vzduchu

Obr. 29. Pyrolýza drcených pláštů ve fluidním reaktoru



# Surovinové zhodnocení odpadní pryže 5



- 1 – drtič plášťů, 2 – zásobník drtě, 3 – dávkování drtě, 4 – pračka spalných plynů, 5 – retorta pro ohřev keramických kuliček, 6 – zásobník keramických kuliček, 7 – destilační kolona, 8 – rotační bubnový reaktor, 9 – separátor vystupujících produktů, 10 – třídač tuhého produktu, 11 – vstup ojetých plášťů, 12 – výstup spalných plynů, 13 – spalovací vzduch, 14 – benzínová frakce, 15 – frakce plynového oleje, 16 – těžké oleje, 17 – ocelový kord, 18 – saze, uhlíkatý zbytek

Obr. 28. Pyrolýza drcených plášťů v rotačním bubnovém reaktoru postupem Tosco



# Surovinové zhodnocení odpadních pryží

- Tyto postupy zažily svůj zenit někdy před cca. 45 lety
- Vzniknulo množství technologických postupů
- Zatím se ale neprosadilo

## PROČ ASI?

- **CO SE ZBYTKEM**
- **SLOUČENINY SÍRY**
- **SLOUČENINY OBSAHUJÍCÍ DUSÍK  
A FOSFOR Z ADITIV?**