

**RECYKLACE  
TERMOPLASTŮ,  
TERMOSETŮ A PRYŽÍ  
PŘÍKLADY Z PRAXE**

**RNDr. Ladislav Pospíšil, CSc.**

1	<b>19. 9.</b>	Úvod do předmětu, legislativa a názvosloví, anglická terminologie, literatura.
2	<b>26. 9.</b>	Sběr, identifikace třídění odpadu. Operace na mokré a na suché cestě (MLETÍ)
3	<b>4. 10.</b>	Operace na mokré cestě (ČIŠTĚNÍ DRTĚ)
4	<b>11. 10.</b>	Zpracovatelské technologie v tavenině. Aditiva pro recykláty.
5	<b>18. 10.</b>	Recyklace termoplastů. Recyklace PET.
6	<b>18. 10.</b>	Recyklace termosetů.
7	<b>22. 10.</b>	Recyklace vulkanizátů
8	<b>30. 10.</b>	Metody termického rozkladu. Energetické využití.
9	<b>6. 11.</b>	Chemická recyklace.
10	<b>13. 11.</b>	Problémy a perspektivy recyklace a likvidace polymerního odpadu.
11	<b>20. 11.</b>	Recyklace versus biodegradace
12	<b>27. 11.</b>	Příprava na zkoušku
13	<b>4. 12.</b>	Praktické příklady z literatury a praxe
<b>14</b>	<b>11. 12.</b>	<b>REZERVA NA DOTAZY A PŘÍPOMÍNKY</b>

**SEMESTR VÁM KONČÍ 15. 12. 2017**

# Hlavní problémy recyklovaných termoplastů v současné době

## Technické problémy

- Vícesložkové obaly (láhve, fólie .... )
- Etikety obalů (rukávové, lakované, kaučuková lepidla, ... )
- Kompozitní materiály (termoplasty i termosety)

## ŠANCÍ JE CHEMICKÁ RECYKLACE

- Odpady vznikající při recyklaci
- Požadavky na nové výrobky (hygienické, technické, estetické, ... )

# Jak čelit této výzvě?

- **Legislativa v obchodní oblasti** – málo pravděpodobné a asi i málo účinné
- **Legislativa v oblasti ochrany životního prostředí** – spíše lze očekávat v Evropě zpřísnění požadavků
- **Legislativa v oblasti práce** – pravděpodobné, ale asi málo účinné

**TECHNICKO - VĚDECKÁ PRÁCE  
JE JEDINÉ ŘEŠENÍ!**



# Návrhem výrobku to začíná i končí

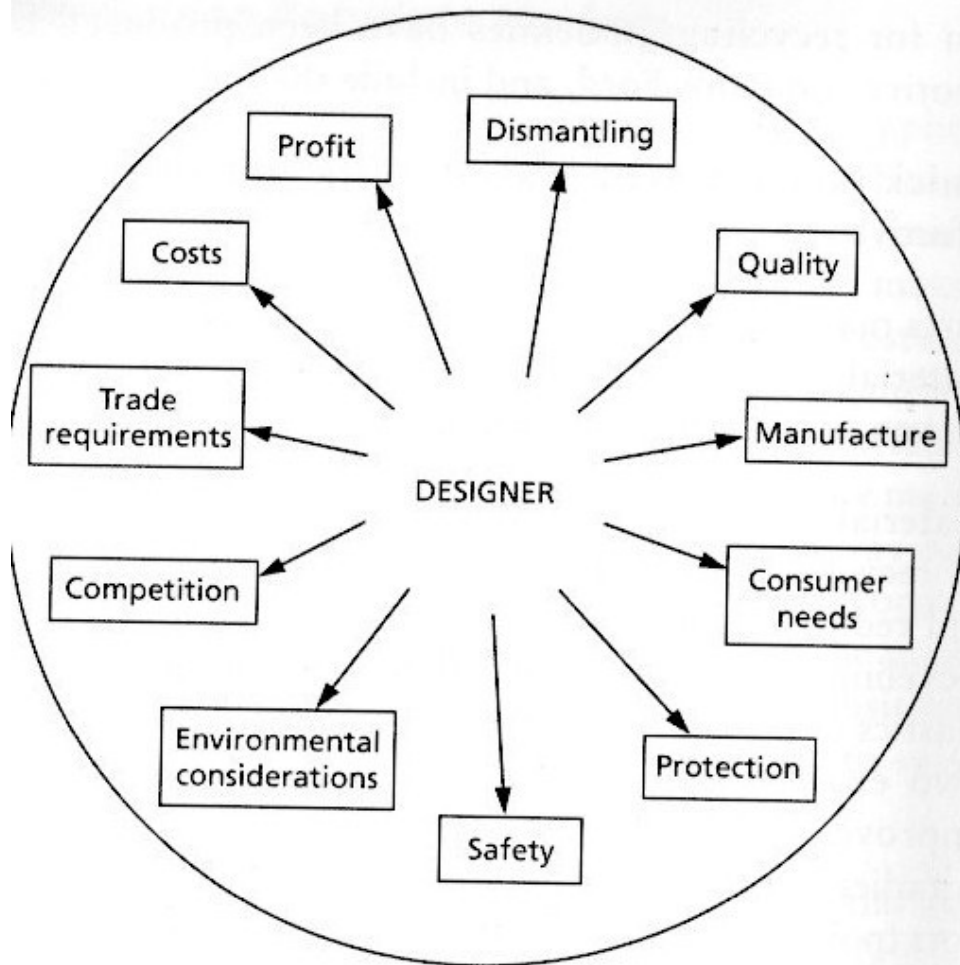


Figure 9.1 Design considerations for recycling

**Table 10.1 Breakdown of plastic consumption by sector**

<b>Sector</b>	<b>Plastic consumption (%)</b>
Packaging	41
Building/construction	19
Household	18
Electrical/electronics	8
Automotive	7
Other	7

# **Technické problémy**

## **Vícesložkové obaly (láhve, fólie .... )**

### **Důvody jejich nárůstu**

- **Prodloužení skladovatelnosti zboží - hlavně potravin**
- **Nové výrobky, kde jednovrstvý obal nestačí – např. inkoustové kazety do tiskáren**

### **Proč jsou problémem**

- **Různé teploty zpracování složek**
- **Degradace při opakovaném zpracování**

### **Možnosti řešení**

- **Chemická recyklace**
- **Jednoduché lisované výrobky**

# **Technické problémy**

**Etikety obalů (rukávové, lakované, kaučuková lepidla, ...)**

## **Důvody jejich nárůstu**

- **Informace o baleném zboží po dobu, než je toto spotřebováno** - hlavně bytová chemie a kosmetika
- **Vyšší atraktivita výrobku** – hlavně potravin pro děti

## **Proč jsou problémem**

- **Nesnadné odstranění suchou i mokrou cestou** > degradace zbytků při dalším zpracování
- **Často zbude část etikety na obalu** – PVC na PET > degradace zbytků při dalším zpracování

## **Možnosti řešení**

- **Chemická recyklace**

# **Technické problémy**

## **Kompozitní materiály (termoplasty i termosety)**

### **Důvody jejich nárůstu**

- **Materiály nových a lepších vlastností**
- **Využití obnovitelných zdrojů surovin** – kompozity s přírodními vlákny

### **Proč jsou problémem**

- **Obrovský počet typů**
- **Často menší technické výrobky**

### **Možnosti řešení**

- **Zaměřit se na velké výrobky** – nárazníky aut atd.
- **Vytěžovat jen velmi cenné výztuže** – uhlíková vlákna atd.

# Technické (výrobky ze směsných plastů) 1

## Technologie zpracování plastových odpadů je v Bohdanči suchá

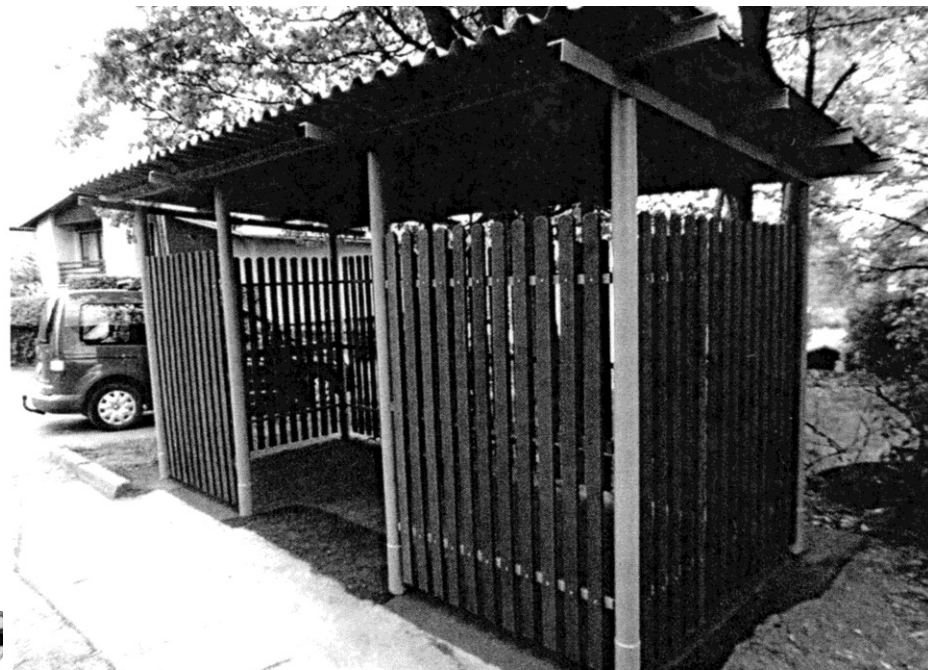
Dodaný materiál je nejprve ručně tříděn. Zde jsou odděleny neplastové materiály jako jsou kovové předměty, sklo, papír, pryž a pod. Plasty jsou roztrženy do stanovených frakcí podle typu výrobku a materiálu ze kterého byl zhotoven. PET láhve jsou tříděny jako samostatná frakce a po slisování jsou dodávány k dalšímu zpracování specializovaným podnikům. Vytržené frakce určené k dalšímu zpracování v Transformu se dále upravují drcením a mletím, folie pak aglomerací, což je tepelné zpracování - spečení folií do formy granulí. Z nich se v další fázi mícháním připravuje výrobní směs takového složení a vlastností, které zajistí její dobrou zpracovatelnost a požadovanou kvalitu výrobků. Tato směs je dále homogenizována, roztavena a vtačena do kovových forem, kde dostává tvar konečného výrobku. Při zpracování nevznikají odpadní látky, vody ani exhaláty takového druhu a složení, aby ohrožovaly okolí. Závod vyhovuje všem zákonným předpisům, které se na jeho provoz vztahují.

# Lze vidět u VUT FCH – už cca. 10 let

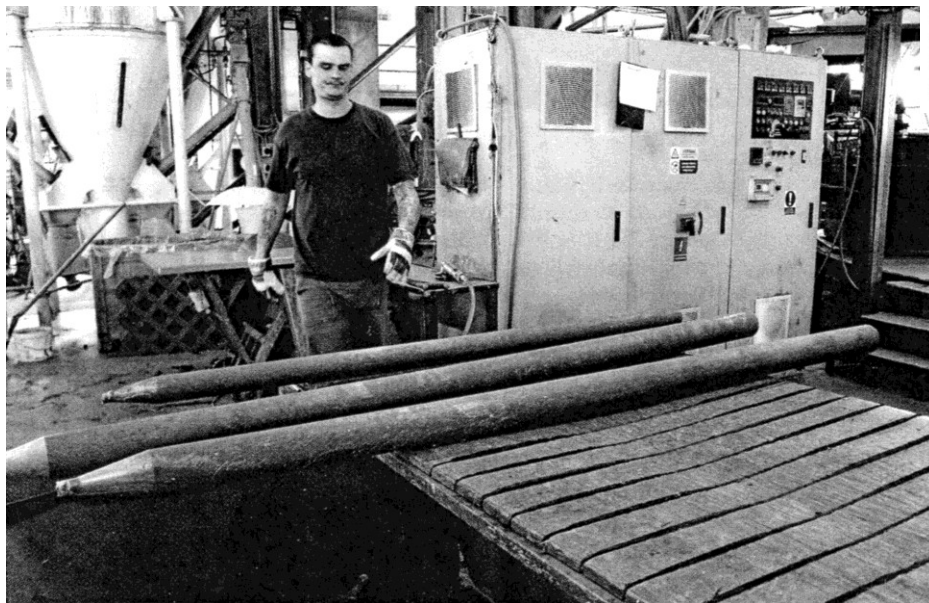




# Transform: recyklované výrobky jsou bezúdržbové a odolné



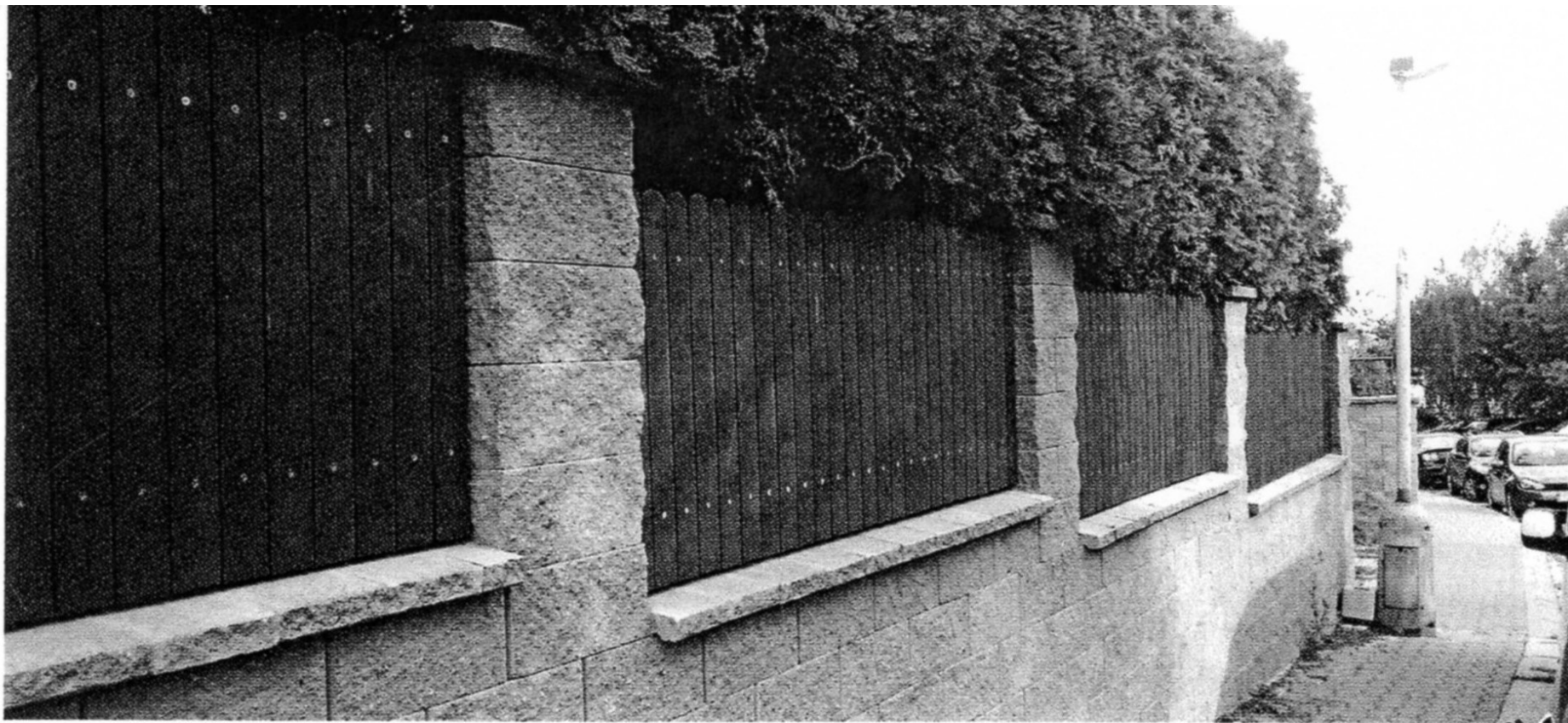
Kontejnerové hnízdo s využitím plastových plotovek (Liberec)



stů a pryží -  
RAXE 12 2017

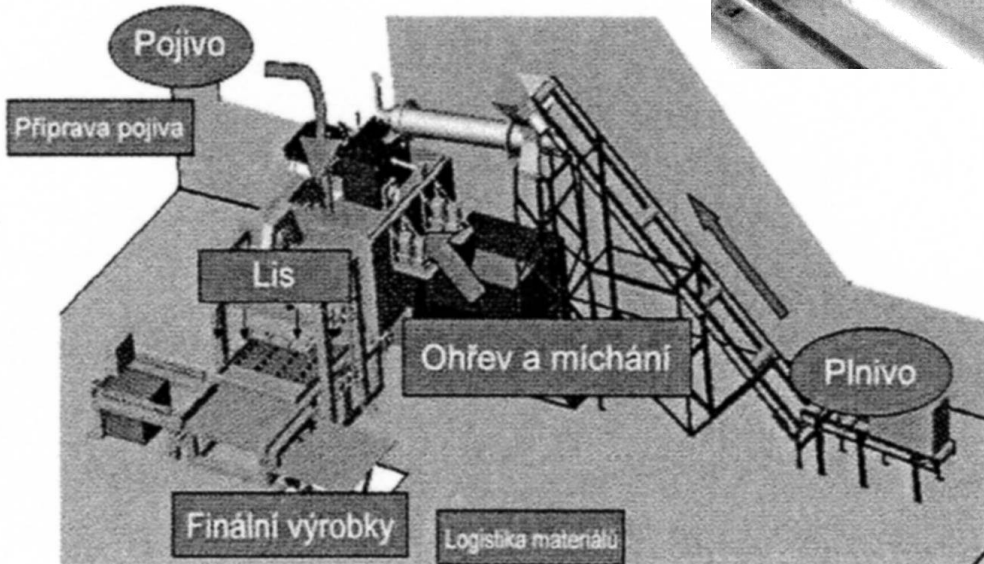
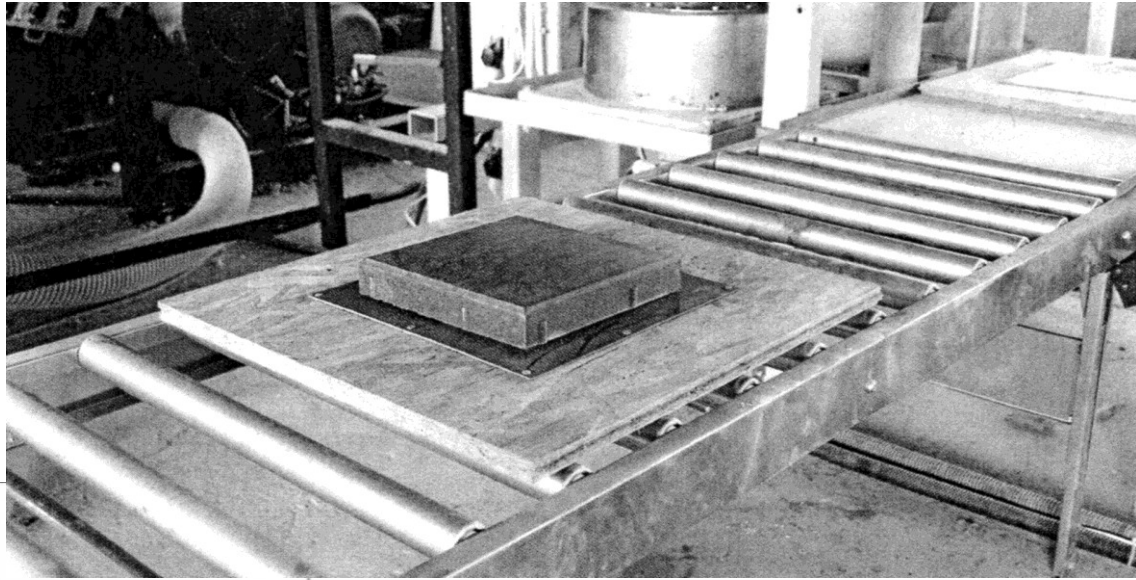


**Zatímco zpracovatelů vytríděných PET lahví nebo jednodruhových průmyslových plastových odpadů najdete po republice mnoho, recyklací směsných plastů z komunálního odpadu se zabývá jediný: Transform a. s. v Lázních Bohdaneč nedaleko Pardubic. Jeho generální ředitel Jan Mec, jr., říká, že není těžké plast zrecyklovat, ale mít výrobky, o které mají odběratelé zájem.**



**Výrobky z recyklátů by bylo vhodné podpořit, aby mohly konkurovat cenou**

# Zařízení na nové využití odpadních plastů



pryží -  
12 2017

S novou technologií na využití odpadních termoplastů přichází na trh třebíčská firma VIA ALTA. Technologie POLYBET, která využívá vlastností termoplastických polymerů – měknutí se vzrůstající teplotou a následné opětovné tuhnutí v jiné tvarové formě, byla vyvinuta společně s vědci z Latvijas Universitāte (Riga, Lotyšsko) a ČVUT Praha.

První linka svého druhu ve střední Evropě vznikla v reakci na zvyšující se spotřebu plastových materiálů a jejich problematickou recyklaci. Nová technologie využívá zejména PET lahve, PET fólie, LDPE obaly a obdobné termoplasty jako pojivo, ale umí využít například i hůře recyklovatelné sklo ze solárních panelů a další problematické materiály jako plnivo. Společnost VIA ALTA, která poskytuje dodávky v oblasti technologií odpadů a průmyslové ekologie, získala za tento vynález ve fázi návrhu tzv. pečeť excellence (Seal of Excellence) Evropské komise v rámci programu Horizon 2020. Linka, která umí za rok zpracovat 300 tun plastu a vyprodukovat 1000 tun výrobků, je již v pilotním provozu.

**Podobnou technologii provozuje (snad ještě existují) firma TŘI PYRAMIDY ve Velkém Meziříčí**

**Drcený odpad z cihel a výrobek pálených krytin**

**TAVENINA  
ODPADNÍHO  
PET**

**SMÍCHÁNÍ**

**BEZTLAKO  
VÉ LITÍ DO  
FORMY**

**LISOVÁNÍ  
VE  
FORMĚ**

**VYCHLADNUTÍ  
VÝROBKU A  
VYJMUTÍ Z  
FORMY**



# Letiště SWECHAT 1 - LAVIČKA



4. 12. 2017

Recyklace plastů a pryží -  
PŘÍKLADY Z PRAXE 12 2017

17



# Letiště SWECHAT 2 - LAVIČKA



4. 12. 2017

Recyklaceplastů a pryží -  
PŘÍKLADY Z PRAXE 12 2017

18



# Rumunsko 2016 – 1 ODPOČIVADLO



4. 12. 2017

Recyklace plastů a pryží -  
PŘÍKLADY Z PRAXE 12 2017

19

# Rumunsko 2016 – 2 ODPOČIVADLO



**Asi natekla voda  
do pórů a v zimě  
se ledem roztrhlo**

**ŘEŠENÍ:  
??? PRÁVĚ VY!**



# Rumunsko 2016 - 3



4. 12. 2017

Recyklační plastů a pryží -  
PŘÍKLADY Z PRAXE 12 2017

21

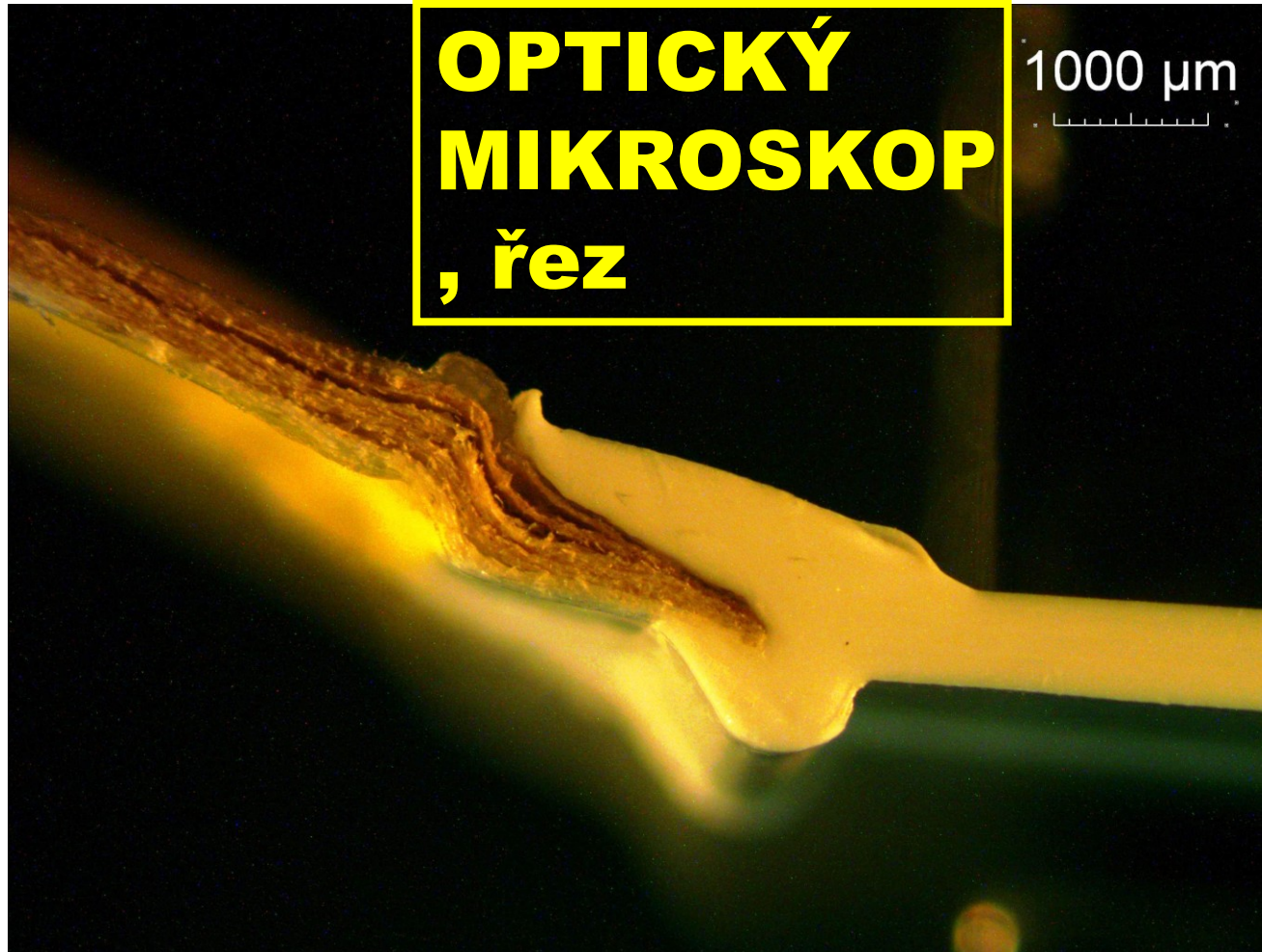


# Rumunsko 2016 - 4



# Něco lze rozdělit na složky TĚŽKO 1

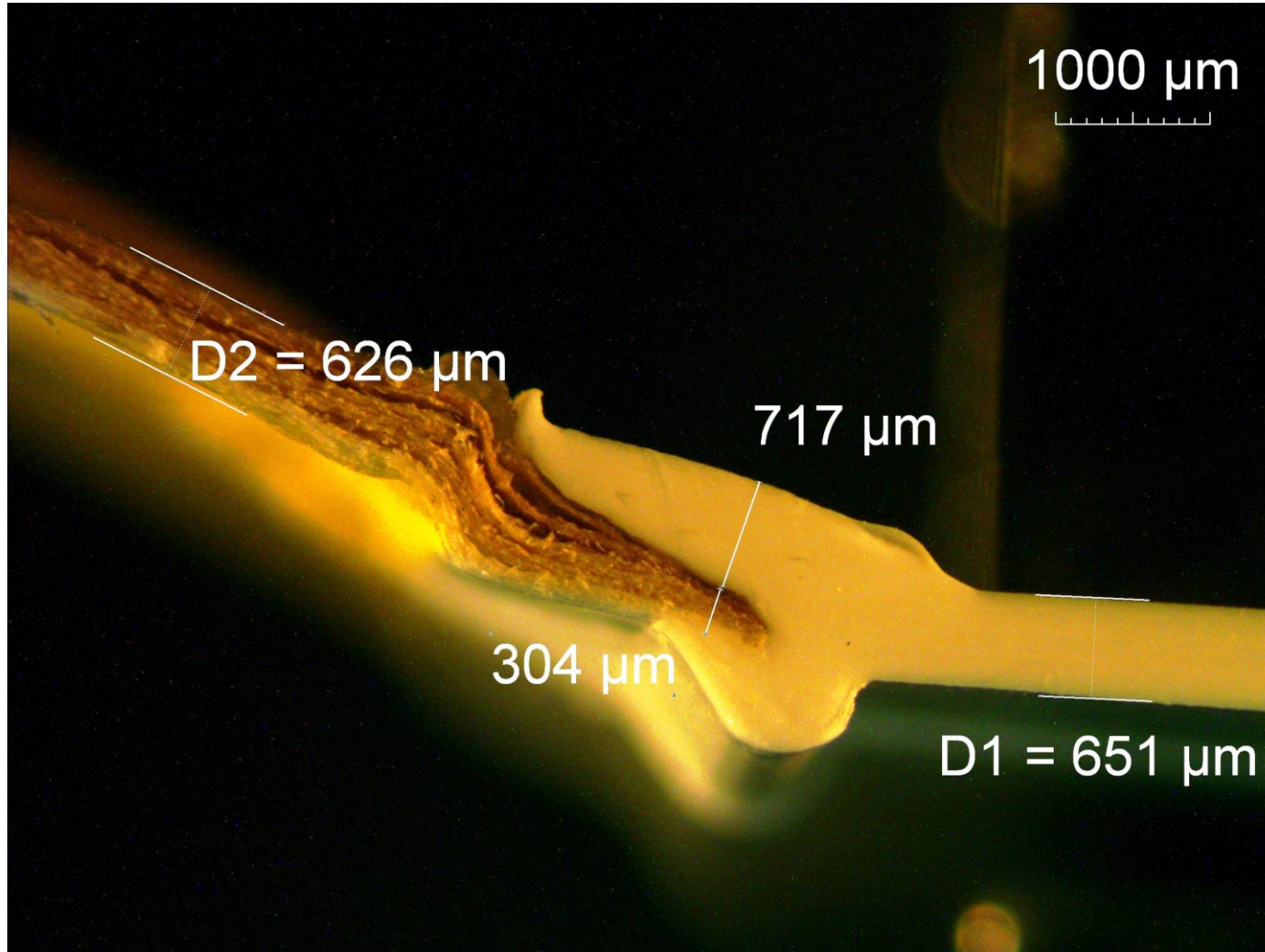
TETRAPACK obal na mléčný výrobek – část u hrdla 1





# Něco lze rozdělit na složky TĚŽKO 2

## TETRAPACK obal na mléčný výrobek – část u hrdla 1

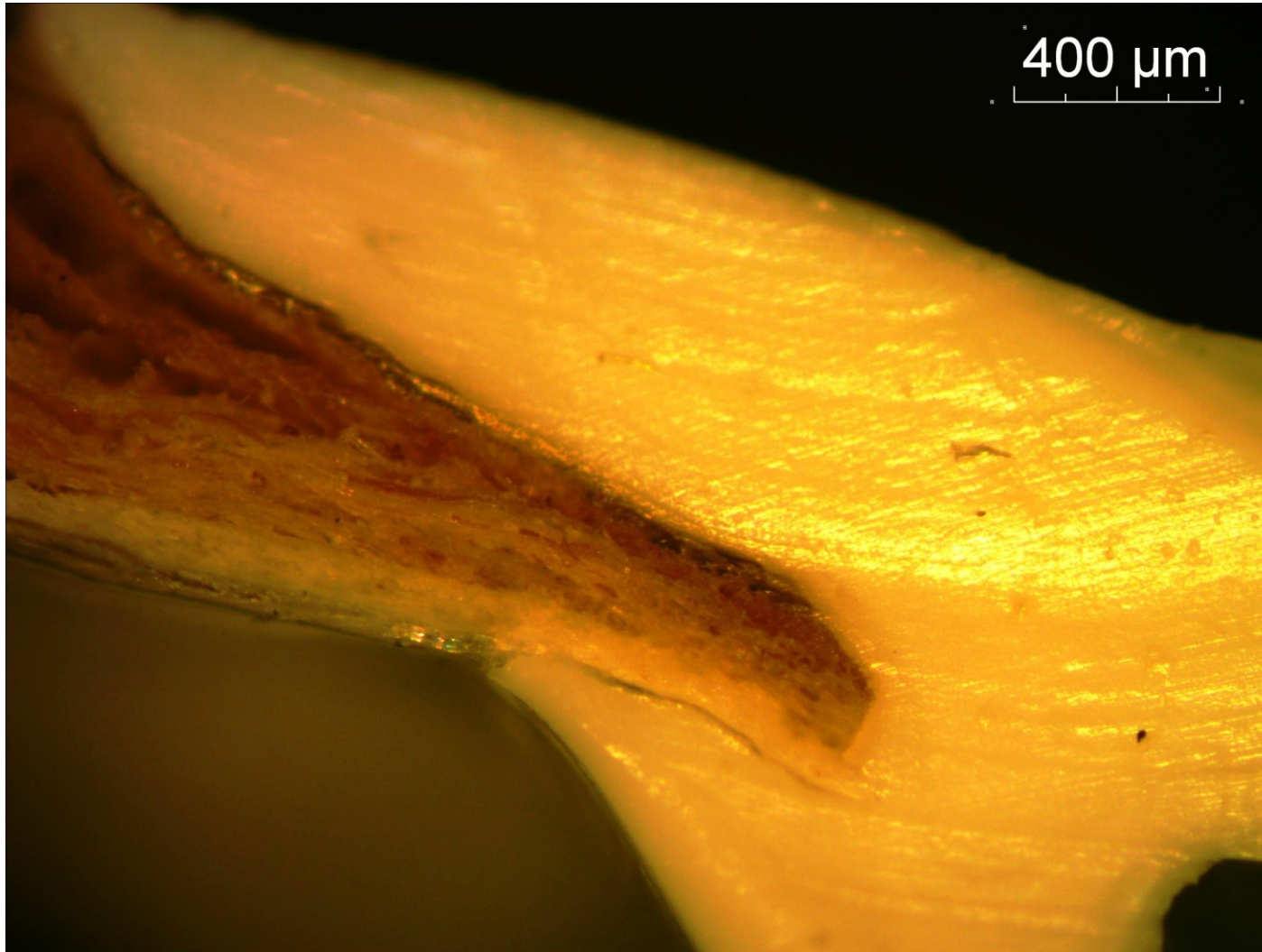


**UVNITŘ**  
je ještě  
plast  
(LDPE)

**ZVENKU**  
je nátěr a  
potisk

# Něco lze rozdělit na složky TĚŽKO 3

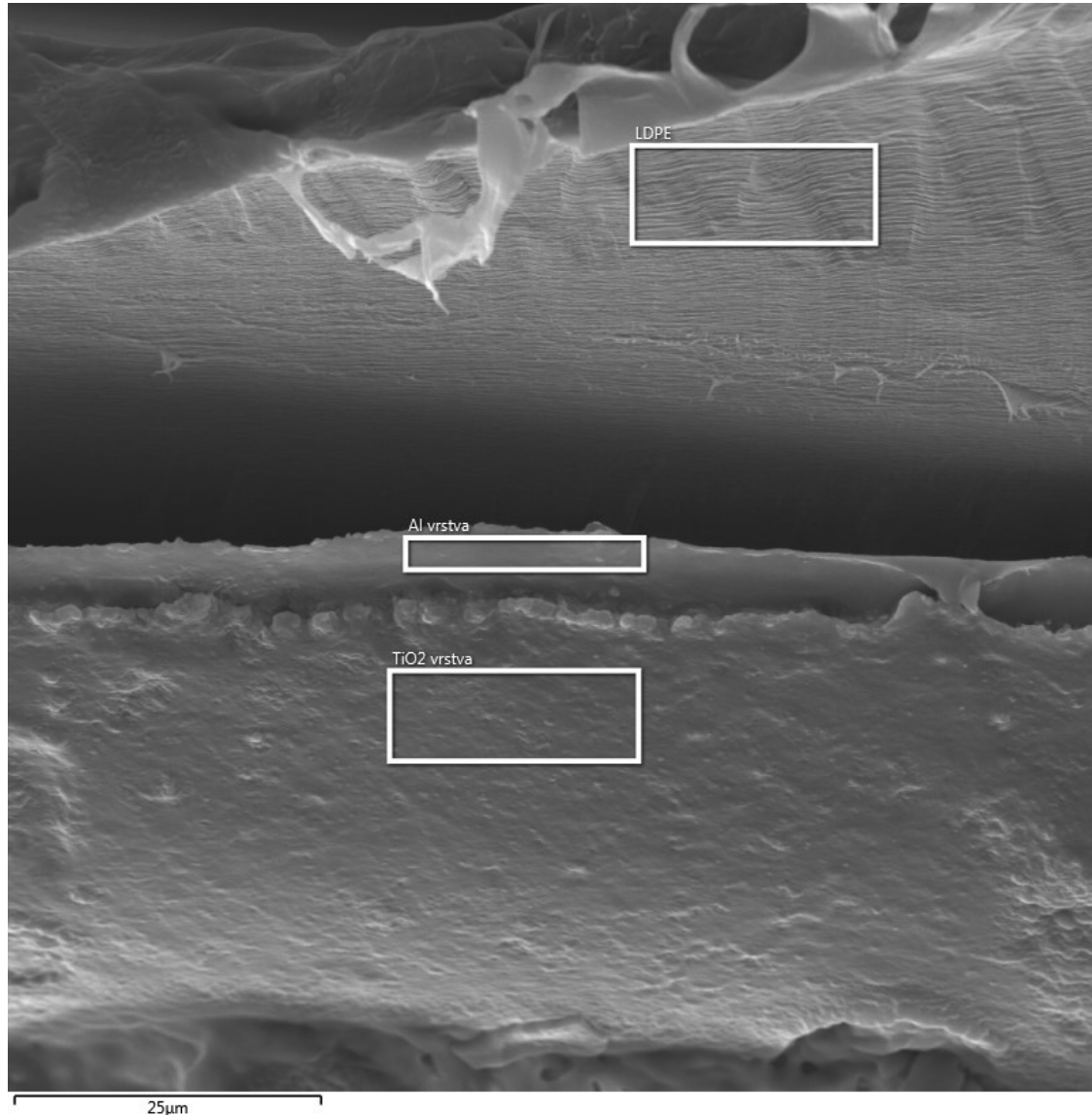
**TETRAPACK obal na mléčný výrobek – část u hrdla 1**



**Al fólie  
není při  
tomto  
zvětšení  
vidět**

# Něco lze rozdělit na složky TĚŽKO 4

## KOMBINOVANÝ obal na KÁVU



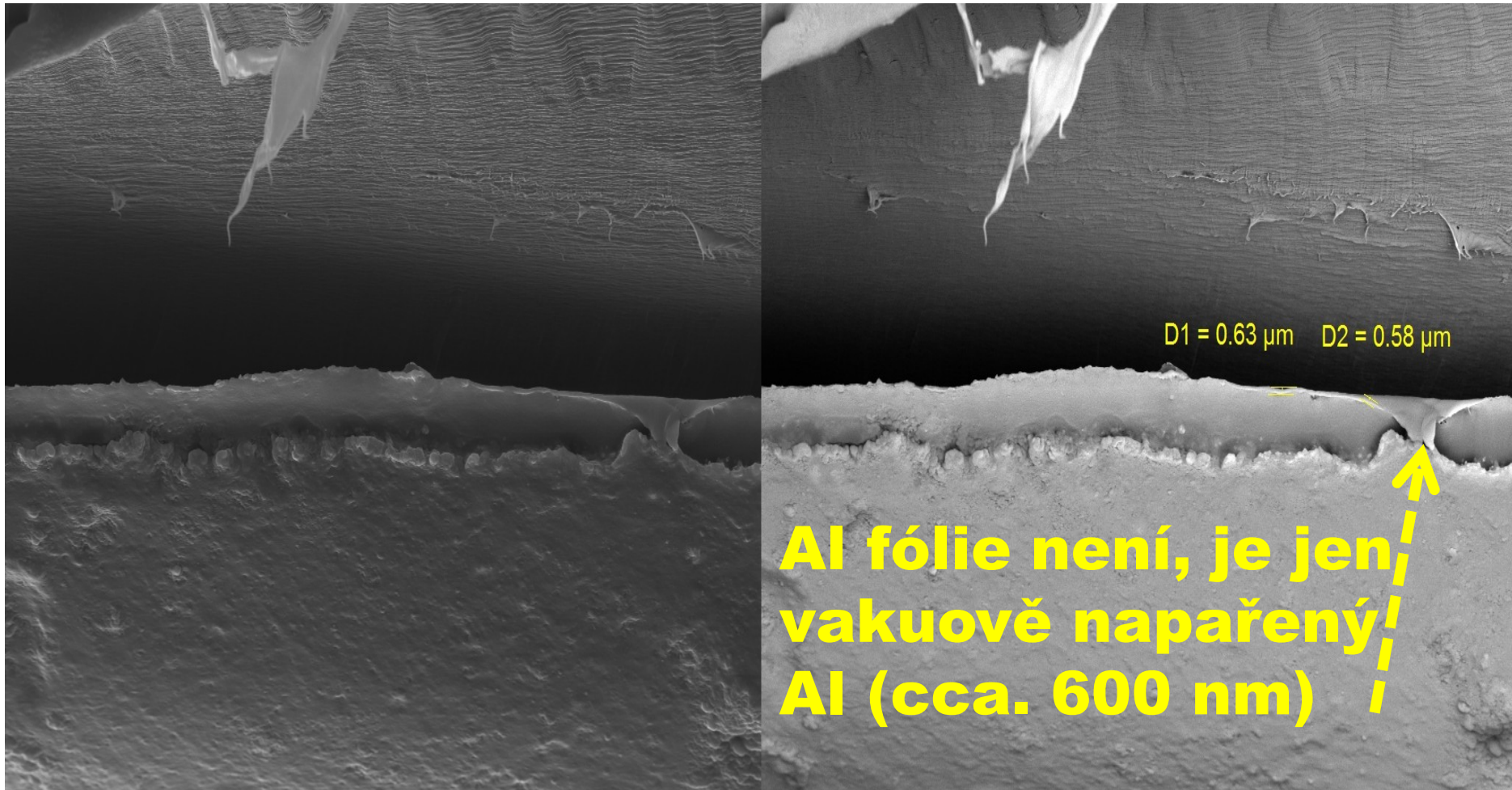
**Al fólie není, je jen vakuově napařený Al**

**NAŠTĚSTÍ tam není papír, ale je tam silná vrstva barevného laku**



# Něco lze rozdělit na složky TĚŽKO 5

## KOMBINOVANÝ obal na KÁVU



SEM HV: 15.0 kV

WD: 14.81 mm

View field: 92.3  $\mu\text{m}$

Det: SE, BSE

SEM MAG: 3.00 kx

Date(m/d/y): 11/28/17

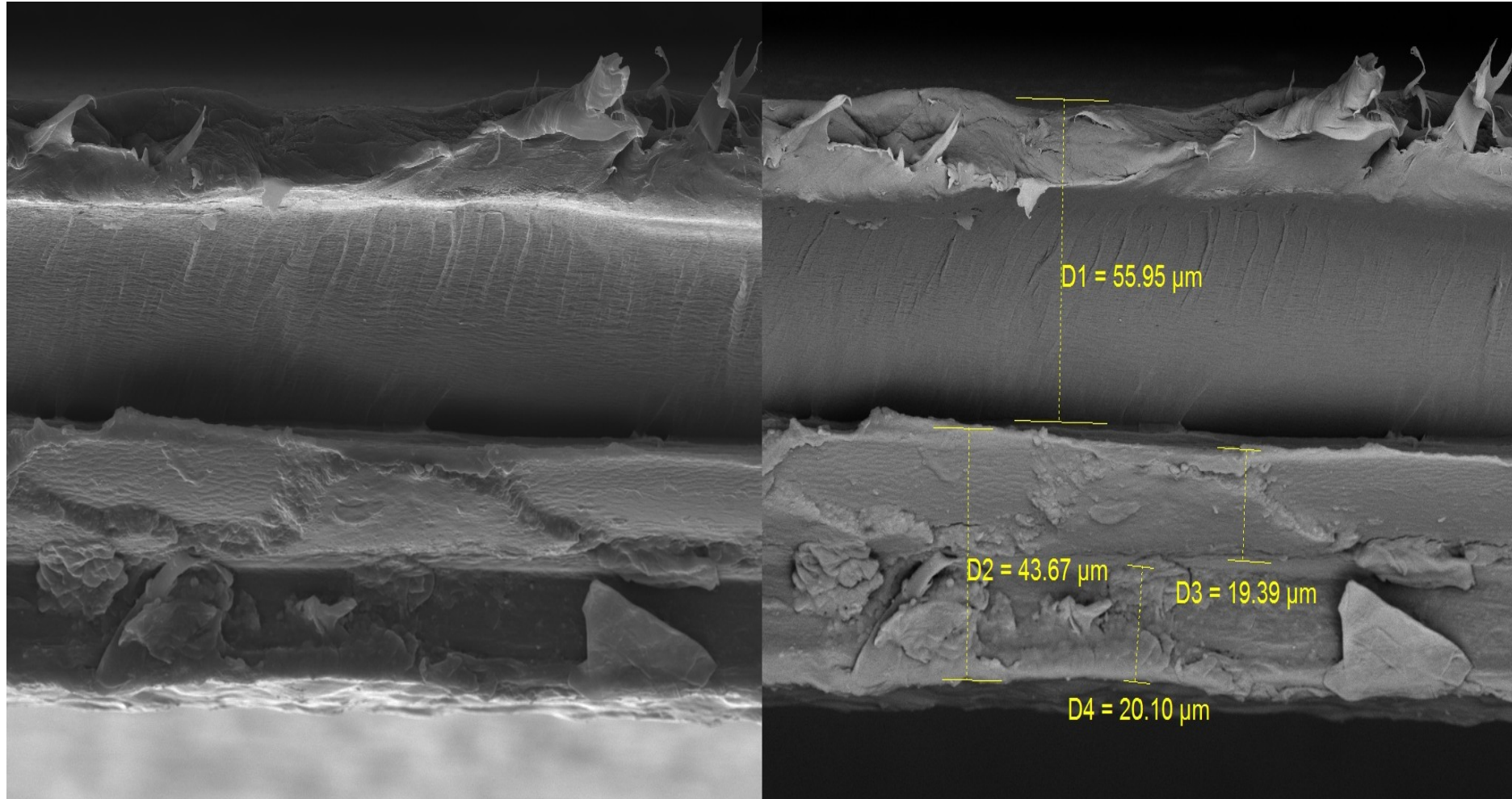
50  $\mu\text{m}$

MIRA3 TESCAN

Department of Physical Electronics, CEPLANT

# Něco lze rozdělit na složky TĚŽKO 6

## KOMBINOVANÝ obal na KÁVU



SEM HV: 15.0 kV

WD: 14.80 mm

View field: 185  $\mu\text{m}$

Det: SE, BSE

SEM MAG: 1.50 kx

Date(m/d/y): 11/28/17

100  $\mu\text{m}$

MIRA3 TESCAN

Department of Physical Electronics, CEPLANT



# Technické (výrobky ze směsných plastů) 2

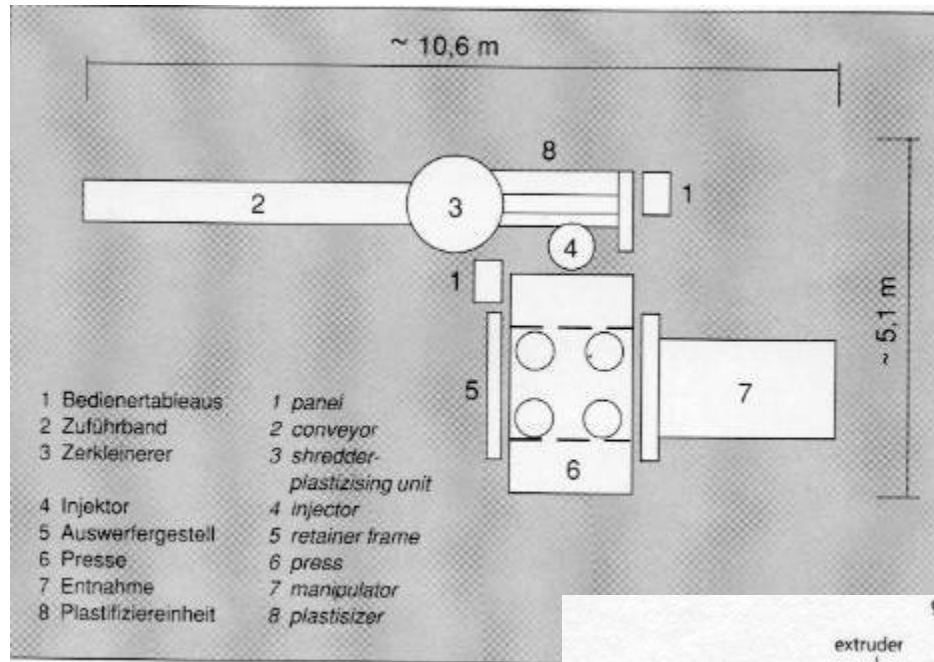
Web: [www.recyklace.cz](http://www.recyklace.cz)

**Transform a.s. Lázně Bohdaneč**

## Zatravňovací dlažba

Číslo zboží	Název a rozměry	Cena bez DPH	Cena s DPH
14401	zatravňovací dlažba Lite, 60x40x4 cm, S	73,55	89,00
16801	zatravňovací dlažba VD1200, 120x80x6 cm, S	383,47	464,00
18401	zatravňovací dlažba VD600+, 60x40x6 cm, S	95,87	116,00
18601	zatravňovací dlažba VD800+, 80x60x6 cm, S	191,73	232,00

# Hledějme nové technologie 1 !

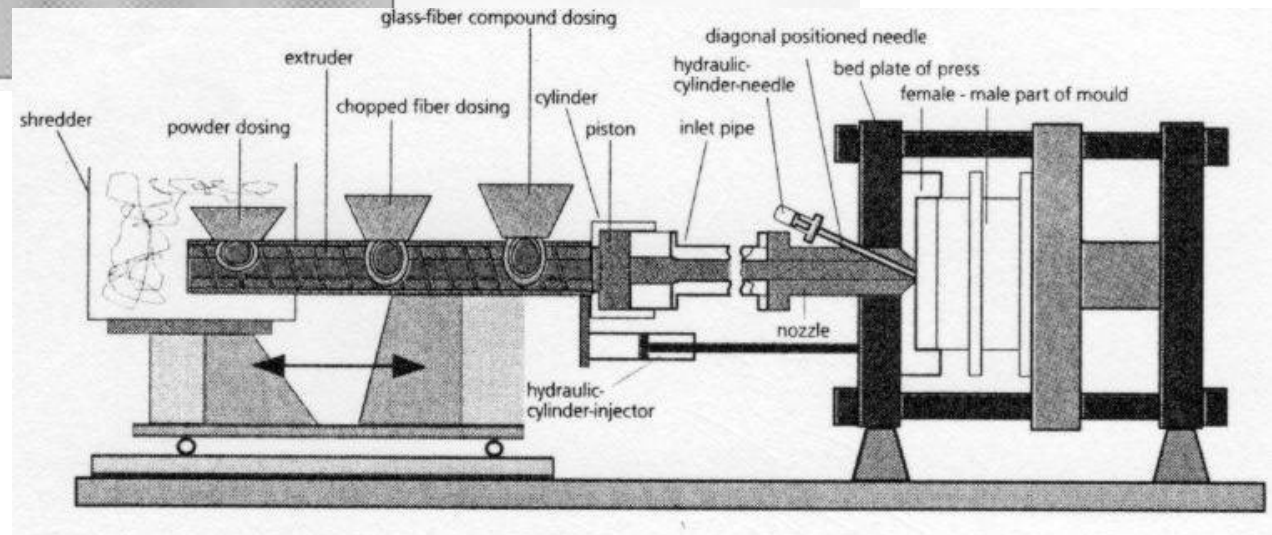


## Grundausrüstung

- Förderband mit Metaldetektor
- Zerkleinerer
- Plastifiziereinheit
- Injektor
- Presse
- horizontaler Entnahmewagen in Pressentischgröße
- Dokumentation

## Basic Equipment

- conveyor with metal detector
- shredder combined with plastisizing unit
- injector
- press
- horizontal demoulding cart in size of press table
- documentation



# Bylo už všechno vynalezeno?

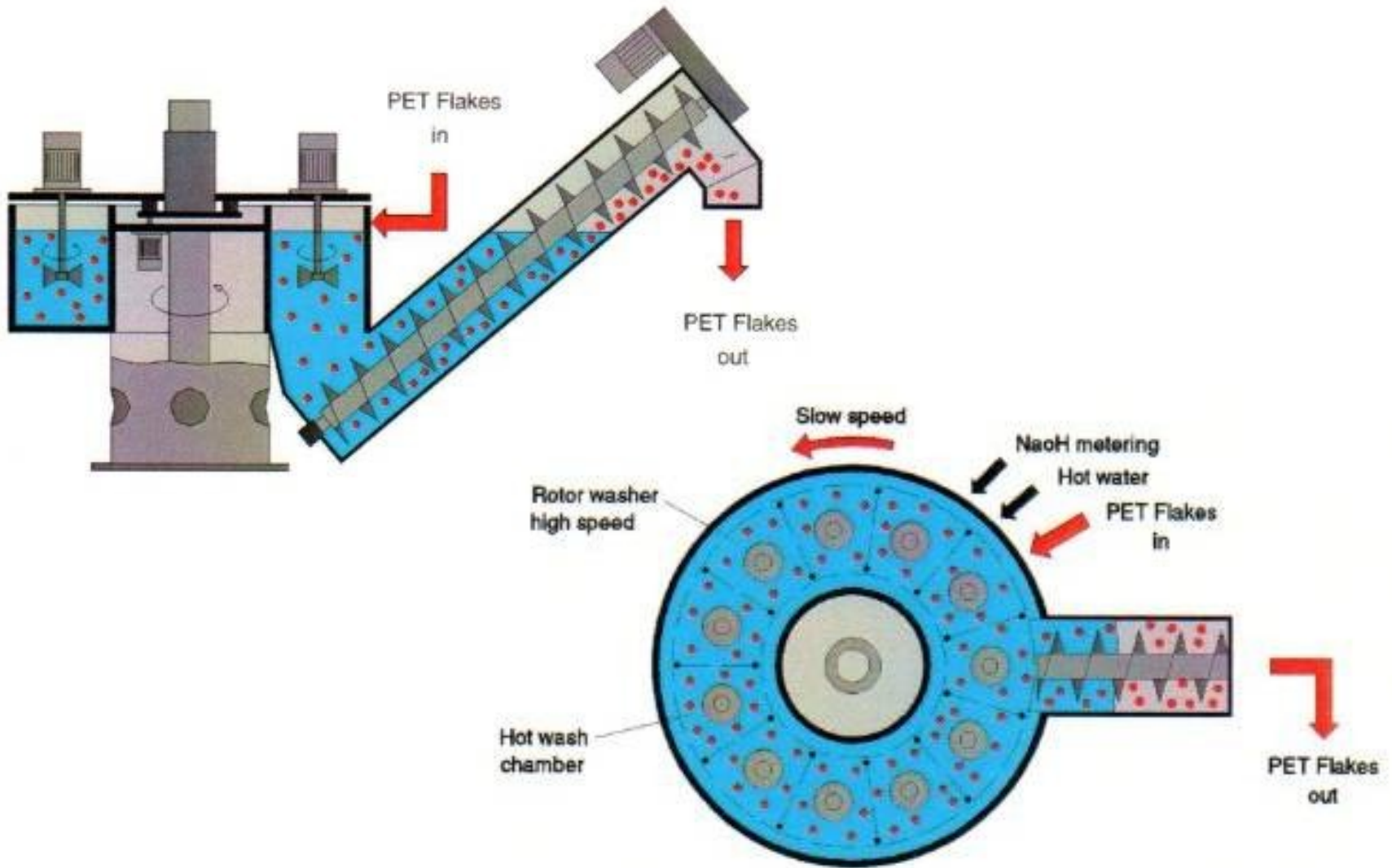
Heiß-Wasch-System  
Hot Wash Unit



## HWK hot wash system for continuous operation

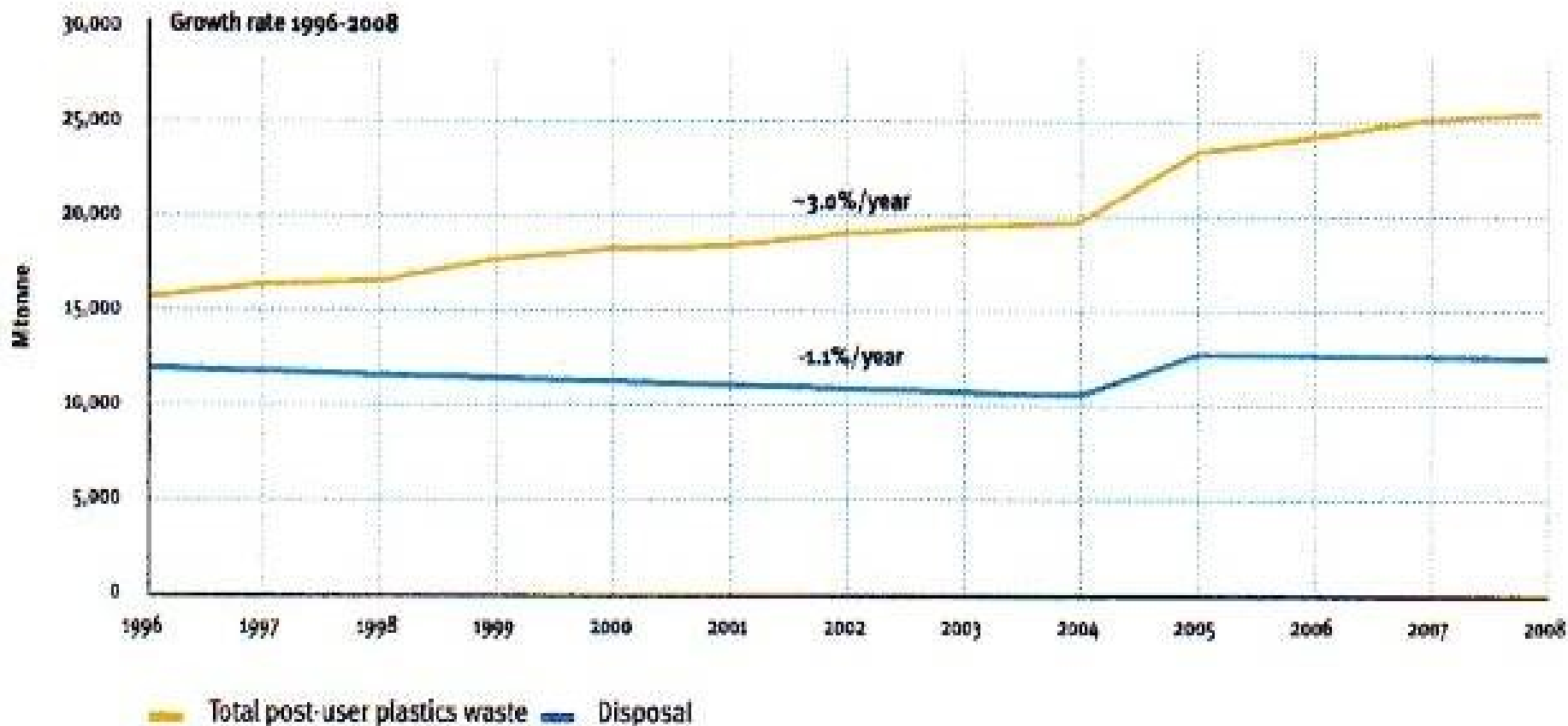
- addition of NaOH and additives
- long residence time due to transport system with rotating chambers
- rotor washer for intensive washing
- continuous discharge, no batch operation
- continuous exchange of wash liquid

# Planetová myčka (můj výraz)!



# SKLÁDKOVÁNÍ PLASTOVÉHO ODPDU TRVALE (SNAD) KLESÁ!

Figure 11. Continued decoupling of plastics waste and landfill



The figure shows the history for EU15+NO/CH until 2004 and for EU27+NO/CH from 2005 onwards.



# STÁLE JE CO ZLEPŠOVAT

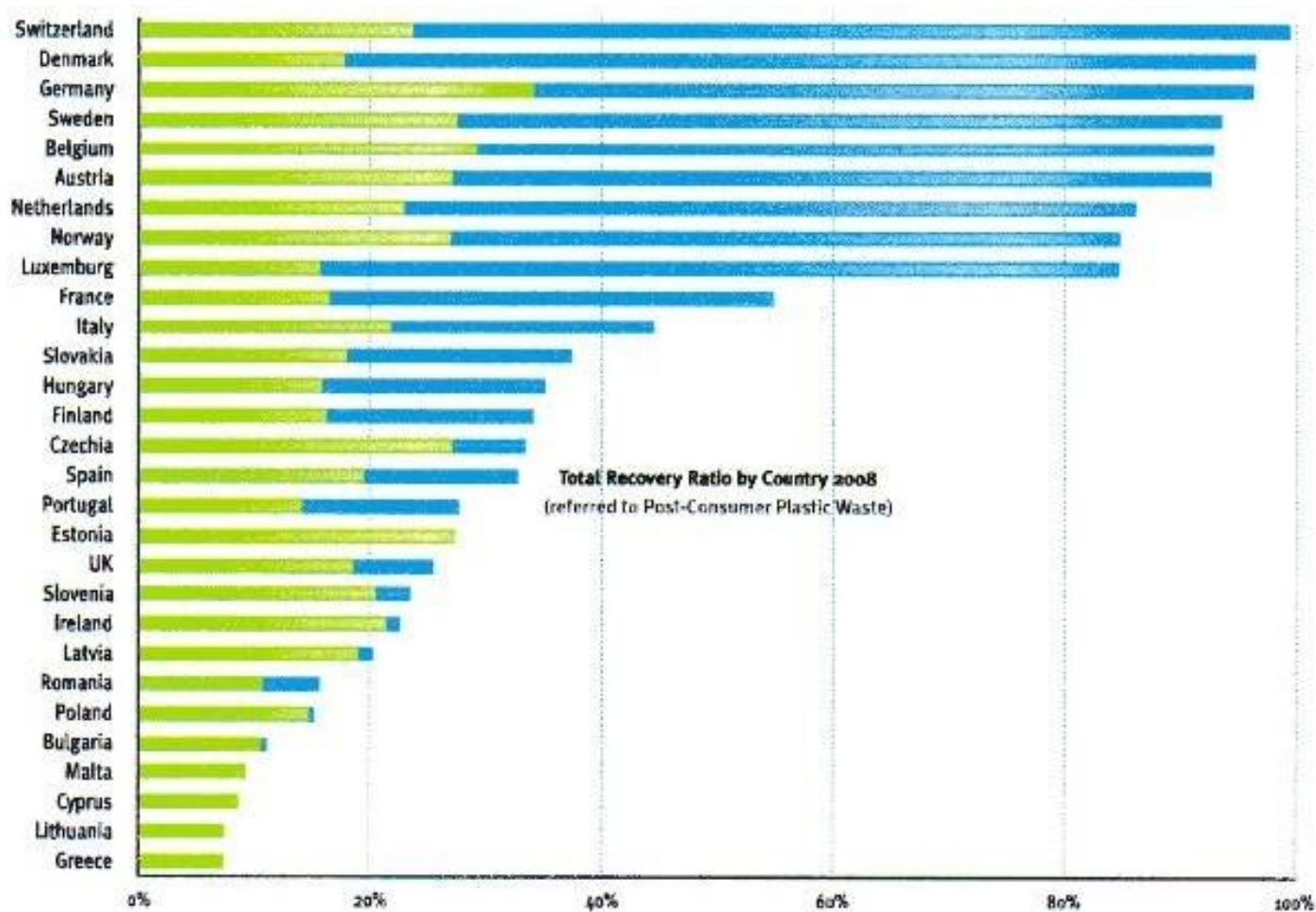


Figure 13. Recycling and energy recovery rate per country

■ Recycling rate 2008 ■ Energy Recovery rate 2008

1 <http://www.prognos.com/Singleview.306+M5c828d79ff6.o.html>

## Česko skládkovací velmocí

Podle Eurostatu skončilo v ČR na skládkách přibližně 2,5 mil. t komunálního odpadu, to je 243 kg na obyvatele. Průměr EU byl přitom téměř poloviční (136 kg). Před ČR se dostaly nejen vyspělé země západní Evropy, ale už i státy bývalého východního bloku – Estonsko (96 kg), Slovinsko (151 kg), Polsko (188 kg) Slovensko (220 kg) a dokonce i Rumunsko (227 kg).

Alarmující jsou data o skládkování recyklovatelných odpadů, kterých v roce 2012 skončilo v ČR na skládkách téměř 100 tis. t, tedy přes 9 kg na obyvatele. Větší množství vykázal v EU pouze Kypr (24 kg), Bulharsko (19 kg), Francie (18 kg) a Řecko (14 kg).

Vláda sice loni schválila nový Plán odpadového hospodářství na roky 2015 až 2024, který počítá s významným omezením skládkování, ale ten sám o sobě situaci nezlepší, pokud zůstane jen na papíře.

„Dobré plány a předsevzetí nestačí. Česko nutně potřebuje nový zákon o odpadech, který zásadně omezí skládkování komunálního odpadu,“ myslí si ředitel Teplárenského sdružení ČR Martin Hájek.

Nový zákon o odpadech je však zatím teprve ve stadiu věcného záměru a jeho projednávání navíc vláda odložila. „I když vláda věcný záměr nového zákona o odpadech brzy schválí, k jeho finálnímu přijetí parlamentem je ještě velmi dlouhá cesta. Pokud se bude legislativní proces dál protahovat, pak tato vláda už nový zákon o odpadech vůbec nemusí stačit prosadit,“ obává se Martin Hájek. „To by jistě potěšilo skládkovou lobby, ale pro životní prostředí České republiky by to byla velká prohra.“

# Výhody spaloven komunálního odpadu oproti „obnovitelným zdrojům“

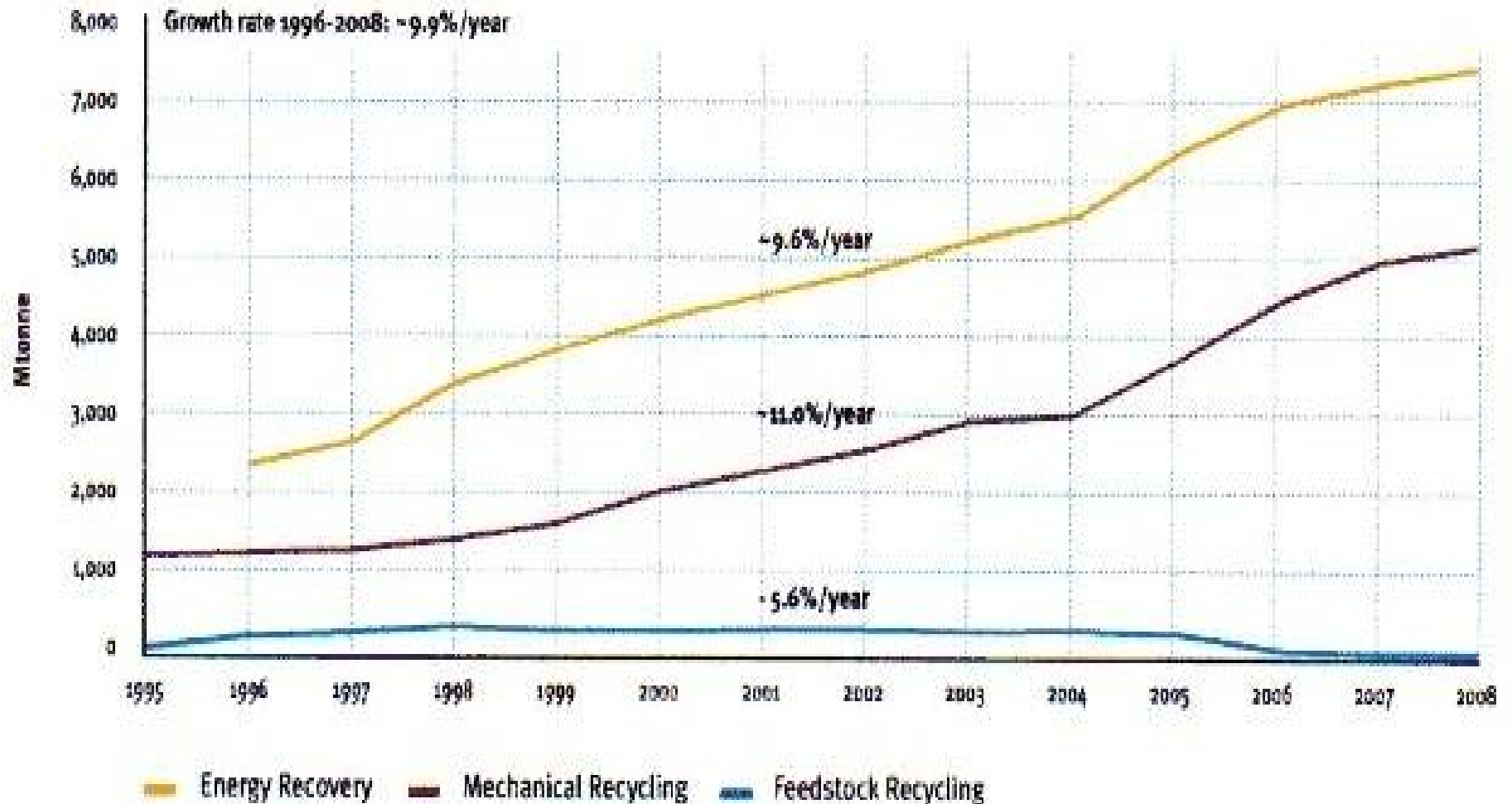
- **Kontinuální dodávka energie**
- **Plasty jsou energeticky nejhodnotnější částí vsázky**
- **Využití energie odpadu**
- **Minimální zábor zemědělské či lesní půdy**

## PROBLÉM

## NEVIDITELNÁ RUKA TRHU

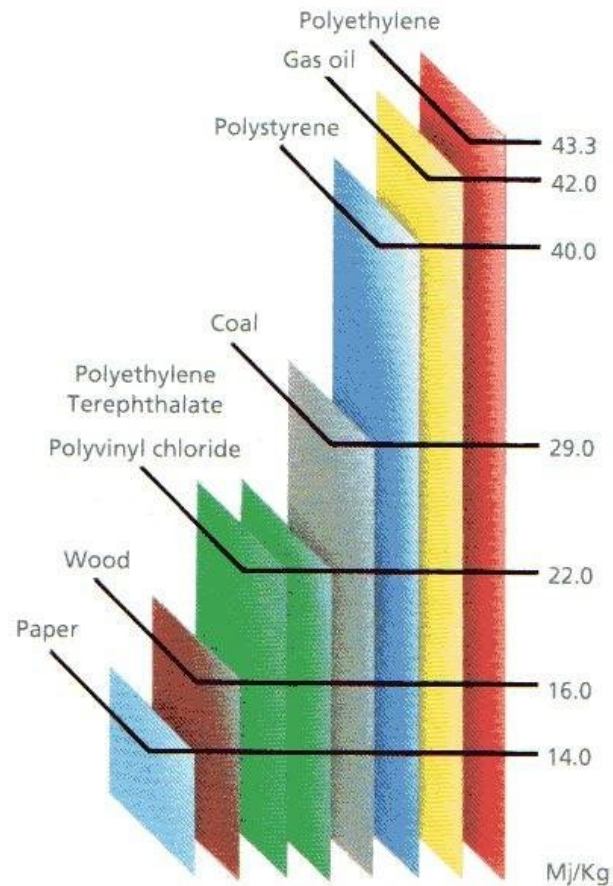


Figure 12. Strong continued growth of recycling and energy recovery



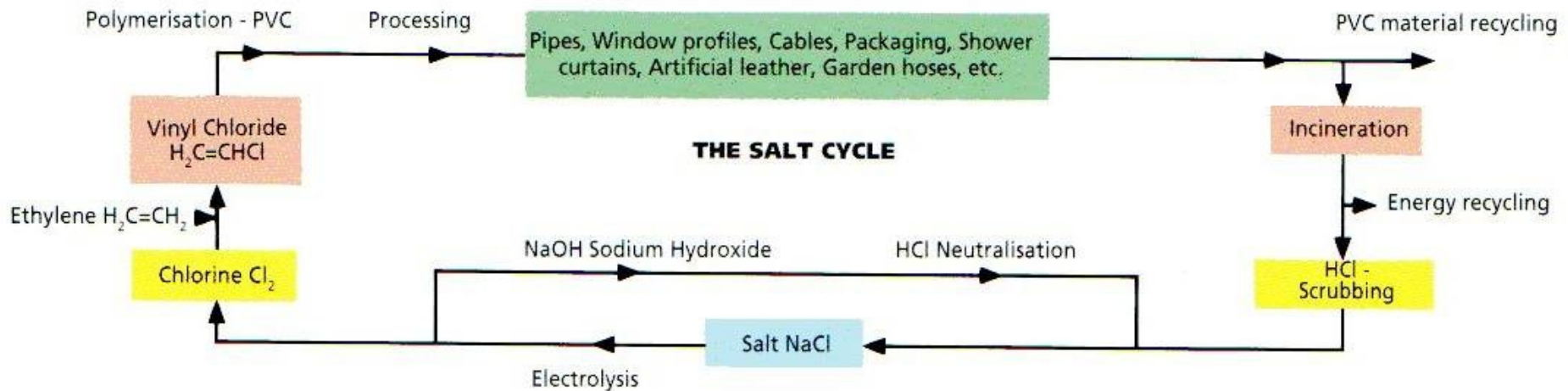
The figure shows the history for EU15+NO/CH until 2004 and for EU27+NO/CH from 2005 onwards.

# BUDE OMILOSTNĚNO PVC?

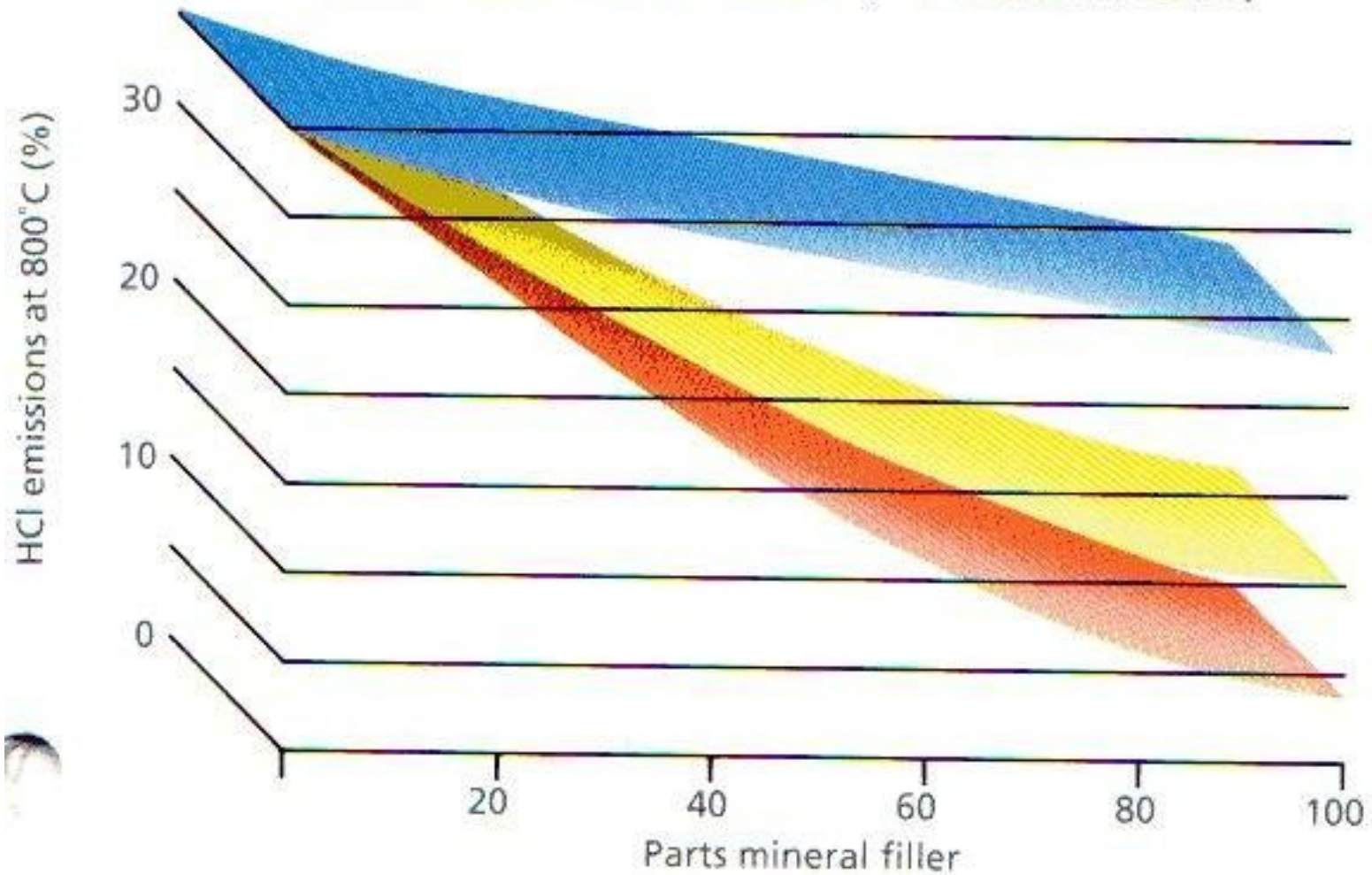


**CALORIFIC VALUES OF  
COMMON WASTE MATERIALS**

# BUDE OMILOSTNĚNO PVC?



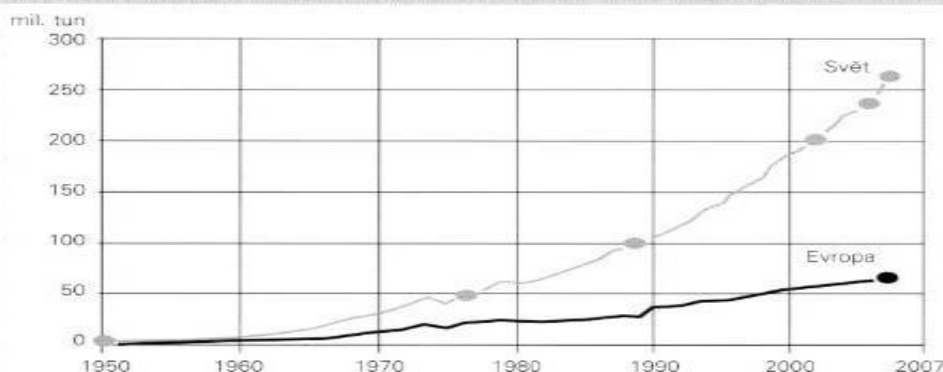
# HCl EMISSION FROM ELECTRICAL CABLES MADE FROM FLEXIBLE PVC THE INFLUENCE OF MINERAL FILLERS (FIRE TESTED AT 800°C)



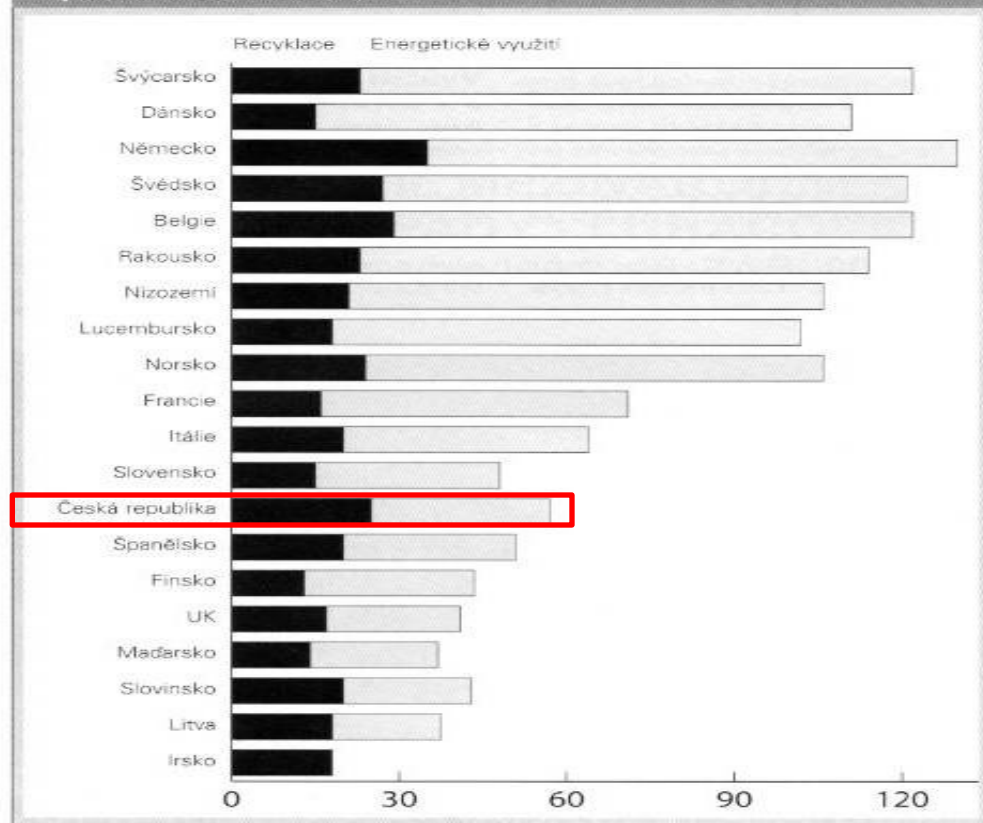
► v energetickém využití odpadních plastů – podíl 7 %. Co však je katastrofické, je 68% podíl skládkování odpadních plastů.

Je známo, že při skládkování odpadů vzniká metan, který má 21x vyšší potenciál pro skleníkový efekt než oxid uhličitý. Podle studie

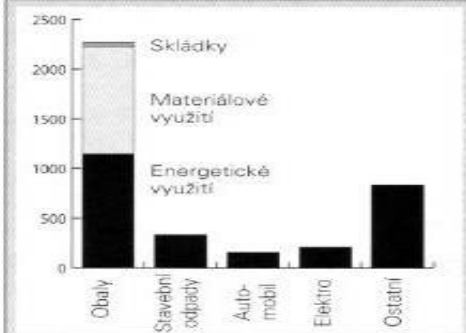
**Obr. 1 Světová spotřeba plastů do roku 2007**



**Obr. 2 Podíl recyklace, spalování a skládkování plastů v některých zemích EU 27 + Švýcarsko a Norsko v roce 2007**



**Obr. 3 Odpadní plasty v Německu v roce 2007 podle aplikací a využití (Celkem 3800 tis. tun)**



Prognos AG se eliminací skládkování kalorických odpadů do roku 2020 dá ušetřit ekvivalent 234 Mt oxidu uhličitého ve srovnání s rokem 2004. Toto číslo je tak alarmující, že Evropská komise zvažuje zřízení zvláštní agentury, která by dohlížela na implementaci směrnice o skládkách. A to se v EU průměrně skládkuje 42 % všech odpadů, do roku 2016 se však má omezit skládkování biologicky rozložitelného odpadu o 65 % proti roku 1995.

Z obr. 3 vyplývá, že ekologické země, jako jistě jsou Švýcarsko, Dánsko, Švédsko, ale i Německo, Belgie a Rakousko problém skládkování již téměř vyřešily, když využívají ve značné míře energetické užití plastů. Plastics Europe uvádí, že v Evropě pracuje 370 zařízení na energetické využití plastových odpadů (na podporu procesů energetického využití plastových odpadů vydala Plastics Europe i speciální publikaci).

V Polsku mají pro tento účel pouze jedno zařízení a do roku 2013 plánují výstavbu dalších devíti zařízení ve velkých městech. Počítají s náklady jedné miliardy euro a s 60% podílem financování z EU. V České republice fungují tři zařízení na energetické využití odpadů, to je však příliš málo.

Příznivý stav v ČR v oblasti mechanických recyklaci plastů je dán dobře nastaveným způsobem třídění obalových plastů, zejména PET lahví v rámci obcí a měst. Společnost EKO-KOM zpracovává údaje o třídění komunálních odpadů, z nichž lze vyčíst i údaje o využití plastů. Obdobné údaje za oblast stavebnictví, automobilového průmyslu a elektro jsou prakticky nedostupné. Lze si jen přát, abychom v brzké budoucnosti měli k dispozici obdobné údaje o využití odpadních plastů, jako mají v Německu.

**Ing. František Vörös,**  
reprezentant Plastics Europe pro ČR  
při SCHP ČR



# **Nepodceňujme „rozvojové státy“**

## **Recyklace skládek na ostrově Bali**

- **Přetřídění hmoty**
  - **Plasty**
  - **Kovy**
  - **KOMPOSTOVATELNÝ ODPAD > KOMPOSTÁRNA > PARKY, ZAHRADY A GOLFOVÁ HŘIŠTĚ**

## **Plastový odpad na Sri Lance**

- **Statistika výskytu**
- **Technologie recyklace**
- **Vliv recyklace plastů na životní prostředí**

# Jaká může být budoucnost?

- Recyklace skládek a vytěžování složek
- Na velkých skládkách možná získávání methanu? **UŽ SE TO ZKUŠELO, ale opuštěno > PROČ ASI?**
- Tendence k omezení skládek na úkor materiálové a energetické recyklace
- Surovinová recyklace se asi zatím neprosadí
- **Rozvine se chemická recyklace, hlavně PETP**
- **Fyzikální recyklace „výrobek z výrobku“**
- **Rozvoj využití plasmatu a mikrovln**