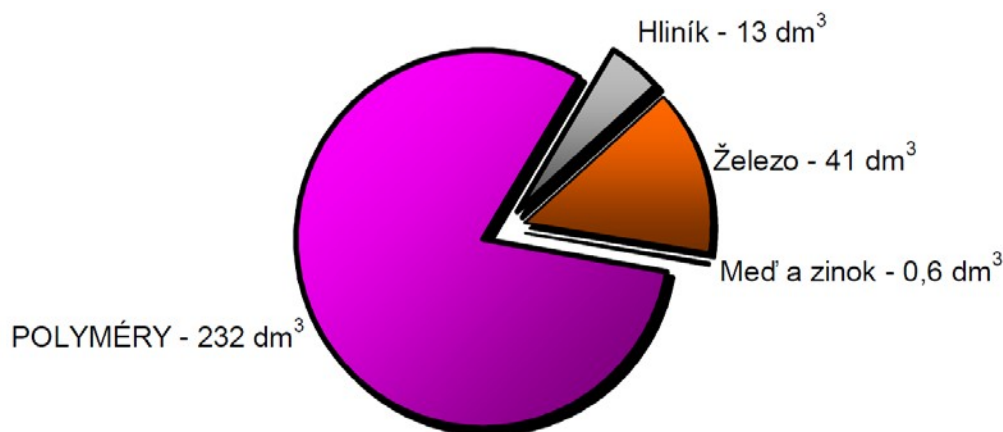


Teoretické východiska k téme Plasty a Odpady z plastov

Charakteristika plastov

Plasty sú syntetické polyméry, ktoré prenikli v priebehu 20. storočia do každodenného života obyvateľov všetkých priemyselných krajín. Polyméry predstavujú v dnešnej dobe najvýznamnejší segment výroby a spotreby podľa objemu medzi všetkými technickými materiálmi. V konkurencii s klasickými materiálmi predovšetkým kovmi sa polyméry presadili jednoduchou spracovateľnosťou, nízkou hustotou a výhodným pomerom medzi úžitkovými vlastnosťami a cenou. Ďalší vývoj polymérnych materiálov stále pokračuje. V súčasnosti existuje veľké množstvo plastov, rozličné spôsoby ich prípravy a ovplyvňovania vlastností, ako aj rôzne spôsoby ich spracovania, ktoré vyplývajú práve zo stále sa rozširujúcej oblasti ich používania.

V roku 2005 bola priemerná svetová spotreba polymérov na osobu 240 kg, čo je takmer šesťnásobok svetovej produkcie železa (obr.1). Veľká časť svetovej produkcie v súčasnosti je zameraná na syntetické polyméry. Historicky prvé polyméry, ktoré začal človek priemyselne využívať boli prírodné polyméry ako sú kaučuk, vláknitý prírodný hodváb, vlna, ľan a konope [1, 2].



Obr. 1 Priemerná spotreba niektorých materiálov na osobu v roku 2005 [1]

Medzi makromolekulárne látky zaradujeme aj plasty, lebo sú to zlúčeniny, vybudované z veľkého počtu atómov, pričom spojenie sa uskutočňuje najmä chemickými väzbami. Ich štruktúra i správanie sú iné než u kovov. Štruktúra kovov je tvorená kryštalickými mriežkami, v ktorých sú jednotlivé atómy navzájom viazané

chemickými väzbami, ktoré sú príčinou ich typickej vysokej pevnosti. Plasty sú naopak tvorené makromolekulárnymi reťazcami s opakujúcimi sa základnými štruktúrnymi jednotkami. Charakteristické vlastnosti makromolekulárnych zlúčenín súvisia s mimoriadnou veľkosťou ich molekúl, či makromolekúl. Jedna makromolekula môže obsahovať niekoľko sto, tisíc i viac základných štruktúrnych jednotiek nazývaných monoméry. Monomér je molekula, ktorá má atómy uhlíka viazané násobnou väzbou, alebo obsahuje relatívne charakteristické skupiny, napríklad skupinu $-OH$, $-COOH$, $-NH_2$. Počet monomérov v polymérnej molekule vyjadruje polymerizačný stupeň. Zlúčeniny s nízkym polymerizačným stupňom sa nazývajú oligoméry, s vyšším polymerizačným stupňom sú polyméry. V polyméri tvoria monoméry stavebnú alebo štruktúrnu jednotku s rovnakým chemickým zložením, ktorá sa pravidelne opakuje. Stavebná jednotka polyméru nazývaná aj monomér, je pravidelne sa opakujúca časť makromolekuly s rovnakým zložením. Štruktúrna jednotka polyméru je najjednoduchšie usporiadanie stavebných jednotiek, ktoré sa v makromolekule opakuje. Medzi polyméry patrí veľké množstvo rozdielnych látok, preto ich delíme podľa viacerých kritérií [3, 4].

Plasty a ich vlastnosti

Vlastnosti plastov sú závislé na ich štruktúre a dĺžke reťazcov zložených z makromolekúl. Plasty sú pri bežnej teplote tuhé, pevné a väčšina z nich je ľahko tvarovateľná, obrábatel'ná a majú dobré izolačné vlastnosti. Ich nevýhodou je malá odolnosť voči vyšším teplotám. Nepodliehajú korózii, čo je prednosťou z hľadiska stálosti výrobkov, ktoré sú z nich zhotovené, ale nevýhodou z ekologického hľadiska. Plasty ako každý iný materiál podliehajú rôznym zmenám, či už tým pozitívnym alebo tým neželaným. Plasty vplyvom rôznych faktorov degradujú, starnú, strácajú pôvodné vlastnosti. Týmto menia vlastnosti výrobku, ktorý sa vplyvom rôznych činiteľov stáva nepoužiteľný. Ďalšou dôležitou vlastnosťou týchto materiálov je relatívne jednoduché a nie príliš nákladné spracovanie na výrobky aj veľmi zložitých tvarov [5, 6].

1. Fyzikálno-mechanické vlastnosti plastov ovplyvňuje:

a) *veľkosť makromolekúl*, ktorá pre určitý druh plastu nie je konštantná, ale predstavuje priemernú hodnotu. Plast je teda zmes makromolekúl s rozdielnym polymerizačným stupňom. Preto sa hodnoty fyzikálnych veličín polyméru udávajú v určitom rozmedzí. Plasty s nižším polymerizačným stupňom majú kratšie reťazce a tým aj nižšiu relatívnu molekulovú hmotnosť. Čím je reťazec dlhší, tým je plast pevnejší, odoláva rozpúšťadlám a má vyššiu teplotu mäknutia. Platí to však len pre určitú hodnotu

polymerizačného stupňa (n). Jeho ďalšie zvyšovanie už výrazne neovplyvňuje fyzikálno-mechanické vlastnosti daného plastu.

b) *tvár makromolekuly*, ktorý výrazne vplýva na fyzikálno-mechanické vlastnosti plastov. Určuje napríklad ich rozpustnosť v polárnych a nepolárnych rozpúšťadlách a správanie sa pri zvýšenej teplote. Plasty s lineárnym reťazcom makromolekúl sú veľmi dobre rozpustné, termoplastické látky. Plasty s rozvetveným reťazcom majú obmedzenú rozpustnosť

a priestorovo sieťované plasty sú nerozpustné termosety.

c) *štruktúra molekuly*, ktorú ovplyvňuje aj poloha substituentov vzhľadom na rovinu základného reťazca polyméru. Napríklad ataktický stereoizomér polypropylénu tvorí mäkkú, pri obvyčajnej teplote lepkavú látku. Nekryštalizuje, preto sa nemôže použiť ako vláknotvorný materiál. Izotaktický stereoizomér má pravidelné priestorové usporiadanie polypropylénových jednotiek. Preto je kryštalický, má vysokú teplotu topenia, je pevný v ťahu a dajú sa z neho vyrobiť vlákna s dobrou kvalitou. Vláknotvorné polyméry sú vždy kryštalické, lineárne termoplasty. Plasty môžu byť ako tepelné alebo elektrické izolátory, túto vlastnosť majú všetky elektrické spotrebiče, šnúry a zásuvky, ktoré sú potiahnuté plastmi. Plastové rukoväte na hrncoch, panviciach a penové jadro v chladničkách a mrazničkách majú funkciu tepelných izolátorov. Príkladom tepelných izolátorov je aj termoprádlo pre lyžiarov, ktoré je vyrobené z polypropylénu.

d) *prít'azlivé medzimolekulové sily*. Paralelné reťazce sa k sebe pútajú vodíkovými väzbami. Tým sa zvyšuje súdržnosť, a tak aj pevnosť, vláknotvornosť, teplota topenia, odolnosť proti rozpúšťadlám. Plasty sú veľmi ľahké materiály s rôznym stupňom pevnosti, zoberme škálu aplikácii, cez hračky, kozmické stanice až po jemné nylonové vlákno v pančucháčoch [6, 7]

2. Chemické vlastnosti plastov ovplyvňuje:

a) energia chemickej väzby medzi atómami v reťazci. Ak má byť plast stabilný, musí mať čo najpevnejšie chemické väzby medzi atómami,

b) polarita chemickej väzby, ktorá znižuje elektroizolačné vlastnosti plastu, zväčšuje medzimolekulové sily a zhoršuje ohybnosť reťazca,

c) veľkosť atómov viazaných na základný reťazec. Keď sa napr. v polyetyléne atómy vodíka nahradia atómami fluóru, vzniká polytetrafluóretylén, ktorý má odlišné

vlastnosti od polyetylénu. Spôsobujú to objemnejšie atómy fluóru usporiadané okolo hlavného reťazca,

d) štruktúra makromolekúl. Poznanie tejto štruktúry umožňuje odstraňovať niektoré nevhodné vlastnosti týchto látok, napr. mäkkosť, napučíavanie v rozpúšťadlách, nenasiakavosť a nepriepustnosť plynov a vodnej pary. Ďalej je to ich horľavosť alebo rozklad na jedovaté látky, ako aj vysoká odolnosť proti mikroorganizmom. Niektoré plasty sú odolné voči chemikáliám, príkladom sú všetky čistiace prostriedky v domácnosti, ktoré sú nebezpečné ak prídu do kontaktu s očami a kožou, ale zároveň nemá žiaden nežiaduci vplyv na plast [4, 5].

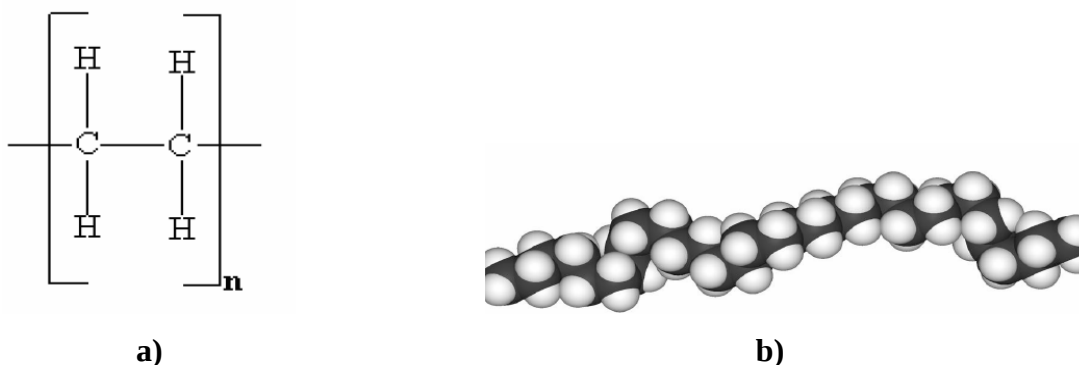
Plasty a životné prostredie

Plasty sa vyrábajú pomerne jednoduchými chemickými postupmi z ropy. Výsledkom týchto postupov sú uhl'ovodíkové monoméry ako je etylén a propylén. Napriek tomu, že výroba plastov je jednoduchý proces, to sa vôbec nedá povedať o ich likvidácii. Plasty sa síce rozkladajú pôsobením svetla a ultrafialového žiarenia, pomalým rozpúšťaním vo vode, viazaním polymérov na škrobené centrá a biologickým rozkladom, ale to je veľmi pomalý proces. Dalo by sa až povedať, že v prírode plasty nepodliehajú vôbec rozkladu, a preto sa hľadáajú biologické odbúrateľné plasty. Preto sa začali vyvíjať nové druhy plastov, ktorých proces rozkladu je urýchlenný, napr. plasty do ktorých sa pridáva škrob, ktorý podporuje pučanie vo vode a ten je ďalej rozrušovaný pôdnymi mikroorganizmami. Začal sa aj vývoj biodegradabilných (kompostovateľných) plastov, ktoré sú netoxické, majú príjemný vzhľad a sú menej horľavé. Na jednej strane je to ekologický prínos, ale na druhej strane nemôžeme prehliadnuť stratu druhej suroviny a určité rozpaky nad možným zaťažením životného prostredia iným spôsobom. Pre tieto vlastnosti ich považujeme za materiál budúcnosti. [8, 9].

Charakteristika vybraných recyklovateľných plastov

Polyetylén

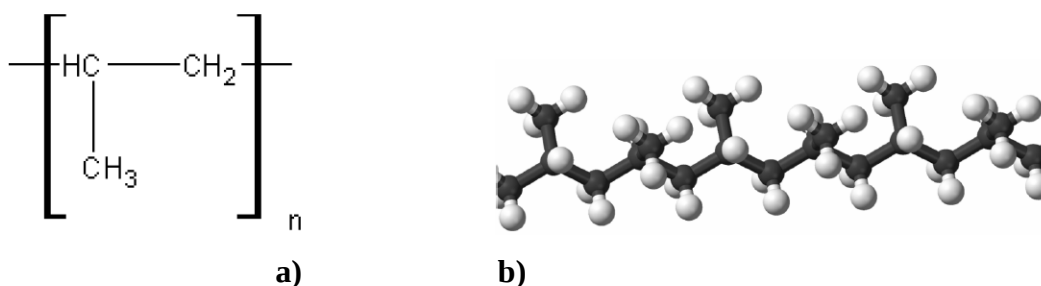
Polyetylén – PE ako prvý pripravil v roku 1898 chemik Hans von Peckman z dimetyldiazénu ($CH_3 N = N - CH_3$). Polyetylén je termoplastický polymér. Skladá sa len z atómov uhlíka a vodíka, preto pri horení odpadov nepredstavuje závažný ekologický problém. Zhorí na CO_2 a H_2O . Na obrázku 3a je štruktúrny vzorec polyetylénu a na obrázku 3b je zobrazený priestorový reťazec polyetylénu [9, 11].



Obr. 3 a) Chemický vzorec polyetylénu; b) Priestorový reťazec polyetylénu [11]

Polypropylén

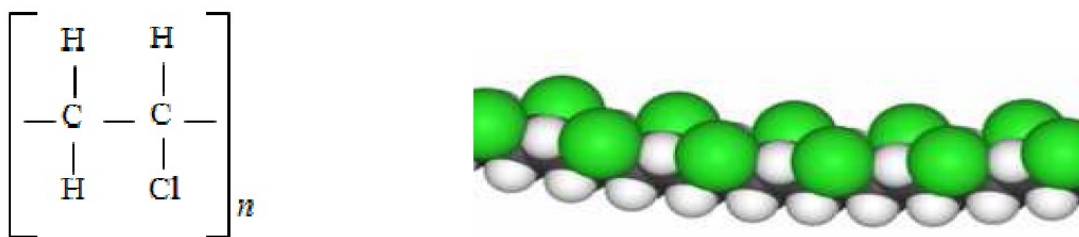
Polypropylén – PP, chemický názov polypropén alebo aj poly (1-metyletylén) je tiež ako polyetylén termoplastický polymér, využívaný v početných technických aplikáciách. V začiatkoch prípravy polypropylénu sa používala radikálová polymerizácia propylénu, ktorou sa dal získať len nízkomolekulárny produkt mäkkého charakteru. Až v roku 1954 zistil Giulio Natta, že v prítomnosti katalyzátorov vzniká z monoméru vysokomolekulárny polypropylén. Dnešná príprava polypropylénu sa podobá výrobe polyetylénu nízkotlakovým spôsobom. Na obrázku 4a je chemický vzorec polypropylénu a priestorový reťazec polypropylénu je na obr. 4b [1, 2, 12].



Obr. 4 a) Chemický vzorec PP; b) Priestorový reťazec PP [12]

Polyvinylchlorid

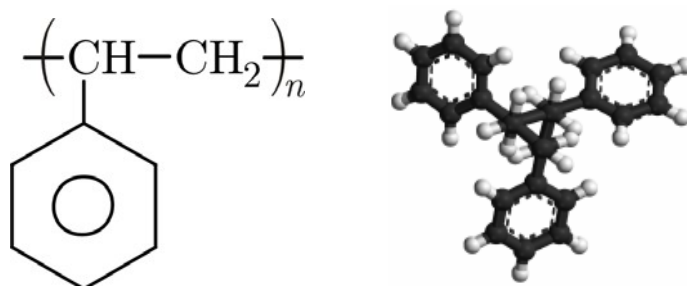
Polyvinylchlorid – PVC patrí medzi najdôležitejšie termoplasty. Je najvýznamnejším predstaviteľom skupiny vinylových polymérov a spolu s polyetylénom a polypropylénom patria k najmasovejšie vyrábaným syntetickým plastom. Príčinou jeho mimoriadneho rozšírenia sú pomerne lacné spôsoby výroby vinylchloridu a významné vlastnosti jeho polyméru, či už sa jedná o jeho ľahkú spracovateľnosť alebo o jeho schopnosť zlučovať sa s rôznymi zmäkčovadlami. Štruktúrny vzorec polyvinylchloridu a jeho priestorový reťazec sú na obrázku 5 [1, 2, 13].



Obr. 5 a) Chemický vzorec PVC; b) Priestorový reťazec PVC [13]

Polystyrén

Polystyrén – PS je jedným z najstarších syntetických polymérov. Zarad'uje sa medzi styrénové polyméry. Polystyrén bol prvýkrát pripravený náhodne v roku 1839 nemeckým lekárnikom Eduardom Simonom. Bolo zistené, že samotným zahriatím styrolu nastáva reťazová reakcia, ktorej produktom je makromolekulová látka. Tento fakt viedol ku dnešnému pomenovaniu zlúčeniny — polystyrén. Chemický vzorec a priestorový tvar polystyrénu je na obrázku 6 [1, 14].



Obr. 6 a) Chemický vzorec polystyrénu; b) Priestorový tvar polystyrénu [14]

Odpady z plastov

Plasty zaznamenávajú obrovský úspech v priemysle a modernej spoločnosti, pretože majú veľa výhod. Majú tiež veľmi významnú nevýhodu a to, že nie sú biologicky odbúrateľné. Je to preto, lebo prirodzene sa vyskytujúce mikroorganizmy nevylučujú žiadne enzýmy, ktoré by mohli plasty rozložiť. Výsledky tejto nevýhody môžeme vidieť v akomkoľvek meste, lese, na poli alebo na inom mieste navštevovanom ľuďmi. Dnes je plastový odpad vážnym problémom, pretože každý z nás vyprodukuje niekoľko kilogramov plastového odpadu týždenne. Denne v domácnostiach vzniká obrovské množstvo odpadov z plastov a vzniká problém s ich odstránením. Spôsobom

odstraňovania odpadov je ich spaľovanie – získava sa energia. Spaľovaním odpadu sa zníži jeho objem asi na desatinu, ale súčasne uniká do ovzdušia veľa škodlivých látok, ktoré poškodzujú životné prostredie a ťažko sa odstraňujú. Počas spaľovania napr. výrobkov z polyvinylchloridu vzniká veľké množstvo chlórovodíka, ktorý so vzdušnou vlhkosťou vytvára kyselinu chlórovodíkovú. Plasty obsahujú aj prísady, napr. zmäkčovadlá a farbivá, spaľovaním ktorých opäť vznikajú škodlivé látky. Časť odpadu tvoria hodnotné látky, preto by sa mali ďalej spracovávať – recyklovať. Každý jednotlivec môže prispieť k recyklácii tak, že podporí separovaný zber odpadu [15].

Recyklácia plastov

Spôsoby likvidácie plastového odpadu

Najjednoduchší a najmenej nákladný spôsob odstraňovania odpadu je ich vyváženie na skládky. Likviduje sa ich tak zhruba polovica. Plasty podobne ako sklo a porcelán nepodliehajú významným chemickým zmenám ako ostatné materiály. Predĺžením pôsobenia vonkajších podmienok síce môžu pozvoľna degradovať na kvapalné alebo plynné produkty a zanedbateľný uhlíkový zvyšok, ale potrebná doba expozície v prírodnom prostredí je príliš dlhá. Skrátene tejto doby vhodnými prísadami vzniká zasa nebezpečenstvo, že za určitých podmienok začne urýchlený rozklad plastov už počas doby určenej na užívanie výrobku. Preto sa zatiaľ považuje za praktickejšie robiť likvidáciu plastových odpadov priemyselnými spôsobmi:

a) *Spaľovanie* je radikálny spôsob likvidácie plastových odpadov je ľahko uskutočniteľný a celkom bežný predovšetkým preto, lebo všetky plastové materiály sú ľahko spáliteľné [16].

b) *Hydrolytická degradácia* prebieha za prítomnosti kyslých aj zásaditých katalyzátorov pričom vznikajú cenné produkty. Hydrolýzou alebo alkoholýzou možno z polyamidov získať znova monomér polyméru napr. z polykarbonátu bisfenol atď.

c) *Tepelná degradácia* sa dnes považuje za najpokročilejší spôsob likvidácie plastových odpadov. Poskytuje použiteľné produkty (napr. palivá, rozpúšťadlá). Praktickou variantou tepelnej degradácie je redukčná pyrolýza. Tento proces je založený na pôsobení oxidu uhoľnatého, vody a tepla. Odpadové plasty sa transformujú na výhrevné palivá [2, 14, 16].

Recyklácia plastov

Pri výrobe plastických látok, predovšetkým polyetylénu polypropylénu, polystyrénu, polyvinylchloridu vzniká u nás ročne asi 4000 ton odpadu, pričom až 70 % z toho množstva by sa mohlo využiť ako druhotné suroviny. Recykláciou uvedeného množstva by sa ročne ušetrilo asi 10 000 ton ropy. Využitie odpadov z plastických látok

je však u nás nedostatočné. Vo výrobe gumárenských výrobkov je Slovensko medzi poprednými európskymi producentmi. Výskyt všetkých druhov gumárenských odpadov sa odhaduje asi na 100 tis. ton ročne. Tvoria ich predovšetkým opotrebované pneumatiky, vzdušnice, hadice, dopravné pásy a široká škála výrobkov z technickej gummy. Dnes je recyklácia najlepším spôsobom ako sa vyhnúť nadbytku plastových odpadov v našom životnom prostredí. No v praxi nie je recyklácia takou ľahkou úlohou, pretože sa musíme vysporiadať s mnohými druhmi plastov. Prvým krokom k recyklácii je triedenie odpadu spotrebiteľom do skupín kovy, papier a sklo. Iná metóda vykonávaná v špeciálnych zariadeniach je magnetické triedenie a triedenie na základe hustoty. Využívajú sa fyzikálne vlastnosti plastov, keďže na nich nepôsobia magnety ako na oceľové objekty a majú menšiu hustotu ako hliník a sklenené predmety. Aby sme umožnili ich opätovné používanie, recyklované plasty sa zvyčajne všetky spolu roztavia, pričom vzniká zmes plastov nízkej triedy. Táto zmes sa môže použiť pri výrobe lacných plastových výrobkov ako sú vrecia na odpad alebo dlaždice používané ako základ pod chodníky alebo cesty. Avšak nie všetky plasty sú recyklované. Žiaľ niektoré z nich sa spália a takto prispievajú k znečisteniu atmosféry, ktorú všetci dýchame. Niektoré z nich obsahujú prvky, ktoré môžu pri spaľovaní zapríčiniť veľmi nebezpečné znečistenie atmosféry. Príkladom je polyvinylchlorid, ktorý produkuje toxický a leptavý plyn chlorovodík. Ten spôsobuje nechcené atmosférické javy ako kyslý dážď a je činiteľom pri zmenšovaní ozónovej vrstvy [17, 18].

Na Slovensku je viacero firiem, ktoré sa začali zaoberať recykláciou plastov. Ako príklad uvedieme konkrétnu firmu z okolia Košíc TOPlast. Táto firma recykluje výrobky z odpadových plastov ako polyetylén, polypropylén, polystyrén a ďalších. Vyrába 25 plných plastových profilov (doska, hranol, palisáda) ako napr. TOPeco (obr.7) je to hygienicky nezávadný materiál. Je odolný voči vonkajším vplyvom počasia. Opracovaním sa podobá na drevo [19].



Obr. 7 Výrobky z recyklovateľných plastov [19]

Mestá a obce odoberajú lavičky, kvetináče, dosky na lavičky, pieskoviská (obr.8).



Obr. 8 Výrobky z recyklovateľných plastov [19]

Použitá literatúra:

- [1] Ducháček, V.: Polymery. 1.vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1995. 12 – 88 s. ISBN 80-7080-241-3.
- [2] McMurry, J.: Organická chémia. 2. svazek. Praha: Vutium. 2007. 958-1200 s. ISBN 978-80-7080-637-1.
- [3] Kicková, M., Herditzky, A.: História a vývoj výroby plastov. [on-line]. [cit. 2011-03-12]. Dostupné na:
<<http://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/11-2008/pdf/144-146.pdf>>.
- [4] Záhradník, P., Lisá, V., Tóthová, A.: Organická chémia II, 1. vyd. Bratislava: Mladé letá, s.r.o., 2007. 65 – 81 s. ISBN 978-80-10-00919-0.
- [5] Charles, E.: Plastics that are Recycled. [on-line]. [cit. 2011-03-10]. Dostupné na:
<<http://www.elmhurst.edu/~chm/vchembook/400polymers.html>>.
- [6] Bezecný, J.: Plasty, definícia, základné druhy plastov a ich označenie, použitie plastov. [on-line]. [cit. 2011-03-11]. Dostupné na:
<<http://www.fpt.tnuni.sk/kfim/predmety/rocnik1/naukaomateriali/pdf/plasty.pdf>>

- [7] Nutsch, W.: Příručka pro truhláře. [on-line]. [cit. 2011-03-11]. Pedagogická fakulta Masarykovy university v Brne. Dostupné na: <http://www.ped.muni.cz/wtech/petrik/pracestechnickymimaterialy/plasty/vyroba_plast.html>. 2006. ISBN 80-86706-14-1.
- [8] Stoklasa, K.: Makromolekulární chemie II. [on-line]. [cit. 2011-03-12]. Dostupné na: <vitani-prvnacku.ic.cz/podkl/makroII.doc>.
- [9] Sýkora, M.: Plasty ako odpad. [on-line]. [cit. 2011-03-13]. Dostupné na: <<http://www.triedenieodpadu.sk/index.php?id=triedenieodpadu/druhyodpadu/plasty#>>
- [10] Types of plastics. [on-line]. [cit. 2011-03-13]. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft Berlín. Dostupné na: <http://www.tis-gdv.de/tis_e/verpack/kunststo/arten/arten.htm>.
- [11] Pollák, V.: Polyetylén. [on-line]. [cit. 2011-03-14]. Dostupné na: <<http://www.matnet.sav.sk/index.php?ID=504>>.
- [12] PPH – Polypropylene. [on-line]. [cit. 2011-03-21]. Dostupné na: <<http://www.yapaplastik.com/PPH.html>>.
- [13] Pollák, V.: Polyvinylchlorid. [on-line]. [cit. 2011-03-23]. Dostupné na: <<http://www.matnet.sav.sk/index.php?ID=483>>.
- [14] Young-Tae Chang. Polystyrene. [on-line]. [cit. 2011-03-24]. Dostupné na: <<http://ytchang.science.nus.edu.sg/book/html/e007.html>>.
- [15] Plastové fľaše - označenie nebezpečných plastov. [on-line]. [cit. 2011-03-28]. Dostupné na: <<http://www.maty.sro.sk/maty-radi/Plastove-flase-oznacenienebezpecnych-plastov/>>.
- [16] Chemická recyklace PET obalů. [on-line]. [cit. 2011-10-10]. Dostupné na: <web.ft.utb.cz/cs/docs/Solvola_PET.doc>.
- [17] Separovaný odpad. [on-line]. [cit. 2011-03-28]. Dostupné na: <<http://www.ferex.sk/produkty.html>>.
- [18] Jaššová, I.: Separuj odpad. [on-line]. [cit. 2011-04-02]. Dostupné na: <<http://www.separujodpad.sk/index.php/samosprava/udalosti/267-vedeli-steze.html>>.
- [19] TOPlast, a.s., Valaliky. [on-line]. [cit. 2011-05-03]. Dostupné na: <<http://www.toplast.com/produkty.php>>.