

ODPADY

Zdrojové texty:

[Odpad – Wikipedie \(wikipedia.org\)](https://wikipedia.org)

[Recyklace – Wikipedie \(wikipedia.org\)](https://wikipedia.org)

[Recyklace plastů – Wikipedie \(wikipedia.org\)](https://wikipedia.org)

[Papír – Wikipedie \(wikipedia.org\)](https://wikipedia.org)

[Recyklace skla – Wikipedie \(wikipedia.org\)](https://wikipedia.org)

Obsah

1	DRUHY ODPADU	1
1.1	DĚLENÍ	1
1.2	DĚLENÍ ODPADU DLE LEGISLATIVY	1
2	NAKLÁDÁNÍ S ODPADEM	2
3	PROBLÉMY S ODPADEM	3
3.1	ODPAD MIMO PEVNOU ZEMI	3
3.2	ZÁKONNÉ POVINNOSTI	3
4	RECYKLACE	5
4.1	DĚLENÍ	5
4.2	DEFINICE	6
4.3	RECYKLOVATELNÉ MATERIÁLY	6
4.3.1	<i>Papír</i>	7
4.3.2	<i>Recyklace plastů</i>	13
4.3.3	<i>Recyklace skla</i>	15
4.3.4	<i>Vytřídění odpadu</i>	18
4.3.5	<i>Recyklace v Česku</i>	18
4.3.6	<i>Recyklační nádoby</i>	18

1 Druhy odpadu

Odpad je movitá věc, které se člověk zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit. Z pohledu práva přesně odpad definuje zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, kde jsou uvedeny i příslušné definice a povinnosti týkající se odpadů v České republice.

- **Komunální odpad** – je podle platné legislativy veškerý odpad vznikající při činnosti fyzických osob (domácností) na území obce.
- **Zbytkový komunální odpad** je složka komunálního odpadu, která zbývá po vytrídění využitelných a nebezpečných složek a objemného odpadu.
- **Tuhý komunální odpad (TKO)** – je komunální odpad, který si za běžných atmosférických podmínek uchovává svůj tvar
- **Domovní odpad** – je odpad z domácností a z činností spojených s úklidem obytných objektů. Jedná se především o běžný odpad z denní spotřeby domácností.
- **Biologicky rozložitelný odpad** – je jakýkoli odpad, který je schopen anaerobního nebo aerobního rozkladu (např. potraviny, odpad ze zeleně, papír)

1.1 Dělení

Odpady lze dělit z různých hledisek. Podle skupenství hmoty se dělí na pevné a kapalné, podle původu na odpady z těžby, průmyslové odpady, zemědělské odpady a komunální odpady. Specifickým druhem odpadu jsou odpady z výroby, především strojírenské. Různé kovové třísky, zbytky tyčového materiálu po dělení normalizovaných profilů jsou ve skutečnosti cennou a především neznečištěnou surovinou.

1.2 Dělení odpadu dle legislativy

Odpady se dle legislativy katalogizují v tzv. Katalogu odpadů (20 skupin odpadu) a lze je dělit podle složení na:

- Nebezpečný odpad (NO)
- Ostatní odpad (OO)
- odpady, které nejsou uvedeny v seznamu NO, ale kategorie nebezpečný jim byla přiřazena.(O/N) - (např.: materiály znečištěné po havárii)

2 Nakládání s odpadem

S vyprodukovaným odpadem je třeba nějakým způsobem naložit. Od jednotlivých občanů a firem, kteří odpad ukládají do popelnic a kontejnerů, obvykle odpad vyváží popelářskými vozy obecní či městské komunální služby. Po jeho shromáždění se obvykle využije jedna z následujících možností:

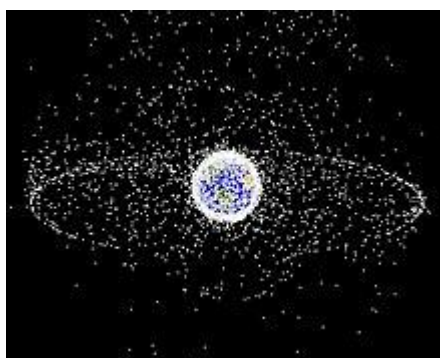
- opětovné využití
- materiálové využití
 - recyklace
 - kompostování
- energetické využití
 - přímé spalování / zplyňování
 - výroba paliv
- uložení na skládce odpadů

Zvláštním způsobem se nakládá s některými nebezpečnými odpady, například jaderným odpadem. Samostatnou kapitolu také tvoří nebezpečný odpad, jako jsou vybité baterie, staré léky, oleje, staré ledničky a další elektrospotřebiče. Takovýto odpad do běžné popelnice nepatří, ale je možné je odvézt do sběrného dvora. Nepoužité či prošlé léky je možné vrátit v lékárně, baterie je možné odevzdat v elektroprodejnách.

3 Problémy s odpadem

Obrovské množství produkovaného nerecyklovatelného a nerecyklovaného odpadu v průmyslově rozvinutých zemích způsobuje stále větší problémy s jeho ukládáním. Jedním z nepřehlédnutelných případů jsou potíže.

3.1 *Odpad mimo pevnou zemi*



Počítačová vizualizace kosmického odpadu kolem Země

Odpad se také nachází na dně a hladině jezer, moří a oceánů (jako například Great Pacific Garbage Patch), ale i v prostoru jako kosmické smetí.

3.2 *Zákonné povinnosti*

Každý původce odpadů a oprávněné osoby musí splnit následující povinnosti dané zákonem č. 185/2011 Sb., o odpadech a dalšími právními předpisy. Jedná se zejména o § 39, odstavce 1 a 2, a § 66, odstavec 2, zákona o odpadech, viz níže:

§ 39

(1) Původci odpadů a oprávněné osoby, které nakládají s odpady, jsou povinni vést

průběžnou evidenci o odpadech a způsobech nakládání s odpady. Evidence se vede za každou samostatnou provozovnu a za každý druh odpadu samostatně. Způsob vedení evidence pro jednotlivé druhy odpadů stanoví prováděcí právní předpis.

(2) Původci odpadů jsou povinni v případě, že produkují nebo nakládají s více než 100 kg nebezpečných odpadů za kalendářní rok nebo s více než 100 tunami ostatních odpadů za kalendářní rok, nebo v daném kalendářním roce produkují nebo nakládají s odpady stanovenými prováděcím právním předpisem bez ohledu na množství těchto odpadů, zasílat každoročně do

15. února následujícího roku pravdivé a úplné HLÁŠENÍ o druzích, množství odpadů a způsobech nakládání s nimi obecnímu úřadu obce s rozšířenou působností příslušnému podle místa provozovny. Oprávněné osoby jsou povinny v případě, že nakládají v kalendářním roce s odpadem, zasílat každoročně do 15. února následujícího roku pravdivé a úplné hlášení o druzích, množství odpadů a způsobech nakládání s nimi a o původcích odpadů obecnímu úřadu obce s rozšířenou působností příslušnému podle místa provozovny.

§ 66

(2) Pokutu do výše 1 000 000 Kč uloží inspekce nebo příslušný obecní úřad obce s rozšířenou působností fyzické osobě oprávněné k podnikání nebo právnické osobě, která:

a) nevede v rozsahu a způsobem stanoveným v části šesté tohoto zákona evidenci odpadů a zařízení nebo neplní ve stanoveném rozsahu ohlašovací povinnost nebo nezašle ve stanovené lhůtě nebo ve stanoveném rozsahu příslušnému správnímu úřadu údaj týkající se zařízení k nakládání s odpady, nebo evidenci po stanovenou dobu nearchivuje

Zjednodušeně řečeno, každý, kdo v kalendářním roce vyprodukuje nebo nakládá s více než 100 kg nebezpečných nebo s více než 100 t ostatních odpadů, je povinen do 15. 2. následujícího roku podat hlášení o odpadech.

4 Recyklace

Recyklace je proces nakládání s odpadem, který vede k jeho dalšímu využití. Jedná se o opětovné cyklické využití odpadů a jejich vlastností jako druhotné suroviny ve výrobním procesu. V procesu recyklace tedy jde o opakované (cyklické) uvedení materiálu zpět do výrobního cyklu, odtud pak název tohoto procesu. V tomto procesu je vždy recyklovaný materiál cíleně přetvářen z ve výrobě jinak dále nepoužitelného odpadu na (druhotnou) vstupní surovinu, která je použitelná při další výrobě. Recyklace umožňuje šetřit obnovitelné i neobnovitelné zdroje a často může snižovat zátěž životního prostředí. Hlavní přínosy recyklace jsou snížení potřeby těžby nových surovin, využití odpadu místo jeho uložení na skládku a celkové šetření životního prostředí.

Přes nárůst recyklace se světová spotřeba materiálu zvyšuje a nejedná se tak o udržitelný rozvoj.



Znak recyklace

4.1 Dělení

Recyklace se dělí na přímou a nepřímou:

- *Přímá recyklace* znamená znovuvyužití věci bez další úpravy (typickou přímou recyklací je znovuvyužití automobilových součástek z vrakoviště).
- *Nepřímá recyklace* zahrnuje znovuvyužití pomocí znovuzpracování materiálu z odpadu (typicky použití sběrového papíru při výrobě nového).

4.2 Definice

Směrnice Evropské unie č. 98/2008 (ES) v článku 3 definuje pojem *recyklace* jako:

jakýkoli způsob využití, jímž je odpad znovu zpracován na výrobky, materiály nebo látky, ať pro původní nebo pro jiné účely. Zahrnuje přepracování organických materiálů, ale nezahrnuje energetické využití a přepracování na materiály, které mají být použity jako palivo nebo jako zásypový materiál.

Evropský parlament, *Směrnice ES č. 98/2008 ze dne 19. listopadu 2008 o odpadech a o zrušení některých směrnic*

4.3 Recyklovatelné materiály

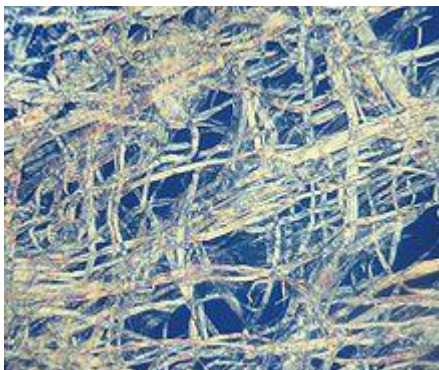
- kovy (viz recyklace kovů)
 - železo
 - hliník
 - měď
 - olovo
- papír (viz recyklace papíru)
- textilie (viz recyklace textilu)
- plasty (viz recyklace plastů)
- sklo (viz recyklace skla)
- bioodpad (viz recyklace bioodpadů)
- stavební odpad
- rozpouštědla
- oleje
- vysloužilé světelné zdroje (zářivky lineární i kompaktní, LED světelné zdroje)

V případě některých materiálů není možné další plnohodnotné využití recyklovaného odpadu (například nápojové kartony ad.), v takovém případě se používá přejatý termín downcycling.

U řady kovů je naopak recyklace vysoce konkurenceschopná vůči primárnímu zpracování kovů (např. u mědi, železa či hliníku, u olova je recyklace zdrojem zhruba poloviny zpracovávaného

kovu). Také v případě PET, papíru a skla je separace a recyklace technologicky dobře zvládnuta a ekonomicky i environmentálně výhodná. Občané jsou navíc k třídění kovů motivováni výkupní cenou.

4.3.1 Papír



Buničina při dvěstěnásobném zvětšení s polarizačním filtrem

Papír je tenký, hladký materiál vyráběný zhotovením vláken. Použitá vlákna jsou obvykle přírodní a založená na celulóze. Nejobvyklejší materiál je buničina vyrobená ze dřeva (většinou smrku), či ze sekundárních vláken (sběrový papír), ale mohou být použity i jiné rostlinné vláknité materiály jako bavlna, a konopí, vlákna živočišná, ale i jiné alternativní suroviny, výjimečně (třeba na Srí Lance) sloní trus. Trendem dnešního složení papíru je kromě celulózových materiálů příměs polymerů, zejména pro papíry pro tisk bankovek. Teplota samovznícení papíru dosahuje nad 185 °C.

Papírové archy se mohou chovat jako velmi ostré žiletky a způsobit papírové říznutí.

Etymologie

Pojmenování papíru pochází ze slova papyrus. Pro jeho spojení s městem Byblos tak vzniklo i označení pro knihu (bible).

Historie

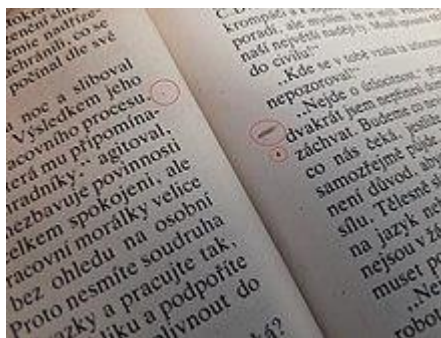
Papír byl vynalezen někdy ve 3. tisíciletí př. n. l. v Číně, kde byl vyráběn z konopí a až v 1. století př. n. l. se začal papír vyrábět z hedvábných a lněných hadrů. Papír tak, jak ho známe dnes, byl vynalezen v Číně asi roku 105 n. l. Do Evropy se dostal prostřednictvím Arabů. První papírny proto vznikaly ve Španělsku, odkud se pak šířily do Itálie a Francie (12.–14. století). Od 16. století se pak začaly objevovat papírny i v českých zemích (Zbraslav, Turnov, Frýdlant, Staré Město pražské).

Papír byl sice méně kvalitní než pergamen, nicméně byl mnohem levnější. Proto začal pergamen vytlačovat, až nakonec v 16. století papír převládl (na pergamen byly psány jen významné listiny).

Druhy

Papíry můžeme dělit podle několika hledisek (formátu, gramáže, bělosti, průhlednosti a povrchové úpravy). Jednotlivé druhy papíru pak mají specifické využití:

- Xeroxový (či ofsetový) – jedná se o běžný kancelářský papír do tiskáren, který mívá nejběžněji gramáž 70–80 g/m². Dělí se na typ A, B a C.
- Fotopapír – je potažen fotocitlivou vrstvou, což umožňuje, že se barva do papíru nevpije a vytištěná fotografie má patřičnou ostrost.
- Křídový papír – jeho povrch je natřený křídou, díky čemuž bývá hladší a bělejší. Typicky se využívá např. pro tvorbu cigaretových papírků, vizitek, katalogů, magazínů či vstupenek.
- Light Weight Coated papír (LWC) – dřevitý natíraný papír, který se používá pro reklamní letáky a levné časopisy.
- Recyklovaný papír – představuje ekologickou variantu xeroxového papíru.
- Novinový papír – dodnes se používá k tisku novin. Jedná se o kvalitní papír, který dobře hoří.
- Termopapír – jeho povrch obsahuje fotocitlivou vrstvou, která po ohřevu zobrazí barvy na určených místech. Používá se např. u pokladen v obchodech na tisk stvrzenek. Není vhodný k další recyklaci.
- Strukturovaný papír – jeho povrch je upraven embosováním (vytvořením reliéfu na papíru). Běžně se využívá u blahopřání, pozvánek či kondolencí.
- Samopropisovací papír (kopírák) – uhlový papír, který umožňuje s pomocí tlaku přenos barvy z jednoho papíru na další.
- Karton – kromě klasických lepenkových krabic představuje i tvrdý papír s vysokou gramáží, který nachází uplatnění u pohlednic či skládaček.
- Toaletní papír či další papír sloužící k hygienickým účelům



Méně kvalitní papír (použitý k vytištění knihy v roce 1991) s viditelnými kousky dřeva.

Výroba

Ruční papír

Papír byl vyráběn původně z lněného nebo bavlněného odpadu. Se vzrůstající potřebou papíru však bylo potřeba hledat nové technologie, což vedlo k využívání pilin, slámy a starého papíru (jeho využívání vedlo mnohdy k ničení archiválií).

Výroba: nabírání papíroviny z kádě na čerpací formu. Původní čerpací formu tvořil laťový rám vyztužený žebry, na kterých bylo upevněno síto. Forma měla dvě části, síto a snímatelný rám. Jeho výškou se řídila vrstva papíroviny a tím i gramáž papíru. Formy si mohl papírník vyrábět sám, ale vyráběli je také formaři.

Na ručním papíru se objevují **stopy síta** (žebrování) nazývaný vergé [veržé] a **vodotisky**. Objevují se papíry bez stop síta na papíru a bez stop síta v průsvitu – síto bývalo velice husté. Takový papír se nazývá velin.

Moderní výroba

V dnešní době jsou již postupy výroby úplně jiné, než tomu bylo před sto lety. Stále však i moderní výroba vychází ze základních poznatků našich předků, jen si je trochu upravila vzhledem k dnešním technologickým možnostem.

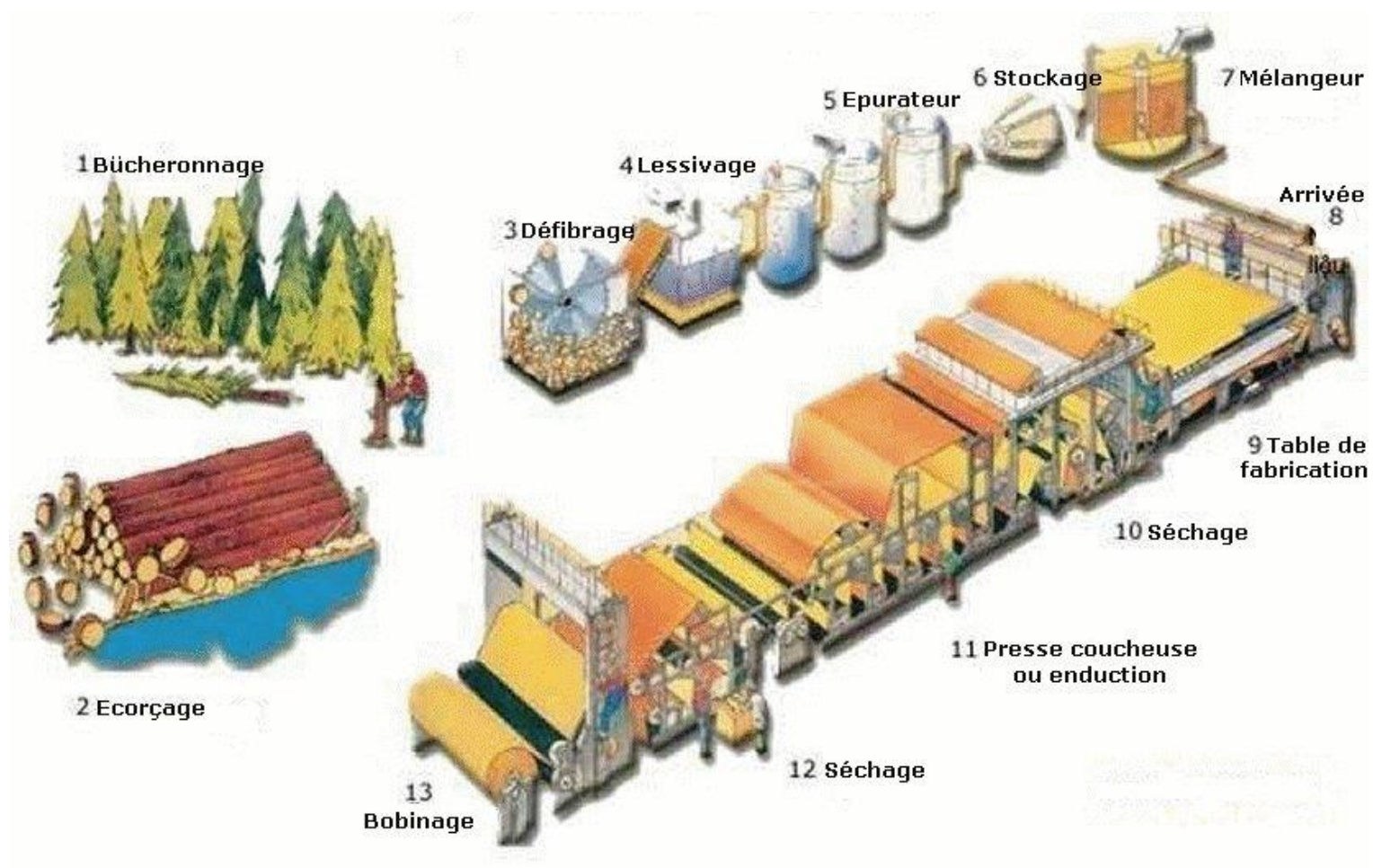


schéma výroby papíru (francouzsky)

Moderní výrobní proces papíru na papírenském stroji, jenž byl vynalezen panem Fourdrinierem, má tyto fáze:

Výroba vláknoviny – buničiny

Ze vstupního materiálu (dřevěné štěpky) je nejprve vyrobena buničina, případně dřevovina.

Příprava

Získaná vláknovina se pak upravuje podle typu vyráběného papíru, a to mechanicky a chemicky.

Mechanické úpravy – mletí. Vlákna se ve vodní suspenzi mele kontinuálně v diskových mlýnech. Pro měkké savé papíry se vlákna mele velmi málo, avšak pro tukotěsné papíry (pergamenová náhrada) je stupeň mletí velmi vysoký.

Chemické úpravy – do vlákniny se přidává kationický škrob (pro zvýšení pevností papíru), barvy, klíždlo (proti rozpíjení tiskových barev nebo inkoustu), plniva – kaolin nebo uhličitán vápenatý (aby nebyl papír průsvitný), retenční prostředky (pro zvýšení výtěžnosti) a další chemické prostředky.

Papírenský stroj

Mokrá část

Vláknitá suspenze natéká na podélné nekonečné síto, na němž dochází k odvodnění vlákniny tak, že vlákna se usazují na povrchu síta a voda protéká do sběrné vany. Dále se může voda ze spodní strany síta odsát sacími skříněmi.

Lisová část

Papírový list se snímá ze síta pomocí plstěnce do lisové části (několik válcových lisů za sebou), kde se lisováním odstraní další voda z papírového listu.

Sušicí část

Protože již není možné mechanicky odstranit zbývající vodu v papírovém listu, musí se papírový list sušit na válcích, které jsou vytápěny párou. Ve středu sušicí části může být umístěno natírací zařízení pro povrchové úpravy papíru (povrchové klížení nebo natírání). Na konci papírenského stroje může být kalandr. Je to zvláštní lis, kde se papír povrchově uhlazuje. Pak následuje navíječ, na něj se papírový list navíjí do rolí nebo stůl, na kterém se papír řeže na formáty.

Formování do archů

Směs celulózy se dále ředí vodou, výsledkem je velmi jemný neusazený kal (suspenze). Tato zředěná suspenze se cedí přes jemné, pohyblivé síto, v nekonečný pás papíroviny. Vodotisk může být vložen do papíru v této fázi procesu. Tento pohyblivý pás je stlačen a sušen do spojitého pásu papíru.

V případě formového procesu, množství celulózy je nabráno do formy s drátově-sítovým základem (nebo jiným cedícím zařízením), tedy vlákna jsou položena na sítu, a nadbytečná voda může být odceděna mimo. Nyní lze použít tlak na odstranění přebytkové vody. Papír pak může být odebrán z formy, vlhký nebo suchý, a lze pokračovat v dalším zpracování.

Většina hromadně vyráběného papíru se vyrábí použitím spojitého (Fourdrinierova) procesu pro vytvoření listu. Po vysušení tento spojitý list může být nařezán podélně a příčně na požadované rozměry. Standardní rozměry archů jsou předepsané regulačními orgány Mezinárodní organizace pro standardizaci (International Organization for Standardization – ISO).

Další přísady



symbol pro (anglicky) acid-free paper

Neupravený papír, který obsahuje jen stlačenou a usušenou celulózu, je velmi savý (např. savý papír), a neposkytuje dobrý povrch pro psaní nebo tisk. Proto je v papíru použito velké množství přísad na dodání požadovaných vlastností. Ty jsou použity v povrchové vrstvě zvané apretura.

Přísady apretury jsou často polymery navrženy tak, aby poskytovaly lepší povrch pro tisk. Škroby, jako je polyvinylacetát (polyvinyl acetate – PVA), jsou velmi často používány, ale kolik je typů papíru, tolik typů apretur je použito. Povrchové vrstvy též mohou být hlazeny, aby se na papír lépe psalo. Struktura neupraveného papíru je drsná, a proto se pro dosažení větší hladkosti používají povrchové vrstvy sestávající z latexu nebo jiných pojiv a plnidel, jako jsou kaolin nebo uhličitán vápenatý. Lesklé, hedvábné nebo kamínkové papíry, jako časopisecký papír (pro vnitřní stránky), se vyrábějí tímto způsobem. Lesklého efektu (např. na obálkách módních časopisů) se dosáhne na konci tiskového procesu, lakováním nebo laminováním, a není tedy vlastností papíru.

Jiné přísady se používají pro rozšíření různých vlastností papíru, nejčastějšími z nich jsou optické zjasňovače (OZP), které dodávají papíru modrý odstín. Dalšími přísadami mohou být plnidla, klíždla, retenční prostředky, odpeňovače a další, které dodávají papíru vzhled a požadované vlastnosti. „Granitový papír“ je název papírové suroviny obsahující velmi jemná obarvená vlákna buď z látky nebo z papíru.

Sušení

Papír se suší i několikrát během výroby (suchý papír je mnohem pevnější než vlhký, proto je lepší papír usušit a předejít tak jeho protržení a zastavení produkční linky).

Distribuce

Hromadě několika stovek archů papíru se říká rys papíru (480 archů).

Recyklace

Papír patří mezi recyklovatelné materiály. V Česku se na jeho třídění používá modrý kontejner. Na označení papírových obalů vhodných k recyklaci se používá standardní recyklační symbol s číslem uvnitř nebo s označením PAP podle normy ČSN 77 0052-2. Jedná se o vlnitou lepenku (číslo 20), hladkou lepenku (číslo 21) a papír (číslo 22–39).

- Papíry vhodné k recyklaci jsou kancelářský papír, sešity, noviny, časopisy, reklamní letáky, krabice, kartony a lepenka.
- Naopak nevhodné k recyklaci jsou mokré, mastné a znečištěné papíry, voskový a uhlový papír (kopírák), termopapír, použité papírové kapesníky, hygienické vložky, obvazy, obaly ze směsi papíru a jiného materiálu, např. obaly tetrapak obsahující také hliníkovou a polyetylenovou fólii.

Papír lze recyklovat i opakovaně, nicméně sedminásobná recyklace je na hranici technických možností a v praxi se této hranice nedosahuje.

4.3.2 Recyklace plastů

Recyklace plastů je proces renovace zbytkových nebo odpadních plastů a zařazení materiálu do užitečných produktů, někdy úplně odlišných ve formě od jejich původního stavu. Například to může znamenat roztopení PET lahví a jejich odlévání jako židlí a stolů. Typicky se plasty nerecyklují do stejného typu plastu a produkty vyrobené z recyklovaných plastů někdy nejsou recyklovatelné.

Charakteristika

Při srovnání s jinými materiály jako sklo a kovy, plastové polymery vyžadují větší zpracování (termální depolymerizace a monomérní recyklace) na recyklaci. Pro velkou molekulární hmotnost jejich dlouhých polymerových řetězců, plasty mají nízkou směšovací entropii. Makromolekula interaguje se svým prostředím podél celé své délky, tedy celková energie zapojená do směšování je větší při srovnání s organickou molekulou s podobnou strukturou (viz entalpie). Samotné ohřívání nestačí na roztopení této veliké molekuly, tedy plasty musí mít téměř identické složení na efektivní míchání.

Když se smíchají topením plasty rozdílných typů, mají tendenci na fázovou separaci jako olej a voda, a zůstanou v těchto vrstvách. Fázové hranice způsobují strukturní slabost ve výsledném materiálu, což znamená, že polymérové směsi jsou užitečné v omezeném množství aplikací.

Další bariéra k recyklaci je široké používání barviv, tmelů a jiných přísad do plastů. Polymer je obvykle příliš viskózní na ekonomické odloučení tmelů a může se poškodit mnoha procesy, které mohou levně odstranit přidaná barviva. Aditiva se méně používají v nápojových obalech a plastických taškách, což umožňuje jejich častější recyklaci. Další překážka na odloučení velkého množství plastů z odpadu a skládek je fakt, že mnoho početných, ale malých plastových položek nemá univerzální trojúhelníkový recyklační symbol a doprovodné číslo. Dobrý příklad jsou miliardy kusů plastového náčiní, které se podává ve fast foodech nebo prodává na použití na pikniku.

Použití biologicky odbouratelných plastů roste. Pokud se některý z těchto smíchá s ostatními plasty na recyklaci, vrácený plast není recyklovatelný pro různé vlastnosti a teploty topení.

Depolymerizace

V Ústavu chemických procesů Akademie věd ČR vyvinuli metodu depolymerizace netříděných PET obalů. Touto metodou se získává kyselina tereftalová, která je jednou z výchozích složek k opětovné výrobě polymeru PET. Výhodou metody je neselektivní přístup, který dovoluje zpracovat netříděné PET láhve. Metoda probíhá v mikrovlnném reaktoru.

Biologická recyklace a depolymerace

Bakterie a houby

Roku 2006 byla publikována studie, podle níž byla geneticky upravená kutináza (serin esteráza, Fsc) z parazitické plísně *Fusarium solani* píši schopná degradovat vlákna polymerů polyethyleneterephthalátu a polyamidu. Schopnost enzymů některých bakterií částečně degradovat povrch tkanin na bázi polyethylentereftalátu a zvýšit podíl hydrofilních skupin pro účely jejich barvení byla zkoumána roku 2008. Konkrétně byly popsány hydrolázy 1 a 2 (BTA1 and BTA2) aktinobakterie *Thermobifida fusca* KW3b.

Roku 2016 publikovali japonští vědci objev nového druhu bakterie *Ideonella sakaiensis* 201-F6, nalezené poblíž podniku na recyklaci plastů, a její dva unikátní enzymy, schopné rozkládat polyethylentereftalát na dva monomery, kyselinu tereftalovou a ethylenglykol (Is PETase). Bakterie je schopná tyto látky využívat jako energetický zdroj i zdroj uhlíku. Tato PET-áza, kterou *Ideonella* sekretuje, je aromatická polyesteráza, která má vlastnosti společné kutináze a lipáze. Genetickou úpravou enzymu se podařilo zlepšit jeho schopnost degradovat PET substrát a zároveň získal novou vlastnost, která mu umožňuje štěpit i semiaromatický polyester, polyethylen-2,5-furandicarboxylát (PEF).

Skupina francouzských vědců z Univerzity v Toulouse zveřejnila v dubnu 2020 v časopisu *Nature* článek, ve kterém popsala využití rekombinantního enzymu PET hydrolázy, původně izolovaného z bakterií nalezených v kompostu (leaf-branch cutinase LCC). Enzym je termostabilní

až do blízkosti tavicí teploty PET (<84,7 °V) a během 10 hodin rozštěpil 90 % substrátu na monomery. 3 g enzymu produkuje až 200 g monomeru v petrochemické kvalitě z 1 kg PET/

Hmyz

Larvy Zavíječe voskového (*Galleria mellonella*), které se za běžných okolností živí včelím voskem, jsou schopné štěpit CH₂-CH₂ vazby a požírají i polyetylenový sáček, přičemž produkují etylenglykol. Vděčí za to patrně symbiotické bakteriální mikroflóře ve svém střevě (*Enterobacter asburiae* and *Bacillus* sp.), podobně jako larvy Zavíječe paprikového (*Plodia interpunctella*), které rovněž využívají široké spektrum potravy, včetně jedovatých semen.

Larvy potemníka moučného (*Tenebrio molitor*) i mnohem větší larvy brazilského potemníka *Zophobas atratus*, druhu příbuzného *Zophobas morio*, jehož larvy se rovněž pěstují jako krmivo pro terarijní zvířata, jsou schopné žít se až jeden měsíc polystyrenem jako jediným zdrojem potravy, přičemž 36,7 až 47,7 % pozřené hmoty je rozloženo na CO₂. Také v jejich případě degradaci neobvyklé potravy zprostředkují symbiotické mikroorganismy ve střevě.

Recyklace v Česku

V ČR byl v roce 2010 vytríděný plastový odpad využit jako materiál zhruba z poloviny a v roce 2020 ze čtvrtiny (třetina se skládá).

4.3.3 Recyklace skla

Recyklace skla je specializovaný technologický proces, kterým se již (nejméně jednou) vyrobené a použité sklo vrací zpět do výroby skla nebo do výroby jiných materiálů vyrobitelných ze skla. Sklo je významná druhotná surovina, která je velmi dobře recyklovatelná a mnohonásobně zpětně použitelná. Procesu recyklace skla musí vždy předcházet vhodný systém separace a sběru použitého skla, které může procházet jak z domácností, tak i z průmyslové výroby či jiné lidské činnosti (kupříkladu stavebnictví, doprava).

Separace skla a odvoz skla z domácností

Separace skla pocházejících z domácností se v České republice provádí pomocí sběrných kontejnerů určených pro separovaný sběr druhotných surovin, ke sběru barevného skla slouží vždy zeleně označené kontejnery obvykle opatřené nápisem "barevné sklo", pro sběr čirého bílého skla bílé kontejnery opatřené nápisem "bílé sklo". Specializované svozové firmy pak kontejnery pravidelně vyprazdňují, materiál odvázejí do meziskladů, odkud pak po hrubém předčištění putuje autem nebo vlakem do specializovaných separačních provozů (podniků) k vlastní recyklaci.

Přímá recyklace ve výrobě

Střepy a odpad vzniklý přímo při výrobě skla a skleněných výrobků ve sklárnách se obvykle zpracovává přímo ve výrobně skla, tedy ve sklárně, tato recyklace se tak provádí již při výrobě.

Pokud se při výstupní kontrole ve výrobě skla a sklářských výrobků zjistí jakýkoliv kaz, vada či odchylka od požadovaných parametrů, skleněný výrobek se ihned vyřazuje do odpadu a stává se tak druhotnou surovinou určenou pro další výrobu skla.

Recyklace mimo výrobu



Při výrobě lahví používají sklárny průměrně 60 procent starého skla

Vlastní základní recyklace skla mimo sklářskou výrobu se provádí vždy ve specializovaných recyklačních linkách ve zvláštních recyklačních provozech. Zde se recyklované sklo postupně zbavuje všech nečistot, nevhodných příměsí i veškerého nežádoucího materiálu (například keramika, porcelán, kamenina, dřevo, papír, korek, plasty, kovové uzávěry a fólie, zbytky potravin a nápojů apod.). Velké a hrubé nečistoty se vytřídí už zprvu nejprve ručně tak aby nepoškodily nebo neucpaly recyklační stroje. Poté jsou nečistoty a nežádoucí příměsi postupně oddělovány strojně a to jak mechanicky (například mnohonásobným odsáváním či vyfukováním lehkých materiálů) i opticky (separační stroje – separátory – zde pracují obvykle na principu: *co se nedá prosvítit, není považováno za sklo*).

Čištěné sklo se zde zároveň postupně drtí na malé kousky (střepy a střípky), které se posléze třídí různými mechanickými a optickými metodami (strojnými a optickými separátory) na jednotlivé frakce podle velikosti, případně se pomocí speciálních optických laserových separátorů roztřídí i podle barvy na bílé sklo – čiré, zelené sklo a hnědé sklo. Jednotlivé frakce se pak uskladňují v zásobnících, odkud se pak podle potřeby distribuují zpět do výroby skla nebo skleněných materiálů.

Speciální recyklace

Speciální recyklační linky pak zpracovávají autoskla, vrstvená lepená skla (například bezpečnostní skla opatřená bezpečnostní fólií/fóliemi), speciálně barevně tónovaná skla apod. Takto získané sklo putuje buďto přímo do skláren nebo je odváženo do běžných recyklačních linek (zde záleží na více faktorech).

Hlavní výhody

Při výrobě skla

- úspora primárních surovin, zejména pak křemičitého písku (sklářského písku)
- úspora výrobních energií – přibližně 1 % střepů snižuje spotřebu energie při tavení skloviny asi 0,25 % na tunu (tedy 10 kilogramů střepů na 1 tunu)
- výrazně snížená produkce oxidu uhličitého (nižší emisní faktor), neboť přibližně 22 % jeho produkce pochází ze vstupní suroviny

Při výrobě jiných materiálů

- výroba skelné moučky
 - výroba pěnového skla
 - výroba speciálních abraziv (brusných materiálů)
- výroba skleněných vláken

Rozdělení skleněného odpadu

Průmyslový odpad

- odpad z výroby skleněných vláken
- odpad z výroby užitkového skla (sodnodraselné sklo i olovnaté sklo)
- odpad z výroby borosilikátového skla
- odpad z výroby bižuterie

Mimoprůmyslový odpad

- použité skleněné obaly (zejména láhve, sklenice, flakóny na kosmetiku, lahvičky na léky apod.)
- ploché tabulové sklo z domácností (například průhledné výplně dveří, nábytkové sklo, rozbitá okna apod.)
- autovraky (automobily vyřazené z provozu likvidují zpravidla specializované likvidační firmy, případně autorizované autoservisy)
- stavební a demoliční činnost (zde jde zejména ploché tabulové sklo, skleněné tvarovky: zejména luxfery a skleněné střešní tašky – sklo je nutno z demoliční suti vhodným způsobem vytrít – vyseparovat)

- běžný komunální odpad (sklo je nutno z odpadu vhodným vytřídit – vyseparovat, v převážné míře se zde jedná o obalové nebo ploché sklo)

Obtížně recyklovatelný nebo nerecyklovatelný materiál

- vyřazená spotřební elektronika a osvětlovací technika (počítačové monitory, obrazovky klasických televizorů, speciální elektrické přístroje, zářivky, výbojky, žárovky)
- sklo použité na výrobu zrcadel
- drátosklo

4.3.4 Vytřídění odpadu

Aby mohl být odpad recyklován, musí být roztríděn podle druhu materiálu. To mnohdy značně zvyšuje náklady. Nejvýhodnější je, když odpad třídí přímo domácnosti či firmy, při ukládání do rozlišených nádob.

4.3.5 Recyklace v Česku

Míra recyklace odpadů se v Česku každoročně zvyšuje, míra třídění je v porovnání roků 2000 a 2016 čtyřnásobná. Podle zjištění Eurostatu se Česko v celkové míře recyklace a využití obalových odpadů řadilo v roce 2015 na šesté místo v Evropské unii. V Česku se nachází přes 307 000 barevných nádob na třídění, recyklovací místa jsou v 6100 obcích, průměrná docházková vzdálenost k recyklační nádobě je necelých 100 metrů (2016). Třídí zde přibližně 70 % občanů, nejčastěji se recykluje papír (2015). Roku 2016 se v Evropské unii vytřídilo 67 % obalového odpadu (v ČR 75 %) a 46 % komunálního odpadu (v ČR 34 %). Cíle EU pro rok 2035 je recyklace obalového materiálu 70 % (ČR k roku 2019 splňuje) a komunálního odpadu 65 % (ČR k roku 2019 nesplňuje). Oproti ostatním zemím Evropy Česko výrazně zaostává v ohledu třídění bioodpadů, které tvoří přibližně čtvrtinu zdejšího odpadu.

Celý trh recyklace zastřešuje společnost EKO-KOM, ta má monopol v obchodování s informacemi o svozu a recyklaci obalů. Zajišťuje třídění a recyklaci obalů pro firmy prodávající balené zboží. Se sběrem dat o vyprodukovaném komunálním odpadu primárně zabývají dvě organizace. Předně Ministerstvo životního prostředí (MŽP) a dále Český statistický úřad (ČSÚ).

Pro usnadnění třídění odpadu bývají zejména na plastových výrobcích a obalech uvedeny recyklační symboly.








4.3.6 Recyklační nádoby



Modrá – papír



Oranžová/oranžovo černá – vícevrstvý nápojový karton

-  Zelená – sklo
-  Žlutá – plast
-  Hnědá – bioodpad
-  Červená – nebezpečný odpad
-  Bílá – bílé sklo
-  Šedá – hliník (kovové obaly)
-  Černá – směsný odpad (nejedná se o recyklaci)