



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

POSOUZENÍ ENVIRONMENTÁLNÍ ZÁTĚŽE VYBRANOU TECHNOLOGIÍ TVAROVÁNÍ PLASTŮ

ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT FOR CHOSEN PLASTIC MOLDING TECHNOLOGY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Hana Dufková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Maria Krbalová, Ph.D.

BRNO 2018

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Studentka:	Bc. Hana Dufková
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Kvalita, spolehlivost a bezpečnost
Vedoucí práce:	Ing. Maria Krbalová, Ph.D.
Akademický rok:	2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Posouzení environmentální zátěže vybranou technologií tvarování plastů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jakýkoliv výrobní proces během své realizace negativně ovlivňuje životní prostředí (emise škodlivých látek, odpady apod.). S přihlédnutím k cíli EU do konce roku 2050 vytvořit nízkouhlíkovou ekonomiku, bude s postupem času nezbytné hodnotit ekologickou zátěž každého výrobku a použité technologie. Práce je zaměřena na hodnocení zátěže životního prostředí vybranou technologií tvarování plastových výrobků.

Cíle diplomové práce:

Analýza současného stavu ekologické legislativy v oblasti strojírenství.

Analýza současných technologií tvarování plastů.

Popis zvolené technologie tvarování plastů.

Analýza materiálových a energetických vstupů spojených s jednotlivými kroky realizace zvolené technologie tvarování plastů.

Analýzy dostupných metodik hodnocení zátěže životního prostředí.

Popis zvolené metodiky hodnocení zátěže životního prostředí.

Hodnocení environmentální zátěže způsobené realizací zvolené technologie tvarování plastů.

Návrh případných opatření ke snížení environmentální zátěže.

Seznam doporučené literatury:

ČSN EN ISO 14040. Management životního prostředí - Hodnocení životního cyklu - Principy a rámec. Praha: Český normalizační institut, 2006.

KOČÍ, V.: Posuzování životního cyklu: Life Cycle Assessment – LCA. Vyd. 1 - Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor, 2009.

TAN, Zhongchao. Air Pollution and Greenhouse Gases: From Basis Concepts to Engineering Applications for Air Emission Control. Singapore: Springer, 2014. ISBN 978-981-278-211-1. (EN)

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá posouzením environmentální zátěže vybranou technologií tvarování plastů. První část je zaměřena na ekologickou legislativu v oblasti strojírenství, do kterého spadá i výroba plastů, včetně různých metodik hodnocení zátěže životního prostředí. Další kapitolou je přehled polymerů a jejich vlastností a také možnosti zpracování plastů s popisem jednotlivých druhů výrobních metod. V praktické části této práce je popsáno složení vyráběného kusu, dále je analyzován vstřikovací proces výroby plastů a jeho dvě metody (přímé vstřikování a metoda využití horkých vtoků) a následně probíhá hodnocení environmentální zátěže pomocí metody LCA – hodnocení životního cyklu výrobku. Je posouzena environmentální zátěž obou výrobních metod.

ABSTRACT

This diploma thesis deals with assessment of environmental load by selected plastic molding technology. The first part is focused on the ecological legislation in the field of mechanical engineering, which also includes the production of plastics, and describes various methodologies for assessing the environmental load. Another chapter is an overview of polymers and their properties as well as the possibilities of plastics processing with description of individual types of production methods. The practical part of this work describes the composition of the produced piece and the injection molding process of plastic production. Its two methods (direct gating and hot sprue method) are analyzed and then the environmental load evaluation is performed using the LCA method – product life cycle assessment. The environmental load of both production methods is assessed.

KLÍČOVÁ SLOVA

Environmentální zátěž, životní prostředí, LCA, hodnocení životního cyklu výrobku, tvarování plastů

KEYWORDS

Environmental load, environmental, LCA, product life cycle assessment, plastic molding

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

DUFKOVÁ, H. *Posouzení environmentální zátěže vybranou technologií tvarování plastů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 93 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Maria Krbalová, Ph.D.

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěla poděkovat paní Ing. Marii Krbalové, Ph.D., za vedení této práce, za pomoc, cenné rady a připomínky nezbytné pro její vypracování.

Zvláštní poděkování patří mé rodině a přátelům za podporu během studia.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracovala jsem ji samostatně pod vedením Ing. Marii Krbalové, Ph.D., a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 25.5.2018

.....

Dufková Hana

OBSAH

1	ÚVOD	15
2	SOUČASNÁ EKOLOGICKÁ LEGISLATIVA VE STROJÍRENSTVÍ	17
2.1	Základní pojmy	17
2.2	Zákon č. 17/1992 Sb. o životním prostředí	19
2.3	Zákon č. 76/2002 Sb. o integrované prevenci a omezení znečišťování	19
2.4	Zákon č. 100/2001 Sb. o posuzování vlivů na životní prostředí	20
2.4.1	Posuzování vlivů záměru na životní prostředí (EIA)	20
2.4.2	Posuzování vlivů koncepce na životní prostředí (SEA)	20
2.5	Zákon č. 167/2008 Sb. o předcházení ekologické újmy a o její nápravě	21
2.6	Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší	22
2.7	Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách	22
2.8	Zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech	23
2.9	Obchodování s emisemi	23
2.9.1	Systém „Cap and trade“	24
2.10	Čistší produkce	24
2.11	Bezodpadové technologie	25
2.12	Ekodesign	25
2.13	Ekologicky šetrný výrobek	26
2.14	Zelené nakupování	27
2.15	Systémy environmentálního managementu (EMS)	27
3	METODIKY HODNOCENÍ ZÁTĚŽE ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ	29
3.1	Ekologická stopa	29
3.1.1	Výpočet ekologické stopy produkce státu (ES_p)	29
3.1.2	Výpočet ekologické stopy spotřeby státu (ES_s)	30
3.1.3	Biokapacita státu pro jakoukoliv kategorii využití území (BC)	30
3.2	Posuzování vlivů záměru na životní prostředí (EIA)	31
3.2.1	Proces EIA	31
3.3	Posuzování vlivů koncepce na životní prostředí (SEA)	31
3.3.1	Proces SEA	32
3.4	Posuzování životního cyklu (LCA)	32
3.4.1	Důležité pojmy	33
3.4.2	Fáze studie LCA	33
4	POLYMERY	37
4.1	Rozdělení polymerů	37
4.2	Základní způsoby výroby polymerů	37
4.3	Modifikace polymerů	38
4.4	Základní syntetické polymery	38
4.4.1	Termoplasty	38
4.4.2	Reaktoplasty	41
4.4.3	Syntetické kaučuky	41
4.5	Přísady do polymerů	42
4.5.1	Zpracovatelské přísady	42
4.5.2	Antidegradanty	42
4.6	Síťovací prostředky	42
4.7	Přísady ovlivňující další fyzikální vlastnosti	43
4.8	Zvláštní přísady	43

5	TECHNOLOGIE TVAROVÁNÍ PLASTŮ	45
5.1	Doplňkové technologie.....	45
5.1.1	Plastikace.....	45
5.1.2	Míchání polymerních směsí	46
5.1.3	Granulace polymerních směsí	46
5.1.4	Tabletování polymerních směsí	46
5.1.5	Další možnosti zpracování	46
5.2	Tvarovací technologie	47
5.2.1	Mechanické tvarování	47
5.2.2	Pneumatické tvarování	47
5.2.3	Negativní tvarování	47
5.2.4	Pozitivní tvarování	48
5.3	Tvářecí technologie	48
5.3.1	Lisování a přetlačování plastů.....	48
5.3.2	Válcování	49
5.3.3	Odlévání	49
5.3.4	Vstřikování.....	49
6	PRAKTICKÁ ČÁST.....	51
6.1	Analýza vstupního materiálu	51
6.2	Analýza výrobního procesu	52
6.2.1	Vstřikovací stroj	52
6.2.2	Vstřikovací forma.....	52
6.2.3	Faktory ovlivňující vlastnosti a kvalitu výstřiku.....	53
6.2.4	Druhy vstřikovacích systémů	53
6.2.5	Fáze vstřikovacího cyklu.....	55
6.2.6	Spotřeba elektrické energie	57
6.3	Životní cyklus výrobku.....	57
6.3.1	Fáze stanovení cíle a jeho rozsahu	57
6.3.2	Fáze inventarizační analýzy	60
6.3.3	Fáze posuzování dopadů	71
6.3.4	Fáze interpretace	78
7	ZÁVĚR.....	81
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	83
9	SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK.....	87
9.1	Seznam zkratk a symbolů	87
9.2	Seznam tabulek.....	88
9.3	Seznam obrázků.....	89
10	SEZNAM PŘÍLOH.....	93

1 ÚVOD

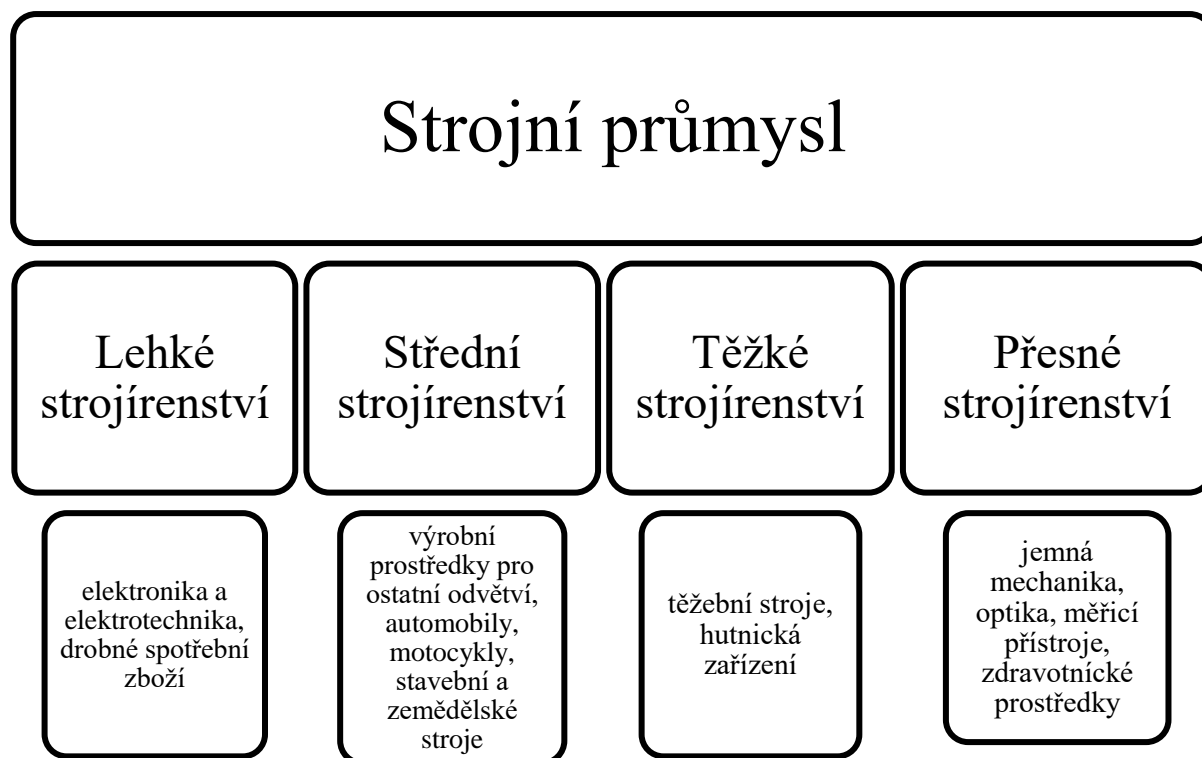
S technickým rozvojem společnosti se rozvíjí také technologie, které jsou používány. Stále častěji se společně s kovy a dalšími slitinami využívají různé druhy plastů – lze je najít jako obaly pro zboží, v potravinářském průmyslu, v elektronice jako součástky, a čím dál častěji tvoří plastové výrobky také různé součásti automobilů. V automobilovém průmyslu jsou plastové kusy používány jako části pojistek, pojistkové skříně, kabelové kanály, zásuvky, zámky a podobně. V závislosti na použití plastových dílů a jejich umístění ve vozidle se také liší jejich materiálové složení. Během výroby je vyvíjen velký tlak na kvalitu a na minimální zmetkovitost, což vyžaduje velmi precizní a důmyslné tvary vstřikovacích forem. Přesto je možné nalézt různé druhy výrobních vad a chyb, kvůli kterým nelze kusy použít, jako je například přestřík nebo opal.

S rostoucí populací je rostoucí poptávka po výrobcích – objem výroby plastů již převyšuje objem zpracování kovů. Ruku v ruce s tímto faktem vede zvyšování objemu výroby také k vysokým nárokům na zdroje planety a následně k nežádoucím dopadům na životní prostředí. Jedním z negativních faktorů výroby polymerů a zpracování plastů je velký nárok na suroviny, především ropu. Během zpracování polymerů se používají látky škodlivé pro zdraví (např. ftaláty), dochází také ke vzniku vedlejších produktů, které mohou ohrožovat život, a jedním z největších problémů v souvislosti s plastovými výrobky je jejich neschopnost se rozložit. Je tedy nutné se zaměřit i na možnosti zlepšování výroby v oblasti ochrany životního prostředí – snižování emisí, zavádění bezodpadových technologií, možnosti recyklace. Existují metody, které mají za cíl pozorovat, popsat a následně zhodnotit dopady na životní prostředí, zkoumají energetické vstupy a výstupy, zjišťují náročnost výroby, spotřebu surovin a poté hodnotí celkový dopad na životní prostředí.

Tato práce se zabývá posouzením vlivu na životní prostředí výrobou plastových dílů užívaných v automobilovém průmyslu vybranou technologií tvarování plastů. V první části je přiblížena problematika legislativy týkající se ekologie ve strojírenství, dále jsou popsány metodiky hodnocení environmentální zátěže, a částí je také shrnutí druhů polymerů a možnosti jejich následného zpracování. Cílem praktické části práce je hodnocení environmentální zátěže výroby vstřikování plastů. Pro hodnocení zátěže je vybrána metoda hodnocení životního cyklu výrobku (LCA – Life cycle assessment).

2 SOUČASNÁ EKOLOGICKÁ LEGISLATIVA VE STROJÍRENSTVÍ

Tato kapitola je zaměřena na problematiku legislativy týkající se ekologie ve strojírenství. Zahrnuje povinné i dobrovolné programy, které slouží ke snižování dopadů na životní prostředí. Částí této kapitoly je také přehled strojírenských odvětví a zařazení produkce plastových výrobků.



Obr. 2.1) Rozdělení strojírenského průmyslu [27]

Vstřikování plastů je součástí středního strojírenství, viz obr. 2.1. Produkty, které budou v praktické části analyzovány, se využívají v automobilovém průmyslu. Objem produkce plastů je od roku 1991 vyšší než objem zpracování kovů.

Podmínky výroby plastů s ohledem na ekologii upravují platné zákony, které budou popsány v následující části této práce. Dále jsou uvedeny také dobrovolné nástroje vedoucí k větší ohleduplnosti vůči životnímu prostředí, a tedy snižování jeho zátěže.

2.1 Základní pojmy

Pro lepší pochopení problematiky je potřeba definovat a ujasnit základní pojmy v oblasti ekologie a strojírenství, které budou používány v dalších kapitolách.

Ekologie – věda, která zkoumá vzájemný vztahy mezi organismy a jejich prostředím. [22]

Životní prostředí – vše, co vytváří přirozené podmínky existence organismů včetně člověka a je předpokladem jejich dalšího vývoje. Mezi jeho složky patří: ovzduší, voda, horniny, půda, organismy, ekosystémy a energie. [34]

Ekosystém – funkční soustava živých a neživých složek životního prostředí, mezi kterými probíhá výměna látek, tok energie a předávání informací a které se vzájemně ovlivňují. [34]

Ekologická stabilita – schopnost ekosystému vyrovnávat změny způsobené vnějšími činiteli a zachovávat své přirozené vlastnosti a funkce. [34]

Trvale udržitelný rozvoj – takový rozvoj, který současným i budoucím generacím zachovává možnost uspokojovat jejich základní životní potřeby, a přitom nesnižuje rozmanitost přírody a zachovává přirozené funkce ekosystémů. [34]

Přírodní zdroje – části živé nebo neživé přírody, které člověk využívá nebo může využívat k uspokojování svých potřeb. Zdroje jsou obnovitelné jako například sluneční energie, a neobnovitelné, jejichž zástupcem jsou například fosilní paliva. [34]

Znečišťování životního prostředí – vnášení takových fyzikálních, chemických nebo biologických činitelů do životního prostředí v důsledku lidské činnosti, které jsou svou podstatou nebo množstvím cizorodé pro dané prostředí. [34]

Poškozování životního prostředí – zhoršování jeho stavu znečišťováním nebo jinou lidskou činností nad stanovenou míru. [34]

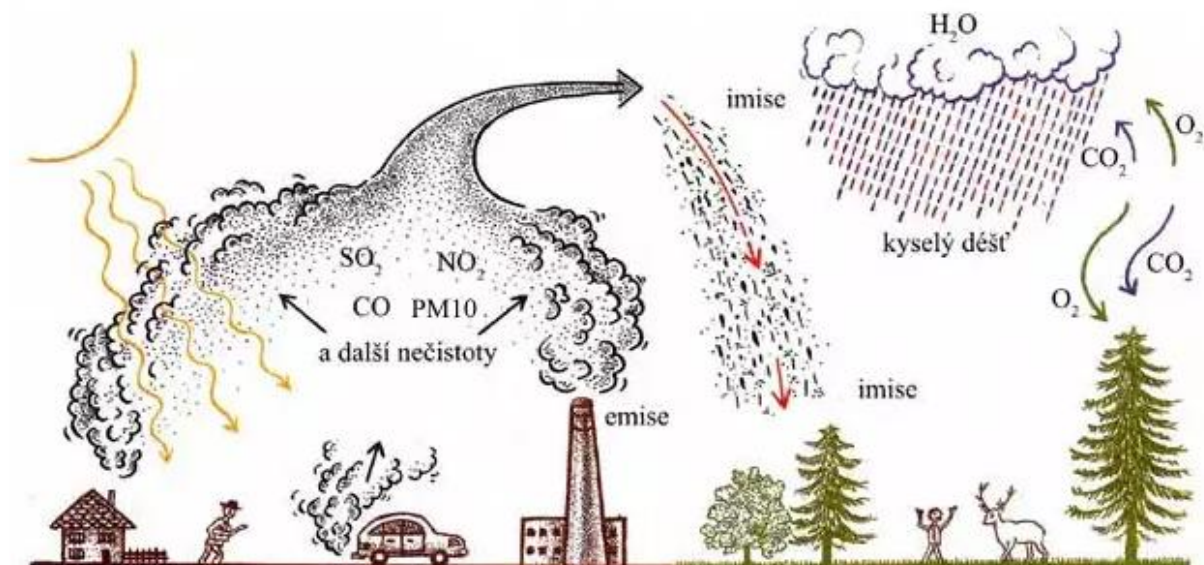
Ochrana životního prostředí – činnosti, kterými se omezuje, odstraňuje, ale především předchází znečišťování nebo poškozování. Jedná se o ochranu životního prostředí jako celku, ale i jednotlivých složek ekosystémů a jejich vzájemných vazeb. [34]

Ekologická újma - ztráta nebo oslabení přirozených funkcí ekosystémů, jako následek poškození jejich složek nebo narušení vnitřních vazeb a procesů v důsledku lidské činnosti. [34]

Emise – látky, které se dostávají do okolí a znečišťují jej. Jedná se o množství vypuštěných škodlivin. [13]

Imise – emise, které se dostaly do kontaktu s životním prostředím. Imise představují koncentraci škodlivin v okolí, viz obr. 2.2. [13]

Odpad – každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit. [35]



Obr. 2.2) Emise a imise [25]

2.2 Zákon č. 17/1992 Sb. o životním prostředí

Tento zákon definuje základní pojmy týkající se ekologie a životního prostředí, které jsou také uvedeny v kapitole 4.1. Dále určuje zásady ochrany životního prostředí: území nesmí být zatěžováno lidskou činností nad míru únosného zatížení, přičemž klade důraz na opatření, která zabraňují poškození životního prostředí a jsou v souladu s principem trvale udržitelného rozvoje. Zákon je určen pro právnické i fyzické osoby. [34]

Firmy a společnosti, které se tedy zabývají různými průmyslovými odvětvími, mají také povinnost dbát na ochranu životního prostředí.

2.3 Zákon č. 76/2002 Sb. o integrované prevenci a omezování znečišťování

Účelem tohoto zákona je v souladu s právem Evropské Unie dosáhnout vysoké ochrany životního prostředí, a to prostřednictvím integrované prevence a omezování znečištění. Zákon stanovuje povinnosti pro provozovatele určených zařízení, upravuje postup pro vydávání integrovaného povolení a také upravuje náležitosti týkající se systému výměny informací o nejlepších dostupných technikách (BAT – best available techniques). [39]

Provozovatel si může zažádat o vydání integrovaného povolení: tato žádost však musí obsahovat kromě základních údajů (název firmy, místo činnosti, popis činnosti apod.) také seznam a popis zdrojů různých emisí (hluk, vibrace a další neionizující záření) a jejich vlastnosti a účinky na životní prostředí, popis technologie a další techniky k předcházení vzniku emisí apod. Pokud nesplňuje určené požadavky, pak je žádost zamítnuta. [39]

V zákoně jsou definovány způsoby stanovení závazných podmínek provozu, základní povinnosti provozovatele zařízení, podmínky pro plnění podmínek integrovaného povolení a také podmínky pro přezkum závazných podmínek integrovaného povolení. Kontroly provádí inspekce. Jsou zde zanesena také opatření k nápravě a zastavení provozu zařízení, pokud provozovatel neplní stanovené povinnosti; může také dojít k zániku integrovaného povolení. [39]

Ministerstvo životního prostředí spravuje Informační systém integrované prevence. Tento systém slouží k zajištění povinností týkajících se zveřejňování informací a přístupu veřejnosti k informacím. Tento systém obsahuje stručná shrnutí údajů o provozovateli, dále rozhodnutí o žádostech, o změnách integrovaného povolení, dále o udělených výjimkách z úrovně emisí, zprávy o kontrolách, informace o závěrech o nejlepších dostupných technikách a referenčních dokumentech o nejlepších dostupných technikách. [39]

Integrovaná prevence a omezování znečištění je program IPPC – integrated pollution prevention system, který je preventivní: jedná se o způsob regulace průmyslových a zemědělských činností pro dosažení vysoké úrovně ochrany životního prostředí a zabezpečení takových podmínek, které neumožní přenosu znečištění mezi jednotlivými složkami životního prostředí. Součástí IPPC je také efektivní využívání surovin, materiálů a energie, předcházení vzniku odpadů, a přijímá i opatření nezbytná k předcházení haváriím a omezování jejich případných následků. [13]

Jak již bylo zmíněno, součástí programu IPPC je také soupis nejlepší dostupné techniky BAT, který zahrnuje výrobní postupy nejvíce šetrné k životnímu prostředí, které jsou aplikovatelné za běžných technických a ekonomických podmínek. Technická úroveň zařízení (výše emisí, množství odpadů, materiálová a energetická náročnost atd.) se porovnává právě s BAT. [13]

IPPC obsahuje také referenční dokumenty o nejlepších dostupných technikách neboli BREF – reference document on best available techniques. BREF je souhrn všech evropských nejlepších dostupných technik, existuje pro jednotlivá průmyslová odvětví. [13]

V příloze tohoto zákona je seznam činností, které se tímto zákonem musí řídit. Tyto činnosti jsou rozděleny do kategorií, jako například energetika, výroba a zpracování kovů, chemický průmysl apod. Do oblasti chemického průmyslu patří také výroba organických chemických látek, přesněji polymery, které jsou určeny pro další zpracování, syntetická vlákna a vlákna na bázi celulózy. Další kategorií je nakládání s odpady, jejíž důležitou podskupinou je recyklace. [13]

2.4 Zákon č. 100/2001 Sb. o posuzování vlivů na životní prostředí

Cílem posouzení vlivů na životní prostředí je získání objektivního odborného podkladu pro vydání rozhodnutí, případně opatření, a přispět tím k udržitelnému rozvoji společnosti. Posuzují se vlivy na obyvatelstvo, veřejné zdraví a vlivy na životní prostředí – vlivy na živočichy, rostliny, ekosystémy, půdu, vodu, ovzduší, klima a krajinu atd. [32]

2.4.1 Posuzování vlivů záměru na životní prostředí (EIA)

Předměty posuzování vlivů záměrů na životní prostředí a jejich limity jsou definovány tímto zákonem a spadají sem například: větrné elektrárny s výškou stožáru od stanoveného limitu, různá průmyslová výrobní zařízení včetně zpracování polymerů, ale také železniční dráhy, dálnice a silnice, nebo přístavy. [32]

Posuzování vlivů na životní prostředí zahrnuje zjištění, popis, posouzení a vyhodnocení předpokládaných přímých a nepřímých významných vlivů provedení (i neprovedení) záměrů. Hodnotí se vlivy při přípravě, provádění, provozování, i případném ukončení záměru. Případně se řeší i důsledky likvidace či sanace a rekultivace dotčeného území. Posuzování záměru obsahuje i návrh opatření k předcházení, vyloučení, snížení či minimalizaci negativních vlivů na životní prostředí. Součástí posouzení je také návrh opatření k monitorování možných negativních faktorů. [32]

Jedná se tedy o program EIA – Environmental impact assessment, jehož cílem je získat představu o výsledném vlivu plánované stavby na životní prostředí a jeho vyhodnocení – zda je vhodná její realizace a za jakých podmínek. Předmětem EIA jsou stavby, činnosti a technologie, jejich realizace často doprovázejí významné negativní vlivy na životní prostředí a veřejné zdraví. Proces posuzování vlivu se může dotýkat také již existujících zařízení. – např. navýšení současné kapacity, nebo se jedná o významnou změnu výrobní technologie. [13] Přesnější postup při posuzování vlivů záměru na životní prostředí je uveden v kapitole 3.2.

V příloze zákona jsou vypsány různé záměry a dvě kategorie posuzování. Pokud záměr spadá dle kritérií do kategorie I, pak podléhá posuzování vždy; pokud spadá do kategorie II, pak se dostává do zjišťovacího řízení, jehož cílem je především upřesnění informací záměru. V seznamu záměrů je také uvedena výroba nebo zpracování polymerů, elastomerů, syntetických kaučuků nebo výrobků na bázi elastomerů s kapacitou od stanoveného limitu, který je určen na 1 tis. t za rok a spadá do kategorie II. [13]

2.4.2 Posuzování vlivů koncepce na životní prostředí (SEA)

Předmětem posuzování vlivů na životní prostředí jsou takové koncepce, které stanovují rámec pro budoucí povolení záměrů. Údaje získané při posuzování vlivů záměru na životní prostředí lze využít při posuzování vlivů koncepce na životní prostředí. [32]

Posuzování koncepce zahrnuje zjištění, popis a zhodnocení předpokládaných přímých a nepřímých vlivů provedení (i neprovedení) koncepce a jejích cílů, a to pro celé období jejího předpokládaného provádění. Při posuzování koncepce se navrhuje a posuzují opatření k předcházení, vyloučení, snížení, zmírnění nebo kompenzaci nepříznivých vlivů na životní prostředí a veřejné zdraví provedením koncepce, včetně vyhodnocení předpokládané účinnosti navržených opatření. [32]

Posuzování vlivů koncepce na životní prostředí je program SEA – Strategic environmental assessment. Cílem je posouzení vlivu střednědobých a dlouhodobých politických hospodářských a dalších záměrů a nalezení co nejpříjemnějšího řešení z hlediska celkového rozvoje řešené oblasti. Příkladem předmětu SEA jsou územní plány, národní plány povodí, politika územního rozvoje apod. Rozsah programu SEA je větší než program EIA. Obsahuje totiž širší problematiku, řeší větší dotčené území, často také větší dopad na složky životního prostředí a zahrnuje při řešení větší počet dotčených státních orgánů. [13] Postup SEA je přiblížen v kapitole č. 3.3.

2.5 Zákon č. 167/2008 Sb. o předcházení ekologické újmy a o její nápravě

Tento zákon transponuje evropskou směrnici 2004/35/ES o odpovědnosti za životní prostředí v souvislosti s prevencí a nápravou škod na životním prostředí. Zahrnuje systém preventivních a nápravných opatření a zavádí objektivní odpovědnost. [6]

Princip prevence – provozovatel vybraných činností má v případě bezprostřední hrozby ekologické újmy povinnost provádět nezbytná preventivní opatření, nést s tím spojené náklady a informovat o tom příslušný orgán státní správy. Příslušný orgán může ukládat preventivní opatření, stanovit jejich podmínky a určit lhůtu k jejich provedení. [6]

Princip „znečišťovatel platí“ – provozovatel, jehož činnost způsobila ekologickou újmu nebo bezprostřední hrozbu takové újmy, má být finančně odpovědný; tím mají být provozovatelé nuceni přijímat opatření a rozvíjet postupy ke snižování rizik vzniku ekologické újmy, aby riziko jejich finanční odpovědnosti bylo sníženo. [6]

Princip naturální restituce – při nápravě závadného stavu se upřednostňují nápravná opatření před peněžní náhradou a klade se důraz na efektivní dekontaminaci a obnovení nebo nahrazení poškozeného přírodního zdroje uváděním nebo navrácením do původního stavu anebo směrem k tomuto stavu. [6]

Princip objektivní odpovědnosti – z něj vychází povinnost prevence nebo nápravy ekologické újmy. Podmínkou provedení nápravných opatření provozovatelem vybraných činností není jeho protiprávní jednání. Ke vzniku odpovědnosti, resp. povinnosti provést nápravné opatření, postačuje prokázání příčinné souvislosti mezi provozní činností uvedenou v příloze č. 1 k zákonu a vznikem ekologické újmy (nevyžaduje se tedy prokázání protiprávnosti a zavinění ve formě úmyslu nebo nedbalosti). [6]

Provozovatelé, kteří jsou definováni v příloze č. 1 tohoto zákona, jsou povinni zpracovat hodnocení rizik ekologické újmy. Výroba a zpracování plastů spadá do seznamu provozních činností určených tímto zákonem – jedná se o provozování zařízení podléhající vydání integrovaného povolení dle zákona č. 76/2002 Sb. Vždy se tedy provádí základní hodnocení rizik, za určitých podmínek se provádí i podrobné hodnocení rizik. Na základě těchto výsledků je provozovatel povinen zabezpečit finanční zajištění k náhradě nákladů na nápravu ekologické újmy. Provozovatel, který je registrován v programu EMAS nebo je certifikován dle norem

ČSN EN ISO 14000 není povinen zabezpečit finanční zajištění a provádí pouze základní hodnocení rizik. V případě vzniku ekologické újmy jsou provozovatelé povinni provádět nápravná opatření včetně preventivních. [33]

Ministerstvo životního prostředí stanovilo metodickým pokynem postup při vyplňování přílohy č. 1 k nařízení vlády č. 295/2011 Sb. o způsobu hodnocení rizik ekologické újmy a bližších podmínkách finančního zajištění. Tento metodický pokyn je určen příslušným orgánům státní správy, ale také fyzickým nebo právnickým osobám a kontrolním orgánům, aby byly kontroly provedeny dle zákona. Tento metodický pokyn obsahuje: [6]

- obecné principy hodnocení rizik: kdy se provádí, na které složky životního prostředí se zaměřuje,
- způsob provádění a náležitosti základního hodnocení rizika,
- výjimky, na které se hodnocení rizik nevztahuje,
- další postup po základním vyhodnocení rizika.

2.6 Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší

Tento zákon se zabývá předcházením znečišťování ovzduší a snižování úrovně jeho znečištění na takovou míru, aby byla omezena rizika pro lidské zdraví, snižováním zátěže životního prostředí látkami vypouštěnými do ovzduší a poškozujícími ekosystémy. Zákon je vypracován v souladu s předpisy Evropské unie. [36]

Součástí zákona je určení imisních limitů a přípustné četnosti jejich překročení, dále také určuje přípustnou úroveň emisí. Provozovatelé si měří své emise sami, ale jsou také kontrolováni Českou inspekcí životního prostředí. Výsledky posuzování a hodnocení úrovně znečištění jsou vedeny ministerstvem v informačním systému kvality ovzduší, v tomto systému je také registr emisí a jejich zdrojů. [36]

V zákoně jsou zakotveny nástroje ke snižování úrovně znečištění a znečišťování. Národní program snižování emisí České republiky se zpracovává alespoň 1x za 4 roky a provádí analýzu úrovně znečištění a znečišťování, scénáře vývoje úrovně znečištění a určuje cíle v oblasti snižování těchto úrovní. Dále se vydávají Programy zlepšování kvality ovzduší a monitorují se smogové situace. [36]

Stacionárním zdrojem je stacionární technická jednotka nebo činnost, která znečišťuje nebo by mohla znečišťovat. Tyto stacionární zdroje jsou vyjmenovány v tomto zákoně a dle kritérií jsou zde učeny i požadavky na provozovatele – může být vyžadována rozptylová studie, kompenzační opatření, nebo provozní řád jako součást povolení provozu. Mezi tyto zdroje patří také činnosti týkající se výroby a zpracování kovů a plastů. [36]

2.7 Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách

Účel zákona spočívá v ochraně povrchových a podzemních vod, stanovuje podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení kvality vody. Upravuje práva k vodám a také nakládání s vodami. [37]

Povinností každého, kdo nakládá s vodami, je povinen dbát o jejich ochranu a zabezpečovat účelné užívání a také, aby nedocházelo ke znehodnocování. Každý, kdo nakládá s vodami k výrobním účelům, je povinen splnit určené povinnosti a ve výrobě provádět účinné úpravy, které vedou k hospodárnému využívání vodních zdrojů a které zohledňují BAT. [37]

K nakládání s povrchovými nebo podzemními vodami je potřeba vlastnit povolení. Zákon také dále stanovuje cíle ochrany vod jako složky životního prostředí, dále určuje poplatky za odebrané množství vody i za vypouštění odpadních vod. Tyto poplatky jsou také ovlivněny znečištěním odpadních vod – hygienické stavy vody se sledují, měří a evidují. [37]

Výroba plastových produktů je provázána také spotřebou vody, a to především při procesu chlazení formy. Proto je třeba dbát na efektivní využívání vody a použití nejlepších dostupných technik.

2.8 Zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech

Tento zákon upravuje pravidla pro předcházení vzniku odpadů a pro nakládání s nimi při dodržování ochrany životního prostředí, ochrany lidského zdraví a trvale udržitelného rozvoje. Část zákona se zabývá zařazováním odpadů a hodnocením jejich nebezpečných vlastností. Je zde také uvedena hierarchie způsobu nakládání s odpady, a to následovně: [35]

- a) předcházení vzniku odpadů,
- b) příprava k opětovnému použití,
- c) recyklace odpadů,
- d) jiné využití, např. energetické,
- e) odstranění odpadů.

Dále zákon stanovuje povinnosti při nakládání s vybranými výrobky, odpady a zařízeními, například se jedná o baterie a akumulátory nebo elektrická zařízení. Obec má povinnost zajistit místa pro oddělené soustředování složek komunálního odpadu, nebezpečných odpadů, papíru, plastů, skla, kovů a biologicky rozložitelných odpadů. Původci odpadu jsou povinni zapojit se do tohoto systému třídění a shromažďování odpadů. [35]

Během výroby plastových dílů může dojít ke vzniku plastového odpadu ve formě vtokových kanálů. Tento materiál může být pomletý a znovu využitý do výroby. Případně je dále přeprodáván jiným společnostem, které jej opětovně využijí. Jedná se tak o recyklaci. Protože existují i moderní metody výroby, jako je direct gating, tedy přímé vstřikování bez vzniku vtokových kanálů, jedná se o předcházení vzniku odpadů.

2.9 Obchodování s emisemi

Jedná se o nástroj, který motivuje ke snižování emisí skleníkových plynů efektivním způsobem. Je to flexibilní mechanismus Mezinárodní emisní obchodování (IET – International emission trading), který zahrnuje státy uvedené v Kjótském protokolu. Největším systémem obchodování s emisemi je evropský systém EU ETS – European Union Emission Trading Scheme, kam samozřejmě patří i Česká republika. V ČR je emisní obchodování upraveno zákonem č. 201/2012 Sb. [8]

Do systému EU ETS spadá přes 11 000 zařízení z různých sektorů (energetika, výroba oceli, sklo-keramický průmysl atd.). Tato zařízení ročně vypustí přibližně 2 miliardy tun CO₂ ročně, tato hodnota se však stále snižuje. Ve srovnání s rokem 2005 budou v roce 2020 emise sníženy o 21 %. [8]

Každá země dostane určité množství povolenek. Pokud má nedostatek, může si je i dokoupit. 1 emisní povolenka znamená možnost vypustit 1 tunu emisí (CO₂). [13]

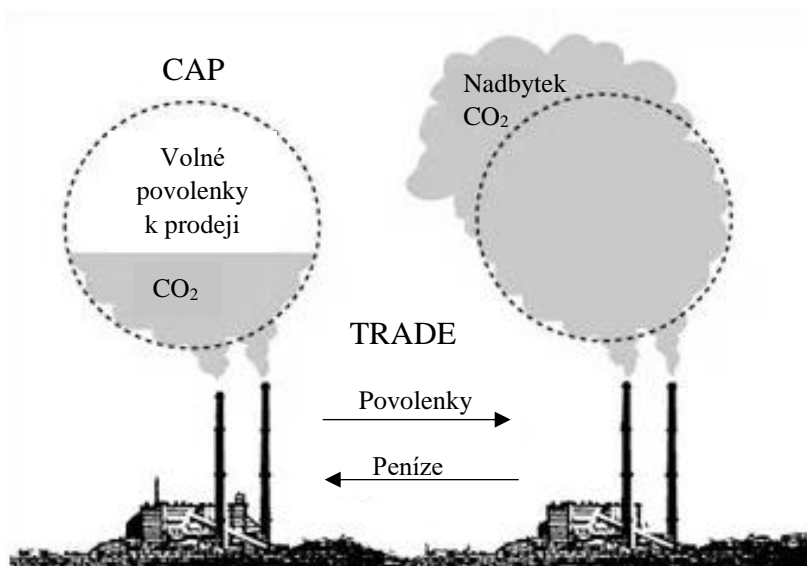
Emisní povolenky se přerozdělují dle 3 kritérií: [13]

- zadarmo: alokace na základě referenčních hodnot emisní náročnosti jednotlivých produktů,
- derogace: pro výrobce elektřiny. Investice tržní hodnoty do modernizace výroby elektřiny,
- aukce: min. 50 % výnosů u aukcí povolenek je vázáno na aktivity spojené s ochranou klimatu.

2.9.1 Systém „Cap and trade“

Systém navazuje na možnosti obchodování s emisními povolenkami. Princip je přiblížen na obr. 2.3. Možnosti zemí zapojených v EU ETS jsou následující: [13]

- snížit své emise a splnit stanovený cíl,
- splnit cíl na více než 100 % a zbylé povolenky si uchovat nebo je prodat,
- nesplnit stanovený cíl a dokoupit si potřebné emisní povolenky.



Obr. 2.3) Systém „Cap and trade“ [14]

2.10 Čistší produkce

Jedná se o dobrovolný nástroj ochrany životního prostředí. Je to preventivní strategie, která podporuje efektivní využívání vstupních zdrojů, snaží se o zlepšení efektivity, rentability i konkurenceschopnosti podniku; zabývá se tedy environmentální strategií i ekonomickou stránkou výroby a je vhodná pro všechna průmyslová odvětví. [15]

U výrobních procesů se program soustředí na efektivnější využívání surovin a energií, vyloučení toxických, nebezpečných materiálů a prevenci vzniku odpadů a emisí u zdroje. [15]

Pro produkty (výrobky a služby) je program zaměřen na snížení jejich dopadu na životní prostředí, a to prostřednictvím celého životního cyklu – od vývoje až po jejich využití. Mezi oblasti zájmu patří: [15]

- charakter výrobku,

- používaná technologie,
- stroje a zařízení,
- vstupní suroviny,
- dodržování výrobních postupů,
- organizace práce,
- přístup zaměstnanců ke svěřené práci,
- systém řízení podniku.

Program Čistší produkce se snaží o nalezení příčiny vzniku dané zátěže. Má zároveň oporu i legislativní oblasti, a to následovně: [13]

- národní program Čistší produkce (NPCP),
- mezinárodní deklarace o čistší produkci,
- zákon č. 76/2002 Sb. o integrované prevenci a o omezování znečištění,
- metodická příručka pro průmyslové podniky.

2.11 Bezodpadové technologie

Bezodpadové technologie jsou takové technologie, u kterých došlo vhodnou změnou výrobního procesu k minimalizaci množství vyprodukovaného odpadu. Jedná se o dobrovolný nástroj, který vede k šetrnému postoji vůči životnímu prostředí. [13]

Tyto technologie jsou založeny na koncepčním řešení celého cyklu výrobku od dodávky surovin, přes výrobu, spotřebu, odstraňování a recyklaci odpadu. Principem je maximální využití všech surovin a odpadů a minimalizace jejich vzniku. [13]

Typickým příkladem takové technologie je znovupoužití odpadní vody, nahrazování toxických látek méně škodlivými, snižování spotřeby primárních surovin a energie a také recyklace materiálů – sklo, papír, plasty, kovy. [13]

Při výrobě plastů se jedná o již zmíněnou metodu direct gating, při které nedochází ke vzniku vtokových kanálů, tedy odpadu.

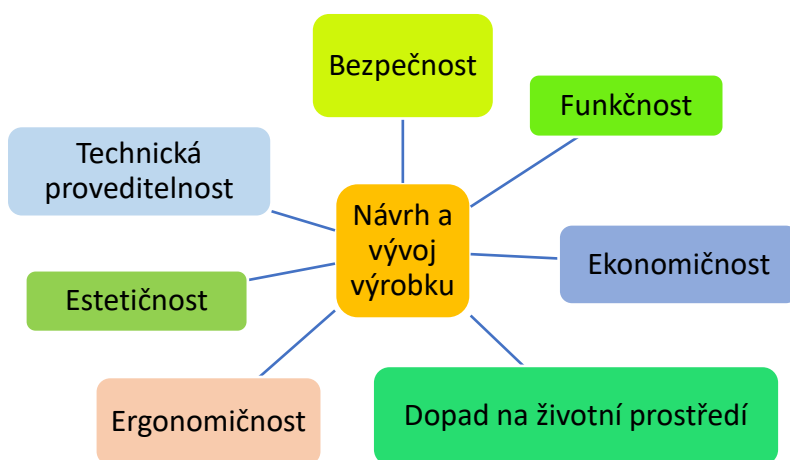
2.12 Ekodesign

Ekodesign je dobrovolný, systematický proces navrhování a vývoje výrobku. Jedná se o začlenění environmentálních aspektů do návrhu výrobku s cílem zlepšit vliv výrobku na životní prostředí během celého životního cyklu. [23]

Principem ekodesignu je prevence – požadavek na snížení negativního dopadu výrobku na životní prostředí je zařazen již do samotného začátku úvah o výrobku. Zásady ekodesignu jsou následující: [23]

1. prosazování bezpečných produktů a služeb – z hlediska zdraví člověka a dopadu na životní prostředí,
2. ochrana biosféry – hledání řešení pro minimalizaci úniku jakékoliv látky, která by mohla poškodit ovzduší, vodu či půdu,

3. udržitelné užívání přírodních zdrojů – ochrana vegetace, zvířat, nezastavěných ploch a původní přírody,
4. snižování odpadů a zvyšování recyklace – čistší produkce a vyšší recyklace, dbání na trvanlivost, přizpůsobivost a opravitelnost,
5. moudré užívání energie – výběr environmentálně bezpečné energetické zdroje a zavádění prostředků pro úspory energie všude, kde je to možné,
6. snižování rizika – hledání cest, jak minimalizovat environmentální a zdravotní riziko zaměstnanců a zákazníků,
7. předávání informací – vzájemné předávání informací, které by mohly pomoci ve výběru nejvhodnějších materiálů a procesů.



Obr. 2.4) 7 zásad ekodesignu [23]

2.13 Ekologicky šetrný výrobek

Ekoznačení, neboli ecolabeling, je označování výrobků a služeb, u kterých je v průběhu jejich celého životního cyklu prokázáno, že je šetrnější k životnímu prostředí i ke zdraví spotřebitele při zachování jejich kvality. [7]

Užívání Ekoznačky je dobrovolné a dává výrobcům možnost konkurenční výhody na trhu. Tato značka slouží jako nástroj pro zelené nakupování a používá se jak pro výrobky, tak i pro služby. Je však třeba prokázat snížení dopadů na životní prostředí a splnit požadavky, které dané produkty musí splňovat. Značení se řídí normou ČSN ISO 14024 Environmentální značky a prohlášení. [7]

Ministerstvo životního prostředí je garantem a odpovědným orgánem Programu. Jeho ministr schvaluje a podepisuje technické směrnice a uděluje právo na užívání ekoznačky zobrazené na obr. 2.5. Agentura CENIA je posuzovací orgán žádostí o ekoznačku. [7]



Obr. 2.5) Ekolabeling v ČR [7]

V mezinárodním programu ekoznačení Evropské unie může být značka EU Ecolabel (obr. 2.6) udělena pro užívání v celé Evropské unii. Povolení pro užívání této značky vydává skupina zástupců agentur ze všech členských zemí. [7]



Obr. 2.6) Ekolabeling v EU [7]

2.14 Zelené nakupování

Zelené nakupování je takový způsob nákupu nebo zásobování, při kterém se bere ohled na dopady zboží a služeb na životní prostředí. Primárně se tedy nakupují prostředky a služby, jejichž negativní dopady jsou co nejnižší – například produkty, které mají značky Ekologicky šetrného výrobku. Sledují se možnosti recyklace, biologická rozložitelnost, energetická a materiální náročnost nebo zdravotní nezávadnost. [39]

2.15 Systémy environmentálního managementu (EMS)

EMS je zkratka pro environmental management system neboli systém environmentálního managementu. Je to systém zaměřený na sledování a zlepšování všech činností podniku, které ovlivňují nebo mohou ovlivnit kvalitu životního prostředí nebo zdraví a bezpečnost zaměstnanců. Je dobrovolným nástrojem neustálého zlepšování. Pokud si podnik zavede EMS, pak má závazek vykonávat svou činnost tak, aby došlo ke snížení zátěže životního prostředí i zdraví obyvatel.

Do EMS spadají dva systémy:

- **mezinárodní systém ISO 14001** – Environmental Management System,
- **systém ekologického řízení a auditu** – Eco-Management and Audit Scheme (EMAS).

EMS se snaží o následující kroky: [13]

- hodnocení a zlepšování environmentálního profilu organizace,
- poskytování relevantních informací veřejnosti,
- environmentální politika podniku,
- environmentální reporty,
- environmentální audit,
- environmentální prohlášení o produktu (Environmental product declaration – EPD).

Systemy environmentálního managementu se zaměřují na celkové snížení dopadů na životní prostředí: cílem je prevence vzniku odpadů, efektivní využívání surovin a paliv, čištění odpadních vod apod. EMS má určité motivační vlastnosti a přínosy pro společnost, a to jsou důvody ekonomické, environmentální, technicko-provozní, legislativní i sociální. [13]

EMS také využívá několik nástrojů hodnocení: [13]

- analýza životního cyklu výrobku (Life cycle assessment – LCA),
- program managementu úplné kvality (Total quality management – TQM),
- design pro životní prostředí (ekodesign),
- marketing pro životní prostředí,
- environmentální audit.

System EMAS lze považovat za přísnější oproti normě ISO 14001, protože klade vyšší nároky na společnost, která si jej dobrovolně zavede. Nejdůležitější rozdíly mezi těmito systémy jsou popsány v následující tabulce.

Tab. 2.1) Rozdíly mezi ISO 14001 a EMAS [12]

Rozsah	ISO 14001	EMAS
Zavedení systému	Možné i v části podniku	V celém areálu organizace v daném místě
Environmentální přezkoumání	Doporučené	Povinné
Environmentální prohlášení	Není požadováno	Povinné
Posuzování aspektů	Přímé environmentální aspekty	Přímé i nepřímé environmentální aspekty
Četnost a metodologie provádění auditů	Nestanovena	Nejdéle tříletý
Registr aspektů (vlivů)	Doporučený	Požadovaný
Platnost	Celosvětová	Evropská unie

3 METODIKY HODNOCENÍ ZÁTĚŽE ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Protože je vyvíjen čím dál větší tlak na snižování dopadů na životní prostředí, vznikají metody, jak tyto dopady a vlivy hodnotit. V následujících kapitolách bude vysvětlen základní princip vybraných metod hodnocení zátěže životního prostředí.

3.1 Ekologická stopa

Ekologická stopa je tzv. měřítko nároků lidstva na zemský ekosystém, jinými slovy udržitelnost životního stylu. Cílem je zjistit potřebu ekologicky produktivní země, která je nutná k zajištění všech potřebných zdrojů a k likvidaci vzniklých odpadů. Podstatou metody je převedení lidské spotřeby na plochu produktivní země – půdy i vody. Lze určit ekologickou stopu jednotlivce, města, regionu, státu, ale také průmyslových odvětví. Princip je zobrazen na obr. 3.1.

Pro výpočty se určují základní složky. Mezi základní složky spotřeby patří jídlo, bydlení, doprava, spotřební zboží a služby. Do základních složek ekologické stopy spadá energetická země (tj. plocha lesa schopného asimilovat CO₂), pastviny, louky, orná půda, led, vodní plochy, zastavěné plochy a plochy pro ochranu biodiverzity. Existují dvě metody pro výpočet ekologické stopy rozdělené podle druhu spotřebovaného materiálu: [13]

- zdroje odebrané z přírody (compound method),
- jednotlivé kategorie spotřeby ve formě hotových výrobků (component method).

Množství spotřebovaných zdrojů a vyprodukovaných odpadů lze zjistit v oficiálních statistikách jednotlivých států. Tyto zdroje a odpady musí být převedeny na plochy biologicky produktivní země¹, následně jsou tyto plochy vyjádřeny v globálních hektarech². Celkovou poptávku společnosti lze porovnat s přírodní nabídkou. K tomu slouží následující pojmy: [13]

- Ekvivalentní faktor: udává, kolikrát je určitá kategorie ekologicky produktivní země produktivnější než průměrná plocha, jejíž ekvivalentní faktor je roven 1.
- Faktor výnosu: popisuje rozdíl mezi lokální produktivitou daného typu plochy a globální hodnotou produktivity pro tuto plochu.

3.1.1 Výpočet ekologické stopy produkce státu (ES_p)

Ekologická stopa produkce státu ES_p [gha] se vypočte následovně: [13]

$$ES_p = \frac{P}{V_n} \times FV \times EK \quad (1)$$

kde

P – celková produkce daného produktu nebo množství odpadu

V_n – průměrný národní výnos pro daný produkt nebo množství absorpce odpadu

FV – faktor výnosu pro odpovídající typ plochy

EK – ekvivalentní faktor pro odpovídající typ plochy

¹ Plocha souše a vodních ekosystémů, které jsou biologicky produktivní

² Jednotka gha – hektar biologicky produktivních ploch s globálně průměrnou produktivitou

3.1.2 Výpočet ekologické stopy spotřeby státu (ES_s)

Je třeba také určit ekologickou stopu spotřeby státu ES_s [gha]: [13]

$$ES_s = ES_p + ES_i - ES_e \quad (2)$$

kde

ES_p – ekologická stopa produkce státu

ES_i – ekologická stopa importovaných komodit

ES_e – ekologická stopa exportovaných komodit

3.1.3 Biokapacita státu pro jakoukoliv kategorii využití území (BC)

Pro různé kategorie území se také počítá jejich biokapacita BC [gha]: [13]

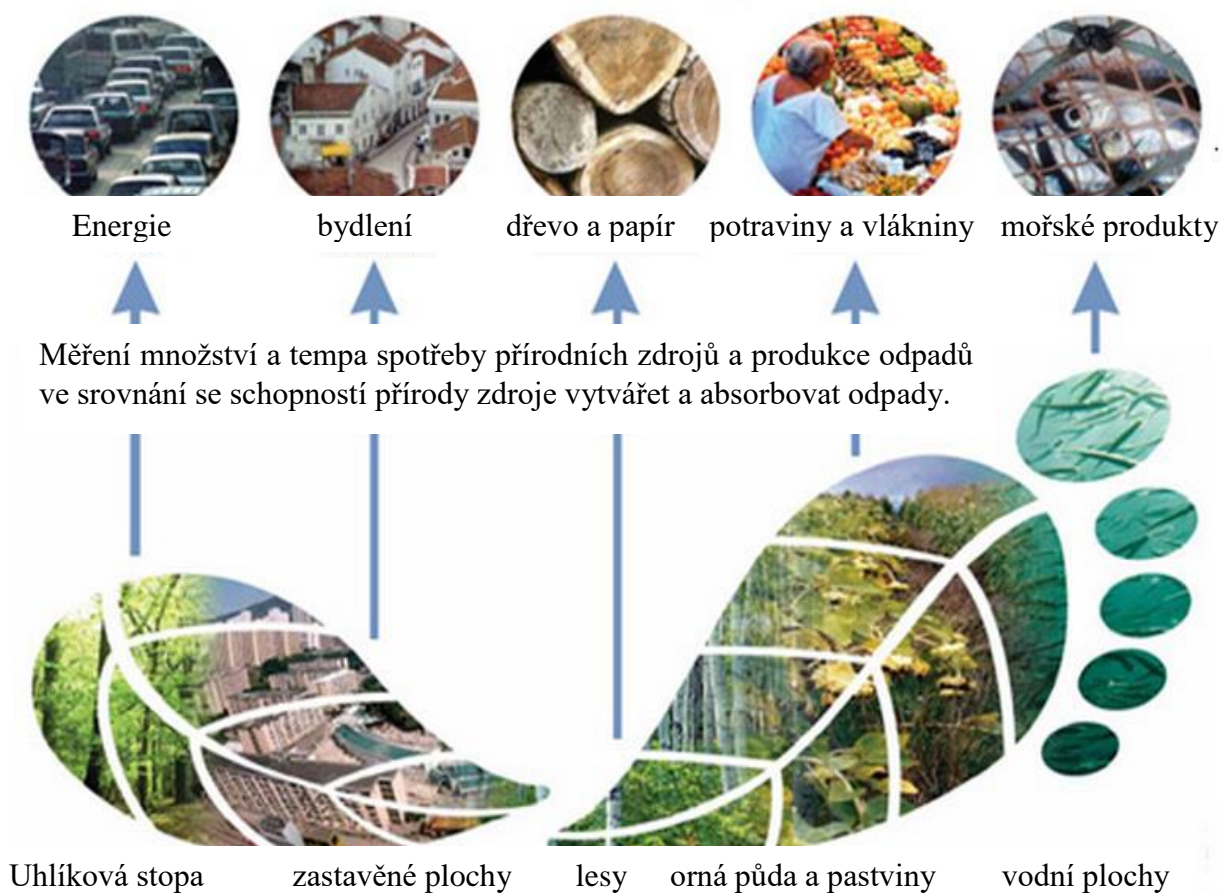
$$BC = A \times FV \times EK \quad (3)$$

kde

A – celková výměra plochy, která je k dispozici pro daný typ země

FV – faktor výnosu pro odpovídající typ plochy

EK – ekvivalentní faktor pro odpovídající typ plochy



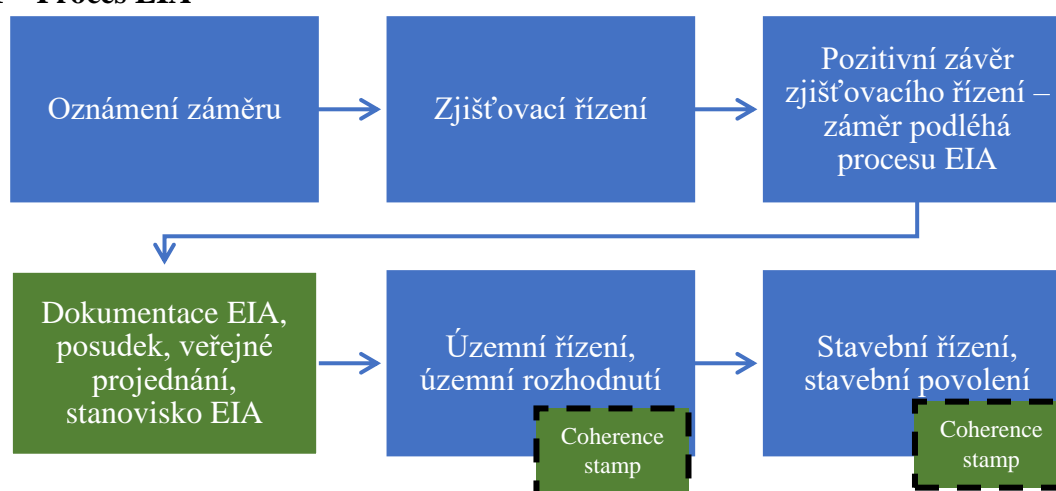
Obr. 3.1) Ekologická stopa [5]

3.2 Posuzování vlivů záměru na životní prostředí (EIA)

Proces posuzování vlivů záměrů na životní prostředí je upraven zákonem č. 100/2001 Sb. o posuzování vlivů na životní prostředí; zkratka EIA vychází z anglického názvu Environmental impact assessment. Systematicky se zkoumají a posuzují možná působení na životní prostředí. Cílem je zjistit, popsat a vyhodnotit předpokládané vlivy chystaných záměrů a následně zmírnit nepříznivé vlivy realizace. Podle EIA se posuzují stavby, výrobní haly, komunikace, ale také změny v již probíhajícím provozu, například navýšení výrobní kapacity stroje nebo změny výrobního procesu.

Proces EIA musí být proveden dříve, než dojde k povolení záměru a k jeho realizaci. Pro potřeby úřadů je veden informační systém EIA, kde jsou evidovány posuzované záměry a zveřejňovány dokumenty, které souvisí s procesem posuzování. [16]

3.2.1 Proces EIA



Obr. 3.2) Schéma zařazení hodnocení EIA do procesu povolení záměru [16]

Na obr. 3.2) je zobrazeno zjednodušené schéma povolovacího procesu záměrů v ČR. Nejprve je nutné záměr oznámit, následně se provede zjišťovací řízení, na jehož základě se rozhoduje o tom, zda záměr podléhá, či nepodléhá procesu EIA. Samotný EIA proces je označen zeleně. Mezi procesem územního řízení a územního rozhodnutí, a dále také mezi stavebním řízením a stavebním povolením se vydává ověřovací razítko, tzv. Coherence stamp, což je požadavek Evropské komise na ověření souladu záměru se záměrem, k němuž bylo vydáno stanovisko EIA. [16]

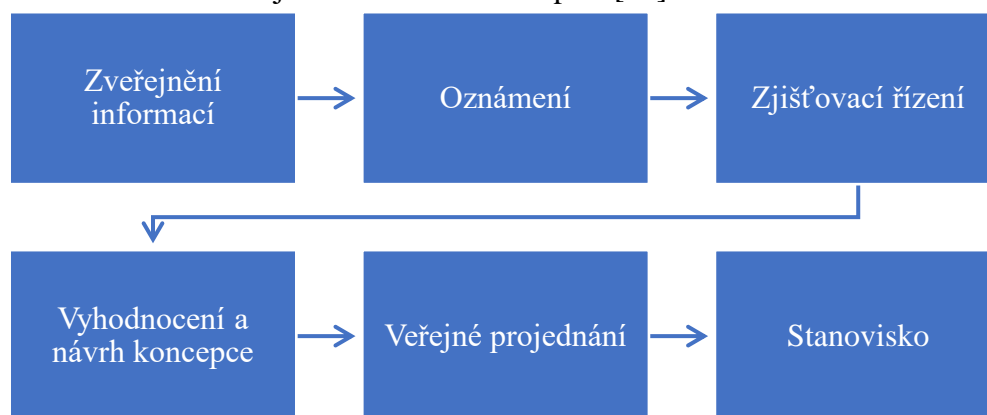
3.3 Posuzování vlivů koncepce na životní prostředí (SEA)

Program posuzování vlivů koncepce na životní prostředí, anglicky Strategic Environmental Assessment, se stejně jako EIA řídí zákonem č. 100/2001 o posuzování vlivů na životní prostředí. V rámci tohoto programu se posuzují koncepce na celostátní, regionální a místní úrovni – řeší například změnu územních plánů, týká se oblastí lesního hospodářství, zemědělství, vod, dopravy či regionálního rozvoje.

Proces SEA zjišťuje, popisuje a hodnotí předpokládané přímé a nepřímé vlivy provedení i neprovedení koncepce a jejich cílů. Účelem tohoto procesu je zmírnění negativních vlivů záměrů obsažených v koncepcích na životní prostředí. [20]

3.3.1 Proces SEA

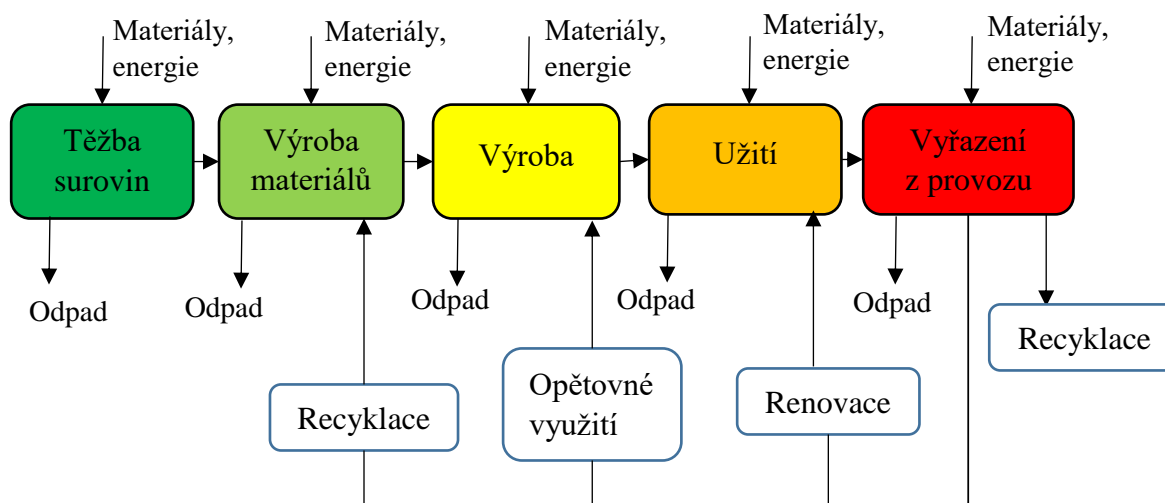
Proces je graficky zobrazen na obr. 3.3. Nejprve je nutné zpracovat oznámení o koncepci a následně je provedeno zjišťovací řízení, kde je upřesněn obsah a rozsah vyhodnocení a zda budou vlivy vůbec posouzeny. Poté se zpracuje vyhodnocení a následně je podán návrh koncepce. U procesu SEA je povinnost zajistit veřejné projednání návrhu koncepce a každý se k němu může vyjádřit. Následně je vydáno stanovisko k podanému návrhu koncepce: toto stanovisko může být záporné, kladné bez připomínek, nebo kladné s omezujícími podmínkami. Stanovisko také může navrhnout doplnění návrhu koncepce nebo kompenzační opatření. Bez tohoto stanoviska nemůže dojít ke schválení koncepce. [21]



Obr. 3.3) Proces SEA [21]

3.4 Posuzování životního cyklu (LCA)

Posuzování životního cyklu neboli Life Cycle Assessment, je součástí environmentálního managementu a jeho základy a osnova se řídí normou ČSN EN ISO 14040. Cílem je hodnocení environmentální kvality produktu během jeho celého životního cyklu: podle stanoveného rozsahu studie se určují hranice systému a následně se analyzují jednotlivé fáze, a to od těžby surovin potřebných pro výrobu až po recyklaci produktu, případně odstranění, jak je znázorněno na obr. 3.4. [11] Tato metoda bude využita v praktické části této práce.



Obr. 3.4) Životní cyklus výrobku [13]

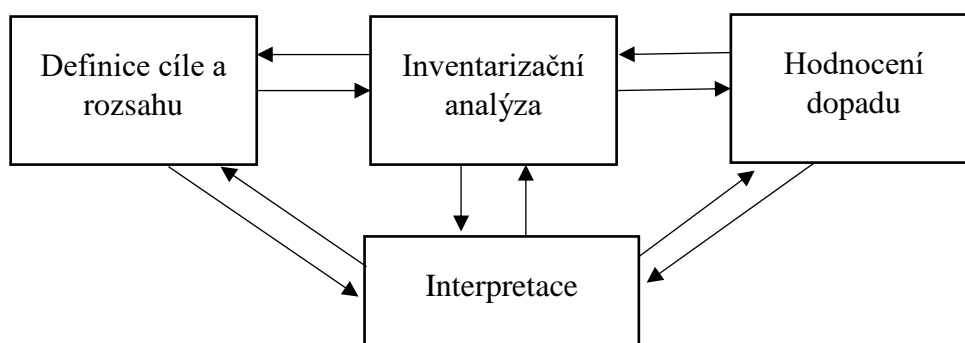
3.4.1 Důležité pojmy

Pro správné pochopení procesu posouzení životního cyklu je potřeba definovat a upřesnit některé pojmy, aby se předešlo nedorozuměním. Mezi potřebné termíny patří: [1]

- životní cyklus: po sobě jdoucí provázaná stádia produktového systému od těžby surovin až po jejich odstranění,
- produkt: jakékoliv zboží nebo služba,
- proces: soubor činností, které spolu souvisejí a které se navzájem ovlivňují, a při kterých dochází k přeměně vstupů na výstupy,
- produktový systém: soubor jednotkových procesů včetně elementárních a produktových toků, který plní definované funkce,
- jednotkový proces: Nejmenší prvek, pro který jsou určeny vstupy a výstupy,
- elementární tok: materiál či energie, které vstupují do posuzovaného systému ze životního prostředí bez předchozí přeměny člověkem,
- pomocný tok: vstup materiálu, který je použitý v jednotkovém procesu, ale netvoří část produktu,
- kategorie dopadu: třída reprezentující aktuální environmentální problémy, ke kterým mohou být výsledky inventarizační analýzy životního cyklu přiřazeny.

3.4.2 Fáze studie LCA

Studie LCA má 4 fáze, které jsou vzájemně propojeny a ovlivňují se, viz obr. 3.5 Jednotlivé fáze jsou popsány dále.



Obr. 3.5) Fáze LCA a jejich propojení [1]

Fáze stanovení cíle a rozsahu

První fáze studie závisí na předmětu a zamýšleném užití studie a v závislosti na cíli se hloubka studie může lišit. Musí být jednoznačně stanoveno zamýšlené použití, musí být určeny důvody pro provádění studie, dále by mělo být stanoveno, pro koho je studie určena. [2]

Jednoznačné určení parametrů je nezbytné pro interpretaci studie. Je důležité určit hranice systému a následně popsat proces pomocí vývojového diagramu – budou tak patrné jednotkové procesy a jejich vztahy. [2]

Fáze inventarizační analýzy

Jedná se o souhrn vstupních a výstupních údajů pro daný posuzovaný systém, tedy soupis veškerých materiálových a energetických toků. Ve fázi inventarizační analýzy probíhá

shromažďování informací a dat a na tuto část metody je kladen velmi velký důraz. Tato data musí být určena pro každý jednotkový proces, který probíhá uvnitř hranic systému. Je také nutné dát si pozor na správné započtení hodnot při validaci, aby nedošlo ke dvojnásobnému započítávání. [2]

Existuje několik modelů, se kterými je možné pracovat:

- „od kolébky do hrobu“ (angl. cradle-to-grave): tento model zahrnuje všechny fáze životního cyklu, viz obr. 3.4,
- „od kolébky k bráně“ (angl. cradle-to-gate): přístup obsahuje pouze první dva kroky životního cyklu, tj. těžba a získávání surovin a výroba materiálů.

Fáze posuzování dopadů životního cyklu

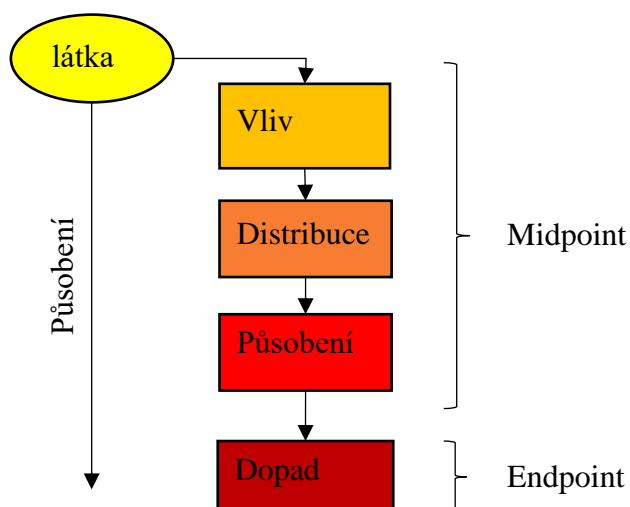
V této fázi se získávají dodatečné informace, které pomohou hodnotit výsledky produktového systému. Tato fáze také zahrnuje skupinu výsledků indikátoru pro různé kategorie dopadu. Skládá se z povinných a volitelných prvků. [2]

Mezi povinné prvky patří: [2]

- výběr kategorií dopadu, indikátorů kategorie a charakterizačních modelů,
- přiřazení výsledků inventarizační analýzy ke kategoriím dopadu (tzv. klasifikace),
- výpočet výsledků indikátorů kategorie (tzv. charakterizace).

Mezi volitelné prvky patří normalizace, seskupování, vážení, analýza kvality údajů apod.

Existují dva druhy kategorií dopadů: midpointové (schopnost látky vyvolat určitý problém, nehodnotí se výsledný dopad na životní prostředí) a endpointové (přímý dopad látky na životní prostředí), viz obr. 3.6. Endpointová kategorie řeší konkrétní problémy, jako například úbytek fosilních surovin, acidifikace, eutrofizace, sladkovodní a terestrická ekotoxicita, globální oteplování, humánní toxicita, úbytek stratosférického ozonu atd. [13] Na obr. 3.7 je znázorněno zjednodušené schéma životního cyklu produktu včetně hodnocení environmentálních dopadů.



Obr. 3.6) Volba kategorií dopadů [13]

Fáze interpretace

Interpretace je poslední fází a obsahuje shrnutí výsledků a jejich přínosů, které pomohou k doporučení a rozhodování v souladu s definovaným cílem a rozsahem. V této fázi se identifikují závažné problémy, které vyplynuly ze studie, a součástí je také návrh opatření. [2]

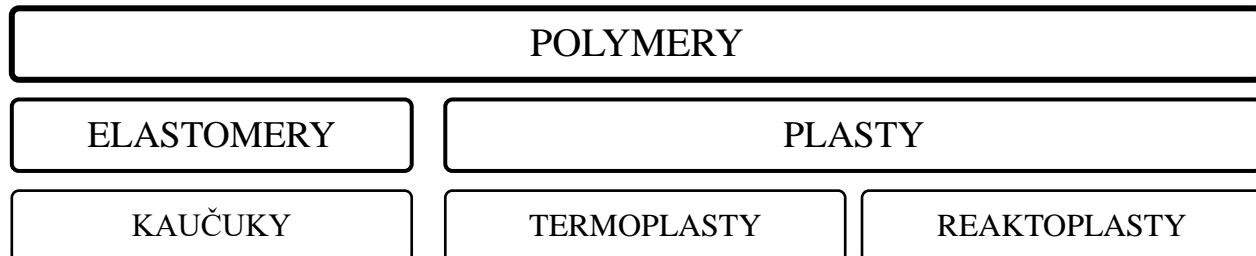
4 POLYMERY

V průběhu technologického vývoje lidstva se objevovaly a následně vyráběly různé druhy materiálů, mezi které patří i polymery. Tyto látky jsou dnes neoddělitelnou složkou života a stále se zlepšují a vyvíjejí možnosti jejich zpracování. Aby bylo možné se dále zabývat samotnými možnostmi výroby plastových dílů z polymerů, je nutné uvést základní přehled a druhy, včetně jejich vlastností a vlivu na výsledný výrobek.

Prvními polymery, které byly průmyslově využívány, byly polymery přírodní: kaučuk a jeho strukturní analog gutaperča, z vláknitých přírodní hedvábí, vlna, len, konopí. Dnes však velká většina polymerů ze současné světové produkce patří mezi syntetické. Průměrná světová roční spotřeba polymerů na osobu činí přibližně 30 kg. [31] [4]

4.1 Rozdělení polymerů

Polymery jsou chemické látky, které mají široké použití díky velkému rozptylu vlastností. Skládají se z obrovských molekul tvořených atomy uhlíku, vodíku a kyslíku, dále také dusíku, chloru a dalších prvků. Jsou tedy tvořeny spojováním monomerů. Jestliže se jedná o spojování monomerů jednoho druhu, pak se jedná o homopolymer. Pokud se tvorby účastní dva nebo více monomerů, vzniká kopolymer. Ve formě výrobku se polymery vyskytují převážně v tuhém stavu, ale během zpracování jsou částečně ve stavu kapalném, což při zvýšené teplotě a tlaku dovoluje vytvořit nejrůznější tvary. Dělení polymerů je znázorněno na obr. 4.1. [4]



Obr. 4.1) Základní klasifikace polymerů z hlediska jejich chování za běžné a zvýšené teploty [4]

Elastomery: vysoce elastické polymery, které lze za běžných podmínek malou silou značně deformovat bez porušení, přičemž tato deformace je vratná. Podmnožinou této skupiny jsou kaučuky, ze kterých se vyrábí pryž (nespisovně guma). [31] [4]

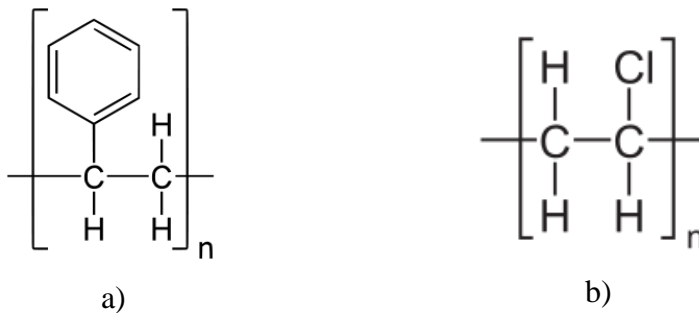
Plasty: polymery, které jsou za běžných podmínek tvrdé a často křehké. Při zvýšené teplotě se stávají plastickými a lze je tvarovat. Jestliže je změna z plastického do tuhého stavu opakovatelná, jedná se o termoplasty. Pokud se jedná o změnu trvalou a neopakovatelnou, pak se jedná o reaktoplasty (termosety, pryskyřice). [31] [4]

4.2 Základní způsoby výroby polymerů

Během výroby polymerů z monomerů dochází k exotermní chemické reakci a základním problémem při těchto reakcích je efektivní odvod uvolňovaného tepla z reakční směsi. Chemicky nejjednodušším způsobem výroby polymerů je polymerace, což je řetězová chemická reakce velkého počtu molekul monomeru, při níž vznikají dlouhé makromolekuly

polymeru. Produktem je tedy makromolekulární řetězec, který narůstá do „nekonečné“ délky ve velmi krátké době. Obr. 4.2 ukazuje příklady monomerů. Mezi základní způsoby výroby polymerů patří [31]:

- bloková polymerace,
- roztoková polymerace,
- suspenzní polymerace,
- emulzní polymerace.



Obr. 4.2) Vzorec monomeru: a) polystyren (PS), b) polyvinylchlorid (PVC) [31]

4.3 Modifikace polymerů

Modifikace polymerů je pojem, který popisuje fyzikální a chemické přeměny polymerů, které jsou záměrné a slouží k získání nového polymerního materiálu s odlišnými vlastnostmi. [4]

- *Fyzikální modifikace*: způsob fyzikální modifikace je nejjednodušší a má velmi široké uplatnění. Jedná se o smíšení dvou či více polymerů, ze kterých vznikne směs s vynikajícími mechanickými vlastnostmi. [4]
- *Mechanochemická modifikace*: při této modifikaci dochází k reakci aktivních částic, které vznikají při mechanické destrukci makromolekulárních řetězců. [4]
- *Chemická modifikace*: touto modifikací je myšlena úmyslná přeměna chemické struktury působením chemických látek nebo reakčních podmínek. [4]

4.4 Základní syntetické polymery

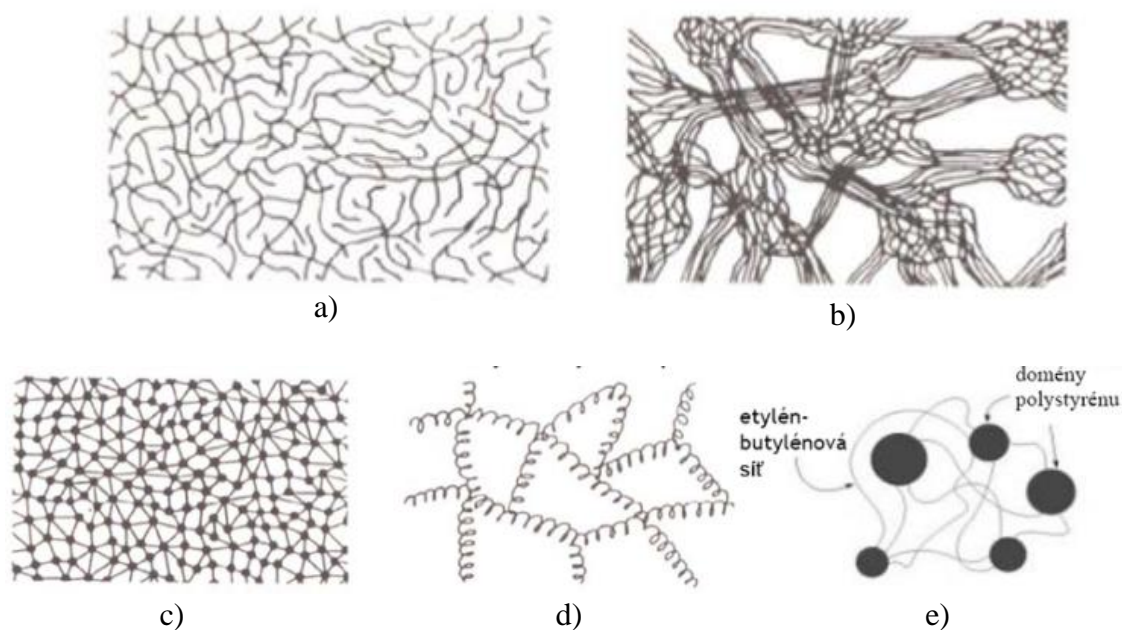
Syntetické polymery se v přírodě nevyskytují, jsou vyráběny člověkem pomocí chemické syntézy. [4]

4.4.1 Termoplasty

Termoplasty jsou polymery, u kterých je možná opakovatelná změna ze stavu tuhého do plastického v závislosti na zvýšené teplotě. Jsou tvořeny lineárními nebo rozvětvenými polymerními jednotkami složenými z opakujících se monomerů. Termoplasty tvoří přibližně 94 % objemu materiálu, který se užívá v plastikářském průmyslu, z tohoto objemu je 40 % zpracováno vstřikováním. Termoplasty se z hlediska nemolekulární stavby dělí na amorfní a semikrystalické. Struktura polymerů je znázorněna na obr. 4.3. [31]

Amorfní termoplasty jsou plasty s nepravidelně prostorově uspořádanými řetězci. V jejich přirozené formě jsou obvykle transparentní. Oproti semikrystalickým termoplastům jsou tyto méně chemicky odolné a také jsou při neustálém působení napětí nebo zatížení více náchylné k popraskání. Jejich hustota není ovlivněna rychlostí chlazení. [31]

Semikrystalické termoplasty mají uvnitř amorfních oblastí vysoce organizovanou krystalickou strukturu. Oproti amorfním termoplastům jsou mléčně zakalené. Hustota těchto termoplastů je závislá na rychlosti chlazení, během chlazení dochází také k vysokému smrštění – rychlé chlazení způsobí potlačení růstu krystalů a tím dojde ke zmenšení hustoty. [31]



Obr. 4.3) Nadmolekulární struktura polymerů: a) amorfní termoplast, b) semikrystalický termoplast, c) reaktoplast, d) elastomer, e) termoplastický elastomer na příkladě styren-etylen-butylen-styren (SEBS) [31]

Termoplastické elastomery

Termoplastické elastomery kombinují pozitivní vlastnosti termoplastů i elastomerů. Zpracovávají se stejně jako běžné termoplasty: při ohřevu na teplotu vstřikování se stávají plastickými a během zchlazení získávají výslednou elasticitu. Tento materiál má vlastní fyzikální zesítnění – proto je možné jej znovu tepelně zpracovávat. [31]

Polyethylen (PE): tento pojem obsahuje velkou skupinu látek s rozdílnými vlastnostmi, přičemž rozdíl vlastností je způsoben různou hustotou materiálu. Za běžných teplot je polyethylen odolný vodě, neoxidujícím chemikáliím, kyselinám, zásadám, solím a jejich roztokům a polárním rozpouštědlům; za zvýšené teploty však odolnost značně klesá. Polyethylen nachází využití pro technické výrobky (trubky, fólie, kabelové pláště, kanystry), ale i pro spotřební zboží (např. hračky) a jako obalový materiál. [4]

Kopolymery ethylenu: tento materiál je vyráběn za vysokých teplot a tlaků. Kopolymery ethylenu smíšené s dalšími látkami nacházejí různá uplatnění: smršťitelné folie pro balení potravin nebo přísady do hlinito-křemičitých cementů pro vyplňování zubních dutin. [4]

Polypropylen (PP): má větší pevnost, tvrdost a odolnost vůči oděru než polyethylen. Zpracovává se však podobně, to znamená, že je vstřikován, vyfukován na menší a duté

předměty, vytlačován na trubky nebo profily. Protože má lepší mechanické vlastnosti než PE, využívá se na součásti strojů a přístrojů v automobilovém a spotřebním průmyslu (přístrojové desky, vysavače, kuchyňské roboty). [4]

Polybuten: jeho vysoká molekulová hmotnost společně s krystalinitou vede k vysoké odolnosti vůči korozi za napětí a tečení. [4]

Fluoroplasty: nejznámějším zástupcem této skupiny je polytetrafluorethylen, který je známý jako teflon, a který je významný vysokou tepelnou odolností a mazacími schopnostmi, proto se používá jako samomazná třecí ložiska, nebo je možné jej najít v domácnosti jako poteflonované pánve. Emulzní polymerací vzniká latex. [4]

Vinylové polymery

Tyto plasty se získávají polymerací monomerů, které mají obecný vzorec $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{R}$, přičemž dosazením za $-\text{R}$ se získají různé polymery. [4]

Polyvinylchlorid (PVC): je nejvýznamnější zástupce vinylových polymerů a společně s polyethylenem a polypropylenem je nejvíce vyráběným syntetickým plastem. Je snadno zpracovatelný a chemicky odolný. Při zpracování je možné jej využít bez změkčovadel na tvrdé výrobky (trubky, profily, desky), nebo se změkčovadly jako fólie, nádoby, či hračky. Důležitou vlastností je určitá odolnost vůči ohni. Kopolymery vinylchloridu mají široké využití impregnace tkanin, povrchových úprav papíru, přes nátěrové hmoty, filtrační tkaniny, až po střešní krytiny nebo okenní rámy. [4]

Polyvinylacetát (PVAC): jeho využití se nachází především při výrobě lepidel, roztokových nátěrových hmot a latexů. [4]

Polyvinylalkohol (PVAL): vyrábí se hydrolýzou z PVAC, proto obsahuje vždy jisté množství acetátových skupin, což vede k modifikaci polymeru a jeho proměnných vlastností. V kombinaci se škrobem se používá k výrobě lepidel, jako zahušťovadlo pro nátěrové hmoty, jako impregnační hmota odolná benzínu, olejům, tukům a rozpouštědlům. Vyrábí se z něj také různá těsnění nebo hadice. [4]

Styrenové a akrylové polymery

Polystyren (PS): je jedním z nejstarších syntetických polymerů, je tvrdý, křehký a má výborné elektroizolační vlastnosti. Zpracovává se vstřikováním a je jednoduché jej obarvit, proto je jeho využití velmi široké – tepelné, zvukové izolace, obalová technika, kelímky, misky, hračky nebo ozdobné předměty. [4]

Kopolymery styrenu: jedná se o skupinu materiálů s rozdílnými vlastnostmi, které jsou ovlivněny různými přísadami, například zvýšení chemické odolnosti a zároveň houževnatosti při zachování dostatečné pevnosti a tuhosti materiálu. Významnou podskupinou jsou terpolymery ABS, které se využívají ve formě kompozitních materiálů (například polymery ztužené skleněnými vlákny). Terpolymery MBS se využívají k výrobě lahví nebo průhledných nádob. [4]

Polyakryláty: časté je použití jako nátěrové hmoty, lepidla a fólie. Zástupcem této skupiny je polymethylmethakrylát, známý pod pojmem organické sklo nebo plexisklo. Jeho typickou vlastností je čírost a bezbarvost – propouští přibližně 92 % světla v celém spektru. Jeho použití je široké, od stavebnictví, lékařství, v elektrotechnice a elektronice, nebo i v optice. Dalším významným členem této skupiny jsou tzv. hydrogely, které se používají při výrobě kontaktních čoček kvůli jejich průhlednosti, tvarové stálosti a snášenlivosti s živou tkání. [4]

Polyestery a polyethery

Polyestery tvoří velkou skupinu polymerů charakteristickou přítomností esterových vazeb v řetězci. Polyethery jsou naopak malou skupinou. [4]

Polyethylentereftalát (PETP): je nejvýznamnějším termoplastickým polyesterem. Využívá se především k výrobě vláken, která se následně zpracovávají na spotřební textilie, technické tkaniny a lana, k oplétání vodičů elektrického proudu, nebo jako výztuže dalších polymerních materiálů. Dnes je nejčastější využití PETP jako lahve vyráběné vstřikovacím vyfukováním (běžné obaly limonád a jiného kapalného zboží). [4]

PETP fólie mají nejvyšší mechanickou pevnost ze všech termoplastických folií, pružnost si zachovávají do nízkých teplot (až $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$) a taktéž jsou odolné vyšším teplotám (až $130\text{ }^{\circ}\text{C}$). Tyto fólie jsou čiré, málo propouštějí vlhkost a plyny a mají výborné elektroizolační vlastnosti, jsou však drahé. [4]

Polykarbonáty: jedná se o typ termoplastů, které spojují řadu dobrých mechanických a dielektrických vlastností, kterých dosud nebylo dosaženo u žádného dalšího typu termoplastů. Tyto vlastnosti jsou stále ve velkém rozsahu teplot. Polykarbonáty jsou snadno zpracovatelné, rozměrově stabilní a chemicky odolné. [4]

Polyethery: důležitým zástupcem této skupiny je polyformaldehyd, který vyniká chemickou i tepelnou odolností a velmi nízkou propustností plynů. Díky jeho stálosti v širokém rozmezí teplot dochází jen k minimálním změnám fyzikálních vlastností. Používá se především jako konstrukční plast (výroba ozubených kol, ložisek, krytů, uzávěru benzinových nádrží apod.). Dalším důležitým polymerem této skupiny je polyfenylenoxid, který je typický výbornými elektroizolačními vlastnostmi. [4]

Polyamidy a polyurethany

Polyamidy (PA): jejich zvláknování probíhá protlačováním taveniny tryskami. Vyrábějí se technická vlákna (kordy do koster pneumatik a dopravních pásů, štetiny, žíně, vlasce), textilní vlákna (koberce). Dobře se barví, ale rychle se špiní; je to z důvodu snadného nabití statickou elektřinou a následného přitahování prachu, dají se však snadno vyčistit vlažnou vodou. [4]

Polyurethany (PUR): tato skupina polymerů je typická tím, že se vyrábí z více složek, tj. kombinace polyesterů a polyamidů. Využívají se jako tvrdé i měkké pěnové materiály, montážní pěny, lepidla a nátěrové hmoty. [4]

4.4.2 Reaktoplasty

Reaktoplasty jsou polymery, které prochází z lineárního do síťovaného stavu nevratnou chemickou reakcí. Dělí se na 3 skupiny: fenoplasty, aminoplasty a pryskyřice. Reaktoplasty se používají především jako pojivo pro slévárenské pískové formy, brzdová a spojková obložení, dále se užívají jako lepidla, nátěrové hmoty, výplně, nebo tvrdidla. Pryskyřice se užívají jako součásti motorů pracujících za vysokých teplot, protože si uchovávají stále elektroizolační vlastnosti. [4]

4.4.3 Syntetické kaučuky

Kaučuky pro všeobecné použití, jako je například izoprenový, butadienový, či přírodní kaučuk, je možné použít pro výrobu většiny pryžových výrobků, jako jsou technické pryže, spotřební zboží, hadice, či pneumatiky. Další druhy kaučuků mohou být olejovzdorné (např. akrylátový kaučuk) nebo teplovzorné (např. silikonový kaučuk). [4]

4.5 Přísady do polymerů

Z důvodu vysokých požadavků na výrobky je téměř nemožné používat čisté polymery. Proto se používají přísady, které spolu s polymery vytváří polymerní směsi. Koncentrace přísad se udává obvykle ve hmotnostních dílech přísady připadajících na 100 hmotnostních dílů polymeru, označení je tedy dsp (dílu na sto polymeru). [4]

4.5.1 Zpracovatelské přísady

Tento pojem zahrnuje přísady, které usnadňují nebo přímo umožňují přípravu a zpracování polymerních směsí. Tyto přísady však také ovlivňují vlastnosti směsi i výsledného produktu. [4]

Plastikační činidla: tyto přísady usnadňují první zpracování kaučuku, plastikaci, tedy úpravu kaučuku intenzivním hnětením. Činidla zvětšují účinnost a rychlost plastikace, protože usnadňují štěpení makromolekul kaučuku. Užívají se také při zpracování odpadní pryže na tzv. regenerát. [31]

Maziva: látky, které usnadňují zpracování hůře zpracovatelných plastů (např. PVC, PS). Tyto přísady také zlepšují některé vlastnosti konečného výrobku – vzhled povrchu, tepelnou a světelnou stabilitu, povětrnostní odolnost. [31] [4]

Separační činidla: používají se k usnadnění vyjímání výrobků z forem a také tím přispívají ke zvýšení produktivity tvářecího zařízení. [4]

Pomocné zpracovatelské prostředky: jsou to látky, které jsou přidány v nízké koncentraci do kaučukové směsi a zlepšují zpracovatelnost bez negativního vlivu na užité vlastnosti. Protože největší množství energie při zpracování kaučukové směsi je spotřebováno během počáteční fáze míchání, mají tyto prostředky významný vliv – sníží viskozitu kaučuku, zlepši se jeho mísitelnost a tím je možné zkrátit dobu míchání. Dojde tedy ke značné úspoře energie a vyšší produktivitě výroby. [4]

Změkčovadla: přísady, které zvyšují ohebnost, tvárnost a vláčnost polymerů, snižují také teplotu zesklnění. [4]

Tepelné stabilizátory: látky, které umožňují tvarování za tepla a tváření polymerů, jejichž teploty měknutí leží v úzkém rozmezí. [4]

4.5.2 Antidegradanty

Antidegradanty jsou skupina přísad, které chrání výrobek před dlouhodobými vnějšími vlivy, jako je například účinek slunečního světla, působení kyslíku nebo ozonu. [4]

Světelné stabilizátory: jedná se o látky, které jsou schopny absorbovat ultrafialové záření a přeměnit jej na dlouhovlnné, pro polymery neškodné, záření (např. tepelné). [4]

Antioxidanty: látky, které jsou schopné zabránit tepelně-oxidačnímu stárnutí materiálu. K ochraně dochází přerušением řetězové autooxidační reakce. [4]

Antiozonanty: další skupinou látek, které ochraňují výrobek, jsou antiozonanty. Pryže jsou velmi náchylné k působení ozonu a praskají, proto je třeba jejich povrch chránit, aby nedocházelo ke vzniku a šíření trhlin a degradaci materiálu. [4]

4.6 Síťovací prostředky

Jedná se o látky, které vstupují do síťovacích reakcí, při kterých dochází ke spojování lineárních nebo rozvětvených makromolekulárních řetězců do struktury prostorové sítě. Jsou to různá síťovací činidla, aktivátory síťování či urychlovače síťování. [4]

4.7 Přísady ovlivňující další fyzikální vlastnosti

Plniva: V závislosti na kvalitě a kvantitě, plniva významně ovlivňují vlastnosti směsi a následně konečných výrobků. Jedná se obvykle o tuhé látky, které mají formu prášku nebo krátkých vláken. Za účelem snížení prášivosti se stále častěji materiál granuluje – jedná se o malé válečky, které se při míchání polymerní směsi rozpadnou na malé částice. Plnivy je možné ovlivnit mechanické vlastnosti materiálu, zvýšit odolnost vůči korozi, teple nebo stárnutí. Látky mají také vliv na vzhled výrobků a dle použitých materiálů i na cenu. Hlavním druhem gumárenských plniv jsou saze, které jsou obsaženy v převážně většině pryžových výrobků. Pro termoplasty, především polyolefiny, se užívají převážně plniv vláknitá. Plniva nacházejí největší uplatnění u reaktoplastů, protože zlepšují většinu vlastností. Jsou organického původu – dřevná moučka, vláknitá plniva na základě textilu a papíru, moučky ze skořápek různých plodů apod. [4]

Vyztužovadla: jsou to vláknité a textilní materiály na bázi bavlny, celulózy, skla nebo kovů, které svým tvarem a strukturou zpevňují polymerní výrobky, především reaktoplasty. Skleněná vlákna se začínají uplatňovat čím dál častěji i při výrobě termoplastů. [4]

Nadouvadla: jedná se o látky, které se při teplotě tváření polymerní směsi rozkládají za vzniku plyných produktů, které pak ve výrobku tvoří póry. Vyrobit se tak lehčené hmoty. [4]

Pigmenty: přísady, které slouží k nabarvení výrobku. Tyto látky jsou barevné prášky, které jsou však v polymerech nerozpustné, ale propůjčují příslušný barevný odstín. Anorganické pigmenty jsou levné a dobře snášejí podmínky zpracování polymerních směsí, ale často nedávají požadované živé (pastelové) odstíny, používají se tedy převážně pro technickou pryž a plasty. Pro zboží, které má mít atraktivní vzhled, se užívají pigmenty organické.

4.8 Zvláštní přísady

Tyto přísady propůjčují polymerním materiálům speciální vlastnosti, přidávají se pouze do některých směsí. [4]

Antistatické prostředky: většina polymerů je elektricky nevodivá, proto během tření materiálu (například navíjení vláken) vzniká elektrostatický náboj, který je pak zdrojem nežádoucích jevů. Opatřením proti této skutečnosti je zvýšení vodivosti materiálu, aby se mohl náboj rychle odvést. Proto se do některých výrobků přidávají tzv. antistatika. Antistatická pryž se používá například v obuvi do explozivního prostředí. [4]

Faktisy: látky, které slouží ke zlepšení hladkosti povrchu při vytlačování nebo pro přesnější dodržování tvaru vytlačeného profilu. Umožňují také dosažení potřebných odíracích schopností (např. potahy tiskových válců). [4]

Prostředky snižující hořlavost: tyto přísady se užívají při výrobě tzv. nehořlavých nátěrových hmot, nebo materiálů určených pro stavebnictví či obalovou techniku. [4]

5 TECHNOLOGIE TVAROVÁNÍ PLASTŮ

V předchozí kapitole bylo uvedeno rozdělení polymerů, jejich základní přehled a vlastnosti. Také byly uvedeny různé přísady a příměsi, které s polymery tvoří polymerní směsi, a mají vliv na výsledné vlastnosti výrobku. Tato kapitola je zaměřena na možnosti zpracování těchto polymerních směsí do finálního výrobku, přičemž se soustředí na technologii vstřikování, která je analyzována v praktické části této práce.

Technologie zpracování polymerů lze dělit dle dvou kritérií. Z hlediska způsobu zpracování jsou polymery rozděleny do následujících skupin: [31]

1. *termoplasty*,
2. *reaktoplasty*,
3. *elastomery*.

Dle vztahu mezi polymerem vstupujícím do procesu a výsledným produktem se technologie dělí následovně: [31]

1. *Doplňkové technologie* – tato skupina zahrnuje procesy, které upravují vlastnosti hmoty před zpracováním, nebo k úpravě finálních výrobků. Patří sem míchání, hnětení, sušení, granulace, přehřev, ale také potiskování, natírání a recyklace.
2. *Tvarovací technologie* – zde se vychází z polotovaru a hmota mění tvar bez velkého přemístování částic. Někdy se uplatňuje vliv teploty a tlaku, ale není to podmínkou. Do této kategorie spadá tvarování desek, výroba dutých těles, ohýbání trubek, obrábění plastů, spojování a spékání plastů.
3. *Tvářecí technologie* – dochází ke značnému přemístování částic materiálu v důsledku působení teploty, tlaku nebo obou faktorů zároveň. Patří sem vstřikování, vytlačování, válcování, odlévání, laminování, vypěňování. Výsledkem je finální výrobek nebo polotovar.

5.1 Doplnkové technologie

5.1.1 Plastikace

Pojem plastikace není zcela jednoznačný, má jiný význam pro zpracování kaučuků a pro zpracování plastů. Existují tedy dva druhy plastikace: [4]

- *Plastikace kaučuků*: podstatou tohoto procesu je snížení střední molekulové hmotnosti, což vede ke zmenšení tuhosti neboli zvětšení plasticity. Kaučuk je možné plastikovat hnětením, a to buď na válcových strojích za intenzivního chlazení, nebo v hnětacích strojích za zvýšené teploty (140 °C i více).
- *Plastikace plastů*: v tomto případě znamená pojem plastikace homogenizaci materiálů roztavením a prohnětením, tedy se docílí směsi se stejnými vlastnostmi v celém objemu. Plastikace se provádí především u termoplastů.

5.1.2 Míchání polymerních směsí

Během procesu míchání se docílí rovnoměrného rozptýlení přísad v základním polymeru. Ideálního rozptýlení se dosahuje při aplikaci velkých smykových sil: je-li materiál tuhý, míchá-li se v malém objemu a nevznikají-li tzv. mrtvá místa (místa, kde je malá účinnost míchání). [4]

Sypké hmoty se nejčastěji míchají v bubnových nebo sudových míchačkách, přičemž se míchací nádoba otáčí kolem své osy. K přípravě kapalných směsí o nízké viskozitě, např. nátěrových hmot nebo lepidel, se používá dvouramenná míchačka. K míchání viskózních kapalin slouží míchačka planetová, kde se dvě míchací ramena opatřená lopatkami pohybují kolem stěn nádoby a zároveň se otáčejí kolem své osy. [4]

5.1.3 Granulace polymerních směsí

Granulace neboli zrnění je posledním stupněm přípravy většiny polymerních materiálů, především termoplastů. Při této operaci je polymerní směs přetvořena na granulát. Granulemi jsou nazývány stejnoměrné oblé nebo hranaté částice, které mají velikost obvykle několik milimetrů. Granulátory vytlačují materiál ve formě struny nebo pásku a následně se tento materiál seká na stejnoměrné kousky, viz obr. 5.1. [4]

Granulát je vhodný především proto, že se dobře sype do násypky vytlačovacích a vstřikovacích strojů, umožňuje pravidelný přísun materiálu, aniž by při tom došlo k lepení na stěny násypky. Další výhodou granulátu je jeho jednoduchá možnost smíchání s dalšími přísadami, např. pigmenty. [4]

5.1.4 Tabletování polymerních směsí

Aby bylo možné materiál lépe zpracovat, je vhodné jej přetvořit do pevné konzistence. Toho se využívá především u reaktoplastů, který je dodáván ve formě prášku. Je často zpracován do tvaru plochého válečku – tablety, což opět vede k rychlému, přesnému a jednoduchému dávkování a ke snadnější manipulaci. [4]

5.1.5 Další možnosti zpracování

Při zpracování práškových polymerů se změkčovadly vznikají buď suché nebo hrudkovité směsi tzv. aglomeráty. Aglomerát je podobný granulátu, je vhodnější než prášek. [4]

Některé termoplasty se změkčovadly potřebují během zpracování projít procesem želatinace. Z polymerních roztoků vzniká gel, což je síťová struktura. Provedená želatinace rozhoduje o kvalitě výrobků. [4]

Jedním z dalších procesů je vulkanizace kaučukových směsí, která slouží k vytvoření pryže. Pryž má využití téměř ve všech oborech lidské činnosti. [4]



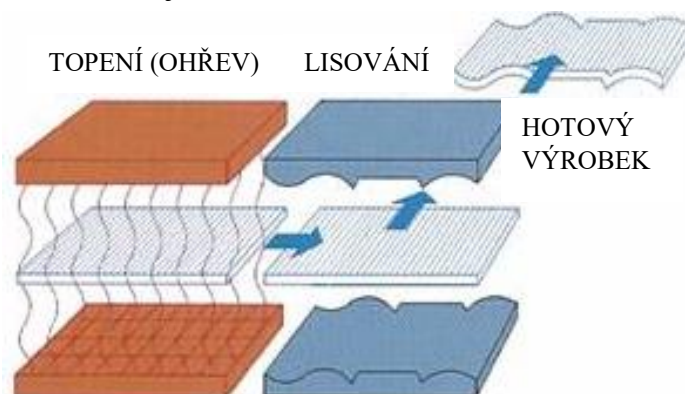
Obr. 5.1) Barevný granulát vhodný pro vstřikování [18]

5.2 Tvarovací technologie

Jak již bylo zmíněno, tvarování je postup, u kterého je zpracováván polotovar ve tvaru desky nebo fólie. Obvykle se provádí za tepla, některé plasty je však možné tvarovat bez ohřevu. Vždy se však jedná o výrobky jednoduchých tvarů a bez velkých nároků na rozměrovou přesnost. Mezi tvarovací technologie patří mechanické, pneumatické, negativní a pozitivní tvarování, dále mechanické, pneumatické předtvarování, kombinované předtvarování, přetlakové tvarování a kontinuální tvarování. [31]

5.2.1 Mechanické tvarování

Požadovaného tvaru se dosahuje vzájemným působením částí dvoudílné formy na polotovar. Princip mechanického tvarování je ukázán na obr. 5.2. [31]



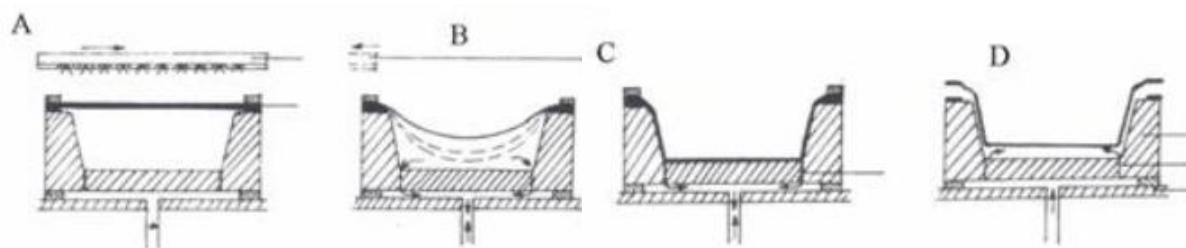
Obr. 5.2) Princip mechanického tvarování [31]

5.2.2 Pneumatické tvarování

Tento typ tvarování je v praxi nejrozšířenější, ke změně tvaru polotovaru se využívá rozdílu mezi atmosférickým tlakem a vakuem vytvořeným v dutině formy. Pneumatické tvarování je vhodné pro výrobky s velkou plochou, ale tenkou stěnou. Tato metoda má však vysoký podíl odpadu. [31]

5.2.3 Negativní tvarování

Základem této výrobní metody je tvarovací forma s dutinou, která tvarem odpovídá požadovanému tvaru výrobku. Deska, která je určena k tvarování, se upne do rámu a spojí se s formou. Následně se tato deska zahřeje na tvarovací teplotu a poté se rychle z dutiny formy odsaje vzduch. Plast se díky vytvořenému vakuu přitiskne na vnitřní stěnu dutiny, po ochlazení se vakuum zruší a výrobek je možné vyjmout. Princip metody je na obr. 5.3. [31]

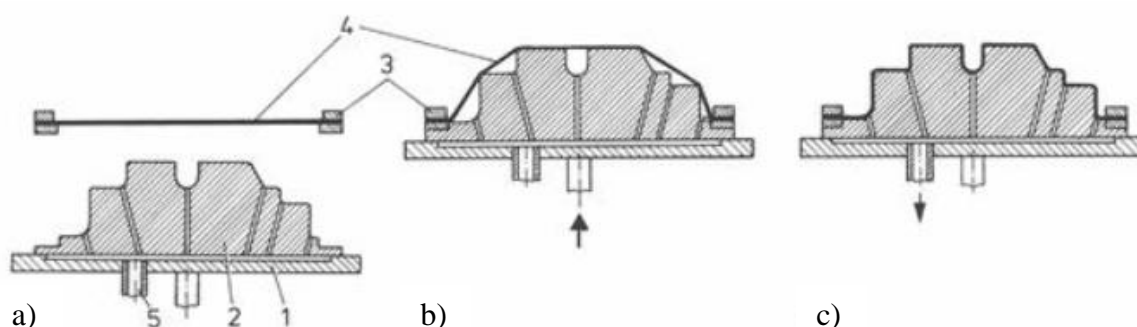


Obr. 5.3) Princip negativního tvarování [31]

5.2.4 Pozitivní tvarování

Tato metoda funguje na podobném principu jako negativní tvarování. Pozitivní tvarovací forma neboli tvárník odpovídá tvarem výrobku. Deska se upne do rámu a je zahřata na tvarovací teplotu a poté je rám s deskou přetažen přes nepohyblivou formu. Posledním krokem je vytvoření vakua v prostoru mezi deskou a formou, čímž dojde k dotvarování desky do konečného tvaru, viz obr. 5.4. [31]

Dalšími druhy zpracování materiálů jsou: mechanické, pneumatické, kombinované přetvarování, přetlakové tvarování, kontinuální tvarování. Dutá tělesa lze vyrábět vyfukováním. Dále existuje výroba vstřikovacím či vytlačovacím vyfukováním. [31]

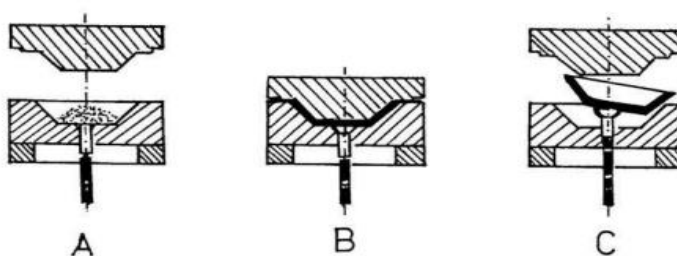


Obr. 5.4) Princip pozitivního tvarování: 1 – stůl stroje, 2 – tvárník, 3 – rám stroje, 4 – deska, 5 – vzduchová trubice [31]

5.3 Tvářecí technologie

5.3.1 Lisování a přetlačování plastů

Lisování plastů se dělí dle způsobu provádění na lisování přímé, lisování rázem a lisování nepřímé, tzv. přetlačování. Tvar výlisku vymezuje lisovací forma, která je v lisu vhodně umístěna. Jedna část formy je uchycena na desce pístu a tvoří tzv. patrici. Druhá část, matrice, je spojena s podstavcem. Princip je zobrazen na obr. 5.5. [4]

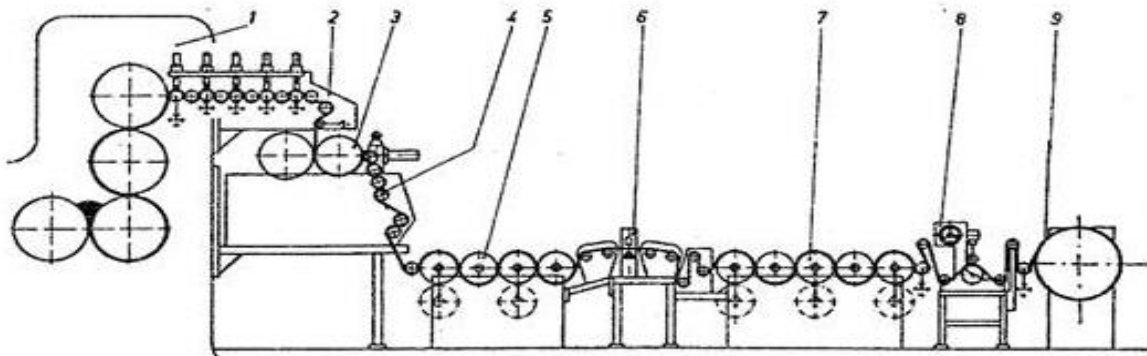


Obr. 5.5) Princip vysokotlakého přímého lisování. A – plnění formy, B – vlastní lisování, C – vyjímání výlisku z formy [4]

V současnosti jsou lisovací a přetlačovací technologie nahrazovány vstřikováním, protože se tím celkový výrobní cyklus výrazně zkrátí, nejsou třeba další dodatečné operace, snižuje se tím prašnost apod. [31]

5.3.2 Válcování

Tento způsob výroby se užívá především k přípravě fólií a podlahovin, koženek apod. Intenzita válcování je ovlivněna mezerou mezi válci a rozdílem obvodových rychlostí válců. Válcovací stroje nepracují samostatně, ale jsou doplněny obslužnými zařízeními pro přípravné a doplňkové procesy, viz obr. 5.6. [31]



Obr. 5.6) Příklad linky pro válcování fólií z měkčeného PVC: 1 – čtyřválcový kalandr, 2 – válečkový odtah, 3 – desénovací válce, 4 – odtah, 5 – temperace, 6 – měření tloušťky, 7 – chlazení, 8 – ořezávání okrajů, 9 – navíjení [31]

5.3.3 Odlévání

Tato technologie slouží ke zpracování kapalných systémů, lze odlévat termoplasty i reaktoplasty. Výhodou této metody je výroba dílů bez vnitřního pnutí, výroba tvarově rozdílných dílů najednou, velmi nízké množství odpadu, konstrukční jednoduchost a nízké náklady na formy a stroje. Tato metoda má však dlouhé pracovní cykly a nízkou rozměrovou přesnost. Odlévání se dělí na gravitační, rotační a odstředivé. [31]

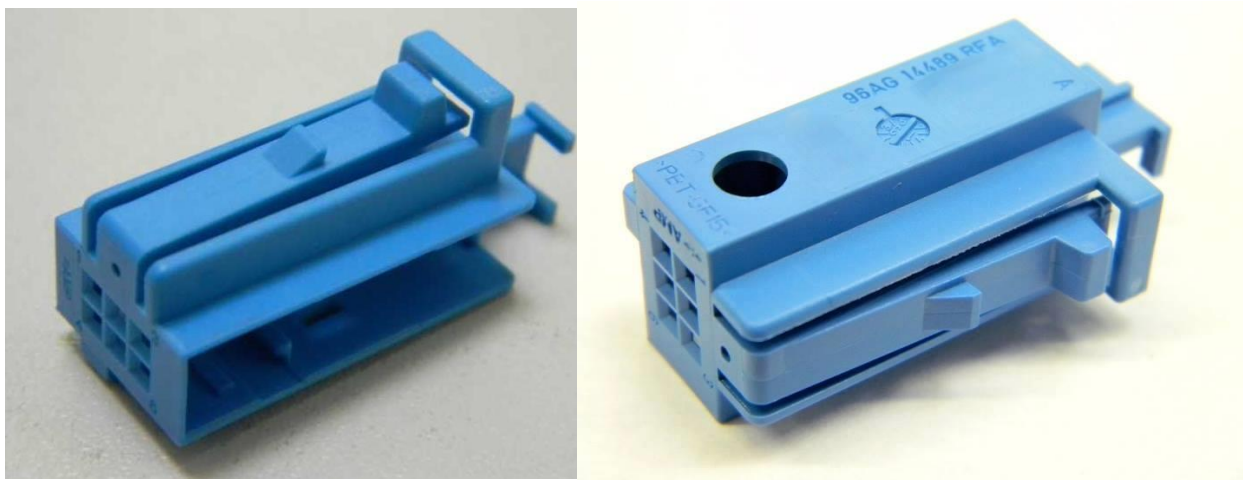
Typickým produktem, který je vyráběn pomocí technologie odlévání, je bowlingová koule. Ta se dnes obvykle vyrábí z polyesteru nebo polyuretanu. Dále se odléváním vyrábí různé hračky, například malé, barevné figurky.

5.3.4 Vstřikování

Počátky této metody spadají do konce 19. století, dnes je dominantní technologií velkosériové výroby. Vstřikování neboli plastic injection molding, je důležitým způsobem zpracování termoplastů, protože umožňuje ekonomicky produkovat kvalitní a rozměrově přesné výrobky. Vstřikovací cyklus je velmi rychlý a automatizovaný. Principem je vstříknutí polymerové taveniny do formy, která je chlazená. Po ztuhnutí taveniny je forma otevřena, výrobek vyjmut a stroj je připraven na další cyklus. Vstřikování se stále rozvíjí a dnes už je možné vstřikovat i reaktoplasty. [31] [4] Podrobný popis stroje a jeho funkcí bude uveden v praktické části této práce.

6 PRAKTICKÁ ČÁST

Praktická část byla vypracována ve spolupráci s firmou, jež sídlí v blízkém okolí Brna, její název však nebude uveden. Pro posouzení environmentální zátěže procesem tvarování plastů byl vybrán produkt, který se používá v automobilovém průmyslu, viz obr. 6.1. Jedná se o díl, který má široké využití a automobilky jej mohou používat různě, nejčastěji se však vyskytuje jako součást světlometů. Slouží k připojení kabeláže a uzamknutí ve správné poloze, drží kabely připojené a zabraňuje uvolnění, ke kterému by mohlo při jízdě automobilem dojít. Jedná se tedy o tzv. konektorový terminál (Connector terminal), jehož rozměry jsou přibližně $8 \times 13 \times 32$ mm a jeho objem je přibližně 1100 mm^3 . Objem celého vtokového kanálu je přibližně 220 mm^3 .



Obr. 6.1) Posuzovaný díl

Tento kus je vyráběn z granulátu pomocí technologie vstřikování (plastic injection molding). Tato technologie se dále liší podle typu systému vstřikování: studený vtok, horký vtok a přímé vstřikování, přičemž tento produkt je vyráběn buď pomocí metody horkých vtoků, nebo přímým vstřikováním.

6.1 Analýza vstupního materiálu

Materiál, který je použit pro výrobu zmíněného produktu, je polybutylen tereftalátová pryskyřice (PBT) s označením Crastin SK602 NC010. Granulát je z 15 % vyztužen skleněnými vlákny. Materiál je nakupován od externího dodavatele a jeho vlastnosti jsou uvedeny v materiálovém listu.

Při výběru materiálu se bere ohled na vlastnosti mechanické, elektrické, tepelné i chemické. Důležitými aspekty jsou tahové a tlakové namáhání, tvrdost, hořlavost, odolnost vůči vlhkosti, tepelná vodivost, rozsah teplot, kdy je materiál ještě stabilní, jeho srážlivost, a také jsou uvedeny parametry pro samotný proces výroby. Například: [3]

- hustota: 1410 kg/m^3 ,
- modul pružnosti v tahu: 5800 MPa ,
- optimální teplota tavení: $250 \text{ }^\circ\text{C}$,
- optimální teplota formy: $80 \text{ }^\circ\text{C}$.

6.2 Analýza výrobního procesu

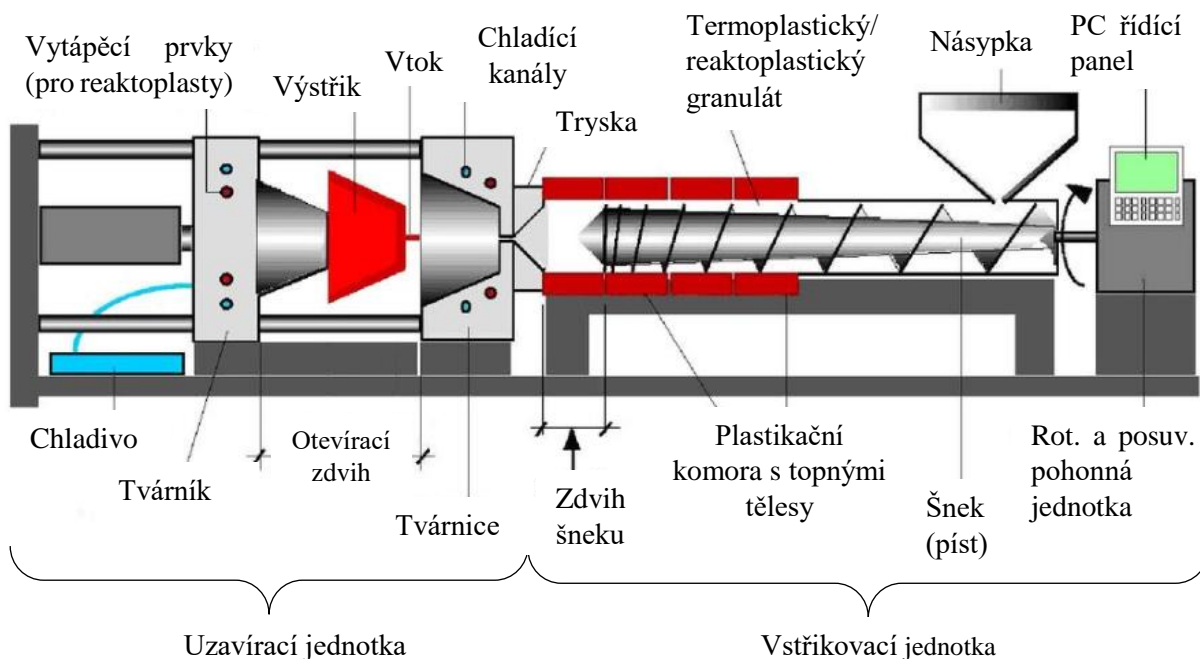
Jak již bylo zmíněno, jedná se o výrobní proces nazvaný vstřikování plastů, v angličtině plastic injection molding. Důležitým prvkem je nástroj – forma, která určuje systém vstřikování.

6.2.1 Vstřikovací stroj

Vstřikovací stroj se skládá ze dvou hlavních částí, které následně obsahují několik prvků, jak je ukázáno na obr. 6.2. Stroj je velmi variabilní, protože tvar a druh vstřikování závisí na formě, která je v něm uložena. Proto je možné jeden stroj použít pro výrobu různých zakázek. Hlavní části vstřikovacího stroje jsou: [31]

- vstřikovací jednotka – přeměňuje granulát na homogenní taveninu, vstřikuje taveninu vysokou rychlostí a za vysokého tlaku do dutiny formy,
- uzavírací jednotka – zavírání a otevírání formy dle procesu vstřikování; zajištění uzavření formy takovou silou, aby nedošlo k otevření formy.

Vstřikování je proces cyklický a doba cyklu trvá pouze několik sekund. Touto metodou se vyrábějí především takové kusy, které mají charakter hotového výrobku nebo dílu do sestavy. Výhodou této metody je krátká doba cyklu, vhodnost pro velkosériovou výrobu, možnost vyrábět tvarově složité výrobky, vysoká přesnost, dobrá povrchová úprava. Mezi nevýhody patří vysoké investiční náklady, dlouhé doby nutné pro výrobu forem a velké strojní zařízení, které je neúměrně velké v porovnání s výrobkem. [31]



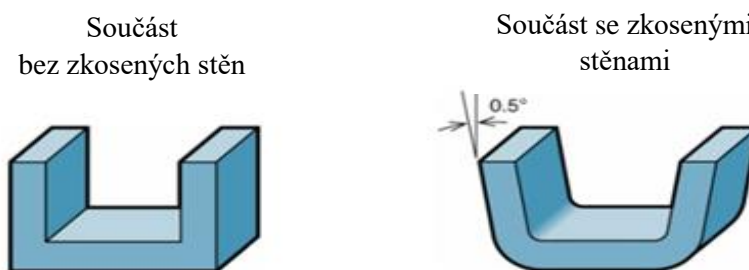
Obr. 6.2) Schéma vstřikovacího stroje [31]

6.2.2 Vstřikovací forma

Jedná se o nástroj, který je druhou nejdůležitější součástí stroje hned vedle plastikační jednotky. Není však pevnou součástí: lze jej vyměnit v závislosti na požadavcích. Na jednom stroji lze použít více forem podobného typu, velikosti a hmotnosti. Většina forem se skládá stavebnicovým způsobem z normalizovaných součástí, což zkrátilo časy potřebné k výrobě jedné vstřikovací formy. Při návrhu formy je potřeba brát v potaz mnoho faktorů, protože existuje mnoho materiálů s odlišnými vlastnostmi, musí se zohlednit také mírné

zkosení stěn výrobku kvůli pohodlnému vyjmutí z dutiny formy viz obr. 6.3, dále je také nutné propočítat míru sražení materiálu. Formy lze dělit dle několika hledisek: [31]

- *podle počtu dutin*: jednonásobné, vícenásobné,
- *podle typu vstřikovacího stroje*: se vstřikováním do osy, se vstřikováním do dělicí roviny,
- *podle uspořádání vtoku*: dvoudeskové, třideskové, s horkým vtokem,
- *podle konstrukce*: jednoduché, čelist'ové, s výsuvnými jádry, vyšroubovací, etažové,
- *podle vstřikovaného materiálu*: pro termoplasty, reaktoplasty, elastomery.



Obr. 6.3) Zkosení stěn součásti pro snadné vyjmutí výrobku z formy [26]

Formy musí odolat vysokým tlakům, musí poskytnout výrobku přesné rozměry, musí umožnit snadné vyjmutí výrobku a musí pracovat automaticky během své životnosti. Materiál formy závisí na druhu zpracovávaného plastu, technologii, velikosti výrobku i jeho složitosti. Uvnitř forem obvykle vedou chladicí kanály s chladivem, které odvádějí teplo a udržují teplotu formy na předepsané hodnotě. Cílem je rovnoměrné, rychlé ochlazování výrobku. Součásti forem jsou také tzv. vyhazovače, které zajistí vysunutí výrobku z formy ven. [31]

6.2.3 Faktory ovlivňující vlastnosti a kvalitu výstřiku

O mechanických a fyzikálních vlastnostech a o kvalitě výstřiku rozhodují následující parametry, přičemž se vždy ovlivňují navzájem: [31]

- druh plastu: rychlost plastikace polymeru, tekutost, tepelná stabilita, nízké vnitřní pnutí, smrštění,
- technologické parametry: vstřikovací tlak, teplota taveniny, teplota formy, rychlost plnění dutiny formy, výše a doba trvání dotlaku,
- konstrukce formy,
- volba stroje.

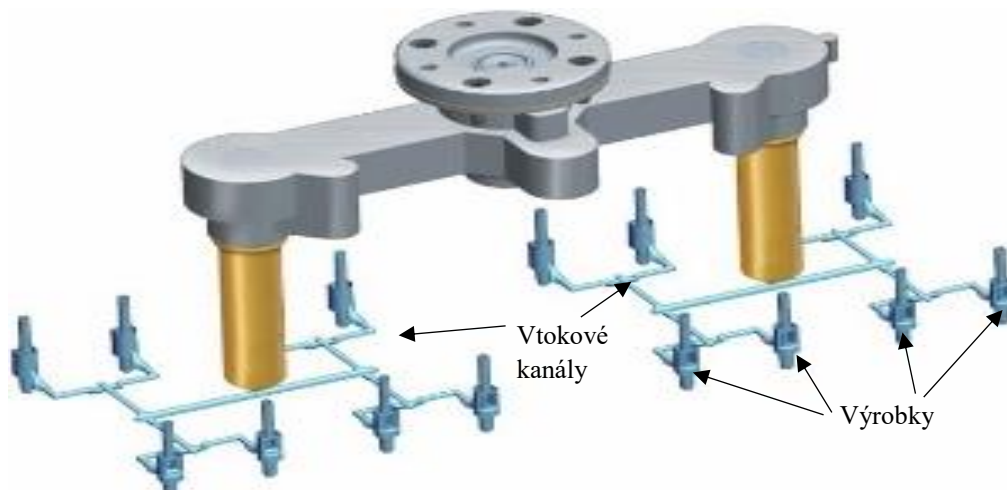
6.2.4 Druhy vstřikovacích systémů

Existují 3 typy vstřikovacích systémů. Systém se studeným vtokem je nejstarším typem; je sice nejméně nákladný, ale má dlouhý čas cyklu a vzniká při něm velký podíl odpadového materiálu. Dalším systémem je užití horkých vtoků, kdy je eliminován vznik hlavních rozvodových kanálů a dochází k zefektivnění výroby. Vedlejší rozvodné kanály zůstávají, dají se však recyklovat. Jsou zde také oproti prvnímu systému vyšší náklady na nástroj a jeho údržbu.

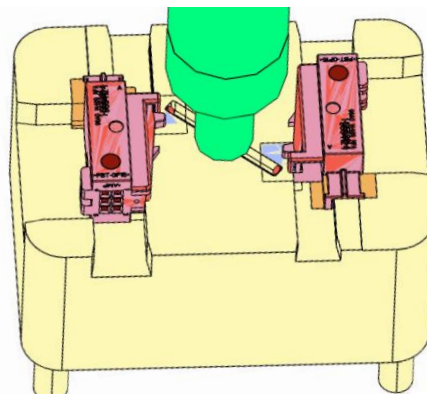
Poslední, nejnovější, metodou je přímé vstřikování, tzv. direct gating, kdy je každá kavita³ vstřikována napřímo – každá kavita má svou vlastní trysku. U této metody tedy neexistuje odpadový materiál, ale nevýhodou je vysoká náročnost údržby nástroje. Při výrobě 8 ks v jednom výrobním cyklu existuje pro typ s horkými vtoky soustava 4 trysek (1 tryska vstříká materiál do dvou kavit), ale pro metodu direct gating je to již 8 trysek. Během údržby je tedy forma odstavena delší dobu a vznikají větší prostoje. V tabulce 6.1 jsou vypsány výhody a nevýhody systémů vstřikování, které jsou posuzovány.

Tab. 6.1) Typy posuzovaných systémů, výhody a nevýhody [26]

Typ posuzovaného systému	Výhody	Nevýhody
1. Horký vtok (hot sprue) (Obr. 6.4 a 6.5)	<ul style="list-style-type: none"> rychlý cyklus minimalizace odpadu jednoduchá údržba lepší regulace teploty 	<ul style="list-style-type: none"> náklady na nástroj tepelná degradace
2. Přímé vstřikování (direct gating) (Obr. 6.6)	<ul style="list-style-type: none"> žádný vznik vtokových kanálů, žádný odpad rychlý cyklus přesné řízení teploty 	<ul style="list-style-type: none"> nejvyšší náklady na nástroj degradace materiálu náročná údržba

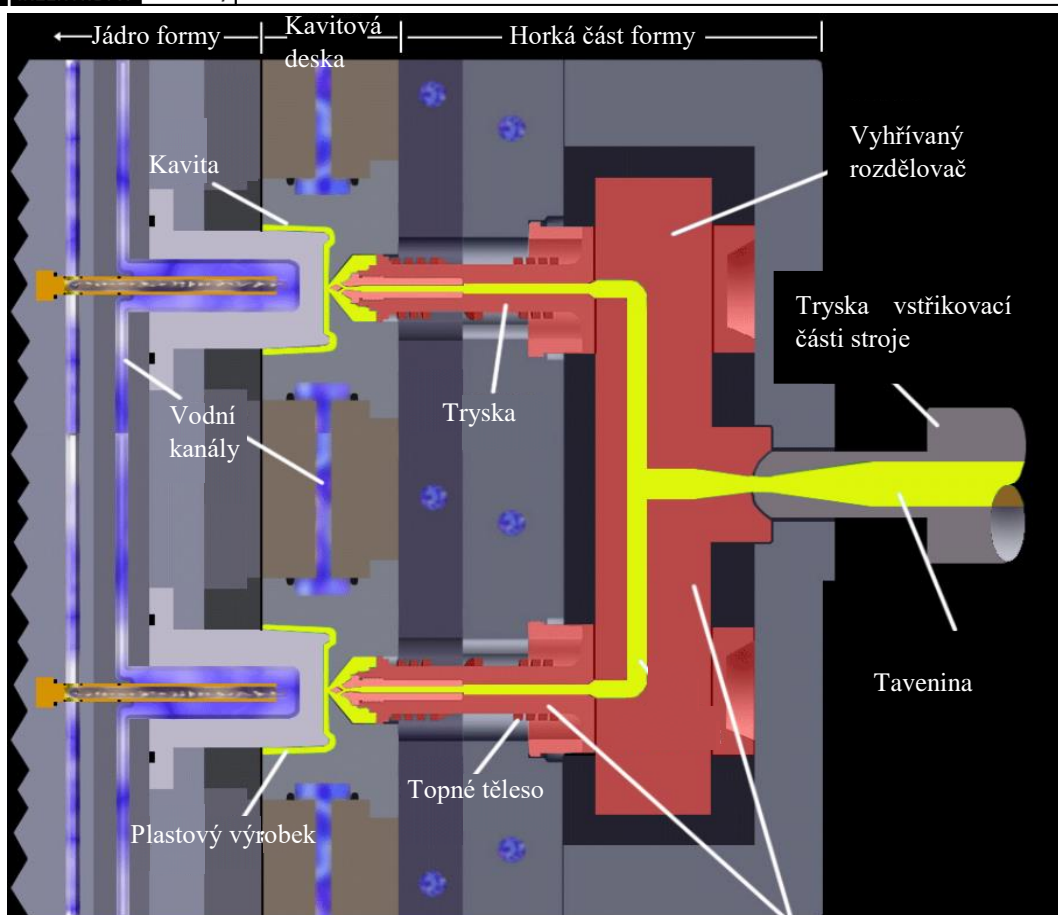


Obr. 6.5) Příklad systému vstřikování „hot sprue“: znázornění vstřikovacích trysek [26]



Obr. 6.4) Detailní pohled na posuzovaný systém „hot sprue“. Jedna tryska plní dvě kavity [26]

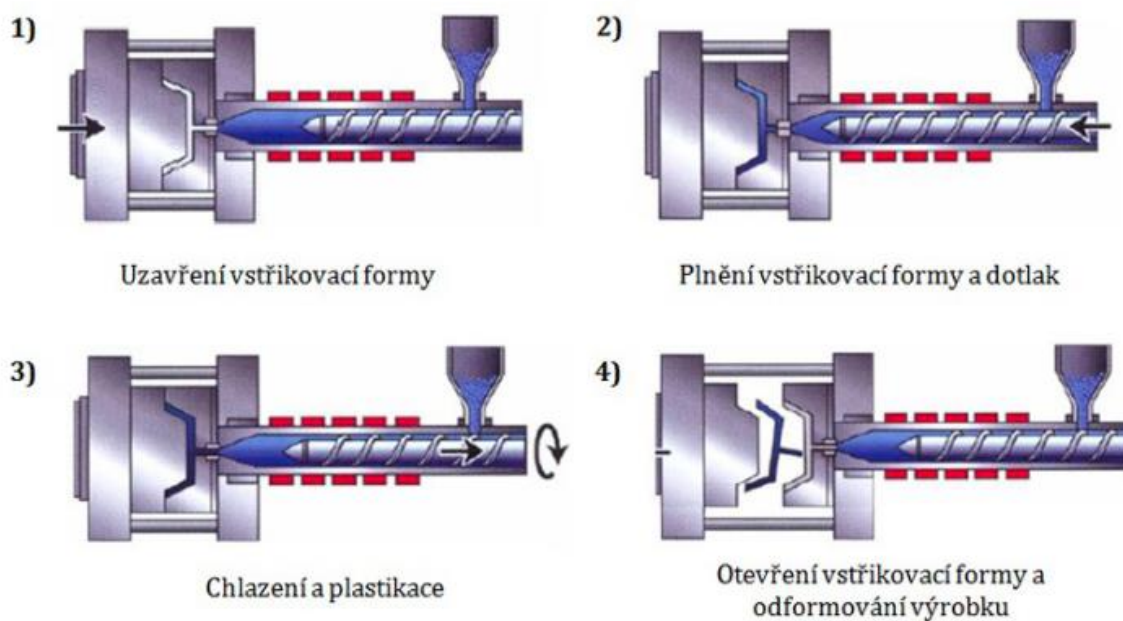
³ Dutina ve tvaru finálního výrobku, která se nachází uvnitř formy a je určena pro naplnění materiálem



Obr. 6.6) Příklad systému vstřikování „direct gating“: zobrazení řezu formy se zabudovanými vstřikovacími tryskami, které plní kavity napřímo [26]

6.2.5 Fáze vstřikovacího cyklu

Fáze vstřikovacího cyklu jsou stejné pro všechny typy výroby.



Obr. 6.7) Fáze vstřikovacího cyklu [29]

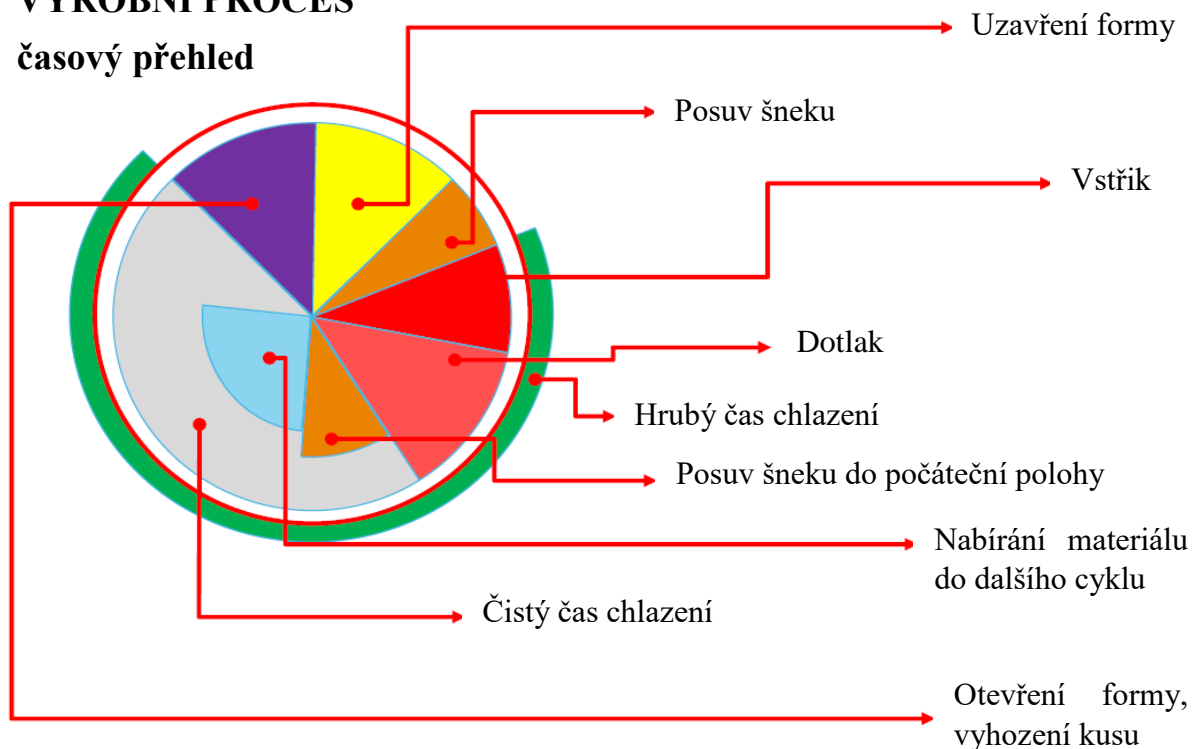
Vstřikovací cyklus lze rozdělit do 4 kroků (obr. 6.7):

- uzavření vstřikovací formy,
- plnění vstřikovací formy a dotlak,
- chlazení vstříknutého materiálu, vrácení šneku do původní polohy (tím dojde k nabrání a plastikaci nového materiálu),
- otevření vstřikovací formy a odformování (vyhození) výrobku.

Na počátku cyklu je forma otevřená a dutina formy je prázdná. V nulovém čase dostane stroj impuls k zahájení cyklu: pohyblivá část formy se přisune k pevné části, forma se zavře a uzamkne. K uzamknutí formy je nutné použít velkou sílu, aby bylo zaručeno, že se forma během procesu vstřikování neotevře. Následně dojde k pohybu šneku v tavicí komoře, plastikovaný materiál se koncentruje v ústí trysky a následně začíná vlastní vstřikování taveniny do dutiny formy. Posuvem šneku dochází také ke stlačení taveniny v samotné formě. Ve chvíli, kdy je tavenina tlačena do dutiny formy, začne předávat teplo formě a chladne⁴. Protože se materiál během chlazení smršťuje, musí ihned po vstříknutí dojít k dotlaku. Proces chlazení⁵ trvá do doby otevření formy a vyhození vylisku. Některé kroky probíhají zároveň, proto tento proces přesněji přiblíží časový cyklus na obr. 6.8. [31]

VÝROBNÍ PROCES

časový přehled



Obr. 6.8) Vstřikovací cyklus rozložený v čase [24]

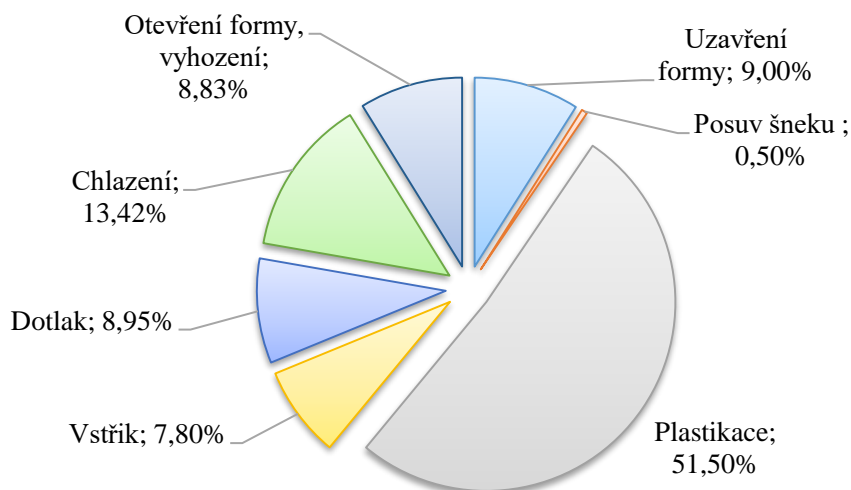
⁴ Hrubý čas chlazení: doba chlazení od počátku vstřiku až po úplné ochlazení a otevření formy.

⁵ Čistý čas chlazení: Proces chlazení začíná od ukončení vstřiku a dotlaku až do otevření formy.

6.2.6 Spotřeba elektrické energie

Odhadovaná spotřeba elektrické energie během moldingové výroby je 5 kWh/kg a rozložení spotřeby v průběhu jednoho cyklu je znázorněno na následujícím grafu.

Energetická spotřeba během jednoho cyklu



Obr. 6.9) Rozložení energetické spotřeby během jednoho výrobního cyklu [24]

6.3 Životní cyklus výrobku

Pokud by byla využita celá LCA analýza, pak by bylo nutné hodnotit výrobek od kolébky do hrobu (cradle to grave) a tedy od získání primárních surovin pro výrobu granulátu, samotnou výrobu granulátu, převoz, dále zpracování granulátu na výrobek, používání výrobku (je součástí automobilu), a nakonec jeho odstranění či recyklaci. Pro tuto diplomovou práci však bude hodnocena pouze část životního cyklu metodou od kolébky k bráně (cradle to gate), a to konkrétně od získání primárních surovin pro získání granulátu až po jeho přeměnu na výsledný výrobek.

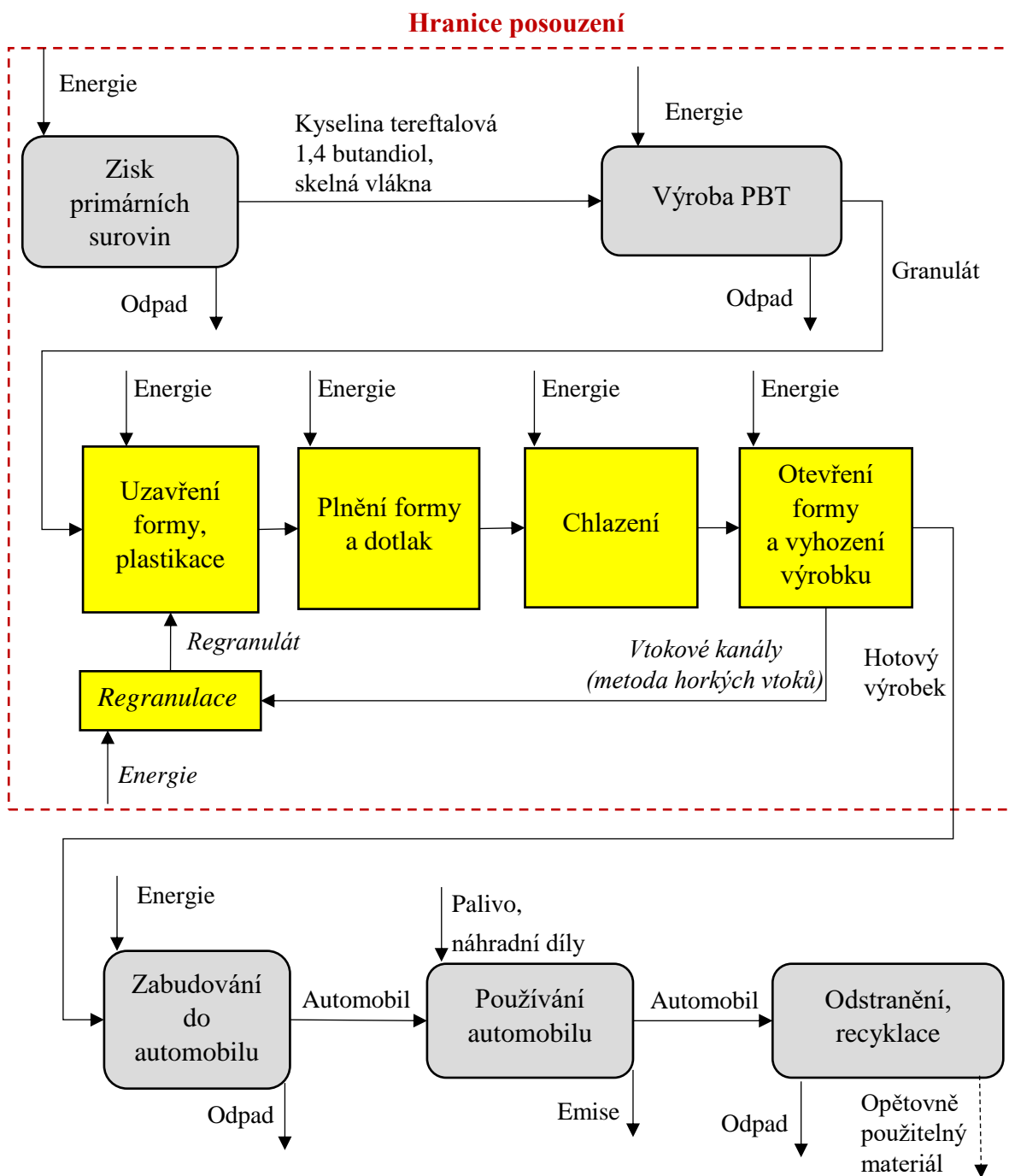
6.3.1 Fáze stanovení cíle a jeho rozsahu

Na obr. 6.10 je zobrazen blokový diagram celého životního cyklu výrobku. Je zde vyznačena hranice, které definuje rozsah života výrobku, který bude hodnocen. Výrobní proces se skládá z podprocesů: uzavření formy a plastikace, plnění formy a dotlak, chlazení, a posledním krokem je otevření formy a vyhození výrobku ven. U výrobní metody pomocí horkých vtoků je zde ještě podproces *regranulace*.

Hodnocen bude ekologický dopad dvou metod technologií výroby, a to konkrétně metoda horkých vtoků a metoda direct gating. Metody se liší tím, že během využívání horkých vtoků vznikají vtokové kanály, které se následně melou a tento pomletý materiál je možné znovu použít k výrobě za jistých podmínek. U metody direct gating žádné vtokové kanály nevznikají, není zde tedy žádný podíl recyklátu. Průběh výrobního procesu je však u obou metod stejný. Zjišťují se dopady těchto výrobních technologií na životní prostředí a zároveň budou tyto metody porovnány. Vzhledem k hranicím systému je nutné hodnotit také výrobu granulátu. Velký vliv na výsledky studie má samozřejmě také převoz materiálu do výroby,

avšak tato studie jej zanedbává – pokud by výsledky využilo jiné výrobní středisko, převoz materiálu bude mít rozdílný vliv a došlo by ke zkreslení informací.

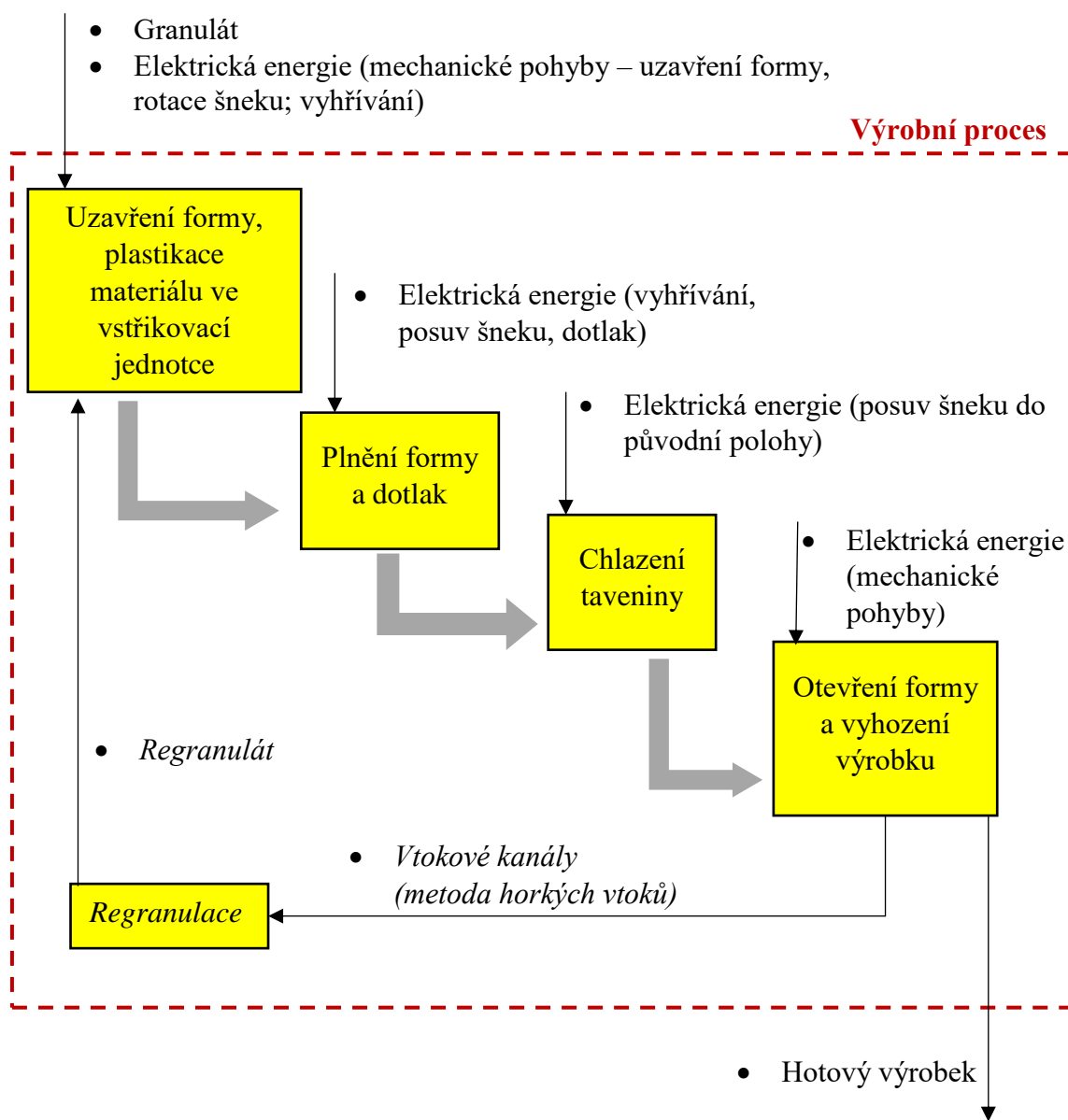
Práce je zaměřena na hodnocení spotřeby elektrické energie a na emise CO₂. Funkční jednotka se v tomto případě nestanovuje, protože se nejedná o koncový výrobek – tento kus pak zaujímá své místo v sestavě automobilu. Proto se hodnocení bude vztahovat na jeden výrobní cyklus (tj. 8 ks). Studie poslouží k interním účelům organizace.



Obr. 6.10) Hranice posouzení zařazená do životního cyklu výrobku

Výrobní proces

Je důležité si uvědomit, jak vypadá posuzovaný výrobní proces a jaké jsou jeho vstupy a výstupy. Ke znázornění slouží následující diagram:



Obr. 6.11) Výrobní proces

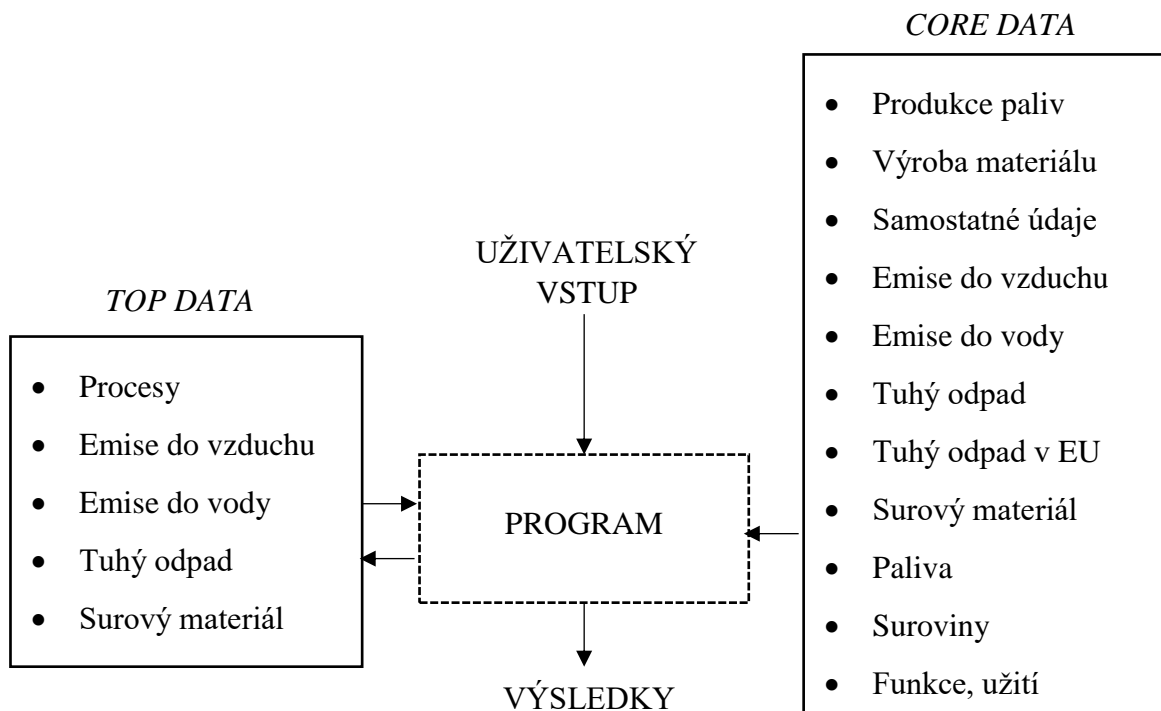
Jak již bylo zmíněno, výrobní proces pro obě metody výroby je téměř totožný. U metody horkých vtoků je na výstupu položka *vtokové kanály*. Jedná se o odpadní materiál, který se pomele a je možné jej přidat ke vstupnímu granulátu ve formě regranulátu. Stroj si automaticky nadávkuje jen určitou část tohoto pomletého materiálu a smísí jej v násypce s granulátem, přičemž regranulát může tvořit maximálně 20 % objemu. U metody direct gating neexistují na výstupu žádné vtokové kanály – na vstupu pak také není žádný přidaný regranulát. Během jednoho výrobního cyklu je v obou případech vyrobeno 8 finálních kusů.

6.3.2 Fáze inventarizační analýzy

Fáze inventarizační analýzy slouží k sumarizaci veškerých vstupů a výstupů z procesu. Jsou zde vypsány veškeré materiálové a energetické toky. Aby bylo dosaženo co nejpřesnějších výsledků studie, je nutné si uvědomit, z čeho je složen vstupní granulát a jak byl vyroben. Také je potřeba převést materiálové a energetické toky na stejné jednotky, které budou použity ve výpočetním programu. Pro výpočet bude využit program Boustead model 6.0.

Boustead model 6.0 – program pro výpočet zátěže životního prostředí

Pro výpočty a analýzu zátěže životního prostředí bude využit program Boustead model 6.0. Jedná se o program, který modeluje zátěž životního prostředí na základě jeho vlastní databáze informací (*CORE DATA*) a vstupních údajů zadaných uživatelem (*TOP DATA*). Obsahuje informace o spotřebě paliv a energií, využívání surovin, nebo tuhých kapalných či plyných emisích. Princip fungování programu je na obrázku 6.12.



Obr. 6.12) Princip Boustead modelu [17]

Například pro výpočet spotřeby elektrické energie během moldingové výroby je třeba určit podíl zdrojů elektrické energie v ČR, dále zadat spotřebu pro jeden výrobní cyklus a následně je třeba tyto parametry přepočítat. Výstup je pak zobrazen v tabulkách.

Přehled materiálových vstupů výrobního procesu

Prvním krokem fáze inventarizační analýzy je sepsání veškerých materiálových a energetických vstupů. K přehledu slouží tabulka 6.2, která je složena z 5 procesů. Proces 2, 3 a 4 nemá materiálové vstupy, protože se jedná o materiál, který je uvnitř procesu – vstoupil ve fázi 1 a vystoupil až na konci ve fázi hotového výrobku, případně regranulátu (metoda horkých vtoků).

Tab. 6.2) Materiálové a energetické vstupy jednotkových procesů

Proces	Popis procesu	Materiálový vstup	Energetický vstup
1. Uzavření formy, plastikace materiálu	Forma se uzavře a zároveň dojde k rotaci šneku. Materiál se roztaví (plastikuje se).	Granulát <i>Regranulát (horké vtoky)</i>	Elektrická energie: mechanické pohyby – uzavření formy, rotace šneku, vyhřívání
2. Plnění formy a dotlak	Posuv šneku, jehož jehla tlačí materiál do dutiny formy. Vytváří dotlak.	–	Elektrická energie: vyhřívání, posuv šneku, dotlak
3. Chlazení taveniny	Materiál tuhne uvnitř formy. Šnek se vrací do první polohy a nabírá materiál na další cyklus.	–	Elektrická energie: pohyb šneku
4. Otevření formy a vyhození výrobku	Forma se otevře a dojde k vyhození výrobku.	–	Elektrická energie: otevření formy, pohyb vyhazovače. <i>Střih vtokových kanálů (horké vtoky)</i>
5. <i>Regranulace (horké vtoky)</i>	<i>Vtokové kanály jsou pomlety a mohou být opětovně použity při vstřikování.</i>	<i>Vtokové kanály (Vznik ze směsi granulátu a regranulátu)</i>	<i>Elektrická energie: mletí vtokových kanálů</i>

Výroba elektrické energie v ČR

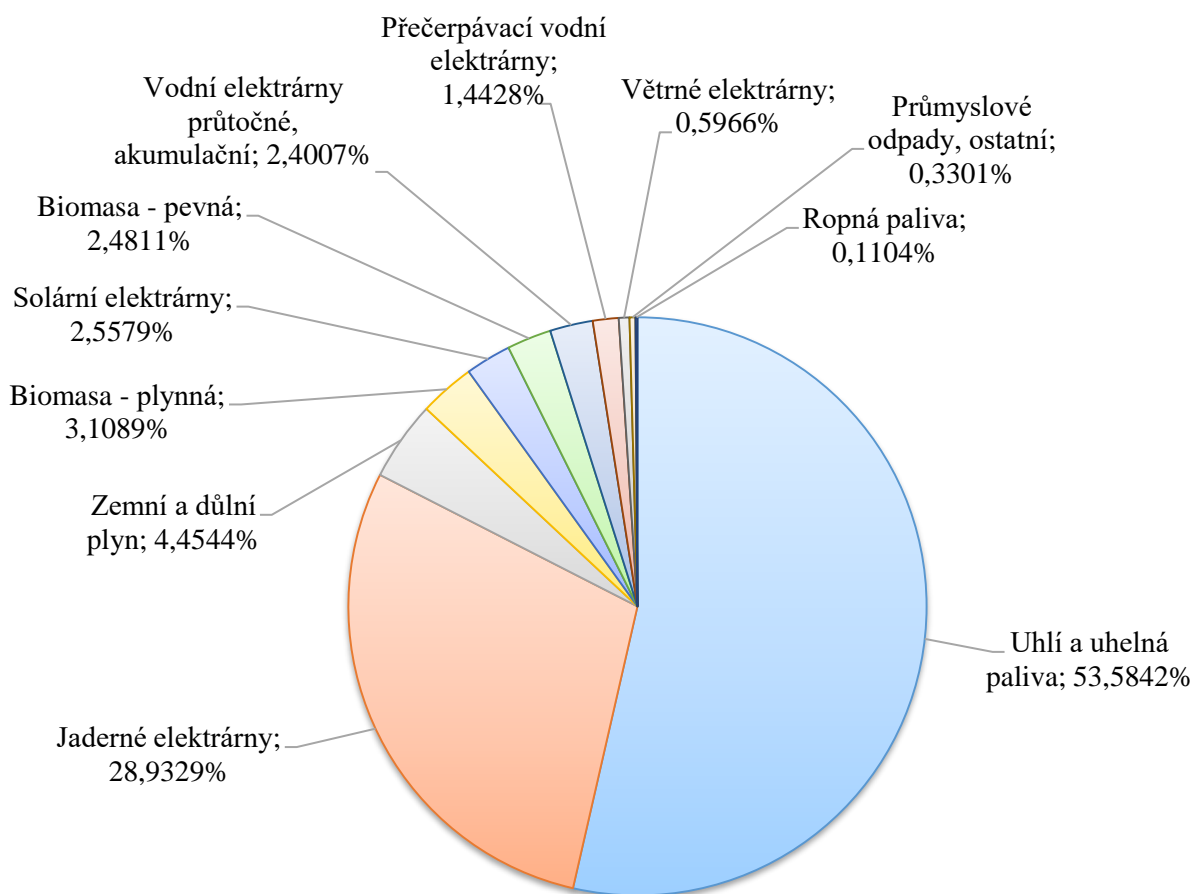
Pro výpočet ekologického dopadu uvažovaného výrobku je nutné zhodnotit také energetickou náročnost. V říjnu 2017 byla Ministerstvem průmyslu a obchodu vydána zpráva o výrobě elektřiny podle použitých paliv a technologií za období 2010 až 2016. Pro výpočty jsou nejvíce relevantní hodnoty z roku 2016. Podíl obnovitelných zdrojů energie je 11 % celkové produkce. Přehled je uveden v tab. 6.3.

Tab. 6.3) Výroba elektřiny podle paliv a technologií v ČR v r. 2016 [30]

Zdroj	Množství [GWh]	Procentuální podíl [%]	Přepočít na MJ (1 MJ = 100%)
Uhlí a uhelná paliva	44641	53,5842	0,535842
Jaderné elektrárny	24104	28,9329	0,289329
Zemní a důlní plyn	3711	4,4544	0,044544
Biomasa – plynná	2590	3,1089	0,031089
Solární elektrárny	2131	2,5579	0,025579
Biomasa – pevná	2067	2,4811	0,024811
Vodní elektrárny průtočné, akumulární	2000	2,4007	0,024007
Přecherčpávací vodní elektrárny	1202	1,4428	0,014428
Větrné elektrárny	497	0,5966	0,005966
Průmyslové odpady, ostatní	275	0,3301	0,003301
Ropná paliva	92	0,1104	0,001104
CELKEM	83310	100	1

Obr. 6.13) Procentuální podíl výroby elektrické energie v ČR pro rok 2016 [30]

Výroba elektrické energie v ČR v r. 2016



Výroba granulátu

Hlavním vstupním materiálem do výrobního procesu je granulát. Jak již bylo zmíněno, tento materiál je polybutyltereftalát (PBT), který je vyztužen z 15 % skelnými vlákny.

PBT je vyráběn dvěma kroky: prvním krokem je esterifikace kyseliny tereftalové a 1,4 butandiolu. Následně probíhá proces polykondenzace. Poté je nutné spojit materiál se skelnými vlákny a dojde ke granulaci materiálu.

Databáze Boustead modelu neobsahuje informace o výrobě PBT a přesném poměru vstupních materiálů. Energetickou náročnost esterifikace i polykondenzace při výrobě PBT nebylo možné zjistit. Po důkladné analýze však bylo zjištěno, že výroba PBT a PET je velmi podobná. Obě látky se vyrábí esterifikací kyseliny tereftalové a následnou polykondenzací. Vzhledem k podobnosti výroby PBT a PET je pro tuto studii předpokládána stejná energetická a materiálová náročnost vstupů a PBT bude nahrazen materiálem PET. Zadané vstupní údaje v Boustead modelu jsou následující:

- 85 % PET,
- 15 % skelná vlákna.

Hmotnost vstupního granulátu složeného z materiálů uvedených výše byla vypočítána následovně: nejprve se vypočítala hmotnost jednoho vyrobeného kusu a následně byla tato hodnota vynásobena osmkrát, protože v jednom výrobním cyklu je vyrobeno 8 kusů. Vypočítaná hmotnost rovněž odpovídá množství materiálu pro metodu direct gating.

$$\rho = 1410 \text{ kg/m}^3$$

$$V = 1,1 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$m_1 = \rho \times V = 1410 \times 1,1 \times 10^{-6} = 1,551 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

$$m_c = m_{DG} = 8 \times m_1 = 8 \times 1,551 \times 10^{-3} = 0,01241 \text{ kg}$$

Pro výrobní metodu s horkými vtoky je nutné dopočítat hmotnost materiálu, který je spotřebován na vznik vtokových kanálů. Ve výrobním cyklu jsou zavedeny 4 trysky tak, že jednou tryskou je naplněn jeden vtokový kanál a 2 finální kusy, viz obr. 6.4. Vznikají tedy 4 vtokové kanály. Celková hmotnost vstupu pro metodu horkých vtoků je pak součet m_c a m_{cv} .

$$\rho_v = 1410 \text{ kg/m}^3$$

$$V_v = 0,22 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$m_{1v} = \rho_v \times V_v = 1410 \times 0,22 \times 10^{-6} = 3,102 \times 10^{-4} \text{ kg}$$

$$m_{cv} = 4 \times m_{1v} = 4 \times 3,102 \times 10^{-4} = 0,00124 \text{ kg}$$

$$m_{HV} = m_c + m_{cv} = 0,01241 + 0,00124 = 0,01365 \text{ kg}$$

Odhadovaná spotřeba elektrické energie je 5 kWh/kg. Je potřeba přepočítat tuto spotřebu na 1 výrobní cyklus a dále převést kWh na MJ (1 Wh = 3600 J).

$$E_{DG1} = 5 \times 0,01241 = 0,062 \text{ kWh} = 62 \text{ Wh}$$

$$E_{DG} = 62 \times 3600 = 223200 \text{ J} = 0,22320 \text{ MJ}$$

$$E_{HV1} = 5 \times 0,01365 = 0,0682 \text{ kWh} = 68,2 \text{ Wh}$$

$$E_{HV} = 68,2 \times 3600 = 245520 \text{ J} = 0,24552 \text{ MJ}$$

Přehled spotřebovaného materiálu a energie pro jeden výrobní cyklus je uveden v tabulce 6.4. Tab. 6.4) Množství materiálu a spotřebovaná energie na 1 výrobní cyklus

	Direct gating	Horké vtoky
Hmotnost materiálu [kg]	0,01241	0,01365
Spotřebovaná energie [MJ]	0,22320	0,24552

U metody horkých vtoků tvoří regranulát až 20 % materiálu. Pro výpočty je uvažována tato maximální hodnota.

$$m_{reg} = 0,2 \times m_{HV} = 0,2 \times 0,01365 = 0,00273 \text{ kg}$$

Hmotnost regranulátu v jednom výrobním cyklu metody horkých vtoků tvoří 0,00273 kg.

Výroba forem

Na základě dat z interní dokumentace firmy byly získány následující parametry forem:

Tab. 6.5) Parametry forem [26]

	Forma pro horké vtoky	Forma pro direct gating
Rozměry (mm):	446x411x396	396x432x596
Objem (dm³):	73	102
Hmotnost (kg):	580	800

Materiálové složení forem je následující (přibližné hodnoty):

- 70 % hmotnosti: ocel 1.2343, kalená na 52 až 54 HRC,
- 25 % hmotnosti: ocel 1.1730, nekalená,
- 5 % hmotnosti: měď, mosaz, titan.

Postup výpočtů v programu Boustead model 6.0

V předchozích kapitolách byla provedena analýza materiálových a energetických vstupů. Hmotnost vstupního granulátu a spotřeba elektrické energie je vypočtena v kapitole *Materiálové složení granulátu*, podíl výroby elektrické energie je uveden v kapitole *Výroba elektrické energie v ČR*. Parametry forem jsou taktéž zapsány v kapitole *Materiálové složení forem*. Jsou tedy vytvořena vstupní data, která zohlední veškeré faktory hodnocené výroby.

Materiálová a energetická náročnost 1 výrobního cyklu

a) Operace „Výroba 1 MJ elektrické energie v ČR“

Nejprve je vytvořena nová operace v TOP databázi s názvem „Výroba elektrické energie v ČR“, která platí pro rok 2016 a jejíž jednotkou je 1 MJ. Tato operace se skládá

z podprocesů složených z tabulky 6.4 uvedené v předchozí kapitole a bude součástí dalších operací.

Code: Operation:

Input table

Database	Code	Operation name	Quantity	Unit	▲
Fuel prod. core	4865	Hydro electricity generation (virgin) - C	0,02401	MJ	
Fuel prod. core	4867	Hydro-elec (pumped) generation -	0,01443	MJ	
Fuel prod. core	4869	Nuclear electricity generation - CZ	0,28933	MJ	
Fuel prod. core	4873	Solar electricity generation - CZ	0,02558	MJ	
Fuel prod. core	4881	Thermal generation from coal - CZ	0,53584	MJ	
Fuel prod. core	4882	Thermal generation from oil - CZ	0,00110	MJ	
Fuel prod. core	4883	Thermal generation from natural gas - CZ	0,04454	MJ	
Fuel prod. core	4887	Thermal generation from municipal waste -	0,00330	MJ	
Fuel prod. core	4888	Thermal generation from solid biomass - C	0,02481	MJ	
Fuel prod. core	4889	Thermal generation from liquid/gas biomass	0,03109	MJ	

Obr. 6.14) Operace: Výroba 1 MJ elektrické energie v ČR

- b) Operace „Výroba elektrické energie pro metodu direct gating“ a „Výroba elektrické energie pro metodu horkých vtoků“

Tyto dvě operace zahrnují množství elektrické energie potřebné pro 1 výrobní cyklus.

Code: Operation:

Input table

Database	Code	Operation name	Quantity	Unit	▲
Top database	4	Výroba el. en. CR 1MJ	0,22320	MJ	

Obr. 6.16) Operace: Výroba elektrické energie potřebná na 1 cyklus pro metodu direct gating

Code: Operation:

Input table

Database	Code	Operation name	Quantity	Unit	▲
Top database	4	Výroba el. en. CR 1MJ	0,24552	MJ	

Obr. 6.15) Operace: Výroba elektrické energie potřebné na 1 cyklus pro metodu horkých vtoků

- c) Operace „Výroba 1 kg PBT bez vláken“

Tato operace se skládá ze dvou informací. První informace se nazývá „PET – bottle grade“, je součástí databáze softwaru a zahrnuje výrobu jednoho kilogramu materiálu PET, kvalitativně odpovídající materiálu pro výrobu PET lahví, včetně potřebné těžby surovin a využití energií k výrobě 1 kg, Také zahrnuje informace o vznikajících emisích. Tato podoperace nejvíce odpovídala požadavkům na náhradu výroby PBT.

Druhou vloženou informací je Výroba elektrické energie v ČR potřebná k drcení PET na granulát. Jedná se o hodnotu 0,36000 MJ, přičemž tato hodnota byla nalezena v operaci „Grind PET waste“. Nahrazuje granulaci.

Code: Operation:

Input table

Database	Code	Operation name	Quantity	Unit	▲
SA core	60	PET - bottle grade	1,00000	kg	
Top database	4	Výroba el. en. CR 1MJ	0,36000	MJ	

Obr. 6.17) Operace: Výroba 1 kg PBT bez vláken

d) Operace „Výroba PBT“

V této operaci je zahrnuta předchozí operace *Výroba 1 kg PBT bez vláken* a je známo, že tvoří 85 % hmotnosti. Dále je potřeba přidat operaci týkající se výroby skelných vláken. Jedná se o „Glass fibre production“ a v této podoperaci jsou opět zahrnuty veškeré informace o spotřebě materiálu a energii potřebných k výrobě, jakož i vzniku emisí.

Code: Operation:

Input table

Database	Code	Operation name	Quantity	Unit	▲
Mat. proc. core	4904	Glass fibre production	0,15000	kg	
Top database	7	Výroba PBT bez vláken 1kg	0,85000	kg	

Obr. 6.18) Operace: Výroba 1 kg PBT

e) Operace „Výroba PBT pro metodu direct gating“ a „Výroba PBT pro metodu hot sprue“

Tyto dvě operace slouží k zápisu hmotnosti materiálu potřebného pro jednotlivé metody. U metody horkých vtoků je navíc operace „Grind PET waste“ a ta značí regeneraci 20 % materiálu. Její funkce je záporná, proto není ponížena „Výroba PBT“.

Code: Operation:

Input table

Database	Code	Operation name	Quantity	Unit	▲
Top database	8	Výroba PBT	0,01241	kg	

Obr. 6.19) Operace: Výroba PBT pro direct gating

Code: Operation:

Input table

Database	Code	Operation name	Quantity	Unit	▲
Mat. proc. core	3957	Grind PET waste	0,00273	kg input	
Top database	8	Výroba PBT s vlakny 1kg	0,01365	kg	

Obr. 6.20) Operace: Výroba PBT pro horké vtoky

- f) Operace „Materiály a energie pro direct gating“ a „Materiály a energie pro hot sprue“

Uvedené operace slučují informace o materiálovém a energetickém vstupu pro jednotlivé metody. Na obr. 6.22 a 6.23 níže je uvedeno množství 1 MJ nebo 1 kg – uvnitř těchto podoperací je však množství, které bylo zadáno v předchozích krocích. Po softwarovém výpočtu jsou výstupem hodnoty celkové spotřeby a emisí připadající na jeden výrobní cyklus.

Code: Operation:

Input table

Database	Code	Operation name	Quantity	Unit	▲
Top database	5	výroba EE pro direct gating na 1 cyklus	1,00000	MJ	
Top database	9	Výroba PBT pro Direct Gating	1,00000	kg	

Obr. 6.22) Operace: Materiálové a energetické vstupy pro direct gating

Code: Operation:

Input table

Database	Code	Operation name	Quantity	Unit	▲
Top database	6	výroba EE pro hot sprue 1 cyklus	1,00000	MJ	
Top database	10	Výroba PBT pro hot sprue	1,00000	kg	

Obr. 6.21) Operace: Materiálové a energetické vstupy pro hot sprue

Materiálová a energetická náročnost výroby forem

Aby bylo možné získat výstupní hodnoty zátěže týkající se výroby vstřikovacích forem, je zapotřebí znát jejich materiálové složení, viz kapitola *Výroba forem*. Toto složení je přibližně stejné pro oba druhy forem, formy se liší především hmotností.

Prvním krokem je nalezení operace „BOF steel making“ zahrnuté v Core databázi. Tato operace obsahuje mnoho kroků týkajících se výroby oceli v kyslíkových konvertorech a odlití do tvaru formy, viz obr. 6.23.

- a) Operace „Výroba 1 kg oceli 1.2343“

Celý obsah operace „BOF steel making“ byl zkopírován a vložen do uživatelsky vytvořené operace 1 kg oceli 1.2343. Energetické vstupy, které byly určeny softwarem a obsahovaly informace z jiných zemí, byly zaměněny za podíl energií užívaných v ČR (první vytvořený krok).

Ocel 1.2343 obsahuje legury, jejichž množství je uvedeno v tab. 6.6. Operace výroby křemíku a manganu jsou dostupné v databázi Boustead. Ostatní prvky však v databázi dostupné nejsou, není tedy známá zátěž životního prostředí. Pomocí databáze Idematapp byla zjištěno celkové množství energie potřebné pro výrobu chromu, molybdenu a vanadu v jednotkách MJ/kg. Tyto hodnoty byly přepočítány dle hmotnostního procenta a následně přidány do operace „BOF steel making“.

Tab. 6.6) Chemické složení oceli 1.2343, potřebná energie k získání legur

	Cr	Mo	Si	Mn	V
%	5	1,3	1	0,5	0,4
MJ/kg	484,36	148,89	–	–	579,75
MJ	24,718	1,93557	–	–	2,319

Code: Operation:

Input table

Database	Code	Operation name	Quantity	Unit
Air emission	2	CO (process)	605,60000	mg
Air emission	3	CO2 (process)	573 140,00000	mg
Water emission	1	COD (process)	9,10000	mg
Water emission	3	Pb+compounds as Pb (process)	0,60000	mg
Water emission	4	Fe+compounds as Fe (process)	4,30000	mg
Water emission	9	metals not specified elsewhere (process)	1,90000	mg
Water emission	13	F- (process)	1,40000	mg
Water emission	16	suspended solids (process)	109,70000	mg
Water emission	17	detergent/oil (process)	1,30000	mg
Water emission	18	hydrocarbons not specified elsewhere (process)	0,10000	mg
Water emission	24	other nitrogen as N (process)	0,70000	mg
Solid waste	13	Slags & ash (process)	0,03020	kg
Solid waste EU	325	100202 unprocessed iron/steel slag	0,03020	kg
Function core	41	Coal feedstock to fuel - no emissions	1,08810	MJ
Fuel prod. core	4824	Natural gas use - CZ	0,04310	MJ
Fuel prod. core	4843	Heavy fuel oil produce/deliver - CZ	0,02440	MJ
Fuel prod. core	4858	Propane use - CZ	0,00280	MJ
Mat. proc. core	101	Silicon (chemical grade)	0,01000	kg
Mat. proc. core	3607	Water production	0,55960	litre
Mat. proc. core	3713	Dolomite production	0,00410	kg
Mat. proc. core	3833	Petroleum coke production	0,00010	kg
Mat. proc. core	4489	Deliver aluminium ingot	0,00100	kg
Mat. proc. core	4587	Coke oven gas use	0,06210	MJ
Mat. proc. core	4589	Blast furnace gas use	0,00410	MJ
Mat. proc. core	4596	External steel scrap recovery	0,08130	kg
Mat. proc. core	4602	Iron ore delivery	0,00970	kg
Mat. proc. core	4610	Smelt ferro-manganese ore	0,00050	kg
Mat. proc. core	4613	Blast furnace for pig iron	0,91820	kg
Mat. proc. core	4614	Steelworks power plant - elec prod'n	0,04440	MJ
Mat. proc. core	4705	Manganese production	0,00500	kg
Top database	4	Výroba el. en. CR 1MJ	0,08880	MJ
Top database	4	Výroba el. en. CR 1MJ	24,71800	MJ
Top database	4	Výroba el. en. CR 1MJ	1,93557	MJ
Top database	4	Výroba el. en. CR 1MJ	2,31900	MJ

Obr. 6.23) Operace: 1 kg oceli 1.2343

b) Operace „Výroba 1 kg oceli 1.1730“

Postup získání této operace je obdobný jako v předchozím případě, pouze bylo změněno množství legujících prvků.

c) Operace „Výroba 1 kg ostatních prvků“

Tato operace počítá složení 1 kg ostatních prvků, které byly zjištěny. Forma je z 5 % tvořena následujícími materiály: měď, titan, mosaz. Operace pro mosaz není v softwaru uvedena, takže je nutné ji nahradit. Měď i zinek, ze kterých je mosaz vyrobena, však mají svou operaci v softwarové databázi. Protože není znám druh mosazi, další prvky nejsou zahrnuty. Titan není v databázi dostupný, proto je nahrazen množstvím celkové energie potřebné pro jeho výrobu převzaté z Idematapp databáze. Opět byl proveden přepočítání dle hmotnostního procenta. Odhadovaný celkový podíl prvků vyskytujících se ve složení formy je následující:

- 60 % Cu (elektrolytická – vysoce čistá),
- 20 % Zn (SHG – special high grade, vysoce čistý),
- 20 % Ti (417,77 MJ/kg).

Code: 15 Operation: Ostatni material kg

Input table

Database	Code	Operation name	Quantity	Unit
SA core	74	Electrolytic copper	0,60000	kg
SA core	76	SHG zinc	0,20000	kg
Top database	4	Výroba el. en. CR 1MJ	83,55400	MJ

Obr. 6.24) Operace: 1 kg ostatního materiálu

d) Operace „Výroba 1 kg formy“

Další vytvořenou uživatelskou operací je výroba 1 kg formy dle procentuálního poměru. Tato operace se skládá ze třech předchozích operací: 70 % oceli 1.2343, 25 % oceli 1.1730 a 5 % ostatního materiálu. Tato operace je následně použita pro tvorbu operací výroby jednotlivých druhů forem dle jejich hmotnosti.

Code: 16 Operation: Forma 1kg kg

Input table

Database	Code	Operation name	Quantity	Unit
Top database	13	Ocel 1.2343 na 1kg	0,70000	kg
Top database	14	Ocel 1.1730 na 1kg	0,25000	kg
Top database	15	Ostatni material	0,05000	kg

Obr. 6.25) Operace: Výroba 1 kg formy

e) Operace „Forma pro metodu hot sprue“ a „Forma pro metodu direct gating“

V tomto kroku je oběma operacím přiřazena předchozí operace, která udává 1 kg formy z určeného podílu materiálových složek. Forma pro metodu hot sprue váží 580 kg, proto bude operace složena z 580 jednotek předchozí funkce. Stejně tak bude forma pro metodu direct gating složena z 800 jednotek operace „Forma 1 kg“. Výsledky těchto dvou operací jsou následně vyhodnoceny.

Code: 17	Operation: Forma Hot sprue	kus		
Input table				
Database	Code	Operation name	Quantity	Unit
Top database	16	Forma 1kg	580,00000	kg

Obr. 6.26) Operace: Forma hot sprue

Code: 18	Operation: Forma direct gating	kus		
Input table				
Database	Code	Operation name	Quantity	Unit
Top database	16	Forma 1kg	800,00000	kg

Obr. 6.27) Operace: Forma direct gating

Přehled použitých operací

Přehled všech použitých operací, které bylo nutné vytvořit pro získání výsledků studie, je zobrazen na obr. 6.28.

Index of top database operations									
Code	Operation	Units	Reference	Country	Region	Markers	Company	Site	Year
1	Výroba elektrické energie v ČR	MJ	-	CZ	Average	NNNNN	-	-	2017
2	No entry	1 kg	-	GB	Average	NNNNN	-	-	2017
3	Výroba oceli	kg	-	ML	Average	NNNNN	-	-	2005
4	Výroba el. en. CR 1MJ	MJ	-	CZ	Average	NNNNN	-	-	2016
5	výroba EE pro direct gating na 1 cyklus	MJ	-	CZ	Average	NNNNN	-	-	2018
6	výroba EE pro hot sprue 1 cyklus	MJ	-	CZ	Average	NNNNN	-	-	2018
7	Vyroba PBT bez vláken 1kg	kg	-	CZ	Average	NNNNN	-	-	2018
8	Vyroba PBT s vláknem 1kg	kg	-	CZ	Average	NNNNN	-	-	2018
9	Vyroba PBT pro Direct Gating	kg	-	CZ	Average	NNNNN	-	-	2018
10	Vyroba PBT pro hot sprue	kg	-	CZ	Average	NNNNN	-	-	2018
11	Direct gating MAT+EN	cyklus	-	CZ	Average	NNNNN	-	-	2018
12	Hot sprue MAT+EN	cyklus	-	CZ	Average	NNNNN	-	-	2018
13	Ocel 1.2343 na 1kg	kg	-	CZ	Average	NNNNN	-	-	2018
14	Ocel 1.1730 na 1kg	kg	-	CZ	Average	NNNNN	-	-	2018
15	Ostatní materiál 1kg	kg	-	CZ	Average	NNNNN	-	-	2018
16	Forma 1kg	kg	-	CZ	Average	NNNNN	-	-	2018
17	Forma Hot sprue	kus	-	CZ	Average	NNNNN	-	-	2018
18	Forma direct gating	kus	-	CZ	Average	NNNNN	-	-	2018
19	No entry	-	-	-	-	NNNNN	-	-	2005
20	No entry	-	-	-	-	NNNNN	-	-	2005

Obr. 6.28) Databáze použitých uživatelských operací

6.3.3 Fáze posuzování dopadů

Fáze posuzování dopadů je zaměřená na vyhodnocení potenciálních přímých dopadů na životní prostředí v závislosti na výsledcích inventarizační analýzy. Sledovanými prvky této práce jsou spotřeba energie a vypouštění emisí CO₂ do ovzduší.

Výstupní údaje

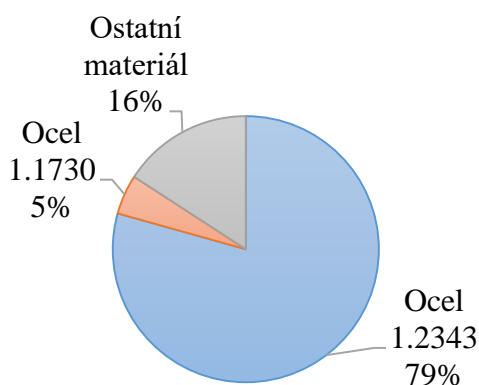
Na základě vytvořených operací byl proveden softwarový výpočet zátěže životního prostředí. Výsledky pro jednotlivé výrobní metody jsou shrnuty v tabulkách v příloze A. Následně jsou metody vzájemně porovnány.

Metoda direct gating

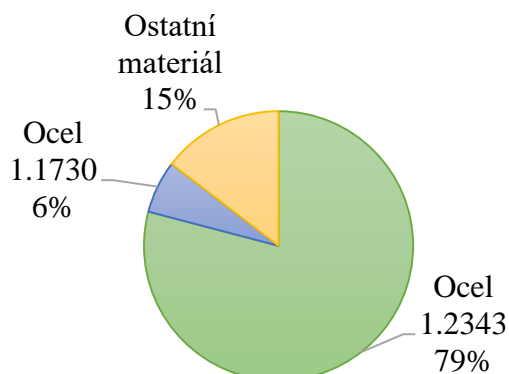
Tab. 6.7) Direct gating: spotřeba energie a vznik emisí

Operace		Energie [MJ]	Emise [mg]
Výroba elektrické energie		0,66224	43047
Výroba granulátu		0,90044	49996
Výroba formy	ocel 1.2343	58511,2864	4026657040
	Ocel 1.1730	3553,514	321505800
	Ostatní materiál	11681,1488	743660200
CELKEM		73745,95	5091822951

Direct gating: Spotřeba energie během výroby formy



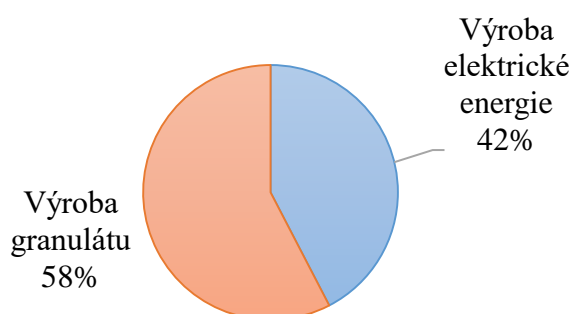
Direct gating: emise CO₂ během výroby formy



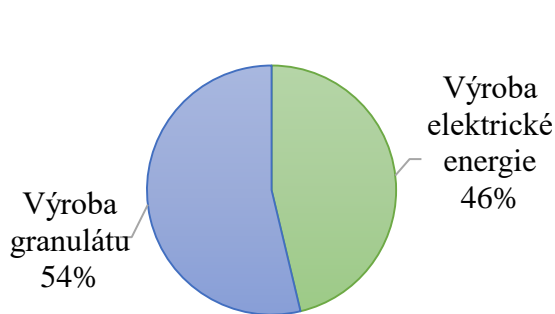
Obr. 6.29) Spotřeba energie během 1 výrobního cyklu metody direct gating (vlevo),
 Emise vzniklé během 1 výrobního cyklu metody direct gating (vpravo)

Obr. 6.29 vlevo představuje graf, který zobrazuje spotřebu energie během jednoho výrobního cyklu. Je patrné, že výroba granulátu tvoří větší podíl než výroba elektrické energie, protože jeho samotná výroba je velice náročná na spotřebu. Graf na obr. 6.33 vpravo ukazuje podíl emisí CO₂. Během výroby granulátu dochází k procesům, při kterých CO₂ vzniká, a tvoří 54 % vzniklých emisí při jednom výrobním cyklu. Výroba elektrické energie je ovlivněna hlavně spalováním fosilních paliv.

Direct gating: Spotřeba energie během 1 výrobního cyklu



Direct gating: emise CO₂ během 1 výrobního cyklu



Obr. 6.30) Spotřeba energie během výroby formy pro metodu direct gating (vlevo), Emise vzniklé během výroby formy pro metodů direct gating (vpravo)

Obr. 6.30 opět představuje dva grafy, které znázorňují spotřebu energie a vznik emisí CO₂, tentokrát během výroby formy. Poměry jsou ovlivněny množstvím jednotlivých materiálů ve formě. Určitý vliv na spotřebu energie i na vznik emisí má množství legur obsažených v ocelích. Dále také byly některé prvky přidány pouze jako množství spotřebované energie, protože neměly svoji operaci v softwaru.

Metoda horkých vtoků

Tab. 6.8) Horké vtoky: spotřeba energie a vznik emisí

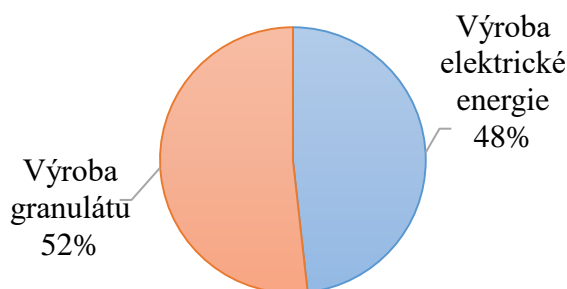
Operace		Energie [MJ]	Emise [mg]
Výroba elektrické energie		0,72846	47351
Výroba granulátu		0,78202	43507
Výroba formy	ocel 1.2343	42420,6826	2919326354
	Ocel 1.1730	2576,29765	233091705
	Ostatní materiál	8468,83288	539153645
CELKEM		53465,8114	3691571640

Pro metodu horkých vtoků byla provedena stejná analýza jako v předchozím případě. Opět je vytvořen přehled spotřeby energií a vypouštění emisí do vzduchu během 1 cyklu a dále během výroby formy.

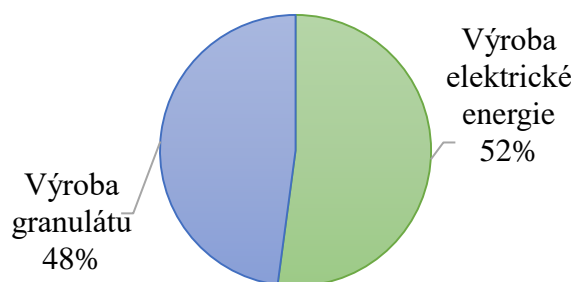
Grafy na obr. 6.31 představují spotřebu energie a vznik emisí CO₂ během jednoho výrobního cyklu metody horkých vtoků. Z grafu vlevo lze vyčíst téměř stejný podíl spotřeby energie jak pro výrobu granulátu, tak pro samotnou výrobu elektrické energie. V grafu vpravo je opět téměř stejný podíl vzniku emisí CO₂. Vliv na jejich množství má regranulace – ve výrobním cyklu je 80 % nového materiálu a 20 % granulátu.

Obr. 6.32 představuje rozložení spotřeby energie a vznik emisí CO₂ mezi tři složky, které tvoří formu. Rozložení je naprosto stejné jako na obr. 6.30.

Horké vtoky: Spotřeba energie během 1 výrobního cyklu

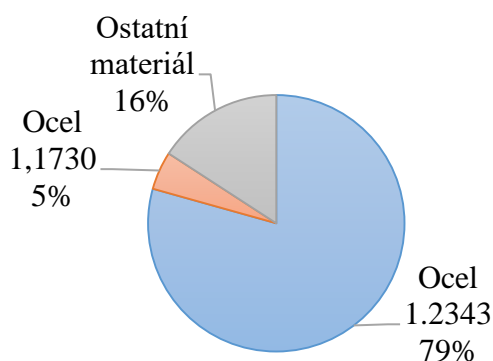


Horké vtoky: emise CO₂ během 1 výrobního cyklu

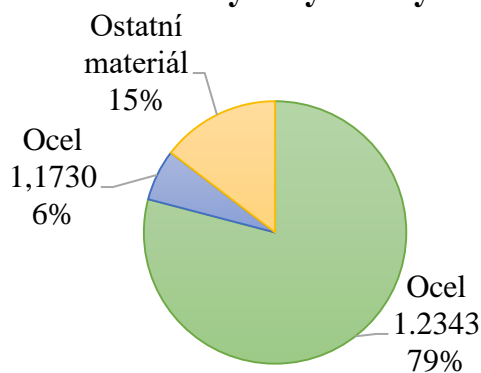


Obr. 6.31) Spotřeba energie během 1 výrobního cyklu pro metodu horkých vtoků (vlevo), Emise vzniklé během 1 výrobního cyklu pro metodu horkých vtoků (vpravo)

Horké vtoky: Spotřeba energie během výroby formy



Horké vtoky: emise CO₂ během výroby formy



Obr. 6.32) Spotřeba energie během výroby formy pro metodu horkých vtoků (vlevo), Emise vzniklé během výroby formy pro metodu horkých vtoků (vpravo)

Porovnání metod

V této kapitole jsou jednotlivé sledované kategorie vzájemně porovnány. Pro přehlednost jsou vytvořeny sloupcové grafy.

Spotřeba energie

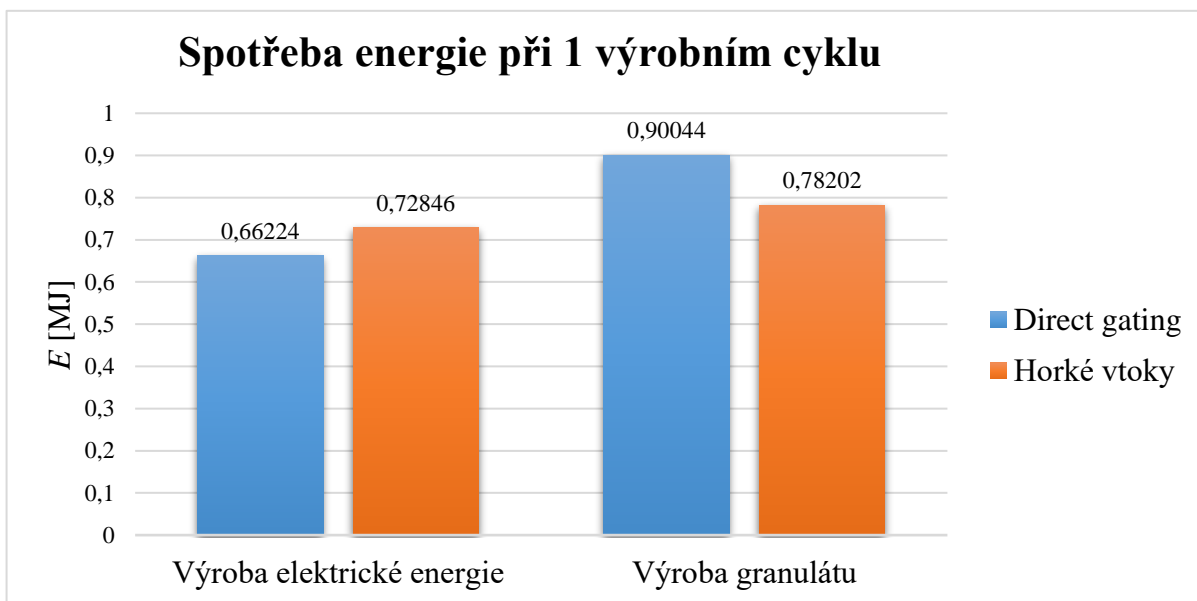
Tab. 6.9) Přehled spotřebované energie pro jednotlivé výrobní metody

Metoda	Spotřeba energie [MJ]			
	Výroba elektrické energie	Výroba granulátu	Výroba formy	Celkem
Direct gating	0,66224	0,90044	73745,94673	73747,50941
Horké vtoky	0,72846	0,78202	53465,81138	53467,32186

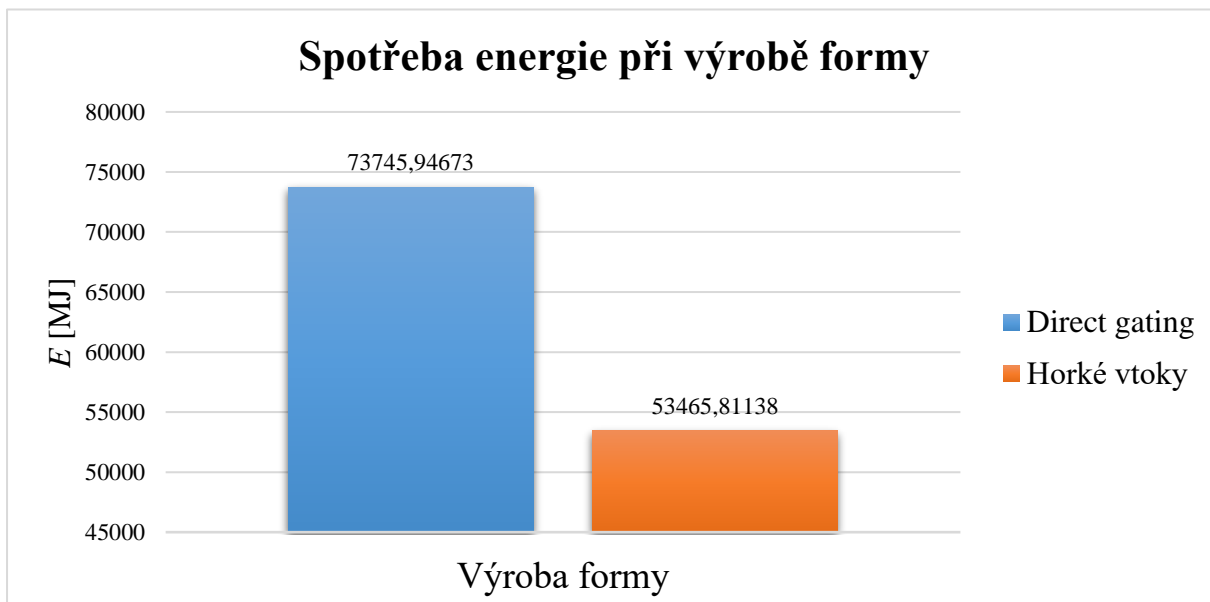
V tabulce 6.9 je uveden přehled spotřeby energie nutné pro jeden výrobní cyklus. Metoda direct gating má nižší spotřebu energie při samotné výrobě elektrické energie, ale při výrobě granulátu

je spotřeba oproti metodě horkých vtoků vyšší přibližně o 0,12 MJ. Tento rozdíl může být způsobem tím, že při výrobě metodou direct gating se užívá 100 % nového materiálu, avšak u metody hot sprue tvoří nový materiál 80 % a 20 % je tvořen regranulátem, což snižuje nároky na energii. Celkový rozdíl pro jeden výrobní cyklus je pouze 0,0522 MJ, přičemž nižší spotřebu má metoda horkých vtoků.

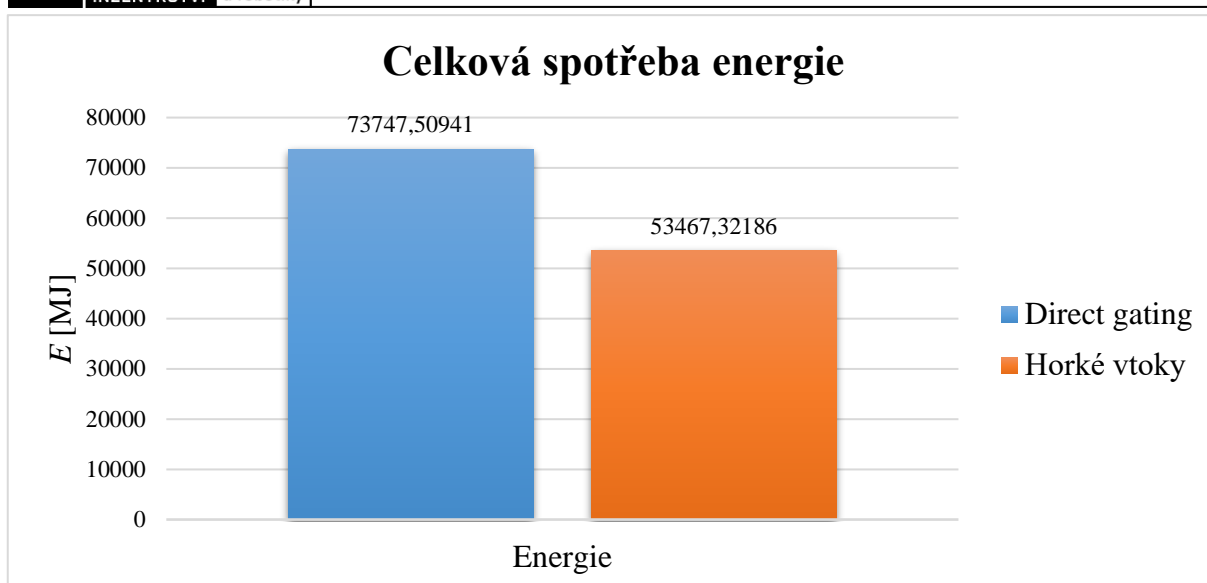
Množství spotřebované energie potřebné při výrobě forem je rozdílné především kvůli hmotnosti forem, která se liší o 220 kg. Je tedy patrné, že spotřebovaná energie bude u metody direct gating, jenž má větší formu, vyšší. Rozdílná hodnota činí přes 20 GJ.



Obr. 6.33) Porovnání spotřeby energie při 1 výrobním cyklu



Obr. 6.34) Porovnání spotřeby energie při výrobě formy



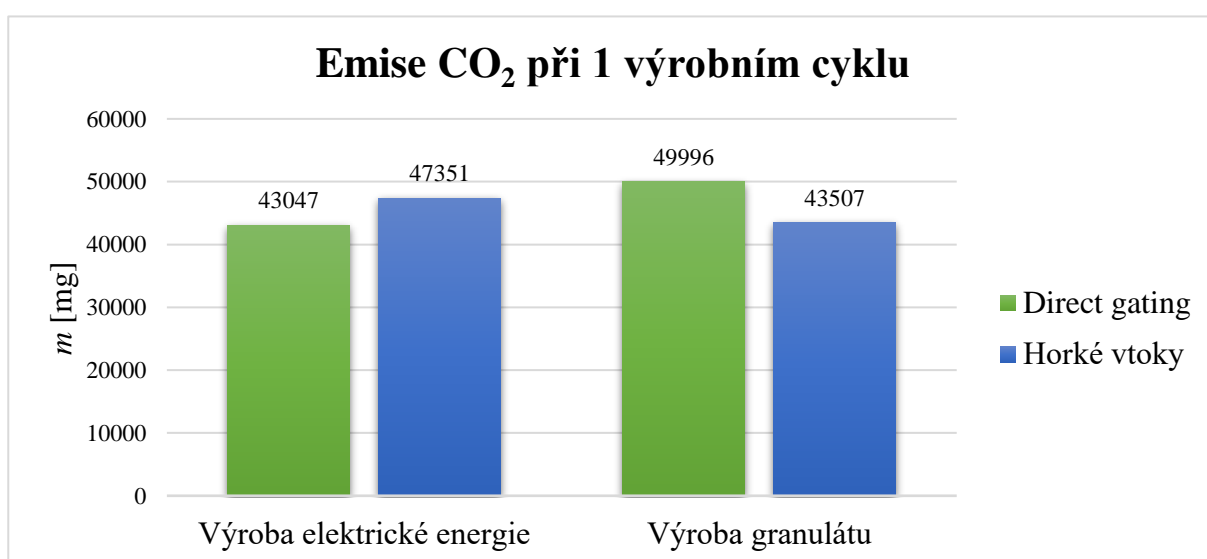
Obr. 6.35) Porovnání celkové spotřeby energie

Vznik emisí CO₂

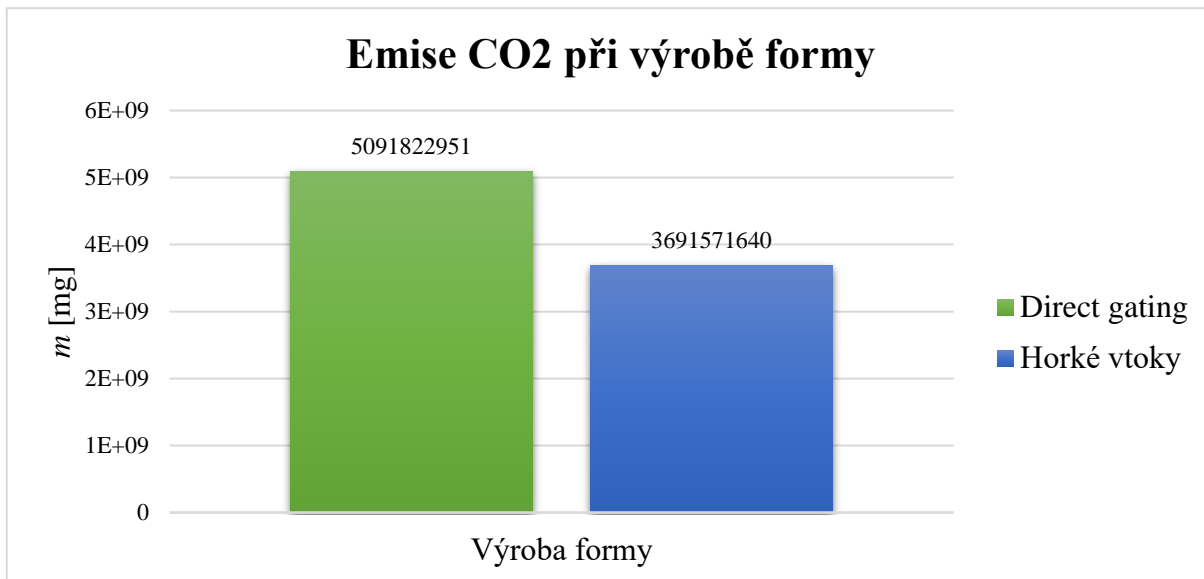
Tab. 6.10) Přehled vzniku emisí CO₂ pro jednotlivé výrobní metody

Metoda	Produkce emisí CO ₂ [mg]			Celkem
	Výroba elektrické energie	Výroba granulátu	Výroba formy	
Direct gating	43047	49996	5091822951	5091915994
Horké vtoky	47351	43507	3691571640	3691662498

Tabulka 6.10 ukazuje přehled vypuštěných emisí CO₂ do ovzduší. Během výroby elektrické energie pro 1 výrobní cyklus má vyšší produkci emisí metoda horkých vtoků. Je to pravděpodobně způsobeno větší spotřebou energie, která je potřebná kvůli většímu množství materiálu vstupujícímu do procesu. Během výroby granulátu je však zjevné, že metoda direct



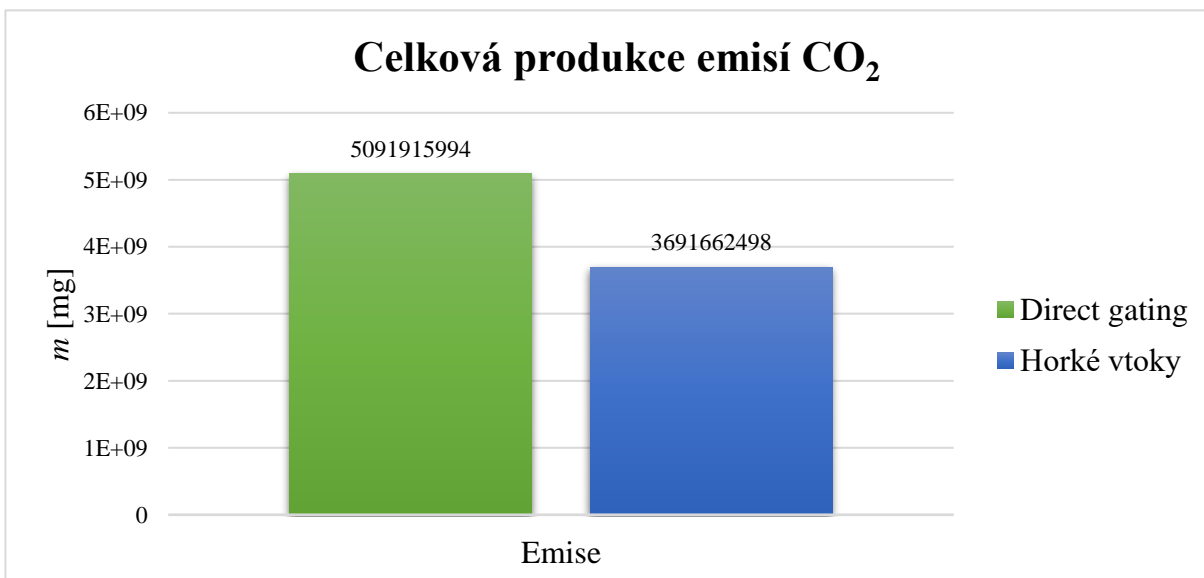
Obr. 6.36) Porovnání vzniku emisí CO₂ při 1 výrobním cyklu



Obr. 6.37) Porovnání vzniku emisí CO₂ při výrobě forem

gating zatěžuje ovzduší více. Celkový rozdíl pro jeden výrobní cyklus je 2186 mg v neprospěch metody užívající přímé vstřikování.

Během výroby formy je rozdíl v produkci emisí obrovský. Forma pro metodu direct gating vyprodukuje přes 5 t emisí oxidu uhličitého do ovzduší, což je přibližně o 1,4 t více, než vyprodukuje výroba formy pro horké vtoky. Tento rozdíl je stejně jako u spotřeby energie způsoben vyšší hmotností formy. Výroba formy samozřejmě velmi ovlivňuje celkovou produkci emisí.



Obr. 6.38) Porovnání celkového vzniku emisí CO₂

Během výroby elektrické energie, granulátu a forem dochází ke spotřebě energie. Všechny tři výroby mají samozřejmě i vliv na produkci oxidu uhličitého a dalších sloučenin, jejichž přebytek vede k negativním vlivům na ekosystém planety. Největším problémem

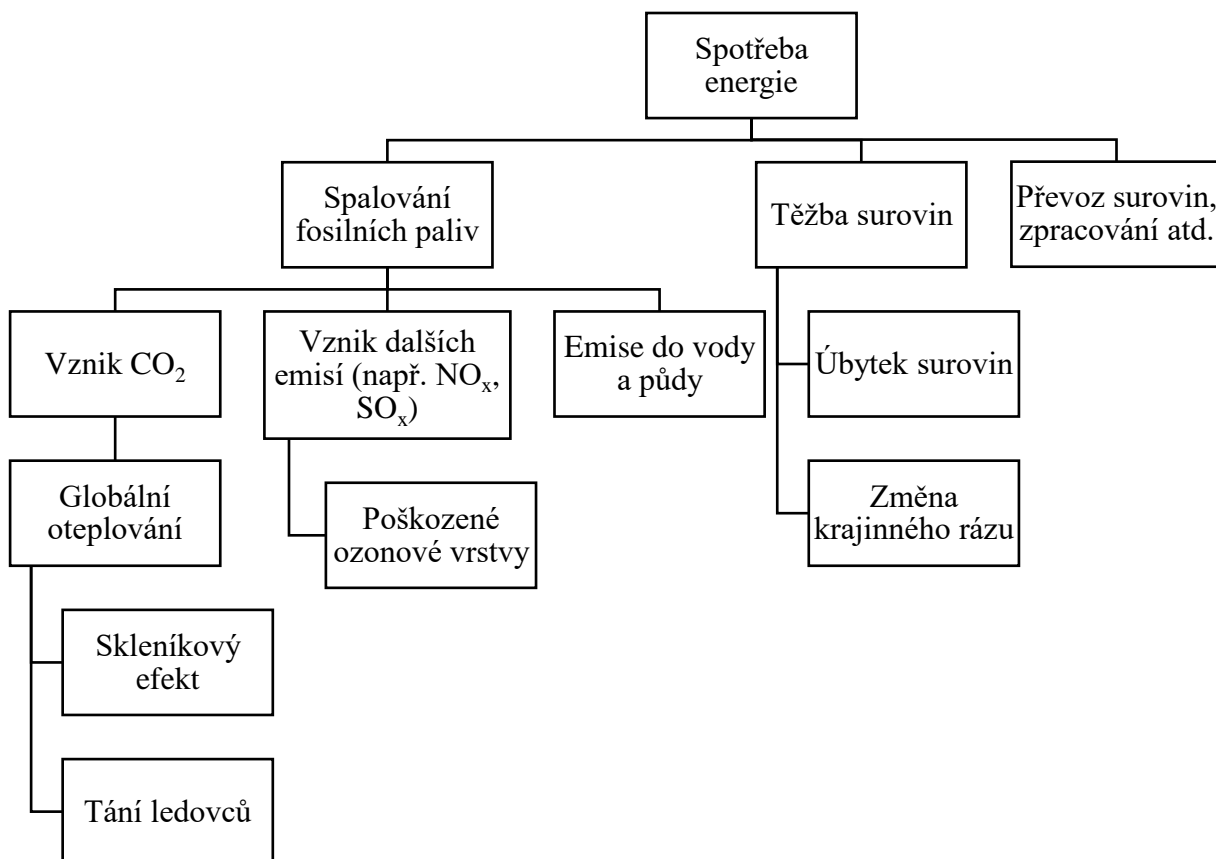
současnosti je globální oteplování, které má za následek změny klimatu, tání ledovců či poškození ozónové vrstvy. Tyto změny následně vedou k ohrožení zdraví a života na Zemi.

Tato studie neurčuje kategorie dopadů, je zaměřena přímo na spotřebu energie a na vznik emisí CO₂. Na základě výsledků inventarizační analýzy bylo zjištěno, že větší dopad na životní prostředí má výrobní metoda direct gating s následujícími parametry:

- celková spotřeba energie: 73,747 GJ,
- celková produkce emisí CO₂: 5,091 t.

Její celková spotřeba energie je o 20,28 GJ větší než spotřeba metody horkých vtoků. Množství emisí vypuštěných do ovzduší je o 1,4 t vyšší.

Obr. 6.39 znázorňuje stručný přehled dopadů, které má spotřeba energie na životní prostředí. Jsou vybrány ekologické dopady, které jsou v současnosti největším problémem a je nutné se jimi na globální úrovni zabývat.



Obr. 6.39) Možné ekologické dopady vlivem spotřeby energie při moldingové výrobě

6.3.4 Fáze interpretace

V současnosti je největším světovým problémem globální oteplování, které je provázáno negativními vlivy na životní prostředí, jako je například tání ledovců či změna klimatu. Globální oteplování je zapříčiněno vysokou mírou vypouštění emisí CO₂ do ovzduší. Studie je proto zaměřena na zátěž životního prostředí v důsledku spotřeby energie a vzniku emisí během výroby elektrické energie, granulátu a výrobních forem.

Principem posuzované metody direct gating je odstranění vzniku odpadního materiálu ve formě vtokových kanálů (vznik při výrobě metodou horkých vtoků). Výsledky studie však ukazují, že výrobní metoda direct gating zatěžuje životní prostředí mnohem více než metoda horkých vtoků, viz obr. 6.35 a 6.38. Hlavní složku spotřeby energie i vzniku emisí tvoří výroba formy. Životnost formy má také velký vliv na výsledné hodnoty, avšak ji nebylo možné zjistit.

Během vývoje metody direct gating bylo dosaženo odstranění vzniku odpadu, ale pravděpodobně nebylo přihlíženo na ekologickou zátěž při výrobě samotné formy. Pro přesnější zhodnocení by bylo vhodné vytvořit komplexní analýzu procesu její výroby, která obsáhne i její životnost a složení. Bylo by také vhodné upravit materiálové složení formy tak, aby nebylo nutné užívat tolik zdrojů pro její výrobu.

Metoda hodnocení údajů Weidema

Metoda Weidema slouží k hodnocení kvality údajů. Vzhledem k povaze používaných údajů v této studii nelze vyhodnotit nejistotu výsledků. Aby bylo možné posoudit objektivitu studie, zohledňuje tato metoda 6 různých faktorů – metodu sběru dat, nezávislost údajů na dodavateli, reprezentativnost, stáří údajů, geografickou a technologickou korelaci. [19]

Hodnocení probíhá sestavením matice informací a následně k hodnocení na škále od 1 do 5, přičemž hodnota 1 znamená nejvyšší kvalitu údajů. [19]

Tab. 6.11) Způsob hodnocení kvality údajů metodou Weidema [19]

Skóre	1	2	3	4	5
Metody sběru	měřené údaje	vypočtené údaje založené na měřeních	vypočtené údaje z části založené na předpokladech	kvalifikovaný (expertní) odhad	nekvalifikovaný odhad
Nezávislost údajů na dodavateli	verifikované zdroje z veřejných nebo nezávislých zdrojů	verifikované údaje z provozů zainteresovaných na studii	nezávislé zdroje, ale založené na neověřených údajích z průmyslu	neověřené informace z průmyslu	neověřené informace z podniků zainteresovaných na studii
Reprezentativnost	reprezentativní údaje na základě dostatečných vzorků v průběhu adekvátního časového období s vyrovnanou fluktuací	reprezentativní údaje z menšího počtu míst, ale za adekvátní období	reprezentativní údaje z menšího počtu míst, ale za kratší období	údaje z adekvátního počtu míst, ale za kratší období	reprezentativnost neznámá nebo nekompletní údaje z malého počtu míst a/ nebo za kratší časové období
Stáří údajů	méně než 3 roky	méně než 5 let	méně než 10 let	méně než 20 let	stáří neznámé, nebo větší než 20 let

Tab. 6.11) Způsob hodnocení kvality údajů metodou Weidema [19]

Skóre	1	2	3	4	5
Geografická korelace	údaje z území, které je předmětem studie	průměrné údaje ze širšího území, než je předmětem studie	údaje z oblastí s podobnými výrobními podmínkami	údaje z oblastí s málo podobnými výrobními podmínkami	údaje z neznámých oblastí, nebo z oblastí s velmi odlišnými výrobními podmínkami
Technologická korelace	údaje z podniků, procesů a o materiálech, které jsou předmětem studie	údaje o materiálech a procesech, které jsou předmětem studie, ale z různých podniků	příbuzné údaje, které jsou předmětem studie, ale z různých technologií	příbuzné údaje, ale ze stejné technologie	příbuzné údaje, ale z různých technologií

Tab. 6.12) Hodnocení údajů metodou Weidema

Hodnocená oblast	Posuzovaný krok	Metody sběru	Nezávislost údajů na dodavateli	Reprezentativnost	Stáří údajů	Geografická korelace	Technologická korelace
Elektrická energie	Složení	1	1	1	1	1	1
	Zátěž	2	1	4	3	1	1
Granulát	Složení PBT	3	1	1	4	2	1
	Skelná vlákna	1	1	1	5	2	1
	Výroba	3	1	3	2	2	3
Metoda Direct gating	Množství granulátu	3	2	2	1	1	1
	Spotřeba energie	2	2	1	1	2	2
	Složení formy	2	2	1	1	1	1
	Výroba formy	3	3	5	3	2	2
Metoda hot sprue	Množství granulátu	3	2	2	1	1	1
	Spotřeba energie	2	2	1	1	2	2
	Složení formy	2	2	1	1	1	1
	Výroba formy	3	3	5	3	2	2

Způsob hodnocení

Některé údaje potřebné pro výpočty byly zjištěny na základě nejnovějších dostupných informací z veřejných zdrojů nebo přímo ze spolupracující firmy. Hodnoty údajů, které nebylo možné přesně zjistit, byly nahrazeny pomocí databáze Boustead. Zdroje pro tuto databázi byly tvořeny sběrem údajů z různých výrobních středisek a zařízení, takže jsou založeny na měřeních. Sběr dat probíhal na širším území, kde však existují podobné výrobní podmínky, po delší dobu. Časové rozmezí stáří údajů je od r. 1993 do r. 2009, přičemž většina zadaných informací spadá do r. 2009.

Dalším faktorem, který ovlivňuje výsledky studie, je náhrada některých materiálů a jejich zátěže životního prostředí za množství energie, která je potřebná pro jejich výrobu. Tabulka 6.12 uvádí matici hodnocení údajů.

Elektrická energie

Složení zdrojů elektrické energie bylo zjištěno na základě údajů zveřejněných ministerstvem průmyslu. Předpokládá se, že data byla přesně naměřena v dostatečném časovém rozmezí. Jedná se o veřejný zdroj údajů z roku 2016. Údaje jsou platné pro elektrárny v ČR, jedná se tedy o území, které je předmětem studie, stejně jako se jedná o údaje z místních podniků.

Zátěž výroby elektrické energie je ovlivněna údaji v Boustead databázi, která zahrnuje množství spotřebovaných paliv pro výrobu 1 MJ energie, údaje jsou staré méně než 10 let. Vytvořená uživatelská databáze pomohla ke zpřesnění podílu zdrojů. Jedná se o vypočtené údaje založené na měřeních, jejichž zdroje jsou nezávislé.

Granulát

Složení PBT je k dispozici v materiálovém listu výrobce, který není ve studii zainteresován. Během výpočtu v softwaru opět dochází k ovlivnění stáří údajů. Data pochází ze širšího území, ale z podniků, které jsou předmětem studie.

Součástí granulátu jsou také skelná vlákna. Údaje o jejich výrobě jsou obsaženy v databázi Boustead. Údaje však byly sbírány ještě v roce 1996.

Výroba granulátu byla hodnocena na základě měřených i vypočítaných hodnot zjištěných ve firmě, kde je studie provedena, i v databázi.

Výrobní metody

Hodnoty pro obě výrobní metody jsou v každém kroku stejné. Množství spotřebované energie, množství granulátu a složení formy bylo zjištěno ve firmě, jedná se tedy o dodavatele zainteresovaného ve studii. Výroba formy zahrnuje informace z Boustead databáze. Reprezentativnost je neznámá.

Výsledek hodnocení

Vzhledem k celkovým dosaženým výsledkům hodnocení Weidema lze studii považovat za zdařilou. Pokud budou výsledky studie dále využity, je třeba brát ohled především na stáří použitých dat a zaměřit se na získání novějších údajů nejlépe měřených přímo ve výrobním středisku.

7 ZÁVĚR

Vypracovaná diplomová práce je zaměřena na problematiku ekologie ve strojírenství a hodnocení životního cyklu výrobku – posuzuje jeho environmentální zátěž.

Vzhledem ke stanoveným cílům je součástí práce obsáhlá kapitola týkající se ekologické legislativy ve strojírenství, která obsahuje povinné i nepovinné programy vedoucí ke snížení zátěže životního prostředí. Třetí kapitola je zaměřena na konkrétní metodiky hodnocení zátěže životního prostředí s důrazem na popis LCA studie.

Protože se práce týká moldingové výroby, jsou dvě kapitoly věnovány polymerům, jejich druhům a přísadám, které ovlivňují výsledné vlastnosti. Je uvedena stručná problematika výroby plastových výrobků – užívají se doplňkové, tvarovací a tvářecí technologie.

Druhá část práce je věnovaná praktické aplikaci studie životního cyklu výrobku na plastový kus vyráběný pro potřeby automobilového průmyslu. Prvním krokem této části byla definice posuzovaného objektu, vlastnosti materiálu, rozměry a způsob zpracování. Jsou popsány a analyzovány dvě užívané metody výroby – direct gating a metoda horkých vtoků.

Provedená studie LCA je ve formě „cradle to gate“, tedy její zkrácená forma od zisku surovin po výrobu analyzovaného kusu. Je zaměřena na hodnocení dopadů na životní prostředí ve formě spotřeby energie a vzniku emisí CO₂ vypouštěných do ovzduší během zpracování. V první fázi studie, tedy stanovení cíle a rozsahu, jsou určeny hranice posouzení a podrobně popsán výrobní cyklus s materiálovými a energetickými vstupy.

Nejtěžší fází studie LCA je inventarizační analýza. Tato část slouží k sumarizaci vstupů a výstupů studie a provedení výpočtů na základě známých informací. Byla uskutečněna důkladná analýza vstupních složek – procentuální podíl zdrojů pro výrobu elektrické energie, složení granulátu a složení forem. Výpočet dopadů na životní prostředí proběhl pomocí softwaru Boustead model 6.0. Tento program má svou vlastní databázi posbíraných informací za určité časové období a zároveň byla vytvořena vlastní uživatelská databáze operací. Na základě vlastních i softwarových dat byly získány údaje o spotřebě energie během 1 výrobního cyklu a také pro výrobu forem pro jednotlivé výrobní metody. Výstupem ze softwaru byla také tabulka obsahující údaje o emisích do ovzduší.

Třetí fází LCA studie je fáze posuzování dopadů. Obě metody byly porovnány. Bylo zjištěno, že metoda direct gating spotřebuje o 0,0522 MJ více energie pro jeden výrobní cyklus než metoda horkých vtoků. Důležitým faktorem je spotřeba energie během výroby forem – vzhledem k rozdílné hmotnosti forem je zde i velký rozdíl ve spotřebě. Tato hodnota činí přes 20 GJ. Podobných výsledků je dosaženo při sledování vzniku emisí CO₂. Během výrobního cyklu činí rozdíl přibližně 2,2 g, avšak při porovnání výroby forem je rozdíl 1,4 t v neprospěch metody direct gating.

Poslední fází je interpretace. Na základě výsledků studie lze říci, že výrobní metoda direct gating zatěžuje životní prostředí více než metoda horkých vtoků. Spotřeba energie a vypuštěné emise CO₂ mají negativní vliv na ekosystém planety – tyto faktory vedou ke globálnímu oteplování a dalším navazujícím nepříznivým jevům. K hodnocení kvality údajů je použita metoda Weidema, na jejíž základě lze považovat studii za zdařilou.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ČSN EN ISO 14040. Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Zásady a osnova. Praha, Český normalizační institut, 2006.
- [2] ČSN EN ISO 14044. Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Požadavky a směrnice. Praha, Český normalizační institut, 2006.
- [3] Design information on CRASTIN® PBT and RYNITE®. *DuPont* [online]. 2018 [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <http://www.dupont.com/content/dam/dupont/products-and-services/plastics-polymers-and-resins/thermoplastics/documents/Crastin/Crastin%20PBT%20and%20Rynite%20PET%20Design%20Info%20Module%20IV.pdf>
- [4] DUCHÁČEK, Vratislav. *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. 2. vydání. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2006. ISBN 9788070807880.
- [5] Ecological footprint. *Global footprint network* [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/>
- [6] Ekologická újma: Zákon č. 167/2008 Sb. o předcházení ekologické újmě a o její nápravě. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. 2018 [cit. 2018-03-25]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/ekologicka_ujma
- [7] Ekologicky šetrné výrobky. *Cenia* [online]. 2012 [cit. 2018-04-02]. Dostupné z: <http://www1.cenia.cz/www/ekoznaceni/ekologicky-setrne-vyrobky>
- [8] Emisní obchodování. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. 2018 [cit. 2018-03-25]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/emisni_obchodovani
- [9] *Idematapp: Eco-cost value* [online]. 2018 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://www.ecocostsvalue.com/EVR/model/theory/subject/5-data.html>
- [10] KOČÍ, Vladimír. Life Cycle Assessment in Chemical Industry. *Chemické listy*. [online]. 2010 [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: http://chemicke-listy.cz/docs/full/2010_10_921-925.pdf
- [11] KOČÍ, Vladimír. *Posuzování životního cyklu: Life Cycle Assessment – LCA*. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor, 2009. ISBN 978-80-86832-42-5.
- [12] Komplexní řešení – EMS. *Arnika* [online]. 2014 [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://arnika.org/co-je-emas>
- [13] KRBALOVÁ, Maria. *Ekologie ve strojírenství [přednášky]*. VUT Brno, 2017 [cit. 2018-03-25].
- [14] LUSVARDI, Wayne. Critics say CARB botching key part of cap-and-trade program. *CalWatchdog.com* [online]. 01.12.2013 [cit. 2018-03-26]. Dostupné z: <https://calwatchdog.com/2013/12/01/ready-critics-say-carb-botching-key-part-of-cap-and-trade-program/>
- [15] O čistší produkci. *Cenia* [online]. [cit. 2018-03-26]. Dostupné z: <http://www1.cenia.cz/www/node/298>
- [16] O posuzování vlivů na životní prostředí. *Cenia* [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://www1.cenia.cz/www/node/5>
- [17] Overview of Boustead. *MyEcoCost. Sustainable production support tools* [online]. [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: http://adm-global.org/productionsupporttools/Database_Boustead.html

- [18] Plastový granulát. *GPL Europlastics* [online]. [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <http://prodejplastu.cz/>
- [19] Porovnání environmentálních dopadů nápojových obalů v ČR metodou LCA [online]. *Ministerstvo životního prostředí*, 2009 [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: http://lca-cz.cz/projekt-lca/download/SPII2f11697_zaverecna_zprava.pdf
- [20] Posuzování vlivu koncepce na životní prostředí. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. 2018 [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/posuzovani_vlivu_koncepci_sea
- [21] Průběh procesu SEA. Arnika [online]. 2014 [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://arnika.org/prubeh-procesu-sea-2>
- [22] *Příroda.cz: Odborný výkladový slovník* [online]. 2018 [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: <https://www.priroda.cz/slovník.php?detail=962>
- [23] REMTOVÁ, Květoslava. *EKODESIGN* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2003 [cit. 2018-04-18]. ISBN 80-7212-230-4. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/7907A38F19E1D57EC1256FC0004FE74D/\\$file/ekodesign.pdf](https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/7907A38F19E1D57EC1256FC0004FE74D/$file/ekodesign.pdf)
- [24] SCHROETER, Falk. *Molding process overview*. [interní dokumentace], 2016, 37 s.
- [25] SKEŘIL, Robert. Emise nebo imise? In: *Blog o ovzduší v Brně a Jihomoravském kraji* [online]. 20.7.2017 [cit. 2018-03-26]. Dostupné z: <http://www.ovzdusi-brno-jm.cz/index.php/2017/07/20/emise-nebo-imise/>
- [26] SPOUSTA, Martin a Heinz-Juergen JOST. *Tool training program*. [interní dokumentace], 2016, 67 s.
- [27] Strojírenství. *Techyes.info* [online]. 3.8.2010 [cit. 2018-04-01]. Dostupné z: <http://www.techyes.cz/cs/prime-odkazy-na-prumyslova-odvetvi/strojirenstvi.html#presne>
- [28] Top-10 Injection Molding Defects And How To Fix Them. *Creative mechanisms* [online]. 2016 [cit. 2018-03-18]. Dostupné z: <https://www.creativemechanisms.com/blog/what-cause-injection-molding-defects-and-how-to-fix-them>
- [29] Výroba plastů. *Avance Europe* [online]. 5.1.2016 [cit. 2018-03-18]. Dostupné z: <http://www.vyrobaplastu.eu/vstrikovani-plastu/>
- [30] Vývoj hrubé výroby elektřiny podle paliv a technologií: Finální data energetické bilance v členění EUROSTAT. *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. 2017 [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statistika/elektrina-a-teplo/2017/10/Hruba-vyroba-elektriny-2010-2016.pdf>
- [31] WEISS, Viktorie a Elena STRÍHAVKOVÁ. *Polymery*. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně, Fakulta výrobních technologií a managementu, 2014. ISBN 978-80-7414-738-8.
- [32] Zákon č. 100/2001 Sb.: Zákon o posuzování vlivů na životní prostředí [online]. 2001 [cit. 2018-03-25]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-100>
- [33] Zákon č. 167/2008 Sb.: Zákon o předcházení ekologické újmě a o její nápravě [online]. 2008 [cit. 2018-03-25]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-167>
- [34] Zákon č. 17/1992 Sb.: Zákon o životním prostředí [online]. 1992 [cit. 2018-03-25]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-17>

- [35] Zákon č. 185/2001 Sb.: Zákon o odpadech [online]. 2001 [cit. 2018-03-25]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185>
- [36] Zákon č. 201/2012 Sb.: Zákon o ochraně ovzduší [online]. 2012 [cit. 2018-03-25]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-201>
- [37] Zákon č. 254/2001 Sb.: Vodní zákon [online]. 2001 [cit. 2018-03-25]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254>
- [38] Zákon č. 76/2002 Sb.: Zákon o integrované prevenci a omezování znečištění [online]. 2002 [cit. 2018-03-25]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2002-76>
- [39] Zelené nakupování. *Cenia* [online]. 2012 [cit. 2018-04-02]. Dostupné z: <http://www1.cenia.cz/www/zelene-nakupovani>

9 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK

9.1 Seznam zkratk a symbolů

Zkratka	Popis
ABS	Akrylonitril-butadien-styren terpolymer
BAT	Best available techniques – nejlepší dostupné techniky
BOF	Basic oxygen steelmaking – výroba oceli v kyslíkovém konvertoru
EMAS	Eco-Management and Audit Scheme – systém ekologického řízení a auditu
EMS	Environmental management systém – systém environmentálního managementu
EPD	Environmental product declaration – environmentální prohlášení o produktu
EIA	Environmental impact assessment – posuzování vlivů záměru na životní prostředí
EU ETS	European Union Emission trading system – evropský systém obchodování s emisemi
IPPC	Integrated pollution prevention systém – integrovaná prevence a omezování znečištění
IET	International emission trading – mezinárodní emisní obchodování
LCA	Life cycle assessment – hodnocení životního cyklu
MBS	Methylmethakrylát-butadien-styren terpolymer
NPCP	Národní program čistší produce
PA	Polyamid
PBT	Polybutylentereftalát
PE	Polyethylen
PETP	Polyethylentereftalát
PP	Polypropylen
PUR	Polyurethan
PVAC	Polyvinylacetát
PVAL	Polyvinylalkohol
PVC	Polyvinylchlorid
PS	Poylstyren
BREF	Reference document on best available techniques – referenční dokument o nejlepších dostupných technikách
SEA	Strategic environmental assessment – posuzování vlivů koncepce na životní prostředí
SEBS	Styren-etylen-butylen-styren elastomer
TQM	Total quality management – program managementu úplné kvality

Symbol	Jednotka	Význam
Esp	[gha]	Ekologická stopa produkce státu
P	–	Celková produkce daného produktu nebo množství odpadu průměrný národní výnos pro daný produkt nebo množství absorpce odpadu
Vn	–	
FV	–	Faktor výnosu pro odpovídající typ plochy
EK	–	Ekvivalentní faktor pro odpovídající typ plochy
Ess	[gha]	Ekologická stopa spotřeby státu
Esi	[gha]	Ekologická stopa importovaných komodit
Ese	[gha]	Ekologická stopa exportovaných komodit
BC	[gha]	Biokapacita
A	[gha]	Celková výměra plochy, která je k dispozici pro daný typ země
ρ	[kg/m ³]	Hustota
V	[m ³]	Objem
m	[kg]	Hmotnost
Em	[kWh/kg]	Spotřeba energie při výrobě 1 kg materiálu
E	[kWh] nebo [J]	Energie
HRC	–	Tvrдость dle Rockwella

9.2 Seznam tabulek

Tab. 2.1) Rozdíly mezi ISO 14001 a EMAS [12]	28
Tab. 6.1) Typy posuzovaných systémů, výhody a nevýhody [26]	54
Tab. 6.2) Materiálové a energetické vstupy jednotkových procesů	61
Tab. 6.3) Výroba elektřiny podle paliv a technologií v ČR v r. 2016 [30]	62
Tab. 6.4) Množství materiálu a spotřebovaná energie na 1 výrobní cyklus	64
Tab. 6.5) Parametry forem [26]	64
Tab. 6.6) Chemické složení oceli 1.2343, potřebná energie k získání legur	68
Tab. 6.7) Direct gating: spotřeba energie a vznik emisí	71
Tab. 6.8) Horké vtoky: spotřeba energie a vznik emisí	72
Tab. 6.9) Přehled spotřebované energie pro jednotlivé výrobní metody	73
Tab. 6.10) Přehled vzniku emisí CO ₂ pro jednotlivé výrobní metody	75
Tab. 6.11) Způsob hodnocení kvality údajů metodou Weidema [19]	78
Tab. 6.12) Hodnocení údajů metodou Weidema	79

9.3 Seznam obrázků

Obr. 2.1) Rozdělení strojírenského průmyslu [27]	17
Obr. 2.2) Emise a imise [25]	18
Obr. 2.3) Systém „Cap and trade“ [14]	24
Obr. 2.4) 7 zásad ekodesignu [23]	26
Obr. 2.5) Ekolabeling v ČR [7]	26
Obr. 2.6) Ekolabeling v EU [7]	27
Obr. 3.1) Ekologická stopa [5]	30
Obr. 3.2) Schéma zařazení hodnocení EIA do procesu povolení záměru [16]	31
Obr. 3.3) Proces SEA [21]	32
Obr. 3.4) Životní cyklus výrobku [13]	32
Obr. 3.5) Fáze LCA a jejich propojení [1]	33
Obr. 3.6) Volba kategorií dopadů [13]	34
Obr. 3.7) Zjednodušené schéma životního cyklu produktu včetně hodnocení environmentálních dopadů převedením množství do prostředí emitovaných látek na výsledky indikátorů kategorií dopadu. [10]	35
Obr. 4.1) Základní klasifikace polymerů z hlediska jejich chování za běžné a zvýšené teploty [4]	37
Obr. 4.2) Vzorec monomeru: a) polystyren (PS), b) polyvinylchlorid (PVC) [31]	38
Obr. 4.3) Nadmolekulární struktura polymerů: a) amorfnní termoplast, b) semikrystalický termoplast, c) reaktoplast, d) elastomer, e) termoplastický elastomer na příkladě styren-etylen-butylen-styren (SEBS) [31]	39
Obr. 5.1) Barevný granulát vhodný pro vstřikování [18]	46
Obr. 5.2) Princip mechanického tvarování [31]	47
Obr. 5.3) Princip negativního tvarování [31]	47
Obr. 5.4) Princip pozitivního tvarování: 1 – stůl stroje, 2 – tvárník, 3 – rám stroje, 4 – deska, 5 – vzduchová trubice [31]	48
Obr. 5.5) Princip vysokotlakého přímého lisování. A – plnění formy, B – vlastní lisování, C – vyjímání výlisku z formy [4]	48
Obr. 5.6) Příklad linky pro válcování fólií z měkčeného PVC: 1 – čtyřválcový kalandr, 2 – válečkový odtah, 3 – desénovací válce, 4 – odtah, 5 – temperace, 6 – měření tloušťky, 7 – chlazení, 8 – ořezávání okrajů, 9 – navíjení [31]	49
Obr. 6.1) Posuzovaný díl	51
Obr. 6.2) Schéma vstřikovacího stroje [31]	52
Obr. 6.3) Zkosení stěn součásti pro snadné vyjmutí výrobku z formy [26]	53

Obr. 6.5) Detailní pohled na posuzovaný systém „hot sprue“. Jedna tryska plní dvě kavity [26]	54
Obr. 6.4) Příklad systému vstřikování „hot sprue“: znázornění vstřikovacích trysek [26]	54
Obr. 6.6) Příklad systému vstřikování „direct gating“: zobrazení řezu formy se zabudovanými vstřikovacími tryskami, které plní kavity napřímo [26]	55
Obr. 6.7) Fáze vstřikovacího cyklu [29]	55
Obr. 6.8) Vstřikovací cyklus rozložený v čase [24]	56
Obr. 6.9) Rozložení energetické spotřeby během jednoho výrobního cyklu [24]	57
Obr. 6.10) Hranice posouzení zařazená do životního cyklu výrobku	58
Obr. 6.11) Výrobní proces	59
Obr. 6.12) Princip Boustead modelu [17]	60
Obr. 6.13) Procentuální podíl výroby elektrické energie v ČR pro rok 2016 [30]	62
Obr. 6.14) Operace: Výroba 1 MJ elektrické energie v ČR	65
Obr. 6.15) Operace: Výroba elektrické energie potřebné na 1 cyklus pro metodu horkých vtoků	65
Obr. 6.16) Operace: Výroba elektrické energie potřebná na 1 cyklus pro metodu direct gating	65
Obr. 6.17) Operace: Výroba 1 kg PBT bez vláken	66
Obr. 6.18) Operace: Výroba 1 kg PBT	66
Obr. 6.19) Operace: Výroba PBT pro direct gating	66
Obr. 6.20) Operace: Výroba PBT pro horké vtoky	67
Obr. 6.22) Operace: Materiálové a energetické vstupy pro hot sprue	67
Obr. 6.21) Operace: Materiálové a energetické vstupy pro direct gating	67
Obr. 6.23) Operace: 1 kg oceli 1.2343	68
Obr. 6.24) Operace: 1 kg ostatního materiálu	69
Obr. 6.25) Operace: Výroba 1 kg formy	69
Obr. 6.26) Operace: Forma hot sprue	70
Obr. 6.27) Operace: Forma direct gating	70
Obr. 6.28) Databáze použitých uživatelských operací	70
Obr. 6.29) Spotřeba energie během 1 výrobního cyklu metody direct gating (vlevo), Emise vzniklé během 1 výrobního cyklu metody direct gating (vpravo)	71
Obr. 6.30) Spotřeba energie během výroby formy pro metodu direct gating (vlevo), Emise vzniklé během výroby formy pro metodů direct gating (vpravo)	72
Obr. 6.31) Spotřeba energie během 1 výrobního cyklu pro metodu horkých vtoků (vlevo), Emise vzniklé během 1 výrobního cyklu pro metodu horkých vtoků (vpravo)	73

Obr. 6.32) Spotřeba energie během výroby formy pro metodu horkých vtoků (vlevo), Emise vzniklé během výroby formy pro metodu horkých vtoků (vpravo).....	73
Obr. 6.33) Porovnání spotřeby energie při 1 výrobním cyklu	74
Obr. 6.34) Porovnání spotřeby energie při výrobě formy.....	74
Obr. 6.35) Porovnání celkové spotřeby energie.....	75
Obr. 6.36) Porovnání vzniku emisí CO ₂ při 1 výrobním cyklu	75
Obr. 6.37) Porovnání vzniku emisí CO ₂ při výrobě forem	76
Obr. 6.38) Porovnání celkového vzniku emisí CO ₂	76
Obr. 6.39) Možné ekologické dopady vlivem spotřeby energie při moldingové výrobě	77

10 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A: Tabulky vyhodnocení dopadů na životní prostředí pro jednotlivé operace

Code: Operation:

Gross energy data in MJ

	Fuel production	Fuel use	Transport	Feedstock	Total
Electricity	0,52323	0,26346	0,00360	0,00000	0,79029
Oil fuels	0,01248	0,10819	0,00361	0,29013	0,41440
Other fuels	0,06477	0,18330	0,00014	0,05759	0,30579
Totals	0,60048	0,55495	0,00735	0,34771	1,51048

Code: Operation:

Gross air emissions in mg

	Fuel prod'n	Fuel use	Transport	Process	Biomass	Fugitive	Total
dust (PM10)	25	41	< 1	9	0	0	76
CO	14	32	2	167	0	0	215
CO2	56 969	32 732	247	920	-9	0	90 859
SOX as SO2	285	337	1	< 1	0	0	624
H2S	< 1	0	< 1	< 1	0	0	< 1
mercaptan	< 1	< 1	< 1	< 1	0	0	< 1
NOX as NO2	151	136	3	< 1	0	0	290
(CF3)2CHOCH3	0	0	0	0	0	0	0
(CF3)2CHOCHF2	0	0	0	0	0	0	0
-(CF2)4CH(OH)-	0	0	0	0	0	0	0
1,2,3-trimethylbenz	0	0	0	0	0	0	0
1,2,4-trimethylbenz	0	0	0	0	0	0	0
1,2,5-trimethylbenz	0	0	0	0	0	0	0
1-butene	0	0	0	0	0	0	0

Code: Operation:

Gross energy data in MJ

	Fuel production	Fuel use	Transport	Feedstock	Total
Electricity	29 039,90775	14 958,57906	202,33608	0,00000	44 200,82289
Oil fuels	202,14139	1 508,47828	65,71884	52,79778	1 829,13629
Other fuels	371,46559	6 874,25535	42,08616	148,04509	7 435,85220
Totals	29 613,51473	23 341,31270	310,14108	200,84287	53 465,81138

Code: Operation:

Gross air emissions in mg

	Fuel prod'n	Fuel use	Transport	Process	Biomass	Fugiti	Total
dust (PM10)	273 749	141 463	3 843	791 272	0	0	1 210 326
CO	668 197	249 633	39 844	11 735 031	61	0	12 692 766
CO2	2 865 545 845	493 922 603	7 554 887	338 390 975	-13 842 671	0	3 691 571 640
SOX as SO2	13 876 428	2 109 722	80 487	130 102	0	0	16 196 739
H2S	8	0	2	18 396	0	0	18 406
mercaptan	< 1	< 1	< 1	< 1	0	0	< 1
NOX as NO2	6 140 737	762 357	62 771	446 924	0	0	7 412 790
(CF3)2CHOCH3	0	0	0	0	0	0	0
(CF3)2CHOCHF2	0	0	0	0	0	0	0
-(CF2)4CH(OH)-	0	0	0	0	0	0	0
1,2,3-trimethylbenz	0	0	0	0	0	0	0
1,2,4-trimethylbenz	0	0	0	0	0	0	0
1,2,5-trimethylbenz	0	0	0	0	0	0	0
1-butene	0	0	0	0	0	0	0

Code: Operation:

Gross energy data in MJ

	Fuel production	Fuel use	Transport	Feedstock	Total
Electricity	40 055,04517	20 632,52284	279,08425	0,00000	60 966,65226
Oil fuels	278,81571	2 080,65970	90,64667	72,82453	2 522,94660
Other fuels	512,36633	9 481,73152	58,04988	204,20013	10 256,34786
Totals	40 846,22721	32 194,91406	427,78080	277,02465	73 745,94673

Code: Operation:

Gross air emissions in mg

	Fuel prod'n	Fuel use	Transport	Process	Biomass	Fugit	Total
dust (PM10)	377 584	195 121	5 300	1 091 410	0	0	1 669 415
CO	921 652	344 322	54 957	16 186 250	84	0	17 507 264
CO2	3 952 477 028	681 272 556	10 420 534	466 746 172	-19 093 339	0	5 091 822 951
SOX as SO2	19 139 900	2 909 961	111 017	179 451	0	0	22 340 330
H2S	11	0	3	25 374	0	0	25 388
mercaptan	< 1	< 1	< 1	< 1	0	0	< 1
NOX as NO2	8 469 983	1 051 527	86 581	616 447	0	0	10 224 538
(CF3)2CHOCH3	0	0	0	0	0	0	0
(CF3)2CHOCHF2	0	0	0	0	0	0	0
-(CF2)4CH(OH)-	0	0	0	0	0	0	0
1,2,3-trimethylbenz	0	0	0	0	0	0	0
1,2,4-trimethylbenz	0	0	0	0	0	0	0
1,2,5-trimethylbenz	0	0	0	0	0	0	0
1-butene	0	0	0	0	0	0	0