



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO  
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

## ECODESIGN A JEHO SOUČASNÝ VLIV NA KONSTRUKCI VÝROBNÍCH STROJŮ

ECODESIGN AND ITS PRESENT INFLUENCE ON THE DESIGN OF PRODUCTION MACHINES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

ZBYNĚK KORDULA

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ ZAHÁLKA

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2013/2014

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Zbyněk Kordula

který/která studuje v bakalářském studijním programu

obor: **Stavba strojů a zařízení (2302R016)**

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 bakalářské práce:

**Ecodesign a jeho současný vliv na konstrukci výrobních strojů**

v anglickém jazyce:

**Ecodesign and its present influence on the design of production machines**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V současné době se klade stále větší důraz na životní prostředí a jeho ochranu. Výrobci se při návrhu výrobních strojů vedle klasických hledisek jako funkčnost, ekonomičnost nebo bezpečnost stále více zaměřují na ekologičnost, tzv. eco design spočívající jak ve využití recyklovatelných a recyklovaných materiálů, tak v co nejmenší energetické náročnosti a mnoha dalších hlediscích.

Cíle bakalářské práce:

Zpracování literární rešerše nejnovějších trendů v oblasti eco designu a návrhu výrobních strojů.

Seznam odborné literatury:

[1]ČURDA, Dušan. Ekologická bilance - hodnocení životního cyklu. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 1996, 60 s. ISBN 80-853-6895-1.

[2]HORNE, Ralph, Tim GRANT a Karli VERGHESE. Life cycle assessment: principles, practice, and prospects. Collingwood, Vic.: CSIRO Pub, c2009, xi, 175 p. ISBN 06-430-9452-0.

[3]Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jiří Zahálka

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 19.11.2013

L.S.

---

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.  
Děkan fakulty



## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce obsahuje přehled předpisů a nařízení přímo ovlivňujících ecodesign strojních zařízení. Přehled nástrojů, které lze použít při aplikaci ecodesignu. Možnosti, pomocí nichž jde dosáhnout úspory energie a šetření životního prostředí. Příklad měření a vyhodnocení spotřeby kapaliny se vzduchem při obrábění. Zhodnocení současného vlivu ecodesignu na konstrukci strojů.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Ecodesign, energetická efektivita, energetická úspora, nástroje ecodesignu, zatížení životního prostředí.

## **ABSTRACT**

Bachelor thesis contains an overview of the legislation and measures directly affecting a mechanical equipment of ecodesign. Overview of the tools, which can be used in application of ecodesign. Options by which can to achieve save energy and save environment. Example of measurement and evaluation to consumption liquid and air when machining. Evaluating of ecodesign in present influence and his influence to machining construction.

## **KEYWORDS**

Ecodesign, energy efficiency, energy saving, enviromental.



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

KORDULA, Z. *Ecodesign a jeho současný vliv na konstrukci strojů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 38 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jiří Zahálka.



## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jiřího Zahálky a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 24. května 2014

.....

Jméno a přímení



## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěl poděkovat mému vedoucímu Ing. Jiřímu Zahálkovi za cenné rady a ochotné vedení při vypracování této bakalářské práce.



## OBSAH

Úvod .....	10
1 Důležitost ecodesignu v současnosti .....	11
2 Právní rámec a legislativní podpora .....	12
2.1 Kjótský protokol .....	12
2.2 Směrnice eu ovlivňující ecodesign .....	13
2.2.1 Směrnice 2009/125/ES .....	13
2.2.2 Směrnice 92/75/EHS .....	14
2.2.3 Směrnice 2002/95/ES .....	14
2.2.4 Směrnice 2002/96/ES .....	14
2.2.5 Směrnice 2006/121/ES .....	15
2.3 Normy a nařízení .....	15
2.3.1 Nařízení č. 1980/2000 .....	15
2.3.2 TS B 0024-1:2010 .....	17
2.3.3 ISO 14955-1:2014 .....	17
3 Nástroje ecodesignu.....	18
3.1 LCA .....	18
3.2 MET .....	19
3.3 TPI .....	20
3.4 KEPI.....	20
3.5 ABC .....	21
3.6 ERPA .....	21
3.7 MECO.....	21
3.8 Funktionkosten.....	22
3.9 EcoDesign Checklist.....	22
3.10 EOD.....	22
3.11 Econcept Spiderweb.....	22
3.12 LiDS – wheel.....	23
3.13 The Morphological Box .....	23
4 Ecodesign, výrobci a uživatelé .....	24
4.1 Opatření ke snížení energetické náročnosti strojů .....	24
4.1.1 Periferie strojů .....	24
4.1.2 Koncepce strojů a jejich struktura .....	25
4.1.3 Řízení a inteligence strojů .....	25
4.1.4 Hydraulický systém .....	25
4.1.5 Chlazení řezného procesu.....	26





4.1.6	Mazání pohyblivých částí.....	26
4.1.7	Obráběcí proces .....	26
4.1.8	Pneumatický systém .....	26
4.1.9	Úspora na straně uživatele.....	26
5	Měření spotřeby kapaliny a vzduchu.....	27
5.1	Cíl měření .....	27
5.2	Měřené zařízení.....	27
5.3	Měřicí přístroje.....	28
5.3.1	Měřidlo SD6000 .....	28
5.3.2	Měřidlo SU8000 .....	29
5.4	Naměřená data .....	30
5.5	Vyhodnocení měření.....	31
	Závěr.....	32
	Seznam obrázků.....	33
	Seznam tabulek.....	34
	Použité informační zdroje.....	35
	Seznam použitých zkratk a symbolů .....	37
	Seznam příloh.....	38



## ÚVOD

Ecodesign (z anglického design for economy and environment) pro nás představuje zejména hodnocení energetické efektivity při provozu strojních zařízení, protože spotřeba elektrické energie při provozu stroje představuje nejvýznamnější faktor při zatěžování životního prostředí strojními zařízeními. K tomuto hodnocení jsou používány nástroje od stanovení energetické zátěže stroje, přes metody používané ke zjištění zátěže na životní prostředí, až po dané legislativní normy, jež musí být dodržovány. Na základě zjištěných vědeckých poznatků jsou do konstrukce strojů zařazována technologická opatření vedoucí ke zlepšení právě energetické efektivity strojů ale při zachování požadované funkčnosti a výkonnosti. Je proto nejlepší tyto metody a nástroje uvažovat již při samotném vývoji a návrhu stroje a intenzivně se touto fází zabývat.

Výše uvedená část představuje naprostý základ pro další, neméně významnou část, samotnou výrobu a následnou destrukci stroje. Je třeba brát v úvahu celý životní cyklus stroje jako celku a pokusit se stanovit nejméně zatěžující variantu pro životní prostředí. Tím se myslí stanovit i množství potřebného nerostného bohatství spolu s jeho důsledky a následky na planetu.

V této práci jsou uvedeny jednak nejvýznamnější právní předpisy vztahující se ke členským státům Evropské unie, tak i analytické metody ke stanovení energetické efektivity. Dále jsou zde zmíněna konkrétní technologická opatření ke zmírnění energetické náročnosti strojů. Na závěr je zde uveden příklad v praktickém měření spotřeby kapaliny a vzduchu při obráběcím procesu.



## 1 DŮLEŽITOST ECODESIGNU V SOUČASNOSTI

Aktuální problém rapidního zhoršování životního prostředí naší planety není třeba rozvádět. Intenzivně se zvyšující počet obyvatel a s tím rostoucí požadavky na energetický komfort pro všechny se pomalu stává obtížně realizovatelným. Nejen z důvodu omezení nerostného bohatství a samotné kapacity planety ale i z pokročilého dostupného technologického hlediska je třeba začít myslet na omezení činností s výrazně negativním ekologickým dopadem. Toto omezení se nezabývá pouze vývojem nových technologií a procesů, nýbrž i nahrazením starých, vyhovujících postupů, postupy upravenými ale s požadovaným menším zatížením pro životní prostředí.

Ecodesign by měl být zahrnut do priorit vývoje výrobců i z důvodu rostoucích cen energií a tlaku zákazníků na ekonomičtější provoz strojů ve výrobních řetězcích. Dalším významným důvodem je, že se Evropská unie pomocí Kjótského protokolu zavázala do roku 2020 zredukovat emise skleníkových plynů o 20% a vydala pro toto opatření normy a předpisy, které mají za úkol zlepšit životní prostředí.

Právě hledání odpovědi na otázku, který z navrhovaných výrobků, nebo který z možných pracovních postupů představuje menší zásah do životního prostředí, vyvolalo důvod zabývat se samotným ecodesignem. V Evropě je ecodesign strojními podniky vnímán spíše jako omezující prostředek právních požadavků, nicméně už i tady se najdou špičková technická pracoviště, pro které je ecodesign vizitkou technologické vyspělosti zvyšující prestiž firmy. V neposlední řadě je v současnosti propagace ecodesignu prodejci strojních zařízení moderní a marketingový tah před spotřebiteli.



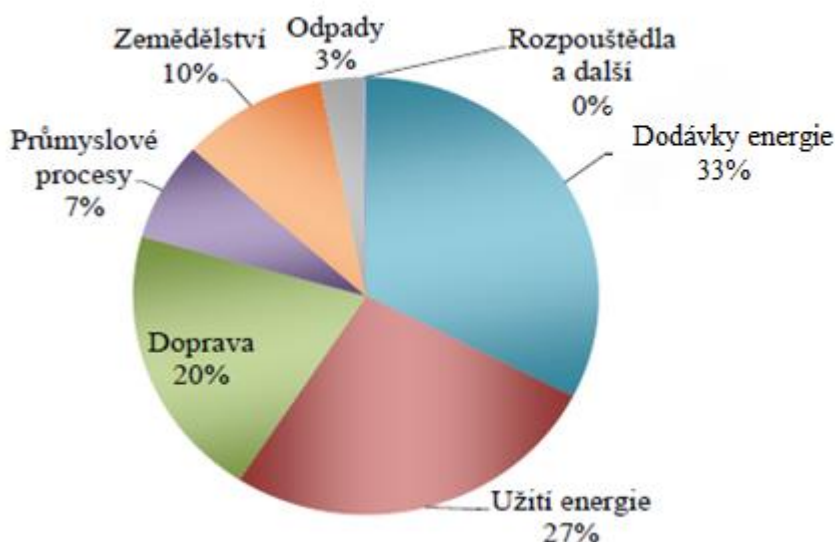
## 2 PRÁVNÍ RÁMEC A LEGISLATIVNÍ PODPORA

### 2.1 KJÓTSKÝ PROTOKOL

Na základě rozhodnutí evropské rady a vydání směrnice 2002/358/ES ze dne 25. dubna 2002 o schválení připojení ke Kjótskému protokolu byl přijat evropským společenstvím jeden z hlavních mezinárodních právních nástrojů boje proti změně klimatu.

Tato úmluva Organizace spojených národů (OSN) má za cíl dosáhnout omezení koncentrace skleníkových plynů v atmosféře na bezpečnou úroveň pro lidské zdraví a stabilizovat jejich dopad na budoucí úroveň života.

Emise v zemích EU se snižovaly, zatímco ekonomika výrazně rostla. Oddělování hospodářského růstu od emisí skleníkových plynů od roku 1990 úspěšně pokračuje. [1]



Obr. 1 Podíl emisí podle odvětví v EU. [1]

Z grafu vyplývá, že nejdůležitějšími odvětvími jsou užití a dodávka energie včetně dopravy. Právě v těchto odvětvích se skrývá největší potenciál k úspoře energie. Výrazná úspora by měla být v samotném spalování a unikajících fugitivních emisích z paliv. Dále se úspory týkají průmyslových procesů, používání rozpouštědel a jiných produktů, zemědělství a v poslední řadě zpracování odpadů. Protokol však neuvádí, jakými způsoby by těchto úspor mělo být dosaženo.



## 2.2 SMĚRNICE EU OVLIVŇUJÍCÍ ECODESIGN

Evropská směrnice stanoví cíle, kterých členské státy mají dosáhnout, a zároveň jim k jejich dosažení poskytuje možnost výběru prostředků. [2]

Směrnice uvedené v této práci se vztahují na všechny členské státy EU. Zároveň je stanoveno konečné datum, kdy musí být směrnice přidána do vnitrostátního práva. Státům je umožněna dostatečná volnost při zavádění směrnice, jestliže se pokouší zachovat jistá národní specifika.

Směrnice se používá k harmonizaci vnitrostátních právních předpisů, zejména k vytvoření jednotného trhu. (např. ke stanovení normy týkající se bezpečnosti výrobků). [2]

### 2.2.1 SMĚRNICE 2009/125/ES

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES ze dne 21. října 2009 o stanovení rámce pro určení požadavků na ekodesign výrobků spojených se spotřebou energie (přepřacování). [3]

Tento dokument je přepřacování směrnice 2005/32/ES z roku 2005 o stanovení pro určení požadavků na ekodesign energetických spotřebičů, která kvůli potřebným změnám musela být přepřacována. Doplnuje stávající nástroje společenství pro ochranu životního prostředí. Nevztahuje se na prostředky dopravující osoby nebo věci.

Záměrem této směrnice je dosažení vysoké úrovně ochrany životního prostředí snížením potencionálního dopadu výrobků spojených se spotřebou energie na životní prostředí, což nakonec přinese prospěch spotřebitelům a jiným konečným uživatelům. Úroveň požadavků na ecodesign by se měla stanovit na základě technických, hospodářských a ekologických analýz. Zásadním přínosem této směrnice je shromažďování a šíření poznatků získaných při snaze výrobců o ekodesign. [3]

Je důležité zachovat vzájemnou konzultaci obou stran při zavádění nových nařízení, aby byla dodržena vyrovnaná hospodářská soutěž. Nejvíce podporovaný přístup při zavádění nových předpisů je samoregulace. Zároveň všechny výrobky, které splňují nařízení této směrnice, musí mít označení CE.

#### Požadavky na ecodesign výrobků

Týkají-li se návrhu výrobku, stanoví se významné aspekty s ohledem na tyto fáze životního cyklu výrobku [3]:

- a) výběr a použití surovin,
- b) výroba
- c) balení, přeprava a distribuce,
- d) instalace a údržba,
- e) používání a
- f) konec životnosti, čímž se míní fáze po skončení prvního používání výrobku až do jeho konečného odstranění.



U každé fáze se posuzují tyto environmentální aspekty, jsou-li relevantní [3]:

- a) předpokládaná spotřeba materiálu, energie a jiných zdrojů, například vody,
- b) předpokládané emise do ovzduší, vod nebo půdy,
- c) předpokládané znečištění životního prostředí fyzikálními vlivy jako hluk, vibrace, záření, elektromagnetická pole,
- d) předpokládané množství vyprodukovaného odpadního materiálu a
- e) možnost opětovného použití, recyklace a využití materiálu nebo energie při zohlednění směrnice 2002/96/ES.

### 2.2.2 SMĚRNICE 92/75/EHS

Směrnice rady 92/75/EHS ze dne 22. září o uvádění spotřeby energie a jiných zdrojů na energetických štítcích spotřebičů pro domácnost a v normalizovaných informacích o výrobku. [4]

Má za cíl informovat potenciálního zákazníka o energetické spotřebě výrobku s předpokladem, že odběratel dá přednost spotřebiči s menší energetickou náročností. Tento předpoklad také způsobuje vývoj nových technologií a jejich následné uplatnění v konkurenčním boji na trhu.

Informace o zařízeních poskytuje tzv. energetický štítek, kde se uvádí spotřeba elektrické energie, plyných paliv i způsobených emisí hluku. Neuvádí se spotřebovaná energie přípojných ekvivalentů nutných k provozu nebo udržení bezpečnosti spotřebiče.

Platnost směrnice je od 1. ledna 1994.

### 2.2.3 SMĚRNICE 2002/95/ES

Směrnice Evropského parlamentu a rady 2002/95/ES ze dne 27. ledna 2003 o omezení používání některých nebezpečných látek v elektrických a elektronických zařízeních. [5]

Cílem této směrnice je zlepšení lidského zdraví a environmentálně šetrné využití a zneškodnění elektrických a elektronických zařízení. (OEEZ) Nebezpečné látky se však mohou používat jestliže náhrada prvku není z technického hlediska možná, nebo kdy přínos pro člověka je větší než negativní dopady. Mezi nejvíce nebezpečné prvky pro lidské zdraví a životní prostředí patří olovo, kadmium, rtuť a šestimocný chrom.

Platnost směrnice je nejpozději od 13. srpna 2004.

### 2.2.4 SMĚRNICE 2002/96/ES

Směrnice Evropského parlamentu a rady 2002/96/ES ze dne 27. ledna 2003 o odpadních elektrických a elektronických zařízeních. [6]

Důvodem vzniku směrnice je rychle rostoucí množství OEEZ a recyklace v nedostatečném rozsahu. Požadavkem je, aby OEEZ buďto vůbec nevznikaly, nebo aby mohlo dojít k jejich opětovnému využití alespoň ve formě užití jejich materiálu nebo energie. Recyklace těchto materiálů s předpokládaným budoucím využitím musí brát v úvahu i všechny prvky zatěžující životní prostředí v průběhu samotné recyklace.



K recyklaci slouží sběrná místa OEEZ a subjekty zajišťující recyklaci, dle norem udávající přijatelnou technologii a manipulaci s těmito zařízeními. Tato směrnice se týká pouze spotřebního zboží ke komerčnímu užití.

Platnost směrnice je nejpozději od 13. srpna 2004.

### **2.2.5 SMĚRNICE 2006/121/ES**

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/121/ES ze dne 18. prosince 2006, kterou se mění směrnice Rady 67/548/EHS o sblížení právních a správních předpisů týkajících se klasifikace, balení a označování nebezpečných látek za účelem jejího přizpůsobení nařízení (ES) č. 1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek a o zřízení Evropské agentury pro chemické látky. [7]

Tato směrnice se na základě neustálého technického pokroku zabývá aktualizací seznamu nebezpečných chemických látek s jejich podrobným popisem. Dále se týká zkoušek a posuzování vlivu toxických látek na člověka a jsou zde uvedena opatření při uvádění těchto látek na trh. Výrobky musejí být příslušným způsobem označeny a informace k označení musejí být získány určenými metodami.

Platnost směrnice je nejpozději od 1. června 2008.

## **2.3 NORMY A NAŘÍZENÍ**

### **2.3.1 NAŘÍZENÍ Č. 1980/2000**

Nařízení Evropského parlamentu a rady o evidovaném systému Společenství pro udělování ekoznačky. [8]

Cílem dokumentu je vytvoření společenství pro udělování ekoznačky sloužící k propagování výrobků nebo služeb, které mají ve srovnání s jinými výrobky ve stejné kategorii menší dopad na životní prostředí během celého životního cyklu nebo výrazně přispívají ke zlepšení klíčových environmentálních aspektů. Je nutné přivést spotřebitele k výrobkům, jenž snižují dopady na životní prostředí a poskytují informace o environmentálních vlastnostech výrobků. Ke stanovení těchto aspektů slouží tzv. posuzovací matice, která musí odpovídat metodologickým požadavkům (Tab. 1). U udělování ekoznačky je nutné uvést alespoň jeden, nejvýše však tři důvody zvýhodňující výrobek. Pro vydávání, aktualizaci a změnu stanovení byl vytvořen subjekt – Výbor Evropské unie pro ekoznačku (VEUEZ). Ekoznačkou nelze označit potraviny, nápoje nebo farmaceutické výrobky, slouží k označení pouze strojních předmětů.

Postup určení a výběru klíčových environmentálních aspektů, jakož i stanovení kritérií ekoznačky zahrnuje tyto etapy: [8]

- studie proveditelnosti a průzkum trhu
- úvahy o životním cyklu
- rozbor zlepšení
- návrh kritérií



Tab. 1 Posuzovací matice životního cyklu [8]

ŽIVOTNÍ CYKLUS VÝROBKU								
Enviromentální aspekty	Zboží					Služby		
	Předvýroba /suroviny	Výroba	Distribuce (včetně Balení)	Použití	Znovuvyužití /recyklace/ odstranění	Nabytí zboží Pro Poskytování služeb	Poskytování služeb	Nakládání s odpady
Kvalita ovzduší								
Kvalita vody								
Ochrana půdy								
Snížení odpadů								
Úspory energie								
Hospodaření s přírodními Zdroji								
Prevence globálního Oteplování								
Ochrana ozónové vrstvy								
Bezpečnost pro životní prostředí								
Hluk								
Biodiversita								

### 2.3.2 ČSN EN ISO 14040

Evropská norma o environmentálním managementu zabývající se zásadami a osnovou při posuzování životního cyklu.

Norma pokrývá studie posuzování životního cyklu (LCA) a studie inventarizace životního cyklu (LCI) ale nepopisuje podrobně metody LCA, ani nespecifikuje metodologie jednotlivých fází LCA. [9]

Tato norma specifikuje požadavky a poskytuje směrnice pro posuzování životního cyklu (LCA) včetně: [9]

- a) definice cíle a rozsahu LCA,
- b) fáze inventarizační analýzy životního cyklu (LCI),
- c) fáze posuzování dopadů životního cyklu (LCIA),
- d) fáze interpretace životního cyklu,
- e) podávání zpráv a kritické přezkoumání LCA,
- f) omezení LCA,
- g) vztah mezi fázemi LCA a





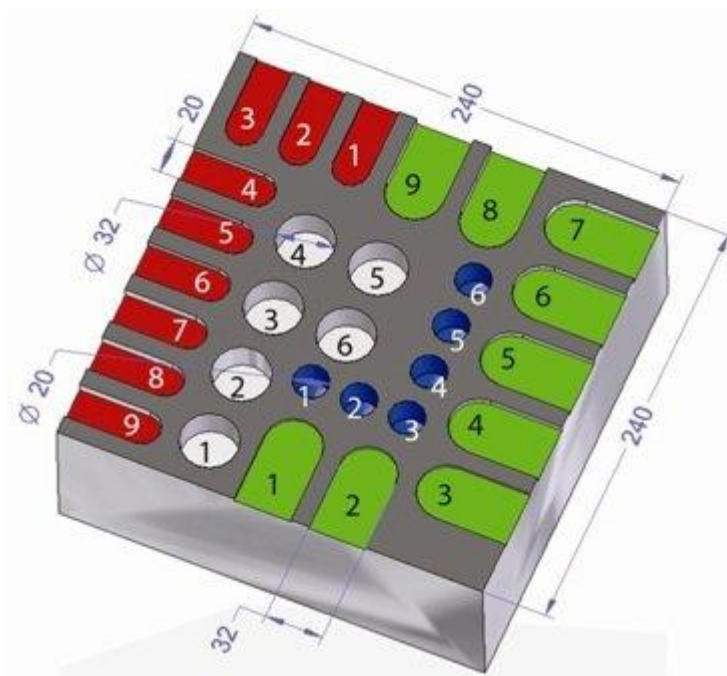
h) podmínek pro použití výběrů hodnot a volitelných prvků.

Více o metodě LCA v kapitole 4.

### 2.3.2 TS B 0024-1:2010

V současné době jediná dokončená a veřejně dostupná norma stanovující energetickou efektivitu strojů různých typů a výrobců. Pomocí této normy se na základě příslušného provozního scénáře typického pro stroj stanoví energetická efektivita. Provozní scénář zahrnuje jak produktivní čas stroje (konaná práce – frézování, drážkování, vrtání), tak i neproduktivní čas stroje (nekonaná práce – režim stand-by, včetně při chodu naprázdno, zahřátí).

Norma je vhodná pro frézky 3 a více os. Je nutné, aby velikost obrobku měla požadovanou velikost a obrobek byl zhotoven z požadovaného materiálu. Dále je nutné nastavit požadované řezné podmínky a výkon včetně.



Obr. 2 Obrobek s hranou podstavy 120 mm [10]

Obrábění začíná čelním frézováním, následuje drážkování většího rozměru (zelená barva) a menšího rozměru (červená barva). Nakonec se provede vrtání větší (bílá barva) a menší (modrá barva) díry.

Ze zaznamenaných dat se následně sestrojí grafy zobrazující požadovanou spotřebu veličin. Viz. kapitola 5.

### 2.3.3 ISO 14955-1:2014

Tato norma je první ze série celkově čtyř rozpracovaných norem ISO 14955 - hodnocení životního prostředí obráběcích strojů. Celková norma se bude zabývat postupem měření, vyhodnocením dat a stanovením závěrů u životního prostředí strojů. Cílem je zlepšení porovnatelnosti konstrukčně odlišných strojů a výběr vhodných úsporných opatření. První část normy se zabývá metodikou konstruování energeticky úsporných obráběcích strojů.



## 3 NÁSTROJE ECODESIGNU

### 3.1 LCA

Na mezinárodní úrovni se místo pojmu ekologická bilance často používá termín hodnocení životního cyklu (anglicky: life-cycle assesment, zkráceně LCA). Pomocí metody je možno ohodnotit komplexní dopad libovolného systému na životní prostředí v rozsahu celého života sledovaného systému. [11]

LCA je relativním přístupem, strukturovaným kolem funkční jednotky. Funkční jednotka definuje, co je předmětem zkoumání. Všechny následné analýzy jsou pak vztaheny k této funkční jednotce. Rozhodnutí v LCA jsou přednostně založena na přírodních vědách. [11]

Z důvodu stálého vývoje metody LCA mezinárodní organizace SETAC zpracovala sladění metodik hodnocení. Výsledkem jsou čtyři následující, navzájem podmíněné fáze:

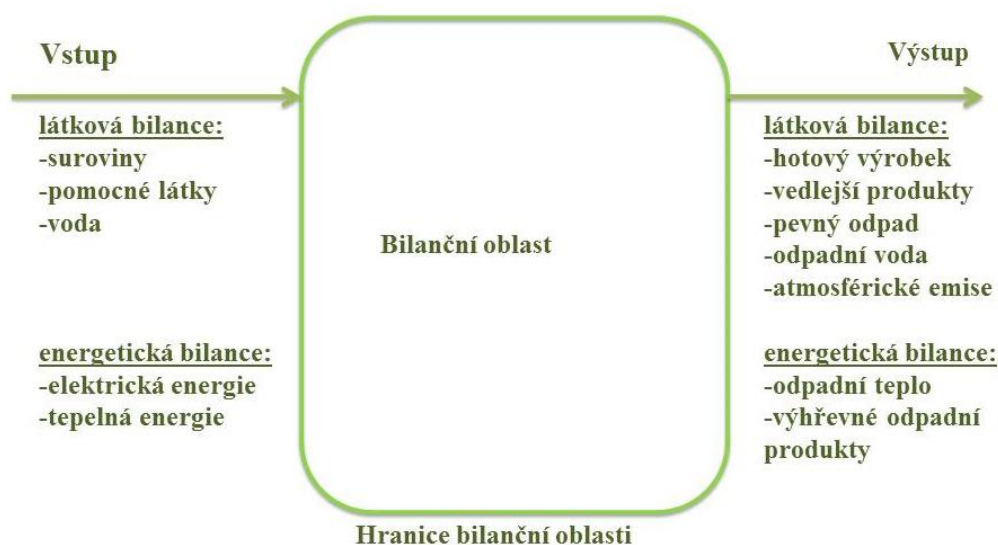
- a) Definice cílů a rozsahu,
- b) Inventarizační analýza,
- c) Hodnocení vlivů na životní prostředí,
- d) Vyhodnocení návrhů na zlepšení.

#### Definice cílů a rozsahu

Na začátku studie je nutné si stanovit její jasný účel a rozhodovat se na základě zjištěných výsledků. Je potřeba definovat sledovaný systém, jeho hranici i hloubku analyzovaných problémů. K tomuto účelu se zavede funkční jednotka výrobku nebo posuzované činnosti.

#### Inventarizační analýza

U této analýzy jde o to, aby se každý výrobek nebo proces vyjádřil schématem tzv. bilanční oblasti, kde sledovaný soubor je v uzavřeném rámečku. Do schématu se ještě zakreslí veškeré vstupní a výstupní látkové a energetické bilance.



Obr.3 Schéma pro stanovení látkové a energetické bilance výrobků [11]



### Hodnocení vlivů na životní prostředí

Hodnocení ekologických dopadů se provede na základě výsledků inventarizační analýzy. Působení jednotlivých látek na životní prostředí se musí posuzovat společně, neboť dochází k jejich vzájemnému ovlivňování.

Hodnocení se provádí ve třech krocích:

- klasifikace vlivů,
- charakterizace vlivů,
- vyhodnocení vlivů.

### Vyhodnocení návrhů na zlepšení

Hledají se varianty, které vedou ke snížení ekologické zátěže.

## 3.2 MET

Jedná se o posuzovací matici zabývající se spotřebou materiálu, spotřebou energie a vzniklou toxicitou v jednotlivých životních fázích výrobku. Nástroj slouží k nalezení největších problémů týkajících se ovlivnění životního prostředí výrobkem a zároveň definuje případné strategie pro zlepšení. Indikátory mohou být zvláště užitečné během vývojové fáze výrobku, protože mohou být zaměřeny pouze na jeden požadovaný vliv zatěžující životní prostředí (voda, vzduch, půda).

Matice MET nám poskytuje srozumitelný dokument přizpůsobený na diskusi o vlivu na životní prostředí výrobku.

	Spotřeba materiálu (M)	Spotřeba energie(E)	Toxické emise(T)
<b>Výroba a dodávka materiálů a součástí</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ potřebné materiály a součásti</li> <li>■ nákup surových materiálů</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ spotřeba energie při těžbě surovin</li> <li>■ doprava</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ toxické odpady vzniklé při těžbě surových materiálů</li> </ul>
<b>Kompletní montáž</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ další pomocné materiály/součásti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ spotřeba energie při výrobním procesu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ toxický odpad</li> <li>■ nepoužitelné odpady</li> </ul>
<b>Distribuce zákazníkům</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ doprava, hromadné &amp; prodejní balení</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Spotřeba energie při balení</li> <li>■ doprava</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ odpad při balení</li> <li>■ emise při dopravě</li> </ul>
<b>Používání výrobku</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ druh, spotřebované množství</li> <li>■ pomocné materiály</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ spotřeba energie během užívání</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ odpad vyměněných částí a spotřební materiál</li> </ul>
<b>Konec života výrobku</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ použití surových a pomocných materiálů pro úpravu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ spotřeba energie na rozebrání či recyklaci</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ toxický odpad</li> <li>■ recyklace</li> <li>■ skládka odpadů</li> </ul>

Obr.4 Matice MET [12]



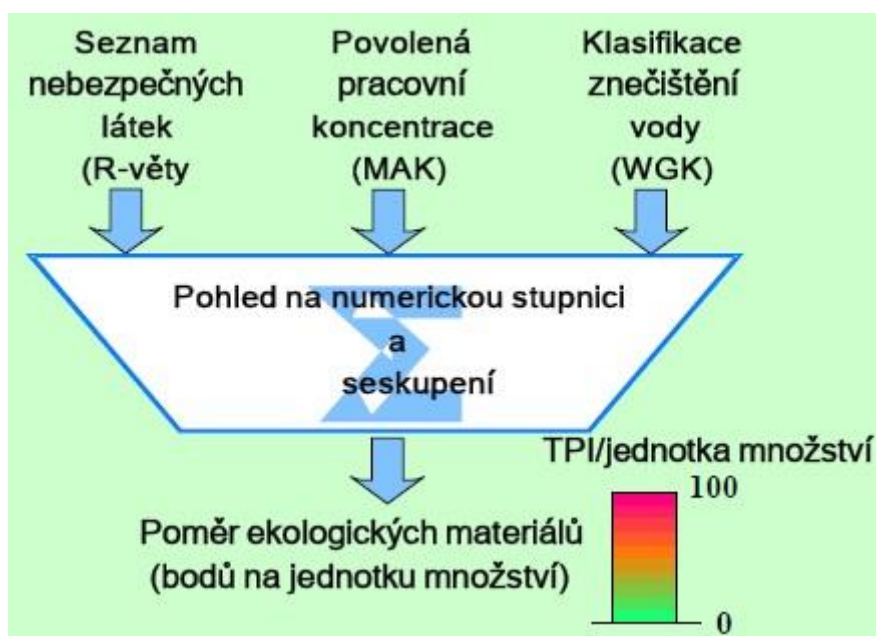
### 3.3 TPI

Indikátor TPI slouží ke snadnému porovnání toxicity různých materiálů a k určení velikosti jejich nebezpečnosti. K tomuto určení je možné použít TPI kalkulačku do které zadáme hodnoty dle tabulky s kategoriemi materiálů. Indikátor byl vyvinut německým Fraunhoferovým institutem.

Toxicitu materiálu nemůžeme uvažovat stejnou po celou dobu užívání zařízení. Toxicita se mění například reakčními produkty ze spalování nebo pomocnými výrobními látkami a jejich účinky. Indikátor nám ukazuje toxicitu pouze ve fázi smontování zařízení.

Vstupní hodnoty pro výpočet TPI: [13]

- Rizikové hodnoty podle regulace chemických látek (R-hodnoty)
- Maximální koncentrace na pracovišti (MAK),
- Třídy znečištění vod (WGK).



Obr.5 Stanovení TPI [12]

Hodnota TPI může nabývat hodnoty v rozmezí 0 (nejmenší nebezpečí toxicity) nebo 100 (největší nebezpečí toxicity).

### 3.4 KEPI

Tato metoda umožňuje podnikům rychle určit výhodnější variantu environmentálního řešení. Dochází k porovnávání různých systémových řešení, avšak tento nástroj lze použít pouze pro porovnání výkonu výrobků se stejnou funkcí. Není tak náročná na sběr dat a vyhodnocení jako například LCA.



Kroky pro návržení KEPIs: [14]

- a) určení výrobků/alternativ, které mají být hodnoceny a porovnány,
- b) určení, že výrobky/alternativy mají stejnou funkci,
- c) určení doby životnosti výrobku/alternativy
- d) shromáždění údajů potřebných pro výpočet KEPI u vybraných výrobků/alternativ,
- e) výpočet hodnot ukazatelů,
- f) vyhodnocení obou variant.

### 3.5 ABC

Tato analýza lze použít pro posuzování vlivů na životní prostředí produktu. Výrobek je hodnocen pomocí jedenácti různých kritérií a zařazen do následujících tříd:

- A – problematické výrobky, jsou nutná další opatření,
- B – normální stav, který je třeba dodržovat a zlepšovat,
- C – vyhovující stav, žádné další akce nejsou nutné.

### 3.6 ERPA

Nástrojová matice ERPA se používá k odhadu potencionálního vlivu na životní prostředí jakékoliv fáze životního cyklu (rekonstrukce, recyklace, likvidace, použití). Pro hodnocení se využívá kritérium volby materiálu, spotřeby energie, pevných zbytků, tekutých zbytků a plyných zbytků.

### 3.7 MECO

Pomocí nástroje MECO můžeme odhadnout dopad na životní prostředí v každé životní etapě výrobku (výroba, dodávka materiálu, použití, přeprava). Jeho vyhodnocení se stanovuje pomocí odhadů a výpočtů množství spotřeby materiálu a energie spolu s částečnou spotřebou zdrojů. Dále se uvažují chemikálie, které jsou klasifikovány pomocí jejich toxicity. Hodnocení se zaznamenává do strukturované matice. (viz. tab. 2)

Tab.2 Matice MECO [15]

	Material	Manufacture	Use	Disposal	Transport
1. Materials					
a) quantity					
b) resource					
2. Energy					
a) primary					
b) resource					
3. Chemicals					
4. Others					



### 3.8 FUNKTIONKOSTEN

Tento srovnávací nástroj slouží k identifikaci úspornější energetické náročnosti oproti stávajícímu technologickému řešení. Na základě předpokladu správného nastavení dimenzování stroje se pro každou funkci vypočte alternativní možnost s úsporou nákladů na provoz stroje. Vyhodnocení se může provést například pomocí párového srovnání dané funkce.

### 3.9 EcoDESIGN CHECKLIST

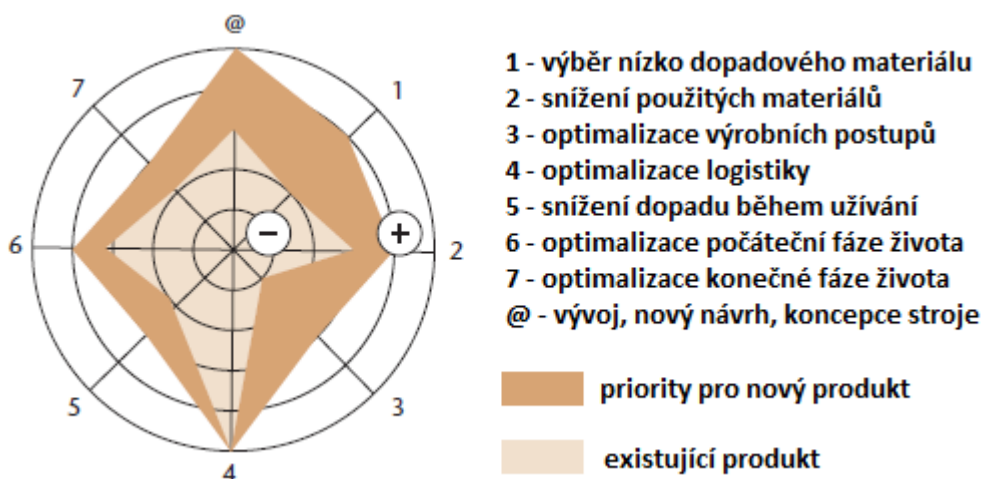
Další srovnávací nástroj, je založen na seznamu kontrolních otázek, které poskytují podporu pro analýzu dopadu produktu na životní prostředí. Seznam se skládá z otázek, které mohou představovat zhoršení v oblasti životního cyklu. Kontrolní seznam začíná s otázkami týkající se fungování výrobku jako celku. Určí se, do jaké míry zařízení splňuje své hlavní a pomocné funkce. Další otázky představují ostatní zbylé funkce ovlivňující životní prostředí (výroba, distribuce, využití, odstranění). Kontrolní seznam je složen ze dvou sloupců, kde v levém sloupci jsou uvedeny pokládané otázky a v pravém sloupci případná zlepšení.

### 3.10 EOD

Nástroj EOD má za účel prezentovat vztahy mezi technickým popisem produktu (např. materiál, efektivita energie, spotřeba energie, opravitelnost) a environmentálními aspekty produktu (např. použití materiálu, snížení hmotnosti, snížení spotřeby, využití recyklovatelných materiálů). Metoda předpokládá, že uživatel si vhodně zvolí variantu pro své potřeby bez zbytečného předdimenzování stroje.

### 3.11 ECONCEPT SPIDERWEB

Nástroj určený k rozhodnutí mezi různými variantami návrhu. Vytvoří se tzv. pavučinový diagram, který umožní uživateli posouzení produktu s pomocí souboru environmentálních kritérií (obr. 6).



Obr.6 Ecodesignová strategie kola [16]

Kritéria obvykle obsahují hodnocení materiálového využití, využití dopravy, spotřeby energie, vznikajících odpadů, toxicity a životnosti. Ohodnocení se provádí nejčastěji v rozmezí 0 - 5 (0-nejhorší, 5-nejlepší). Po celkovém ohodnocení každého kritéria dostáváme



pavučinovou osu a celkovou charakteristiku produktu. Na základě tohoto schématu se provede návrh na zlepšení v příslušných oblastech.

### 3.12 LIDS – WHEEL

Nástroj určený k podávání přehledu o potenciálním zlepšování prostředí. Posuzuje se zde osm oblastí ke zlepšení, které poskytují kvalitativní hodnocení systému.

Jsou to: [17]

- a) vybírání z nízko dopadových materiálů,
- b) snížení využitých materiálů,
- c) optimalizace výrobních postupů,
- d) optimalizace výrobního systému,
- e) snížení nežádoucích vlivů během používání,
- f) optimalizace počáteční životnosti,
- g) optimalizace konce životnosti systému a nové koncepce rozvoje.

### 3.13 THE MORPHOLOGICAL BOX

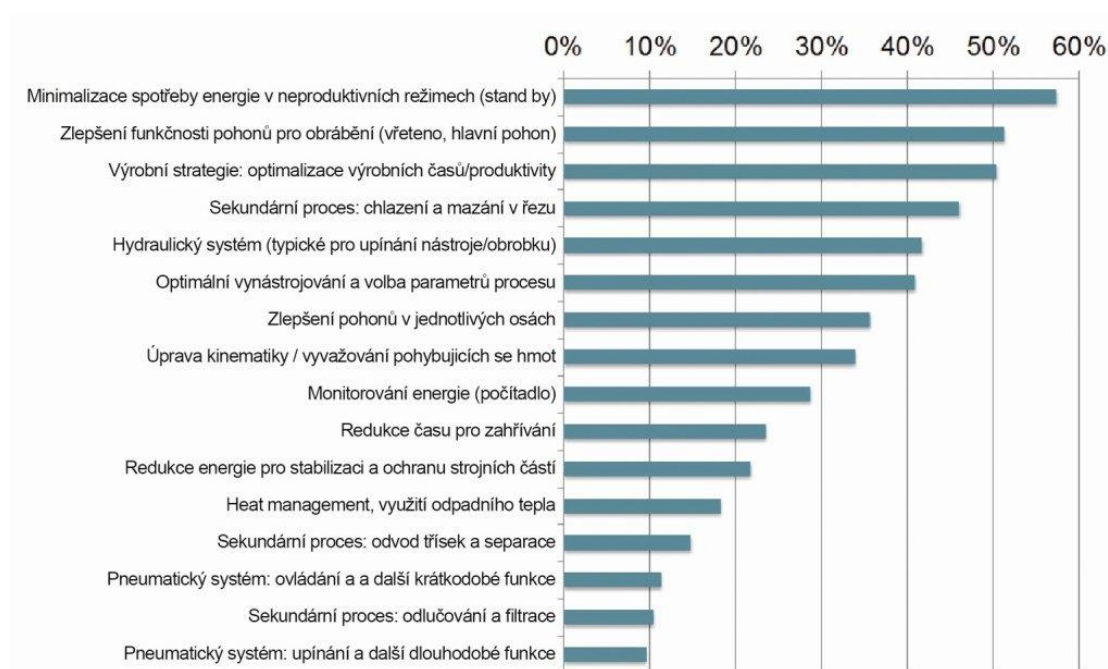
Tato metoda není považována za úplně typický nástroj ecodesignu. Může nám ale pomoci ve hledání nových kreativních řešení. Metoda je založena na rozdělení systému do prvků, např. částí výrobku. Každý prvek je určitým způsobem popsán a hodnocen. V dalším kroku se hledá alternativní řešení pro produkt a tvoří se kombinace návrhů pro každý prvek.



## 4 ECODESIGN, VÝROBCI A UŽIVATELÉ

Zavádění zejména právních požadavků ze strany EU do skutečného průmyslu může být složité. Z tohoto důvodu vzniklo evropské sdružení Cecimo, které komunikuje se všemi národními představiteli a následně navrhuje připomínky k jednotlivým předpisům. V ČR vede jednání SST spolu s výzkumným centrem FS ČVUT. Do diskuse je přizvána i celá řada významných průmyslových představitelů.

Protože stanovit jednotnou normu pro strojírenské zařízení je velmi obtížné z důvodu velkého množství kategorií strojů, skupina Cecimo se spolu s jejími čelními průmyslovými představiteli zavázala k tzv. samoregulační iniciativě SRI. Jedná se o sběr dat, které poskytnou samotné podniky s následným vyhodnocením a návrhem na zlepšení.



Obr.7 Priority českých výrobců na jednotlivá opatření týkající se energetické náročnosti obráběcích strojů [17]

### 4.1 OPATŘENÍ KE SNÍŽENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI STROJŮ

Největší potenciál k úspoře energie se v dnešní době nachází u pomocných periférií – hydraulického systému, čerpadel chladicí kapaliny nebo rozvodů stlačeného vzduchu. Tyto úspory mohou být až v řádu několika procent. Existují i další možnosti jak šetřit energii ale s výrazně menším potenciálem.

Jakmile stroj už jednou prošel úpravami pro snížení energetické náročnosti a byly napraveny hlavní nedostatky, je náročné hledat další zlepšení a bojuje se doslova o procenta. [45]

#### 4.1.1 PERIFERIE STROJŮ

Do periférie strojů můžeme zařadit například chlazení řezného procesu, čerpadlo kapaliny, kompresor vzduchu, hydraulický systém, chlazení stroje nebo manipulaci s nástrojem. Je nutné si ujasnit, co od dané periférie v určitý okamžik potřebujeme. Nepotřebujeme, aby vykonávala zbytečnou práci. Dále je třeba nalézt nejméně energeticky náročnou variantu pro





plnění požadované funkce. Obvyklou věcí je, že daná periferie je naprogramována na automatické vypnutí, spuštění nebo přechod do klidového režimu, čímž se eliminuje odběr nepotřebné energie ze sítě.

#### 4.1.2 KONCEPCE STROJŮ A JEJICH STRUKTURA

Celková koncepce stroje nám může umožnit výraznou úsporu jak v samotné výrobě, tak v provozních podmínkách. Logickým závěrem je snížení hmotností jednotlivých dílů s předpokladem potřeby menšího příkonu na posun. Je nutné ovšem zachovat požadovanou pevnost a tuhost dílců.

V dnešní době je běžné doplnění nebo nahrazení jednotlivých dílů ze šedé a tvárné litiny ocelovými svařenci. Případně může být k vyplnění použita kovová pěna, což je forma materiálu, která sníží hmotnost stroje a zároveň zachová jeho pevnost a odolnost. Energetické úspory přináší i sdružení pohybových os u vícevřetenových strojů. Dle projektu CK – SVT je skrytý velký potenciál v aplikaci vláknových kompozitů. Je potřeba ale zaručit, že tyto materiály budou dlouhodobě splňovat požadované předpoklady pro správnou funkci stroje.

Úspory se netýkají jen oblasti provozu stroje ale i použitých materiálů na jeho konstrukci, kde je snaha o vyšší podíl nasazení plastových dílců. Změna nastala také ve změně způsobu kabeláže stroje. Zavedením průmyslových sběrnic do elektroinstalace strojů dochází k úspoře materiálu potřebného na rozvedení elektrického systému stroje. Možnost úspory je také ve výměně osvětlení pracovní plochy za úsporné LED diody, které zmenší odběr energie a zvýší jejich životnost oproti předchozím halogenovým žárovkám.

#### 4.1.3 ŘÍZENÍ A INTELIGENCE STROJŮ

V samotném řízení strojů, NC os a správném nastavení PLC automatů se také skrývá významný potenciál pro úsporu energie. V dnešní době všichni významní výrobci umožňují přechod stroje do hibernačního režimu v době, kdy nekoná práci. Tento jev je již naprosto běžný u osobních počítačů nebo mobilních telefonů, avšak u strojních zařízení je třeba uvažovat i tepelně-deformační stabilitu pro správnou funkci zařízení. Proto se do hibernačního režimu uvádějí spíše méně významné komponenty důležité pro chod stroje, jako jsou různé ventilátory a chladiče agregátů. Využití je především v malosériové výrobě. Další úspora je možná v nastavení rychlosti posuvu, kdy je třeba zvážit, zda opravdu potřebujeme pro správnou funkci stroje nejvyšší rychlost.

#### 4.1.4 HYDRAULICKÝ SYSTÉM

U obráběcích strojů je rozšířen přístup, kdy je požadovaný tlak v okruhu hydrauliky nastaven pomocí přepouštěcího ventilu a čerpadlo běží prakticky nonstop. Výhodnější je využít aktivní regulace On/Off a sedlového ventilu za vhodně dimenzovaným akumulátorem, neboť hydraulika plní jen velmi krátkodobě mechanické funkce. [18]

Potenciál pro úsporu se skrývá zejména ve frekvenčním řízení a rekuperaci brzděné energie.

U tvářecích strojů je úspora energie řešena zejména úplným nahrazením hydraulicky ovládaných jednotek elektrickými s přímým pohonem.



#### 4.1.5 CHLAZENÍ ŘEZNÉHO PROCESU

V současné době je obvyklé frekvenční řízení vysokotlakých i nízkotlakých čerpadel řezné kapaliny namísto regulace standardním přepouštěním těchto čerpadel.

Frekvenčně řízená čerpadla obsahují řídicí jednotku, která sleduje výstupní tlak a otáčky motoru upravuje podle potřeby. [18]

Regulace přepouštěcím ventilem znamená to, že při daném tlaku je část kapaliny akceptována systémem nástroje, zbylý průtok je však přepouštěn za plného tlaku zpět do nádrže. Záleží pak na počtu a průměru otvorů v nástroji, jak velký podíl energie se bez užitku maří. [18]

Při vhodně zvolených chladících podmínkách je možné dosáhnout i zkrácení obráběcího procesu a tím zefektivnit výrobu.

#### 4.1.6 MAZÁNÍ POHYBLIVÝCH ČÁSTÍ

Způsob mazání pohyblivých částí stroje má také vliv na energetickou úsporu. Olejové mazání sebou nese určité nevýhody, jako jsou kontaminace maziva s chladicí kapalinou nebo zajištění správné funkce pomocí sběrače kapaliny jako dalšího komponentu. Mazání pomocí plastického maziva tyto nevýhody odstraňuje a navíc má lepší mazací vlastnosti a lépe drží na namazaných místech.

#### 4.1.7 OBRÁBĚCÍ PROCES

V této oblasti se nachází dvě možnosti pro úsporu energie, které však nemůžou být ovlivněny výrobcí strojů. První oblastí je nastavení řezných podmínek nástroje uživatelem. Zde můžou být nastaveny optimální řezné podmínky, nicméně energetická úspora není hlavním ukazatelem obráběcího procesu. Druhou možností je optimalizace elektromagnetických obvodů motorů. Bohužel většina výrobců tyto komponenty odebírá od již zavedených dodavatelů, čímž je jejich vliv na výrobu těchto komponent značně omezen.

#### 4.1.8 PNEUMATICKÝ SYSTÉM

Účinnost pneumatického systému je založena na účinnosti vhodně nastavené kompresorové soustavy spolu s rozvodou. Toho lze dosáhnout opět frekvenčním řízením. Další úspora může být v zabezpečení míst se zbytečným únikem vzduchu. K nalezení těchto míst můžeme použít ultrazvukový snímač.

#### 4.1.9 ÚSPORA NA STRANĚ UŽIVATELE

Úspory lze výrazně dosáhnout i na straně užívání stroje zákazníkem. Je potřeba si ujasnit využití strojů a organizaci výroby, aby nedocházelo k zbytečnému provozu předimenzovaných strojů.

Pokud přeskočíme otázky, zda je daný dílec vůbec potřeba a zda je vhodně konstruován, zbývá nám několik etap: [19]

- a) návrh výrobního řetězce,
- b) volba nástrojů, řezných podmínek a řezného prostředí,
- c) vygenerování CL dat (trajektorie) a postprocessing do formy NC programu,
- d) odladování výroby,
- e) organizace výroby, chování obsluhy, vedlejší neproduktivní časy.



## 5 MĚŘENÍ SPOTŘEBY KAPALINY A VZDUCHU

### 5.1 CÍL MĚŘENÍ

Cílem měření bylo pomocí normy TS B 0024-1:2010 změřit spotřebu chladicí kapaliny při pracovním procesu a spotřebovaný vzduch používaný při výměně nástroje a při ofuku pravítek. Obrobek je vyroben z konstrukční oceli 12 050 s rozměrem podstavcy stanoveným dle požadavku stroje na 95 mm.



Obr.8 Obrobený polotvar s podstavou 95 mm

### 5.2 MĚŘENÉ ZAŘÍZENÍ

Měřené hodnoty byly získány z vertikálního obráběcího centra MCV 754 QUICK od firmy Kovosvit MAS. Obráběcí centrum s lineárním a valivým vedením umožňuje 4 a 5 osé obrábění s možností využití přídatného otočného a sklopného stolu. Měření polohy probíhá přímým způsobem. Práci vřetene zajišťuje motor SIEMENS S1/S6-40% s výkonem 13/9 kW.



Obr.9 Obráběcí centrum MCV 754 QUICK [20]



K uchování nástrojů slouží 24 místný zásobník a k práci výkonné nástroje s vysokotlakým středovým chlazením. Obráběcí proces je naprogramován pomocí jazyka Sinumerik 840 DSL. Centrum má nosnou konstrukci postavenou ve tvaru C. Pracovní prostor je chráněn vodotěsnou kabinou s osvětlením a ručním oplachem. U stroje je také možné použít tzv. dálkovou diagnostiku, která umožňuje na dálku analyzovat stav stroje přes komunikační software. Se strojem je přidáván také nástroj MAS MACHINE MONITOR sloužící ke zvýšení produktivity provozu nahlédnutím do historie provozních stavů s předpokladem jejich zefektivnění.

Tab.3 Technické parametry MCV 754 QUICK [20]

Prvky centra	Rozměry	Jednotky
Stůl		
Upínací plocha stolu	1000x5000	[mm]
Maximální zatížení stolu	400	[kg]
Pracovní rozsah		
X-osa	754	[mm]
Y-osa	500	[mm]
Z-osa	550	[mm]
Vřeteno		
Výkon motoru SIEMENS (S1/S6 - 40%)	9/13	[kW]
Max. otáčky vřetena	10000	[ot/min]
Kuželová dutina vřetena	ISO 40	-
Rozměry stroje		
Délkaxšířkaxvýška	2590x2320x2560	[mm]
Hmotnost stroje	4000	[kg]
Pracovní tlak vzduchu	0,55-0,6	[MPa]
Hmotnost stroje	4000	[kg]
Čas výměny sousedního nástroje	3	[s]

## 5.3 MĚŘÍCÍ PŘÍSTROJE

### 5.3.1 MĚŘIDLO SD6000

Jedná se o hlídač spotřeby tlakového vzduchu (obr. 11). Přístroj měří 4 procesní veličiny – rychlost proudění, průtokové množství, množství spotřeby a teplotu média. Zpracování naměřených signálů probíhá pomocí vytvoření 2 výstupních signálů v souladu s nastavením parametrů. Průtok je hlídán kalorimetrickým měřícím systémem a naměřené signály jsou vyhodnoceny elektronicky. [21]

Měřidlo bylo dle pokynů namontováno blízko zátěže na vertikální potrubí v tzv. libovolné poloze a v souladu se směrem proudění před filtrem vzduchu, viz obr. 7. Potřebný vzduch je zajištěn pomocí kompresoru.

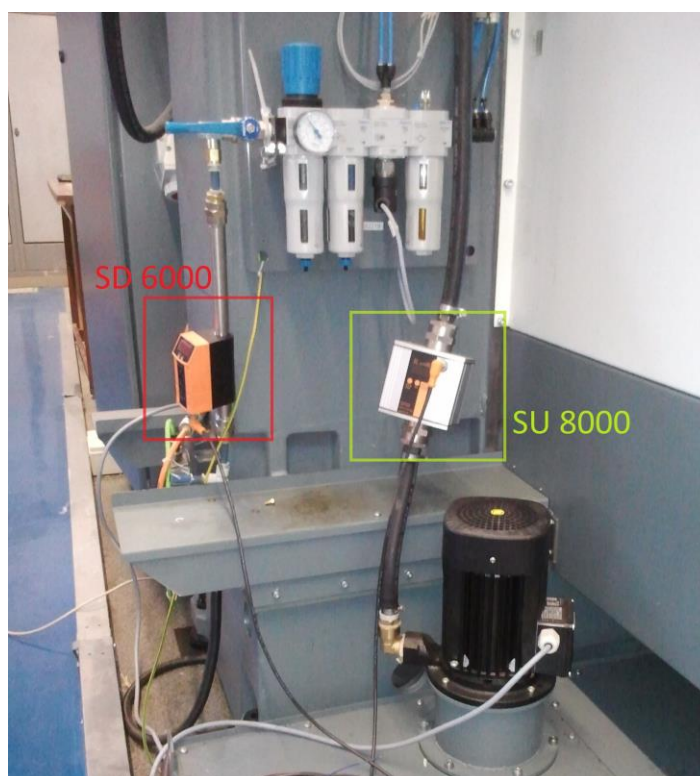


### 5.3.2 MĚŘIDLO SU8000

Jedná se o ultrazvukový senzor průtoku (obr. 11). Senzor hlídá proudící médium. Přístroj detekuje 3 procesní veličiny, průtokové množství, množství spotřeby a teplotu média. Průtok je hlídán ultrazvukovým měřicím systémem, měřicí signály jsou vyhodnoceny elektronikou. [22]

Přístroj lze použít na měření vody, roztoku glykolu a oleje při viskozitě  $68\text{mm}^2$  a při  $40^\circ\text{C}$ . Hodnocení probíhá opět vytvářením dvou výstupních signálů s nastaveným parametrizováním.

Montáž byla provedena dle pokynů v příloze. Přístroj byl umístěn za čerpadlo přimontované pomocí podstavce na vaně s chladicí kapalinou ve vzdálenosti alespoň 5-ti násobku průměru trubice, aby bylo dodrženo umístění do části zařízení, kde médium proudí pod tlakem a stoupá a dostatečně omezeny rušivé vlivy.

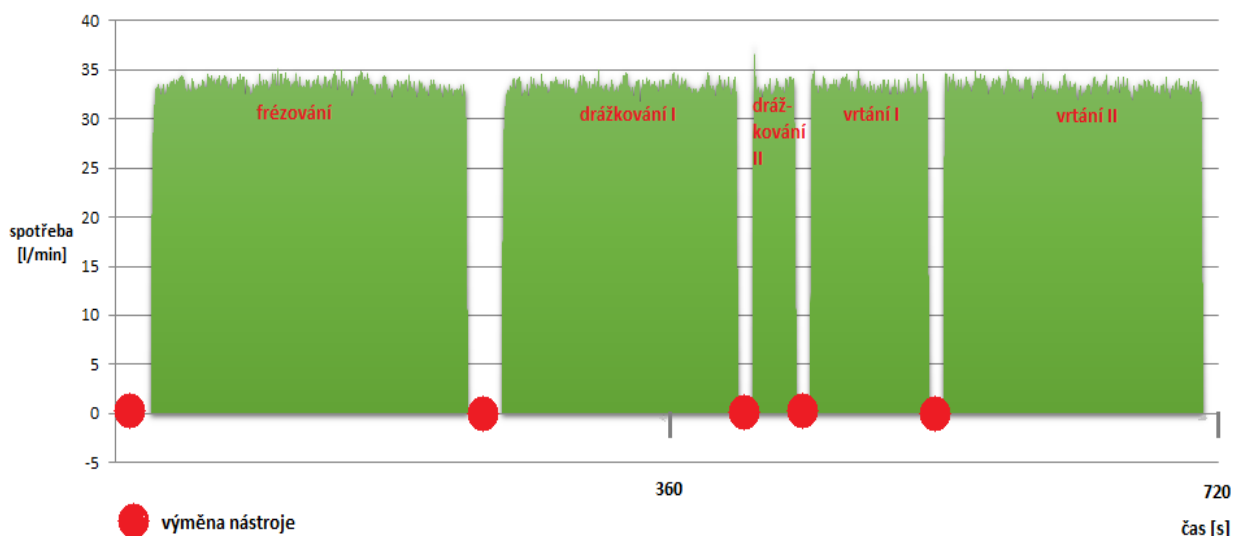


Obr.10 Zabudovaný měřicí systém

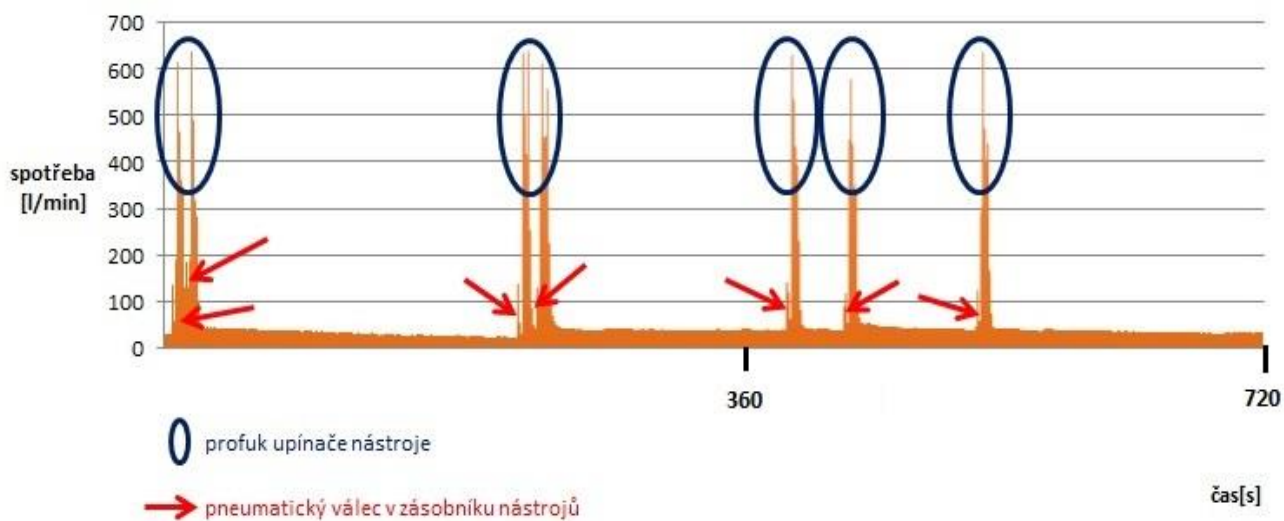
Do gumové trubice rozvodu bylo měřidlo zabudováno pomocí adaptérů. Následná dráha média byla ještě upravena ohybem trubice s předpokladem omezení hydraulického rázu a přesnějšího měření.



## 5.4 NAMĚŘENÁ DATA



Obr.11 Spotřeba kapaliny za čas při obráběcím procesu



Obr.12 Spotřeba vzduchu za čas při obráběcím procesu



## 5.5 VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ

Obrábění určeného polotvaru proběhlo v časovém horizontu dvanácti minut. Za tuto dobu bylo naměřeno 64 400 hodnot pro vzduch i kapalinu. Měřené veličiny byly získány z čelního frézování o nastavení velikosti třísky na 0,5 mm a 1 mm. Dalším procesem bylo drážkování o velikosti 10 mm a 16 mm se třemi velikostmi hloubky děr (1 mm, 2 mm a 3 mm). Pro každou hloubku se proces opakoval třikrát. Posledním měřením bylo vrtání o průměru 10 mm a 16 mm, zde byl proces pro každý průměr opakován šestkrát. Naměřená data bylo třeba do konečného zhodnocení částečně upravit. Jednalo se o zredukování chyby hodnot v grafu spotřeby kapaliny. Tato chyba nastala, protože při vypnutí čerpadla došlo k zavzdušnění měřicího prostoru.

### Vyhodnocení kapaliny

Z naměřených hodnot vyplývá, že nejnáročnější proces na chlazení kapalinou bylo čelní frézování, naopak nejméně náročným procesem bylo drážkování rozměru 10 mm. Z výsledků vrtání lze také vidět, že náročnějším procesem je vrtání průměru 10 mm z důvodu potřeby většího chlazení nástroje.

Průměrná spotřeba kapaliny při obráběcím procesu obrobku byla 19,3512 l/min při celkové spotřebě přibližně 214,85 l/min.

### Vyhodnocení vzduchu

Největší spotřeba vzduchu nastává při výměně nástroje, kdy je nutno správně upnout požadovaný nástroj. Po výměně nástroje se spotřeba významně snižuje, kdy je vzduch potřebný pouze na ofuku pravítek pro odměřování.

Průměrná spotřeba vzduchu při obráběcím procesu byla 65,7 l/min při celkové spotřebě přibližně 890,047 l/min.



## ZÁVĚR

V současné době je plno možností jak uplatnit ecodesign do konstrukce výrobních strojů. Na uplatnění nám dohlíží Evropská unie, která stanovuje odrazující sankce subjektům, jenž nebudou stanovená pravidla dodržovat. Ecodesign jako takový může přinášet i snížení výše příjmů podniků s následkem zániku. To se děje například v důsledku stěhování výroby na asijský trh a snižováním konkurenceschopnosti právě s podniky, které nejsou svázány evropskou legislativou. Z tohoto důvodu dochází k důležité diskusi mezi podniky a státní jurisdikcí.

Náročnost spotřeby a energií různých procesů a systémů zjišťujeme pomocí environmentálních nástrojů. Lze najít dva druhy nástrojů, srovnávací a vyhodnocovací. Všechny nástroje mají základ v metodě LCA. Tato metoda je však nejvíce náročná na sběr i hodnocení dat. Pokud nepotřebujeme stanovit kompletní zatížení systému, tak je vhodnější použít méně časově i pracně náročné nástroje hodnotící pouze jednu námi požadovanou oblast. Tento přístup nám umožní lepší možnost zavádět ecodesign do konstrukce strojů a umožní větší flexibilitu na případnou změnu ve výrobním procesu.

Kvalita ecodesignu je přímo spojena s možnou technickou vyspělostí výrobce i uživatele. Dnešní výrobci nevyrábějí nekvalitní stroje. Jejich produkty již běžně obsahují nejznámější opatření k energetické úspoře a jejich oblasti vývoje jsou na výborné úrovni. U starších typů strojů však pomocí určitých technologických změn můžeme výrazně přispět k úspoře energií i ochraně životního prostředí. V otázce, zda vylepšovat staré stroje nebo si pořídit nové je pro životní prostředí příhodnější zakoupit zcela nový stroj, který je vyroben z lepších materiálů, spotřeba energie není tak velká a je lépe recyklovatelný. Likvidace starého stroje samozřejmě spotřebuje také energii, avšak úspora v pracovní fázi stroje nového nám recyklaci bude kompenzovat.

K oblasti technologické vyspělosti významně přispívají i vědecká pracoviště pod záštitou nejlepších technických univerzit, která se snaží najít další oblasti s potenciálem pro úspory energií. Oblasti vývoje se zabývají celou řadou zlepšení, například výzkumem nových nekonvenčních materiálů výrobních strojů nebo simulačními softwary pro optimalizaci procesů a nástrojů.

Ecodesign má v každém případě výrazný vliv na konstrukci strojů. Pokud bude EU pokračovat ve vydávání nových právních a legislativních opatření, je jen otázkou času, kdy všechna strojní zařízení v provozu budou mít velmi dobrou technickou úroveň a zatížení na životní prostředí nebude tak velké. Zároveň se budou objevovat stále nová technologická řešení a bude pokračovat podpora vývoje a výzkumu.

Měření hodnot spotřeby a kapaliny proběhlo úspěšně. Po získání potřebných dat byly zkonstruovány grafy znázorňující aktuální spotřebu stroje při daném procesu. Při měření je nutné postupovat v daných krocích, které povedou k získání správných hodnot.





## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.1 Podíl emisí podle odvětví v EU [1]	Str.12
Obr.2 Obrobek s hranou podstavy 120 mm [10]	Str. 17
Obr.3 Schéma pro stanovení látkové a energetické bilance výrobků [11]	Str. 18
Obr.4 Matice MET [12]	Str. 19
Obr.5 Stanovení TPI [12]	Str. 20
Obr.6 Ecodesignová strategie kola [16]	Str. 22
Obr.7 Priority českých výrobců na jednotlivá opatření týkající se energetické Nářočnosti obráběcích strojů [17]	Str. 24
Obr.8 Obrobený polotovar s podstavou 95 mm	Str. 27
Obr.9 Obráběcí centrum MCV 754 QUICK	Str. 27
Obr.10 Zabudovaný měřicí systém	Str. 29
Obr.11 Spotřeba kapaliny za čas při obráběcím procesu	Str. 30
Obr.12 Spotřeba vzduchu za čas při obráběcím procesu	Str. 30



## SEZNAM TABULEK

Tab.1 Posuzovací matice životního cyklu [8] Str. 16

Tab.2 Matice MECO [15]Str. 21

Tab.3 Technické parametry MCV 754 QUICK [20]Str. 28



## POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] Zpráva komise evropskému parlamentu a radě; Pokrok v plnění cílů kjótského protokolu a cílů EU pro rok 2020. In: Brusel, 9. 10. 2013.
- [2] *Evropská komise*. [online]. [cit. 2014-03-19]. Dostupné z: [http://ec.europa.eu/eu\\_law/directives/directives\\_cs.htm](http://ec.europa.eu/eu_law/directives/directives_cs.htm)
- [3] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES. In: Brusel, 21. 10. 2009.
- [4] Směrnice Rady 92/75/EHS. In: Brusel, 22. 9. 1992.
- [5] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/95/ES. In: Brusel, 27. 1. 2003.
- [6] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/96/ES. In: Brusel, 27. 1. 2003.
- [7] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/121/ES. In: Brusel, 18. 12. 2006.
- [8] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1980/2000. In: Brusel, 17. 7. 2000.
- [9] ČSN EN ISO 14040. *Environmentální management - Posuzování životního cyklu - Zásady a osnova*. 2006.
- [10] HOLKUP, T., J. VYROUBAL a J. SMOLÍK. Improving energy efficiency of machine tools. s. 1. Dostupné z: [http://www.gcsm.eu/Papers/53/4.1\\_79.pdf](http://www.gcsm.eu/Papers/53/4.1_79.pdf)
- [11] ČURDA, Dušan. *Ekologická bilance - hodnocení životního cyklu*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 1996, 60 s. ISBN 80-853-6895-1.
- [12] SZENDIUCH, Ivan. *Legislativa a životní prostředí - Úvod do strategií návrhu ekologických výrobků v elektronice a elektrotechnice*. Vysoké Učení Technické v Brně, FEKT, ÚMEL.
- [13] Toxic Potential Indicator (TPI) - Fraunhofer IZM. [online]. [cit. 2014-05-19]. Dostupné z: [http://www.izm.fraunhofer.de/en/abteilungen/environmental\\_reliabilityengineering/key\\_research\\_areas/environmental\\_assessmentandeco-design/toxic-potential-indicator--tpi-.html](http://www.izm.fraunhofer.de/en/abteilungen/environmental_reliabilityengineering/key_research_areas/environmental_assessmentandeco-design/toxic-potential-indicator--tpi-.html)
- [14] *Key Environmental Performance Indicators (KEPIs): A New Approach to Environmental Assessment*. Dostupné z: [http://www.lcaforum.ch/Portals/0/DF\\_Archive/DF27/Stutz2KEPIPaper2004.pdf](http://www.lcaforum.ch/Portals/0/DF_Archive/DF27/Stutz2KEPIPaper2004.pdf)
- [15] HOCHSCHORNER, Elisabeth. *Life cycle thinking in environmentally preferable procurement*. Stockholm: Royal Institute of Technology, 2008. ISBN 978-917-1789-105.
- [16] [online]. s. 2 [cit. 2014-04-20]. Dostupné z: [http://www.balticuniv.uu.se/index.php/component/docman/doc\\_download/819-environmental-management-book-3-chapter-3](http://www.balticuniv.uu.se/index.php/component/docman/doc_download/819-environmental-management-book-3-chapter-3)



- [17] HOCHSCHORNER, Elisabeth. *Assessment of tools for Enviromentally Preferable Procurement with a Life Cycle Perspective - The case of acquistion in Swedish Defence*. Stockholm: Royal Institute of Technology, 2004.
- [18] VRHEL, Jiří a DVOŘÁK, Roman. Šedesát měsíců pro energetickou efektivitu. MM. Průmyslové spektrum. 2013, č. 11, s. 26.
- [19] HOLKUP, Tomáš a kol. Vyrábět stejně za méně – energetická efektivita obráběcích strojů. MM. Průmyslové spektrum. 2013, č. 11, s. 32.
- [20] HOLKUP, Tomáš a kol. Energeticky úsporné výrobní stroje. MM. Průmyslové spektrum. 2012, č. 11, s. 22.
- [21] MCV 754 QUICK | KOVOSVIT MAS. [online]. [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://www.kovosvit.cz/cz/produkty/technologie-frezovani/vertikalni-obrabeci-centra/mcv-754-quick>
- [22] IFM ELECTRONIC. *Návod k obsluze: Hlídač spotřeby tlakového vzduchu*. 2012.
- [23] IFM ELECTRONIC. *Návod k obsluze: Ultrazvukový senzor průtoku*. 2010.
- [24] EcoDesign Checklist. *Thayer School of Engineering at Dartmouth* [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: [https://engineering.dartmouth.edu/~d30345d/courses/engs171/EcoDesign\\_Checklist\\_Delft\\_University.pdf](https://engineering.dartmouth.edu/~d30345d/courses/engs171/EcoDesign_Checklist_Delft_University.pdf)
- [25] SMOLÍK, Jan. Centrum kompetence – Strojírenská výrobní technika. MM. Průmyslové spektrum. 2013, č. 1, s. 30.
- [26] SMOLÍK, Jan. Centrum kompetence – Strojírenská výrobní technika, část 2. MM Průmyslové spektrum. 2012, č. 12, s. 38.
- [27] KOPAL, Miroslav. Podpora ekodesignu. MM Průmyslové spektrum. 2012, č. 11, s. 30.
- [28] ODSTRČILÍK, Dalibor. Ekodesign v konstrukci obráběcích center. MM Průmyslové spektrum. 2012, č. 11, s. 28.
- [29] DVOŘÁK, Roman. Anketa mezi výrobci obráběcích strojů. MM Průmyslové spektrum. 2013, č. 11, s. 29.
- [30] HOLKUP, Tomáš a kol. Ekodesign výrobních strojů. MM. Průmyslové spektrum. 2012, č. 11, s. 20.
- [31] DVOŘÁK, Roman. Je ekodesign dobrý sluha nebo špatný pán? MM Průmyslové spektrum. 2012, č. 4, s. 16.



## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

CK-SVT	[-]	Centrum kompetence – strojírenská výrobní technika
CL	[-]	Cutter location
ČR	[-]	Česká republika
EHS	[-]	Evropské hospodářské společenství
EOD	[-]	Environmental objectives deployment
ERPA	[-]	Environmentally responsible product assessment
ES	[-]	Evropské společenství
EU	[-]	Evropská unie
FS ČVUT	[-]	Fakulta strojní České Vysoké učení Technické
KEPI	[-]	Key environmental performance indicators
LCA	[-]	Life cycle assessment
LCI	[-]	Life cycle inventory
LED	[-]	Light-emitting diode
MCV	[-]	Machining center vertical
NC	[-]	Numerical controller
OEEZ	[-]	Odpadní elektrické a elektrotechnické zařízení
OSN	[-]	Organizace spojených národů
PLC	[-]	Programmable logic controller
SETAC	[-]	Society of environmental toxicology and chemistry
SRI	[-]	Self-regulator initiative
SST	[-]	Svaz strojírenské technologie
TPI	[-]	Toxic potential indicator
VEUEZ	[-]	Výbor Evropské unie pro ekoznačku



## SEZNAM PŘÍLOH

- výkres obráběného polotvaru
- CD-ROM, které obsahuje:
  - naměřená data
  - G-kod v programu Sinumerik 840 DSL pro nastavení pracovních pohybů
  - výkres obráběného polotvaru