

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská

Diplomová práce

2014

Jan Vašák

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra lesní těžby

**Hodnocení vyvážecích strojů užívaných na vybraném
pracovišti pomocí energetického auditu**

Diplomová práce

Autor: Jan Vašák

Vedoucí práce: doc. Ing. Alois Skoupý CSc.

2014

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra lesní těžby

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Vašák Jan

Lesní inženýrství

Název práce

Hodnocení vyvážecích strojů užívaných na vybraném pracovišti pomocí energetického auditu

Anglický název

Energy audit as a method for forwarder operations assesing at selected working place

Cíle práce

Porovnání vyvážecích strojů na vybraných pracovištích metodou energetického auditu. Porovnání různých strojů a nebo různých výrobních podmínek a vyjádření vlivu zjištěných faktorů na velikost spotřeby energie.

Metodika

Na základě literární rešerše a mezinárodních standardů bude zpracována vlastní metodika umožňující doplnit zadaný cíl práce.

Harmonogram zpracování

15/6/2013 literární rešerše, do 15/7 konzultován návrh metodiky, červenec a srpen vlastní terénní šetření, konzultace a rámcové hodnocení získaných dat do konce září 2013, doplňující sledování do konce listopadu, do konce února zpracované výsledky a do konce března předání první verze rukopisu. V případě potřeby lze dohodnout upřesnění. O postupu prací a závěrech konzultací ved'te podrobný deník.

Rozsah textové části

46 - 60 stran včetně případných příloh

Klíčová slova

lesnická technika, energetický audit, těžební operace, vyvážení, vyvážecí stroj

Doporučené zdroje informací

LIŠKA, S. -- KLVAČ, R. Analýza spotřeby paliv harvesterové technologie. In ČERMÁK, P. -- BODEJČKOVÁ, I. -- ŽID, T. Krajina-Les-Dřevo. Brno: Lesnická a dřevařská fakulta Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně, 2007, s. 435--441. ISBN 978-80-87139-79-0.

KLVAČ, R. -- WARD, S. -- OWENDE, P. -- LYONS, J. Energy Audit of Wood Harvesting Systems. Scandinavian Journal of Forest Research. 2003. sv. 18, č. 2, s. 176--183. ISSN 0282-7581.

KLVAČ, R. -- SKOUPÝ, A. Energy audits of wood processing technologies. In IUFROLAT 2006, BOSQUES - La creciente importancia de sus funciones ambientales, sociales y económicas. La Serena - Chile: INFOR, 2006, s. 30.

KLVAČ, R. -- SKOUPÝ, A. Life-Cycle Fuel Emissions of Harvesting and Logging Technologies. In Logging and Wood Processing in Central Europe. Czech University of Life Science in Prague: Prknova, 2007, s. 42--47. ISBN 978-80-213-1652-2.

ATHANASSIADIS D., 2000 Jun 8;255(1-3):135-43, Sci Total Environ. Energy consumption and exhaust emissions in mechanized timber harvesting operations in Sweden.

OWENDE, P. M. O., J. LYONS and S. M. WARD. 2002. Operations Protocol for Ecoefficient Wood Harvesting on Sensitive Sites. EU 5th Framework Project (Quality of Life and Management of Living Resources) Contract No. QLK5-1999-00991 (1999-2002).

KOTAS, M. Energetický audit technologického řešení využití dendromasy. Mendelova univerzita v Brně, 2013, (Diplomová práce), 139 s.

Vedoucí práce

Skoupý Alois, doc. Ing., CSc.

Termín odevzdání

duben 2014

Elektronicky schváleno dne 5.9.2013

doc. Ing. Alois Skoupý, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10.9.2013

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan fakulty

„Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Hodnocení vyvážecích strojů užívaných na vybraném pracovišti pomocí energetického auditu vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Aloise Skoupého CSc. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.“

V..... dne.....

Jan Vašák

Poděkování:

Touto cestou bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Aloisi Skoupému, CSc. a to především za čas strávený konzultacemi, dále také za jeho pomoc, ochotu a odborné vedení při řešení této práce. Dále bych chtěl poděkovat pracovníkům společnosti Fischer s.r.o. a mnoha soukromým vlastníkům harvesterových technologií, kteří projevili mimořádnou ochotu při poskytování cenných informací a podali mi pomocnou ruku při sběru dat a získávání cenných praktických rad. Poslední dík patří mé životní partnerce, bez jejíž podpory by vytvoření této práce bylo nemyslitelné.

Jméno (Author): Jan Vašák

Název: Hodnocení vyvážecích strojů užívaných na vybraném pracovišti pomocí energetického auditu

Title: Energy audit as a method for forwarder operations accesing at selected working place

Abstrakt

Tato práce je zaměřena na posouzení harvesterové technologie využívané při dopravě vytěžené dřevní hmoty. Plně mechanizovaná technologie je zde zkoumána z pohledu energetického auditu a je vztáhnuta ke konkrétnímu stanovišti. Energetická náročnost je posuzována z pohledu spotřeby energie potřebné na výrobu, provoz, servis a vyřazení, či recyklaci stroje. V metodice je zpracován postup, který napomáhá k dosažení výše uvedených cílů. Výsledky této diplomové práce mohou být jednak použity pro srovnání jednotlivých dopravních strojů mezi sebou, ale také pro srovnání jednotlivých technologií při provádění dopravních prací v lesích kdekoli na světě.

Klíčová slova: Lesnická technika, energetický audit, těžební operace, vyvážení, vyvážecí stroj

Abstract

This study is focused on assesing of harvester technology, which are used for transport of logging wood mass. Full mechanized technology is qualify on the base of energy audit at selected working place. Energy intensity is qualify as energy amount to machine manufacturing, operation, maintenance and repair, recycling or wasting of the machine. Procedure, which contribute to objectives is elaborate in methodology. The results give the opportunity to compare different transporting technologies from global impact to the environment.

Keywords: Forestry technology, energy audit, logging operations, forwarding, forwarder

Obsah

1. Úvod	11
2. Problematika	13
2.1. Úniky látek do životního prostředí	13
2.2. Více - operační těžební a soustřed'ovací stroje.....	14
2.3. LCA	17
2.4. Energetický audit	20
2.4.1. Související legislativa.....	20
2.4.2. EA	21
3. Metodika	33
3.1. Formulář	33
3.2. Energetické jednotky	34
4. Výsledky	37
4.1. Oblast sběru dat	37
4.2. Energie	40
4.2.1. Forwarder Valmet 830.3	42
4.2.2. Forwarder Valmet 840.3	44
4.2.3. Forwarder Rottne F9	47
4.2.4. Forwarder Rottne F9-6.....	49
4.2.5. Forwarder Rottne F10 B.....	52
4.2.6. Forwarder Rottne F12 S	54
4.2.7. Forwarder Entracon EF60	57
4.3. Přehled důležitých faktorů vstupujících do EA.....	59
4.4. Energetické náročnosti jednotlivých částí.....	63
4.5. Celkové energetické náročnosti jednotlivých strojů.....	66
4.6. Statistické vyhodnocení výsledků	68
5. Diskuze	73
5.1. Ekonomické dopady	74
6. Závěr	75
7. Použitá literatura	77
8. Seznam příloh	82

Seznam tabulek, obrázků, grafů

Seznam tabulek

Tabulka 1: Orientační technická data kolových vyvážecích traktorů	15
Tabulka 2: Příklady forwarderů v jednotlivých výkonnostních kategoriích	16
Tabulka 3: Rozlišení vyvážecích traktorů dle výkonu motoru a nosnosti.....	17
Tabulka 4: Zastoupení jednotlivých komponentů při energetickém auditu	23
Tabulka 5: Hodnoty energií obsažených v palivech	34
Tabulka 6: Hodnoty energií obsažených v olejích a energie nutná na jejich výrobu.	35
Tabulka 7: Hmotnost 1 ks nahrazené součásti stroje vyjádřená v kg.....	36
Tabulka 8: Přehled teplotních a srážkových charakteristik	39
Tabulka 9: Energetická náročnost provozní části Valmet 830.3	42
Tabulka 10: Energetická náročnost výrobní části Valmet 830.3	43
Tabulka 11: Energetická náročnost údržby a oprav Valmet 830.3	43
Tabulka 12: Energetická náročnost provozní části Valmet 840.3	45
Tabulka 13: Energetická náročnost výrobní části Valmet 840.3	45
Tabulka 14: Energetická náročnost údržby a oprav Valmet 840.3	46
Tabulka 15: Energetická náročnost provozní části Rottne F9	47
Tabulka 16: Energetická náročnost výrobní části Rottne F9.....	48
Tabulka 17: Energetická náročnost údržby a oprav Rottne F9.....	48
Tabulka 18: Energetická náročnost provozní části Rottne F9-6.....	50
Tabulka 19: Energetická náročnost výrobní části Rottne F9-6.....	50
Tabulka 20: Energetická náročnost údržby a oprav Rottne F9-6.....	51
Tabulka 21: Energetická náročnost provozní části Rottne F10 B.....	52
Tabulka 22: Energetická náročnost výrobní části Rottne F10 B	53
Tabulka 23: Energetická náročnost údržby a oprav Rottne F10 B	53
Tabulka 24: Energetická náročnost provozní části Rottne F12 S	55
Tabulka 25: Energetická náročnost výrobní části Rottne F12 S.....	55
Tabulka 26: Energetická náročnost údržby a oprav Rottne F12 S.....	56
Tabulka 27: Energetická náročnost provozní části Entracon EF60	57
Tabulka 28: Energetická náročnost výrobní části Entracon EF60.....	58
Tabulka 29: Energetická náročnost údržby a oprav Entracon EF60.....	58
Tabulka 30: Energetická náročnost výrobní části v MJ/Kg.....	65

Seznam obrázků

Obrázek 1: Průběh životního cyklu umělých lahví.....	18
Obrázek 2: Charakteristika jednotkového procesu (Tichá, 2009).....	19
Obrázek 3: Schéma těžebně dopravního systému (Klvač, Skoupý, Liška, 2008)	22
Obrázek 4: Rovnice odbourávání olejů (Anon., 1994)	26
Obrázek 5: Forwarder Valmet 830.3.....	42
Obrázek 6: Forwarder Valmet 840.3.....	44
Obrázek 7: Forwarder Rottne F9	47
Obrázek 8: Forwarder Rottne F9-6	49
Obrázek 9: Forwarder Rottne F10 B.....	52
Obrázek 10: Forwarder Rottne F12 S.....	54
Obrázek 11: Forwarder Entracon EF60.....	57

Seznam grafů

Graf 1: Graf nakládání s odpady v ČR, dle způsobu jejich využití.....	29
Graf 2: Graf produkce odpadů v ČR rozříděných dle OECD.....	30
Graf 3: Procentuální podíl energií při provozu Valmet 830.3	44
Graf 4: Procentuální podíl energií při provozu Valmet 840.3	46
Graf 5: Procentuální podíl energií při provozu Rottne F9.....	49
Graf 6: Procentuální podíl energií při provozu Rottne F9-6.....	51
Graf 7: Procentuální podíl energií při provozu Rottne F10 B	54
Graf 8: Procentuální podíl energií při provozu Rottne F12 S.....	56
Graf 9: Procentuální podíl energií při provozu Entracon EF60	59
Graf 10: Srovnání forwarderů dle odpracovaných motohodin	59
Graf 11: Spotřeba paliva dle jednotlivých strojů	60
Graf 12: Množství transportovaného dříví dle jednotlivých strojů.....	60
Graf 13: Váha jednotlivých strojů.....	61
Graf 14: Průměrná transportní vzdálenost u jednotlivých strojů	61
Graf 15: Celkový počet odpracovaných motohodin od pořízení stroje.....	62
Graf 16: Výkon motoru jednotlivých strojů	62
Graf 17: Čas strávený v jednotlivých porostech v % dle jednotlivých strojů	63
Graf 18: Celková energetická náročnost provozní části v MJ/m ³	64

Graf 19: Celková energetická náročnost výrobní části v MJ/m ³	65
Graf 20: Celková energetická náročnost údržby a oprav v MJ/m ³	66
Graf 21: Celková energetická náročnost bez výrobní části v MJ/m ³	67
Graf 22: Celková energetická náročnost s výrobní částí v MJ/m ³	68
Graf 23: Krabicový graf energetické náročnosti strojů v provozní části.....	69
Graf 24: Krabicový graf energetické náročnosti strojů ve výrobní části.....	70
Graf 25: Krabicový graf energetické náročnosti strojů v části údržby a oprav	72

1. Úvod

Pro hospodářskou činnost v lesích je nutné, aby byla uskutečňována, stejně jako veškerá hospodářská činnost, s kladným hospodářským výsledkem. Vzhledem k tomu, že většina činností týkajících se obnovy a výchovy porostů je nákladově velice náročná, tak jediným odvětvím, kde je možno dosahovat výnosu, je smýcení těchto porostů, následný prodej dřevní hmoty odběratelům, a tím vytváření zisku. Musíme si však uvědomit, že ke konečnému výrobku lesního hospodářství vede složitá cesta, přeskočíme-li zalesňování a výchovu porostu, dostáváme se do fáze, ve které je nutno vlastní kmen smýtit, popřípadě rozmanipulovat a dopravit na místo určení. V této fázi se uplatňuje jedna z nejstarších lidských činností v lesích, a tou je lesní těžba, ta je již od počátků lidské civilizace využívána k odlesňování krajiny, jednak za účelem hospodářského rozvoje společnosti, jednak pro získání orné půdy pro pěstování zemědělských plodin sloužících jako zdroj obživy.

Lesní těžba od svých počátků doznala obrovských změn. Jednou z oblastí těchto změn se staly především prostředky pro vlastní smýcení a dopravu dřevní hmoty. Doby, kdy se využívalo ke smýcení kmene seker a pil, pro jeho dopravu povozů či saní tažených koňmi, jsou již nenávratně pryč.

V dnešní době velkého technologického růstu a rozvoje těžkou manuální práci nahrazují nejmodernější technologie špičkově vybavené jak po stránce softwarové, tak po stránce hardwarové. K rozvoji těchto technologií dochází v posledních dvaceti letech. Kolébkou těchto technologií jsou severské země, ve kterých se drtivá většina těžeb provádí pomocí těžebně - dopravních strojů, je to dáno především reliéfem krajiny a také technologickou vyspělostí těchto zemí. Používání harvesterových technologií s sebou přináší jednak zvýšení produktivity a bezpečnosti práce jako pozitivní faktor, ale působí na člověka a životní prostředí také negativně.

Při všech činnostech v lesích je nutné zvolit správnou technologii, při volbě této technologie by měl odpovědný pracovník přemýšlet především nad několika základními aspekty jednotlivých technologií. Jedním ze zásadních limitujících aspektů je ekonomické hledisko. Z pohledu vlastníka technologie musí být veškerá činnost prostředku výnosná, zřídka je také přípustný krátkodobý rovnovážný stav. Další velmi důležitý aspekt je bezpečnost a ochrana zdraví lidí, kteří jsou s těmito technologiemi v kontaktu. Z hlediska environmentálního je důležité posuzovat dopad technologie na jednotlivé složky ekosystému, ať už se jedná o vliv na půdu, vodní režim, ovzduší či živou složku přírody.

Vzhledem k tomu, že lesnictví je obor lidské činnosti spojující v sobě mnoho jiných oborů, je velmi důležité, abychom se nezaměřovali pouze na ekonomickou stránku jednotlivých technologií, ale posuzovali je také ve vztahu k životnímu prostředí. Vztáhneme-li tuto teorii na praktické použití, musíme si uvědomit, kolik daný prostředek spotřebuje energie během svého provozu, ale také kolik energie stojí jeho výroba, výroba a doprava náhradních dílů a také v neposlední řadě jeho likvidace a recyklace.

Zamyslíme-li se nad těmito fakty, je logické, že každému nasazení technologií do životního prostředí by měla předcházet především analýza ekologických dopadů a nákladovosti. Je naprosto evidentní, že tyto dva faktory spolu velice úzce souvisí.

Cílem této práce je porovnání několika různých vyvážecích traktorů na vybraném pracovišti metodou energetického auditu. Výstupy z tohoto auditu budou hodnoty energetické náročnosti jednotlivých částí cyklu „života“ stroje. Tyto hodnoty, specifické pro každý stroj, budou porovnány mezi sebou, jak v celkovém množství energetické náročnosti, tak v jednotlivých částech. Zároveň bude vyjádřen vztah mezi jednotlivými vstupy do EA a množstvím celkové energetické náročnosti. K dosažení tohoto cíle bude využito navržené metodiky a informací vycházejících z rozboru problematiky.

2. Problematika

V současné době je na veškeré technologie, a to nejen v lesním hospodářství, vyvíjen tlak, aby splňovaly ekologické předpisy a byly pokud možno v souladu s principy trvale udržitelného hospodářství. Tento tlak je způsoben především celoevropskou politikou, jednak z důvodů ratifikace Kjótského protokolu většinou zemí, ale také stále se zlepšujícím obecným povědomím o nutnosti ekologického chování vůči životnímu prostředí.

Úkolem této práce je kvantifikovat dopady používání těžebně dopravních strojů a hodnocení jejich vlivu na životní prostředí.

2.1. Úniky látek do životního prostředí

Při provozu harvesterů a forwarderů se do životního prostředí dostávají látky, které jsou cizorodé a v mnoha případech mohou působit také jako toxické. Těmito cizorodými látkami rozumíme jednak ropné deriváty, jednak provozní náplně vyrobené jinou cestou a v neposlední řadě také emise produkované dieselvými motory používanými ve většině těžebně - dopravních strojů. Provozní náplně se dostávají do životního prostředí především při haváriích hydraulických systémů, tyto systémy jsou pod stálým tlakem, a proto je zátěž pro životní prostředí vyplývající z množství uvolněné provozní náplně nezanedbatelná. Mezi další možnosti úniku provozních náplní patří úniky při doplňování a opravách těžebně - dopravních strojů.

Možnosti sanace těchto úniků jsou náročné a nákladné, je nutné je provádět ihned po zaznamenání úniku, což bývá v lesním hospodářství často velmi problematické.

Nesmíme ovšem zapomínat na skutečnost, že při provozu některých výrobních technologií jsou určité úniky nezbytné pro fungování těchto strojů, například při mazání řetězu lišty na káceci hlavici harvesteru, rozsah těchto úniků je, vzhledem k množství zpracovaného dříví, nezanedbatelný pro životní prostředí.

Jedním z důvodů, proč také dochází k únikům, je netěsnost hydraulického systému, která je způsobena jednak technologickou nedokonalostí pístnic a také nedostatečnou kontrolou a údržbou ze strany obsluhy.

Únikům cizorodých látek do životního prostředí v současné době zcela zabránit nejde, ale můžeme se pokusit být zodpovědnější k tomuto prostředí, což ve výsledku znamená hledání ekologicky přijatelnějších provozních náplní a zvyšování provozní

spolehlivosti stroje. Při nasazení harvesterových technologií do provozu hraje roli mnoho aspektů, a to především ekonomická náročnost, ale také energetická náročnost společně s emisním zatížením. Každý vlastník lesa by si měl uvědomit, jaké jsou pro a proti harvesterové technologii.

2.2. Více - operační těžební a soustřed'ovací stroje

V této práci se věnují strojům, které nakládají a transportují vyrobené výřezy na OM, popřípadě na jiné místo určení, tedy forwarderům. Tyto stroje se vyznačují nasazením při použití sortimentní metody, která je typická a jediná možná při použití harvesterového uzlu. Rozdíl oproti klasické moto - manuální technologii je ten, že zatímco dřevorubec při použití sortimentní metody nemá jinou možnost, než strom po odvětvení sortimentovat přímo u pařezu a následně jednotlivé sortimenty pomocí vyklizování, přibližování, nebo vyvážení transportovat z porostu, tak při použití harvesterové technologie je tento kmen od pařezu po skácení přemístěn na okraj vyvážecí linky, kde je odvětven a sortimentován, jednotlivé sortimenty jsou pak ukládány na samostatné skládky, odkud jsou pak transportovány pomocí vyvážecího traktoru na místo určení. Místo určení je také odlišné od moto-manuální technologie, při které je využíváno vývozního místa, oproti tomu u harvesterové technologie je výhodné transportovat sortimenty přímo na OM.

Pro určení energetické náročnosti je podstatné seznámit se s členěním forwarderů. Je logické, že zátěž pro životní prostředí bude při dodržování postupů údržby úměrná velikosti jednotlivých strojů. Toto členění je možno provádět podle několika kritérií.

Třídění forwarderů dle základních parametrů

Ve většině odborné literatury jsou forwardery děleny převážně dle jejich nosnosti a výkonu motoru. Např. Lythi [1997] rozděluje forwardery podle uvedených kritérií do čtyř tříd, a to třída velmi malá (nosnost 1 – 3 t, výkon motoru 10 – 30 kW), třída malá (nosnost 4 – 6 t, výkon motoru 31 – 60 kW), třída střední (nosnost 8 – 10 t, výkon motoru 61 – 90 kW) a třída velká (nosnost až 18 t, výkon motoru nad 90 kW). Klvač et al. [2002] třídí forwardery podle užitečné hmotnosti do tří tříd. Třída I (malý) – užitečná hmotnost do 10 tun, třída II (střední) – užitečná hmotnost od 10 do 12 tun a třída III (velký) – užitečná hmotnost nad 12 tun.

Z pohledu praktického využití rozdělení vyvážecích traktorů se jeví jako nejvhodnější kategorizace od Ulricha et al. [2006]. Autor zde dělí vyvážecí traktory dle užitečného zatížení na malé (nosnost 9 – 10 t), střední (nosnost 11 – 13 t) a velké (nosnost 14 - 18 t). V tabulce číslo 1 jsou uvedena orientační technická data vyvážecích kolových traktorů podle aktuálního stavu na trhu.

Tabulka 1: Orientační technická data kolových vyvážecích traktorů

Orientační technická data	jednotka	malý	střední	velký
		vyvážecí	vyvážecí	vyvážecí
		traktor	traktor	traktor
Hmotnost	t	10 - 12	12 - 15	15 – 21
Šířka	cm	250 - 260	260 - 280	280 - 310
Dosah ramene výložníku	m	7 – 10	7 – 10	7 – 10
Užitečná nosnost	t	9 – 10	11 – 13	14 - 18
Průměrná hod. výkonnost	m ³ /h	7,5	11	14
Průměrná roční výkonnost	m ³ /rok	25 000	35 000	45 000
Výkon motoru	kW	80 - 110	110 - 130	130 - 210
Počet kol	ks	8	6/8	6/8

Další možné členění naznačují tabulky číslo 2 a 3.

Tabulka 2: Příklady forwarderů v jednotlivých výkonnostních kategoriích [Ulrich, 2005]

Třída forwarderů	Forwarder	Výkon motoru	Hmotnost	Šířka stroje	Počet kol	Dosah výložníku	Užitečná nosnost
	typ stroje	kW	T	cm	ks	m	t
Malý forward.	Rottne Solid F 9-6	104	10,6 - 11,5	253	8	6,9	9
	Terri	29,4	2,45	146	Pásky	4,6	3
	Novotný LVS 5	52	4,48	186	8	4,2	5
	John Deer 810 D						
	Eco III	91	10,5	230-267	8	8,7	9
Střední forw.	Rottne Solid F 12 S	137	13,5-14,9	264	8	6,9	12
	Sogedep SF 16.2	142	15,5-16,05	266	6 – 8	7	12
	Logset 4 F	108	12	246-266	8	7,2	10
	John Deer 1110 D						
	Eco III	126,5	12,8-14,7	270-311	8 – 6	7,2-10	12
Velký forwarder	Rottne Solid F 14	137	13,5-14,9	255	8	7,1	14
	Sogedep SF 25.2	198	16,1-17,58	280	6 – 8	7,2	14
	Logset 10 F	108	22	246-266	8	10	18
	Felix TWT 145 VS	132	10,5	255	4	9,3	14
	Timber Pro TF 830	180	23,55	295	8	7,3	20
	John Deer 1710 D						
	Eco III	160	18,1-20,43	295-305	6 – 8	7,3-8,5	17

Tabulka 3: Rozlišení vyvážecích traktorů dle výkonu motoru a nosnosti [Neruda, 2008]

Třída	Označení třídy	Výkon motoru (kW)	Nosnost (t)	Příklady typů strojů
1.a	velmi malé	10 – 30	< 3	Terri/ATD
1.b	malé	31 – 60	< 6	Vimek 606D
2.	střední	61 – 90	6 - 11	Log Lander LL 84, John Deere 810D, John Deere 1010D
3.a	velké	91 - 120	11 - 14	Valmet 840, John Deere 1110D, John Deere 1410D
3.b	velmi velké	130 +	14 - 17	Valmet 890.1, John Deere 1710D

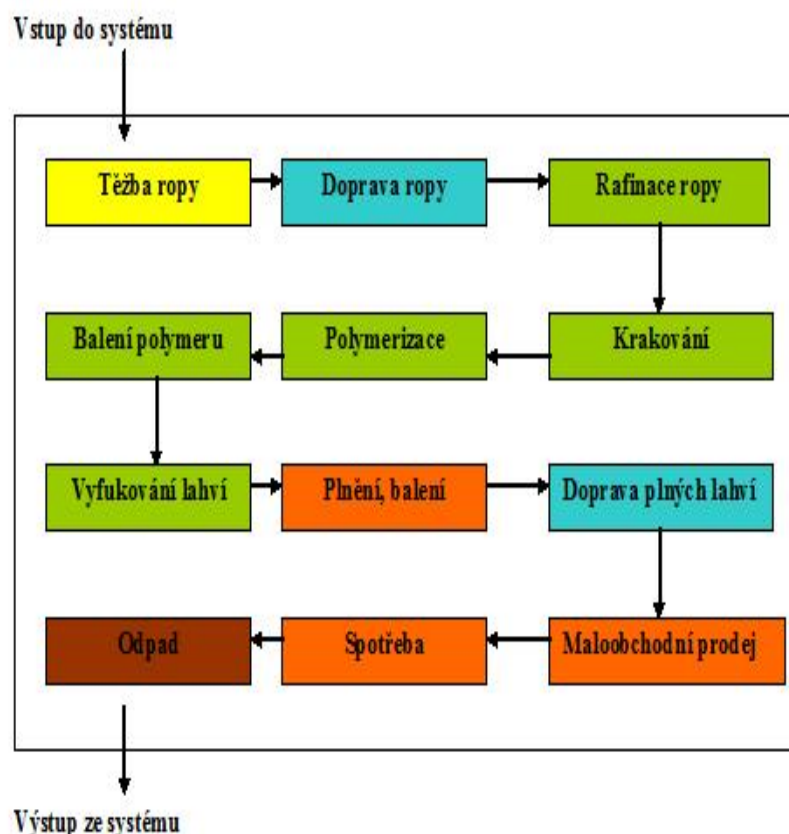
Měli bychom si také uvědomit, že neustálé zdokonalování a dynamika vývoje vyvážecích kolových traktorů je velká, ale i přesto svahová dostupnost stále zůstává jedním z jejich hlavních limitujících faktorů. Trendem poslední doby je zvyšování svahové dostupnosti, a to i na úkor celkové nosnosti forwarderů.

2.3. LCA

LCA je metoda zaměřená na posouzení environmentálních aspektů výrobku, služby, technologie ve všech fázích životního cyklu. Tato analýza se hojně využívá ve většině oblastí lidské činnosti a je schopna kvantifikovat dopady na životní prostředí. Aplikací této analýzy na těžební technologie se na světě zabývá mnoho autorů, například Athanassiadis [1999, 2000] identifikoval pomocí LCI (Life cycle inventory) spotřeby paliv, olejů a maziv u harvesterových technologií v podmínkách Švédska a na základě sběru dat vyčíslil zejména průměrné spotřeby všech provozních kapalin. V mnoha dalších pracích zjišťují různí autoři pomocí LCA množství materiálů spotřebovaných v životním cyklu harvesterů a forwarderů od fáze jejich výroby až po jejich vyřazení z životního cyklu.

Životní cyklus výrobku se skládá z několika po sobě jdoucích jednotlivých fází, tento cyklus začíná těžbou, či získáváním surovin, nebo materiálů pro jeho výrobu. Jako další nezastupitelnou fázi lze chápat dopravu, která vstupuje do všech jednotlivých fází cyklu, ať už se bavíme o dopravě surovin pro výrobu, nebo je-li to

doprava náhradních dílů, či doprava vlastního výrobku. Jednou z dalších neméně důležitých fází je výroba stroje a v neposlední řadě je to také užívání tohoto stroje v provozu. Díváme-li se na LCA, jako na komplexní analýzu, nesmíme také zapomínat na konečnou fázi, a tou je likvidace a recyklace výrobku. Nutností pro fungování jakéhokoli systému je existence jeho hranic a na těchto hranicích, v případě životního cyklu, stojí na jedné straně vstupy a straně druhé výstupy.



Obrázek 1: Průběh životního cyklu umělých lahví se znázorněním jednotlivých fází cyklu, [Tichá 2009]

Typická LCA studie je složena ze čtyř stádií:

1. Stanovení cílů a rozsahu

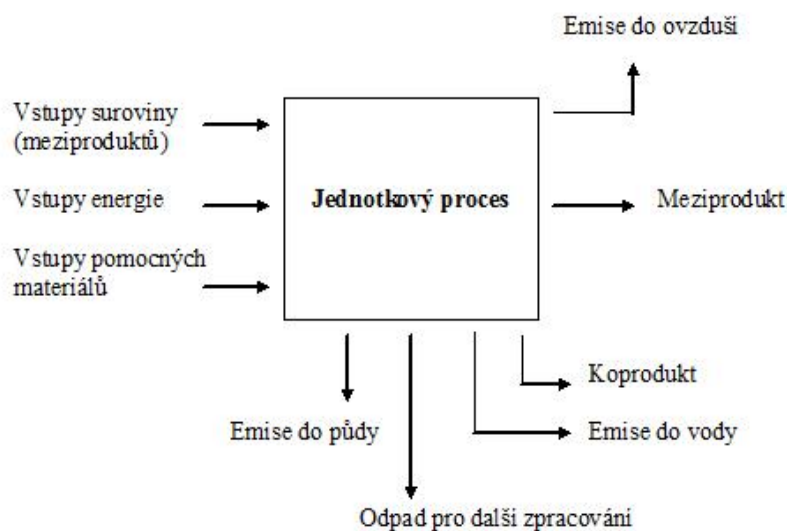
Ve fázi stanovení cíle je nutné si musíme uvědomit důvody pro vypracování této studie, její použití do budoucnosti, na jakou cílovou skupinu je zaměřena a její rozsah. Rozsah práce je charakterizován mnoha aspekty, a to například produktovým systémem, který má být zkoumán, jeho funkcí a hranicí tohoto systému, nebo také požadavky na sběr dat.

2. Inventarizační analýza LCI

Skládá se ze sběru vstupů a výstupů hodnoceného produktového systému a jsou v ní také zahrnuty základní výpočtové operace.

Údaje, které jsou sbírány, mohou být členěny do kategorií pro každý jednotkový proces uvnitř hranice systému, buď podle energetických a materiálových vstupů, nebo dle produktů, koproduktů a odpadů, ale také dle emisí do ovzduší, vody a půdy a v neposlední řadě také dle ostatních dopadů na životní prostředí.

Další částí této fáze je vytvoření závěrů inventarizace definovaného systému, pro každý jednotkový proces a definovanou funkční jednotku produktového systému. Pro tuto činnost využíváme výpočetní postupy, které se skládají z ověření správnosti shromážděných údajů, zkoumání vztahů údajů k jednotlivým procesům a přiřazení údajů k referenčnímu toku funkční jednotky.



Obrázek 2: Charakteristika jednotkového procesu [Tichá 2009]

3. Hodnocení dopadů životního cyklu LCIA

Tato fáze LCA se zaměřuje na vyhodnocování potenciálních environmentálních dopadů za použití výsledků LCI.

Dopady na životní prostředí můžeme rozdělit do dvou odlišných kategorií, a to na dopady vzniklé ze vstupů do systému a na dopady vzniklé z výstupů ze systému. Mezi první řadíme jednak čerpání živé složky okolního prostředí, jako je například lidská práce, ale také čerpání neživé složky tohoto prostředí, mezi které

řadíme především nerostné bohatství. Dopady, které vznikají z výstupů, výrazně co do počtu, převyšují dopady vzniklé ze vstupů a řadíme k nim, například změnu klimatu, vliv na ozonovou vrstvu, acidifikaci půdy a toxicitu, jak pro lidi, tak pro životní prostředí.

4. Interpretace životního cyklu.

Cílem této fáze je analyzovat výsledky předchozích fází LCI nebo LCIA a na jejich základě stanovit závěry, které nám mohou pomoci při rozhodování o používání jednotlivých prostředků, výrobních postupů či technologií.

2.4. Energetický audit

2.4.1. Související legislativa

Po roce 2000 v České republice vstoupilo v platnost několik legislativních norem, jejichž primárním cílem je dosažení stupně ochrany životního prostředí srovnatelného se zeměmi EU. Mezi tyto normy patří:

Zákon č. 76/2002 Sb. o integrované prevenci

Zákon č. 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší

Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření s energií

Díky sjednocování právních předpisů jsou i majitelé těžebně - dopravních strojů postaveni před plnění řady nových úkolů. Přístup státních orgánů ve vztahu k majitelům těchto strojů se transformuje na regulaci spočívající v hledání environmentálně - ekonomického optima při současném plnění řady omezujících podmínek, například dodržení závazných imisních limitů.

Základem fungování vztahů mezi majiteli strojů a příslušnými orgány je nezbytná vzájemná komunikace. Základní podmínkou pro tuto komunikaci je dobrá znalost vlastní technologie včetně všech dopadů její činnosti na životní prostředí a také povědomí o možnostech, jak tyto dopady omezovat a s jakými náklady. To platí i pro oblast dopadů výroby, dopravy, provozu, recyklace a likvidace technologie ve vztahu ke spotřebě energie vázané na životní prostředí. Jedním z výrazných nástrojů pro omezování dopadů na životní prostředí se stává zvyšování účinnosti užití energie.

V podmínkách ČR je obzvláště důležité účinně využívat energii, protože hrubá spotřeba primárních energetických zdrojů je při porovnání v ČR se státy EU daleko vyšší. Sledováním spotřeby energie a kontrolou nákladů na energii je možné

velmi významně ovlivnit konkurenceschopnost těžebních technologií v podmínkách ČR.

2.4.2. EA

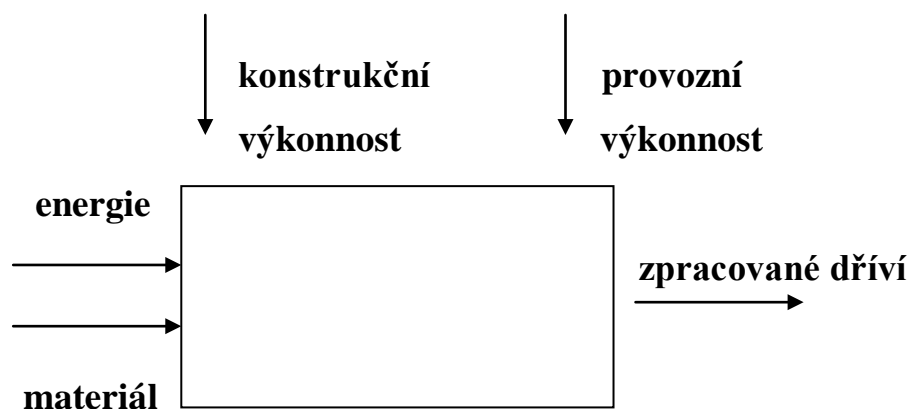
Energetický audit můžeme chápat jako soubor činností, jejichž výstupem jsou informace o způsobech a úrovni využívání energie určitými technologiemi a jejich energetickém hospodářství. Jedním z dalších výstupů je také návrh opatření, která je třeba realizovat pro dosažení energetických úspor a ochranu životního prostředí.

Energetický audit je uzavřen hodnocením současné úrovně posuzovaného energetického hospodářství dané technologie a jejích dopadů pro oblast životního prostředí a ekonomiky. Například pro harvesterové technologie zpracoval Klvač et al. [2003] takzvanou ERS (energii redukující strategii), která by zapříčinila, v případě použití, snížení spotřebované energie o 13% na jednotku výroby.

Energetickým auditem zaměřeným na harvesterové technologie se zabýval mimo jiných Klvač et al. [2003], který vyčíslil energii spotřebované na jeden metr kubický s kůrou ve třech základních oblastech, první z těchto oblastí je výroba, pak následuje vlastní provoz a konečně také údržba technologie, do které patří opravy.

Hlavním přínosem energetického auditu nejsou pouze teoretická tvrzení, jako je návrh energeticky úsporných kroků, která mají v praxi za následek pouze to, že majitele technologie zatěžují, ale především nám dává do rukou komplexní analýzu, podle které jsme schopni do budoucna dosáhnout toho, abychom snižovali spotřebované množství paliv za současného zvyšování efektivity využití paliv a energie z nich.

Základním kamenem při zpracovávání auditu je především přesné identifikování systému a definování jeho hranic. Abychom byli schopni každý prvek systému hodnotit samostatně, je nezbytné rozdělit ho do jednotlivých částí. Vstupy a výstupy do a z tohoto systému musí být jasně identifikovatelné v jakékoli fázi tohoto auditu.



Obrázek 3: Schéma těžebně dopravního systému [Klvač, Skoupý, Liška, 2008]

Provedení energetického auditu dopravních technologií je zaměřeno na čtyři základní oblasti:

1. Oblast výroby, kompletace a přepravy

Mezi nejdůležitější úkoly v této oblasti patří zejména stanovení primárních energií spotřebovaných na výrobu surových materiálů a dále také rozdělení jednotlivých materiálů do skupin, a to na plasty, kovy, sklo, vlákny, papír, organické látky a pryže.

Podstatnou část této oblasti také tvoří definování podílů jednotlivých materiálů na součástích stroje a také množství spotřebované energie při jejich výrobě. Nesmíme také zapomínat na energii vynaloženou na transport, která je odvozena od velikosti transportní vzdálenosti.

Posledním úkonem této oblasti je součet energetické náročnosti jednotlivých částí, a to jak výroby materiálů, tak výroby součástí, přes jejich kompletaci a v neposlední řadě také přepravy. V této oblasti je možné porovnávat množství spotřebované energie v MJ na jeden kilogram váhy stroje, touto otázkou se zabýval zejména Athanassiadis et al. [2002] a došel k závěru, že výroba jednoho kilogramu dopravního stroje je zatížena 66.4 MJ. Dále je dle studie provedené Klvač et al. [2003] možno určit na základě LCA a produktivity harvesterového uzlu hodnotu, kterou je zatížen jeden metr krychlový vyrobený tímto uzlem v budoucnosti, tato hodnota byla stanovena v irských podmínkách na 11.3 MJ.

Energetickou náročností harvesterových technologií se zabýval i Klvač et al. [2002b]. Ve svém výzkumu došel k závěru, že je nutné rozdělení podílu různých součástí na celkové energetické spotřebě mechanizovaného těžebního systému. Tento

výzkum byl prováděn v podmínkách Švédska a Irska. Zastoupení jednotlivých komponentů zobrazuje následující tabulka:

Tabulka 4: Zastoupení jednotlivých komponentů při energetickém auditu [Klvač et al., 2002b]

	Irsko	Švédsko
Palivo	81.5 %	83.2 %
oleje	7.4 %	6.6 %
Stroj	9.4 %	7.1 %
Údržba	1.7 %	3.1 %

Vzhledem k tomu, že podmínky v hodnocených zemích jsou naprosto jiné, stanovil hodnoty energetické náročnosti pro skupiny, do kterých byly zařazeny jednotlivé stroje dle jejich podobnosti, harvesterů a forwarderů v každé zemi zvlášť.

Na výkonnosti stroje, a tím i na jeho energetické náročnosti se podílí mnoho faktorů, zejména specifické podmínky dané oblasti. Z tohoto vyplývá, že množství energie vypočítané na 1 m³ není možno vztahovat na velké oblasti.

2. Provozní oblast

Provozní oblast je charakterizována množstvím spotřebovaných provozních kapalin. Je naprosto nezbytné tyto kapaliny rozdělit do několika skupin. Tou první jsou vlastní paliva, následována motorovými oleji, převodovými oleji, popř. hydraulickými oleji a také oleji na mazání řetězu harvesterové lišty. Mezi kapaliny též řadíme maziva. Když tuto oblast bereme z komplexního hlediska, je evidentní, že musíme brát v potaz nejen energii obsaženou v provozních kapalinách obecně, ale také energii nutnou na samotné vyprodukování provozních kapalin. Chceme-li vyčíslit spotřebu energie na jednotku lesní výroby, kterou je zpravidla jeden metr krychlový dříví, je nutné, abychom stejně jako v předešlé oblasti zjistili produktivitu stroje (uzlu) a další potřebné údaje.

Nejdříve Athanassiadis [2000b] a poté Klvač et al. [2000b] dospěli k závěru, že největší podíl u mechanizovaných těžebních technologií na spotřebované energii zaujímá energie obsažená v palivu. Athanassiadis [2000b] určil hodnotu spotřebované energie pohonných hmot a olejů pro harvestery a forwardery na 82 MJ na m³ zpracovaného dříví bez kůry, do této hodnoty nebyla ale započtena energie

spotřebovaná na výrobu olejů. Zatímco Klvač et al. [2000b] určil hodnotu spotřebované energie pohonných hmot na 85.5 MJ.m^3 zpracovaného dříví ve Švédsku a 97.3 MJ.m^3 v Irsku a do této hodnoty již byla zahrnuta také energie spotřebovaná během výroby olejů.

Pro přesné určení hodnoty energie obsažené v pohonných hmotách a olejích je nutné rozdělení těchto látek dle energetických hodnot. Touto problematikou se zabývalo několik autorů, tím prvním z nich byl McDonnell [1996], který určil pro naftu hodnotu 36.55 MJ.l^{-1} a pro směs 25 % polorafinátu řepkového oleje a 75 % nafty 35.67 MJ.l^{-1} . Dalším autorem zabývajícím se touto problematikou byl Altin et al. [2001], který stanovil energetickou hodnotu pro naftu na 34 MJ.l^{-1} .

Při komplexním pohledu, stejně jako při posuzování olejů, je nutné brát v potaz energii nutnou na samotnou produkci těchto hmot. Tímto se zabýval Athanassiadis [2000b], který stanovil hodnotu pro energii spotřebovanou na výrobu nafty na 4.24 MJ.l^{-1} , pro bio-naftu 15.56 MJ.l^{-1} a pro směs 25% polorafinátu řepkového oleje a 75% nafty na 7.07 MJ.l^{-1} .

Důležitým faktorem pro rozhodování o použití paliv je také energetická náročnost výroby. Vezmeme-li například Sheehan et al. [1998], který stanovil množství spotřebované energie u látek na bázi ropy a methylesteru sóji (SME) v podmínkách USA a dospěl k zjištění, že na výrobu 1 MJ energie samotných paliv je nutno investovat 1.2 MJ primárních energií, abychom ovšem dostali konečnou hodnotu nutných energií na výrobu SME je nezbytné udat, že energie nutná na výrobu 1 MJ SME se rovná 0.311 MJ. To znamená, že v konečné fázi 1 MJ energie SME přijde na 1.511 MJ energie výroby. Když zhodnotíme všechny tyto skutečnosti, vyvstává otázka, zda-li náklady spojené s výrobou ekologicky šetrných paliv jsou v konečné fázi výhodné pro životní prostředí.

Zjišťováním energetické hodnoty olejů se zabývalo několik autorů. Při zkoumání konečné energetické hodnoty je nutné si uvědomit, že tato oblast může být dělena dle druhu oleje, který je používán. Toto dělení je povětšinou vyjádřeno třemi skupinami, a to na oleje rostlinné, minerální a syntetické.

V oblasti rostlinných olejů používaných pro mazání a hydraulické systémy prováděl studium Georingem et al. [1982], z jeho výzkumu, kde byl určován energetický obsah, vyplývá hodnota 39.6 MJ.kg^{-1} pro olej o hustotě 0.912 kg.l^{-1} . Studium olejů minerálních se zabýval Anon [2000b] a stanovil energetickou hodnotu těchto olejů na 38.5 MJ.l^{-1} . Vzhledem k tomu, že syntetické oleje jsou vyvinuty na

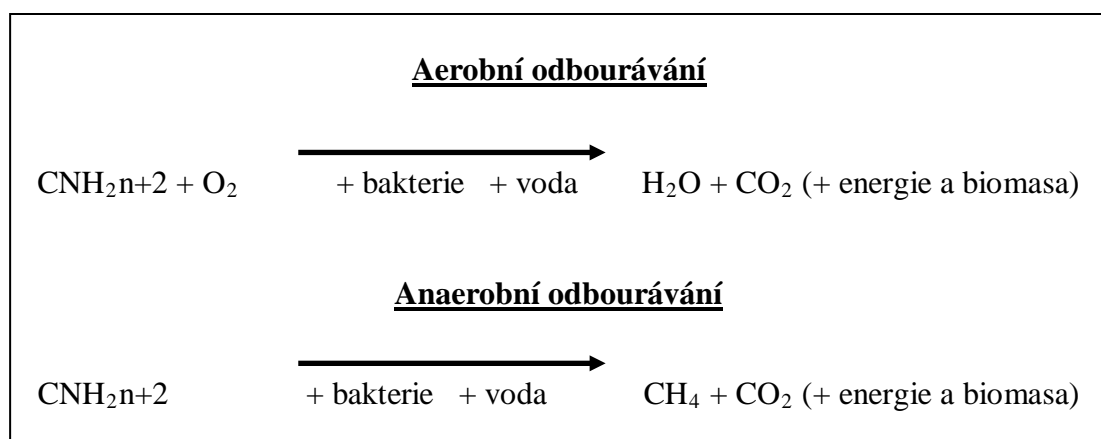
bázi olejů rostlinných pouze s tou změnou, že v nich je ethanol nahrazen methanolem, mohou se pro ně použít stejné hodnoty [Våg et al., 2000]. Kromě tohoto zkoumal Våg et al. [2000] množství energie spotřebované na výrobu jednotlivých druhů olejů a určil, že je potřeba 45 MJ.l^{-1} pro výrobu jednoho litru minerálního oleje, 22 MJ.l^{-1} syntetického esteru a 12 MJ.l^{-1} řepkového oleje.

Ekologické náplně a jejich odbouratelnost

V dnešní době tzv. „ekologického a trvale udržitelného hospodaření v lesích“ vyvstává poměrně zásadní otázka používání ekologicky šetrných provozních náplní. Jednou z cest se stává použití biologicky odbouratelných olejů. Odbouratelnost můžeme chápat jako schopnost složitých chemických sloučenin měnit se na látky jednodušší, a tím lépe odbouratelné v podmínkách životního prostředí. Odbouratelnost je chápána nejenom ve vztahu k látkám pocházejícím z lidské činnosti, ale také k látkám přírodního charakteru. Rozklad látek v přírodě je chápán jako proces mineralizace, při které se chemikálie rozpadají na jednotlivé prvky, nebo jednoduché sloučeniny, zastoupené například oxidem uhličitým. Důležitou vlastností biologicky odbouratelných olejů je schopnost biodegradace. Touto otázkou se zabýval Alexander [1994], který popsal vztah těchto dvou procesů tak, že pokud je biodegradace totožná s mineralizací, jsou si tyto dva procesy rovny. Současně platné právní normy charakterizují biologicky odbouratelný produkt jako takový, který je schopen se v přírodním prostředí odbourat minimálně z osmdesáti procent, a to za 21 dní. S ohledem na případné poškození životního prostředí není možné zkoušku odbouratelnosti provádět přímo v přírodě, proto byl vyvinut postup, kterým je možno zjistit odbouratelnost v laboratorních podmínkách. Při tomto postupu se využívá bakterií, jež jsou používány v čističkách odpadních vod. Tyto bakterie jsou vloženy do vodního roztoku společně s olejem a je sledován úbytek jeho koncentrace po dobu 21 dní při teplotě 25°C . V podstatě se jedná o proces fermentace a tento vzorek je pak porovnáván se vzorkem kontrolním, který je vytvořen obdobně, ale bakteriální činnost je u něj potlačena přidáním chemické sloučeniny. Při tomto testu se vyskytuje jeden zásadní problém, a tím je jeho velká nepřesnost, vyjádřená odchylkou ve výši až 20 % od absolutní hodnoty. Dle Šmerdy [1999] se v půdním prostředí, kde se nejčastěji oleje ze ztrátového mazání odbourávají, vyskytují stejné bakterie, které se používají k testu biologické odbouratelnosti. Půdní prostředí je ovšem výrazně odlišné od prostředí laboratoře,

kde probíhá samotný test, a to především z hlediska zpomalení růstu bakterií, které následně „brzdí“ celý proces biodegradace.

Odbourávání olejů v životním prostředí může probíhat dvěma způsoby, a to buď aerobně, či anaerobně. Anon [1994] ve své vědecké práci prezentoval výsledky, dle kterých došel k závěru, že olej vzhledem k jeho fyzikálním vlastnostem neproniká do hlubších vrstev půdy bez výskytu aerobních procesů, ale zůstává při povrchu půdy, kde mnohem lépe podléhá procesům degradace. Tento proces popisuje následující obrázek:



Obrázek 4: Rovnice odbourávání olejů [Anon., 1994]

Při procesu biologického odbourávání olejů vzniká také zátěž v podobě sekundárních látek, tvořících se za specifických podmínek při vlastním rozkladu těchto olejů. Skoupý [1994] tyto látky identifikoval jako kyselinu palmitovou, octovou, β -hydroximáseľnou, acetoctovou, aceton a ketony.

Pokud se např. vlastník technologie rozhodne používat rostlinné oleje, musí si uvědomit jejich klady a zápory. K nesporným výhodám těchto náplní patří minimální zátěž působící na životní prostředí. Tato teorie byla potvrzena Anonem [1994], který ve své práci dospěl k závěru, že tyto oleje nepůsobí na globální změny klimatu díky tomu, že při svém vzniku odebírají přírodní CO_2 , a tím pádem při svém rozpadu stejné, nebo menší množství tohoto CO_2 vracejí do celkové bilance. Mezi další klady rostlinných olejů lze také jistě řadit jejich rychlou odbouratelnost. Surové rostlinné oleje jsou schopny se biologicky odbourat až z 98 % za 21 dní a jsou-li doplněny aditivy, pak se tato hodnota pohybuje mezi 90 - 98 %. Minerální oleje mají biologickou odbouratelnost přibližně „pouhých“ 20 %. V případě syntetických

esterů, polymerových olejů, nebo glykolů je doba biologické odbouratelnosti velice široká a závislá na jednotlivých druzích [Anon, 1994].

Jako zápory rostlinných olejů lze chápat několik nedostatků. Prvním z nich je paradoxně jejich rychlá rozložitelnost, protože v případě jejich nevyužívání a ponechání ve skladech podléhají degradaci i při důsledném dodržování skladovacích požadavků. Tyto oleje se pak stávají nepoužitelnými buď z hlediska hygienického, či technického. Mezi další nevýhody patří také například u řepkového oleje vyšší bod jeho tuhnutí. Vzhledem k vlastnostem tohoto druhu oleje se tak při nízkých teplotách může objevit nečinnost mazaného systému, tuto skutečnost je možné částečně eliminovat používáním vhodných aditiv.

Při posuzování vhodnosti olejů pro použití nestačí, aby olej splňoval pouze požadavky na odbouratelnost. Je také nezbytné, aby vyhovoval též všem technickým funkcím a neměl žádné vedlejší účinky na technický stav strojů, které by mohli snižovat jejich životnost. Pro případné nasazení rostlinných olejů je rozhodující, aby měli skutečně vyhovující mazací vlastnosti, nepůsobili na pryže, těsnění a nátěry a podstatně neměnili svoje vlastnosti působením vzdušného kyslíku, vlhkosti a vysokých, popřípadě nízkých teplot [Klvač et al., 2002a]. Používání rostlinných olejů proto vyžaduje plynulé dodávky oleje standardních vlastností, vyšší nároky na organizaci a vyšší technickou vyspělost při hospodaření s těmito mazivy [Grunda, Skoupý a Příbyl, 1990].

3. Oblast údržby a oprav

Pro vyčíslení množství energie spotřebované v této oblasti je nutné zjistit několik základních údajů. Mezi základní údaje patří stáří stroje, jeho produktivita, hmotnost a množství přepravených výrobních jednotek. Nezbytnou součástí je také zjištění celkového množství materiálů použitých na výrobu stroje. Toto množství se následně vztáhne k době, po kterou bude tento prostředek využíván, aby bylo možno jednotlivé materiály rozložit do celého životního cyklu. V oblasti oprav a údržby je nutné počítat nejen s energií spotřebovanou na výrobu, či údržbu jednotlivých dílů, které jsou opravovány, popřípadě udržovány, ale také se spotřebou energie na dopravu, která úzce souvisí s realizací těchto činností. Jako nejpříjemnější způsob údržby a oprav strojů se z hlediska ekonomické náročnosti jeví jejich částečné repasování. Při této činnosti je z energetického hlediska brán ohled jen na energii spotřebovanou během vlastní renovace.

Při hledání množství spotřebované energie pro tuto oblast lze vycházet z Athanassiadis [2002], který se zabýval zkoumáním harvesterových technologií a stanovil hodnotu spotřebované energie na 66.4 MJ.kg^{-1} , ovšem bez započítaných nákladů na dopravu, s kterými je nutno počítat ve všech oblastech energetického auditu.

Při každém nasazení mechanizovaných těžebních metod je nezbytné si uvědomit, jaké mohou být ekonomické a ekologické následky v případě, že majitel, či provozovatel nebude dodržovat technologické postupy a termíny pravidelné údržby a servisních prohlídek. Musíme si uvědomit, že tyto stroje jsou používány denně v přímém kontaktu s životním prostředím, a tudíž zanedbání jen jediné denní údržby může mít pro životní prostředí v lokálním měřítku obrovské následky. Pokud se budeme zabývat čistě ekonomickým pohledem, dospějeme k závěru, že následky nedůsledné údržby se projeví především na ekonomické efektivitě stroje. Vzhledem k pořizovacím cenám těchto technologií by ekonomická efektivita společně s ohledem na životní prostředí měla být prioritou při jejich nasazení.

4. Oblast likvidace a recyklace stroje, popřípadě repasování jeho částí

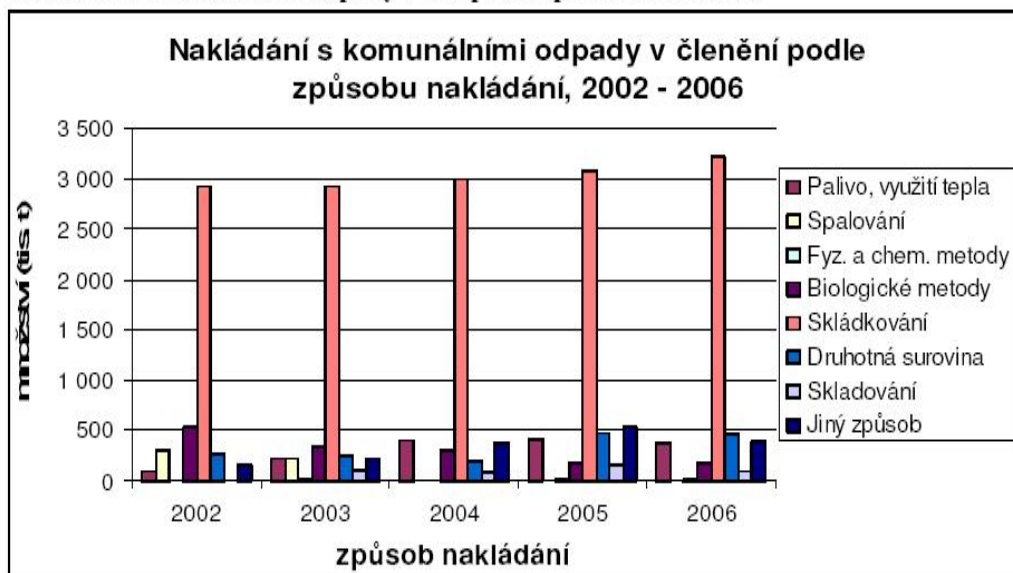
Tuto oblast charakterizuje několik činností souvisejících s vyřazením stroje z provozu a jeho likvidací, případně navrácením do koloběhu surovin. První oblast se zabývá zjištěním množství energie spotřebované na rozmontování stroje, jeho likvidaci a recyklaci. Druhá oblast se týká zjištění množství energie spotřebované na dopravu. Jelikož je možno i v této oblasti některé části stroje repasovat, je nutné počítat s energií i na tuto činnost, jako v předchozí oblasti se jedná pouze o energii čistě na repasování. S ohledem na nastavený systém recyklace v ČR je nutné dělení materiálů získaných likvidací stroje na několik skupin, a to na kovy, plasty, pryže, sklo, vlákniny, papír a organické látky. Zároveň se stanovuje podíl jednotlivých materiálů na součástech stroje.

Dle Klvač, Skoupý, Liška [2008] existují tři základní způsoby likvidace, nebo recyklace:

1) *uložení na skládku* – při použití tohoto způsobu se ve vztahu k energetickému auditu počítá pouze s množstvím energií spotřebovaným na dopravu a uložení odpadu. Toto řešení se jeví jako nejjednodušší z organizačního hlediska. Ovšem tato výhoda je výrazně potlačena dopady na životní prostředí. V případě užití

tohoto řešení vyvstává otázka, zda v moderní společnosti, která se navenek prezentuje ekologickým smýšlením, je toto řešení přijatelné. Pro vytvoření představy, jaké množství, například komunálního odpadu, je v ČR skládkováno uvádím následující graf.

Nakládání s komunálními odpady v ČR podle způsobu nakládání



Zdroj: VÚV T.G.M. -CeHO

Graf 1: Graf nakládání s odpady v ČR dle způsobu jejich využití

2) *spalování* – do energetického auditu při využití tohoto způsobu vstupuje množství energie spotřebované na dopravu materiálů. Zároveň je však nutné od této hodnoty odečíst energii vzniklou spalováním některých dílčích materiálů. Při spalování vznikají zplodiny, které ve většině případů negativně ovlivňují životní prostředí stejně, jako ukládání odpadů na skládky. Vhodným řešením této situace je nalezení kompromisu, například v podobě filtrů spalin umístěvaných na výstupu ze spaloven.

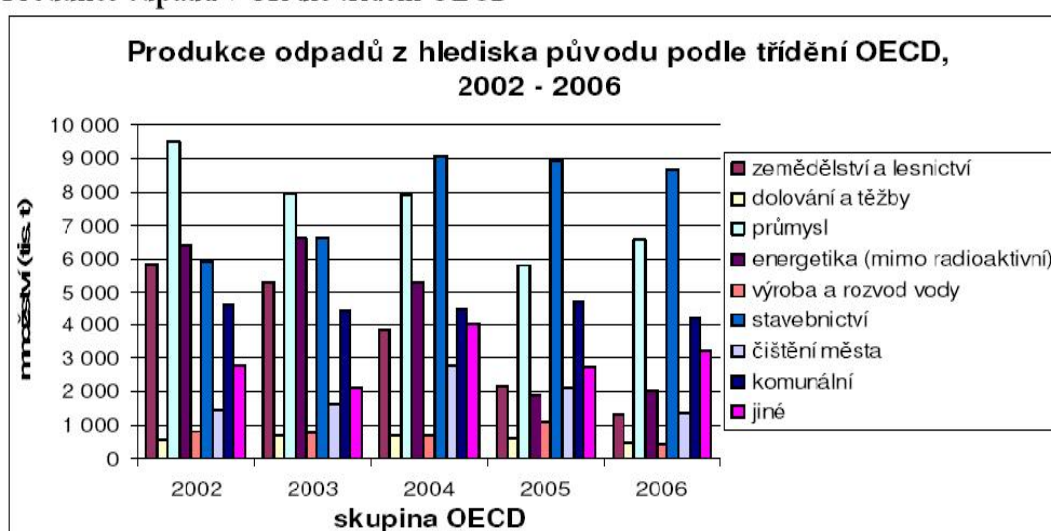
3) *recyklace* – při tomto způsobu do energetického auditu vstupuje množství energie vynaložené jak na dopravu, tak na vlastní recyklaci. Mezi nesporné výhody tohoto způsobu bezesporu patří získávání základních surovin pro další výrobu méně energeticky náročným procesem, než je jejich výroba.

Recyklace

Recyklaci lze charakterizovat jako činnost, při které je nakládáno s odpadem takovým způsobem, který vede k jeho dalšímu využití. Hlavní přínos recyklace

spočívá v šetření obnovitelných i neobnovitelných zdrojů a v některých případech též v omezování zátěže na životní prostředí. Recyklace je charakterizována dvěma hlavními způsoby, a to přímou a nepřímou. V případě použití přímé recyklace se znovu využívá součástí bez další úpravy. Mezi typické příklady přímé recyklace řadíme znovu využití automobilových součástek z vrakoviště. Nepřímou recyklací se rozumí znovu využití materiálů, které jsou zpracovávány z odpadu. Množství odpadů vyprodukovaných v České republice dle třídění OECD (organizace pro ekonomickou spolupráci a rozvoj) uvádí následující graf.

Produkce odpadů v ČR dle třídění OECD



Zdroj: VÚV T.G.M. -CeHO

Graf 2: Graf produkce odpadů v ČR roztríděných dle OECD

Přestože tempo růstu množství recyklovaných odpadů se v ČR každoročně pomalu zvyšuje, tak ve srovnání s vyspělými zeměmi EU je zatím nižší. Na druhou stranu, dle tvrzení agentury CENIA, která vychází z údajů firmy EKO-KOM zodpovědné za separaci obalů v České republice, se údajně úroveň např. recyklace PET lahví v Česku dostala na špičku evropských zemí. Vztáhneme-li, pro srovnání, problematiku recyklace na pouze na zpracování obalů, tak se dostáváme čísla, která ukazují, že v České republice se v roce 2007 recyklovala asi polovina všech obalů, zatímco v některých státech evropského společenství to byly až tři čtvrtiny.

Předpokladem pro recyklování odpadu je jeho správné roztrídění podle druhu materiálu. To v případě některých materiálů značně zvyšuje energetické, a tím i ekonomické, náklady na recyklaci. Pro účely komunálního dělení odpadu jsou v ČR definovány čtyři základní druhy, a to kovy, papír, sklo a plasty, které jsou,

s výjimkou kovů, ukládány do příslušných kontejnerů. V případě kovů, existuje síť specializovaných firem zabývajících se jejich výkupem a zpracováním. Pro sběr elektroniky a jiných nebezpečných odpadů jsou také v poslední době zřizovány takzvané sběrné dvory fungující pod záštitou měst. Soukromým sektor také přispívá k tomuto úsilí, a to v podobě systému zpětného odběru elektrických a elektronických zařízení, tato zařízení jsou specializovanými firmami rozebírána a řada jejich komponentů je také recyklována.

V následující část popisuje několik základních postupů při recyklování materiálů. Recyklace kovů je rozdělena do několika fází. Po samotném sběru následuje třídění a odvoz suroviny do hutních závodů. Tato surovina zde prochází zpracováním ve vysokých pecích při teplotách okolo 2000°C, při tomto procesu se odstraňují veškeré nežádoucí příměsi, které vlivem vysoké teploty shoří. Ve většině případů je výsledný produkt kvalitativně srovnatelný s produktem, ze kterého byl recyklovaný materiál původně vyroben.

Jedním z nejběžněji recyklovaných významných materiálů je papír. Proces jeho recyklace začíná ve sběrných druhotných surovin, či na sběrných dvorech, kde je papír slisován do balíků o potřebné kvalitě. Z těchto podniků se dále přesouvá, většinou nákladními automobily, do specializovaných provozoven, zaměřených na výrobu papíru. V těchto provozovnách se papír máčí a poté mele. Po těchto procesech následuje předání polotovaru k přímé výrobě papíru, nebo je užíván, jako součást směsi, na výrobu papíru přímo z dřevní hmoty. Recyklovatelnost papíru je omezena množstvím opakování tohoto procesu, v praxi přibližně pětkrát.

Při recyklaci plastů se používá velké množství materiálů a jim také odpovídá zvolený technologický postup recyklace. Proces zpracování plastů se vyznačuje poměrně malou a energetickou výhodností.

Mezi nejstarší druhy recyklačního procesu řadíme recyklaci skla. Sklo je charakterizována vysokou stabilitou a odolností v procesu recyklace, a proto je možné ho v podstatě recyklovat neustále. Poměrně podstatným problémem při tomto procesu zůstává jeho znečištění různými příměsmi kovů, které ho barví. Sklo se po vytrídění rozdrtí a přidává se do směsi na výrobu skla nového.

Jako u všech lidských činností je nutné zpětné zhodnocení použité technologie. V případě technologie recyklace lze nalézt mnoho kladů, ale také specifických záporů. Jako základní myšlenku je nutné chápat pokus o šetření primárních surovin na výrobu. Následek tohoto šetření spočívá především ve

zlepšení energetické bilance. Mezi další cenné přínosy tohoto přístupu se řadí zachování nerostného bohatství pro budoucí generace, zmenšení plochy nutné pro rekultivace po těžbě nerostného bohatství a v neposlední řadě zmenšení znečištění celého prostředí. Jako zápor recyklace chápeme v mnoha případech její velkou nákladovost, která je způsobena složitostí postupů. V mnoha případech se také stává, že samotné materiály nelze vícekrát, nebo dokonce vůbec recyklovat, do této skupiny řadíme např. papír. Vzhledem k technické nedokonalosti recyklačních procesů je často obtížné získat recyklovanou surovinu v kvalitě potřebné pro její další zpracování. Současná environmentální politika ČR a Evropské Unie vyvíjí tlak na to, aby stále větší množství materiálů pocházelo z recyklačního procesu.

3. Metodika

Vyhodnocení energetického auditu plně mechanizované dopravní technologie byl proveden na vybraném území České republiky. Metodika zjišťování energetické náročnosti několika forwarderů vychází ze studie Klvač et al. [2002b].

System, pro který je tento energetický audit proveden, má své hranice omezeny pařezem a odvozním místem. Do tohoto uzavřeného systému se řadí operace prováděné forwarderem, spočívající ve vyhledávání dřevní hmoty, jejího nakládání na ložnou plochu, vlastní dopravy a skládkování na odvozním místě.

Konečná energetická bilance se skládá ze součtu energetických hodnot pohonných hmot, maziv, stroje a materiálů spotřebovaných na údržbu forwarderu při provozu a výrobě. Veškeré spotřeby energie jsou vztaženy k jednotce výkonu, kterou v této práci zastupuje metr krychlový vyrobeného dříví s kůrou.

V této práci je z hlediska energetické náročnosti posuzováno několik rozdílných forwarderů, a sice Valmet 830.3, Valmet 840.3, Rottne F9, Rottne F9-6, Rottne F10 B, Rottne F 12 S, Entracon EF60.

3.1. Formulář

Při sběru jsem využil formuláře, který byl vytvořen za tímto účelem a je také umístěn v přílohách této práce. Do obsahu tohoto formuláře, který je zpracován dotazníkovou formou, se řadí údaje potřebné pro zjištění spotřeby energie, tyto údaje jsou v podobě odpovědí na položené otázky členěny do čtyř skupin.

První skupinu zjišťovaných údajů představují technické parametry stroje, jako hmotnost, druh používaných provozních náplní, jeho typ, oblast jeho působení a počet hodin, které stroj odpracoval od doby pořízení.

Ve druhé skupině otázek se tento formulář zaměřuje na spotřebu materiálu od doby zavedení stroje do provozu do konce sledovaného období. Spotřebu materiálu zde vyjadřují váhové jednotky a jedná se především o komponenty využívané při údržbě a opravách stroje. Mezi tyto komponenty se řadí několik součástí a to konkrétně: pneumatiky, hydraulické hadice, vyměňené baterie, ocel/železo, hliník, ostatní kovy, plast, guma a sklo.

Třetí skupina otázek se v první řadě zaměřuje na vymezení doby, po kterou byly zjišťovány nezbytné údaje. Mezi tyto údaje se řadí množství spotřebovaného paliva, hydraulických, motorových a převodových olejů, maziv a olejových filtrů a

také počet lišt a řetězů. Dále je zde uveden počet odpracovaných hodin v motohodinách a množství vytěženého, nebo dopraveného dříví na odvozní místo (v m³ s kůrou). Zároveň se v této skupině evidují závady hydraulického systému a jimi způsobené úniky hydraulického oleje do životního prostředí, uvádí se množství v litrech.

Poslední skupina otázek je cílena na problematiku používání biologicky rozložitelných olejů a je v ní řešena otázka praktického využívání těchto kapalin.

Na základě vyplněného formuláře byly zjištěny hodnoty jednotlivých energetických jednotek.

3.2. Energetické jednotky

Energie pohonných hmot

Energie pohonných hmot je v této práci vypočítána jako energie obsažená v palivu plus energie nutná na výrobu tohoto paliva. S přihlédnutím k tomu, že vlastník technologií používal pouze minerálního paliva zastoupeného naftou, byla na základě výzkumů, které prováděli Grägg [1994], McDonnell [1996], Altin et al. [2001], použita hodnota vyplývající z tabulky číslo 5. Tato celková energie je zpracována v závislosti na produktivitě stroje a spotřebě pohonných hmot ve sledovaném období, to znamená během jednoho roku.

Tabulka 5: Hodnoty energií obsažených v palivech a energie nutná na jejich výrobu (MJ.l⁻¹), [Grägg, 1994, Altin et al., 2001, McDonnell, 1996]

Druh paliva	Energetický obsah	Spotřeba energie na výrobu	Celkem
Nafta	36.14	4.5	40.64
MEŘO	33.1	15.6	48.70
Směs 25% MEŘO a 75 % nafta	35.64	7.07	42.74

Energie olejů

Energie olejů je opět počítána jako energie obsažená v olejích a k nim připočítaná energie potřebná k jejich výrobě. V tomto případě vlastník používal syntetický hydraulický a motorový olej. Na základě výzkumů, které prováděl Våg et al. [2000], byly převzaty hodnoty vyplývající z tabulky číslo 6.

Tabulka 6: Hodnoty energií obsažených v olejích a energie nutná na jejich výrobu (MJ.l⁻¹), [Våg et al., 2000].

Druh oleje	Energetický obsah	Spotřeba energie na výrobu	Celkem
Minerální	38.5	45	83.5
Rostlinný	36.1	12	48.1
Syntetický	36.1	22	58.1

Tyto celkové hodnoty jsou, stejně jako v případě paliv, vztaženy na produktivitu stroje a velikost spotřeby olejů během sledované doby.

Energie spotřebovaná na výrobu stroje

Tato část obsahuje výpočty několika jednotlivých energetických spotřeb, je nutné sečíst energie nutné na prvovýrobu, dále pak na výrobu komponentů, jejich kompletaci a také transport stroje. Ve své práci se v této oblasti opírám o výsledky, které prezentoval Athanassiadis [2000b], který, jak již bylo v této práci prezentováno, stanovil hodnotu 66.4 MJ na výrobu 1 kg hmotnosti stroje, tato hodnota byla stanovena pro forwarder. Při svém zkoumání předpokládal Athanassiadis životnost stroje na 18 000 motohodin, tato veličina byla vztažena na průměrnou produkci dříví v metrech krychlových.

Energie spotřebovaná při výrobě náhradních dílů a údržbě

Do této jednotky jsou zahrnuty sečtené energetické spotřeby vynaložené na výrobu veškerých vyměněných součástí na strojích během doby měření. I zde je využito hodnoty prezentované Athanassiadisem [2000b], 66.4 MJ na 1 kilogram, též vztažené na hmotnost stroje v závislosti na jeho produktivitě. Nahrazené části stroje za sledované období budou vyčísleny ve váhových jednotkách, při tomto se využije

údajů převzatých od Kilponen [2001, Timberjack Oy, Tampere, Finland] tak, jak naznačuje následující tabulka:

Tabulka 7: Hmotnost 1 ks nahrazené součásti stroje vyjádřená v kg.

Druh materiálu	Hmotnost 1 ks v kg
pneumatika	157.5
lišta	2.5
řetěz	0.3
filtr	3.3
hydraulická hadice	0.75

0.75 kg hydraulické hadice se rovná 1 m

4. Výsledky

4.1. Oblast sběru dat

Většina dat a informací pro tuto práci byla získána na území Krkonoš a Podkrkonoší, subjekty poskytující podklady pro tuto práci dodavatelsky hospodaří s harvesterovými technologiemi na území KRNAP a jeho přiléhajících lesních celcích.

A) *Administrativní, správní a organizační členění.*

Region: Východní Čechy
Okres: Trutnov, Semily, Jablonec nad Nisou
Uživatel lesů: Správa KRNAP, Lesy ČR, Soukromý vlastníci
Kategorie lesa: Lesy zvláštního určení, Hospodářské lesy

B) *Geografické, geomorfologické, hydrografické zařazení, typizace území a reliéfu, geologické a pedologické charakteristiky*

Fyzicko-geografické regionální zařazení

Na většině zkoumaného území panují podmínky podobné jako v následujících geomorfologických oblastech:

7157 – oblast s reliéfem plochých vrchovin s erozně-denudačním povrchem, klimatická oblast - mírně teplá, vlhká, s chladnou zimou, vegetační stupeň jedlobukový

9168 – reliéf hornatin s erozně-denudačním povrchem, klimatická oblast - mírně chladná, vlhká, s chladnou zimou, vegetační stupeň smrkojedlobukový [Demek a kol., 1975]

Zařazení do geomorfologického systému

Provincie: Česká vysočina

Soustava: Sudetská

Podsoustava: Západní Sudety

Celek: Krkonoše + Krkonošské podhůří

Podcelek: Krkonošské rozsochy + Podkrkonošská pahorkatina [Czudek, 1976]

Určení průměrné sklonitosti území

střední sklon 3-7°

[Kudrnovská, Kousal, 1975]

Stanovení střední výšky území

pro pole 1 km² ...500 - 600 m n.m.

[Kudrnovská, Kousal, 1975]

Zařazení podle typu reliéfu

200-300 m ... průměrná výšková členitost

532 ... ploché vrchoviny v oblasti permokarbonských struktur České vysočiny, v oblasti litologicky a tektonicky podmíněných paleovulkanických struktur

814 ... členité hornatiny vrásnozlomových struktur a hlubinných vyvřelin České vysočiny, kerné a hrást'ové stavby

[Kudrnovská, Kousal, 1971]

Pedologické charakteristiky území

Pedogenetické asociace [Pelíšek, Sekaninová, 1975]: asociace hnědých lesních půd přírodních a zemědělsky zkulturnělých horských oblastí

Půdní typy na lokalitě [Novák, 1993]:

kambizem typická, varieta kyselá z bezkarbonátových permských hornin,
glejová půda

Geologická charakteristika území

Mladší paleozoikum, Podkrkonošská pánev a vnitrosudetská deprese, perm, červená jalovina střední (červené pískovce, slepence, prachovce a jílovce, čočky vápenců

[Čepek a kol., 1963]

C) Klimatické charakteristiky

Lokalita se nachází v klimatické oblasti mírně teplé-MT 2 a chladné-CH 7.

[Quitt, 1975]

V následujícím textu jsou použity údaje z meteorologické stanice v Trutnově. Ta je situována v nadmořské výšce 427 m.n.m. a její zeměpisná poloha je 50°34' s.š., 15°55' v.d. Údaje jsou za období 1901 – 1950. [ČHMÚ, 1953]

Průměrná roční teplota vzduchu:	6,8 °C
Průměrná teplota vzduchu ve vegetačním období:	10,6 °C
Roční úhrn srážek:	778 mm
Úhrn srážek ve vegetačním období (IV-IX):	418 mm
Úhrn srážek v zimním období (X-III):	360 mm
Počet vegetačních dnů (10 °C a více):	146
Průměrný počet dnů se sněhovou pokrývkou v roce:	85,4

Průměrná četnost směrů větru v roce: JV ... 15,4%, V ... 15,3%, Z ... 14,9%, SZ ... 13,8%, JZ ... 11%, S ... 4,4%, SV ... 12,8%, J ... 4,5, bezvětří ... 7,9 %
(pro stanici Jaroměř: 260 m.n.m., 50°21' s.š., 15°55' v.d., 1946-53)

Tabulka 8: Přehled teplotních a srážkových charakteristik studovaného povodí podle jednotlivých měsíců

Měsíce	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Rok
Průměrné teploty studované lokality (°C)	-3,2	-2	1,7	6,5	12,1	14,9	16,7	15,7	12	7,1	2,1	-1,5	6,8
Srážky studované lokality (mm)	65	53	48	56	61	79	83	81	58	62	66	66	778

Vlhkostní charakteristiky dle Langova dešťového faktoru:

$$D = H_{Sr} \cdot T_r^{-1}$$

D ... Langův dešťový faktor

H_{Sr} ... roční úhrn srážek [mm]

T_r ... průměrná roční teplota [°C]

$$D = 778 / 6,8$$

D = 114,4

Klasifikace podle Langova dešťového faktoru: V- *Oblast velmi vlhká*

Podle Minářovy vláhové jistoty

$$Z = (H_{Sr} - H'_s) \cdot T_r^{-1}$$

$$H'_s = 30 \cdot (T_r + 7)$$

Z ...Minářova vláhová jistota

H_{Sr} ...roční úhrn srážek [mm]

H'_s ...hranice podnebí polních kultur podle Gregora

T_r průměrná roční teplota [°C]

$$H'_s = 30 \cdot (6,8 + 7)$$

$$H'_s = 414$$

$$Z = (778 - 414) / 6,8$$

$$Z = 53,5$$

Charakteristika oblasti dle Minářovy vláhové jistoty *silně vlhká až nejvlhčí* s pravděpodobností výskytu suchých let 0 – 5 % .

D) *Přírodní a růstové podmínky*

1. Biogeografická determinace území:

Povodí spadá do provincie České vysočiny (A), soustavy Sudetské (4), podsoustavy podhorské (a) a krkonošské (b). [Raušer, 1971]

2. Lesnatost oblasti zahrnující zájmové území:

35 - 65 % [Kudrnovská, Kousal, 1975]

4.2. Energie

Provozní část

Energetická náročnost forwarderů je zde dělena do tří částí. Tou první je provozní část, ve které byla zkoumána spotřeba nafty, motorového syntetického oleje, hydraulického syntetického oleje, převodového syntetického oleje a vazelíny vztahovaná na 1 m³ vyrobeného dříví.

Spotřeby nafty byly převzaty z formulářů. Vezmeme-li v potaz energii obsaženou v naftě skládající se, dle Grägg [1994], Altin et al. [2001] a McDonnell [1996], jednak z energie obsažené, a to 36.14 MJ.l^{-1} , a také energie nutné na výrobu, zastoupené hodnotou 4.5 MJ.l^{-1} , vyjde nám celkový energetický obsah jako 40.64 MJ.l^{-1} .

Spotřeby motorového syntetického oleje byly převzaty také z formulářů, při stejném objemu výroby jako u nafty. Energetický obsah oleje je převzat od Våg et al. [2000], ten určil jednak hodnotu energie obsažené jako 36.1 MJ.l^{-1} a také energie nutné na výrobu jako 22 MJ.l^{-1} . Celkově se tedy jedná o hodnotu 58.1 MJ.l^{-1} .

Při určování energetického obsahu převodového syntetického oleje je vycházeno, stejně jako v předchozím případě z Våg et al. [2000], jedná se tedy o hodnotu 58.1 MJ.l^{-1} .

V případě zjišťování energetické hodnoty hydraulického syntetického oleje se vychází, stejně jako u předchozích typů olejů, z hodnoty 58.1 MJ.l^{-1} .

Hodnoty energetické náročnosti vazelíny byly převzaty od společnosti Paramo a.s., a to konkrétně jako 41.39784946 MJ obsažených v jednom kg a 48.38709677 MJ nutných na výrobu jednoho kg. Celkově se tedy jedná o energetický obsah o velikosti $89.78494624 \text{ MJ.kg}^{-1}$.

Výrobní část

V této části se vychází z hodnot prezentovaných Athanassiadisem [2000b], který stanovil hodnotu energetické náročnosti výroby stroje jako 66.4 MJ.kg^{-1} . Tato hodnota byla vztažena na celkovou hmotnost stroje a přepočtena na 1 metr krychlový dříví.

Část údržby a oprav

Energetická náročnost je v této části kalkulována na základě informací převzatých z formulářů, konkrétně se jedná o jednotlivé nahrazené části v kg. Jednotlivé hodnoty jsou vynásobeny energetickou náročností stanovenou Athanassiadisem [2000b] a stejně jako v předchozí části se jedná o 66.4 MJ.kg^{-1} . Výsledná hodnota je, stejně jako předchozích částech, vztažena k jednotce výroby.

4.2.1. Forwarder Valmet 830.3



Obrázek 5: Forwarder Valmet 830.3

[<http://www.technikboerse.com/en/view/second-hand-machine/logging-skidder/1267058/valmet-830-3.html>]

Provozní část

Energetická náročnost provozní části je podrobně vyjádřena pomocí následující tabulky.

Tabulka 9: Energetická náročnost provozní části Valmet 830.3

Valmet 830.3

nafta - l/m ³	1,038
nafta - MJ/m ³	42,171
hydraulický olej - l/m ³	0,009
hydraulický olej - MJ/m ³	0,516
mot. olej - l/m ³	0,003
mot. olej - MJ/ m ³	0,155
př. olej - l/m ³	0,006
př. olej - MJ/m ³	0,370

vazelína - Kg/m ³	0,002
vazelína - MJ/m ³	0,200
Celková energie pr. části - MJ/m³	43,412

Výrobní část

Energetická náročnost výrobní části je podrobně vyjádřena pomocí následující tabulky.

Tabulka 10: Energetická náročnost výrobní části Valmet 830.3

Valmet 830.3

hmotnost – Kg	11500,000
výroba - MJ celkem	763600,000
Celková energie nutná na výrobu - MJ/m³	56,563

Část údržby a oprav

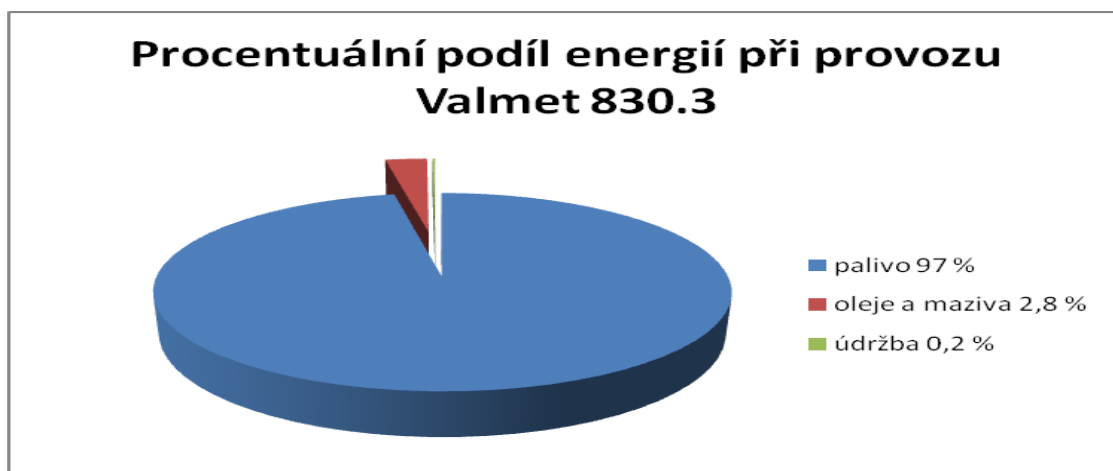
Energetická náročnost údržby a oprav je podrobně vyjádřena pomocí následující tabulky.

Tabulka 11: Energetická náročnost údržby a oprav Valmet 830.3

Valmet 830.3

pneumatiky – MJ/Kg	0,000
hydraulické hadice - MJ/Kg	929,600
počet baterií - MJ/Kg	0,000
ocel / železo - MJ/Kg	1,506
hliník - MJ/Kg	0,000
ostatní kovy - MJ/Kg	66,400
plast - MJ/Kg	33,200
guma / mimo hadice a pn. - MJ/Kg	0,000
sklo - MJ/Kg	0,000
celková energie údrž. a opr. MJ/Kg	1030,706
Celková energie údrž. a opr. MJ/m³	0,076

Následující graf zobrazuje procentuální podíl spotřebovaných energií při provozu Valmet 830.3.



Graf 3: Procentuální podíl energií při provozu Valmet 830.3

4.2.2. Forwarder Valmet 840.3



Obrázek 6: Forwarder Valmet 840.3

[<http://www.mascus.fi/metsakoneet/kaytetyt-kuormatraktorit/valmet-840-3/ikblk9el.html>]

Provozní část

Energetická náročnost provozní části je podrobně vyjádřena pomocí následující tabulky.

Tabulka 12: Energetická náročnost provozní části Valmet 840.3

Valmet 840.3

nafta - l/m ³	0,686
nafta - MJ/m ³	27,895
hydraulický olej - l/m ³	0,019
hydraulický olej - MJ/m ³	1,102
mot. olej - l/m ³	0,007
mot. olej – MJ/m ³	0,378
př. olej - l/m ³	0,018
př. olej - MJ/m ³	1,071
vazelína - Kg/ m ³	0,003
vazelína - MJ/m ³	0,268
Celková energie pr. části - MJ/m³	30,713

Výrobní část

Energetická náročnost výrobní části je podrobně vyjádřena pomocí následující tabulky.

Tabulka 13: Energetická náročnost výrobní části Valmet 840.3

Valmet 840.3

hmotnost – Kg	16300,000
výroba - MJ celkem	1082320,000
Celková energie nutná na výrobu - MJ /m³	146,656

Část údržby a oprav

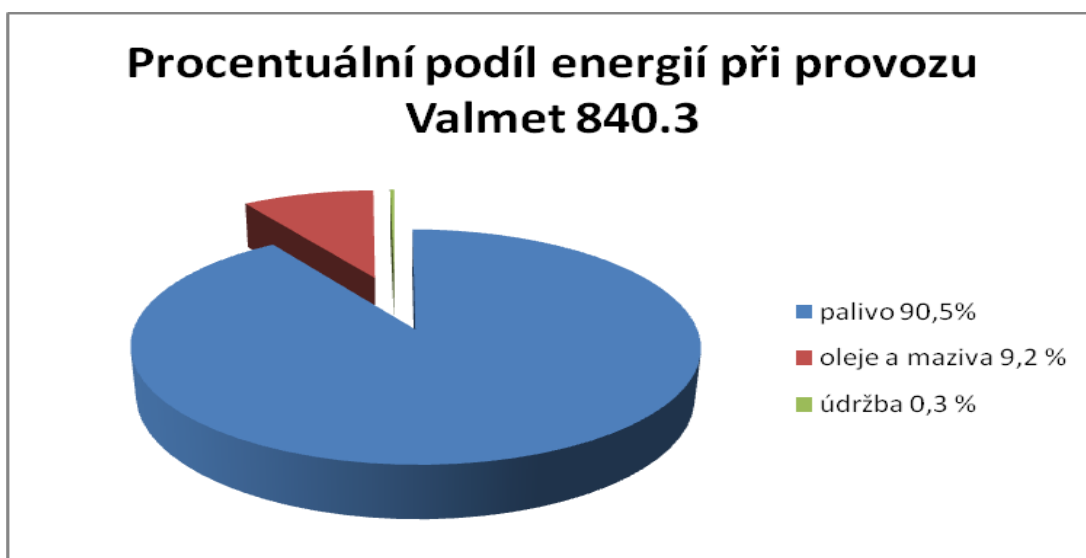
Energetická náročnost údržby a oprav je podrobně vyjádřena pomocí následující tabulky.

Tabulka 14: Energetická náročnost údržby a oprav Valmet 840.3

Valmet 840.3

pneumatiky – MJ/Kg	0,000
hydraulické hadice - MJ/Kg	531,200
počet baterií - MJ/Kg	0,000
ocel / železo - MJ/Kg	0,904
hliník - MJ/Kg	0,000
ostatní kovy - MJ/Kg	66,400
plast - MJ/Kg	33,200
guma /mimo hadice a pn. - MJ/Kg	0,000
sklo - MJ/Kg	0,000
celková energie údrž. a opr. MJ/Kg	631,704
Celková energie údrž. a opr. MJ/m³	0,086

Následující graf zobrazuje procentuální podíl spotřebovaných energií při provozu Valmet 840.3.



Graf 4: Procentuální podíl energií při provozu Valmet 840.3

4.2.3. Forwarder Rottne F9



Obrázek 7: Forwarder Rottne F9

[<https://www.technikboerse.com/cs/view/pou-it-stroj/vyv-ec-v-z/1126700/rottne-solid-f9.html>]

Provozní část

Energetická náročnost provozní části je podrobně vyjádřena pomocí následující tabulky.

Tabulka 15: Energetická náročnost provozní části Rottne F9

Rottne F9

nafta - l/m ³	0,900
nafta - MJ/m ³	36,576
hydraulický olej – l/m ³	0,011
hydraulický olej – MJ/m ³	0,661
mot. olej - l/m ³	0,005
mot. olej – MJ/m ³	0,315
př. olej - l/m ³	0,009
př. olej - MJ/m ³	0,498
vazelína - Kg/m ³	0,003
vazelína - MJ/m ³	0,267
Celková energie pr. části - MJ/m³	38,317

Výrobní část

Energetická náročnost výrobní části je podrobně vyjádřena pomocí následující tabulky.

Tabulka 16: Energetická náročnost výrobní části Rottne F9

Rottne F9

hmotnost – Kg	10600,000
výroba - MJ celkem	703840,000
Celková energie nutná na výrobu - MJ/m³	61,573

Část údržby a oprav

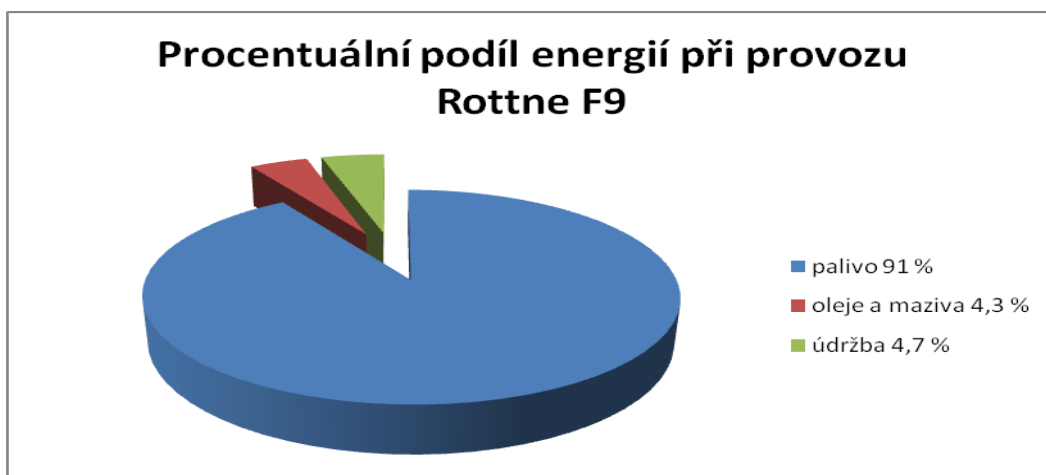
Energetická náročnost údržby a oprav je podrobně vyjádřena pomocí následující tabulky.

Tabulka 17: Energetická náročnost údržby a oprav Rottne F9

Rottne F9

pneumatiky - MJ/Kg	20916,000
hydraulické hadice - MJ/Kg	664,000
počet baterií - MJ/Kg	0,000
ocel / železo - MJ/Kg	0,301
hliník - MJ/Kg	0,000
ostatní kovy - MJ/Kg	33,200
plast - MJ/Kg	19,920
guma /mimo hadice a pn. - MJ/Kg	0,000
sklo - MJ/Kg	0,000
celková energie údrž. a opr. MJ/Kg	21633,421
Celková energie údrž. a opr. MJ/m³	1,893

Následující graf zobrazuje procentuální podíl spotřebovaných energií při provozu Rottne F9.



Graf 5: Procentuální podíl energií při provozu Rottne F9

4.2.4. Forwarder Rottne F9-6



Obrázek 8: Forwarder Rottne F9-6

[<http://www.hanko.cz/vybaveni.html>]

Provozní část

Energetická náročnost provozní části je podrobně vyjádřena pomocí následující tabulky.

Tabulka 18: Energetická náročnost provozní části Rottne F9-6***Rottne F9-6***

nafta - l/m ³	0,800
nafta - MJ/m ³	32,514
hydraulický olej - l/m ³	0,011
hydraulický olej - MJ/m ³	0,648
mot. olej - l/m ³	0,003
mot. olej - MJ/m ³	0,176
př. olej - l/m ³	0,007
př. olej - MJ/m ³	0,428
vazelína - Kg/m ³	0,002
vazelína - MJ/ m ³	0,170
Celková energie pr. části - MJ/m³	33,936

Výrobní část

Energetická náročnost výrobní části je podrobně vyjádřena pomocí následující tabulky.

Tabulka 19: Energetická náročnost výrobní části Rottne F9-6***Rottne F9-6***

hmotnost - Kg	11500,000
výroba - MJ celkem	763600,000
Celková energie nutná na výrobu - MJ/ m³	72,174

Část údržby a oprav

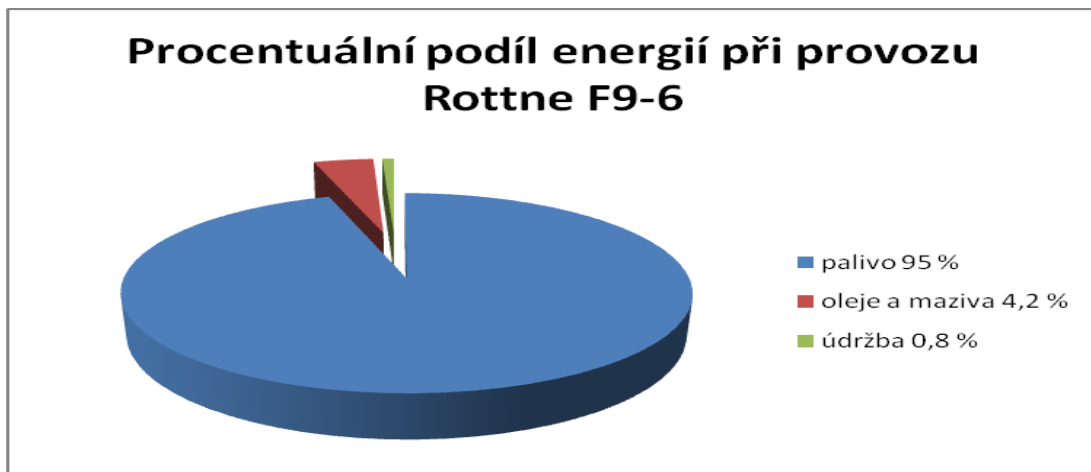
Energetická náročnost údržby a oprav je podrobně vyjádřena pomocí následující tabulky.

Tabulka 20: Energetická náročnost údržby a oprav Rottne F9-6

Rottne F9-6

pneumatiky - MJ/Kg	0,000
hydraulické hadice - MJ/Kg	730,400
počet baterií - MJ/Kg	2191,200
ocel / železo - MJ/Kg	1,130
hliník - MJ/Kg	0,000
ostatní kovy - MJ/Kg	0,000
plast - MJ/Kg	0,000
guma /mimo hadice a pn. - MJ/Kg	0,000
sklo - MJ/Kg	0,000
celková energie údrž. a opr. MJ/Kg	2922,730
Celková energie údrž. a opr. MJ/m³	0,276

Následující graf zobrazuje procentuální podíl spotřebovaných energií při provozu Rottne F9-6.



Graf 6: Procentuální podíl energií při provozu Rottne F9-6

4.2.5. Forwarder Rottne F10 B



Obrázek 9: Forwarder Rottne F10 B

[<http://rottne.pl/zdjecia/produkty/2.jpg>]

Provozní část

Energetická náročnost provozní části je podrobně vyjádřena pomocí následující tabulky.

Tabulka 21: Energetická náročnost provozní části Rottne F10 B

Rottne F10 B

nafta - l/m ³	0,900
nafta - MJ/m ³	36,561
hydraulický olej - l/m ³	0,016
hydraulický olej - MJ/m ³	0,902
mot. olej - l/m ³	0,005
mot. olej - MJ/m ³	0,307
př. olej - l/m ³	0,012
př. olej - MJ/m ³	0,697
vazelína - Kg/m ³	0,003
vazelína - MJ/m ³	0,296
Celková energie pr. části - MJ/m³	38,762

Výrobní část

Energetická náročnost výrobní části je podrobně vyjádřena pomocí následující tabulky.

Tabulka 22: Energetická náročnost výrobní části Rottne F10 B

Rottne F10 B

hmotnost – Kg	12500,000
výroba - MJ celkem	830000,000
Celková energie nutná na výrobu - MJ/m³	97,590

Část údržby a oprav

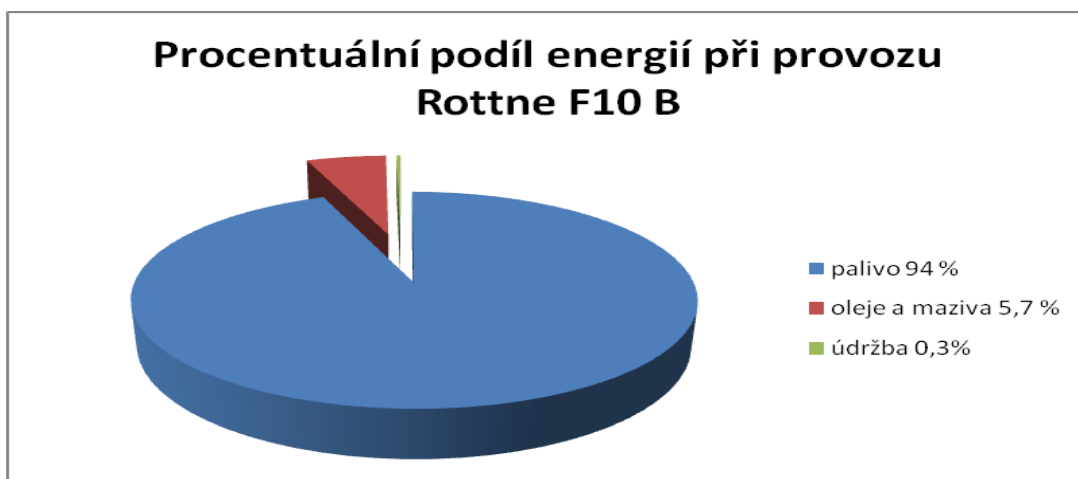
Energetická náročnost údržby a oprav je podrobně vyjádřena pomocí následující tabulky.

Tabulka 23: Energetická náročnost údržby a oprav Rottne F10 B

Rottne F10 B

pneumatiky - MJ/Kg	0,000
hydraulické hadice - MJ/Kg	796,800
počet baterií - MJ/Kg	0,000
ocel / železo - MJ/Kg	0,151
hliník - MJ/Kg	0,000
ostatní kovy - MJ/Kg	0,000
plast - MJ/Kg	132,800
guma /mimo hadice a pn. - MJ/Kg	0,000
sklo - MJ/Kg	0,000
celková energie údrž. a opr. MJ/Kg	929,751
Celková energie údrž. a opr. MJ/m³	0,109

Následující graf zobrazuje procentuální podíl spotřebovaných energií při provozu Rottne F10 B.



Graf 7: Procentuální podíl energií při provozu Rottne F10 B

4.2.6. Forwarder Rottne F12 S



Obrázek 10: Forwarder Rottne F12 S

[http://www.lesni-technika.cz/EN/Products/vyvezeci_soupravy.html]

Provozní část

Energetická náročnost provozní části je podrobně vyjádřena pomocí následující tabulky.

Tabulka 24: Energetická náročnost provozní části Rottne F12 S***Rottne F12 S***

nafta - l/m ³	1,200
nafta - MJ/m ³	48,766
hydraulický olej - l/m ³	0,008
hydraulický olej - MJ/m ³	0,492
mot. olej - l/m ³	0,004
mot. olej – MJ/m ³	0,220
př. olej - l/m ³	0,007
př. olej - MJ/m ³	0,407
vazelína - Kg/m ³	0,002
vazelína - MJ/m ³	0,198
Celková energie pr. části - MJ/m³	50,082

Výrobní část

Energetická náročnost výrobní části je podrobně vyjádřena pomocí následující tabulky.

Tabulka 25: Energetická náročnost výrobní části Rottne F12 S***Rottne F12 S***

hmotnost – Kg	17400,000
výroba - MJ celkem	1155360,000
Celková energie nutná na výrobu - MJ/m³	65,238

Část údržby a oprav

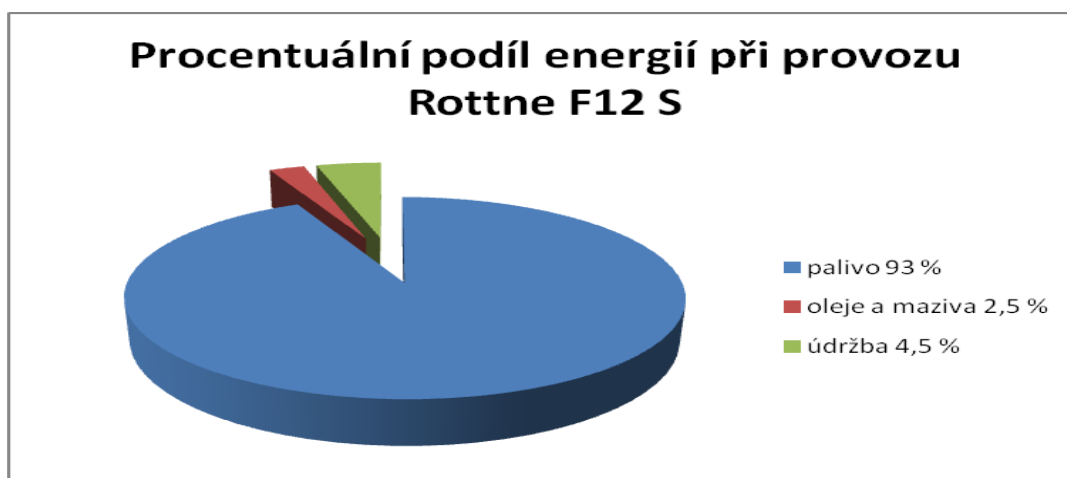
Energetická náročnost údržby a oprav je podrobně vyjádřena pomocí následující tabulky.

Tabulka 26: Energetická náročnost údržby a oprav Rottne F12 S

Rottne F12 S

pneumatiky - MJ/Kg	41832,000
hydraulické hadice - MJ/Kg	664,000
počet baterií - MJ/Kg	0,000
ocel / železo - MJ/Kg	0,753
hliník - MJ/Kg	0,000
ostatní kovy - MJ/Kg	33,200
plast - MJ/Kg	33,200
guma /mimo hadice a pn. - MJ/Kg	0,000
sklo - MJ/Kg	0,000
celková energie údrž. a opr. MJ/Kg	42563,153
Celková energie údrž. a opr. MJ/m³	2,403

Následující graf zobrazuje procentuální podíl spotřebovaných energií při provozu Rottne F12 S.



Graf 8: Procentuální podíl energií při provozu Rottne F12 S

4.2.7. Forwarder Entracon EF60



Obrázek 11: Forwarder Entracon EF60

[http://www.hanko.cz/vybaveni/Entracon_Delaware.jpg]

Provozní část

Energetická náročnost provozní části je podrobně vyjádřena pomocí následující tabulky.

Tabulka 27: Energetická náročnost provozní části Entracon EF60

Entracon EF60

nafta - l/m ³	0,700
nafta - MJ/m ³	28,446
hydraulický olej - l/m ³	0,016
hydraulický olej - MJ/m ³	0,933
mot. olej - l/m ³	0,008
mot. olej - MJ/m ³	0,467
př. olej - l/m ³	0,006
př. olej - MJ/m ³	0,373
vazelína - Kg/m ³	0,002
vazelína - MJ/m ³	0,144
Celková energie pr. části - MJ/m³	30,364

Výrobní část

Energetická náročnost výrobní části je podrobně vyjádřena pomocí následující tabulky.

Tabulka 28: Energetická náročnost výrobní části Entracon EF60

Entracon EF60

hmotnost – Kg	6000,000
výroba - MJ celkem	398400,000
Celková energie nutná na výrobu - MJ/m³	128,021

Část údržby a oprav

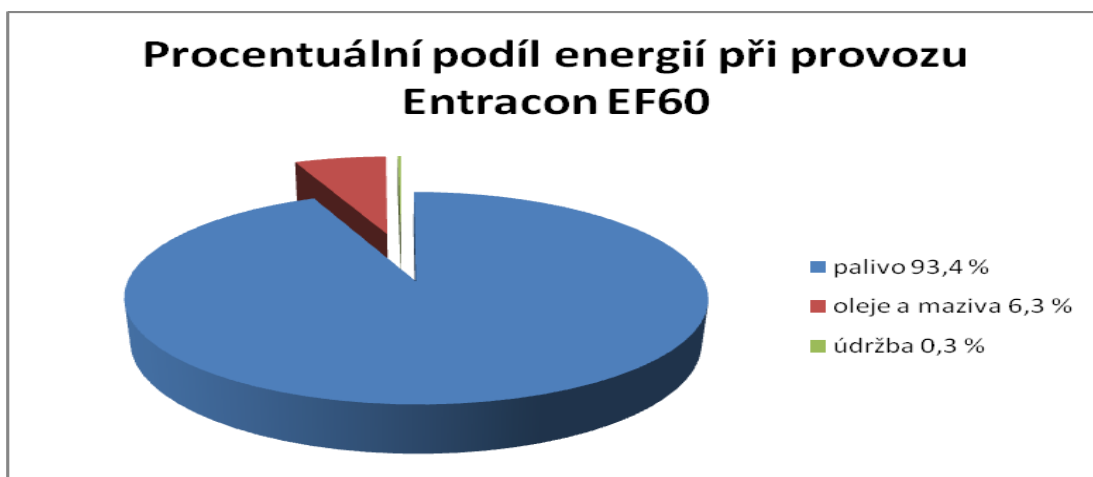
Energetická náročnost údržby a oprav je podrobně vyjádřena pomocí následující tabulky.

Tabulka 29: Energetická náročnost údržby a oprav Entracon EF60

Entracon EF60

pneumatiky - MJ/Kg	0,000
hydraulické hadice - MJ/Kg	199,200
počet baterií - MJ/Kg	0,000
ocel / železo - MJ/Kg	0,075
hliník - MJ/Kg	0,000
ostatní kovy - MJ/Kg	0,000
plast - MJ/Kg	0,000
guma /mimo hadice a pn. - MJ/Kg	0,000
sklo - MJ/Kg	0,000
celková energie údrž. a opr. MJ/Kg	199,275
Celková energie údrž. a opr. MJ/m³	0,064

Následující graf zobrazuje procentuální podíl spotřebovaných energií při provozu Rottne F12 S.



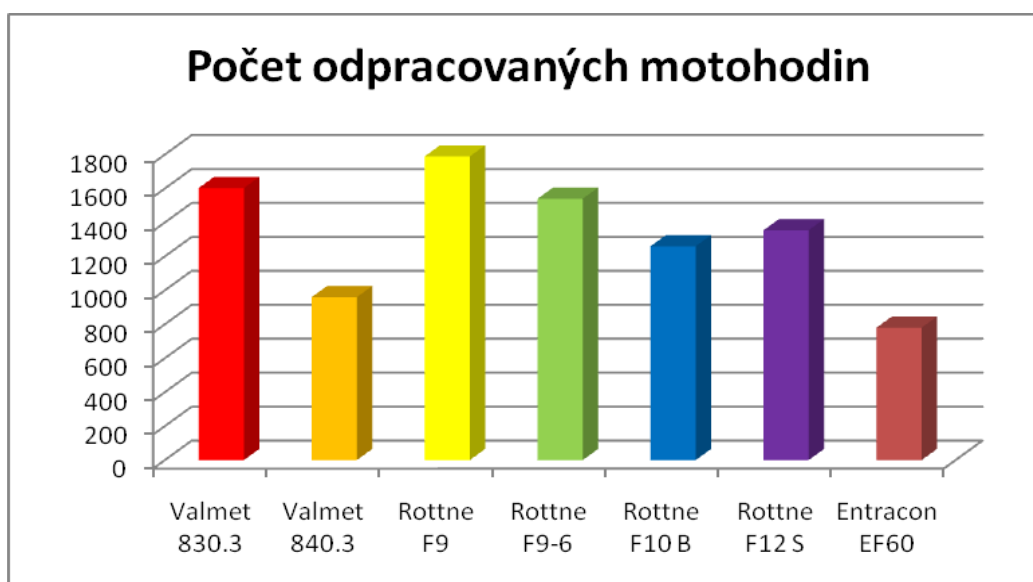
Graf 9: Procentuální podíl energií při provozu Entracon EF60

4.3. Přehled důležitých faktorů vstupujících do EA

S ohledem na cíl této práce je nutné uvést hodnoty nejvýznamnějších faktorů ovlivňujících celkovou energetickou náročnost jednotlivých strojů.

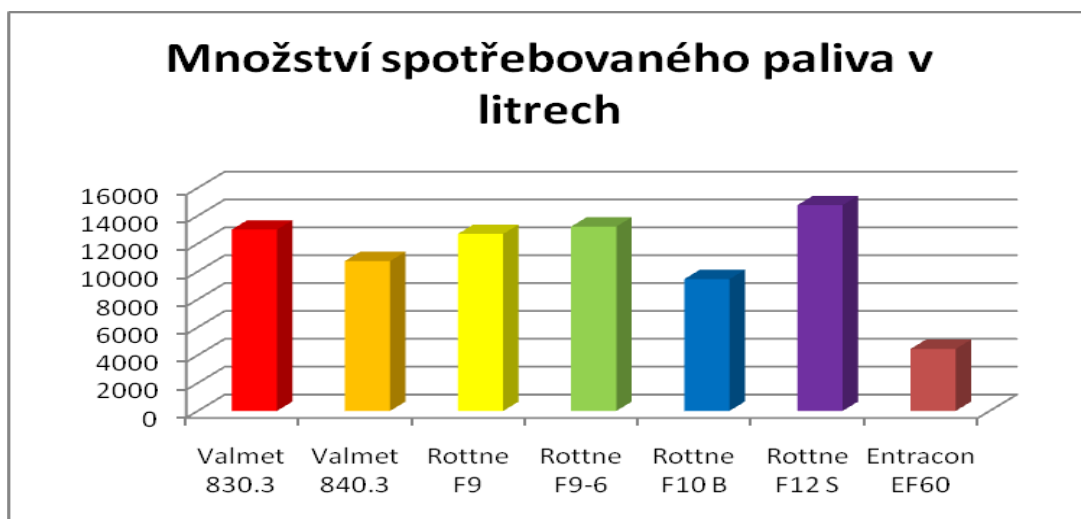
Několik z těchto faktorů uvádějí následující grafy.

Prvním z těchto grafů je srovnání forwarderů dle odpracovaných motohodin. Z tohoto grafu vyplývá, že největší množství odpracovaných motohodin ve sledovaném období měly stroje: Valmet 830.3, Rottne F9 a Rottne F9-6.



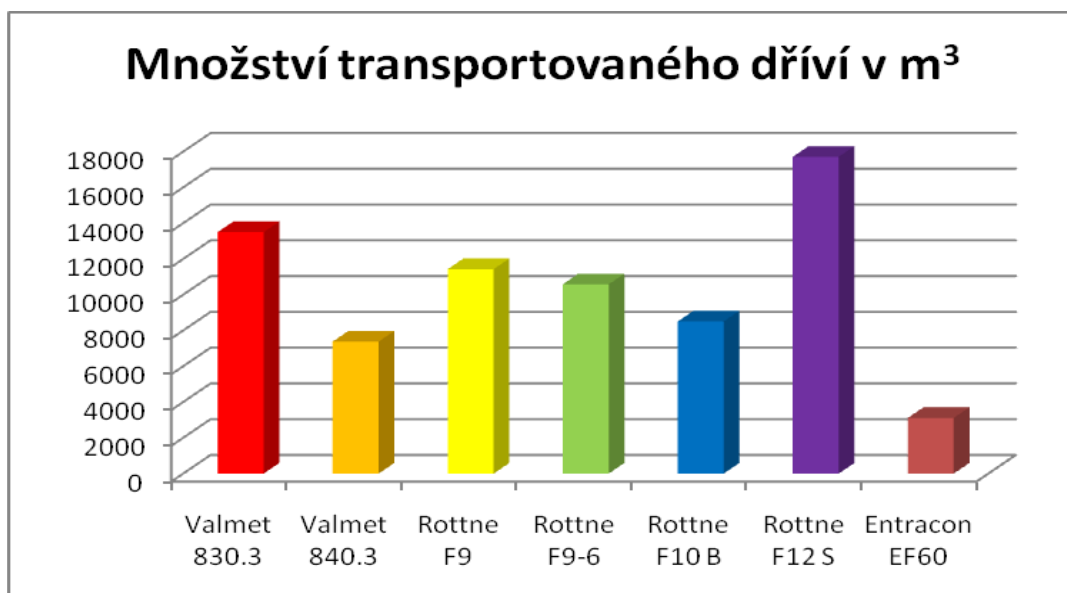
Graf 10: Srovnání forwarderů dle odpracovaných motohodin

Jako další uvádím graf spotřeby paliva, zastoupeného naftou. Z následujícího grafu vyplývá, že největší spotřebu paliva ve sledovaném období měly stroje: Rottne F12 S, Rottne F9-6, Rottne F9 a Valmet 830.3.



Graf 11: Spotřeba paliva dle jednotlivých strojů

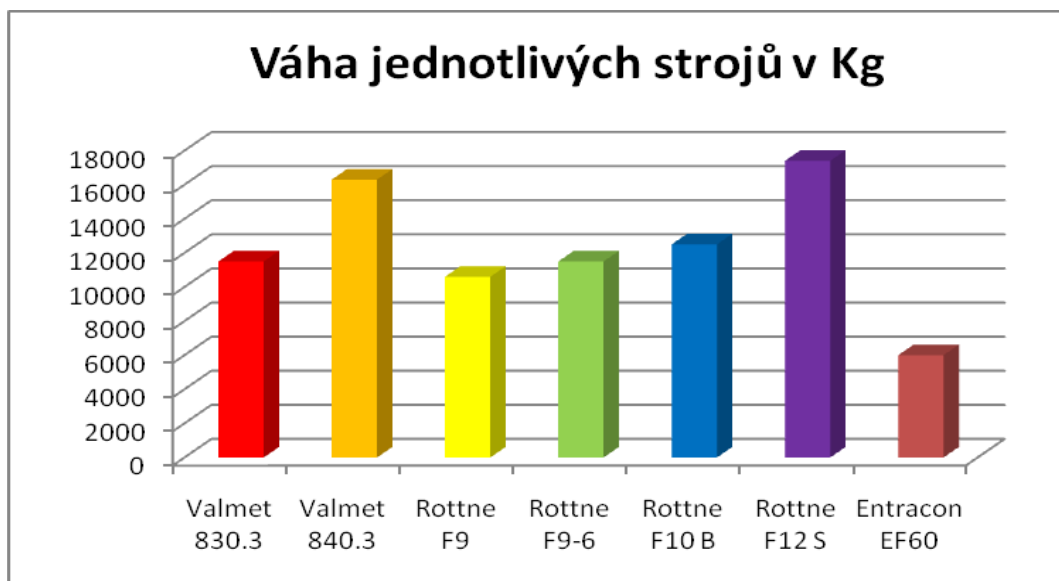
V následujícím grafu je uvedeno množství transportovaného dříví ve sledovaném období. Výstupem následujícího grafu je zjištění, že nejvíce dříví bylo transportováno forwardery: Rottne F12 S, Valmet 830.3, Rottne F9 a Rottne F9-6.



Graf 12: Množství transportovaného dříví dle jednotlivých strojů

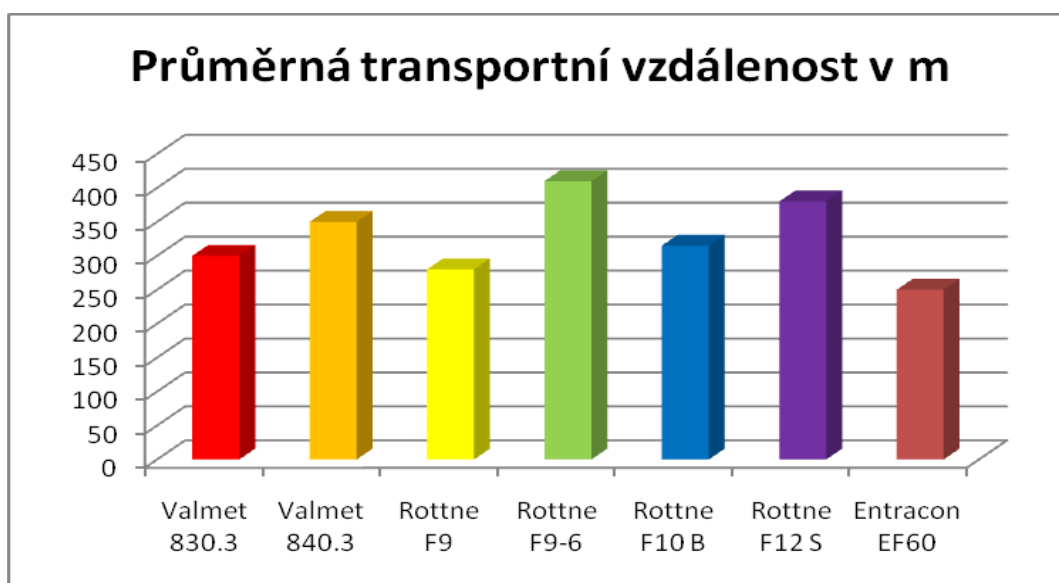
Následující graf vyjadřuje váhu jednotlivých strojů v Kg. Váha stroje je důležitá pro určení energetické náročnosti výroby stroje. Z uvedených dat vyplývá,

že největší váhu mají stroje: Rottne F12 S a Valmet 840.3. Je to dáno především jejich velikostí a také určením převážně pro mýtní těžby.



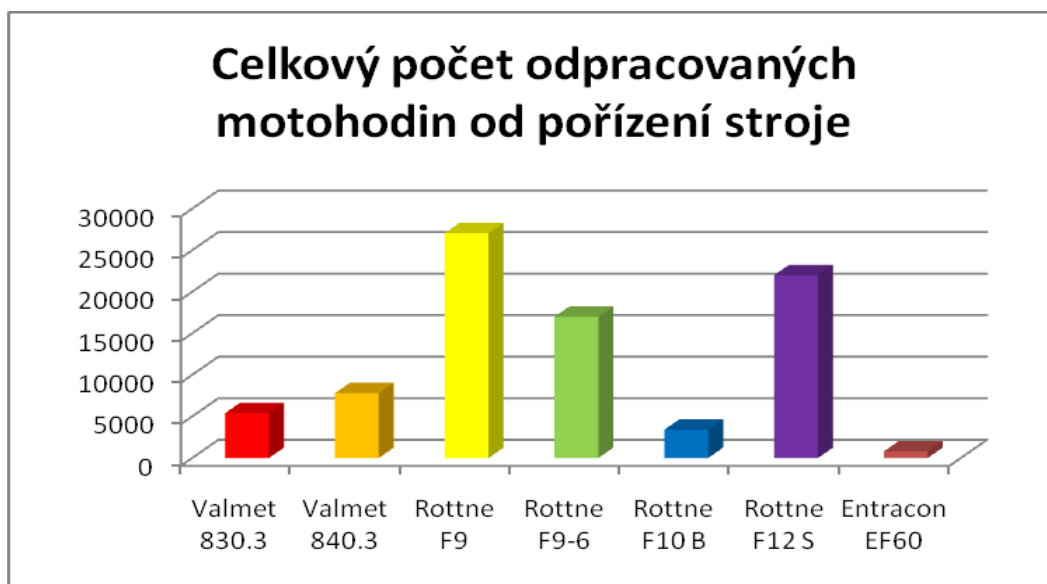
Graf 13: Váha jednotlivých strojů

Jedním z dalších grafů je vyjádření průměrné transportní vzdálenosti, kterou stroj absolvoval ve sledovaném období. Tyto hodnoty mají vliv na efektivitu stroje a tím pádem ovlivňují celkovou energetickou náročnost. Největší průměrnou vzdálenost měly forwardery: Rottne F9-6, Rottne F12 S a Valmet 840.3.



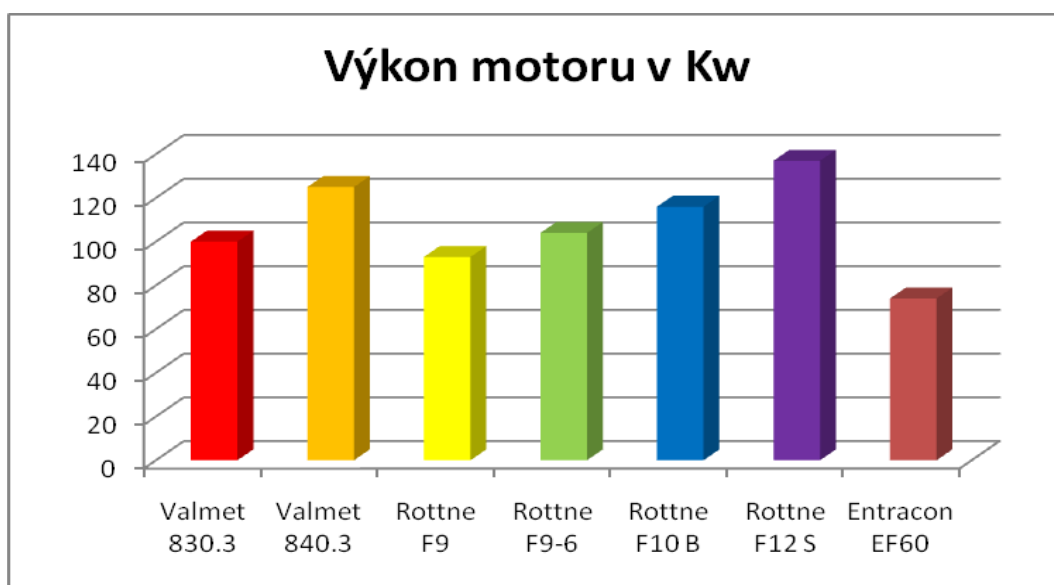
Graf 14: Průměrná transportní vzdálenost u jednotlivých strojů

Důležitým faktorem při zjišťování energetické náročnosti je celkové opotřebení a stáří stroje vyjádřené v následujícím grafu. Jako hledisko k posouzení v této práci slouží celkový počet odpracovaných motohodin od doby pořízení stroje. Následující graf zobrazuje skutečnost, že nejvíce odpracovaných hodin mají stroje: Rottne F9, Rottne F12 S a Rottne F9-6.



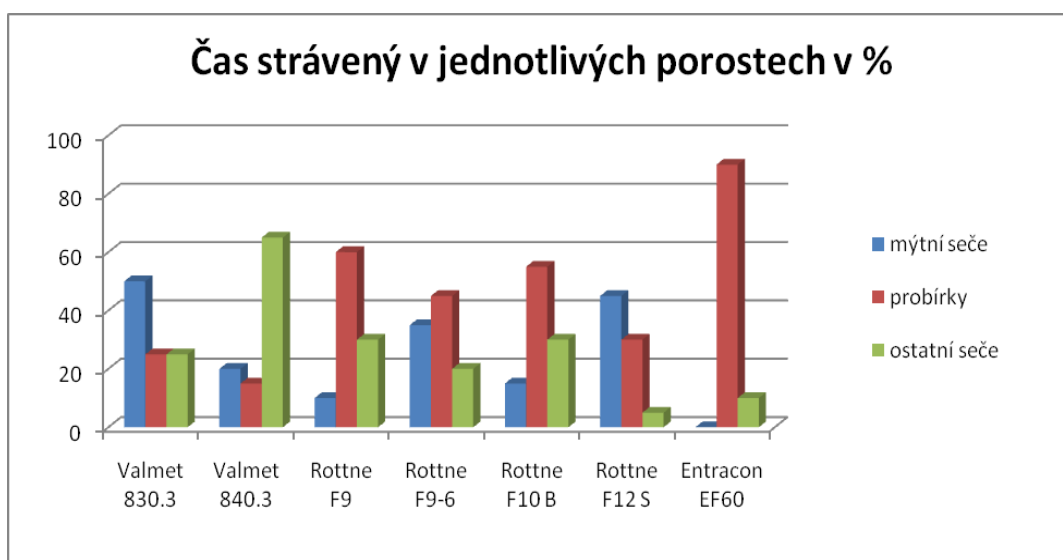
Graf 15: Celkový počet odpracovaných motohodin od pořízení stroje

Další grafem jsou vyjádřeny hodnoty výkonu motoru v kW pro jednotlivé forwardery. Výkon motoru přímo souvisí s množstvím transportovaného dříví a množstvím spotřeby provozních kapalin.



Graf 16: Výkon motoru jednotlivých strojů

Pro zjištění celkové energetické náročnosti stroje je také nezbytné si uvědomit, v jakých porostech byl stroj ve sledovaném období nasazován. Procentuální podíl nasazení strojů uvádí následující graf, ze kterého můžeme vyčíst, že největší procento probírek měl stroj Entracon EF60, který je pro tyto těžby určen. Největší procento mýtních těžeb mají stroje Valmet 830.3 a Rottne F12 S. V případě forwarderu Valmet 830.3 se jedná o cílené nasazení ze strany vlastníka. V případě forwarderu F12 S je jeho nasazení do mýtních těžeb logickým krokem, vzhledem k jeho velikosti. Nejvyšší procento ostatních sečí má forwarder Valmet 840.3, který byl vlastníkem nasazován převážně při zpracování kalamit, což poměrně negativně ovlivnilo jeho celkovou energetickou bilanci ve vztahu k množství trans. dříví.



Graf 17: Čas strávený v jednotlivých porostech v % dle jednotlivých strojů

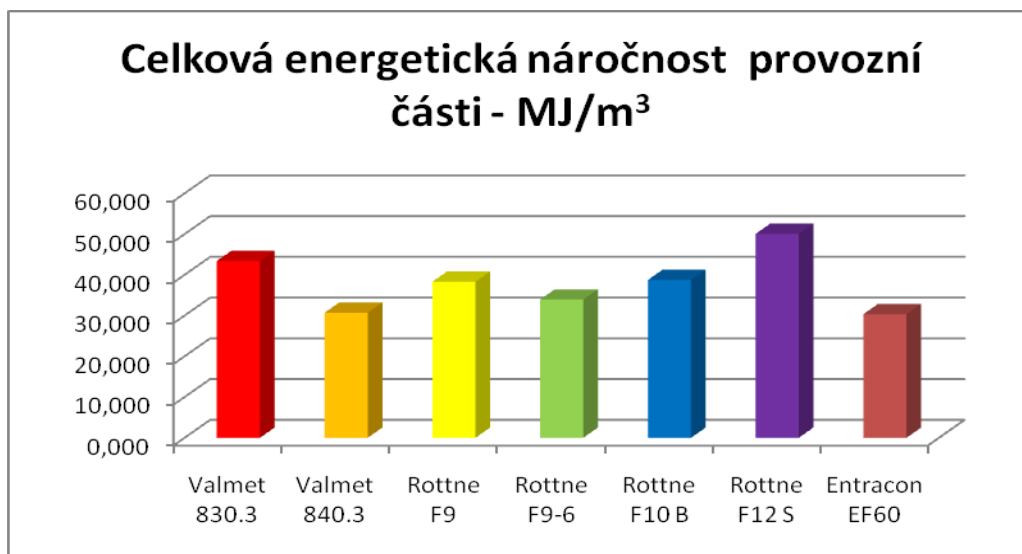
4.4. Energetické náročnosti jednotlivých částí

V této části výsledků jsou prezentovány konečné hodnoty energie v MJ vztahované k množství transportovaného dříví tj. k m³. Pro jednotlivé forwardery jsou zde uvedeny hodnoty ve třech částech, a sice v provozní části, části výroby samotného stroje a v části údržby a oprav stroje.

Provozní část

Následující graf znázorňuje celkovou energetickou náročnost jednotlivých strojů při provozní části během sledovaného období. Z grafu vyplývá, že nejvíce

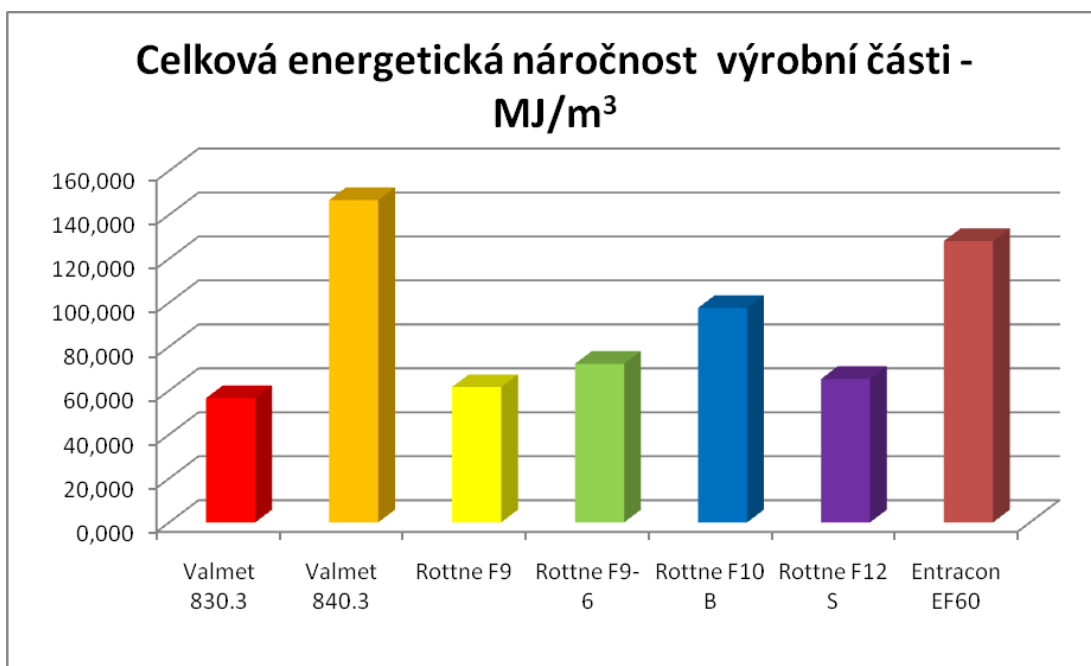
energeticky náročný byl provoz strojů Valmet 830.3, Rottne F12 S. Energetická náročnost ostatních je víceméně srovnatelná.



Graf 18: Celková energetická náročnost provozní části v MJ/m³

Výrobní část

V případě dalšího grafu se jedná o znázornění celkové energetické náročnosti jednotlivých strojů ve výrobní fázi. Tyto hodnoty jsou vypočítány z celkové hmotnosti stroje, a proto není vhodné je připočítat k celkové energetické bilanci ve sledovaném období. Bylo by to možné pouze v případě, pokud bychom znali celkovou dobu životnosti forwarderu. Při pohledu na tento graf je zřetelné, že největší hodnotu energie na výrobu mají stroje Valmet 840.3 a Entracon EF60. Ve výpočtu energetické náročnosti výroby v následujícím grafu je tato hodnota vztažena k množství transportovaného dříví ve sledovaném období, a proto zcela neodpovídá skutečnosti.



Graf 19: Celková energetická náročnost výrobní části v MJ/m³

Pro dokreslení energetické náročnosti výrobní fáze uvádím ještě tabulku č. 30. Tato tabulka zobrazuje hmotnosti jednotlivých strojů a vypočítanou energetickou náročnost výroby v MJ. Z tabulky je zřejmé, že nejvíce energeticky náročné na výrobu jsou nejtěžší stroje.

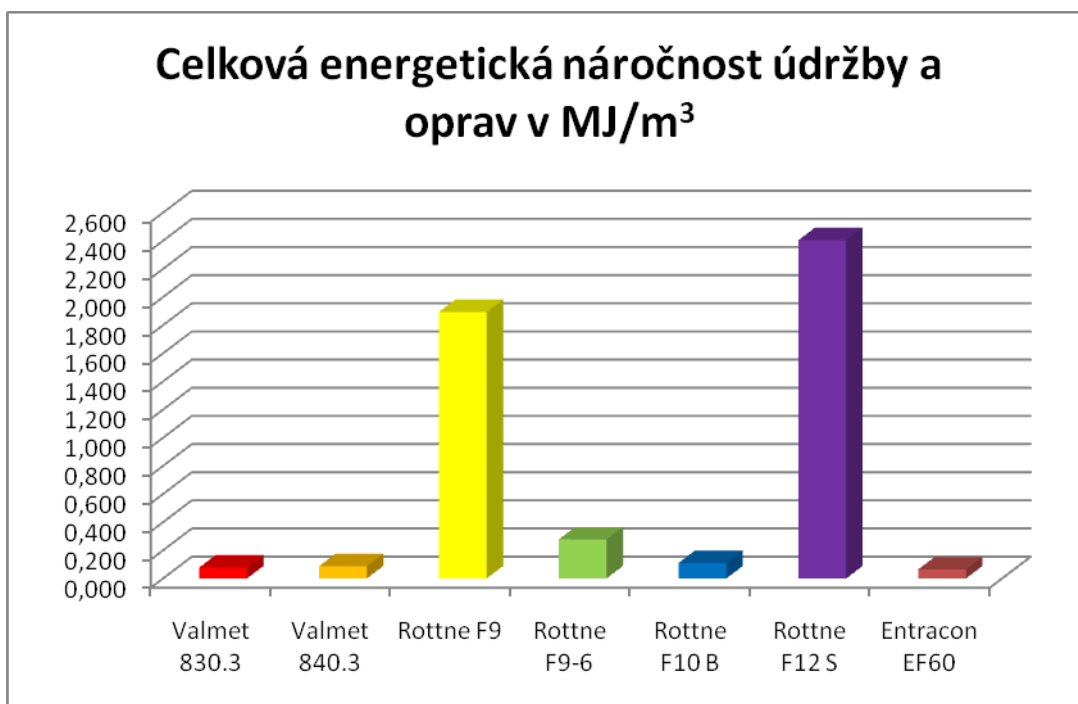
Tabulka 30: Energetická náročnost výrobní části v MJ/Kg

výrobní část

	<i>Valmet</i>	<i>Valmet</i>	<i>Rottne</i>	<i>Rottne</i>	<i>Rottne</i>	<i>Rottne</i>	<i>Entracon</i>
typ stroje	830.3	840.3	F9	F9-6	F10 B	F12 S	EF60
hmotnost - Kg	11500	16300	10600	11500	12500	17400	6000
výroba - MJ	763600	1082320	703840	763600	830000	1155360	398400

Část údržby a oprav

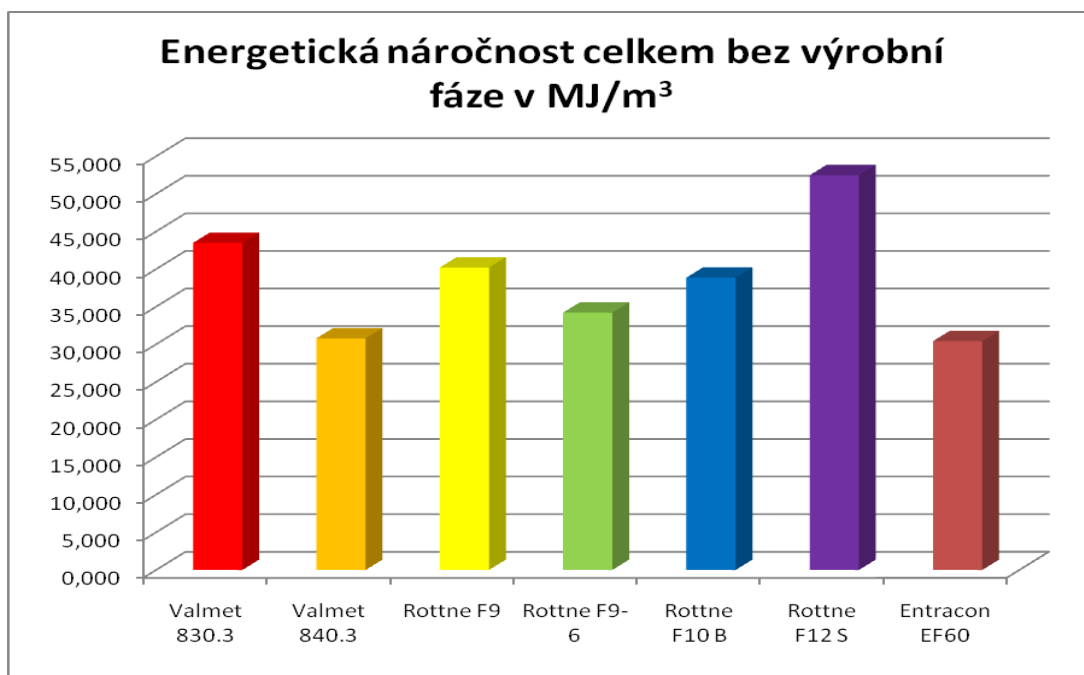
Posledním grafem je vyjádřeno množství energie spotřebované při údržbě a opravách jednotlivých forwarderů ve sledovaném období. V tomto grafu nade všemi vyčnívají forwardery Rottne F9 a Rottne F12 S. Na tyto hodnoty měla vliv především výměna pneumatik u těchto dvou strojů ve sledovaném období.



Graf 20: Celková energetická náročnost údržby a oprav v MJ/m³

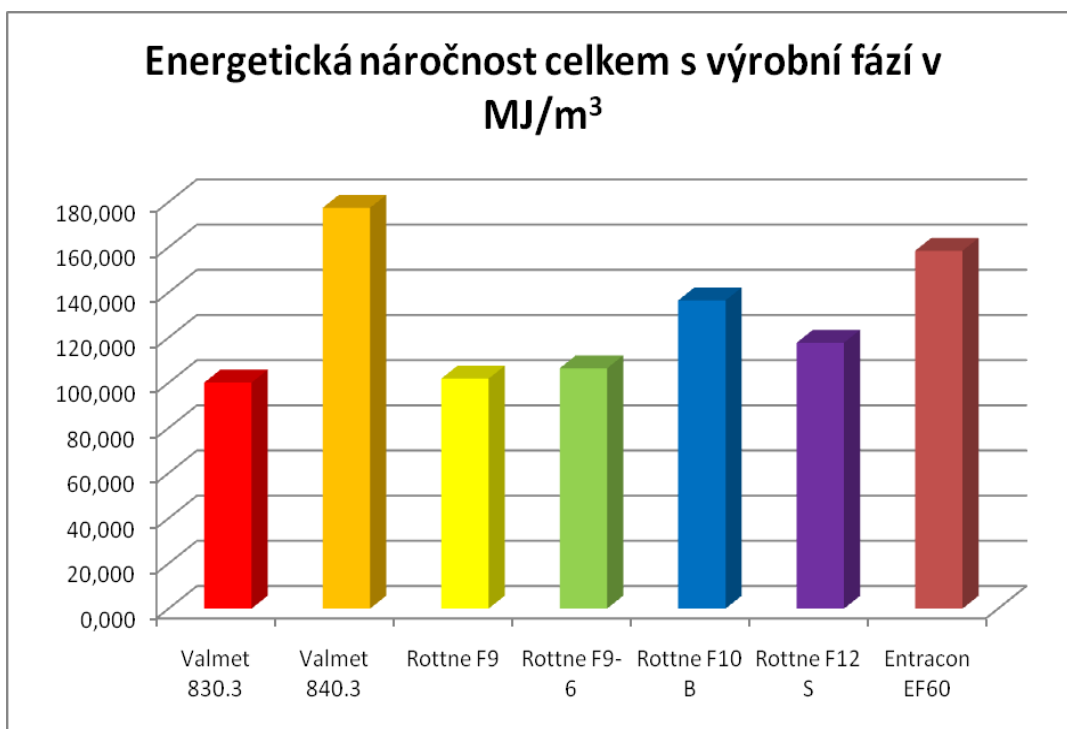
4.5. Celkové energetické náročnosti jednotlivých strojů

Tato část výsledků je věnována prezentování celkových energetických náročností jednotlivých strojů. V prvním grafu jsou tyto hodnoty prezentovány bez výrobní fáze, to znamená, že do konečné energetické náročnosti jsou započítány pouze fáze provozní a fáze údržby a oprav. Dle vyjádřených hodnot lze usuzovat, že nejvíce energeticky náročnými forwardery ve sledovaném období byly Rottne F12 S a Valmet 830.3.



Graf 21: Celková energetická náročnost bez výrobní části v MJ/m³

V grafu č. 22 jsou vyjádřeny hodnoty celkové energetické náročnosti i s výrobní fází vztahované k celkovému množství transportovaného dříví za sledované období. Jak již bylo v této práci prezentováno, tyto hodnoty nejsou zcela vypovídající o skutečnosti. Pokud bychom chtěli znát skutečné množství energetické náročnosti, bylo by nutné do zdrojových dat zahrnout celkovou dobu fungování stroje, což je s ohledem na cíl této práce nemožný úkol. Z uvedeného grafu je patrné, že největší energetickou náročnost vykazují stroje: Valmet 840.3, Rottne F10 B a Entracon EF60. V případě forwarderu Valmet 840.3 je to způsobeno především jeho nasazením v kalamitních těžbách. U stroje Rottne F10 B je vysoká hodnota důsledkem především jeho velikosti a také množstvím nahrazených částí stroje při údržbě a opravách. Stroj Entracon EF60 byl nasazen převážně v probírkových porostech a ve sledovaném období, vzhledem ke své energetické náročnosti na výrobu, netransportoval dostatečné množství dříví, když k tomu přičteme množství energie spotřebované při provozní části, dostaneme druhou nejvyšší hodnotu celkové energetické náročnosti.



Graf 22: Celková energetická náročnost s výrobní částí v MJ/m³

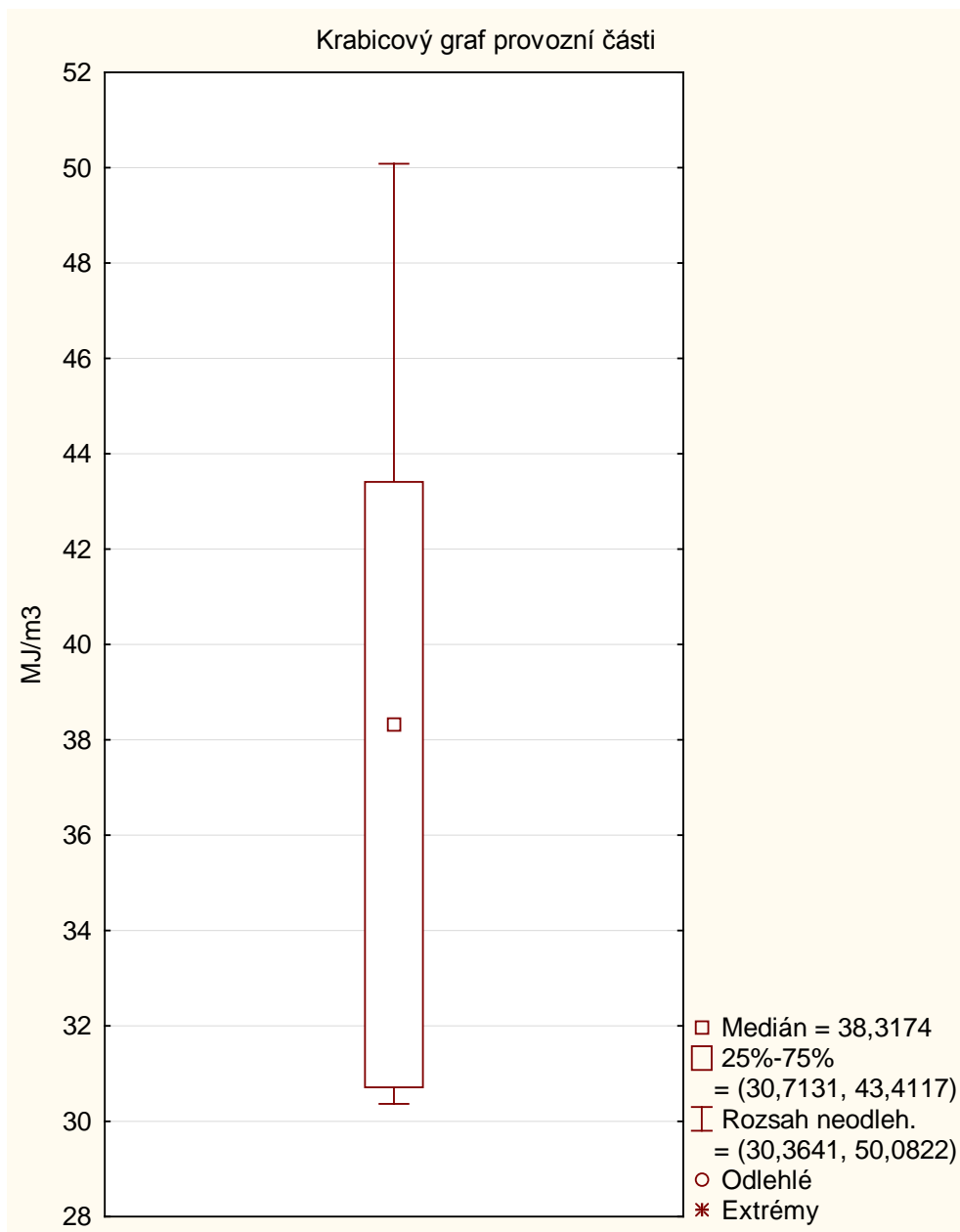
4.6. Statistické vyhodnocení výsledků

Vzhledem k povaze práce a charakteru procesu sběru dat je statistické šetření provedeno pouze ve formě krabicových grafů, které jsou zpracovány dle jednotlivých částí. Jako první je uveden krabicový graf provozní části. Ve druhém grafu jsou zobrazeny hodnoty energetické náročnosti výroby a jako poslední je uveden graf energetické náročnosti údržby a oprav jednotlivých strojů.

Provozní část

V níže uvedeném grafu č. 23 je patrné rozdělení energetických náročností jednotlivých strojů v provozní části. Na horním neodlehším konci se vyskytuje stroj Rottne F12 S charakterizovaný hodnotou 50,082 MJ/m³. Tato hodnota je způsobena především velikostí stroje a způsobem nasazení v mýtních sečích. Na spodním neodlehším konci tohoto grafu je umístěn stroj Entracon EF60, který zastupuje hodnota 30,364 MJ/m³. Tuto hodnotu lze vysvětlit velikostí stroje a způsobem jeho nasazení v probírkových porostech. Nejvíce hodnot energetických náročností jednotlivých strojů se pohybuje mezi hodnotami 43 MJ/m³ a 31 MJ/m³. Toto rozpětí vyjadřuje reálnou energetickou náročnost v provozní části, s jakou je možno

uvažovat při posuzování technologie soustředování forwardery s ostatními způsoby technologie soustředování.

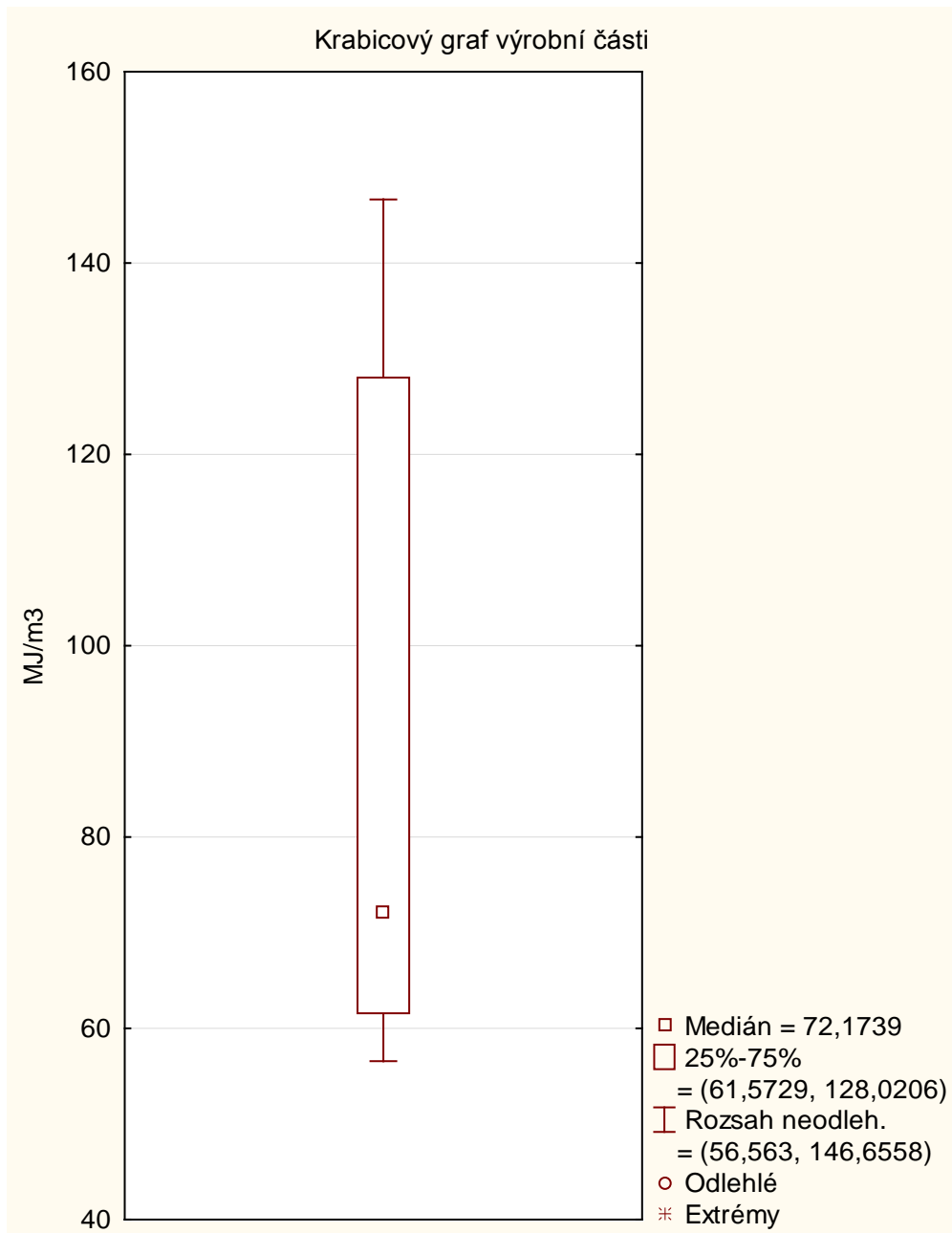


Graf 23: Krabicový graf popisující rozmístění hodnot energetické náročnosti strojů v provozní části

Výrobní část

Z krabicového grafu č. 24 je patrné, že na jeho horním neodlehlém koci se nachází forwarder Valmet 840.3 charakterizovaný hodnotou 146,656 MJ/m³. Velikost této hodnoty lze odvodit od velikosti stroje a také od způsobu jeho nasazení v kalamitních těžbách. Naproti tomu na jeho spodním neodlehlém koci je umístěn

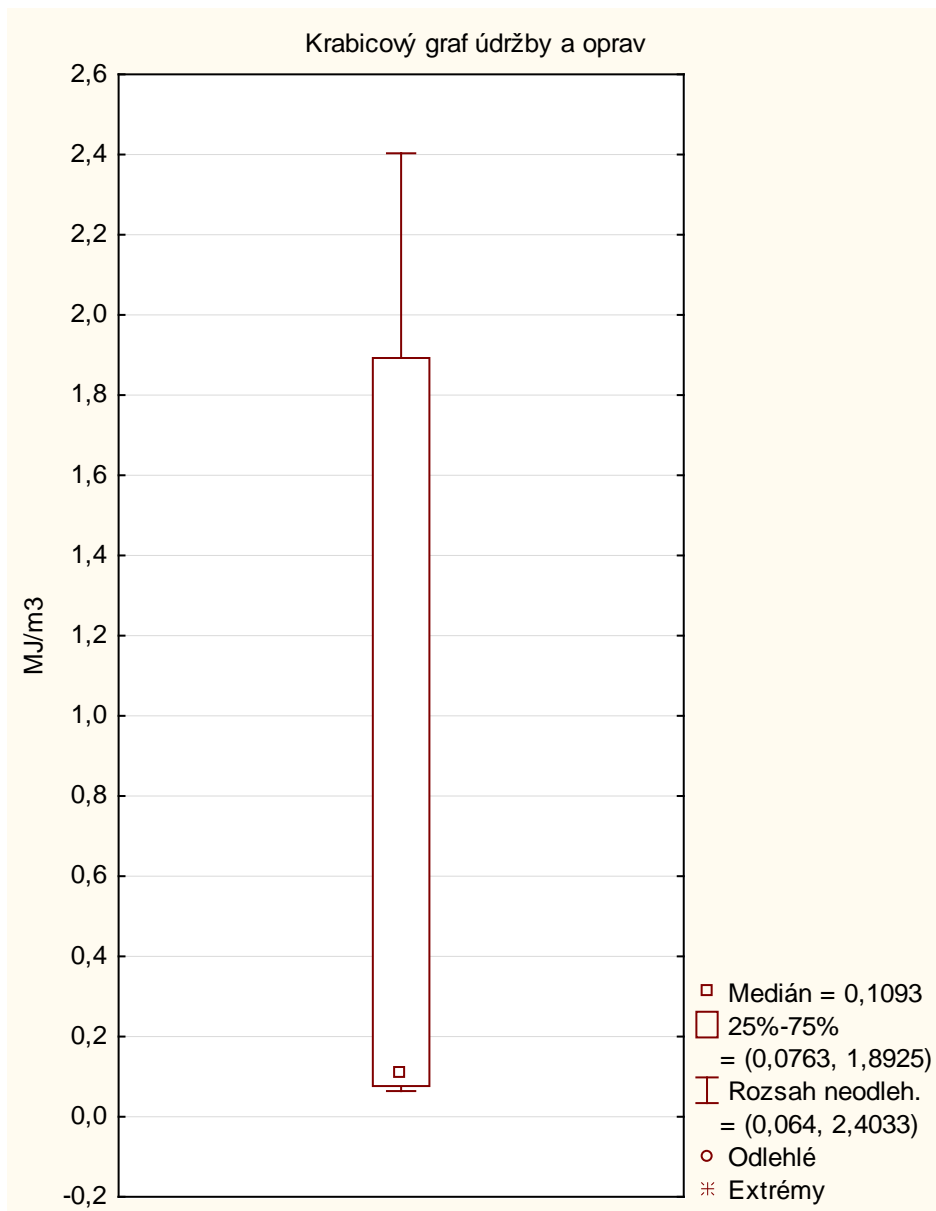
forwarder Valmet 830.3, který zastupuje hodnota $56,563 \text{ MJ/m}^3$. Tato hodnota je způsobena především vysokou efektivitou stroje při soustředování dříví. Největší počet hodnot energetické náročnosti výroby strojů je umístěn v rozmezí 62 MJ/m^3 a 128 MJ/m^3 . Toto rozpětí lze chápat jako reálnou hodnotu energetické náročnosti výroby forwarderů při soustředování dříví a jako takovou ji využít při srovnání s jinými způsoby technologie soustředování dříví.



Graf 24: Krabicový graf popisující rozmístění hodnot energetické náročnosti strojů ve výrobní části

Část údržby a oprav

Následující krabicový graf č. 25 znázorňuje, že na jeho horním neodlehším okraji se vyskytuje forwarder Rottne F12 S charakterizovaný hodnotou 2,403 MJ/m³. Při zkoumání příčin této hodnoty dojdeme k závěru, že je způsobena především výměnou 4 pneumatik ve sledovaném období. Na spodním neodlehším okraji grafu se vyskytuje forwarder Entracon EF60 zastoupený hodnotou 0,064 MJ/m³. Tento forwarder je zde především z důvodu svého stáří ve sledovaném období. Dalším možným důvodem je jeho celková velikost, ze které vychází poměrně menší množství nahrazených součástí stroje. Nejvíce hodnot energetické náročnosti části údržby a oprav je situováno mezi hodnoty 0,08 MJ/m³ a 1,9 MJ/m³. S velikostí tohoto rozpětí lze uvažovat jako s reálnou hodnotou energetické náročnosti při srovnávání technologie soustředování dříví forwardery v části údržby a oprav s ostatními způsoby technologie soustředování dříví.



Graf 25: Krabicový graf popisující rozmístění hodnot energetické náročnosti strojů v části údržby a oprav

5. Diskuze

Při studování výsledků, které kvantifikovaly celkovou energetickou náročnost při využívání technologie soustředování dříví forwardery, se nabízí otázka, zda je možné hodnoty těchto ukazatelů snížit, a tím méně zatěžovat životní prostředí.

Jako jedno z možných řešení se jeví používání ekologicky šetrných provozních náplní, zastoupených odbouratelnými kapalinami v podobě syntetických a rostlinných náplní, oproti nešetrným, které jsou zastoupeny především naftou a minerálními oleji.

Dalším možným řešením je zvyšování provozní spolehlivosti stroje, tato spolehlivost přímo souvisí s technickou vyspělostí mechanismů a je velmi těžko ovlivnitelná koncovými uživateli v podobě vlastníků technologií. U harvesterových technologií obecně se v této souvislosti setkáváme především s problémem nedokonalosti těsnosti pístnic a následným únikem hydraulického oleje do okolního prostředí.

S ohledem na dynamiku vývoje nových pohonných agregátů se také dá do budoucna počítat se stále se zvětšující tepelnou účinností těchto agregátů. Při zpracování této práce je kalkulováno s tepelnou účinností okolo 40 %. Ovšem někteří výrobci už udávají tuto hodnotu minimálně o 10 % vyšší. Vyšší tepelná účinnost motoru bude mít bezesporu za následek nižší množství spotřebovaného paliva při minimálně stejném, ne-li vyšším, objemu výroby.

Velmi důležitým hlediskem vstupujícím mezi samotný stroj a životní prostředí je působení lidského faktoru. Obsluhy operující s harvesterovými technologiemi se obecně ve velké míře podílejí na celkové energetické náročnosti jednotlivých strojů. Toto ovlivnění lze pozorovat hned v několika dílčích oblastech, a to především ve spotřebě paliva, produktivitě stroje, množství spotřebovaných olejů a v neposlední řadě v množství nahrazených součástí během údržby a oprav forwarderů. Pokud pro obsluhu vyvážecího traktoru použijeme např. nového operátora, který se bude teprve na tuto obsluhu cvičit, nebo bude krátce po výcviku, hodnoty spotřeby paliva a olejů, ve vztahu k transportovanému m^3 výrazně vzrostou. S ohledem na produktivitu práce bude počáteční nízká produktivita pomalu narůstat v závislosti na schopnosti rychlosti učení operátora. V oblasti údržby a oprav se dá předpokládat stejný vývoj jako u spotřeby provozních kapalin.

5.1. Ekonomické dopady

Data pro tuto práci byla získávána především v podmínkách plného nasazení forwarderového soustředování dříví. Energetická náročnost je ovlivněna z velké části vlastnickou strukturou majitelů jednotlivých strojů. Veškeré zkoumané stroje byly v rukou soukromých vlastníků. Z této skutečnosti vyplývají ekonomické a environmentální důsledky používání zkoumaných forwarderů. Cílem této práce není hodnotit ekonomické aspekty dané technologie, přesto je v následující části uvedeno několik skutečností důležitých při finančním hodnocení nasazení forwarderů.

Ekonomické aspekty

S přihlédnutím k pořizovacím cenám forwarderů je nezbytné si uvědomit, zda-li je nutné tyto stroje pořizovat a nasazovat při transportování dříví. Prvním aspektem efektivního ekonomického nasazení je umístění stroje do porostů, do kterých patří z hlediska své velikosti a schopností. Mezi další patří úroveň schopností operátora, způsob zvoleného výrobního postupu a schopnost majitele stroje jej udržovat v chodu bez náhlých ekonomicky nákladných událostí.

Úroveň schopností operátora se odvíjí od celkového počtu odpracovaných hodin a vrozené zručnosti. Z ekonomického hlediska je nejvýhodnější zaměstnat kvalitního operátora, který bude s dobře fungujícím (většinou novějším) strojem vykazovat největší efektivitu práce. Z tohoto důvodu je vhodné strojový park průběžně obnovovat pomocí nákupu nových strojů.

Dobře zvoleným výrobním postupem při nasazení forwarderů majitel stroje docílí jeho maximální ekonomické efektivity. Dobrým příkladem je nasazení v harvesterovém uzlu, kde vyvážecí traktor přímo navazuje na harvester.

V mnohých případech se majitelé harvesterových technologií obecně potýkají s otázkou, jak za co nejmenší náklady dosáhnout co největšího zisku. Z logické podstaty věci plyne, že pokud budeme se strojem pouze transportovat velké množství dříví v nekratším možném čase a nebudeme přikládat váhu jeho údržbě, tak nám stroj v prvních fázích provozu bude vydělávat s minimálními náklady. Postupem času se však objeví závady, které způsobí vysoké ekonomické výdaje a počáteční ekonomická euforie opadne.

6. Závěr

Náplní diplomové práce bylo porovnání energetických náročností několika forwarderů při provozu plně mechanizované technologie soustředování dříví na vybraném území ČR. Tato práce je zaměřena na systém, jehož hranice tvoří z jedné strany lokalita pařez a z druhé odvozní místo, mezi těmito lokalitami probíhalo energetické zhodnocení. Energetický audit se zaměřil především na spotřebu paliva, maziv a materiálu. Jako funkční jednotka, na kterou je vztažena veškerá spotřeba energie, zde byl zvolen m³ transportovaného dříví.

K vyhodnocení celkové energetické náročnosti bylo použito postupů, které využívá také počítačový program EnergyCalc. Program pro výpočet energetické bilance skládá výslednou hodnotu z několika energetických součástí. Při vstupu do programu je nezbytné zadat základní údaje o stroji, zejména technické parametry stroje, jako výkon motoru a hmotnost stroje, oblast jeho působení a počet hodin, které stroj odpracoval od doby pořízení do konce zkoumaného období. Mezi další vstupní údaje se řadí množství spotřebovaného paliva, motorového, převodového a hydraulického oleje, maziv a filtrů oleje. Následující skupina údajů, kterou je nutno zadat, je dělena dle druhu stroje, v případě forwarderu se udává množství soustředěného dříví. Poslední oblast dat, která je zadávána, tvoří údaje o množství hydraulického oleje, který se v důsledku havárií hydraulického systému strojů dostal do životního prostředí.

Energetický audit posuzuje stroj z komplexního hlediska, proto je v této práci vypracována metodika tohoto auditu pro všechny životní fáze stroje. Celková energetická náročnost jednotlivého stroje se skládá z mnoha částí. Energetická náročnost olejů a paliv je zde kalkulována jako součet energie, kterou obsahují, plus energie nutná na jejich výrobu, tyto výsledné hodnoty jsou vztaženy k produktivitě stroje. Do kvantifikace energetické náročnosti během výroby stroje jsou zahrnuty dílčí procesy této činnosti, jako prvovýroba, výroba, montáž a také přeprava stroje. Dalším krokem je určení množství energie spotřebované při údržbě a opravách stroje.

Z výsledků vyplývá, že největším energetickým vstupem při používání těžebně - dopravních strojů je palivo. Dalším důležitým energetickým elementem jsou maziva, zejména pak oleje. Zbytek energetických vstupů připadá na údržbu a opravy.

Cílem této práce bylo porovnání energetické náročnosti několika vyvázečích traktorů při provozu plně mechanizované soustředovací technologie na specifickém

území ČR. Tento cíl byl splněn a výsledné hodnoty energetických náročností společně s porovnáním jsou uvedeny ve výsledkové části. Dále je zde také naznačen vztah některých důležitých veličin vstupujících do EA k celkové energetické náročnosti soustředování dříví forwardery.

Zjištěné hodnoty však nemohou být brány jako energetická náročnost všech forwarderů na území ČR, neboť měření bylo provedeno pouze pro 7 strojů na omezeném území se specifickými výrobními podmínkami. Z hlediska komplexnosti informací o energetické náročnosti soustředování dříví forwardery bych doporučil provést několik dalších nezávislých měření pro zjištění obecné hodnoty platné pro celou ČR.

7. Použitá literatura

AGO – Australian Greenhouse Office, 2000.

URL: <http://www.greenhouse.gov.au/transport> (citováno 10.4.2014)

ALEXANDER, M. 1994. Biodegradation and bioremediation. Academic Press, San Diego.

ALTIN, R.; ÇETINKAYA, S. & YUCESU, H.S. 2001. The potential of using vegetable oil fuels as fuel for diesel engines, *Energy Conversion and Management*. 42: 529-538.

ANON, 1994. Perspektivy použití biologicky odbouratelných maziv a paliv – sborník referátů. Brno, Vysoká škola zemědělská. 61 s.

ANON, 2000b. Benzina, a.s. (Fuel and Oil Company) Brochure information.

ANYON, P. 1998. Liquefied Petroleum Gas as an Automotive Fuel – An Environmental and Technical Perspective, Ninderry, Queensland, for the Australian Liquefied Petroleum Gas Association, Redfern, NSW

ATHANASSIADIS, D.; LIDESLAV, G. & WASTERLUND, I. 1999. Fuel, hydraulic oil and lubricant consumption in Swedish mechanized harvesting operation, 1996. *Journal of Forest Engineering*. 10(1):59-66.

ATHANASSIADIS, D.; LIDESLAV, G. & WASTERLUND, I. 2000. Assessing material consumption due to spare part utilization by harvesters and forwarders. *Journal of Forest Engineering*, 11(2):51-57.

ATHANASSIADIS, D. 2000b. Energy consumption and exhaust emissions in mechanised timber harvesting operations in Sweden. *Science of The Total Environment*. 255(1-3):135-143.

ATHANASSIADIS, D.; LIDESLAV, G. & NORDFJEL, T. 2002. Energy use and emissions due to the manufacture of the forwarder. *Resources Conservation and Recycling*. 34(3):149-160.

BERG, S. 1996. Emisioner till luft från fossila bränslen i svenskt skogsbruk En inventering för LCA av träprodukter. Tretek, Report p9601004. ISRN: TRÄTEK-R-96/004-SE. (In Swedish)

BERG, S. 1997. Some aspects of LCA in the analysis of forestry operations. *J. Cleaner Prod.* 5(3): 211-217.

BERG, S. & KARJALAJNEN, T. 2003. Comparison of greenhouse gas emissions from forest operations in Finland and Sweden, *Forestry*, 76, 271-284.

- CALAIS, P. and SIMS, R. 2006. A Comparison of Life-Cycle Emissions of Liquid Biofuels and Liquid and Gaseous Fossil Fuels in the Transport Sector. Murdoch University, Perth, Australia. URL: http://www.biodiesel.org.au/Documents/Calais_Sims_Life%20cycle%20comparison.pdf (10.4. 2009)
- CENIA, česká informační agentura pro životní prostředí. Roční zpráva CENIA za rok 2007
- CZUDEK, T. (1976): Regionální členění reliéfu. Geografický ústav ČSAV, Brno.
- ČEPEK, L., a kol.: Tektonika a metamorfismus (in Vysvětlivky k přehledné geologické mapě ČSSR 1 : 200 000 M-33-XIV Teplice a M-33-VIII Chabařovice. NČAV Praha 1963, 184 - 198 s.
- ČHMÚ: Hydrologické poměry ČSSR, Praha, 1965, 1970, díl I, II, III
- DAVISON, P. a LUIS, C.A. 1999. Fuel and energy production. Ed. Hickman, A.J. Methodology for calculating transport emissions and energy consumption, Part E. projekt report SE/491/98. Transport Research Laboratory, Crowthorne, UK. Pp 362.
- DEMEK, J. a kol., (1975): Fyzickogeografické regiony ČSR. Mapa 1:500000. GÚ ČSAV, Brno.
- EKO-KOM, a.s. Společnost zajišťující sdružené plnění povinností zpětného odběru a využití odpadu z obalů. Čtvrtletní zpravodaj EKO-Komunikace 04/2007.
- GRAGG, K. 1994. Effects of environmentally classified diesel fuels, RME and blends of diesel fuels and RME on the exhaust emission. MTC, Report 9209B, 44 pp.
- GRAGG, K. 1999. Emissions from two truck engines and two off-road engines. MTC, Report 6806, 14 pp.
- GOERING, C. E.; SCHWAB, A. W.; DAUGHETY, M. J.; PRYDE, E. H. & HEAKIN, A. J. 1982. Fuel properties of eleven vegetable oils. Trans. ASAE 25: 1472-1483.
- GRUNDA, B.; SKOUPÝ, A.; PŘIBYL, F., (1990) (8) : Minerální a rostlinné oleje v lesnické praxi. Lesnická práce, 69: 359 – 361.
- HAMILTON, B. (2000). Automotive Gasoline FAQ. URL: <http://www.cs.ruu.nl/wais/html/nadir/autos/gasoline-faq/.html> (citováno dne 10.4.2009)
- IPCC TAR, rámcová úmluva OSN o změně klimatu v roce 2001, část WG 1.

- KARJALAINEN, T. & ASIKAINEN, A. (1996). Greenhouse gas emissions from the use of primary energy in forest operations and long-distance transportation of timber in Finland. *Forestry*, 69, 215-228.
- KILPONEN, M., 2001. Marica.Kilponen@fi.timberjack.com. Timberjack Oy, Tampere, Finland.
- KLIVAC, R.; KANALI, C. and SKOUPY, A., 2002a. Low temperature pumping characteristics of biodegradable chain saw oils. *Journal of Forest Science*.
- KLIVAC, R.; WARD, S.; OWENDE, P. M. O. and LYONS, J., 2002b. Energy audit of wood harvesting systems. *Scandinavian Journal of Forest Research*.
- KLIVAC, R.; WARD, S.; OWENDE, P. M. O. and LYONS, J., Energy Audit of Wood Harvesting Systems. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 2003. sv. 18, č. 2, s. 176--183. ISSN 0282-7581.
- KLIVÁČ, R.; SKOUPÝ, A., Energy audit of wood processing technologies. In IUFROLAT 2006, BOSQUES - La creciente importancia de sus funciones ambientales, sociales y económicas. La Serena – Chile: INFOR, 2006, s. 30
- KLIVÁČ, R.; SKOUPÝ, A., Life-Cycle Fuel Emissions of Harvesting and Logging Technologies. In *Logging and Wood Processing in Central Europe*. Czech University of Life Science in Prague: Prknova, 2007, s. 42. ISBN 978-80-213-1652-2
- KLIVÁČ, R.; SKOUPÝ, A.; LIŠKA, S. 2008. Hodnocení vlivu těžebních technologií na životní prostředí pomocí LCA a energetického auditu. Výzkumný záměr „Les a dřevo. Podpora funkčně integrovaného hospodaření v lesích“. MSM 6215648902. Dílčí výzkumná zpráva z úkolů 04/03/02 a 01/09/01 za rok 2006 a 2007
- KOTAS, M., Energetický audit technologického řešení využití dendromasy. Mendelova univerzita v Brně, 2013, (Disertační práce), 139 s.
- KUDRNOVSKÁ, O.; KOUSAL, J. (1975): Střední výšky reliéfu. Mapa 1: 500 000. Geografický ústav ČSAV, Brno.
- LENNER, M. 1993. Energyforbrukning och avgasemissioner for olika transporttyper. VTI, Meddelande Nr. 718, 44 pp. (In Swedish)
- LIDE, D. et al., 1999. CRC Handbook of Chemistry and Physics, 79th Edition, Boca Raton, Florida
- LIŠKA, S.; KLIVÁČ, R. Analýza spotřeby paliv harvesterové technologie. In Čermák, P. , Bodejčková, I., Žid, T. *Krajina-Les-Dřevo*. Brno: Lesnická a

- dřevarařská fakulta Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně, 2007, s. 435-441. ISBN 978-80-87139-79-0
- MARBY, A. 1999. Life-cycle analysis on base oils. Kemiingenjorsutbildingen, KHT-Ingenjors-skolan, Examensarbete, 35 pp., (in Swedish, with English abstract)
- MC DONNELL, K. P. 1996. Semi-refined rapeseed oil (SRO) as a diesel fuel extender for agricultural equipment. Doctoral thesis. University College Dublin, Agricultural and Food Engineering Department, Dublin, 288 pp.
- NERUDA, J. 2008. Harvestorové technologie lesní těžby, Skripta MZLU
- NOVÁK, P. ed. 1993. Syntetická půdní mapa České republiky 1 : 200 000. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd.
- OECD, organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj, ang. Organisation for economic CO-operation and Development, výroční zprávy z let 2002-2006
- OWENDE, P.M.O.; LYONS, J.; WARD, S.M., 2002. Operations protocol for Ecoefficient Wood Harvesting on Sensitive Sites. EU 5th Framework Project (Quality of life and Management of Living Resources) Contract No. QLK 5-1999-00991 (1999-2002).
- PARAMO a.s., Technická dokumentace plastických maziv Mogul, žlutá vazelína
- PELÍŠEK, J.; SEKANINOVÁ, D. (1975): Pedogenetické asociace ČSR. 1 : 500 000
- QUITT, E. (1975): Mapa klimatické oblasti ČSR, 1:500 000, Geografický ústav ČSAV, Brno.
- RAGNARSSON, J.O. 1994. RME och diesel MK1 – en jamforelse av miljopaverken fran framställning till anvanding. Celsiu materialteknik. Report M4720301.122, 102 pp. (in Swedish)
- RAUŠER, M. (1971): Biogeografické členění ČSR, mapa 1 : 500 000, GÚ ČSAV, Brno.
- SHEENAN, J. et al., 1998. An Overview of Biodiesel and Petroleum Diesel Life Cycles. NREL, Golden, Colorado
- SKOUPÝ, A. 1994: Hodnocení biologicky rozložitelných olejů určených k mazání řetězů motorových pil - habilitační práce. Brno, Vysoká škola zemědělská. 312 str.
- ŠMERDA, J. 1999. Biodegradace hydraulických obvodů dřevokaznými houbami (diplomová práce). MZLU. Brno.

- STRIPPLE, H.; WENNSTEN, J. 1997. Energi-, resurs- och emissionsanalys med livcykelanalytisk metodik av ett bilateravvinnningssystem, En studie av Ecrisprojektet. IVL, Rapport B 1251, 52 pp. (in Swedish, with English abstract)
- VAG, C. et al. 2000. Comparative life cycle assessment (LCA) of the manufacturing of base fluid for lubricants. Statoil Lubricant Research and Development. Nynäshamn, Sweden.

8. Seznam příloh

Tabulkové podklady pro zpracování práce

str. 83

obecná část

	Valmet 830.3	Valmet 840.3	Rottne F9 6	Rottne F9- 6	Rottne F10 B S	Rottne F12 S	Entracon EF60
typ stroje							
výkon motoru	100	125	93	104	116	137	74
typ harvesterové hlavy	G 25	G 36	SG 260	SG 260	SG 260	SG 360	Cranab FC53- DT
hmotnost	11500	16300	10600	11500	12500	17400	6000
druh motorového oleje	syntetický	syntetický	syntetický	syntetický	syntetický	syntetický	syntetický
druh hydraulického oleje	syntetický	syntetický	syntetický	syntetický	syntetický	syntetický	syntetický
druh paliva	nafta	nafta	nafta	nafta	nafta	nafta	nafta
prům. transportní vzdálenost	300	350	280	410	315	380	250
počet odpr. h. od pořízení	5400	7800	27056	17000	3400	22000	800

nahrazené součásti

	Valmet 830.3	Valmet 840.3	Rottne F9 6	Rottne F9- 6	Rottne F10 B	Rottne F12 S	Entracon EF60
typ stroje							
počet pneumatik	0	0	2	0	0	4	0
hydraulické hadice	14	8	10	11	12	10	3
počet baterií	0	0	0	1	0	0	0
ocel / železo	100	60	20	75	10	50	5
hliník	0	0	0	0	0	0	0
ostatní kovy	1	1	0,5	0	0	0,5	0
plast	0,5	0,5	0,3	0	2	0,5	0
guma /mimo hadice a pn.	0	0	0	0	0	0	0
sklo	0	0	0	0	0	0	0

specifikace období

typ stroje	Valmet 830.3	Valmet 840.3	Rottne F9 6	Rottne F9- 6	Rottne F10 B	Rottne F12 S	Entracon EF60
čas - mýtní seče	50	20	10	35	15	45	0
čas - probírky	25	15	60	45	55	30	90
čas - ostatní seče	25	65	30	20	30	5	10
počet odpr. motohodin	1603	960	1789	1540	1260	1354	780
množství odvezeného dříví	13500	7380	11431	10580	8505	17710	3112

paliva, maziva, filtry

typ stroje	Valmet 830.3	Valmet 840.3	Rottne F9 6	Rottne F9- 6	Rottne F10 B	Rottne F12 S	Entracon EF60
palivo	13010	10752	12701	13224	9454	14759	4446
hydraulický olej	120	140	130	118	132	150	50
motorový olej	36	48	62	32	45	67	25
převodový olej	86	136	98	78	102	124	20
maziva	30	22	34	20	28	39	5
filtry	8	7	4	3	4	8	2

výsledky - provozní část

typ stroje	typ stroje	Valmet 830.3	Valmet 840.3	Rottne F9 6	Rottne F10 B	Rottne F12 S	Entracon EF60
nafta - l/m ³		1,038	0,686	0,900	0,800	0,900	0,700
nafta - MJ/m ³		42,171	27,895	36,576	32,514	36,561	28,446
hydraulický olej - l/m ³		0,009	0,019	0,011	0,011	0,016	0,016
hydraulický olej - MJ/m ³		0,516	1,102	0,661	0,648	0,902	0,933
mot. olej - l/m ³		0,003	0,007	0,005	0,003	0,005	0,008
mot. olej - MJ/m ³		0,155	0,378	0,315	0,176	0,307	0,467
př. olej - l/m ³		0,006	0,018	0,009	0,007	0,012	0,007
př. olej - MJ/m ³		0,370	1,071	0,498	0,428	0,697	0,373
vazelína - Kg/m ³		0,002	0,003	0,003	0,002	0,003	0,002
vazelína - MJ/m ³		0,200	0,268	0,267	0,170	0,296	0,144
Celková energie pr. části - MJ/m³		43,412	30,713	38,317	33,936	38,762	30,364

výsledky - výrobní část

typ stroje	Valmet 830.3	Valmet 840.3	Rottne F9	Rottne F9-6	Rottne F10 B	Rottne F12 S	Entracon EF60
hmotnost - Kg	11500,000	16300,000	10600,000	11500,000	12500,000	17400,000	6000,000
výroba - MJ celkem	763600,000	1082320,000	703840,000	763600,000	830000,000	1155360,000	398400,000
Celková energie nutná na výrobu - MJ/m³	56,563	146,656	61,573	72,174	97,590	65,238	128,021

výsledky - údržba a opravy

typ stroje	Valmet 830.3	Valmet 840.3	Rottne F9 6	Rottne F9- 6	Rottne F10 B	Rottne F12 S	Entracon EF60
pneumatiky - MJ/Kg	0,000	0,000	20916,000	0,000	0,000	41832,000	0,000
hydraulické hadice - MJ/Kg	929,600	531,200	664,000	730,400	796,800	664,000	199,200
počet baterií - MJ/Kg	0,000	0,000	0,000	2191,200	0,000	0,000	0,000
ocel / železo - MJ/Kg	1,506	0,904	0,301	1,130	0,151	0,753	0,075
hliník - MJ/Kg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
ostatní kovy - MJ/Kg	66,400	66,400	33,200	0,000	0,000	33,200	0,000
plast - MJ/Kg	33,200	33,200	19,920	0,000	132,800	33,200	0,000
guma /mimo hadice a pn. - MJ/Kg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
sklo - MJ/Kg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
celková energie udrž. a opr. MJ/Kg	1030,706	631,704	21633,421	2922,730	929,751	42563,153	199,275
Celková energie udrž. a opr. MJ/m³	0,076	0,086	1,893	0,276	0,109	2,403	0,064

energetická náročnost celkem bez výrobní fáze	Valmet 830.3	Valmet 840.3	Rottne F9 6	Rottne F9- 6	Rottne F10 B	Rottne F12 S	Entracon EF60
MJ/m ³	43,488	30,799	40,210	34,213	38,871	52,486	30,428

energetická náročnost celkem s výrobní fází	Valmet 830.3	Valmet 840.3	Rottne F9 6	Rottne F9- 6	Rottne F10 B	Rottne F12 S	Entracon EF60
MJ/m ³	100,051	177,454	101,783	106,386	136,461	117,723	158,449