

Uhlíková stopa výroby drevených dosiek

Jozef Mitterpach

TU vo Zvolene, Fakulta ekológie a environmentalistiky, Katedra environmentálneho inžinierstva, T. G. Masaryka 24, 960 53, Zvolen, Slovensko; telefón: +421 944 33 77 07, email: jozef.mitterpach@gmail.com

Abstrakt

V tomto príspevku bola identifikovaná uhlíková stopa drevených dosiek v podniku pre spracovanie dreva, pomocou aplikácie metodiky hodnotenia životného cyklu (LCA), podľa noriem ISO 14040 a ISO 14044. Údaje boli prepočítané na funkčnú jednotku 1 m³ vyrobených drevených dosiek, pričom na 1 m³ drevených dosiek sa spotrebuje 1,7025 m³ surového kmeňa, čo predstavuje výťažnosť 58,7%. Hranice systému boli určené od kolísky po bránu, kde nosná časť technologických procesov sa skúmala v hraniciach systému od brány po bránu. Pre hodnotenie dopadov životného cyklu a vyčíslenie uhlíkovej stopy bol použitý program SimaPro 8 a hodnotiaci metóda IPCC GWP 100a. Najväčší negatívny dopad majú procesy pílenia (20,4 kg CO₂ eq) a sušenia (13,7 kg CO₂ eq). Pozitívny celkový dopad zaznamenal proces vykladania, odkôrňovania a triedenia guľatiny z dôvodu produkcie odpadnej kôry, ktorá sa následne energeticky zhodnocuje v procese výroby tepla a elektrickej energie a tým procesy v kotolni znižujú uhlíkovú stopu o -34,2 kg CO₂ eq. Výsledky ukázali, že vhodnými environmentálnymi opatreniami, môže podnik účinne znižovať svoje environmentálne vplyvy, v tomto prípade uhlíkovú stopu.

Kľúčové slová: LCIA, uhlíková stopa, výroba, doska, environmentálny vplyv

Úvod

Význam environmentálneho hodnotenia podnikových výstupov v rámci integrovaného manažmentu životného prostredia narastá a premieta sa do hodnotenia produktu počas jeho celého životného cyklu. V súčasnosti už nie je možné vyvíjať nové produkty bez toho, aby sa nevenovala pozornosť aj environmentálnym následkom, ktoré produkt, technológia alebo služba prináša. Hodnotenie environmentálnej stopy poskytuje dôležitý informačný rámec v otázkach udržateľnosti, a to tým, že umožňuje lepšie pochopiť obmedzenosť zdrojov potrebných na zabezpečenie sociálnych, ekonomických a environmentálnych systémov. Analýza

environmentálnej stopy tiež umožňuje zjednotiť množstvo rôznych indikátorov dopadu do jedného, prípadne malého počtu indikátorov, čo nám dokáže pomôcť pri rozhodovaní sa v daných podmienkach (EPA, 2015).

Na vyčíslenie environmentálnej stopy sa využívajú rôzne metódy:

- Ekologická stopa
- Materiálová stopa
- Uhlíková stopa
- Dusíková stopa
- Vodná stopa

Uhlíková stopa sú celkové emisie skleníkových plynov (GHG) spôsobené priamo alebo nepriamo jednotlivcom, organizáciou, udalosťou alebo produktom. Je vypočítaná ako súčet emisií vyplývajúcich z každej fázy životného cyklu výrobkov alebo služieb. Po celú dobu životnosti daného výrobku, alebo celého životného cyklu, môžu byť rôzne skleníkové plyny (GHG) emitované, ako, metán a oxid dusný, každý s väčšou či menšou schopnosťou zachytávať teplo v atmosfére. Tieto rozdiely sú zachytené podľa výpočtu potenciálu globálneho otepľovania (GWP) každého plynu v jednotkách ekvivalentu oxidu uhličitého (kg CO₂ eq.), pričom uhlíková stopa je samostatná jednotka pre jednoduché porovnanie. (EPA, 2015).

Jednotlivé štúdie LCA môžu pomôcť pri porovnaní rôznych výrobkov alebo služieb, alebo pri vývoji nových produktov pomocou identifikácie procesov alebo fáz životného cyklu výrobku, ktoré majú na životné prostredie najväčší dopad (Jolliet et al., 2005; Murphy et al., 2015). LCA poskytuje požadovaný vedecký prístup ku kvantifikácii vplyvov na životné prostredie jednotlivých výrobkov alebo služieb pomocou analýzy rôznych tokov pochádzajúcich zo životného prostredia ako vstupy – suroviny a energie, a tokov vracajúcich sa späť do prírody ako výstupy – emisie a odpady (Franette et al., 2010; Chang et.al, 2014).

Cieľ

Cieľom tohto príspevku je identifikovať uhlíkovú stopu drevených dosiek v podniku pre spracovanie dreva, pomocou aplikácie metodiky hodnotenia životného cyklu (LCA), podľa noriem ISO 14040 a ISO 14044, určiť hot-spoty danej výroby a vyhodnotiť charakter a význam ich vplyvu pri environmentálnom hodnotení vzniknutej uhlíkovej stopy.

Materiál a metódy

Firma je veľkospracovateľom tenkej a hrubej smrekovej guľatiny s vysokým stupňom opracovania a technického sušenia. Objem produkcie drevených dosiek predstavuje priemerne 288 064 m³, z toho 206 235 m³ jadra, čo predstavuje výťažnosť 42,0 % a 81 829 m³ boku s výťažnosťou 16,7 %. Vedľajším produktom pri tejto výrobe je štiepka (24,8 %) a mokrá pilina (16,5 %), ktoré sa predávajú ako surovina na výrobu papiera. Pomerne malá časť produkcie pokračuje na druhotné spracovanie (23 889 m³ jadra a 12 306 m³ boku). Produktom sú jednovrstvové šalovacie dielce, špárovka, profilované rezivo a laty. Odpadom pri druhotnom spracovaní je suchá pilina a hobliny, ktoré vstupujú do briketovacej linky. Ako základnú surovinu nakupuje firma surové drevo – guľatinu, prevažne od slovenských dodávateľov. Objem nakúpenej guľatiny predstavuje približne pol milióna kubíkov ročne (2013).

Pre hodnotenie životného cyklu (STN EN ISO 14040: 2006, STN EN ISO 14040: 2006) bol použitý databázový program SimaPro (PRé Consultants, 2015) a metóda hodnotenia IPCC GWP 100a (<http://www.ipcc.ch/>).

Údaje boli prepočítané na funkčnú jednotku 1 m³ vyrobených drevených dosiek. Hranice posudzovaného systému sme určili od brány po bránu. Podrobne sú sledované a analyzované jednotkové procesy výroby: vykladanie, triedenie a odkôrovanie guľatiny, pílenie, triedenie, sušenie a expedícia reziva, údržba, výroba tepla a elektrickej energie, správa, osvetlenie a procesy druhovýroby.

Výsledky a diskusia

V súčasnej dobe je metóda LCA plne vyvinutá ako efektívny nástroj na kvantitatívne hodnotenie vplyvov výrobkov na báze dreva na životné prostredie (Bolin a Smith, 2011; Silva et al. 2013). O rôznych scenároch výroby drevených dosiek v rámci drevospracujúceho podniku spracovali vo svojej práci (Puettmann et al., 2013a; Puettmann et al., 2013b; Milota et al., 2006).

Pri výrobe dosiek (**Tabuľka 1**) spotrebováva celý rad pomocných látok, a to prevažne na úpravu riečnej vody. Ďalej sú to spotreba elektrickej energie, nafty a samozrejme vody. Hlavnou surovinou a teda vstupom v procese výroby tepla a elektrickej energie v kotolni je drevná štiepka. Jej prevažnú časť tvorí odpad z procesov výroby. Voda sa na tieto účely čerpá z koryta blízko ležiacej rieky Váh. Z nebezpečných odpadov treba spomenúť nebezpečné dielce, absorbenty, filtre a odpadové oleje. Primárnym odpadom z prevádzky kotolne je popol

produkovany vo veľkom množstve. Jedná sa o odpad, ktorý nie je nebezpečný. Ďalej sú to emisie do ovzdušia reprezentované emisiami NO_x, CO, TOC a TZL.

Tabuľka 1 Vstupy a výstupy z jednotkových procesov pre kotolňu, výrez, sušenie a druhovýrobu

Vstupy	U	U/m ³	Výstupy	U	U/m ³
Kotolňa					
Palivo	[kg]	338.296	Nebezpečné odpady		
Soľ tabletová	[kg]	0.018	Nebezpečné dielce	[kg]	0.001
Kurita S-1035	[kg]	0.007	Absorbenty, filtračné materiály	[kg]	0.001
Oleje	[kg]	0.003	Odpadové oleje	[kg]	0.000
Čpavková voda 24%	[kg]	0.002	Odpady, ktoré nie sú nebezpečné		
Kurita G-6250	[kg]	0.002	Popolček z neupraveného dreva	[kg]	23.533
Kurita F-5100	[kg]	0.001	Stavebný odpad, betón vytriedený	[kg]	0.012
Čpavková voda	[kg]	0.001	Emisie		
Peroxid vodíka 35%	[l]	0.000	NO _x	[kg]	0.403
Chlorid železitý 40%	[kg]	0.000	CO	[kg]	0.194
Hydroxid sodný 47,5%	[kg]	0.000	TOC	[kg]	0.042
Elektrická energia	[kWh]	20.142	TZL	[kg]	0.010
Nafta	[kg]	0.311			
Spotreba vody	[m ³]	0.323			
Výrez					
Drevo	[m ³]	1.739	Nebezpečné odpady		
Oleje	[kg]	0.031	Odpadové oleje	[kg]	0.001
Vazelína	[kg]	0.017	Nebezpečné dielce	[kg]	0.000
Elektrická energia	[kWh]	2.354			
Nafta	[kg]	0.490			
Pílница					
Drevo	[m ³]	1.703	Nebezpečné odpady		
Oleje	[kg]	0.206	Odpadové oleje	[kg]	0.007
Vazelína	[kg]	0.011	Nebezpečné dielce	[kg]	0.000
Elektrická energia	[kWh]	13.728			
Nafta	[kg]	0.398			
Triedenie					
Oleje	[kg]	0.001	Nebezpečné odpady		
Elektrická energia	[kWh]	2.631	Nebezpečné dielce	[kg]	0.001
Nafta	[kg]	0.161	Odpadové oleje	[kg]	0.000
Sušiareň					
Energetické zdroje			Nebezpečné odpady		
Elektrická energia	[kWh]	27.048	Nebezpečné dielce	[kg]	0.000
Nafta	[kg]	0.138			
Expedícia a údržba					
Impralit zelený	[kg]	0.041	Nebezpečné odpady		
Fólia LDPE, UVstb24mes. 250m	[kg]	0.007	Olejové filtre	[kg]	0.001
Páska zelená PET 15,5x06	[kg]	0.002	Odpadové oleje	[kg]	0.000
Elektrická energia	[kWh]	0.486			
Nafta	[kg]	0.142			
Údržba					
Oleje	[kg]	0.000	Opotrebované pneumatiky	[kg]	0.013
Elektrická energia	[kWh]	0.814	Olejové filtre	[kg]	0.001
Nafta	[kg]	0.029	Odpadové oleje	[kg]	0.000
Druhovýroba					

Vstupy	U	U/m ³	Výstupy	U	U/m ³
Drevo	[m ³]	0.126	Nebezpečné odpady		
C-Profil	[ks]	1.304	Kaly z lepidiel	[kg]	0.047
Racol ECO3	[kg]	0.093	Obaly	[kg]	0.001
LepidloKaurit 285	[kg]	0.090	Odpadové oleje	[kg]	0.001
Tvrdidlo 120M	[kg]	0.055	Rozpúšťadlá a zmesi	[kg]	0.000
Oleje	[kg]	0.017	Nebezpečné dielce	[kg]	0.000
Obalový materiál	[kg]	0.017	Emisie		
Viazacia páska modrá /D-2	[ks]	0.000	TZL	[kg]	0.010
Elektrická energia	[kWh]	10.127	TOC	[kg]	0.042
Nafta	[kg]	0.059			
Správa, osvetlenie, stravovanie					
Elektrická energia	[kWh]	1.682	Olej z odlučovačov oleja a vody	[kg]	0.027
			Kaly z odlučovania vody a oleja	[kg]	0.003
			Odpadový toner do tlačiarne	[kg]	0.000

Výrez, vykladanie, odkôrovanie a triedenie guľatiny

V technologickej časti Výrez – vykladanie, odkôrovanie a triedenie guľatiny ako najväčší negatívny dopad na ŽP figuruje spotreba elektrickej energie, potom spotreba nafty a v menšej miere potreba olejov. Najmenšou mierou prispievajú k dopadu odpady z olejov a nebezpečný odpad vznikajúci v tejto technologickej časti. Ako pozitívny dopad figuruje produkcia drevnej kôry, ktorá zároveň vstupuje ako palivo do kotolne.

Pílenie

Podobne ako v predchádzajúcom výrobnom procese najväčšiu záťaž predstavuje spotreba elektrickej energie, potom spotreba nafty a olejov. V malej miere prispieva k dopadom v tomto výrobnom procese produkcia nebezpečného odpadu a odpadu z olejov.

Triedenie

V technologickej časti Triedenie dominuje, podobne ako to bolo aj v predchádzajúcich výrobných procesoch, spotreba elektrickej energie, ktorá má najväčší dopad. Podobne je na druhej pozícii spotreba nafty, a najmenšie dopady opäť predstavuje spotreba olejov, nebezpečné odpady a odpady z olejov.

Sušenie

V procese Sušenie predstavuje spotreba elektrickej energie opäť najvýraznejší dopad. Za ňou nasleduje v menšej miere spotreba nafty a za ňou s najmenším vplyvom produkcia nebezpečného odpadu.

Expedícia

V procese Expedícia taktiež dominuje spotreba elektrickej energie, ale nie až v tak vysokej miere ako v predchádzajúcich procesoch. Za spotrebou elektriny nasleduje so svojim

dopadom spotreba obalových fólii, potom spotreba nafty, ďalej je to povrchové ošetrovanie dreva a v menšej miere nasleduje spotreba PET viazacej pásky. Najmenší dopad v tejto technologickej časti predstavujú recyklovateľné odpady z obalov.

Údržba

V rámci procesu údržby za elektrickou energiou a spotrebou nafty, ako najväčšími prispievateľmi v tomto procese, nasledujú v menšej miere so svojim vplyvom opotrebované pneumatiky, produkcia železných odpadov a produkcia nebezpečného odpadu. Najmenej v tomto procese prispieva spotreba olejov a odpady z nich.

Správa, osvetlenie, stravovacie zariadenie

Správa, osvetlenie areálu a stravovacie zariadenie prispievajú k dopadu na jednotlivé zložky prostredia najmä spotrebou elektrickej energie. Produkcia znečistenej vody olejmi a použitých tonerov prispieva so svojimi dopadmi v značne menšej miere.

Druhovýroba

V procesoch druhovýroby predstavuje spotreba elektrickej energie opäť najvýraznejší dopad na jednotlivé zložky ŽP. Nasleduje spotreba obalového materiálu, spotreba nafty a produkcia nebezpečných odpadov. Menšou mierou prispieva produkcia recyklovateľných odpadov z obalov, spotreba olejov, viazacej PET pásky a povrchová úprava dosiek. Produkcia drevených briekiet z dreveného odpadu z procesov druhovýroby predstavuje pozitívny dopad.

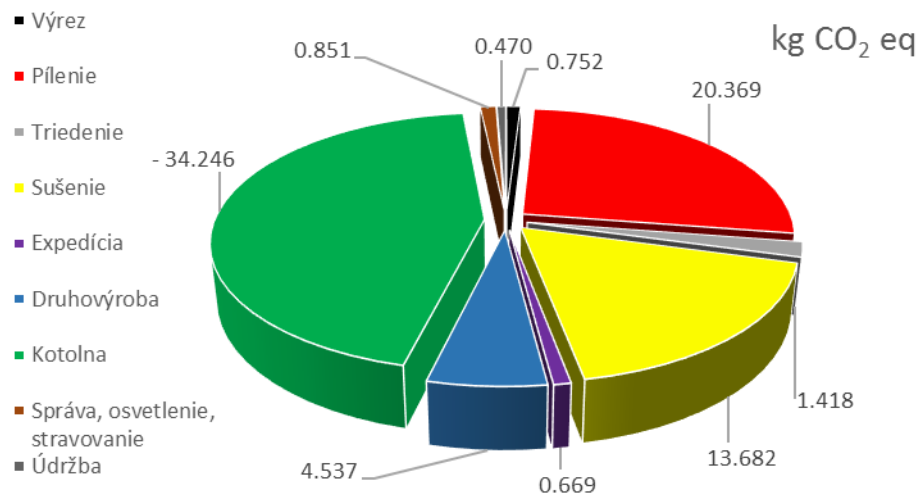
Kotolňa

V rámci výroby elektrickej energie a tepla najväčší dopad predstavuje spotreba paliva, spotreba elektrickej energie a produkcia popola, v menšej miere spotreba nafty. Najmenší dopad predstavuje spotreba vody a spotreba pomocných látok. Celkové množstvo vyrobenej elektrickej energie z obnoviteľného zdroja predstavuje pozitívny vplyv. Tento výsledok je ovplyvnený aj samotným množstvom vyrobenej elektrickej energie nad rámec spotreby podniku z obnoviteľného zdroja energie.

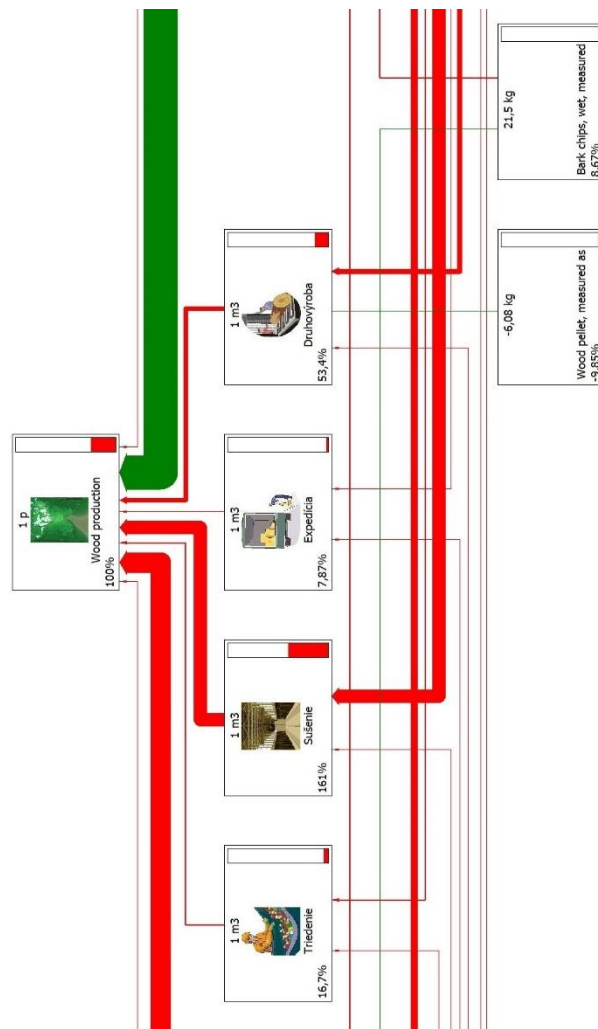
Celkové hodnotenie uhlíkovej stopy výroby dosiek

Najväčší dopad v hodnotení uhlíkovej stopy (**Obr. 1, 2**), predstavuje pílenie reziva (20.396 kg CO₂ eq.), nasleduje sušenie (13,682 kg CO₂ eq.), procesy druhovýroby (4,537 kg CO₂ eq.). Menšie dopady na tvorbu predstavujú procesy triedenia dosiek (1,418 kg CO₂ eq.), správa+osvetlenie+stravovanie (0,851 kg CO₂ eq.), výrez (0,752 kg CO₂ eq.), expedícia (0,669 kg CO₂ eq.), údržba (0,470 kg CO₂ eq.). Procesy výrez – vykladanie, odkôrovanie a triedenie

guľatiny predstavujú celkový pozitívny dopad (**Obr. 2**),. To je spôsobené tým, že v tomto procese vzniká kôra ako vedľajší produkt, z ktorej sa spálením v kotolni získa isté množstvo vyrobenej elektrickej energie. Preto program SimaPro hodnotí takýto dopad ako pozitívny. Proces výroby tepla (0.804 MJ) a elektrickej energie predstavuje najväčší a zároveň pozitívny dopad (-34.246 kg CO₂ eq.) a je spôsobený najmä množstvom 94.7 kWh vyrobenej elektrickej energie v tomto zariadení z obnoviteľného zdroja, ktorým je práve odpadová drevná štiepka.



Obr. 1 Uhlíková stopa výroby dosiek IPCC GWP 100a



Obr. 2 Procesný strom vplyvu uhlíkovej stopy procesov výroby dosiek IPCC GWP 100a

Medzi procesy výroby drevených dosiek s najväčším celkovým negatívnym dopadom jednoznačne patrí sušenie a pílenie reziva. Jedná sa o energeticky náročné procesy, čo sa v konečnom dôsledku odráža aj na ich negatívnych dopadoch.

Sušenie reziva sa podieľa sumou 34,22% na spotrebe elektrickej energie celého závodu, čo zodpovedá spotrebe 97,4 MJ elektrickej energie na 1 m³ vyrobených dosiek a pílenie sumou 17,35 % na celkovej spotrebe elektrickej energie, čo zodpovedá spotrebe 49,4 MJ elektrickej energie na 1 m³ vyrobených dosiek. V porovnaní s prácami iných autorov (Puettmann 2009, Milota et al. 2006) spotreba elektrickej energie v procese sušenia reziva sa v ich posudzovanom systéme pohybuje na úrovni okolo 24%, čo zodpovedá spotrebe približne 65,7 MJ elektrickej energie na 1 m³ vyrobených dosiek. Spotreba elektrickej energie v procese pílenia (v našom prípade sa jedná o procesy zahrňujúce výrez, pílenie a triedenie reziva) sa v ich prácach pohybuje

na úrovni 74,7 MJ na 1 m³ vyrobeného reziva. V našom prípade procesy zahrňujúce výrez, pílenie a triedenie reziva sa spolu podieľajú sumou približne 67,3 MJ spotrebovanej elektrickej energie na 1 m³ vyrobených dosiek. Z týchto hodnôt vidíme, že zatiaľ čo pri pílení (a súvisiacimi operáciami) v procese výroby drevených dosiek nie je v spotrebe elektrickej energie markantný rozdiel, v procese sušenia je tento rozdiel naozaj výrazný.

Vzhľadom k týmto záverom môžeme povedať, že proces sušenia v našom posudzovanom systéme v porovnaní s relevantnými technológiami sa javí ako najslabší článok celého systému. Prehnane vysoká spotreba elektrickej energie v procese sušenia v spoločnosti pravdepodobne súvisí s nízkou energetickou účinnosťou súčasnej technológie, vysokým stratám energie pri sušení reziva a podobne. Toto zistenie vytvára akýsi potenciál pre budúcu inováciu v tomto výrobnom procese. Pri porovnaní vyššie uvedených hodnôt vidíme, že pri bežne dostupných technikách sušenia reziva (USA, Kanada) sa spotrebuje v porovnaní s našim procesom sušenia približne o 30% elektrickej energie menej. Domnievame sa preto, že práve modernizáciou súčasnej technológie sušenia v spoločnosti by sa dokázalo ušetriť v tomto procese minimálne vyššie spomínaných 30 % elektrickej energie. V konečnom súčte by sa takouto inováciou znížila celková spotreba elektrickej energie závodu o niečo vyše 10%. Niet pochýb o tom, že zníženie celkovej spotreby elektrickej energie formou inovácie procesu sušenia by mal značne pozitívny vplyv aj na zníženie dopadov podniku na jednotlivé zložky prostredia. Na druhej strane v rámci technológie pílenia dosiek ako ďalšieho procesu s výrazným dopadom na jednotlivé zložky prostredia nevidíme nejaké podstatné rezervy v samotnom procese. Proces pílenia je plne ovládaný počítačom, ktorý na základe parametrov daného kmeňa dokáže určiť jeho optimálny porez, čím sa dosahuje vyššia výťažnosť procesu. Výťažnosť porezu sa v nami posudzovanom systéme pohybuje na úrovni 58,7 %. Výťažnosť procesov pílenia v porovnaní s výsledkami iných autorov sa v tamojších procesoch pohybuje v rozmedzí 47,0 – 55,3% (Puettmann et al. 2013a-d). Vzhľadom k tejto informácii môžeme povedať, že disponuje pomerne modernou technológiou porezu surových kmeňov. Ďalším významným procesom vzhľadom k celkovým dopadom je proces výroby tepla a elektrickej energie. Dôležitú úlohu v tomto procese hrá predovšetkým spotreba paliva – drevnej štiepky, spotreba elektrickej energie a nafty a v neposlednom rade produkcia popola. Tieto faktory najväčšou mierou prispievajú k celkovým dopadom. Spotreba paliva, podobne ako produkcia popola vo výraznej miere súvisí s účinnosťou spaľovacieho procesu. Vo všeobecnosti čím je účinnosť spaľovania paliva vyššia, spotreba paliva ako aj

produkcia popola je pri rovnakom objeme výroby elektrickej energie nižšia. V posudzovanom spaľovacom zariadení s technológiou spaľovania na posuvnom rošte sa dokáže spáliť palivo vo forme drevnej štiepky s účinnosťou približne 82,5%. To znamená, že popolovina odchádzajúca ako odpad z procesu spaľovania obsahuje ešte 17,5% nespálenej organickej časti na báze uhlíka. Táto nespálená organická časť popoloviny je v podstate mierou nedokonalosti spaľovacieho procesu. Zároveň predstavuje akúsi teoretickú rezervu, ktorej znížením by sme vedeli dosiahnuť jednak zníženie spotreby paliva a jednak zníženie produkcie popola. Ak by sa nám teda podarilo zvýšiť účinnosť spaľovacieho procesu, pochopiteľne popri znížení spotreby paliva a znížení produkcie popola by sa nám podarilo znížiť celkový dopad výroby tepla a elektrickej energie. Určite niet pochýb o tom, že pri zmene technológie spaľovania (napríklad fluidné spaľovanie) by sme dokázali do značnej miery zvýšiť aj účinnosť spaľovacieho procesu. Otázne však je, či by sa nám v daných podmienkach pri zachovaní súčasnej technológie podarilo zvýšiť účinnosť spaľovania aj bez využitia finančne náročných opatrení akými by boli napríklad zmeny technológie. Vzhľadom k plne postačujúcej súčasnej výrobe tepla a elektrickej energie nie je podľa nášho názoru relevantný dôvod na takéto zmeny. Menší ale určite nie zanedbateľný dopad predstavujú procesy druhovýroby. V týchto procesoch sa spracuje približne jedna desatina z vyrobeného množstva drevených dosiek. V dopadoch z týchto procesov dominuje vo výraznej miere spotreba elektrickej energie. Spotreba nafty, pomocných materiálov a látok v procesoch druhovýroby zohráva v celkových dopadoch na jednotlivé zložky prostredia oveľa menšiu rolu. V ďalších procesoch, ktoré majú relatívne malý celkový dopad v rámci celej výroby dosiek, ako napríklad proces údržby alebo správa, osvetlenie areálu, či prevádzka stravovacieho zariadenia, hrá podstatnú úlohu pri ich dopadoch taktiež práve spotreba elektrickej energie. V procese expedície na druhej strane popri spotrebe elektrickej energie k celkovým dopadom v tomto procese výrazne prispieva spotreba obalového materiálu a povrchové ošetrovanie dreva. Avšak celkový dopad týchto procesov je relatívne nízky.

Záver

Účelom tejto práce bolo vhodným spôsobom vyhodnotiť a interpretovať uhlíkovú stopu drevospracujúceho podniku pre výrobu dosiek. Ako vhodný nástroj bola zvolená metóda hodnotenia životného cyklu (LCA) a na modelovanie hodnotenia dopadov výroby drevených dosiek bol použitý databázový program SimaPro s metódou hodnotenia IPCC GWP 100a.

Z výsledkov hodnotenia môžeme s určitosťou povedať, že medzi najvýznamnejšie faktory s najvyššími dopadmi na životné prostredie v procesoch výroby drevených dosiek patria zdroje primárnej energie, čiže spotreba elektrickej energie a spotreba nafty. V procese výroby elektrickej energie hrá dôležitú úlohu popri energetických zdrojoch, ktorými sú hlavne spotreba elektriny, paliva vo forme štiepky a spotreba nafty, taktiež produkcia odpadu vo forme popola. Toto sú faktory, ktoré v najväčšej miere prispievajú k negatívnym dopadom uhlíkovej stopy.

Na druhej strane môžeme povedať, že faktory, ktorých príspevok k dopadom nebol veľmi výrazný sú napríklad produkcia tuhých či kvapalných odpadov v jednotlivých výrobných procesoch. Paradoxne často krát sa jedná o produkciu odpadov vykazujúcich rôzne nebezpečné vlastnosti. Avšak množstvo týchto odpadov vznikajúcich v jednotlivých fázach výroby zrejme v konečnom dôsledku neprispieva k zhoršeniu stavu zložiek prostredia do takej miery, ako by sme mohli pôvodne očakávať. Podobne relatívne nízky dopad môžeme pripísať chemikáliám a rôznym pomocným látkam používaných vo výrobe alebo pri technologickej úprave vody. Aj keď sa jedná často krát o látky, ktoré môžeme označiť ako škodliviny, či dokonca toxické látky, množstvo, v ktorom sa aplikujú vo výrobe nemá v konečnom súčte až taký výrazne negatívny dopad.

Výsledky ukázali, že vhodnými environmentálnymi opatreniami, môže podnik účinne znižovať svoje environmentálne vplyvy, v tomto prípade uhlíkovú stopu.

Podakovanie

VEGA 1/0213/15 and VEGA 1/0648/17

Zoznam literatúry

BOLIN, Ch. A. – SMITH, S. 2011. Life cycle assessment of ACQ-treated lumber with comparison to wood plastic composite decking. In *Journal of Cleaner Production*. 2011, vol. 19, p. 620-629.

CHANG, D. – LEE, C. K. M. – CHEN, CH. 2014. Review of life cycle assessment towards sustainable product development. In *Journal of Cleaner Production*. 2014, vol. 83, p. 48-60.

EPA, United States Environmental Protection Agency, 2015.
<http://www.epa.gov/sustainability/analytics/environmental-footprint.htm>

FRANETTE, C. D. et al. 2010. Using life cycle assessment to derive an environmental index for light-frame wood wall assemblies. In *Building and Environment*. 2010, vol. 45, p. 2111-2122.

ISO 14040: 2006. ENVIRONMENTÁLNE MANAŽÉRSTVO. POSUDZOVANIE ŽIVOTNÉHO CYKLU. PRINCÍPY A ŠTRUKTÚRA, ISO 14040:2006.

ISO 14044: 2006. ENVIRONMENTÁLNE MANAŽÉRSTVO. POSUDZOVANIE ŽIVOTNÉHO CYKLU. POŽIADAVKY A POKYNY (ISO 14044: 2006).

JOLLIET, O – SAADÉ, M. – CRETZAZ, P. 2005. *Analyse du cycle de vie: comprendre et réaliser un écobilan*. Luasanne, Suisse: Presses polytechniques et uni-versitaires romandes, 2005. 242 p. ISBN 978-2-88074-886-9.

MILOTA, R. M. – WEST, C. D. – HARTLEY I. D. 2006. Gate-to-gate life cycle inventory of softwood lumber production. In *Wood and Fiber Science*. 2006, vol. 37, p. 47-57.

MURPHY, F. – DEVLIN, G. – MCDONNELL, K. 2015. Greenhouse gas and energy based life cycle analysis of products from the Irish wood processing industry. In *Journal of Cleaner Production*. 2015, vol. 30, p. 1-8.

PFISTER, S., SANER, D., KOEHLER, A., 2010. The environmental relevance of freshwater consumption in global power production. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2011, 16, 580-591.

PRÉ CONSULTANTS 2016. SIMAPRO8. LIFE CYCLE ASSESSMENT SOFTWARE, ECOINVENT DATABASES V3.01, DOSTUPNÉ NA: [HTTP://WWW.PRE.NL](http://www.pre.nl), 1.8.2016.

PUETTMANN, M. et al. 2013a. *Cradle to Gate Life Cycle Assessment of Softwood Lumber Production from the Pacific Northwest*: Updates to CORRIM Phase 1 Report. CORRIM, 2013. 35 p.

PUETTMANN, M. et al. 2013b. *Cradle to Gate Life Cycle Assessment of Softwood Lumber Production from the Southeast*: Updates to CORRIM Phase 1 Report. CORRIM, 2013. 33 p.

SILVA, D. A. L. et al. 2013. Life cycle assessment of medium density particleboard (MDP) produced in Brazil. In *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 2013, vol. 18, p. 1404-1411.