

OPTIMÁLNÁ ÚPRAVA BIOMASY PRED JEJ ENERGETICKÝM ZHODNOTENÍM

Juraj Beniak

Drvenie je technologický proces, v ktorom sa materiál delí na menšie časti (napr. drvenie nadrozmerných štiepok a triesok na technologické triesky požadovanej veľkosti, drobenie ináč nespracovávaného odpadu - odrezkov z veľkoplošných dosiek, starých paliet, obalov, kôry a pod. - na štiepky a drobný odpad pre energetické účely).

Drvenie rôzneho materiálu sa môže uskutočňovať rezaním, trhaním, nárazom nástroja na materiál, rozbíjaním dreva medzi pohyblivými a pevnými nástrojmi, tlakom a pohybom drevných častíc medzi nástrojmi. V technológii drvenia môže prebiehať aj viac procesov súčasne.

Kľúčové slová: dezintegrácia, drvenie, proces dezintegrácie

ÚVOD

Z dôvodu zvýšenia kapacity skládok, spätného získania surovín, musíme odpad transformovať do požadovaného tvaru a veľkosti. Cieľom je separácia a objemová redukcia odpadu, jeho dezintegrácia a nasledovná úprava do stavu a tvaru vhodného pre skladovanie, prevoz, recykláciu, prípadne likvidáciu. Prostriedkom, ktorým daný cieľ dosiahneme, je poddrvenie surovín do požadovanej veľkosti frakcie, pri ktorej je možná jednoduchšia manipulácia a vykonanie uvedených operácií. Z uvedeného dôvodu majú drviace zariadenia veľmi široké uplatnenie. Ich výroba sa preto venuje rad firmám u nás a v zahraničí.

Minimalizácia resp. delenie materiálu patrí k dôležitým technologickým procesom vo viacerých priemyselných odvetviach. Uvedené procesy majú veľký význam pri ťažbe, úprave a spracovaní nerastných surovín, pri výrobe cementu, pri výrobe stavebných a keramických materiálov a v niektorých ďalších priemyselných odvetviach [1]. Technológia dezintegrácie materiálov je veľmi frekventovaná tak v primárnej výrobe, ako aj vo sfére spotreby pri úprave odpadov. Nevyužitelný odpad sa vyváža na skládky. To je v súčasnosti veľmi často ekonomicky najefektívnejší spôsob zneškodňovania odpadu. Pri vhodnej úprave pritom môžeme odpad tak materiálovo ako aj energeticky zhodnotiť. Cieľom dezintegrácie je homogenizácia a objemová redukcia materiálu do požadovanej frakcie [dizertačka].

VÝHODY DRVENIA

Môžeme ich zhrnúť do nasledujúcich bodov [2]:

-Zmena objemu - vplyvom drvenia dochádza takmer vo všetkých prípadoch k zmenšeniu materiálu výrobku. Veľkosť zmeny závisí od druhu materiálu, veľkosti a charakteru pôvodného určenia. V niektorých prípadoch je redukcia objemu až o 80%. Jedná sa napríklad o rôzne sudy, pneumatiky, fľaše, drevný či kovový odpad atď (obr. 1, obr. 2). Zmenšením objemu ušetríme náklady na skládkovanie a prepravu.

-Veľkosť frakcie - je nutnou podmienkou takmer pre všetky spôsoby zhodnotenia. Drvenie je zaraďované pri recyklácii, kompostovaní alebo energetickom zhodnocovaní odpadu. Netradičným spôsobom energetického zhodnotenia organického odpadu je jeho zhutnenie do brikety, ktorá má vlastnosti porovnateľné s vlastnosťami základných fosílnych palív. Nutnou podmienkou pri zhutňovaní je okrem veľkosti aj vlhkosť frakcie odpadu.

-Homogenizácia štruktúry - je veľmi často uplatňovaná aj v prvovýrobe. Ide napríklad o požiadavku rovnomernej štruktúry materiálu z hľadiska aplikovanej technológie.

Firmy, ktoré vyvíjajú, vyrábajú a predávajú drviace zariadenia sú nútení poskytovať zákazníkom, vplyvom konkurenčného tlaku optimálne zvolené konfigurácie týchto zariadení, ktoré by mali v dostatočnej miere vyhovovať požiadavkám odberateľa [4].

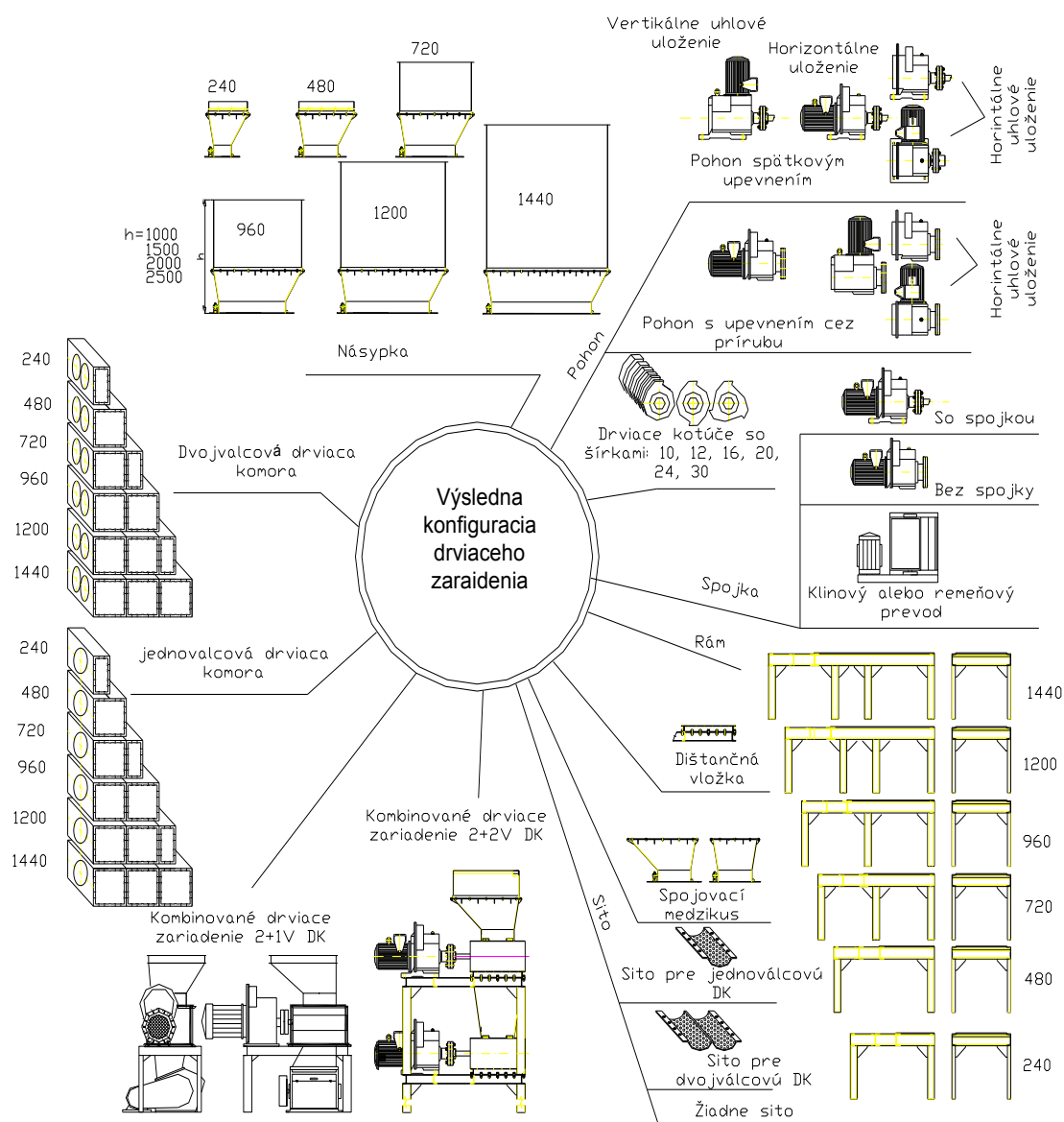
MODULOVÁ STAVBA DRVIACICH STROJOV

Nadobúdacie náklady drviaceho zariadenia sú v súčasnej dobe dosť vysoké, čo je zapríčinené vysokými výrobnými nákladmi. Tento stav je spôsobný tým, že prakticky každý stroj je vyrábaný špeciálne na požiadavky zákazníka, čiže výroba sa musí neustále prispôbovať a meniť. Tento problém môže z časti riešiť metodika modulovej stavby drviacich strojov. Podstatou koncepcie modulovej stavby drviacich strojov je výroba

unifikovaných dielcov a montáž zariadenia podľa požiadaviek zákazníka práve z týchto unifikovaných častí, čím by sa mala zlacniť výroba a samozrejme aj cena drviaceho stroja.

Ak sa zákazník rozhodne kúpiť si drviaci stroj, po čase už nemusí spĺňať jeho nároky a potreby, pre spracovanie materiálu. Vtedy musí uvažovať ako riešiť tento problém. Jedným riešením je kúpiť nový stroj ktorý kapacitne a výkonovo vyhovuje jeho podmienkam. Toto je však veľmi finančne náročné a tiež vyvstáva otázka čo so starým strojom. Ten môžeme jednoducho odstaviť a nechať niekde v kúte hrdzaviť, alebo ho ponúknuť na odpredaj za nižšiu cenu.

Po analýze stavby drviacich zariadení rôznych výrobcov a skúmaní konštrukcie týchto zariadení som dospel k názoru, že existuje ešte jedno riešenie tejto situácie, ktoré je podstatne lacnejšie a rieši tento problém komplexne. Riešením je modulová stavba drviacich zariadení (obr. 1). Toto je iba jeden z aspektov, prečo využívať modulovú stavbu.



Obr. 1 Modulová koncepcia drviaceho komplexu DK 240 [4]

REZNÉ SILY V PROCESE DRVENIA A TEÓRIE PRE ICH VÝPOČET

Silu, ktorou pôsobíme na nástroj a oddeľujeme triesku, nazývame reznou silou. Proti vníkaníu nástroja do obrobku pôsobí tento obrábaný materiál odporom, ktorý nazývame rezný odpor. Rezná sila a rezný odpor sú veličiny rovnako veľké, ale opačne orientované. Poznať rezné sily pri obrábaní je dôležité tak z hľadiska vedeckého poznania rezného procesu, ako aj z praktického hľadiska pre konštrukciu nástrojov, výpočet a konštrukciu častí stroja, voľbu a výpočet rezných pomerov a pod.

Rezné sily majú dynamickú povahu vzhľadom na nehomogenitu obrábaného materiálu. V praxi väčšinou silu chápeme ako statickú hodnotu, uvažujúc strednú hodnotu medzi najväčšou a najmenšou hodnotou kolísania reznej sily. Na tomto princípe sú založené i technické prostriedky merania rezných síl.

Fyzikálno – technologická teória [1]

Podľa Briksa je rezná sila rovná nasledovnému vzťahu

$$F = K_1 h b + K_2 b = F_{\check{c}} + F_{chrb} \quad [N] \quad (1)$$

Zmysel tejto dedukcie je v tom, že je rezná sila tvorená dvomi zložkami, z ktorých jedna ($F_{\check{c}}$) je priamo úmerná ploche priečného prierezu triesky $b \cdot h$, druhá (F_{chrb}) je priamo úmerná len šírke triesky b . Briksove dedukcie sú prakticky vyjadrením rozdelenia priestoru pôsobenia síl:

- sily pôsobiace nad úrovňou vznikajúceho nového povrchu ($F_{\check{c}}$),
- sily pôsobiace pod úrovňou nového povrchu (F_{chrb}), pričom úroveň nového povrchu približne prechádza stredom krivosti ostria.

Vyjadrením tejto metodiky je zovšeobecňujúca rovnica

$$F = K b h = F_{\check{c}} + F_{chrb} \quad [N] \quad (2)$$

kde $K = (K_1 + K_2/h)$ [MPa]

Empiricko – štatistická teória

je pokusom vyjadriť mieru vplyvu súboru rôznych činiteľov procesu rezania na reznú silu exponenciálnou rovnicou

$$F = A u z^0,78 \cdot h^{1,33} \cdot v^{0,25} \cdot \varphi^{20,16} \cdot \rho^{0,38} \cdot \gamma_{\check{s}p}^2 \cdot b^{0,56} \cdot w \quad [N] \quad (3)$$

kde A – obecný koeficient závislý od podmienok rezania [N.mm]; uz – posuv dielca na zub [mm]; v – rezná rýchlosť [m.s⁻¹]; φ^2 – uhol medzi orientáciou drevných vlákien a rovinou rezu [°]; ρ – polomer zaoblenia otupenej reznej hrany [mm]; $\gamma_{\check{s}p}$ – hustota dreva [kg.m⁻³]; w – vlhkosť dreva [%]; h – hrúbka triesky [mm]; b – šírka rezu (šírka triesky) [mm].

Exponenciálne hodnoty ostatných súčiniteľov rovnice vyplývajú z daného procesu. Rozsah platnosti takýchto vzťahov je obmedzený len na určité medze základných hodnôt súčiniteľov rovnice, ktoré sa okrem toho navzájom ovplyvňujú, čím sťažujú určenie rozmeru ich vplyvu. Takouto istou mierou vierohodnosti je poznačené aj vyjadrenie mernej reznej sily K [MPa] formou

$$K = K_{dr, \varphi^2, \delta} \cdot K_v \cdot K_w \cdot K_h \cdot K_{\rho} \cdot K_f \quad [MPa] \quad (4)$$

K_{dr} , K_v , K_w , K_h , K_{ρ} , K_f – sú súčinitele vplyvu rôznych parametrov.

V súhrne možno konštatovať, že fyzikálno–technologická teória je v súčasnosti najprepracovanejším zdrojom informácií pre dimenzovanie energetických zdrojov i pre konštruktérov drevorezných nástrojov a strojov (rozložením reznej sily F na tangenciálnu a radiálnu zložku). V prípadoch obtiažneho určenia prvkov rezného procesu je zase vhodné použiť pri výpočtoch r , Pr metódu štatisticko-empirickú.

Všeobecne je podľa [4], [5] pre obrábanie dreva platný nasledovný vzťah

$$F = K \cdot b \cdot h \quad [N] \quad (5)$$

kde K – merný rezný odpor [MPa]; b – šírka triesky [mm]; h – hrúbka triesky [mm]

Tento vzťah vyjadruje jednoduchú závislosť a to, že všeobecná rezná sila pri delení dreva je funkciou špecifického rezného odporu a rozmerov triesky.

Špecifický rezný odpor K sa vypočíta podľa nasledujúceho vzorca, kde jednotlivé opravné koeficienty vyjadrujú vplyv rôznych faktorov.

$$K = K_{\varphi} \cdot a_{\delta} \cdot a_w \cdot a_s \cdot a_r \cdot a_{\delta} \cdot a_v \cdot a_f \cdot a_t \cdot a_z \quad [MPa] \quad (6)$$

kde K_{φ} – špecifický rezný odpor pre určitý uhol φ , pre borovicu sušenú na vzduchu, pri

$$\delta=45^\circ, s=1,0 \text{ mm a } v=10 \text{ m/s,}$$

a_{δ} ; a_w ; a_s ; a_r ; a_{δ} ; a_v ; a_f ; a_t ; a_z - koeficienty vyjadrujúce vplyv rôznych faktorov

Podľa [1] je sila potrebná na strihanie funkciou pevnosti obrobku v strihu τ a plochy rezu S :

$$F = S \cdot \tau \cdot 0,67 \quad [N] \quad (7)$$

Podľa [6] sa strižná sila pri strihaní s rovnobežnými nožmi počíta podľa vzťahu

$$F = S \cdot \tau \quad [\text{N}] \quad (8)$$

a pri strihaní s horným nakloneným nožom je sila

kde τ – pevnosť materiálu v strihu [MPa]; s – hrúbka materiálu [mm]

$$F = \frac{\tau \cdot s^2}{2 \cdot \text{tg } \varphi} \quad (9)$$

Pre strihanie kotúčovými nožnicami platí vzťah

$$F = \sigma_{pt} \cdot s^2 \left(\frac{0,4\varepsilon_r}{\text{tg } \varphi} + 0,7 \right) \quad [\text{N}] \quad (10)$$

kde σ_{pt} – medza pevnosti materiálu [MPa]

ε_r – (1,2 až 1,6) δ_s ; δ_s – relatívne nastrihnutie, pri ktorom nastáva ušmyknutie materiálu; φ – uhol záberu [°]

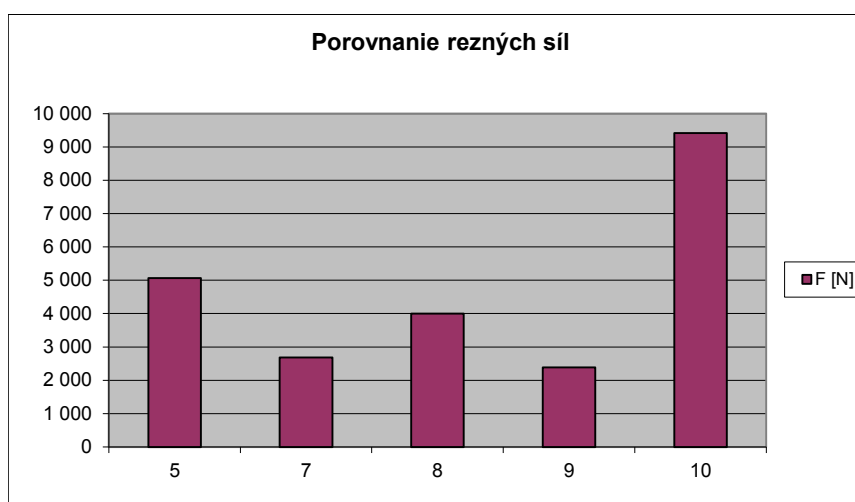
POROVNANIE VÝSLEDKOV

V nasledovnej časti príspevku uvediem číselné hodnoty reznej sily, ktoré boli vypočítané prostredníctvom vybraných matematických vzťahov (tab. 1). Z týchto hodnôt by malo byť zrejmé, aké veľké sú hodnotové rozdiely pri výpočtoch reznej sily rôznymi (vybranými) spôsobmi (obr. 3).

Ako vzorku beriem triesku s rozmermi: šírka triesky 10 mm, hrúbka triesky 10 mm. Materiálom na drvenie je drevo s pevnosťou v strihu $\tau = 40$ MPa.

Hodnoty reznej sily

číslo vzťahu	F [N]
(5)	5 069
(7)	2 680
(8)	4 000
(9)	2 383
(10)	9 413



Obr. 2 Porovnanie rezných síl

Na obr. 2 je zreteľne vidieť, že výsledok reznej sily podľa vzťahu (10) je výrazne odlišný v porovnaní s ostatnými hodnotami. Výsledky podľa vzťahov (5), (7), (8), (9) sú na prvý pohľad skoro na rovnakej úrovni, ale keď si prezrieme ich hodnoty zistíme, že tieto sa líšia v rozmedzí 12 až 112 %

Z týchto zreteľných rozdielov je zrejmé že bude potrebné urobiť detailnú analýzu týchto vzťahov a určiť najspôfahlivejší matematický model pre výpočet reznej sily.

ANALÝZA VYBRANÝCH DRVIACICH ZARIADENÍ

Potenciálny užívateľ si mnohokrát nevie vybrať z veľkého množstva ponúkaných typov. Respektíve pri danom type sa nevie rozhodnúť pre konkrétneho výrobcu. A výber stroja podľa ceny je často zavádzajúci.

Predmetom príspevku by teda mal byť určitý návod na výber vhodného stroja v danej kategórii drvičov. Postup pri výbere budeme demonštrovať na dvojrotorových pomalobežných drvičoch.

Tento typ drvičov sa používa hlavne pri predrvení materiálu. Jeho výhodou je „samovťahovací účinok pri drvení. Výhodná je aj relatívne spoľahlivá ochrana systému pri vstupe „cudzích“ materiálov do drviacej komory.

Z dôvodu širokého sortimentu vyrábaných drvičov je ich porovnanie dosť obtiažne. V tabuľke 1 je znázornené porovnanie siedmich vybraných drviacich zariadení od rôznych výrobcov.[7] Základným kritériom porovnania dvojrotorových drvičov je rovnaký príkon a to 15 kW (tab.1).

Jedno z možných porovnaní bolo vykonané z hľadiska technologických nákladov na dezintegráciu jednotkového množstva materiálu podľa [8].

Energetické náklady:

kde: P príkon motora (kW)
 Ce cena elektrickej energie (EUR/kWh)
 W výkon stroja (kg/hod)

$$E_n = \frac{P \cdot C_e}{W} \quad (\text{Sk/kg}) \quad (1)$$

Investičné náklady:

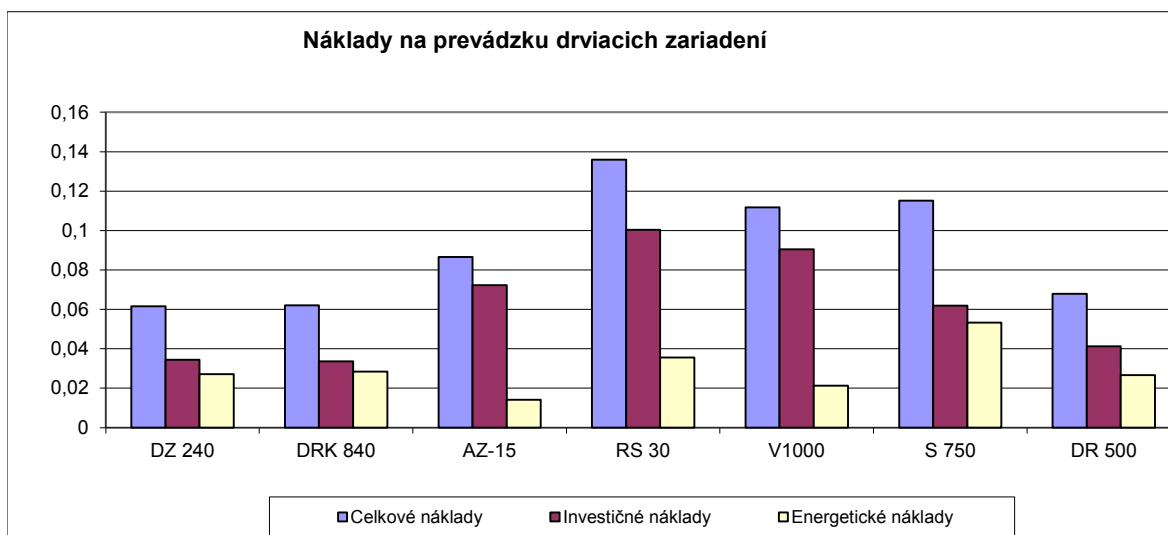
$$I_n = \frac{C_s}{W \cdot H} \quad (\text{Sk/kg}) \quad (2)$$

kde: Cs - cena stroja (EUR)
 H - životnosť (hod)

Celkové náklady: $C_n = E_n + I_n \quad (\text{EUR/kg}) \quad (3)$

Typ	DZ 240/ TOS Jasová	DRK 840/ ODES	AZ – 15/ MOCO	RS 30/ Adelmann	V 1000/ Lindner	S 750/ Terier	DR 500/ Ing. Častulík
Cn	1	2	4	7	5	6	3
S	7	3	2	6	1	4	5
W	4	5	1	6	2	7	3
Suma	12	10	7	19	8	17	11

Tab. 1. Celkové vyhodnotenie a hodnotenie jednotlivých kritérií.



Obr. 3. Náklady na prevádzku jednotlivých drviacich zariadení.

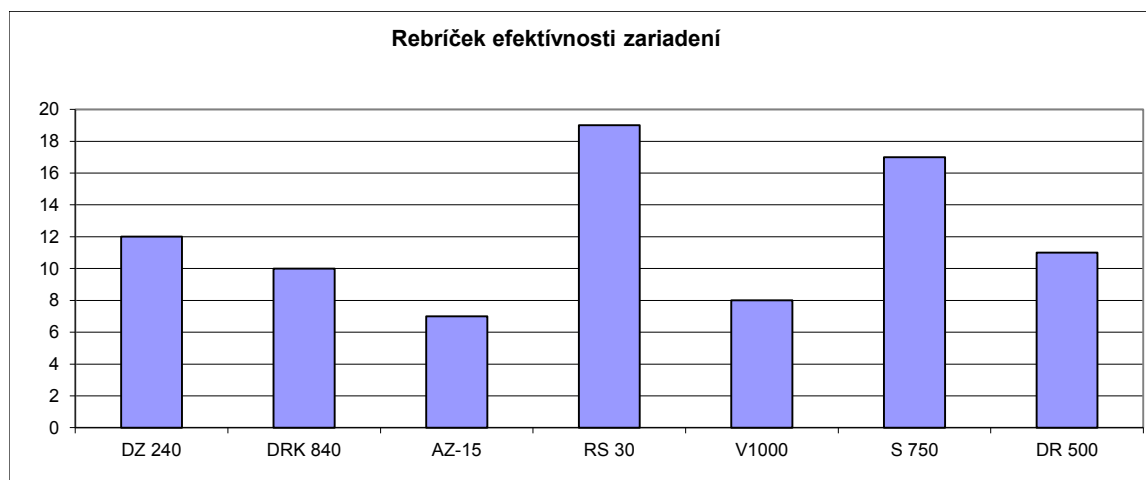
Celkové zhodnotenie tejto analýzy môžeme vidieť na obr. 4. Najlepšie hodnotenie dosiahol drviace zariadenie MOCO AZ-15, a najhoršie sa umiestnil drvič ADELMANN RS 30.

Drvič MOCO AZ-15, aj keď má najväčšiu nákupnú cenu nie je na tom z hľadiska investičných nákladov najhoršie pretože jeho výkon je až 3000 kg/hod a tým pádom sú aj jeho energetické náklady nízke.

Drvič MOCO AZ-15 má najväčší výkon zo všetkých porovnávaných drvičov pri tom istom príkone. Taktiež má tento drvič veľkú plochu drviacej komory, čo je podľa môjho názoru z hľadiska efektívnosti zariadenia výhodné. Aj

keď sú jeho nákupná cena najvyššia zo všetkých zariadení, nie sú jeho investičné náklady s ohľadom na jeho výkon najväčšie.

V porovnaní s ostatnými drvičmi má drvič ADELMANN RS 30 malý výkon z čoho vyplývajú vysoké energetické aj investičné náklady, tiež jeho drviaca plocha patrí medzi najmenšie medzi vybranými drvičmi.



Obr. 4. Prehľad konečného vyhodnotenia drvičov.

ZÁVER

Výsledky analýzy [2] ukázali, že je správne orientovať sa na všeobecne platný vzťah, kde rezná sila F je funkciou merného rezného odporu K a veľkosti reznej plochy S . Ide o všeobecne platný model, ktorý treba ešte upresniť pre delenie dreva. Tento model by mal postačovať aj pre naše potreby riešenia veľkosti reznej sily. Diskutabilný bude spôsob určenia funkcie, ktorá bude vyjadrovať merný rezný odpor. Bude potrebné zistiť, aké činitele vplývajú na rezný proces a vyjadriť ich patričnú súvislosť.

Všetky vyššie uvedené funkcie počítajú so znalosťou veľkosti triesky, respektíve dĺžky a šírky záberu nástroja. Pri samotnom procese drvenia je však problematické určiť veľkosť triesky (záberu). Známa je iba maximálna šírka záberu, ktorá je rovná šírke rezného kotúča. Ďalšou úlohou bude preto zistiť, maximálnu hĺbku záberu rezného kotúča.

Pre výber vhodného drviča je najdôležitejšie poznať druh drveného materiálu, jeho množstvo, vstupnú a výstupnú veľkosť frakcie. Konečné rozhodnutie však je vždy závislé na konečnom rozhodnutí budúceho užívateľa stroja, a správnosť či nesprávnosť výberu sa prejaví až počas prevádzky.

Podľa môjho názoru, najefektívnejšie sú drviace zariadenia s nízkymi investičnými nákladmi, čiže nízkou nákupnou cenou, pri nízkom príkone pohonu a vysokom výkone zariadenia.

Výrobné náklady sa dajú znížiť použitím čo najmenšieho počtu použitých dielcov, čiže realizáciou princípu modulárnej stavby drviaceho stroja. Prevádzkové náklady sa dajú znižovať správnou konštrukciou drviča, presnejšie povedané konštrukciou drviacej komory a drviacich valcov.

Tento článok nemá za úlohu ponúkať jeden konkrétny typ najvýhodnejšieho drviaceho zariadenia, ale má slúžiť ako ukážka akým spôsobom a akými kritériami sa dajú porovnávať tieto zariadenia.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] LISIČAN, J.: Teória a technika spracovania dreva, Matcentrum Zvolen 1996, s. 625.
- [2] BENIAK, J.: Optimalizácia tvaru a rozmerov rezného nástroja dezintegračného zariadenia s ohľadom na veľkosť reznej sily, Písomná práca na dizertačnú skúšku, Katedra výrobnéj techniky, SjF STU Bratislava, 2001, s. 64.
- [3] ŠOOŠ, Ľ.: Drvenie- proces zmenšovania objemu a homogenizácie veľkosti frakcie odpadu. In.: Úprava odpadov. Bijo, v.z., Žilina 23.9.1998, s. 57 - 68.
- [4] EMANUEL, K. a kol.: Dřevařská příručka, 2. část, SNTL Praha, 1989, s. 620.
- [5] Kolektív autorov, Dřevařska technická příručka, SNTL, Praha 1970, s. 710.
- [6] KOVÁČ, A., - RUDOLF, B.: Tvárniace stroje, SNTL, Alfa, Bratislava 1989, s. 375.
- [7] LUKÁČ, R., Diplomová práca, KVT Sjf STU Bratislava, s. 19-20, 1999.
- [8] ŠOOŠ, Ľ., Ekonomika briketovania organických odpadov pre ich energetické využití, Odpady 5-6/95, s. 20-21, Praha 1995.