

ŠTÚDIA VYUŽITIA POPOLA ZO SPAĽOVANIA DREVNEJ ŠTIEPKY NA PESTOVANIE RÝCHLO RASTÚCICH DREVÍN V SÚLADE S NAJLEPŠOU PRAXOU V ZAHRANIČÍ



NIBIO
NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI



Projekt GII00101

SINBIO - Sustainable Innovation In Bioenergy

*Spoluprácou k
spoločným hodnotám*

*Biomasa – naša
energetická budúcnosť*

© IVI,s.r.o./Marec 2016
IVI, s.r.o.
Rusovská cesta 17
851 01, Bratislava

Projekt je financovaný z grantu Nórskeho kráľovstva prostredníctvom Nórskeho finančného
mechanizmu

Spolufinancované zo štátneho rozpočtu Slovenskej republiky

www.eeagrants.sk

Obsah

1. Úvod	4
2. Charakteristika dreveného popola	4
3. Technológie spracovania a sejby popola.....	6
3.1. Metódy spracovania (pred-úpravy) popola.....	6
3.2. Posyp popolom.....	9
4. Metódy kontroly kvality a chemickej analýzy	10
5. Vplyv hnojiva na ŽP (Environmentálne benefity)	12
6. Ekonomické benefity	13
7. Zdroje.....	14

1. Úvod

Cieľom analýzy je priniesť poznatky z problematiky využitia drevného popola ako hnojiva z krajín, ktoré disponujú v tejto oblasti bohatými skúsenosťami a príkladmi najlepšej praxe. V rámci európskeho priestoru ide najmä o Fínsko a Švédsko. Aj napriek tomu, že väčšina dostupných podkladov je staršieho dáta, výpovedná hodnota poskytnutých informácií je stále aktuálna, užitočná a sú využiteľné pri aplikácii popola ako hnojiva v slovenských podmienkach. Obsah dokumentu je venovaný samotnému zloženiu drevného popola, jeho spracovaniu a následnej aplikácii, ako aj jeho vplyvu na životné prostredie a ekonomiku.

2. Charakteristika drevného popola

Drewný popol je vápenato–draselný, silne zásaditý odpad, vznikajúci po energetickom využití palív na báze dreva. Podľa legislatívnych predpisov v SR popol z čistého, chemicky neošetreného dreva nemá vlastnosti nebezpečného odpadu a je zaradený do skupiny „Ostatné odpady“.

Ako hnojivo sa na Slovensku môžu používať iba materiály zapísané v Registri hnojív, s výnimkou materiálov testovaných pre výskumné účely. Neregistrované hnojivá môže do pôdy aplikovať v nevyhnutnom množstve len výskumná inštitúcia, zaoberajúca sa výskumom výživy rastlín. Limity pre obsah rizikových prvkov sú definované tak u hnojív, ale aj pre iných materiálov, ktoré vznikajú v rôznych sférach hospodárstva a ktorých aplikácia do pôdy je za určitých podmienok možná. Nižšie uvedená tabuľka prezentuje porovnanie týchto hodnôt so Švédskom a Fínskom.

Tabuľka 1 Limity pre obsah rizikových prvkov v hnojivách a iných materiáloch

Rizikový prvok	SR				Švédsko	Fínsko
	Minerálne hnojivo	Pôdna pomocná látka	Surovina na kompost	Kaly a dnové sedimenty	Drewný popol	Drewný popol
Hg	0,5	1	10	10	3	2
Cd	1,5	2	13	10	30	3
Pb	30	100	500	750	300	150
Cr	50	100	1000	1000	100	-
As	10	10	50	20	30	50
Cu	-	200	1200	1000	400	-
Mo	-	-	25	-	-	600
Ni	-	50	200	300	70	100
Zn	-	400	3000	2500	7000	1500
Se	-	5	-	-	-	-

Zdroj: Utilization of wood ash as fertilizer in Slovak forestry (2012)

Drewný popol pozostáva z anorganických látok obsiahnutých v dreve. Typické prvky v ňom obsiahnuté predstavujú: kremík (Si), vápnik (Ca), draslík (K), fosfor (P), mangán (Mn), železo (Fe), zinok (Zn), sodík (Na) a bór (B). Najviac zastúpeným prvkom v drewnom popole je vápnik, za ktorým nasleduje draslík. Zloženie popola z kôry stromu a jeho jadra sa trochu odlišuje, rovnako sú rozdiely aj v popole jednotlivých stromov. Popol z jadra kmeňa obsahuje viac draslíka a oxidu horečnatého ako popol z kôry. Na druhej strane popol z kôry obsahuje množstvo kremíka.

Kvôli vysokému obsahu minerálov a mikroživín, ktoré sú nevyhnutné pre prírodu, odporúča sa, aby bol drewný popol navrátený do prírodného cyklu.

Nižšie uvedená tabuľka dokladuje obsah prvkov v popole u vybraných druhov dreva:

Tabuľka 2 Podiel hlavných prvkov v niektorých druhoch drevného popola

Drevné palivo	Obsah prvku (v%) v suchej popolnej zložke									
	Ca	Na	Al	Fe	Ti	Mg	K	Si	S	P
Štiepka z borovice	24	0,16	2,70	1,50	0,034	3,10	10	11	0,65	2,10
Štiepka z lesného odpadu	11	0,26	2,50	2,60	0,30	2,40	6,90	18	0,65	1,40
Piliny z borovice	29,9	0,20	1,06	1,29	0,070	7,12	10,2	3,90	0,78	2,29
Kôra smreku	28	0,28	0,57	0,10	0,021	3,10	6,30	0,70	0,39	1,80
Kôra borovice	29	0,37	2,80	0,21	0,046	2,70	6,30	0,60	0,82	2,10
Vŕba (salix)	22	0,20	0,16	0,13	<0,01	3,10	22	0,02	1,20	5,00

Zdroj: *Taipale, 1996* in Wood Ash Recycling State Of The Art In Finland And Sweden (2003)

Ďalšia tabuľka prezentuje podiel niektorých prvkov v popole z kmeňového dreva z čerstvo narúbaných menších stromov. Popol z práve narúbaných stromov obsahujú viac živín, ktoré by boli vyprchali počas skladovania.

Tabuľka 3 Podiel vybraných prvkov v popole z jadra kmeňa čerstvo narúbaných menších stromov

Druh stromu	Obsah prvku (v%) v popole									
	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn	S	B	Cu
Breza	4,3	16,4	20,8	4,1	1,1	0,6	0,5	1,8	0,05	0,04
Jelša	5,8	19,3	19,3	2,9	0,7	0,6	0,3	2,3	0,05	0,05
Osika	1,9	21,4	20,9	3,2	0,5	0,5	0,2	1,8	0,06	0,03
Smrek	2,7	12,3	24,5	3,0	3,3	0,7	0,3	1,3	0,05	0,04
Pine	2,2	11,5	22,2	5,1	2,1	0,7	0,2	2,8	0,05	0,03

Zdroj: *Taipale, 1996* in Wood Ash Recycling State Of The Art In Finland And Sweden (2003)

Vo Fínsku a Švédsku je kôra stromov dôležitým drevným palivom a taktiež existuje významné množstvo vedľajších produktov vyrobených z kôry v lesnom priemysle. Preto bolo realizovaných niekoľko individuálnych štúdií, ktoré sa zameriavali na zloženie popolu z kôry stromov. Nižšie uvedená tabuľka sumarizuje obsah (a zloženie) popola z kôry rôznych stromov.

Tabuľka 4 Obsah popola v kôre rôznych druhov stromov

Druh stromu	Popol, v %	Podiel v popole (v %)								
		SiO ₂	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	Iné*
Borovica	1,8	14,5	3,8	2,7	40,0	5,1	2,1	3,4	3,7	22,9
Smrek	3,4	21,7	1,8	2,7	50,5	4,2	2,8	3,5	1,6	7,8
Breza	1,6	3,0	1,0	3,0	60,3	5,9	0,7	4,1	4,8	15,6
Dub	1,5	11,1	3,3		64,5	1,2	8,9	0,2		9,3

*počítané ako rozdiel

Zdroj: *Alakangas, 2000* in Wood Ash Recycling State Of The Art In Finland And Sweden (2003)

Množstvo ťažkých kovov obsiahnutých v popole, ktorý vzniká pri spaľovaní dreva v spaľovacích zariadeniach sa môže významne líšiť. Jeden z dôvodov predstavuje samozrejme odlišný spôsob spaľovania a účinnosť čistenia spalín v týchto zariadeniach. Tabuľka nižšie prezentuje výsledky švédskej štúdie zaoberajúcej sa obsahom ťažkých kovov v roštovom a úletovom popole zo spaľovania dreva. Popol z drevných palív má neškodný obsah ťažkých kovov, pokiaľ s drevným popolom nie je zmiešaný popol z uhlia a olejov. Taktiež by bolo rozumné nevyužívať popol zo zdemolovaného dreva, papierenského odpadu a podobných zdrojov.

Tabuľka 5 Obsah ťažkých kovov v roštovom a úletovom popole z roštového spaľovania dreva

Prvok	Obsah prvkov, mg/kg	
	Roštový popol	Úletový popol
As	0,2 - 3	1 - 60
Cd	0,4 - 0,7	6 - 40
Co	0 - 7	3 - 200
Cr	0 - 60	40 - 250
Cu	15 - 300	200
Hg	0 - 0,4	0 - 1
Mn	2500 - 5500	6000 - 9000
Ni	40 - 250	20 - 100
Pb	15 - 60	40 - 1000
Se		5 - 15
V	10 - 120	20 - 30
Zn	15 - 1000	40 - 700

Zdroj: *Taipale, 1996* in Wood Ash Recycling State Of The Art In Finland And Sweden (2003)

3. Technológie spracovania a sejby popola

Celý proces recyklácie popola (jeho využitia ako hnojiva) by mal spĺňať 3 základné požiadavky:

- Mal by zabezpečiť, aby popol obsahoval všetky makroživiny, ktoré sú prítomné vo vyťaženom dreve (s výnimkou dusíka, ktorý je eliminovaný jeho spaľovaním).
- Mal by predísť akumulácii kovov alebo iných škodlivých substancií v pôde. Z tohto dôvodu by popol mal pochádzať iba zo spaľovania nekontaminovaného dreva.
- Nemal by spôsobiť priamu škodu pri sejbe – aby bolo možné popol zasiať, musí byť najprv spracovaný, aby došlo k zníženiu jeho reaktivity a rozpustnosti. Nespracovaný popol je príliš reaktívny, aby mohol byť zasiaty a môže „spáliť“ prírodnú vegetáciu, predovšetkým mach. Ak nie je popol spracovaný, rapidná a škodlivá zmena v pH sa môže objaviť aj v blízkych potokoch.

3.1. Metódy spracovania (pred-úpravy) popola

Existujú 2 hlavné metódy spracovania drevného popola. Pri oboch metódach je najprv popol zvlhčovaný, aby sa iniciovalo jeho chemické spevnenie, avšak množstvo použitej vody a následné procedúry sa pri jednotlivých metódach odlišujú.

Samo-stvrdzovanie popola

Vo Fínsku a Švédsku je samo-stvrdzovanie popola overenou a nízko-nákladovou metódou pre spracovanie popola. Pri tejto metóde je popol zvlhčovaný vodou (okolo 30-40%) pomocou šnekového zvlhčovača. Vlhký popol je následne uskladnený, aby stvrdol. V závislosti od teploty, čas, kedy popol začne tvrdnúť môže predstavovať 7-14 dní. Pred následným zasiatím, je stvrdnutý popol kontrolovaný a ak je to potrebné, najväčšie kusy sa ešte drvčia.



Veľkosť častíc popola sa pohybuje od prachu do niekoľkých centimetrov. Hustota samo-stvrdnutého popola by sa mala kolísať medzi 700 – 800 kg/m³ a vlhkosť okolo 25%. Samo-stvrdnutý popol obsahuje taktiež jemnú hmotu, takže problém s popolným prachom sa úplne nestratí.

V projekte fínskeho inštitútu VTT Energy bol uskutočnený laboratórny test, ako správne namixovať vodu so suchým popolom a nájsť závislosť medzi mierou tvrdnutia popola od obsahom vlhkosti. Výsledky ukázali, že proces tvrdnutia je veľmi rýchly a častice popola dosiahnu ich „konečný“ stupeň stvrdnutia za niekoľko dní, ak bola voda pridaná na obsah vlhkosti 34-35%. Dokonca aj podiel malých, prašných častíc sa podstatne znížil v danom obsahu vlhkosti.

Samo-stvrdzovanie popola bolo testované vo väčšom rozsahu v celulózke Oy Metsä-Botnia Ab's Äänekoski v Centrálnom Fínsku. Úletový popol bol uskladnený v sile o objeme 100 m³. Pomocou rotačnej brány a plniaceho zariadenia bol dopravovaný zo sila do sklápavej jednotky. Spolu bolo použitých 12 tryskov na postrek vody. Produkcia popola predstavovala 10-12 ton/deň a silo bolo vyprázdňované raz-dva krát do týždňa. Teplota popola predstavovala okolo 80 °C a keď sa pri jeho tvrdnutí uvoľnilo teplo, teplota sa dokonca zvýšila na 100°C po pridaní vody. Teplota sa počas skladovania znižuje pomaly, takže samo-stvrdnutie môže byť realizované počas celého roka (aj v zime).

V inej prevádzke sa na stvrdzovanie používa namiesto vody biokal. Podiel kalu v spevnenej zmesi predstavuje 25-35%. Vďaka použitiu kalu, stvrdnutý popol nezamrzol ani v zime.

Švédska štúdia (Ring 2002) odhalila, že samo-stvrdnutý a drvený popol je veľmi rozpustný, čo sa prejavilo najmä vo zvýšenej elektrickej vodivosti a koncentrácii najmä Na, K, Ca a SO₄⁻² v pôde pri hĺbke okolo 50 cm. Ťažké kovy neboli v krátkom čase uvoľnené do pôdy vo vysoko škodlivej miere a to ani pri dávke popolu 9 t/ha. Napriek tomu, z pohľadu prínosov je viac akceptovaná dávka s rozdrveným popolom iba 3 t/ha. Avšak peletizovaný popol sa vyznačuje vyššou rozpustnosťou ako drvený popol.

Celková (pred)úprava popola má minimálny dopad na pH pôdy. Simultánna aplikácia 150 kg N a 3 t rozdrveného popola na 1 hektár pri niesli rovnakú tvorbu NH₃. Hnojenie s 150 kg N/ha samo o sebe má tendenciu vytvárať vyššiu koncentráciu Cd, Al a Zn pri porovnaní so všetkými ostatnými procedúrami, a to pravdepodobne z dôvodu vyššej kyslosti pôdy.

Aj keď celkové náklady na potrebné vybavenie na samo-stvrdzovanie popola predstavujú okolo 50 000 €, prevádzkové náklady pri ročnej produkcii 4 000 t sa pohybujú iba okolo 2.5 €/t.

Granulácia popola

Ak by sme brali do úvahy celý logistický reťazec recyklácie popola, najlepšou možnosťou pre jeho úpravu by bolo jeho modelovanie, ktoré by vyriešilo niekoľko problémov, ktoré sa objavujú pri aplikácii voľného (sypkého) popola. Z dôvodu vyššej hmotnosti vo vzťahu k objemu (900 – 1100 kg/m³) by bola kapacita prepravných vozidiel lepšie využitá, čím by došlo k zníženiu nákladov na úpravu na 1 tonu. V granulovanom popole sa nachádza veľmi málo jemných častíc a teda problému s prašnosťou (a jej následkami) sa pri tejto metóde môže predísť. Dávkovanie a sejba je dokonca v tomto prípade ľahšia.



V porovnaní so sypkým popolom, granulovaný popol „obsiahne“ väčšiu šírku pri zasiatí – tento popol je homogénny, čo umožňuje zníženie tvorby „blok“ pri sejbe.

Granulácia popola môže byť implementovaná využitím viacerých metód. Tie zahŕňajú rotačnú (platňovú), bubnovú, ako aj valcovú granuláciu - peletizovanie.

V mlyne Enocell Oy Uimaharju mills, Enotuhka Oy vo Fínsku sa od roku 1997 využíva platňová granulácia. Zariadenie na granuláciu dodala spoločnosť Tecwill Oy. Pri tejto granulácii je sypký popol zmiešavaný s vodou pomocou mixéru, zmes je napĺňaná na rotujúcu platňu o priemere okolo 3m s pozíciou v sklone. Počas tejto úpravy sa zo zmesi utvára granulovaná forma. Obsah vlhkosti výsledných granúl sa pohybuje okolo 12%. Veľkosť častíc granúl sa však odlišuje. V prípade, ak sú potrebné viac homogénne granule, menšie kusy je možné vrátiť opäť do výroby a tie väčšie rozdrviť. Investičné náklady na takúto granulovacu stanicu predstavujú menej ako 1 mil. € a kapacita je 12 000 -14 000 t/ročne. Ak sa granulovaný popol vyrába pri plnej kapacite (7,5 t/h) v jednej smene, pri celkovom vyrobenom objeme 10 000 t/rok výrobné náklady môžu zostať hlboko pod 20 €/t.

Investičné náklady na bubnové granulačné zariadenie vyvinuté Swedish Svedala Ab sú 2x vyššie ako pri spomínanej platňovej granulácii. Zariadenie sa testovalo napríklad v elektrárni UPM-Kymmene vo Fínsku, avšak v súčasnosti sa už veľmi nevyužíva. Pri tejto metóde je popol zvlhčovaný a granulovaný v bubne o priemere 2m a dĺžke 3-4 m. Zariadenie zahŕňa taktiež pásový dopravník, na ktorom má popol dostatočný čas na stvrdnutie.

Rovnako peletizovanie (rolovanie) popola, pri ktorom sa o. i. využíva tlaková sila bolo testované fínskou spoločnosťou LT Tuhkimo Oy. Problémom, ktorý nastal pri rolovaní bolo zvlhčovanie popola, obsah vlhkosti vo výslednom produkte môže byť dokonca menej ako 5%. Ako príklad, investičné náklady tlakového valcového zariadenia sú odhadované na 13 500 € pri produktivite 1 150 kg/h. Pri ročnej produkcii 2 125 t by sa výrobné náklady pohybovali okolo 17 €/t.

Pri testovaní v teréne sa však zistilo, že peletizovaný popol sa pomalšie rozpúšťa (čo sa vzťahuje aj na živiny). Avšak, obsah draslíka sa v peletkách popola znížil významne. Vyzerá to tak, že tieto peletky plnia svoj cieľ – peletizovanie popola znižuje „šokový“ účinok na pH pôdy a flóru, ktorý nastáva, keď sa aplikujú vysoké dávky sypkého popola. Rovnako peletizovaný popol znižuje účinok ťažkých kovov v pôde po jeho zasiatí a je možné jeho dlhšie uskladnenie – zmeny vo veľkosti polosuchých a suchých popolných peliet sú bezvýznamné.

Fínsky drevospracujúci a papierenský priemysel spracovávajú vo veľkých objemoch drevo vyprodukované pomocou biokalu a popola. Oba totiž obsahujú živiny nevyhnutné na rast lesov. Čistý popol je vhodný predovšetkým pre kyslé, bažinaté lesy. Z mixovaných granúl sa živiny uvoľňujú dostatočne pomaly na rast lesov.

Tabuľka 6 Vybrané vlastnosti granúl produkovaných z biokalu a popola

Veľkosť granúl, 2-10 mm častice, %	85
Obsah vlhkosti, %	50-60
Obsah popola (mokrú váha), %	33
Obsah biokalu (mokrú váha), %	67
Obsah fosforu, g/kg	13-17
Obsah dusíka, g/kg	15-17

Zdroj: Lindh et al, 2003. in Wood Ash Recycling State Of The Art In Finland And Sweden (2003)

Rotačná metóda granulovania je na základe testovaní najvhodnejšou pre výrobu granúl z popola a biokalu.

Náklady na ich výrobu, ako aj sejbu v lese sa odhadujú na 18.5 – 20€/t do vzdialenosti 50 km. V tomto prípade však musíme brať do úvahy aj ušetrené náklady za uskladnenie bioodpadu na skládke.

Predovšetkým breza hnojená granulami biokalu a popola rastie veľmi dobre, minimálne tak dobre, ako pri využití umelých hnojív, v niektorých prípadoch dokonca oveľa lepšie. Avšak, mohlo by byť celkom užitočné pridať do granúl aj trochu pomaly rozpustného dusíka, aby sa zabezpečil dlhodobý efekt pri hnojení lesa.

Tabuľka 7 Dĺžka vzoriek brezy (v mm) po 5 mesiacoch rastu

Materiál a zlučiny	Množstvo, biokal + popol, t/ha				Priemerný rast
	0	6 + 3 = 9	12 + 6 = 18	16 + 9 = 25	
Biokal + popol 1	166	287	416	441	328
Biokal + popol 2	223	308	445	402	344
Biokal + popol 1 + N	171	358	371	406	327
Biokal	146	319	373	328	291
Fínsky liadok	171	359	429	402	340
Priemerný rast	175	326	407	396	

Zdroj: Lindh et al, 2003. in Wood Ash Recycling State Of The Art In Finland And Sweden (2003)

3.2. Posyp popolom

Ak bol popol vhodne spracovaný, môže byť rozosiaty buď helikoptérou alebo pozemnou mechanikou (nakladač, lesný al. poľnohospodársky traktor). Viac zaužívaná, z dôvodu nižších nákladov, je samozrejme druhá varianta.

Aplikácia dreveného popola by mala byť vopred naplánovaná. Mala by byť uskutočnená na vhodných miestach, tj. takých, ktoré sú dostupné pre posypovač. Rovnako jeho dávka musí byť určená vopred. Vo Švédsku je maximálna povolená dávka 3t popola (v suchej váhe)/1 ha, pričom menšie dávky sú odporúčané na menej úrodné pôdy. Vo Fínsku sa však aplikujú vyššie dávky, aby podporili rast stromov na zničených rašeliniskách.

Hnojenie popolom by malo byť plánované a realizované ako spoločný projekt na niekoľkých lesných pozemkoch, aby sa tým minimalizovali náklady spojené s dopravou a sejbou. Upravený popol je dopravovaný do lesa dodávkou, čo znamená, že treba zvažovať jej nosnosť a v zime vyčistiť cestu od snehu.

Pozemný posyp

Ak je popol rozosievajú pomocou nakladača alebo traktora, musí byť vyznačená jeho dráha, preto je ideálne popol zasievať hneď po ťažbe.

Keďže lesná plocha musí mať dostatočnú pevnosť pre pozemný posyp, rašeliniskové lesy vo Fínsku sú hnojené v zime, keď je zem zamrznutá.

Posyp granulovaným popolom je efektívne realizovať pomocou nakladača s posypovačom, ktorý umožňuje rovnomerný posyp (rovnomernosť posypu môže byť ďalej vylepšená prostredníctvom dúchadla).



Granulovaný popol sa najprv naloží do kontajnera posypového zariadenia lyžicou nakladača. Pre efektívnu prácu (v lese) je ideálne, ak by bolo možné flexibilne využívať nakladač, rovnako na posyp, ako aj manipuláciu s drevom prostredníctvom drapáka.

Uskladnenie granulovaného popola v lese by malo byť krátke, pretože dlhšie skladovanie znižuje kvalitu granúl, a tým zvyšuje náklady na posyp a znižuje obsah živín. Preto preprava na veľké vzdialenosti by sa mala realizovať krátko pred samotným posypom. Najmenšie, operatívne „medzisklady“ dosahujú veľkosť jedného nákladu (okolo 20 t).

Vzdušný posyp

Hnojenie pomocou helikoptéry nie je viazané na určitý čas a úpravu pôdy a je vhodné predovšetkým v oblastiach s ťažko prístupným terénom (veľké skaly, vodné toky, atď.) Vzdušný posyp je viac efektívny ako ten pozemný, avšak aj drahší, preto by sa takýmto spôsobom nemala hnojiť plocha menšia

ako 30-40 ha. Rovnako, miesto, kde je popol uskladnený by malo byť strategicky umiestnené čo najbližšie k miestu posypu.



Hnojenie helikoptérou, ako aj pozemnou mechanikou môže byť vylepšené o moderné GIS systémy, ktoré kontrolujú a zaznamenávajú aplikované dávky (v prípade helikoptéry napr. aj letové trasy).

4. Metódy kontroly kvality a chemickej analýzy

Pri rozhodovaní o využití popola, resp. produktov z popola je potrebné poznať jeho (ich) vlastnosti. Aby bolo možné porovnať vlastnosti popola s limitnými hodnotami, uniformné analytické metódy by mali byť použité, aby bolo možné porovnať výsledky. V tejto kapitole sú prezentované odporúčania ohľadom metód chemickej analýzy a kontroly kvality popola, na základe skúsenosti švédskeho Skogsstyrelsen.

Odber vzoriek

Odber vzoriek by mal byť uskutočňovaný z finálneho produktu, avšak je vhodné vykonať odber aj pred spracovaním (zo vzniknutého popola). Vo všeobecnosti by sa odber vzoriek mal realizovať z množstva 250-500 t popola, resp. finálneho produktu, avšak minimálne raz počas obdobia, kedy sa palivo spaľuje (o.i. od jesene do jari). V spaľovacích zariadeniach, ktoré spaľujú iba lesné palivo odber vzoriek môže byť uskutočňovaný s nižšou frekvenciou, ako v zariadeniach, ktoré spaľujú rôznorodé palivo za odlišných prevádzkových podmienok.

Odber vzoriek by sa mal uskutočniť odobratím 15 výberových vzoriek, každá o objeme 1 l, tak aby mohli reprezentovať finálny produkt do najvyššej miery. Výberové vzorky by následne mali byť opatrne zmiešané, aby utvorili celkovú vzorku. Počet jednotlivých výberových vzoriek, ako aj ich veľkosť bude závisieť od homogenity popola. Viac vzoriek si bude vyžadovať popol, ktorý nie je evidentne homogénny. Je výhodou odoberať výberové vzorky z dopravníkového pásu alebo výfukového zariadenia. V prípade ak sa vzorky odoberajú z nahromadených kôp popolného hnojiva, výberové vzorky by mali byť získané z rôznych výšok a hĺbok.

Referenčné vzorky, z každej zmixovanej celkovej vzorky konečného produktu by mali byť uschované po dobu najmenej 3 rokov spolu s výsledkami analýzy. Treba však poznamenať že stvrdnutie počas času uskladnenia môže znížiť reaktivitu referenčných vzoriek.

Chemická analýza

Samotná chemická analýza by mala byť vykonaná akreditovanými laboratóriami. Odporúčané sú nasledovné analytické metódy:

- Celkový obsah makro-živinových substancií a stopových prvkov

Odporúčané sú tieto štandardné metódy:

A. Dekompozícia vo fúzii s metaboritanom lítnym; analýza ICP-AES (ASTM 3682).

B. Dekompozícia v HNO₃ + HCl + HF; analýza ICP-AAS, ICP-QMS (ASTM 3683).

Tieto analýzy môžu byť použité prakticky pre všetky kovy a fosfor. Bór sa nedá analyzovať použitím metódy A. Prchavé substancie sú analyzované po dekompozícii v uzavretých kontajneroch.

Tým, že celkový obsah tvoria jednoducho rozpustiteľné, ako aj málo rozpustné frakcie, tieto metódy môžu nadhodnotiť popolné hnojivo ako zdroj draslíka, ak obsahuje veľa tuhšieho materiálu. Navyiac, zastúpenie niektorých ťažkých kovov môže byť nižšie, ako môžu analýzy indikovať.

- Obsah extrahovateľných makro-živinových substancií a stopových prvkov

V súčasnosti sa realizuje výskum a vývoj metód charakteristiky produktov z popola s ohľadom na dostupnosť nutričných substancií pre rastliny a škodlivé kovy. Analýza rozpustnej frakcie dusičnana draselného sa odporúča na priemerné určenie substancií, ktoré môžu byť uvoľnené v procese rastu lesa. Táto metóda môže dopĺňať celkovú analýzu, predovšetkým pri roštovom popole, alebo popole, ktorý obsahuje inertný materiál.

Metóda obsahuje extrakciu v horúcej, koncentrovanej (65%) kyseline dusičnej na platni alebo v uzavretom teflonovom kontajneri v mikrovlnnej rúre, pri dodržaní ICP-AAS. Môže byť využitá na analýzu Ca, Mg, K, B, P, Cu, Zn, Mo, Co, Pb, Cd, As, Cr, Ni a V. Extrakcia v uzavretých kontajneroch je požadovaná na analýzu Hg.

- Celkové polyaromatické uhľovodíky (PAH)

Analýza sa odporúča vykonávať za použitia HPLC alebo GC-MS po extrakcii v acetóne/hexáne alebo jeho ekvivalente. Celková PAH sa počíta ako súčet 16tich zlúčenín (EPA 16).

Reaktivita

- Meranie vodivosti vo vodnom extrakte

50 gramov konečného popolného produktu je zmiešaných s 200 ml deionizovanej vody (pomer 1:4) a triasený po dobu 1 hodiny v šejkri. Po sedimentácii na dne nádoby po 15-30 minútach, vodivosť a pH je meraná v čírom roztoku.

- Lúhovanie dreveného popola

Lúhovanie popolného produktu sa uskutočňuje pomocou lúhu obsahujúcom deionizovanú vodu, ktorá bola nastavená na pH 4.0. (pomer 1:2000). Vylúh sa zleje po 24 hodinách a pridá sa nová voda. Zliaty výluh sa analyzuje. Táto metóda lúhovania sa opakuje počas doby 30 dní.

5. Vplyv hnojiva na ŽP (Environmentálne benefity)

Vplyv popolu na pôdu

Hnojenie popolom znižuje kyslosť pôdy a spôsobuje dlhodobé zvýšenie celkových živín v povrchovej pôde.

Popol môže byť využitý pri nahrádzaní strát v živinách, ktoré boli spôsobené ťažbou dreva. Z hlavných živín, ktoré sú obsiahnuté v popole, sa najpomalšie rozpúšťa fosfor, naopak draslík a bór sa rýchlo rozpúšťajú v pôdnej vode. Koncentrácia ťažkých kovov v pôde sa hnojením popolom tiež zvyšuje, avšak z dôvodu zásaditosti popola sa ťažké kovy uvoľňujú iba pomaly. Hnojenie popolom urýchľuje rozklad pôdy, ktorý z dlhodobého hľadiska podporuje rozklad organických zložiek pôdy a uvoľnenie dusíka pre rastliny.

/ Je odhadované, že kritický bod kyslosti pôdy bol presiahnutý na takmer 25 mil. ha pôdy v rámci 25 krajín EU. Hnojenie popolom je preto dôležitý nástroj ako zvrátiť tento stav. Počas trvania projektu RecAsh sa vo Švédsku v rámci prípadovej štúdie zvýšil objem recyklovaného popola z 0 t (2002) na 7 500 t (2006)./

Vplyv popola na vegetáciu

Zasievanie popolu môže počiatočne znížiť pôvodnú pokrývku machu. Zvyčajne sa prejavuje aj vyšším pokrytím trávami a obmedzeným rastom kríkov. Množstvo rôznych druhov rastlín v danej lokalite sa však môže dokonca zvýšiť, keďže v určitom čase sa popri sebe objavujú nové aj staré druhy. V oblastiach s nízkou mierou vegetácie, ako vyrúbané rašeliniská hnojenie popolom významne akceleruje jej tvorbu.

Nebol spozorovaný ani žiaden prenos ťažkých kovov na vegetáciu, huby alebo bobule. V machoch sa koncentrácia ťažkých kovov zvýšila po hnojení popolom iba mierne, avšak neboli zaznamenané významné odchýlky od prirodzeného výskytu. Obsah ťažkých kovov v hubách a bobulách sa môže dočasne zvýšiť z dôvodu akumulácie popolného prachu na ich povrchu, preto by ich zber nemal byť uskutočňovaný hneď po pohnojení pôdy popolom v lete.

Vplyv popola na vodné toky a zvieratá

Na základe pozorovaní nebola zistená akumulácia kadmia (z dôvodu hnojenia popolom) vo vtáčích vajčičkách, hmyze, hlodavcoch a rybách. Bol zistený iba veľmi malý únik ťažkých kovov do vodných zdrojov z popolom hnojených oblastí v prípade, že popol nebol zasiaty priamo do výkopu. Preto sa odporúča nechávať „nárazovú“ zónu 1-2 metre na každej strane výkopu, v prípade blízkych brehov potokov by malo ísť o zónu až 10-15 metrov a v prípade brehov jazier a riek najmenej 50 metrov. 50 metrovú zónu sa odporúča dodržiavať aj pri posype helikoptérou.

Samozrejme s cieľom minimalizovať dlhodobé riziká je dôležité mať jasne zadané maximálne hodnoty koncentrácie ťažkých kovov v popole použitom ako hnojivo.

Vplyv popola na rast drevín na nevyužívanej poľnohospodárskej pôde

Hnojenie popolom je vhodné pre plochy, ktoré budú zalesňované za účelom produkcie energetického dreva alebo plochy, kde bude obnovovaná vegetácia z environmentálnych dôvodov. Rast stromov na týchto miestach je prirodzene obmedzovaný nedostatkom fosforu, draslíka a príležitostne aj bóru. Popol predstavuje vhodnú alternatívu ku komerčným hnojivám. Odporúčané dávky predstavujú: fosfor 50 kg/ha, draslík 80-150 kg/ha a bór 1,5kg/ha (Issakainen & Huotari 2007). Samozrejme vplyv

popola na obsah živín a rast stromov na nevyužívaných pôdach závisí aj od množstva zasiateho popola a druhu stromov, ktoré budú pestované.

6. Ekonomické benefity

Lesná produkcia

Hnojenie popolom významne prispieva k lesnej produkcii. Pozitívny efekt popolného hnojiva na rast borovicových stromov na rašeliniskách bohatých na dusík bol prvý krát demonštrovaný fínskym lesným výskumným inštitútom (Finnish Forest Research Institute) už v 30. rokoch minulého storočia. Na týchto plochách 4 tony popola (v suchej váhe) na 1 ha vo všeobecnosti zvýšilo rast stromov o 2-4 metre za rok. Je známe že tento účinok sa udržiava najmenej 30 rokov, čo je dlhšie obdobie ako pozorovaný účinok umelých hnojív.

Pozitívny účinok popola na lesnú produkciu bol nájdený aj v Južnom Švédsku na stredne –až vysoko produktívnych minerálnych pôdach, kde dávka 2 t popola a 2 t dolomitového vápna na 1 ha prispeli k rastu stromov v priemere o 14 %. V rámci projektu RecAsh bolo celkovo hnojených popolom 5 000 ha a priemerný ročný rast stromov predstavoval 5 m. Ak by vďaka popolu, stromy rástli ročne o 14% rýchlejšie za obdobie 30 rokov by sa celková produkcia zvýšila okolo 105 000 m, čo korešponduje s hodnotou 2 mil. EUR.

Zamestnanosť

Skúsenosti zo Švédska ukazujú, že na celý reťazec od ťažby dreva po jeho spálenie je potrebných 0,18 človekorokov na získanie 1 000 MWh energie. Avšak tieto údaje nezahŕňajú recykláciu popola.

Keď bol projekt RecAsh spustený drevo po ťažbe korešpondovalo s 400 000 MWh vyžadujúcich si 72 človekorokov. Pri ukončení projektu sa množstvo vyťaženého dreva zdvojnásobilo, čo si vyžadovalo dodatočných 72 človekorokov. Aj keď nie sú k dispozícii presné dáta, z ktorých by bolo možné určiť, koľko ľudí si vyžadovala samotná recyklácia popola, na konci projektu sa jej venovali minimálne 3 ľudia na plný úväzok.

Ak zvážime to, že 7 500 t popola bolo zasiatych počas posledného roka realizácie projektu (2006), 1000 t by si vyžadovalo 0,4 človekorokov (pozn. ide o hrubý odhad).

Veľmi pravdepodobný scenár predstavuje to, že ak sa spustí systém recyklácie popola, zvyčajne dôjde aj k zvýšeniu následnej ťažby.

Vo Švédsku ťažba dreva korešponduje s cca 7-9 TWh energie ročne, avšak Švédska Lesnícka Agentúra (Swedish Forest Agency) predpovedá, že toto číslo by sa malo zdvojnásobiť v priebehu 10-15 rokov. Ak by to bola pravda, iba vo Švédsku by bolo alokovaných 1200-1600 človeko-rokov na spracovanie lesných biopalív.

7. Zdroje

- Wood Ash Recycling State Of The Art In Finland And Sweden (2003, Vtt)
- Ash As Forest Fertilizer , (2012, Finnish Forest Institute)
- Regular Recycling Of Wood Ash To Prevent Waste Production (2007, RecAsh Project)
- State Of The Art, Seminar Report (2003, RecAsh Project)
- Utilization of wood ash as fertilizer in Slovak forestry (2012, ASH)

© IVI,s.r.o./Marec 2016
IVI, s.r.o.
Rusovská cesta 17
851 01, Bratislava

Projekt je financovaný z grantu Nórskeho kráľovstva prostredníctvom Nórskeho finančného
mechanizmu

Spolufinancované zo štátneho rozpočtu Slovenskej republiky

www.eeagrants.sk