

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ФАКУЛТЕТ БЕЗБЕДНОСТИ**

**БИОЛОШКА РЕКУЛТИВАЦИЈА НА ДЕПОНИЈИ
ПЕПЕЛА ТЕНТ-а А**

ДИПЛОМСКИ РАД

МЕНТОР:
Др Јасмина Гачић

КАНДИДАТ:
Ивана Блажић, 509/17

Београд, 2019. године

УВОД	1
1. РЕКУЛТИВАЦИЈА	3
1.1. Хидросетва	3
1.2. Предности хидросетве у односу на класичну сетву	4
1.3. Компоненте хидросмеше	5
2. ИСТРАЖИВАНО ПОДРУЈЕ ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ “НИКОЛА ТЕСЛА А” (ТЕНТ – А) У ОБРЕНОВЦУ	6
2.1. Опште карактеристике ТЕНТ-а А у Обреновцу	6
2.2. Климатске карактеристике испитиваног подручја	14
2.3. Депонија пепела на ТЕНТ-у А	15
3. ПРАЋЕЊЕ РАЗВОЈА ДРВЕНАСТИХ БИЉАКА НА ДЕПОНИЈИ ПЕПЕЛА ТЕНТ А У ЦИЉУ ПОШУМЉАВАЊА КОСИНА НАСИПА КАО ТРАЈНА МЕРА ЗАШТИТЕ	21
3.1. Мере заштите на депонији ТЕНТ-А у Обреновцу	21
3.1.1. <i>Врсте трава и вишегодишњих легуминоза које су сађене на депонији до сада и остале мере заштите</i>	21
3.2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА	23
3.2.1. <i>Време садње</i>	28
3.3. РЕЗУЛТАТИ РАДА САДЊЕ	29
3.4. РЕЗУЛТАТИ НИЦАЊА УСЕВА УСЛЕД КЛИМАТСКИХ ПРОМЕНА	30
3.5. МОГУЋНОСТ ИЗВОЂЕЊА ХИДРОСТВЕ НА ДЕПОНИЈИ ПЕПЕЛА	34
3.6. УСЛОВИ СРЕДИНЕ ПОСТУПКОМ ХИДРОСЕТВЕ	35
3.7. ХИДРОСЕТВА НА ДЕПОНИЈИ ПЕПЕЛА У ЈЕСЕН 2015. ГОДИНЕ	36
3.8. РЕЗУЛТАТИ ХИДРОСЕТВЕ	37
4. МЕРЕ У ЦИЉУ УНАПРЕЂЕЊА И ЗАШТИТЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ	39
4.1. Смањење негативног утицаја депоније пепела на квалитет ваздуха и воде	39
4.1.1. <i>Спречавање еолске ерозије пепела</i>	39
4.1.2. <i>Увођење нове технологије, маловодног транспорта и одлагања пепела и шљаке</i>	41
4.2. МЕРЕ КОЈЕ СЕ СПРОВОДЕ ЗА СМАЊЕЊЕ УТИЦАЈА ДЕПОНИЈЕ ПЕПЕЛА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ	42
ЗАКЉУЧАК	43
ЛИТЕРАТУРА	45

УВОД

Главни извори загађивања воде, ваздуха и земљишта су индустријска постројења, саобраћај и депоније отпадних материјала. Производња електричне енергије у термоелектранама широм света сагоревањем разлитих врста угља (лигнит, битуминозни и суб-битуминозни, и антрацит) за резултат има продукцију огромних количина продуката сагоревања, пре свега пепела.

У Србији се искористи 2% пепела, пре свега у индустрији цемента (Životić et al., 2010). Садржај и количина хемијских елемената у угљу зависе од геолошких, геохемијских и биолошких услова под којима се таложила органска супстанца, односно од дијагенетских процеса, минерализације, климатских промена и биљног материјала из кога је угаљ настао (Poročić, 2002).

Биљке могу да модификују доступност елемената у земљишту, нарочито у ризосфери, кроз промену рН и / или продукцију ексудата или деловањем микроорганизама и микоризних гљива (Adriano, 2001; Adriano et al., 2004).

Идеја коришћења биљака за ревитализацију деградованих станишта датира из '80 (Utsunamyia, 1980; Chaney, 1983) и почетком '90 година прошлог века (Baker et al., 1991; Carlson and Adriano, 1993). Последњих деценија су истраживања усмерена на проучавање комплексних интеракција између климатских фактора, карактеристика супстрата и селекције биљних врста (Lasat, 2000; Pavlović et al., 2004; Pilon-Smits, 2005; Đurđević et al., 2006; Pavlović et al., 2007; Mitrović et al., 2008; Maiti and Jaiswal, 2008; Pandey and Singh, 2011; Kostić et al. 2012, Pandey, 2012; Pavlović and Mitrović, 2013; Gajić et al., 2013; Randjelović et al., 2014).

Заснивање биљног покривача на депонијама пепела се врши да би се постигла стабилизација пепела, спречила ерозија ветром, смањила мобилност, токсичност и дисперзија токсичних елемената у животну средину, као и обезбедиле органске супстанце које могу да вежу контаминанте (Pavlović et al., 2004; Đurđević et al., 2006; Pavlović et al., 2007; Mitrović et al., 2008; Haynes, 2009; Kostić et al. 2012, Pavlović and Mitrović, 2013; Gajić et al., 2013).

На депонији пепела ТЕНТ –а А у Обреновцу најбројније су следеће зељасте врсте: сејане *Festuca rubra* и спонтано насељене *Crepis setosa*, *Calamagrostis epigejos*, *Erigeron canadensis*, *Cirsium arvense*, *Xanthium italicum*, *Verbascum phlomoides* и *Eupatorium cannabinum*, као и многе маховине (Dražić et al., 1997; Pavlović et al., 2004; Đuđević et al., 2006; Mitrović et al., 2008; Vukojević et al., 2005).

Полази се од од хипотезе да су на антропогено деградованим стаништима, као што су депоније пепела термоелектране ‘Никола Тесла А’ у Обреновцу (ТЕНТ-А), биљке изложене вишеструким факторима стреса, као што су неповољне физичке и хемијске карактеристике пепела и неповољни климатски услови који лимитирају њихов опстанак, односно изазивају биохемијска, физиолошка и морфолошка оштећења листова и/или коренова биљака. Истовремено, бројне биљне врсте опстају и развијају се на пепелу, где су принуђене да испољавају или развијају адаптације које им омогућавају опстанак у стресним условима. Различити адаптивни механизми су везани пре свега за процесе усвајања и транслокације полутаната, односно њихове дистрибуције, редистрибуције, складиштења и детоксификације у листовима и кореновима, али и за толерисање екстремних климатских услова.

Циљ овог рада је да се покаже како је побољшана биолошка рекултивација депоније пепела на ТЕНТ-у А и уједно подигнута еколошка свест о спречавању загађења животне средине и становништва.

1. РЕКУЛТИВАЦИЈА

Рекултивација је процес обнављања земљишта, које је загађено или деградирано. То је исправљање штете настале загађењем, код вештачких – агроекосистема.

Нпр. после дуготрајне употребе пестицида и вештачких ђубрива, они се нагомилају у земљишту, јер се не разграде довољно брзо и такво земљиште је затровано. Такође, после дуготрајног, вишегодишњег сејања, земљиште се ‘исцрпи’ – недостају му минерали.

Зато се прави пауза у сејању на одређеним парцелама. Прескочи се једну, или више сезона, да би се разградили пестициди и вештачка ђубрива. Такође, те се парцеле могу сасадити детелином, да би се, захваљујући азотофиксацији, земљиште обогатило минералним материјама, нарочито нитратима.

Примењује се и плодоред. Користан је да би се уништиле штеточине. Нпр. парцела се засеје једном културом, а следеће године се на истој засеје нека друга култура, отпорна на одређене штеточине. На тај начин се приењује мање пестицида.

1.1. Хидросетва

Хидросетва омогућава формирање травног покривача на теренима где није могуће обавити класичан начин сетве, због неприступачности терена (стрме косине насипа). Хидросетва омогућава заснивање травног покривача равномерно по целој површини без опасности да се семе и ђубриво ерозијом однесе првом кишом са стрмих и високих косина насипа (Сokić et al., 2009). Хидросетва је поступак сетве при којем се користи смеша семена, малча, ђубрива, воде и лепка. Често се примењује приликом заштите од ерозије. Хидросетва се може примењивати на плитким, скелетним земљиштима, где матична стена избија на површину, као и на каменитим литицама најчешће без икакве претходне припреме земљишта. Трајно формирање травњака искључује негативне ефекте класичне сетве, код које су раздвојени поступци наношења семена и ђубрива. Метода хидросетве подразумева мешање различитих врста семена трава, ђубрива, везивних материја

(лепкова), и малча са водом у одређеном односу у облику кашасте смеше желатинасте конзистенције. Хидросетвена смеша се превози у цистерни монтираној на камиону или приколицу и распршује се под притиском по површини косине. Хидросетва се изводи машински, тако да је мало учешће људског рада, што повећава учинак, али и уштеду у материјалу.

Везивне материје омогућавају пријањање семена уз подлогу, а у исто време и спречавање спирања са површине тла, а разграђују се чим се формира млада трава. Малч омогућава заштиту семена до клијања, обезбеђује влагу, умањује испаравање, а временом се исто разграђује трансформишући се у хранљиву материју потребну за ницање.

1.2. Предности хидросетве у односу на класичну сетву

У односу на класичну сетву трава предност хидросетве се огледа у:

Бољој адаптацији: уколико је земљиште тешко, збијено, сеновито или поседује неку другу карактеристику која ствара компликације приликом класичног начина сетве, хидросетва нуди решење у погледу самог начина заснивања травњака али и одговарајућих типова мешавина у зависности од типа земљишта.

Уштеди новца на већим површинама: након што се постави механизација специјализована за хидросетву, потребно је још само мало труда приликом заснивања травњака помоћу спреја. Ако узмемо у обзир сав потребан материјал неопходан за класичан тип сетве, а реч је о великим површинама, онда је ова технологија сасвим разуман избор.

Већа отпорност на болести: материјал који се користи за хидросетву састоји се од једног варијетета траве или монокултуре, па је самим тим умањена шанса за развој болести него код травњака који је заснован од више варијетета (www.greendecor.co.rs).

1.3. Компоненте хидросмеше

Вода: у миксу за хидросетву делује као носач, а семе у додиру са водом започиње процес клијања.

Семе: за методу хидросетве скоро свако семе може да се користи, у том погледу нема посебних захтева. Могу се користити семена за травњаке, дивље цвеће, семе за пашњаке, семе за спортске терене, као и семена за контролу ерозије.



Слика 1. Хидромешавина.

Ђубриво: може се користити било који тип ђубрива - течни, растварајући, грануларни. За потребе хидросетве најчешће се користи ђуриво у гранулама које се равномерно меша у миксу. Коришћење креча се не препоручује, а ако је потребно мењати рН змељишта онда је најбоље користити течни креч.

Малч: у миксу за хидросетву малч је компонента која даје зелену боју. Његова улога није једино леп изглед микса, он заправо штити семе И задржава влагу. Постоје два основна типа малча: од целулозе И од дрвених влакана.

Такифери: служе за стабилизацију микса за хидросетву на косинама у кишним условима. Такође, помажу при задржавању влаге у земљишту, као и подмазивању машине. Производи на кречној бази се додају уколико је поробна рН корекција земљишта (www.greendecor.co.rs).

2. ИСТРАЖИВАНО ПОДРУЈЕ ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ “НИКОЛА ТЕСЛА А” (ТЕНТ – А) У ОБРЕНОВЦУ

2.1. Опште карактеристике ТЕНТ-а А у Обреновцу

ТЕ “Никола Тесла” А је електрана у саставу ЈП ЕПС, Огранка ТЕНТ Београд – Обреновац. У састав Огранка ТЕНТ улазе и ТЕ “Никола Тесла” Б, ТЕ Колубара А и ТЕ Морава, као и Железнички транспорт угља.

Термоелектрана ‘Никола Тесла А’ (ТЕНТ-А) у Обреновцу је грађена је у периоду 1970 – 1979. године и смештена је на десној обали реке Саве, 40 km узводно од Београда. Са шест блокова укупне инсталационе снаге 1769 MW (два блока од 210 MW и по један блок од 348, 340, 332 и 329 MW) представља највећу термоелектрану у Србији и на Балкану. ТЕНТ А је највећи произвођач електричне енергије у електроенергетском систему Србије, који просечно производи 8 милијарди киловат сати годишње. Термоелектране у Обреновцу се снабдевају нискокалоричним угљем (лигнитом) из Колубарско-Тамнавских површинских копова, док се мазут користи као помоћно гориво, приликом кретања блока и за подршку ватре у случају лошег квалитета угља. Транспорт се врши интерном железницом дужине 25 km којом се превози годишње 37 милиона тона (Mt) лигнита. Годишње ТЕНТ А сагори 12-14 Mt лигнита.

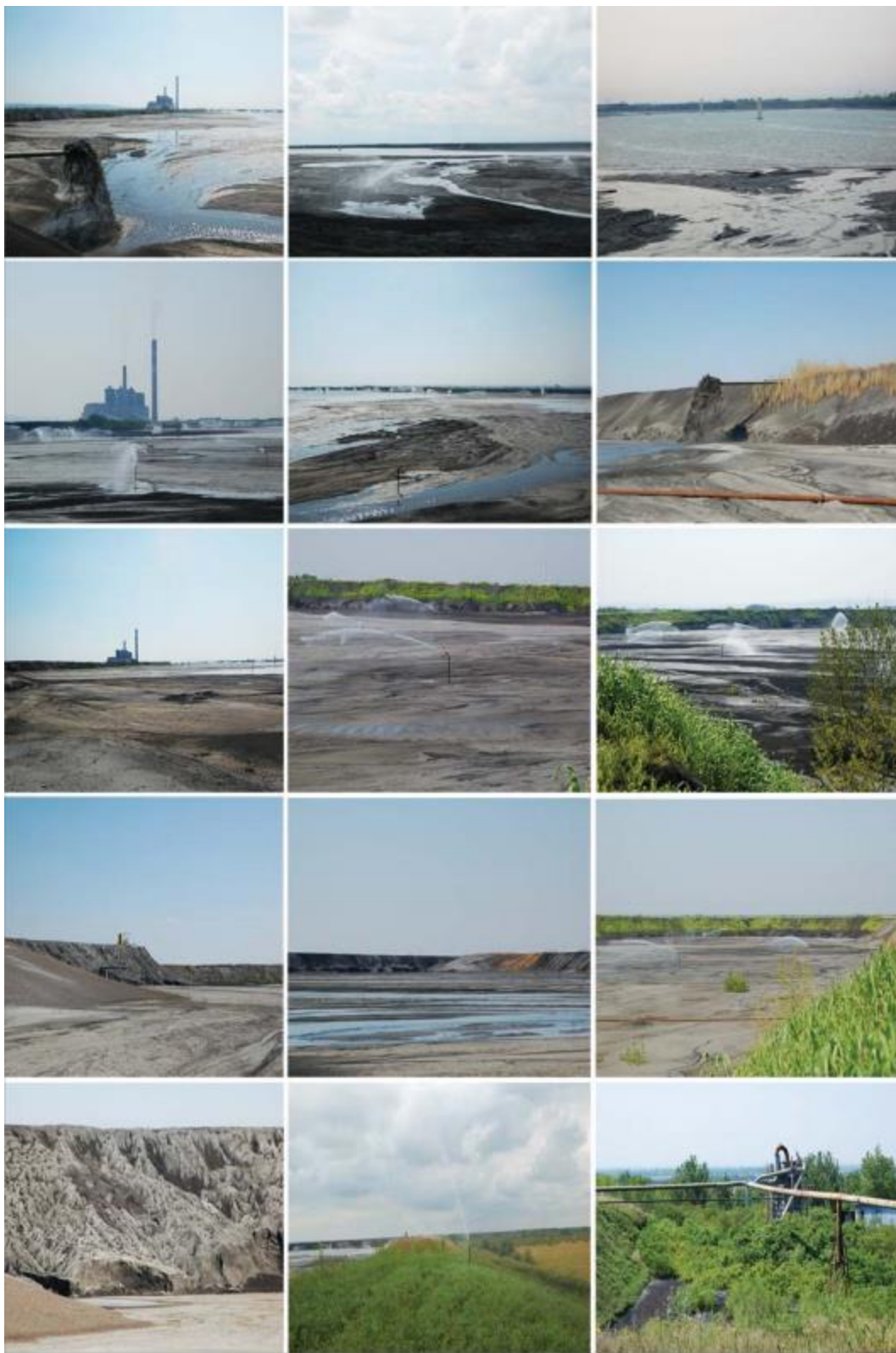
Огранак ТЕНТ има уведена 4 система менаџмента: квалитетом од 2005. године према стандарду ИСО 9001, заштитом средине од 2008. године према стандарду ИСО 14001, заштитом здравља и безбедности на раду од 2010. године према стандарду ОХСАС

18001 и од 2018. године система менаџмента енергијом (ЕнМС) према стандарду ИСО 50001 (Тент А, 2018).

Сагоревањем лигнита у котловима термоелектране настају велике количине димних гасова који садрже SO_2 , NO_x , CO , CO_2 , летећи пепео и шљака. После електростатичког издвајања летећег пепела у електрофилтерима, димни гасови се испуштају преко димњака на висини од 150-220 m. Летећи пепео има неповољне ефекте на здравље људи (US EPA, 2007). Приближно 2.4 Mt пепела и шљаке се годишње депонује на отвореним одлагалиштима укупне површине 400 ha на пољопривредном земљишту типа флувисол. Депонија ТЕНТ-А је окружена насељима и обрадивим површинама (Слика 2). Поред тога, на левој обали реке Саве налази се специјални резерват природе ‘Обедска бара’. Одлагање пепела се врши истакањем у три касете, од којих је једна активна (Слика 3), а друге две су у фази привременог мировања (пасивне, резервне касете) ради техничке консолидације пепела и дренажања, али и за случај хаварија или престанка истакања пепела (Слика 4 и Слика 5).



Слика 2. Депонија пепела термоелектране “Никола Тесла А”.



Слика 3. Активна касета (K1) ТЕНТ-а А (Гајић Г.).



Слика 4. Пасивна касета III (K3) ТЕНТ-а А(Гајић Г.).



Слика 5. Пасивна касета II (K2) ТЕНТ-а А (Гајић Г.).

Минеролошке, физичке и хемијске карактеристике пепела насталог сагоревањем угља зависе од типа, хемијског састава и рН угља, температуре сагоревања, опреме за пречишћавање димног гаса, система за отпепељавање, система транспорта, атмосферских услова. Минерална фракција угља током и након сагоревања подлеже процесима, као што су: топљење, декомпозиција, испарљивост, фузија, агломерација и кондезација (Jones, 1995). Једињења Hg, F, Tl и Sb испаравају на температурама нижим од 150°C, док As, Se, Cl и Te испаравају на температурама од 150 - 450°C, а Zn, Ba, Cu, Co, Pb, Mn, Ni, Cr, Cd, V, Sn на температурама од 450 – 700°C (Cowherd et al., 1975). Део фракција елемената чија су једињења најиспарљивија одлази у атмосферу у саставу дима, а део који испари при високим температурама у ложишту, кондезује се на честицама присутног пепела. Процеси испаравања и кондезације при сагоревању угља доводе до неравномерне расподеле неких елемената у честицама пепела различите величине, те се концентрације елемената повећавају са смањивањем величине честица (Kaakinen et al., 1975; Klein et al., 1975; Goodarzi, 2006; Goodarzi and Sanei, 2009). Испарљиви елементи, попут As, B, Hg, Cl, Cr, Se, Cd, Cu, Mo, Sb и Zn се након хлађења кондезују на површини ситних честица пепела у великој количини, формирајући једињења која се релативно лако растварају (Querol et al., 1995; Izquierdo and Querol, 2012), док се Ba, Co, Cr, Mn, Ni и Pb распоређују између површине и унутрашњег матрикса честица, те нису директно изложени растварању и споро се ослобађају (Jones, 1995; Kukier et al., 2003). У пепелу, микроелементи више потичу од неорганских, минералних компоненти, а мање од органских, те је тако Si снажније асоциран са органском компонентом пепела, док су Mg, Mn, Ni, Cu и Zn нешто слабије, Al, K, Fe и Cl још слабије, а минимално везани су As, Cd, Pb и Cr (Popović, 2002). Генерално, летећи пепео представља хетерогену аморфну мешавину феро-алумосиликата насталу сагоревањем угља на температурама од 400-1500°C (Mattigod et al., 1990; Vassilev and Vassileva, 2005). Величина честица пепела се креће од 0.01 до 100 μm (Vassilev and Vassileva, 2005). Честице пепела имају малу специфичну масу и малу запреминску масу у збијеном и растреситом стању, чиме се може објаснити њихова велика подложност ерозионим утицајима и лако разношење ветром. Пепео се карактерише ниским садржајем укупног N, који подлеже оксидацији током процеса сагоревања. У хемијском саставу има 90-99% Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na и K, који чине главни матрикс честица пепела (El – Mogazi et al., 1988).

У свом саставу, пепео садржи многе токсичне елементе (As, B, Se, Cu, Zn, Mn, Cd, Cr, Ni, Pb, Mo), као и полицикличне ароматичне угљоводонике (PAHs), полихлороване-дибензо-диоксине (PCDDs) и полихлороване-дибензо-фуране (PCDFs) (Jala and Goyal, 2006).

Након сагоревања угља, пепео се може одлагати сувим или влажним путем. При сувом одлагању, пепео се одлаже у напуштене рудокопе или делове рудника. При влажном одлагању, пепео се депонује у морске или океанске дубине (1500-2000m) недалеко од обале (Kress et al., 1993; Wigmore and Kubrycht, 1990). Међутим, највећи удео пепела, око 70-75%, се одлаже влажним путем на депоније најчешће формиране на околном земљишту, у посебно направљеним лагунама и то тако што се меша са водом у односу 1:10 или мање и путем транспортних цеви преноси до депонија (Pavlović et al., 2004). Суви пепео одложен на отвореним површинама депонија које нису покривене вегетацијом представља ризик по животну средину и здравље људи, јер се fine честице пепела лако подижу, преносе ваздушним струјањима и расипају по насељима и пољопривредним површинама (Dželetović and Filipović, 1995; Haynes, 2009). Такође, на депонијама пепела долази до спирања соли и тешких метала у земљиште и подземне воде, што доводи до загађења земљишта, површинских и подземних вода, и деградације пољопривредног земљишта у околини депоније (Popović, 2002; Tsadilas et al., 2006). Растварање и мобилизација елемената у пепелу и њихова доступност биљкама зависи од њихове концентрације у пепелу, јонске размене, редокс потенцијала, процеса сорпције / десорпције, таложења / растварања, pH (Izquierdo and Querol, 2012), као и од присуства Al, Fe и Si оксида, присуства органске супстанце, текстуре земљишта и климатских услова (Popović, 2002).

Ефикасна биолошка рекултивација депонија пепела се постиже сејањем мешавине трава и легуминоза и сађењем жбунастих и дрвенастих врста биљака (Dražić, 1993; Dražić et al., 1997; Tripathi et al., 2004; Pavlović et al., 2004; Kisić et al., 2005; Cokić et al., 2005; Mitrović et al., 2008; Kostić et al., 2012; Gajić et al., 2013). Често су на одлагалиштима пепела присутне биљке које су спонтано колонизовале овај простор (Pavlović et al., 2004; Maiti and Nandhini, 2006; Mitrović et al., 2008), што указује да такве врсте поседују високу способност толеранције на токсичност и / или дефицит појединих хемијских елемената у

пепелу (Pilon-Smits, 2005; Doren et al., 2009a; Kostić et al., 2012; Pandey, 2012; Gajić et al., 2013). Током времена сејане, сађене и спонтано колонизоване врсте биљака везују мобилни супстрат густим кореновим системом, шире се и распростиру семенима, ризомима и столонама, формирајући густ вегетацијски покривач. Истовремено, ове биљке побољшавају физичко-хемијски састав пепела, стварајући услове за насељавање других врста и њихов опстанак на пепелу. Повољна комбинација трава (врсте из родова *Festuca*, *Poa*, *Lolium* и *Agrostis*), легуминоза (врсте из родова *Medicago* и *Vicia*) и дрвећа (врсте из родова *Populus*, *Pinus*, *Betula*, *Picea*, *Alnus* и *Acer*) обезбеђује добру фитостабилизацију супстрата (Prasad, 2006).

2.2. Климатске карактеристике испитиваног подручја

Према климатским карактеристикама ово подручје има континенталну климу Војводине са осетним утицајем висинске климе планинског залеђа Шумадије. Са топографске тачке гледишта ово подручје је равничарског типа, па се у физичко-географском погледу може сматрати хомогеним. Преовладавајући ветрови на овом подручју су југоисточни и северозападни ветар.

По годишњим добима средња вредност релативне влажности ваздуха износи: пролеће 76%, лето 76%, јесен 82% и зима 82%.

У зимском периоду преовлађује јужни ветар и нешто слабији источни, у летњем периоду по јачини преовлађује ветар југ – југозапад и нешто слабији исток – југоисток. У јесењем периоду најачи је јужни ветар, а нешто слабији исток - југоисток. У пролећном, за биолошку рекултивацију веома важном периоду, преовлађујући правац ветра је исток – југоисток – југ.

Подручје Обреновца има просечно 123.9 дана са јаким ветром у току године, највише у марту 15.2, а најмање у августу 7.2 дана. Олујних ветрова има просечно 22.5 дана годишње и то највише у марту а затим у новембру.

Ово подручје је доста изложено ваздушним струјањима, а обзиром на покретљивост пепела може се са сигурношћу утврдити да је и веома угрожено.

Просечна годишња количина падавина износи 685.2 mm. Најмање падавине има фебруар, а највише имају јуни и мај. Остали месеци имају скоро равномерну расподелу падавина и месечне количине се крећу од 40 – 60 mm.

У Обреновцу, просечан број дана у години са падавинама већим од 0.1 mm износи око 124, тако да се може рећи да су падавине доста честе.

Познато је да, поред других битних фактора (тип земљишта, рН вредност), режим падавина и температурни услови значајно могу утицати на растворљивост и садржај биохранива и тешких метала у земљишту. Умерено влажна година, посебно у време вегетације, повећава растворљивост и концентрацију бионутриената и других елемената у земљишту, па је и њихово усвајање од стране биљака у основи повећано. Сувише влажне године, утичу на још већу растворљивост елемената и зависно од елемента, могу проузроковати њихово веће или мање испирање. Прилично честе падавине на територији општине Обреновац, свакако да утичу у одређеној мери на повећање растворљивости, али и испирања неких елемената у дубље слојеве земљишта.

Обрнуто, у сушним годинама услови за исхрану биљака су погоршани, због мале растворљивости и ниске концентрације хранљивих елемената у земљишту. Такође и неповољни температурни услови у комбинацији са неповољним режимом падавина могу у великој мери допринети лошим условима исхране биљака и стабилним засићењем влагом у дужем периоду.

2.3. Депонија пепела на ТЕНТ-у А

Депонија пепела ТЕНТ А се налази у непосредној близини термоелектране и простире се дуж десне обале реке Саве. Депонија заузима површину од 400ha и подељена је на 3 касете, од којих је увек једна активна, а две су пасивне (у фази мировања и биолошки рекултивисане).



Слика 6. Авиоснимак депоније пепела ТЕ „Никола Тесла А”.

Депонија ТЕНТ-А је пројектована за смештај $112 \times 10^6 \text{ m}^3$ пепела и шљаке. До сада је на депонији ТЕНТ-А одложено око $66 \times 10^6 \text{ t}$ пепела. На касете депоније хидрауличким путем се транспортују пепео и шљака који се мешају са водом у односу 1:10 или 1:20. Из суспензије пепела и воде настају преливне и дренажне отпадне воде које се индиректно преко дренажних канала испуштају у реку Саву. Систем дренажних бунара смештен је по ободу насипа ради спречавања забаривања околног терена и хемијског загађивања подземних вода. Подизање ободних насипа се остварује хидроциклирањем пепела, чиме се крупне фракције пепела одвајају из пулпе и усмеравају у посебан уређај за ‘зидање’ насипа, истакањем пулпе са крупним фракцијама пепела.

Утицај ТЕНТ-А на животну средину се периодично прати у сарадњи са овлашћеним институцијама. Мерење емисије полутаната у ваздуху (SO_2 , NO_x , CO , CO_2 и летећи пепео) обавља Рударски Институт-Земун. Тако су у току 2009. године мерења емисије SO_2 на свим блоковима ТЕНТ-а А показала да су се концентрације SO_2 кретале од $1354\text{--}2430 \text{ mg/m}^3$ и да су биле изнад граничне вредности емисије (ГВЕ, 650 mg/m^3); концентрације NO_2 су се кретале од $393\text{--}668 \text{ mg/m}^3$ и прелазиле су ГВЕ (450 mg/m^3); концентрације летећег пепела су се кретале од $15\text{--}313 \text{ mg/m}^3$ и прелазиле су ГВЕ (50 mg/m^3). Из термоелектране ТЕНТ А годишње се емитује преко $80 \times 10^3 \text{ t/год. SO}_2$, 25×10^3

t/год. NO₂, 5x10³ t/год. летећег пепела и 12x10³ t/год. CO₂. Осим емисије полутаната на квалитет ваздуха у околини термоелектрана и Обреновца имају и метеоролошки параметри. Низак ваздушни притисак, велика влажност ваздуха, појава магле и температурних инверзија погодују задржавању полутаната у приземном слоју ваздуха, односно у близини извора загађивања. Положај депоније пепела на простору општине Обреновац је такав да западни, северозападни и југоисточни ветрови директно угрожавају градско језгро, велики део општине, као и заштићено подрује ‘Обедска бара’.

Силикатну анализу електрофилтерског пепела ТЕНТ-а А обавља Институт за нуклеарне науке ‘Винча’ Универзитета у Београду (Табела 1). Подаци за 2009. годину показују да се пепео из ТЕНТ-А највећим делом састоји од SiO₂+Al₂O₃+Fe₂O₃ (85.32%) и CaO (5.89%). Овакав тип пепела припада класи Ц који настаје сагоревањем лигнита и садржи минимум 50% SiO₂+Al₂O₃+Fe₂O₃, као и висок проценат Са. Остали хемијски елементи који се најчешће јављају у мањем проценту у пепелу су: Mg, Na, K, Ti, P и S.

Табела 1. Силикатна анализа електрофилтерског пепела ТЕНТ-а А у 2009. години (Институт за нуклеарне науке „Винча“).

Силикатна анализа електрофилтерског пепела ТЕНТ-а А	
%	14.10.
SiO ₂	54.21
Al ₂ O ₃	24.98
Fe ₂ O ₃	6.13
CaO	5.89
MgO	3.15
Na ₂ O	0.29
K ₂ O	1.12
TiO ₂	0.69
P ₂ O ₅	0.07
SO ₃	0.96

Класа Ц летећег пепела се одликује цементним карактеристикама и указује на могућност коришћења пепела у разлиите сврхе, пре свега за производњу цемента и других грађевинских материјала. Институт за путеве у Београду је у оквиру истраживачко-развојног пројекта 'Коришћење електрофилтерског пепела и шљаке произведених у термоелектранама 'Никола Тесла А и Б' и термоелектранама 'Костолац' за потребе путоградње, 2008. године показао, на основу физичко-механичких карактеристика, хемијског састава пепела и шљаке, као и композита који се добијају њиховим комбиновањем са кречом и цементом, да су ови материјали повољни за изградњу путева, саобраћајница и других инфраструктурних система. Од 2008. године ТЕНТ А испоручује пепео фабрици "ФГМ Трудбеник-УБ" за потребе производње грађевинског материјала. У 2009. години је било испоручено 12 266 тона пепела.

Хемијску анализу угља, електрофилтерског пепела, као и пепела и шљаке са депонија обавља Институт за општу и физику хемију у Београду (Табела 2).

Табела 2. Хемијска анализа угља, електрофилтерског пепела, као и пепела и шљаке са активне и пасивне касете ТЕНТ-А у 2009. години (Институт за општу и физику хемију –Београд).

Parametar	Sadržaj mikroelemenata u uglju (mg/kg)	Sadržaj mikroelemenata u elektro- filterskom pepelu (mg/kg)	Sadržaj mikroelemenata u šljaci (mg/kg)	Sadržaj mikroelemenata u pepelu deponija (mg/kg)		
					Aktivna	Pasivna
	14.10.	14.10.	14.10.	14.10.	14.10.	
As	14	158	100	130	119	
B	460	980	1250	1120	1200	
Ba	140	320	362	340	330	
Cr	110	310	226	280	270	
Cu	40	132	103	102	110	
Cl	1732	<10	<10	<10	<10	
F	58	<1	<1	<1	<1	
Ga	10	50	46	56	55	
Hg	0.25	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	
Li	35	68	55	60	66	
Mn	181	380	438	440	450	
Mo	<5	<5	<5	<5	<5	
Nb	6	15	13	15	15	
Ni	53	122	130	130	156	
Pb	13	23	23	32	35	
Rb	40	159	89	180	170	
Sc	<1	<1	<1	<1	<1	
Sr	70	155	110	200	180	
V	38	132	79	102	98	
Zn	37	107	103	98	110	
Zr	23	60	60	60	72	
Y	14	20	30	23	31	

Подаци показују присуство 22 хемијска елемента: As, B, Ba, Cr, Cu, Cl, F, Ga, Hg, Li, Mn, Mo, Nb, Ni, Pb, Rb, Sc, Sr, V, Zn, Zr, Y. У електрофилтерском пепелу, шљаци и пепелу са активне и пасивних касета измерене су високе концентрације As, B, Ba, Cr, Cu, Mn, Zn, Ni, Rb и Sr. Генерално, сви измерени хемијски елементи се углавном могу сврстати у две категорије у односу на величину честице:

- а) испарљиви елементи чија је концентрација у ситнијим честицама пепела већа у односу на шљаку и то су: As, Cr, Ga, Rb и Zn;
- б) мање испарљиви елементи чија је концентрација приближно једнака у пепелу и шљаци (равномерна расподела), а то су: Cu, Ni, Mn и Sc.

Контролу радиоактивности у животној средини обавља Институт за нуклеарне науке 'Винча' Универзитета у Београду. У 2009. години на основу гамаспектрометријске анализе узорака угља, електрофилтерског пепела, пепела са активних и пасивних касета, биљака са касета депоније, пољопривредног земљишта у близини депоније, као и биљака са тог земљишта, показала да нема повећања радиоактивности животне средине услед рада термоелектрана. Контролу квалитета отпадних вода ТЕНТ-а А и утицаја на површинске и подземне воде обавља Институт за општу и физику хемију у Београду. Тако је контрола површинских вода 2009. године показала да нема промене у квалитету ИИ класе водотока реке Саве у погледу сулфата и арсена, али да концентрација минералних уља прелази максимално дозвољене концентрације. Концентрације арсена и сулфата у подземним водама најближим активној касети углавном прелазе максимално дозвољене концентрације у води за пиће.

3. ПРАЋЕЊЕ РАЗВОЈА ДРВЕНАСТИХ БИЉАКА НА ДЕПОНИЈИ ПЕПЕЛА ТЕНТ А У ЦИЉУ ПОШУМЉАВАЊА КОСИНА НАСИПА КАО ТРАЈНА МЕРА ЗАШТИТЕ

3.1. Мере заштите на депонији ТЕНТ-А у Обреновцу

3.1.1. Врсте трава и вишегодишњих легуминоза које су сађене на депонији до сада и остале мере заштите

На депонији ТЕНТ-А, у циљу смањења негативног утицаја депоније на животну средину услед еолске ерозије спроводе се мере заштите (Kisić et al., 2000, 2009, 2010). Заштита се постиже одржавањем дренажног канала око депоније, дренажних бунара по целом обиму депоније (57), одржавањем максималне површине воденог огледала (језера) на активној касети (25-55% површине), коришћењем система топова за квашење сувих површина унутар равног дела депоније (80 топова), коришћењем система прскача за квашење насипа и заливање травнатог покривача (124 прскача) и спровођењем биолошке рекултивације (сетва трава и садња дрвенастих и жбунастих врста биљака), Сlike 3 - 5.

Биолошка рекултивација се примењује дуже од 20 година. Од 2004. године обавља се по технологији која је у складу са 'Главним програмом рекултивације депоније пепела ТЕНТ-А и ТЕНТ-Б' предложеним од стране Института за земљиште, Београд. Пројектом су дефинисане: количина смеше трава, биљне врсте у саставу смеше трава, број индивидуа жбунастих и дрвенастих врста биљака на јединицу површине; начин и количина примене минералних ђубрива; технологија и време извођења радова. Формирање биопокривача на депонијама пепела се постиже сетвом зељастих врста биљака и садњом жбунастих и дрвенастих биљака.

Формирање зељастог покривача се спроводи на равним површинама пасивних касета и косим површинама насипа. На насипима активних касета сетва зељастих врста биљака се спроводи сукцесивно са градњом насипа. Зељasti биопокривач се формира од једногодишњих и вишегодишњих врста трава и легуминоза, које су толерантне на

неповољни физичко-хемијски састав пепела, као и неповољан водни и температурни режим који влада на депонији. Једногодишње зељасте врсте биљака у првој години својим брзим растом штите подлогу од разношења пепела и исушивања, а такође штите и вишегодишње зељасте биљке од екстремних температура и суше, које у првој години имају мали прираст, а њихово бокорење започиње тек почетком следеће године.

Погодну смешу једногодишњих врста трава чине следеће биљне врсте: *Secale cereale* (озима раж), *Avena sativa* (овас), *Sorghum vulgare var. sudanese* (суданска трава), *Hordeum sativum* (јечам), *Dactylis glomerata* (јежевица), *Festuca rubra* (црвени вијак), *Poa pratensis* (права ливадарка), *Lolium italicum* (италијански љуљ), *Lolium perenne* (енглески љуљ), *Arrhenatherum elatius* (француски љуљ), *Phleum pratense* (маји реп) и *Festuca pratense* (ливадски вијук). Легуминозе које се најчешће сеју на депонији пепела су: *Vicia villosa* (озима грахорица), *Medicago sativa* (луцерка) и *Lotus corniculatus* (жути звездан). Сетва травно-легуминозне смеше се обично обавља у јесен и пролеће у оптималном року. Закашњење и од неколико дана (4-5 дана) може да изазове смањење ницања травног покривача, а тиме и касније формирање биопокривача.

За рекултивацију равног дела и насипа пасивне касете III (K3), 2006. године биле су коришћене следеће врсте трава и легуминоза: *S. cereale*, *D. glomerata*, *F. rubra*, *A. elatius*, *L. italicum*, *V. villosa*, *M. sativa* и *L. corniculatus*. За рекултивацију касете II (K2), 1998. године у травно-легуминозној смеси биљака налазиле су се исте биљне врсте. Агротехничке мере које се примењују при заснивању зељастог покривача су: ђубрење минералним ђубривима НПК (15:15:15 на 1000 kg/ha); прихрана азотним ђубривима (КАН) у количини 300 kg/ha у сезони након сетве; заливање засејаних површина до потпуног формирања зељастог покривача (до 2 године). Последњих година тестира се заснивање зељастог покривача методом хидросетве. Ова метода подразумева употребу хидрогела: мешање семена, ђубрива, везивних материја (лепкова) и малча са водом. Хидрогел је течност која се наноси на површину пепела и оставља чврсту покорицу дебљине до 2 cm. Моћ упијања воде је око 100 пута већа у односу на честице глине исте величине и не дозвољава губљење воде из супстрата. Хидросетва омогућава брзо клијање и формирање травнатог покривача (5-7 дана), као и његово равномерно формирање по целој површини, и уједначену, добру покривност на еродираним насипима. Формирање

засада жбунастих врста и дрвећа се спроводи на насипима, на равним деловима пасивних касета, као и око депоније у циљу стабилизације стрмих нагиба, спречавања транспорта честица пепела и локалног смањивања удара ветрова.

Дрвенасте и жбунасте биљке које су до сада сађене на пепелишту су: *Populus alba* (бела топола), *Robinia pseudoacacia* (багрем), *Alnus glutinosa* (јова), *Ailanthus glandulosa* (кисело дрво), *Betula verrucosa* (бреза), *Elaeagnus angustifolia* (дафина), *Gleditsia triacanthos* (гледичја); *Tamarix sp.* (тамарикс), *Glycyrrhiza glabra* (сладић), *Ribes aureum* (рибизла), *Rhus cotinus* (руј), *Cornus mas* (дрен), *Fraxinus oxycarpa* (пољски јасен), *Ulmus sibirica* (сибирски брест). Природном сукцесијом вегетације на пепелишту спонтано се јављају жбунасте врсте од којих су најеше: *Amorpha fruticosa* (багренац) и *Rosa canina* (дивља ружа). Успешност садње зависи од одабира биљних врста, квалитета садног материјала, времена садње, технологије садње, мера неге и заштите. Пролећна садња се показала успешнијом од јесење, услед интензивног раста кореновог система и лакшег урањања у супстрат. Ђубрење се обавља при свакој садњи, употребом НПК минералног ђубрива (15:15:15). Прихрана се врши наредне сезоне азотним ђубривима (до 150 g по садници). Наводњавање садница је неопходно у првих 2-3 године, што доприноси бољем расту и бржем формирању склопа. Најкритичнији период развоја дрвенастих и жбунастих биљака на пепелу је првих 4-5 година. Дobar избор биљних врста представља један од основних услова за успешну рекултивацију депоније пепела и трајни вид заштите (Kisić et al., 2005).

3.2. Материјал и методе рада

Дрвенасте и жбунасте врсте се саде на спољашњим косинама насипа око депоније. У складу са Главним пројектом биолошке рекултивације депоније пепела и шљаке, од 2004. („Институт за земљиште“) године отпочело се са садњом шумских врста дрвећа, које су толерантне на ову врсту супстрата, као што су: брест, дрен, руј, гледичија, багрем.

У току 2010. године у пролећном и јесењем периоду, на спољашњим косинама насипа депоније пепела ТЕНТ А, посађено је 3865 садница дрвећа и то: *Elaeagnus*

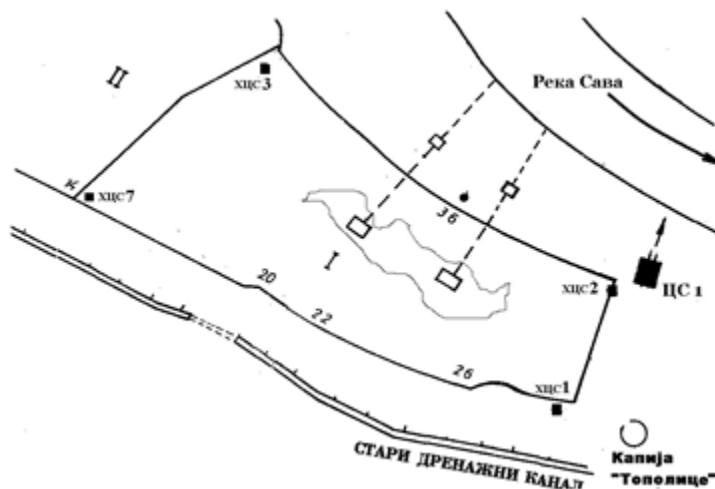
angustifolia (дафина), *Robinia pseudoacacia* (багрем), *Fraxinus angustifolia* (пољски јасен) и *Ulmus sibirica* (сибирски брест). (Vujković, 2003; Cokić, 2004).

У пролеће је посађено 1400 садница:

- дафина 650, сибирски брест 250 и багрем 500,

а у јесен је урађена допуна и посађено је 2465 садница:

- дафина 250, јасен 1715, брест 250 и багрем 250.



Слика 7. Касета И депоније пепела ТЕНТ А.

Eleagnus angustifolia (дафина)

Листопадно ниже дрво које добро расте на песковима и сувим земљиштима. Издржава већу концентрацију соли у земљишту, па је због тога погодна за пошумљавање на слатинама. Отпорна је на сушу, добро издржава дим, прашину и отровне гасове у

ваздуху. Због својих особина погодна је за садњу на депонији пепела. Биомелиоративна, декоративна и медоносна врста.

Robinia pseudoacacia (багрем)

Све врсте овог рода су декоративне и одликују се брзим порастом, скромним захтевима према земљишту и великом отпорношћу према суши. Веома су цењене као шумско-мелиоративне врсте. Багрем је код нас широко гајена врста. Њиме се пошумљавају обешумљени терени, бујична подручја, пескови. Налази се у бројним чистим састојинама (забранима) расутим по целој земљи. Користи се за живу ограду, дрвореде, паркове. Багрем у првој години врло брзо расте и достиже висину до 1м. Прирашћивање у висину траје све до 30 год, а прирашћивање у маси је највеће између 15 и 20 год. Веома је цењена медоносна врста.

Fraxinus angustifolia (пољски јасен)

Листопадно дрво, хелиофита. Добро подноси слабо кисело до алкално земљиште, отпорна на ветроизвале, али је осетљива на ниске температуре и касне пролећне мразеве. У јесен ова врста јасена има разне нијансе црвене боје, због чега је веома декоративна. Пољски јасен је варијабилна врста. У Србији су запажена 2 варијетета: охусагра и раппониса. Користи се у парковима, посебно у дрворедима.

Ulmus umila (ситнолисни или сибирски брест)

Сибирски брест је листопадно, ређе полузимзелено дрвеће. У младости расте брзо, отпорна је на сушу, скромна је у захтевима према земљишту, може да поднесе знатну количину соли. Добро подноси градске услове, резивање и пресадјивање. Веома је подесан за пољозаштитне појасеве у сушним регионима (Vukićević, 1996).

Пре садње на насипима се обавља сетва смеше трава која се састоји од једногодишњих носећих култура и вишегодишњих врста трава. Једногодишње културе

које се користе у пролеће су: јара грахорица и суданска трава, а у јесен: озима грахорица и озима раж. Од вишегодишњи врста трава користе се: црвени вијук, јежевица, италијански и енглески љуљ, а од легуминоза: луцерка и жути звездан. Носеће једногодишње културе брзо развијају биљну масу и чине добру заштиту вишегодишњим травама, али и штите пепео од исушивања и развејавања. Вишегодишње легуминозе имају способност да врше фиксацију атмосферског азота којег у пепелу нема, а неопходан је биљкама.

Бушење садних јама се обавља ручним бургијама на једнаким размацима од по 3м. У јаме дубине 70 cm, ставља се 12,5 l органског дјубрива (тресет или глистењак), затим се поставља садница и враћа пепео уз повремено гажење ногом да би се елиминисала опасност од формирања ваздушних цепова око корена саднице, што би условило сушење коренових жила, а самим тим и саднице. На крају се садница залије са око 10 l воде.

Садња биљака на насипима се обавља када је трава тек у ницању или је сасвим мале висине, тако да их није тешко уочити и обавити контролу биљака. Медјутим, већ наредне сезоне носеће културе толико израсту да својом биљном масом премаше висину садница па је и визуелна контрола биљака отежана. Да би се обезбедио максимални пријем посадјених биљака, неопходно је посветити им велику пажњу.

Нега и заштита садница врши се у прве две године по формирању засада. У мере неге спадају плевљење, ђубрење, наводњавање и хемијска заштита. Ђубрење се први пут врши при садњи, а затим следеће сезоне у пролеће. Наводњавање се врши 2-3 године у летњим месецима, а хемијска заштита у случају појаве болести или напада паразита.

Као нова мера праћења развоја биљака на насипима депоније пепела уведена је детаљна анализа свих садница, праћење појаве и распрострањености штетних организама, организовање спречавања појаве, мера сузбијања, односно искорењивања одређених штетних организама, вођење евиденције о појави штетних организама, контрола здравственог стања садног материјала. Овом анализом обухваћене су саднице посадјене у пролеће и јесен 2010. године на депонији пепела. Укупно постоји 4 различите врсте које су поменуте у раду.

За спровођење детаљне анализе биљака неопходно је издвојити пуно времена, већина биљака је обрасла у једногодишње носеће културе трава, па је врло тешко пронаћи их у тој биљној маси. Како су биљке садјене на 3 m, то представља једини оријентир који треба применити на терену.

При изласку на терен потребно је понети изолир траке различитих боја, папир и хемијску оловку. За сваку врсту одредјена је друга боја траке, због лакшег сналажења при наредним обиласцима. На неким местима су због попуњавања непримљених садница од претходне сезоне садјене различите врсте, па је и то један од разлога због којег треба користити различите боје трака. Свака десета садница је обележена бројем, због будуће оријентације на терену.

Маркирање садница обавља две особе, једна их проналази и обележава траком, а друга бележи редни број и сва визуелна запажања о тој садници: оштећења настала због лоших временских услова или је узрок штеточина (изгрицкани листови, оштећена кора), болести, густину разгранатости и олисталости, општи утисак здравственог стања, ако није олистала, проверава се да ли је стабљика још зелена, или се констатује да је сува.

Дешава се и да биљка недостаје, што је вероватно последица суше, при чему стабљика пуца, а затим бива однешена ветром. Ипак се и та места уписују, како би при наредној садњи била попуњена. Уписују се и нека карактеристична места или објекти на терену, нпр. пут који води на нижу коту депоније или цев за транспорт пепела која прелази преко насипа (Сокіћ, 2004).

Након теренског пописа биљака врши се компјутерско уношење података у табеле, сводјење бројног стања сваке врсте и упоредјивање са бројем посадјених садница. На овај начин добијамо тачан број садница које нису примљене, а самим тим и број биљака које треба набавити за следећу сезону како би се обавило попуњавање засада.

На овај начин могуће је водити евиденцију о свакој биљци појединачно, пратити њен развој и омогућити бољи принос, тј. смањити губитке.

Суве незаштићене површине насипа активне касете редовно се квасе водом, да би исте биле у влажном стању. За ову меру користи се одговарајући систем за квашење, који се састоји од цеви и прскача. Овај систем се истовремено користи и за заливање

рекултивисаних површина насипа, травне вегетације и дрвенастих биљака. Вода је биљкама најпотребнија у првој години, када се прилагођавају екстремним условима средине на пепелишту. Заливање рекултивисаних површина на насипима врши се у договору са руковаоцима депоније пепела. Да би се обезбедио што бољи прираст и задовољавајућа биљна покривност, заливање насипа треба испланирати у временском периоду од годину дана. Због брзе изградње насипа, систем за квашење је потребно подизати на више коте, па рекултивисане површине остају без заливања. Због тога се приликом планирања програма активности у оквиру биолошке рекултивације депоније пепела има у виду додатно заливање садница. Ово заливање се врши из цистерне са цревом, тако да се свака садница посебно залије са по 10 l воде.

3.2.1. Време садње

У равничарским крајевима где припада и Обреновац боље је садити у рано пролеће него у јесен, зато што после садње убрзо наступа пролећни период брзог растења корена, услед чега озледе брже зарастају, а новоформиране коренове длачице ступе у контакт са земљиштем.

Ипак се не треба искључиво ограничити на пролећну садњу, јер у неким крајевима где су зиме блаже јесења садња може бити успешна. Приликом пролећне садње треба пазити да не буде касно, кад већ сокови у биљци крену.

Код лишћара садња не треба да буде пре него што почну да пупе. Пролећна садња по правилу не би требала да траје дуже од месец дана, а то је период од 15. марта до 15. априла.

Јесењу садњу треба обавити у рану јесен, у време највећег опадања лишћа, што је период средином октобра и то, ако је земљиште довољно влажно. Сушна јесен није погодна за садњу шумског дрвећа. Јесења садња може бити успешна само, ако се изврши довољно рано, бар 25 – 30 дана пре јаких мразева. Јесења садња треба да траје највише месец и по дана и то у периоду од половине септембра до краја новембра. Лишћари лакше подносе јесењу садњу, јер њихов корен у јесен интензивније расте (граб, топола).

Што се тиче садње резница Тамариха, најповољнији период садње је крај фебруара и почетак марта, одмах по топљењу снега и престанку већих мразева. Јесења садња је могућа за остале препоручене жбунасте врсте (Тент А, 2010).

3.3. Резултати рада садње

Након пописивања, добијени проценти примљених биљака указују на то да је направљен добар избор биљних врста које су посадјене на депонији. Резултати анализе дати су у табели 3. у којој се види да је најбољи пријем имао багрем, а најслабији јасен. Све врсте захтевају заливање првих месеци након садње.

Табела 3. Проценат примљених садница.

Врста	Поцађено (ком)	Примљено (ком)	Примљено (%)
Дафина	900	765	85
Јасен	1715	1372	80
Багрем	750	735	98
Брест	500	440	88

Дафина се врло брзо развија у првој години након садње, како у висини, тако и маси. Има добру изданачку моћ, па се брзо грана и развија велики број листова.

Багрем са 98% примљених садница представља најотпорнију и најадекватнију врсту за садњу на депонији пепела. Садјене су саднице висине до 1,5 m, а након годину дана достижу и дупло већу висину.

Пољски јасен је хелиофита, али на пепелишту је врста која тражи заклон. Визуелним прегледом је закључено да су се боље примиле оне биљке које су биле у сенци једногодишњег травног покривача који је омогућио дуже задржавање влажности супстрата.

Брест се слабо развија у висину прве године, али је проценат примљених биљака велики.

Разлози пропадања биљака:

- неадекватна садња (недовољно сабијена земља око саднице)
- мало кишних дана
- високе температуре
- лоши услови пепела као супстрата
- болести и напади штеточина, којима су подложне младе биљке

Резултати указују на веома важну улогу воде за развој биљака, па је неопходно испланирати више заливања у току летњих месеци, када се очекује мали број кишних дана.

3.4. Резултати ницања усева услед климатских промена

Упоређивање је засновано на основу две локације: 1) на спољашњој косини касете „Б” одлагалишта пепела и шљаке термоелектране „Колубара” А, која се налази у Великим Црљенима (на приближно 50 km јужно од Београда, 44°28' ИГД и 20°19' СГШ); и 2) на природном незагађеном земљишту типа карбонатни чернозем (референтно земљиште) у Земуну, на локацији ИНЕП-а (44°51' ИГД и 20°22' СГШ). На обе локације величина свих огледних парцела била је 5 m x 4 m (20 m²). Огледни третмани су обухватили 3 различите густине садње ризома: 1, 2 и 3 ризома по m². Оглед је постављен у 3 понављања, у насумичном блок систему. За пропагацију су коришћени ризоми дужине 10-15 cm, са 3-6 нодуса. Садња ризома мискантуса изведена је ручно 4. априла 2011., на дубини од 10 cm. Комерцијално доступна НПК хранива, формулације 15:15:15, су примењена само приликом садње, у количини која одговара 667 kg/ha (100 kg N/ha + 100 kg P₂O₅/ha + 100 kg K₂O/ha), разбацивањем по огледној површини. Усев није наводњаван.

Опште ницање усева забележено је месец дана након садње ризома, 4. маја 2011. Проценат изниклих биљака кретао се између 80-90% и није се разликовао између локација. Међутим, по висини усев мискантуса на одлагалишту пепела је већ у првој години заостајао у односу на усев на референтном земљишту. Заостајање раста у висину је износило од 20-40% и испољавало се све до четврте године, када је тек усев мискантуса био приближно исте висине са усевом на референтном земљишту.

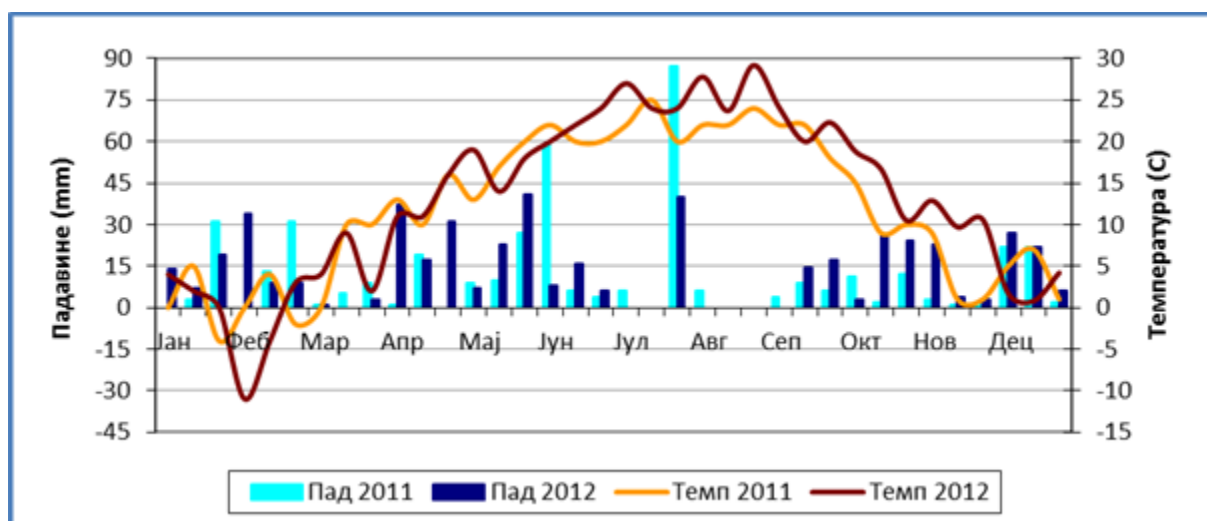
Принос надземне биомасе мискантуса у првој години гајења је обично низак (Целетовић Ж.С.2012), а главни узрок томе је неразвијен коренов систем мискантуса (Dželetović Ž., Živanović I., Pivić R., Maksimović J., 2013). Са развојем кореновог система приноси се повећавају и достижу максимум у 3-5 години гајења. Међутим, на пепелу је усев мискантуса, у поређењу са усевом на референтном земљишту, значајно заостајао у образовању надземне биомасе (табела 4). Код густине садње од 1 ризома/ m^2 током летњих месеци 2011. године дошло је до пропадања (потпуног сушења и угинућа) усева на појединим огледним парцелама.

Табела 4. Утицај густине садње на принос надземне биомасе мискантуса на референтном (природом незагађеном) земљишту и на одлагалишту пепела ТЕ Колубара (жетва изведена у фебруару, тона суве материје по хектару $\pm$ СД).

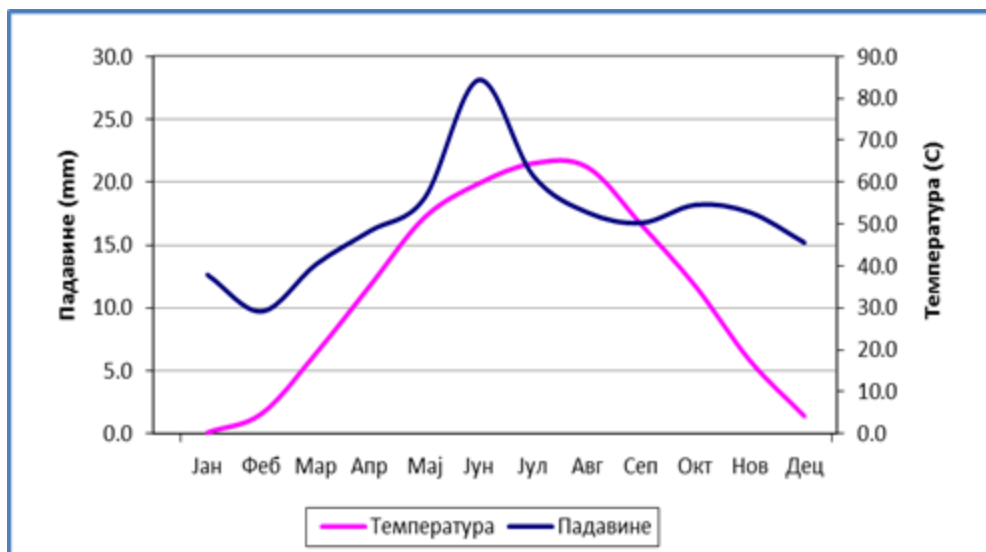
Локација	Густина садње (ризом m^2)	I година	II година	III година	IV година
Референтно земљиште	1	0.06 ± 0.01	0.32 ± 0.14	3.83 ± 1.27	8.50 ± 2.25
	2	0.20 ± 0.09	2.17 ± 0.83	14.85 ± 3.37	23.70 ± 4.97
	3	0.12 ± 0.05	0.43 ± 0.17	5.84 ± 0.41	13.65 ± 1.52
Одлагалиште пепела	1	< 0.01	< 0.01	0.01 ± 0.01	0.39 ± 0.34
	2	0.02 ± 0.01	0.05 ± 0.02	0.46 ± 0.14	1.91 ± 0.57
	3	0.08 ± 0.02	0.25 ± 0.05	2.20 ± 0.45	5.88 ± 1.17

Према подацима РХМЗС, лета 2011. и 2012. године на територији Београда су била изразито сушна и топла, са вишедневним дневним температурама у категоријама изнад и

знатно изнад нормале (слика 8). Главни разлози пропадања биљака на површинама одлагалишта пепела су, управо, мали број дана са падавинама током вегетационог периода и високе температуре (Јоветић И., Бајић З., 2011). Овако неповољни временски услови су узроковали трајно увенуће >33 % изниклих биљака мискантуса на пепелу. Наиме, током трајања суше раст усева је успорен, а са појавом топлотних удара и потпуно престаје, након чега настаје пропадање још увек плитко укорењеног кореновог система мискантуса (Dželetović Ž., Živanović I., Pivić R., Maksimović J., 2013).



Слика 8. Просечне десетодневне падавине и температуре забележене у током трајања огледа 2011 и 2012.



Слика 9. *Валтер-ов дијаграм просечних температура ваздуха и падавина (подаци са МС Београд) за 30-годишњи период (1981.-2010.).*

Сушни период обично наступа средином јула, када падавине нису довољне да надоместе интензивну евапотранспирацију проузроковану пре свега изузетно високим температурама (слика 9). Укупна количина падавина, према подацима РХМЗС, у 2011. години је била 422 мм што је знатно испод вишегодишњег просека 614,2 мм. На основу декадних вредности падавина и просека средњих температура (слика 8) може се закључити да се 2011. и 2012. година одликују изузетно неповољаним распоредом и веома оскудним падавинама. Мала (недовољна) количина падавина и високе температуре у периоду интензивног раста и развоја ове биљке, имали су очигледно за последицу стагнацију у образовању надземне биомасе мискантуса. Наиме, у току главне сезоне раста, суша и приступачност воде су главни ограничавајући чиниоци, који утичу на продуктивност биомасе надземног дела код свих генотипова мискантуса (Purdy S. et al., 2011).

Неповољне физичко-хемијске одлике пепела и екстремни микроклиматски услови ометају развој компактног биљног покривача (Ђурђевић et al., 2006; Dželetović Ž.S., Filipović R., 1995). При том, све испитиване врсте, које су се одржале на одлагалишту пепела, одржавају ниво фотосинтезе која им је омогућавао да преживе и расту под стресним условима, мада са нижим нивоима од оптималног (Gajić et al., 2013). При том и

продукција пигмента хлорофила је значајно умањена код биљака мискантуса гајених на пепелу у односу на биљке са референтног земљишта (Técher D et al., 2012).

У годинама које су биле просечне и изнад-просечне са количинама падавина (2013. и 2014.) испољено је значајно повећање у приносима надземне биомасе (табела 1). Са највишим оствареним приносима биомасе јасно се издвајају третмани са: 2 ризома/м² на референтном земљишту (23.7 тона/ха) и 3 ризома/м² на пепелу (5,88 тона/ха). Иако је заснивање мискантуса на пепелу отежано и у поређењу са усевом на референтном земљишту значајно заостаје у свим анализираним морфолошким параметрима, образовани биопокривач ефикасно врши фитостабилизацију површине одлагалишта пепела.

3.5. Могућност извођења хидростветве на депонији пепела

При извођењу радова хидростветве све наведене компоненте се добро хомогенизују у резервоар хидросејача, а затим уз помоћ једног радника који равномерно врши инкорпорацију обави хидростветва на задатој површини депоније пепела.

Учинак са овом методом сетве на депонији пепела је много већи него класичан начин сетве. Наиме, дневно на стрмим и високим насипима ручном сетвом једна екипа од 8 радника могла је дневно да посеје максимално око 10.000м², док методом хидростветве тај учинак је много већи са мањим бројем радника, а креће се од 50.000 - 60.000м² па и више, у зависности од капацитета хидросејача. (Сокіћ, 2004).

Предност ове методе је равномерније усејавање по целој површини, самим тим и уједначена покривност, а што није случај код класичне ручне сетве и тиме је олакшана корекција огољених површина, не захтева предходну механичку припрему-обраду површине и омогућава успешну сетву на великим стрминама и еродираним насипима. Погодност је и добро клијање чак и где нема наводњавања, јер акумулира и лагано ослобађа влагу. То омогућавају цополимери и малч. Брзина клијања је такође предност као и економичност сејања већих површина. Највећа предност јесте брза припрема и представља најбоље решење за косине, насипе, усеке, депоније свих намена, велике

површине за сетву, перфектна за подсејавање већ постојећих лоших затрављених површина.

Обзиром да се по новој технологији одлагање пепела на једној површини обавља до коначне висине (завршне коте), важно је да је рекултивација обављена квалитетно, да је равномерно засејана површина и биопокривач добро оформљен. Хидросетва нам све ово омогућава, наравно уз квалитетну набавку потребног репроматеријала и одговорног извођача радова. (Сokić, 2004)

Сетва се врши одговарајућом мешавином једногодишњих и вишегодишњих трава које својом физиологијом могу одговорити на услове пепела као супстрата, а те исте смеше коришћене су и код класичне сетве која је рађена до сада на депонијама уз минималну измену.

Висок садржај крупнијих честица у пепелу, уз одсуство правих глиновитих минерала и хумуса, који су везивни материјал и носиоци адсорптивних способности, проузрокује слабу везаност пепела, релативно малу способност ретенције воде и храњивих материја (Сokić et al., 2009). На основу одређених коефицијената водопропустљивости, пепео припада групи лако пропустљивих.

3.6. Услови средине поступком хидросетве

Пепео и шљака настају сагоревањем угља у котловима термоелектране. Пепео и шљака се мешају са водом у односу 1:10 и хидрауличким путем се транспортују до депоније пепела и шљаке. Део мешавина воде, пепела и шљаке из цевовода доспева у хидроциклонске станице, где се поступком хидроциклонирања издвајају крупније фракције, од које се граде насипи на активној касети депоније пепела.

Пепео као супстрат има добар ваздушни режим, добро дренира воду, има велику инфилтрациону способност воде и мању ретенцију влаге. Црна боја пепела узрокује повећану адсорпцију сунчеве радијационе енергије и као последица тога испољава се знатније повећање температуре пепела.

Повишена температура пепела условљава повећану евапотранспирацију у систему пепео - биљка, па се мора водити рачуна при одржавању оптималне влаге потребне за раст биљака односно о нормама наводњавања. Поред тога, пепео има мали садржај хранљивих материја потребних биљкама и то нарочито N и P, док је садржај K већи те као супстрат испољава повећану алкалност. Имајући у виду неповољна својства пепела, неопходно је извршити добар избор врсте семена и предвидети одговарајуће мелиорације у циљу коришћења пепела као супстрата. (Сокіћ, 2004).

3.7. Хидросетва на депонији пепела у јесен 2015. године

Дана 02.10. 2015. године, урађена је хидросетва на косини насипа касете 2 депоније пепела и шљаке на термоелектрани „Никола Тесла А“.

Хидросетва је обављена на две различите површине, једна је чиста површина косине насипа, а друга је површина на којој је већ рађена сетва у пролећном сетвеном року, али је због неправилног рада прскача на депонији, услед сливања веће количине воде дошло до настанка бразда у насипу, што се чинило као изазов за заснивање огледа.

У цистерну од 750 l је додато је 700 l воде, са око 25 kg целулозног малча и мих гранулата, 250 gr водорастворљивих ђубрива Хаифа и Мап, око 80 gr ко-полимера, 70 gr тикера, 45 gr боје, до 6 kg смеше трава и то за чисту косину:

1. *Festuca rubra* - *Maxima 1* (Црвени вијук)
2. *Festuca ovina* - *Ridu* (Овчији вијук)
3. *Festuca arundinacea* - *Tomcat 1* (Високи вијук)
4. *Trifolium repens* - *Merlyn* (Бела детелина)

За косину на којој је рађена поправка насипа коришћена је друга мешавина трава:

- 1) *Festuca rubra* (Црвени вијук)
- 2) *Dactylis glomerata* (Јежевица)
- 3) *Lolium multiflorum* – (Италијански љуљ)
- 4) *Poa pratensis* – (Права ливадарка)

Након мешања свих компоненти у цистерни, укључена је пумпа која је под притиском изваћивала смешу из цистерне кроз цево на косину насипа депоније пепела. Радник је на рамену држао цево и управљао како би цела површина била равномерно покривена (слика 10).

Присуство боје у смеши омогућава увид у то која је површина већ покривена.



Слика 10. Распршивање смеше по површини косине насипа депоније пепела.

3.8. Резултати хидросетве

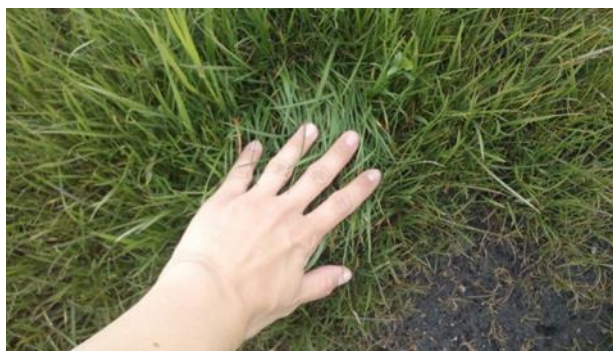
Оглед је показао да је ницање биљака било веома добро по целој површини, уједначено, на обе локације. На насипу депоније пепела ТЕНТ А, где је пепео одлаган хидроциклонирањем у смеши 1:10, ницање је било веома добро, покривност велика, у каснијој фази нешто смањена услед губитка хранива. Наиме, обзиром да се свакодневно заливала површина, а што је неопходно, долази до губитка потребних елемената за исхрану биљака, које се надокнађује каснијим мерама прихране азотним минералним ђубривима. Следеће вегетативне сезоне биљни покривач на овој огледној парцели имао је покривност много бољу него на површинама депоније сејаним класичним начином.



Слика 11. Бусен траве.

Применом ове методе закључујемо да:

Хидросетва омогућава формирање травног покривача на теренима где није могуће обавити класичан начин сетве, због неприступачности терена (стрме косине насипа) и заснивање травног покривача равномерно по целој површини без опасности да се семе и ђубриво ерозијом однесе првом кишом са стрмих и високих косина насипа.



Слика 12. Густина траве.

У односу на класичну сетву трава предност хидросетве се огледа у: бољој адаптацији приликом формирања травног покривач, уштеди новца, већој отпорност биљака на болести.

Хидросетва омогућава равномерније усејавање по целој површини, самим тим и уједначену покривност, а што није случај код класичне ручне сетве и тиме је олакшана корекција огољених површина, не захтева претходну механичку припрему - обраду површине и омогућава успешну сетву на великим стрминама и еродираним насипима.

Обзиром да ће се овим начинима одлагања пепела годишње стварати велике површине које треба рекултивисати и за кратко време довести у стабилно и безбедно стање по животну средину, хидросетва као метода за заснивање травног покривача на депонији је најприменљивија.

4. МЕРЕ У ЦИЉУ УНАПРЕЂЕЊА И ЗАШТИТЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

4.1. Смањење негативног утицаја депоније пепела на квалитет ваздуха и воде

4.1.1. Спречавање еолске ерозије пепела

У циљу смањења негативног утицаја депоније пепела и шљаке на загађење ваздуха честицама пепела које настаје еолском ерозијом пепела, током 2018. године спровођене су редовне мере заштите:

1. У току 2018. године величина воденог огледала на касети II је била до 50%. На касети II уграђено је 79 топова и 164 прскача. На касети III уграђено је 86 топова и 168 прскача.
2. У оквиру редовних послова биолошке рекултивације у пролећном и јесењем периоду 2018. године урађено је:

У пролећном сетвеном року 2018. године

- 1) садња 50 000 резница тамарикса (12.02. - 12.03., 5 радних дана) на насипима касете III.

Од 11.01. до 13.02. (20 радних дана) су прављене резнице за обе депоније.

- 2) **прихрана траве на 70,0 ha равног дела касете II**, кота +108,90 mm (15.-27.03.),
- 3) **прихрана траве на 3,40 ha насипа касете III** (минералним ђубривом КАН у норми 300 kg/ha) сејане у јесен 2016.г. (28.03.),
- 4) **садња 2 400 садница** - багрем, брест и дафина, на косинама ободних насипа касете III и касете II (30.03.-05.04, 13. и 16.04.),
- 5) **сетва траве на 6,25 ha насипа касете III** (19. до 30.04., 8 радних дана), 5,80 ha нових и 0,45ha поправка оштећених површина и то:
 - ХЦС 5-ХЦС 6: 2,50 ha (2,30 новог насипа + 0,20 ha поправка), кота +112,00mm и 0,60 ha новог насипа ХЦС6, кота +118,00 mm
 - ХЦС 6-ХЦС 4: 1,25 ha (1,00 новог насипа + 0,25 ha поправка), кота +112,00 mm
 - ХЦС 4-ХЦС 5: 1,90 ha новоизграђеног насипа коте +118,00 mm
- 6) **прихрана 4 302 садница дрвећа** (КАН-ом у норми 0,15kg/ком) на ободним насипима касете II и касете III (14. и 15.05.),
- 7) **прихрана траве на 6,25 ha насипа касете III**, посејане у пролеће 2018.г. (минералним ђубривом НПК у норми 300 kg/ha), 01.06.

У јесењем сетвеном року 2018. године

- a) **сетва траве на 0,50 ha насипа касете III** (19.09.) и то:
 - ХЦС 2-ХЦС 4, кота +118,0 mm: **0,13 ha** новоизграђеног
 - ХЦС 4-5-6, кота 113,0 mm: **0,37 ha** поправка
- b) **сетва траве на 3,15 ha насипа касете II**, коте +118,00 mm (25.10. до 13.11., 5 радних дана), надоградња постојећих насипа и то:
 - ХЦС 4-ХЦС 5: 0,15 ha
 - ХЦС 5-ХЦС 3: 1,65 ha
 - ХЦС 4-ХЦС 7: 1,35 ha

- с) садња 2 500 садница, багрема - 2000 и дафине - 500, на косинама ободних насипа касете II и касете III, (03.-13.12., 8 радних дана).

Послове биолошке рекултивације изводила је фирма ПРОТЕНТ, а у складу са „Главним пројектом Рекултивације депоније пепела и шљаке ЈП ТЕ "Никола Тесла" А и Б.“

4.1.2. Увођење нове технологије, маловодног транспорта и одлагања пепела и шљаке

У циљу смањења негативног утицаја депоније пепела и шљаке на квалитет ваздуха и воде ради се на увођењу нове технологије, маловодног транспорта и мешања са будућим нуспродуктом из процеса одсумпоравања, гипсом. Измењена је пројектна документација за коју је ангажован Рударски институт из Земуна.

Измена постојеће технологије хидрауличног транспорта пепела и шљаке, технологијом маловодног транспорта (однос пепела и воде 1:1) ће омогућити смањење негативног утицаја депонија ТЕНТ-а А на животну средину. Очекивани ефекти увођењем нове технологије се огледају у:

- Мањој количини потребне воде за транспорт пепела и шљаке,
- Побољшању квалитета површинске и подземне воде:
 - а. нема преливних вода
 - б. нема испуштања дренажних вода (вршиће се рецикулација дренажних вода),
- 3. Продужава се век коришћења депоније, због могућности испоруке пепела (услов за примену пепела у индустрији),
- 4. Уштеда финасијских средстава:
 - продајом пепела смањиће се годишња накнада за одложен пепео
 - остварење економске добити, продајом пепела,
- 5. Утицај депоније на квалитет ваздуха ће се смањити на најмању могућу меру:

- смањење величине сувих, незаштићених, површина
- повећање отпорности површинског слоја пепела – стварање покорице.

4.2. Мере које се спроводе за смањење утицаја депоније пепела на животну средину

На депонији се врши механичко таложење пепела из суспензије пепела и воде, при чему настају преливне и дренажне отпадне воде које се испуштају у реку Саву на ТЕНТ А. На депонији ТЕНТ Б, захваљујући смањењу количине воде за транспорт пепела, од фебруара 2011. год. преливне и дренажне воде се више не испуштају у поток Вукићевица, већ се користе за прскање сувих плажа и насипа.

Поред утицаја на загађивање воде, депоније представљају површински извор загађивања ваздуха честицама пепела. Због неповољних физичко-хемијских карактеристика пепела и постојећег начина одлагања пепела, на отвореним депонијама, при сувом и ветровитом времену долази до еолске ерозије пепела. У складу са постојећом технологијом транспорта и одлагања пепела, у циљу спречавања еолске ерозије пепела са депонија, примењују се одговарајући мере заштите:

1. Биолошка рекултивација - обавља се на основу „Главног пројекта биолошке рекултивације депонија пепела и шљаке ТЕНТ А и ТЕНТ Б" и подразумева формирање биопокривача и шумског засада применом одговарајућих агротехничких мера.

- ✓ Сетва смеше вишегодишњих трава (травни покривач - биопокривач сопственом вегетационом масом штити површину од еолске ерозије и биолошки мелиорише подлогу).
- ✓ Пошумљавање насипа - заснивање засада жбуња и дрвећа (засад локално смањује ударе ветрова и транспорт суспендованих честица).
- ✓ У граничном делу, око обе депоније постоји ветрозаштитн појас топола.

2. Одржавање воденог огледала (језера) - максимална површина по пројекту износи око 60% у односу на површину активне касете.
3. Квашење плажа, површина између језера и насипа на активној касети које нису покривене воденим огледалом, врши се помоћу система топова.
4. Квашење новизграђених насипа - суве површине новоизграђених насипа и засејане траве на активној касети се врши системом прскача.

Закључак

За успешну рекултивацију је веома важно изабрати квалитетне и адекватне врсте сетвеног и садног материјала, јер пепео садржи врло мале количине хранљивих материја које су неопходне биљкама. Пошто је црне боје врло брзо се загрева, суши и развејава, па се мора водити рачуна о одржавању оптималне влаге потребне за раст биљака, односно, о нормама наводњавања, али као супстрат пепео има добар ваздушни режим, добро дренира воду, има велику инфилтрациону способност воде и мању ретенцију влаге.

Због тога што пепео садржи мало хранљивих материја потребних биљкама, нарочито азота и фосфора, док је садржај калијума већи те као супстрат испољава повећану алкалност, неопходно је извршити и добар избор садног материјала дрвенастих биљака и предвидети одговарајуће мелиорационе поступке у циљу коришћења пепела као супстрата.

На насипима, где се обавља сетва смеше трава од једногодишњих носећих култура и вишегодишњих врста трава, а која се спроводи у складу са Главним пројектом биолошке рекултивације депоније пепела и шљаке од 2004. који је урадио београдски Институт за земљиште, у пролеће се од једногодишњих култура, обавља сетва јаре грахорице и суданске траве, а у јесен озиме грахорице и озиме ражи. Од вишегодишњих врста трава

користе се: црвени вијук, јежевица, италијански, енглески љуљ и права ливадарка, а од легуминоза: луцерка и жути звездан. Носеће једногодишње културе брзо развијају биљну масу и чине добру заштиту вишегодишњим травама, али и штите пепео од исушивања и развејавања. Вишегодишње легуминозе имају способност да врше фиксацију атмосферског азота којег у пепелу нема, а неопходан је биљкама.

Што се тиче дрвенастих и жбунастих врста, које се саде на спољашњим косинама насипа око депоније, такође у складу са поменутих пројектом биолошке рекултивације депоније пепела, користе се шумске врсте дрвећа које су толерантне на ову врсту супстрата.

При избору ових врста потребно је одабрати оне са најмањим захтевима у односу на услове средине. Предност се даје листопадном дрвећу, јер је у хигијенском погледу ефектније, поред тога, четинарске врсте дрвећа у већини случајева не могу да успеју у алкалној средини какав је пепео.

Литература

Adriano, D.C. (2001): Trace elements in Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability and Risk of Metals. Springer-Verlag, New York.

Adriano, D.C., Wenzel, W.W., Vangronsveld, J., Bolan, N.S. (2004): Role of assisted natural attenuation in environmental cleanup. *Geoderma* 122, 121 – 142.

Baker, A.J.M., Reeves, R.D., McGrath, S.P. (1991): In situ decontamination of heavy metal polluted soils using crops of metal-accumulating plants, a feasibility study. In: In situ bioreclamation. Eds: Hinchey, R.E., Olfenbuttel, R.F. Butterworth. Heinemann, Stoneham, MA.

Carlson, C.L. and Adriano, D.C. (1993): Environmental impacts of coal combustion residues. *Journal of Environmental Quality* 22, 227 – 247.

Chaney, R.L. (1983): Plant uptake of inorganic waste. In: Land Treatment of hazardous waste. Eds: Parr, J.E., Marsh, P.B., Kla, J.M. Noyes, Data Corp, Park Ridge II, 50 – 76.

Cokić Z. (2004): Glavni projekat (dopuna) Rekultivacije deponije pepela i šljake JP TE "Nikola Tesla" A i TE "Nikola Tesla" B u skladu sa novom tehnologijom malovodnog transporta i odlaganja pepela i šljake, Institut za zemljište, Beograd

Cokić, Z., Stavretović, N., Petrović, V., Miladinović, M., Zarić, J., Manjasek, S. (2005): Zeljasti predstavnici familije Fabaceae i njihova upotreba u sanaciji deponija pepela i šljake. *EcoIst* 05 XIII Nauno-struni skup o prirodnim vrednostima i zaštiti životne sredine. Bor, 01 – 04 Jun, Zbornik radova, 220 – 222.

Cokić Z, D. Kisić, S. Masimović (2009): Nove tehnologije biološke rekultivacije deponija pepela i šljake.

Cokić Z., D. Kisić. (2010): Formiranje zasada žbunastih vrsta i drveća na deponijama pepela i šljake TENT A i TENT B.

Cowherd, C.J., Marcus, M., Guenther, C.M. Spigarelli, J. L. (1975): Hazardous Emission Characterization of Utility Boilers. Technical Report, Midwest Research Institute.

Djurdjević L., Mitrović M., Pavlović P., Gajić G., Kostić O. (2006). Phenolic Acids as Bioindicators of Fly Ash Deposit Revegetation. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 50(4), 488-495.

Djurdjević, L., Mitrović, M., Pavlović, P. (2007b): Methodology of allelopathy research: 2. Forest ecosystems. Allelopathy Journal 20(1), 79–102.

Doren, R.E., Volin, J.C., Richards, J.H. (2009a): Invasive exotic plant indicators for ecosystem restoration: an example from the Everglades restoration program. Ecological Indicators 9, 29 – 36.

Dražić, G. (1993): Mogunosti biološke rekultivacije odlagališta pepela i šljake termoelektrana. Zbornik radova II Savetovanja mladih istraživača Srbije. „Proizvodnja hrane i životna sredina“, Poljoprivredni fakultet, Zemun, 167 – 169.

Dražić, G., Dželetović, Ž., Lazarević, M.M. (1997): 250 hectares of technogenic desert – 5 years later. Ekologija 32(1), 35 – 42.

Dželetović Ž.S., Filipović R. (1995). Grain characteristics of crops grown on power plant ash and bottom slag deposit. Resources, Conservation and Recycling 13 (2), 105-113.

Целетовић Ж.С. (2012). Мискантус (*Miscanthus × giganteus* Greef et Deu.): производне одлике и принос биомасе. Задужбина Андрејевић, Београд.

Dželetović Ž., Živanović I., Pivić R., Maksimović J. (2013). Water supply and biomass production of *Miscanthus × giganteus*. In: *Soil - Water - Plant* (Proceedings the 1st International Congress on Soil Science and XIII National Congress in Soil Science, September 23-26th, 2013., Belgrade, Serbia), Ed. Saljnikov E.R., Publ. Soil Science Institute, Belgrade, 435-450.

El – Mogazi, D., Lisk, D.J., Weinstain, L.H. (1988): A review of physical, chemical and biological properties of fly ash and effects on agricultural ecosystems. Science of the Total Environment 1(74), 1 – 37.

Gajić, G. (2007): Uticaj aerozagađenja na funkcionalno - strukturne karakteristike gajenih žbunastih vrsta *Syringa vulgaris* L., *Ligustrum ovalifolium* Hassk. i *Spiraea van-houttei* (Briot.) Zab. U Beogradu. Magistarska teza, Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu, 186.

Gajić, G., Mitrović, M., Pavlović, P., Stevanović, B., Djurdjević, L., Kostić, O. (2009): An assessment of the tolerance of *Ligustrum ovalifolium* Hassk. To traffic-generated Pb using physiological and biochemical markers. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 72(4), 1090 – 1101.

Gajić G., Pavlović P., Kostić O., Jarić S., Đurđević L., Pavlović D., Mitrović M. (2013). Ecophysiological and biochemical traits of three herbaceous plants growing on the disposed coal combustion fly ash of different weathering stage. *Archives of Biological Sciences* 65(4), 1651-1667.

Goodarzi, F. (2006): Morphology and chemistry of fine particles emitted from a Canadian coal-fired power plant. *Fuel* 85, 273 – 280.

Goodarzi, F. and Sanei, H. (2009): Plerosphere and its role in reduction of emitted fine fly ash particles from pulverized coal-fired power plants. *Fuel* 88, 382 – 386.

Haynes, R.J. (2009): Reclamation and revegetation of fly ash disposal sites – Challenges and research needs. *Journal of Environmental Management* 90, 43 – 53.

Izquierdo, M. and Querol, X. (2012): Leaching behavior of elements from coal combustion fly ash: an overview. *International Journal of Coal Geology* 94, 54 – 66.

Jala, S. and Goyal, D. (2006): Fly ash as a soil ameliorant for improving crop production – a review. *Bioresource Technology* 97, 1136 – 1147.

Jones, D.R. (1995): The leaching of major and trace elements from coal ash. In: *Environmental Aspects of Trace Elements in Coal*. Eds: Swaine, D.J., Goodarzi, F. Springer - Verlag.

Јоветић И., Бајић З. (2011). Праћење развоја дрвенастих биљака на депонији пепела ТЕНТ-А у циљу пошумљавања косина насипа, као трајна мера заштите. У: *III Саветовање „Стање и перспективе депонија пепела, шљаке и јаловине у термоелектранама и рудницима“* (зборник радова, уредн.: Танасијевић Љ. и Игњатовић М.Р., 20-23. септембар 2011., Палић, Србија), Привредна комора Србије, Београд, 191-199.

Haynes, R.J. (2009): Reclamation and revegetation of fly ash disposal sites – Challenges and research needs. *Journal of Environmental Management* 90, 43 – 53.

Heidrich, C., Feuerborn, H-J., Weit, A. (2013): Coal Combustion Products: a Global Perspective. World of Ash (WOCA) Conference, April 22-25, 2013, Lexington, Kentucky, USA.

Kaakinen, J.W., Jorden, R.M., Lawasani, M.H., West, R.E. (1975): Trace element behavior in coal-fired power plant. Environmental Science and Technology 9, 862 – 869.

Kisić, D., Žbogar, Z., Boti-Rajević, E. (2000): Uticaj deponija pepela i šljake TE „Nikola Tesla“ na životnu sredinu. Tehnika 55, 178 – 171.

Kisić, D., Čeran, V., Cokić, Z. (2005): Unapređenje tehnologije biološke rekultivacije pepela i šljake. I savetovanje o deponijama pepela i šljake termoelektrana, Obrenovac. 24 – 25 Maj, Zbornik radova, 161 – 166.

Kisić, D., Čeran, V., Jovičić, Ž., Nožinić, J., Žbogar, Z. (2009): Ekološki nadzor deponije pepela i šljake TE „Nikola Tesla“. Međunarodna konferencija – I-ISO 14000, Arandjelovac, 395 – 398.

Kisić, D., Cokić, Z., Paunović, E., Žunić, Z., Stanojević, D. (2010): Praćenje uticaja deponija pepela i šljake termoelektana „Nikola Tesla A i B“ (Srbija) na životnu sredinu. Međunarodna konferencija – Otpadne vode, komunalni vrsti otpad i opasan otpad, Subotica, 29.03 – 1.04. Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, Beograd, Zbornik radova, 346 – 354.

Kisić D., Cokić Z., Čanak - Nedić A., Stanojević D. (2010): „Biološka zaštita na deponijama pepela i šljake TE " Nikola Tesla", ISO 000 2000, Arandjelovac, Zbornik radova, 333-337.

Klein, D.H., Andren, A.W., Carter, J.A., Emery, J.F., Feldman, C., Fulkerson, W., Lyon, W.S., Ogle, J.C., Talmi, Y., Hook, R.I., Bolton, N. (1975): Pathways of thirtyseven trace elements through coal – fired power plant. Environmental Science and Technology 9, 973 – 979.

Kostić, O., Mitrović, M., Knežević, M., Jarić, S., Gajić, G., Djurdjević, L., Pavlović, P. (2012): The potential of four woody species for the revegetation of fly ash deposits of „Nikola Tesla – a“ thermoelectric plant (Obrenovac, Serbia). Archives of Biological Sciences 64(1), 145 – 158.

Kress, N., Golik, A., Galil, B., Krom, M.D. (1993). Monitoring the disposal of Coal Fly Ash at a deep water disposal site in the Eastern Mediterranean sea. Marine Pollution Bulletin 26(8), 447-456.

Kukier, U., Ishak, C.F., Summer, M.E., Miller, W.P. (2003): Composition and element solubility of magnetic and non-magnetic fly ash fractions. *Environmental Pollution* 123, 255 – 266.

Lasat, M.M. (2000): Phytoextraction of metals from contaminated sites – a critical review of plant/soil metal interaction and assessment of pertinent agronomic issues. *Journal of Hazardous Substance Research* 2, 1 - 25.

Maiti, S.K. and Jaiswal, S. (2008): Bioaccumulation and translocation of metals in the natural vegetation growing on the fly ash dumps: a field study from Santaldih thermal power plant, West Bengal, India. *Environmental Monitoring and Assessment* 136, 355 – 370.

Maiti, S.K. and Nandhini, S. (2006): Bioavailability of metals in fly ash and their bioaccumulation in naturally occurring vegetation: a pilot scale study. *Environmental Monitoring and Assessment* 116, 263 – 273.

Mattigod, S.V., Rai, D., Eary, L.E., Ainsworth, C.C. (1990): Geochemical factors controlling the mobilization of inorganic constituents from fossil fuel combustion residues: I. Review of the major elements. *Journal of Environmental Quality* 19, 188 – 201.

Mitrović, M., Pavlović, P., Lakušić, D., Stevanović, B., Djurdjević, L., Kostić, O., Gajić, G. (2008): The potencial of *Festuca rubra* and *Calamagrostis epigejos* for the revegetation on fly ash deposits. *Science of the Total Environment* 72, 1090 – 1101.

Pandey, V.C. (2012): Invasive species based efficient green technology for phytoremediation of fly ash deposits. *Journal of Geochemical Exploration* 123, 13 – 18.

Pandey, V.C. and Singh, K. (2011): Is *Vigna radiata* suitable for the revegetation of fly ash landfills? *Ecological Engineering* 37, 2105 – 2106.

Pavlović, P., Mitrović, M., Djurdjevic, L. (2004): An ecophysiological study of plants growing on the fly ash deposits from the „Nikola Tesla – A“ thermal power station in Serbia. *Environmental Management* 33, 654 – 663.

Pavlović, P., Mitrović, M., Djurdjević, L., Gajić, G., Kostić, O., Bojović, S. (2007): Ecological potencial of *Spiraea van-houttei* (Briot.) Zab. For urban (Belgrade city) and fly ash deposit (Obrenovac) landscaping in Serbia. *Polish Journal of Environmental Studies* 16(3), 427 – 431.

Pavlović, P. and Mitrović, M. (2013): Termoelektrane u Srbiji – uticaj pepela na zemljište i biljke. *Energetika i životna sredina*. Ed: Andjelkovi, M. Srpska akademija nauka i umetnosti, 403 – 431.

Pilon – Smits, E. (2005): Phytoremediation. *Annual Review of Plant Biology* 56, 15 – 39.

Popović, A. (2002). Specijacija mikroelemenata pepela i lignita. Doktorska disertacija. Hemijski fakultet Univerzitet u Beogradu, 247.

Popović, A., Djordjević, D., Relić, D. (2013): Association and Pollution Potencial of Selected Trace and Major Elements in Filter Lignite Ash from the „Nikola Tesla – A“ Power Plant (Obrenovac, Serbia) (I) – Leaching Experiments. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects* 35(6), 529 – 537.

Prasad, M.N.V. (2006): Plants that accumulate and/or exclude toxic trace elements play an important role in phytoremediation. In: *Trace elements in the Environment (Biogeochemistry, Biotechnology and Bioremediation)*. Eds: Prasad, M.N.V., Sajwan, K.S., Naidu, R. CRC, Taylor & Francis, Boca Raton, 523 – 547.

Purdy S., Clifton-Brown J., Jones L., Maddison A., Davey C., Cunniff J., Shield I., Barraclough T., Castle M., Donnison I., Karp A. (2011). The BBSRC Sustainable Bioenergy Centre (BSBEC): Perennial bioenergy crops programme; Optimising biomass from *Miscanthus*. *Aspects of Applied Biology 112: Biomass and Energy Crops IV* (Eds: Booth E. et al.), Association of Applied Biologists, Warwick, UK, 11-19.

Purdy S., Clifton-Brown J., Jones L., Maddison A., Davey C., Cunniff J., Shield I., Barraclough T., Castle M., Donnison I., Karp A. (2011). The BBSRC Sustainable Bioenergy Centre (BSBEC): Perennial bioenergy crops programme; Optimising biomass from *Miscanthus*. *Aspects of Applied Biology 112: Biomass and Energy Crops IV* (Eds: Booth E. et al.), Association of Applied Biologists, Warwick, UK, 11-19.

Querol, X., Fernandez-Turiel, J., Lopez-Soler, A. (1995): Trace elements in coal and their behavior during combustion in a large power station. *Fuel* 74, 331 – 343.

Randjelović, D., Cvetković, V., Mihailović, N., Jovanović, S. (2014): Relation between edaphic factors and vegetation development on copper mine wastes: a case study from Bor (Serbia, SE Europe). *Environmental Management* 53, 800 – 812.

Técher D., Laval-Gilly P., Bennasroune A., Henry S., Martinez-Chois C., D’Innocenzo M., Falla J. (2012). An appraisal of *Miscanthus × giganteus* cultivation for fly ash revegetation and soil restoration. *Industrial Crops and Products* 36, 427-433.

Републички хидро-метеоролошки завод Србије (<http://www.hidmet.gov.rs>).

Тент А (2010): Интерни годишњи извештај о рекултивацији.

Тент А (2018): Извештај о стању животне средине у Тент-у А.

Tripathi, R.D., Vajpayee, P., Singh, N., Rai, U.N., Kumar, A., Ali, M.B., Kumar, B., Yunus, M. (2004): Efficiency of various amendments for amelioration of fly ash toxicity: growth performance and metal composition of *Cassia siamea* Lamk. *Chemosphere* 54, 1581 – 1588.

Tsadilas, C., Tsantila E., Stamatiadis, S., Antoniadis, V., Samaras, V. (2006): Influence of fly ash application on heavy metal forms and their availability. In: *Trace elements 401 in the Environment (Biogeochemistry, Biotechnology and Bioremediation)*. Eds: Prasad, M.N.V., Sajwan, K.S., Naidu, R. CRC, Taylor & Francis, Boca Raton, 63 – 75.

U.S. Environmental Protection Agency, USEPA (2007): Human and Ecological Risk Assessment of Coal Combustion Wastes (draft).

Utsunamya, T. (1980): Japanese Patent Application No 55 – 72959.

Vassilev, S.V., Vassileva, C.G., Karayigit, A.I., Bulut, Y., Alastuey, A., Querol, X. (2005): Phase-mineral and chemical composition of composite samples from feed coals, bottom ashes, and fly ashes at the Soma power station, Turkey. *International Journal of Coal Geology* 61, 35 – 63.

Vassilev, V.S. and Vassileva, C.G. (2005): Methods for Characterization of Composition of Fly Ashes from Coal-Fired Power Stations: A Critical Overview. *Energy Fuel* 19, 1084-1098.

Vujković Lj., (2003): Pejzažna arhitektura, planiranje i projektovanje

Vukićević E. (1996.) Dekorativna dendrologija, IV izdanje, Beograd, Izdavač Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, Kneza Višeslava 1.

Vukojević, V., Sabovljević, M., Jovanović, S. (2005): Mosses accumulate heavy metals from the substrate of coal ash. Archives of Biological Sciences 57(2), 101 – 106.

Wigmore, J.W. and Kubrycht, S.A. (1990): Sea lagoons in Hong Kong for the disposal of pulverized fuel ash (PFA). Waste Management & Research 8 (6), 405-417.

www.greendecor.co.rs

Životić, M.M., Stojiljković, D.D., Jovović, A.M., Čudić, V.V. (2012): Mogućnost korišćenja pepela i šljake sa deponije termoelektrane „Nikola Tesla“ kao otpada sa upotrebnom vrednošću. Hemijska industrija 66(3), 403 – 412.