

Obnovljivi energetski vir - uporaba s hranili bogatih odpadnih voda

IZVLEČEK

Uporabo obnovljivih virov energije (OVE) se v zadnjem času postavlja vse bolj v ospredje. Med njimi igra pomembno vlogo biomasa za namene ogrevanja in pridobivanja električne energije. V prispevku so predstavljeni trajnostni ekoremediacijski pristopi čiščenja odpadnih produktov s hkratnim pridobivanjem biomase kot OVE z zaključenim snovnim tokom, ko odpadki na eni strani predstavljajo vir hranil in energije na drugi strani.

Ključne besede:

lesna biomasa, hitrorastoči les, obnovljivi viri energije, odpadna voda, rastlinska hranila, ekoremediacija.

ABSTRACT

Reuse of nutrient rich wastewaters for woody plants as renewable energy source

The use of renewable energy sources (RES) has lately been increasingly put forward. The important role among them plays biomass for heating purposes and generation of electricity. The paper presents sustainable ecoremediation treatment approaches of waste products with simultaneous generation of biomass as RES with a closed mass flow, where a waste from one side represents a nutrient source on the other side.

Key words:

woody biomass, fast growing woods, renewable energy sources, wastewater, plant nutrients, ecoremediation.

Avtorica besedila:

MAJA ZUPANČIČ JUSTIN, dr. varstva okolja
Limnos, Podjetje za aplikativno ekologijo d.o.o., Ljubljana
e-pošta: maja@limnos.si

Avtorji fotografij:

DARJA HOENIGMAN, Arhiv podjetja ENA Energi AB

COBISS I.04 strokovni članek

za vzgojo lesnih rastlin

Ekosistemi so naravne enote, kjer obstaja ravnovesje med neživimi dejavniki (biotopom) in živimi organizmi, ki tvorijo biocenozo ali življenjsko združbo. Vrstni sestav življenjskih združb se časovno spreminja. Govorimo o ekoloških sukcesijah ali ekološkem zaporedju, kjer gre smer razvoja od preprostejše organiziranosti, ki se odraža v majhni raznovrstnosti, v raznovrstno in zapleteno združbo, ki vodi v ravnovesno stanje. Za prehod združbe v ravnovesno stanje je tako značilna visoka vrstna, funkcionalna in prostorska raznolikost, mnogostranost prehranjevalnega spleta in zmanjšanje izgub hranilnih snovi in s tem naraščanje celotne organske snovi v združbi (9).

Celovitost razmerij organizmov in neživega okolja še vedno ostaja nerazumljena zaradi velike raznovrstnosti ter zapletenih biotičnih interakcij. Posledice pomanjkanja znanja so težave, s katerimi se srečujemo, ko spreminjamo naše življenjsko okolje. Iz vsakdanjih izkušenj vemo, da s posegi v naše okolje kljub naraščanju znanja še vedno ustvarjamo ekološka neravnovesja. Le-ta nastajajo zaradi prevelikega izkoriščanja naravnih dobrin, ustvarjanja umetnih monokulturnih ekosistemov in prevelikega odvajanja odpadnih snovi v okolje.

Zavedamo se, da je človekovo življenje odvisno od zdravega življenskega okolja, ki ga sestavljajo vsi živi in neživi dejavniki, zaradi česar je postalo varstvo okolja nepogrešljiva družbena dejavnost. Varstvo narave (varstvo ogroženih vrst in naravnih ekosistemov) in varstvo življenskega okolja (predvsem kot tehnično varstvo vode, zraka, tal in prostora) sta postali zato skrb sodobne družbe.

Prva rešitev v smeri varovanja okolja je bila uporaba tehnoloških postopkov čiščenja npr. vode in zraka pred izpustom v okolje in nadaljnja ločitev odpadnih produktov pred naravnim okoljem. Izkazalo pa se je, da s tem problemov ne rešimo do konca, temveč jih za nedoločen čas le preložimo na naslednje generacije. Iščemo torej dolgoročne in trajnostne rešitve, ki vključujejo ponovno uporabo in predelavo odpadnih produktov z vpeljevanjem čistih tehnologij brez izpustov v okolje. Glavni cilj je zmanjšanje uporabe neobnovljivih virov energije in njihova nadomestitev z obnovljivimi viri. Novi trendi, združeni pod pojmom ekoremediacije, kažejo smiselnost uporabe narave same, kjer s pravilno usmeritvijo in upoštevanjem nosilnostne kapacitete okolja z naravnimi procesi dosežemo zaščito in obnovo okolja (5, 10).

Prispevek govori o trajnostnih ekoremediacijskih pristopih sanacije degradiranega okolja in hkratnih možnostih pridobivanja obnovljivih virov energije (OVE) z zaključenim snovnim tokom, ko odpadek na eni strani predstavlja vir hranil in energije na drugi strani.

Namensko pridelan les v vlogi pridobivanja energije ter fitoremediacije vode in tal

Za čiščenje odpadne vode v Sloveniji običajno uporabljamo različne vrste čistilnih naprav. V primeru klasičnih bioloških postopkov čiščenja nastajajo velike količine biološkega blata, ki predstavlja odpadek oziroma stranski produkt čiščenja (6). V uveljavi so že metode izrabe blata za proizvodnjo bioplina. Mnogokrat pa blato predstavlja odpadek, ki ga upravljavci čistilnih naprav s težavo na primeren način odložijo. Težave lahko predstavljajo tudi specifične odpadne vode, ki jih je z enostavnimi tehnološkimi procesi težko očistiti do normativnih vrednosti primernih za izpust v

okolje. Ravno tako se pojavlja problem kam s pepelom, ki ostane po kurjenju lesa. Skupna lastnost posameznim vrstam odpadnih voda, blata in drugih proizvodnih ostankov pa je ta, da lahko vsebujejo velik delež snovi in elementov, ki predstavljajo pomembna rastlinska hranila.

V zadnjem času se kaže vse večja potreba po pridobivanju in uporabi OVE, med katerimi imajo pomembno mesto tudi energetske rastline in lesna biomasa za proizvodnjo biodizla, etanola, bioplina ali za namene ogrevanja in pridobivanja električne energije na biomaso. Za doseganje uspešne rasti energetskih rastlin je potrebno dodajanje rastlinskih hranil (umetnih gnojil), kar pa predstavlja pomemben proizvodni strošek, zaradi česar je izraba fosilnih goriv še vedno mnogokrat cenejša. Kot obojetna možnost znižanja pridelovalnih stroškov se tako kaže možnost ponovne uporabe različnih odpadnih virov kot nadomestek rastlinskih hranil. Njihova ponovna uporaba hkrati zmanjša stroške, ki bi jih bilo potrebno vložiti v čistilni proces in prostor potreben za odlaganje odpadkov. Pri uporabi odpadnih virov kot nadomestka rastlinskih hranil za pridelavo energetskih rastlin, kjer uporabimo kapaciteto narave za zadrževanje in čiščenje odpadne vode in tvorbe nove biomase, pa je potrebna predhodna celovita obravnava razmerij med živim in neživim okoljem na katere vplivamo. Upoštevati je potrebno nosilnost okolja, da ohranimo ravnovesno stanje.

Za pridobivanje lesne biomase za energetske namene so poleg naravnih gozdnih virov v svetu v uporabi nasadi hitrorastočih lesnih vrst s kratko obhodbno dobo. Gre za intenzivno gozdarsko tehniko z gosto zasadnjo dreves (do 25000 na hektar) kot so vrbe (*Salix*), topoli (*Populus*) in jelša (*Alnus*), ki se jih poseka v precej krajšem času (1-5 let), kot je to navada pri konvencionalnih gozdarskih tehnikah (11). Med njihove okoljske koristi lahko štejemo prispevek k zmanjšanju netočkovnega onesnaževanja in erozije zaradi trajne rasti in razvoja ekstenzivnega razvejanega sistema tankih korenin (7). Omogočajo stabilno kroženje hranil in povečujejo zaloge ogljika v koreninah in tleh. Raznolikost ptic v nasadih vrh je podobna tisti, ki jo najdemo v naravnih grmiščih in gozdnih sestojih. Podobno je z biološko raznolikostjo talnih živali. V nasprotju z gojenjem enoletnic je potrebna obdelava tal samo v letu vzpostavitve nasada. Daljša obdobja med posamezno obdelavo tal pomenijo manjšo nevarnost za erozijo tal in izpiranje hranil ter prispevajo k povečanju vsebnosti ogljika v tleh.



Slika 1: Nasad hitrorastočih klonov vrb vrste *Salix viminalis* namenjenih za gorivo v kraju Enköping na Švedskem. V ozadju kombinirana toplotna in elektro postaja na biomaso (foto: Arhiv ENA Energi AB).

Glede na to, da imajo trajnice manj naravnih škodljivcev, potrebujemo za njihovo vzgojo manj pesticidov (1). Navkljub nekaterim negativnim vplivom na okolje v času pridelave, zaradi uporabe herbicidov in rastlinskih hranil, je pridelava in uporaba biomase primernejša v primerjavi z uporabo fosilnih goriv. Namenske pridelave lesne biomase in njene uporabe v energetske namene sicer ne moremo definirati kot popolnoma CO₂ nevtralne, saj se v več aktivnostih pridelave uporablja fosilna goriva (transport, shranjevanje, odstranjevanje pepela). Kljub temu pa pridelava lesa kot goriva porabi manj energije kot obdelava fosilnih goriv, poleg tega pa izgorevanje fosilnih goriv povzroča višje emisije CO₂, NO_x in SO₂ (1, 2). Poleg tega lahko lesne rastline gojene za energetsko biomaso prispevajo k revitalizaciji kmetijskega gospodarjenja s prispevkom k raznolikosti pridelkov in kreiranju alternativnih virov prihodkov.

Poleg pridobivanja biomase z dodajanjem rastlinskih hranil iz odpadnih virov, poteka v omenjenih sistemih sočasno čiščenje uporabljene vode, blata in tal. Nasade rastlin, katerih glavni namen uporabe je odstranjevanje hranil in onesnaževal, imenujemo vegetacijski filtri in takemu načinu zmanjšanja onesnaženja rečemo fitoremediacija. V vegetacijskih filtrih se uporablja hitrorastoče lesne rastline (npr. *Salix*, *Populus*) in/ali zeljne trajnice (npr. *Phragmites australis*) za čiščenje onesnažene vode in tal. Vegetacijski filtri so lahko rastlinske

čistilne naprave, obdelovalne površine ali obrežni pasovi, kjer so nasajene trajnice. Glavna razlika med rastlinskimi čistilnimi napravami in ostalimi načini zasaditev je, da imajo običajno prve izolirano dno (4, 12). Odstranjevanje onesnaževal z rastlinami temelji na njihovi sposobnosti visoke evapotranspiracije in tvorbe biomase ter s tem akumulacije elementov v njihovih tkivih (fitoekstrakcija) v srednje onesnaženih okoljih. Poleg tega rizomi (korenike) in koreninski sistem rastlin preprečujejo migracijo elementov in onesnaževal skozi talni profil in s tem nadaljnjo degradacijo okolja kar imenujemo rizostabilizacija.

Zaradi njihove visoke tvorbe biomase in sposobnosti akumulacije hranil kot tudi onesnaževal iz odpadne vode in odpadnega blata, so se nasadi vrb in topolov s kratko obhodno dobo izkazali kot še posebno koristni za uporabo v vegetacijskih filtrih (8). Z odpadnimi produkti, ki jih uporabljamo kot gnojila, moramo dosegati osnovne zahteve po hranilih uporabljenih rastlin, hkrati pa ne smemo prekoračiti omejitev maksimalnih dovoljenih vnosov težkih kovin in drugih onesnaževal na zasajene površine. Z uporabo odpadnih virov za dognovanje energetskih rastlin se tako znižajo stroški, saj se s tem zmanjša potreba po popolnem odstranjevanju hranil na čistilnih napravah, hkrati pa se zmanjša potreba po uporabi umetnih gnojil. Seveda pa vse vrste odpadnih produktov niso primerne za takšno uporabo. Vsebnosti za rastline potrebnih hranil so lahko

nizke, kar narekuje Transporte večjih količin ali kombinacijo različnih vrst odpadnih snovi (13). Za zmanjšanje transportnih in drugih manipulativnih stroškov je smiselna njihova postavitve blizu energetskih naprav (blizu kurišča), ali v bližini vira hranil (čistilna naprava z odpadno vodo in blatom, odlagališče odpadkov z izcedno vodo ipd.).

Švedski primer celovite rešitve

Eno izmed uspešnih zgodb uspešne združitve čiščenja in ponovne uporabe različnih odpadnih produktov za pridobivanje lesa kot goriva lahko najdemo v mestu Enköping z 20.000 prebivalci, zahodno od Stockholma na Švedskem (3). Podjetje ENA Energy v lasti lokalne skupnosti zagotavlja vso potrebno toploto za ogrevanje stavb in tople vode v mestu. Kombinirana toplotna in elektro postaja proizvaja tudi večji del potrebne električne energije v mestu. Letno oskrbujejo mesto z okrog 220.000 MWh toplotne energije in 100.000 MWh električne energije. Energijo za pridobivanje toplote in elektrike predstavlja les iz odpadnih gozdnih ostankov, 15 % pa predstavlja lesna biomasa, ki jo pridobijo iz nasadov z energetskim lesom, ki ga predstavljajo hitrorastoče vrbe s kratko obhodno dobo s ciklusom sečnje 1 do 5 let (slika 1). Gozdne ostanke predstavljajo

v glavnem veje, vrhovi dreves, odpadna žagovina in lubje. Vso potrebno bioenergijo tako pridobijo iz bližnje okolice v povprečni oddaljenosti 70 km.

Odpadna lesna biomasa pa ni edini odpadni produkt, ki ga na trajnostni način ponovno uporabijo. Delež lesa za gorivo, ki ga predstavljajo nasadi vrb, ima namreč hkrati vlogo vegetacijskih filtrov s katerimi zmanjšajo delež dušika in fosforja v komunalni odpadni vodi in pepelu, ki ostane po sežigu lesa. Komunalna odpadna voda oziroma blato iz čistilnih naprav ter pepel se v procesu pridobivanja toplotne in električne energije ravno tako ponovno uporabi kot vir rastlinskih hranil za rast energetskih rastlin, ki so v tem primeru hitrorastoče vrste vrb (slika 2).

Pri sežigu lesa ostaja pepel in dimni plini z razpršenimi delci pepela, ki ga imenujemo elektrofilter-ski pepel. Elektrofilterski pepel uporabljajo za prekrivanje odpadkov na lokalnem odlagališču odpadkov. Preostali pepel v enakem deležu mešajo s stabiliziranim blatom iz čistilnih naprav za komunalno odpadno vodo in mešanico uporabljajo kot gnojilo za nasade vrb. Uporaba mešanice pepela in biološkega blata ima dva učinka: pospešuje rast rastlin in uporabo odpadnih produktov lokalne skupnosti na okolju prijazen način. Letna količina pepela, ki ga razdelijo lokalnim pridelovalcem vrb, predstavlja 1.500 ton. V okviru lokalne skupnosti je z vrbami zasajenih 1.200 hektarov površin.



Slika 2: Kako deluje: daljinsko ogrevanje in pridobivanje električne energije z uporabo biomase pridobljene iz lesnih odpadkov in nasadov z energetskim lesom ob uporabi odpadnih hranilnih virov v zaključenem masnem toku (shema: Arhiv ENA Energi AB).

10 % teh površin je potrebnih za vsakoletno razpršitev mešanice blata in pepela. V nadaljevanju se je projekt razvijal v ponovni uporabi blata iz individualnih greznic in malih čistilnih naprav ter izgradnji 35 km mreže namakalnega sistema, ki prekriva 80 hektarov nasadov vrb. Preko namakalnega sistema razpršujejo na zasajene površine predhodno obdelano komunalno odpadno vodo. Na 80 ha nasadov vrb v času rastne sezone tako razpršijo 200.000 m³ vode. V okviru lokalne skupnosti jim je tako uspelo vzpostaviti zaprt in uravnotežen krogotok kroženja snovi v naravi. Odpadne snovi, ki nastajajo kot posledica človekovega bivanja in dejavnosti, so uporabljene kot hranila za pospešitev rasti energetskih rastlin in s tem za pridobivanje bioenergije na trajnosten način.

V preteklosti se je izraz odpadna voda nanašal na umazano in zaudarjajočo odplako, ki povzroča bolezni in onesnažuje okolje. Vse našete oznake so seveda resnične, vendar pa bi o odpadni vodi morali razmišljati tudi kot o viru različnih snovi, ki jih lahko ponovno koristno uporabimo.

Odpadna voda: vir energetske bogatih spojin, rastlinskih hranil in vode

Predstavljena uporaba odpadnih snovi kot rastlinskih hranil za vzgojo lesa kot goriva predstavlja eno od inovativnih rešitev na področju izboljšanja učinkovitost pridobivanja OVE. Na podoben način bi lahko s hranili bogate odpadne snovi uporabili kot nadomestek gnojil pri pridelavi drugih vrst energetskih rastlin, kot je npr. oljna ogrščica za proizvodnjo biodizla.

Rezultati kažejo na smiselnost uporabe ekoremediacijskih pristopov, ki združujejo puferske, samočistilne in habitatne sposobnosti z zaključenim snovnim tokom in omogočajo hkratno fitoremediacijo onesnažene vode in zemljin ter pridobivanje energetskih posevkov. Med preostale socialno ekonomske koristi predstavljene vrste ekoremediacije lahko uvrščamo zagotavljanje energetskih potreb na lokalni ravni, prispevek k razvoju in raznovrstnosti kmetijskega gospodarjenja in povečanje ekološke vrednosti degradiranih območij, ki postanejo z vzpostavitvijo novih habitatov družbeno sprejemljivejši.



Literatura

- Adler, A. 2007. Accumulation of elements in Salix and other Species used in Vegetation Filters with focus on Wood Fuel quality. Doktorska disertacija, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
- Dolenšek, M., Oljača SI 2006: Pridelava hrane in pridobivanje energije. Novi izzivi v poljedelstvu, Zbornik simpozija, Rogaška Slatina.
- ENA Energi AB, Enköping.
Medmrežje: <http://www.ena.se> (6.11. 2007)
- Griessler Bulc, T. 2006: Long term performance of a constructed wetland for landfill leachate treatment. Ecol. eng.
- Griessler Bulc, T., Šajn-Slak, A., Vrhovšek, D. 2007: Ekoremediation - a new concept of multi-functional ecosystems technologies for environment protection. Multi functions of wetland systems. Padova: P.A.N.
- Griessler Bulc, T., Zupančič Justin, M. 2007: Sustainable Solution for Landfill Leachate with a Use of Phytoremediation. Landfill Research Trends, Nova Science Publishers, ZDA.
- Keoleian, G.A., Volk, T.A. 2005: Renewable Energy from Willow Biomass Crops: Life Cycle Energy, Environmental and Economic performance. Critical Reviews in Plant Science.
- Licht, L.A., Isebrands, J.G. 2005: Linking phytoremediated pollutant removal to biomass economic opportunities. Biomass and Bioenergy, 28.
- Tarman, K. 1992: Osnove ekologije in ekologije živali. Državna založba Slovenije, Ljubljana.
- Vrhovšek, D., Vovk Korže, A. 2007: Ekoremediacije. Filozofska fakulteta Maribor, Mednarodni center za ekoremediacije in Limnos d.o.o., Maribor; Ljubljana.
- Zupančič Justin, M., Griessler Bulc T., Vrhovšek D. 2005: Vračanje izcedne vode na odlagališče s prekritjem ki dopušča nadaljno razgradnjo (bio)razgradljivega dela odloženih odpadkov. Zbornik 6. strokovnega posvetovanja z mednarodno udeležbo Gospodarjenje z odpadki - tehnologije ravnanja z biorazgradljivimi odpadki, Ljubljana.
- Zupančič Justin M., Vrhovšek D., Griessler Bulc T. 2002: Razstrupljanje okolja z naravnimi procesi in rastlinske čistilne naprave. Proteus, 65/4.
- Zupančič Justin M., Zupančič M. 2007: Boron in irrigation water and its interactions with soil and plants: an example of municipal landfill leachate reuse. Acta agric. Slov. 89/1.