

Kratko priopćenje
Short communication

Nenad Potočić^{1*}, Ivan Seletković¹, Tamara Jakovljević¹, Mladen Ognjenović², Mia Marušić¹

BRZA METODA PROCJENE IZNOŠENJA BIOGENIH ELEMENTATA PROREDOM U SASTOJINI HRASTA LUŽNJAKA

SAŽETAK

Jedna od mjera smanjenja emisija stakleničkih plinova i ublažavanja globalnog zatopljenja je korištenje obnovljivih izvora energije kao što je šumska biomasa. Zbog sve veće potražnje za biomasom, drveni ostaci koji su nekada ostajali u sastojini, sada se iznose sa svrhom korištenja za bioenergiju. Na taj način dolazi do značajnog iznošenja biogenih elemenata iz sastojine, što može dovesti do smanjenja produktivnosti staništa. Cilj istraživanja bio je utvrditi količine ugljika, dušika, fosfora, kalija, kalcija, magnezija i sumpora koje se nepovratno iznose iz ekosustava pri različitim načinima korištenja biomase u srednjedobnoj lužnjakovoj sastojini. Kako bi to mogli utvrditi, tri izabrana stabla iz srednjedobne sastojine hrasta lužnjaka razdvojena su na deblovinu, grane promjera do 3 cm, grane promjera od 3 do 7 cm i lišće. Svaka od navedenih komponenata vagana je u svježem stanju, prosušena i pripravljena za analize sadržaja biogenih elemenata. Najveće koncentracije svih elemenata, osim kalcija zabilježene su u lišću, a najmanje u krupnom drvu, međutim, masa pojedine komponente bila je najvažniji čimbenik ukupne količine pojedinog elementa po jedinici površine. Ako izuzmemo biomasu krupnog drva, najveće količine dušika po hektaru nalaze se u granama do 3 cm promjera, dok su količine po hektaru ostalih elemenata najveće u granama promjera 3-7 cm. Iznošenjem ukupne biomase iznese se otprilike 1.3 puta više dušika nego kod klasične prorede. Rezultati ovoga istraživanja mogu se primijeniti u svrhu razvijanja smjernica za iskorištavanje šuma u različitim režimima iznošenja biomase srednjedobnih sastojina hrasta lužnjaka.

Ključne riječi: biomasa, biogeni elementi, depozicija dušika, iskorištavanje šuma, hrast lužnjak

¹ Hrvatski šumarski institut, Zavod za ekologiju šuma, Cvjetno naselje 41, 10 450 Jastrebarsko, Hrvatska

² Universität Trier, Department of Geobotany, Universitätsring 15, Trier, Germany

* nenadp@sumins.hr

UVOD

U tradicionalnom načinu iskorištavanja šuma (stem-only harvesting, SOH) drvni ostaci, ovršine, granjevina i lišće ostaju u sastojini. Kod iskorištavanja ukupne biomase za potrebe dobivanja bioenergije te se komponente iznose iz sastojine (Röser i sur. 2008). Njihovo iznošenje znači i značajno iznošenje dušika i ostalih biogenih elemenata, jer ti dijelovi stabla često imaju veću koncentraciju mineralnih tvari od deblavine (Blanco i sur. 2005; Mälkönen, 1974; Palviainen i Finér 2012; Ukonmaanaho i sur. 2008). Time potencijalno utječemo na dugoročnu održivost prirasta jer iznošenje dušika i ostalih biogenih elemenata može dugoročno degradirati produktivnost staništa (Helmisaari i sur. 2011; Jacobson i sur. 2000; Mälkönen 1974; Olsson i sur. 1996). Uz to, smanjenje mase organske tvari tla može dovesti do smanjenja potencijala šumskog ekosustava za pohranu ugljika (Johnson i Curtis 2001; Schulze i sur. 2012; Tamminen i sur. 2012; Thiffault i sur. 2011). Obzirom na nove trendove iskorištavanja biomase, cilj ovog istraživanja je bio utvrditi količine biogenih elemenata koje se nepovratno iznose iz ekosustava pri različitim načinima korištenja biomase u srednjodobnoj lužnjakovoj sastojini, uzimajući u obzir unos dušika depozicijom.

MATERIJALI I METODE

Na odabranoj pokusnoj plohi u Šumariji Županja, GJ Kusare 22a (doznaka za proredu), odabrana su tri stabla (srednje doznačeno stablo po prsnom promjeru, te dva stabla, jedno iz manjeg i jedno iz većeg debljinskog stupnja radi korekcije) hrasta lužnjaka koja su porušena te razdvojena na komponente (deblo i grane do 7 cm promjera, grane 3-7 cm, grane manje od 3 cm, lišće, Slika 1). Komponente su na terenu vagane (ukupna biomasa u svježem stanju), a uzorci dopremljeni u laboratorij Hrvatskog šumarskog instituta na obradu (mjerenje volumena, sušenje, vaganje mase suhe tvari, mljevenje biomase, kemijske analize).

Po dolasku u laboratorij uzorci biljnog materijala sušeni su na 105 °C do konstantne mase te nakon toga usitnjeni u mlinu Fritsch Pulverisette 14 i pripremljeni za analizu u mikrovalnoj pećnici Milestone Ethos One (Rautio i sur. 2016). Koncentracija ukupnog dušika i ugljika odredila se na elementarnom analizatoru Leco CNS 2000 (LECO 2000).

Koncentracija fosfora odredila se kolorimetrijski na UV/VIS spektrofotometru LaboMed (Rautio i sur. 2016), kalija, kalcija i magnezija metodom atomske apsorpcije na apsorpcijskom spektrofotometru Perkin-Elmer Aanalyst 700, a koncentracija sumpora određena je na elementarnom analizatoru Leco S (Rautio i sur. 2016).

Na osnovi analiza i izmjera te ukupne mase doznačenih stabala, dati će se procjena iznošenja elemenata iz sastojine proredom prema modalitetu korištenja biomase.



Slika 1: Razdvajanje stabala na komponente (deblo i grane iznad 7 cm promjera, grane 3-7 cm, grane manje od 3 cm, lišće)

REZULTATI I RASPRAVA

Masa suhe tvari lišća po hektaru iznosila je 1.350 kg, masa grana do 3 cm promjera 6.950 kg, masa grana promjera 3-7 cm iznosila je 9.892 kg, a masa krupnog drva 274.760 kg. Koncentracije biogenih elemenata bitno su se razlikovale u odnosu na istraživanu

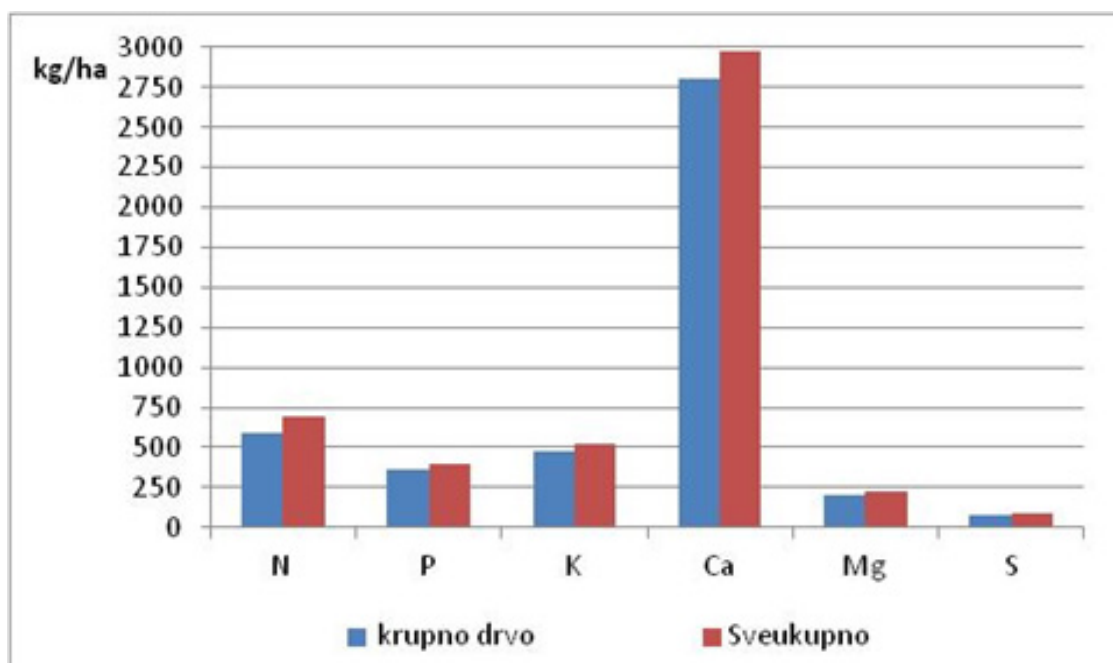
komponentu (Tablica 1). Najveće koncentracije zabilježene su u lišću, a najmanje u krupnom drvu, što vrijedi za sve elemente, osim kalcija. Najveće razlike u koncentracijama vidljive su kod dušika.

Iz Slike 2 i Tablice 2 vidljiv je kemijski sastav biomase hrasta lužnjaka, ukupno i posebno za krupno drvo, prikazan u masi pojedinog biogenog elementa po

hektaru. Najveće su količine po hektaru utvrđene za kalcij, jer kalcij osim fiziološke, ima i gradivnu ulogu u drveću te sudjeluje u izgradnji stanične membrane. Ostali elementi imaju prvenstveno fiziološku ulogu te ih u drvetu nalazimo u manjoj količini. Razlika ukupnih količina i količina u krupnom drvetu odnosi se na količine biogenih elemenata pohranjene u lišću i granama promjera do 7 cm.

Tablica 1: Koncentracije dušika, fosfora, kalija, kalcija, magnezija i sumpora u stablima hrasta lužnjaka, prema komponentama biomase

Element	Lišće (g/kg)	Grane do 3 cm (g/kg)	Grane 3-7 cm (g/kg)	Krupno drvo (g/kg)
N	21,15	5,79	3,43	2,16
P	1,73	1,68	1,58	1,34
K	8,77	2,00	2,20	1,72
Ca	8,41	9,90	9,40	10,20
Mg	2,01	0,88	0,81	0,75
S	1,48	0,50	0,40	0,27



Slika 2: Kemijski sastav biomase, kg/ha – sveukupno i krupno drvo preko 7 cm promjera

Tablica 2: Koncentracije dušika, fosfora, kalija, kalcija, magnezija i sumpora u stablima hrasta lužnjaka, prema komponentama biomase.

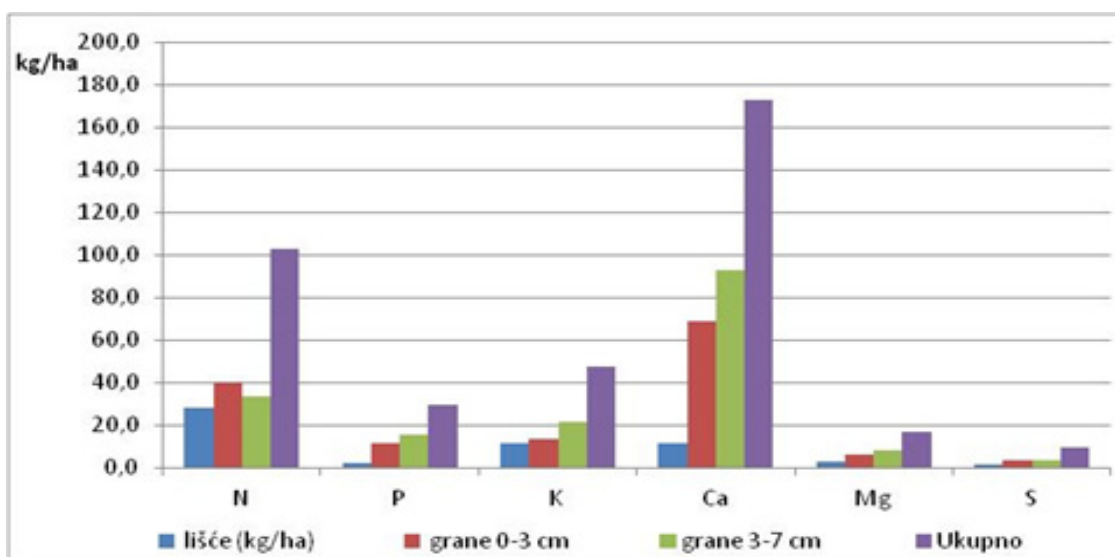
Element	Krupno drvo (kg/ha)	Sveukupno (kg/ha)
N	593,5	696,2
P	368,2	397,8
K	472,6	520,1
Ca	2802,5	2975,7
Mg	206,1	222,9
S	74,2	83,6

U Slici 3. i Tablici 3. prikazane su količine biogenih elemenata po hektaru prema komponentama biomase stabla (grane 3-7 cm, grane manje od 3 cm, lišće). Masa pojedine komponente bila je najvažniji čimbenik ukupne količine pojedinog elementa po hektaru.

U klasičnoj proredi, u kojoj se iznosi samo krupno drvo i grane preko 7 cm promjera (Slika 4, Tablica 4) iznese se 51,1 kg/ha dušika, dok bi se korištenjem ukupne biomase iz sastojine iznijelo 67,8 kg/ha dušika. Sličan odnos vrijedi naravno i za druge elemente.

Tablica 3: Kemijski sastav biomase u kg/ha, po komponentama bez krupnog drveta

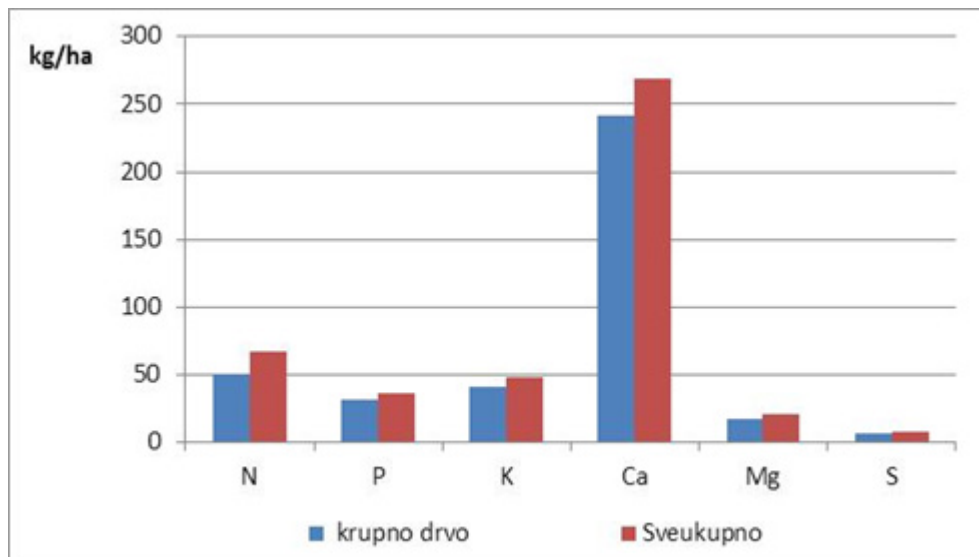
Element	Lišće (kg/ha)	Grane do 3 cm (kg/ha)	Grane 3-7 cm (kg/ha)	Ukupno (kg/ha)
N	28,6	40,2	33,9	102,7
P	2,3	11,7	15,6	29,6
K	11,8	13,9	21,8	47,5
Ca	11,4	68,8	93,0	173,1
Mg	2,7	6,1	8,0	16,8
S	2,0	3,5	4,0	9,4



Slika 3: Kemijski sastav biomase u kg/ha, po komponentama bez krupnog drveta

Tablica 4: Kemijski sastav biomase, kg/ha u proredi – sveukupno i krupno drvo preko 7 cm promjera

Element	Krupno drvo (kg/ha)	Sveukupno (kg/ha)
N	51,1	67,8
P	31,7	36,5
K	40,7	48,4
Ca	241,1	269,3
Mg	17,7	20,5
S	6,4	7,9



Slika 4: Kemijski sastav biomase, kg/ha u proredi – sveukupno i krupno drvo preko 7 cm promjera

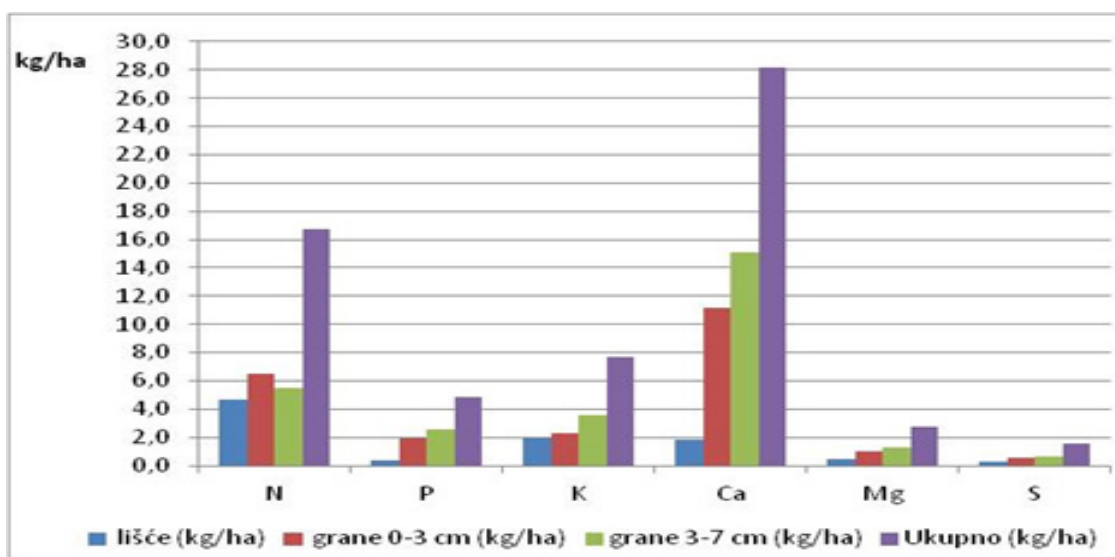
Gledajući po komponentama biomase bez krupnog drveta, najveće količine dušika nalaze se u granama do 3 cm promjera, dok su količine po hektaru ostalih elemenata najveće u granama promjera 3-7 cm, prvenstveno zahvaljujući masi te komponente (Slika 5., Tablica 5.).

Istraživanjem je utvrđeno kako iznošenje dušika standardnom proredom iznosi oko 50 kg/ha svakih 10 godina, odnosno 5 kg/ha godišnje, dok je iznošenje dušika proredom za biomasu veće te iznosi oko 68 kg/ha svakih 10 godina, odnosno 6,8 kg/ha godišnje. S obzirom na godišnji unos dušika depozicijom u 2016. godini utvrđen na plohi intenzivnog motrenja 109 u Vrbanji koji iznosi 13,5 kg/ha (Potočić i sur.

2017), izračunali smo kako razlika godišnjeg unosa i iznošenja dušika iznosi 6,7 kg/ha, to jest unos dušika u ekosustav veći je od gubitka proredom bez obzira na način iskorištavanja biomase. Potrebno je napomenuti kako se rezultati ovoga istraživanja mogu primijeniti samo za izračun iznošenja biogenih elemenata u različitim režimima iskorištavanja biomase srednjedobnih sastojina hrasta lužnjaka, obzirom da se odnos udjela pojedinih komponenti biomase mijenja sa starosti stabala (Kranjc i sur. 2013).

Tablica 5: Kemijski sastav biomase u kg/ha, u proredi, po komponentama bez krupnog drveta

Element	Lišće (kg/ha)	Grane 0-3 cm (kg/ha)	Grane 3-7 cm (kg/ha)	Ukupno (kg/ha)
N	4,6	6,5	5,5	16,7
P	0,4	1,9	2,5	4,8
K	1,9	2,3	3,5	7,7
Ca	1,8	11,2	15,1	28,2
Mg	0,4	1,0	1,3	2,7
S	0,3	0,6	0,6	1,5



Slika 5: Kemijski sastav biomase u kg/ha, u proredi, po komponentama bez krupnog drveta

ZAKLJUČCI

Istraživanjem smo utvrdili količinu biogenih elemenata u krupnom drvu, deblu, granama i lišću srednjodobne sastojine hrasta lužnjaka na području šumarije Županja. Najveće koncentracije biogenih elemenata zabilježene su u lišću, zatim u granama do 3 cm nakon toga u granama od 3 do 7 cm i najmanje koncentracije zabilježene su u krupnom drvu. Najveća količina kalcija zabilježena je u krupnom drvu, a najmanja u lišću zbog njegove gradivne uloge u drveću.

U klasičnoj proredi gdje se iznosi samo krupno drvo i grane preko 7 cm promjera iznese se 25 % posto manje dušika u usporedbi s iznošenjem ukupne biomase iz sastojine.

Ostavljanjem lišća prilikom prorede smanjilo bi se uglavnom iznošenje dušika, dok bi ostavljanje grana

u sastojini utjecalo na smanjenje iznošenja kalcija, kalija i fosfora.

Rezultati ovog istraživanja uspoređeni s godišnjim unosom dušika depozicijom, pokazuju kako je unos dušika u ekosustav veći od iznošenja dušika proredom bez obzira na način iskorištavanja biomase. Rezultati ovog istraživanja mogu se primijeniti samo na izračun iznošenja biogenih elemenata prilikom iskorištavanja biomase srednjodobnih sastojina hrasta lužnjaka.

LITERATURA

Blanco, J.A., Zavala, M.A., Imbert, J.B., Castillo, F.J., 2005. Sustainability of forest management practices: evaluation through a simulation model of nutrient cycling. *For. Ecol. Manage.* 213, 209–228.

- Dial, R., Tobin, S.C., 1994. Description of arborist methods for forest canopy access and movement. *Selbyana* 15, 24-37.
- Helmisaari, H.-S., Holt Hanssen, K., Jacobson, S., Kukkola, M., Luro, J., Saarsalmi, A., Tamminen, P., Tveite, B., 2011. Logging residue removal after thinning in Nordic boreal forests: Long-term impact on tree growth. *For. Ecol. Manage.* 261, 1919–1927.
- Jacobson, S., Kukkola, M., Mälkönen, E., Tveite, B., 2000. Impact of whole-tree harvesting and compensatory fertilization on growth of coniferous thinning stands. *For. Ecol. Manage.* 129, 41–51.
- Jepson, J., 2000. *The tree climber's companion*. Beaver Tree Publishing, Longville, Minnesota.
- Johnson, D.W., Curtis, P.S., 2001. Effects of forest management on soil C and N storage: meta-analysis. *For. Ecol. Manage.* 140, 227–238.
- Kranjc N., Eler K., Kobal, M., Triplat, M., Iztok Sinjur, I., Žlindra, D., Mihelič M., Robek R., Piškur M., Simončič P. 2013. Možnosti in omejitve pridobivanja biomase iz gozdov. Završno izvješće projekta V2-1126. Gozdarski inštitut Slovenije, Ljubljana, 179 str.
- LECO, 2000. Organic application note form No. 203 –821 –172, Carbon, Nitrogen and Sulfur in Plant Tissue, Instrument: CNS2000. LECO Corporation.
- Mälkönen, E., 1974. Annual primary production and nutrient cycle in some Scots pine stands. *Commun. Inst. For. Fenn.* 84, 87.
- Olsson, B.A., Staaf, H., Lundkvist, H., Bengtsson, J., Rosén, K., 1996. Carbon and nitrogen in coniferous forest soils after clear-felling and harvests of different intensity. *For. Ecol. Manage.* 82, 19–32.
- Palviainen, M., Finér, L., 2012. Estimation of nutrient removals in stem-only and whole-tree harvesting of Scots pine, Norway spruce, and birch stands with generalized nutrient equations. *Eur. J. For. Res.* 131, 945–964.
- Potočić, N., Seletković, I., Jakovljević, T., Marjanović, H., Indir, K., Medak, J., Lacković, N., Ognjenović, M., Laslo, A. 2017. Oštećenost šumskih ekosustava Republike Hrvatske. Izvješće za 2016. godinu. Nacionalni koordinacijski centar za procjenu i motrenje utjecaja atmosferskog onečišćenja i drugih čimbenika na šumske ekosustave, Hrvatski šumarski inštitut, Jastrebarsko.
- Rautio, P., Fürst, A., Stefan, K., Raitio, H., Bartels, U., 2016. Part XII: Sampling and Analysis of Needles and Leaves., U: *Ecosystems, T.I.o.F. (Ur.)*, UNECE ICP Forests Programme Coordinating Centre: Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests., Eberswalde, Germany.
- Röser, D., Asikainen, A., Raulund-Rasmussen, K., Stupak, I. (Eds.), 2008. *Sustainable use of Forest Biomass for Energy. A Synthesis with Focus on the Baltic and Nordic Region*. Springer, Dordrecht.
- Schulze, E.-D., Körner, C., Law, B.E., Haberl, H., Luyssaert, S., 2012. Large-scale bioenergy from additional harvest of forest biomass is neither sustainable nor greenhouse gas neutral. *Glob. Change Biol. Bioenergy* 4, 611–616.
- Tamminen, P., Saarsalmi, A., Smolander, A., Kukkola, M., Helmisaari, H.-S., 2012. Effects of logging residue harvest in thinnings on amounts of soil carbon and nutrients in Scots pine and Norway spruce stands. *For. Ecol. Manage.* 263, 31–38.
- Thiffault, E., Hannam, K.D., Paré, D., Titus, B.D., Hazlett, P.W., Maynard, D.G., Brais, S., 2011. Effects of forest biomass harvesting on soil productivity in boreal and temperate forests – a review. *Environ. Rev.* 19, 278–309.
- Ukonmaanaho, L., Merilä, P., Nöjd, P., Nieminen, T.M., 2008. Litterfall production and nutrient return to the forest floor in Scots pine and Norway spruce stands in Finland. *Boreal Environ. Res.* 13 (Suppl. B), 67–91, <http://www.borenv.net/BER/pdfs/ber13/ber13-B067.pdf>.

SUKOB INTERESA

Autori nemaju sukob interesa za prijaviti.

A QUICK METHOD FOR ESTIMATION OF NUTRIENT EXPORTS RESULTING FROM THINNING IN A PEDUNCULATE OAK STAND

SUMMARY

One of the measures to reduce greenhouse gas emissions and mitigate global warming is the use of renewable energy sources such as forest biomass. Due to the growing demand for biomass, wood residues that once remained in the stand are now being extracted for bioenergy use. In this way, there is a significant nutrient export from the stand, which can lead to a decrease in habitat productivity. The aim of the study was to determine the amounts of carbon, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sulfur that are irreversibly removed from the ecosystem by extracting biomass at different levels in the middle-aged pedunculate stand. To be able to determine this, three selected trees from a middle-aged pedunculate oak stand were separated into trunks, branches up to 3 cm in diameter, branches 3 to 7 cm in diameter, and leaves. Each of these components was weighed, dried and prepared for chemical analysis. The highest concentrations of all elements (except calcium) were recorded in the leaves, and the lowest in coarse wood, however, the mass of each component was the most important factor for the total amount of each element per unit area. With the exception of coarse wood biomass, the largest amounts of nitrogen per hectare are in branches up to 3 cm in diameter, while the quantities per hectare of other elements are largest in branches 3-7 cm in diameter. Approximately 1.3 times more nitrogen is exported by using total biomass than with classical thinning. The results of this research can help in developing guidelines for different regimes of biomass removal in middle-aged pedunculate oak stands.

Keywords: biomass, nutrients, nitrogen deposition, forest exploitation, pedunculate oak