
Академија наука и умјетности Републике Српске
Монографије, Књига LII
Одјељење природно-математичких и техничких наука
Одбор за биотехничке науке
Књига 50

Едиција
ОДРЖИВИ РАЗВОЈ И УПРАВЉАЊЕ ПРИРОДНИМ РЕСУРСИМА
РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ
Уредници Ново Пржуљ и Васкрсија Јањић

Монографија

УПРАВЉАЊЕ РЕСУРСИМА У ПРОИЗВОДЊИ И ПРЕРАДИ БИОМАСЕ

Уредници
Војислав Тркуља
Зоран Говедар
Ново Пржуљ



Бања Лука, 2023.

АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЈЕТНОСТИ РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ

Научне монографије

Књига LII

Одјељење природно-математичких и техничких наука

Одбор за биотехничке науке

Књига 50

Монографија

УПРАВЉАЊЕ РЕСУРСИМА У ПРОИЗВОДЊИ И ПРЕРАДИ БИОМАСЕ

Главни уредник

Академик Рајко Кузмановић

Одговорни уредник

Академик Драго Бранковић

Уредник

Академик Бранко Шкундрић

Уредници монографије

Проф. др Војислав Тркуља

Проф. др Зоран Говедар, дописни члан АНУРС-а

Академик Ново Пржуљ

Рецензенти

Академик Драган Шкорић

Академик Рудолф Кастори



Бања Лука, 2023.

ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS OF THE REPUBLIC OF SRPSKA

Scientific monographs

Book LII

SECTION FOR MATHEMATICS, NATURAL AND TECHNICAL SCIENCES

Committee on Biotechnical Sciences

Book 50

Monograph

RESOURCE MANAGEMENT IN BIOMASS PRODUCTION AND PROCESSING

Editor-in-chief

Academician Rajko Kuzmanović

Executive editor

Academician Drago Branković

Editor

Academician Branko Škundrić

Monograph editors

Prof. dr Vojislav Trkulja

Prof. dr Zoran Govedar, corresponding member of ASARS

Academician Novo Pržulj

Reviewers

Academician Dragan Škorić

Academician Rudolf Kastori



Banja Luka, 2023

CIP – Каталогизација у публикацији
Народна и универзитетска библиотека
Републике Српске, Бања Лука

620.95(082)

УПРАВЉАЊЕ ресурсима у производњи и преради биомасе : монографија /
главни уредник Рајко Кузмановић ; одговорни уредник Драго Бранковић ;
уредник Бранко Шкундрић ; уредници монографије Војислав Тркуља, Зоран
Говедар, Ново Пржуљ ; рецензенти Драган Шкорић, Рудолф Кастори. - Бања
Лука : Академија наука и умјетности Републике Српске, 2023 (Лакташи :
Графомарк). - XXXVIII, 827 стр. : илустр. ; 24 см. - (Едиција Одрживи развој и
управљање природним ресурсима Републике Српске) (Академија наука и
умјетности Републике Српске, Научне монографије ; књ. 52, Одјељење
природно-математичких и техничких наука. Одбор за биотехничке науке ;
књ. 50)

На спор. насл. стр.: Resource managemet in biomass production and processing.
- Тираж 250. - Подаци о ауторима текстова у монографији = Contributors contact
details: стр. XI-XVIII. - Стр. XXXI-XXXVIII: Рецензије / Драган Шкорић,
Рудолф Кастори. - Напомене и библиографске референце уз текст. -
Библиографија уз поглавља. - Сажеци на енгл. језику.

ISBN 978-99976-42-66-0

ISSN 2831-1132

COBISS.RS-ID 138659073

Одбор за издавачку дјелатност Академије наука и умјетности Републике
Српске дао је сагласност да се штампа монографија Управљање ресурсима у
производњи и преради биомасе – Одлука број 01-678-2/22 од 12.11.2022.
године.

Публиковање ове монографије финансијски су подржали Кабинет предсједника
Републике Српске, Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде
Републике Српске и Министарство за научнотехнолошки развој, високо
образовање и информационо друштво Републике Српске.

Аутори појединих поглавља одговорни су за садржај текста који су написали.

Земљиште као ресурс за производњу травне биомасе

Жељко Џелетовић

Сажетак: *Педолошки покривач на подручју западног Балкана веома је хетероген. Због ограничених могућности повећања обрадивих површина, с разлогом се поставља питање рационалног коришћења постојећег земљишног фонда. Наиме, повећање цијена хране, које се подудара са глобалним повећањем производње биогорива, води до размишљања да је производња горива одговорна за повећање цијена хране. Погодност земљишног простора за намјенско коришћење заснива се на дугорочној економичности. Производњом биомасе на маргиналним земљиштима био би ријешен овај проблем, јер би продуктивна њивска земљишта била препуштена производњи хране. Земљишта погодна за коришћење у интензивној пољопривредној производњи и погодна за обраду припадају I–IV бонитетној класи, а земљишта која су мање погодна и непогодна за коришћење (маргинална земљишта) припадају V–VIII бонитетној класи. Према већини истраживача, економична производња дрвне и травне биомасе требало би да се одвија на земљиштима IV–VIII бонитетне класе.*

Притом, висока је заступљеност напуштених и маргиналних земљишних површина у појединим земљама западног Балкана. С обзиром на високу заступљеност ливада и пашњака, који су углавном на земљишним

Цитирање: Џелетовић Ж (2023) Земљиште као ресурс за производњу травне биомасе. У: Тркуља В, Говедар З, Пржуљ Н (уредници) Управљање ресурсима у производњи и преради биомасе. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, Монографија LII:105–140

Cite as: Dželetović Ž (2023) Land as a resource for biomass production. In: Trkulja V, Govedar Z, Pržulj N (eds) Resource management in biomass production and processing. Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, Banja Luka, Monograph LII:105–140

површинама V–VIII класе, и њихову недовољну искоришћеност, потенцијал расположивих земљишних површина за гајење усјева за добијање биомасе веома је велики. Њима се могу прикључити и привремено изгубљене површине (гринфилди и браунфилди) и површине испод ваздушних водова. Састав земљишта има ограничен утицај на концентрацију елемената у биомаси и на квалитет биомасе. Усјеви који се гаје за добијање биомасе генерално имају ниске захтјеве у хранљивим материјама и адаптивни су на различите земљишне услове. Производњом биомасе могу се повећати резерве земљишног органског угљеника и на тај начин побољшати плодност земљишта. Да ли ће се производњом биомасе побољшати или умањити биодиверзитет зависи од начина коришћења земљишних површина и од праксе газдовања гајеним усјевом.

Кључне ријечи: Травна биомаса, маргиналне земљишне површине, бонитет земљишта, плодност земљишта, тржишна вриједност земљишта

3.1. Увод

Земљиште представља интегрални дио глобалних изазова са аспекта одрживости животне средине у погледу безбједности хране, безбједности воде, енергетске безбједности, стабилности климе, биодиверзитета и екосистема (Кадовић и сар. 2016). Земљиште има исти егзистенцијални статус у свим наведеним сегментима, те се у свима њима мора истицати и третирати на сличан начин. Притом, међу земљишним функцијама капацитет продукције биљне биомасе (продуктивна функција) остаје есенцијална (Mueller et al. 2010). Препознајући улогу земљишта у одрживости животне средине, концепт безбједности земљишта предложен је као мултидимензионални систем, који обухвата биофизички, економски, социјални, политички и законски оквир за земљиште (Koch et al. 2013).

Ограничена обезбијеђеност конвенционалном енергијом и пораст емисија угљеника фосилним горивима повећали су потребе за обновљивим изворима енергије (Kim et al. 2009). Међутим, послије више од деценије снажне политичке подршке за увођење биоенергије, нарочито течних транспортних биогорива, постало је јасно да ограничења ресурса представљају главну препреку за прихватање и даље ширење биоенергије (Lewandowski 2015).

Не постоје реалне статистике о производњи вишегодишњих усјева за биомасу у Европи. Површине на којима се гаје вишегодишње биљке за производњу

биомасе у ЕУ вјероватно су мање од 60.000 ха, из чега Lewandowski (2016) закључује да, упркос свим могућим животносрединским и економским користима, вишегодишњи усјеви за производњу биомасе тренутно не играју значајну улогу у ЕУ. Иако заузимају око 50% ових површина, дрвенасте врсте имају релативно мањи значај, због ограничене доступности земљишних површина наспрам многим зељастим вишегодишњим травама. Осим тога, њихов годишњи принос биомасе генерално је нижи због успорене стопе раста у годинама након заснивања (Scordia et al. 2016).

3.2. Основне одлике најзаступљенијих типова земљишта

Земљишни покривач одликује се великим бројем системских јединица које су настале као посљедица разноликости услова постанка и развоја земљишта. На генезу и еволуцију земљишта пресудан утицај имали су геоморфолошка грађа терена (рељеф) и његов разноврстан петрографски састав. Педолошки покривач на подручју западног Балкана веома је хетероген, те ће у наставку бити сажето представљени најважнији типови земљишта на овом подручју.

Лептосол (литосол, камењар) појављује се у планинским подручјима и представља прву фазу формирања земљишта, са малим или никаквим развојем земљишног профила (Сл. 3.1). Лептосоли су најраспрострањенији тип земљишта на свијету, али упркос њиховој значајној заступљености, лептосоли су у истраживањима земљишта углавном игнорисани, најчешће због њиховог врло ограниченог интереса за пољопривреду, као и општег недостатка развоја профила (Gerasimova et al. 2015).



Сл. 3.1. Лептосол (Комови, Црна Гора) (Фото Џелетовић Ж)
Fig. 3.1. Leptosol (Mt. Komovi, Montenegro) (Photo Dželetović Ž)

Регосол (сирозем) образује се на растреситим супстратима, девастираним површинама изложеним ерозији, на лесу, лесоликим материјалима, лапору, лапоровитој глини, лапоровитим кречњацима, пјешчару, шкриљцима и мјестимично еруптивним стијенама.

Калкомеланосол (кречњачко-доломитна црница) најчешће се појављује у планинским подручјима, као и на кречњацима на нижим надморским висинама. По хемијском саставу, то је некарбонатно земљиште, неутралне до слабо киселе реакције, са малим садржајем лако приступачног фосфора и нешто вишим садржајем лако приступачног калијума. Калкомеланосол, уколико има дубок солум, користи се као ливада и пашњак (Гламочлија и сар. 2012, 2015). Ако се налази на нижим позицијама, са благим нагибом и у повољним климатским условима, може се, али рјеђе, користити и као ораница.

Ранкер (хумусно-силикатно земљиште) образује се углавном на надморским висинама изнад 1000 м.н.в. и на скоро свим супстратима. С обзиром на то да настаје на некарбонатној подлози, не садржи карбонате, али у зависности од природе супстрата може бити неутралне, умјерено киселе, па и екстремно киселе реакције. Ранкери са дубљим педолошким профилем користе се као нископродуктивне оранице, које су мало обезбијеђене азотом и лако приступачним фосфором, а на којима се гаје кромпир, јечам или овас. На релативно заравњеним теренима, ранкери се најчешће користе као ливаде, а на стрмијим теренима преовлађују шуме (Гламочлија и сар. 2012, 2015).

Рендзина се јавља на лесу и лесоликим супстратима, сизи, лапору, лапоровитим меким кречњацима и флишу. Ово земљиште је карбонатно, са релативно високим удјелом хумуса (5%–20%) и добро обезбијеђено главним биљним хранивима. Рендзина је пропусно, добро аерисано земљиште, повољног термичког режима. На земљиштима овог типа углавном су засноване оранице, воћњаци и виногради, као и шумски засади и пашњаци.

Смоница (вертисол) јесте тешко земљиште, које се формира на терцијарним и квартарним седиментима богатим монтморилонтом глином и на алувијалним базичним стијенама као супстратима (Gerasimova et al. 2015). Са пољопривредног аспекта, смоница се одликује великом потенцијалном плодношћу. Међутим, смоница испољава низ неповољних водно-физичких особина и у влажном стању (бубрење, пластичност, слаба хидрауличка проводљивост, љепљивост и велики топлотни капацитет) и у сувом стању (скупљање и отежана обрада) (Филиповић 1979). Хумусом, укупним азотом и лако приступачним калијумом вертисоли су углавном добро обезбијеђени, а у погледу обезбијеђености лако приступачним фосфором – сиромашни. Вертисоли су углавном заступљени у равничарским крајевима и котлинама.

Чернозем је земљиште семиаридног степског подручја. Матични супстрат на коме је формиран овај тип земљишта је карбонатни лес. Одликује се добром мрвичастом структуром, стабилним агрегатима и добром пропустљивошћу за воду, а тиме и повољним водно-ваздушним и топлотним режимом, због чега се лако обрађује. Неутралне је до слабо алкалне реакције, добро је обезбијеђен хумусом и главним биљним хранивима. Чернозем се налази углавном у првој бонитетној класи (Гламочлија и сар. 2012, 2015). Погодан је за наводњавање, уз чију се примјену на овом типу земљишта могу постићи високи и стабилни приноси гајених биљака.

Еутрични камбисол (гајњача) образује се на лесу и лесоликим седиментима, базним и неутралним еруптивним стијенама, периодиту и серпентиниту, језерским седиментима, алувијалним, колувијалним и еолским наносима, глинцу и амфиболским шкриљцима. То су претежно оцједна, топла и средње тешка земљишта са израженом текстурном диференцијацијом унутар профила и веома повољним водно-ваздушним режимом који настаје као резултат односа крупних, средњих и финих пора. Еутрични камбисоли су бескарбонатни, слабо киселе реакције, средње обезбијеђени хумусом, али са релативно ниским укупним азотом и лако приступачним фосфором, док су лако приступачним калијумом средње обезбијеђени. Имају висок капацитет адсорбције и убрајају се у земљишта високе еколошко-производне вриједности за ратарску, повртарску, воћарску и виноградарску производњу.

Дистрични камбисол (смеђе кисело земљиште) образује се на киселим кварцно-силикатним супстратима: пјешчару, бречама, глинцима, пијеску и глини. Грађа му је слична еутричном камбисолу, али се од њега разликује увећаном киселошћу и ниским садржајем хумуса, азота и лако приступачног фосфора, док је средње обезбијеђен лако приступачним калијумом.

Калкокамбисол (смеђе земљиште на кречњаку и доломиту) образује се на тврдим кречњацима и доломитима, који су најчешће карстификовани. Цио солум им је бескарбонатан, реакција слабо кисела, механички састав глиновит, а структура полиедрична. На обрадивим површинама је средње обезбијеђен хумусом, док под природном вегетацијом хумуса има знатно више. Лако приступачног фосфора има мало, а лако приступачног калијума средње. Одликује се високим интензитетима минерализације и индексима приступачности азота (Dželetović et al. 2004). Калкокамбисоли се углавном користе као пашњаци и ливаде.

Лувисол (лесивирано или илимеризовано земљиште) одликује се испирањем глине из горњих и њеним таложењем у доњим хоризонтима

земљишта, као и великом (> 50%) засићеношћу базама (Gerasimova et al. 2015). Слабо је киселе до киселе реакције, са смањеном количином хумуса и лако приступачног фосфора, а са средњом количином лако приступачног калијума. Користи се за њивске усјеве, воћњаке, ливаде и пашњаке. На нагибима захтијева заштиту од ерозије.

Флувисол (алувијално земљиште) образује се транспортом и таложењем материјала у ријечним долинама током поплава. То су слојевити рецентни ријечни или језерски наноси у којима процес седиментације игра већу улогу од генетског развоја земљишта. Минеролошки и механички састав и слојевитост алувијума могу се разликовати у зависности од водног режима водотока, рељефа, геолошке подлоге и развоја земљишта. Флувисоли су веома плодна земљишта, најчешће су карбонатни и неутралне реакције. Садржај хумуса варира од слабе до високе обезбијеђености. Ова земљишта су средње до високо обезбијеђена основним хранљивим елементима и на њима је могуће остварити стабилне и високе приносе пољопривредних усјева (Гламочлија и сар. 2012, 2015).

Псеудоглеј (планосол, стагнасол) на мањој или већој дубини свог профила има непропусни или слабо пропусни хоризонт, који спречава нормалну филтрацију. Превлаживање се јавља сезонски, као посљедица задржавања воде поријеклом од падавина. Широко је распрострањен, нарочито у Посавини. Основне одлике овог типа земљишта јесу тежак механички састав, збијеност и мала хидрауличка проводљивост хоризонта (Пивић 2013). Површински хоризонт псеудоглеја је углавном киселе реакције (pH 5–5,5), слабо су засићени базама, малог капацитета апсорпције и слабо обезбијеђени хумусом и биљним хранивима. Псеудоглеј је земљиште ограничене плодности, а постигнути приноси гајених биљака углавном су ниски и зависе од метеоролошких услова у току године.

Хумифлувисол (флувијално ливадско земљиште, ливадска црница) јесте земљиште са развијеним хумусним хоризонтом, који се образује уз смањену седиментацију краћих поплава. Подземна вода и глејни хоризонт налазе се испод метра дубине. Различитог је механичког састава, добро обезбијеђено хумусом и лако приступачним калијумом, а слабије снабдјевено лако приступачним фосфором. Повољне је структуре, а по продуктивности припада групи најбољих земљишта.

Хумоглеј (ритска црница) образује се у рељефским депресијама, под утицајем високог нивоа подземних вода или усљед појачаног влажења површинским поплавним водама. Колебање нивоа подземне воде је најчешће велико. Значајан утицај на образовање овог типа има и земљишна флора, која оставља знатне количине органских остатака. По правилу,

карбонатне ритске црнице лакшег механичког састава имају нешто повољније структурне особине, док тешке, глиновите ритске црнице имају лошу структуру, збијене су, и након губитка влаге у земљишту се јављају дубоке пукотине, које се вертикално спајају и стварају читаве блокове. Хумоглеј је углавном веома плодно земљиште, неутралне до слабо алкалне реакције (Гламочлија и сар. 2012, 2015).

Еуглеј (мочварно глејно земљиште) јесте тип земљишта код кога се хумусни хоризонт одликује знацима хидроморфизма, а у профилу се јавља глејни хоризонт са јасно израженим оксидационим и редукционим потхоризонтима. Разликују се: *хипоглејни еуглеј*, код кога је оглејавање узроковано подземном водом; *епиглејни еуглеј*, код кога је оглејавање настало утицајем поплавних вода; и *амфиглеј*, код кога је оглејавање настало под утицајем и поплавне и подземне воде.

Хистосол (тресетно земљиште) настаје таложењем органских материјала у мочварном окружењу. Услови превлаживања, недостатак кисеоника и, врло често, ниске температуре и кисели услови инхибирају разградњу и доводе до акумулације органске материје (Kolka et al. 2012). У неким хистосолима органски материјал се добија из планинске шумске вегетације под хладним, влажним условима великих киша.

Антросол (антропогено земљиште) обухвата групу земљишта изложену јаком антропогеном утицају. *Ригосол* обухвата земљишта код којих је риголовањем (дубоким растресањем до дубине од 60 цм) дошло до мијешања два или више хоризоната, тако да је настао нови измијењени (антропогени) хоризонт. Ово је одлика земљишта насталих приликом заснивања винограда и плантажа воћака. *Хортисол* је земљиште настало интензивном обрадом и ђубрењем, код кога је образован хомоген хоризонт повећане хумозонности.

Према квалитативним својствима главних типова земљишта, преовлађују земљишни типови са већим или мањим ограничењима за пољопривредну производњу (Таб. 1). За производњу биомасе, према Vilček et al. (2013), најпродуктивнија су земљишта типа чернозем и флувисол, док су глејосоли, хистосоли и лептосоли најслабије продуктивни. Што се тиче ефикасности економских и финансијских улагања, према Vilček et al. (2013), биљке гајене на земљишним типовима чернозем, молични флувисол, флувисол и хаплични лувисол, у веома топлим, веома сувим, низијским или долинским континенталним климатским регионима, профитабилне су на падинама нагиба до 7° и уколико су та земљишта без садржаја шљунка или само са спорадичним садржајем шљунка.

3.3. Утицај производње биомасе на производњу хране и одрживо коришћење земљишних површина

Услед растуће потражње за храном, расте и потреба за обрадивим земљишним површинама на којима би били гајени усјеви који се користе у исхрани. Због ограничених могућности повећања обрадивих површина, поставља се питање рационалног коришћења постојећег земљишног фонда. Рурална економија, традиционално базирана на пољопривреди, обезбјеђује одрживи развој само ако се ресурсима управља на адекватан начин, док у супротном долази до нарушавања руралног окружења и деградације природних ресурса. Израз „одржива пољопривреда“ често се користи у ограниченом смислу да се опишу пољопривредне праксе којима се снижавају улазни услови и чува квалитет земљишта, уз одржавање економског приноса (Singh 2013). Притом, оранице чине категорију земљишта са најзначајнијим аграрним потенцијалима, посебно значајним за рурално становништво (Марчета и сар. 2014).

Евидентно је да брза експанзија производње течних биогорива за транспорт добијених од гајених усјева који се користе за производњу хране има утицај на раст цијена хране (Johansson and Azar 2007; Banse et al. 2008). Многи фактори који су повећали цијену хране, а повезани су са цијеном сировина, укључујући повећану потражњу, смањену понуду и повећане производне трошкове, водили су ка већим цијенама енергије и минералних ђубрива. Анализе Mueller et al. (2011) указују на то да је производња биогорива имала скроман допринос (3%–30%) повећању робних цијена хране. Развој биогорива друге генерације (нпр. целулозног етанола), за чију се производњу користе непрехрамбене резидуалне биомасе или непрехрамбени усјеви, требало би да ублажи будући утицај производње биогорива на цијене хране (Mueller et al. 2011). Утицаји производње биогоривних сировина (биомасе) на цијене хране су дјелимично усјевно специфични, док се много израженији утицај на раст цијена хране засад испољава у конкурисању за боља пољопривредна земљишта (Johansson and Azar 2007; Banse et al. 2008). У том смислу, под тржишним условима постоје, у суштини, сличности између усјева гајених за храну и усјева који се не гаје за храну (Reijnders 2010). Раст профитабилности оба типа гајених усјева тежи да буде бољи када се користе квалитетна пољопривредна земљишта умјесто маргиналних или напуштених земљишта (Johansson and Azar 2007; Christersson 2008), односно подручја са највећим приносима биомасе подударају се са подручјима на којима се производи храна на високовриједним земљишним површинама (Lovett et al. 2009).

Повећање цијена хране, које се подудара са глобалним повећањем производње биогорива, води до закључка да је производња биомасе одговорна за повећање цијена хране. Међутим, доступни подаци сугеришу да рекордне цијене житарица нису узроковане повећањем производње биогорива, али јесу постојањем спекулативног мјехура који је повезан са високим цијенама нафте, слабим доларом и повећавањем нестабилности због робног индекса улагања финансијских средстава (Mueller et al. 2011). Коришћење постојећих пољопривредних земљишних површина за производњу непрехрамбених усјева могло би смањити производњу хране, потенцијално водити до пораста цијена за потрошаче и смањити свеукупну расположивост земљишних површина (Graham-Rowe 2011).

Иако биогорива произведена од усјева који се користе у исхрани тренутно заузимају већину тржишта биоенергије, доминантна повећања производње биогорива после 2020. године очекују се од друге генерације биогорива (Fargione et al. 2010). Поред тога, очекује се да технологије потребне за прераду целулозне сировине у биоенергију буду доступне у наредних 10–20 година (Beringer et al. 2011). Коришћење плодних обрадивих земљишних површина за гајење енергетских усјева стога се често сматра контроверзним (Andersson-Sköld et al. 2014). Површине под енергетским усјевима повећале су се преко 10 пута у периоду 2000–2010. године, те постоји широки консензус у предвиђањима да ће се потражња за енергетским усјевима у наредном периоду брзо повећавати на неколико милиона хектара у блиској будућности (Zegada-Lizarazu and Monti 2011). Процијењена укупна производња биомасе у Европи, на основу будућих приноса и вишка земљишних површина на располагању за енергетске усјеве, можда неће бити довољна да задовољи потребе у снабдијевању биоенергијом (Cosentino et al. 2012). Производњом биогорива на маргиналним земљиштима био би ријешен овај проблем, јер би продуктивна њивска земљишта била препуштена производњи хране.

3.4. Маргиналне земљишне површине и производња биомасе

Маргиналне земљишне површине сматрају се обећавајућим за производњу биомасе (Feng et al. 2018). Пољопривредно земљиште се маргинализује из економских или биофизичких разлога (Lewandowski 2016). У принципу, маргиналне земљишне површине су мање продуктивне, производе нижи економских поврат и осјетљивије су на деградацију земљишта од производних њивских земљишта (Kang et al. 2013). Биофизичка маргинализација може бити резултат ниског квалитета земљишта,

контаминације, недовољне обезбијеђености водом, или стрмих падина, а може се превазићи само гајењем на њима биљних врста толерантних на стрес. Међутим, није примијећена интензивна употреба лоших земљишта за гајење енергетских биљака, иако она прва треба да буду коришћена у ту сврху (Jezierska-Thöle et al. 2016). Feng et al. (2018) маргиналне земљишне површине дефинишу као оранице и ливаде од III до VIII бонитетне класе. Према Милић и сар. (2020), у појединим земљама западног Балкана постоји висока заступљеност напуштених и маргиналних пољопривредних земљишта па се као једно од могућих рјешења предлаже њихова ревитализација за производњу биоенергије (Voća et al. 2019). Са економске тачке гледишта, производња биоенергије на маргиналним земљишним површинама требало би да послужи као додатни извор прихода за пољопривредне произвођаче (Gevers et al. 2011).

3.4.1. Пашњаци

Коришћење земљишних површина под планинским пашњацима осјетно је смањено током XX вијека, што се најупечатљивије види кроз спонтани поновни раст шуме по ободу ових површина (Baur et al. 2007). Према истраживањима изведеним у Европи, управо пашњаци представљају један од главних земљишних ресурса за енергетске усјеве (Zatta et al. 2014). С обзиром на то да се ради о релативно великим површинама ограничено погодним (маргиналним) за гајење традиционалних пољопривредних усјева, ове површине су потенцијално веома интересантне за масовно узгајање усјева за производњу биомасе. Притом, савремене тенденције у коришћењу планинских земљишта, углавном, иду у два потпуно различита правца, и то у правцу интензивирања њиховог коришћења или у правцу њиховог потпуног напуштања (Baur et al. 2007).

Перманентни травњаци централног Балкана генерално се налазе на земљишту са ниском природном плодношћу, са ниском продуктивношћу и имају лош флористички састав (Симић 2020). Због смањења броја сеоских газдинстава и сточног фонда, нарочито у брдско-планинском подручју, ове површине су недовољно искоришћене (Сл. 3.2). Стални травњаци заузимају око 350 хиљада хектара, од скоро милион хектара пољопривредног земљишта у Републици Српској, што представља око 30% површина, и то има важну улогу у производњи сточне хране и заштити околине (Симић 2020). Међутим, стање на ливадама и пашњацима је незадовољавајуће, јер се производни потенцијал недовољно или уопште не користи (Симић 2020). С обзиром на високу заступљеност ливада и пашњака, који се

углавном налазе на земљиштима V–VIII класе, као и на њихову недовољну искоришћеност, сматра се да је потенцијал расположивих земљишних површина за гајење усјева за производњу биомасе веома велики.



Сл. 3.2. Пашњак (Повлен, Србија) (Фото Целетовић Ж)
Fig. 3.2. Pasture (Mt. Povlen, Serbia) (Photo Dželetović Ž)

3.4.2. Привремено изгубљене земљишне површине

Категорију привремено изгубљених земљишних површина обухватају различите врсте техносола, те гринфилди и браунфилди. Техносол (техногено земљиште) обухвата различите врсте депосола (зависно од њиховог настанка), флотасола (настали одлагањима јаловинског материјала из припреме минералних сировина), урбасола (земљишта урбаних средина) и земљишта насталих талозима из ваздуха. Од техногених земљишта, најзаступљенији су депосоли угљенокопа, настали углавном површинским откопавањем угља. Притом, неселективно одлагање рудничке јаловине условљава да се на површини одлагалишта налази најчешће хетероген јаловински материјал (Целетовић и сар. 2014а,б), па депосоли као земљишта имају изразито малу производну вриједност за гајење биљака због израженог недостатка хранљивих материја, одсуства хумуса, микробиолошке активности и дјеловања фауне (Dželetović et al. 2009). Развој појединих хоризоната и слојева у техносолима не одражава природне услове екосистема (Charzyński et al. 2013).

Појам *гринфилда* подразумијева неизграђену земљишну површину у граду или руралном подручју или земљишну површину која се користи за пољопривреду или земљишну површину која се природно развија. Гринфилд

земљишне површине могу бити неограђена отворена поља, урбанистичке парцеле или некретнине са ограниченим приступом, намјенски сачуване за јавни интерес од стране приватног или државног органа.

Појам *браунфилд* користи се у урбаном планирању да опише земљишну површину претходно коришћену за индустријске сврхе или неке комерцијалне сврхе. Таква земља може бити контаминирана опасним отпадом или загађена или постоји страх да је тако. Овај појам се односи, генерално, на претходно коришћене земљишне површине или дијелове индустријских или комерцијалних објеката који ће бити унапријеђени (Laval-Gilly et al. 2017).

Руинирани производни објекти, напуштени или недовољно искоришћени привредни комплекси негативно утичу на окружење, како у еколошком и естетском, тако и у економском и социјалном смислу (Филиповић и Самарџић 2016). Рјешавање еколошких проблема при планирању простора браунфилд локација заснива се на инструментима стратешке процјене утицаја на животну средину или процјене утицаја затеченог стања (Филиповић и Самарџић 2016). За производњу биомасе на браунфилдима, загађеним земљиштима или одлагалиштима смећа, углавном се користе врсте за добијање дрвне биомасе у виду засада кратке опходње или за шумарство (French et al. 2006; Andersson-Skold et al. 2014), рјеђе уљарице или вишегодишње траве (Smith et al. 2013; Nsanganwimana et al. 2014). Парадоксално, већина загађених локалитета, било да су браунфилди или гринфилди, загађени су тешким металима или минералним уљима, што заједно са другим условима станишта може угрозити економску одрживост узгоја биљака услед смањења њиховог приноса (French et al. 2006).

3.4.3. Земљишне површине испод далековода

Повећани индустријски развој изискује изградњу опсежне мреже линеарних инфраструктура попут путева и далековода који узрокују поремећаје у природним екосистемима (Eldegard et al. 2017). Утицај ових коридора на функцију екосистема може варирати у зависности од режима управљања вегетацијом, који најчешће укључује скоро потпуно уклањање шумске вегетације (Сл. 3.3). Овај проблем није довољно истраживан и плански дефинисан, тако да постоји стални сукоб интереса између еколошких циљева и радова на изградњи ваздушних водова (Филиповић и Лукић 1998). Присутни ваздушни водови, у односу на намјену, могу се сврстати у три групе: електромержа (магистрални високонапонски водови: 400, 220 и 110 KV; средњенапонска мрежа од 35 KV и 10 KV; и дужински најзаступљенија

нисконапонска мрежа од 0,4 KV); ТТ мрежа и мрежа у функцији других активности (нпр. ски-лифтови). Коришћењем механизације, копањем јама за темеље стубова, као и развлачењем мреже, изазивају се знатна оштећења Земљине површине, подстиче се ерозија и деградација педолошког покривача (Филиповић и Лукић 1998).



Сл. 3.3. Чишћење коридора за далековод (Фото Целетовић Ж)

Fig. 3.3. The clearing power-line corridor (Photo Dželetović Ž)

Неповољна околност је што је педолошки покривач у планинским регијама и квалитативно и квантитативно оскудан, па свака интервенција у овом смислу мање или више деградира биопокривач, при чему у каснијим фазама може доћи и до ерозије педолошког покривача, што доводи до одношења растреситог материјала са површине, те стварања бујичних токова, јаруга и вододерина у зависности од нагиба, што је нарочито изражено у периоду отапања сњежног покривача (Филиповић и Лукић 1998). Међутим, фрагментацијом нетакнутих шума просијецањем коридора за далеководе подстиче се развој структурно разнолике вегетације, па и појава инвазивних врста на таквим површинама (Џобан et al. 2019). Међутим, коришћењем тих земљишних површина за производњу травне биомасе могао би се значајно ублажити овај проблем.

3.5. Продуктивност и бонитет земљишта

Процјена погодности земљишног простора за намјенско коришћење заснива се на дугорочној економичности (Таб. 1). За процјену вриједности

земљишних парцела бонитетне класе служе као полазна основа. Педолошки потенцијал земљишног простора код нас и у већини европских земаља и САД разврстан је у осам бонитетних класа, при чему класе представљају степен плодности продуктивних земљишта за коришћење у пољопривреди, односно у узгоју шума. Велика варијабилност у квалитету земљишне површине може бити садржана у оквиру сваке класе. Притом, већина таксономских земљишних класификационих система, који су укључени у свјетску референтну основу за земљишне изворе, обезбјеђује релативно мало информација о функционалности земљишта, а нарочито о функцији њихове продуктивности (Mueller et al. 2010). У односу на друге европске земље, бонитетна структура земљишног покривача у Републици Српској и Србији сматра се релативно повољном (Џелетовић и Илић 2010).

Таб. 1. Типови земљишта са основним подацима о бонитетним одликама
Tab. 1. Soil types with basic data on land capability class

Класа земљишта	Тип земљишта	Погодност за биљну производњу	
		Према бонитетној класи (Гламочлија и сар. 2012, 2015)	Нивои ограничења (Фуштић и Ђуретић 2000; Ličina et al. 2011; Gerasimova et al. 2015)
Аутогена земљишта	Литосол	VIII	Велика ограничења: непродуктивна или ниско продуктивна и сиромашна земљишта
	Регосол	VII	
	Ареносол	VII	
Хумусно-акумулативна земљишта	Калкомеланосол	VII	Прилична ограничења: сиромашна до средње продуктивна земљишта
	Ранкери	VII	Умјерена до прилична ограничења: добра продуктивност земљишта за ливаде/пашњаке
	Рендзина (вертисол)	IV	Умјерена ограничења, продуктивно земљиште
	Смоница	III	Неповољне физичке особине земљишта
	Чернозем	I	Без ограничења: високо продуктивно земљиште
Камбична земљишта	Еутрични камбисол	III	Умјерена ограничења: средње продуктивна земљишта
	Дистрични камбисол	V–VI	Прилична ограничења: сиромашна до средње продуктивна земљишта

	Калкокам-бисол	V–VII	Прилична ограничења: сиромашна до средње продуктивна земљишта
Елувијално-илувијална земљишта	Лувисол	IV	Средње продуктивно земљиште, на нагибима захтијева заштиту од ерозије
Хидрогена земљишта	Флувисол	II–III	Без ограничења до озбиљних ограничења: условно веома продуктивна земљишта
	Псеудоглеј	IV	Умјерена до прилична ограничења: условно продуктивна земљишта
Семиглејна земљишта	Хумифлуви-сол	II	Потенцијално врло плодна земљишта
Глејна земљишта	Хумоглеј	II–IV	Без ограничења до озбиљних ограничења: условно веома продуктивна земљишта
	Еуглеј	IV–VI	Могућа озбиљна ограничења, средње продуктивна земљишта
Халогена земљишта	Солончак и солоњец	VII	Прилична ограничења: сиромашна до средње продуктивна земљишта
Техногена земљишта	Депосол	-	Велика ограничења, непродуктивна земљишта

Земљишта погодна за коришћење у интензивној пољопривредној производњи и погодна за обраду обухватају следеће бонитетне класе:

- прва бонитетна класа обухвата најбоља земљишта, дубока, иловастог састава, пропустљива, добро дренирана, неутралне реакције, лака за обраду;
- друга бонитетна класа обухвата средње дубока земљишта, пјесковита, иловаста или глиновита, пропустљива до теже пропустљива, добро до средње дренирана, неутралне до слабо киселе реакције, на равном или благо нагнутом рељефу, изложена слабој ерозији;
- трећој бонитетној класи припадају плитка до средње дубока земљишта, пјесковита, иловаста, глиновита, пропустљива до теже пропустљива, неутралне, слабо киселе до киселе реакције, лака до средње тешка за обраду;

- *четврту бонитетну класу* обухватају земљишта која се користе уз озбиљна ограничења која сужавају избор биљака и/или захтијевају специјалне мјере заштите земљишта; то су углавном плитка до средње дубока скелетоидна и скелетна, кисела земљишта, која могу бити изложена поплавама и на њима је отежан рад пољопривредне механизације.

Земљишта непогодна за обраду (Сл. 3.4) обухватају сљедеће бонитетне класе:

- *пета бонитетна класа* обухвата земљишта која имају веома озбиљна ограничења услед неповољних педолошких, рељефских, климатских, хидролошких и других особина; нису погодна за обраду и без ограничења могу се користити за травњаке и шуме;
- *шеста бонитетна класа* обухвата земљишта непогодна за обраду, а уз умјерена ограничења због надморске висине и нагиба могуће је њихово коришћење за травњаке и шуме. На нижим надморским висинама подложна су поплавама и забаривању;
- *седма бонитетна класа* обухвата плитка скелетна земљишта на великим нагибима, а у ријечним долинама земљишта која су изложена сталном плављењу; и
- *осма бонитетна класа* обухвата земљишта која имају врло велика ограничења и могу се користити искључиво за травњаке и шуме.



Сл. 3.4. Земљишта V–VIII бонитетне класе (Златибор, Србија) (Фото Џелетовић Ж)
Fig. 3.4. Soils of V–VIII land capability class (Zlatibor, Serbia) (Photo Dželetović Ž)

На земљиштима V и више бонитетне класе, пољопривредна производња је рентабилнија од производње дрвета, па са финансијског становишта земљишта V и више класе не би требало користити за пошумљавање (Раткнић и Ранковић 1995). На земљиштима бонитетних класа VI, VII и VIII,

производња дрвета је озбиљан конкурент пољопривредној производњи, тако да са слабљењем квалитета земљишта расте надмоћ производње дрвета над пољопривредном производњом (Раткнић и Ранковић 1995).

3.6. Утицај производње биомасе на тржишну вриједност земљишних парцела

Земљиште, и као природна и као економска категорија, представља један од ријетких ресурса за који знамо колико га има, тако да је одавно постављен као актуелан и акутан проблем економисања овим природним добром и његовом заштитом. Потребе за земљиштем постају све веће и непрекидно расту због све већих захтјева за потрошњом животних намирница и других потрошних добара која представљају производ земљишта. Однос према земљишту као ресурсу најчешће се сагледава кроз његову тржишну вриједност. На цијену пољопривредног земљишта утиче углавном понуда (Kurowska and Kryszk 2015). Према Huang et al. (2006), продуктивност и тип земљишних парцела, густина насељености и приходи узрокују повећање цијене пољопривредног земљишта. Слично томе, Blažík et al. (2014) дефинишу релевантност величине земљишне парцеле и густине насељености у катастру као факторе са очигледним утицајем на формирање цијене пољопривредног земљишта. Важним факторима сматрају се и: број становника у општини, удаљеност од главног града, приступачност земљишних површина и природна плодност земљишта (Sklenička et al. 2013).

Marks-Bielska (2013) идентификује сљедеће факторе који највише утичу на цијену пољопривредног земљишта: локација, приступачност, корисност, просторна уређеност, ниво развијености пољопривреде, растући проблеми, ниво загађења, присуство система за наводњавање и присуство инфраструктуре која спречава приступ пољопривредних машина земљишној површини. Marks-Bielska (2013) истиче, као веома важан, и породични однос према наслеђивању: тежња родитеља да препуштају пољопривредну земљу млађој генерацији – дјеци и унуцима. Продаја у породици или шпекулативна продаја, као један од облика субјективности, према Blažík et al. (2014), имају велики утицај на формирање цијена пољопривредног земљишта. Затим, висока фрагментација (уситњеност) земљишних површина типична је за многе земље централне и југоисточне Европе и то је значајан фактор који утиче на тржиште пољопривредног земљишта, а тиме и на цијену пољопривредног земљишта (Џелетовић и Илић 2010; Dirgasová et al. 2017).

Џелетовић и Илић (2010) издвојили су четири главна елемента који повећавају цјеновну вриједност земљишних парцела:

- 1) *близина већих урбаних и индустријских центара* представља елемент који најснажније повећава вриједност земљишних парцела. Sklenička et al. (2013) и Grausová et al. (2014) наглашавају значај удаљености земљишне парцеле од већег града или изграђених површина на просјечне тржишне цијене пољопривредног земљишта. Због могућности да се у ближој будућности одређене парцеле преведу из пољопривредног у грађевинско земљиште и тиме њихова вриједност вишеструко повећа, већи је и број заинтересованих купаца. (Не)извјесност промјене намјене ових парцела је та која може узроковати веома велике распоне у процијењеним вриједностима ових парцела (Џелетовић и Илић 2010);
- 2) *изграђеност саобраћајне инфраструктуре* омогућује, прије свега, већи број потенцијално заинтересованих купаца, а тиме и њихову вишу цијену. То су парцеле којима се може лако приступити у било које доба године и независно од временских прилика;
- 3) *изграђеност и функционалност мелиоративних објеката* може битно повисити цјеновну вриједност парцела, зависно од тога у којој су мјери ови објекти изведени и у функцији, првенствено с циљем постизања високих и стабилних приноса. У пракси процјењивања, од посебног су значаја изведеност и функционалност сљедећих мелиоративних објеката:
 - *систем за наводњавање* увећава вриједност парцеле, док је амортизованост (старост) и умањена функционалност система смањују;
 - *систем за одводњавање* на површинама подложним превлаживању;
 - *изграђеност и одржавање насипа* дуж канала и ријечних токова (одбрана од поплава и уређеност водотока обично се уочава тек у инцидентним ситуацијама, са појавама великих вода и ризицима које оне узрокују);
 - *терасирање и обрада по изохипсама*, који значајно снижавају или спречавају ерозију и омогућавају даљу еволуцију земљишта и његово рационалније коришћење за узгој разних врста биљака;
 - *вјетрозаштитни појасеви*;
- 4) *близина заштићених природних добара* (природни предјели, резервати природе, споменици природе и културно-историјски предјели) и спровођење режима заштите обезбјеђују заштиту,

развој и коришћење природног добра на начин и под условима којима се не нарушавају основна обиљежја природног добра, односно његове вриједности. Природни предјели (национални паркови, паркови природе и заштићени предјели) просторно су најзаступљенији. За земљишне површине у заштићеним природним добрима и поред њих већи је број потенцијално заинтересованих купаца и оне су, по правилу, цјеновно виших вриједности (Џелетовић и Илић 2010).

Према Huang et al. (2006), величина земљишне парцеле, руралност подручја и удаљеност од града узрокују снижавање цјеновне вриједности земљишних парцела. Џелетовић и Илић (2010) су, пак, издвојили и три главна елемента који снижавају цјеновну вриједност земљишних парцела:

- 1) *агрофизичка и агрохемијска ограничења пољопривредног коришћења* битно снижавају цјеновну вриједност пољопривредних парцела. Наиме, коришћењем земљишта у интензивној биљној производњи често долази до поремећаја равнотеже појединих чинилаца стварања земљишта, а имајући у виду да је земљиште динамичка творевина која се са промјеном чинилаца педогенезе мијења, човјек може својом активношћу повећати или смањити природну отпорност земљишта према различитим видовима његове деградације, односно оштећења;
- 2) *утицај контаминације* од напуштених и активних индустријских постројења, рудничких копова и рудничких јаловишта која се испољава на све нивое биолошке организације, и на биљни и на животињски свијет (Perlow and Edmonds 2005). Такође, и утицај термоелектрана на околину изузетно је велик, и по количини отпадних материја и по пространству на које се те материје расипају (Сл. 3.5). Притом, негативно дејство аерозагађења које потиче од термоелектрана неједнако се испољава на квалитет плодова и висину приноса различитих врста гајених усјева (Џелетовић и Јочић 2008), као и разних врста воћака (Џелетовић и Јочић 2009);
- 3) *ограничен приступ земљишним парцелама* може настати након дуготрајних киша или задржавања сњежних падавина, леда и воде на путу, чинећи га тешко проходним или непроходним за пољопривредну механизацију.

На основу свега наведеног, јасно је да производња биомасе неће негативно утицати на тржишну вриједност земљишних парцела.



Сл. 3.5. Негативан утицај близине термоелектране и контаминације на тржишну вриједност земљишне парцеле (Фото Џелетовић Ж)

Fig. 3.5. Negative impact of the proximity of the thermal power plant and contamination on the market price of agricultural land (Photo Dželetović Ž)

3.7. Утицај земљишта на производњу биомасе

Једна од главних одредница продуктивности биомасе јесте дуготрајност и квалитет вишегодишњих трава у вријеме жетве (Monti et al. 2015). Главни узрок варијација у приносима код вишегодишњих усјева за биомасу јесу варијације у влажности земљишта, док су варијације у зрачењима и падавинама од мањег утицаја (Larsen et al. 2016). Суша не само да озбиљно смањује приносе биомасе него и утиче на квалитет биомасе за производњу биогорива, јер је ремоделирање ћелијског зида чест одговор биљака на абиотичке стресове (Van der Weijde et al. 2017). Тако је утврђено да се састав биомасе драстично мијења под утицајем стреса изазваног сушом, када долази до великог смањења ћелијског зида и садржаја целулозе и знатног повећања хемицелулозних полисахарида, док стрес изазван сушом има мали утицај на садржај лигнина (Van der Weijde et al. 2017). Структурна ригидност ћелијског зида је, такође, под утицајем услова суше, при чему су суштински веће стопе целулозне конверзије забиљежене после ензимске сахарификације сушом третираних узорак у односу на контролне (Van der Weijde et al. 2017).

Путеви рециклирања хранљивих материја специфични су за поједине елементе и биљне врсте (Ruf et al. 2017). Притом, жетвени рокови усјева за биомасу утичу на кружење хранљивих материја, развој биомасе и квалитет земљишта (Ruf et al. 2017). Јесења жетва има већи принос биомасе и до

30%, с тим да је изношење хранљивих материја вишеструко веће него код ранопрољећне жетве (Целетовић 2012; Ruf et al. 2017).

Састав земљишта има ограничен утицај на концентрацију елемената у биомаси и на квалитет биомасе вишегодишњих биоенергетских трава (Delaquis et al. 2016), док рН земљишта и садржај метала имају утицаја на њихове горивне одлике (Tran et al. 2020). На тешким металима високо загађеним земљишним површинама могу да расту и развијају се биљке које се користе за производњу биомасе, али образујући знатно мањи принос (Andrejić et al. 2019a,b; Prica et al. 2019; Kovačević et al. 2020). Тешки метали у сувишку узрокују видљива оштећена на листовима (хлорозу и некрозу), смањују стопу фотосинтезе, брзину транспирације, проводљивост стома, интерцелуларне концентрације CO_2 , параметре флуоресценције *хлорофила а* и садржај *хлорофила б* (Andrejić et al. 2018). Праг токсичности у великој мјери зависи од биљне врсте, мада он може да буде и врло варијабилан између различитих фаза раста исте врсте.

3.8. Производња биомасе и плодност земљишта

Плодност земљишта представља његову способност да задовољи потребе биљака у хранљивим материјама и води. Поред основних агрофизичких својстава (прије свега, гранулометријског састава), најважнијим чиниоцима плодности земљишта сматрају се: реакција земљишта, садржај хумуса, укупни садржај азота и садржаји приступачних облика фосфора и калијума (Целетовић и сар. 2014в). Реакција земљишта изражена кроз рН вриједност утиче на приступачност хранљивих елемената биљкама, биолошке процесе, дјеловање органских и минералних ђубрива, као и на сам развој биљака. Хумус представља динамичну творевину, која се непрекидно разлаже и изнова синтетише, јер се из њега постепено ослобађају хранљиве материје које биљке користе. Адекватна обезбијеђеност азотом неопходна је за успјешно заснивање и одговарајућу продуктивност гајених усјева. Под приступачним фосфором и калијумом у земљишту подразумева се онај дио њиховог укупног садржаја који се налази у лакше растворљивим једињењима или у замјенљивим облицима, из којих биљке могу лако да их користе. Тако је нпр. у земљиштима сјеверозападне Босне и Херцеговине присутан недостатак приступачних облика фосфора у земљишту, што узрокује и недостатак фосфора у биљкама које на њему расту (Grujić et al. 2018).

Плодност земљишта повезана је са хемијском структуром земљишног органског угљеника (Zhang et al. 2013), при чему главни утицај на дистрибуцију угљеника (C) и азота (N), а тиме и на стопе декомпозиције органске материје и

минерализације N, има начин обраде земљишта (Liu et al. 2006). Осим тога, врста вегетације и биљних остатака испољавају снажан утицај на микробиолошку активност у земљишту. У земљишту не могу стварати трајне резерве приступачних облика азота. Потенцијално приступачан N ослобађа се током вегетационе сезоне минерализацијом органских једињења у земљишту, под утицајем микроорганизама. Минерализација, укупни и минерални азот смањују се са дубином (Romano et al. 2016). Њивска земљишта одликују се ниским интензитетом минерализације и ниским индексима приступачности N (Dželetović et al. 2004), док се земљишта под природним ливадама одликују релативно високим интензитетима минерализације и високим индексима приступачности N (Dželetović and Mihailović 2017), а земљишта под шумама високим интензитетима минерализације и високим индексима приступачности N (Dželetović et al. 2011).

Њивска земљишта су углавном слабо хумозна (Milić et al. 2011) јер имају ограничену способност повећања земљишног органског C (Seremesic et al. 2017). У односу на ратарску пољопривреду, травњаштво одржава висок ниво земљишне органске материје, посебно у површинском слоју земљишта (0–10 cm), уз предности земљишне структуре, задржавања влаге и дренираности, кружења хранива и разноврсности земљишне флоре и фауне (Van Eekeren et al. 2010). Земљишни органски угљеник има бројне функције, а најзначајнија је позитиван утицај на квалитет земљишта. Резерве органског C у земљишту и његова динамика имају значајан утицај на глобално кружење C јер земљиште може да служи као велики извор и акумулатор за CO₂ из атмосфере (Манојловић и Аћин 2007). Међутим, кружење угљеника у земљишту одликују знатно дужи временски интервали (Lal 2010).

Смањење садржаја органске материје у многим земљиштима постаје главни процес деградације земљишта (Diacono and Montemurro 2010). Величина и способност земљишта да акумулира земљишни органски C зависи од температуре, влаге и текстуре. Резерве C веће су у хладнијим него у топлијим климатским условима, и у влажним и слабо дренираним земљиштима у поређењу са сувљим и добро дренираним земљиштима. Највећи дио резерви земљишног органског C повезан је са глиновитом фракцијом (Jagadamma and Lal 2010) и, по правилу, садржај земљишног C опада од виших ка нижим надморским висинама (Manojlović et al. 2011).

Земљишни органски C повећава се под вишегодишњим усјевима за биомасу (Qin et al. 2012), док су стопе промјене укупног азота много мање, што указује на то да вишегодишњи коријенски системи значајно доприносе садржају органског C у земљишту (Gregory et al. 2018). Поред производње биомасе, вишегодишњи биоенергетски усјеви могу имати секундарну корист ако

повећавају резерве земљишног органског С и укупног N кроз упоредно захватање атмосферског С и његово премјештање у подземну биомасу биљке (Blanco–Canqui 2016). Према Poeslau and Don (2014), 16 година након заснивања мискантуса, честице органске материје су најбрже кружећа фракција земљишног органског угљеника, са стопом акумулације угљеника од $0,33 \pm 0,05$ тона ха^{-1} годишње. Садња на раније њивским земљиштима генерално повећава земљишни органски угљеник секвестрацијом (везивањем) угљеника са мискантусом од 0,7–2,2 тона С ха^{-1} годишње (McCalmont et al. 2017). Гајење мискантуса у житном подручју САД је допринијело у секвестрацији земљишног органског С по стопи од 0,16–0,82 тона С ха^{-1} годишње, због престанка орања и повећаног уноса угљеника биомасом у земљишни систем (Mishra et al. 2013). Кад нас, просјечан принос мискантуса (Сл. 3.6) секвестрирао је 0,34 тона С ха^{-1} годишње (Perić et al. 2018). Ако се потенцијал за секвестрацију С земљиштем претвори у CO_2 еквиваленте, гајење мискантуса на земљишту типа чернозем може сачувати 1,52–4,43 тоне CO_2 еквивалената ха^{-1} годишње (Perić et al. 2018). Секвестрација повезана са гајењем мискантуса на овим у угљенику осиромашеним земљиштима неће се бесконачно повећавати, већ ће се након неколико година остварити нова равнотежа угљеника.



Сл. 3.6. Усјев вишегодишње траве *Miscanthus x giganteus* (Фото Џелетовић Ж)
Fig. 3.6. The perennial grasses *Miscanthus x giganteus* (Photo Dželetović Ž)

3.9. Земљиште и фертилизација усјева који се гаје за биомасу

Висок принос биомасе резултује количинама хранљивих материја које треба да се надокнаде фертилизацијом. Примјена минералних и органских ђубрива утиче на повећање приноса и биомасе гајених биљака, те враћање

већих количина органске материје у земљиште, што за резултат има повећање садржаја земљишног органског угљеника. Изостављање фертилизације или фертилизација само минералним ђубривима доводи до опадања резерви земљишног органског угљеника (Manojlović et al. 2008). Генерално, усјеви за биомасу имају ниске захтјеве за хранљивим материјама (Arundale et al. 2014; Wile et al. 2014). Просјечно се жетвом мискантуса годишње изнесе $56 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$, $12 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}$ и $46 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}$, а жетвом медитеранске трске $147 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$, $20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}$ и $157 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}$ (Singh et al. 2015). Вријеме примјене органских и/или минералних ђубрива под заснован усјев зависи од времена жетве и од времена ницања усјева у прољеће. Само приликом заснивања усјева, уколико за тим постоји потреба, фертилизација се изводи заоравањем. Након тога, када је усјев заснован, фертилизација се не изводи заоравањем, јер ће доћи до оштећивања плитко позиционираних корјенова и ризома вишегодишњих трава. Зато се недостајуће количине хранива уносе путем прихране, равномјерним разбацавањем по површини парцеле на којој се налази усјев (Џелетовић 2012).

Код жетве у јесен не долази до ремобилизације хранива из надземног дијела усјева у ризоме, због чега је неопходно подржати ницање и прољећни интензиван раст усјева прихрањивањем. Код жетве усјева за биомасу током зиме или почетком прољећа дио хранива се враћа из надземног дијела усјева и складишти у ризомима. Због коришћења ових хранива из ризома за почетни раст, код усјева за биомасу који се жању крајем зиме или почетком прољећа, прихрана се изводи након жетве све до почетка новог ницања усјева. Извођење прихрањивања упоредо са ницањем или након ницања не испољава значајнији негативан утицај на раст и каснији развој усјева (Џелетовић 2012).

Принос биомасе свих трава расте са фертилизацијом азотом, док је повећање мало код ђубрења само фосфором (Siri-Prieto et al. 2020). Фертилизација различитим облицима азота, пак, испољава утицај на принос и квалитет травњака, али нису забиљежене значајније разлике у погледу хемијског састава биомасе (Simić et al. 2019). Код вишегодишњих трава за биомасу принос суве материје биомасе не показује јаку међусобну повезаност са стопама фертилизације азотом (Kering et al. 2012). Вишегодишње биљне врсте, попут оних које су идентификоване као биоенергетске сировине, образују већу количину биомасе под земљом (Dohleman et al. 2012). Притом, сува маса коријена трава под малим је утицајем примјене азота, у поређењу са третманом без примјене N, док примјена других хранива заједно са азотом повећава суву масу коријена (Malhi et al. 2010). Међутим, укупна сува биомаса новообразованих ризома и корјенова смањује се са повећањем количине примијењеног

фертилизационог азота, а концентрација азота у цијелом коријеновом систему, као и у појединим његовим дијеловима, расте са порастом примијењене количине азота (Dželetović and Glamočlija 2015).

Фертилизациони третмани утичу на принос биомасе и садржај главних лигноцелулозних фракција код мискантуса (Dubis et al. 2017). Међутим, ђубрење са NPK поспјешује и усвајање (унос) метала коријеном мискантуса, али то нема значајнијег утицаја на њихово премјештање (транслокацију) у листове (Andrejić et al. 2019a). Притом, у условима велике контаминације металима, биљни механизми који су укључени у њихову имобилизацију и детоксикацију не могу у потпуности да обуздају њихову токсичност (Kovačević et al. 2020).

3.10. Земљиште и биодиверзитет

Губитак биодиверзитета представља све већи проблем и на научном и на политичком нивоу (Mace et al. 2005). Захтјеви за новим земљишним површинама воде ка промјени намјене шумских и ливадско-пашњачких у њивске земљишне површине, што има главни негативан утицај на биланс гасова стаклене баште и на биодиверзитет (Danielsen et al. 2009). Затим, процеси деградације земљишта, као што су: ерозија, губитак плодности, салинитет, ацидификација, збијање и смањење садржаја земљишног органског угљеника, имају штетне посљедице на пољопривредну производњу, обезбјеђивање воде, повећање емисије гасова стаклене баште и губитак биодиверзитета (Koch et al. 2013). Деградација земљишта, према Lal (2010), манифестује се опадањем функција земљишта или умањењем његове способности да обезбиједи економска добра и одрживост екосистема.

Према McCalmont et al. (2017), производња вишегодишњих усјева за биомасу одликује се низом специфичности:

- вишегодишњи усјеви за биомасу имају ниске улазне захтјеве и њихово гајење је повезано са веома ниском емисијом гасова стаклене баште;
- гајење вишегодишњих усјева за биомасу не захтијева годишње орање, што води ка побољшању плодности земљишта, секвестрацији угљеника и повећању биодиверзитета;
- вишегодишњи усјеви за биомасу ефикасни су у коришћењу воде и земљишног простора;
- вишегодишњи усјеви за биомасу толерантни су на стрес и могу се производити на маргиналним земљиштима;

- вишегодишњи усјеви за биомасу могу се производити са ниским трошковима; и
- вишегодишњи усјеви за биомасу производе лигноцелулозну биомасу која не утиче на тржиште хране.

И у градским екосистемима биодиверзитет може бити веома висок, прије свега због присуства егзотичних врста (Faeth et al. 2011). Многе од ових врста не могу да одрже природну виталност популација, док се друге понашају инвазивно и представљају пријетњу за биодиверзитет и/или пољудско здравље. Истраживања се зато све више фокусирају на то како се биодиверзитет односи на функционисање екосистема (Navlicek and Mitchell 2014). Да ли ће се производњом биомасе побољшати или умањити биодиверзитет зависи од коришћења земљишних површина, као и од праксе газдовања усјевом. На примјер, у интензивним пољопривредним земљишним подручјима поља под мискантусом могу побољшати биодиверзитет услед изостанка обраде, смањеног нивоа коришћења пестицида и пружања скровишта животињама, нарочито током зиме (Bellamy et al. 2009).

3.11. Закључак

Земљиште представља ограничен ресурс. Повећање цијена хране, које се подудара са глобалним повећањем производње биогорива, води до размишљања да је производња биогорива одговорна за повећање цијена хране. Производњом биомасе на маргиналним земљиштима био би ријешен овај проблем, јер би продуктивна њивска земљишта била препуштена производњи хране. Према већини истраживача, економична производња дрвне и травне биомасе требало би да се одвија на земљиштима IV–VIII бонитетне класе.

С обзиром на високу заступљеност ливада и пашњака, који су углавном заступљени на земљиштима V–VIII класе, као и на њихову недовољну искоришћеност, потенцијал расположивих земљишних површина за гајење усјева за добијање биомасе је веома велики. Састав земљишта има ограничен утицај на концентрацију елемената у биомаси и на квалитет биомасе. Усјеви који се гаје за добијање биомасе генерално имају ниске захтјеве у хранљивим материјама и адаптивни су на различите земљишне услове. Притом, производња биомасе неће негативно утицати на тржишну вриједност земљишних парцела.

Производњом травне биомасе на маргиналним земљишним површинама могу се остварити бројне економске користи, па и повећати резерве земљишног органског угљеника и на тај начин побољшати плодност земљишта. Зависно од начина коришћења земљишних површина, као и од праксе газдовања усјевима за биомасу, може се, у већој или мањој мјери, побољшати и биодиверзитет.

Литература

- Andersson-Skold Y, Bardos P, Chalot M, Bert V, Crutu G, Phanthavongsa P, Delplanque M, Track T, Cundy AB (2014) Developing and validating a practical decision support tool (DST) for biomass selection on marginal land. *Journal of Environmental Management* 145:113–121
- Andrejić G, Gajić G, Prica M, Dželetović Ž, Rakić T (2018) Zinc accumulation, photosynthetic gas exchange, and chlorophyll a fluorescence in Zn-stressed *Miscanthus × giganteus* plants. *Photosynthetica* 56(4):1249–1258
- Andrejić G, Šinžar-Sekulić J, Prica M, Dželetović Ž, Rakić T (2019a) Phytoremediation potential and physiological response of *Miscanthus × giganteus* cultivated on fertilized and non-fertilized flotation tailings. *Environmental Science and Pollution Research* 26(33):34658–34669
- Andrejić G, Šinžar-Sekulić J, Prica M, Gajić G, Dželetović Ž, Rakić T (2019b) Assessment of the adaptive and phytoremediation potential of *Miscanthus × giganteus* grown in flotation tailings. *Archives of Biological Sciences* 71(4):687–696
- Arundale RA, Dohleman FG, Voigt TB, Long SP (2014) Nitrogen Fertilization Does Significantly Increase Yields of Stands of *Miscanthus × giganteus* and *Panicum virgatum* in Multiyear Trials in Illinois. *Bioenergy Research* 7(1):408–416
- Banse M, Van Meijl H, Woltjer G (2008) Consequences of EU biofuel policies on agricultural production and land use. *Choices: The Magazine of Food, Farm and Resource Issues* 23(3):22–27
- Baur P, Müller, Herzog F (2007) Alpweiden in Wandel. *AgrarForschung* 14(6):254–259
- Bellamy PE, Croxton PJ, Heard MS, Hinsley SA, Hulmes L, Hulmes S, Nuttall P, Pywell RF, Rothery P (2009) The impact of growing miscanthus for biomass on farmland bird populations. *Biomass and Bioenergy* 33(2):191–199
- Beringer T, Lucht W, Schaphoff S (2011) Bioenergy production potential of global biomass plantations under environmental and agricultural constraints. *Global Change Biology Bioenergy* 3(4):299–312
- Blažík T, Faltán V, Charvát T, Mlynarčík J, Spišiak P (2014) Analýza trhu s poľnohospodárskou pôdou na Slovensku na príklade okresov Dunajská Streda a Liptovský Mikuláš v kontexte transformačných procesov po roku 1989. *Geografický časopis* 66(1):67–85

- Blanco-Canqui H (2010) Energy crops and their implications on soil and environment. *Agronomy Journal* 102(2):403–419
- Van der Weijde T, Huxley LM, Hawkins S, Sembiring EH, Farrar K, Visser RGF, Trindade LM (2017) Impact of drought stress on growth and quality of miscanthus for biofuel production. *GCB Bioenergy* 9(4):770–782
- Van Eekeren N, De Boer H, Hanegraaf M et al. (2010) Ecosystem services in grassland associated with biotic and abiotic soil parameters. *Soil Biology and Biochemistry* 42(9):1491–1504
- Vilček J (2013) Bioenergetic potential of agricultural soils in Slovakia. *Biomass and Bioenergy* 56:53–61
- Voća N, Bilandžija N, Leto J, Cerovečki L, Krička T (2019) Revitalization of abandoned agricultural lands in Croatia using the energy crop *Miscanthus × giganteus*. *Journal on Processing and Energy in Agriculture* 23(3):128–131
- Gevers J, Hoyer TT, Topping CJ, Glemnitz M, Schroder B (2011) Biodiversity and the mitigation of climate change through bioenergy: impacts of increased maize cultivation on farmland wildlife. *GCB Bioenergy* 3(6):472–482
- Gerasimova M, Reinsch T, Anjos L, Batkhisig O, Bockheim J, Brinkman R, Broll G, Charzyński P, Coulho MR, Nachtergaele FO, Nanzio M, Mantel S, Pazos SM, Stolt MH, Tarnocai C, Tóth T, Wilding LP, Zhang G (2015) Soil groups, characteristics, distribution and ecosystem services. In: Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report, Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, FAO and ITPS, Rome, Italy, pp 527–598
- Гламочлија ЂН, Јанковић СМ, Пивић РН (2012) Алтернативна жита - привредни значај, услови успевања, врсте и агротехника, Институт за земљиште, Београд, стр 1–117
- Гламочлија ЂН, Јанковић СМ, Поповић ВМ, Филиповић ВМ, Кузевски ЈП, Угренковић ВМ (2015) Алтернативне ратарске биљке у конвенционалном и органском систему гајења. Институт за примену науке у пољопривреди, Београд, стр 1–354
- Grausová G, Buday M, Rybár V (2014) Intenzita kúpno-predajných transakcií s poľnohospodárskou pôdou v dvanástich okresoch Slovenska v rokoch 2007–2013. *Ekonomika poľnohospodárstva* 14(4):16–32
- Graham-Rowe D (2011) Agriculture: beyond food versus fuel. *Nature* 474:S6–S8
- Gregory AS, Dungait JAJ, Shield IF, Macalpine WJ, Cunliffe J, Durenkamp M, White RP, Joynes A, Richter GM (2018) Species and Genotype Effects of Bioenergy Crops on Root Production, Carbon and Nitrogen in Temperate Agricultural Soil. *BioEnergy Research* 11(2):382–397
- Grujčić Dj, Drinić M, Zivanović I, Čakmak I, Singh BR (2018) Micronutrient availability in soils of Northwest Bosnia and Herzegovina in relation to silage maize production. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science* 68(4):301–310

- Danielsen F, Beukema H, Burgess ND, Parish F, Brühl CA, Donald PF, Murdiyarso DM, Phalan B, Reijnders L, Struebig M, Fitzherbert EB (2009) Biofuel plantations on forested lands: double jeopardy for biodiversity and climate. *Conservation Biology* 23(2):348–358
- Delaquis E, Seguin P, Mustafa AF, Samson R, Martel H (2016) Effects of Soil Characteristics on Spring-Harvested Switchgrass Biomass Composition. *Communications in Soil Science & Plant Analysis* 47(15):1782–1791
- Diacono M, Montemurro F (2010) Long-term effects of organic amendments on soil fertility, A review. *Agronomy for Sustainable Development* 30(2):401–422
- Dirgasová K, Bandlerová A, Lazíková J (2017) Factors affecting the price of agricultural land in Slovakia. *Journal of Central European Agriculture* 18(2):291–304
- Dohleman FG, Heaton EA, Arundale RA, Long SP (2012) Seasonal dynamics of above- and below-ground biomass and nitrogen partitioning in *Miscanthus × giganteus* and *Panicum virgatum* across three growing seasons. *GCB Bioenergy* 4(5):534–544
- Dubis B, Bułkowska K, Lewandowska M, Szempliński W, Jankowski KJ, Idźkowski J, Kordala N, Szymańska K (2017) Effect of different nitrogen fertilizer treatments on the conversion of *Miscanthus × giganteus* to ethanol. *Bioresource Technology* 243:731–737
- Eldegard K, Eyitayo DL, Lie MH, Moe SR (2017) Can powerline clearings be managed to promote insect-pollinated plants and species associated with semi-natural grasslands? *Landscape and Urban Planning* 167:419–428
- Zatta A, Clifton-Brown J, Robson P, Hastings A, Monti A (2014) Land use change from C3 grassland to C4 *Miscanthus*: effects on soil carbon content and estimated mitigation benefit after six years. *GCB Bioenergy* 6(4):360–370
- Zegada-Lizarazu W, Monti A (2011) Energy crops in rotation. A review. *Biomass and Bioenergy* 35(1):12–25
- Zhang JC, Zhang L, Wang P, Huang QW, Yu GH, Li DC (2013) The role of non-crystalline Fe in the increase of SOC after long-term organic manure application to the red soil of southern China. *European Journal of Soil Science* 64(6):797–804
- Jagadamma S, Lal R (2010) Distribution of organic carbon in physical fractions of soils as affected by agricultural management. *Biology and Fertility of Soils* 46(6):543–554
- Jezierska-Thöle A, Rudnicki R, Kluba M (2016) Development of energy crops cultivation for biomass production in Poland. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 62:534–545
- Johansson DJA, Azar C (2007) A scenario based analysis of land competition between food and bioenergy production in the US. *Climatic Change* 82(3-4):267–291
- Кадовић Р, Белановић Симић С, Перовић В, Белоица Ј, Радојичић Д (2016) Безбедност земљишта – одговор на егзистенцијалне изазове животне средине. У: Деградација и заштита земљишта (ур. Белановић Симић С.), Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Београд, стр 1–24

- Kang S, Post W, Wang D, Nichols J, Bandaru V, West T (2013) Hierarchical marginal land assessment for land use planning. *Land Use Policy* 30:106–113
- Kering MK, Butler TJ, Biermacher JT, Guretzky JA (2012) Biomass yield and nutrient removal rates of perennial grasses under nitrogen fertilization. *BioEnergy Research* 5(1):61–70
- Kim H, Kim S, Dale B (2009) Biofuels, land use change, and Greenhouse gas emissions: some unexplored variables. *Environmental Science and Technology* 43(3):961–967
- Kovačević M, Jovanović Ž, Andrejić G, Dželetović Ž, Rakić T (2020) Effects of high metal concentrations on antioxidative system in *Phragmites australis* grown in mine and flotation tailings ponds. *Plant and Soil* 453:297–312
- Kolka RK, Rabenhorst MC, Swanson D (2012) Histosols. In: Huang PM, Li Y, Sumner ME (eds) *Handbook of Soil Sciences: Properties and Processes*, Second Edition. CRC Press, Boca Raton, 33/8–33/29
- Koch A, McBratney A, Adams M, Field D, Hill R, Crawford J, Minasny B, Lal R, Abbott L, O'Donnell A, Angers D, Baldock J, Barbier E, Binkley D, Parton W, Wall DH, Bird M, Bouma J, Chenu C, Butler Flora C, Goulding K, Grunwald S, Hempel J, Jastrow J, Lehmann J, Lorenz K, Morgan CL, Rice CW, Whitehead D, Young I, Zimmermann M (2013) Soil Security: Solving the Global Soil Crisis. *Global Policy Journal* 4(4):434–441
- Kurowska K, Kryszk H (2015) Identification of Factors Influencing the Transaction Price of Agricultural Real Estate. In: *Engineering for Rural Development* 14:688–693
- Laval-Gilly P, Henry S, Mazziotti M, Bonnefoy A, Comel A, Falla J (2017) *Miscanthus* × *Giganteus* Composition in Metals and Potassium After Culture on Polluted Soil and Its Use as Biofuel. *BioEnergy Research* 10(3):846–852
- Lal R (2010) Managing Soils and Ecosystems for Mitigating Anthropogenic Carbon Emissions and Advancing Global Food Security. *Bioscience* 60(9):708–721
- Larsen S, Jaiswal D, Bentsen NS, Wang D, Long SP (2016) Comparing predicted yield and yield stability of willow and *Miscanthus* across Denmark. *GCB Bioenergy* 8(6):1061–1070
- Lewandowski I (2015) Securing a sustainable biomass supply in a growing bioeconomy. *Global Food Security* 6:34–42
- Lewandowski I (2016) The Increasing Demand for Biomass in a Growing Bioeconomy. In: Barth S, Murphy-Bokern D, Kalinina O, Taylor G, Jones M (eds) *Perennial Biomass Crops for a Resource-Constrained World*. Springer, Cham, Switzerland, pp 3–13
- Liu X, Herbert SJ, Hashemi AM, Zhang X, Ding G (2006) Effects of agricultural management on soil organic matter and carbon transformation – A review. *Plant, Soil and Environment* 52(12):531–543
- Ličina V, Nešić LJ, Belić M, Hadžić V, Sekulić P, Vasin J, Ninkov J (2011) The Soils of Serbia and Their Degradation. *Field and Vegetable Crops Research* 48(2):285–290
- Lovett AA, Sünnerberg GM, Richter GM, Dailey AG, Riche AB, Karp A (2009) Land Use Implications of Increased Biomass Production Identified by GIS-Based

- Suitability and Yield Mapping for Miscanthus in England. *Bioenergy Research* 2(1–2):17–28
- Malhi SS, Nyborg M, Soon YK (2010) Long-term effects of balanced fertilization on grass forage yield, quality and nutrient uptake, soil organic C and N, and some soil quality characteristics. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 86(3):425–438
- Манојловић М, Аћин В (2007) Глобалне промене климе и циклус угљеника у животној средини. *Летопис научних радова* 31(1):187–195
- Manojlović M, Aćin V, Šeremešić S (2008) Long-term effects of agronomic practices on the soil organic carbon sequestration in Chernozem. *Archives of Agronomy and Soil Science* 54(4):353–367
- Manojlović M, Čabilovski R, Sitaula B (2011) Soil Organic Carbon in Serbian Mountain Soils: Effects of Land Use and Altitude. *Polish Journal of Environmental Studies* 20(4):977–986
- Marks-Bielska R (2013) Factors Shaping the Agricultural Land Market in Poland. *Land Use Policy* 30(1):791–799
- Марчета М, Кеча Љ, Јелић С (2014) Земљишни ресурс у функцији руралне егзистенције у Србији. *Ecologica* 21(74):226–231
- Mace G, Masundire H, Baillie J (2005) Biodiversity. In: Hassan R, Scholes R, Ash N (eds) *Ecosystems and human well-being: current state and trends*. Island Press, Washington, pp 77–122
- Milić S, Vasin J, Ninkov J, Zeremski T, Brunet B, Sekulić P (2011) Fertility of Privately Owned Plowland Used for Field Crop Production in Vojvodina, Serbia. *Field and Vegetable Crops Research* 48(2):359–368
- Милић В, Долијановић Ж, Ђурђић И, Говедарица Б (2020) Хибриди кукуруза за зрно и силажу у агроеколошким условима Републике Српске. У: Пржуљ Н, Тркуља В (уредници). *Од генетике и спољне средине до хране*. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, Монографија XLI:207–261
- Mishra U, Torn MS, Fingerman K (2013) Miscanthus biomass productivity within US croplands and its potential impact on soil organic carbon. *GCB Bioenergy* 5(4):391–399
- Monti A, Zanetti F, Scordia D, Testa G, Cosentino SL (2015) What to harvest when? Autumn, winter, annual and biennial harvesting of giant reed, miscanthus and switchgrass in northern and southern Mediterranean area. *Industrial Crops and Products* 75(B):129–134
- Mueller L, Schindler U, Mirschel W, Shepherd TG, Ball BC, Helming K, Rogasik J, Eulenstein F, Wiggering H (2010) Assessing the productivity function of soils. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 30(3):601–614
- Mueller SA, Anderson JE, Wallington TJ (2011) Impact of biofuel production and other supply and demand factors on food price increases in 2008. *Biomass and Bioenergy* 35(5):1623–1632
- McCalmont JP, Hastings A, McNamara NP, Richter GM, Robson P, Donnison IS, Clifton-Brown J (2017) Environmental costs and benefits of growing Miscanthus for bioenergy in the UK. *GCB Bioenergy* 9(3):489–507

- Nsanganwimana F, Pourrut B, Mench M, Douay F (2014) Suitability of *Miscanthus* species for managing inorganic and organic contaminated land and restoring ecosystem services. A review. *Journal of Environmental Management* 143:123–134
- Peplow D, Edmonds R (2005) The effects of mine waste contamination at multiple levels of biological organization. *Ecological Engineering* 24(1-2):101–119
- Perić M, Komatina M, Antonijević D, Bugarski B, Dželetović Ž (2018) Life Cycle Impact Assessment of *Miscanthus* Crop for Sustainable Household Heating in Serbia. *Forests* 9(10):654
- Пивић РН (2013) Одводњавање псеудоглеја цевном дренажом. Задужбина Андрејевић, Београд, стр 1–87 стр
- Poeplau C, Don A (2014) Soil carbon changes under *Miscanthus* driven by C4 accumulation and C3 decomposition – toward a default sequestration function. *GCB Bioenergy* 6(4):327–338
- Prica M, Andrejić G, Šinžar-Sekulić J, Rakić T, Dželetović Ž (2019) Bioaccumulation of heavy metals in common reed (*Phragmites australis*) growing spontaneously on highly contaminated mine tailings ponds in Serbia and potential use of this species in phytoremediation. *Botanica Serbica* 43(1):85–95
- Раткнић М, Ранковић Н (1995) Економска анализа рентабилности улагања у подизање шумских засада у односу на пољопривредну производњу. Зборник радова Института за шумарство 36-37:59–67
- Reijnders L (2010) Transport biofuel yields from food and lignocellulosic C4 crops. *Biomass and Bioenergy* 34(1):152–155
- Romano N, Alvarez R, Bono A (2016) Modeling nitrogen mineralization at surface and deep layers of sandy soils. *Archives of Agronomy and Soil Science* 63(6):870–882
- Ruf Th, Schmidt A, Delfosse P, Emmerling C (2017) Harvest date of *Miscanthus × giganteus* affects nutrient cycling, biomass development and soil quality. *Biomass and Bioenergy* 100:62–73
- Šeremešić S, Ćirić V, Milošev D, Vasin J, Đalović I (2017) Changes in soil carbon stock under the wheat-based cropping systems at Vojvodina province of Serbia. *Archives of Agronomy and Soil Science* 63(3):388–402
- Simić A, Marković J, Vučković S, Stojanović B, Bijelić Z, Mandić V, Dželetović Ž (2019) The use of different N sources for the treatment of permanent grassland and effect of forage quality. *Emirates Journal of Food and Agriculture* 31(3):180–187
- Симић А (2020) Системи пашњака и производње крмних биљака у агроеколошким условима Републике Српске. У: Пржуљ Н, Тркуља В (уредници) Од генетике и спољне средине до хране. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, Монографија XLI:439–487
- Singh BP (2013) Biofuel Crop Sustainability Paradigm. In: Singh BP (ed) *Biofuel Crop Sustainability*, John Wiley & Sons, Inc, New York, pp 3–29
- Singh MP, Erickson JE, Sollenberger LE, Woodard KR, Vendramini JMB, Gilbert RA (2015) Mineral Composition and Removal of Six Perennial Grasses Grown for Bioenergy. *Agronomy Journal* 107(2):466–474

- Siri-Prieto G, Bustamante M, Picasso V, Ernst O (2020) Impact of nitrogen and phosphorous on biomass yield, nitrogen efficiency, and nutrient removal of perennial grasses for bioenergy. *Biomass and Bioenergy* 136:105526
- Sklenička P, Molnarova K, Pixova KC, Salek ME (2013) Factors Affecting Farmland Prices in the Czech Republic. *Land Use Policy* 30(1):130–136
- Smith SL, Thelen KD, MacDonald SJ (2013) Yield and quality analyses of bioenergy crops grown on a regulatory brownfield. *Biomass and Bioenergy* 49:123–130
- Scordia D, Van der Berg D, Van Sleen P, Alexopoulou E, Cosentino SL (2016) Are herbaceous perennial grasses suitable feedstock for thermochemical conversion pathways? *Industrial Crops and Products* 91:350–357
- Tran K-Q, Werle S, Trinh TT, Magdziarz A, Sobek S, Pogrzeba M (2020) Fuel characterization and thermal degradation kinetics of biomass from phytoremediation plants. *Biomass and Bioenergy* 134:105469
- Faeth SH, Bang C, Saari S (2011) Urban biodiversity: patterns and mechanisms. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1223:69–81
- Fargione JE, Plevin RJ, Hill JD (2010) The ecological impact of biofuels. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 41:351–377
- Feng Q, Chaubey I, Cibir R, Engel B, Sudheer KP, Volenec J, Omani N (2018) Perennial biomass production from marginal land in the Upper Mississippi River Basin. *Land Degradation and Development* 29(6):1748–1755
- Филиповић Р (1979) Неке водно-физичке особине смонице. *Земљиште и биљка* 28(3):147–157
- Филиповић Д, Лукић Б (1998) Утицај ваздушних водова на шумске екосистеме националних паркова у Србији. *Заштита природе* 50:531–536
- Филиповић Д, Самарџић И (2016) Техногени извори загађења – еколошки проблеми „браунфилд“ локација на територији општине Звездара (Београд). *Ecologica* 23(84):804–808
- French C, Dickinson N, Putwain P (2006) Woody biomass phytoremediation of contaminated brownfield land. *Environmental Pollution* 141(3):387–395
- Фуштић Б, Ђуретић Г (2000) Земљишта Црне Горе. Универзитет Црне Горе, Биотехнички институт, Подгорица, стр 1–626
- Havlicek E, Mitchell EAD (2014) Soils Supporting Biodiversity. In: Dighton J, Krumins JA (eds) *Interactions in Soil: Promoting Plant Growth, Biodiversity, Community and Ecosystems*, Vol. 1. Springer Science+Business Media Dordrecht, pp 27–58
- Huang H, Miller GY, Sherrick BJ, Gómez MI (2006) Factors Influencing Illinois armland Values. *American Journal of Agricultural Economics* 88(2):458–470
- Çoban S, Balekoğlu S, Özalp G (2019) Change in plant species composition on powerline corridor: a case study. *Environmental Monitoring and Assessment* 191:200
- Cosentino SL, Testa G, Scordia D, Alexopoulou E (2012) Future yields assessment of bioenergy crops in relation to climate change and technological development in Europe. *Italian Journal of Agronomy* 7(2):154–166

- Charzyński P, Bednarek R, Hulisz P, Zawadzka A (2013) Soils within Toruń urban area. In: Charzyński P, Hulisz P, Bednarek R (eds) Technogenic soils of Poland. Polish Society of Soil Science, Toruń, pp 17–30
- Christersson L (2008) Poplar plantations for paper and energy in the south of Sweden. Biomass and Bioenergy 32(11):997–1000
- Dželetović ŽS, Jakovljević M, Mihailović NLj (2004) Estimation of nitrogen availability in various types of Serbian soils. In: Proceedings, ESNA – European Society for New Methods in Agricultural Research, XXXIV Annual Meeting (29 August – 2 September 2004., Novi Sad, Serbia and Montenegro), Faculty of Agriculture, Novi Sad, pp 140–145
- Џелетовић Ж, Јочић Д (2008) Процена штете настале аерозагађивањем на пољопривредним усевама уз термоелектрану. У: Еколошка истина, уредник М. Трумић, Технички факултет у Бору, Бор, стр 250–254
- Dželetović ŽS, Filipović RM, Stojanović DDj, Lazarević MM (2009) Impact of lignite washery sludge on mine soil quality and poplar trees growth. Land Degradation and Development 20(2):145–155
- Џелетовић Ж, Јочић Д (2009) Процена штета насталих аерозагађивањем на засадима воћака уз термоелектрану. У: Еколошка истина - ЕкоИст '09, уредник З.Д. Станковић, Технички факултет у Бору, Бор, стр 228–231
- Џелетовић Ж, Илић В (2010) Процена тржишне вредности земљишних парцела. У: Шкорић М (уредник) Мелиорације. Пољопривредни факултет – Департмент за уређење вода, Нови Сад, стр 222–229
- Dželetović ŽS, Pivić RN, Djurović NLj (2011) Available nitrogen in the surface mineral layer of Serbian forest soils. Journal of Forest Science 57(4):131–140
- Џелетовић ЖС (2012) Мискантус (*Miscanthus × giganteus* Greef et Deu.): производне одлике и принос биомасе. Задужбина Андрејевић, Београд, стр 1–104
- Џелетовић Ж, Симић А, Максимовић Ј, Живановић И (2014а) Могућности фитостабилизације депосола угљенокопа коришћењем травних и биоенергетских усева друге генерације. У: Међународни интегрисани скуп „Земљиште 2014“ (уредница Цокић З), Удружење за уређење и коришћење земљишта и депонија, Београд, стр 49–57
- Џелетовић Ж, Михаиловић Н, Пивић Р (2014б) Избор шумских врста погодних за рекултивацију депосола угљенокопа. У: Међународни интегрисани скуп „Земљиште 2014“ (уредница Цокић З), Удружење за уређење и коришћење земљишта и депонија, Београд, стр 99–107
- Џелетовић ЖС, Андрејић ГЗ, Живановић ИБ, Пивић РН, Симић АС, Максимовић ЈС (2014в) Заштита, уређење и одрживо коришћење пољопривредног земљишта на територији Републике Србије гајењем биоенергетске траве *Miscanthus × giganteus*. ИНЕП, Земун, стр 1–116
- Dželetović ŽS, Glamočlija ЃN (2015) Effect of nitrogen on the distribution of biomass and element composition of the root system of *Miscanthus × giganteus*. Archives of Biological Sciences 67(2):547–560

- Dželetović ŽS, Mihailović NLj (2017) Available nitrogen in the surface mineral layer of natural meadows. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* 65(5):1483–1492
- Qin Z, Zhuang Q, Chen M (2012) Impacts of land use change due to biofuel crops on carbon balance, bioenergy production, and agricultural yield, in the conterminous United States. *GCB Bioenergy* 4(3):277–288
- Wile A, Burton DL, Sharifi M, Lynch D, Main M, Papadopoulos YA (2014) Effect of nitrogen fertilizer application rate on yield, methane and nitrous oxide emissions from switchgrass (*Panicum virgatum* L.) and reed canarygrass (*Phalaris arundinacea* L.). *Canadian Journal of Soil Science* 94(2):129–137

Land as a resource for biomass production

Željko Dželetović

Summary

Soil cover on the area of the West Balkans is very heterogeneous. Due to limited possibilities of increasing arable lands, an issue relating to rational utilization of the existing land reserves has been raised. Namely, an increase of food costs, which coincides with global increase of biofuel production, leads to thinking that fuel production induces an increase of food costs. Suitability of land space for specific purpose utilization is based on long-term economy. This problem would be solved by biomass production on marginal lands, because productive arable lands would be intended for food production. Lands that are suitable for exploitation in intensive agricultural production and appropriate for cultivation are classified into I-IV land capability class, and lands that are less suitable and unsuitable for exploitation (marginal lands) are classified into V-VIII land capability class. In the opinion of most researchers, economic production of wood and grass biomass should be developed on the lands of IV-VIII land capability class.

Thereby, there is a high percentage of abandoned and marginal agricultural lands in some countries of the West Balkans. Regarding a high percentage of meadows and pastures, which are mainly on land areas of V-VIII class and insufficient exploitation thereof, the potential of available land areas for crop cultivation for obtaining biomass is very big. They can include even temporarily lost areas (greenfields and brownfields) as well as the areas under powerlines. Land composition has a limited effect on elements concentration in the biomass and on its quality. The crops cultivated for obtaining biomass generally have low demands for nutrients and are adaptable to various land conditions. The reserves of the land organic carbon can be increased by biomass production, and in that way soil fertility can be improved. Whether through biomass production the biodiversity will be improved or decreased, it depends on the mode of utilization of land areas and on the cultivated crop management practice.

Keywords: Biomass, marginal lands, land capability class, soil fertility, price of agricultural land