

Oznaka poročila: ARRS-CRP-ZP-2014-01/7



ZAKLJUČNO POROČILO CILJNEGA RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	V4-1133
Naslov projekta	Modeli rastlinske pridelave na območjih degradiranega okolja
Vodja projekta	8604 Cvetka Ribarič Lasnik
Naziv težišča v okviru CRP	3.02.04 Modeli rastlinske proizvodnje na območjih degradiranega okolja
Obseg raziskovalnih ur	838
Cenovni razred	C
Trajanje projekta	10.2011 - 09.2013
Nosilna raziskovalna organizacija	2434 INŠTITUT ZA OKOLJE IN PROSTOR
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	401 Kmetijski inštitut Slovenije 481 Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta 482 Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	4 BIOTEHNIKA 4.03 Rastlinska produkcija in predelava 4.03.03 Voda, kmetijski prostor, okolje
Družbeno-ekonomski cilj	08. Kmetijstvo
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	4 Kmetijske vede 4.01 Kmetijstvo, gozdarstvo in ribištvo

2. Sofinancerji

	Sofinancerji		
1.	Naziv	Ministrstvo za kmetijstvo in okolje	
	Naslov	Dunajska 22, 1000 Ljubljana	
2.	Naziv	Agencija Republike Slovenije za raziskovalno dejavnost	
	Naslov	Bleiweisova cesta 30, 1000 Ljubljana	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

Po površini kmetijske zemlje v uporabi na prebivalca z 880 m² Slovenija zaostaja za EU in za splošno ugotovljenimi priporočili za samooskrbo (2000m²/prebivalca). Manjšanje razpoložljivih površin, primernih za pridelavo hrane, nas sili v iskanje novih rešitev, kot je uporaba degradiranih območij. Potrebno je preučiti uporabo dodatnih kmetijskih zemljišč, ki bo omogočala pridelavo rastlin, primernih za: a - človeško ali živalsko prehrano, b - surovine za industrijske namene (vlaknine za tekstil, izolacijske materiale, gradbene materiale itn.), c - energetske namene.

Zagotavljanje primernih količin hrane ob vedno bolj pogostih negativnih naravnih pojavih (potresi in popotresni valovi, vulkanski izbruhi, požari, toča, suša, ...) še dodatno otežujemo z antropogeno degradacijo okolja, kot sta pospešeno zmanjševanje kmetijskih površin zaradi ekonomskega razvoja (zazidava, ceste) in onesnaževanje tal zaradi posledic pretekle in sedanje industrijske in kmetijske aktivnosti. Onesnaženost tal običajno ni vidna, hkrati pa veliko onesnažil ostane v tleh tudi po prenehanju onesnaževanja in predstavljajo vir potencialno toksičnih snovi za človeka. Zato je pri načrtovanju sanacijskih in remediacijskih ukrepov, s katerimi bi zmanjšali možne vplive onesnaženih tal na zdravje ljudi poleg zakonodaje potrebno upoštevati tudi rabo tal.

Cilj projekta, ki smo jim sledili, so:

- Kritično presoditi in ovrednotiti rezultate raziskav v preteklosti pri nas in v tujini;
- Pripraviti modele za ohranitev in nadaljnji razvoj rastlinske proizvodnje na območjih degradiranega okolja z namenom pridobitev dodatnih kmetijskih zemljišč za pridelavo varnih in kakovostnih kmetijskih pridelkov za prehrano ljudi ali živali oziroma, kjer to ni mogoče, pridelovanje energetskih rastlin;
- Obvarovati, kar je še ostalo kmetijske zemlje in z aktivno zemljiško politiko dobiti nove kmetijske površine, kamor bi lahko spadala tudi degradirana območja;
- Določiti in 'kategorizirati' degradirane površine, primerne za kmetijsko pridelavo in za pridelavo energetskih rastlin;
- Priprava smernic (kriterijev) za uporabo različno degradiranih zemljišč;
- Proučiti primernost kmetovanja na teh površinah;
- Z uporabo degradiranih površin zmanjšati onesnaževanje podtalnice, zapraševanje in onesnaževanje po zraku;
- Definirati tehnologije za procesiranje tal, onesnaženih s težkimi kovinami in drugimi snovmi;
- Rastlinske pridelke s kontaminiranih zemljo klasificirati v produkte, ki so primerni za različne namene;
- Definirati sisteme za pridelavo in predelavo, transport, skladiščenje in predelavo v polizdelke ali končne izdelke z višjo dodano vrednostjo pridelkov s kontaminiranih zemljišč.

V projektu smo degradirana območja ustrezno kategorizirati glede na vrsto in stopnjo degradacije (fizična, kemijska, biološka, ...) in pripravili scenarije (modele) možne pretvorbe v kmetijsko rabo z različnimi ukrepi (od tehničnih do kmetijsko tehnoloških) za različen namen.

ANG

By area of agricultural land in use per capita of 880m² Slovenia lags behind the EU and the general recommendations found in subsistence (2000m²/resident). Reduction of the available land suitable for food production forces us to seek new solutions, such as the use of degraded areas. It is necessary to consider the use of additional agricultural land, which will enable the production of plants suitable for: a - human or animal consumption, b - raw materials for industrial purposes (fiber for textiles, insulation materials, building materials, etc..) C – for energy purposes.

Soil pollution is usually not visible, but a lot of pollutants remain in the soil even after the cessation of pollution and as a source of potentially toxic substances to humans. Therefore, when planning rehabilitation and remediation measures, which would reduce the potential impacts of contaminated soils on human health in addition to legislation necessary to consider the use of the land.

The aims of the project we followed were:

- Critically assessing and evaluating the results of research in the past at home and abroad ;
- Preparing models for the preservation and further development of vegetable production in areas of degraded environment in order to obtain additional agricultural land for the production of safe and quality agricultural products for human or animal consumption, or where this is not possible, the cultivation of energy crops ;
- Protecting, what remains of agricultural land and with an active land policy get new farmland , which could also include degraded areas ;
- Defining and ' categorizing ' degraded areas suitable for agricultural production and for the production of energy crops ;
- Preparing of guidelines (riteria) for the use of different degraded land ;
- Investigating the suitability of farming in these areas;
- With the use of degraded land reducing pollution of groundwater , dusting and pollution in the air ;
- Defining technology for processing soil contaminated with heavy metals and other substances;
- Classifying vegetable crops from contaminated soil to products that are suitable for different purposes;
- Defining systems for production and processing, transportation, storage and processing into semi-finished or finished products with higher value added crops with contaminated land .

In the project degraded areas were appropriately categorized according to the type and degree of degradation (physical , chemical , biological , ...) and scenarios (models) were prepared for possible conversion to agricultural with using different measures (from engineering to agricultural technology) for different purposes .

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

Degradirano območje pomeni, da kakovost okolja odstopa od naravnega stanja in lahko posredno ali neposredno vpliva na človekovo zdravje. Poznamo različne vrste degradacij okolja (fizična, kemijska, biološka) in vsaka od teh lahko različno vpliva na kmetijsko pridelavo, hkrati pa je tudi kmetijstvo lahko vir nove ali nadaljnje degradacije okolja.

Po površini kmetijske zemlje v uporabi na prebivalca z 880m² Slovenija zaostaja za EU in za splošno ugotovljenimi priporočili za samooskrbo (2000m²/prebivalca). Manjšanje razpoložljivih površin, primernih za pridelavo hrane, nas sili v iskanje novih rešitev, kot je uporaba degradiranih območij. Potrebno je preučiti uporabo dodatnih kmetijskih zemljišč, ki bo omogočala pridelavo rastlin, primernih za: a - človeško ali živalsko prehrano, b - surovine za industrijske namene (vlaknine za tekstil, izolacijske materiale, gradbene materiale itn.), c - energetske namene.

Cilj projekta je bil pripraviti modele za ohranitev in nadaljnji razvoj rastlinske proizvodnje na območjih degradiranega okolja; obvarovati, kar je še ostalo kmetijske zemlje in z aktivno zemljiško politiko dobiti nove kmetijske površine, kamor bi lahko spadala tudi degradirana območja in pripraviti smernice uporabe različno degradiranih zemljišč. Nalogo smo izvajali na osnovi ekspertnega znanja, tuje in domače literature ter poznavanjem degradiranega okolja v Sloveniji. V projektu smo degradirana območja ustrezno kategorizirati glede na vrsto in stopnjo degradacije (fizična, kemijska, biološka, ...) in pripravili scenarije (modele) možne pretvorbe v kmetijsko rabo z različnimi ukrepi (od tehničnih do kmetijsko tehnoloških) za različen namen.

V okviru projekta smo:

- analizirali stanje okolja v Sloveniji;
- kategorizirali degradiranost okolja;
- pripravili pregled zakonodaje in izdelali kriterije za vrednotenje degradiranih območij;
- definirali nadaljnjo uporabo biomase z degradiranih površin
- izdelali modele za degradirana območja in
- izvedli testiranje modelov.

DS1. Analiza stanja in kategorizacija degradiranega okolja v Sloveniji

Analiza stanja vključuje presojo rezultatov preiskav degradiranih območij v Sloveniji in pregled

obstojećih evidenc degradiranega okolja v Sloveniji. V prvi fazi smo nadgradili dokument, ki vključuje predlog območij v Sloveniji, za katera so predstavniki zavodov za zdravstveno varstvo ocenili, da so prekomerno obremenjena z onesnažili in zato lahko predstavljajo dodaten dejavnik tveganja za zdravje ljudi. Poleg navedenih virov so upoštevani dodatni viri iz domače in tuje literature in pregled uspešnih tujih praks revitalizacije degradiranih tal. Predlagana degradirana območja smo na osnovi ekspertnega znanja v projektni skupini razvrstili v eno ali več kategorij.

DS2 Zakonodaja in kriteriji za vrednotenje degradiranih območij

Eden od osnovnih kriterijev za vrednotenje degradiranega okolja je zakonodaja, kjer je potrebno proučiti 'pristojnosti' posameznih zakonov in uredb, ki je lahko na degradiranem okolju problematična.

Izbor parametrov in sistem kriterijev smo nastavili na osnovi obstoječe zakonodaje in strokovnega znanja pri čemer smo upoštevali izgradnjo modelov za različne rabe tal:

osnovne karakteristike tal (tekstura, globina tal, vsebnost in dostopnost hranil, vodni karakteristike tal, skeletnost, ...) na lokaciji;

druge prostorske informacije: podzemne in nadzemne vode, vodovarstvena območja, Natura 2000, EPO, druga varovana območja, ki s svojimi omejitvami lahko predstavljajo nujne in/ali robne pogoje za rabo degradiranih območij.

DS 3: Definiranje nadaljnje uporabe biomase z degradiranih površin

Predstavljen je konceptualni model (shema) kmetijstva za območja z različno vrsto in stopnjo degradacije tal. Model vključuje kriterije odločanja izbire prilagoditve kmetijstva glede na degradacijo tal s ciljem, da izgubimo čim manj kmetijskih zemljišč, da preprečimo vnos potencialno škodljivih snovi v prehranjevalno verigo, da ohranimo kmetijska gospodarstva in aktivno podeželje. Scenariji prilagoditve so predstavljeni predvsem iz vidika okoljske sprejemljivosti in kakovosti kmetijskih pridelkov in proizvodov, možne opcije so tudi preusmeritve v pridelavo industrijskih surovin ali rastlin (biomase) za energetske namene.

Opravili smo pregled stanja obstoječih tehnologij obdelave tal in definirali tehnologije za racionalno obdelavo tal, ki so onesnažena s težkimi kovinami. Ugotovili smo, da obstaja možnost povezovanja obstoječe in sodobne tehnologije za obdelavo tal v našem prostoru. Glede zmanjšanja porabe energije, delovnega časa, zmanjšanja emisij ogljikovega dioksida v ozračje in stroškov je najbolj primerna tehnologija minimalne (ohranitvene) obdelave tal za katero je značilna redukcija globine obdelave in števila delovnih operacij oziroma prehodov strojev ter »no tillage« sistem v katerem se uporablja direktna setev. Poraba energije se zmanjša v primerjavi s konvencionalno obdelavo tal. Zaradi manjšega števila prehodov traktorskih agregatov je omogočena večja produktivnost (manjša poraba časa za izvedbo delovne operacije) in posledično boljša ekonomičnost celotne pridelave poljščin z degradiranih območij. Opravili smo pregled energetske porabe različnih strojev, ki se lahko opravijo v proizvodni verigi za pridelavo rastlin na onesnaženih zemljiščih. Pregled stanja na področju sistemov za izkoriščanje obnovljivih virov energije je pokazal da je kmetijstvo pri nas dobro opremljeno z nekaterimi stroji, ki jih lahko vključimo v proizvodno verigo za proizvodnjo surovin z zemljišč, ki so onesnažena s težkimi kovinami (npr. stroji s katerimi lahko pobiramo in transportiramo žetvene ostanke, ki jih lahko uporabimo za energetske namene). Tudi skladiščne kapacitete na kmetijah zadovoljujejo v večini primerov za skladiščenje biomase za energetske namene. Na področju strojev za pobiranje energetskih rastlin pa je stanje slabo, ker teh strojev praktično ni. Narejen je detajlen pregled možnih tehnologij za predelavo energetskih rastlin v energente (trdne, tekoče in plinaste). V pregledu je zajet prikaz od zelo enostavnih tehnologij, ki omogočajo predelavo žetvenih ostankov in energetskih rastlin s tehnologijo peletiranja in briketiranja. Sledijo bolj zahtevne tehnologije s katerimi je možno s postopkom termo kemične konverzije pridobiti različne produkte, ki nastanejo v določenih temperaturnih in drugih specifičnih pogojih v katerih proces poteka (pri nižjih temperaturah nastajajo trdna goriva, sledijo pirolizna olja ter plini, ki se lahko uporabljajo za energetske namene). V primeru sežiganja pa se biomasa uporablja za proizvodnjo toplotne energije ali pa za kogeneracijo. Definiranje načina nadaljnje uporabe ostankov energetskih rastlin nastalih v proizvodnji obnovljive energije, glede ostankov škodljivih snovi (pepel, digestat iz bio plinskih naprav, oljna pogača iz stiskanja oljnic itn.). Podobno, kot je slabo stanje na področju strojev za pobiranje energetskih rastlin, je tudi stanje na področju tehnologij za predelavo rastlinskih ostankov v energente, ker na tem področju kmetije razpolagajo z malo številčnimi tehnologijami (npr. mehanska ekstrakcija olja) ali pa sploh na kmetijah ni razpolago (npr. uplinjanje kmetijske in lesne biomase za energetske namene, mikro bioplinske naprave itn.).

DS 4 Izdelava modelov za degradirana območja

Izdelani so detajlni modeli za uporabo kmetijske biomase (koruza, oljna ogrščica, sončnica) z zemljišč onesnaženih s težkimi kovinami za energetske namene. V primeru oljne ogrščice in sončnice je predvidena tudi pridelava olja in oljne pogače (peleta).

DS 5 Testiranje modelov

Za izbrana območja z različno kategorizacijo in stopnjo degradacije smo pripravili scenarije

revitalizacije oziroma bodoče rabe tal. Izdelani so detajlni modeli za uporabo kmetijske biomase (koruza, oljna ogrščica, sončnica) z zemljišč onesnaženih s težkimi kovinami za energetske namene. V primeru oljne ogrščice in sončnice je predvidena tudi pridelava olja in oljne pogače (peleta).

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Predlagana degradirana območja smo na osnovi ekspertnega znanja v projektni skupini razvrstili v eno ali več kategorij. V prijavi projekta smo predvideli tri osnovne vrste degradiranega okolja, kasneje smo uvedli tudi kombinirane kategorije:

- Fizično degradirano okolje (gramoznice, kamnolomi, glinokopi...);
- Kemijsko onesnažena zemljišča (toksične kovine, PAH, PCB, dioksini...);
- Fizično in kemijsko onesnažena zemljišča (odkrite površine ali deponije, ki so izvor kemijskega onesnaženja);
- Biološko »mrtva« tla, mineralna zemljina (horizont) brez humusa;
- Drugo.

- Izbor parametrov in sistem kriterijev smo nastavili na osnovi obstoječe zakonodaje in strokovnega znanja pri čemer smo upoštevali izgradnjo modelov za različne rabe tal osnovne karakteristike tal (tekstura, globina tal, vsebnost in dostopnost hranil, voden karakteristike tal, skeletnost, ...) na lokaciji;

- druge prostorske informacije: podzemne in nadzemne vode, vodovarstvena območja, Natura 2000, EPO, druga varovana območja, ki s svojimi omejitvami lahko predstavljajo nujne in/ali robne pogoje za rabo degradiranih območij.

- Eden od osnovnih kriterijev za vrednotenje degradiranega okolja je zakonodaja, kjer smo pripravili pregled po 'pristojnosti' posameznih zakonov in uredb, ki se posredno ali neposredno tiče kmetijske pridelave v degradiranem okolju.

- Predstavljen je konceptualni model (shema) kmetijstva za območja z različno vrsto in stopnjo degradacije tal. Model vključuje kriterije odločanja izbire prilagoditve kmetijstva glede na degradacijo tal s ciljem, da izgubimo čim manj kmetijskih zemljišč, da preprečimo vnos potencialno škodljivih snovi v prehranjevalno verigo, da ohranimo kmetijska gospodarstva in aktivno podeželje.

- Opravili smo pregled stanja obstoječih tehnologij obdelave tal in definirali tehnologije za racionalno obdelavo tal, ki so onesnažena s težkimi kovinami. Ugotovili smo, da obstaja možnost povezovanja obstoječe in sodobne tehnologije za obdelavo tal v našem prostoru.

- Opravili smo pregled energetske porabe različnih strojev, ki se lahko opravijo v proizvodni verigi za pridelavo rastlin na onesnaženih zemljiščih. Pregled stanja na področju sistemov za izkoriščanje obnovljivih virov energije je pokazal, da je kmetijstvo pri nas dobro opremljeno z nekaterimi stroji, ki jih lahko vključimo v proizvodno verigo za proizvodnjo surovin z zemljišč, ki so onesnažena s težkimi kovinami (npr. stroji s katerimi lahko pobiramo in transportiramo žetvene ostanke, ki jih lahko uporabimo za energetske namene).

- Za izbrana območja z različno kategorijo in stopnjo degradacije smo pripravili scenarije revitalizacije oziroma bodoče rabe tal s ciljem ohranitve rastlinske pridelave za hrano, krmo in/ali energijo oziroma druge surovine. Scenariji so narejeni na osnovi konkretnih obstoječih podatkih trenutne rabe ter stanja degradacije.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁴

Na projektu ni bilo sprememb.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	4079464	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Emisije CO2 pri decentralizirani proizvodnji rastlinskega olja za energetske namene
		ANG	CO2 emission in decentralized plant oil production
			Proizvodnja rastlinskih olj, ki predstavljajo gorivo ali osnovno surovino za proizvodnjo biodizla danes poteka na osnovi ekstrakcije olj s pomočjo mehanskega iztiskanja semen ali s pomočjo topil (ekološko sporno, uporablja se v velikih industrijskih obratih). Mehansko iztiskanje semena se opravlja z mehanskimi kontinuiranimi stiskalnicami vijačnega tipa. Za ugotavljanje porabe energije in emisij CO2 v decentralizirani proizvodnji

	Opis	SLO	olja smo uporabili mehansko stiskalnico vijačnega tipa. Stiskalnica opravlja kontinuirano hladno stiskanje semena oljnic (za proces delovanja ni potrebno dovajanje posebne toplote za segrevanje semena ali samega stroja). Ugotovili smo da se pri enofaznem stiskanju porabi od 7,2 do 10,1 kWh/t predelanega semena (za decentralizirano proizvodnjo olja se porabi bistveno manj energije, kot pri industrijski proizvodnji olja). V drugi fazi stiskanja pa se porabi od 7,1 do 8,1 kWh/t redelanega semena. Seštevek prve in druge faze stiskanja nam da porabo energije za dvofazno stiskanje, ki se giblje od 14,3 do 18,2 kWh/t predelanega semena. Emisije CO2 pri decentralizirani proizvodnji olja so tudi nizke, znašajo od 2,592 do 3,924 g CO2/kg olja v eni fazi stiskanja. Zaradi boljšega izkoristka se uporablja dvofazno stiskanje, tako da celotne emisije CO2 (seštevek prve in druge faze) znašajo od 5,148 do 6,84 g CO2/kg olja.	
		ANG	Production of pure plant oils for fuels or biodiesel production now is based on the extraction of oil with mechanical extraction of seeds or by using solvents (organic solvents used in large industrial plants). Mechanical extrusion of seeds is carried out by continuous mechanical screw type presses. To determine the energy consumption and CO2 emissions in the decentralized production of oil we used mechanical screw press, which is designed for the extraction of oil by mechanical compression of various oil seeds. The machine performs continuous cold extraction of oil seeds (process does not need warming of oil seeds or single machine). We found that in single phase pressing of rape seeds, energy consumption is from 7.2 to 10.1 kWh/t of processed seeds (decentralized production of oil consumes significantly less energy than the production on industrial level). In the second stage of pressing, energy consumption is from 7,1 to 8,1 kWh /t of processed oil seeds. The sum of the first and second stage of pressing, gives energy for the two phase pressing. In mentioned case energy consumption is in range from 14,3 to 18,2 kWh /t of processed seeds. CO2 emissions from decentralized pure plant oil production, are also low, in range from 2,592 to 3,924 g CO2/kg oil at first stage of pressing. Due to the better efficiency of process, applied was two phase pressing, so that the total CO2 emissions (sum of the first and second phase) ranging from 5,148 to 6,84 g CO2/kg oil.	
	Objavljeno v	Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za mehanizacijo poljoprivrede; Aktualni zadaci mehanizacije poljoprivrede; 2013; Str. 320-325; Avtorji / Authors: Jejčič Viktor, Godeša Tone, Orešek Aljoša		
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci		
2.	COBISS ID	1116886	Vir: COBISS.SI	
	Naslov	SLO	Porazdelitev Cd, Pb, Zn, Mo in S pri mladih in zrelih Brassica napus L. var. napus	
		ANG	Distribution of Cd, Pb, Zn, Mo and S in juvenile and mature Brassica napus L. var. napus	
	Opis	SLO	Študija je bila izvedena na treh lokacijah v Savinjski regiji, kjer so tla onesnažena s težkimi kovinami zaradi industrije cinka (Cinkarna Celje). V Ponikvi tla do globine 30 cm vsebujejo 0,8 mg kg⁻¹ Cd, 32,2 mg kg⁻¹ Pb in Zn 86 mg kg⁻¹, v Medlogu 1,4 mg kg⁻¹ Cd, 37,4 mg kg⁻¹ Pb in 115 mg kg⁻¹ Zn in v Škofji vasi 10,9 mg kg⁻¹ Cd, 239,7 mgkg⁻¹ Pb in 1356 mg kg⁻¹ Zn. pH na izbranih mestih je bil med 7,3 in 7,6. V začetku septembra 2006 sta bila posejana hibrida Brassica napus L. var. napus, D01 PR45 in PR46 W31 primerna za proizvodnjo biodizla. Vzorce smo odvzeli po 96 (mladoletne) in 277 (odrasle) dneh. Deli rastlin(korenine, nadzemni del in semena) so bile ločene in Cd, Pb, Zn, Mo in S določena z z ICPMS. Primerjali smo privzem Cd, Pb, Zn, Mo in S v različnih delih mladih in odraslih rastlin iz dveh različnih hibridov, TF translokacijski faktor), BAF (faktor bioakumulacije) in PP (fitoekstrakcijski potencial) so bili	

			izračunani. Odrasli rastline hibrida PR46 W31 so višje in imajo višji PP za kovine (Cd, Pb in Zn) in nižji PP za mikrohranila (MoS) na onesnaženo mesto. Študija je pokazala možnost uporabe oljne ogrščice na multionosnaženih tleh za pridelavo 1. in 2. generacije biogoriv. S sanacijo degradiranih zemljišč bi lahko tudi razbremenili rabo kmetijskih zemljišč.
	ANG		The study was conducted at three locations in the Savinjska region of Slovenia, where soil is contaminated with heavy metals due to the zinc industry (Cinkarna Celje). In Ponikva the soil to a depth of 30 cm contains 0.8 mg kg ⁻¹ Cd, 32.2 mg kg ⁻¹ Pb and 86 mg Zn kg ⁻¹ , in Medlog 1.4 mg kg ⁻¹ Cd, 37.4 mg kg ⁻¹ Pb and 115 mg kg ⁻¹ Zn and in Skofja vas 10.9 mg kg ⁻¹ Cd, 239.7 mgkg ⁻¹ Pb and 1356 mg kg ⁻¹ Zn. The pH at the selected sites was between 7.3 and 7.6. In the beginning of September 2006 two hybrids of Brassica napus L. var. napus, PR45 D01 and PR46 W31 suitable for production of biodiesel obtained from Pioneer Seeds Holding GmbH, were sown. After 96 days juvenile and after 277 days mature plants were collected. Parts of plants (root, shoot and seed) were separated and Cd, Pb, Zn, Mo and S determined by ultra-trace ICP-MS. We compared the uptake of Cd, Pb, Zn, Mo and S in different parts of juvenile and mature plants of the two different hybrids, TF (translocation factor), BAF (bioaccumulation factor) and PP (phytoextraction potential) were calculated. The mature hybrid PR46 W31 had higher shoot:root ratio and higher PP for metals (Cd, Pb and Zn) and lower PP for the micronutrient (Mo) and macronutrient (S) on the polluted site. The study demonstrated the potential use of oilseed rape on multiply polluted soils for production of 1st and 2nd generation biofuels. The potential restoration of degraded land could also disburden the use of agricultural land.
	Objavljeno v		CRC Press; International journal of phytoremediation; 2011; Letn. 14, št. 3; str. 282-301; Impact Factor: 1.298; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.978; WoS: JA; Avtorji / Authors: Romih Nadja, Grabner Boštjan, Lakota Miran, Ribarič-Lasnik Cvetka
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	3784040	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Modeli rastlinske pridelave na območjih degradiranega okolja
		ANG	Models of crop production in degraded environment
	Opis	SLO	V prispevku so bili prikazani so detajlni modeli za uporabo kmetijske biomase (koruza, oljna ogrščica, sončnica) z zemljišč onesnaženih s težkimi kovinami za energetske namene. V primeru oljne ogrščice in sončnice je predvidena tudi pridelava olja in oljne pogače (peleta).
		ANG	In this paper we have presented the detailed models for the use of agricultural biomass (corn, rapeseed, sunflower) on land contaminated with heavy metals for energy purposes. In the case of rapeseed and sunflower is also provided for the production of oil and oil cake (pellet).
	Objavljeno v		Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za mehanizacijo poljoprivrede; Aktualni zadaci mehanizacije poljoprivrede; 2012; Str. 539-547; Avtorji / Authors: Lakota Miran, Grčman Helena, Zupan Marko, Jejčič Viktor, Grabner Boštjan, Romih Nadja, Ribarič-Lasnik Cvetka
	Tipologija		1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
4.	COBISS ID	3784296	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Možnosti uporabe oljne ogrščice iz zemljišč onesnaženih s težkimi kovinami za energetske in druge namene
		ANG	Possible uses of rape from land contaminated with heavy metals for energy and other purposes

Opis	SLO	V prispevku se je pregledalo možnosti porabe Brassice napus, energetske rastline za pridelavo na onesnaženih površinah.
	ANG	This paper has examined the possibility of the use of Brassica napus, energy crops for cultivation in contaminated areas.
Objavljeno v	Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za mehanizacijo poljoprivrede; Aktualni zadaci mehanizacije poljoprivrede; 2012; Str. 527-538; Avtorji / Authors: Romih Nadja, Jejčič Viktor, Godeša Tone, Poje Tomaž, Ribarič-Lasnik Cvetka	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID		
	Naslov	SLO	
		ANG	
	Opis	SLO	
		ANG	
	Šifra		
	Objavljeno v		
	Tipologija		

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁷

--

10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

10.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

- Izdelana je analiza stanja in kategorizacija degradiranega okolja v Sloveniji
- Izdelan je pregled zakonodaje in kriteriji za vrednotenje degradiranih površin
- Definirane so tehnologije za obdelavo tal in nadaljnje uporabe biomase z degradiranih površin
- Razviti so modeli za določanje energetske učinkovitosti in ekonomičnosti pri izkoriščanju poljščin za ekoremediacijo zemljišč, ki so onesnažena s težkimi kovinami.

ANG

- An overview of the situation and categorization of degraded environment in Slovenia is made
- An overview of the laws and criteria for the evaluation of degraded areas is made
- Technologies for soil treatment and further use of biomass degraded areas are developed
- Models for determining energy efficiency and economy in the exploitation of arable land for ecoremediation of soil, contaminated with heavy metals are defined.

10.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Nacionalni strateški načrt razvoja podeželja 2007-2013 temelji na načelih trajnostnega gospodarjenja z naravnimi viri. Prednostne naloge so zbrane v okviru treh osi in sicer a) konkurenčnost agroživilstva in gozdarstva, b) ohranjanje kulturne krajine in varovanje okolja in c) izboljšanje kakovosti življenja v podeželskih območjih in spodbujanje diverzifikacije gospodarstva.

Uporaba degradiranih površin za kmetijstvo omogoča pozitivne učinke v okvirju vseh treh omenjenih osi.
Poleg tega naše raziskave, ki smo jih opravili na področju DS3 (Definiranje nadaljnje uporabe biomase z degradiranih površin) omogočajo odločilni korak v smeri nizko cenovnega, masovno izvedljivega ter javnosti sprejemljivega načina uporabe degradiranih kmetijskih in drugih zemljišč. Ustvarja se tudi pozitivno javno mnenje, da znanstvena sfera temeljito skrbi za zmanjševanje onesnaževanja okolja.

ANG

The National Strategic Plan for Rural Development 2007-2013 is based on the principles of sustainable management of natural resources. Priorities are collected within three axes, namely a) the competitiveness of the agri-food and forestry sectors, b) the preservation of the cultural landscape and environment, and c) improve the quality of life in rural areas and encouraging diversification of the economy.
Plant production on degraded areas has a positive impact in the frame all three axes.
In addition, the research we have done in the field of DS3 (Defining the continued use of biomass degraded areas) allow a decisive step towards low-cost, mass-viable and publicly acceptable way of using degraded agricultural and other land. It also creates a positive public opinion that a thorough scientific community cares to reduce environmental pollution.

11.Vpetost raziskovalnih rezultatov projektne skupine.

11.1.Vpetost raziskave v domače okolje

Kje obstaja verjetnost, da bodo vaša znanstvena spoznanja deležna zaznavnega odziva?

- ☒ v domačih znanstvenih krogih
- ☒ pri domačih uporabnikih

Kdo (poleg sofinancerjev) že izraža interes po vaših spoznanjih oziroma rezultatih?¹¹

lokalna skupnost na degradiranih območjih (Mestna občina Celje)
Kmetijska gospodarska zbornica

11.2.Vpetost raziskave v tuje okolje

Kje obstaja verjetnost, da bodo vaša znanstvena spoznanja deležna zaznavnega odziva?

- ☒ v mednarodnih znanstvenih krogih
- ☒ pri mednarodnih uporabnikih

Navedite število in obliko formalnega raziskovalnega sodelovanja s tujini raziskovalnimi inštitucijami:¹²

Kateri so rezultati tovrstnega sodelovanja:¹³

12.Izjemni dosežek v letu 2013¹⁴

12.1. Izjemni znanstveni dosežek

12.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja in obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta
- bomo sofinancerjem istočasno z zaključnim poročilom predložili tudi elaborat na zgoščenki (CD), ki ga bomo posredovali po pošti, skladno z zahtevami sofinancerjev.

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

INŠTITUT ZA OKOLJE IN PROSTOR

Cvetka Ribarič Lasnik

ŽIG

Kraj in datum:

Celje

15.4.2014

Oznaka prijave: ARRS-CRP-ZP-2014-01/7

¹ Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku). [Nazaj](#)

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje v tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

³ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'. [Nazaj](#)

⁶ Navedite družbeno-ekonomske dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'.

Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno-ekonomskega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat projekta ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 7 in 8 (npr. ni voden v sistemu COBISS). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

⁸ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja. [Nazaj](#)

⁹ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹¹ Največ 500 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹² Največ 500 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹³ Največ 1.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹⁴ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2013 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu.

Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/> [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-CRP-ZP/2014-01 v1.00

D3-B3-8C-40-F0-56-29-94-8E-50-01-EB-C1-85-BB-2F-41-78-E3-DF

Naslov projekta **MODELI RASTLINSKE PRIDELAVE NA OBMOČJIH**
DEGRADIRANEGA OKOLJA- končno poročilo

Projekt v okviru ciljnega raziskovalnega programa (CRP) »Zagotovimo.si hrano za jutri 2011-2020«

Naročnika: Ministrstvo za kmetijstvo in okolje

Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije

Trajanje projekta: 1.10.2011 – 31.9.2013

Oznaka pogodbe: 2330-12-000233

Oznaka projekta: V4-1133

Vodja projekta: doc. dr. Cvetka Ribarič Lasnik

Poročilo pripravili: **doc. dr. Cvetka Ribarič Lasnik** (Inštitut za okolje in prostor)
dr. Boštjan Grabner (Inštitut za okolje in prostor)
dr. Viktor Jejčič (Kmetijski inštitut Slovenije, Oddelek za kmetijsko mehanizacijo in energetiko)
mag. Tomaž Poje (Kmetijski inštitut Slovenije, Oddelek za kmetijsko mehanizacijo in energetiko)
mag. Tone Godeša (Kmetijski inštitut Slovenije, Oddelek za kmetijsko mehanizacijo in energetiko)
mag. Marko Zupan (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo)
prof. dr. Helena Grčman (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo)
dr. Rok Mihelič (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo)
mag. Tomaž Prus (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo)
prof. dr. Miran Lakota (Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede)

KAZALO VSEBINE

KAZALO VSEBINE	II
KAZALO PREGLEDNIC	V
KAZALO SLIK	VII
PRILOGE.....	IX
1. UVOD	1
2. ANALIZA STANJA IN KATEGORIZACIJA DEGRADIRANEGA OKOLJA V SLOVENIJI	3
2.1 Analiza stanja, pregled obstoječih evidenc ter domače in tuje literature	3
2.1.1 Evidenca degradiranih površin	4
2.1.2 Seznam onesnaženih površin v Sloveniji	5
2.1.3 Erozija in zbitost tal	7
2.1.4 Možnost uporabe remediiranih tal v kmetijstvu	12
2.2 Pregled obstoječih evidenc degradiranih območij (zemljišč)	16
2.3 Spletna stran in komuniciranje z javnostjo.....	25
3. ZAKONODAJA IN KRITERIJI ZA VREDNOTENJE DEGRADIRANIH OBMOČIJ	26
3.1 Zakoni, uredbe in pravilniki na področju varstvu okolja, kmetijstva in varne prehrane. 26	
3.2 Parametri in kriteriji za vrednotenje degradiranih območij	29
4. DEFINIRANJE TEHNOLOGIJ ZA OBDELAVO TAL IN NADALJNJE UPORABE BIOMASE Z DEGRADIRANIH POVRŠIN.....	35
4.1 Remediacija tal z mehanskimi postopki.....	35
4.1.1 Rastline za ekoremediacijo	35
4.1.2 Energetske rastline.....	37
4.1.3 Mehanske metode za eko remediacijo tal kontaminiranih s težkimi kovinami.....	38
4.1.4 Uporaba biomase za energetske namene	39
4.1.5 Goriva iz energijskih rastlin.....	40
4.1.6 Tehnologije za izkoriščanje trdne kmetijske biomase v energetske namene.....	40
4.1.7 Strojno pobiranje rastlinskih ostankov po žetvi	41
4.1.8 Linije za spravilo žetvenih ostankov	43
4.1.9 Strojno pobiranje hitrorastočih grmovnih in drevesnih vrst	45
4.2 Transport biomase.....	46
4.3 Skladiščenje biomase	46
4.4 Uporaba kmetijske biomase za energetske namene.....	48
4.4.1 Obdelava rastlinskih žetvenih ostankov.....	48

4.4.2	Tehnologije za uporabo kmetijske biomase s kontaminiranih zemljišč	51
4.4.3	Obiralniki koruze	52
4.4.4	Silokombajni.....	52
4.4.5	Uporaba koruznih klasincev.....	53
4.5	Postopki za uporabo biomase.....	56
4.5.1	Sežiganje kmetijske biomase.....	56
4.5.2	Kogeneracija (soproizvodnja toplote in električne energije) pri sežiganju kmetijske biomase	58
4.5.3	Tekoča goriva iz biomase.....	60
4.5.4	5.4 Tekoče gorivo iz biomase - bioetanol.....	60
4.5.5	Proizvodnja plinastega goriva iz biomase	62
4.5.6	5.6 Tehnologije za čiščenje in nadgradnjo bioplina do faze biometana	64
5.	IZDELAVA MODELOV ZA DEGRADIRANA OBMOČJA	66
5.1	Uvod	66
5.2	Pregled literature.....	66
5.3	Namen obdelave tal	67
5.4	Postopki obdelave tal.....	67
5.5	Material in metodika dela	69
5.5.1	Poraba goriva in emisije CO2	69
5.5.2	Modeli za pridelavo.....	70
6.	TESTIRANJE MODELOV	74
6.1	Priprava kmetijske biomase za energetske namene.....	74
6.1.1	Zmanjševanje prostornine kmetijske biomase.....	74
6.1.2	Izdelava peletov.....	74
6.1.3	Izdelava briketov.....	76
6.1.4	Transport in skladiščenje kmetijske biomase.....	77
6.2	Pobiranje kmetijske biomase za energetske namene.....	79
6.2.1	Uvod.....	79
6.2.2	Strojno pobiranje rastlinskih ostankov po žetvi	79
6.2.3	Stiskalnice za bale	80
6.2.4	Samonakladalne prikolice	82
6.2.5	Linije za spravilo žetvenih ostankov	84
6.2.6	Strojno pobiranje energetskih rastlin.....	86
6.3	Decentralizirana proizvodnja olja iz oljne ogrščice za energetske namene.....	87
6.3.1	Uvod.....	87

6.3.2	Potencial za proizvodnjo oljne ogrščice	87
6.3.3	Prihodnost rastlinskih olj	88
6.3.4	Decentralizirana proizvodnja rastlinskega olja.....	89
6.3.5	Stranski produkt proizvodnje olja	90
6.3.6	Kakovost rastlinskega olja.....	90
6.3.7	Pogon dizelskih motorjev in traktorjev	91
6.3.8	Pogon drugih motorjev in naprav	92
6.3.9	Tehnologija proizvodnje surovega olja.....	92
6.4	Dostopnost hranil v odvisnosti od intenzitete obdelave tal	96
6.4.1	Opisi in zasnova poskusov	97
6.4.2	Rezultati poskusov	98
6.4.3	Komentar in sklepi	105
6.5	Poraba fosilne energije in poraba časa za konvencionalno in za ohranitveno obdelavo tal	107
6.5.1	Primerjava porabe goriva v litrih na hektar na lahkih in težkih tleh	112
6.5.2	Primerjava porabe časa v litrih na hektar na lahkih in težkih tleh.....	113
6.5.3	Sklepi.....	114
7.	VIRI.....	115

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Posledice zbijanja tal zaradi obdelave in vožnje v tleh in na posevkih (Prirejeno po R. A. McBride et al., 1997)	8
Preglednica 2: Sproščanje in specifično sproščanje gradiva ter erozijsko zniževanje površja po kategorijah rabe tal v Sloveniji po podatkih objavljenih do leta 2006 (vir Komac in Zorn 2007).....	10
Preglednica 3: Sproščanje erodiranega materiala glede na rabo tal : (1) Cerdan in sod. 2006, (2) Komac in Zorn 2007.....	11
Preglednica 4: Vsebnost Pb, Zn in Cd v nadzemni delih nekaterih rastlin z večjo biomaso na onesnaženih tleh brez in z dodano EDTA. Izračunan je tudi fitoekstrakcijski potencial (FP), v primeru dodatka EDTA. Povzeto po Grčman (2001) in Kos in sod. (2003).....	14
Preglednica 5: Vsebnost Pb v nekaterih kmetijskih rastlinah na onesnaženih in remediiranih tleh. Podana so povprečja in standardne deviacije (n=3). Oznaka LOQ pomeni, da je vrednost pod mejo detekcije.....	16
Preglednica 6: Evidenca degradiranega okolja v Sloveniji in osnovna kategorizacija.....	18
Preglednica 7: Parametri za določitev stopnje kemijske degradacije tal na osnovi uredbe Uredbe o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Ur. l. RS 68/96, st. 5774).....	30
Preglednica 8: Stopnja onesnaženosti glede na normativne vrednosti Uredbe o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Ur. L. RS 68/96).....	31
Preglednica 9: Predlog analitskih postopkov za določanje pedoloških lastnosti tal, na osnovi katerih se izvaja kontrola rodovitnosti tal in modeli za napovedovanje različnih lastnosti tal in možnih degradacij (na primer kapaciteta tal za sušo, nevarnost za erozijo, ...).....	33
Preglednica 10: Vrste rastlin in načini obdelave tal glede onesnaženosti zemljišč.....	36
Preglednica 11: Možne tehnologije izkoriščanja koruze za energetske namene	51
Preglednica 12: Tehnične lastnosti različnih motorjev z notranjim in zunanjim zgorevanjem za mikro in majhno kogeneracijo biomase (po Vartiainen, E. et al., 2002; Gaia Group Oy 2004; Obernberger, I., 2004).....	59
Preglednica 13: Podatki o povprečni porabi goriva ter spodnji in zgornji meji za porabo goriva pri posameznih postopkih v kmetijski pridelavi.	69
Preglednica 14: Lastnosti mineralnega dizelskega goriva, olja iz oljne ogrščice in metilnega estera oljne ogrščice (biodzla)	91
Preglednica 15: Primerjava decentralizirane in industrijske proizvodnje olja iz semena oljaric.....	94
Preglednica 16: Opis talnega profila Moškanjci	97
Preglednica 17: Povprečna gostota tal (g/cm^3) $\pm$ standardna napaka v Moškanjcih, v različnih globinah tal glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v gostoti tal.	98
Preglednica 18: Povprečna vrednost pH $\pm$ standardna napaka v Moškanjcih, v različnih globinah tal glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v pH.....	99
Preglednica 19: Količine skupnega dušika in topnega organskega ogljika (kg/ha) ter C/N razmerje v Moškanjcih, glede na način obdelave tal.	104

Preglednica 20: Količine skupnega dušika, topnega organskega ogljika (mg/kg) $\pm$ standardna napaka ter C/N razmerje v Moškanjih, v različnih globinah glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti skupnega dušika oziroma topnega organskega ogljika..... 104

KAZALO SLIK

Slika 1: Degradirana območja v Sloveniji zaradi transportne, vojaške, rudarske in industrijske dejavnosti.	5
Slika 2: Ocena nevarnosti za erozijo (Pesera 2004)	12
Slika 3: Karta območij s pretežno kemijskim onesnaževanjem oziroma onesnaženimi tlemi	18
Slika 4: Spletna stran projekta (http://www.remediacija-tal.si/index.php)	25
Slika 5: Za pobiranje slame in koruznice in stiskanje oziroma izdelavo suhih bal za zmanjševanje prostornine žetvenih ostankov za energetske namene se lahko uporabljajo obstoječe stiskalnice za valjaste bale, ki so razširjene v slovenskem kmetijskem prostoru.	42
Slika 6: Strojna manipulacija z balami iz žetvenih ostankov	43
Slika 7: Linija za spravilo valjastih bal.....	44
Slika 8: Linija za spravilo malih kvadrastih bal	44
Slika 9: Linija za spravilo velikih kvadrastih bal.....	45
Slika 10: Praznjenje zalogovnika obiralnika koruze v storžih, transport storžev se opravlja s standardnimi traktorskimi prikolicami s povišanimi stranicami	46
Slika 11: Potreba po skladiščnem prostoru (Schön in Strehler 1992, povzeto po El Bassam.....	47
Slika 12: Skladiščenje bal iz žetvenih ostankov na odprtem prostoru (slika levo) in v kmetijskem objektu – kozolec toplar (slika desno).....	48
Slika 13: Princip izdelave peletov iz rastlinske mase, 1 – matrica, 2 – valj za iztiskanje, 3 – dovajanje zmlete rastlinske mase, 4 – nož za odrez, peleti (Sitkei 1986).....	49
Slika 14: Izdelava peletov z iztiskanjem lesne mase ali žetvenih rastlinskih ostankov skozi ploščato matrico (Kahl, Nemčija)	49
Slika 15: Potrebna energija za peletiranje slame in sena v odvisnosti od temperature, 1 – slama vlažnosti 12,6 %, 2 – seno vlažnosti 9,6 % (Sitkei 1986)	50
Slika 16: Stiskalnica za izdelavo briketov	51
Slika 17: Obiralnik med obiranjem koruze.....	52
Slika 18: Samovozni silokombajn.....	53
Slika 19: Kombajn za spravilo koruznega zrnja z aksialnim rotorjem ter dodatnim sklopom za zajem klasincev	54
Slika 20: Istočasno spravilo koruze za zrnje in klasince.....	55
Slika 21: Transport klasincev v prikolico (primer uporabe samonakladalne prikolice za transport) je možen tudi med samo žetvijo s primesjo ličja	55
Slika 22: Posebna izvedba kotla za sežiganje valjastih bal iz različnega rastlinskega materiala, podobni kotli so namenjeni za sežiganje velikih bal iz slame ali koruznice	58
Slika 23: Princip izdelave peletov iz lesne mase ali žetvenih rastlinskih ostankov, 1 – matrica, 2 – valj za iztiskanje, 3 – dovajanje zmlete rastlinske mase, 4 – nož za odrez, peleti (po Sitkei)	75
Slika 24: Potreben navor za stroj za peletiranje slame in sena v odvisnosti od temperature, 1 – slama vlažnosti 12,6 %, 2 – seno vlažnosti 9,6 % (Sitkei)	76
Slika 25: Polžna stiskalnica za izdelavo briketov z iztiskanjem lesne mase ali žetvenih rastlinskih ostankov skozi ploščato matrico na ustju (shema principa delovanja).....	77
Slika 26: Potreba po skladiščnem prostoru (Schön in Strehler 1992, povzeto po El Bassam).....	78
Slika 27: Valjaste bale – slabši izkoristek tovarnega prostora vozila med transportom in slabši izkoristek skladiščnega prostora.....	78

Slika 28: Kvadraste bale – boljši izkoristek tovarnega prostora vozila med transportom in skladiščnega prostora.....	79
Slika 29: Za pobiranje slame in koruznice in stiskanje oziroma izdelavo suhih bal za zmanjševanje prostornine žetvenih ostankov za energetske namene se lahko uporabljajo obstoječe stiskalnice za valjaste bale, ki so razširjene v slovenskem kmetijskem prostoru	80
Slika 30: Nakladanje in transport valjastih bal iz žetvenih ostankov.....	81
Slika 31: Transporter za pobiranje kvadrastih bal iz žetvenih ostankov (vir: New Holland)	82
Slika 32: Samonakladalna prikolica velike prostornine (40 m ³) za traktorje moči do 130 kW	83
Slika 33: Linija za spravilo valjastih bal.....	84
Slika 34: Linija za spravilo malih kvadrastih bal.....	85
Slika 35: Linija za spravilo velikih kvadrastih bal	85
Slika 36: Linija za spravilo velikih kvadrastih bal, žetvene ostanke, ki nastanejo po spravilu žita s kombajnom pobere stiskalnica za velike kvadraste bale, za nakladanje bal je namenjen dvoriščni traktor s teleskopsko nakladalno roko, kvadraste bale se nakladajo na posebne izvedbe prikolic za prevoz kvadrastih bal.....	86
Slika 37: Proizvodnja rastlinskega olja in biodizla, uporaba olja za kmetijske, komunalne in energetske namene v letu 2010 v R. Sloveniji (vir: mag. Tomaž Poje, Kmetijski inštitut Slovenije, Oddelek za kmetijsko tehniko)	93
Slika 38: Dvofazna mehanska ekstrakcija olja v laboratorijski mikro oljarni, Laboratorij za kmetijsko strojništvo, Jable.....	95
Slika 39: Orodje za minimalno obdelavo tal	96
Slika 40: Panoramski pogled poskusnega polja in vpliv na strukturo tal.....	98
Slika 41: Povprečne količine P ₂ O ₅ (kg/ha) in standardna napaka v Moškanjcih, v različnih globinah tal glede na način obdelave. Različne črke označujejo statistično značilne razlike (p≤0,05) v vsebnosti P ₂ O ₅	100
Slika 42: Količine K ₂ O (kg/ha; 0-30 cm) v Moškanjcih, med letom glede na način obdelave.....	101
Slika 43: Povprečne količine K ₂ O (kg/ha) in standardna napaka v Moškanjcih, v različnih globinah tal glede na način obdelave. Različne črke označujejo statistično značilne razlike (p≤0,05) v vsebnosti K ₂ O.	101
Slika 44: Količine mineralnega dušika (kg/ha; 0-30 cm) v Moškanjcih, med letom glede na način obdelave.....	102
Slika 45: Količine organskega dušika (kg/ha; 0-30 cm) v Moškanjcih, med letom glede na način obdelave.....	103
Slika 46: Profil tal na poskusnih ploskvah s teksturno različnimi tlemi.....	108
Slika 47: Zasnova poskusnih polj.....	109
Slika 48: Plug.....	109
Slika 49: Globinski podrahljalnik.....	110
Slika 50: Stroj za konzervirajočo (ohranjevalno) obdelavo tal – sistem »Composting Tillage« .	111
Slika 51: Stroj za konzervirajočo (ohranjevalno) obdelavo tal.....	112
Slika 52: Primerjava porabe goriva (l/ha) za različne obdelave tal.....	112
Slika 53: Primerjava porabe časa (h/ha) za različne obdelave tal.	113
Slika 54: Primerjava pridelka koruze v kilogramih na hektar (s 14 % vlage) na lahkih in težkih tleh pri različnih načinih obdelave.....	113

PRILOGE

Priloga A: Model kalkulacije stroškov, energije in rentabilnosti pridelave koruze

Priloga B: Model kalkulacije stroškov, energije in rentabilnosti pridelave oljne ogrščice

Priloga C: Model kalkulacije stroškov, energije in rentabilnosti pridelave sončnic

Priloga D: Poraba goriva pri postopkih obdelave tal

1. UVOD

Po površini kmetijske zemlje v uporabi na prebivalca z 880 m² Slovenija zaostaja za EU in za splošno ugotovljenimi priporočili za samooskrbo (2000m²/prebivalca). Zagotavljanje primernih količin hrane ob vedno bolj pogostih negativnih naravnih pojavih (potresi in popotresni valovi, vulkanski izbruhi, požari, toča, suša, ...) še dodatno otežujemo z antropogeno degradacijo okolja, kot sta pospešeno zmanjševanje kmetijskih površin zaradi ekonomskega razvoja (zazidava, ceste) in onesnaževanje tal zaradi posledic pretekle in sedanje industrijske in kmetijske aktivnosti. Onesnaženost tal običajno ni vidna, hkrati pa veliko onesnažil ostane v tleh tudi po prenehanju onesnaževanja in predstavljajo vir potencialno toksičnih snovi za človeka. Glavne poti vnosa v človeka so preko hrane, pridelane na onesnaženem območju. Zato je pri načrtovanju sanacijskih in remediacijskih ukrepov, s katerimi bi zmanjšali možne vplive onesnaženih tal na zdravje ljudi poleg zakonodaje potrebno upoštevati tudi rabo tal. Količino razpoložljivih površin za pridelavo hrane še dodatno zmanjšuje uporaba kmetijskih zemljišč za pridelavo energetskih rastlin. Manjšanje razpoložljivih površin, primernih za pridelavo hrane, nas sili v iskanje novih rešitev, kot je uporaba degradiranih območij. Medresorska delovna skupina državnih sekretarjev za izvajanje zavez Parmske deklaracije (ustanovljena v letu 2010) je evidentirala območja v Sloveniji, za katera se ocenjuje, da so prekomerno onesnažena z različnimi onesnažili in zato predstavljajo dodaten dejavnik tveganja za zdravje. Ta območja so naslednja: Mežiška dolina, Anhovo, Semič, Idrijsko, Spodnja soška občina in Tržaški zaliv, Zasavje, Žirovski vrh, Celje, Štore, Šentjur (Z del občine), Žalec (V del občine), Laško, Zidani most, Velenje, Šoštanj, Zreče, okolica rudnika Sitarjevec, okolica kočevskega rudnika, Koper, južna Primorska, Sorško polje, Kranjsko polje, Savinjska kotlina, Dravsko polje, Mursko polje, idr..

V preteklosti so za čiščenje onesnaženih tal zagovarjali procese saniranja z odkopavanjem kontaminiranih plasti tal in razvažanjem omenjenih tal na druge lokacije. Omenjena metoda je energetsko, časovno in okoljsko sporna. Za odkopavanje je potrebno angažirati posebne stroje za izkop (gradbene, rudniške itn.) in urediti odvoz materiala. Za pogon omenjenih strojev se uporablja energija fosilnih goriv, ki prispeva k ustvarjanju emisij CO₂ in drugih toplogrednih plinov. Metoda zahteva ogromno časa, pri izkopu pa nastaja tudi prah, ki ga lahko veter prenaša na velike razdalje. Poleg tega se problem onesnaženosti samo prenese z enega na drugo območje. Za uporabo degradiranih površin v večjem obsegu bi bilo potrebno definirati tehnologije za čiščenje onesnaženih tal. Rastlinske pridelke s kontaminiranih zemljišč je potrebno klasificirati v produkte, ki so primerni za:

- človeško ali živalsko prehrano,
- surovine za industrijske namene (vlaknine za tekstil, izolacijske materiale, gradbene materiale itn.),
- energetske namene.

Za predelavo teh pridelkov bo potrebno nadalje definirati sisteme za pridelavo in predelavo, transport in skladiščenje. Za pridelavo so mišljene tehnologije za osnovno in dopolnilno obdelavo tal, racionalno obdelavo tal, setev, žetev itn.

Gospodarna in ekološko naravnana pridelava, ki prihaja v ospredje pa postavlja še dodatne zahteve: zmanjšati stroške dela in energije za obdelavo tal (zmanjševanje emisij toplogrednih plinov, ki nastanejo, kot posledica delovanja kmetijske mehanizacije) ter skržiti intenzivno obdelavo tal le na nujne ukrepe. Tehnike, pri katerih se reducira intenziteta obdelave tla zaradi možnosti zmanjševanja emisij toplogrednih plinov, postajajo vse bolj pomembne v svetu in Evropi.

Cilj projekta, ki smo jim sledili, so:

- Kritično presoditi in ovrednotiti rezultate raziskav v preteklosti pri nas in v tujini;
- Pripraviti modele za ohranitev in nadaljnji razvoj rastlinske proizvodnje na območjih degradiranega okolja z namenom pridobitev dodatnih kmetijskih zemljišč za pridelavo varnih in kakovostnih kmetijskih pridelkov za prehrano ljudi ali živali oziroma, kjer to ni mogoče, pridelovanje energetskih rastlin;
- Obvarovati, kar je še ostalo kmetijske zemlje in z aktivno zemljiško politiko dobiti nove kmetijske površine, kamor bi lahko spadala tudi degradirana območja;
- Določiti in 'kategorizirati' degradirane površine, primerne za kmetijsko pridelavo in za pridelavo energetskih rastlin;
- Priprava smernic (kriterijev) za uporabo različno degradiranih zemljišč;
- Proučiti primernost kmetovanja na teh površinah;
- Z uporabo degradiranih površin zmanjšati onesnaževanje podtalnice, zapaševanje in onesnaževanje po zraku;
- Definirati tehnologije za procesiranje tal, onesnaženih s težkimi kovinami in drugimi snovmi;
- Rastlinske pridelke s kontaminiranih zemljišč klasificirati v produkte, ki so primerni za različne namene;
- Definirati sisteme za pridelavo in predelavo, transport, skladiščenje in predelavo v polizdelke ali končne izdelke z višjo dodano vrednostjo pridelkov s kontaminiranih zemljišč.

V projektu smo degradirana območja ustrezno kategorizirati glede na vrsto in stopnjo degradacije (fizična, kemijska, biološka, ...) in pripravili scenarije (modele) možne pretvorbe v kmetijsko rabo z različnimi ukrepi (od tehničnih do kmetijsko tehnoloških) za različen namen.

2. ANALIZA STANJA IN KATEGORIZACIJA DEGRADIRANEGA OKOLJA V SLOVENIJI

2.1 Analiza stanja, pregled obstoječih evidenc ter domače in tuje literature

Po definiciji beseda degradirati pomeni zmanjšati vrednost ali kvaliteto nečesa. Degradacija oziroma razvrednotenje okolja je tako slabšanje oziroma zmanjšanje ekološke vrednosti okolja zaradi različnih škodljivih sprememb. Te spremembe so lahko biološke, fizikalne ali kemične. Degradacijo okolja, predvsem tal, povzročajo različni dejavniki, kot je vreme (posebej suša) in predvsem človek, ki s svojo dejavnostjo onesnažuje ali degradira okolje, kar vpliva na pridelavo hrane in kvaliteto življenja (WHO, 2013). Posledice degradacije okolja se kažejo predvsem v delovanju ekosistema, saj velikokrat prihaja do najrazličnejših motenj. Najpogostejše so to motnje v procesu kroženja elementov, motnja pretoka energije ter motnja samoregulacijskih sposobnosti v ekosistemu.

Po definiciji ETDS (<http://glossary.eea.europa.eu>) je degradacija okolja »Proces, v katerem je okolje vedno bolj onesnaženo, izrabljeno in uničeno«.

Glede na Strategijo prostorskega razvoja Slovenije (Bartol in sod., 2004) je degradirano urbano območje tisto, kjer »je potencial za rabo in dejavnost zmanjšan ali omejen zaradi emisijskih, ekoloških, vizualnih ali drugih vplivov na obstoječo rabo. Degradirana območja so posledica lastninskega in ekonomskega preurejanja, to je opuščanja aktivne rabe zemljišč ali celo njihovega namernega opuščanja.« Posebej so definirana degradirana urbana območja, kot so »opuščena območja industrije, gradbeništva, skladišč, rudarstva, vojske, železnice, mestnih komunalnih služb, barakarska naselja, že iztrošena, neustrezna stanovanjska območja v predmestjih ali soseskah brez zgodovinske vrednosti ipd. ali zaradi dejavnosti onesnažena območja«.

Poseben problem predstavlja degradacija tal. Ob vedno bolj pogostih negativnih naravnih pojavih (potresi in popotresni valovi, vulkanski izbruhi, požari, toča, suša, ...) še dodatno onesnažujemo z antropogeno degradacijo okolja, kot sta pospešeno zmanjševanje kmetijskih površin zaradi ekonomskega razvoja (zazidava, ceste) in onesnaževanje tal zaradi posledic pretekle in sedanje industrijske in kmetijske aktivnosti. Onesnaženost tal običajno ni vidna, hkrati pa veliko onesnažil ostane v tleh tudi po prenehanju onesnaževanja in predstavljajo vir potencialno toksičnih snovi za človeka. Glavne poti vnosa onesnažil v človeka so preko hrane, pridelane na onesnaženem območju.

Površine, namenjene kmetijstvu, se na svetovni ravni vztrajno manjšajo zaradi človekovih aktivnosti. Raziskava, ki so jo izvedli Združeni narodi je pokazala (GLASOD, 2013), da se je v obdobju od 1961-1991 razpoložljivost površin za kmetijsko obdelavo zmanjšala za 30%. Vzrok temu je več dejavnikov, najpomembnejši pa je dejavnost človeka - sekanje gozdov (30%), sejanje energetskih rastlin, prekomerna paša (35%), intenzivno kmetijstvo (28%) in industrializacija (4%). Posledica degradacije so erozija, širjenje puščav, zasolitev (zaslanjenost) in izguba hranil. Tudi Slovenija ni izjema. V obdobju 2002-2012 smo v Sloveniji izgubili 5% kmetijskih površin in smo po površini kmetijske zemlje v uporabi na prebivalca na 880m², s čimer zaostajamo za EU in za splošno ugotovljenimi priporočili za samooskrbo - 2000m²/prebivalca.

V našem projektu smo za oceno uporabe degradiranih površin kot osnovo uporabili dve evidenci, ki sta že nastali in ki obravnavata degradacijo onesnaženih površin:

- evidenca degradiranih površin (Sonaravna sanacija okoljskih bremen kot trajnostnorazvojna priložnost Slovenije) in
- seznam onesnaženih površin v Sloveniji, ki ga je pripravila Medresorska delovna skupina državnih sekretarjev za izvajanje zavez Parnske deklaracije.

Iz pregleda literature in tudi lastnih meritev v okviru drugih raziskovalnih projektov smo pripravili sledeče pregledne prispevke, ki pokrivajo fizikalno degradacijo in kemijsko onesnaženje:

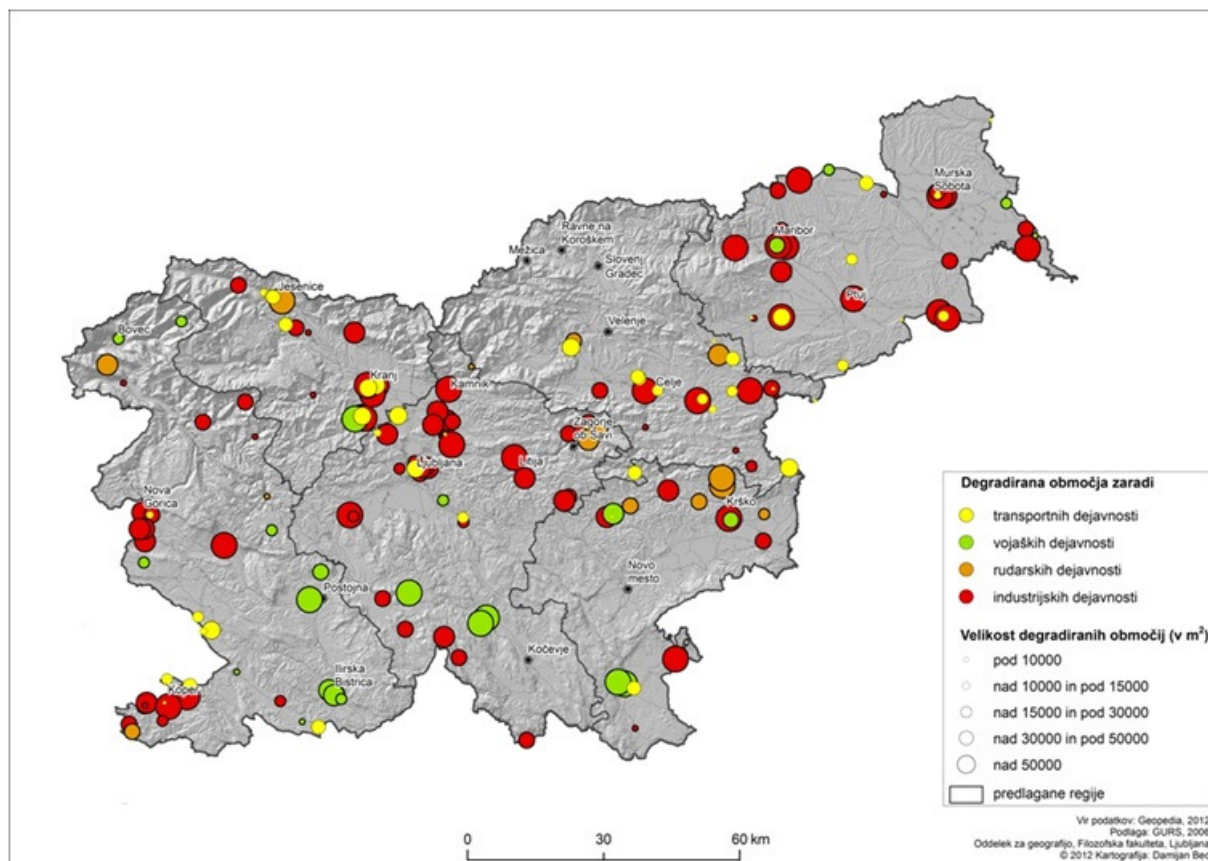
- Erozijska in zbitost tal;
- Možnost uporabe remediiranih tal v kmetijstvu;
- Ali so s kadmijem onesnažena tla primerna za pridelavo vrtnin?

2.1.1 Evidenca degradiranih površin

V okviru projekta, ki se je končal v 2013 v okviru ciljnega raziskovalnega programa z naslovom »Sonaravna sanacija okoljskih bremen kot trajnostnorazvojna priložnost Slovenije« na oddelku za geografijo na ljubljanski filozofski fakulteti pod vodstvom dr. Metke Špes (2013), so v evidenco vključili območja, kjer je degradacijo povzročila industrija, vojaška dejavnost, transport, infrastrukturne dejavnosti ter rudarska dejavnost. Zajeli so vsa tista območja, ki so večja od 1 ha (10.000 m²), le v nekaterih primerih so vključili tudi nekoliko manjše površine. Upoštevali so definicijo, da so degradirane površine vse površine, kjer je dejavnost, ki je degradacijo povzročila:

- povsem opuščena,
- opuščena in prisotna le še na delu območja,
- opuščena, na delu degradiranega območja pa je prisotna že nova dejavnost ali
- pa je še delno prisotna na območju stara in nova dejavnost.

V okviru projekta so evidentirali 194 degradiranih območij v skupni površini 979 ha (Slika 1). Zanimivo je, da iz njihove evidence, ki je na voljo tudi na Geopediji, razvidno, da ni degradiranih površin v občini Velenje (območje jezer) in da v Mestni občini Celje območje Stare Cinkarne ni degradirano območje. Prav tako na celotnem Koroškem ni niti enega degradiranega območja.



Slika 1: Degradirana območja v Sloveniji zaradi transportne, vojaške, rudarske in industrijske dejavnosti.

2.1.2 Seznam onesnaženih površin v Sloveniji

Medresorska delovna skupina državnih sekretarjev za izvajanje zavez Parnske deklaracije (ustanovljena v letu 2010) je evidentirala območja v Sloveniji, za katera se ocenjuje, da so prekomerno onesnažena z različnimi onesnažili in zato predstavljajo dodaten dejavnik tveganja za zdravje. Pri pripravi predloga so sodelovali: Metka Horvat (ZZV Ravne), Vesna Hrženjak (ZZV Maribor), Doc.dr. Agnes Sömen Joksič in Bojana Bažec (ZZV Koper), Bonia Miljavac (ZZV Novo mesto), Irena Perpar (ZZV Ljubljana), Majda Pohar (ZZV Kranj), Nataša Šimac in Jasna Koglot (ZZV Nova Gorica), Simona Uršič (ZZV Celje), Jožica Goričanec (ZZV Murska Sobota), doc. dr. Vesna Zadnik (OI RR), Ana Hojs, Peter Otorepec, mag. Lucija Perharič, Nina Pirnat in Pia Vračko (vsi IVZ). Osnutek je bil narejen oktobra 2010, v začetku leta 2011 so ga pregledali in dopolnili na Agenciji RS za okolje in Ministrstvu za kmetijstvo in okolje.

Onesnaženost okolja so razdelili glede na vir onesnaženja in glede na onesnažilo, ki je v določenem okolju problem:

Industrijsko onesnaženje:

- azbest (Anhovo in kmetijske površine);
- težke kovine (Mežiška dolina, Idrijsko, Spodnja Soška dolina in Tržaški zaliv, Zasavje, Celjska kotlina, okolica Maribora, Jesenice, Okolica rudnika Sitarjevec (občini Litija in Šmartno));
- VOC (hlapne organske spojine), ftalati in AFK (Velenje, Šoštanj in Koper);
- hrup (Zreče);
- PCB (Semič);
- prah, PM10 (Zasavje, Laško, Zidani most);
- proizvodnja streliva in razstreliv (KIK Kamnik);
- radioaktivna jalovina (Žirovski vrh, okolica Kočevskega rudnika).

Kmetijstvo:

- pesticidi oziroma ostanki fitofarmacevtskih sredstev (področja RS z intenzivnim kmetijstvom: Sorško polje, Kranjsko polje, Krško polje, Ljubljana z okolico, Savinjska kotlina, Dravsko polje, Mursko polje, idr.).

Promet:

- ozon in tributilkositrove spojine (Primorska);
- prašni delci, ozon, NO_x, CO₂, PAH, VOC, SO₂, hrup (velika mesta).

Drugo:

- cvetni prah pelinolistne ambrozije (Vzhodna Slovenija);
- emisije plinov (metan, CO₂), izcedne vode (registrirana odlagališča odpadkov);
- fekalno onesnaženi viri pitne vode (kraški viri pitne vode);
- hrup (gradbišča, prireditveni prostori, kjer se uporabljajo zvočne naprave, ladijski promet-specifika v Kopru; pristanišče, potniški terminal);
- mikrobiološko in kemično onesnaženje (neurejen kanalizacijski sistem v Primorski in Pomurski regiji);
- pesticidi (železniške proge);
- PM10 (individualna kurišča, predvsem v predmestjih in na podeželju);
- strupene kovine, organske spojine, (POP's) (ilegalna odlagališča odpadkov).

2.1.3 Erozijska in zbitost tal

Zbijanje tal in erozija spadata med osem groženj tlorisa, ki jih je identificirala Komisija Evropske Skupnosti v pripravljalnem dokumentu COM (2002) 179 (Medmrežje 1) in kasneje v Tematski strategiji za varstvo tal COM (2006) 231 (Medmrežje 2) in COM(2006) 232 (Medmrežje 3). Vendar, ko pogledamo še ostale dokumente Evropske unije, ki se nanašajo na tla, naletimo na odstopanje pri obravnavi. Prvo je relativno slabo predstavljena grožnja zbijanja, saj so skrbno izdelana le poročila za erozijo, organsko snov in onesnaženje iz zbirke Reports of technical working groups (Medmrežje 4). Knjigi Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection. VOLUME - V MONITORING (Van-Camp, 2004/1) in Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection. VOLUME – VI RESEARCH, SEALING & CROSS-CUTTING ISSUES (Van-Camp, 2004/2) pa obe grožnji predstavljata le v smislu bodočega nadzora in usmerjanja raziskav. Drugo odstopanje je območje Slovenije, saj je zbijanje tal celo v tretji oceni evropskega okolja (Europe's environment: the third assessment) iz leta 2003 za naše območje izpuščeno.

Nič boljše nista obe grožnji predstavljeni v domačih virih. V »Oceni izvajanja konvencije ZN o boju proti dezertifikaciji/degradaciji tal v Sloveniji« (Suhadolc in sod., 2006) je za zbitost tal, erozijo in zmanjševanje biotske pestrosti navedeno stanje z malo oziroma nič podatkov, ter redke raziskave iz omenjenih področij.

Glede na to je potrebno za obe grožnji podati oceno razmer v obsegu in intenzivnosti tako z vidika preteklih kakor tudi z vidika bodočih klimatskih razmer. Ob predpostavki da se agrotehnika ne bo bistveno spremenila ali vsaj ne spremenila na slabše. Predpostavimo pa lahko tudi ohranjanje obdelovalnih površin med drugim tudi zaradi zanimanja za pridelavo surovin za izdelavo goriv prve generacije (Blum, 2007).

Zbijanje tal

Tla sestavljajo trdni mineralni delci različnih velikosti in organske snovi. Njihova sestava je v naravnem stanju razmeroma rahla, tako da so med osnovnimi talnimi delci in njihovimi skupki oziroma strukturnimi agregati prisotni prazni prostori ali pore. Pri zbijanju se zaradi pritiska koles, nog, vlečenih ali kotaljenih predmetov ter delovanja orodij pri obdelavi tal delci in strukturni agregati stisnejo in zamažejo, volumen por pa se zmanjša. Jakost in trajnost deformacije je odvisna od velikosti in smeri obremenitve, lastnosti in vlažnosti tal. Lastnosti obremenitve značilno označuje velikost stične ploskve med bremenom in tlemi, smer delovanja sil ter število prehodov oziroma ponavljanja obremenitve. Lastnosti tal določa tekstura, struktura, delež organske snovi, volumska gostota. Dejansko to pomeni, da moramo za oceno ogroženosti tal zaradi zbijanja poznati tako lastnosti strojev oziroma naprav s katerimi delamo, tip in lastnosti tal, kot rabo tal (vrsto rastlin oziroma posevkov) in agrotehniko ter vse posebnosti tehnološkega postopka.

Zbijanje tal je grožnja, ki ima izrazit vzrok v človekovih dejavnostih na površju tal. Med ogrožena zemljišča pa v tem primeru ne štejemo namenoma utrjene in s tem seveda zbite zemljate konstrukcije kot so obrambni nasipi pred poplavi ali jezovi ter površine nekaterih športnih in rekreacijskih objektov, kjer kljub travnati zarasti potrebujemo utrjeno podlago za tehnične in športno rekreacijske dejavnosti.

Zbijanje tal kot grožnjo opredelimo na zemljiščih katerih raba je usmerjena v pridelavo hrane, krme, industrijskih surovin in energetskih snovi. Grožnji so izpostavljene tudi pašne in gozdne površine. Prav tako pa se grožnja pojavlja na zemljiščih z rekreacijsko rabo ter na številnih pomožnih površinah kot so občasni skladiščni prostori ter neutrjene poljske in gozdne prometnice.

Grožnja ima številne resne posledice, ki zmanjšujejo funkcije tal. Neposredno je prizadet pridelovalni potencial tal, kar se odraža v nižjih pridelkih. Slabe fizikalne lastnosti imajo vpliv tako na kemične kot biotske lastnosti tal, tako da se poleg zmanjšane vpojnosti za padavinsko vodo pojavlja lahko površinsko zastajanje vode ali erozija na nagnjenih površinah, redukcijske razmere, zmanjšana aktivnost talnih organizmov, ter posledično zmanjševanje zadrževalne funkcije tal za snovi, ki so v podtalnici in površinskih vodotokih nezaželene.

Preglednica 1: Posledice zbijanja tal zaradi obdelave in vožnje v tleh in na posevkih (Prirejeno po R. A.McBride et al., 1997)

Vzrok zbitosti	Posledice	Znaki zbitosti v/na tleh	Posledice na posevkih
Gibanje strojev in vozil	Uničenje strukturnih agregatov v površinskem delu tal	Zastajanje vode na površini Nastajanje skorje	Pozen ali zmanjšan vznik rastlin iz semena
	Zmanjšanje poroznosti	Nižja temperatura tal	Neenakomerna višina posevka
	Nastanek zbitih plasti (pod obdelovalnim horizontom)	Povečan površinski odtok Zmanjšano zadrževanje vode	Pomanjkanje hranil (predvsem N) Pojav suše
Obdelovanje tal	Zmanjšanje poroznosti	Povečani stroški opreme in goriva (večje vlečne sile) Povečana upornost prodiranja korenin Slaba zračnost tal Slaba odcednost	Plitev koreninski sistem Suša Pomanjkanje hranil Bolezni korenkega sistema Zmanjšan pridelek Zamuda v dozorevanju pridelkov

Med omilitvene ukrepe sodi na prvo mesto zmanjševanje obremenitev tal v razmerah povečane vlažnosti tal, kar pomeni omejitev prevozov s stroji ter omejitev paše živali. Izbrati je potrebno tudi ustrezne stroje glede na talne in organizacijske razmere obrata. Tehnološki proces mora biti skrbno pripravljen vanj pa vključena konzervirajoča in reducirana obdelava tal. Občasno je potrebno vključiti postopke in posege, za zmanjševanje zbitosti podtalja kot so npr. podrahlavanje in upravljanje voznih poti (field traffic management). K zmanjševanju zbitosti tal prispevajo tudi novejša kmetijske tehnologije kot je precizno kmetovanje, ki vpeljuje še druge okoljske in ekonomske koristi. Ne nazadnje pa je potrebno tudi omeniti skoraj samoumevne ukrepe kot je skrb za dobro strukturo tal in povečanje vsebnosti organske snovi, ki seveda vplivajo še na izboljšanja drugih lastnosti tal.

Pomanjkanje podatkov o fizikalnih lastnostih tal ter zbitosti tal v Sloveniji je akutno. Močno priporočamo intenziviranje raziskav na tem področju.

EROZIJA TAL

Erozija tal je naraven proces, ki se pojavlja v geoloških časovnih dimenzijah. Skrb vzbujajoča pa je tako imenovana pospešena erozija pri kateri količine erodiranega materiala znatno presegajo naravno erozijo predvsem zaradi različnih dejavnosti človeka (medmrežje 7). Stopnja erozije je močno odvisna od vrste tal, klime in rabe tal ter vrste in načina izvajanja varovalnih ukrepov. Glede na to da je nastajanje tal izjemno počasen proces lahko opredelimo vsako izgubo tal večjo kot 1t/ha leto kot nepovratno v časovnem okvirju 50 do 100 let (medmrežje 7). V Evropi so prisotni erozijski pojavi ob močnejših nevihtah z izgubo 20-40 t/ha leto na dve do tri leta, izgube z 100 in več t/ha leto pa opredelimo kot ekstremne. Med pomembnejše vzroke poleg drugih uvrščamo tudi neprimerne kmetijske postopke rabe tal.

Čeprav poznamo več vrst erozije sta za kmetijske površine dejansko pomembni le eroziji, ki ju povzročata voda in veter. Prav tako se bomo omejili le na erozijske procese na intenzivnejših kmetijskih površinah, ki se v večini primerov nahajajo v blagih naklonih ali celo na ravnini. Omejili se bomo tudi na oblike površinsko opazne erozijske tal kot so površinsko spiranje ter žlebičasto in jarkasto erozijo, ki jo povzročajo človek in živali (Zorn in Komac, 2005). Poleg omenjenega prispevka smo pregledali še nekatere druge: Čarman, Mikoš in Pintar 2007, Zorn in Petan 2007, Komac in Zorn 2007 ter Hrvatin in sod. 2006.

Vetrna erozija se v Sloveniji pojavlja predvsem v Vipavski dolini (Čarman in sod. 2007) vendar lahko občasno doseže tudi razmere naravne nesreče, npr. leta 2012. Čeprav je erozijski medij drug, pa so vzroki za pospešeno vetrno erozijo kmetijskih površin enaki kot pri vodni.

V sklopu priznanih erozijskih pojavov oziroma oblik ostaja nekako nedorečeno vprašanje t. i. kraške erozije, ki jo večinoma omejujejo na raztapljanje apnenca nastajanje žlebičkov in škrap v kamnini (korozijsko apnenca). V bistvu pa gre za odnašanje oziroma izpiranje tal v razpoke in votlinice pa tudi globlje v kraško podtalje in podzemlje. Pojav lahko opazimo tudi v kraških jamah, kjer se talne snovi odlagajo v obliki blatnih oblog in usedlin. Pojav te oblike erozije pa ni vezan samo na obdelovana kraška tla, pač pa ga opazimo tudi prodnatih in peščenih nasutinah, kjer zaradi (pre)globoke obdelave pride do izpiranja finih frakcij tal v prodnato podtalje. Če se na kraški površini pojav pozna »kot da skale rastejo iz tal« Sušin, 1964, se na prodnatih podlagah konstantno povečuje delež proda v zgornjem, praviloma obdelovalnem, talnem horizontu. Klasični erozijski pojavi kot so žlebički in jarki niso opazni. Glede na to, da se erozija s podobnim učinkom pojavlja tudi na drugačnih tleh oziroma geomorfološki formaciji, bi izraz lahko

nadomestili z podpovršinska erozija, izraz kraška erozija pa bi ostal za površinske erozijske pojave na apnencu.

Količine erodiranega materiala se za območje Slovenije močno razlikujejo. Časovni razpon ocen in meritev sega nekako od 1971 do 1973 pa vse do obdobja 2005-2007, ko so bile izvedene nekatere meritve. Povzetek oziroma seznam rezultatov sta obdelala Komac in Zorn 2007. Iz omenjene študije podajamo rezultate v preglednici 1.2.

Rezultati v tabeli so nelogični: nakloni nad 0° imajo večje količine erodiranega materiala kakor nakloni nad 2°. Iz komentarja navedene podatke Komac in Zorn 2007 s. 82 v navedeni tabeli ni mogoče preveriti. Že avtorja sama ocenjujeta nekatere izvirne podatke kot pretirane (Zorn in Komac 2005).

Preglednica 2: Sproščanje in specifično sproščanje gradiva ter erozijsko zniževanje površja po kategorijah rabe tal v Sloveniji po podatkih objavljenih do leta 2006 (vir Komac in Zorn 2007).

kategorije rabe tal	sproščanje gradiva (t/leto)	specifično sproščanje gradiva (t/ha/leto)	erozijsko zniževanje površja (mm)	sproščanje gradiva (t/leto)	specifično sproščanje gradiva (t/ha/leto)	erozijsko zniževanje površja (mm)
	Naklon nad 2°			Naklon nad 0°		
njive	1.464.156,86	0,86	0,05	3.918.386,92	1,93	0,12
neporasla in visokogorska območja	2.211.748,99	1,30	0,08	2.232.884,86	1,10	0,07
travinje	1.343.734,42	0,79	0,05	1.642.895,78	0,81	0,05
vinogradi	437.215,59	0,62	0,02	462.838,74	0,23	0,01
gozd in zemljišča v zaraščanju	537.825,96	0,32	0,02	573.335,72	0,28	0,02
sadovnjaki	283.234,28	0,17	0,01	319.561,62	0,16	0,01
hmeljišča	487,06	0,0003	0,00002	6728,19	0,003	0,0002
skupaj	6.278.403,16	3,70	0,23	9.156.631,84	4,52	0,28
povprečno	784.800,40	0,46	0,03	1.144.578,98	0,56	0,04

Kljub nekaterim meritvam še vedno ostaja odprto vprašanje dejanskih količin in razsežnosti erozije tal v Sloveniji. Zorn in Komac 2007 ugotavljata podobno kot Suhadolc in sod. (2006), da nimamo natančnih izmerjenih podatkov o eroziji.

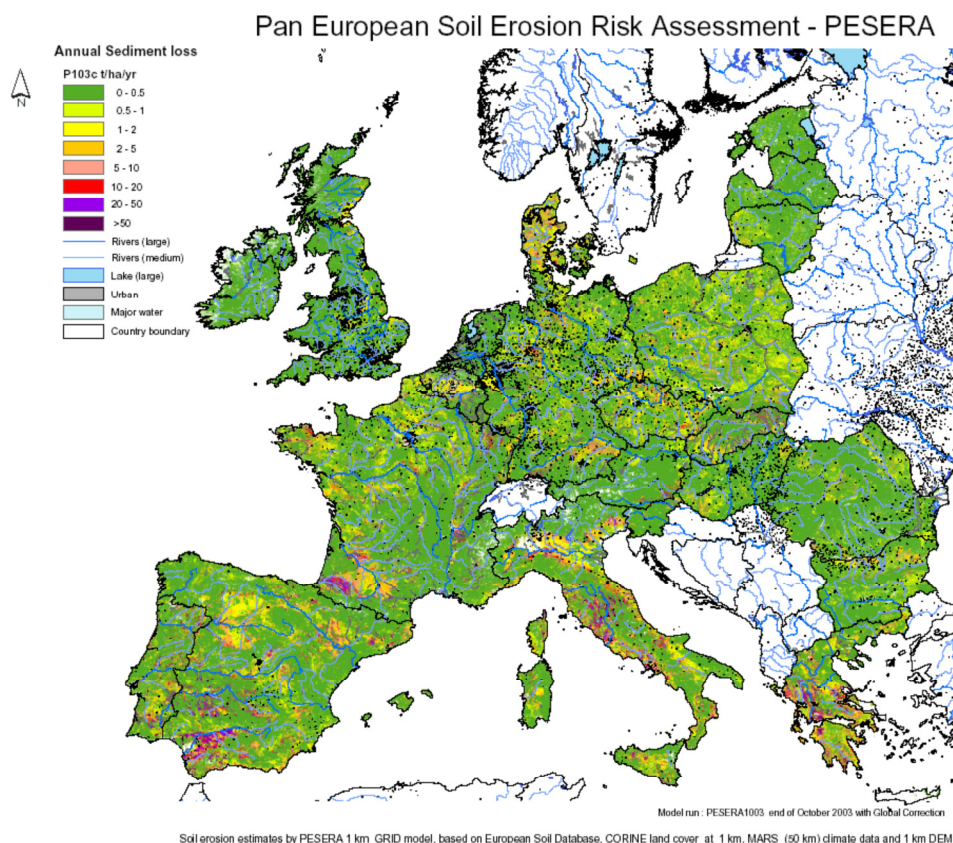
Podatki navedeni kot komentar k tabeli 1 (Komac in Zorn 2007) so zelo visoki in se nanašajo lahko bolj na ekstremne dogodke kot na dejansko povprečno erozijo (Preglednica 1.3).

Med nedodelane prikaze erozije v Sloveniji lahko prištejemo tudi karto vetrne in vodne erozije (Hrvat in sod. 2006). V prispevku namreč ni pojasnjeno po katerih parametrih je bila erozija ocenjevana, območja se namreč le delno ujemajo z razprostranjenostjo na erozijo manj odpornih tal. Vpliv reliefa in intenzivnosti padavin pa tudi nista prepoznavna.

Preglednica 3: Sproščanje erodiranega materiala glede na raba tal ((1) Cerdan in sod. 2006, (2) Komac in Zorn 2007)

raba tal	Povprečna erozija(1) (t/ha/leto)	Povprečna erozija(2) (t/ha/leto)
neporaslo	23,40	50
vinograd	19,97	~ 20
obdelano	4,34	20
po požaru	1,54	-
zatravljen vinograd	0,78	-
grmičje	0,50	-
travinje	0,29	3
gozd	0,10	~ 2
sadovnjak	0,05	10
povprečje	8,76	3

Na osnovi pedološke karte Evrope je izdelana ocena erozijske ogroženosti PESERA 2004. Rastrska karta pri večji povečavi za Slovenijo kaže celice: 4 v razredu 10-20 t/ha leto, 20 2-5 t/ha leto. Velika večina Slovenije je ocenjena z 0-0,5 t/ha leto erodiranega materiala (Slika 2).



Slika 2: Ocena nevarnosti za erozijo (Pesera 2004)

Ocene vsekakor niso popolnoma primerljive z meritvami. Uporaba meritev temelječih na ekstremnih vremenskih dogodkih pa tudi ne da realne predstave o dolgoročni in za kmetijsko rabo tal tolerantnih količinah oziroma intenziteti erozije.

Da bi presegli obstoječe stanje je potrebno pristopiti k usklajenemu obravnavanju erozije po posameznih oblikah, območjih in vrsti rabe tal. Dosedanje podatke je težko ovrednotiti zaradi časovne oddaljenosti meritev in težje dostopnosti izvornih podatkov. V grobem pregledu lahko le ugotovimo, da so bile številne meritve izzvane z ekstremnimi vremenskimi dogodki.

K izboljšanju številčnih in prostorskih podatkov lahko bistveno prispevamo z ustrezno interpretacijo podatkov pedološke karte Slovenije, kot je npr izračun faktorja erodibilnosti tal (K) na osnovi talnih tipov in izmerjenih podatkov talnih profilov. Ta vidik uporabe pedološke karte doslej še ni bil upoštevan, vsaj ne v dovolj podrobnem merilu.

2.1.4 Možnost uporabe remediiranih tal v kmetijstvu

Zaradi različnih degradacijskih procesov se obseg rodovitnih kmetijskih zemljišč zmanjšuje. Ob hkratnem povečevanju svetovnih potreb po hrani, krmi in energiji (Nonhebel and Kastner, 2011), je v svetu že prepoznana potreba po načrtovanju gospodarjenja z naravnimi viri (Montanarella and Vargas, 2012) in revitalizaciji/remediaciji degradiranih zemljišč.

Degradirano območje je zelo širok pojem. Degradacija je lahko v smislu zmanjšanja rodovitnosti lastnosti tal (navoz gradbenega materiala, uničene fizikalno kemijske lastnosti tal) ali pa povečane onesnaženosti tal (povečana vsebnost ene ali več potencialno toksične snovi v tleh). Območja ob opuščenih industrijskih objektih so večinoma podvržena obema vrstama degradacije (uničene fizikalno kemijske lastnosti tal, onesnaženost kot posledica točkovnega onesnaževanja), vendar zajemajo manjši obseg zemljišč. Večji obseg zemljišč prizadene razpršeno onesnaževanje, ki se večinoma kaže le v povečanih vsebnostih ene ali več potencialno toksične snovi v tleh, medtem ko so rodovitnostne lastnosti tal še nespremenjene. V Sloveniji imamo več območij, ki sodijo v slednjo kategorijo (Mežiška dolina, Celje,...). Ukrepi za kmetovanje na takih območjih so različni: prilagoditev obdelave tal, izbor primernih rastlin, aplikacija dodatkov za zmanjšan vnos kovin v užitne dele rastlin, remediacija tal.

Remediacija onesnaženih tal pomeni zdravljenje tal v smeri zmanjševanja vsebnosti potencialno nevarnih snovi v tleh. Vrste remediacijskih tehnik so različne in so odvisne od vrste onesnažila. Za čiščenje onesnaženih tal s kovinami, ki je prevladujoča oblika onesnaženosti v Sloveniji, so možni različni načini fizikalne separacije, biokemijske separacije, kemijske separacije in fitoekstrakcija. Za tla z večjo vsebnostjo gline in organske snovi, kar pogosto velja za tla v Sloveniji, so tehnike fizikalne separacije manj primerne (Dermont in sod., 2008). Biokemijska separacija temelji na biološkem izpiranju kovin in sprememb v redoks reakcijah in substituciji protonov ob prisotnosti kislin mikrobnega izvora (Tichy in sod. 1993; Mulligan in sod. 1999). Njihova uporabnost je omejena z vrsto kovine, ki jo želimo zmanjšati. Najpogostejše se uporablja za Fe, Zn, U in Ag. (Karavaiko in sod., 1988).

Fitoekstrakcija je dolgotrajen postopek čiščenja tal, predvsem za tiste elemente, ki so v tleh dobro vezani in omejeno prehajajo v nadzemne dele rastlin. Značilen tak element je svinec. Ker je učinek fitoekstrakcije odvisen od koncentracije kovine v rastlinskem tkivu in pridelka obstajata dva pristopa: bodisi uporaba rastlin z večjo sposobnostjo sprejemanja kovin, s tako imenovanimi hiperakumulatorskimi rastlinami; bodisi z rastlinami z večjo biomaso in manjšo koncentracijo kovin v nadzemnih rastlinskih delih. V obeh primerih so časi, da očistimo zemljišče, lahko zelo dolgotrajni. Učinek fitoekstrakcije se lahko poveča z dodajanjem ligandov v tla, kar imenujemo inducirana fitoekstrakcija, kar pa je zaradi nekontroliranega spiranja kovin v nižje plasti tal in druge segmente okolja nevarno (Grčman in sod., 2001). V preglednici 1.4 navajamo pridelek, vsebnost kovin Pb, Zn in Cd v nadzemnih delih testiranih kmetijskih rastlin brez in z dodatkom EDTA v tla (Grčman, 2001, Kos in sod. 2003). Izračunan je tudi fitoekstrakcijski potencial za Pb, Zn in Cd.

Preglednica 4: Vsebnost Pb, Zn in Cd v nadzemnih delih nekaterih rastlin z večjo biomaso na onesnaženih tleh brez in z dodano EDTA. Izračunan je tudi fitoekstrakcijski potencial (FP), v primeru dodatka EDTA. Povzeto po Grčman (2001) in Kos in sod. (2003).

Rastlina	pridelek (t/ha)	Vsebnost Pb (mg/kg)		FP (kg/ha)	Vsebnost Zn (mg/kg)		FP (kg/ha)	Vsebnost Cd (mg/kg)		FP (kg/ha)
		Brez	EDTA		Brez	EDTA		Brez	EDTA	
<i>Brassica napus</i> var. <i>napus</i>	2-5	< 10	93.9	0.33	99.9	151.5	0.53	1.84	3.21	0.011
<i>Amaranthus</i> sp.	1-3	< 10	396.2	0.79	127.2	253.9	0.51	2.69	8.91	0.018
<i>Cannabis sativa</i>	20-30	< 10	220.6	5.51	90.4	105.1	2.63	0.17	0.76	0.019
<i>Linum usitatissimum</i>	5-7	< 10	332.1	1.99	60.2	116.8	0.70	4.55	8.11	0.049
<i>Trifolium pratense</i>	3-4	< 10	397.7	1.39	107.7	179.6	0.63	0.51	3.07	0.011
<i>Trifolium repens</i>	1-2	< 10	434.3	0.65	51.3	168	0.25	0.26	3.27	0.005
<i>Medicago sativa</i>	3.5-4.5	< 10	107.3	0.43	57.5	92.6	0.37	2.20	3.75	0.015
<i>Zea Mays</i> cv. <i>Raissa</i>	16-22	11.10	49.5	0.94	174.2	226	4.29	6.20	4.29	0.082
<i>Zea Mays</i> cv. <i>Matilda</i>	16-22	< 10	72.8	1.38	193.0	321	6.10	1.57	2.61	0.050
<i>Raphanus sativus</i> <i>oleiformis</i>	2-3.5	< 10	197.2	0.54	87.3	402.7	1.11	3.50	5.70	0.016
<i>Sinapis alba</i>	2-3.5	< 10	479.7	1.32	484.9	524.7	1.44	4.66	7.93	0.022
<i>Sorghum vulgare</i>	10-16	< 10	67.4	0.88	101.0	123	1.60	6.11	6.12	0.080
<i>Brassica rapa</i> var. <i>pekinensis</i>	2-5	< 10	130.3	0.46	64.2	100.9	0.35	2.27	3.23	0.011
<i>Arundo donax</i>	20	< 10	26,9	0.54	107	71.4	1.43	2.92	4.02	0.080

Pranje tal je učinkovit način zmanjšanja vsebnosti kovin v tleh (Leštan in sod, 2008). Za pranje tal se uporabljajo različne spojine, ki povečujejo topnost kovin. Med najbolj učinkovitimi so ligandi (npr. EDTA, in podobne spojine), ki tvorijo koordinativne vezi s kovinami. Nastali kompleksi imajo izrazito povečano mobilnost v tleh in jih lahko z večkratnim spiranjem tal odstranimo iz tal (Leštan in sod, 2008).

Postopek pranja tal vključuje naslednje faze:

(I) ločevanje skeleta (delci > 2 mm) z mokrim sejanjem in ločeno pranje z vodo

(II) ekstrakcijo tal z EDTA (1 L EDTA raztopine/1 kg tal) v mešalniku 2 h ,

(III) ločevanje suspenzije od talnih delcev v filtrski preši (do gostote $1,7 \text{ g/cm}^3$)

(IV) ponavljajoče spiranje s tekočo vodo pri nadtlaku 8 bar dokler se ne odstranijo vse dosegljive oblike kovin (sprotna meritev kovin v raztopini).

Raztopina EDTA se lahko reciklira po postopku (Pociecha and Leštan, 2012), kar omogoča njeno ponovno uporabo za pranje tal. Izločene kovine se koncentrirajo in odlagajo na ustreznih deponijah. Postopek pranja tal učinkovito zmanjša vsebnost Pb in Cd v onesnaženih tleh (50 - 75 %). Zmanjšanje Zn je manjše (15-20 %) (Voglar in Leštan 2013; Jelušič in sod , 2013; Zupanc in sod.).

V več kolonskih in pilotnih poskusih se je pokazalo, da je vsebnost Pb, Cd in Zn v kmetijskih rastlinah, ki rastejo na remediiranih tleh, manjša kot v rastlinah, ki rastejo na izvornih onesnaženih tleh (Preglednica 1.5). To kaže, da se dosegljivost kovin rastlinam po pranju tal ne poveča. Le v primerih, ko postopek pranja tal ne bi bil izveden z dovolj zaporednimi spiranji s čisto raztopino, bi lahko ostanki EDTA v tleh povzročili večje koncentracije kovin v rastlinskem tkivu. V takem primeru bi obstajala tudi nevarnost spiranja kovin v nižje plasti tal in podatnico (Jelušič in sod , 2013).

Izračuni masne bilance pri recikliranju EDTA iz pralne raztopine so pokazali, da v tleh lahko ostane med 15-25 % EDTA (Pociecha in Leštan, 2012). Z meritvami neto fotosinteze, stomatalne upornosti in transpiracije nismo dokazali toksičnega vpliva ostankov EDTA oz. EDTA kompleksov s kovinami za rastline. Kljub temu poskusi kažejo, da so pridelki kmetijskih rastlin na remediiranih tleh manjši v primerjavi z izvornimi onesnaženimi tlemi. Postopek pranja tal namreč spremeni tudi druge fizikalno kemijske lastnosti, ki vplivajo na rodovitnost tal. S pranjem tal speremo iz tal rastlinska hranila. Predvsem so pomembni mikroelementi, ki jih z običajnim gnojenjem ne vračamo v tla. Z meritvami smo ugotovili, da se s pranjem tal zmanjša predvsem skupna vsebnost Mn, Mo ter Cu. Dodatek hlevskega gnoja, ki je vir hranil, je povečal pridelek bele detelje v kolonskem poskusu (Zupanc in sod., in press). V kolonskih poskusih (Zupanc in sod. in press) smo ugotavljali tudi vpliv postopka pranja tal na fizikalne lastnosti tal. Ugotovili smo, da postopek pranja tal značilno vpliva na strukturnost tal in vodno-zadrževalne lastnosti. Po pranju in stiskanju pralne tekočine iz tal nastane amorfna talna masa, katere strukturnost pridobimo z ribanjem skozi sita želene velikosti. Meritve so pokazale, da je obstojnost umetno pridobljenih strukturnih agregatov zelo velika. Če je izvorna velikost agregatov velika, se značilno poveča delež večjih agregatov v remediiranih tleh, kar poveča hidravlično prevodnost in zmanjša količino rastlinam dostopne vode na račun manjše poljske

kapacitete. Z dodatki, ki vplivajo na zadrževanje vode v tleh (hidrogel, šota) lahko izboljšamo zadrževanje vode v remediiranih tleh (Zupanc in sod., in press).

Preglednica 5: Vsebnost Pb v nekaterih kmetijskih rastlinah na onesnaženih in remediiranih tleh. Podana so povprečja in standardne deviacije ($n=3$). Oznaka LOQ pomeni, da je vrednost pod mejo detekcije.

	Korenine (mg kg ⁻¹)		Steblo/listi (mg kg ⁻¹)		Plodovi (mg kg ⁻¹)	
Lead	Onesnažen a tla	Remediiran a tla	Onesnažena tla	Remediiran a tla	Onesnažena tal	Remediiran a tla
kitajsko zelje	107±34.2	13.8±1.9	15.0±8.1	16.9±8.4		
bela detelja	1426.2±225	498.3±63.8	LOQ	LOQ		
grah I	151±21	15.6±1.6	5.3±0.6	LOQ	LOQ	LOQ
čebula I	231±30	26.3±4.0	3.8±1.3	LOQ	LOQ	LOQ
cvetača I	45.0±4.7	5.8±1.0	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
špinača I	57.8±4.0	13.1±0.5	LOQ	1.5±0.3		
špinača II	152±19	24.0±1.5	13.5±1.4	LOQ		
zelje II	79.3±16.0	7.1±2.1	6.6±1.1	LOQ		
špinača III	54.8±3.6	13.3±2.3	4.4±1.2	2.6±1.5		
solata III	54.1±3.4	4.5±1.2	7.8±2.5	LOQ		
korenje III	5.5±2.1	LOQ	6.7±1.5	LOQ		
bazilika IV	133±29	14.8±11.1	6.5±0.5	LOQ	1.5±0.2	LOQ
poper IV	76.8±19.5	7.2±1.0	12.9±4.3	2.0±0.7	LOQ	LOQ

Izsledki omenjenih študij kažejo, da je remediacija s postopkom pranja tal ena od možnih načinov reševanja onesnaženih tal tudi v primeru kmetijske rabe. Z nadaljnjimi poskusi bi bilo potrebno ugotavljati dolgoročne spremembe lastnosti remediiranih tal v naravnih razmerah (sezonska nihanja temperatur, vlage,...) in natančneje preučiti dostopnost hranil v remediiranih tleh za rastline in potrebe po gnojenju. Do sedaj je bila večina poskusov izvedena na primeru tal iz Zgornje mežiške doline, zato za nadaljne raziskave svetujemo testiranje tal z drugačnimi pedološkimi (tekstura, vsebnost organske snovi) karakteristikami.

2.2 Pregled obstoječih evidenc degradiranih območij (zemljišč)

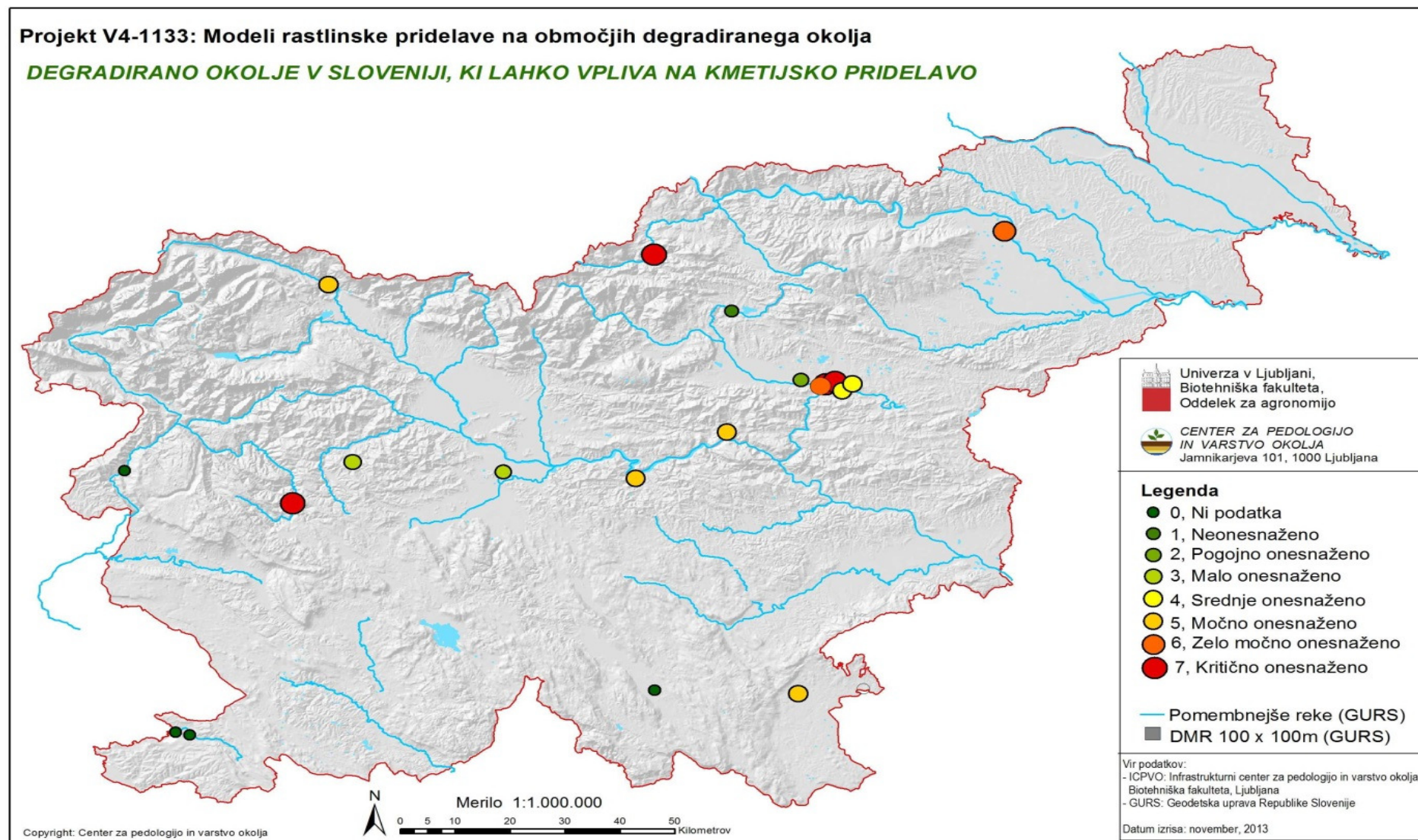
V okviru projekta smo glede na možno rabo za kmetijstvo degradirana območja razvrstili v štiri kategorije:

- Fizično degradirano okolje (gramoznice, kamnolomi, glinokopi...);
- Kemijsko onesnažena zemljišča (toksične kovine, PAH, PCB, dioksini...);
- Biološko »mrtva« tla, mineralna zemljina (horizont) brez humusa;

- Drugo (tudi kombinacije zgoraj navedenih kategorij).

Kategorizacijo degradiranih površin smo naredili na območjih, ki jih je evidentirala medresorska komisija za izvajanje zavez Parnske deklaracije, ki smo jo modificirali tako, da smo odstranili lokacije, ki nimajo točne prostorske informacije ali pa medij izpostavljenosti niso tla (npr. Laško, Zidani most, Zreče (hrup), posamezne lokacije v Julijskih Alpah, skladišče goriva v Kopru) (Slika 3). Pri nekaterih drugih izvorih onesnaževanja kjer je medij izpostavljenosti zrak ni na voljo dovolj podatkov ali na primer skladišče goriva v Kopru dejansko lahko vpliva na kmetijstvo na sosednjih obdelovanih površinah. Prav tako manjkajo nekateri kraji, kjer so iz preteklosti znani negativni učinki na vegetacijo (na primer Kidričevo z ožigi kmetijskih rastlin zaradi fluoridov - koruza v celoti ali delno propade, akumulacije v zemlji ni). Podobno (vpliv predvsem na vegetacijo ne pa na tla) je lahko v okolici lakirnic oziroma tovarn barv in lakov (Revoz Novo mesto, Helios Količevo, ...).

V preglednici 6 je poleg osnovnih podatkov evidentiranih območjih navedena tudi ustrezna KATEGORIZACIJA. Osnovno kategorizacijo smo dopolnili še s podatkom o prevladujočem IZVORU ONESNAŽENJA in STOPNJI ONESNAŽENOSTI pri čemer smo pri slednji upoštevali Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Ur.l.RS 68/96).



Slika 3: Karta območij s pretežno kemijskim onesnaževanjem oziroma onesnaženimi tlemi

Preglednica 6: Evidenca degradiranega okolja v Sloveniji in osnovna kategorizacija

Zap. št.	Lokacija	Opis	Onesnažila	Medij izpostavljenosti	Pot izpostavljenosti	KATEGORIJA / izvor onesnaženja	KATEGORIJA / vrsta	KATEGORIJA / stopnja
1	Zgornja Mežiška dolina	Rudnik in topilnica svinca – rudnik zaprt od leta 1992	Svinec, cink, kadmij, arzen	zrak, tla, sediment	inhalacija prahu, zaužitje prahu, kontaminirana krma, živila živalskega izvora in rastlinskega izvora	Industrijsko onesnaženje	Kemijsko onesnaženje	Kritično
2	Anhovo	proizvodnja azbestnega cementa	azbest	zrak, Soča, sediment	inhalacija	Industrijsko onesnaženje	Fizikalno	
3	Semič	proizvodnja kondenzatorjev - zaprto	PCBji	prehranska veriga, sediment	zaužitje	Industrijsko onesnaženje	Kemijsko onesnaženje	Zelo močno
4	Idrijsko, Spodnja soška dolina in Tržaški zaliv	rudnik - zaprt	živo srebro	prehranska veriga, sediment, prah	zaužitje	Industrijsko onesnaženje	Kemijsko onesnaženje	Kritično
5	Zasavje	toplarna, sežigalnica odpadkov, težka industrija	PM10, kovine, Nox, SO2...	zrak, prst, sediment	inhalacija, zaužitje	Industrijsko onesnaženje	Kemijsko onesnaženje	Močno do zelo močno

Modeli rastlinske pridelave na območjih degradiranega okolja
KONČNO POROČILO

6	Žirovski vrh	rudnik urana - zaprt	radioaktivna jalovina	prah, tla, prehranska veriga	sevanje	Industrijsko onesnaženje	Fizično in kemijsko onesnaženje	(Srednje)
7	Celje	Območje stare Cinkarne vključno z nekdanjimi območji za odlaganje odpadkov (halda)	cink, kadmij, druge težke kovine, organska onesnaževala (katran)	tla, zrak, podzemne vode, površinske vode	inhalacija, zaužitje	Industrijsko onesnaženje	Fizično in kemijsko onesnaženje	kritično
8	Celje	Mesto in okolica, onesnaženo zaradi industrijskega onesnaževanja	cink, kadmij, druge težke kovine, organska onesnaževala (katran), prašni celci	tla, zrak, podzemne vode, površinske vode	inhalacija, zaužitje	Industrijsko in urbano onesnaženje	Kemijsko onesnaženje	Zelo močno do kritično
9	Štore	kraj in okolica, onesnaženo zaradi industrijskega onesnaževanja, vir: predvsem industrijsko	cink, kadmij, druge težke kovine, prašni delci	tla, zrak, površinske vode	inhalacija, zaužitje	Industrijsko onesnaženje	Kemijsko onesnaženje	Srednje do močno

		območje nekdanje Železarne Štore in transport iz ind. cone Celje						
10	Šentjur, zahodni del občine	Kraji ob meji z občino Celje pod vplivom celjskega in štorskega industrijskega bazena	cink, kadmij, druge težke kovine, prašni delci	tla, zrak, površinske vode	inhalacija, zaužitje	Industrijsko onesnaženje	Kemijsko onesnaženje	srednje
11	Žalec, vzhodni del občine	Kraji ob meji z občino Celje pod vplivom celjskega in štorskega industrijskega bazena	cink, kadmij, druge težke kovine, prašni delci	tla, zrak, površinske vode	inhalacija, zaužitje	Industrijsko onesnaženje	Kemijsko onesnaženje	srednje
12	Laško	Mesto in okolica, onesnaženo zaradi industrijskega onesnaževanj a, Vir:	prašni delci, hlapni nekovinski ogljikovodi ki, PAH	zrak	inhalacija	Industrijsko onesnaženje	Kemijsko onesnaženje	(Srednje)

Modeli rastlinske pridelave na območjih degradiranega okolja
KONČNO POROČILO

		predvsem industrijska cona v Rečici						
13	Zidani most	Kraj in okolica, onesnaženo zaradi industrijskega onesnaževanj a, vir: kamnolom in spremljajoče dejavnosti	prašni delci	zrak	inhalacija	Industrijsko onesnaženje	Fizično in kemijsko onesnaženje	(Srednje)
14	Velenje in Šoštanj	Rudnik in TEŠ	hlapne organske snovi	zrak	inhalacija	Industrijsko onesnaženje	Fizično in kemijsko onesnaženje	Močno do zelo močno
15	Šoštanj	Rudnik in TEŠ	hlapne organske snovi	zrak	inhalacija	Industrijsko onesnaženje	Fizično in kemijsko onesnaženje	Močno do zelo močno
16	Zreče	Industrijska cona	hrup	zrak	obremenitev s hrupom	Industrijsko onesnaženje		
17	Okolica Maribora - Dogoše, Zgornji Duplek	Industrija ali odlagališče odpadkov	kadmij, svinec, cink	Tla	inhalacija, zaužitje	Industrijsko onesnaženje	Fizično in kemijsko onesnaženje	Kritično

Modeli rastlinske pridelave na območjih degradiranega okolja
KONČNO POROČILO

18	Jesenice z okolico	železarska dejavnost	kadmij, svinec, cink	Tla	inhalacija, zaužitje	Industrijsko onesnaženje	Fizično in kemijsko onesnaženje	Zelo močno
19	Posamezne lokacije v Julijskih alpah	fužinarska dejavnost v preteklosti	svinec, kadmij	Tla	inhalacija, zaužitje	Industrijsko onesnaženje	Kemijsko onesnaženje	Srednje do zelo močno
20	Okolica rudnika Sitarjevec (občini Litija in Šmartno)	rudnik - zaprt	svinec, arzen, živo srebro	tla prehranska veriga	zaužitje	Industrijsko onesnaženje	Kemijsko onesnaženje	Zelo močno
21	Okolica Kočevskega rudnika	rudnik rjavega premoga - zaprt	radon	tla, sediment	sevanje	Industrijsko onesnaženje	Kemijsko onesnaženje	
22	Koper	kemična industrija	ftalati, VOC, AFK	tla, zrak, vode	inhalacija, prehranska veriga	Industrijsko onesnaženje	Kemijsko onesnaženje	
23	Koper	pretovor kemikalij v Luki	VOC, hrup	zrak, hrup v okolju	inhalacija,	Industrijsko onesnaženje	Kemijsko onesnaženje	
24	Koper	skladišča goriva	VOC	zrak	inhalacija	Industrijsko onesnaženje		

Modeli rastlinske pridelave na območjih degradiranega okolja
KONČNO POROČILO

25	različni kraji po Sloveniji	okolica rudnikov	različno	tla, prehranska veriga	inhalacija, zaužitje	Industrijsko onesnaženje	Kemijsko onesnaženje	
26	južna Primorska	industrija, servisne dejavnosti, storitve	odvisno od dejavnosti	vode	zaužitje	Industrijsko onesnaženje		

2.3 Spletna stran in komuniciranje z javnostjo

Za uspešno izvedbo in implementacijo rezultatov raziskovalnega projekta sta tako ključnega pomena dobra obveščenost vseh sodelujočih in predvsem javnosti o aktivnostih izvajanja projekta. V ta namen je bil postavljen informacijski portal na spletnem naslovu <http://www.remediacija-tal.si>, na katerem so pri oblikovanju vsebin sodelovali predvsem partnerji na projektu.

V okviru projekta je bila organizirana konferenca 4.12.2013 z naslovom Modeli rastlinske pridelave na območjih degradiranega okolja v Senatni sobi Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede Univerze v Mariboru.

Prispevki s konference so v elektronski obliki (PDF format) dostopni na spletni strani projekta.

The screenshot displays the website for the project 'V4-1133'. At the top, the title 'V4-1133' is prominently displayed, followed by the subtitle '»Modeli rastlinske pridelave na območjih degradiranega okolja« v okviru CRP »Zagotovimo si hrano za jutri« v 2012 in 2013'. A small image of a field with a windmill is visible on the right. Below the title, there is a navigation bar with links: 'Prva stran', 'O projektu', 'Partnerji', and 'Publikacije'. The main content area is titled 'Vabimo vas na konferenco' and provides details about the conference on December 4th at the University of Maribor. A detailed daily program (Dnevni red) follows, listing various topics and speakers. To the right, there is a section for 'Publikacije' featuring a book cover titled 'Zbornik_2012.pdf' and a 'Partnerji' section with logos for 'iop', 'Kmetijski inštitut Slovenije', and 'Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede'.

V4-1133
»Modeli rastlinske pridelave na območjih degradiranega okolja« v okviru CRP
»Zagotovimo si hrano za jutri« v 2012 in 2013

Prva stran O projektu Partnerji Publikacije

Vabimo vas na konferenco

>>MODELI RASTLINSKE PRIDELAVE NA OBMOČJIH DEGRADIRANEGA OKOLJA<<

ki bo 4. decembra ob 10. uri v Senatni sobi Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede Univerze v Mariboru

Dnevni red:

Moderatorja: doc. dr. Cvetka Ribarič Lasnik (inštitut za okolje in prostor), prof. dr. Miran Lakota (Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede)

10.00 – 10.10 ODPRTJE KONFERENCE (doc. dr. Cvetka Ribarič Lasnik (inštitut za okolje in prostor))

10.10-10.30 UPORABA DEGRADIRANIH POVRŠIN V KMETIJSTVU
mag. Marko Zupan (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta), dr. Botjan Gracner (inštitut za okolje in prostor), dr. Rok Mihelič, prof. dr. Helena Grčman, mag. Tomaž Prus (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta), dr. Viktor Jajčič, mag. Tomaž Poje (Kmetijski inštitut Slovenije), prof. dr. Miran Lakota (Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede), Nataša Žerovnik, doc. dr. Cvetka Ribarič Lasnik (inštitut za okolje in prostor)

10.30-11.00 KRITERIJI Z NABOROM PARAMETROV ZA KONTROLO RODOVITNOSTI TAL
dr. Rok Mihelič, mag. Marko Zupan, prof. dr. Helena Grčman (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta)

11.00-11.30 OHRANITVENA OBDELAVA ZA IZBOLJŠANJE LASTNOSTI TAL IN ZMANJŠANJE PORABE FOSILNE ENERGIE
dr. Rok Mihelič, Žigon Peter, mag. Marko Zupan, doc. dr. Metka Suhadolc (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta)

11.30-12.00 EROZIJA IN ZBITOST TAL
mag. Tomaž Prus, dr. Rok Mihelič, prof. dr. Helena Grčman (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta)

12.00-12.30 ODMOR

12.30-13.00 MOŽNOSTI UPORABE REMEDIIRANIH TAL V KMETIJSTVU
prof. dr. Helena Grčman, Maša Jelutič, prof. dr. Domen Leštan (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta)

13.00-13.30 ALI JE PRIDELAVA ZELENJADNIC PRIMERNA ZA ZEMLJIŠČA, ONEŠAŽENA S KADMIJEM?
mag. Marko Zupan, dr. Petra Karo-Bester (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta)

13.30-14.00 MOŽNOSTI UPORABE BIOMASE Z ZEMLJIŠČ, ONEŠAŽENIH S TEŽKIMI KOVINAMI, ZA ENERGETSKE NAMENE
dr. Viktor Jajčič, mag. Tomaž Poje (Kmetijski inštitut Slovenije)

14.00-14.30 Razprava in zaključek konference

Publikacije

Zbornik_2012.pdf

Partnerji

iop

Kmetijski inštitut Slovenije

Univerza v Mariboru

Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede

Slika 4: Spletna stran projekta (<http://www.remediacija-tal.si/index.php>)

3. ZAKONODAJA IN KRITERIJI ZA VREDNOTENJE DEGRADIRANIH OBMOČIJ

3.1 Zakoni, uredbe in pravilniki na področju varstvu okolja, kmetijstva in varne prehrane.

Okolje

- Zakon o varstvu okolja – ZVO-1UPB1, (Uradni list RS, št. 96/06, 49/06-MZetD, 66/06-odl US, 33/07-ZPNačrt in 70/08, 108/09),
- Ustava RS Slovenije (72. člen, ki opredeljuje pravico do zdravega življenjskega okolja),
- Resolucija o nacionalnem programu varstva okolja 2005 – 2012 (Uradni list RS, št. 2/2006),
- Strateške usmeritve Republike Slovenije za ravnanje z odpadki. 1996. Ljubljana. Ministrstvo za okolje in prostor RS: 77,
- Resolucija o nacionalnem programu varstva okolja 2005–2012. ReNPVO- Uradni list Republike Slovenije, št. 2-3/2005-2012,
- Uredba o vrsti dejavnosti in naprav, ki lahko povzročajo onesnaževanje okolja večjega obsega, Uradni list RS, št. 97/2004,
- Zakon o porabi sredstev dolgoročnih rezervacij za ekološko sanacijo, Uradni list RS, št. 59/2001,
- Uredbe o emisiji snovi pri odvajanju izcedne vode iz odlagališč odpadkov, Uradni list RS, št. 7/2000).

Tla

- Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla (Ur. list RS, št. 84/2005, Spremembe: Ur. list RS, št. 62/2008, 62/2008, 113/2009),
- Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Ur. list RS št. 68/96 in 41/2004).

Odpadki

- Uredba o ravnanju z odpadki (Ur. list RS št. 34/2008),
- Uredba o obremenjevanju tal z vnašanjem odpadkov (Ur. list RS št. 34/2008),
- Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališčih (Ur. list RS št. 32/2006, Spremembe: Ur.l. RS, št. 98/2007, 62/2008 in 53/2009),
- Uredba o obremenjevanju tal z vnašanjem odpadkov (Ur. list RS št. 34/2008),
- Uredbe o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (Ur. list RS št. 62/2008),
- Uredba o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu (Ur. list RS št. 62/2008).

PREDPISI S PODROČJA KMETIJSTVA

- Zakon o kmetijskih zemljiščih - ZKZ (Uradni list RS, št. 55/2003 - uradno prečiščeno besedilo)
- Zakon o kmetijstvu (Uradni list RS, št. 45/2008)

- Zakon o kmetijskih zemljiščih (Uradni list RS št. 55/2003-UPB1, 43/2011)
- Zakon o zdravstveni ustreznosti živil in izdelkov ter snovi, ki prihajajo v stik z živilom - ZZUZIS (Uradni list RS, št. 52/2000, 42/2002)
- Uredba o koordinaciji delovanja ministrstev in njihovih organov v sestavi, s pristojnostmi na področju varnosti hrane oziroma živil (Uradni list RS, št. 56/2003)
- Uredba o kriterijih za določitev območij z omejenimi možnostmi za kmetijsko dejavnost (Uradni list RS, št. 18/2003)
- Uredba o uvedbi izravnalnih plačil za območja z omejenimi možnostmi za kmetijsko dejavnost (EKO 1) v letu 2003 (Uradni list RS, št. 27/2003)
- Uredba o vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla (Uradni list RS, št. 68/1996, 35/2001, 29/2004)
- Seznam območij z omejenimi možnostmi za kmetijsko dejavnost (Uradni list RS, št. 27/2003)
- Pravilnik o ekološki pridelavi in predelavi kmetijskih pridelkov oziroma živil (Uradni list RS, št. 128/2006, 21/2007, 37/2007)
- Navodilo o načinu jemanja vzorcev živil in predmetov splošne rabe za analize in superanalize (Uradni list SFRJ, št. 60/1978)

Krma in živila

- Zakon o krmi - ZKrmi, UPB1 (Uradni list RS, št. 127/2006)
- Zakon o veterinarskih merilih skladnosti - ZVMS (Uradni list RS, št. 93/2005)
- Zakon o zdravstveni ustreznosti živil in izdelkov ter snovi, ki prihajajo v stik z živilom - ZZUZIS (Uradni list RS, št. 52/2000 in 42/2002)
- Zakon o soobstoju gensko spremenjenih rastlin z ostalimi kmetijskimi rastlinami - ZSGSROKR (Uradni list RS, št. 41/2009)
- Uredba o izvajanju Uredb Evropske skupnosti glede krme in uradnega nadzora nad krmo (Uradni list RS, št. 120/2005)
- Uredba o izvajanju uredb Sveta (ES) in uredb Komisije (ES) o radioaktivnem onesnaževanju živil in krme (Uradni list RS, št. 52/2006)
- Uredba o izvajanju delov določenih uredb Skupnosti glede uradnega nadzora in obveznosti nosilcev dejavnosti v primarni proizvodnji živil in krme (Uradni list RS, št. 120/2005)
- Uredba o izvajanju Uredbe (ES) o gensko spremenjenih živilih in krmi in Uredbe (ES) o sledljivosti in označevanju gensko spremenjenih organizmov ter sledljivosti živil in krme, izdelanih iz gensko spremenjenih organizmov (Uradni list RS, št. 84/2005)
- Pravilnik o krmi za posebne prehranske namene (Uradni list RS, št. 76/2008, 10/2009, neuradno prečiščeno besedilo št. 1)
- Pravilnik o kakovosti, označevanju in pakiranju krme v prometu (Uradni list RS, št. 34/2003, 110/2005, 80/2006)
- Pravilnik o krmnih dodatkih (Uradni list RS, št. 47/2005)
- Pravilnik o uradnih metodah jemanja vzorcev za monitoring in inšpekcijski nadzor krme, dodatkov in premiksov (Uradni list RS, št. 41/2003, 28/2004)
- Pravilnik o uradnih metodah analiz krme, dodatkov in premiksov (Uradni list RS, št. 70/2005)

- Pravilnik o posebnih proizvodih, ki so neposredni ali posredni vir beljakovin v prehrani živali (Uradni list RS, št. 49/2003, 72/2004, 68/2005)
- Pravilnik o izvajanju uradnega nadzora na področju prehrane živali (Uradni list RS, št. 28/2004)
- Pravilnik o registraciji obratov primarnih proizvajalcev živil in krme rastlinskega izvora (Uradni list RS, št. 79/2006)
- Uradni nadzor
- Pravilnik o tehničnih in organizacijskih pogojih, ki jih morajo izpolnjevati preskusni laboratoriji za ugotavljanje skladnosti kmetijskih pridelkov oziroma živil (Uradni list RS, št. 58/2001, 117/2002, 62/2003, 131/2003, 31/2004, neuradno prečiščeno besedilo 1 (.pdf))
- Pravilnik o specifikaciji kmetijskih pridelkov oziroma živil (Uradni list RS, št. 28/2004)
- Pravilnik o vsebini listin o skladnosti kmetijskih pridelkov oziroma živil (Uradni list RS, št. 31/2004)

Mednarodna zakonodaja

- Aarhuška konvencija - Konvencija o dostopu do informacij, udeležbi javnosti pri odločanju in dostopu do pravnega varstva v okoljskih zadevah, sprejeta 7. junija 2004,
- Evropska konvencija o varstvu človekovih pravic in temeljnih svoboščin , Uradni list RS (13.6.1994) MP, št. 7-41/1994 (RS 33/1994),
- Stockholmska deklaracija o človekovem okolju, sprejeta na Konferenci Združenih narodov o okolju v Stockholmu 1972,
- Listina Evropske unije o temeljnih pravicah (Sklep Evropskega parlamenta z dne 29. novembra 2007 o odobritvi Listine Evropske unije o temeljnih pravicah v Evropskem parlamentu (2007/2218(ACI)).

I. Evropska zakonodaja, strategije in akcijski programi

- Directive 2006/12/EC of the European Parliament and of the Council of 5 April 2006 on waste (Text with EEA relevance) Official Journal L 114 , 27/04/2006 p. 0009-0021,
- Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives, Text with EEA relevance Official Journal L 312 , 22/11/2008. 0003 – 0030,
- Council directive 91/689/EEC of 12 December 1991 on hazardous waste, Official Journal L 194, 25/07/1975. 0020-0027,
- Council Directive 75/ 439/EEC of 16 June 1975 on the disposal of waste oils, Official Journal L 194, 25/07/1975 9923-0025,
- Council Directive 96/59/EC of 16 September 1996 on the disposal of polychlorinated biphenyls and polychlorinated terphenyls (PCB/PCT). Official Journal L 243 , 24/09/1996. 0031 – 0035,
- Directive on Landfills (1999/31/EC) Official Journal L 182, 16.7.1999. 1–19,
- Council Directive on the Incineration of waste 2000/76/EC, Official Journal L 332, 28.12.2000. 91,

- Directive 2008/1/EC of the European Parliament and of the Council of 15 January 2008 concerning integrated pollution prevention and control (Codified version) (Text with EEA relevance) Official Journal L 024 , 29/01/2008. 0008 – 002,
- Regulation (EC) No 1013/2006 of the European Parliament and of the Council of 14 June 2006 on shipments of waste. Official Journal L 190 , 12/07/2006 P. 0001 – 0098.
- UREDBA SVETA (ES) št. 834/2007 z dne 28. junija 2007 o ekološki pridelavi in označevanju ekoloških proizvodov in razveljavitvi Uredbe (EGS) št. 2092/91.
- UREDBA KOMISIJE (ES) št. 889/2008 z dne 5. septembra 2008 o določitvi podrobnih pravil za izvajanje Uredbe Sveta (ES) št. 834/2007 o ekološki pridelavi in označevanju ekoloških proizvodov glede ekološke pridelave, označevanja in nadzora

3.2 Parametri in kriteriji za vrednotenje degradiranih območij

Za kategorizacijo območij kjer prevladuje kemijska degradacija upoštevamo parametre na osnovi Uredbe o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednosti nevarnih snovi v tleh (Ur.l. RS 68/96)(Preglednica 2.1). Pri kategoriziranju upoštevamo previdnostno načelo in stopnjo onesnaženosti tal pri čemer je za vsako evidentirano onesnaženo območje potrebno določiti oceno vnosa nevarnih snovi v prehransko verigo oziroma v ostale dele okolja oziroma človeka. V Preglednici 2.2 je prikazan način razvrščanja tal le glede na vsebnosti nevarnih snovi v tleh.

Preglednica 7: Parametri za določitev stopnje kemijske degradacije tal na osnovi uredbe Uredbe o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Ur. l. RS 68/96, st. 5774)

Nevarna snov	Mejna vrednost (mg/kg suhih tal)	Opozorilna vrednost (mg/kg suhih tal)	Kritična vrednost (mg/kg suhih tal)
1. kovine ekstrahirane z zlatotopko:			
kadmij in njegove spojine, izražene kot Cd	1	2	12
baker in njegove spojine, izražene kot Cu	60	100	300
nikelj in njegove spojine, izražene kot Ni	50	70	210
svinec in njegove spojine, izražene kot Pb	85	100	530
cink in njegove spojine, izražene kot Zn	200	300	720
celotni krom Cr	100	150	380
živo srebro in njegove spojine, izražene kot Hg	0,8	2	10
kobalt in njegove spojine, izražene kot Co	20	50	240
molibden in njegove spojine, izražene kot Mo	10	40	200
arzen in njegove spojine, izražene kot As	20	30	55
2. Druge anorganske spojine			
fluoridi (F-, celotni)	450	825	1200
4. Policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH)			
Skupna koncentracija PAH ⁽¹⁾	1	20	40
5a. Poliklonirani bifenili (PCB)			
Skupna koncentracija PCB ⁽²⁾	0,2	0,6	1
5b. insekticidi na bazi kloriranih ogljikovodikov			
DDT/DDD/DDE ⁽³⁾	0,1	2	4
drini ⁽⁴⁾	0,1	2	4
HCH spojine ⁽⁵⁾	0,1	2	4
5c. Druga fitofarmacevtska sredstva			
Atrazin	0,01	3	6
Simazin	0,01	3	6
PAH ⁽¹⁾	skupna koncentracija PAH je seštevek naftalena, antracena, fenantrena, fluorantena, benzo(a)antracena, krizena, benzo(a)pirena, benzo(ghi)perilena, benzo(k)fluorantena in indeno(1,2,3)pirena)		
PCB ⁽²⁾	skupna koncentracija PCB je seštevek PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 in 180		
DDT/DDD/DDE ⁽³⁾	skupna koncentracija je seštevek DDT, DDD in DDE		
drini ⁽⁴⁾	skupna koncentracija je seštevek aldrina, dieldrina in endrina		
HCH spojine ⁽⁵⁾	skupna koncentracija je seštevek alfa-HCH, beta-HCH, gama-HCH in delta-HCH		

Preglednica 8: Stopnja onesnaženosti glede na normativne vrednosti Uredbe o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Ur. L. RS 68/96)

KONCENTRACIJA NEVARNIH SNOVI V TLEH (Ur.L.RS 68/96)	STOPNJA ONESNAŽENOSTI TAL	POTREBNI UKREPI	BODOČA RABA	PRIDELAVA HRANE IN KRME TER OBMOČJA ZA ZAJEM PITNE VODE
do mejne vrednosti	NEONESNAŽENO	preventiva	neomejena	neomejena
mejna vrednost do opozorilne vrednosti	MALO IN SREDNJE ONESNAŽENO (tveganja ne pričakujemo)	ostrejša preventiva in kontrola stanja tal	možne so vse rabe tal ob občasni kontroli stanja	omejena pridelava najbolj 'kritičnih' vrtnin, ne priporoča se intenzivna pridelava listne zelenjave in korenovk, kontrola vrtnin, krme in podtalnice
opozorilna vrednost do kritične vrednosti	MOČNO IN ZELO MOČNO ONESNAŽENO (tveganje je možno)	nadaljnje raziskave tal (določitev biodostopnosti); posredni sanacijski ukrepi (omejitve rabe tal), lahko tudi nekatere enostavne izvedbe neposrednih sanacijskih ukrepov	pogojno so možne vse rabe tal, vrtove za pridelavo vrtnin odsvetujemo, redna kontrola stanja - monitoring	zelo omejena pridelava vrtnin (le najmanj dovzetne za sprejem težkih kovin), redna in pogosta kontrola kmetijskih rastlin, krme in podtalnice
presežena kritična vrednost	KRITIČNO ONESNAŽENO (tveganje je zelo verjetno)	neposredni sanacijski ukrepi oziroma izključitev vsakovrstne rabe tal, ki lahko predstavlja izvor širjenja nevarnih snovi iz tal v okolje oziroma kakorkoli ogroža zdravje človeka	ne kmetijska raba oziroma raba za kontrolirano pridelavo energetskih in industrijskih rastlin	prepovedana uporaba rastlin za prehrano živali in človeka, površine morajo biti ozelenjene, rastlinska masa se kompostira in odlaga na deponijo (rekultivacija deponij, avtocestnih brežin, .); kontrola podtalnice in eventualna začasna prepoved rabe vode za pitje

Splošni parametri rodovitnih tal se potrdijo s standardno pedološko analizo oziroma podatki kontrole rodovitnosti tal. Vzorčenje in analize za potrebe kontrole rodovitnosti tal lahko izvajajo laboratoriji, ki pridobijo nacionalno pooblastilo za izvajanje analiz, le ta pa se podeli na osnovi rezultatov nacionalne krožne analize. Pooblastilo se pridobi za dobo enega leta in se obnavlja na osnovi tekočih rezultatov krožne analize. Vzorci za krožno analizo morajo biti izbrani tako, da v določenem časovnem obdobju pokrijejo običajni koncentracijski razpon za posamezno lastnost (npr. vzorci z različno vsebnostjo organske snovi, pH ter hranili, vzorci z ali brez prostih karbonatov, vzorci različne teksture,...). V krožno analizo je možno vstopiti z ožjim in širšim naborom analitskih postopkov.

- Ožji nabor zajema: vsebnost organske snovi v tleh, pH (merjen v CaCl_2) ter rastlinam dostopna fosfor in kalij (ekstrakcija z amonlaktatom).
- Širši nabor analiz zajema standardno pedološko analizo: teksturo, skupni dušik, mineralne oblike dušika, vsebnost karbonatov, kationsko izmenjalno kapaciteto, točko venenja in poljsko kapaciteto.

Predlagamo, da se analize izvajajo po standardiziranih postopkih, če le ti obstajajo. Izjema je analiza lahko dostopnega fosforja in kalija, ki jo pri nas izvajamo z amonlaktatno ekstrakcijo (AL), medtem ko je standardiziran postopek s kalcijevim laktatom (CAL). Ker imamo v Sloveniji narejenih veliko primerjav med rezultati te analize in stanjem v naravi (pridelki in gnojilni učinki), je smiselno obdržati našo metodo.

Preglednica 9: Predlog analitskih postopkov za določanje pedoloških lastnosti tal, na osnovi katerih se izvaja kontrola rodovitnosti tal in modeli za napovedovanje različnih lastnosti tal in možnih degradacij (na primer kapaciteta tal za sušo, nevarnost za erozijo, ...)

Parameter	Parameter - opis	Merilni princip	Referenca	Enota
	Priprava vzorca	11464	Priprava vzorca	
PESEK		Sedimentacija in pipetiranje	Janytzki 1986 /Soil survey laboratory methods manual, 1992/	%
MELJ		Sedimentacija in pipetiranje	Janytzki 1986 /Soil survey laboratory methods manual, 1992/	%
GLINA		Sedimentacija in pipetiranje	Janytzki 1986 /Soil survey laboratory methods manual, 1992/	%
TRZ	Teksturni razred po ameriški teksturni klasifikaciji	Izračun	Ameriška teksturna klasifikacija /Soil survey laboratory methods manual, 1992/	
ORG. SNOV	Organska snov	Izračun: %ORG. SNOV = %Corg x 1.724	SIST ISO 14235 – modificirano po Walkely-Black-u	%
Corg	Vsebnost organskega ogljika	Mokra oksidacija in titracija	SIST ISO 14235 – modificirano po Walkely-Black-u	%
Nskup	Celokupni dušik	Sežig pri 900° C	ISO 13878: Soil quality – Determination of total nitrogen content after dry combustion	%
C/N	CN razmerje	Izračun Corg/Nskup	Soil survey laboratory method manual, 1992	
TC	Vsebnost skupnega ogljika	Sežig pri 900° C in določitev s TCD detektorjem	SIST ISO 106 94:1996	
pH v CaCl ₂	pH v kalcijevem kloridu	Elektrometrija	SIST ISO 10390	
EC	Slanost tal	Elektrometrija	ISO 11265	mS/cm
P	Rastlinam dostopni fosfor (P ₂ O ₅)	Ekstrakcija in spektrofotometrija	ÖNORM L 1087 - modifikacija: amonlaktatna ekstrakcija	mg P ₂ O ₅ /100g
K	Rastlinam dostopni kalij (K ₂ O)	Ekstrakcija in spektrofotometrija in ES	ÖNORM L 1087 - modifikacija: amonlaktatna ekstrakcija	mg K ₂ O/100g
Ca	Izmenljivi kalcij (Ca)	Ekstrakcija in AAS	Amon-acetatna ekstrakcija Soil survey laboratory methods manual, 1992	mmol C+/100g
Mg	Izmenljivi magnezij (Mg)	Ekstrakcija in AAS	Amon-acetatna ekstrakcija Soil survey laboratory methods manual, 1992	mmol C+/100g
K	Izmenljivi kalij (K)	Ekstrakcija in AAS	Amon-acetatna ekstrakcija Soil survey laboratory methods manual, 1992	mmol C+/100g
Na	Izmenljivi natrij (Na)	Ekstrakcija in AAS	Amon-acetatna ekstrakcija Soil survey laboratory methods manual, 1992	mmol C+/100g
H	Izmenljiva kislost	Ekstrakcija in titracija	Melichova metoda, modificirana po Peechu /Soil survey laboratory method manual, 1992/	mmol C+/100g
S	Vsota izmenljivih bazičnih kationov	Izračun: Ca+Mg+K+Na	Seštevek bazičnih kationov /Soil survey laboratory methods manual, 1992/	mmol C+/100g
T	Izmenjalna kapaciteta tal	Izračun: Ca+Mg+K+Na+H	Izmenjalna kapaciteta tal / Soil survey laboratory methods manual, 1992/	mmol C+/100g
V	Stopnja nasičenosti z bazami	Izračun: S/T*100	Stopnja nasičenosti z bazami / Soil survey laboratory methods manual, 1992/	%
ρ _b	Volumska gostota tal	gravimetrično	Določanje volumnske gostote tal neporušenega talnega vzorca – gravimetrična metoda (ISO	g/cm ³

Modeli rastlinske pridelave na območjih degradiranega okolja
KONČNO POROČILO

Parameter	Parameter - opis	Merilni princip	Referenca	Enota
			11272, 1993).	
P	Poroznost	Računsko iz gostote po formuli $P = (1 - \rho_b / \rho_t) * 100$	Dane in Topp, 2002	%
	Delež skeleta	S sejanjem ločimo delež skeleta (delci > 2 mm) in določimo njegov delež gravimetrično	Dane in Topp, 2002	%
	Vodno zadrževalne lastnosti tal	Gravimetrično po iztiskanju vode v visokotlačni komori, s katero iz vzorcev iztiskamo vodo pri izbranih nadtlakih od 0,05 do 15 barov.	ISO 11274, 1998	pF
K	Hidravlična prevodnost	Pod stalnim pritiskom je bil izmerjen pretok vode preko neporušenih vzorcev tal po Darcyevem zakonu.	Dane in Topp, 2002	m/dan

3.4 DEFINIRANJE TEHNOLOGIJ ZA OBDELAVO TAL IN NADALJNJE UPORABE BIOMASE Z DEGRADIRANIH POVRŠIN

3.5 Remediacija tal z mehanskimi postopki

V preteklosti so za ekoremediacijo tal zagovarjali procese saniranja z odkopavanjem kontaminiranih plasti tal in razvažanjem omenjenih tal na druge lokacije. Omenjena metoda je energetska, časovno in okoljsko sporna. Za odkopavanje je potrebno angažirati posebne stroje za izkop (gradbene, rudarske, itn.) in odvoz materiala. Poleg tega za pogon omenjenih strojev se uporablja energija fosilnih goriv, ki prispeva ustvarjanju emisij CO₂ in drugih toplogrednih plinov. Metoda zahteva ogromno časa, pri izkopu pa nastaja tudi prah, ki ga lahko veter raznaša in se tako kontaminirani prah lahko prenaša na velike razdalje. Poleg tega problem kontaminacije ostane, ker se problem onesnaženosti samo prenese z enega na drugo območje.

Mehanske metode za obdelavo tal in situ so glede dostopnosti in ekonomike najbolj obetajoče v današnjem času. Za remediacijo tal onesnaženih s težkimi kovinami in drugimi snovmi, ki lahko onesnažijo tla je možno uporabiti veliko delovnih postopkov in strojev, ki se danes že uporabljajo v tradicionalni kmetijski proizvodnji. Veliko današnjih kmetij pri nas je opremljeno z visokozmogljivimi traktorji in kmetijskimi stroji s katerimi se da dosežati velike delovne učinke. Veliko delovnih operacij, ki se v preteklosti ni dalo opraviti s traktorji manjše moči se danes opravi brez večjih problemov (transport biomase s prikolicami velike prostornine, zmanjševanje prostornine biomase s stroji za baliranje žetvenih ostankov, osnovna in dopolnilna obdelava tal s stroji večjih delovnih širin, setev s sejalicami večjih delovnih širin in setev s sejalicami za direktno setev itn.). Uporaba obstoječe kmetijske mehanizacije ter novi načini uporabe biomase npr. za energetske namene bo omogočilo večjo produktivnost in obenem izboljšalo ekonomiko kmetijstva.

Za pridelavo pridelkov s kontaminiranih zemljišč smo definirali sisteme za pridelavo in predelavo, transport in skladiščenje v večem obsegu. Za pridelavo so mišljene tehnologije za osnovno in dopolnilno obdelavo tal, racionalno obdelavo tal, setev, žetev itn. Za predelavo v polizdelke ali končne izdelke (goriva) smo definirali tehnologije za predelavo pridelkov. Za uporabo predelanih pridelkov smo definirali tehnologije za uporabo za energetske namene itn.

Rastlinske pridelke s kontaminiranih zemljišč lahko klasificiramo v produkte, ki so primerni za: a - človeško ali živalsko prehrano, b – surovine za industrijske namene (vlaknine za tekstil, izolacijske materiale, gradbene materiale itn.), c – energetske namene.

3.5.1 Rastline za ekoremediacijo

Izbira rastlin je povezana s tehnologijami za njihovo pridelavo. V primeru uporabe rastlin za človeško in živalsko prehrano se pridelujejo tradicionalne rastline, ki so značilne za prehrano človeka in živali. Pridelava lahko poteka na minimalno onesnaženih zemljiščih s klasičnimi pridelovalnimi postopki oziroma obstaja tudi možnost redukcije števila delovnih operacij. V nekaterih primerih zadostujejo že enostavni in ekonomsko upravičeni ukrepi, kot je npr. globoka obdelava tal (pri minimalni kontaminaciji površinske plasti tal) ali obračanje horizontov tal, kjer je možno površinsko kontaminacijo spraviti v globlje plasti in na površini intaktnih tal gojiti rastline.

Rastline, ki jih gojimo na srednje in zelo onesnaženih tleh, je možno uporabiti samo za energetske namene. V to skupino se uvrščajo rastline, ki so v osnovi tudi namenjene za človeško ali živalsko prehrano vendar se zaradi velike vsebnosti škodljivih snovi ne smejo uporabiti za prehrano. Možna je uporaba klasičnih delovnih operacij in njihove redukcije, tako kot v prejšnjem primeru.

Rastline, ki jih gojimo na srednje do težko kontaminiranih zemljiščih, degradiranih zemljiščih itn. V to skupino spadajo hitrorastoče drevesne in grmovne vrste za katere je značilno da jih gojimo intenzivno ter »žanjemo« v ciklih, ki trajajo od 3 – 10 let (čas obhodnje). Pridelek se pobira po sistemu panjevske rasti, kar pomeni da ni potrebno pri vsaki obhodnji zasaditi novi nasad. Za omenjene vrste je značilno tudi da se sadijo v obliki podtaknjencev (kloni). Priprava zemljišča za zasnovo nasada je odvisna od prejšnjega stanja zemljišča. Z njo se lahko izboljša struktura tal, reducirajo bolezni in škodljivci itn. Za zasnovo nasadov na že obstoječih obdelovalnih zemljiščih (nižje kakovosti) pa je priprava tal relativno enostavna in podobna pripravi za kmetijske rastline (konvencionalna, racionalna oziroma »no till« metoda obdelave tal).

Na srednje do težko kontaminiranih zemljiščih lahko gojimo tudi veliko število nelesnatih rastlin - travnate energetske rastline. Pobiranje poteka z odstranjevanjem nadzemne biomase. Najbolj so zanimive večletna trave oziroma v nekaterih primerih enoletne. Enoletne rastline so bolj občutljive na erozijo vetra in vode, potrebujejo večji nadzor plevelov in imajo večje stroške proizvodnje zaradi potreb po ponovni letni vzpostavitvi pridelovalne površine. Večletne rastline imajo nižje finančne vložke, riziko pridelka je nižji, potrebe po dodatni obdelavi in fitofarmacevtskih sredstvih so minimalne ali pa sploh ne obstajajo. Velika prednost omenjenih rastlin je da se za njihovo pobiranje lahko uporabi kmetijska mehanizacija, ki se uporablja v kmetijstvu v rastlinski pridelavi. Tudi v tem primeru je za zasnovo nasadov na že obstoječih obdelovalnih zemljiščih (nižje kakovosti) priprava tal relativno enostavna in podobna pripravi za kmetijske rastline (konvencionalna, racionalna oziroma »no till« metoda obdelave tal). Konvencionalna obdelava zahteva da je zemljišče brez rastlinskih ostankov, kar pomeni da se nadzor nad pleveli opravlja na mehanski način, kemično ali pa s kombinacijo obeh. Za spravilo se lahko uporabijo stroji za pobiranje in stiskanje rastlinske mase (samonakladalke, balirke za valjaste ali kvadrataste bale) zaradi doseganja manjše prostornine, nižjih transportnih stroškov in lažje manipulacije. V Evropi so bili opravljeni v Nemčiji poskusi s stroji za istočasno pobiranje rastlinske mase in peletiranje v polju. Stroji za pobiranje in briketiranje rastlinske mase v polju pa so v ZDA že nekaj desetletij na voljo.

Preglednica 10: Vrste rastlin in načini obdelave tal glede onesnaženosti zemljišč

Onesnaženost tal	Vrsta rastline	Metoda obdelave tal
Malo onesnažena tla (površinsko)	Rastline za človeško in živalsko prehrano	Konvencionalna obdelava tal z globokim oranjem z obračanjem horizontov tal
Srednje onesnažena tla	Kmetijske rastline za energetske uporabo Travnate rastline za energetske uporabo Hitrorastoče grmovne in drevesne vrste	Konvencionalna obdelava tal Racionalna obdelava tal Direktna setev
Težko onesnažena tla	Hitrorastoče grmovne in drevesne vrste	Konvencionalna obdelava tal Racionalna obdelava tal Direktna setev

3.5.2 *Energetske rastline*

Izraz energetske rastline se uporablja za rastline, ki jih gojimo namensko za energetske namene. Te rastline so vzgojene za doseganje maksimalnih pridelkov biomase in imajo optimizirane lastnosti za energetske namene (Badger 1999).

Energetske rastline so tipične trajne rastline in se po tem razlikujejo od standardnih kmetijskih rastlin, ki so večinoma enoletne. V osnovi so razdeljene na hitro rastoče lesnate rastline oziroma hitrorastoče drevesne in grmovne vrste (angl. kratica SRWC – short rotation wood crops) in travnate rastline (angl. kratica HEC – herbaceous energy crops). Poleg omenjenih rastlin obstaja tudi možnost uporabe vodnih rastlin oziroma alg, vendar te niso obravnavane v pričujoči študiji. Aktualna izbira rastline je odvisna od več faktorjev, kot so končna poraba, enostavnost procesiranja, primernost za klimatske in talne razmere, stroški proizvodnje, čas žetve, potrebna oprema za vzgojo ter proizvodne zahteve.

Kot ostale vire biomase tudi energetske rastline lahko pretvorimo v praktično vse oblike energije. Energetske rastline imajo tudi značilno višje pridelke na enoto površine. Višji pridelki izboljšujejo njihovo energetsko učinkovitost v primerjavi s konvencionalnimi rastlinami in zmanjšujejo potrebe po pridelovalnih zemljiščih ter zmanjšujejo negativne okoljske učinke (manjše potrebe po fitofarmacevtskih sredstvih in gnojilih). Energijske rastline posebej drevesa lahko izboljšajo okolje, ker delujejo, kot okoljski filtri, posebej če so zasajena vzdolž vodnih tokov. V tem primeru sprejemajo in odstranjujejo odvečne fitofarmacevtske pripravke in gnojila npr. iz vodnih tokov (Badger citirano po Licht 1999). Energetske rastline lahko tudi bolj prenašajo poplave ali sušne pogoje. To je izrednega pomena, ko vzamemo povečano rast svetovne populacije ter dodatne pritiske na obdelovalna zemljišča v prihodnosti.

Travnate energetske rastline zajemajo veliko število rastlin, ki niso lesnate. Pobiranje poteka z odstranjevanjem nadzemne biomase. Najbolj so zanimive večletna trave oziroma v nekaterih primerih enoletne. Enoletne rastline so bolj občutljive na erozijo vetra in vode, potrebujejo večji nadzor plevelov in imajo večje stroške proizvodnje zaradi potreb po ponovni letni vzpostavitvi pridelovalne površine. Večletne rastline imajo nižje vložke, riziko pridelka je nižji, potrebe po dodatni obdelavi in fitofarmacevtskih sredstvih so minimalne ali pa sploh ne obstajajo. Velika prednost omenjenih rastlin je da se za njihovo pobiranje lahko uporabi kmetijska mehanizacija, ki se že uporablja v kmetijstvu v rastlinski pridelavi. Tudi v tem primeru je za zasovo nasadov na že obstoječih obdelovalnih zemljiščih (nižje kakovosti) priprava tal relativno enostavna in podobna pripravi za kmetijske rastline (konvencionalna, racionalna oziroma »no till« metoda obdelave tal). Konvencionalna obdelava zahteva da je zemljišče brez rastlinskih ostankov, kar pomeni da se nadzor nad pleveli opravlja na mehanski način, kemično ali pa s kombinacijo obeh. Za spravilo se lahko uporabijo stroji za pobiranje in stiskanje rastlinske mase (samonakladalke, balirke za valjaste ali kvadrataste bale) zaradi doseganja manjše prostornine, nižjih transportnih stroškov in lažje manipulacije. V Evropi so bili opravljeni v Nemčiji poskusi s stroji za istočasno pobiranje rastlinske mase in peletiranje v polju.

Hitro rastoče drevesne in grmovne vrste so zaradi zelo hitre rasti in količine biomase zanimive za sajenje na slabo ali neizkoriščenih oziroma opuščenih kmetijskih zemljiščih ter zemljiščih v zaraščanju. Omenjene vrste so zanimive tudi za vzgojo na površinah, kjer kmetijska proizvodnja ni rentabilna (prodnata in kamnita kmetijska zemljišča, nekdanji kamnolomi, lokacije v bližini

železniških prog in cest, površine prizadete zaradi rudniške ali druge dejavnosti, strme površine, kjer lahko zaradi poljedelske obdelave pride do večje erozijske ogroženosti). Za zunajgozdne nasade s kratko obhodnjo so najprimernejši nekateri listavci: topol, vrba, akacija, jelša, kostanj, breza. Omenjeni listavci imajo velik letni prirastek ter sposobnost da po sečnji ponovno zrastejo iz panja (Kranjc in sodelavci 2009).

3.5.3 Mehanske metode za eko remediacijo tal kontaminiranih s težkimi kovinami

Za mehansko obdelavo tal so primerni delovni postopki konzervacijske obdelave tal. Pri konvencionalni obdelavi tal s plugom osnovna obdelava tal zajema obračanje in rahljanje obdelovalne plasti tal, predsetvena ali dopolnilna obdelava tal pa se lahko opravi istočasno s setvijo (kombinirani agregat) ali ločeno. Za pridelavo večine poljščin se danes pri nas večinoma uporablja konvencionalna obdelava tal vendar so vse bolj na pohodu tudi tehnologije za konzervacijsko obdelavo.

Gospodarna in ekološko naravnana pridelava, ki sedaj prihaja v ospredje pa postavlja še dodatne zahteve: zmanjšati stroške dela in energije za obdelavo tal (zmanjševanje emisij toplogrednih plinov, ki nastanejo, kot posledica delovanja kmetijske mehanizacije) ter skrbeti za intenzivno obdelavo tal le na nujne ukrepe. Tehnike pri katerih se reducira intenziteta obdelave tal zaradi možnosti zmanjševanja emisij toplogrednih plinov postajajo vse bolj pomembne v Evropi in svetu.

Sistem obdelave tal pri katerem ostane po obdelavi in setvi več kot 30 % obdelane površine pokrite z rastlinskimi ostanki prejšnje poljščine in tla ne orjemo se imenuje konzervacijski. Z uporabo konzervacijske obdelave se tla ne obračajo, kot pri oranju. Rastlinski ostanki se premešajo s površinsko plastjo tal, s tem se zapira površinski del tal zaradi ohranjanja vlage v tleh. S konzervacijsko obdelavo tal poskušamo tla porušiti v čim manjši meri, tako da se ohrani njihova naravna struktura, pusti maksimalni rastlinski pokrov in ustvari groba površina tal. S tem bodo tla zaščitena pred erozijo (zelo pomembno, ker rastlinski pokrov zmanjšuje vetrno erozijo kontaminiranih zemljišč, s tem je preprečeno raznašanje težkih kovin in drugih škodljivih snovi na velike razdalje), evaporacija pa se lahko občutno zmanjša posebej v aridnih področjih. S konzervacijskim načinom obdelave tal se zmanjša talna erozija, manjši je vpliv na kvaliteto podtalnice zaradi vnosa mineralnih gnojil in pesticidov, manjše pa so tudi emisije CO₂. Izboljša se biološka aktivnost tal in biodiverzitet (biotska raznovrstnost).

Obdelava z mulch posegi – obdelava ali priprava tal v smeri da rastlinski (ali drugi materiali primerni za mulch pokrov) ostanejo blizu ali na sami površini tal.

Reducirana obdelava - sistem, kjer je primarna obdelava povezana s specialnimi tehnikami sejanja da se reducira ali eliminirajo operacije sekundarne obdelave.

Obdelava v trakove - sistem, kjer se obdeluje samo setvene trakove oziroma pasove.

Brez obdelave (angl. No-tillage planting ali Zero tillage) – postopki, kjer se setev opravlja direktno v neobdelana tla npr. tla z rastlinskimi ostanki od prejšnje kulture.

Z reduciranimi metodami za mehansko obdelavo tal, ki jih predlagamo bi remediacija kontaminiranih tal, zaradi enostavnosti, dostopnosti, zanesljivosti, časovnega prihranka,

energijske učinkovitosti, okoljske sprejemljivosti in posledično ekonomičnosti postala realna stalnica v širšem kmetijskem prostoru v prihodnosti.

Vse zgoraj naštete sisteme obdelave tal se da vključiti v ekoremediacijo naših tal.

Zaradi manjše porabe energije (manjša količina mineralnega dizelskega goriva ali biogoriva se porabi za pogon traktorskih agregatov) pri minimalni obdelavi tal in manjšega števila prehodov traktorskih agregatov je omogočena večja produktivnost (manjša poraba časa za izvedbo delovne operacije) in posledično boljša ekonomičnost pridelave. Poleg tega je zmanjšana obremenitev okolja s toplogrednimi plini, mehanske poškodbe tal pa so tudi minimalne. V primeru da bi se »No till« tehnologija uporabila v nekoliko večjem obsegu v prihodnosti na površinah, ki jih želimo sanirati bi to pomenilo pomemben vpliv na zmanjševanje emisij toplogrednih plinov, zmanjšano erozijo, izboljšano strukturo tal in kakovost vode, povečano biodiverzitetu, povečane pridelke itn.

3.5.4 Uporaba biomase za energetske namene

Uporaba biomase za energetske namene se uvršča med najstarejše tehnologije v uporabi človeštva. Z uvajanjem proizvodnje energije iz premoga, nafte, zemeljskega plina itn. je zgubila na pomenu. Stranski učinki proizvodnje energije iz fosilnih goriv (pospešeno onesnaževanje okolja in posledične klimatske spremembe) ter upadanje svetovnih zalog fosilnih goriv in pospešenega naraščanje cene tekočih in drugih goriv na svetovnem trgu je ponovno postavilo biomaso v ospredje (biomasa ponovno postaja eden od vodilnih energentov v razvitih državah). Pomembna komponenta za zmanjševanje energetske odvisnosti Slovenije od fosilnih energentov je proizvodnja energije iz obnovljivih virov energije, kot je npr. biomasa. Energija proizvedena doma ima manjše vplive na okolje, visok izkoristek (razmerje pridobljene energije v primerjavi z vloženo energijo) ter omogoča ekonomski razvoj in energetska varnost.

Ogljikov dioksid, ki nastane pri izgorevanju biomase, ne prispeva k toplogredni obremenitvi podnebja, saj gre za ogljik, ki so ga rastline zajele iz zraka. Biomasa, ki nastaja v kmetijstvu se uporablja, kot vir človeške ali živalske hrane, za predelavo v surovine, izdelke ali goriva del pa se v obliki odpadkov neposredno vrača v tla. Poleg trdnih in plinskih produktov biomase obstajajo tudi tekoča goriva iz biomase ali biogoriva. Biogoriva se lahko uporabljajo, kot nadomestek ali dodatek gorivom naftnega izvora za uporabo v kmetijstvu, transportu, soproizvodnji električne in toplotne energije itn. Od tekočih goriv iz biomase so najpomembnejša biogoriva: bioetanol, biometanol, rastlinsko olje ter biodiesel.

Za proizvodnjo energije se lahko uporablja različna kmetijska biomasa npr.: žetveni ostanki žit, koruze, oljne ogrščice, sončnice, itn. Omenjeni žetveni ostanki se uvrščajo v rastlinske ostanke, ki se po lastnostih približno primerjajo z olesenelimi rastlinskimi ostanki. Posebno skupino predstavlja biomasa namensko gojenih hitrorastočih drevesnih in grmovnih vrst, energetske trave ter posušena trava iz manj kakovostnih travnikov. V skupino, ki je namenjena proizvodnji tekočih goriv pa se uvrščajo različne oljnice (oljna ogrščica, sončnica itn.). Iz biomase se lahko proizvajajo tudi pirolizna olja oziroma iz nje je s pomočjo Fischer – Tröpsch postopka možno proizvajati različna goriva, ki so še bolj kakovostna, kot današnja goriva mineralnega porekla. Najbolj značilne ovire, ki se pojavljajo pri uporabi kmetijske biomase za energetske namene so: financiranje naložb, varčevanje, zakonodaja, pomanjkanje adekvatnih integracij in logistika.

3.5.5 Goriva iz energijskih rastlin

Najboljše energijske rastline so trajne, njihova vsebnost suhe snovi je velika in stalna, proizvodni stroški pa nizki. Trajni način rasti, nizka agrokemična zahtevnost, učinkovitost spremembe sončne energije v biomaso in lahkotnost spremembe nazaj v koristno energijo zagotavljajo velika energetska učinkovitost proizvodnje in nizko obremenjevanje okolja. Za uporabo biomase, kot trdnega goriva je primerna uporaba predvsem suhe biomase ter biomase, ki se enostavno pobira (Katić, 1985). Za gorljive rastline je zato najbolj da jih požanjemo, ko so suhe (odvisno od vrste rastline in načina vzgoje). Pri suhi rastlinski masi so transport, skladiščenje in sežiganje lažji, kurilna vrednost pa visoka. Pri rastlinah, ki se uporabljajo za proizvodnjo bioplina pa nizka vsebnost vlage ni tako pomembna, ker so rastline običajno uskladiščene kot silaža. Za proizvodnjo bioplina rastline spravimo, ko bo proizvodnja bioplina s postopkom anaerobne fermentacije na optimalnem nivoju.

Ugodno je, če je energijska rastlina prilagojena že obstoječim napravam in, da je tudi primerna za sosežig (kombinacija sežiga fosilnih goriv in biomase itn.). To ohranja nizke investicijske stroške, ker zahteva, na primer, samo linije za drobljenje in dovajanje za bale biomase. Vsebnost pepela bi morala biti nizka, zgorevanje bi moralo potekati brez tvorjenja škodljivih elementov, kot so klor in težke kovine. Mulčene energijske rastline so običajno primerne za so-sežig z lesnimi sekanci, šoto ali premogom.

Energetska vrednost rastline kot goriva je odvisna od vlage. Rastlina, ki se pretežno sestoji iz celuloze in je vlažna pri zgorevanju uporablja lastno energijo za izparevanje vode in s tem se ji kurilnost zmanjšuje. Naravna trdna in tekoča goriva so sestavljena iz ogljika (C), vodika (H_2), kisika (O_2), dušika (N_2), žvepla, mineralnih snovi in vlage. Ogljik je osnovni element gorljive mase trdnih in tekočih goriv. V organski masi lesa je do 50 % ogljika (v antracitu npr. do 98 %). Vлага v gorivu ni zaželen, ker zmanjšuje gorljivo maso goriva in kurilnost. Koristni del goriva je vodik če je prisoten v prosti obliki kot H_2 ali v obliki vezanih ogljikovodikov $C_n H_n$ (npr. metan CH_4 v bioplinu itn.). Vezan s kisikom v vodo pa ni zaželen, ker je balast in porabnik toplote. Poleg tega kisik v gorivu ni zaželen, ker je negorljiv in se veže z vodikom in ogljikom in zmanjšuje kurilnost goriva. Dušik v vseh oblikah in vrstah goriv pomeni balast v gorivih se pojavlja v obliki dušikovih oksidov, pri bioplinu se npr. pojavlja, kot čisti (N_2) in vezan z vodikom v amonijak (NH_3). Trdna goriva vsebujejo tudi negorljive mineralne snovi, ki se imenujejo pepel. Žveplo v gorivu npr. bioplinu se veže z vodikom v H_2S .

Ena od možnosti za energetska ovrednotenje biomase oziroma biogoriv je uporaba koeficienta njihove energetske bilance, ki predstavlja razmerje med energijo, ki jo dobimo iz energetske rastline (končnega produkta) in energijo, ki jo porabimo za pridelovanje omenjene rastline. Biodiesel oziroma estrificirano ogrščično olje ima energijsko razmerje 1 : 5,5 z vključenimi žetvenimi ostanki (slama za energetske namene) in 1 : 3,2 brez vključenih žetvenih ostankov (slama). Za primerjavo etanol iz pšenice ima energijsko razmerje 1 : 3,6, etanol iz sladkorne pese pa ima energijsko razmerje 1 : 2,46 do 1 : 2,53 (El Basam 1998).

3.5.6 Tehnologije za izkoriščanje trdne kmetijske biomase v energetske namene

Kmetijska biomasa je, kot energetski vir, problematična glede prostorninske gostote energije ter načina zbiranja, prevažanja, skladiščenja in uporabe. Danes obstajajo različne tehnologije s

katerimi lahko obvladujemo omenjene probleme. Poleg baliranja za zmanjševanje prostornine biomase, obstaja še tehnika drobljenja, briketiranja in peletiranja žetvenih ostankov. Tehnologija briketiranja in peletiranja za zmanjševanje prostornine žetvenih ostankov se trenutno ne uporablja v Sloveniji. Zaradi enostavnejšega manipulativnega postopka s peletiranimi in briketiranimi žetvenimi ostanki (možna je uporaba že obstoječe tehnologije za sežiganje lesnih peletov) pa se ji odpira velike možnosti v prihodnosti.

3.5.7 Strojno pobiranje rastlinskih ostankov po žetvi

Za pobiranje slame in koruzne mase s polj se lahko uporablja v veliki meri kmetijska mehanizacija, ki obstaja v redni uporabi v slovenskem kmetijstvu. V poštev pridejo različne izvedbe samonakladalnih prikolic, stiskalnice za valjaste bale s pobiralno napravo (uporabljajo se za izdelavo valjastih suhih in mokrih – silažnih bal) in stiskalnice s pobiralno napravo za izdelavo kvadrastih suhih bal. Tehnika stiskanja rastlinskega materiala s stiskalnicami za valjaste bale je v Sloveniji dobro razvita. V zadnjih dveh desetletjih je število stiskalnic za valjaste bale praktično od vrednosti nekaj strojev naraslo na več tisoč primerkov, vseh tipov stiskalnic je 416, ocenjujemo da je njihovo število še naraščalo po letu 2005. Stiskalnice za valjaste bale so kmetje in izvajalci uslug s kmetijsko mehanizacijo pretežno nabavljali za stiskanje mokrih bal za travno silažo. Omenjeni stroji so primerni tudi za izdelavo suhih bal iz žetvenih rastlinskih ostankov, kjer so potrebni nekoliko manjši tlaki stiskanja, kot pri mokrih balah za krmo. Valjaste bale so ponavadi premera 1,2 m – 1,6 m in višine 1,2 m, masa pa se jim giblje do 450 kg za slamo (odvisno od tlaka stiskanja, vlažnosti vhodnega rastlinskega materiala, tipa rastlinskega materiala, pridelka), gostota pa jim znaša pod 120 kg/m³. Zaradi dimenzij in mas valjastih bal z njimi je možna manipulacija samo s posebnimi stroji. Za dviganje in nakladanje, ter prevoz na krajše razdalje so v masovni uporabi enojne ali dvojne izvedbe traktorskih vil (zaradi nizke cene ter proizvodnje lokalnega značaja), za prevoz na večje razdalje pa služijo klasične traktorske prikolicе ali posebne prikolicе za baliranje, ki so zaradi lažjega nakladanja v nizkopodni izvedbi. Za manipulacijo z velikim številom bal obstajajo samovozni teleskopski nakladalniki ter posebne izvedbe dvoriščnih traktorjev, omenjeni stroji imajo velike urne učinke. Teh strojev pri nas obstaja samo zanemarljivo število (nekaj deset primerkov po naši oceni). S traktorskimi vilami in standardnimi traktorskimi prikolicami, ki jih je 47350 je opremljeno veliko kmetij, posebnih prikolic za bale pa je trenutno malo (ni uradnega podatka, po naši oceni samo nekaj primerkov). Stiskalnice za kvadraste bale manjših dimenzij so stroji, ki jih slovenski kmetje uporabljajo že desetletja. Namenjene so za stiskanje žetvenih ostankov in sena. Delijo se na nizko (gostota bale znaša do 120 kg/m³) in visoko tlačne izvedbe (gostota bale do 250 kg/m³). Dimenzija kvadrastih bal znaša: dolžina 80 – 100 cm, širina 30 – 50 cm in višina 30 – 40 cm, masa 15 – 30 kg pri senenih balah in 10 – 20 kg pri balah iz slame. V zadnjih dveh desetletjih pa so ta tip stiskalnic začele popolnoma izpodrivati stiskalnice za valjaste bale, ki imajo večji učinek (pri stiskalnicah za kvadraste bale manjših dimenzij je potrebno veliko časa za manipulacijo), izkoristek prostora pa je boljši, kot pri valjastih balah. Stiskalnice za kvadraste bale velikih dimenzij so namenjene za izdelavo bal velikosti dolžine 70 – 280 cm, širine 80 – 120 cm in višine 50 – 130 cm, gostota bal pa jim znaša pod 150 kg/m³. Masa bal se jim giblje do 900 kg za seno in do 700 kg za slamo. Pri nas jih je zanemarljivo število, uporabljajo se samo v nekaj kmetijskih podjetjih, ki razpolagajo z večjimi površinami obdelovalne zemlje. Za manipulacijo s temi balami so potrebni samovozni teleskopski nakladalniki. Kot je že omenjeno prej teh strojev pri nas praktično ni v uporabi. Prednost bal velikih dimenzij je da odlično izkoriščajo skladiščni

prostor, to je izrednega pomena pri transportu na večje razdalje. Za zbiranje koruznice s stiskanjem v bale ter za njen transport do 20 km razdalje se porabi 6 – 8 % od energetskega potenciala zbrane koruznice (Katić 1997). Žetvene rastlinske ostanke je mogoče pobirati tudi s samonakladalnimi prikolicami. Teh je pri nas veliko oziroma 40560 (SURŠ). Problem pri takem pobiranju je da ima pobrana rastlinska masa veliko prostornino, kar pomeni da je potrebno rastlinsko maso skladiščiti na večjem prostoru (v primerjavi s skladiščenjem bal) oziroma je potrebno naknadno zmanjšati prostornino rastlinske mase s postopkom stiskanja v pelete ali brikete (ta tehnologija je v našem kmetijstvu v povojih).



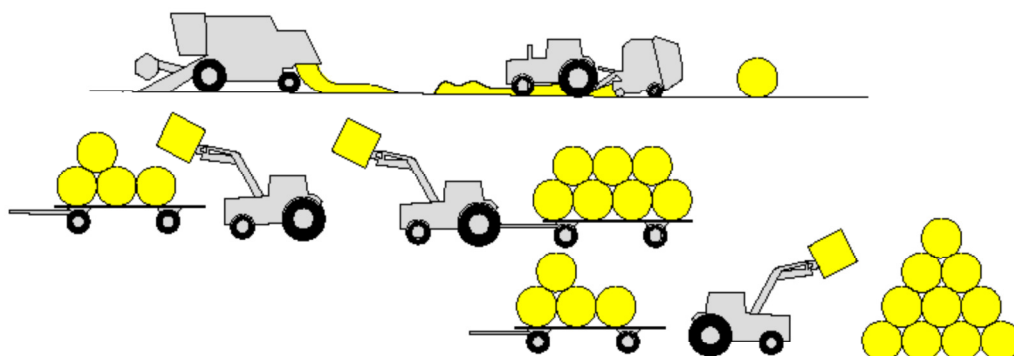
Slika 5: Za pobiranje slame in koruznice in stiskanje oziroma izdelavo suhih bal za zmanjševanje prostornine žetvenih ostankov za energetske namene se lahko uporabljajo obstoječe stiskalnice za valjaste bale, ki so razširjene v slovenskem kmetijskem prostoru.



Slika 6: Strojna manipulacija z balami iz žetvenih ostankov

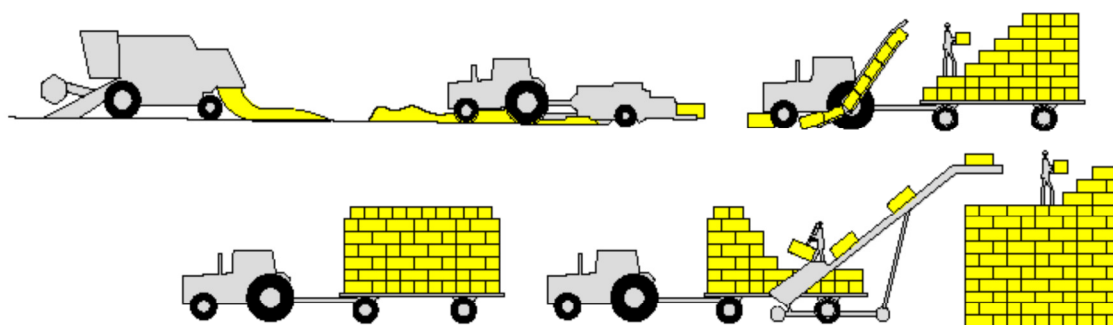
3.5.8 Linije za spravilo žetvenih ostankov

V primeru spravila s pomočjo balirk za valjaste bale po kombajniranju sledi spravilo žetvenih ostankov s pomočjo balirk za valjaste bale. Valjaste bale se nakladajo s pomočjo prednjih traktorskih nakladalnikov s prijemali za bale ali vilic za bale na traktorske prikolice. Najboljše za ta namen so specialne nizkopodne prikolice za valjaste bale, ki omogočajo prevoz večjega števila bal. Če ni na razpolago omenjenih prikolic se lahko uporabijo tudi standardne prikolice za različne kmetijske namene, teh je tudi veliko število pri nas (47350 SURS). Sledi transport valjastih bal do lokacije za skladiščenje oziroma za uporabo za energetske namene. Zaradi boljšega izkoristka prostora in zaščite pred atmosferskimi vplivi se valjaste bale zlagajo na dva načina (na daljšo stran – ali na osnovo). Za to delovno operacijo se ponovno uporablja prednji traktorski nakladalnik s prijemali za bale ali vilice za bale. Za doseganje večjih višin skladiščenja in večje storilnosti se uporabljajo posebne dvoriščne izvedbe traktorjev, ki so razvite predvsem za ta namen.



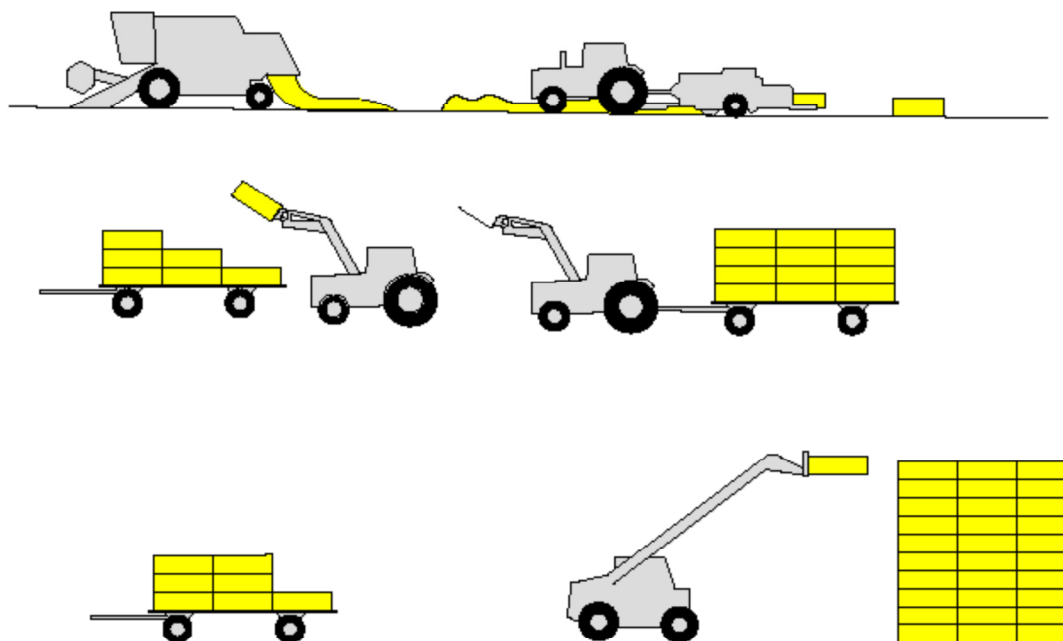
Slika 7: Linija za spravilo valjastih bal

Za spravilo pravokotnih izvedb manjših bal po kombajniranju sledi spravilo žetvenih ostankov s pomočjo balirke za kvadraste bale. Manjše bale se lahko nakladajo ročno na prikolico, kar je zamudno delo ali s pomočjo posebnega transporterja za nakladanje. Slaba lastnost tega sistema je da je potreben dodaten delavec za nakladanje poleg voznika traktorja. Bale se transportirajo do lokacije za skladiščenje oziroma za uporabo za energetske namene. Bale se zložijo ročno ali s pomočjo prednjega nakladalnika s prijemali za bale oziroma s pomočjo posebne dvoriščne izvedbe traktorja. Ker se spravilo pravokotnih bal vse manj uporablja je ta način omenjen samo zaradi informacije.



Slika 8: Linija za spravilo malih kvadrastih bal

Spravilo velikih kvadrastih izvedb bal poteka na podoben način, kot spravilo valjastih izvedb bal s to razliko da balirka izdeluje velike pravokotne izvedbe bal. Bale se nakladajo s pomočjo prednjih nakladalnikov s prijemali za bale na prikolice za transport in transportirajo do lokacije za skladiščenje oziroma za uporabo za energetske namene.



Slika 9: Linija za spravilo velikih kvadrastih bal

3.5.9 Strojno pobiranje hitrorastočih grmovnih in drevesnih vrst

Za strojno pobiranje hitrorastočih drevesnih in grmovnih vrst se lahko uporabijo posebne izvedbe mulčerjev, ki rastline sesekljajo v sekance (teh strojev je po naši oceni nekaj deset v uporabi pri nas). Opremljeni so s transportnim ustjem, kot silokombajni, tako da se pomulčena masa transportira na prikolico. Na ta način se lahko spravlja: miskantus, vrba in topol z dvo do tri letno obhodnjo) itn.

Za pobiranje hitrorastočih drevesnih in grmovnih vrst se lahko uporabljajo adaptirane izvedbe kmetijskih samovoznih silokombajnov, ki so namenjeni predvsem za siliranje koruze (celotne rastline), posebno ustje, ki je namenjeno za sečnjo lesa. Pri samovoznih kombajnih je težko določiti pravilno število strojev, ki so v uporabi pri nas, po statističnih podatkih 8814 (SURs), vendar so v tej številki zajeti tudi silokombajni, ki so traktorski priključki te pa ne bi bilo možno uporabiti za prej omenjeno spravilo (eventualno bi se lahko naredile posamezne predelave teh strojev). Ocenjujemo da je v prej omenjeni številki samo do 5 % samovoznih silokombajnov, ki bi opremljeni z ustreznimi ustji lahko opravljali to funkcijo. Omenjeni sistem kombajna s posebnim ustjem se uporablja za nasade z drevesi s kratko obhodnjo 2 – 3 leta (premer posameznih dreves do premera 15 cm). Pri obhodnji, ki traja vsaj pet let se lahko uporabi tehnika klasične sečnje z motorno žago. V primeru da obhodnja traja 5 ali več let se uporabljajo posebni gozdarski stroji za sečnjo.

3.6 Transport biomase

Transport biomase lahko poteka s pomočjo traktorjev ali kamionskega prevoza. Traktorji se uporabljajo na krajših transportnih razdaljah, na daljših transportnih razdaljah pa je kamionski prevoz bolj učinkovit zaradi manjše porabe energije.

- Če so transportne razdalje do 30 km se za transport uporabljajo traktorji
- Specialne prikolice za bale
- Prikolice s povišanimi stranicami
- Samonakladalne prikolice (z dodatnim zapiranjem zadnje strani)
- Za večje razdalje se uporablja kamionski prevoz
- Energija, ki se porabi za pobiranje in transport do 20 km oddaljenosti znaša 6 – 8 % od kurilne vrednosti biomase
- Energija, ki se porabi za drobljenje znaša 1 – 1,5 % od kurilne vrednosti biomase
- Energija, ki se porabi za briketiranje, peletiranje znaša 0,8 – 1 % od kurilne vrednosti biomase

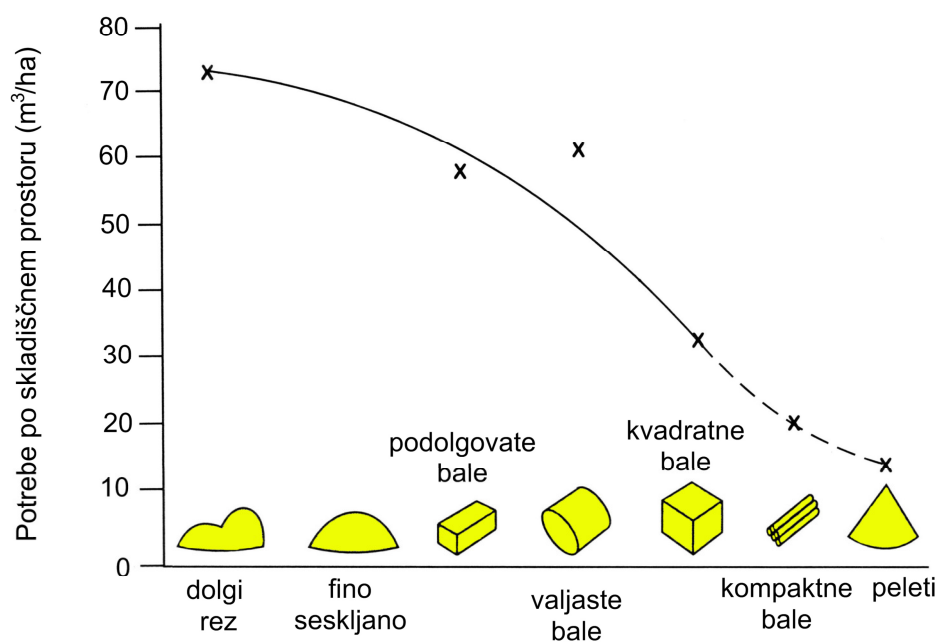


Slika 10: Praznjenje zalogovnika obiralnika koruze v storžih, transport storžev se opravlja s standardnimi traktorskimi prikolicami s povišanimi stranicami

3.7 Skladiščenje biomase

Skladiščenje rastlinske biomase na naših kmetijah ni problematično. Veliko kmetij razpolaga z gospodarskimi prostori, kjer je možno skladiščiti rastlinsko biomaso. V nekaterih primerih je mogoče koristiti tudi objekte, ki so v preteklosti bili v uporabi za dosuševanje sena, pa so s spremembo tehnologije izgubili na pomenu (npr. kozolci – toplarji itn.). Bale iz rastlinskih

ostankov se lahko skladiščijo na odprtem ali zaprtem prostoru. Na odprtem prostoru je potrebno zagotoviti zaščito bal s prekrivanjem s ceradami iz plastičnega material, ki preprečuje navlaževanje bal. Za skladiščenje na večjih kmetijah ponavadi obstajajo različni gradbeni objekti, ki jih je možno uporabiti za skladiščenje rastlinske mase v balah za daljše časovno obdobje. Večji problem predstavlja rastlinska masa v naravni obliki, ki zavzema večjo prostornino. Za skladiščenje take biomase je potrebno zagotoviti pokrite objekte oziroma večje skladiščne kapacitete. Tudi manipulacija s tako skladiščeno rastlinsko maso je težavna in bolj zamudna v primerjavi z manipulacijo z balami, peleti ali briketi iz rastlinske mase.



Slika 11: Potreba po skladiščnem prostoru (Schön in Strehler 1992, povzeto po El Bassam



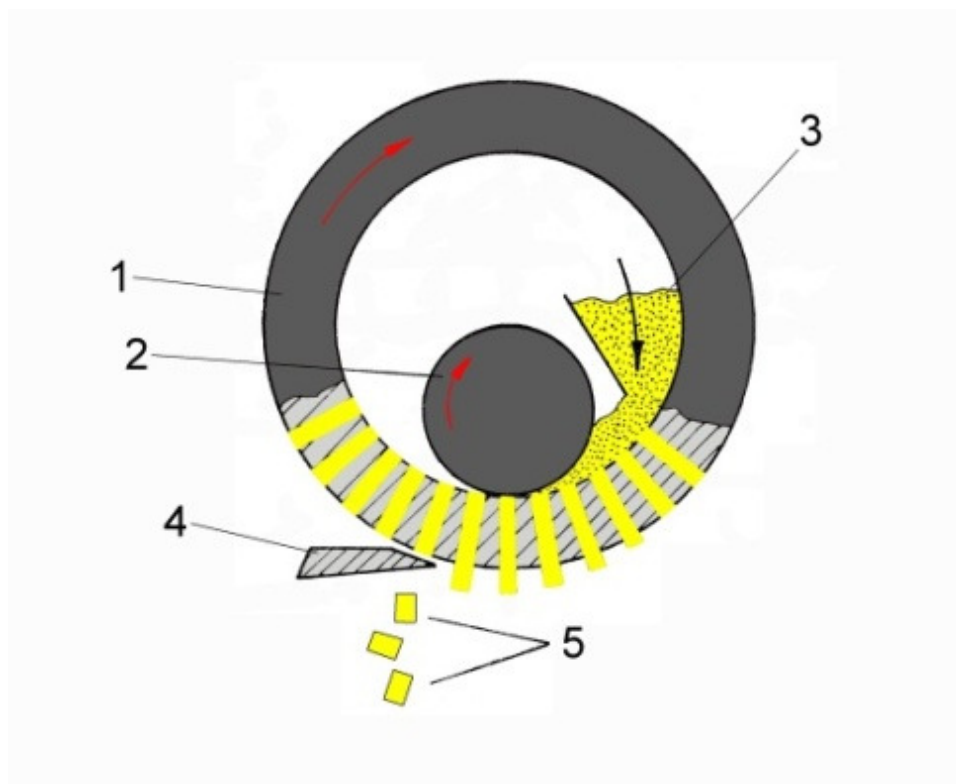
Slika 12: Skladiščenje bal iz žetvenih ostankov na odprtem prostoru (slika levo) in v kmetijskem objektu – kozolec toplar (slika desno)

3.8 Uporaba kmetijske biomase za energetske namene

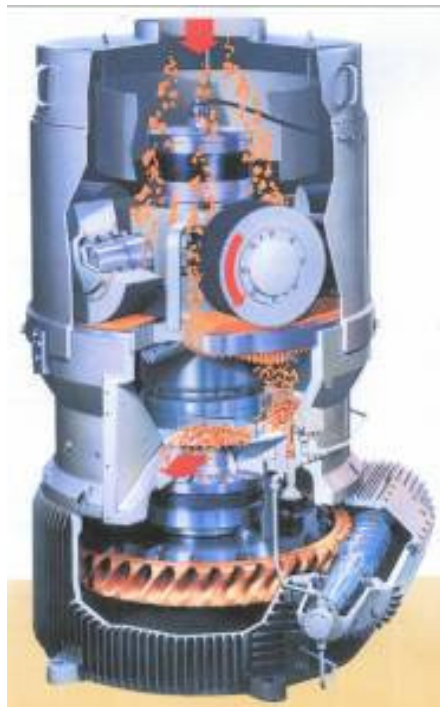
Uporaba biomase za energetske namene je ena od najstarejših tehnologij v uporabi človeštva. Z uvajanjem proizvodnje energije iz premoga, nafte, zemeljskega plina itn. je zgubila na pomenu. Zaradi stranskih učinkov proizvodnje energije iz fosilnih goriv (pospešeno onesnaževanje okolja in posledične klimatske spremembe) ter upadanje svetovnih zalog fosilnih goriv in pospešenega naraščanje cene tekočih in drugih goriv na svetovnem trgu je ponovno postavilo biomaso v ospredje. Biomasa ponovno postaja eden od vodilnih energentov v razvitih državah. Energijski potencial biomase ni zanemarljiv. Rastline v naših klimatskih razmerah v času poletne vegetacije nakopičijo na 1 m² kmetijske površine 5 do 6 kWh energije, ki se nahaja v rastlinskih maščobah, ogljikovih hidratih in beljakovinah. Preračunano na 100 ha oziroma na 1 km² kmetijske površine znaša količina energije 6 GWh. Zemljišče velikosti 500 – 1000 km² energijsko predstavlja 3 – 6 TWh. Za proizvodnjo energije se lahko v največji meri uporabljajo žetveni ostanki (koruznica) po žetvi koruze. Omenjeni žetveni ostanki se uvrščajo v rastlinske ostanke, ki se po lastnostih približno primerjajo z olesenelimi rastlinskimi ostanki. Potencial koruznice, kot energenta je v primerjavi z žetvenimi ostanki ostalih poljedelskih kultur največji. Za uporabo biomase, kot goriva je primerna uporaba predvsem suhe biomase ter biomase, ki se enostavno pobira. To je lahko, koruznica, ki je pobrana nekaj časa po pobiranju koruze (da se še dodatno posuši). Energetska vrednost rastline kot goriva je odvisna od vlage. Rastlina, ki se pretežno sestoji iz celuloze, je vlažna in zato pri zgorevanju uporablja del lastne energije za izparevanje vode, kar ji zmanjšuje energetska vrednost (Katić).

3.8.1 Obdelava rastlinskih žetvenih ostankov

Za zmanjševanje prostornine rastlinskega materiala obstajajo različne metode in stroji. Za izdelavo sekancev obstajajo različne izvedbe sekalnikov, kot traktorski priključki s pogonom prek priključne gredi traktorja ali s pogonom z lastnim motorjem. Sekalnik seka lesno biomaso (veje, droben les, krošnje itn.) sesekan material pa so lesni sekanci. Sekanci so koščki lesa debeline in dolžine od nekaj mm do nekaj cm. Ti se lahko uporabljajo v različne namene: za kompost, kot zastirko, ki varuje okrasne rastline pred pleveli in pred preveliko izsušitvijo tal. Lesni sekanci se lahko uporabljajo kot gorivo v specialnih pečeh. Ko vejevje in druge lesne odpadke sesekamo, bolje izkoristimo prostornino prikolic s katerimi te sekance odvažamo. Pelete izdelujemo s postopkom iztiskanja pod visokim tlakom (rotirajoči zobniki iztisnejo maso skozi ploščate ali prstanaste matrice) zdrobljenega lesenega materiala (prah ali žaganje) ali različnih žetvenih ostankov (zdrobljeni v prah). Zaradi boljših lastnosti v postopku izdelave se lahko doda tudi krompirjev ali koruzni škrob (1-3%). Peleti so valjaste oblike premera od 5 do 15 mm dolžine od 20 do 50 mm (Sitkei 1986). Tlak za peletiranje variira med 500 – 1500 bar. Zaradi manjše prostornine, manjše vsebnosti vode in večje gostote peleti imajo večjo kurilno vrednost. Material v prašnati obliki se dovaja med matrico in valj za iztiskanje, ki material potiska skozi odprtine na matrici. Komprimirani material (v obliki peleta) prihaja iz odprtine, kjer ga nož odreže na željeno dolžino.

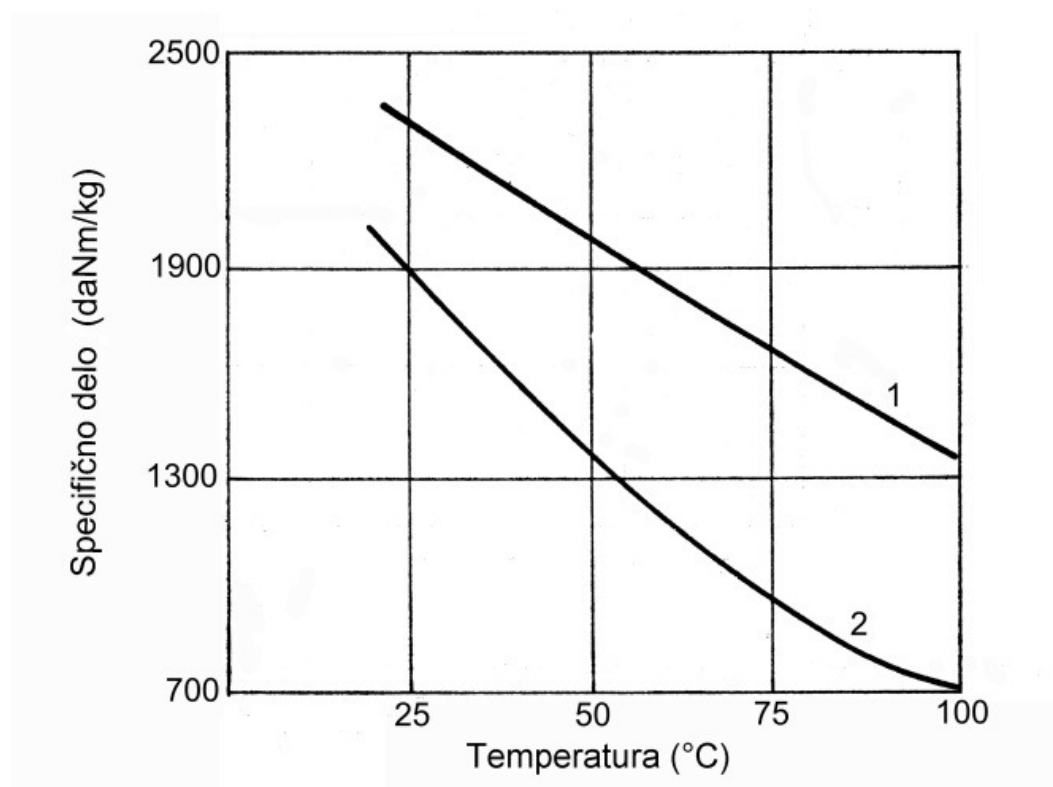


Slika 13: Princip izdelave peletov iz rastlinske mase, 1 – matrica, 2 – valj za iztiskanje, 3 – dovajanje zmlete rastlinske mase, 4 – nož za odrez, peleti (Sitkei 1986)



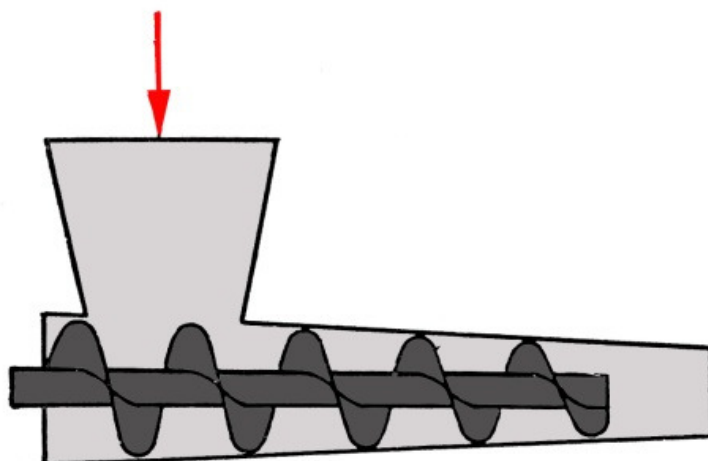
Slika 14: Izdelava peletov z iztiskanjem lesne mase ali žetvenih rastlinskih ostankov skozi ploščato matrico (Kahl, Nemčija)

Gostota in trdnost peletov narejenih pod določenim tlakom je odvisna od večjega števila faktorjev. Najbolj pomembna je struktura materiala, temperatura, inicialni prostorninska masa, vsebnost vlage, hitrost in trajanje postopka peletiranja. Z naraščanjem vlažnosti veliko rastlinskih materialov prevzame plastične lastnosti, kar olajša kompresijo. Če je vlažnost vhodnega material večja se lahko uporabijo manjši tlaki stiskanja. Kompresibilnost materialov narašča tudi s temperaturo, kar omogoča doseganje enake volumnske mase z manjšimi tlaki. Energija potrebna za peletiranje se lahko zmanjša s predgrevanjem materiala (možnosti uporabe biomase ali solarnih kolektorjev za dogrevanje materiala, ki se peletira oziroma briketira). Pri stiskanju prašnatih materialov je ugotovljeno da je strižna trdnost (karakterizira stabilnost) je visoko povezana s tlakom stiskanja v temperaturnem območju 60 – 80 °C. To pomeni da je poraba energije, ki je potrebna za doseganje največje stabilnosti optimalna v tem temperaturnem območju.



Slika 15: Potrebna energija za peletiranje slame in sena v odvisnosti od temperature, 1 – slama vlažnosti 12,6 %, 2 – seno vlažnosti 9,6 % (Sitkei 1986)

Brikete izdelujemo s stiskanjem v batni ali polžni stiskalnici večjih lesenih delcev, lubja, lesnega prahu, žagovine, oblancev, zdrobljenih rastlinskih žetvenih ostankov skozi ploščate matrice. So valjaste oblike, kot peleti, premer pa je večji od peletov saj znaša od 40 – 90 mm. Zaradi manjše prostornine, nižje vsebnosti vode in večje gostote imajo briketi večjo kurilno vrednost.



Slika 16: Stiskalnica za izdelavo briketov

Nekatere rastlinske ostanke je možno uporabljati v direktni obliki brez predhodnega procesiranja (npr. klasinci koruze),

3.8.2 Tehnologije za uporabo kmetijske biomase s kontaminiranih zemljišč

Za proizvodnjo energije iz kmetijskih rastlin se sedaj uporabljajo različne tehnologije. V tabeli je prikazan primer uporabe koruze za energetske namene.

Preglednica 11: Možne tehnologije izkoriščanja koruze za energetske namene

Vhodni material	Tehnologija izkoriščanja
Koruznica	Sežiganje, Uplinjanje, Utekočinjanje
Koruzna silaža	Digestija (bioplin)
Koruzni storži ali klasinci	Sežiganje
Koruzno zrnje (vlažno), koruznica	Fermentacija (etanol)

3.8.3 Obiralniki koruze

Namenjeni so za pobiranje koruze v storžih. Razviti so bili pred kombajni za spravilo koruze. S prehodom na tehnologijo pobiranja koruze v zrnju pa so ti stroji zgubili na pomenu. Uporaba obiralnikov je sedaj prisotna pri nas na manjših kmetijah, ki pridelujejo koruso za lastne potrebe. Čeprav se ta način spravila šteje danes za zastarelega, z ekološkega stališča pa predstavlja pozitiven primer v smeri zmanjševanja porabe energije (pobrani koruzni storži se sušijo na zraku, ni potrebno dodatno dosuševanje v sušilnicah, kot v primeru pobiranja koruze za zrnje). So enovrstne in dvovrstne izvedbe, namenjeni za bočni in čelni priklop na traktor. Obstaja tudi izvedba obiralnika koruze z lastnim motorjem, ki je podobna kombajnu za pobiranje koruze v zrnju. Ta stroj se uporablja za pobiranje semenske koruze.



Slika 17: Obiralnik med obiranjem koruze

Obiralnik koruze je lahko opremljen z rezalnikom rastlinskih ostankov, pritrjenim na zadnjem delu stroja. Razrezane ostanke (koruznico) razmeče po površini tal, kar omogoči lažje zaoravanje koruznice.

3.8.4 Silokombajni

Pripravo kakovostne koruzne silaže (surovina za proizvodnjo bioplina) omogočajo stroji, ki so razviti prav za ta namen – silokombajni. Silokombajni so tudi univerzalni stroji, ker jih lahko z adaptacijami uporabljamo za pripravo silaže iz koruze, trav in detelj. Kot traktorski priključni stroji obstajajo v nošeni, pol nošeni in vlečeni izvedbi. Lahko se priključijo na zadnje hidravlično

dvigalo v čelni izvedbi pa se priključijo na traktor opremljen z reverzibilnim upravljanjem, kar pomeni da zadnji del traktorja postane prednji. S tem se doseže večja manevrska sposobnost traktorja s priključkom ter večji učinek. Za pobiranje silažne koruze je predvideno posebno trgalno ustje za koruzo.

Samovozni silokombajni

Današnji trend v visoko razvitih državah je usmerjen v visoko zmogljive stroje za pripravo koruzne silaže. Prednost takih strojev je da so večinoma v lasti specializiranih ponudnikov strojnih storitev. Zaradi visokega učinka teh strojev, je mogoče velike površine koruze pospraviti v čim krajšem času, kar omogoča da je silaža izpostavljena krajši čas učinku zraka in posledično ima boljšo kakovost. Velik stroj, ki ga upravlja ena oseba pomeni ob povečanem učinku tudi manjše stroške osebja, ker potrebujemo za določeno površino manjše število oseb, ki upravljajo stroje. V zadnjih letih se je v kmetijstvu v EU povečalo število samovoznih silokombajnov, ki so v prvi vrsti namenjeni za proizvodnjo silaže, ki je namenjena za proizvodnjo bioplina (nanaša se predvsem na Nemčijo, Avstrijo, Italijo itn.). Za doseganje največjih učinkov so namenjene posebne izvedbe silokombajnov s pogonom z lastnim motorjem. V tem primeru so to stroji opremljeni z motorji moči od 200 do 800 kW (najzmogljivejše izvedbe v zadnjem času). Urni učinek teh strojev se giblje od 60 do 100 t koruzne silaže in več. Za lastno gibanje imajo transmisijo hidrostatične izvedbe. Tudi pri teh strojih (podobno, kot pri kombajnih za spravilo koruze v zrnju) se upravljajo zadnja kolesa, pogonska pa so prednja, pri nekaterih izvedbah pa je mogoč pogon na vsa štiri kolesa, kar je pomembno pri delu na tleh, ki so razmočena.



Slika 18: Samovozni silokombajn

3.8.5 Uporaba koruznih klasincev

Za spravilo koruznega zrnja se uporablja univerzalne žitne kombajne, ki imajo spredaj prigrajeno specialno koruzno ustje. V mlatilni del kombajna za spravilo koruze v zrnju gredo večinoma neoličkani odtrgani storži, včasih pa tudi zgornji deli stebel. Pri takem spravilu koruze

je v zalogovniku kombajna čisto zrnje. Ob ročnem obiranju koruznih storžev ali uporabi obiralnikov koruze v storžu so po odstranjevanju zrnja iz storža (luščenju, ruženju, robkanju) pridelovalcem poleg zrnja ostali še klasinci. Ti so se že od nekdaj uporabljali kot kurivo v štedilnikih na drva, kaminih in keramičnih pečeh (krušnih pečeh). Zaradi uporabnosti klasincev so se za njihovo zbiranje pojavile tehnične rešitve tudi ob spravilu zrnja s kombajni. Tehnične rešitve za zbiranje klasincev so različne, najbolj pogoste so v obliki adaptiranih kombajnov ali pa specialnih prikolic za prebiranje klasincev. Že od nekdaj so se klasinci tradicionalno uporabljali kot dodatno kurivo v različnih pečeh na drva (štedilniki, kamini, keramične peči – krušne peči). Tudi sedaj se v nekaterih delih Slovenije klasinci na takšen način uporabljajo.



Slika 19: Kombajn za spravilo koruznega zrnja z aksialnim rotorjem ter dodatnim sklopom za zajem klasincev

Zaradi boljšega izkoristka je bolj primerna njihova uporaba v kotlih za sekance za etažno ali centralno ogrevanje. Priporoča se mešanje klasincev z lesnimi sekanci. Slovenija je že sprejela številne standarde SIST EN, kjer je govora o trdnih biogorivih (njihovih splošnih zahtevah, specifikacijah in razredih itd.). Ti standardi veljajo za lesne pelete, lesne brikete, lesne sekance, drva, nelesne pelete za neindustrijsko uporabo. Za trdna goriva iz kmetijstva pa pri nas še nimamo standardov. Avstrija je že sprejela lastne standarde za trdna goriva iz kmetijstva, v pripravi pa so tudi mednarodni standardi. Pri uporabi klasincev za gorivo je tudi potrebna ustrezna zakonodaja zaradi emisij, ki jih povzroča kmetijska trdna biomasa. Država mora pripraviti ustrezno »okolje«, da se bo uporaba klasincev razširila. Sprejeti standardi so tudi temelj za korektno trgovanje s temi biogorivi.



Slika 20: Istočasno spravilo koruze za zrnje in klasince

Klasinec pa ima še vrsto drugačnih možnosti za uporabo (sestavni del pohištvskih plošč, protihrupna izolacija, vpojno sredstvo za razlite tekočine, nastilj za male hišne živali, nosilec aktivnih snovi pri pesticidih, nosilec aktivnih snovi pri zdravilih, etanol itd.). Taka uporaba klasincev (Jansen, 2012) je relativno dobro razvita v ZDA



Slika 21: Transport klasincev v prikolico (primer uporabe samonakladalne prikolice za transport) je možen tudi med samo žetvijo s primesjo ličja.

3.9 Postopki za uporabo biomase

Za uporabo kmetijske biomase z zemljišč, ki so onesnažena s težkimi kovinami ali drugimi viri onesnaževanja, za energetske namene lahko uporabimo več postopkov:

a) Sežiganje

To je postopek v katerem gorljive snovi v biomasi oksidirajo v CO₂ in vodno paro ter pri tem oddajajo toploto. Za sežiganje je primerna biomasa z nizko vsebnostjo vlage. Danes je to najpomembnejši način uporabe biomase v energetske namene.

b) Biološka pretvorba

Bakterije, kvasovke ali encimi lahko opravijo pretvorbo organskih snovi pri različnih temperaturah in oksidacijskih pogojih s pomočjo vrenja ali kompostiranja.

c) Toplotno – kemična pretvorba

Temelji na procesih nepopolnega zgorevanja pri katerem proces kontroliramo s temperaturo, velikostjo delcev in atmosfero v kateri poteka nepopolno zgorevanje: piroliza, utekočinjanje in uplinjanje (omenjene tehnologije so v fazi razvoja oziroma uvajanja zato v tekstu niso bolj podrobno predstavljene).

3.9.1 Sežiganje kmetijske biomase

Sežiganje je možno v različnih izvedbah kotlov za kurjavo. Pri sežiganju kmetijske biomase lahko pride do tega da se v okolje spuščajo škodljive snovi. Zato jo moramo kuriti v sodobnih kotlih pri katerih emisije dimnih plinov zadostujejo predpisanim vrednostim. Sodobni kotli za biomaso imajo avtomatsko reguliran dovod goriva in zraka v kurišče, ter samodejno odstranjevanje pepela. V večjih kotlih zgoreva biomasa v vrtnčasti plasti. Obvezno bi bilo potrebno kombinirati tudi kogeneracijo (soproizvodnjo) električne energije. Za dosuševanje kmetijskih pridelkov npr. koruznega zrnja, pšenice itn. se v sušilnicah lahko uporablja od kmetijske biomase koruznica, pšenična slama itn.. Za dosuševaje koruznega zrnja zadostuje 20 – 40 % od razpoložljive količine koruznice (Katić).

Sežiganje koruznice je mogoče izpeljati na tri načine:

- direktno zgorevanje v kurišču
- piroliza in istočasno zgorevanje plina
- uplinjanje (generatorski plin)

Zgorevanje: je kemični proces, kjer pride do spajanja ogljika C ali vodika H ob prisotnosti kisika O₂ v ogljikov dioksid CO₂ ali vodo H₂O, pri čemer se sprošča toplotna energija.

Piroliza: je termični proces, ki poteka pod vplivom toplote brez prisotnosti kisika. Presežek zraka je pri tem procesu enak 0. Do pirolize prihaja v procesu gorenja biomasnih goriv, kljub prisotnosti kisika v samem gorivu v eni od faz gorenja. Ob dovodu toplote pride v tem procesu do razpada organskih spojin v biomaso.

Uplinjanje: je proces zgorevanja, kjer ne pride do spajanja ogljika s kisikom v CO₂ ampak v CO. Takrat lahko govorimo tudi o nepopolnem zgorevanju. Presežek zraka je manjši od ena in večji od 0. Tako nastali plin pa lahko v drugi napravi izkoriščamo za pridobivanje energije. Uplinjanje je primeren kemični proces za pretvarjanje trdnih goriv v plin, ki ga lahko uporabimo za pridobivanje energije.

Kurišča za direktno kurjenje kmetijske biomase

Obstajata dva tipa kurišč:

a) Kurišča v katerih se sežiga biomasa sesekljana ali v naravni obliki (kotli za cele bale, kotli za sesekljan biomaso, kotli za razsuti rastlinski material)

b) Kurišča v katerih zgoreva biomasa, ki je predelana v pelete ali brikete.

Sesekljana biomasa se lahko pnevmatsko (zračni tok) dodaja v kurišče. Kurišče je narejeno tako da prihaja do vrtinčenja rastlinske mase in zraka. Omenjeni sistemi se uporabljajo za relativno suho maso (max. 25 % vlage) in to večinoma slamo in koruzne storže.

Za bolj vlažno rastlinsko maso (max. 55 %) z možnostjo kurjenja tudi suhe mase se uporabljajo mehanska kurišča. Poševna rešetka brez premičnih delov se lahko uporablja za biomaso, enostavna je za uporabo in ne zahteva posebnega vzdrževanja. Težave lahko nastanejo pri rastlinski masi z veliko silicija (slama), kjer lahko nastaja steklasta drozga.

Uplinjanje rastlinskega materiala v plin (generatorski plin). Rastlinski material se uplini z dovajanjem zraka in vodne pare. Kakovost plina je odvisna od več faktorjev, najbolj pomembni so: temperatura uplinjanja, vlaga rastlinske mase in količina dodanega zraka.

Pri nas po trenutno dostopnih podatkih ni kotlov, ki bi omogočali kurjenje celih bal iz rastlinskega materiala oziroma kotlov, ki so opremljeni s sistemi za dovajanje sesekljanega rastlinskega materiala iz bal. Tako je problematično področje sežiganja koruznice in druge slame v obliki celih bal.

S sežiganjem sekancev, peletov in briketov iz rastlinskega materiala ni posebnih problemov saj že sedaj pri nas obstajajo v uporabi podobni kotli za kurjenje lesne biomase. Za ostanke koruznice ali druge kmetijske biomase predelane v pelete ali brikete, verjetno tudi ne bi bilo posebnih ovir za sežiganje v omenjenih kotlih.



Slika 22: Posebna izvedba kotla za sežiganje valjastih bal iz različnega rastlinskega materiala, podobni kotli so namenjeni za sežiganje velikih bal iz slame ali koruznice

3.9.2 Kogeneracija (soproizvodnja toplote in električne energije) pri sežiganju kmetijske biomase

Soproizvodnja toplotne in električne energije (skrajšano soproizvodnja ali kogeneracija) je proces v katerem se energija goriva pretvarja v toplotno in električno energijo. Soproizvodnja toplote in električne energije (SPTE) oziroma kogeneracija je najbolj učinkovita in primerna tehnologija za pretvarjanje primarne energije (goriva) v koristno toploto in električno energijo in najprimernješa za izkoriščanje biomase v energetske namene. S proizvodnjo električne energije dosežemo manjšo obremenitev okolja v primerjavi z ločeno proizvodnjo. Pri ločeni proizvodnji električne energije se približno dve tretjini vhodne energije goriv porabi za pokrivanje toplotnih izgub. Sistemi za kogeneracijo biomase izhajajo še iz časa parnih batnih strojev. Majhne in mikro kogeneracije lahko temeljijo na tehnologiji motorjev z notranjim zgorevanjem (dieselski in plinski motorji) ter motorjev z zunanjim zgorevanjem (Stirlingov

motor, parni motor, parne turbine itn.). Dieselski motorji lahko uporabljajo pirolizna olja iz biomase, pri plinskih motorjih pa lahko uporabimo pline, ki nastanejo pri uplinjanju biomase.

Pri kogeneraciji električno energijo proizvaja generator, ki ga poganja stroj, ki dobiva energijo nastalo z zgorevanjem biomase npr.: parni batni stroj, parna turbina enostopenjska ali večstopenjska, parni vijačni motor itn. Toploto, ki se sprosti pri zgorevanju kmetijske biomase se lahko uporabi za ogrevanje različnih stavb na kmetiji, sušenje kmetijskih pridelkov, daljinsko ogrevanje drugih uporabnikov itn. Sodobni sistemi za kogeneracijo dosegajo visoke izkoristke, v primeru uporabe biomase, kot goriva za kogeneracijo celotni izkoristki pretvorbe primarne energije znašajo do 80 % pri parnih turbinah, parnem vijačnem motorju, parnem batnem stroju itn., ter do 85 % pri Stirlingovem motorju.

Kmetijska biomasa se lahko uporabi za direkten pogon Stirlingovega motorja, kar mu daje ogromno prednost pred motorji z notranjim zgorevanjem. Druga prednost je da zaradi zunanjega zgorevanja lahko uporablja gorivo iz biomase v vseh oblikah (trdni, tekoči in plinasti). Poleg sistemov z direktnim zgorevanjem v Stirlingovem motorju so v raziskovalni in razvojni fazi tudi sistemi z uplinjanjem biomase pri omenjenem motorju. Stirlingov motor predstavlja zanimivo alternativo v območju manjših moči do 150 kW, celotni izkoristek pretvorbe primarne energije pa mu znaša do 85 %. Trenutno se uporablja na majhnih in pilotnih postrojenjih v tujini (EU, ZDA, Nova Zelandija itn.). Stirlingov motor je po ocenah strokovnjakov ena najbolj obetajočih tehnologij za kogeneracijo na biomaso.

Preglednica 12: Tehnične lastnosti različnih motorjev z notranjim in zunanjim zgorevanjem za mikro in majhno kogeneracijo biomase (po Vartiainen, E. et al., 2002; Gaia Group Oy 2004; Obernberger, I., 2004)

	Dizel/plinski motor	Mikro turbina	Stirling motor	Parni stroj
Razred moči (kWe)	15 – 10000	25 - 250	10 – 150	20 - 1000
Električni izkoristek (%)	30 – 38	15 - 35	15 - 35	10 - 20
Toplotni izkoristek (%)	45 – 50	50 - 60	60 - 80	40 – 70
Celotni izkoristek pretvorbe primarne energije (%)	75 – 85	75 – 85	80 - 90	75 - 85
Proizvodnja toplote (°C)	85 – 100	85 – 100, para	60 - 80	85 – 120
Življenjska doba (h)	25000 – 60000	50000 – 75000	50000 - 60000	> 50000

3.9.3 Tekoča goriva iz biomase

Predelava oljnic

Rastlinsko olje iz različnih oljnic, ki so vzgojene na kontaminiranih zemljiščih se da proizvajati z mehanskim procesom stiskanja ali pa z industrijsko ekstrakcijo. Proces proizvodnje olja s stiskanjem ne potrebuje zahtevnih strojev v primerjavi z industrijskim procesom proizvodnje olja s kemično ekstrakcijo s topili (ekološko sporno in nevarno za delo). Pomembna lastnost mehanskega procesa stiskanja je da potrebuje nizke vložke energije in ne potrebuje uporabo kemikalij za ekstrakcijo. Stroji za stiskanje olja delujejo kontinuirano in ne potrebujejo nobene posebne skrbi pri delovanju. Zaradi možnosti proizvodnje olja s stiskanjem v okvirju majhnih proizvodnih enot se zadnje čase v svetu in v državah EU razširjajo decentralizirani proizvajalci rastlinskega olja za različne namene. Za predelavo stisnejo od 0,01 do 5 t/dan. Proizvodnja rastlinskih olj, danes poteka na osnovi ekstrakcije olj s pomočjo mehanskega iztiskanja semen ali s pomočjo topil (ekološko sporno, uporablja se v velikih industrijskih obratih).

Mehansko iztiskanje semena se opravlja z mehanskimi kontinuiranimi stiskalnicami vijačnega tipa. Glede temperature vhodne surovine razlikujemo hladen ali topel postopek stiskanja. Pri hladnem postopku je temperatura vhodne surovine do maksimalno 25° C, temperatura olja na izhodu pri hladnem stiskanju pa mora biti pod 40° C. Stiskanje je lahko eno ali dvofazni proces. Pri dvofaznem iztiskanju lahko dosežemo, da iz semena oljne ogrščice iztisnemo tudi do 40 % olja. Tako se da pri dobro delujoči stiskalnici pri dvofaznem stiskanju dobiti iz 1 kg semena npr. oljne ogrščice do 0,4 kg olja, ostanek pa je oljna pogača ali oljni pelet, ki se uporablja za prehrano domačih živali (v primeru da niso presežene mejne vrednosti škodljivih snovi).

3.9.4 Tekoče gorivo iz biomase - bioetanol

Ogljikov dioksid, ki nastane pri izgorevanju biomase, ne prispeva k toplogredni obremenitvi podnebja, saj gre za ogljik, ki so ga rastline zajele iz zraka. Biomasa, ki nastaja v kmetijstvu se uporablja, kot vir človeške ali živalske hrane, za predelavo v surovine, izdelke ali goriva del pa se v obliki odpadkov neposredno vrača v tla. Poleg trdnih in plinskih produktov biomase obstajajo tudi tekoča goriva iz biomase ali biogoriva. Biogoriva so opredeljena kot tekoča oz. plinasta pogonska goriva, ki so proizvedena iz biološko razgradljivih delov poljščin ter organskih ostankov in odpadkov iz kmetijske proizvodnje in gozdarstva.

Biogoriva se lahko uporabljajo, kot nadomestek ali dodatek gorivom fosilnega izvora za uporabo za različne namene. Od tekočih goriv iz biomase so najpomembnejša biogoriva: bioetanol, biometanol ter biodiesel. Biogoriva prve generacije so pridobljena iz poljščin, kot so oljna ogrščica, pšenica, koruza, sončnica, sladkorna pesa, sladkorni trs in soja. Najbolj razširjeni biogorivi prve generacije v svetu sta biodiesel, ki se pridobiva predvsem iz oljne ogrščice, ter bioetanol, ki se pridobiva iz koruze, sladkornega trsa, sladkorne pese, pšenice itn.

Proizvodnja bioetanola iz koruze

Etanol ali etilni alkohol je brezbarvna prozorna tekočina z možnostjo gorenja. Kemična formula je C_2H_5OH , molekulska masa 46,07, gostota pa mu znaša 789 kg/m^3 . Je hlapljiv in vnetljiv, odlično se meša z vodo in nekaterimi drugimi organskimi topili, v njem se pa lahko topi veliko drugih organskih snovi. Zaradi svojih lastnosti se intenzivno uporablja, kot dodatek v pijačah in hrani, v medicinske, farmacevtske, kozmetične in druge namene ter v kemični industriji. V zadnjih letih postaja vse bolj zanimiv za energetske uporabe, ker ne povzroča okoljskega onesnaževanja (Saiki et al).

Bioetanol se dobiva s fermentacijo ogljikovih hidratov v različnih žitih, krompirju, sadju itn. Za proizvodnjo bioetanola se uporabljajo različne rastline ter kornjača (za primer v ZDA je kornjača glavna rastlina za proizvodnjo bioetanola, v Braziliji pa sladkorni trs).

Fermentacija je naravni kemični postopek, ko kvasovke v raztopini vode in rastlin, ki vsebujejo navadni sladkor (sladkorji s šestimi ogljikovimi atomi v molekuli) porabijo sladkor in izločijo odpadke v obliki alkohola in ogljikovega dioksida.

Metabolizmom kvasovk (*Saccharomyces cerevisiae*) v anaerobnih pogojih omenjeni sladkorji ustvarjajo alkohol. Ena molekula glukoze ustvarja dve molekuli etanola in ogljikovega dioksida.



Za proizvodnjo bioetanola lahko uporabimo rastline, ki vsebujejo škrob (npr. disaharid v kornjem zrnju) ali celulozo (polisaharid v kornjici) a ju moramo pred tem spremeniti v navaden sladkor.

Prve s kuhanjem in dodajanjem encimov:

toplota + encimi

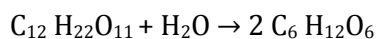


škrob glukoza

Druge s hidrolizo – reakcijo z vodo pri visokih temperaturah in tlakih

ob prisotnosti žveplene kisline ali encimov:

hidroliza



celuloza glukoza

Postopek proizvodnje bioetanola v praksi

Čeprav se pričakuje da bo v prihodnosti druga generacija bioetanola spremenila proizvodnjo biogoriv, trenutno še vedno prevladuje klasična metoda proizvodnje bioetanola.

V proizvodnji bioetanola obstajata dva procesa: proces suhega mletja (angl. dry milling) in proces mokrega mletja (angl. wet milling).

Proces suhega mletja je najbolj pogosto uporabljan za proizvodnjo bioetanol v ZDA in Evropi (Buxton). Ta proces je tudi najbolj direkten in enostaven za proizvodnjo bioetanol. V tem procesu se celotno koruzno zrnje zmelje v moko in potem predeluje. Moka se meša z vodo da nastane kašasta masa. Tej kaši se dodajo encimi, ki omogočajo da se omenjena kaša pretvori v škrob ta pa v grozdni sladkor. Doda se tudi amoniak za uravnavanje pH ter, kot hranilo za kvasovke. Kaša se pred fermentacijo segreje na določeno temperaturo zaradi eliminacije bakterij (kaša rabi najboljše pogoje za maksimalne pridelke alkohola). Temu sledi hlajenje kaše in zatem prenos v fermentacijske posode, kjer se dodajo kvasovke. V fermentacijskih posodah se začne pretvorba sladkorja v alkohol (etanol) in ogljični dioksid. S fermentacijo se dobi mešanica, ki vsebuje samo 10 – 15 % etanola in 85 % vode. Voda se zatem odstranjuje v destilacijski koloni. Pri proizvodnji etanola je fermentacijsko obdobje najdaljše (traja od 24 do 50 ur), v tem času se kaša meša in drži v ohlajenem stanju da se pospeši aktivnost kvasovk.

Fazi fermentacije sledi destilacija. Za bioetanol, ki bo uporabljen, kot gorivo se mora odstraniti voda s postopkom destilacije. V tem primeru je čistost bioetanol omejena na 95 do 96 %, in se lahko uporablja za pogon predelanih motorjev z notranjim zgorevanjem (motorji z električnim vžigom zmesi zraka in goriva). Za mešanje z bencinom pa ne zadošča prej omenjena čistost bioetanol, zato se mora opraviti dodaten postopek dehidracije da se odstrani odvečna voda (manj, kot 1 % vode sme biti v bioetanolu). Postopek dehidracije se opravi s postopkom adsorpcije prek posebnih molekularnih sit z mikroporoznimi materiali npr. alumino-silikati, ki imajo zelo majhne pore, ki zadržujejo molekule vode, ki so manjše od molekul bioetanol. Molekule vode ostanejo ujete v omenjenih porah, molekule bioetanol pa krožijo okrog por in se ne ujamejo v njih. Molekularna sita povezana z destilacijo so se pokazala, kot efektivna za ločevanje vode in etanol, edina slabost je da je njihova uporaba energijsko intenzivna. Obstaja še starejša metoda dodajanja benzena (kancerogen je in povzroča škodljive emisije v zrak ter vnetljiv), cikloheksana ali kalcijevega oksida za vezanje odvečne vode.

Po destilaciji in dehidraciji nastanejo tudi stranski produkti, zato se ostanke mase pošlje skozi centrifuge za evaporacijo ter sušilnike za pridobivanje suho destilirane zrnja (angl. dried distillers grains, kratica DDGS), ki se uporablja za s hranivi bogat dodatek krmi.

Mokri proces mletja se razlikuje od suhega v tem da se koruzno zrnje namoči v segreti vodi, kar pospeši hidrolizacijo beljakovin in s tem izločanje škroba, ki je v zrnju. Namakanje pomaga tudi pri mehčanju koruznih zrn pred mletjem. Koruzno zrnje se nato zmelje in pri tem pridobimo kalčke, vlaknine in škrob. Kalčke se posebej ekstrahira in iz njih se pridobi olje, ki se lahko uporabi za različne namene. Škrobno frakcijo se centrifugira nato pa saharidizira, tako da iz nje nastane mokra glutenska snov, ki je potem namenjena za proizvodnjo etanol. Prednost mokrega postopka je da pridobimo več različnih izdelkov, kar izboljša proizvajalcu možnosti trženja.

3.9.5 Proizvodnja plinastega goriva iz biomase

Bioplin so v Evropi in svetu začeli bolj masovno izkoriščati ob koncu sedemdesetih let prejšnjega stoletja (proizvajali so ga predvsem iz živalskih fekalij). Danes se za proizvodnjo bioplina uporablja razen omenjenih fekalij tudi energetske rastline (koruza, sirek, itd.), komunalne odpadke (rastlinski material iz košnje javnih površin, listje itd.), odpadke predelave v prehrabni industriji in tudi odpadke iz gospodinjstev itn.

Zemeljski plin danes predstavlja več kot 21 % globalnih potreb po primarni energiji. Globalne potrebe po zemeljskem plinu se vsako leto povečajo za 2,8 %. Zaloge zemeljskega plina v EU upadajo in po ugotovitvah Eurogasa bo leta 2020, EU pokrivala 32 % svojih potreb z lastnim zemeljskim plinom in samo še 26 % v letu 2030. V Sloveniji zemeljski plin uvažamo iz tujine, letna poraba zemeljskega plina v Sloveniji pa znaša približno 900 M Nm³.

Ena od možnih rešitev za zmanjševanje odvisnosti od uvoženega plina je tudi uporaba bioplina, ki postaja v zadnjem obdobju vse pomembnejši na področju izkoriščanja alternativnih virov energije v EU in pri nas. Velik prednost bioplina oziroma biometana v primerjavi z nekaterimi drugimi obnovljivimi viri energije je možnost njegovega skladiščenja in porabe glede potrebe po energiji (na poljubne mestu in ob poljubnem času). Ravno možnost skladiščenja bioplina predstavlja njegovo posebno vrednost. Z njegovim skladiščenjem in uporabo lahko kompenziramo fluktuacije pri ostalih obnovljivih virih energije, kot so npr. vodna, vetrna in solarna energija.

V letu 2010 je znašala proizvodnja električne energije iz bioplinskih naprav v EU 30,3 TWh, v naslednjem letu že 35,9 TWh, kar je več od cilja, ki je bil nastavljen na 28,7 TWh [3]. Vodilno mesto v EU in svetu ima še vedno Nemčija z več kot 7000 bioplinskih naprav in proizvodnjo bioplina v količini 6670 ktoe v letu 2010. Sedaj je tudi cilj nekaterih držav EU, da se izboljša uporaba toplotne energije, ki nastaja na kogeneracijskih enotah bioplinskih naprav. Na področju trženja in uporabe toplotne energije z bioplinskih naprav so v zadnjih nekaj letih veliki premiki narejeni v Nemčiji in Italiji. Veliko držav v EU pa mora še narediti večje premike na področju izboljšave bioplinskih tehnologij.

Bioplin se sedaj največ uporablja v kogeneratorskih enotah (sočasna proizvodnja električne in toplotne energije). Celotni izkoristek sodobne kogeneratorske enote (suma električnega in toplotnega izkoristka enote) na bioplinski napravi znaša od 85 do 90 %. Samo 10 do 15 % energije bioplina se izgubi. Današnji štiritahtni plinski motorji so v osnovi razviti za zemeljski plin in so dobro prilagojeni značilnostim bioplina. Električni izkoristek kogeneratorske enote se običajno giblje v razponu od 34 do maksimalno 40 %. Električni izkoristek je še vedno nizek, iz 1 m³ bioplina je možno proizvesti 2,4 kWh električne energije. Mikro plinske turbine (povezane z električnim generatorjem razvijajo do 200 kW_e moči), ki so primerne za manjše bioplinske naprave imajo še slabši izkoristek električnega dela, v nekaterih primerih samo 15 – 25 %. Povezava mikro plinske turbine z mikro parno turbino lahko omogoča doseganje 50 % električne učinkovitosti. Za razvoj bioplinske tehnologije v prihodnosti bo pomembno vlogo igralo dvigovanje izkoristka procesov na bioplinskih napravah. Področje bioplinskih tehnologij se je do sedaj razvijalo predvsem zaradi proizvodnje električne energije, proizvodnja termalne energije pa je bila potisnjena v ozadje. Povečanje proizvodnje bioplina je možno izpeljati na različne načine. Ena možnost je uporaba novih tehnologij, ki omogočajo večjo proizvodnjo bioplina z izboljšavo procesov priprave vhodnega substrata. Druga možnost je večja proizvodnja bioplina iz substratov, ki se do sedaj niso uporabljali – npr. lignocelulozni materiali, ki bodo imeli večjo vlogo v prihodnosti. Na kogeneracijskih enotah je možna tudi uporaba ORC tehnologije, ki omogoča uporabo odpadne toplotne energije iz kogeneracijskih enot za uparjanje organskega delovnega fluida, ki poganja turbino povezano z električnim generatorjem za proizvodnjo električne energije. Obstaja tudi možnost uporabe mikro bioplinskih plinovodov, za transport bioplina do oddaljenih lokacij, kjer obstaja možnost za uporabo električne in toplotne energije (v tem primeru je kogeneracijska enota nameščena na dislocirani lokaciji). Tehnologija, ki je zelo

obetajoča in bo v prihodnosti vse bolj razširjena je tudi tehnologija čiščenja in nadgradnje bioplina do faze biometana. Plin, ki je očiščen in nadgrajen do faze biometana je možno vbrizgavati v omrežje zemeljskega plina oziroma ga skladiščiti in uporabljati ob poljubnem času in mestu za pogon vozil in druge energetske namene.

Proizvodnja bioplina je v Sloveniji začela ob koncu osemdesetih let prejšnjega stoletja. Prvi dve bioplinski napravi so uporabljali za anaerobno vrenje na komunalni napravi za centralno obdelavo odpadnih voda in na veliki prašičji farmi. Še leta 2007 so bile bioplinske naprave v Sloveniji zelo redke (proizvodnja bioplina je potekala samo na nekaj bioplinskih napravah), z bioplinsko tehnologijo pa je bila seznanjena samo ožja strokovna sfera. Sedaj je situacija drugačna, proizvodnja bioplina je pri nas v letu 2010 znašala 30,4 kt_{oe}, od tega je na deponijski plin odpadlo 7,7 kt_{oe}, 2,8 kt_{oe} na bioplin iz čistilnih naprav ter največji delež na bioplin s kmetijskih bioplinskih naprav 19,9 kt_{oe}. V letu 2011 je proizvodnja bioplina znašala 36 kt_{oe}, od tega je na deponijski plin odpadlo 7,1 kt_{oe}, 2,7 kt_{oe} na bioplin iz čistilnih naprav ter največji delež s kmetijskih bioplinskih naprav, oziroma 26,2 kt_{oe}. Trenutno se pri nas uporablja bioplin samo za proizvodnjo električne energije in toplote na kogeneratorskih enotah bioplinskih naprav. Količina toplotne energije, proizvedene v kogeneratorski enoti je večja, kot električne, vendar samo manjše število bioplinskih naprav oddaja toploto za prodajo ali uporabo za druge dejavnosti zraven proizvodnje bioplina (približno 5 - 8 %). Trenutno obstaja pri nas samo nekaj primerov, kjer se toplotna energija uporablja za procesne potrebe (npr. ogrevanje perutninskih farm, ogrevanje steklenjakov za proizvodnjo cvetja itn.). Pri kogeneraciji je izkoriščanje toplote zelo pomembno za ekonomsko upravičenost projekta. Na kogeneracijskih enotah se kontinuirano proizvaja toploto vse leto, zato je treba poiskati možnosti za njeno uporabo tudi v poletnem času: npr. sušenje kmetijskih in gozdnih (les) proizvodov, toplotno omrežje (daljinsko ogrevanje), gretje steklenjakov in plastenjakov, hlajenje, itn. Proizvodnje bioplia iz rastlin s kontaminiranih zemljišč trenutno ni. V prihodnosti bo možno pri nas na že obstoječih bioplinskih napravah, kombinirati uporabo biomase z zemljišč, ki so kontaminirana s težkimi kovinami in zemljišč, ki niso kontaminirana (zniževanje koncentracije škodljivih snovi v celotni masi vhodnega substrata, ki vstopa v proces v bioplinski napravi).

3.9.6 5.6 Tehnologije za čiščenje in nadgradnjo bioplina do faze biometana

Glavna sestavina bioplina je metan CH₄, ki ima po prihodu iz digestorja bioplinske naprave vezan nase vlago, prah in blatne delce ter pline, kot so vodikov sulfid H₂S, ogljikov dioksid CO₂, vodik H₂, ogljikov monoksid CO in dušik N₂. Od plinov pa je količinsko največ ogljikovega dioksida. Da bioplin lahko uporabimo za vbrizgavanje v omrežje zemeljskega plina ali za pogon vozil, moramo odstraniti vse omenjene pline. Trdni delci in komponente podobne olju se iz bioplina ločijo v izločevalnikih prahu, blato in pena pa se odstranita v ciklonskih čistilnikih. Filtri (grobi in fini) se uporabljajo za ločevanje večjih nečistoč v bioplinu. Najbolj zahtevno pa je čiščenje primesi, kot so omenjeni plini. Grobo odstranjevanje vodikovega sulfida H₂S in sušenje se opravi na vseh bioplinskih napravah. Obogatitev bioplina z odstranjevanjem ogljikovega dioksida in ostalih plinov pa se opravi v primeru vbrizgavanja v omrežje zemeljskega plina ali pa uporabe za pogon vozil.

Za čiščenje bioplina obstaja veliko različnih tehnologij, vsaka pa ima svoje prednosti in slabosti. Pravilna izbira ekonomsko optimalne tehnologije je odvisna od kakovosti in količine vhodnega bioplina, načina delovanja bioplinske naprave, uporabljenih substratov itn. V postopku čiščenja

bioplina prihaja tudi do ločevanja manjšega dela metana iz bioplina. Ker je metan močan toplogredni plin se s sodobnimi tehnikami čiščenja poskuša dosežati, da so izgube biometana pri čiščenju čim manjše. Večje izgube biometana vplivajo tudi na ekonomiko sistema za čiščenje bioplina oziroma nadgradnjo v biometan. Preden se biometan vbrizga v omrežje zemeljskega plina ali pa se uporabi za pogon vozil mu je potrebno dodati še vonjavo da se ga v primeru izpuščanja iz sistema lahko zaznava. Biometan za vbrizgavanje v omrežje zemeljskega plina mora imeti vsebnost metana minimalno 96 %, za pogon vozil pa $97 \% \pm 2 \%$. Metode za čiščenje bioplina lahko razdelimo v fizikalne, kemične in biološke.

4. IZDELAVA MODELOV ZA DEGRADIRANA OBMOČJA

4.1 Uvod

V preteklosti so za eko remediacijo tal zagovarjali procese saniranja z odkopavanjem kontaminiranih plasti tal in razvažanjem omenjenih tal na druge lokacije. Omenjena metoda je energetsko, časovno, ekonomsko in okoljsko sporna. Za odkopavanje je potrebno angažirati posebne stroje za izkop (gradbene, komunalne, rudniške itn.) in odvoz materiala. Za pogon omenjenih strojev se uporablja energija fosilnih goriv, ki prispeva dodatnem ustvarjanju emisij CO₂ in drugih toplogrednih plinov. Poleg tega da omenjena metoda zahteva ogromno časa, pri izkopu tudi nastaja kontaminirani prah, ki se zaradi vetra lahko raznaša na velike razdalje in povzroča onesnaženost novih površin. Poleg tega se problem onesnaženosti, ne rešuje, ker se samo prenese z enega na drugo območje. Zato smo, kot alternativo omenjenemu načinu ter nekaterim drugim oblikam sanacije, proučili možnosti za pridelavo poljščin na zemljiščih, ki so kontaminirana s težkimi kovinami. Za njihovo pridelavo je možno uporabiti že obstoječe tehnologije, ki se uporabljajo trenutno v kmetijski pridelavi pri nas in v EU.

4.2 Pregled literature

Poraba energije je vezana na posamezno delovno operacijo v sistemu. Za delovanje strojev za obdelavo tal je potrebna uporaba energije mineralnega dizelskega goriva. Poraba energije je odvisna od delovne operacije, tipa stroja, načina uporabe, delovne širine in globine (npr. pri obdelavi tal), itn. V sistemu osnovne obdelave tal npr. klasičen lemežni plug porabi več energije, kot posebna izvedba pluga, ki ne obrača brazd (angl. chisel plug). V sistemu dopolnilne obdelave tal vlečena orodja porabijo manj energije v primerjavi s stroji, ki so gnani prek priključne gredi. Za doseganje enake velikosti strukturnih agregatov pa potrebujejo vlečeni priključki večje število prehodov v primerjavi z gnanimi stroji, kar pomeni, kar pomeni večjo porabo časa in energije. Večja poraba energije v obdelavi tal pa pomeni tudi večje emisije ogljikovega dioksida in nekaterih drugih toplogrednih plinov. Ugotavljanje porabe energije pri večjem številu različnih sistemov obdelave tal je npr. pokazalo da je največji porabnik energije konvencionalna obdelava tal s plugom 2200 ± 350 MJ/ha, najmanjši pa pri setvi v obdelane pasove strnišča z gnanimi stroji za obdelavo tal – prekopalniki 400 ± 75 MJ/ha in sistemu direktne setve 300 ± 50 MJ/ha do 450 ± 75 MJ/ha (Hernanz in sodelavci).

Obdelava tal s plugom je energijsko in časovno zahtevna, zato se že približno 50 % poljedelskih površin npr. v Nemčiji obdeluje brez oranja, tehnologije, ki se uporabljajo za te namene pa so prilagojene lokaciji. Ostaja pa plug še vedno pomemben del tehnologija osnovne obdelave tal in edina alternativa kemičnemu zatiranju plevelov (Grosa). Površine prekrte z rastlinskimi ostanki na katerih se uporablja mulch in direktna setev so v nenehnem porastu v EU. Vse bolj se razvijajo tudi specifične tehnologije za direktno setev, ki omogočajo uspešno setev v strnišče samo v primeru da je razrez rastlinskih ostankov narejen kakovostno (zmanjševanje izgub v pridelku zaradi nekakovostne setve). Raziskave glede uspešnosti direktne setve z različnimi elementi za setev v strnišče (sejalnice opremljene z elementi za razrez in za odstranjevanje rastlinskih ostankov) so pokazale da se direktna setev lahko opravi bolj kakovostno v primeru da sejalnice za direktno setev imajo elemente, ki razrezujejo rastlinske ostanke nameščene, pred sistemom za vlaganje semena (Köller in Wiesehoff). Raziskave v pridelavi koruze s

konvencionalno obdelavo tal in setvijo v obdelana tla ter z direktno setvijo v neobdelana tla prekrita s koruznico, so pokazale da je v prvem letu pridelek pri direktni setvi v neobdelana tla bil manjši za 4,6 %, v drugem za 11,4 % in tretjem za 3,3 % v primerjavi s konvencionalno obdelavo tal in setvijo v obdelana tla. Manjši pridelki v prvih letih so bili pričakovani, stabilizirana pridelava pa se pričakuje v naslednjih letih. Faza adaptacije pri direktni setvi v neobdelana tla lahko traja od 3 do 5 let (Zimmer in sodelavci). Tla potrebujejo tri do pet let da se vzpostavi nova struktura, primerna za neposredno setev. Kmet se mora seznaniti z novim pomenom zaščite pred plevelom in novim načinom gnojenja ter mora upoštevati kolobar, pri metodi direktne setve (Stroppel).

4.3 Namen obdelave tal

Obdelava tal (osnovna in dopolnilna - za pripravo kakovostne setvene posteljske) ter setev predstavljajo osnovo v poljedelski ter delno tudi v ostalih kmetijskih pridelavah (vrtnarska, sadjarsko-vinogradniška). Namen obdelave je pripraviti primerne razmere v tleh za optimalni razvoj rastlin zaradi zagotavljanja kakovostnega in zanesljivega pridelka. Pri obdelovanju tal z orodji oziroma stroji za obdelavo zmeraj delujemo z neko silo na strukturo tal, ki je prisotna do samega momenta obdelave. Z delovanjem zunanje sile na tla nastaja nova struktura tal, ki je izboljšana, kar je pomembno za vzdrževanje pravilne vlage in kroženje hranilnih snovi v tleh. Poleg tega zrahljana tla zaradi dobrega zračenja omogočajo večjo dostopnost kisika mikroorganizmom, kar jih spodbudi k intenzivnejšem delovanju in razmnoževanju. Če je v tleh še zadostna količina hranljivih snovi se v njih sprožijo biološki procesi in z njimi povezani kemijski procesi, ki naredijo tla da so primerna za razvoj rastlin. Obdelana tla mora čim prej prekriti vegetacija, v nasprotnem primeru atmosferski vplivi s svojim škodljivim delovanjem (prekomerno segrevanje tal, tlačjenje tal zaradi udarnega delovanja deževnih kapljic, tvorba blata ter pozneje zaskorjevanje) poslabšajo rodovitnost, v najslabšem primeru pa pride do razkroja strukturnih agregatov. V naših ekoloških razmerah so se uveljavili trije sistemi obdelave tal: za ozimine, jarine in strniščne posevke. Vsak od omenjenih sistemov ima več različic glede tehnologije obdelave tal, pri vseh pa je praviloma zastopana faza oranja. Gospodarna in ekološko naravnana pridelava, ki sedaj prihaja v ospredje pa postavlja še dodatne zahteve: zmanjšati stroške dela in energije za obdelavo tal ter skrbeti intenzivno obdelavo tal le na nujne ukrepe. Zato so se začeli uveljavljati tudi drugi oziroma sodobnejši načini obdelave tal.

4.4 Postopki obdelave tal

Mehanske metode za obdelavo tal in situ so glede dostopnosti in ekonomike najbolj obetajoče v današnjem času. Za eko remediacijo tal onesnaženih s težkimi kovinami in drugimi snovmi, ki lahko onesnažijo tla je možno uporabiti veliko delovnih postopkov in strojev, ki se danes že uporabljajo v tradicionalni kmetijski proizvodnji. Veliko naših kmetij je opremljeno z visokozmogljivimi traktorji in kmetijskimi stroji s katerimi se da dosežati velike delovne učinke. Veliko delovnih operacij, ki se v preteklosti ni dalo opraviti s traktorji manjše moči se danes opravi brez večjih problemov (osnovna in dopolnilna obdelava tal s stroji večjih delovnih širin, kombinirana dopolnilna obdelava tal in setev v sistemu reducirane obdelave tal, setev s sejalicami večjih delovnih širin in setev s sejalicami za direktno setev itn.). Novi načini uporabe kmetijske biomase za energetske namene, lahko pomembno prispevajo dvigu

produktivnosti (uporaba obstoječe kmetijske mehanizacije s katero kmetije že razpolagajo), odpiranju novih delovnih mest ter obenem večje ekonomičnosti slovenskega kmetijstva.

Za mehansko obdelavo tal za eko remediacijo so primerni delovni postopki, ki zajemajo konvencionalno, racionalno in konzervacijsko obdelavo tal. Pri konvencionalni obdelavi tal s plugom osnovna obdelava tal zajema obračanje in rahljanje obdelovalne plasti tal, predsetvena ali dopolnilna obdelava tal pa se lahko opravi istočasno s setvijo (kombinirani agregat) ali ločeno. Za pridelavo večine poljščin se danes pri nas še vedno večinoma uporablja konvencionalna obdelava tal vendar je na uspešnem pohodu tudi tehnologije za racionalno in konzervacijsko obdelavo tal. Gospodarna in ekološko naravnana pridelava, ki sedaj prihaja v ospredje postavlja še dodatne zahteve: zmanjšati stroške dela in energije za obdelavo tal (zmanjševanje emisij toplogrednih plinov, ki nastanejo, kot posledica delovanja kmetijske mehanizacije) ter skrajšati intenzivno obdelavo tal le na nujne ukrepe. Tehnike pri katerih se reducira intenziteta obdelave tla zaradi možnosti zmanjševanja emisij toplogrednih plinov postajajo vse bolj pomembne v Evropi in svetu.

Rešitve v obliki tehnologij pri katerih se kombinira obdelava tal in setev imajo trend nenehnega naraščanja v EU, začenjajo pa se počasi uvajati tudi pri nas. Tudi tehnike direktne strniščne setve v tla s pripravljeno (istočasna priprava setvene plasti ob sami setvi) ali nepripravljeno setveno plastjo so vse bolj pomembne. Stroji za obdelavo strniščnih površin z inkorporiranjem rastlinskih ostankov oziroma obdelavo brez pluga morajo zadovoljiti zelo kompleksne zahteve. Rastlinski ostanki morajo biti kakovostno inkorporirani (vneseni) v tla, delci tal pa morajo biti dobro premešani z rastlinskimi ostanki (s tem se dosega večja mehanska odpornost tal proti erozijski in vodni eroziji, rastlinska masa v tem primeru deluje, kot armatura - npr. v armiranem betonu jeklena armatura). Poleg tega rastlinski material omogoča zadrževanje večjih količin vode v tleh. Delovna globina teh postopkov variira od manj kot 10 cm do maksimalno 20 cm. Poudarek pri današnji tehnologiji za obvladovanje žetvenih ostankov je v zniževanju stroškov proizvodnje in visoki kakovosti dela (ob tem morajo biti zadovoljene zahteve po visoki produktivnosti in zanesljivosti strojev).

Sistem obdelave tal pri katerem ostane po obdelavi in setvi več kot 30 % obdelane površine pokrite z rastlinskimi ostanki prejšnje poljščine in tla ne orjemo se imenuje konzervacijski. Z uporabo konzervacijske obdelave se tla ne obračajo, kot pri oranju. Rastlinski ostanki se premešajo s površinsko plastjo tla, s tem se zapira površinski del tal zaradi ohranjanja vlage v tleh. S konzervacijsko obdelavo tal poskušamo tla porušiti v čim manjši meri, tako da se ohrani njihova naravna struktura, pustiti maksimalni rastlinski pokrov in ustvari groba površina tal. S tem bodo tla zaščitena pred erozijo (zelo pomembno, ker rastlinski pokrov zmanjšuje vetrno erozijo kontaminiranih zemljišč, s tem je preprečeno raznašanje težkih kovin in drugih škodljivih snovi na velike razdalje), evaporacija pa se lahko občutno zmanjša posebej v aridnih področjih. S konzervacijskim načinom obdelave tal se zmanjša talna erozija, manjši je vpliv na kvaliteto podtalnice zaradi vnosa mineralnih gnojil in pesticidov, manjše pa so tudi emisije CO₂. Izboljša se biološka aktivnost tal in biodiverzitet (biotska raznovrstnost).

Sistemi brez obdelave tal (angl. No till) zajemajo direktno setev v strnišče s specialnimi sejalicami. Pri direktni setvi se vlagajo semena poljščin v neobdelana tla, na površini tal pa so žetveni ostanki prejšnjega posevka. Na takih tleh se ne opravlja nobena obdelava, za setev pa so namenjene posebne izvedbe sejalic za setev v strnišče. Ta sistem omogoča izboljšavo strukture tal, zmanjšuje erozijo, povečuje količino organske snovi v tleh, zmanjšuje porabo energije in

časa, omogoča daljši časovni razpon za setev in žetev in zmanjšuje emisije ogljikovega dioksida v atmosfero. No till omogoča zmanjševanje nastajanja toplogrednih plinov, kot je ogljikov dioksid. Rastline so sposobne vezati ogljikov dioksid iz atmosfere in uskladiščiti ga, kot ogljik v strukturi rastline in v tleh. Obdelava povzroča da se ogljik ponovno vrača v atmosfero. **Zmanjševanja števila delovnih operacij pomeni tudi zmanjševanje porabe fosilnih goriv, ki sproščajo ogljikov dioksid ko zgorevajo in prihranek delovnega časa.**

4.5 Material in metodika dela

4.5.1 Poraba goriva in emisije CO₂

Na osnovi lastnih podatkov za porabo goriva pri različnih sistemih obdelave tal smo definirali modele za mehansko obdelavo tal, ki so v postopku ekoremediacije. V modelih so narejeni izračuni za porabo goriva in iz nje preračunane emisije ogljika.

Obdelovanje tal vpliva na emisije CO₂ in drugih toplogrednih plinov neposredno in posredno. Neposredne emisije nastanejo zaradi uporabe goriva za obdelovanje zemlje in so odvisne od številnih dejavnikov, vključno s stanjem tal, velikostjo in močjo traktorja, ki ga zahtevajo priključni stroji, globino in intenzivnostjo obdelave tal. Poraba goriva se poveča s povečanjem globine obdelave, povečanjem hitrosti vožnje pri obdelavi in je odvisna tudi od uporabljenih strojev oz. orodij. Poraba goriva je večja na težjih in na bolj zbitih tleh, kjer je tudi specifični upor tal, kot merilo zbitosti tal večji. Zaradi navedenih vplivov, lahko poraba goriva za posamezne postopke obdelave tal močno variira.

Preglednica 13: Podatki o povprečni porabi goriva ter spodnji in zgornji meji za porabo goriva pri posameznih postopkih v kmetijski pridelavi.

Postopek	Del. širina [m], del. globina [cm], imenska moč [kW], nosilnost [t]	Povprečna poraba goriva [l/ha]	min.	max.
Obdelava strnišča	3 - 6 m	9,1	5	18
Krožna brana	3 - 6 m	10	7,2	12
Podrahljalnik	35 - 38 cm	19,8	18,3	21,3
Plug	18 - 30 cm	21,8	15	30
Prekopalnik (freza)	2,3 - 3 m	15,9		20
Vrtavkasta brana	3 m	12,7	8	22
Vrtavkasta brana + sejalnica	3 - 4 m	14,2	10	20
Mulčer	2,3 - 3 m	12,9	10	17,6
Sejalnica	3 - 4 m	10,8	8	18
Trosilnik min. gnojil	12 - 24 m	2,2	1,1	3
Škropilnica	12 - 24 m	2	0,75	3,4
Kombajn - žita	82 - 200 kW	19,6	15	25
Kombajn - oljna ogrščica	82 - 200 kW	22	17	30
Transport	12 - 18 t	4,5	4	5

Primerjava konvencionalne obdelave z ločenimi prehodi posameznih orodij z reduciranim sistemom konzervacijske obdelave z dvema prehodoma na povprečnih tleh, pokaže da zmanjšamo porabo goriva za 14 l/ha oziroma za 35 % glede na konvencionalno obdelavo tal. Če pa zamenjamo konvencionalno obdelavo z združenim postopkom konzervacijske obdelave (en prehod s prekopalnikom s prigrajeno sejalnico), zmanjšamo porabo goriva za 27 l/ha oziroma za 61 % glede na konvencionalno obdelavo. V enakem razmerju se zmanjšajo tudi emisije ogljika. V primeru da namesto pluga v sistemu konvencionalne obdelave uporabimo kultivator, za dopolnilno obdelavo in setev pa vrtavkasto brano s prigrajeno sejalnico, poraba goriva se zmanjša za 8 l/ha oz. za 21%. Kadar talne razmere dopuščajo, lahko izberemo neposredno setev v neobdelana tla s posebno izvedbo sejalnice. Na povprečnih tleh pri tem porabimo okrog 9 l/ha goriva. Če ta postopek primerjamo z združenim postopkom konzervacijske obdelave, kjer poleg sejalnice uporabimo še prekopalnik v istem prehodu, lahko ugotovimo, da pri neposredni setvi porabimo 8 l/ha oziroma za 47 % manj goriva kot pri konzervacijskem postopku.

4.5.2 Modeli za pridelavo

Za oceno primernosti nekaterih poljedelskih kultur za eko remediacijo tal, ki so kontaminirana s težkimi kovinami smo naredili modele za kalkulacijo stroškov pridelave, porabljeno energijo in rentabilnost pridelave. V modelih smo zajeli koruzo za zrnje in silažo, oljno ogrščico in sončnico. Pridelava koruze je mišljena za njeno poznejšo energetske uporabo na različne načine, npr. koruznica, klasinci, celotna rastlina in zrnje za sežiganje. Silaža se uporablja za proizvodnjo bioplina, poleg tega je iz zrnja možno proizvajati bioetanol s postopkom fermentacije. Ostanek iz procesa proizvodnje bioetanola pa se v kombiniranem procesu lahko ponovno uporabi za proizvodnjo bioplina. Pri oljni ogrščici in sončnici je mišljena uporaba slame in semena (seme za rastlinsko olje) oziroma celotne rastline za energetske namene. Na primeru modela za koruzo smo prikazali pristop modeliranja za pridelavo omenjenih poljščin za eko remediacijo tal.

Primer osnovnega podatka modela za koruzo

Model je izveden s pomočjo programskega paketa Microsoft Office Excel. Celotno polje je razdeljeno na dva dela in sicer: Vhodni podatki in Rezultati. V polju Vhodni podatki se lahko poljubno spreminja parametre posameznega vhodnega podatka. Lahko se spreminja storilnost posameznega stroja ali cena ure dela s posameznim strojem, lahko se spreminja količina in cena porabljenih mineralnih gnojil, vstavlja se lahko dejanska cena pridelka itn. Vse vrednosti, katere se lahko spreminja so pobarvane z zeleno barvo. Ostale vrednosti pa se izračunajo na podlagi vnesenih vrednosti vhodnih podatkov in zato jih ni mogoče neposredno spreminjati.

Za izvajanje postopkov pridelave je upoštevana naslednja mehanizacija:

Traktor nazivne moči 70 kW za izvedbo osnovne obdelave tal, traktor nazivne moči 50 kW za izvedbo ostalih del.

Za osnovno obdelavo tal je upoštevan tribrazdni obračalni plug delovne širine 105 cm, za dopolnilno pa težji predsetvenik s 2,8 m delovne širine.

Za trošenje mineralnih gnojil je upoštevan trosilnik z dvema trosilnima ploščama, 600 l volumnom nasipnice in delovno širino 12 – 24 m.

Za setev je upoštevana štirivrstna pnevmatska sejalnica, za kemično varstvo pa nošena škropilnica z 12 m delovne širine in volumnom rezervoarja 800 l, za nego posevka pa 4 vrstni okopalnik.

Za spravilo je upoštevan kombajn s štirivrstnim ustjem, za transport pa enoosna prikolica z nosilnostjo 4 t.

Pri izvedbi posameznih postopkov so upoštevani naslednji stroški:

Obdelava tal:

Upoštevana ja konvencionalna obdelava tal in sicer oranje s traktorjem moči 70 kW in s tribrazdnim plugom ter dopolnilna obdelava s traktorjem moči 50kW in predsetvenikom. Upoštevan je tudi strošek traktorista za čas izvedbe obeh operacij obdelave na površini 1 ha, ob upoštevanju storilnosti pluga in predsetvenika. Postopek izračuna stroškov je povzet po Katalogu stroškov kmetijske in gozdarske mehanizacije 2008 (Zveza združenj za medsosedsko pomoč – strojnih krožkov Slovenije, Novo mesto). Del stroškov strojev z lastnim pogonskim motorjem (traktor, kombajn), ki predstavljajo strošek pogonskega goriva, je preračunan na vstavljeno (trenutno) ceno pogonskega goriva (celica P5).

Setev:

Strošek postopka setve na 1 ha površine predstavlja traktor moči 50 kW, sejalnica in traktorist v času storilnosti sejalnice. Materialni strošek pa predstavlja seme, katerega porabo in ceno lahko spremenite v celicah G9 oz. H9.

Gnojenje:

Strošek postopka predstavlja traktor moči 50 kW, trosilnik in traktorist. Trošenje min. gnojil izvajamo enkrat s polovičnim odmerkom dušika in sicer čim kasneje, ko gremo lahko še s strojem v posevek koruze. Ostala mineralna gnojila pa se doda ob setvi. Gnojenje s hlevskim gnojem v tem modelu (še) ni vključeno, je pa priporočljivo. Če se gnoji s hlevskim gnojem, potem se ustrezno (glede na založenost tal, odmerka in kvalitete gnoja) zmanjša količina mineralnih gnojil pred setvijo.

Materialni strošek min. gnojil je izračunan iz odmerkov posameznih hranil in cen le-teh. Odmerke in cene lahko vnašate v celicah od G6 do H8. Vstavite lahko dejanske odmerke, katere ste potrosili pri pridelavi.

Varstvo rastlin:

Strošek postopka škropljenja predstavlja traktor moči 50 kW, škropilnica in traktorist. Predvideno je enkratno škropljenje.

Materialni strošek predstavlja aktivna snov škropiv, katerih količino in povprečno ceno lahko vnašate v polja G10 in H10. Strošek porabljene vode je zanemarjen.

Za varstvo pred pleveli in izboljšanje talnih pogojev je upoštevano enkratno okopavanje.

Spravilo in transport:

Za spravilo je predvidena uporaba kombajna s štirivrstnim ustjem. Za spravilo koruze za zrnje žitni kombajn z ustrezno opremo in nastavitvijo, za silažo pa samovozni štirivrstni silokombajn, Za transport pridelka pa traktor, moči 50 kW in prikolica z nosilnostjo 5 t ter dolžina transportne poti 5 km. Za spravilo silaže so predvidene tri prikolice s traktorji in traktoristi. Pri stroških obeh strojev je upoštevan spremenljivi del, ki je odvisen od trenutne, v celici P5 vstavljene cene goriva.

Rezultati modela:

- Postopki pridelave
- Pridelek
- Bilanca

V prvem delu modela so predstavljeni stroški, razdeljeni po posameznih pridelovalnih postopkih in sicer obdelava tal in setev, gnojenje in varstvo in spravilo. Za vsak postopek je predstavljen strošek materiala in strošek storitve ter skupni strošek. Na koncu je prikazan še skupni strošek pridelave in proizvodni strošek s pridelkom pridobljene energije. V drugem delu modela sta predstavljeni količina in vrednost pridelka. Pridelek je razdeljen na zrnje in ostale dele rastlin (stebela in klasince) ter silažo (drobno zmleto mase celotne koruzne rastline). Količino pridelanega zrnja, stebel, klasincev in silaže ter doseženo oz. trenutno ceno se lahko spreminja v celicah od L6 do M9. V celicah L10 in N 10 so vrednosti suhe snovi v silaži in energetska vrednost suhe snovi v silaži. Na podlagi tega se izračuna energetska vrednost (sveže) silaže. Na koncu sta prikazani skupna vrednost pridelka zrnja in ostankov ter skupna vrednost silaže. V tretjem delu je predstavljena bilanca pri sami pridelavi zrnja in silaže.

Zaključek

Intenzivna obdelava tal, kot je npr. oranje z lemežnim plugom poslabša strukturo tal. Izboljšana struktura tal je pomembna za vzdrževanje pravilne vlage in kroženje hranljivih snovi v tleh. Zato smo za eko remediacijo tal od mehanskih metod obdelave tal definirali, kot najbolj ustrezne v prihodnosti, glede zmanjševanja porabe energije in časa, emisij toplogrednih plinov in ekonomičnosti – reducirane metode obdelave tal in direktno setev. Sistemi reducirane oziroma konzervacijske obdelave tal – omogočajo profitabilno proizvodnjo ob zmanjševanju erozijskega efekta vetra in vode. Poleg tega z njimi dosežemo zmanjšano porabo energije, zmanjšano število prehodov strojev, zmanjšano obrabo strojev in doseganje pozitivnih efektov, kot so akumulacija vlage v tleh, izboljšanje mehanske strukture tal, zvečanje števila mikroorganizmov v tleh itn. No till (brez obdelave tal, samo direktna setev v tla pokrita z rastlinskimi ostanki prejšnje žetve) omogoča zmanjševanje nastajanja toplogrednih plinov, kot je ogljikov dioksid. Rastline so sposobne vezati ogljikov dioksid iz atmosfere in ga uskladiščiti kot ogljik v strukturi rastline (rastlinski ostanki na tleh) in v tleh. Zmanjševanja števila delovnih operacij pomeni tudi zmanjševanje porabe fosilnih goriv, ki sproščajo ogljikov dioksid pri zgorevanju v traktorjih in samovoznih kmetijskih strojih in prihranek delovnega časa. V primeru da bi se »No till« tehnologija uporabila v nekoliko večjem obsegu v prihodnosti na površinah, ki jih želimo sanirati bi to pomenilo pomemben vpliv na zmanjševanje emisij toplogrednih plinov, zmanjšano erozijo, izboljšano strukturo tal in kakovost vode, povečano biodiverziteto, povečane pridelke itn.

Na zemljiščih, ki so kontaminirana s težkimi kovinami lahko pridelujemo poljedelske kulture (z različnimi načini obdelave tal), ki jih lahko uporabimo za energetske namene. Pridelava koruze je mišljena za njeno poznejšo energetsko uporabo na različne načine, npr. koruznica, klasinci, celotna rastlina in zrnje za sežiganje. Silaža se uporablja za proizvodnjo bioplina, poleg tega je iz zrnja možno proizvajati bioetanol s postopkom fermentacije. Ostanek iz procesa proizvodnje bioetanola pa se v kombiniranem procesu lahko ponovno uporabi za proizvodnjo bioplina. Pri oljni ogrščici in sončnici je predvidena uporaba slame in semena (seme za rastlinsko olje) oziroma celotne rastline za energetske namene. Za oceno primernosti nekaterih poljedelskih kultur za eko remediacijo tal, ki so kontaminirana s težkimi kovinami smo naredili modele za kalkulacijo stroškov pridelave, porabljeno energijo in rentabilnost pridelave. V modelih smo zajeli koruzo za zrnje in silažo, oljno ogrščico in sončnico. Rezultati modeliranja so pokazali da je možno ekonomično pridelovati poljedelske kulture za eko remediacijo tal.

5. TESTIRANJE MODELOV

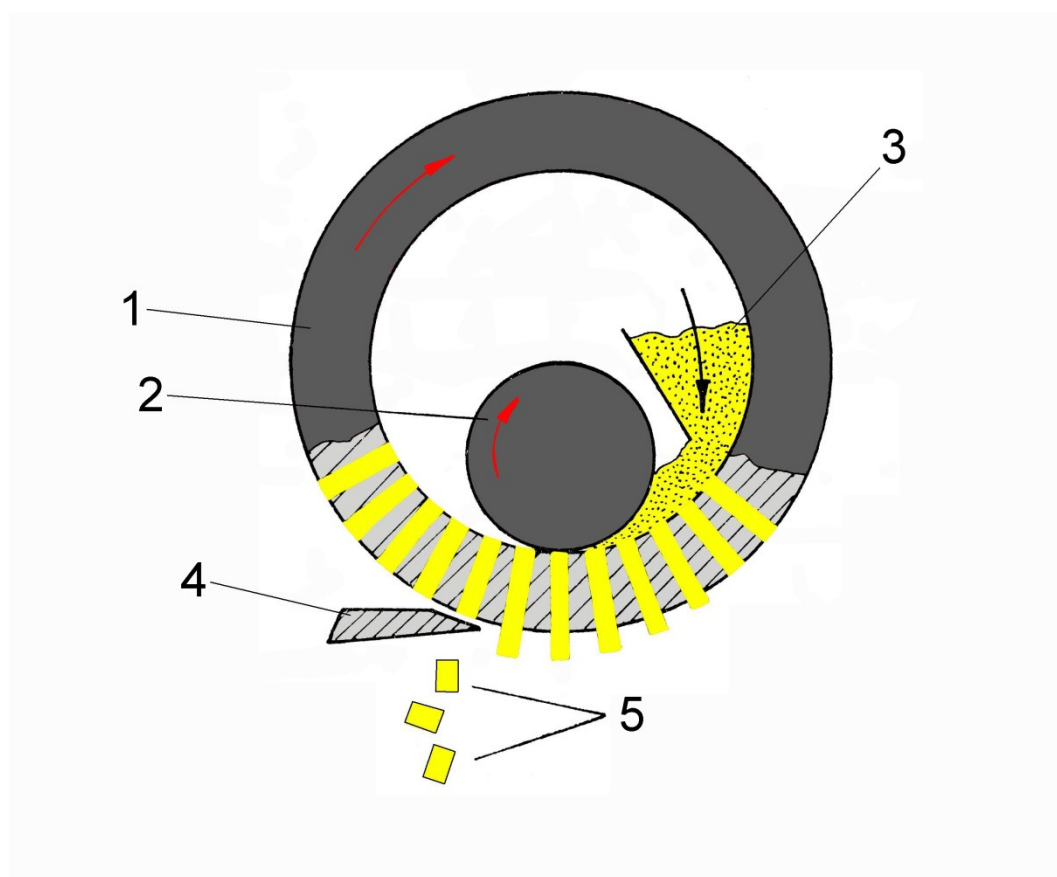
5.1 Priprava kmetijske biomase za energetske namene

5.1.1 *Zmanjševanje prostornine kmetijske biomase*

Za zmanjševanje prostornine kmetijske biomase (žetveni ostanki, trave, drugi rastlinski material) obstajajo različne metode in stroji. V priročniku o strojih za pobiranje kmetijske biomase je podan pregled strojev, ki omogočajo pobiranje biomase in zmanjševanje njene prostornine med samim postopkom pobiranja na njivah ter njen transport med postopkom pobiranja. V tem delu je podan pregled strojev, ki se uporabljajo za zmanjševanje prostornine kmetijske biomase po zaključenem transportu od mesta pridelave rastlin do mesta predelave (za skladiščenje ali direktno uporabo). Podane so tudi potrebe po skladiščnem prostoru glede prostornine biomase. Po končanem procesu, kjer se dosega zmanjševanje prostornine biomase in doseganje njene večje gostote se lahko pristopi njeni direktni uporabi (npr. kurjenje v posebnih izvedbah kotlov, ki so prirejeni za uporabo kmetijske biomase, uplinjanje biomase itn.) ali predelavi s termo kemičnimi metodami v različna bio goriva. Energija, ki se porabi za drobljenje kmetijske biomase je odvisna od postopka priprave in znaša v primeru drobljenja od 1 – 1,5 % od kurilne vrednosti kmetijske biomase. Poraba energije za briketiranje in peletiranje pa je nekoliko nižja v primerjavi s porabo energije za drobljenje kmetijske biomase in znaša 0,8 – 1 % od kurilne vrednosti biomase.

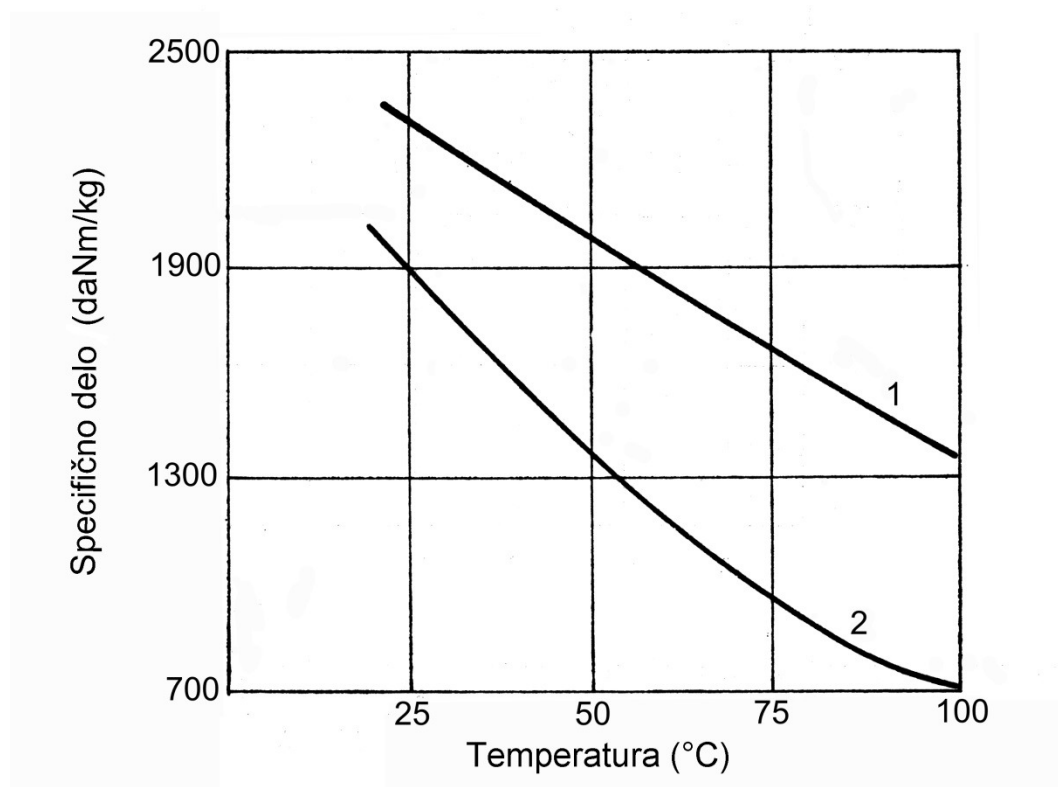
5.1.2 *Izdelava peletov*

Pelete izdelujemo s postopkom iztiskanja pod visokim tlakom (rotirajoči zobniki iztisnejo maso skozi ploščate ali prstanaste matrice) zdrobljenega lesenega materiala (prah ali žaganje) ali različnih žetvenih ostankov (zdrobljeni v prah). Zaradi boljših lastnosti v postopku izdelave se lahko doda tudi krompirjev ali koruzni škrob (1- 3 %). Peleti so valjaste oblike premera od 5 do 15 mm dolžine od 20 do 50 mm (Sitkei). Tlak za peletiranje variira med 500 – 1500 bar. Zaradi manjše prostornine, manjše vsebnosti vode in večje gostote peleti imajo večjo kurilno vrednost. Material v prašnati obliki se dovaja med matrico in valj za iztiskanje, ki material potiska skozi odprtine na matrici. Komprimirani material (v obliki peleta) prihaja iz odprtine, kjer ga nož odreže na željeno dolžino.



Slika 23: Princip izdelave peletov iz lesne mase ali žetvenih rastlinskih ostankov, 1 – matrica, 2 – valj za iztiskanje, 3 – dovajanje zmlete rastlinske mase, 4 – nož za odrez, peleti (po Sitkei)

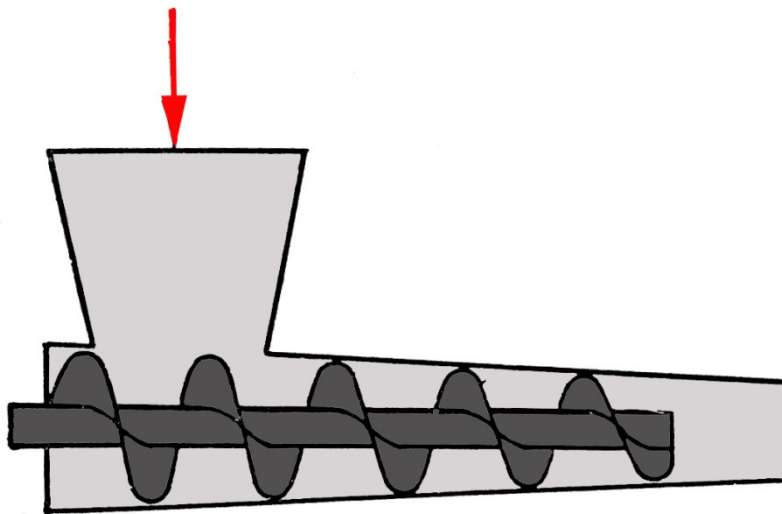
Gostota in trdnost peletov narejenih pod določenim tlakom je odvisna od večjega števila faktorjev. Najbolj pomembna je struktura materiala, temperatura, začetna prostorninska masa, vsebnost vlage, hitrost in trajanje postopka peletiranja. Z naraščanjem vlažnosti veliko rastlinskih materialov prevzame plastične lastnosti, kar olajša kompresijo. Če je vlažnost vhodnega materiala večja, se lahko uporabijo manjši tlaki stiskanja. Kompresibilnost materialov narašča tudi s temperaturo, kar omogoča doseganje enake volumnske mase z manjšimi tlaki. Energija potrebna za peletiranje se lahko zmanjša s predgrevanjem materiala (možnost uporabe biomase ali solarnih kolektorjev za dogrevanje materiala, ki se peletira oziroma briketira). Pri stiskanju prašnatih materialov je ugotovljeno, da je strižna trdnost (karakterizira stabilnost) visoko povezana s tlakom stiskanja v temperaturnem območju 60 – 80 °C. To pomeni, da je poraba energije, ki je potrebna za doseganje največje stabilnosti, optimalna v tem temperaturnem območju.



Slika 24: Potreben navor za stroj za peletiranje slame in sena v odvisnosti od temperature, 1 – slama vlažnosti 12,6 %, 2 – seno vlažnosti 9,6 % (Sitkei)

5.1.3 Izdelava briketov

Brikete izdelujemo s stiskanjem večjih lesenih delcev, lubja, lesnega prahu, žagovine, oblancev, zdrobljenih rastlinskih žetvenih ostankov v batni ali polžni stiskalnici skozi ploščate matrice. So valjaste oblike, kot peleti, premer pa je večji od peletov saj znaša od 40 – 90 mm.

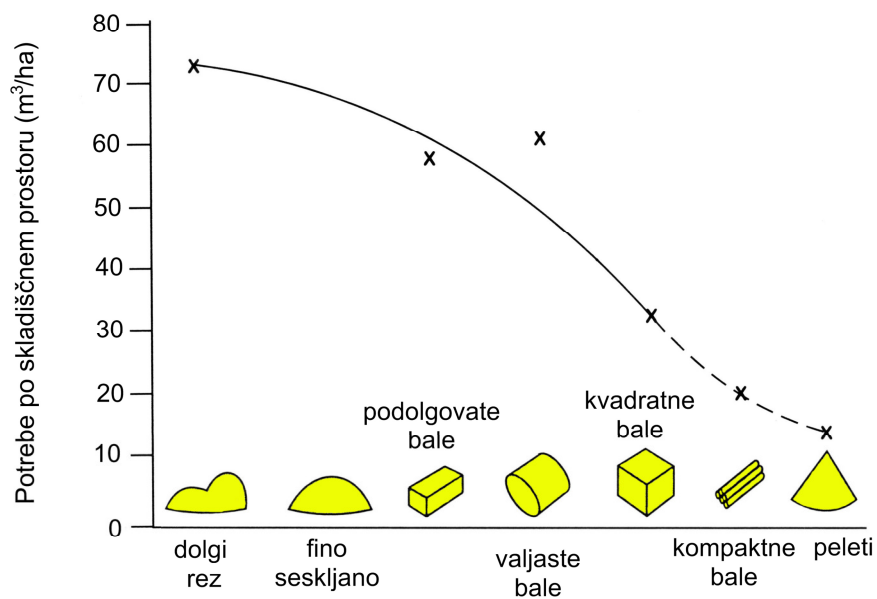


Slika 25: Polžna stiskalnica za izdelavo briketov z iztiskanjem lesne mase ali žetvenih rastlinskih ostankov skozi ploščato matrico na ustju (shema principa delovanja).

5.1.4 Transport in skladiščenje kmetijske biomase

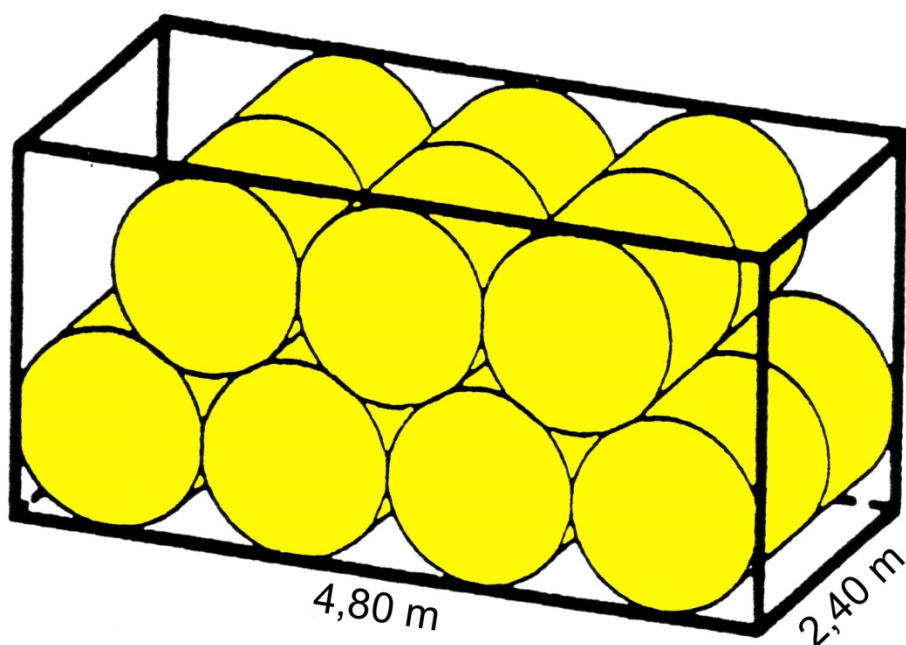
- Če so transportne razdalje do 30 km se za transport uporabljajo traktorji
- Za transport s traktorji se uporabljajo specialne traktorske prikolice za bale in prikolice s povišanimi stranicami ter samonakladalne traktorske prikolice (z dodatnim zapiranjem zadnje strani)
- Za večje razdalje se uporablja kamionski prevoz, ker je bolj ekonomičen in povzroča manjše emisije toplogrednih plinov v primerjavi s traktorskim transportom
- Energija, ki se porabi za pobiranje in transport do 20 km oddaljenosti znaša 6 – 8 % od kurilne vrednosti kmetijske biomase

Na spodnjem grafu je pokazana potreba po skladiščnem prostoru (m^3/ha pridelka kmetijske biomase). Vidno je, da z večanjem gostote biomase, potreba po skladiščnem prostoru upada. Najvišja je pri dolgo rezani biomasi in najnižja pri peletirani biomasi.

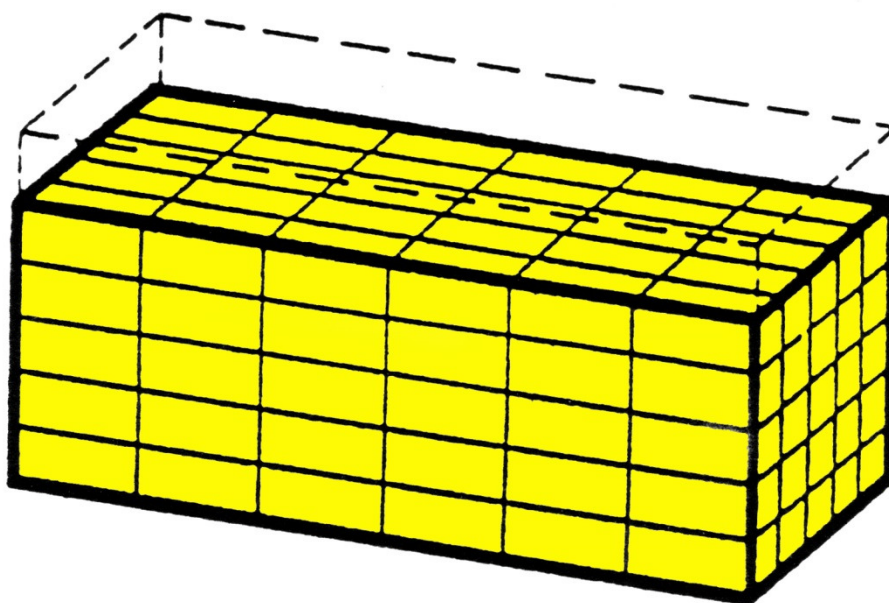


Slika 26: Potreba po skladiščnem prostoru (Schön in Strehler 1992, povzeto po El Bassam)

Poleg gostote kmetijske biomase je pomembno tudi v kakšni obliki so npr. bale iz žetvenih ostankov. Na spodnjih slikah je vidno, da je izkoristek prostora boljši pri kvadrastih balah v primerjavi z valjastimi.



Slika 27: Valjaste bale – slabši izkoristek tovornega prostora vozila med transportom in slabši izkoristek skladiščnega prostora



Slika 28: Kvadraste bale – boljši izkoristek tovornega prostora vozila med transportom in skladiščnega prostora

5.2 Pobiranje kmetijske biomase za energetske namene

5.2.1 Uvod

Kmetijska biomasa je, kot energetski vir, problematična glede prostorninske gostote energije. V preteklosti je bilo problematično predvsem zbiranje kmetijske biomase zaradi relativno ogromnega vložka človeškega dela. Danes za zbiranje, prevažanja, skladiščenja, predelavo in uporabo kmetijske biomase obstajajo različne tehnologije in stroji s katerimi lahko na popolnoma mehanizirani način opravimo omenjene delovne operacije. Stroji za pobiranje kmetijske biomase (izvedbe kot traktorski priključki ali samovozni) imajo poleg pobiranja pomembno funkcijo tudi pri zmanjševanju prostornine biomase. S tem se zmanjšuje: število delovnih prehodov, čas za spravilo, transportni stroški in potrebe po skladiščnem prostoru.

5.2.2 Strojno pobiranje rastlinskih ostankov po žetvi

Za pobiranje slame in koruznice s polj se lahko uporablja v veliki meri kmetijska mehanizacija, ki že danes obstaja v slovenskem kmetijstvu. V poštev pridejo različne izvedbe samonakladalnih prikolice, stiskalnice za valjaste bale s pobiralno napravo (uporabljajo se za izdelavo valjastih suhih in mokrih – silažnih bal) in stiskalnice s pobiralno napravo za izdelavo kvadrastih suhih bal.

5.2.3 Stiskalnice za bale

Tehnika stiskanja rastlinskega materiala s stiskalnicami za valjaste bale je v Sloveniji dobro razvita. V zadnjih dveh desetletjih je število stiskalnic za valjaste bale praktično od nekaj strojev naraslo na več tisoč primerkov, vseh tipov stiskalnic je 4780 (SURS, 2010), ocenjujemo pa da bo njihovo število še naraščalo. Stiskalnice za valjaste bale so kmetje in izvajalci strojnih uslug s kmetijsko mehanizacijo pretežno nabavljali za stiskanje mokrih bal za travno silažo. Omenjeni stroji pa so primerni tudi za izdelavo suhih bal iz žetvenih rastlinskih ostankov, kjer so potrebni nekoliko manjši tlaki stiskanja, kot pri mokrih balah za krmo.

Premer valjastih bal se giblje od 0,9 – 1,8 m, ponavadi pa so premera 1,2 m – 1,6 m in višine 1,2 m, masa pa se jim giblje do 450 kg za slamo (odvisno od tlaka stiskanja, vlažnosti vhodnega rastlinskega materiala, tipa rastlinskega materiala, pridelka), gostota pa jim znaša od 90 kg/m³ do 140 kg/m³ (podatek za suhe bale iz slame). Potrebna moč traktorja za pogon stiskalnic za valjaste bale se giblje od 50 kW naprej. Zaradi dimenzij in mas valjastih bal je z njimi možna manipulacija samo s posebnimi stroji. Za dviganje in nakladanje ter prevoz na krajše razdalje so v masovni uporabi enojne ali dvojne izvedbe traktorskih vil (zaradi nizke cene ter proizvodnje lokalnega značaja), za prevoz na večje razdalje pa služijo klasične traktorske prikolice ali posebne prikolice za bale, ki so zaradi lažjega nakladanja v nizkopodni izvedbi. Za manipulacijo z velikim številom bal obstajajo samovozni teleskopski nakladalniki ter posebne izvedbe dvoriščnih traktorjev, omenjeni stroji imajo velike urne učinke. Teh strojev pri nas obstaja samo zanemarljivo število (nekaj deset primerkov po naši oceni). S traktorskimi vilami in standardnimi traktorskimi prikolicami (39 804 prikolic, SURS 2010) je opremljeno veliko kmetij, posebnih prikolic za bale pa je trenutno malo (ni uradnega podatka, po naši oceni samo nekaj primerkov).



Slika 29: Za pobiranje slame in koruznice in stiskanje oziroma izdelavo suhih bal za zmanjševanje prostornine žetvenih ostankov za energetske namene se lahko uporabljajo obstoječe stiskalnice za valjaste bale, ki so razširjene v slovenskem kmetijskem prostoru

Stiskalnice za kvadraste bale manjših dimenzij so stroji, ki jih slovenski kmetje uporabljajo že desetletja. Namenjene so za stiskanje žetvenih ostankov in sena. Delijo se na nizko (gostota bale znaša do 120 kg/m³) in visoko tlačne izvedbe (gostota bale do 250 kg/m³). Gostota bal iz slame pa se giblje od 0,8 kg/m³ do 110 kg/m³. Dimenzija kvadrastih bal znaša: dolžina 0,7 – 1,2 m, širina 0,3 – 0,5 m in višina 0,3 – 0,4 m, masa 15 – 30 kg pri senenih balah in 10 – 20 kg pri balah iz slame. V zadnjih nekaj desetletjih pa so ta tip stiskalnic začele popolnoma izpodrivati stiskalnice za valjaste bale, ki imajo večji učinek (pri stiskalnicah za kvadraste bale manjših dimenzij je potrebno veliko časa za ročno manipulacijo, poleg voznika traktorja zahtevajo vsaj še enega delavca, ki naklada bale na prikolico, stroji za mehanizirano spravilo malih kvadrastih bal pa so izredno zahtevni in dragi tako da so nekonkurenčni tehnologiji za spravilo valjastih bal), izkoristek prostora pa je boljši, kot pri valjastih balah.

Stiskalnice za kvadraste bale velikih dimenzij so namenjene za izdelavo bal velikosti dolžine 0,8 m – 3 m, širine 0,8 – 1,2 m in višine 0,7 – 1,3 m, gostota bal pa jim znaša od 120 kg/m³ do 160 kg/m³. Masa bal se jim giblje do 900 kg za seno in do 700 kg za slamo. Pri nas jih je zanemarljivo število, uporabljajo se samo v nekaj velikih kmetijskih podjetjih, ki razpolagajo z večjimi površinami obdelovalne zemlje. Za manipulacijo s temi balami so potrebni tudi samovozni teleskopski nakladalniki. Prednost bal velikih dimenzij je da odlično izkoriščajo skladiščni prostor, to je izrednega pomena pri transportu na večje razdalje. Za zbiranje koruznice s stiskanjem v bale ter za njen transport do 20 km razdalje se porabi 6 – 8 % od energetskega potenciala zbrane koruznice (Katič).



Slika 30: Nakladanje in transport valjastih bal iz žetvenih ostankov.



Slika 31: Transporter za pobiranje kvadrastih bal iz žetvenih ostankov (vir: New Holland)

5.2.4 Samonakladalne prikolice

Žetvene rastlinske ostanke je mogoče pobirati tudi s samonakladalnimi prikolicami. V preteklosti se je uveljavilo spravilo dolgega sena s samonakladalno prikolico. V hribovskih območjih nekateri kmetje uporabljajo traktorje transporterje, ki imajo predvideno za nadgradnjo samonakladalno prikolico tako da v tem primeru imamo samovozno izvedbo omenjene prikolice.

Samonakladalnih prikolic je več vrst. Razlikujejo se po višini tovarne ploskve, položaju pobirala in vrsti transporterja. Tovorna ploskev je lahko nad kolesi ali pa vgreznjena med kolesi. V prvem primeru govorimo o nakladalni prikolici z visokim platojem (višina tovarne ploskev približno 0,9 m, kolotek 1,35 m), v drugem pa o nakladalni prikolici z nizkim platojem (višina tovarne ploskve približno 0,6 m, kolotek 1,5 do 2,1 m). Slednje prikolice so narejene za delo v strmini (Mrhar).

Prostornina samonakladalnih prikolic se giblje od 10 – 45 m³, potrebna moč traktorja za pogon in vleko pa od 20 do 130 kW. Specifična masa rastlinske mase se spreminja z njeno vlažnostjo, nosilnost prikolic pa je potrebno čim bolj izkoristiti, zato so dodani stranicam prikolic povišani deli oziroma nadgradnja za rastlinsko maso.



Slika 32: Samonakladalna prikolica velike prostornine (40 m³) za traktorje moči do 130 kW

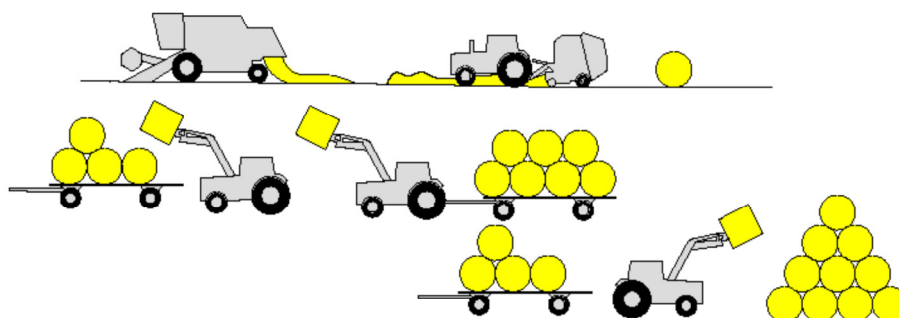
Samonakladalnih prikolic je pri nas veliko število (36229 SURS, 2010). Problem pri takem pobiranju je, da ima pobrana rastlinska masa veliko prostornino, kar pomeni da je potrebno rastlinsko maso skladiščiti na večjem prostoru (v primerjavi s skladiščenjem bal) oziroma je potrebno naknadno zmanjšati prostornino rastlinske mase s postopkom stiskanja v pelete ali brikete (ta tehnologija je v našem kmetijstvu v povojih).

V nekaterih primerih se uporabljajo za spravilo rastlinske biomase (trave za energetske namene) rotacijske ali strižne kosilnice. Posušena trava za energetske namene se pokosi ter s pomočjo strojev za pripravo sena oblikuje v zgrabke. Uporabljajo se obračalniki in zgrabljalniki oziroma kombinirani obračalniki – zgrabljalniki, kjer en stroj lahko opravi dvoje različnih opravil. Rastlinska masa iz zgrabkov se pobere s pomočjo samonakladalnih prikolic ali balirk.

Opremljenost domačih kmetij s temi stroji je odlična, po podatkih (SURS, 2010) je na razpolago 33469 kosilnic (traktorski priključek), 44386 motornih kosilnic ter 54677 obračalnikov in zgrabljalnikov (traktorski priključek).

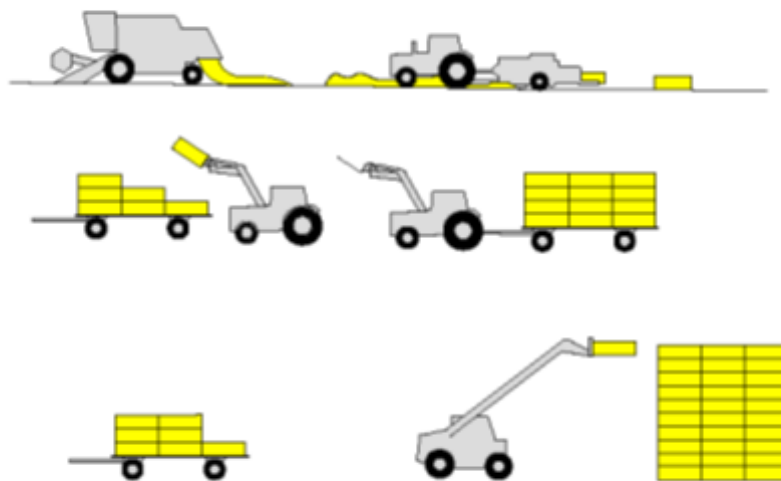
5.2.5 Linije za spravilo žetvenih ostankov

Po kombajniranju lahko sledi spravilo žetvenih ostankov s pomočjo stiskalnic za valjaste bale. Valjaste bale se nakladajo s pomočjo prednjih traktorskih nakladalnikov s prijemali za bale ali vilic za bale na traktorske prikolice. Najboljše za ta namen so specialne nizko podne prikolice za valjaste bale, ki omogočajo prevoz večjega števila bal (do 15 bal). Nekatere izvedbe prikolic za prevoz bal so opremljene z nakladalnimi vilicami (podobno, kot ovijalke za valjaste bale). Če ni na razpolago omenjenih prikolic se lahko uporabijo tudi standardne prikolice za različne kmetijske namene. Sledi transport valjastih bal do lokacije za skladiščenje oziroma za uporabo za energetske namene. Zaradi boljšega izkoristka prostora in zaščite pred atmosferskimi vplivi se valjaste bale zlagajo na dva načina (na daljšo stran – ali na osnovo). Za to delovno operacijo se ponovno uporablja prednji traktorski nakladalnik s kleščami za bale (pritrjene na prednji nakladalnik) ali vilice za bale. Za doseganje večjih višin skladiščenja in večje storilnosti se uporabljajo posebne dvoriščne izvedbe traktorjev, ki so razvite predvsem za ta namen.



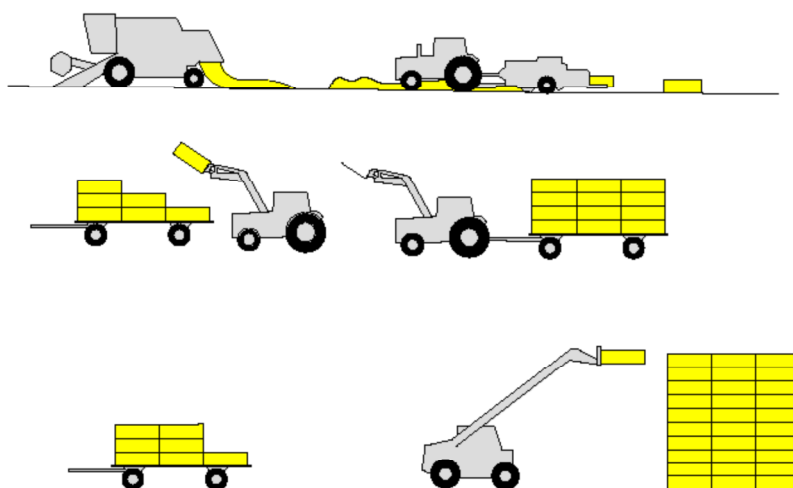
Slika 33: Linija za spravilo valjastih bal

Za spravilo pravokotnih izvedb manjših bal po kombajniranju sledi spravilo žetvenih ostankov s pomočjo balirke za kvadraste bale. Manjše bale se lahko nakladajo ročno na prikolico, kar je zamudno delo ali s pomočjo posebnega transporterja za nakladanje. Slaba lastnost tega sistema je da je potreben dodaten delavec za nakladanje poleg voznika traktorja. Bale se transportirajo do lokacije za skladiščenje oziroma za uporabo za energetske namene. Bale se zložijo ročno ali s pomočjo prednjega nakladalnika s prijemali za bale oziroma s pomočjo posebne dvoriščne izvedbe traktorja. Ker se spravilo pravokotnih bal vse manj uporablja je ta način omenjen samo zaradi informacije.



Slika 34: Linija za spravilo malih kvadrastih bal

Spravilo velikih kvadrastih izvedb bal poteka na podoben način, kot spravilo valjastih izvedb bal s to razliko, da balirka izdeluje velike pravokotne izvedbe bal. Bale se nakladajo s pomočjo prednjih nakladalnikov s prijemali za bale na prikolice za transport in transportirajo do lokacije za skladiščenje oziroma za uporabo za energetske namene.



Slika 35: Linija za spravilo velikih kvadrastih bal



Slika 36: Linija za spravilo velikih kvadrastih bal, žetvene ostanke, ki nastanejo po spravilu žita s kombajnom pobere stiskalnica za velike kvadraste bale, za nakladanje bal je namenjen dvoriščni traktor s teleskopsko nakladalno roko, kvadraste bale se nakladajo na posebne izvedbe prikolic za prevoz kvadrastih bal.

5.2.6 *Strojno pobiranje energetskih rastlin*

Za strojno pobiranje hitro rastočih drevesnih in grmovnih vrst se lahko uporabijo posebne izvedbe mulčerjev, ki rastline seseklajo v sekance. Opremljeni so s transportnim ustjem, kot silokombajni, tako da se sesekljana rastlinska masa transportira na prikolico. Na ta način se lahko spravlja: miskantus, bambus (vrba in topol z dvo do tri letno obhodnjo), itn.

Za pobiranje hitro rastočih drevesnih in grmovnih vrst se večinoma uporabljajo adaptirane izvedbe kmetijskih samovoznih silokombajnov, ki so namenjeni predvsem za siliranje koruze (smaohodnih silokombajnov je 210 po SURS 2010). Od standardnih silažnih kombajnov se razlikujejo po tem da imajo namesto ustja za žetev koruze, ustje za sečnjo lesa (ne razpolagamo s podatkom o številu teh strojev pri nas, ocenjujemo da obstaja do nekaj primerkov, obstaja pa možnost nadgradnje obstoječih silokombajnov s posebnimi ustji). Omenjeni sistem se uporablja za nasade z drevesi s kratko obhodnjo 2 – 3 leta (premer posameznih dreves do 15 cm).

Pri obhodnji, ki traja vsaj pet let se lahko uporabi tehnika klasične sečnje z motorno žago. V primeru da obhodnja traja 5 ali več let se uporabljajo posebni gozdarski stroji za sečnjo.

5.3 Decentralizirana proizvodnja olja iz oljne ogrščice za energetske namene

5.3.1 Uvod

Decentralizirana proizvodnja olja iz sončnice in oljne ogrščice predstavlja odlično možnost za dopolnilno dejavnost in posledično doseganje višje dodane vrednosti na kmetiji. Finančni vložki v tehnologijo za mehansko ekstrakcijo oljnic na kmetijah za energetske in druge namene so zelo nizki v primerjavi z finančnimi vložki v nekatere druge tehnologije za pridobivanje energije iz obnovljivih virov energije. Analiza decentralizirane proizvodnje olja iz oljne ogrščice ali sončnice (ekstrakcija olja, kot končnega produkta je del integrirane ali ekološke pridelave) z mehansko ekstrakcijo je pokazala, da je omenjena proizvodnja energijsko izredno učinkovita ter povzroča minimalne obremenitve okolja s CO₂ emisijami. Poleg tega ni stranskih - odpadnih produktov, kot je npr. voda in kemična topila, ki se uporabljajo pri industrijski - kemični ekstrakciji olja iz oljnic. Hladno stiskanje olja ima veliko prednost pred drugimi proizvodnimi postopki, ki danes obstajajo za proizvodnjo rastlinskega olja zaradi praktične dostopnosti postopka proizvodnje. Za hladno stiskanje olja niso potrebni izredno zahtevni in dragi stroji, ki se uporabljajo pri industrijski ekstrakciji olja (prevladuje kemična ekstrakcija). Značilno je, da so postopki mehanske ekstrakcije - stiskanja semena enostavni in kontinuirani, poleg tega pa ne zahtevajo posebnega dolgotrajnega nadzora strojev in velike vloške energije.

5.3.2 Potencial za proizvodnjo oljne ogrščice

Oljna ogrščica je zelo pomembna kmetijska kultura za Evropo (v EU 27 so največji proizvajalci semena oljne ogrščice: Nemčija, Francija, Velika Britanija in Poljska, sledijo pa ostale države z manjšimi pridelovalnimi površinami. Nemčija, ki je vodilna v Evropi in svetu po proizvodnji oljne ogrščice ima z njo posejano 12 % vseh obdelanih površin. V Evropi obstaja izredno visoko povpraševanje po rastlinskih oljih za energetske, živilske, farmacevtske, itn. namene. Največje povpraševanje po oljih iz oljnic v Evropi prihaja iz neživilskega sektorja od obdobja, ko je Evropa inicirala smernice za podporo biogenih goriv (poseben poudarek na biodizlu).

Olje iz oljne ogrščice za prehrabene namene vsebuje visoko kakovostne maščobne kisline, ki so znane v prehrabeni industriji in dobro sprejete s strani uporabnikov. Proizvodi iz olja iz oljne ogrščice se pogosto uporabljajo v različnih zdravilnih dietah in pripadajo v skupino izdelkov z največjim porastom prodaje na prehrabnem področju v Evropi v zadnjih letih.

Pomen oljne ogrščice v Sloveniji

Uvedba pridelave oljne ogrščice v večjem obsegu ima velik pomen z vidika trajnega ohranjanja rodovitnosti tal in za uravnoteženje močno sicer močno zoženega vrstenja poljščin. Oljna ogrščica se odlično vključuje v kolobar, preko zime varuje zemljišča pred erozijo in je zelo dober predposevek za strna žita, krmne rastline in stročnice. Oljna ogrščica ima zelo pozitiven vpliv na tla, ker v obdelovalnem sloju formira gosto razvejan koreninski sistem, z njegovim razkrajanjem pa nastane precej humusa in zato jo je potrebno v čim večji meri vključevati v kolobar. Pogoji za pridelovanje oljne ogrščice pri nas so dobri, s tem pa tudi možnosti za doseganje dobrih pridelkov (klima, tla, kolobar). Uvajanje tretje kulture (razen pšenice in koruze) bi omogočilo dodaten vir prihodkov proizvajalcem, boljšo izkoriščenost kmetijske mehanizacije in dodatne

pedološke prednosti. Z uvajanjem oljne ogrščice v pridelavo bi zagotovili dodaten prihodek kmetov, izboljšali izkoriščanje kmetijskih zemljišč, preprečili zaraščanje zemljišč in z boljšim izkoristkom mehanizacije povečali rentabilnost kmetijske proizvodnje. Na gospodarnost pridelave oljne ogrščice namenjene za proizvodnjo goriva, pomembno vpliva tudi prodaja in uporaba oljnih pogač, ki so stranski produkt stiskanja in predstavljajo beljakovinsko močno krmilo. Biodizelsko gorivo je tudi za kmetijstvo izredno zanimivo, ker omogoča samooskrbo z lastnim virom energije za pogon traktorjev, samovoznih in drugih strojev, ki se uporabljajo v procesu kmetijske pridelave in predelave končnih produktov. S proizvodnjo domačega biodizelskega goriva se odpira možnost za nova delovna mesta v kmetijstvu in predelovalni industriji. Uporaba biodizla pa bi v nekaterih primerih morala biti obvezujoča v prihodnosti (uporaba kmetijske mehanizacije na vodovarstvenih območjih, območja kmetovanja na kraškem terenu, ogrevanje različnih gospodarskih objektov na ekološko usmerjenih kmetijah, dosuševanje ekološko pridelanih pridelkov itn.). Nadomeščanje dela fosilnih goriv v kmetijstvu z biodizelskim gorivom iz domače surovine bi omogočilo da del zaslužka, ki se odliva v države proizvajalke nafte ostane v državi oziroma v samem kmetijstvu.

Pridelava oljne ogrščice v prihodnosti v Sloveniji

Ogrščica ima zelo dobro razvit koreninski sistem in veliko predposevno vrednost za druge kmetijske rastline. Ker je ogrščica prezimna rastlina, pomembno prispeva k zmanjšanju onesnaževanja podtalnice z nitrati, saj v kritičnem zimskem obdobju veže velike količine dušika. V setveni sestavi v Sloveniji imamo prek 40 % koruze, primerjava z drugimi evropskimi državami kaže, da imamo precej neugoden kolobar. Z vidika kolobarja bi bilo zato smiselno pridelovanje ogrščice s trenutnih 5.142 ha (podatki za leto 2012, vir: SURS, podatki se nanašajo samo na pridelovalce, ki so deležni subvencij v kmetijstvu) povečati na 10.000 - 15.000 ha do leta 2020. Ocenjujemo, da bi lahko v okviru realnega obsega pridelovanja ogrščice 15.000 ha letno pridobili približno 15.000 t ogrščičnega olja (po kemični predelavi ogrščičnega olja dobimo biodizel) in približno 30.000 t ogrščičnih pogač (krma za živali). Pridelava oljne ogrščice na zemljiščih, ki so onesnažena s težkimi kovinami bi bila usmerjena v proizvodnjo olja in oljne pogače za energetske namene. Za energetske potrebe je olje iz omenjene proizvodnje, možno mešati z manj kakovostnimi rastlinskimi olji ali odpadnim jedilnim oljem, oljno pogačo ali oljne pelete pa z lesno biomaso. Razpršena pridelava oljne ogrščice in posledično proizvodnja biodizla ima tudi številne ugodne stranske učinke kot so: izboljšanje kolobarja, manjše onesnaženje voda z nitrati zaradi zimske ozelenitve, manjša ranljivost kmetijstva zaradi poletnih suš, manjša nevarnost onesnaženja voda zaradi razlitij mineralnih goriv v naravnem okolju, zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov, manjša onesnaženja z žveplovim dioksidom, neznanimi ogljikovodiki, ogljikovim monoksidom, z drobnimi prašnimi delci in s sajami.

5.3.3 Prihodnost rastlinskih olj

Poraba vseh rastlinskih olj in maščob je v svetu v letih 2011/2012 znašala 155,7 milijonov ton in 300,3 milijonov ton oljne pogače za krmo (iz 12 najpomembnejših oljnic). Proizvodnja olja iz oljne ogrščice za EU 27 v letu 2013 znaša 9,4 milijonov ton. Rezultati raziskav opravljeni v Nemčiji (UFOP 2009) kažejo konstantni razvoj na svetovnem nivoju na področju proizvodnje rastlinskega olja. Poudarek v prihodnosti bo na povečanih potrebah za človeško prehrano, vire surovin za biogoriva oziroma bioenergijo ter v uporabi za živalsko prehrano (stranski produkt

stiskanja semena). Oljna ogrščica, kot zelo pomembna oljnica bo predstavljala naraščajoč faktor ekonomske pomembnosti v Evropskem kmetijstvu. Produkti, ki nastanejo iz oljne ogrščice bodo uporabljeni v živilski in farmacevtski industriji za energetske namene in druge (npr. za proizvodnjo maziv za uporabo na vodovarstvenih območjih).

Poleg biodizelskega goriva za pogon dizelskih motorjev različnih vozil in delovnih strojev se lahko uporablja tudi rastlinsko olje. Energetska uporaba rastlinskega olja v motorjih (dizelski motorji na delovnih strojih, traktorjih, tovornjakih, komunalnih vozilih, kogeneratorske enote za proizvodnjo električne in toplotne energije itn.) je aktualna opcija za sedanja fosilna goriva (mineralno dizelsko gorivo). Rastlinsko olje, kot energent postaja vse bolj zanimivo zaradi nenehnega naraščanja cen fosilnih goriv in okoljevarstvenih problemov s katerimi se srečuje človeštvo. Zelo pomembno je, da je rastlinsko olje iz oljnic že dosegljivo v praktično celi Evropi. Severni deli Evrope so primernejši za pridelavo oljne ogrščice, južni deli Evrope pa za pridelavo sončnice, soje itn., V drugih delih sveta se še uporablja palmovo olje, olje iz jatrope itn. Na svetu obstaja večje število rastlin iz katerih se že ali lahko proizvajajo rastlinska olja. Rastlinska olja predstavljajo obliko uskladiščene sončne energije s pomočjo naravnih procesov, ki se odvijajo v sami rastlini.

Olje za omenjeno uporabo se da proizvajati z mehanskim procesom ekstrakcije - stiskanja ali pa z industrijsko ekstrakcijo s topili. Proces proizvodnje olja s stiskanjem ne potrebuje zahtevnih strojev v primerjavi z industrijskim procesom proizvodnje olja z ekstrakcijo s topili. Pomembna lastnost mehanskega procesa stiskanja je da potrebuje nizke vložke energije in ne potrebuje uporabo kemikalij za ekstrakcijo (ekološko sporno). Stroji za mehansko stiskanje olja lahko delujejo kontinuirano in ne potrebujejo nobene posebne skrbi pri delovanju.

5.3.4 Decentralizirana proizvodnja rastlinskega olja

Ogrščično olje in biodizel sta obnovljiva vira energije. Pri njuni uporabi je bilanca sproščenih toplogrednih plinov izravnana, saj se ogljikov dioksid, ki nastane pri gorenju, med rastjo ogrščice s pomočjo fotosinteze ponovno vgradi v biomaso (zaprti krog CO₂). Decentralizirana proizvodnja olja je energijsko ugodnejša od industrijske (40 - 80 kWh na tono predelanega semena, kar je precej manj, kot pri industrijski proizvodnji s pomočjo topil). Ogrščično olje in biodiesel sta biorazgradljiva in primerna za uporabo v naravnem okolju in na vodovarstvenih območjih. Za slovenske razmere bo v prihodnosti zanimiva decentralizirana proizvodnja olja iz oljne ogrščice saj lahko pridobivamo kakovostno olje, ki je surovina za biodizel in oljno pogačo, ki je zanimiva kot visokovredno beljakovinsko krmilo. Decentralizirana proizvodnja lahko poteka tudi na kmetijah, ki so razpršene po celotni državi, ker majhne proizvodne enote lahko ekonomsko in okolju prijazno obratujejo zaradi enostavne in cenene tehnične opreme in enostavnega delovnega procesa, ki je povezan z nizko porabo energije. Vzpodbujanje pridelave oljne ogrščice za biodizel v slovenskem kmetijskem prostoru v prihodnosti bo omogočilo tudi spodbudo razvoja decentraliziranih proizvodnih enot za stiskanje olja.

Dodatna spodbuda za proizvodnjo rastlinskega olja je da je proizvodnja biodizla iz oljnic najbolj enostavna od vseh produkcijskih verig za biogoriva poleg tega so tudi stroški procesiranja najnižji v primerjavi z drugimi biogorivi. Sedaj je v svetovnem merilu 80 % biodizla narejeno iz oljne ogrščice, 13 % iz sončnic, ostanek pa iz ostalih rastlinskih olj. Proizvodnja rastlinskih olj, ki predstavljajo osnovno surovino za proizvodnjo biodizla danes poteka na osnovi ekstrakcije olj s pomočjo mehanskega stiskanja semen ali s pomočjo topil. Proces ekstrakcije je odvisen od

količine olja v semenu (za semena z nizko vsebnostjo olja je primerna samo ekstrakcija s pomočjo topil).

Mehansko stiskanje semena se opravlja z mehanskimi kontinuiranimi stiskalnicami vijačnega tipa v eno ali dvofaznem procesu. Stiskanje s predgretjem omogoča odstranitev 95 % olja iz semena brez predgretja pa je ta količina nekoliko nižja. Ekstrakcija s pomočjo topil je še bolj učinkovita saj omogoča odstraniti tudi do 99 % olja iz semena. Oljna pogača, ki ostane po ekstrakciji s topili pa je zaradi prisotnosti organskih topil manj primerna za živalsko krmo od oljne pogače, ki nastane pri mehanskem procesu stiskanja.

5.3.5 Stranski produkt proizvodnje olja

Na gospodarnost pridelave oljne ogrščice namenjene za proizvodnjo goriva pomembno vpliva tudi prodaja in uporaba tropin oljne ogrščice, ki ostanejo po stiskanju olja in predstavljajo beljakovinsko močno krmilo. Ker Slovenija pretežno del beljakovinske močne krme uvaža, obstaja precejšen interes mešalnic močnih krmil za domačo surovino. S prepovedjo krmljenja krmil živalskega izvora se je svetovna ponudba beljakovinskih krmil z majhno razgradljivostjo močno zmanjšala. Za evropsko kmetijstvo je značilen velik primanjkljaj beljakovinskih krmil. Z lastno pridelavo v EU pokrijemo le približno 30 % potreb živinoreje. Ogrščične pogače (peleti) predstavljajo približno 10 % beljakovinskih krmil in kar 90 % porabljenih količin pridelamo sami v EU. Pričakujemo, da se bo s povečevanjem pridelovanja ogrščice za potrebe proizvodnje biodizla, njihov delež v strukturi porabljenih krmil povečal.

5.3.6 Kakovost rastlinskega olja

Za razliko od biodizelskega goriva za katero obstaja standard v EU, rastlinsko olje še nima standarda. Na pobudo nekaterih institucij in podjetij iz EU je pripravljen osnutek standarda za rastlinsko olje iz oljne ogrščice namenjeno za energetske namene.

Kakovostno rastlinsko olje za pogon dizelskih motorjev mora imeti čim nižjo vsebnost fosforja (pod 20 mg/kg) in trdnih delcev (nečistoč). Fosfor je prisoten v obliki fosfolipidov. Njegova večja prisotnost povečuje možnost oksidacije olja ter možnost vezanja vode in posledično večji delež vode v olju. Prevelika količina fosforja v rastlinskem olju in v biodizlu narejenem iz rastlinskega olja vpliva tudi negativno na zgorevanje v motorju (ustvarjanje oblog v zgorevalnem prostoru motorja).

Rezultati poskusov opravljeni v Nemčiji so pokazali, da se vsebnost fosforja v olju pridobljenem s postopkom hladnega stiskanja lahko giblje pod 20 mg/kg, kar je še dodatna prednost v prid decentralizirani proizvodnji olja.

Pri hladnem stiskanju večina fosforja, ki se nahaja v semenu prehaja v oljno pogačo in ne v olje. To je velika prednost hladnega stiskanja v primerjavi z industrijskim toplim postopkom, kjer se visoka vsebnost fosforja v olju mora zniževati z rafiniranjem, ki ima visoko ceno. Na zmanjševanje količine fosforja pri stiskanju lahko vplivamo tako da uporabljamo čim nižje število vrtljajev stiskalnega dela stiskalnice ter nekoliko višjo temperaturo stiskanega semena.

Preglednica 14: Lastnosti mineralnega dizelskega goriva, olja iz oljne ogrščice in metilnega estra oljne ogrščice (biodzla)

	Enota	Mineralno dizelsko gorivo	Olje iz oljne ogrščice	Metilni ester oljne ogrščice (biodiesel)
Kurilna vrednost	MJ/kg	42,4	37,6	37,2
Gostota pri 20° C	kg/dm ³	0,83	0,91	0,88
Kurilna vrednost (prostorninska)	MJ/dm ³	35,2	34,2	32,7
Viskoznost pri 20° C	mm ² /s	5	70	7,2
Temperatura vžiga	° C	> 55	> 220	> 100

Iz tabele je vidno, da je kurilna vrednost rastlinskega olja nižja od kurilne vrednosti mineralnega dizelskega goriva. Ko pa primerjamo kurilno vrednost za prostorninsko enoto vidimo, da je zaradi višje gostote olja iz oljne ogrščice razlika med kurilno vrednostjo obeh goriv manjša. V praksi manjša kurilna vrednost pomeni nekoliko večjo porabo goriva in posledično nekoliko manjšo moč motorja.

5.3.7 Pogon dizelskih motorjev in traktorjev

Za pogon dizelskih motorjev lahko uporabljamo biodizel, ki ga pridobimo z zaestrenjem različnih rastlinskih olj (postopek esterifikacije, kjer se rastlinskemu olju dodaja metanol ali etanol, v EU in pri nas se za postopek esterifikacije najbolj uporablja olje pridobljeno z mehansko ekstrakcijo oljne ogrščice in sončnice), lahko pa uporabljamo tudi rastlinsko olje. V prvem primeru ni potrebno nobenih posebnih predelav dizelskih motorjev v drugem primeru pa je potrebna prilagoditev sistema za dobavo goriva na dizelskih motorjih.

Energetska uporaba rastlinskega olja v motorjih (dizelski motorji na delovnih strojih, traktorjih, tovornjakih, gradbenih strojih, komunalnih vozilih, kogeneratorske enote za sočasno proizvodnjo električne in toplotne energije itn.) je aktualna opcija za fosilna goriva oziroma mineralno dizelsko gorivo. V EU se največ uporablja rastlinsko olje pridobljeno iz oljne ogrščice in sončnice. V drugih delih sveta pa se uporabljajo tudi rastlinska olja iz soje, palme, jatrobe itn. Kot zanimivost je potrebno povedati, da na svetu obstaja več kot štiri tisoč rastlin iz katerih je možno proizvajati rastlinsko olje za energetske namene.

Za pogon predelanih dizelskih motorjev se poleg surovih in rafiniranih rastlinskih olj lahko uporabijo tudi odpadna jedilna olja in živalske maščobe. Vse pozitivne lastnosti rastlinskih olj za energetske namene so izkoristili vodilni evropski proizvajalci traktorjev in motorjev. Od letošnjega leta je v serijski ponudbi tovarne Deutz-motoren dizelski motor namenjen za uporabo rastlinskega olja. Ta motor sta v preteklosti v eni seriji traktorjev vgrajevala proizvajalca Fendt-AGCO in Same-Deutz, intenzivne raziskave pa je opravljal John Deere in nekateri drugi proizvajalci. Za stacionarne namene je nemški proizvajalec MAN razvil sisteme z dizelskim motorjem in električnim generatorjem, namenjene za kogeneracijo (soproizvodnjo) električne in toplotne energije iz svežega rastlinskega olja, odpadnih jedilnih olj in celo živalskih maščob. Nekaj velikih sistemov za soproizvodnjo električne in toplotne energije že deluje v EU npr.

Belgiji, Nemčiji itn. (en veliki sistem ima nazivno električno moč 85 MWe, v pripravi pa so tudi večji sistemi). Proizvajalec iz Nemčije MAN tudi zagovarja uporabo velikih dizelskih motorjev na rastlinsko olje, ki so namenjeni za pogon lokomotiv in ladij. Poleg MAN-a je na tem področju aktivno še nekaj evropskih podjetij. Na domačem trgu pa se je, kot prva pojavila Agromehanika s traktorji AGT moči od 26 kW – 36,8 kW na rastlinsko olje (razvoj traktorja na rastlinsko olje je predstavljal skupni razvojni projekt podjetij: Agromehanika, Hocem in Kmetijskega inštituta Slovenije, Oddelek za kmetijsko tehniko). Sedaj je že nekaj omenjenih traktorjev v daljši uporabi, na motorjih ni evidentiranih nobenih poškodb.

5.3.8 Pogon drugih motorjev in naprav

Rastlinsko olje se lahko uporablja tudi za pogon različnih izvedb Stirlingovih motorjev. V tem primeru gorivo kontinuirano zgoreva v posebnem gorilniku zunaj motorja. Stirlingov motor se uporablja v stacionarnih enotah za kogeneracijo električne in toplotne energije. Je manj občutljiv na kakovost goriva zaradi nepretrganega zunanega zgorevanja goriva. Zaradi tega je zgorevanje v mnogih pogledih enako poteku v plinskih turbinah. Od 20 – 80 % presežka zraka v mešanici in nepretrgano zgorevanje brez ohlajevanja plamenov zagotavljajo skoraj popolno zgorevanje. V izpuhu je tudi zelo malo dima, onesnaževanje z izpušnimi plini pa je zelo majhno. Poraba goriva je zelo gospodarna, primerljiva je z dieselskimi motorji z direktnim vbrizgom goriva pri enakih vrtilnih frekvencah. Uporabljajo se lahko najrazličnejše vrste goriva, ker ni posebnih zahtev glede cetanskega ali oktanskega števila (zato je rastlinsko olje izredno pomembno). Motor ni hrupen, tako da glušnik ni potreben, povzroča samo 25 % hrupa motorja s kompresijskim vžigom. Ventili in krmilni mehanizem za ventile niso potrebni, kar pomeni še manjši nivo hrupa. Izkoristek je vsaj tolikšen, kot pri dizelskih motorjih.

Poskusi se tudi delajo s posebnimi mikroturbinami (npr. Capstone C 30 moči 30 kW), ki predstavljajo nadomestek za konvencionalne sisteme za kogeneracijo.

Mikroturbine imajo nižje emisije izpušnih plinov, nižje akustične emisije, daljši interval obratovanja, lažjo integracijo v ogrevalne sisteme zaradi konstantnega temperaturnega nivoja. Ker nimajo tornih delov (npr. batov kot motor z notranjim zgorevanjem) deluje turbina skoraj brez trenja in obrabe. Imajo enakomeren tek brez tresenja, lahko uporabljajo najrazličnejše vrste goriva, v izpušnih plinih pa ni strupenih snovi tako da je onesnaževanje okolja majhno, intervali potrebni za vzdrževanje pa so zelo dolgi. Mikro turbine so zelo primerne tudi za vodo varstvena območja, ker npr. Capstone C 30 ima posebne ležaje, ki ne rabijo mazanja in ni potreb po hlajenju olja. Lahko se uporabijo tudi za občutljive operacije direktnega sušenja zaradi nestrupenih izpušnih plinov.

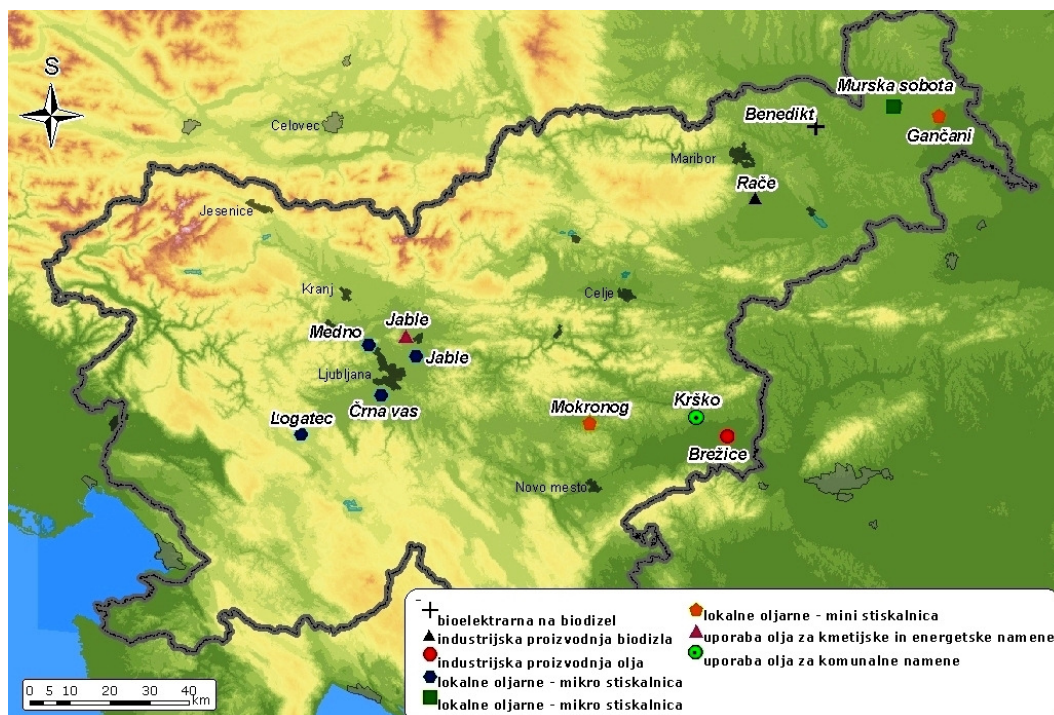
Gorilniki za rastlinsko olje so opremljeni z enoto za predgrevanje olja, zaradi zmanjševanja njegove viskoznosti. Dovodne cevi imajo nekoliko večji premer, kar pomeni možnost večjega pretoka goriva, ki je bolj viskozno.

5.3.9 Tehnologija proizvodnje surovega olja

Stiskalnice so namenjene za ekstrakcijo olja s pomočjo mehanskega stiskanja semena različnih oljnic. S svojo zasnovo in veliko variabilnostjo so primerne za uporabo na: kmetijah za manjšo proizvodnjo olja za energetske namene ter pripravo krme za prehrano živali, na bio kmetijah,

šolah, eksperimentalne namene, pri majhnih proizvajalcih olja poleg energetskega namena tudi za farmacevtske, jedilne, zdravilne namene itn.

Stiskalnica opravlja kontinuirano hladno stiskanje semena oljnic (za proces delovanja ni potrebno dovajanje posebne toplote za segrevanje semena ali samega stroja). Pri stiskanju tudi ni potreben poseben nadzor stroja. Olje se iz stiskalnega dela med procesom stiskanja kontinuirano odstranjuje v poseben rezervoar za pred filtriranje, kjer se opravi grobo čiščenje olja od mehanskih delcev. Istočasno nastajajo, kot stranski produkt stiskanja tudi peleti ali oljna pogača (odvisno od konstrukcije stroja).



Slika 37: Proizvodnja rastlinskega olja in biodizla, uporaba olja za kmetijske, komunalne in energetske namene v letu 2010 v R. Sloveniji (vir: mag. Tomaž Poje, Kmetijski inštitut Slovenije, Oddelek za kmetijsko tehniko)

Stiskanje različnih oljnic

Za stiskanje se lahko uporabijo različne oljnice, ki služijo za proizvodnjo olja: za direktno gorivo, biodizel, zdravilne, farmacevtske ali prehrabne namene itn.. Od oljnic je možno stiskati seme oljne ogrščice, sončnice, lana, sezama, maka, konoplje, itn.. Stiskanje semena se lahko opravi v eno ali dvofaznem procesu. V primeru stiskanja samo ene vrste semena se priporoča uporaba konstantne vrtilne frekvence stiskalnega dela. Za stiskanje različnih semen stiskalnica ima dodatno možnost spreminjanja kapacitete stiskanja (spreminjanje vrtilne frekvence stiskalnega dela s pomočjo frekvenčnega regulatorja).

Decentralizirana proizvodnja olja

Za decentralizirano proizvodnjo olja gre takrat, ko enote za predelavo oljnic stisnejo od 0,1 do 5 t semena oljnic na dan. Decentralizirane proizvodne enote za stiskanje semena ogrščice lahko ekonomsko in okolju prijazno obratujejo, ker je njihova tehnična oprema in delovni proces čim

bolj enostaven ter povezan z nizko porabo energije. Zelo pomembno je, da decentralizirana proizvodnja olja z mehansko ekstrakcijo semena ne obremenjuje okolja, ker ne potrebuje topil za ekstrakcijo, ni posebne toplotne obdelave ter ne nastaja odpadna voda (pri proizvodnji olja s pomočjo topil nastajajo velike količine odpadne vode).

Preglednica 15: Primerjava decentralizirane in industrijske proizvodnje olja iz semena oljaric

Decentralizirana proizvodnja olja	Industrijska proizvodnja olja
Majhna velikost obrata (kmetije ter manjša ali srednje velika podjetja)	Korporacije – povezava z multinacionalnimi koncerni
Proizvodne lokacije blizu pridelovalnih površin	Proizvodne lokacije blizu velikih transportnih križišč
Proizvodne kapacitete do 5 t dan (po nekaterih virih do 25 t/dan)	Proizvodne kapacitete so lahko večje od 500 t/dan
Proizvodnja hladno stisnjenega olja in oljnih pogač (peletov)	Proizvodnja rafiniranega in pol rafiniranega olja, oljne pogače pridobljene z ekstrakcijo s topili
Nizka vsebnost fosforja v olju pri hladnem stiskanju (pod 20 ppm)	Visoka vsebnost fosforja v olju (nad 20 ppm)
Visoka hranilna vrednost oljne pogače (10 – 17 % olja v oljni pogači)	Pogača ni ekološko pridelana
Nizki investicijski stroški	Visoki investicijski stroški
Majhna poraba energije (40 do 80 kWh/t semena) v povprečju 6 do 12 krat manjša, kot pri industrijski ekstrakciji	Visoka poraba energije (470 kWh/t semena)
Do okolja prijazna proizvodnja (ni uporabe kemičnih topil ali toplotne obdelave semena, ni odpadne vode)	Velike količine odpadne vode iz postopka rafiniranja
Nizki transportni stroški (karakteristično do 50 km razdalje za transport semena)	Dolge transportne poti (tudi med kontinentalne povezave)
Stroški varnostnih ukrepov nizki	Stroški varnostnih ukrepov visoki
Visoka fleksibilnost proizvodnje (hiter proces prilagajanja na ekstrakcijo semena drugih oljnic)	Nizka fleksibilnost (ni mogoča hitra prilagoditev na semena drugih oljnic)
Ustvarjanje dodatne vrednosti v ruralnem okolju	Ni ustvarjanja dodatne vrednosti v ruralnem okolju
Odpiranje delovnih mest na kmetijah	Odpiranje delovnih mest v industriji

Čiščenje olja

Surovo olje, ki ga pridobimo s stiskanjem je potrebno očistiti različnih nečistoč, kot so, beljakovine, fosfati, aldehidi, ketoni, gume itn. Zaradi zahtevnosti čiščenja omenjenih nečistoč bi surovo olje na kmetiji, ki se ukvarja s stiskanjem semena ogrščice, samo očistili od mehanskih primesi s postopkom sedimentacije in filtracije. Tako pripravljeno olje bi prevzemali proizvajalci biodieselskega goriva – biorafinerije, ki bi opravili postopek nadaljnega čiščenja, ki je tehnološko bolj zahteven ter proces esterifikacije olja. Opravljanje esterifikacije pri večjih

proizvajalcih biodieselskega goriva zagovarjamo zaradi težavnosti doseganja standarda EU za kakovost biodieselskega goriva.

Pridelovalec, ki bi oljno ogrščico za biodiesel stiskal na lastni kmetiji (podjetju) bi lahko ustvaril dodaten prihodek, kar bi bila tudi dodatna motivacija za pridelavo oljne ogrščice v večjem obsegu in širjenje decentraliziranega načina proizvodnje olja v slovenskem prostoru. Rastlinsko olje se lahko uporabi tudi na sami kmetiji za pogon kmetijske mehanizacije, kogeneracijo (sočasno proizvodnjo električne in toplotne energije), gretje objektov ter dosuševanje kmetijskih izdelkov.

Namen raziskav je bil ugotoviti količino olja in oljne pogače, kakovost olja in oljne pogače ter porabo energije pri mehanski ekstrakciji olja iz oljne ogrščice s pomočjo mehanske stiskalnice namenjene za decentralizirano proizvodnjo olja na kmetijah in majhnih proizvodnih obratih.

Čiščenje olja se lahko opravi s postopkom sedimentacije ali filtracije. Postopek sedimentacije je cenejši, zahteva samo nekoliko večji prostor za postavitev nekaj skupno vezanih posod s prelivnimi cevmi. Proces sedimentacije je odvisen od vrste semena, temperature, izvedbe posod itn. in se giblje od 4 – 30 dni. Pri sedimentacijski metodi ostaja določena količina olja v sedimentih. Postopek filtracije omogoča hitro čiščenje olja, potrebuje majhen prostor ter minimalno izgubo olja v primerjavi s postopkom sedimentacije vendar je cenovno tudi precej dražji v primerjavi s postopkom sedimentacije. V primeru uporabe olja za gorivo olje mora biti filtrirano (velikost delcev: do 5 μ) da se zaščiti motor od poškodb, ki jih lahko povzročijo mehanske nečistoče v gorivu.

Proces stiskanja semena oljnic je možno v popolnosti avtomatizirati, kar pomeni kontinuirano dovajanje semena v nasipnico stiskalnice ter kontinuirano odvajanje olja in peletov. Obstaja tudi možnost računalniške kontrole delovanja sistema.



Slika 38: Dvofazna mehanska ekstrakcija olja v laboratorijski mikro oljarni, Laboratorij za kmetijsko strojništvo, Jable

5.4 Dostopnost hranil v odvisnosti od intenzitete obdelave tal

Primer rezultatov na večletnem poskusu v Moškanjcih – parcela Botričino. Poskus izvajamo v okviru raziskovalnih projektov J4-4224 (C) TRAJNOSTNA RABA TAL V POVEZAVI S KAKOVOSTJO PRIDELKOV in Collaborative Project FP7: Ecological Function and Biodiversity Indicators in European Soils (Ecofinders).

V Moškanjcih poteka večletni poljski poskusi za primerjavo ohranitvene in konvencionalne obdelave tal. Namen poskusov je preučevanje in primerjava različnih parametrov kakovosti in zdravja tal, med katerimi je tudi vsebnost rastlinam dostopnih oblik hranil, pri obeh načinih obdelave tal. Podatke zbrane v nalogi smo zbirali v letih 2011 in 2012.

Za ohranitveni način obdelave tal je bilo uporabljeno vlečeno orodje namenjeno minimalni obdelavi tal komercialne oznake Evers Vario Disc. Orodje je podobno krožni brani, ki s pomočjo diskov in spiralnega valja rahlja in meša talne delce v zgornjem sloju tal, do globine med 10 in 12 cm. Diski so nameščeni v štirih vrstah, orientirani v dveh smereh, pod kotom 18°, kar omogoča dober razrez organskih ostankov in vzdig zgornjega sloja tal do globine obdelave. Delovanje je podobno principu rahljanja tal z motiko (Slika 22).



Slika 39: Orodje za minimalno obdelavo tal

5.4.1 Opisi in zasnova poskusov

Moškanjci - Botričino

Poskus je bil zasnovan leta 2000 in se izvaja na Ptujsko-Dravskem polju. Tla spadajo v skupino evtričnih rjavih tal, ki so se razvila na peščeno prodnatih rečnih nanosih. Ilovnata tekstura in ugodna grudičasta struktura tal pogojujeta dobre zračno-vodne razmere v tleh in omogočata rastlinam razvoj dovolj globokega koreninskega sistema (Preglednica 11).

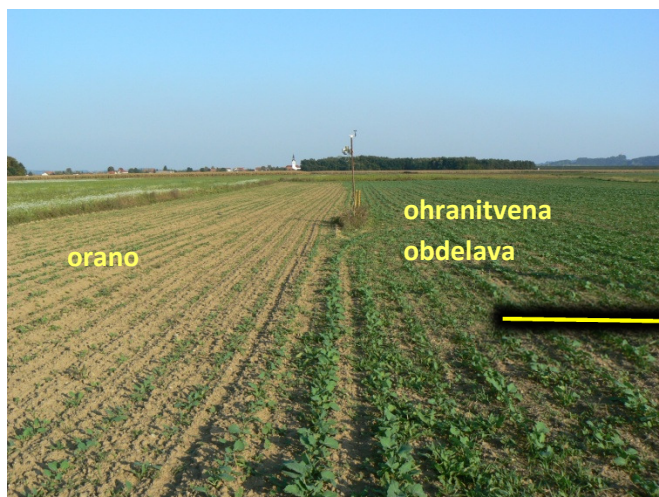
Preglednica 16: Opis talnega profila Moškanjci

Horizont	Globina (cm)	Organska snov (%)	Pesek (%)	Melj (%)	Glina (%)	Tekstura
Ap	0-20	2,6	39,8	44,4	15,8	Ilovnata
A₁	20-32	2,2	38,8	43,8	17,4	Ilovnata
B1v	32-46	1,5	38,9	41,1	20,0	Ilovnata
(B)C	46-70	0,9	52,5	31,9	15,6	Peščeno ilovnata

Poskus je bil zasnovan v dveh blokkih in sicer:

- blok: konvencionalna obdelava tal (oranje do globine 25 cm, predsetvena priprava tal in setev)
- blok: ohranitvena obdelava tal (Evers – en prehod do globine 10 – 12 cm in setev)

Posamezen blok je bil razdeljen na 10 parcel velikosti 36 m² (6 m x 6 m).



Moškanjci 2009: Z ohranitveno obdelavo se struktura tal opazno izboljša, kar olajša vznik in rast mlade oljne ogrščice (10 let po vpeljavi ohranitvene obdelave tal)

Poskus v Moškanjcih, Botričino: jesen 2009

Slika 40: Panoramski pogled poskusnega polja in vpliv na strukturo tal

5.4.2 Rezultati poskusov

Volumska gostota tal

Tla obdelana na konvencionalen način so bila v zgornjem sloju (0-10 cm) bolj gosta v primerjavi z ohranitveno obdelanimi tlemi. V ostalih vzorčenih globinah razlik v gostoti ni bilo. Povprečna gostota tal v ornici (0-30 cm) na oranih tleh je znašala 1,54 g/cm³, na ohranitveno obdelanih tleh pa 1,45 g/cm³. Med načinoma obdelave, v gostoti tal ni bilo statistično značilnih razlik.

Preglednica 17: Povprečna gostota tal (g/cm³) ± standardna napaka v Moškanjcih, v različnih globinah tal glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v gostoti tal.

Globina tal (cm)	Volumska gostota tal (g/cm ³)			
	Ohranitvena obdelava		Konvencionalna obdelava	
0-10	1,31	a b	1,51	a
10-20	1,45	a	1,5	a
20-30	1,6	a b	1,6	a b

pH tal

Izmerjena vrednost pH tal pri ohranitvenem načinu obdelave v povprečju znaša 6,4, pri konvencionalnem načinu pa 6,2. Najvišje vrednosti pH so bile izmerjene v globini 20-30 cm in sicer v povprečju 6,5 pri ohranitveni obdelavi in 6,3 pri konvencionalni. Najnižje vrednosti so bile izmerjene v vrhnjem sloju tal (0-10 cm) tako pri tleh obdelanih na ohranitveni način (6,3) kot tudi konvencionalno obdelanih tleh (6,1). Razlike med obdelavama niso statistično značilne.

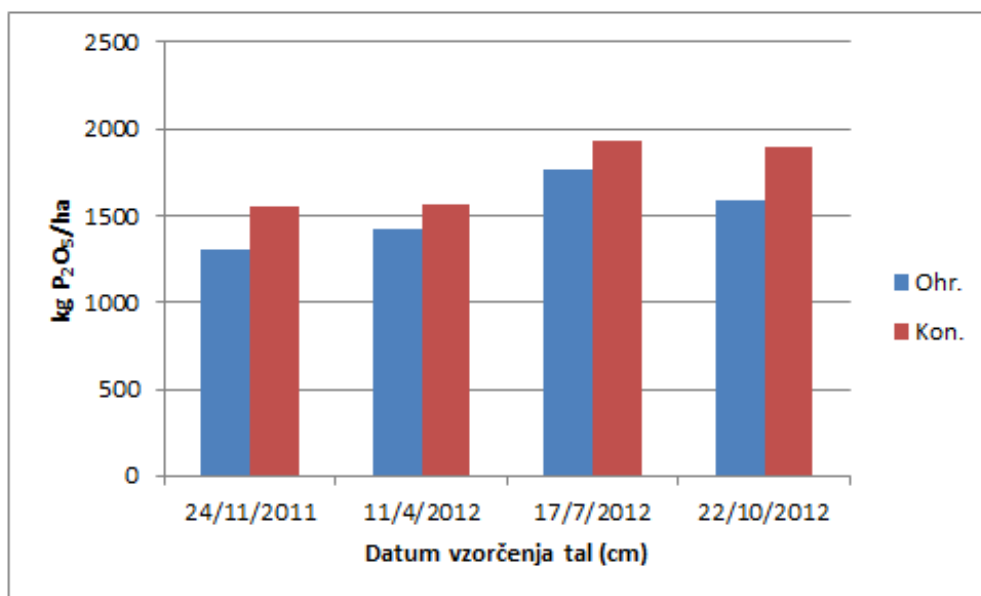
Preglednica 18: Povprečna vrednost pH $\pm$ standardna napaka v Moškanjcih, v različnih globinah tal glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v pH.

Globina tal (cm)	pH	
	Ohranitvena obdelava	Konvencionalna obdelava
0-10	6,3 $\pm$ 0,1 a	6,1 $\pm$ 0,1 a
10-20	6,3 $\pm$ 0,1 a	6,2 $\pm$ 0,1 a
20-30	6,5 $\pm$ 0,1 a	6,3 $\pm$ 0,1 a
30-60	6,4 $\pm$ 0,1 a	6,2 $\pm$ 0,1 a

Fosfor

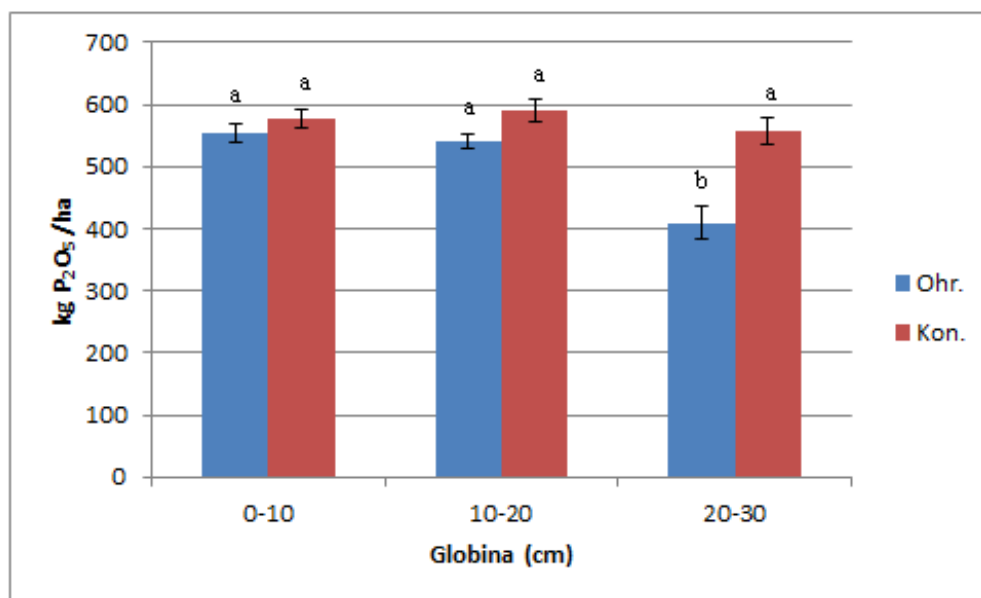
Tla na lokaciji poskusa v Moškanjcih spadajo glede na povprečne koncentracije AL- P_2O_5 v ornici, ki znaša pri ohranitveni obdelavi 34,5 mg/100 g in 37,4 mg/100 g pri konvencionalni obdelavi, v razred D preskrbljenosti, kar pomeni, da so tla čezmerno založena s tem hranilom.

Založenost s fosforjem je bila pri obeh načinih obdelave najvišja v poletnem času, ko je dosegala vrednosti 1765,4 in 1930,9 kg/ha. Nižje vrednosti so bile izmerjene v času prvega in drugega vzorčenja. Največja razlika med obdelavama je bila zabeležena 22.10.2012.



Slika 5.3: Količine P_2O_5 (kg/ha) v Moškanjcih, med letom glede na način obdelave tal.

Pri ohranitvenem načinu obdelave so v povprečju najvišje vsebnosti P_2O_5 v zgornjih 10 cm tal in se z globino zmanjšujejo. Glede na zgornji dve globini je količina P_2O_5 v globini 20-30 cm statistično značilno manjša. V konvencionalno obdelanih tleh je bila najvišja količina P_2O_5 izmerjena v globini 10-20 cm, do globine 30 cm ni statistično značilnih razlik. Količine P_2O_5 so bile višje v konvencionalno obdelanih tleh, vendar je bila statistično značilna razlika v vsebnosti P_2O_5 med načinoma obdelave zgolj v globini 20-30 cm.

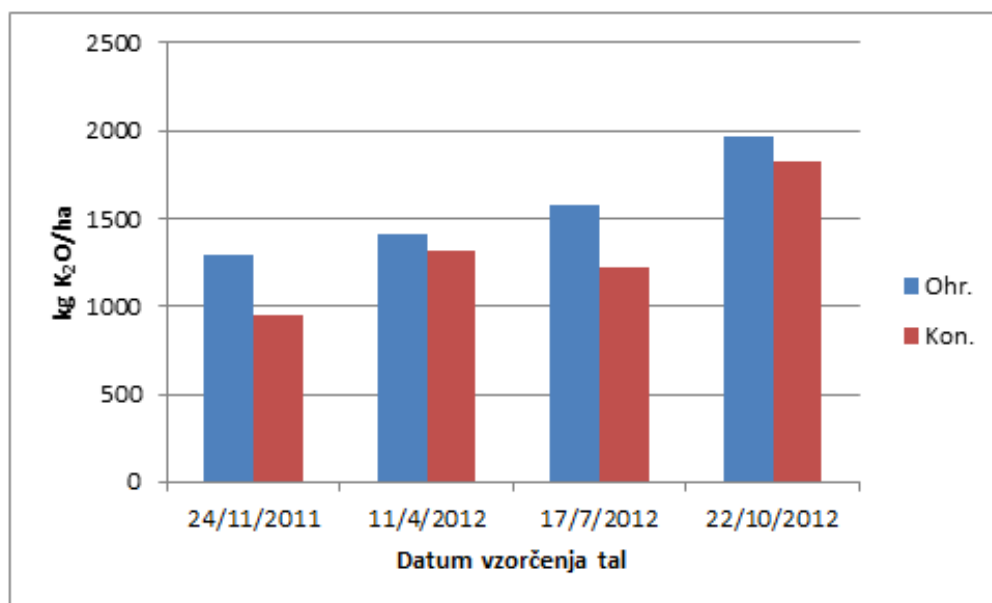


Slika 41: Povprečne količine P_2O_5 (kg/ha) in standardna napaka v Moškanjcih, v različnih globinah tal glede na način obdelave. Različne črke označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti P_2O_5 .

Kalij

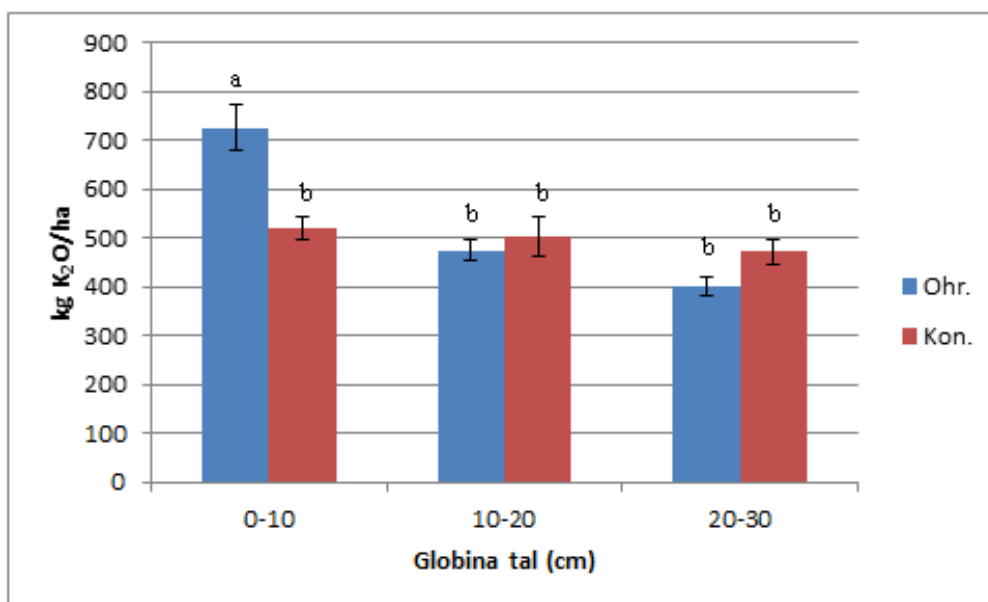
Povprečna koncentracija AL- K_2O v tleh, ki so obdelana na ohranitveni način znaša 36,8 mg/100 g, v konvencionalno obdelanih tleh pa 32,4 mg/100 g. Glede na obe vrednosti se ta tla tudi pri vsebnosti kalija uvrščajo v razred D, ki pomeni čezmerno založenost tal s kalijem.

Najvišje količine kalija so bile določene v vzorcih, ki so bili vzeti 22.10.2012. Količine tega hranila so bile razen pri prvem vzorčenju, preko celega leta višje pri ohranitvenem načinu obdelave. Največja razlika v količini K_2O je bila izmerjena v poletnem času, ko je bila ta v ohranitveno obdelanih tleh za 355 kg/ha višja kot v konvencionalno obdelanih tleh (slika 5.5).



Slika 42: Količine K₂O (kg/ha; 0-30 cm) v Moškanjcih, med letom glede na način obdelave.

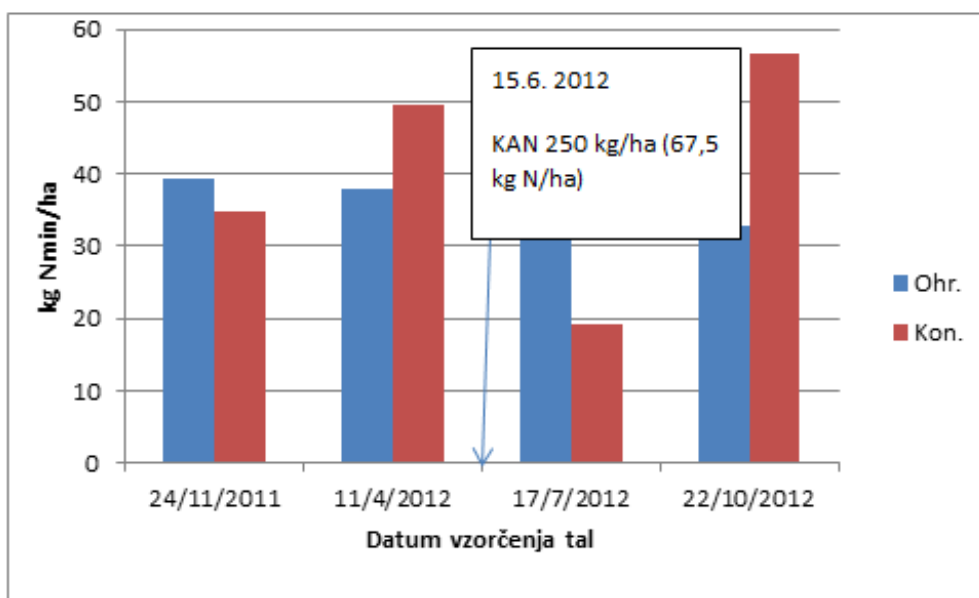
V zgornjem sloju (0-10 cm) tal obdelanih na ohranitveni način je bila vsebnost kalija v povprečju za 40 % višja kot v enaki globini tal obdelanih na konvencionalni način. Vrednost se statistično značilno razlikuje tudi od povprečij v preostalih globinah tal. V globini 10-30 cm so bile količine kalija višje pri konvencionalni obdelavi, vendar razlike niso bile statistično značilne.



Slika 43: Povprečne količine K₂O (kg/ha) in standardna napaka v Moškanjcih, v različnih globinah glede na način obdelave. Različne črke označujejo statistično značilne razlike (p ≤ 0,05) v vsebnosti K₂O.

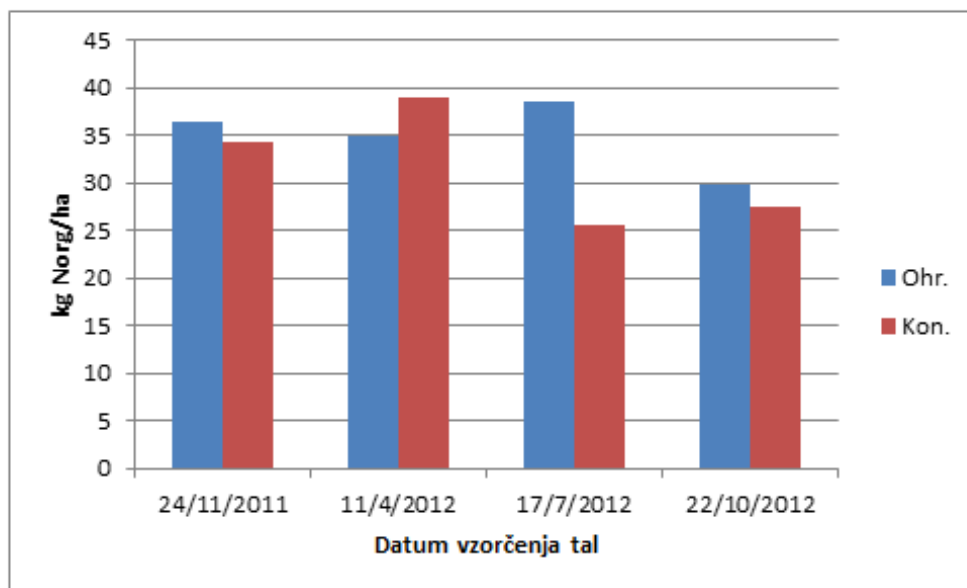
Dušik

Na sliki 7 lahko vidimo, da je bila količina mineralnega dušika pri konvencionalni obdelavi največja pri zadnjem vzorčenju. Pri ohranitvenem načinu obdelave je bila ugotovljena najvišja vsebnost N_{min} v času prvega vzorčenja. Med obema načinoma obdelave je bila največja razlika v količini mineralnega dušika v vzorcih pobranih 22.10.2012, ko je znašala 24 kg/ha.



Slika 44: Količine mineralnega dušika (kg/ha; 0-30 cm) v Moškanjcih, med letom glede na način obdelave.

Količine organskega dušika so bile med letom z izjemo spomladanskega vzorčenja višje pri ohranitvenem načinu obdelave. Najvišja vrednost pri ohranitveni obdelavi (38,6 kg/ha) je bila ugotovljena v poletnem času, ko je bila nasprotno, količina pri konvencionalni obdelavi najnižja (25,6 kg/ha).



Slika 45: Količine organskega dušika (kg/ha; 0-30 cm) v Moškanjcih, med letom glede na način obdelave.

Povprečna količina organskega dušika je bila ne glede na globino tal vselej višja v tleh obdelanih na ohranitveni način, vendar statistično značilnih razlik ni bilo.

Razmerje DOC/Nskup. v ekstraktih tal

Zaloga topnega organskega ogljika v profilu ohranitveno obdelanih tal je v času trajanja poskusa v povprečju med letom znašala 431 kg/ha, v tleh obdelanih na konvencionalen način pa je bila ta višja za 15 kg in je znašala 446 kg/ha. Količina skupnega dušika je bila višja v konvencionalno obdelanih tleh (75 kg/ha), medtem ko je bila izmerjena količina v ohranitveno obdelanih tleh 68 kg/ha. Razmerje med vsebnostjo DOC in skupnega dušika je bilo nekoliko višje v ohranitveno obdelanih tleh.

Preglednica 19: Količine skupnega dušika in topnega organskega ogljika (kg/ha) ter C/N razmerje v Moškanjcih, glede na način obdelave tal.

	DOC (kg/ ha)	N (kg/ha)	C/N
Ohranitvena obdelava	430,6	68,1	6,3
Konvencionalna obdelava	445,3	74,9	5,9

C/N razmerje se je tako pri ohranitveni kot pri konvencionalni obdelavi z globino zmanjševalo. Vsebnosti skupnega dušika so se z globino povečevale, razlike med posameznimi globinami so bile večje pri konvencionalni obdelavi. Količine DOC so bile v povprečju najvišje v globini 10-20 cm, najnižje pa v globini 0-10 cm. Razlike v vsebnosti skupnega dušika in DOC med obema načinoma obdelave, v posameznih globinah, niso bile statistično značilne.

Preglednica 20: Količine skupnega dušika, topnega organskega ogljika (mg/kg) ± standardna napaka ter C/N razmerje v Moškanjcih, v različnih globinah glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti skupnega dušika oziroma topnega organskega ogljika.

Globina tal (cm)	N (kg/ha)		DOC (kg/ha)		C/N	
	Ohr.	Kon.	Ohr.	Kon.	Ohr.	Kon.
0-10	22,1 ± 1,8 a	23,4 ± 1,7 a	134,8 ± 8,6 a	146,6 ± 6,6 a	7,4	6,5
10-20	22,5 ± 1,4 a	25,1 ± 1,7 a	149,6 ± 11,9 a	151,3 ± 7,3 a	7,4	6,3
20-30	23,5 ± 1,7 a	26,4 ± 2,1 a	146,8 ± 11,7 a	147,5 ± 7,7 a	6,7	5,9

5.4.3 Komentar in sklepi

Reakcija tal (pH)

V okviru raziskave Lopez-Fando in Pardo (2009) so primerjali več različnih načinov ohranitvene obdelave tal in konvencionalno obdelavo. Razlika v pH je bila značilna v zgornjem delu tal (0-10 cm), ki so bila bolj kislila v primeru direktne setve, kar je lahko predvsem posledica poteka procesov mineralizacije in nitrifikacije ter izločanja rastlinskih eksudatov v tem delu tal. Primerjava pH vrednosti med konvencionalno in minimalno obdelavo tal pa ni pokazala bistvenih razlik, kar se je izkazalo tudi v primeru naših poskusov. pH vrednost je na obeh lokacijah z globino padala, vrednosti pa so bile kljub vsemu nekoliko višje pri ohranitveno obdelanih tleh. Podobne rezultate so v raziskavi objavili tudi Deubel in sod. (2011) ter Gomez-Rey in sod. (2012).

Rastlinam dostopni fosfor in kalij

Količine fosforja so bile višje pri konvencionalno obdelanih tleh, vendar je bila razlika med načinoma obdelave statistično značilna le v vzorcih pobranih po obdelavi tal. Najvišje količine so bile izmerjene v poletnem času, ko je intenzivnost rasti rastlin največja.

V zgornjem sloju (0-10 cm) tal obdelanih na ohranitveni način je bila vsebnost kalija v povprečju za 40 % višja kot v enaki globini tal obdelanih na konvencionalni način.

O hitrejšem in intenzivnejšem sproščanju kalija in fosforja pri konvencionalni obdelavi so poročali tudi Mihelič in sod. (2005).

Razporeditev vsebnosti obeh hranil v profilu tal je skladna s številnimi rezultati o pojavu stratifikacije vsebnosti hranil pri ohranitvenem načinu obdelave tal (Wright in sod., 2007a; Lopez-Garrido in sod., 2011; Deubel in sod., 2011). Iz naših rezultatov je razvidno, da je vsebnost fosforja in kalija v nekaterih primerih v zgornjih 10 cm tal višja kot pri konvencionalno obdelanih tleh. Večja vsebnost hranil v vrhnjem sloju tal obdelanih na ohranitveni način je posledica mineralizacije nakopičenih organskih ostankov in dodanih gnojil (Lopez-Fando in Almendros, 1995). Bolj izrazita stratifikacija v primeru P_2O_5 je glede na Wright in sod. (2007a) posledica večjega privzema K_2O v rastline. Kopičenje kalija v zgornjem sloju tal obdelanih na ohranitveni način pa je po navedbah Deubel-a in sod. (2011) posledica večje vsebnosti tega hranila v rastlinskih ostankih, medtem ko je večina P_2O_5 s polj odpeljana s pridelkom zrnja žit in oljnic. Na oranah tleh je bila razporeditev hranil v ornici bolj homogena, kar je posledica globlje obdelave ter intenzivnejšega premeščanja talnih delcev in rastlinskih ostankov v tem delu tal.

Organski ogljik in C/N razmerje

Vsebnost skupnega dušika, organskega ogljika in C/N razmerje opredeljujejo vsebnost organske snovi v tleh (Hoffman in sod., 1996). Zaloge organskega ogljika v ohranitveno obdelanih tleh je zaradi ohranjanja večje količine rastlinskih ostankov na površini pogosto višja v primerjavi s konvencionalno obdelanimi tlemi (Wright in sod., 2007b; Lopez-Garrido in sod., 2011, Lopez-

Fando in Pardo, 2009). Skupna količina DOC v Moškanjcih je bila ta večja pri konvencionalni obdelavi. Ožje C/N razmerje nakazuje na hitrejšo mineralizacijo organske snovi v konvencionalno obdelanih tleh. Čelebić (2008) je v okviru svoje diplomske naloge preučeval poskuse na istih lokaciji v Moškanjcih. Na podlagi analize vsebnosti vročevodnega ogljika in dušika je ugotovil, da so bile tako koncentracije organskega ogljika kot tudi dušika višje v konvencionalno obdelanih tleh.

Vsebnost topnega organskega ogljika in skupnega dušika v zgornjem sloju tal obdelanih na ohranitveni način je večja, kar nakazuje na večjo vsebnost potencialno razgradljive organske snovi (Hoffman in sod., 1996). O večjih vsebnostih organskega ogljika v zgornjem sloju tal poročajo tudi Deubel in sod. (2011). Tudi Čelebić (2008) ugotavlja, da so koncentracije organskega ogljika v zgornjih 10 cm tal obdelanih na ohranitveni način višje, da pa je razporeditev bolj homogena v oranih tleh. Podobne rezultate smo dobili tudi v naši raziskavi.

Količina dušika v profilu tal se je z globino zmanjševala. V zgornjem sloju tal (0-10 cm) so bile razlike v količini dušika med obdelavama manjše kot pa v preostalih globinah tal. Drugi avtorji sicer poročajo o višjih vsebnosti dušika v zgornjem sloju tal obdelanih na ohranitveni način kot pa pri konvencionalni obdelavi (Hoffman in sod., 1996), tudi do globine 20 cm (Lopez-Garrido in sod., 2011).

V Moškanjcih je bilo C/N razmerje najvišje v zgornjem sloju ohranitveno obdelanih tal in se je do globine 30 cm zmanjševalo. Podobne rezultate so objavili tudi Lopez-Fando in Pardo (2009). Višje C/N razmerje v tleh obdelanih na ohranitveni način v primerjavi s konvencionalno obdelanimi tlemi pomeni, da mineralizacija organske snovi poteka počasneje (Lopez-Fando in Pardo, 2009). Najvišje C/N razmerje ($C/N=11,2$) v Moškanjcih smo izmerili 22.10.2012 pri ohranitveni obdelavi, ko lahko sklepamo, da so na višjo vsebnost DOC vplivali ostanki sončnic. Pri konvencionalnem načinu obdelave je bilo C/N razmerje v tem času precej nižje ($C/N=6,2$) kar očitno nakazuje na hitrejšo mineralizacijo organskih ostankov prejšnje poljščine.

Oblike dušika

Spremembe v vsebnosti organskega dušika, ki jih povzroča različna obdelava tal, so pogosto povezane s spremembami vsebnosti organskega ogljika (Zibilske in sod., 2002). Obdelava tal lahko vpliva na stopnjo mineralizacije dušika z vplivom na vsaj enega od dejavnikov tega procesa, kot so: temperatura tal, vlažnost tal in razporeditev organske snovi (Hoffmann in sod., 1996). Tla obdelana na ohranitveni način so namreč bolj vlažna, zato so temperaturne spremembe med letom v teh tleh počasnejše in manj izrazite (Wang in sod., 2006). Spomladi je omejujoč dejavnik mineralizacije temperatura, ki dosega višje vrednosti v konvencionalno obdelanih tleh. Jeseni ostajajo tla obdelana na ohranitveni način dalj časa toplejša, kar lahko vodi tudi do večjih izgub dušika po žetvi (Wang in sod., 2006). Jeseni 2012 so bila tla obdelana, kar je povzročilo višek mineralizacije dušika v oranih tleh. Praksa oranja pred zimskim mirovanjem lahko vodi v večje izpiranje nitrata v zimskem času (Hütsch in Mengel, 1992).

Spremembe v načinu obdelave tal lahko vplivajo na razporeditev mineralnega dela dušika v profilu tal (Hütsch in Mengel, 1993), predvsem zaradi različne razporeditve organske snovi (Hoffman in sod., 1996). Povečan obseg mineralizacije dušika v zgornjem sloju tal obdelanih na ohranitveni način je povezan z večjo vsebnostjo organskega ogljika in skupnega dušika v tem sloju tal, kar so med drugim zabeležili tudi Hoffman in sod. (1996). Grocholl (1991), cit. po

Hoffman in sod. (1996) ugotavlja, da je v korelaciji z akumulacijo organske snovi tudi večja mikroba populacija in encimatska aktivnost v tem delu tal, kar skupaj pogojuje intenzivnejšo mineralizacijo dušika. V konvencionalnih tleh pa zaradi enakih vzrokov poteka intenzivnejša mineralizacija v spodnjem delu ornice. V Moškanjcih je bila koncentracija mineralnega dušika prav tako najvišja v globini 0-10 cm pri ohranitveni obdelavi in je z globino padala, vendar je bila količinska razporeditev v profilu tal podobna razporeditvi v oranih tleh.

Sklepi

Tla obdelana na ohranitveni način so bila nekoliko manj kisla (pH=6,5 oz. 6,6) kot pri konvencionalni obdelavi (pH=6,4 oz. 6,5); pH tal je z globino naraščal. Izkazalo se je, da je sicer povprečna vsebnost dostopnega fosforja v konvencionalno obdelanih tleh višja, vendar je bila njegova vsebnost v zgornjih 10 cm tal velika. Vsebnost dostopnega kalija je bila višja v tleh obdelanih na ohranitveni način.

Razporeditev hranil v profilu tal obdelanih na ohranitveni način izkazuje večji koncentracijski gradient z naraščajočo globino tal.

Hipotezo o intenzivnejši mineralizaciji dušika v konvencionalno obdelanih tleh poleg ožjega C/N razmerja potrjujejo tudi višje izmerjene koncentracije mineralnega dušika v profilu tal. Časovna dinamika vsebnosti mineralnega dušika kaže na pomen okoljskih dejavnikov, ki vplivajo na ta proces.

5.5 Poraba fosilne energije in poraba časa za konvencionalno in za ohranitveno obdelavo tal

Poljska poskusa sta potekala na težkem in lahkem tipu tal. Poskus na težkem tipu tal smo naredili v Pesniški dolini na parceli, ki se nahaja v k. o. Mezgovci pod imenom Kumrovo v velikosti 1,68 ha. Tip tal je izrazito in pretežno glinasti (nanos temne gline reke Pesnice). Tla so s profilom A-g-Bg-C (psevdoglej). To so tla, ki so nastala na starejših aluvialnih nanosih. Značilna je izmenjava vlažne in suhe faze v tleh. Spomladi so tla dalj časa vlažna, poleti otrdijo in razpokajo. Tla so siromašna s hranili. A horizont vsebuje prhninasto organsko snov. G horizont je svetlo siv, Bg horizont sestavljajo svetlosivi vertikalni pasovi (Zupan, 2011, osebna informacija).

Poskus na lahkem tipu tal je potekal na Dravskem polju na parceli, ki se nahaja v k. o. Gorišnica pod imenom Mamino v velikosti 0,80 ha. Tip tal je pretežno peščen z dravskim prodrom (nanos reke Drave). To so tipična rjava tla, ki so se razvila na fluvioglacialnih prodih z A-(B)-C profilom. Struktura je v A grudičasta in stabilna, v (B) drobno poliedrična. Tla so dobra, predvsem poljedelska.

Poljski poskusi start jesen 2011



Slika 46: Profil tal na poskusnih ploskvah s teksturno različnimi tlemi

Poskusni parceli ležita v oddaljenosti 3 km. Na obeh poskusnih parcelah smo posejali hibrid koruze Susann FAO 300 – poltrdinka za zrnje semenske hiše Agromag.

V poskusu smo parceli razdelili na štiri enako velika obravnavanja.

Vsako obravnavanje smo posebej poimenovali:

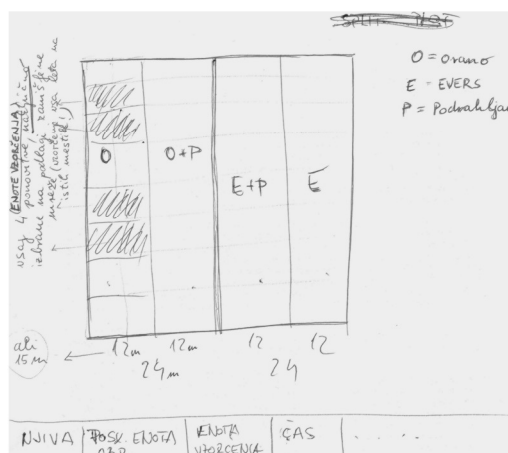
ORANJE = O (konvencionalna obdelava tal)

ORANJE IN PODRAHLJAVANJE = O + P (konvencionalna obdelava tal)

EVERS IN PODRAHLJAVANJE = E + P (konzervirajoča oz. ohranitvena obdelava tal) =
»composting tillage« + podrahljavanje

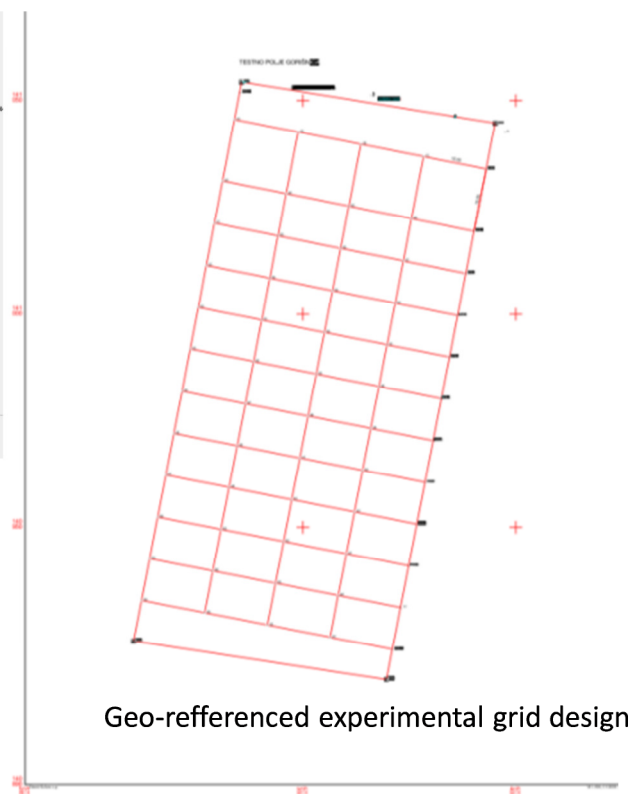
EVERS = E (konzervirajoča obdelava tal) = Composting tillage

Experimental design



4 treatments in 4 replicates:
each sub-plot is 12 m (or 15 m) x 10 m

P = plow;
P+S = plow + subsoil;
CT + S = Composting Tillage + Subsoil;
CT = composting Tillage



Slika 47: Zasnova poskusnih polj

Pri prvem obravnavanju smo tla obdelali na konvencionalni način s plugom (O) (slika 45).



Slika 48: Plug

Pri drugem obravnavanju smo tla obdelali na konvencionalni način s plugom in z globinskim podrahljalnikom Evers Batak (O + P) (slika 45 in slika 46).



Slika 49: Globinski podrahljalnik.

Pri tretjem obravnavanju smo zemljo obdelali s strojem Evers Vario-Disc za minimalno (konzervirajočo) obdelavo tal in z globinskim podrahljalnikom Evers Batak (E + P).



Slika 50: Stroj za konzervirajočo (ohranjevalno) obdelavo tal – sistem »Composting Tillage«

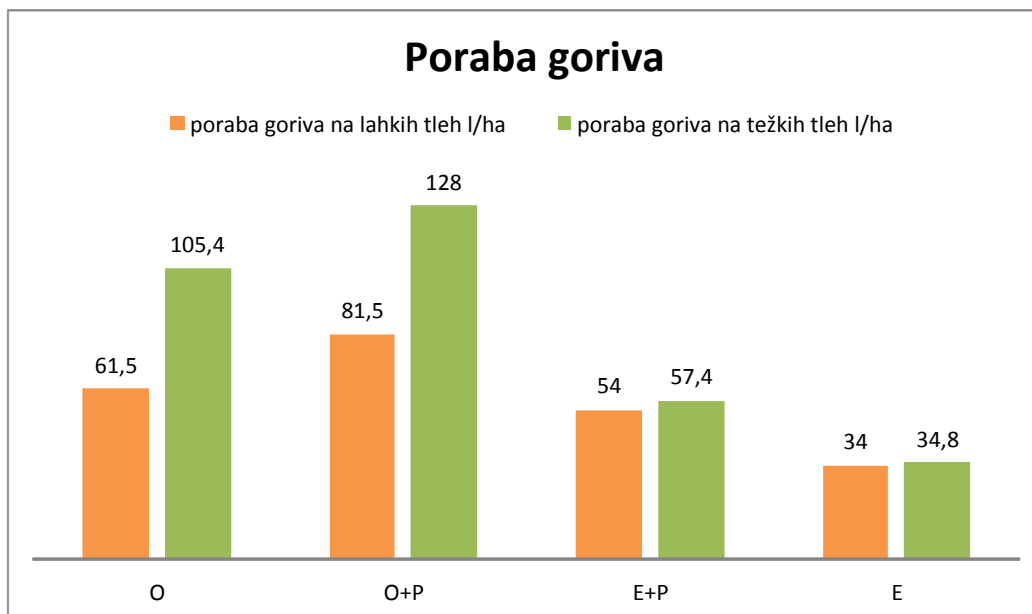
Pri četrtem obravnavanju smo zemljo obdelali s strojem Evers Vario-Disc za minimalno (konzervirajočo) obdelavo tal – Composting Tillage.



Slika 51: Stroj za konzervirajočo (ohranjevalno) obdelavo tal.

5.5.1 Primerjava porabe goriva v litrih na hektar na lahkih in težkih tleh

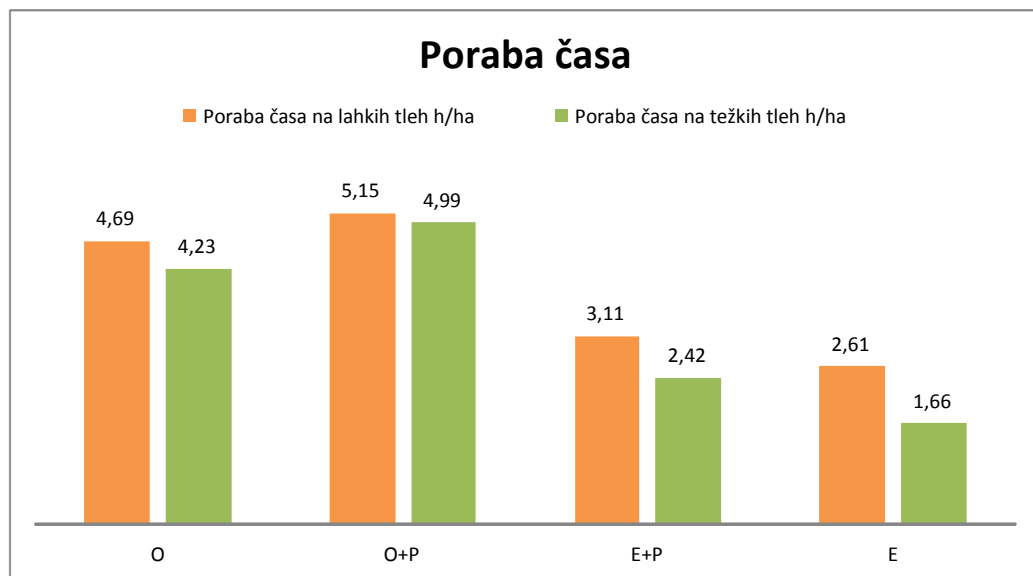
Za vsako obravnavanje smo posebej vodili evidenco porabe goriva in časa za vsako delo, ki smo ga izvajali.



Legenda: O – oranje, O + P – oranje in podrahljavanje, E + P – Evers in podrahljavanje, E – Evers

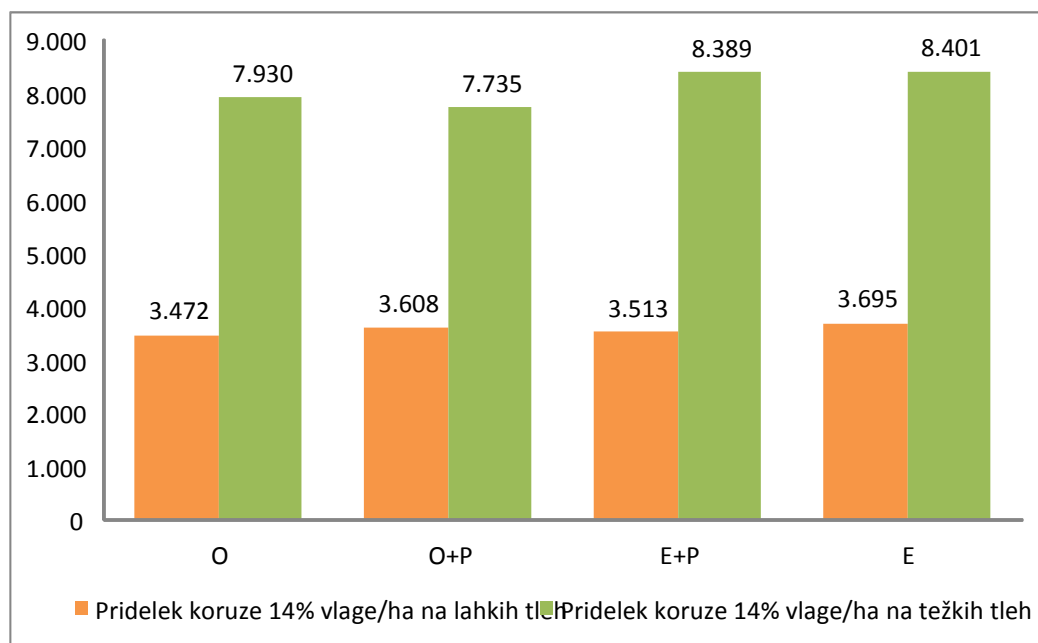
Slika 52: Primerjava porabe goriva (l/ha) za različne obdelave tal.

5.5.2 Primerjava porabe časa v litrih na hektar na lahkih in težkih tleh



Legenda: O – oranje, O + P – oranje in podrahljavanje, E + P – Evers in podrahljavanje, E – Evers

Slika 53: Primerjava porabe časa (h/ha) za različne obdelave tal.



Legenda: O – oranje, O + P – oranje in podrahljavanje, E + P – Evers in podrahljavanje, E – Evers

Slika 54: Primerjava pridelka koruze v kilogramih na hektar (s 14 % vlage) na lahkih in težkih tleh pri različnih načinih obdelave.

5.5.3 Sklepi

Pridelki koruze s Composting tillage so bili celo nekoliko večji kot pri sistemu z oranjem.

Podrahljavanje ni povečalo pridelka.

Pri Composting Tillage smo porabili 2 – 2,5-krat manj energije (nafte) kot pri konvencionalni obdelavi s plugom.

Composting tillage je bil uspešen način tako v lahkih kot še posebej v težkih tleh.

6. VIRI

- Bartol B., Bratina – Jurkovič N., Fatur A., Fon – Boštjančič N., Košak E., Lapanja A., Lenarčič F., Podlesnik F., Torbica J. 2004. Strategija prostorskega razvoja Slovenije. Urad za prostorski razvoj, Direktorat za prostor na Ministrstvu za okolje, prostor in energijo. Državni zbor Republike Slovenije.
- Blum Winfried E.H. Impacts of biofuel production on soil health and environmental management under climate change conditions. Institute of Soil Research, Department of Forest and Soil Sciences University of Natural Resources and Applied Life Sciences (BOKU), Vienna, Austria, 2007. Tipkopolis.
- Cavalchini, A. G. 1999. CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Volume III, Plant Production Engineering, ASAE, St Joseph MI – ZDA.
- Cerdan, O., Poesen, J., Govers, G., Saby, N., Le Bissonnais, Y., Gobin, A., Vacca, A., Quinton, J., Auerswald, K., Klik, A., Kwaad, F. F. P. M. and Roxo, M. J. (2006) Sheet and Rill Erosion, in Soil Erosion in Europe (eds J. Boardman and J. Poesen), John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK. doi: 10.1002/0470859202.ch38
- Čarman M., Mikoš M., Pintar M. 2007. Različni vidiki erozije tal v Sloveniji. V Strategija varovanja tal v Sloveniji s. 39-50. Pedološko društvo Slovenije, ur. Knapič M. Ljubljana.
- Dermont G., Bergeron M., Mercier G., Richer-Lafleche M.. 2008. Soil washing for metal removal: A review of physical/chemical technologies and field applications. Journal of Hazardous Materials 152: 1-31
- Eckelmann W. in sod. Common criteria for Risk Area Identification According to Soil Threats. European Soil Bureau, 2006.
- El Basam N. 1998. Energy plant species, Their use and impact on environment and development; London: str. 15 – 20.
- El Bassam. N. 1998. Energy plant species, their use and impact on environment and development, James & James (Science Publishers), London, str. 22 – 27.
- Equipment for decentralised cold pressing of oil seeds,.
http://www.folkecenter.dk/plant-oil/publications/efdcpos_html/!Rape_Seed_Oil_Web_1.html, 2005
- Grčman H, Persolja J., Lobnik F., Leštan D. 2001. Modifying lead, zinc and cadmium bioavailability in soil by apatite and EDTA addition. Fresenius environ. bull. vol. 10, no. 9, str. 727-730.
- Grčman H, Velikonja Bolta Š., Vodnik D., Kos B., Leštan D. 2001. EDTA enhanced heavy metal phytoextraction: metal accumulation, leaching and toxicity. Plant soil. 235, str. 105-114.

- Grosa. A. 2008. Agricultural Engineering Yearbook, Max-Eyth-Stiftung, Del 20, DLG Verlag; Frankfurt am Main. str. 99 – 104.
- Hernanz J.L.; Ortiz-Canavate J.. 1999. CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Volume V - Energy & Biomass Engineering, pog. 2.1.2, Energy saving in crop production, ASAE, St. Joseph MI, ZDA str. 27 – 32.
- Hrvatin, M., Komac, B., Perko, D. and Zorn, M. (2006) Slovenia, in Soil Erosion in Europe (eds J. Boardman and J. Poesen), John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK. doi: 10.1002/0470859202.ch25.
- Jejčič V., Verbič J., Poje T., Čergan Z. 2006. Operativni program energetske izrabe biomase – kmetijstvo, Kmetijski inštitut Slovenije, interna študija; Ljubljana: str. 16 – 18.
- Jelusic M., Grčman H., Vodnik D., Suhadolc M., Lestan, D., 2013. Functioning of metal contaminated garden soil after remediation. Environmental Pollution 174, 63-70
- Jelušič M, Vodnik D., Maček I., Leštan D. Effect of EDTA washing of metal polluted garden soils. Part II: can remediated soil be used as a plant substrate? Science of the total environment, In Press.
- Katić Z. 1985. Sušenje zrna –energetska bilanca i tehnološka rješenja. Savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja, Zbornik radova, Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Institut za mehanizaciju, tehnologiju i graditeljstvo u poljoprivredi, Zagreb: str. 32 – 55.
- Katić, Z. 1985. Savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja, Zbornik radova, Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb. str. 33 – 36.
- Katić, Z.1997. Sušenje i sušare u poljoprivredi, Udžbenik Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, str. 14 – 19.
- Köller, K.; Wiesehoff, M. 2005. Drilling and precision seeding, Agricultural Engineering yearbook, Max-Eyth-Stiftung, Del 20, DLG Verlag; Frankfurt am Main, 2005, str. 89 – 94.
- Komac B., Zorn M. 2007. Meritve in modeliranje erozije v Sloveniji. 2007. Različni vidiki erozije tal v Sloveniji. V Strategija varovanja tal v Sloveniji s. 39-50. Pedološko društvo Slovenije, ur. Knapič M. Ljubljana.
- Kos B., Grčman H., Leštan D. 2003. Phytoextraction of lead, zinc and cadmium from soil by selected plants. Plant, soil and environment, vol. 49, no. 12, str. 548-553.
- Lampič B. 2013. Degradirana območja zaradi opuščene dejavnosti.
- Lestan, D., Luo, C., Li, X., 2008. The use of chelating agents in the remediation of metal-contaminated soils: A review. Environmental Pollution 153, 3-13
- MAN B&W Diesel AG, Bio Fuels for Diesel Engines, 2004
- Medmrežje 1: [eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri= COM:2002:0179:FIN:EN:PDF](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2002:0179:FIN:EN:PDF)

Medmrežje 2: ec.europa.eu/environment/soil/pdf/com_2006_0231_en.pdf

Medmrežje 3: ec.europa.eu/environment/soil/pdf/com_2006_0232_en.pdf

Medmrežje 4: <http://ec.europa.eu/environment/soil/index.htm>

Medmrežje 5 : R. A.McBridge, H. Martin and B. Kennedy: Ontario, Factsheet, Last Reviewed 01/97

Medmrežje 6: Ravnik M.: (<http://www.prihodnost-slovenije.si/up-rs/ps.nsf/krf/9CCB07C59D9E8890C12570BB003D3138?OpenDocument>)

Medmrežje 7:
http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/library/themes/contamination/Irena/IRENA%20IFS%2023%20-%20Soil%20erosion_FINAL.pdf

Medved S.; Novak P. 2000. Varstvo okolja in obnovljivi viri energije, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana: str. 154 – 156.

Meers, E., Hopgood, M., Lesage, E., Vervaeke, P., Tack, F.M.G., Verloo, M.G., 2004. Enhanced phytoextraction: In search of EDTA alternatives. International Journal of Phytoremediation 6, 95-109

Mittelbach, M., Remschmidt, C.: Biodiesel, The comprehensive handbook, Graz 2004

Montanarella, L., Vargas, R., 2012. Global governance of soil resources as a necessary condition for sustainable development. Current Opinion in Terrestrial systems Environmental Sustainability 4 (5), 559–564

Mrhar M. 1997. Kmetijski stroji in naprave: Kako delujejo, ČZD Kmečki glas, Ljubljana: str. 110 – 115.

Mrhar, M.; 1992. Tehnika priprave in spravila sena, Kmečki glas, Ljubljana.

Mulligan C.N., Yong R.N., Gibbs B.F.. 1999. Removal of heavy metals from contaminated soil and sediments using the biosurfactant surfactin. Journal of Soil Contaminations 8:231-254

N. EL Bassam: Energy plant species, Their use and impact on environment and development, James & James (Science Publishers), London 1998

Nonhebel, S., Kastner, T., 2011. Changing demand for food, livestock feed and biofuels in the past and in the near future. Livestock Science 139, 3–10

Pan-European Soil Erosion Risk Assessment: The PESERA Map, Version 1 October 2003. Explanation of Special Publication Ispra 2004 No.73 (S.P.I.04.73)." Kirkby, M.J., Jones, R.J.A., Irvine, B., Gobin, A., Govers, G., Cerdan, O., Van Rompaey, A.J.J., Le Bissonnais, Y., Daroussin, J., King, D., Montanarella, L., Grimm, M., Vieillefont, V., Puigdefabregas, J., Boer, M., Kosmas, C., Yassoglou, N., Tsara, M., Mantel, S., Van Lynden, G.J. and Huting, J.(2004). European Soil Bureau Research Report No.16, EUR 21176, 18pp. and 1 map in ISO B1 format. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

- Pavletič R. 2000. Motorji z notranjim izgorevanjem, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana: str. 475 – 477.
- Pociecha, M., Lestan, D., 2012. Recycling of EDTA solution after soil washing of Pb, Zn, Cd and As contaminated soil. *Chemosphere* 86 843–846
- Racz, Z. 1986. Agrikulturna mehanika tla, Sveučilište u Zagrebu; Zagreb, str. 94 – 100.
- Riva, G., Sissot F.: CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Volume V - Energy & Biomass Engineering, pog. 3.1.2, Biomass Resources, ASAE, St. Joseph MI SAD 1999
- Saiki T.; Karaki I.; Roy K.;. 1999. CIGR Handbook of agricultural engineering, Volume V. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan: str. 139 – 155.
- Sitkei G. 1986. Mechanics of Agricultural Materials, (Developments in Agricultural Engineering; 8), Elsevier Science Publishers, Amsterdam & Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Stroppel A. 1997. Obdelava tal v prihodnosti, Tehnika in narava, št. 2/1997, ČZD Kmečki glas, Ljubljana: str. 20 – 21.
- Suhadolc, M., Lobnik, F., Turk, I. Ocena izvajanja Konvencije ZN o boju proti dezertifikaciji/degradaciji tal v Sloveniji. Assessment of implementation of UN Convention to combat desertification/land degradation in Slovenia. Ljubljana: Regionalni center za okolje za srednjo in vzhodno Evropo: = The Regional Environmental Center for Central and Eastern Europe, 2006. 64 str., Fotografije.
- Sušin J. Doprinos k poznavanju terra rosse v Slovenskem primorju. 1964. Biotehniška fakulteta, Ljubljana.
- Tack, F., Kanswohl N., Kirschbaum H.G., Schlegel M.: 2003 Nachwachsende Rohstoffe – Dezentrale Gewinnung und Aufbereitung von Rapsoel als Kraftstoff. Jahrbuch Agrartechnik, Band 16 2004 VDMA Landtechnik, VDI – MEG, KTBL
- Tichy R., Grotenhuis J.T.C., Rulkens W.H.. 1993. Bioleaching of zinc-contaminated soil with thiobacilli. *Integrated soil and sediment research*: 686-687
- Urbančič A., Lah P., Petelin Visočnik B., Al Mansour F., Česen M., Jejčič V., Poje T., Čergan Z., Kranjc N., Dolenšek M., Klemenc A., 2007. Operativni program rabe biomase kot vira energije, IJS delovno poročilo, 9526. Inštitut Jožef Stefan, Ljubljana: str. 12 – 13.
- Using Biodiesel in Vehicles, U.S. Department of energy, Alternative fuels data center. http://www.eere.energy.gov/afdc/afv/bio_vehicles.html, 2005
- Van-Camp. L., Bujarrabal, B., Gentile, A-R., Jones, R.J.A., Montanarella, L., Olazabal, C. and Selvaradjou, S-K. (2004/1). Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection. VOLUME - V MONITORING. EUR 21319 EN/5, 872 pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg

- Voglar, D., Lestan, D., 2012. Pilot-scale washing of metal contaminated garden soil using EDTA, *Journal of Hazardous Materials* 215– 216, 32– 39
- Widman, B. Et all. 1999.: Dezentrale Oelsaatenverarbeitung. Arbeitspapier 267, KTBL Kuratorium fuer Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt.
- World Health organization. 2012. Land degradation and desertification. <http://www.who.int/globalchange/en/> (3.1.2013)
- Zelena knjiga za Nacionalni energetske program Slovenije. 2009. Posvetovalni dokument za javno obravnavo, Ljubljana.
- Zimmer R., Milaković Z., Blaž M., Kržek Ž., Banaj Đ. 2000. Izravna sjetva u proizvodnji kukuruza i razgradnja biljnih ostataka u tlu, Međunarodni simpozij iz područja mehanizacije poljoprivrede, Opatija, 2000, Aktualni zadaci mehanizacije poljoprivrede: zbornik radova. Zagreb: Zavod za mehanizaciju poljoprivrede: Agronomski fakultet: str. 159 – 167.
- Zorn M., Komac B. Erozijski prsti na kmetijskih zemljiščih v Sloveniji. *Ujma* št. 19 , 2005 s. 163-174. Uprava RS za zaščito in reševanje Ministrstva za obrambo, Ljubljana.

Model kalkulacije stroškov, energije in rentabilnosti pridelave in predelave oljne ogrščice

Tone Godec
v. 10.1.13

Vhodni podatki

Strojna opravila		Material		Pridelek		Stiskanje		Cene	
Tip stroja	Storilnost kataloga	Strošek prerachunan na trenutno ceno goriva		Hranilo	Energija		Energija	Angažirana moč	4,00 kW
		h/ha	EUR/h		kg/ha	kg/ha EUR/kg			
Traktor 70 kW		22,04	25,95	N	180	0,91 164,4624	3200	0,41	21,6
Traktor 50 kW		14,14	16,93	P	60	1,38 82,62	3011	0,01	12,5
Plug 3 brazdni 105 cm	2,5	8,08		16,36 K	60	1,23 74,0016			
Predsetvenik	0,8	3,13		Seme za 5,23 setev	5	10,00 50			
Trosilnik min. gnojil	0,5	4,62		Sredstva za 1,1 varstvo	1,775	50,00 88,75			
Sejalnica	0,8	6,61		11,7					
Škoplnica	0,5	4,39		3,2					
Konoba	1	86,44	94,40	21,60					
Prihodica	1	2,81		18					
Delavec		6,50							

Rezultati		Energija		Obdelava		Gnojenje		Spravilo	
Postopki pridelave	h/ha	EUR/ha		M/ha tal in setev	EUR/ha	M/ha tal in setev	EUR/ha	M/ha	EUR/ha
	3,3	122,57		775,081	Material	50,00	Material	Žetev	100,90
Obdelava tal	1,5	42,08		7438,47	Storitev	146,61	Storitev	Transport	26,24
Gnojenje- 3x				Skupaj obdelava tal		Skupaj gnojenje in varstvo		Skupaj spravilo	
Setev	0,8	24,03	528,03	196,61		479,73	EUR/ha	127,14	EUR/ha
Škopljenje 2x	1	27,82	567,01						
Spravilo	1	100,90	775,44						
Transport	1	26,24	646,2						
Skupaj pridelava		803,48	10730,23						

Pridelek		kg/ha	EUR/ha	M/ha	l/ha
Pridelek semena		3200	1312,00	69120	
Pridelek slame		3011	30,11	37637,5	
Pridelek olja		1120	1460,87	42112	1217
Pridelek pogache		2080	582,40	40144	

Skupaj pridelek semena in	6211	1342,11	106757,50	
Skupaj pridelek olja in pogache	3200	2043,27	82256,00	119893,50

Stiskanje		kWh/kg	MJ/kg	kWh/ha	MJ/ha
Poraba energije za stiskanje		0,08	0,288	256	921,6
		EUR/h	EUR/ha	EUR/t	EUR/1000 l olja
Skupaj stroški stiskalnice		3,40	217,60	68,00	178,74
Stroški dela		1,50	96,00	30,00	78,86
Strošek energije stiskanja		0,57	36,61	11,44	30,07

Skupaj stroški stiskanja	5,47	350,21	109,44	287,67
--------------------------	------	--------	--------	--------

Bilanca		Energetska bilanca	
		MJ/ha	
Pokritje stroškov pridelave ob prodaji semena	508,52 EUR/ha	Pridelava	-10730
Pokritje stroškov pridelave ob prodaji semena in slame	538,63 EUR/ha	Pridelek semena	69120
Potreba pridelek semena za pokritje stroškov pridelave ob prodaji semena po dani (tržni) ceni	1959,70 kg/ha	Pridelek slame	37638
Potreba cena semena za pokritje stroškov pridelave v primeru prodaje samo semena	0,25 EUR/kg	Pridobljen a energija	96027
Pridelava in stiskanje		Prideklava	
Pokritje stroškov pridelave in stiskanja ob prodaji olja	307,19 EUR/ha	Stiskanje	-922
Cena olja za pokritje proizvodnje in stiskanja (pogača in slama ostane)	0,95 EUR/l	Olje	42112
Pokritje stroškov pridelave in stiskanja ob prodaji olja in pogache	889,59 EUR/ha	Pogača	40144
Pokritje stroškov pridelave in stiskanja ob prodaji olja, pogache in slame	919,70 EUR/ha		
Samo stiskanje		Pokritje	
Nabava semena in prodaja olja	-62,92 EUR/t	Pridelek	9,95
Nabava semena ter prodaja olja in pogache	119,08 EUR/t	Produkti	11,26
		Olje in	7,67
		Olje	3,92

Vhodni podatki

Strojna oprava

Tip stroja	Strošek				Energija										
	Strošek po katalogu iz leta 2008	preračunan na trenutno ceno goriva	Gorivo	Hranilo	Energija MJ/kg				Energija						
	h/ha	EUR/h	EUR/h	kg/ha	kg/ha	EUR/kg	EUR/ha (MJ/kg a.s.)	Pridelek	kg/ha	EUR/kg	MJ/kg	Angažirana moč	4,00 kW	Cena pog. goriva	1,381 EUR/l
Traktor 70 kW		22,04	25,81	N	65	0,91	59,3892	38 semen	2000	0,45	26,3	Storilnost	50,00 kg/h		35,9 MJ/kg
Traktor 50 kW		14,14	16,83	P	40	1,38	55,08	3 Pridelek stebel	4100	0,01	14,3	Delež	34,00 %		0,333 EUR/l
Plug 3 brazdi 105 cm	2,7	8,08		16,36 K	40	1,23	49,3344	5				Nabavna vrednost	30000,00 EUR		0,143 EUR/kW
Predstevnik	0,8	3,13		Seme za setev	3,5	10,00	35	26,3				Življenska doba	5,00 a	Cena olja	1 EUR/l
Trosilnik min. gnojil	0,3	4,62		Sredstva za 1,1 varstvo	2,5	50,00	125	190				Letna raba	6000,00 h	Gostota olja	0,92 kg/l
Sejalnica	1,3	15,77		9,4								Faktor vzdrževanja	0,80 %/100h	Energetika vrednost olja	39,4 MJ/kg
Škoplnica	0,25	4,39		3,2										Cena pogabe	0,33 EUR/kg
Konoba	1,09	114,92	122,50	30,00										Energetika vrednost pogabe	19,6 MJ/kg
Prikolica	1	2,81		18											
Delavec		6,50													

Rezultati

Energija									
Postopki pridelave		Obdelava		Gnojenje		Spravilo			
Obdelava tal	3,5	EUR/ha	MJ/ha tal in setev	EUR/ha	in varstvo	35,00 Material	288,80 EUR/ha	Žetev	140,61 EUR/ha
Gnojenje- 3x	0,9	25,16	2908,47 Storitiev	181,07 Storitiev	39,02 EUR/ha	Transport	26,14 EUR/ha		
			Skupaj obdelava tal	Skupaj gnojenje in setev	327,82 EUR/ha	Skupaj spravilo	166,75 EUR/ha		
Setev	1,3	50,84	429,51 in setev	216,07 varstvo					
Škopljenje 2x	0,5	13,86	704,76						
Spravilo	1,09	140,61	1077						
Transport	1	26,14	646,2						
Skupaj pridelava		710,64	6541,02						

Pridelek

	kg/ha	EUR/ha	MJ/ha	l/ha
Pridelek semena	2000	900,00	52600	
Pridelek slane	4100	41,00	58630	
Pridelek olja	680	739,13	26792	739
Pridelek pogabe	1320	435,60	25872	
Skupaj pridelek semena in	6100	941,00	111230,00	
Skupaj pridelek olja in pogabe	2000	1174,73	52664,00	111294,00

Stiskanje

	kWh/kg	MJ/kg	kWh/ha	MJ/ha
Poraba energije za stiskanje	0,08	0,288	160	576
	EUR/h	EUR/ha	EUR/t	EUR/1000 l olja
Skupaj stroški stiskalnice	3,40	136,00	68,00	184,00
Stroški dela	1,50	60,00	30,00	81,18
Strošek energije stiskanja	0,57	22,88	11,44	30,96
Skupaj stroški stiskanja	5,47	218,88	109,44	296,13

Bilanca

Energetska bilanca			
MJ/ha			
Pokritje stroškov pridelave ob prodaji semena	189,36 EUR/ha	Pridelava	-6541
Pokritje stroškov pridelave ob prodaji semena in stebel	230,36 EUR/ha	Pridelek semena	52600
Potrebnost pridelave semena za pokritje stroškov pridelave ob prodaji semena po dani (tržni) ceni	1579,21 kg/ha	Pridelek stebel	58630
Potrebnost cena semena za pokritje stroškov pridelave v primeru prodaje samo semena	0,36 EUR/kg	Pridobljen a energija	104689
Pridelava in stiskanje		Pridelava	
Pokritje stroškov pridelave in stiskanja ob prodaji olja	-190,39 EUR/ha	Stiskanje	-576
Cena olja za pokritje proizvodnje in stiskanja (pogača in stebela ostanejo)	1,26 EUR/l	Olje	26792
Pokritje stroškov pridelave in stiskanja ob prodaji olja in pogabe	245,21 EUR/ha	Pogača	25872
Pokritje stroškov pridelave in stiskanja ob prodaji olja, pogabe in stebel	286,21 EUR/ha		
Samo stiskanje		Pokritje	
Nabava semena in prodaja olja	-189,87 EUR/t	Pridelek	17,00
Nabava semena ter prodaja olja in pogabe	27,93 EUR/t	Produkti	15,64
		Olje in	8,05
		Olje	4,10

Ogljični odtis različnih sistemov obdelave tal

Koeficient emisij ogljika za plinsko
olje [kg CE] na 1 l plinskega olja pri
gostoti 835 kg/m³

0,79

CE - ekvivalent ogljika

	Poraba goriva [l/ha]	kgCE/ha
Obdelava tal		
Oranje - lahka tla	15	11,78
Oranje - povprečna tla	23	18,06
Oranje - težka tla	40	31,40
Globoko rahljanje (podrahljalnik)	21	16,49
Obdelava strnišča s kultivatorjem	9	7,07
Globoka obdelava s kultivatorjem	15	11,78
Fina obdelava z žično brano	7	5,50
Predsetvenik	6	4,71
Krožna brana	7	5,50
Vrtavkasta brana	10	7,85
Prekopalnik - freza	12	9,42
Setev		
Presledna setev	5	3,93
Direktna presledna setev	11	8,64
Široka setev	5	3,93
Vrtavkasta brana + sejalnica	15	11,78
Prekopalnik + sejalnica	17	13,35
Direktna setev (no till)	9	7,07

	Obdelava tal in setev										
	Konvencionalna	Poraba goriva [l/ha]	kg CE/ha		Konzervacijska	Poraba goriva [l/ha]	kg CE/ha		Brez obdelave - neposredna setev	Poraba goriva [l/ha]	kg CE/ha
Ločeno - trije prehodi	Plug	23	18,06								
	Predsetvenik	6	4,71		Kultivator	15	11,78				
	Vrtavkasta brana	10	7,85		Vrtavkasta brana	10	7,85				
	Sejalnica	5	3,93		Sejalnica	5	3,93				
	Skupaj	44	34,54			30	23,55				
Reducirano - dva prehoda	Plug	23	18,06		Kultivator	15	11,78				
	Vrtavkasta brana s sejalnico	15	11,78		Vrtavkasta brana s sejalnico	15	11,78				
	Skupaj	38	29,83			30	23,55				
Združeno - en prehod	Plug z valjarjem in sejalnico	Ni podatka			Prekopalnik s sejalnico	17	13,35		Kombiniran stroj za neposredno setev v neobdelana tla	9	7,07