



Fakulteta za kmetijstvo
in biosistemske vede



Interreg 
SLOVENIJA – AVSTRIJA
SLOWENIEN – ÖSTERREICH
Evropska unija | Evropski sklad za regionalni razvoj
Europäische Union | Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

Obdelovanje tal in protierozijska zaščita na vodovarstvenih območjih



Avtor:
dr. Denis Stajko



Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru



Obdelovanje tal in protierozijska zaščita na vodovarstvenih območjih

Avtor:
dr. Denis Stajniko

Julij 2017

Naslov: Obdelovanje tal in protierozijska zaščita na vodovarstvenih območjih

Title: Soil Tillage and Anti-Erosion Protection at Water Protection Zones

Avtor: Red. prof. dr. Denis Stajnko (Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede)

Strokovna recenzija: Red. prof. dr. Rajko Bernik (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta)
red. prof. dr. Dubravko Filipović (Univerza v Zagrebu, Agronomska fakulteta)

Jezikovna recenzija Tjaša Veber, prof. slov. jezika

Tehnični urednik: Jan Perša, mag. inž. prom. (Univerzitetna založba Univerze v Mariboru)

Grafične priloge: Red. prof. dr. Denis Stajnko (Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede)

Izdajateljici:

Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede
Pivola 10, 2311 Hoče, Slovenija
tel. +386 2 320 90 00, faks +386 2 616 11 58
<http://www.fkbv.um.si>, fkbv@um.si

Kmetijsko gozdarski zavod Murska Sobota
Štefana Kovača 40, 9000 Murska Sobota, Slovenija
tel. +386 2 539 14 10, faks +386 2 521 14 91
<http://www.kgzs-ms.si>, kgzs.zavod@gov.si

Založnik:

Univerzitetna založba Univerze v Mariboru
Slomškov trg 15, 2000 Maribor, Slovenija
tel. +386 2 250 42 42, faks +386 2 252 32 45
<http://press.um.si>, zalozba@um.si

Dostopno na: <http://press.um.si/index.php/ump/catalog/book/258>

Izid: Avgust 2017

© Univerzitetna založba Univerze v Mariboru

Vse pravice pridržane. Brez pisnega dovoljenja založnika je prepovedano reproduciranje, distribuiranje, predelava ali druga uporaba tega dela ali njegovih delov v kakršnemkoli obsegu ali postopku, vključno s fotokopiranjem, tiskanjem ali shranjevanjem v elektronski obliki. Izjema je Kmetijsko gozdarski zavod Murska Sobota, ki je financer izdelave in tiska monografije.

Priročnik je nastal v okviru projekta »Ekološko trajnostno kmetijstvo v skladu s sodobnim upravljanjem z vodami« ali »SI-MUR-AT« in je sofinanciran s strani Evropske unije znotraj Evropskega sklada za regionalni razvoj v okviru Programa sodelovanja Interreg V-A Slovenija-Avstrija.

Stališča izražena v tej publikaciji ne odražajo nujno stališče sofinancerja.

© University of Maribor Press

All rights reserved. No part of this book may be reprinted or reproduced or utilized in any form or by any electronic, mechanical, or other means, now known or hereafter invented, including photocopying and recording, or in any information storage or retrieval system, without permission in writing from the publisher. The exception is the Murska Sobota Forestry Institute, which is the financier of the production and printing of the monograph.

The handbook was produced under the project "Ecological and sustainable agriculture in accordance to a contemporary water management" or "SI-MUR-AT" and was co-financed by the European Union within the framework of European Regional Development Fund under the Cooperation Programme Interreg V-A Slovenia-Austria.

The contents of this publication can not be taken to reflect the views of the co-financer.

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Univerzitetna knjižnica Maribor

631.5(0.034.2)

STAJNKO, Denis, 1964-

Obdelovanje tal in protierozijska zaščita na
vodovarstvenih območjih [Elektronski vir] / avtor Denis Stajnko.
- Maribor : Univerzitetna založba Univerze, 2017

Način dostopa (URL):

<http://press.um.si/index.php/ump/catalog/book/258>

ISBN 978-961-286-066-0 (pdf)

doi: 10.18690/978-961-286-066-0

COBISS.SI-ID [92677377](#)

ISBN: 978-961-286-066-0 (PDF)
978-961-286-067-7 (tiskan izvod)

DOI: <https://doi.org/10.18690/978-961-286-066-0>

Cena: Brezplačen izvod

Odgovorna oseba založnika: Prof. dr. Igor Tičar, rektor Univerze v Mariboru

DOI <https://doi.org/10.18690/978-961-286-066-0>
© 2017 Univerzitetna založba Univerze v Mariboru
Dostopno na: <http://press.um.si>

ISBN 978-961-286-066-0

Obdelovanje tal in protierozijska zaščita na vodovarstvenih območjih

DENIS STAJNKO

Povzetek Monografija je namenjena kmetijskim svetovalcem in izobraževanju pridelovalcev o sodobnih načinih obdelave tal na vodovarstvenih območjih (VVO), ki obsegajo območje varovanja vodnjaka (VVO), zasilno zaščitno cono (VVO III), pomembno območje za podtalnico (VVO II) in zelo občutljivo območje (VVO I). Pripravili smo jo za potrebe izvajanja projekta SI-MUR-AT v okviru EU programa sodelovanja Interreg Slovenija-Avstrija 2014 – 2020. VVO predstavlja področja zajemanja pitne vode (vključno z vodo iz jezer, rek in podzemnih vodonosnikov), ki jih ščitimo pred prekomerno uporabo in kontaminacijo. Ker je VVO po navadi del kmetijske krajine, na kakovost vode lahko vplivajo nepravilne kmetijske prakse. V prvem delu monografije so predstavljene najpomembnejše omejitve konvencionalnega gojenja na VVO, zlasti obdelava tal, ki je omejena z lokalno in državno zakonodajo. Pomemben del monografije je predstavitev ohranitvenega kmetijstva, pri čemer je posebej opisana konzervacijska (ohranitvena) obdelava (KO), ki je edini sprejemljiv način priprave tal za setev na VVO. Poleg KO-sistemov so prikazani principi direktne setve brez mehanskega mešanja tla, setev v trakove in združene setve.

Gljučne besede: • konzervacijsko kmetijstvo • ohranitvena obdelava • protierozijska zaščita • direktna setev • zastirka • kontrola plevelov •

NASLOV AVTORJA: dr. Denis Stajnko, redni profesor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Pivola 10, 2311 Hoče, Slovenija, e-pošta: denis.stajnko@um.si.

DOI <https://doi.org/10.18690/978-961-286-066-0>
© 2017 Univerzitetna založba Univerze v Mariboru
Dostopno na: <http://press.um.si>.

ISBN 978-961-286-066-0

Soil Tillage and Anti-Erosion Protection at Water Protection Zones

DENIS STAJNKO

Abstract The monograph was prepared to educate agricultural advisors and farmers on the modern ways of soil tillage and anti-erosion methods at water protection zones (WPZ), comprising of wellhead protection area, intake protection zone, significant groundwater recharge area and highly vulnerable area. It was prepared for the project SI-MUR-AT, an EU Cooperation Program INTERREG Slovenia-Austria 2014 – 2020. WPZ represents source water (including water from lakes, rivers and underground aquifers) protection from overuse and contamination. Since WPZ is usually the part of agricultural landscape, the water quality might be affected by the improper agricultural practices. In the first part the most important regulation on the way of conventional farming, especially soil tillage, fertilization is described as suggested by local and state legislative. The major part is contributed to the conservation agriculture (CA), whereby the conservation tillage (CT) represents the only acceptable way of preparing the soil for sowing. Beside CT systems no or minimum mechanical soil disturbance, organic mulch soil cover, and crop species diversification is presented in this monograph.

Keywords: • Conservation agriculture • Conservation tillage • No-Till • Anti-erosion protection • Mulch • Weed control •

CORRESPONDENCE ADDRESS: Denis Stajanko, Ph.D., Full Professor, University of Maribor, Faculty of Agriculture and Life Sciences, Pivola 10, 2311 Hoče, Slovenia, e-mail: denis.stajanko@um.si.

DOI <https://doi.org/10.18690/978-961-286-066-0>

ISBN 978-961-286-066-0

© 2017 University of Maribor Press

Available at: <http://press.um.si>.

Predgovor

DENIS STAJNKO

Priročnik z naslovom Obdelovanje tal in protierozijska zaščita na vodovarstvenih območjih (VVO) je sestavljen iz več delov. Prvi del vsebuje vsebine iz osnov obdelave tal, drugi del pa posebna znanja o izbiri in uporabi tehnike za obdelavo tal na VVO. Celotna snov iz obdelave tal je široka, saj se prepletana z različnimi tehnologijami pridelave poljščin in travinja, ki obstajajo na VVO in so pogojene z ekonomsko upravičenostjo rabe tehnologije ter strojev. Celotna snov je zbrana iz številne tuje in domače literature kakor tudi iz lastnih opazovanj in izkušenj in je bralcu podana na enostaven način.

Priročnik je napisan z namenom, da se natančno prikaže in opiše novejši načini in tehnike obdelave tal in setve na VVO. Na začetku enaindvajsetega stoletja sodobna kmetijska tehnika ni zgolj pripomoček za tehnično–fizično pripravo setvenih površin, ampak tudi način, s katerim ohranjamo življenje v tleh, zadržujemo vlago v in omogočamo čim učinkovitejše sproščanje ter kroženje hranil.

Priročnik je namenjen predvsem praktikom – kmetovalcem na VVO, uporaben pa je tudi za širšo strokovno javnost in nenazadnje študente.

Kazalo

Uvod	1
1 Mehanske osnove obdelave tal	5
1.1 Stiskanje tal	5
1.2 Nosilnost tal	6
1.3 Površina upora tal, stični tlak tal, tlak pnevmatik	7
1.4 Obremenitev koles	8
1.5 Pogostost obračanja tal	11
1.6 Vpliv mehanske obdelave na obstojnost strukturnih agregatov	13
1.7 Vsebnost organske snovi in organskega ogljika v obdelanih tleh	15
1.8 Vpliv obdelave na specifično gostoto tal	16
1.9 Erozija tal zaradi mehanske obdelave	17
1.10 Vpliv različne obdelave na pridelek poljščin	20
1.11 Druge spremembe lastnosti tal	22
1.12 Stroški obdelovanja tal	23
2 Obdelava tal na VVO	27
2.1 Osnovna obdelava na VVO	28
2.1.1 Plitvo oranje	29
2.2 Dopolnilna obdelava tal	30
2.2.1 Stroji za dopolnilno obdelavo tal, gnani s priključno gredjo	30
2.2.2 Vlečena orodja za dopolnilno obdelavo tal	34
2.2.2.1 Valjarji	34
2.2.2.2 Brane s togo in elastično vpetimi zobci	38
2.2.2.3 Kotalne brane – drobilni valji	38
2.2.2.4 Predsetveniki	38
2.2.3 Združeni stroji (agregatiranje)	40
2.2.3.1 Združen stroj iz treh ali več orodij za dopolnilno obdelavo zemljišča	43
2.2.4 Krožne brane	44
3 Ohranitvena obdelava	47
3.1 Cilji ohranitvene obdelave tal	47
3.2 Načela ohranitvene obdelave tal	47
3.3 Tehnike za ohranitveno obdelavo tal	48
3.4 Vpliv vlage zemljišča na učinek obdelave	49
3.5 Rahljalniki	50
3.5.1 Storilnost rahljalnika in potrebna vlečna moč	52
3.5.2 Diskasti rahljalniki	53
3.5.3 Rahljalniki z gosjimi nogačami	54

3.5.4	Uporaba rahljalnika pri strniščni obdelavi.....	55
3.5.5	Zadelavanje zelenih posevkov	57
3.5.6	Setev vmesnih dosevkov med strniščno obdelavo	57
3.5.7	Zadelavanje gnojevke s pomočjo rahljalnikov	59
3.6	Učinkovitost delovanja in poraba goriva različnih tipov rahljalnikov	60
3.7	Učinek delovanja različnih tipov rahljalnikov	62
4	Setev v pasove.....	63
5	Neposredna setev	71
5.1	Presledna setev v neobdelana tla	77
6	Združena setev	79
7	Mehansko zatiranje plevelov.....	83
7.1	Česalo	83
7.2	Okopalnik “kultivator” s togimi nogačami	86
7.2	Okopalnik “kultivator” s togimi nogačami	89
7.3	Krožno orodje za pletje.....	90
7.4	Krožno česalo	91
7.5	Prstni stroj za pletje	92
7.6	Stroj za pletje s krtačami	93
7.7	Stroj za pletje s košarami.....	93
7.8	Kombinirana orodja.....	94
8	Zaključek s priporočili	97
	Literatura.....	97

Uvod

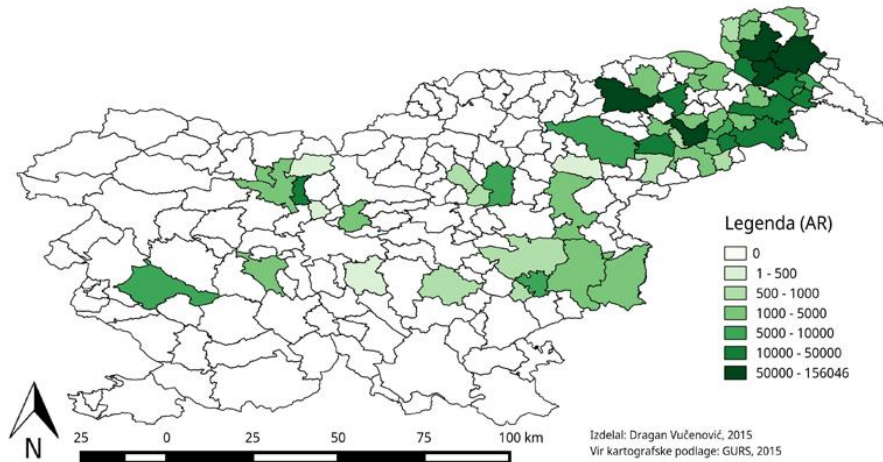
Osnovo vsake kmetijske pridelave predstavljajo tla, ki so omejen in nenadomestljiv naravni vir, zato morata gospodarna in pravilna obdelava zagotavljati njihovo dolgoročno rodovitnost. Napake v obdelavi vodijo do propadanja strukture tal, kar neposredno zmanjšuje in povzroča nepotrebno obremenitev okolje v najširšem smislu, in zbijanja tal – plazin, ki jih dolgoročno zelo težko povrnemo v prvotno stanje. Zaradi navedenih razlogov sta ohranjanje strukture tal in zmanjševanje zbijanja tal sestavni del dobre kmetijske prakse. Pri tem je vrsto obdelave in tehniko nujno prilagoditi tipu tal in talni vlagi ter poskrbeti, da bomo s pomočjo orodij in strojev čim manj poslabšali rodovitnost tal. V kmetijstvu namreč z uporabo konvencionalnih pristopov obdelave tal povzročamo zgolj propadanje strukture tal, zato zahteva tlom prijazna uporaba učinkovite sodobne kmetijske tehnike izostreno rokovanje in inteligentne rešitve.

V Sloveniji se je mehanizirana obdelava tal in posledično mehanizirana pridelava poljščin dokončno uveljavila v začetku sedemdesetih letih prejšnjega stoletja v obdobju 'industrializacije kmetijstva', ko je takratna oblast sprostila nakup kmetijske tehnike tudi za individualne pridelovalce – kmete.

Z osamosvojitvijo Slovenije je kmetijska politika pričela vzpodbujati kmetijsko pridelavo z uvajanjem neposrednih plačil, ki so med drugim povzročili nabavo novih močnejših traktorjev, in povečevanju delovnih širin strojev in orodij za obdelavo tal. Žal je bila skrb za pravilno in okolju prilagojeno obdelavo tal potisnjena na stran, kar se je še posebej odražalo na plitvih tleh in na vodovarstvenih območjih.

13. februarja 2015 je Evropska komisija potrdila Program razvoja podeželja 2014–2020 za Slovenijo, s katerim se je začel izvajati tudi ukrep kmetijsko-okoljsko-podnebna plačila (KOPOP), katerega namen je kmetijska gospodarstva spodbuditi k boljšemu in pravilnejšemu gospodarjenju s tlemi, saj KOPOP zmanjšujejo širše vplive kmetovanja na okolje, prispeva k blaženju podnebnih sprememb in prilagajanju nanje. Država stimulira konzervirajočo (ohranitveno) obdelavo tal POZ_KONZ, s katero pridelovalec vpliva na izboljšanje deleža organske snovi v tleh, na zmanjševanje erozije in povečanje mikrobiološke aktivnosti tal (Uredba, 2015).

Operacija »Poljedelstvo in zelenjadarstvo« vključuje dve obvezni in nekaj izbirnih zahtev, med katerimi se prvič pojavlja tudi »konzervirajoča obdelava« (Uredba, 2015). Na zemljevidu (slika 1) so predstavljeni podatki o zemljiščih z ohranitveno obdelavo, ki so jih v zbirni vlogi za leto 2015 v okviru KOPOP prijavila kmetijska gospodarstva. Iz podatkov zbirnih vlog je razvidno, da se ta način obdelave izvaja v 56 občinah na skupno 7319 ha zemljiščih.



Slika 1. Površine (v arih), vključene v ukrep KOPOP konzervirajoča obdelava (Vučenović, 2015).

Za sodobno postindustrijsko kmetijsko tehniko, katere neločljivi del predstavlja tudi obdelava tal, so po letu 2000 značilni združevanje delovnih operacij v enem hodu in hitrejšo uvajanje informacijskih tehnologij ter izginjanje klasičnega fizičnega dela tudi na večjih kmetijah in ne zgolj v podjetjih.

Sodobna integralna tehnika obdelave tal in setve poljščin združuje najpomembnejše dejavnike pridelave poljščin na VVO – tla, rastline, vodo, zrak, svetlobo, toploto in človeka, organizatorja pridelave, pred katerega se postavlja izziv novega načina priprave tal za setev, pri katerem mora skrbeti in ohranjati tudi organsko snov, življenje v tleh, delež mineralnih snovi in pH tal, in ne zgolj fizično oblikovati talne delce.

Dokazano je bilo, da je človek od prvih, primitivnih načinov obdelave tal do uporabe sodobne tehnike po različnih celinah povzročil obširne erozije tal, ki so vodile v nepopravljivo škodo, zaradi katere so propadle mnoge civilizacije. Čeprav se zdijo takšni dogodki časovno zelo oddaljeni, pa so dogodki, vezani na zamenjavo vprežnih živali s traktorji, pospešili in pokazali katastrofalne vplive nepravilne obdelave npr. na velikih območjih ZDA v začetku 20. stoletja, ko je bila zaradi napačnih pristopov ogrožena pridelava na površini, v velikosti Francije. Podobne nepravilnosti so se dogajale tudi na področju nekdanje Sovjetske zveze in v nekaterih drugih socialističnih (Kuba) oz. totalitarnih državah (Haiti, Madagaskar, Etiopija).

V številnih novejših raziskavah je bilo nedvoumno dokazano, da je mehanska obdelava glavni razlog zmanjšanja števila obstojnih strukturnih agregatov v tleh, kar vodi do manjšega deleža makroagregatov in celo njihovega razpada. To nadalje vpliva na slabšo

infiltracijsko sposobnost tal kakor tudi zmanjšano zadrževalno sposobnost tal za vodo (Elliott in sod., 2000).

1 Mehanske osnove obdelave tal

1.1 Stiskanje tal

Pri vožnji po njivi so sile (v glavnem sila teže, ob tem pa tudi vozne, zavorne, natezne sile) pri kontaktnem stiku pnevmatik ali gosenic s tlemi zelo dobro vidne v obliki sistematično odtisjenih različno globokih in širokih kolesnic. Če so skupne sile večje od trenutno mobiliziranih skupnih protinapetosti v tleh in jih po navadi sestavljajo sile trenja med delci in napetosti med molekulami vode v mikroporah, se bodo tla lažje deformirala, postajala vse bodo zbita in nezračna, vse dokler ne bo ponovno dosežena nova potrebna najvišja 'stabilnost' tal. Najpomembnejši ukrep zmanjšanja stiskanja tal in posledično zaščite strukture tal je prepoved vožnje po zelo mokrih tleh, zato je potrebno predvideti obseg zasedenosti delovnih strojev glede na vremenske napovedi. Številne domače izkušnje so pokazale, da imamo povprečno jeseni samo približno polovico razpoložljivih delovnih dni dovolj nizko talno vlago. Tudi zgodaj spomladi so tla zaradi zalog zimske vlage kljub suhi površini tal pogosto zelo občutljiva na stiskanje, zato je potrebno izkoristiti čas za opravljanje dela na polju, ko so tla dobro prevozna. Glede na različne tipe tal in vlažnost tal lahko tako fleksibilno oblikujemo načrt uporabe mehanizacije tako na manjših, še posebej pa na velikih posestvih.

Zbitost tal se največkrat pripisuje uporabi težke kmetijske mehanizacije, zaradi katere se poveča volumna gostota tal in zmanjša delež makropor. Bolj zbita tla so zato manj zračna, imajo slabšo infiltracijsko sposobnost za vodo in posledično nudijo slabše pogoje za rast in razvoj koreninskega sistema. V zbitih tleh je največkrat neurejen tudi zračno-vodni režim (Caner in sod., 2007).



Slika 2. Učinek vožnje po mokrih tleh (Demmel in Kirchmeier, 2013).

1.2 Nosilnost tal

Nosilnost tal je lastnost, ki omogoča vožnjo in obdelavo po njivi. Odvisna je od teksture in strukture tal, vlage in rastlinskega pokrova. Nosilnost tal se večja z manjšanjem deleža vlage v tleh in večanjem gostote tal. Vlažna in rahla tla se najlažje zbijejo. Značilnosti dobrih tal so, da so po obdelavi sestavljena iz številnih drobnih delcev, ki gosto prekrivajo naravne spodnje plasti. Zato je naloga obdelave tudi, da si prizadevamo za dolgoročno – trajnostno obstojne strukturne agregate, ki so prepleteni z bioporami in so brez stisnjenih (kompresijskih) območij (slika 3).

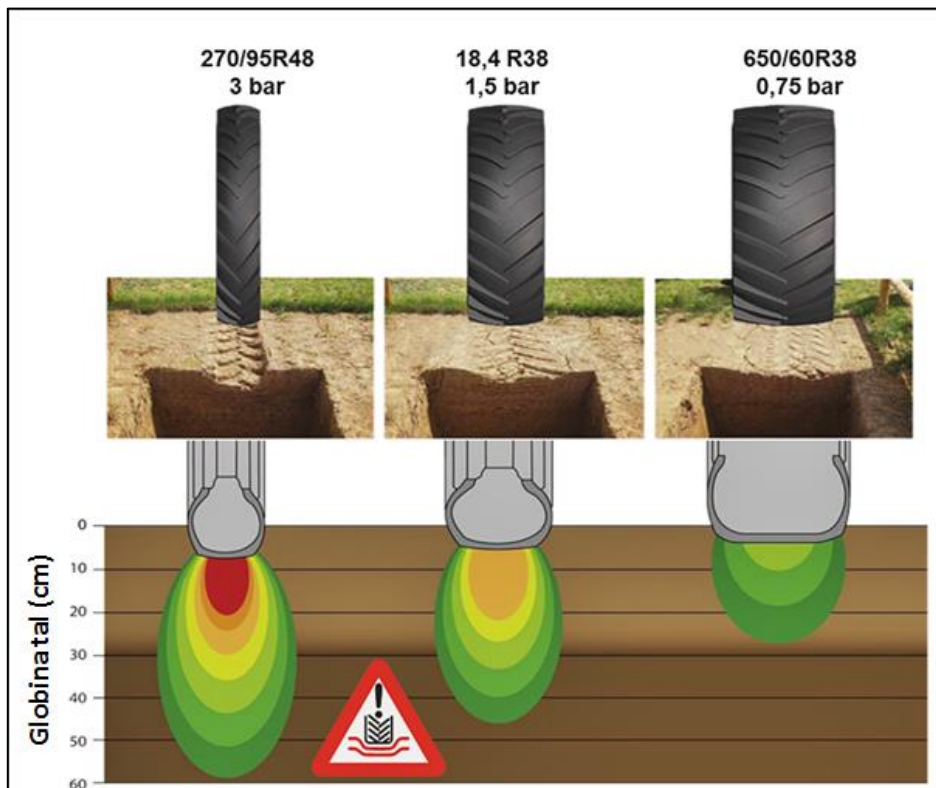


Slika 3. Dobra struktura tal na njivi (levo) in stisnjena tla pod vozno potjo (Deimel, 2013).

Nosilnost tal se lahko izboljša z zmanjšano pogostostjo obdelave tal, manjšo intenziteto in manjšo globino obdelave. Izjemno velik vpliv ima plitva obdelava tal brez globokega oranja (10–12 cm), saj lahko zaradi manjšega posega v globlje plasti tal nastaja stabilna naravna struktura, ki jo pomagajo ustvarjati talni organizmi in korenine. Takšna struktura tal je tudi stabilnejša kot pa vsakoletno fizično ustvarjena umetna struktura, ki je posledica globoke osnovne obdelave tal z oranjem. Vendar nas dobra prevoznost konzervirajoče (ohranitveno) obdelanih tal ne sme zavesti, da so dobro prevozna tudi v vlažnem stanju, saj se lahko prav tako hitro zbijejo. Prav tako je napačno razmišljanje, da bomo z nenehnim plitvim obdelovanjem povečali nosilnost tal. Ravno nasprotno, zaradi pogostejših obremenitev se bo struktura tal in njene funkcije le poslabšala (Asoodar in sod., 2006).

1.3 Površina upora tal, stični tlak tal, tlak pnevmatik

Tlak, ki nastaja med pnevmatikami ali gosenicami in tlemi, se kontaktno – tridimenzionalno prenaša v tla in z globino pada. Vsako povečanje površine upora tal z uporabo npr. širših pnevmatik, dvojnih pnevmatik ali zmanjšanjem tlaka v pnevmatikah zmanjša tlak na stični površini pnevmatike – tla pri enaki osni obremenitvi koles. Največji razbremenilni učinek se tako pojavi v sredini pnevmatike (slika 4). Pravilna nastavitvev tlaka v pnevmatikah glede na tovarniška priporočila in vrsto opravil (delo na polju, vožnja po travniku, vožnja po cesti) zagotavlja poleg enakomerne razporeditve tlaka na stično površino tal tudi poboljšani oprijem pnevmatik. Optimalni tlak v pnevmatikah zagotavlja boljši oprijem koles ob manjšem kotalnem uporu in nenazadnje manjšo porabo goriva.



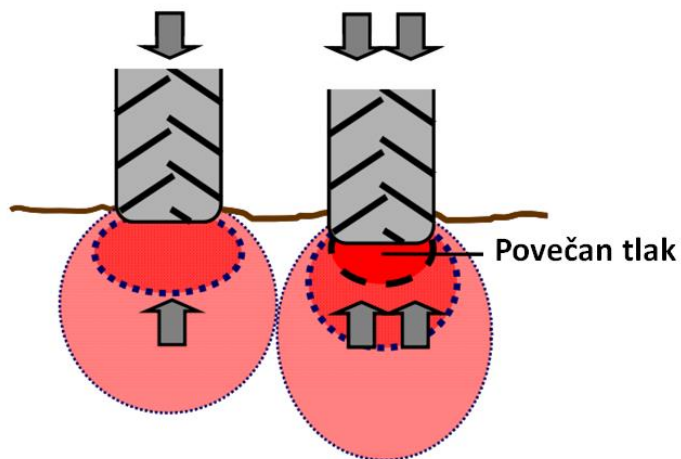
Slika 4. Prikaz vpliva tlačjenja ožjih, standardnih in širokih pnevmatik (desno), (po Deimel, 2013).

1.4 Obremenitev koles

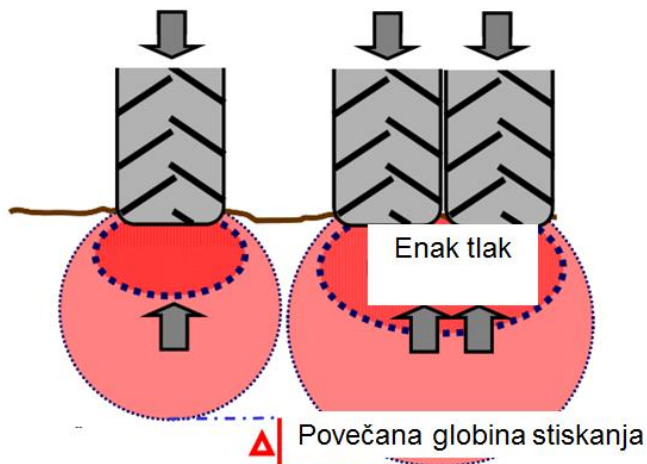
V preteklih desetletjih smo bili priča večanju zmogljivosti traktorjev in kombajnov, kar se je odražalo tudi na večji obremenitvi koles in izbiri vedno večjih pnevmatik. Vendar z večanjem obremenitev koles narašča tudi njihovo delovanje v globino tal. Pri optimalnih pnevmatikah, izbranih s strani proizvajalca, je vozilo z manjšo obremenitvijo na kolesa najboljša izbira za tla. Večletne raziskave na njivah pa so pokazale veliko tveganje za stikanje spodnjih plasti tal tudi pri optimalnih pnevmatikah, kadar obremenitev koles bistveno preseže 10 ton. Do tega pojava pride praviloma v vlažnih tleh.

Večja obremenitev koles (sila teže) zahteva za normalno vožnjo po njivi tudi večjo površino upora tal – širše pnevmatike, saj se v nasprotnem primeru v vlažnih tleh pojavi ugrezanje delovnega vozila (sliki 5 in 6). Hkrati pa se s tem poveča tudi volumen neposredno obremenjenih tal (slika 6), zato so tla dejansko tudi globlje stisnjena. Nasprotno, zahteva manjša obremenitev koles proporcionalno manjši volumen neposredno obremenjenih tal in so tla manj globoko stisnjena, čeprav je tlak med kontaktno površino pnevmatik in tlemi v obeh primerih enak. S tem je princip mehanike tal razjasnjen: s povečanjem obremenitve koles se povečuje globina stiskanja tal. Rešitev

za večje obremenitve koles je možna z namestitvijo kolesnic na težjih in večjih traktorjih ali pa z namestitvijo dodatnih koles (dvojna kolesa) na srednje velikih in velikih traktorjih. Alternativa je tudi bistveno zmanjšanje tlaka v pnevmatikah (~0,8 do 0,9 bar), kar zahteva dodatno opremo na traktorju, saj potrebujemo za vožnjo po cesti bistveno večje tlake (~2,1 do 2,5 bar).



Slika 5. Podvojena obremenitev koles pri enaki naležni površini povzroča večji tlak na tla in kolo se bolj ugrezne (povzeto po Brandhuber in sod., 2008).

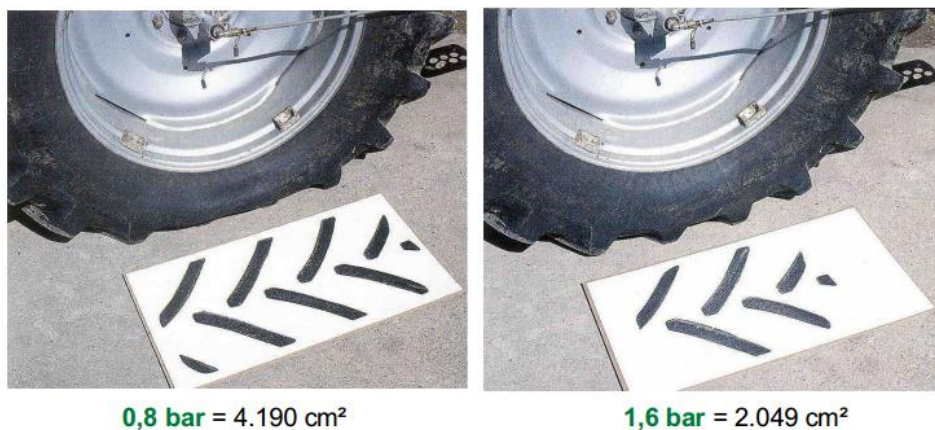


Slika 6. Podvojena obremenitev koles in podvojena površina upora tal se odražata v globljem učinku na tla – kljub enakemu kontaktnemu tlaku na naležni površini (povzeto po Brandhuber in sod., 2008).

V praksi to pomeni, da se moramo pri večjih traktorjih izogibati povečanju tlaka na stiku naležnih površin in ohranjati tlak, kot smo ga bili vajeni pri manjših traktorjih. To dosežemo tako, da so večje obremenitve koles (zaradi večjih in težjih kombajnov) podprte s proporcionalno povečano kontaktno površino upora tal, kar vodi do nižjih tlakov na kontaktni površini.

V praksi se največkrat izgovarjamo na potreben čas za pripravo pnevmatik, ki je odvisen od načina kontrole tlaka in lahko znaša s pomočjo traktorskega avtonomnega sistema po meritvah Landwirtschaftliche Berufs- und Fachschule Burgkirchen, 2 minuti 25 sekund za polnjenje 540/65 R38 od 0,8 do 1,6 bara in 18 sekund za praznjenje oziroma 1 minuto za polnjenje 480/65 R24 od 0,8 do 1,6 bara in 10 sekund za praznjenje. V tujini se za spreminjanje tlaka pnevmatik pogosto uporabljajo v traktor vgrajeni sistemi – kompresorji za polnjenje pnevmatik, senzorji za ločeno merjenje tlaka in sistem za avtomatsko polnjenje in praznjenje posameznih pnevmatik.

V primeru uporabe zunanje kompresorja je čas priprave seveda daljši, vendar se na daljši rok skrbno delo odraža na zbitosti tal.



Slika 7. Prikaz učinka večjega tlaka na zmanjšanje naležne površine pnevmatik (po Deimel, 2013).

Vožnje po njivi z večjim tlakom v pnevmatikah obremenjujejo tla po nepotrebem, saj povzročajo manjši oprijem in večji kotalni upor, kar nazadnje pomeni tudi večjo porabo goriva. Novejša radialna kolesa omogočajo pri manjši hitrosti (delo na njivi) večjo nosilnost z manjšim tlakom v pnevmatikah in tako večjo površino pod kolesi. Za primerno moč in hitrost je potrebno priporočen tlak v pnevmatikah poiskati pri proizvajalcu ali v navodilih. V navodilih bomo našli tudi različne vrednosti za tlak v pnevmatikah, ko vozimo po njivi ali cesti. Pri pogosti menjavi njivske in cestne vožnje ali pri pogosti menjavi pnevmatik je potrebno imeti možnost nastavitve tlaka kar iz vozne kabine.

1.5 Pogostost obračanja tal

Posebno težavo pri zbijanju tal povzroča prepogosto obračanje, saj so tla med obračanjem izpostavljena tudi mehničnim poškodbam, kar pomeni, da se v relativno kratkem času ~ 1 sekunda voda iz vodnih por in zrak iz zračnih por ne morejo pravočasno iztisniti. Ta hidravlični medij sicer ščiti tla kot 'amortizer' pred prevelikim zbijanjem. Če obračanje na mestu še podaljšujemo z dodatnim manevriranjem, je 'amortizer' uničen in tla se trajno zbijejo. Prednost večjih delovnih širin pnevmatik se izkaže tudi pri obračanju, saj je delež površine pnevmatike, na kateri obračamo traktor ali kombajn, večji. Dodatno zmanjšanje tlačenja tal pri obračanju lahko zagotovimo tudi s posebnim načinom vožnje – pasji hod, ki zmanjša velikost tlačenja pri obračanju na koncu njive (slika 8).



Slika 8. Primerjava učinka pasjega hoda (zgoraj) in uporabe ozkih pnevmatik na mokrih tleh na tlačenje tal (spodaj), (povzeto po Brandhuber in sod., 2008).

Tudi pri obračanju na robovih njiv moramo manjšati večje skupne obremenitve na kolesa prvenstveno z uporabo nizkih tlakov v pnevmatikah. Dodatno priporočamo uporabiti vozil, ki imajo večjo površino vožnje npr. traktorje goseničarje, uporabo dvojnih koles (traktor, stroji za pobiranje pridelkov), vozila z dodatnimi osmi (slika 9) transportna vozila, cisterne za gnojevko, stroje za spravilo pridelka in inovativne rešitve v smislu stalnih ali trajnih voznih poti oziroma kolesnic.



Slika 9. Traktor z dvojnimi pnevmatikami (zgoraj levo), traktor goseničar (desno zgoraj), kombajn z dvojnimi pnevmatikami (levo spodaj) in gosenicami (desno spodaj) (povzeto po Demmel in Kirchmeier 2013).

Večkratno spreminjanje tlaka za vožnjo po cesti in njivi je pri vozilih brez avtomatskih sistemov nastavljanja tlaka v pnevmatikah zelo zamudno opravilo, zato se na večjih posestvih oziroma parcelah priporoča uporaba ločenega transporta po cesti in ločene vožnje po njivi. Na robu parcele pa gnojevko ali mineralno gnojilo samo prečrpamo oziroma pretresemo na ustrezno njivsko tehniko (slika 10).



Slika 10. Ločevanje cestnih in njivskih transportov (po Deimel, 2013).

1.6 Vpliv mehanske obdelave na obstojnost strukturnih agregatov

Sredi 30. let prejšnjega stoletja so obsežne suše in peščeni viharji opustošili več milijonov hektarjev polj na področju ameriškega Srednega zahoda, kar je vodilo do opuščanja konvencionalne obdelave z oranjem in začetka načina uvajanja tehnike konzervacijske obdelave 'conservation tillage', katere primarni namen je bil obdržati tla na mestu, kjer so nastala. Od takrat naprej raziskovalci in praktiki proučujejo in uporabljajo načine obdelave tal, pri katerih pripravljamo tla za setev brez večkratnega obračanja in mešanja, in tako ohranjamo čimbolj naravne pogoje za življenje v tleh. Pri konzervirajoči (ohranitveni) obdelavi se intenzivnost fizikalnega delovanja elementov za obdelavo tal drastično zmanjša, zato se povečuje obstojnost strukturnih mikroagregatov, v katerih je ogljik v stabilnem stanju (Conant in sod., 2007). Kationska izmenjalna kapaciteta, ki je neposreden pokazatelj razkroja organskih ostankov do osnovnih rastlinskih hranil, in sorpcijske sposobnosti vezave tal, se pri ohranitveni obdelavi pomembno povečajo. V preglednici 1 so predstavljeni rezultati primerjave suhega povprečnega masnega premera delcev in vodnostabilnih agregatov v globinah 0–5 cm, 5–15 cm in 15–30 cm (polsušno območje), iz katerih je razvidno, da se z ohranitveno obdelavo izboljša struktura tal, medtem ko jih konvencionalna obdelava poslabša. S ponavljajočim se oranjem so tla bistveno bolj podvržena degradaciji.

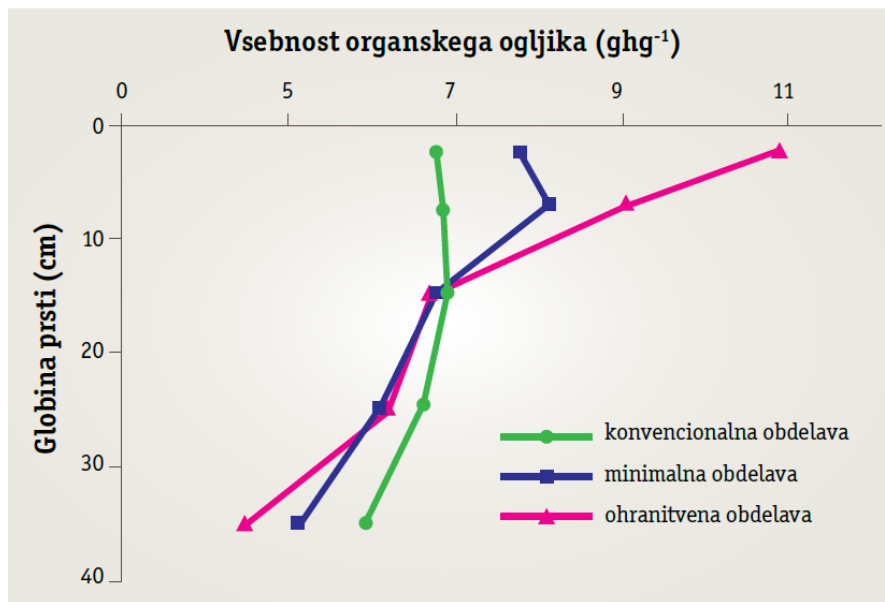
Preglednica 1: Primerjava suhega povprečnega masnega premera delcev (mm) in vodnostabilnih agregatov (%) med ohranitveno in konvencionalno obdelavo (Bescanca in sod., 2009).

Globina (cm)	od 0 do 5	od 5 do 15	od 15 do 30
Povprečni premer suhih strukturnih agregatov (mm)			
ohranitvena obdelava	3,16 ± 0,12	3,19 ± 0,05	3,50 ± 0,9
konvencionalna obdelava	2,58 ± 0,19	3,10 ± 0,11	3,11 ± 0,12
vodnostabilni strukturni agregati (> 0.25 mm) (%)			
ohranitvena obdelava	13,60 ± 2,19	15,05 ± 1,76	14,33 ± 3,20
konvencionalna obdelava	5,49 ± 1,02	7,61 ± 1,29	10,62 ± 1,41

Pri ohranitveni obdelavi se vodno-zračni režim v tleh izboljša, kar se najbolj odraža v deležu mikropor, katerih velikost znaša med 0,1 in 15 μm in so neposredno odgovorne za zadrževanje rastlinam dostopne vode. Nasprotno iz makropor ($> 15 \mu\text{m}$) padavinska voda hitro odteče. Torej intenzivna mehanska obdelava neposredno vpliva na zadrževalno sposobnost tal za vodo in s tem na količino vode, dostopne rastlinam. V številnih raziskavah je bilo dokazano, da oranje neposredno zmanjšuje infiltracijo vode v tleh in neposredno povečuje evapotranspiracijo. To pomeni, da je ohranitvena obdelava zelo priporočljiva na polsušnih območjih, kjer primanjkuje vode. Primerjave namreč kažejo, da se največje razlike v fizikalnih lastnostih tal med mehansko obdelanimi in neobdelanimi tlemi pokažejo v najbolj sušnih mesecih, ko ni padavin. Neposredni kazalnik je hektarski donos v sušnih razmerah, ki je na mehansko neobdelanih njivah celo do dvakrat večji (Arshad in sod., 1999).

Za večino pridelovalcev je seveda merljiv učinek ohranitvene obdelave težko dokazati, saj šele dolgoletne študije pokažejo, da je vidna razlika med konvencionalnim in ohranitvenim načinom obdelave v deležu por. Tako se delež mikropor ($< 0,75 \mu\text{m}$) občutno poveča glede na delež makropor ($> 15 \mu\text{m}$). Caner in sodelavci (2007) so v poskusih ugotovili, da je delež makropor pri ohranitveni obdelavi v primerjavi s konvencionalno obdelavo od dva do petkrat manjši na obeh globinah, ki sta bili predmet raziskave (1–7 cm in 10–16 cm). Do podobnih rezultatov so prišli tudi na globinah 0–5, 5–15 in 15–30 cm.

Pri obdelavi tal brez oranja se infiltracija vode v tleh poveča po nekaj letih. Mehanizmi za to povečanje so v nono nastalih rovih, ki jih puščajo odmrle korenine rastlin, in večje število deževnikov zaradi povečanja kanalov v tleh, kjer se ti premikajo. Tudi rezultati poljskih poskusov Biotehniške fakultete v Ljubljani in Moškanjcih so z ohranitveno obdelavo tal pokazali, da se pomembno poveča delež mezopor, delež makropor pa se zmanjša. Posledično se rastlinam dostopna kapaciteta tal za vodo poveča za od 15 do 40 odstotkov, kar lahko omili ali celo prepreči negativne učinke suše. Več je tudi tako imenovanih biopor, ki jih v tleh naredijo organizmi. Rastlinski ostanki na površini skupaj z navpično usmerjenimi bioporami tako povečajo sposobnost infiltracije tal za vodo, kar pomeni, da več padavinske vode ostane na njivi, manj pa je lateralno odteče po površini. Pomembno je, da infiltrirana voda skozi profil tal pronica v globino počasneje, saj je hidravlična prevodnost ohranitveno obdelanih tal zaradi večje gostote tal v tako obdelanih tleh manjša.



Slika 11. Primerjava vsebnosti organskega ogljika v različnih globinah tal pri ohranitveni, konvencionalni in minimalni obdelavi (Hernanz in sod., 2002).

1.7 Vsebnost organske snovi in organskega ogljika v obdelanih tleh

Vse odmrle dele rastlin in živali v tleh nemudoma zajame bio-kemična preobrazba, katere hitrost je odvisna od podnebnih in vodnih značilnosti, delovanja mikroorganizmov, razmerja ogljik-dušik v odmrli organski snovi, pa tudi od značaja in sestave rastlinske oodeje. Preobrazba odmrlih rastlin in živali teče v dveh smereh: v smeri humifikacije in mineralizacije. Ugotovili so, da zaradi mineralizacije pri prehodu zemljišč v ornico večina tal izgubi med 20 in 30 % vsebnosti organskega ogljika, kar pomeni v celotni zgodovini obdelovanja tal z oranjem količine, primerljive količinam izpustov CO₂ iz gospodinjstev. Na vsebnost organskega ogljika (humusa) v tleh neposredno vpliva tudi mehanska obdelava tal, saj je organski ogljik v zgornjih plasteh tal zelo mobilni, še posebej na območjih z večjim naklonom, kjer je izpostavljen vetrovom in/ali tekočim vodam.

Organska snov je pri mehanski obdelavi izpostavljena bio-kemični oksidaciji, kar povzroči odstranitev organskega ogljika iz tal v obliki izpustov CO₂. Ohranitvena obdelava je tako eden največjih potencialnih virov blažitve izpustov toplogrednih plinov v kmetijstvu in bi lahko pomembno prispevala k zmanjšanju emisij na našem planetu. Raziskave so namreč razkrile, da ravno mehanska obdelava deviških tal povzroči izgubo največjih količin CO₂ iz tal. Ob prehodu na ohranitveno obdelavo pa se organski ogljik hitreje kopiči v tleh, kot se izgublja v ozračje. Vsebnost organskega ogljika je za tla eden najpomembnejših dejavnikov, saj neposredno vpliva na strukturo tal in poveča delež por, zračnost, sposobnost za zadrževanje vode ter zmanjša erozijo tal. Prav tako je za nemoteno rast rastlin v tleh nujna navzočnost ogljika. Organska snov je namreč nosilka

rodovitnosti tal in je skladišče hranil, hkrati pa izboljšuje zračnost ter preprečuje zbijanje tal.

Zaradi različnih načinov obdelave razkriva analiza vsebnosti organske snovi pri ohranitveni in konvencionalni obdelavi precejšnje razlike v zgornjih plasteh tal (0–5 cm in 5–10 cm), medtem ko so v globljih plasteh razlike veliko manjše. Kot je razvidno iz grafikona, je pri ohranitveni obdelavi v zgornjih plasteh tal (0–5 cm in 5–10 cm) občutno večja vsebnost organskega ogljika. V globinah 10–20 cm in 20–30 cm med mehansko obdelanimi in neobdelanimi tlemi ni bilo pomembnih razlik, medtem ko je bila v globini 30–40 cm (neobdelana tla) vsebnost organskega ogljika celo večja pri konvencionalni obdelavi. Iz navedenega sledi, da gre večjo stabilnost tal v zgornjih slojih pripisati prav večji količini organske snovi. Večja kot je vsebnost organskega ogljika, obstojnejši so tudi talni strukturni agregati. Z ohranitveno obdelavo, pri kateri puščamo organske ostanke na površini njive, se je v nekaj letih močno povečala vsebnost humusa v zgornjih 10 cm tal tudi v slovenskih pedoekoloških razmerah.

1.8 Vpliv obdelave na specifično gostoto tal

Neustrezen način obdelave tal lahko dolgoročno privede do povečane zbitosti tal, ki se odraža v večanju specifičnega upora tal in posledično večji porabi goriva za vleko strojev. Čezmerno zbijanje tal je še izraziteje, če se obdelava izvaja v preveč vlažnih tleh, zlasti če se zanjo ne uporablja ustreznega orodja. V mnogih poskusih je bilo ugotovljeno, da se specifična gostota tal po oranju in predsetveni pripravi v zgornjem sloju tal kratkotrajno zmanjša, a se nato med vegetacijo ponovno poveča (Karlen in Logsdon, 2004). Tudi pri ohranitveni obdelavi tal, še posebej pa pri direktni setvi, se specifična gostota z leti poveča, kar lahko pozitivno vpliva na povečano vodno zadrževalno sposobnost tal. V preglednici 2 so rezultati študije primerjave specifičnega upora tal in specifične gostote tal med mehansko obdelanimi in neobdelanimi tlemi pet mesecev po setvi. Pri ohranitveni obdelavi je specifična masa tal občutno večja v zgornjem sloju tal (0–5 cm), medtem ko v ostalih globinah (5–15 cm in 15–30 cm) večjih razlik ni bilo zaznati. Podobno velja za specifični upor, pri katerem so razlike med obema načinoma obdelave opazne praviloma do globine 15 cm.

V drugem večletnem poskusu so opazovali spremembe v specifični gostoti tal kot indikatorju kakovosti tal ob prehodu s konvencionalne na ohranitveno obdelavo. Rezultati so potrdili, da se specifična gostota tal z leti spreminja, vendar njena sprememba dolgoročno ne povzroča manjšega hektarskega donosa oziroma prehod k ohranitveni obdelavi ne povzroča večjih sprememb niti v specifični gostoti tal niti v hektarskem donosu posamezne poljščine.

Preglednica 2: Primerjava specifičnega upora tal in specifične gostote tal pri ohranitveni in konvencionalni obdelavi (Bescanca in sod., 2009).

Globina (cm)	od 0 do 5	od 5 do 15	od 15 do 30
specifični upor tal (MPa)			
Ohranitvena	3,37 ± 0,13	3,51 ± 0,09	3,82 ± 0,03
Konvencionalna	1,33 ± 0,19	2,16 ± 0,17	3,72 ± 0,05
specifična masa tal (g/cm ³)			
Ohranitvena	1,78 ± 0,02	1,65 ± 0,01	1,68 ± 0,06
Konvencionalna	1,58 ± 0,09	1,64 ± 0,06	1,64 ± 0,07

1.9 Erozijska tal zaradi mehanske obdelave

Vodna in vetrna erozija sta v naši okolici nenehno prisotni, vendar obdelava tal neposredno pospešuje vse vrste erozije. Zaradi mehanske obdelave tal se nasprotno prepričanju prične erozija vseh tipov tal tudi na ravninskih področjih, vendar z nagibi in padavinami značilno narašča (slika 12). Nekateri avtorji navajajo, da v hribovitem svetu prispeva celo do 70 % celotne erozije tal. Razlogi zanjo so povečan naklon terena, globina in hitrost oranja, smer oranja, lastnosti tal in odsotnost rastlinskega pokrova.

O eroziji tal je v Sloveniji bolj malo konkretnih podatkov, kar je posledica slabšega zavedanja o tem procesu, razdrobljenosti zemljišč in majhnega števila postaj za merjenje erozije. Posredne podatke o eroziji lahko dobimo iz meritev suspenzij in prodonosnosti v akumulacijskih jezerih hidroelektrarn na Soči, Savi in Dravi ter izračuni z različnimi modeli. Mikoš in Zupanc (2000) ocenjujeta, da izgubimo v Sloveniji letno zaradi erozije na kmetijskih površinah povprečno 5–10 mm tal letno, kar pomeni izgubo 80–100 t tal /ha/letno. Erozijska njivskih površin letno odnese oziroma premesti v nižjo lego 0,92–2,45 milijona m³ tal, v vinogradih približno 0,27–0,29 milijona m³ tal, na travnikih in pašnikih 0,84–1,03 milijona m³, v sadovnjakih 0,18–0,20 milijona m³.

Praktične meritve erozije tal na njivi v porečju Besnice severozahodno od Kranja so pokazale, da znaša letno 36 t/ha. Ker se izgubljenih tal ne da nadomestiti, je edini način varovanja tal pred erozijo s preventivnimi metodami, kot je npr. terasiranje oziroma sprememba tehnologije obdelave tal, ki poleg ohranitvene obdelave vključuje mulčenje sadovnjakov in vinogradov ter obdelavo vzporedno z izohipsami in bočno doseljevanje različnih strnjjenih posevkov za preprečevanje vodne erozije in pospeševanje infiltracije meteornih voda (slika 12).



Slika 12. Posledice vodne erozije na konvencionalno obdelanih njivskih površinah; poglobljene kolesnice (zgoraj), odnašanje materiala (spodaj desno), (povzeto po Zorn in Komac, 2005).

Bralec si lahko učinek različnih količin padavin na različno obdelana tla tako na ravnih, predvsem pa na nagnjenih terenih pogleda tudi v številnih zelo slikovitih predstavitev, objavljenih na portalu [www.youtube](http://www.youtube.com/watch?v=W0E5Ac0O-kQ). Pri teh aktivnostih sta zelo delovna švicarski inštitut za ekološko kmetijstvo FiBL (Das Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL) na strani <https://www.youtube.com/watch?v=W0E5Ac0O-kQ> in revija Bioaktuell <http://www.bioaktuell.ch/aktuell.html>.



Slika 13. Setev po izohipsah (zgoraj), prečna setev proti erozijskih pasov (povzeto po Gregorich in sod. 1998)

1.10 Vpliv različne obdelave na pridelek poljščin

V svetu imajo z ohranitveno obdelavo bistveno več izkušenj, iz katerih pa je enoznačne zaključke težko potegniti. Tako nekateri avtorji ugotavljajo, da je v primerih povprečne ali nadpovprečne količine padavin (> 700 mm padavin v rastni dobi) večji hektarski pridelek pri konvencionalni obdelavi, medtem ko se pridelek v sušnih obdobjih močno zmanjša. Takrat je večji pri ohranitveni obdelavi, kar je zelo pomembno spoznanje tudi v luči podnebnih sprememb in še eden od razlogov za širšo uporabo tovrstne metode kmetovanja. Npr. italijanski raziskovalci so v študiji primerjave hektarskega pridelka ječmena pri konvencionalni in ohranitveni obdelavi ugotovili, da je bil pridelek v sušnem letu 2008 pri ohranitveni obdelavi kar dvakrat večji.

Med prvimi se je v Sloveniji proučevanja vpliva konzervirajoče (ohranitvene) obdelave tal na velikost pridelka poljščin v Jablah pri Ljubljani na meljasti ilovici lotil profesor Tajnšek in v norfolškem kolobarju (koruza-ječmen-grah-pšenica) ter dvopolju (ozimna pšenica-koruzna) ugotovil, da so bili pridelki v konvencionalni pridelavi v štiriletnem kolobarju za 8,3–40 % večji, v dvopolju večji za 9,3 % (koruza) in 13 % (ozimna pšenica).

Raziskovalci Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede iz Maribora so ugotovili, da se v prvem letu po uvajanju nove tehnologije obdelave tal najprej pokaže vpliv na značilno manjšem sklopu ob vzniku oljne ogrščice ali žit, ki pa ga žita po navadi uspešno nadoknadijo z večjim razraščanjem in zato so pridelki v meljasto-ilovnatih tleh in suhih letih skoraj enaki, medtem ko lahko v mokrem letu pričakujemo za desetino manjši pridelek. Nasprotno se pri presledni setvi manjkajoči sklop odraža tudi v 8–12 % manjšem pridelku. Dolgoročno, po 4–7 letih, je pridelek na parcelah z ohranitveno obdelavo vedno večji kot na oranah parcelah, vendar pa se moramo zavedati, da zgolj spremenjeni način obdelave ne more nadomestiti naravnih pomanjkljivosti lahkih tal (npr. slaba zadrževalna sposobnost vode). Izjemno pomembna je predpriprava tal za spremenjeni način obdelave, ki vključuje uporabo organskih gnojil, širjenje kolobarja, vključevanje strniščnih dosevkov, apnenje – vzdrževanje optimalnega pH tal, pravočasen nadzor koreninskih plevelov in vztrajnost (Stajniko, 2009). Rezultati poskusov na dveh vzorčnih parcelah so prikazani v preglednici 3.

V poskusu na obrobju Dravskega polja – lokaciji Ješenca so proučevali vznik in rast ter razvoj mnogocvetne ljuljke na glinasto-ilovnatih tleh s 652 mm letnih padavin pri konvencionalni, konzervirajoči (ohranitveni) obdelavi in direktni setvi z dvema sejalnica. Še enkrat več so dokazali, da vsaka sejalnica ni namenjena za direktno setev mnogocvetne ljuljke, lahko pa mehansko sejalnico za strnjeno setev uporabimo v kombinacijo z vrtavkasto brano in tako prihranimo vsaj en prehod za predsetveno obdelavo. Lemken Saphir 7 je vrhunska sejalnica, ki pa ni izdelana za pogoje direktne setve, saj seme mnogocvetne ljuljke odlaga neenakomerno globoko, saj jo ovirajo različne količine rastlinskih ostankov in površinska zbitost tal. Nasprotno se je sejalnica Pöttinger Terrasem 3000 T s krožnimi setvenimi lemeži, ki omogočajo boljše rezanje rastlinskih ostankov in s tem natančno odlaganje semena v tla, izkazala pri vseh treh načinih priprave tal za setev (Stajniko, 2016a).

Vzrok za manjše pridelke pa ni samo tehnika, ampak tudi manjša vsebnost mineralnega dušika v tleh, ki niso bila orana, saj so bila tla manj zračna, posledično sta bili manjša mikrobiološka aktivnost in mineralizacija humusa.

Zbita in suha tla so prav tako ovirala dobro odlaganje semena pri direktni setvi s sejalnico Pöttinger Terrasem 3000 T, ki je sicer s svojimi ostrimi elementi prilagojena tej vrsti setve, vendar je bil pridelek vseeno višji kot s prvo sejalnico. Kljub splošnemu prepričanju, da valjanje vpliva na število vzniklih rastlin, se je v našem poskusu pokazalo, da sodobne sejalnice s svojimi potisnimi koluti dovolj kvalitetno zvaljajo površino in poseben prehod z valjarjem ni potreben.



Slika 14. Direktna setev na oglejenih tleh v Sloveniji (Stajnko, 2016b).

Preglednica 3: Primerjava pridelkov suhe snovi na različno obdelanih aluvijalnih tleh (P) in melioriranih oglejenih tleh (Z), povzeto po Stajniko, 2017.

Leto	Poljščina	Oranje (P)	Oranje (Z)	Konzervirajoča (P)	Konzervirajoča (Z)	Direktna Setev (P)	Direktna Setev (Z)
2010	Koruza	5.767	7.377	6.278	6.155	5.607	5.618
2011	Oz. pšenica	5.974	5.271	6.227	5.372	5.616	5.031
2012	Oz. oljna ogrščica	3.621	2.885	4.156	3.005	3.363	2.485
2013	Koruza silaža	10.010	9.658	10.907	10.967	9.919	9.443
2014	Oz. pšenica	6.116	5.823	6.400	5.860	6.003	5.393
2015	Oz. oljna ogrščica	2.791	3.621	3.316	4.155	2.361	3.422
Skupaj		34.279	34.638	37.284	35.516	32.868	31.395

Trajna poskusa Biotehniške fakultete v Ljubljani in Moškanjcih sta pokazala, da so pridelki poljščin v prvih letih po prehodu na ohranitveno obdelavo tal nekoliko manjši, pozneje pa enakovredni. Prednosti opuščanja oranja se kažejo tudi v ekonomiki, saj zahteva ohranitvena obdelava na hektar obdelovalne površine bistveno manj energije, manj časa in manjšo vlečno silo traktorja kot obdelava s plugom. Razlika je toliko bolj izrazita, čim večja je obdelovalna površina.

1.11 Druge spremembe lastnosti tal

Čprav je globina obdelave pri ohranitvenem načinu lahko tudi preko 20 cm, sprememba načina obdelave najbolj vpliva na lastnosti zgornjih 15 cm tal. Tako je pH tal praviloma pri ohranitveni obdelavi koruze bližji optimalnim vrednostim (pH-vrednost 6,26), medtem ko je bila njegova vrednost na konvencionalno obdelanih njivah precej nižja (pH-vrednost 5,61)(Mihelič, 2012).

V Sloveniji smo z uvajanjem težke kmetijske mehanizacije in globokega oranja na plitvih tleh pogosto prenašali skelet iz spodnjih plasti v zgornje, kar je še posebej oteževalo spravilo krompirja, sladkorne pese ali čebule. Čprav se zdi zmanjševanje deleža skeleta v tleh skoraj nemogoče zmanjšati, lahko z uvajanjem ohranitvene obdelave s pomočjo iztrebkov deževnikov in rastlinskih ostankov zmanjšamo relativni delež skeleta v zgornji plasti tal, saj se poveča volumen tal (Wuest, 2001).

Številni pridelovalci tudi v slovenskih agroekoloških pogojih že opažajo, da se dostopnost hranil v konvencionalno obdelanih tleh zmanjšuje. Če je neprimeren način obdelave še dodatno povzročil zbitost tal in nižanje vrednosti pH, se pomembno zmanjšata dostopnost kalija in fosforja (Bedrač, 2011). Nasprotno se pri ohranitveni obdelavi lahko v težjih tleh zmanjšata dostopnost dušika, kalija in še zlasti fosforja. Nenazadnje je pri ohranitveni obdelavi je nekoliko večja tudi kationska izmenjalna sposobnost tal, kar ugodno vpliva na dostopnost mikrohranil.

1.12 Stroški obdelovanja tal

Seveda mora biti sodobna integralna tehnika za obdelavo tal in setev neposredno povezana s konceptom integrirane pridelave poljščin, ki zagotavlja proizvodnjo hrane z nižjimi stroški ob hkratnem ohranjanju okolja, še zlasti podtalnice na VVO. Pri poljedelski proizvodnji je največji prihranek možno doseči pri energiji z racionalizacijo posameznih delovnih procesov, pri katerih izrazito izstopa konvencionalna obdelava tal z lemežnim plugom s povprečno porabo med 25 in 35 l/ha, ki pri večini poljščin predstavlja skoraj 50 % vse porabljene energije. Zanimivi so podatki iz držav članic EU, iz katerih je razvidno, da se med državami EU za potrebe obdelave tal porabi skoraj 38 % vse vložene energije v pridelavo poljščin, od tega samo za osnovno obdelavo s plugom skoraj tri četrtine (Brunotte, 2007). To kaže, da je možno s pravilnim – optimalnim načinom obdelave tal vplivati na stroške obdelave in posledično na rast profita pridelave poljščin. Nadalje ima spremenjen način obdelave tudi širši okoljski pomen, saj se zmanjšujejo neposredni in posredni vplivi izgorevanja fosilnih goriv, poleg tega pa posredno vplivamo na zalogo vode v tleh in kakovost podtalnice ter izpuste CO₂ v atmosfero (Vindiš in sod., 2017).

2 Obdelava tal na VVO

Obdelava tal na VVO je izjemno kompleksno opravilo, saj terja skrb za rodovitna tla veliko znanja in volje, pri tem pa nimamo niti strogo predpisanih pravil niti receptov, saj so pedoklimatski pogoji in zahteve poljščin pogosto vezani na posamezno parcelo ali celo del parcele. Nov pristop k obdelavi tal ni za tradicionalno konzervativno usmerjenega kmetovalca, zahteva namreč kreativnega in inovativnega človeka, ki mora obvladati:

- tehnologijo pridelave posameznih poljščin,
- rokovanje in največji možni izkoristek sodobne kmetijske tehnike,
- redno in kvalitetno vzdrževanje sodobne tehnike.

Glede na stopnjo zaščite vodnih virov na VVO so za različne slovenske občine oziroma vodna zajetja predpisana štiri področja – stopnje varovanja vodnih virov, ki se med seboj ločijo med drugim tudi po načinu dovoljene obdelave tal, zadelave organskih gnojil in uporabe mineralnih gnojil (Matoz, 2009).

VVO je področje neposredno nad izviri pitne vode oziroma nad vodnjaki za zajemanje pitne vode, na katerih je dovoljena samo košnja naravno gojenega travinja.

Na VVO I morajo biti kmetijske obdelovalne površine vse leto pokrite z rastlinjem. VVO I v določenih občinskih odlokih in državnih uredbah različno zastrujejo pogoje kmetovanja. Tako lahko najdemo tudi predpise o minimalni obdelavi tal (brez oranja in globokega mešanja zgornjih plasti tal), vključevanje dosevkov in zelenega gnojenja v kolobar, da so tla v čim večji meri pokrita z rastlinsko odejo skozi vse leto in njihovo čim kasnejše zadelavanje.

Nadalje porabo organskih gnojil na osnovi potreb rastlin in samo v času, ko jih te najbolj izkoristijo, uporaba umetnih gnojil (dušika) na osnovi potreb rastlin in samo v času ko jih te najbolj izkoristijo, ob upoštevanju razpoložljivih mineralnih snovi v tleh in mineralnih snovi, ki jih vsebujejo organska gnojila.

V VVO I torej odpade konvencionalna obdelava tal s plugom, zato smo primorani uporabiti alternativne tehnike priprave tal. Najpogosteje se za začetek svetuje ohranitvena obdelava, po nemški literaturi imenovana tudi 'Mulchsaat'. Na njivah, kjer se pogosto pojavlja suša, in na zemljiščih, ki so izpostavljena eroziji, lahko preidemo na ohranitveno obdelavo tal. Zanj je značilno, da tla le plitvo obdelamo z rahljalniki, ne orjemo in da po obdelavi in setvi ostane več kot 30 % površine pokrite z rastlinskimi ostanki (mulčem) predhodne kulture.

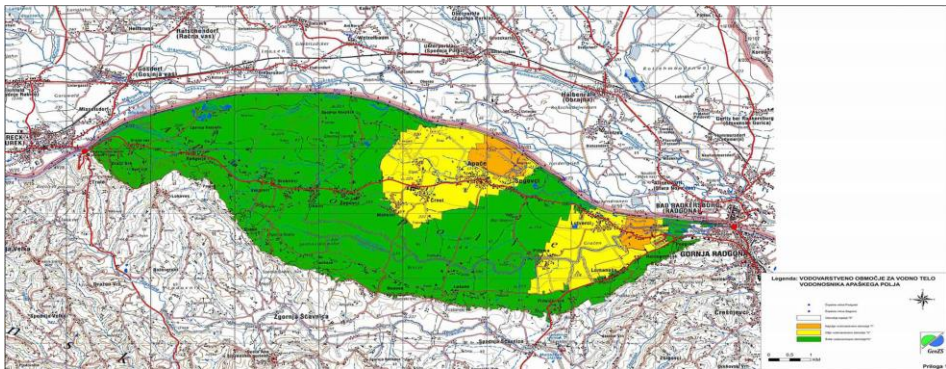
VVO II prav tako predpisuje minimalno obdelavo tal, porabo organskih gnojil na osnovi potreb rastlin samo v času, ko jih rastline najbolj izkoristijo, vključevanje dosevkov in zelenega gnojenja v kolobar, da so tla v čim večji meri pokrita z rastlinsko odejo skozi

vse leto, ter čim kasnejše zadelavanje žetvenih dosevkov in rastlin za podor. Poleg tega se svetuje uporabo umetnih gnojil (dušika) na osnovi potreb rastlin in samo v času, ko jih te najbolj izkoristijo, ob upoštevanju razpoložljivih mineralnih snovi v tleh in mineralnih snovi, ki jih vsebujejo domača organska gnojila.

VVO III je območje z blagim režimom zaščite, za katerega način obdelave tal ni zakonsko predpisan in je dovoljena tudi konvencionalna obdelava tala s plugom, vendar velja uporaba organskih gnojil na osnovi potreb rastlin in samo v času, ko jih te najbolj izkoristijo, vključevanje dosevkov v kolobar, da so tla v čim večji meri pokrita z rastlinsko odejo skozi vse leto, in zeleno gnojenje s čim kasnejšim zadelavanjem žetvenih dosevkov in rastlin za podor.

V naslednjih poglavjih bodo najprej predstavljene glavne značilnosti posameznih orodij in strojev za ohranitveno obdelavo ter direktno setev, nato pa sledi opis priporočenih strojev in njihova uporaba v posameznih območjih VVO z opisom sistema obdelave tal (tudi v kombinaciji s sejalnici).

Zmanjšana obdelava tal z orodji in stroji za konzervirajočo obdelavo tal pred setvijo glavnih, prezimnih ali neprezimnih posevkov je priporočena v vseh conah, pri čemer pa je oranje prepovedano v coni I in coni II.



Slika 15. Primer karte vodovarstvenega območja za vodno telo vodonosnika Apaškega polja (povzeto po Matoz, 2009).

2.1 Osnovna obdelava na VVO

Naloga in cilj osnovne obdelave tal je vzpostavljati in vzdrževati stanje tal, ki omogoča stalno rodnost in rast rastlin, hkrati pa ima tudi velik pomen za varovanje pred kemičnim onesnaževanjem in v manjšem obsegu odnašanjem tal. V tleh vzdržujemo oziroma poskušamo izboljšati strukturo tal in posledično ohranjati zračnost tal. Obdelavo skušamo izvesti v klimatskih razmerah, ki ne povzročajo zbijanja ali erozije tal (Vičar in Novak, 2016).

Z razvojem strojev in načinov obdelave se je pojavila vrsta opredelitev, opisov in uporabnosti postopkov obdelave tal, za katere je značilno, da oblikujejo strukturo tal s

pomočjo različnih fizikalnih zakonitosti delovanja osnovnih delovnih elementov (rezanje, sekanje, mešanje, udarjanje). V osnovi sta postopek in intenzivnost obdelave tal odvisna od delovnega elementa, nameščenega na stroju za obdelavo tal. Čeprav se formalno na VVO spodbujajo načini obdelave tal brez intenzivnega obračanja z lemežnimi plugi, bomo nekaj vrstic namenili tudi plitvemu oranju s strniščnimi plugi, ki naj bi se po nekaterih občinskih odlokih uporabljali zgolj na VVO III in nikakor ne na VVO I in VVO II.

2.1.1 Plitvo oranje

V nekaterih evropskih državah iščejo pot do konzervacijske obdelave po bližnjicah preko plitvega oranja s strniščnimi plugi, ki zaradi svojega ustroja tla obračajo bistveno plitveje, vendar je pokrivnost z rastlinskimi ostanki pri takšni obdelavi premajhna, da bi zadostila osnovnim kriterijem ideje konverzacijskega kmetijstva. Zlasti v ekološkem kmetijstvu je uporaba pluga, ki omogoča plitvo obdelovanje do 10 cm, izjemno pomembna, saj zagotavlja optimalno zaoravanje rastlinskih ostankov in predstavlja močno orodje zlasti za zatiranje koreninskih plevelov. Plitvo oranje prekinja kapilarni dvig vode iz podzemnih plasti na površino tal in varuje vodno zalogo v tleh, kar je še posebej pomembno v sušnih obdobjih leta.

Plugi za plitvo oranje lahko imajo zaradi manjše delovne globine tudi do 40 % večjo delovno širino in delovno storilnost v primerjavi s tradicionalnimi lemežnimi plugi, kar prispeva tudi k zmanjšanju stroškov. Pri oranju s tako velikim številom plužnih teles se vozimo po celini 'on-land ploughing' in tako ohranjamo spodnjo plast brazde nepotlačeno, zato je ta način obdelave do tal prizanesljivejši kot na primer jesensko globoko oranje za setev ozimin. Plužne deske so v primerjavi s standardnimi deskami zelo kratke in strme, pogosto tudi z vlagalniki slame in za hitrejšo ter lažje mešanje rastlinskih ostankov in obračanje brazd.



Slika 14. 10-brazdni obračalni plug za strniščno oranje (levo zgoraj), široki podaljšani lemez za spodsekavanje korenin plevelov in strme kratke deske (desno zgoraj), oranje po celini. (povzeto po Einböck in Ovlac).

2.2 Dopolnilna obdelava tal

V tradicionalnem – konvencionalnem modelu obdelave tal sledi osnovni obdelavi dopolnilna ali predsetvena obdelava tal, s katero ne smemo predolgo odlašati, saj se odprte brazde navadno hitro sušijo in zaskorjijo.

Predsetvena priprava tal pomeni dodatno obdelavo brazd in služi pripravi setvenega ali sadilnega sloja za različna semena. Med to delo štejemo ravnanje, rahljanje, drobljenje, utrjevanje setvene površine, vdelavanja mineralnega gnojila in talnih kemičnih sredstev. Intenzivnost predsetvene priprave je odvisna od vrste tal in gojenih rastlin.

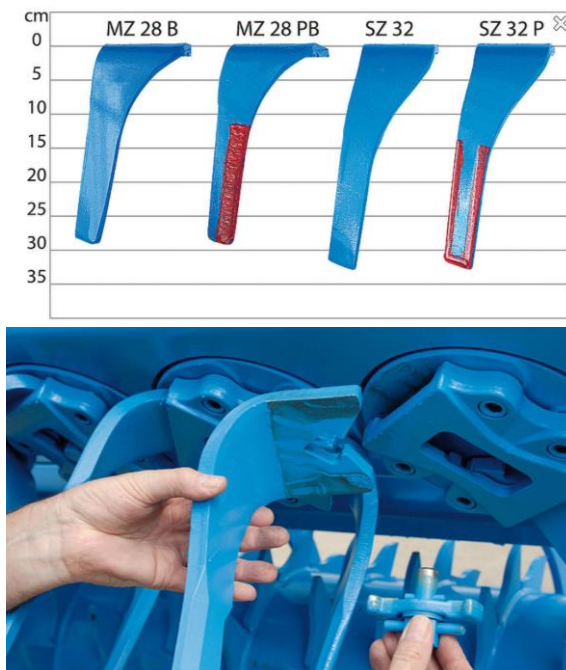
Stoletja se je za dopolnilno obdelavo uporabljalo različno oblikovane vlačne, brane in valjarje, ki jih je večinoma vlekla vprežna živina. Sredi 20-ih let prejšnjega stoletja so izumili traktorsko priključno gredjo, ki je omogočila popolnoma drugačen način dopolnilne obdelave tal, saj je vključila različne načine delovanja s pomočjo centrifugalnih sil, ki jih omogoča vrtenje – rotacija osnovnih delovnih elementov npr. prekopalnikov.

2.2.1 Stroji za dopolnilno obdelavo tal, gnani s priključno gredjo

Glavna prednost strojev, gnanih s priključno gredjo traktorja za obdelavo tal in setveno pripravo zemljišča, je možnost obdelave težjih tal v enem prehodu njive.

Uporaba strojev, gnanih s priključno gredjo traktorja, zahteva manj časa in stroškov za obdelavo tal. Na lažjih tleh se enak učinek obdelave doseže že z vlečenimi združenimi stroji. Pri primerjavi strojev za dopolnilno obdelavo tal med vlečenimi in gnanimi je poraba energije v drugi skupini večja, vendar se z njimi doseže zahtevana obdelanost tal z enim prehodom čez njivo. Obdelana površina je ravna in brez grud na površini z velikim učinkom mešanja in drobljenja (Bernik, 2005).

V Sloveniji je v tej skupini strojev v poljedelstvu najbolj razširjena vrtavkasta brana. Pretežno se uporablja za drobljenje tal v kombinaciji s sejalniciami in manj kot samostojni stroj. Rastlinski ostanki ostajajo delno na površini, vendar tudi pri večjih masah rastlinskih ostankov stroj deluje brez zamašitve in prekinitvev dela. Večstopenjski prenosnik vrtilnega momenta omogoča, da se vrtilne hitrosti delovnih elementov vedno prilagodijo trenutni godnosti in tipu tal. Najbolj razširjena oblika delovnega elementa – roglja ima okrogel presek, ki pri krožnem gibanju najučinkoviteje razbija talne grude, obenem dobro poravnava kolesnice za traktorjem, ker je krožno gibanje delovnih elementov usmerjeno pravokotno na gibanje stroja. Predhodne kolesnice največkrat izravna na prednjem delu nameščena poravnalna deska. Različne oblike delovnih nožev omogočajo različno globino obdelave in vplivajo na učinek drobljenja pri pripravi težjih tal oziroma suhih tal. Varovanje delovnih elementov proti zlomu je zahtevno in podraži, zato se redkeje izvaja direktno na strojih. Za stroj je pomembna tudi hitra in enostavna zamenjava delovnih elementov (Ljubec, 2014).



Slika 15. Različne oblike nožev in enostavna menjava (povzeto po Lemken).



Slika 16. Priprava tal z vrtavkasto brano (zgoraj), v kombinacija s sejalnico (spodaj) (Šbül, 2013).

Za vrtavkasto brano je nujno potrebno plast tal pred setvijo utrditi in vzpostaviti stik s spodnjimi plastmi tal, zato so danes vsi stroji, gnani s priključno gredjo, opremljeni z utrjevalnimi valji. Njihove najpomembnejše lastnosti so: sposobnost utrjevanja setvenega sloja po intenzivni obdelavi, dodatno stiskanje in drobljenje grud ter vtisnejo rastlinskih ostankov, ravnanje površine in priprava setvene površine za sočasno setev v kombinaciji s sejalnico.

Nasprotno vrtavkasti brani delujejo prekopalniki najpogosteje v globini od 12 do 14 cm, izjemoma do 20 cm. V tej globini osnovni elementi intenzivno drobijo grude in žetvene ali ostale rastlinske ostanke. V vlažnih tleh morajo imeti delovni elementi (noži, klin) majhno obodno hitrost, sicer je premer grud premajhen, torej prihaja do preveč drobne prašnate strukture tal. Prekopalniki niso primerni za delo spomladi na težkih tleh, saj za njimi ostajajo na površini tal mokre grude, ki otežujejo setev. Ločimo prekopalnik z noži in prekopalnik s klini.



Slika 17. Prekopalnik s kotno oblikovanimi noži (Stajnko, 2012).



Slika 18. Obdelava strnišča s prekopalnikom (Brodnjak, 2012).

Obe izvedbi stroja imata na horizontalni gredi, prečno nameščeni na smer vožnje, spiralno nameščene delovne elemente. Takšna namestitev je potrebna zaradi enakomernejšega delovanja stroja. Smer vrtenja rotorja, ki ga dosežemo preko kotnega prenosnika vrtilnega momenta s priključno gredjo, je običajno v smeri pogonskih koles traktorja. Prenosnik vrtilnega momenta je lahko izveden v obliki menjalnika, upravljanega s pretičnim vzvodom ali pa z ročnim vstavljanjem – izmenjavo zobnikov. V obeh primerih dosežemo, da se pri več menjalnih stopnjah prenosnika spreminjajo vrtilni momenti in vrtljaji rotorja pri enakih vrtljajih priključne gredi. Od kotnega prenosnika vodi vrtilni moment do stranskega pogona, ki je lahko izveden kot verižno gonilo za lažje izvedbe prekopalnikov in manjše delovne širine ali kot zobniški prenosnik za težje izvedbe (3 m delovne širine). Delovni elementi – motičice ali zobci, ki so nameščeni na rotorju, mečejo kose tal v odbojno pločevino, s katero se uravnava dodatna intenzivnost drobljenja kep tal (Borchert in sod., 2014).

2.2.2 Vlečena orodja za dopolnilno obdelavo tal

V skupino orodij za dopolnilno obdelavo tal štejemo vse tiste stroje, pri katerih za delovanje osnovnih elementov potrebujemo zgolj dovolj velike vlečne sile oziroma vozne hitrosti, medtem ko je učinek na brazde odvisen od principa delovanja.

Sodobne smernice za dopolnilno obdelavo tal predpisujejo čim manjše število prehodov njive ob veliki površinski storilnosti strojev v kratkem optimalnem obdelovalnem oknu. Na trgu obstaja veliko različnih strojev, predvsem pa ponuja razvoj vedno nove izvedbe strojev, ki želijo zadostiti čim manjšim vložkom dela, energije in zadovoljiti zahteve določene rastline ter stanja tal. Običajno se tem kriterijem zadosti z združevanjem posameznih orodij. Glede na delovanje delovnih elementov orodja razdelimo na vlečene brane, kot so: vzmetna brana, njivska brana, žličasta brana, setvena brana in mrežasta ali členkasta brana, ter na kotalne brane, ki so: zobata, spiralna, paličasta, žična, krožna in lopatasta kotalna brana. Vsa našeta orodja svoje predsetveno delo opravijo s premočrtnim gibanjem celotnega stroja. Praviloma so bila najprej vsa orodja izdelana iz ene vrste osnovnih elementov npr. štirikotno oblikovani klini na branah, zato so bili za dobro pripravo setvene površine potrebni vsaj dva ali trije prehodi po njivi. Kasneje razviti novi principi delovanja osnovnih elementov so skupaj s tehnološkimi dosežki v metalurgiji in strojništvu omogočili združevanje različnih orodij in na ta način skrajšali potrebno število prehodov za dopolnilno obdelavo. Vse skupaj se je odrazilo tudi na lepše pripravljenih setvenih površinah in enakomernejšem vzniku rastlin (Hohler, 2014).

2.2.2.1 Valjarji

Valjarji z nazobčano obliko so sestavljeni iz posameznih kolotov, nameščenih na os tako, da se koluti gibljejo neodvisno drug od drugega vertikalno. To gibanje omogoča drobljenje grud in prilagajanje celotnega valjarja ali posameznega koluta površini, ki jo obdelujemo, pri tem pa je zagotovljeno tudi samoočiščenje kolotov valjarja.

Cambridge valjar ima na osi izmenično nasajene zobate in celorobe kolute. Zobati koluti imajo večjo izvrtino (okrogel izrez na sredini koluta), zato tečejo počasneje kot celorobi

koluti. Zaradi neenake vrtilne hitrosti se pri delu drgnejo celorobi koluti ob zobate in se med seboj čistijo. Primerni so predvsem za težja zemljišča.



Slika 19. Predsetvena priprava tal s Cambridge valjarjem (zgoraj), izgled valjev (spodaj) (Farooq in sod. 2014).

Crosskill valjarji imajo na obeh straneh kolotnih obodov (na obodu koluta) lopatice. Te intenzivno drobijo grude, zato se uporabljajo na težjih tleh. Samoočiščevanje kolotov ni tako učinkovito kot pri cambridge valjarjih. Zato so pri nekaterih konstrukcijskih izvedbah med "crosskilli" kolute vloženi gladki koluti z večjo izvrtino, te pa potem imenujemo cambridge-crosskill valjarji.



Slika 20. Predsetvena priprava tal s cross-kill valjarjem (zgoraj), izgled valjev (spodaj) (povzeto po Niehoff in sod., 2014).

Podzemni valjarji

Na površinah, na katerih nimamo dovolj časa za naravno posedanje tal, lahko uporabljamo stroje za mehansko stiskanje do globine med 15 in 20 cm. Podzemni valjarji

(packer valjarji) so uporabni zlasti na lahkih in srednje težkih tleh za obdelavo brazd sočasno z oranjem kot priključni stroj k plugu. Valjar deluje tako, da se v tleh vzpostavi stik s spodnjo neobdelano plastjo in tako zagotovi nosilnost tal za naslednje prehode strojev in traktorjev. Tipičen podzemni valjar je zgrajen iz pritisno-drobitilnih železno-litih obročev, premera od 50 do 100 cm, z maso vsaj 60 kg/obroč, razmaknjenih za 15 cm. Obroči so lahko nameščeni na isti osi ali pa so združeni z vijaki glede na delovno širino pluga ali stroja, s katerimi je valjar združen. Globina obdelave je v težjih tleh omejena od 5 do 10 cm, v peščenih tleh pa do 20 cm. Obroči na valjarju zarežejo brazde, zgostijo spodnji obdelovalni sloj in zrahljajo zgornji obdelovalni sloj tal zaradi romboidne oblike preseka obroča. Za obdelovanje lahkih peščenih tal, bogatih s humusom, velja, da z obroči premera ~ 90 cm dosežemo manjši upor tal, in nasprotno, z večjo maso ob istem premeru večji učinek dela. Na lepljivih težjih tleh ima valjanje večji pomen za rezanje tal in manj za drobljenje, zato uporabljamo valjarje z ožjimi obroči premera ~ 70 cm, ki so medsebojno povezanimi z vijaki. Pogosto so med obroči nameščene tudi verige, ki čistijo obroče. Vse izvedbe podzemnih valjarjev se največkrat uporabljajo kot združeni stroj s plugom (Niehoff in sod., 2015).



Slika 21. Samostojna dopolnilna obdelava s podzemnim valjarjem (levo) in v kombinaciji z obračalnim plugom (desno) (povzeto po Lemken).

2.2.2.2 Brane s togo in elastično vpetimi zobci

Stroji iz te skupine sodijo med starejše načine delovanja in so uporabni za površinsko pripravo setvenega sloja. Njihovo delovanje je sestavljeno iz udarjanja zobcev ob talne delce - grude. To udarjanje povzroči intenzivno mešanje, drobljenje in poravnavo zemljišča.

2.2.2.3 Kotalne brane – drobilni valji

Kotalne brane so bile razvite za branami s togimi zobci z namenom drobljenja, stiskanja in ravnanja zgornje plasti setvene površine tal. Kotalna brana ima pri uporabi v združenih strojih tudi nalogo nošenja prvega dela stroja v določeni globini obdelave, tako da se učinkovitost delovanja kotalnih bran tudi poveča.

Kotalne brane so pritrjene na skupni okvir stroja, ki je zadaj oprt na kotalne brane, spredaj pa obešen na tritočkovno priključno drogovje. Vertikalna nastavljenost višine kotalnih bran je običajno izvedena brezstopenjsko. Bistvena razlika od togih bran je v delovanju osnovnih delovnih elementov (zobje, palice, žica), ki se vtiskajo v površino zemljišča pri tem pa grude zemlje zdrobijo, sočasno z vrtenjem pa utrdijo zgornjo setveno plast zemljišča.

Delovni elementi kotalnih bran istočasno z vrtenjem izvlečejo majhne grude tako, da ustvarijo tanko razrahljano plast tal nad utrjeno plastjo. Drobilni valji s konicami, zobci ali tankimi elementi globlje vdirajo v tla tako, da je njihovo delo pri vrtenju kotalne brane "koračno" - sekajoče in ostaja finejša struktura tal vedno zgornjih 5 cm površine. Nasprotno temu, širši, zaobljeni deli na obodu kotalne brane ustvarijo tanjši zgornji sloj tal. Skupni cilj delovanja kotalnih bran je zgoščevanje, utrjevanje, in drobljenje grud setvenega sloja tal. Ker ima vsaka oblika delovnih elementov na kotalnih branah specifične lastnosti delovanja, se v združenih strojih uporabljajo dve skupini valjev, katerih delovni elementi so pri gibanju zrcalno nameščeni (Bernik, 2015).

2.2.2.4 Predsetveniki

Večanje imenske moči traktorjev je v obdobju po osamosvojitvi omogočilo uporabo strojev za dopolnilno obdelavo tal, gnanih s traktorsko priključno gredjo, zato so nekateri že pozabili na dobre lastnosti predsetvenikov. Ta skupino združenih strojev za predsetveno obdelavo tal je v konstrukcijskih izvedbah zelo raznovrstna. Njihova temeljna naloga je, da vlečeni stroji ob pogojih obdelave in stanju tal pripravijo njivo za setev ali saditev. Setvena tla morajo biti v čim manjših prehodih poravnana z zdrobljenimi grudami, zrahljana in nato zopet zgoščena. Glede na strukturo tal in vremenske pogoje morajo biti tla po obdelavi s predsetveniki vedno pripravljena za setev ali saditev.

Klasična struktura združenega stroja sestoji iz nosilnega okvirja, na katerem je na prednjem delu nameščena vzmetna, klinasta ali žična brana. V drugem delu so nameščene kotalne brane z različnimi elementi, ki na vrhnjem delu obdelovalne površine drobijo grude in zgoščujejo setveni sloj tal. V tretjem delu so pritrjena še česala, ki tla plitvo

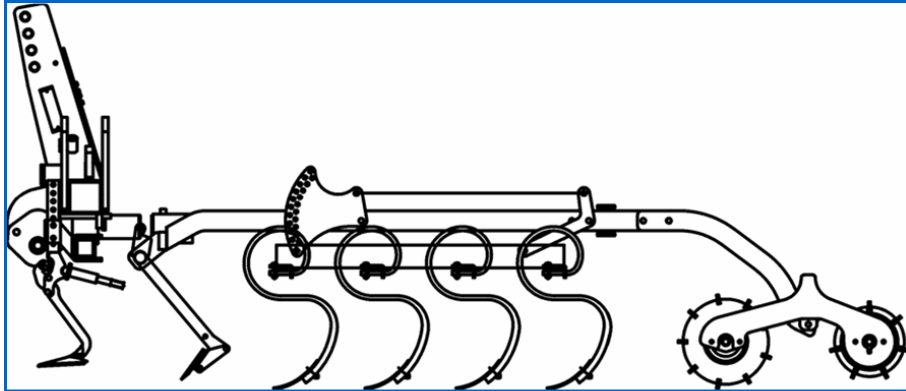
poravnajo, tako da so popolnoma pripravljena za setev vseh poljščin in večine zelenjadnic.



Slika 22. Predsetvenik za dopolnilno obdelavo tal (povzeto po Einböck).

Kotalne brane in zadnji del okvirja sočasno vzdržujejo enako globino obdelave in brezstopenjsko nastavljanje intenzivnosti in globine obdelave setvenega dela zemljišča. Prednji del predsetvenika je pritrjen na tritočkovno priključno drogovje, katerega globina obdelave se uravnava s pozicijsko ali regulacijsko hidravliko traktorja, pri večjih delovnih širinah pa so lahko dodatno nameščena tudi podporna kolesa na okvirju predsetvenika. Na prednjem delu predsetvenika so lahko tudi manjši podrahljalniki za kolesi traktorja, ki obdelajo kolesnice traktorja in izenačujejo rahlost tal po celotni delovni širini obdelovalnega stroja. Predsetvenik mora kot združeno orodje omogočiti zanesljivo in točno vodenje vseh delovnih orodij, nameščenih na okvirju stroja. Nadalje zagotavlja enako delovno globino obdelave pri vseh delovnih hitrostih, enostavno odstranjevanje posameznih delovnih elementov predsetvenika za razbremenitev ali obremenitev stroja. Pri večjih delovnih širinah od 3 m, mora biti dana možnost enostavnega sestavljanja ali razstavljanja stroj za transport – danes večinoma hidravlično. Najučinkovitejše delovne hitrosti posameznih orodij stroja morajo biti enake, zato naslednji del predsetvenika (npr. kotalne brane) ne sme izničiti dela predhodnega elementa predsetvenika (npr. vzmetne brane). Zelo pomembna lastnost predsetvenika je, da zagotavlja zadovoljiv obdelovalni učinek obdelave tal pri različni vlažnosti tal.

Predsetvenike lahko delimo tudi po namestitvi kotalnih bran. Osnovna namestitev je, ko je kotalna brana nameščena na okvir. Pri tem pa je omogočena brezstopenjska nastavitvev delovanja in učinkovitosti obdelave posamezne kotalne brane ali pa skupna nastavitvev drugega dela predsetvenika.



1

2

3

4

Slika 23. Osnovna shema predsetvenika; 1) podrahljalnik, 2) vlača, 3) vzmetne brane in 4) kotalne brane (Lemken).

2.2.3 Združeni stroji (agregatiranje)

V zadnjih desetletjih smo priča velikemu povečanju imenske moči motorjev v traktorjih in namestitvi tritočkovnega priključnega sistema na prednji in zadnji strani traktorja, zato se je povečala možnost združevanja v skupni stroj. Ta ideja se je še posebej močno razširila v poljedelstvu, kjer je potrebno v kratkih časovnih oknih s sodobnimi konstrukcijsko prilagojenimi stroji obdelati tla z različno strukturo in vlago ter tako zagotoviti najboljše pogoje za setev velikih površin. Glede na zahtevano veliko storilnost in kvaliteto opravljenega dela lahko sodobni združeni stroji zagotovijo obdelavo tal in setev v optimalni vlažnosti ter temperaturi tal. Pri tem morajo združeni stroji seveda pozitivno vplivati na višino pridelka ob zmanjšanih stroških pridelave brez negativnega vpliva na okolje. Za povečanje površinske storilnosti morajo združeni stroji izpolnjevati naslednje zahteve:

- veliko delovno širino,
- možnost delovanja pri večjih delovnih hitrostih,
- združevanje strojev za osnovno obdelavo tal, predsetveno pripravo tal in setev v enem prehodu njive.

Uporaba združenih strojev je praviloma upravičena na večjih parcelah, saj se šele tam v popolnosti izkažejo dodatne prednosti združenih orodij in je tehnika racionalno uporabljena. Mednje sodi zmanjšanje števila prehodov po njivi in manjše tlačjenje z voznimi kolesi traktorja, zmanjšanje skupnega časa obdelave njive, zmanjšana poraba energije pri celotnem postopku obdelave njive ter doseganje najugodnejšega obdelovalnega okna ob relativno majhni delovni moči.

Združene stroje lahko delimo glede na namen dela in učinkovitost obdelave v skupino, namenjeno za osnovno obdelavo in obdelavo strnišča in je sestavljena iz kombinacije pluga in podzemnega valjarja ali podrahljalnika in kratkega podrahljalnika.



Slika 24. Združeno orodje v kombinaciji pluga in podzemnega valjarja (Košič, 2014).

V drugo skupino sodijo stroji, ki so gnani s priključno gredjo traktorja. Združeni stroji z vrtavkasto brano ali s prekopalnikom in sejalnico so se v zadnjem desetletju začeli pojavljati na naših poljih tako pri velikih kot manjših pridelovalcih, saj omogočajo predsetveno obdelavo in setev v enem prehodu, kar je v izjemno zahtevnih vremenskih pogojih z zelo kratkimi obdelovalnimi okni izjemno pomembno za dober vznik in rast rastlin.



Slika 25. Združeno orodje iz vrtavkaste brane in mehanske sejalnice za presledno setev (Lemken).

Tretja skupina združuje stroje, ki so namenjeni predsetveni obdelavi po osnovni obdelavi in so sestavljeni iz kombinacije lahkih rahljalnikov ali bran, ki imajo za sabo nameščene enojne ali dvojne kotalne brane.



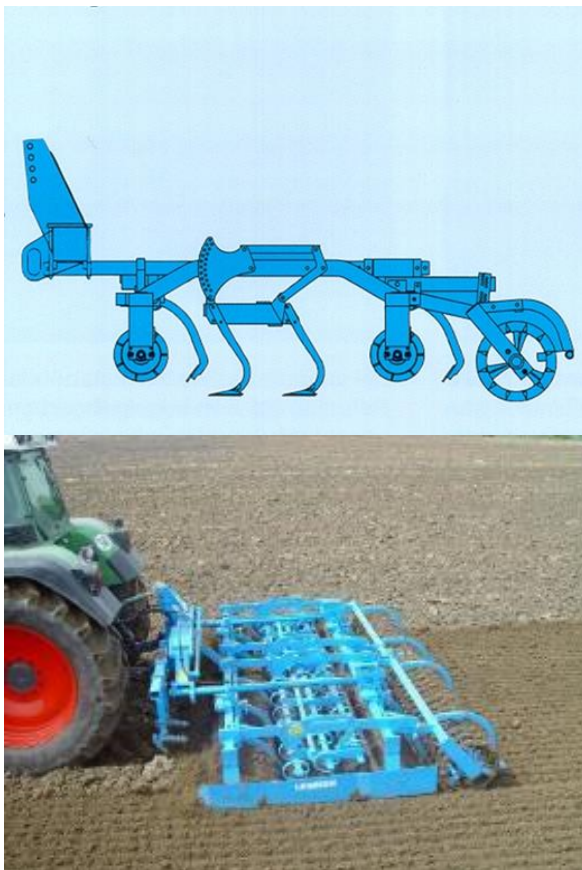
Slika 26. Čelno vpeto združeno orodje, sestavljeno iz dveh vrst lahkih rahljalnikov in dvojnih kotalnih bran (Lemken).

2.2.3.1 Združen stroj iz treh ali več orodij za dopolnilno obdelavo zemljišča

Pri normalno vlažnih tleh je zadostna kombinacija dveh orodij, ki sestavljata predsetvenik. Ta je običajno sestavljen iz različnih peresnih in kotalnih bran, ki opravljajo rahljanje, drobljenje in na koncu utrjevanje setvene površine. Vendar je na težjih tleh zaradi premajhne učinkovitosti kotalne brane potrebna kombinacija večjega števila posameznih orodij.

Največkrat je na stabilnem okvirju med vzmetno in kotalno brano nameščen utrjevalni valj, ki tla mehanično stisne. Konstrukcijsko je običajno izveden iz votlih cevi ali obročev zaradi manjše skupne mase stroja. Vse skupaj predstavlja trajno kombinacijo strojev, združenih v en stroj za predsetveno pripravo zemljišča. Uporabnost trojne kombinacije posameznih strojev je tudi na srednje težkem zemljišču, kjer imamo na primer predhodno nastale kolesnice za trosilnikom mineralnega gnojila večje delovne širine. Te se odstranjujejo z vzmetno brano, ki tla globlje prerahlja, kot bi bilo potrebno zgolj za setev. Posledično preveč zrahljana tla nato vmesni del pri trojni kombinaciji predsetvenika zopet utrdi in zagotovi kapilarni dvig vode do kalečega semena.

Takšno kombinacijo orodij uporabljamo povsod tam, kjer sta potrebni enakomerna poravnost tal in točna utrditev setvenega sloja, kot na primer pri drobnem semenu maka, kar nato zagotavlja zanesljiv vznik in rast.



Slika 27. Združeni stroj iz treh orodij za dopolnilno obdelavo tal (kotalna brana, rahljalnik z gosjimi nogačami, kotalna brana, podzemni valjar) (povzeto po Lemken).

2.2.4 Krožne brane

Uporabljajo se za obdelavo strnišč in žetvenih ostankov. Za doseganje intenzivnejše obdelave tal so sestavljene iz vrst krožnikov, katerih osi so na nosilnem okvirju nameščene v oblikah V ali X. Nastavitev osi krožnikov in s tem kota rezanja krožnika je pri manjših izvedbah bran izvedena mehanično – ročno, pri večjih pa s hidravličnimi elementi. Čim bolj poševno glede na smer dela so postavljeni krožniki, tem večja sta drobljenje in mešanje zemljišča. Vzporednost krožnikov z delovno smerjo stroja omogoča večje rezanje zemljišča kot mešanje tal, zato se ta nastavitev uporablja pri razrezu brazd ali poraščenem zemljišču. Delovni element pri kotalni brani je izbočen krožnik premera 45 do 60 cm z ravnim ali izrezanim krožnim robom. Gladki krožniki imajo nalogo intenzivnejšega mešanja, krožniki z izrezanim krožnim pa delujejo agresivneje, zato lahko stiskajo in režejo žetvene ostanke. Zato je dvojna krožna brana običajno sestavljena tako, da imajo krožniki prve vrste izrezan krožni rob in krožniki druge vrste cele robove.



Slika 28. Delovanje krožnih bran v konzervacijskim načinu obdelave (zgoraj), kot orodje za dopolnilno obdelavo tal (spodaj) (povzeto po Peter, 2013).

3 Ohranitvena obdelava

Glede na izbrani stroj in zakonsko predpisane omejitve o obdelavi tal na VVO ločimo ohranitveno obdelavo in neposredno setev. Ohranitvena (konzervacijska) obdelava tal, ki je dobila ime po ameriški opredelitvi (conservation tillage), se po intenzivnosti obdelave uvršča med konvencionalno obdelavo in direktno setvijo. V primerjavi s konvencionalno obdelavo ohranitvena obdelava zmanjšuje vetrno in vodno erozijo, saj mora po obdelavi na vrhnje plasti tal ostati vsaj 30 % površine pokrite z rastlinskimi ostanki. Pri obdelavi se tla ne obračajo, ampak samo premešajo in zrahljajo. Osnovno orodje je rahljalnik z dodanimi elementi za poravnavo in zgostitev setvenega sloja, ki deluje do globine 18 cm. V Srednji Evropi se po tem postopku obdeluje približno 23 % kmetijskih zemljišč (Ograjšek, 2012).

3.1 Cilji ohranitvene obdelave tal

Ohranitvena obdelava je sestavni del širšega pojma, imenovanega konzervacijsko kmetijstvo (ang. conservation agriculture), katerega cilj je trajnostno kmetijstvo, ki zagotavlja pridelke za ljudi in živali, obenem pa skrbi za dolgoročno ohranjanje tal, vode in zraka (Kassam in sod., 2010). V tem smislu je cilj ohranitvene obdelave tal vzdrževanje – ohranjanje življenja v tleh in nad tlemi z vzpodbujanjem biološke aktivnosti, ki temelji na naravnih načelih oziroma funkcijah tal, pri čemer naj bi bili posegi v tla minimalni. S povečanjem obsega uporabe ohranitvene priprave tal povečujemo biološko pestrost v tleh, izboljšujemo strukturo tal, izboljšujemo nosilnosti tal in infiltracijsko sposobnost tal za vodo ter zadrževalno sposobnost tal. Vse te funkcije bodo vedno pomembnejše tudi v luči obširnih globalnih klimatskih sprememb, ki prinaša izjemno velike količine padavin v obliki neviht in ki jim zelo hitro sledijo sušna obdobja (Baker in sod., 2007).

Poleg ekonomskih učinkov ohranitvena obdelava zmanjšuje površinski odtok vode in zmanjšuje erozijo tal z vsemi negativnimi stranskimi učinki. Poleg preventivnega varovanja tal in voda na ta način prispevamo tudi k zadrževalni sposobnosti tal za vodo in posredno ščitimo pred poplavami širše področje porečja Mure, ne le VVO. Naloga kmetijske politike je, da z ustreznimi subvencijskimi programi povečujemo število uporabnikov novih načinov obdelave tal.

3.2 Načela ohranitvene obdelave tal

Cilje ohranitvene obdelave lahko dosežemo z upoštevanjem naslednjih načel:

- a) obdelava tal se mora vedno znova prilagoditi razmeram na posamezni njivi, med katere štejemo stanje tal in trenutne vremenske razmere,
- b) če tla samo zrahljamo z razširitvijo obstoječih makropor in jih ne obračamo, se ohranja struktura tal,

- c) s pokrivanjem (mulčenjem), zelenim gnojenjem in pravilnim – širokim kolobarjem vedno znova vzpodbujamo nastajanje humusa in zmanjšujemo potrebo po uporabi sintetičnih mineralnih gnojil,
- d) čim bolj se izogibamo uporabi herbicidov in se namesto tega zatekamo k mehanskemu zatiranje plevelov (Dumansky in sod., 2014).

Konvencionalno obdelana tla se z leti in globino posedajo in zbijajo, saj so premalo in prekratek čas prekoreninjena, hkrati pa imamo preveč prehodov s pogosto pretežno kmetijsko mehanizacijo.

Pri obdelavi brez pluga, ki jo izvajamo z različnimi rahljalniki in branami, se zgornja plast tal samo rahlo in plitvo obdelata, istočasno pa rastlinske ostanke delno zmešamo s tlemi. Metode ohranitvene obdelave so še posebej uporabne v peščenih suhih tleh, saj preprečujejo erozijo. Rastlinski ostanki npr. slama ostajajo na površini in se lahko razgradijo s pomočjo talnih organizmov. Nadaljnje naravno rahljanje tal v drugi stopnji prevzamejo deževniki in druge živali spodnjih plasti tal, saj njihov življenjski prostor ni bil obrnjen na glavo kot v primeru oranja.

Znano je, da zbita tla vodijo do nižjih pridelkov, zato so najučinkovitejši ukrepi na kmetijah tisti, ki vodijo k zmanjšanju zbitosti tal. Poleg opuščanja oranja je potrebno misliti tudi na uporabo lažjih in manjših strojev. Zelo pomembna je uporaba širših pnevmatik in zmanjšanje tlaka v njih ter enakomerna porazdelitev osnih obremenitev z nameščanjem dvojnih pnevmatik, vendar le, dokler široke pnevmatike ne podvojijo mase vozila. Seveda nikakor zanemarljiv podatek, da se že z zmanjšanjem števila prehodov varujejo tla (Derpsch, 2004).

Zelo pomemben ukrep pri ohranjanju tal predstavlja okopavanje, ki je hkrati način boja proti plevelom in varstvo pred erozijo. Že preprosti ukrepi s saditvijo protivetrnih varovalnih pasov pomembno zmanjšajo vetrno erozijo, prav tako neobdelani pasovi v nagnjenih terenih zmanjšajo vodno erozijo in varujejo dragocen življenjski prostor ogroženih živali, kot so jerebice, zajci in fazani (Li in sod., 2007).

Sestavni del ohranitvene obdelave je uporaba širših pnevmatik (z nižjim tlakom) na traktorjih in zmanjševanje števila prehodov z združevanjem kombinacij različnih strojnih del. Z zmanjšanjem prehodov so tla zaščiteni pred zastajanjem meteornih voda in hitrim izhlapevanjem.

3.3 Tehnike za ohranitveno obdelavo tal

Pri vsaki uporabi kmetijskega stroja za obdelavo tal stremimo k najboljšemu delovnemu učinku. Z izbiro in uporabo stroja ter načinom delovanja določimo temelje za doseganje zaželenih rasti rastlin ob upoštevanju vremenskih razmer kraja rasti. Razvoj sodobne kmetijske tehnike je še vedno usmerjen k veliki površinski storilnosti. Pri celotni pridelavi hrane predstavlja obdelava tal največjo porabo energije, vendar obstajajo postopki obdelave z različnimi specifičnimi potrebami po energiji in manjšo intenzivnostjo mešanja tal. Pridelovalec je vedno v precepu višjih ali nižjih stroškov za obdelavo, saj lahko kratkoročno zavestno vpliva na količino pridelka.

Za kalitev semena sta potrebna zadostna količina vode in sočasno sončno obsevanje, vendar lahko z načinom obdelave vplivamo na temperaturo tal in s tem pospešimo ali zaviramo kalitev. Istočasno način obdelave vpliva na vodni cikel v tleh, saj je znano, da se voda v tleh dviga iz spodnjih plasti s pomočjo kapilarnega vzpona vode, za katerega mora biti vzpostavljen stik med talnimi delci. Spodnji del, "posteljica semena," mora biti po rahljanju ponovno utrjen. Sloj tal, ki pokrije seme, pa mora biti sestavljen tako, da v eni smeri dopušča prehod toplote do semena in zračnost tal, ter v obratni smeri ne povzroča upora pri začetku kaljenja semena. Majhna semena z majhno energijo kalitve (ogrščica, zelje, solata, sladkorna pesa) potrebujejo za vznik v okolici majhne talne delce (v primerjavi s semenom koruske).



Slika 29. Idealno odloženo seme v konzervacijsko (ohranitveno) obdelana tla (povzeto po FAO, 2014a).

Po vsaki obdelavi ostane na njivi zmes večjih in manjših talnih delcev, ki se izražajo v srednjem premeru delcev tal. Zaželen premer talnih delcev je odvisen od poljščine, ki jo sejemo, in ga lahko po klasični kmetijski tehniki dosežemo na dva načina: z večkratnim prehodom strojev po površini, ki jo obdelujemo, ali pa s povečanjem intenzivnosti drobljenja – obdelave tal. Sodoben biološko-kemijski postopek tvorbe talnih delcev pa vključuje sobivanje in stimuliranje rasti ter razvoja živih organizmov v tleh, večkratni prehod z branami ali predsetveniki pa ga samo zavirajo. Stroji, ki so gnani s priključno gredjo, prekopalnik in čedalje bolj razširjena vrtavkasta brana imajo še slabše učinke na deževnike in hife gliv, zato dolgoročno zelo slabšajo strukturo tal (Chan, 2001; Errouissi in sod., 2010).

3.4 Vpliv vlage zemljišča na učinek obdelave

Učinek strojev za obdelavo tal je neposredno odvisen od trenutne godnosti oziroma obdelovalnosti tal, kar pomeni, da so tla glede na drobljivost popolnoma neprimerna za obdelavo npr. zelo mokro ali zelo suho zemljišče, kjer ima obdelava tudi negativne posledice, ali optimalna. Na suhih tleh je velika poraba energije pri obdelavi, veliki talni

delci se zdrobijo zaradi velikih sil delovnih teles, vendar ne po naravnih razpokah, kot bi se dogajalo pri normalnih pogojih obdelave. Nastali talni delci so zato nestabilni in ob večjih padavinah razpadajo in povzročajo zablatenje in zaskorjenje tal.

Na premokrih tleh je najpomembnejši kriterij za godnost tal njihova nosilnost, ki je na vlažnih tleh premajhna. Posledica neprimerne obdelave so globoke kolesnice na njivi. Drobljivost tal je odvisna od vlažnosti in odpornosti tal proti preoblikovanju konsistence tal. Optimalna godnost tal za obdelavo je 10–20 % vlažnost tal.

Letni čas obdelave zemljišč tako pomembno vpliva na kvaliteto obdelave. Na primer spomladi imajo tla zaradi zmrzali manjšo konsistenco, kar pomeni, da se tla pri enaki vsebnosti vode boljše obdelujejo kot jeseni.

Ohranitvena obdelava tal bi naj bila omejena na 18 cm globine obdelave, čeprav zlasti nemška literatura priporoča obdelavo do 24 cm, in je namenjena zadnji pripravi tal pred setvijo ali saditvijo sadik. Vsi delovni elementi na strojih, ki opravljajo delo ohranitvene obdelave, tla ravnajo, mešajo, drobijo, utrdijo, hkrati tudi uničujejo plevela, mešajo organski gnoj in zadelajo ostanke, mineralno gnojilo ali fitofarmacevtska sredstva v tla (Lešnik, 2017).

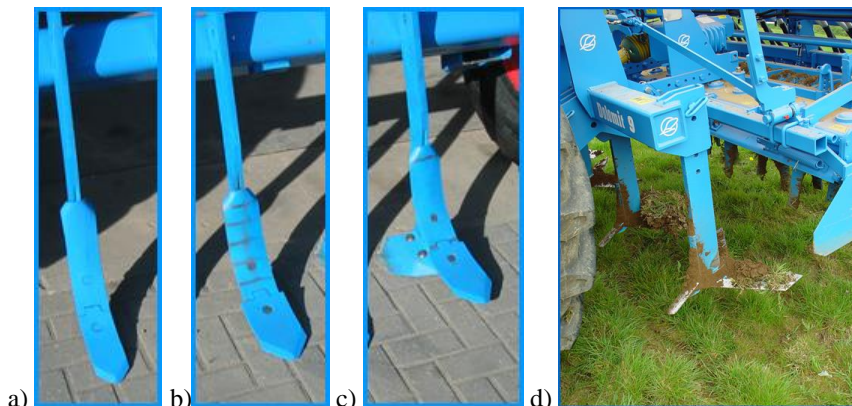
Glede na vrsto tal, prejšnji pridelek, predhodno obdelavo in bodoči posevek je potrebno prilagoditi intenzivnost ter globino obdelave tal. Na lahkkih, že obdelanih tleh je zelo pomembno, da so tla pred setvijo poravnana in je setvena globina dovolj utrjena. Pri predhodno obdelanih težjih grudastih tleh ali neobdelanih tleh je pomembnejše drobljenje tal. Glavni cilj dela in zasnova sodobnih strojev za ohranitveno obdelavo tal je možnost sočasne obdelave in setve ob enem prehodu njive. Izbor stroja za ohranitveno obdelavo tal je odvisen od tipov tal, ki prevladujejo na kmetiji, pri enako kvalitetnih tleh pa ima na gospodarnost izbire stroja dodaten vpliv še storilnost stroja ob majhni porabi energije in poceni vzdrževanje ter obnavljanje stroja. Sodobna tehnika za ohranitveno obdelavo uporablja večinoma vlečena orodja, ki zagotavljajo kakovostno drobljenje in mešanje talnih delcev, v redkih primerih pa uporabljamo stroje, gnane preko traktorske priključne gredi (Hernanz in sod., 2002).

3.5 Rahljalniki

Rahljalnik sodi med najstarejše stroje za obdelavo tal, ki v primerjavi s plugom tla rahlja in nepopolno obrača. Njegova uporaba je bila v preteklosti omejena na ozko in plitvo obdelavo, saj široki stroji potrebujejo veliko vlečno moč. V zadnjih nekaj desetletjih smo pričeli velikemu razvoju rahljalnikov, saj velika razpoložljiva moč traktorjev omogoča večjo in racionalnejšo rabo rahljalnika za obdelavo tal. Po uporabnosti so rahljalniki konstrukcijsko izvedeni tako, da zadostijo dvema posebnima zahtevama. Prvo je doseganje globine obdelave tal, ki je primerljivo z lemežnim plugom in je možno ob predpostavki, da rahljalnik tla razrahlja in grobo razreže v celotnem profilu obdelave, in pri tem zgornje plasti tal tudi občutno zmeša s spodnjimi ter pri tem delno mehanično uniči plevela z zadelavanjem. Obdelovalni sloj tal se tako prezračuje in premeša z rastlinskimi ostanki v celotni globini obdelave vsaj do 15 cm. Ta postopek obdelave

omogoči dobre pogoje za vznik izpadlega žita pri spravilu in semen plevela, zato je po navadi potreben še dodaten postopek za uničevanje plevela.

Rahljalniki imajo nogače, ki so lahko togo vpete na okvir stroja. Na njih so nameščene različne oblike lemežev. Pri delu tega stroja se ornica pregrebo prerahlja in površina premalo poravna za setev, zato jo je potrebno še dodatno obdelati. Zaradi zmanjševanja teh pomanjkljivosti obdelave je potrebno zemljišče še dodatno obdelati. Glede na izvedbo rahljalnika opravlja ta tudi poravnavo in zgoščevanje zemljišča ter drobljenje in mešanje.



Slika 30. Oblike nogač a) dletasta, b) suličasti, c) gosja noga, d) lastovičja krila (povzeto po Lemken).

Nogače so nastavljive pod različnimi koti prijemanja tal, s čimer se naravnava vlečna sila rahljalnika. Na strniščnih rahljalnikih so običajno nameščene toge, obstajajo pa tudi poltoge in elastične nogače. Pri elastičnih je učinek rahljanja in drobljenja tal zaradi vertikalnih vibracij večji, vendar so niso uporabne v težkem zemljišču pri enaki globini obdelave kot toge nogače. Vlečna moč za rahljalnik je odvisna predvsem od oblike delovnega elementa – lemeža, ki je pritrjen na nogačo. Ožji lemeži – dletasti, širine 8 do 10 cm, so nameščeni predvsem pri plužnih rahljalnikih, in so uporabni dvostransko. Dvojni lemeži suličaste oblike imajo delovno območje 13 do 15 cm in so univerzalno uporabni pri strniščnih rahljalnikih v razmaku na okvirju 20 do 25 cm. Pri minimalni hitrosti 8 km/h in delu na strnišču se z njimi doseže zadovoljiv učinek mešanja, drobljenja zemlje in zadelave žetvenih ostankov. Lemeži z obliko "gosja noga" imajo delovno širino 30 cm. Uporabljajo se za ravno obdelavo strnišča v globini 10 cm. Pri večjih globinah obdelave se vlečna moč nesorazmerno poveča. Razmak med njimi na okvirju je do 30 cm. Omogočajo zelo ravno obdelavo površine in so pogosto uporabljeni pri kratkih rahljalnikih v dveh vrstah. Krilata oblika lemeža ima podobne karakteristike kot oblika lemeža "gosja noga".



Slika 31. Rahljalnik s tremi vrstami gosjih nogač in globinskim valjarjem (povzeto po Pöttinger).

V slovenskem kmetijstvu se je o tehniki za ohranitveno obdelavo tal ponovno pričelo več govoriti in jo uporabljali v zadnjih dveh desetletjih, čeprav je bila 'izumljena' pred mnogimi tisočletji in se je podobno kakor plug razvijala vse do današnjih dni v različne smeri, zato se v literaturi najdejo različne delitve. Najbolj logična razdelitev temelji na izgledu delovnih elementov, kar pomeni, da ločimo orodja z nogačami in orodja s krožnimi elementi – diski, vendar se v praksi največkrat najdejo večinoma združena orodja, na katerih se pojavljajo kombinacije različnih nogač, diskov, valjarjev in česal.

3.5.1 Storilnost rahljalnika in potrebna vlečna moč

Osnova za izračun potrebne moči za delo z rahljalnikom se lahko izrazi s seštevanjem potrebe po moči vseh delovnih elementov, nameščenih na celotni delovni širini rahljalnika. Vlečna moč je odvisna od sledečih vplivov:

- a) globine obdelave,
- b) delovne hitrosti,
- c) vrste priključka (vlečeno orodje, ali stroj gnan preko traktorske priključne gredi),
- d) tipa tal in talnih razmer v času obdelave,
- e) stanja tal (predhodni posevek, rastlinski ostanki).

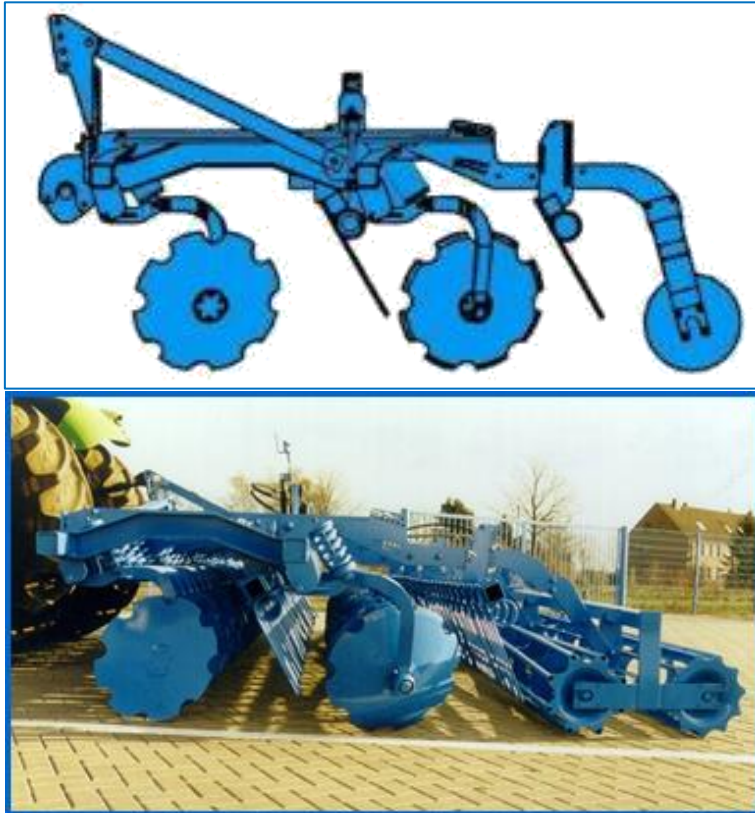
Specifična poraba moči na osnovni delovni element pri hitrosti 6 do 8 km/h in 15 cm delovne globine je zelo različna. Na primer za vleko ene nogače z dvojnimi puščičastimi lemežem na srednje težkih tleh potrebujem med 5,5 in 6,0 kW. Pri poltogih in elastičnih nogačah pa se potreba po moči še poveča.



Slika 32. Velik učinek mešanja suličastih nogač (povzeto po Horsch, 2017).

3.5.2 Diskasti rahljalniki

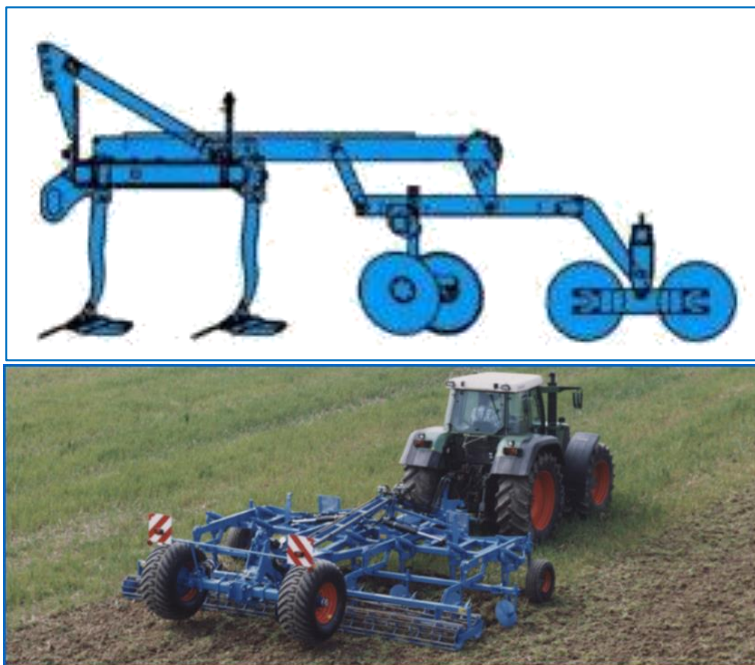
Največkrat imajo na nosilni okvir v štirih nizih posamično vpete uležajene diske, ki se pri delu krožno zabadajo v tal, jih rahljajo in mešajo. Prečni kot vpetja diskov je fiksni in spominja na kot zabadanja motike v tla pri ročnem okopavanju. Vzdolžni kot diskov je brezstopenjsko nastavljen, z enim mehanizmom pa uravnamo kote vseh diskov na nizu. Zadaj se rahljalnik upira na zgoščevalni valj, ki zgošča prerahljana tla.



Slika 33. Shema in slika diskastega rahljalnika z dvema vrstama krožnikov in zgoščevalnim valjem (povzeto po Lemken).

3.5.3 Rahljalniki z gosjimi nogačami

Največkrat imajo na nosilni okvir vpeta dva niza posamezno vzmetenih navpičnih nosilnih elementov z močnimi gosjimi nogačami, ki tla rahljajo in mešajo. Sledijo ogrinjalno-mešalni diski, ki prerahljana tla dodatno zmešajo. Zadaj se rahljalnik upira na dva niza zgoščevalnih valjev, ki zagotavljata stik prerahljanih tal s spodnjimi plastmi.



Slika 34. Shema rahljalnika z dvema vrstama gosjih nogač, eno vrsto mešalnih krožnikov in dvema zgoščevalnima valjema (povzeto po Lemken).

Optimalno delovanje orodij za ohranitveno (konzervirajočo) obdelavo je mnogo bolj kot pri oranju odvisno od pravilne izbire časa in vlage v tleh. Najznačilnejši primeri uporabe so zato opisani v naslednjih poglavjih.

3.5.4 Uporaba rahljalnika pri strniščni obdelavi

Omogoča plitvo rahljanje in mešanje, obdelavo celotne širine njive, dobro poravnavanje njive in močno delovanje osnovnih elementov zaradi velike delovne hitrosti.

Za strniščno obdelavo lahko uporabimo združeni rahljalnik z nogačami in diskastimi elementi, kar omogoči dodatno ravnanje terena in enakomerno porazdelitev slame tako po površini kot globlje skozi talni profil.



Slika 35. Strniščna obdelava z rahljalniki (povzeto po Lemken).

3.5.5 Zadelavanje zelenih posevkov

Združeni rahljalik z nogačami in diskastimi elementi je zelo učinkovito orodje tako na lahkih kot težkih tleh in omogoča plitvo rahljanje ter mešanje svežih rastlinskih prezimnih dosevkov. V nekateri literaturi se ta postopek imenuje tudi uničevanje zelene oziroma žive zastirke. Na lažjih tleh so zelo učinkoviti tudi rahljalniki s krožnimi elementi.



Slika 36. Uničevanje in zadelavanje zelene zastirke (povzeto po Lemken).

3.5.6 Setev vmesnih dosevkov med strniščno obdelavo

Setveni agregat (sejalnica) za setev vmesnih dosevkov je lahko nameščen zadaj za diski ali še boljše centralno, saj ne zahteva posebnih nosilnih elementov za pritrjevanje. Pogon sejalnice je lahko električen ali mehanski, pri čemer se seme prenese v cono mešanja tal

za diski po setveni cevi direktno brez setvenih lemežev. Zadaj nameščeni zgoščevalni valjarji poskrbijo, da se tla dovolj utrdijo, kar omogoča hiter vznik in vzpostavitev enakomernega rastlinskega pokrova.



Slika 37. Istočasna obdelava in setev v strnišče (povzeto po Lemken in Vaderstadt).

Sodobna traktorska tehnika s spredaj nameščenim tritočkovnim priključnim sistemom omogoča še dodatno možnost namestitve centrifugalne sejalnice, gnane s pomočjo 12 V električnega motorja, ki se ga priključi na akumulatorski pogon traktorja. Nastavitev sejalnice je v današnjem času iz kabine traktorja preko posebne delovne postaje, kar zagotavlja udoben nadzor nad delovanjem. Postaja je nameščena v kabini traktorja, preko katere se nastavi hektarska doza glede na hitrost vožnje. Delovna širina se nastavlja s posebnimi loputami. Za natančno usklajevanje delovanja sejalnice se le-ta samodejno prilagaja zdrsni pogonskih koles traktorja, ki ga zaznavamo preko radarskega senzorja. Sejalnica je zaradi majhnega volumna sejalnice (~ 100 l) prilagojena za setev strniščnih dosevkov, semena trav in detelj ter raztros granuliranih in peletiranih gnojil.



Slika 38. Čelno nameščena električno gnana centrifugalna sejalnica (po Einböck).

3.5.7 Zadelavanje gnojevke s pomočjo rahljajnikov

V svetu je razširjena tudi uporaba rahljajnikov za neposredno zadelavanje gnojevke v strnišče, kar omogoča dodatno izkoriščenost stroja in nepotrebne dodatne visoke stroške, nastale zaradi nakupa namenskih elementov za zadelavanje. Žal je neposredna priključitev rahljajnika (ob že priključeni cisterni za gnojevko) možna le na sistemskih traktorjih z uporabo centralne razdelilne glave za gnojevko, preko katere se gnojevka enakomerno razporeja v tla takoj za nogačami.



Slika 39. Zadelavanje gnojevke istočasno s strniščno obdelavo z rahljalnikom (po Lemken).

3.6 Učinkovitost delovanja in poraba goriva različnih tipov rahljalnikov

Pri vseh tipih rahljalnikov dosežemo najboljše učinke mešanja šele pri hitrostih, večjih od 8 km/h, kar zahteva relativno veliko moč, odvisno od delovne širine in globine obdelovanja ter števila delovnih elementov. Pomembno je opozoriti, da je poraba goriva zelo odvisna tudi od (pre)velike delovne hitrosti. Tako se pri diskastem rahljalniku poraba pri 8 cm globokem obdelovanju poveča za 27 %, če se hitrost poveča od 8 km/h na 10 km/h, pri rahljalniku z gosjimi nogačami pa celo za 31 %. Če želimo povečati hitrost še na 12 km/h, se poraba pri rahljalniku z gosjimi nogačami poveča še za dodatnih 38 %, kar pomeni skupno povečanje kar za 81 % v primerjavi s priporočeno hitrostjo obdelave.

Pri isti delovni širini rahljalniki z gosjimi nogačami praviloma porabijo pri 10 km/h 16 % več goriva kot diskasti rahljalniki, pri 12 km/h pa celo 20 % več pri istem učinku mešanja, vendar v lažjih in srednje težkih tleh, medtem ko je učinek rahljanja na težkih tleh praviloma boljši pri rahljalnikih z gosjimi nogačami.

Pri rahljalniku z asimetrično nameščenimi gosjimi nogačami se lahko pri večjih hitrostih pojavi bočno zanašanje, zato je potrebno dodatno pritegniti bočne stabilizatorje v nasprotni smeri zanašanja.



Slika 40. Odlično mešanje zgornjih plasti tal in rastlinskih ostankov pri velikih delovnih hitrostih (povzeto po Horsch, 2017).

3.7 Učinek delovanja različnih tipov rahljalnikov

Splošno prepričanje uporabnikov rahljalnikov je, da ta orodja tla dobro premešajo z rastlinskimi ostanki po celotnem delovnem profilu in hkrati v nasprotju s plugi ne povzročajo nobenih plazin in zdrsov, kar pa drži samo deloma. Če previdno odstranimo zgornjo obdelano plast, lahko vidimo, da rahljalnik z gosjimi nogačami gladko zareže v spodnje plasti tal in jih ne meša z rastlinskimi ostanki, nasprotno pa diskasti rahljalnik grobo obdela spodnje plasti in jih premeša z rastlinskimi ostanki. Takšen način delovanja lahko na vlažnih tleh privede do prikritega zablatenja sicer normalno odcednih tal, česar pa pri diskastih rahljalnikih niso opazili.

Z namestitvijo uteži na prednjo hidravliko traktorja lahko pomembno zmanjšamo zdrs tudi pri rahljalnikih, pri čemer so zaradi konstrukcijskih rešitev (krajša ogrodja) kljub nekoliko večji masi vplivi diskastih rahljalnikov manjši kot pri rahljalnikih z gosjimi nogačami. Vendar slednji bolje poravnajo zgornjo plast tal kot diskasti rahljalniki, kar še posebej velja, kadar so bile na gornji plasti kolesnice.



Slika 41. Izgled spodnje plasti tal po obdelavi z rahljalnikom z gosjimi nogačami (zgoraj) in diskastim rahljalnik (spodaj) (po Topagrar).

Preglednica 4: Površine v konzervirajočem kmetijstvu (ohranitvena obdelava in neposredna setev skupaj) obdelavi (FAO, AQUASTAT 2015).

Država	Površina (1.000 ha)
Argentina	29.181
Avstralija	1769
Bolivija	706
Brazilija	31.811
Indija	1500
Kanada	18.313
Kazahstan	2.000
Kitajska	6.670
Paragvaj	3.000
Rusija	4.500
Španija	792
Ukrajina	700
ZDA	35.613
Urugvaj	1.072
Ostale države	3.438
Skupaj	156.991

4 Setev v pasove

Koncept konzervirajoče (ohranitvene) obdelave je šele prvi korak k resničnemu dolgoročnemu ohranjanju biotske raznovrstnosti, ki s pomočjo bio-kemičnih naravnih procesov nad površino tal in pod njo zagotavlja dolgoročno rodovitnost tal in oskrbo z zdravo pitno vodo šele v sistemu brez kakršnekoli obdelave oziroma neposredne (direktnе setve) (ang. no-till). Na tleh, ki dolgoročno omogočajo sistem neposredne setve, je prehod od ohranitvene obdelave najenostavnejši s pomočjo sistema, imenovanega setev v trakove (ang. strip-till, nem. Streifenlockerung), sestavljenega iz dveh postopkov, pri katerem sejemo v 20–30 cm široke obdelane trakove (Kirchmeier in Demmel, 2013).

Pri tem načinu se obdela le en del njive, v katerega lahko hkrati vnesejo tudi organska in mineralna gnojila, nato sledi setev. Obdelani trakovi tal se po navadi hitreje segrejejo kot v primeru neposredne setve, kar zagotavlja hitrejši vznik in boljše začetno rast toplotno zahtevnejših poljščin, kot so koruza, buče in soja. Setev v obdelane trakove se največkrat izvaja spomladi v neprezimne dosevke, kot so oljna redkev, bela gorjušica, facelija, črni oves, grah, ajda.

V prvem hodu se z zvezdastimi diski ali različnimi diskasto-valjastimi elementi tla v ozkem pasu plitvo obdela do globine 12–18 cm, se jih prezrači in zmeša z rastlinskimi ostanke. Istočasno se večje ostanke slame potisne bočno na obe strani obdelanega pasu. V drugem hodu se s pnevmatskimi sejalnicami poseje seme in odloži mineralna gnojila v že prej obdelane pasove, kar je danes na mnogih kmetijah in kmetijskih posestvih že mogoče izvajati z uporabo visoko ločljivega sistema za krmiljenje avtonomne vožnje (RTK navigacija z avtopilotom).

Pri tem načinu obdelave ima kaleče seme dovolj rahla tla, da lahko hitro požene korenine. Kolikor zgodnejši je začetek rasti kličnih korenin, toliko večja je kasneje celotna masa korenin in rastlina je posledično manj podvržena stresom zaradi suše.

V drugem delu izvedemo setev v trakasto obdelane pasove s pomočjo sejalnice za presledno setev. Za natančno odlaganje semen v sredine trakov moramo imeti na traktor nameščen sistem za avtonomno vožnjo s pomočjo RTK. V nasprotnem primeru je delo strojnika zelo naporno, v primeru zelo ozkih pasov pa lahko pride tudi do napačnega odlaganja semen in posledično slabega vznika.

Pri setvi toplotno zahtevnih kultur je predpogoj, da se zemlja primerno ogreje (8–12 °C). Z vsako predsetveno obdelavo vnesemo v tla zrak in toploto. Višja, kot je temperatura tal ob setvi, hitrejši je mladostni razvoj poljščine in zanesljivejši pridelek lahko pričakujemo.





Slika 42. Setev v pasove – izgled posevka po vzniku (zgoraj) in zgodnjih razvojnih fazah (spodaj), (povzeto po ISRIC).

Obstajata dve različici obdelave v pasove; setev v mrtvo in setev v živo zastirko. Na področjih z več kot 700 mm padavin letno se priporoča setev v živo zastirko, ki jo lahko sestavljajo deteljne mešanice, deteljno-travne mešanice ali posebne mešanice npr. črnega ovsca (*Avena strigosa*), bele gorjušice (*Sinapis hirta*) in prezimnega graha (*Pisum sativum* var. *Arvense*). Pred obdelavo pasov je potrebno celotno površino povaljati s posebnimi

valjarji za uničevanje živega predposevka. Za presledno setev (soja, sončnica, koruza) se pripravi tla v globini od 5 do 15 cm in širini od 30 do 70 cm.

Obdelava pasov in setev v mrtvo zastirko je postopek, ki se priporoča za območja z manj kot 700 mm padavin v vegetaciji in pomeni, da je potrebno živo zastirko pred obdelavo najprej uničiti s totalnim herbicidom. Druge možnosti predstavljata setev v neprezimno zastirko in setev v strnišče predhodne poljščine v kolobarju. Zelo pogosti so kolobarji kuruza-soja-kuruza (Zimmer in sod., 2014).





Slika 43. Najbolj znana oprema za obdelavo v pasove, predstavljena na sejmu Agritechnika, Stajenko.

Glavno prednost obdelave v pasove pred neposredno setvijo predstavlja boljša – večja sprejemljivost pridelovalcev, saj se takšna tla spomladi v ozko obdelanih pasovih hitreje ogrevajo, kar pomeni kasneje tudi hitrejši in boljši vznik. Nadalje poteka setev zaradi odsotnosti rastlinskih ostankov v obdelanih pasovih bistveno hitreje, brez zastojev in mašenja setvenih lemežev (varno!), za setev lahko uporabimo zgolj sodobne sejalnice za presledne setve, ki so opremljene z močnimi krožnimi sejalnimi lemeži. Obdelava v pasove omogoča lažjo prevoznost njiv tudi v primeru delno pomrznjenih tal oziroma kadar se takšna tla začnejo tajati. Prisotnost rastlinskih ostankov olajša tudi spomladanski razvoz gnojevke oziroma dognojevanje žit z gnojevko, kot je praksa na nekaterih

prašičerejskih področjih. Vse nadaljnje agrotehnične ukrepe (dognojevanje z mineralnimi gnojili, škropljenje) lahko izvajamo z manjšimi vlečnimi silami (traktorji), saj imajo tla večjo nosilnost, zato so v mnogih poskusih izmerili tudi do 10 % manjšo porabo goriva.

Evropske izkušnje z obdelavo v pasove so odvisne od pedoklimatskih razmer in sejanih poljščin, vendar so si raziskovalci in pridelovalci enotni, da gre pri tem tipu obdelave za sistem, ki se lahko prilagaja novim klimatskim spremembam, saj združuje lastnosti intenzivne obdelave tal in principov neposredne setve, ki omogoča pri pridelavi oljne ogrščice, koruze in soje enake pridelke kot pri konzervirajoči (ohranitveni obdelavi). Pri setvi sladkorne pese pa so pridelki primerljivi le na najboljših tleh. Pri tem puščamo vsaj od 50 do 70 % površine neobdelane, kar znatno povečuje oprijem traktorskih pnevmatik, današnja sodobna tehnika zagotavlja veliko zmogljivost in delovno učinkovitost, a je posebna oprema še vedno draga.



Slika 44. Obdelava pasov v 'mrtvi' zastirki (zgoraj levo), setev v 'mrtvo' zastirko (spodaj desno).



Slika 45. Valjanje 'žive' zastirke pred obdelavo pasov (zgoraj), setev v 'živo zastirko (spodaj).

5 Neposredna setev

Neposredna (direktna) setev je postopek setve v neobdelana tla ali strnišče. Potrebni so posebni stroji, ki obdelujejo samo setveno širino zemljišča (strip till), ali sejalnice s krožnimi setvenimi lemeži. Pri tej obdelavi se erozija ne pojavi, saj je pokritost tal tudi do 90 %.



Slika 46. Izgled njive po neposredni setvi koruze.

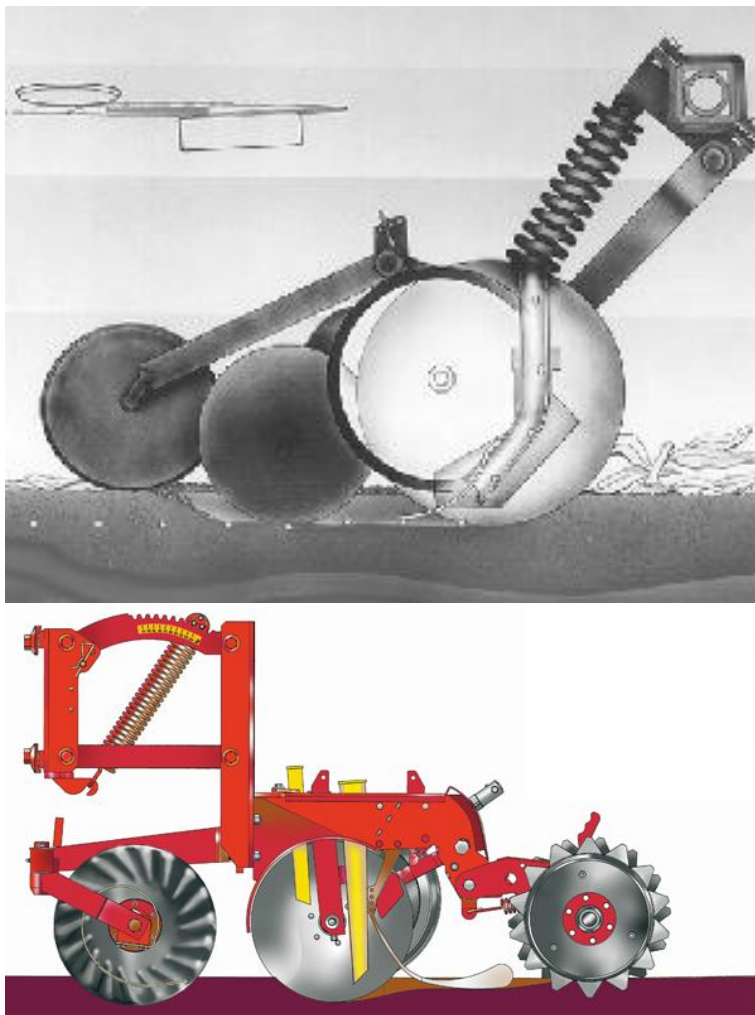
Uporablja se na velikih področjih v Ameriki, v semiaridnih podnebnih razmerah pa je nujna uporaba herbicidov, saj ni mehanskega zatiranja plevela. Razširjenost direktne setve naj bi bila pogojena predvsem s klimatskimi in talnimi razmerami, vendar zaradi manjše porabe delovnega časa in goriva nanjo vplivajo predvsem klimatske razmere. Po tem postopku se v Srednji Evropi obdeluje okoli 2 % kmetijskih zemljišč.

Neposredna setev pomeni setev brez obdelave tal v rastlinske ostanke na površini njive. Direktna setev je ukrep proti eroziji na nagnjenih zemljiščih in ukrep za preprečevanje izpiranja nitratov na vodovarstvenih območjih. Rastlinski ostanki na površini njive ščitijo tla pred izhlapevanjem vlage iz tal in povečujejo biološko aktivnost ter tvorbo humusa (D'Emden in sod., 2012).

Neposredna setev zmanjšuje nabor potrebne opreme za obdelavo in setev le na en agregat, kar zmanjša čas obdelave, porabo energije, število prehodov po njivi, nosilnost in tlačenje tal ter potrebo po številu ur človeškega dela. Dolgoročno izboljšuje produktivnost tal, povečuje zadrževalno sposobnost tal za vodo in ohranja kvaliteto podtalne vode, vpliva tudi na povečanje biološke raznovrstnosti tako v tleh kot nad njimi. Zaradi stalno pokritih tal so močno zmanjšana vse vrste erozij tako na nagibih kot v ravnini. Globalno se ta način obdelave odraža tudi pri direktnem in indirektnem zmanjšanju izpustov toplogrednih plinov.

Pri setvi v neobdelana tla in rastlinske ostanke potrebujemo posebno sejalnico, ki vsebuje elemente za plitvo obdelavo setvenih vrst, in sejalnico za odlaganje semen ter elemente za pokrivanje semena s tlemi in z organsko maso. Potrebni so dodatni elementi na sejalnem sklopu, med katere štejemo čistilni kolut v obliki kovinskih prstov ali letvic, ki očisti ali razreže rastlinske ostanke v vrsti, kjer bo presledna setev, različno oblikovani rezalni koluti, ki so postavljeni pred lemežem, da odrežejo brazdico, ne da bi se pri tem zamašili s tlemi ali z rastlinskimi ostanki (Ebelhar in sod., 2005).

Oblika nastalega setvenega razora je odvisna od vrste setvenega lemeža. Na sejalnem elementu je ob strani lahko nameščeno tudi oporno kolo za vzpostavljanje točne globine setve. Dodatno je na sejalnem sklopu lahko nameščen mehanizem za povečanje sile vdiranja rezalnega lemeža v tla, ki je izveden hidravlično ali mehanično.

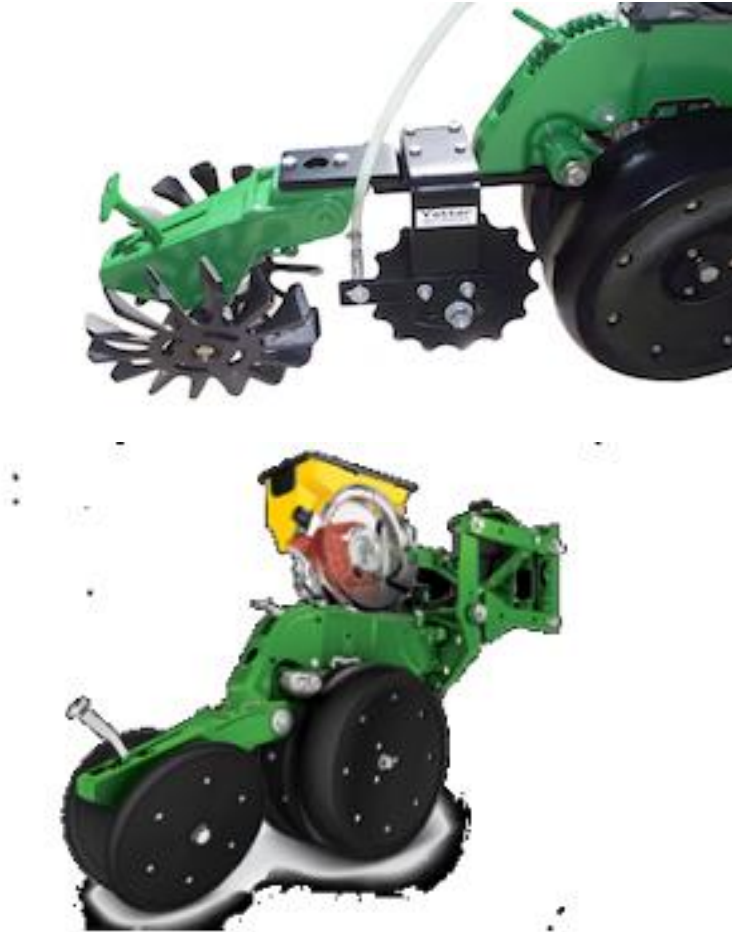


Slika 47. Mehanski sistem – vzmet za povečanje sile rezalnega lemeža (povzeto po Bertini).

Za uspešno setev so potrebne posebne sejalnice, ki odlagajo seme neposredno v ozko brazdo. Sejalne enote morajo biti konstrukcijsko izvedene tako, da poteka setev brez zastojev ne glede na rastlinske ostanke na površini tal, in da je prodiranje sejalnih enot v tla zanesljivo do globine setve semena.

Glede na način oblikovanja brazde ločimo več tipov sejalnic za neposredno setev. Sejalnica z enim rahlo prečno naravnanim krožnim lemežem glede na smer setve pri vožnji po njivi odpira brazdo, v katero pada seme iz setvene cevi, ki je nameščena tik ob lemežu. Pri teh sejalnicah je pogosto neenakomerna globina setve, saj se rastlinski ostanki pogosto zatikajo v lemeže in preprečujejo odlaganje semen (Goddard in sod., 2006).

Na tržišču obstaja tudi sejalnica za neposredno setev s tremi krožnimi lemeži, od katerih dva odpirata 'V' brazdo, eden pa reže rastlinske ostanke. V strukturnih tleh se seme lepo zadela v brazdo s pomočjo dveh gumiranih koles, medtem ko so semena v težjih tleh pogosto nezagrnjena in kalijo brez neposrednega kapilarnega stika z vodo, zato je odstotek vznika pogosto tudi manj kot 40 %.



Slika 48. Kovinski prsti za odgrinjanje rastlinskih ostankov (zgoraj), podtlačna setvena enota (spodaj) (povzeto po John Deere).

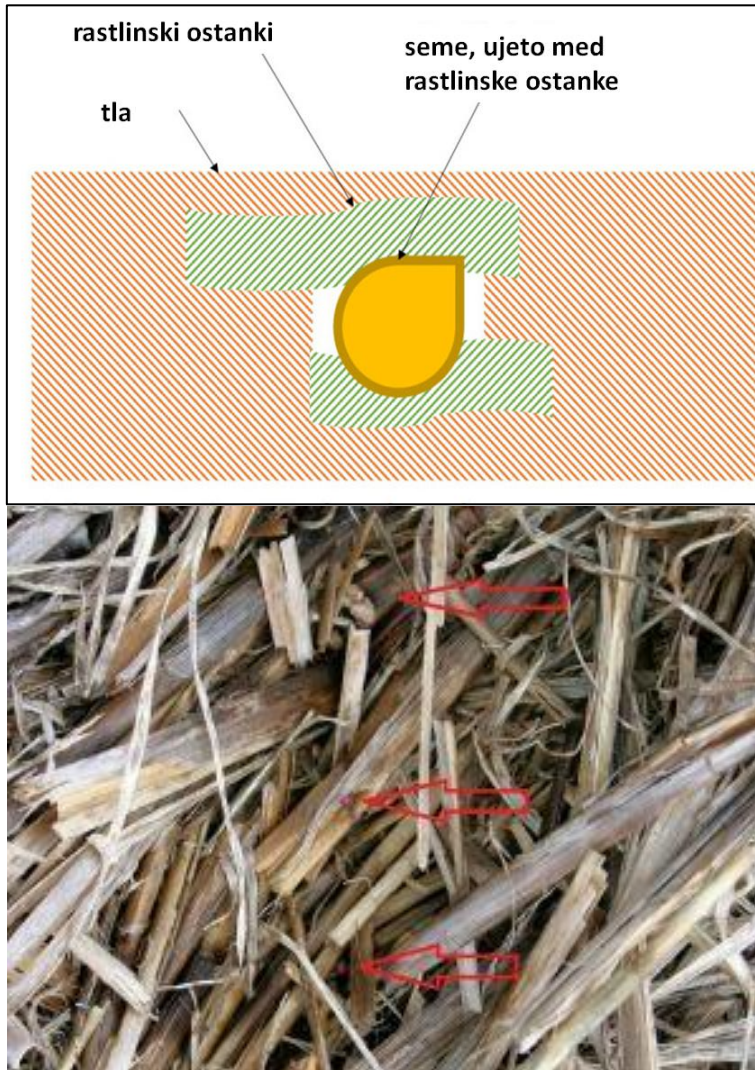


Slika 49. Direktna setev v živo zastirko, (povzeto po Steinert, 2017).



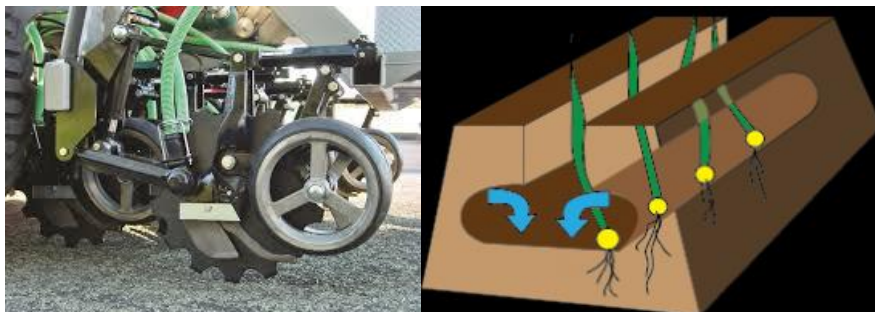
Slika 50. Odstotek vznika pri sejalnici z dvema krožnima lemežema (levo), s setveno nogačo (sredina) in 'T' lemežem, (povzeto po Baker in sod. 2007)

Sejalnice za neposredno setev s setveno nogačo režejo v rastlinske ostanke in tla v obliki 'U'-brazde, omogočajo dobre vznike, kadar so rastlinski ostanke gladko odrezani in ne le potisnjeni v brazdo. Če se slama lanskoletnega posevka le upogne v brazdo, prihaja do pojava 'hair-pinning', ko postane slama svojevrstna pregrada med semenom in tlemi, kar ovira stik semena s tlemi in preprečuje normalen vznik.



Slika 51. 'Hair-pinning' je posledica slabega rezanja rastlinskih ostankov in povzroča kaljenje na površini slame (spodaj) ali ujetost semena med slamo (zgoraj).

Najnaprednejše so sejalnice za neposredno setev, ki z močnim križno oblikovanim lemežem režejo v rastlinske ostanke 'T'-brazdo in vanjo ločeno odlagajo na eno stran seme in na drugo mineralna gnojila. S senzorji za merjenje horizontalne odpornosti tal lahko sejalnica enakomerno globoko odlaga semena ne glede na gostoto rastlinskih ostankov in odpornost tal ter omogoča enakomeren vznik. Žal so sejalnice 'cross slot' skoraj dvakrat dražje od sejalnic z dvojnimi krožnimi lemeži.



Slika 52. Izgled sejalnice s 'T'-lemeži in položaj semena v brazdici, (povzeto po Cross Slot).

5.1 Presledna setev v neobdelana tla

Za direktno setev niso primerne vse njive, ampak le tiste z globokimi, lahkimi, toplimi in humusnimi tlemi, ki so bogate s hranili in nezapleveljene. Hkrati moramo imeti ustrezen kolobar, v katerem so predhodne poljščine s koreninskim sistemom tla dobro drenirale in zrahljale.

Predpriprava tal za setev poteka na dva načina. Prvi način je primeren za setev na strniščih in zahteva uporabo herbicida na osnovi glifosata dva do tri tedne pred setvijo. Ko se vmesni dosevek in pleveli posušijo in se tla dovolj ogrejejo, seme direktno odložimo s posebnimi sejalicami.

Drugi način je setev mešanic strniščnih ali prezimnih dosevkov, ki ustvarjajo stopničasto nadzemno plast in poženejo različno globoke korenine. Na ta način imamo debelo pokrit nadzemni del, ki predstavlja kvalitetno pokrivko, in rove odmrlih korenin, ki so

svojevrstna vertikalna drenaža za vodo in živali, še posebno za deževnike, ki prenašajo odmrle rastlinske ostanke s površine v globlje plasti tal. V tem primeru uporabljamo za uničevanje rastlin valjar za uničevanje rastlinskih ostankov.

6 Združena setev

Združene setve (mešani posevki) predstavljajo posnemanje biotske raznovrstnosti naravnih biocenoz, pri kateri nadgradimo kolobar s poznavanjem številnih sinergističnih lastnosti gojenih rastlin. Mešani posevki so lahko tudi zelo učinkovit način pri zatiranju bolezni in škodljivcev. Naravni travniki so bili nekoč primer mešanih dosevkov, s pomočjo katerih so pridobivali biotično vrednejše krme za prehrano domačih živali. Mešanice poljščin za prehrano ljudi se pridelujejo redkeje (Bavec in Bavec, 2007).

V primerjavi s konvencionalnim kmetijstvom, ki zanemara pomen kolobarja poljščin in vrtnin pa nove, trajnostno naravnane oblike kmetovanja priporočajo, zahtevajo ali celo določajo čas in način kolobarjenja. Združene setve temeljijo na mešanih posevkih v kolobarju in iščejo vedno nove koristne povezave med rastlinami v smeri zdravega pridelka, ugodne in neugodne sosednje rastline, ki se podpirajo v medsebojni rasti s preprečevanjem napada škodljivcev in okužb s povzročitelji bolezni, ter rastline, ki odvrčajo povzročitelje bolezni in škodljivce z izločanjem biotičnih učinkovin (fitocidi) oziroma spodbujajo ali zavirajo rast sosednjih rastlin. Takšen način kmetovanja bi na VVO prinesel neposredno korist za kakovost podtalne vode in površinskih voda, saj so površine vse leto pokrite vsaj z eno rastlino, navadno pa seveda še z več, ki bogatijo tako podzemni kot nadzemni del tal.

V Sloveniji so z združeno setvijo najbolj seznanjeni ekološki kmetje, saj je po anketi iz leta 2010 združena setev pritegnila zanimanje skoraj 64,9 % vprašanih, od tega so jo že uporabljale kmetije, kjer prevladuje travinje na hribovitem terenu (75,4 %) in travinje na ravninskem terenu (16,5 %). Po vodilni pridelavi na kmetiji so bile najbolj seznanjene z združeno setvijo živinorejske kmetije (88 %), najmanj pa vinogradniške (6,6 %).

Združena setev se sicer lahko izvaja z obstoječimi sejalicami za presledno in strnjeno setev, vendar je z njimi možno naenkrat sejati praviloma komaj 2–3 različne poljščine, podobne velikosti semen. Izjema so setve travno-deteljnih in deteljno-travnih mešanic, ki jo naši kmetje že izvajajo. Za setev poljščin obstajata možnost setve z več prehodi, kar je negativno s stališča gaženja tal, ali pa nabava posebnih sejalic, ki imajo nameščenih več ločenih nasipnic in sistemov za natančno doziranje različno velikih semen. Žal so takšne sejalnice tudi v svetovnem smislu še zelo redke in posledično tudi zelo drage.

Po svetu, Evropi in tudi doma so znani dolgoletni dobri primeri združene setve, ki v kolobar vključujejo pšenico, rž, piro, sojo in krmni grah. Sojo in krmni grah se največkrat seje v združeni setvi z ričkom, ki daje drugi pridelek v velikosti od 1,5 do 2 t. Sončnice sejejo v kombinaciji z ajdo, tako da se jeseni najprej požanje visoke sončnice, čez mesec dni pa na isti njivi ponovno še ajdo, ki raste spodaj. To je dvonadstropna pridelava. Zelo dobro se obnesejo tudi mešani dosevki lan in riček, proso + detelja, inkarnatka + proso, ajda + ozimna grašica, sončnice + grašica. V mešanih posevkih je uporaba herbicidov zelo problematična, saj gojimo skupaj ozko- in širokolistne poljščine, zato je posebna

skrb namenjena gojenju zastirke. Najboljša zastirka za nežne spomladanske posevke je rž. Ta se poseje pozno poleti ali jeseni, npr. skupaj z deteljo. Spomladi služi žito kot zastirka za glavni posevek npr. za sojo, buče, koruzo, fižol, pred setvijo pa ga je potrebno povaljati (ne mulčiti, še manj kositi). Največkrat se uporablja kombinacija valjarja na sprednjem tritočkovnem priključku traktorja, na zadnjem tritočkovnem priključku sledi sejalnica za direktno setev (Rengeo, 2012). Če nimamo dovolj zmogljivega traktorja, se izvaja opravilo v dveh korakih.



Slika 53. WEcoDyn 3D-sistem za hkratno pripravo tal in setev najmanj štirih različno velikih semen poljščin (zgoraj), prikaz zamenjave sistema za zajemanje semen (levo spodaj), trije različni valji za zajemanje različno velikih semen (spodaj desno), (povzeto po WEcoDyn).



Slika 54. Setev v živo zastirko (povzeto po Anonymus, 2003).

7 Mehansko zatiranje plevelov

Posebno poglavje obdelave na VVO predstavlja mehansko zatiranje plevelov, ki ni samo neposredna alternativa herbicidom, ampak ima tudi vrsto stranskih pozitivnih učinkov, med katere štejemo:

- zračenje tal,
- razbijanje skorje,
- ohranjanje vlage v tleh,
- pomembno zmanjševanje izpiranja dušika in pesticidov v podtalnico,
- pospeševanje razraščanja.

Nakup tehnike za mehansko zatiranje plevelov je odvisen od:

- tolerance poljščine na mehanične poškodbe,
- učinkovitosti stroja pri odstranjevanju plevelov,
- števila potrebnih prehodov v času rasti,
- zahtevnih lastnosti traktorja (hitrost, hidravlika, TPG)
- operativnih stroškov.

Predpogoj za dobro mehansko zatiranje plevelov predstavljajo:

- poravnane površine brez globokih razorov,
- enakomerno posejane vrste poljščine,
- pravilna vlažnost tal za obdelavo,
- ustrezno opremljen traktor.

Na posestvih in večjih kmetijah, kjer že uporabljajo tehniko preciznega kmetijstva s pomočjo RTK-sistema, je vodenje traktorjev po njivi poenostavljeno in zato okopavanje močno olajšano in enostavno opravilo (Polner, 2017).

Tehniko za mehansko zatiranje plevelov v grobem delimo na toga in vzvojná orodja ter njihove kombinacije.

Toga orodja za zatiranje plevelov, kjer so osnovni delovni elementi fiksno vpeti na nosilno ogrodje in delujejo večinoma z rezanjem ali puljenjem plevelov, ki jih nato odlagajo na površini tal.

7.1 Česalo

Česala so že leta zanesljiv način zatiranja plevelov v Evropi in svetu, saj so njegove preprostejše predhodnike uporabljali še pred pojavom herbicidov. Zaradi skrbi za okolje – predvsem pitno vodo na VVO in tudi širše v kmetijstvu se je v zadnjih desetletjih

uporaba česal zelo povečala. Osnovna sestava česalnika zajema vsaj 6 vrst z desetimi ozkimi in fleksibilnimi konicami, ki jih lahko dvignemo ali spustimo individualno. Konice so izdelane iz vzmetnega jekla in se lahko sprostijo v primeru prevelike sile, vendar se jih z lahkoto ponovno naravna (regulira). Morebitne poškodbe pridelkov so zelo majhne, saj so konice visoko dvignjene nad vrsto pridelkov. Posamezni prsti obdelujejo plitvo od 2 do 5 cm, zato so za učinkovito zatiranje plevelov potrebni tudi štirje prehodi na začetku sezone v intervalih 5–7 dni.

Ne smemo pozabiti, da je česalo samo del celovite strategije boja zoper plevela, ki na prvem mestu vključuje širok kolobar različnih širokolistnih in ozkolistnih poljščin, nadalje ustaljenega okopavanja vseh poljščin v kolobarju, uravnoteženo gnojenje in skrb za čim boljši sklop rastlin. Ob pravočasni uporabi (zgodnji razvojni stadij plevelov in majhna vlaga v tleh) s česalom uspešno zatiramo plevela v žitih, koruzi, sladkorni pesi, oljni ogrščici, krompirju, zelenjavi, grahu, soji, bobu, prav tudi v drevesnicah in za spomladansko čiščenje travnikov in pašnikov. Še enkrat je potrebno poudariti, da zgolj česala niso dovolj. Npr. pri pridelavi koruze in sladkorne pese se priporoča v kasnejših razvojnih fazah rastlin in tudi plevelov uporabiti krožne okopalnike in okopalnike z lastovičjimi krili ter gosjimi nogačami. Vendar pa ni priporočljivo česanje 'na zalogo', saj lahko s prekomerno uporabo česal pozitivno vplivamo na zalogo plevelnih semen v spodnjih plasteh tal oziroma jih samo vzpodbudimo h kaljenju. Drugi pozitivni učinki uporabe česal se odražajo na povečanju razraščanja žit in povečanju njihove vegetativne mase, ki je nujno potrebna za oblikovanje pridelka. Nenazadnje se lahko česala uporabljata tudi za razbijanje tanjše skorje, ki nastane zaradi večje količine padavin, padlih na fino obdelana tla.



Slika 55. Česalo na polju sladkorne pese (zgoraj), učinek česala pri 4 km/h (levo spodaj) in 8 km/h (desno spodaj), (povzeto po Einböck).



Slika 56. Spomladansko česanje travnikov (levo), vlača za grobo poravnavanje krtin (desno), (povzeto po Einböck).



Slika 57. Česanje travnikov ob istočasnem dosejavanju s pnevmatsko sejnalnico, (povzeto po Einböck).

7.2 Okopalnik “kultivator” s togimi nogačami

Ta stroj sodi med starejše pristope zatiranja plevelov v okopavinah oziroma v širokolistnih poljščinah. V svoji osnovi je lahki rahljajnik z nogačami oblikovanimi v obliki črke S, s trikotnimi 'lastovičjimi' rezili ali gosjimi nogačami, zato lahko posamezni elementi okopavajo tudi do 10 cm globoko. Tla se pri tem intenzivno mešajo in zračijo, zato je potrebno manj prehodov kot z ostalimi modeli. Izkoreninjen plevel ostaja na površini, kjer se posuši.

Sodobni okopalnik mora vsebovati elemente, ki olajšujemo delo in omogočajo natančno zatiranje plevelov brez dodatnega delavca na sedežu stroja. Nujni sestavni deli so:

- sistem za samostojno vodenje okopalnika, ki ga lahko nadgradimo tudi z avtomatskim vodenjem z video nadzorom in s pomočjo hidravličnega cilindra pomika omogoča popolno prilagoditev na neravnem terenu in optimalno okopavanje plevelov na celotni delovni širini. Preko traktorske hidravlike se lahko nadzira celo globino obdelave,
- vzmetena vodilna kolesa,
- paralelogramsko vpeta kovinska zaščita ali krožniki za zaščito rastlin,
- paralelogramsko vpeti nosilec orodja s pnevmatikami.

Ker je mehansko zatiranje plevela med vrsticami zelo občutljivo delo, za katerega je potrebno izbrati pravo globino, delovno hitrost in razdaljo do rastlin, se danes na tržišču že pojavljajo naprave za avtomatsko krmiljenje (npr. row-guard, proizvajalca Einboeck –

<https://www.youtube.com/watch?v=R2YvybbXFzg>), ki v kombinaciji z zaščitnimi krožniki ali kovinskimi ščitniki, preprečujejo preveliko utrujenost voznika traktorja. Sistem za krmiljenje nadzoruje delovanje okopalnika preko RGB kamere in omogoča premikanje posameznih paralelogramov po nosilnem ogrodju tudi pri visokih hitrostih. Nastavitev razmaka med paralelogrami in globine okopavanja se preprosto izvaja iz kabine traktorja. Slika RGB kamere se razdeli na tri področja in se usmerja samo na koncentracijo zelenih barvnih pik. S pomočjo slikovne informacije o posamezni poljščini se paralelogram z motičicami s pomočjo hidravličnega drsnega okvirja prestavi natančno nad vrstice. V praksi se je sistem že izkazal za zatiranje plevelov v najrazličnejših poljščinah in zelenjadnicah, ne glede na medvrstno razdaljo in delovno širino stroja. Inovacija prestavlja tudi veliko razbremenitev traktorista, saj se lahko posveti zgolj vožnji oziroma nadzoru elektronike, na ta način se poveča hitrost vožnje tudi do 15 km/h in delovna storilnost.



Slika 58. Video sistem za vodenje okopalnika (levo) in hidravlična nastavitev pozicije drsnega okvirja (desno), (povzeto po Hatzenbichler).



Slika 59. Lepo vidni kovinski ščitniki na čelno nameščenem okopalniku, (povzeto po Einböck).



Slika 60. Okopalnik za medvrstno okopavanje žit, (povzeto po Einböck).

Poleg okopavanja se lahko česalo uporablja tudi za oskrbo pašnikov in travnikov kot zamenjava za travniške brane ali pa v kombinaciji s sejalnico kot orodje za plitvo pripravo tal za dosejavanje drobnih semen v glavni posevek. Zaradi vremenskih razmer in preobremenitev pašnika med pašno sezono lahko pride do poslabšanja sestave travne ruše ali ogolitev, kar pomembno vpliva na stanje pašnikov. Če travnikov ali pašnikov ne nameravamo preorati, je plitva obdelava s česalom najkrajša možnost za hitro izboljšanje sestave travne ruše. Posamezne žbice namreč tla prerahljajo dovolj globoko, da se ustvari drobno grudičasta struktura, v katero odlagamo drobna semena detelj in trav s pomočjo pnevmatske sejalnice.

Različni proizvajalci ponujajo različne variante za istočasno česanje in dosejavanje pašnikov in travnikov. Npr. Einböckov "Grass Manager" obdeluje travnike s pomočjo vzmetenih žbic, ki poleg prezračevanja omogočajo uničevanje plitvo zakoreninjenih plevelov ali mahu <https://www.youtube.com/watch?v=rkgT8uVuFzE>. Prav tako s pomočjo spredaj ali zadaj nameščenih 'vlač' zelo uspešno poravnavamo krtine, ne da bi prihajalo do zamašitve posameznih česalnih elementov.

Setev detelje ali deteljno-travne mešanice v žita:

V ekološkem kmetijstvu je možno v žita, ki smo jih vsaj dvakrat česali, po tretjem česanju v razvojnem stadiju žit 2–4 listov sejati detelje. Na ta način imamo dvojno korist; prvič bodo detelje s pomočjo Rhisobium bakterij do jeseni lahko fiksirale iz zraka do 100 kg dušika, drugič bomo po žetvi žit že imeli sklop detelje, ki bo nadaljevala z nemoteno rastjo, ne da bi posebej pripravljali tla za setev. Na ta način bomo prihranili stroške za

obdelavo, setev in še vlago v tleh, ki bi jo zaradi intenzivnega obračanja tal izgubili ravno v poletnem času.

V določenih tleh lahko sejemo tudi deteljno-travno mešanico, saj se bo fiksiran dušik porabil za rast trav. Sodobna 12-metrška česala lahko istočasno posejejo med 8 in 12 ha na uro glede na tip tal, zapleveljenost in velikost parcel.

Dosejavanje podsevka v koruzo

Pri višini koruze med 20 in 30 cm je istočasno ob česanju možno dosejavanje detelje, ki omogoča vrsto varovalnih ukrepov na VVO. Med drugim izboljšuje nosilnost tal med dognojevanjem in žetvijo, zatiranje poznokalečih plevelov, vezavo dušika v času po žetvi, izboljšuje izkoristek dušika, dovedenega z gnojevko po žetvi, izboljšuje rodovitnost tal, manjšo porabo herbicidov in hitro razraščanje dosevkov po žetvi.

7.2 Okopalnik "kultivator" s togimi nogačami

Ta stroj sodi med starejše pristope zatiranja plevelov v okopavinah oziroma v širokolistnih poljščinah. V svoji osnovi je lahki rahljajnik z nogačami, oblikovanimi v obliki črke S, s trikotnimi 'lastovičjimi' rezili ali gosjimi nogačami, zato lahko posamezni elementi okopavajo tudi do 10 cm globoko. Tla se pri tem intenzivno mešajo in zračijo, zato je potrebnih manj prehodov kot z ostalimi modeli. Izkoreninjen plevel ostaja na površini, kjer se posuši.

Sodobni okopalnik mora vsebovati elemente, ki lajšajo delo in omogočajo natančno zatiranje plevelov brez dodatnega delavca na sedežu stroja. Nujni sestavni deli so:

- sistem za samostojno vodenje okopalnika, ki ga lahko nadgradimo tudi z avtomatskim vodenjem z video nadzorom in ki s pomočjo pomikanja hidravličnega cilindra omogoča popolno prilagoditev delovnih elementov na neravnem terenu in optimalno okopavanje plevelov na celotni delovni širini. Preko traktorske hidravlike se lahko nadzira celo globino obdelave,
- vzmetena vodilna kolesa,
- paralelogramsko vpeta kovinska zaščita ali krožniki za zaščito rastlin,
- paralelogramsko vpeti nosilec orodja s pnevmatikami.

Ker je mehansko zatiranje plevela med vrsticami zelo občutljivo delo, za katerega je potrebno izbrati pravo globino, delovno hitrost in razdaljo do rastlin, se danes na tržišču že pojavljajo naprave za avtomatsko krmiljenje (npr. row-guard, proizvajalca Einboeck – <https://www.youtube.com/watch?v=R2YvybbXFzg>), ki v kombinaciji z zaščitnimi krožniki ali kovinskimi ščitniki preprečujejo preveliko utrujenost voznika traktorja. Sistem za krmiljenje nadzoruje delovanje okopalnika preko RGB-kamere in omogoča premikanje posameznih paralelogramov po nosilnem ogrodju tudi pri visokih hitrostih. Nastavitev razmaka med paralelogrami in globine okopavanja se preprosto izvaja iz kabine traktorja. Slika RGB-kamere se razdeli na tri področja in se usmerja samo na koncentracijo zelenih barvnih pik. S pomočjo slikovne informacije o posamezni poljščini

se paralelogram z motičicami s pomočjo hidravličnega drsnega okvirja prestavi natančno nad vrstice. V praksi se je sistem že izkazal za zatiranje plevelov v najrazličnejših poljščinah in zelenjadnicah, ne glede na medvrstno razdaljo in delovno širino stroja. Inovacija prestavlja tudi veliko razbremenitev traktorista, saj se lahko posveti zgolj vožnji oziroma nadzoru elektronike, na ta način se povečata hitrost vožnje tudi do 15 km/h in delovna storilnost.

7.3 Krožno orodje za pletje

Sodi med uveljavljeno novejšo tehniko za zatiranje plevelov v poljščinah, posajenih v medvrstnih razdaljah med 60 in 75 cm, kakor tudi za osipavanje krompirja, zelja ali okrasnih drevnin. Osnovni delovni organi so kovinski prstasto oblikovani diski, ki so uležajeno vpeti preko velikih, močnih paralelogramov na cevasti okvir. S pomočjo nastavitvenih vijakov se prilagodi najprej delovna širina in nato vzdolžni položaj diskov. Odvisno od kota nastavitvev diskov lahko tla od rastlin bodisi odrivamo bodisi osipavamo v vrste, v obeh primerih izkoreninijo plevel, ki se nahaja na poti. Ker so togi jekleni drogovji nameščeni na nasprotni strani vrst z rastlinami in so rahlo zaviti, omogočajo okopavanje blizu vrst, ne da bi poškodovali rastline. Hitrost vožnje znaša pri ročnem vodenju med 8 in 12 km/h, medtem ko lahko z avtopilotom dosegamo tudi 15 km/h. Globina obdelovanja je odvisna od talnih razmer in znaša med 5 in 10 cm. Zaradi velike učinkovitosti zatiranja plevelov so praviloma pred sklenitvijo vrst potrebni od 2 do 3 prehodi.



Slika 61. Krožno orodje za pletje, (povzeto po Hatzenbichler).

7.4 Krožno česalo

Sodi med univerzalno tehniko, saj omogoča natančno zatiranje plevelov tako v široko posejanih poljščinah (koruza, soja, sončnica, bob) od razvojne faze kličnih listov, ko so s prostim očesom vidne posejane vrste, kakor tudi v žitih. To je mogoče doseči z natančno nastavitvijo globine in naklona vrtenja posameznih elementov. Vrteča delovna orodja s svojimi ošiljenimi elementi plevele bodisi izkoreninjajo in jih puščajo na površini tal, da se posušijo, bodisi jih prekrivajo s tlemi in zadušijo, istočasno vzpodbujajo razraščanje žit in razbijajo zaskorjena tla. Vrteča orodja so neobčutljiva na organske ostanke, ležeče na tleh, zato je krožno česalo posebej primerno tudi za okopavanje v konzervacijski (ohranitveni) obdelavi tako pri majhni kot tudi veliki delovni hitrosti. Optimalno

prezračnost tal in razpleveljenost dosegamo pri hitrosti vožnje med 12 in 25 km/h, saj takrat elementi zelo močno mešajo tla.



Slika 62. Krožno česalo med okopavanjem sladkorne pese (levo) in pšenice (desno), (povzeto po Einböck).

7.5 Prstni stroj za pletje

Se največkrat uporablja kot dodaten element za zatiranje plevelov med vrstic rastlin in se lahko uporablja od najmanjšega razmaka med vrsticami 25 cm. Prstni okopalnik dobiva pogon preko kovinskih zobcev od tal in deluje tako, da se dva prečno nameščena krožnika z gumijastimi ali plastičnimi zabadata – vsak je nameščen na eni strani vrste – in na ta način okopavata rastline v vrsti. Enakomerno vrtenje in dolgo življenjsko dobo zagotavljajo kvalitetni kroglični ležaji, nameščeni v ohišje kovinskega nosilca. Prsti okopavajo tla znotraj vrst, tako da pleveli bodisi pulijo bodisi osipavajo med rastlinami, zato morajo biti rastline enakomerno posejane, da jih stroj ne izkorenini. Pomembno je, da sta pridelek in plevel različne velikosti. Razdalja med diski se lahko spreminja, možno je nastaviti na nežnejše ali agresivnejše okopavanje.

Prstni stroj za pletje najbolje deluje v rahlih tleh, zato je najpogosteje nameščen kot združeno orodje v skupnem agregatu z nizom okopalnikov ali krožnega orodja za pletje, ki predhodno zdrobijo vrhno skorjo tal.



Slika 63. Osnovna delovna elementa prstnega stroja za okopavanje (levo) – (povzeto po K.U.L.T.) v kombinaciji z okopalnikom sladkorne pese (levo) in pšenice (desno) – (povzeto po Hatzenbichler).

7.6 Stroj za pletje s krtačami

Delovanje stroja za pletje s krtačami temelji na uporabi torzijske sile, ki jo ustvarjajo rotirajoče, hidravlično gnane krtače preko trdih polietilenskih ščetin. Hitro vrteče krtače s ščetinami plevele izkoreninijo, podkopljejo in ogulijo njihove liste. Stroji delujejo v lahkih tleh do globine 40 mm, medtem ko so v težjih tleh manj učinkoviti. Njihovo uporabo najbolj priporočamo za zatiranje plevelov pri vrtnarski pridelavi, ki že po naravi zahteva večjo skrb kot poljedelska proizvodnja. Za zaščito pred poškodbami gojenih rastlin imajo ti stroji tudi zaščitne tunele za pokrivanje vrste s rastlinami in so na voljo v različnih širinah.

Krtače so najpogosteje nameščene na sprednji strani traktorja, saj je takrat delovanje stroja najlažje nadzirati; če je nameščen na zadnjem tritočkovnem sistemu, zahteva dodatnega delavca.



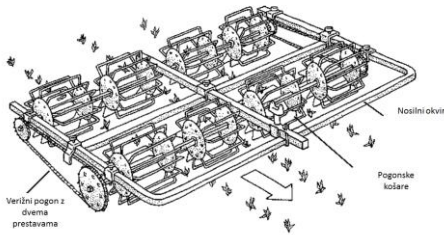
Slika 64. Čelno pripet stroj za pletje s krtačami (levo), na sredini traktorja jahača (desno), (povzeto po Baertschi).

7.7 Stroj za pletje s košarami

Pri tem stroju imamo na ogrodje vpeta dva niza košar, ki rotirata na ločenih oseh, povezanih z verižnim prenosom. Prvi niz košar ima večji premer in rotira počasi, drugi

niz košar pa ima manjši premer in rotira hitreje. Vrteče košare so izdelane iz 8–10 mm vzmetne žice, ki temeljito razrežejo približno 3–7 cm tal v medvrstnem prostoru. Košare so izdelane v različnih širinah in jih je možno hitro razporediti vzdolž osi glede na željeno širino med vrstami od 5 do 35 cm. Košare je mogoče prilagoditi tudi tako, da se prekrivajo in uporabljajo za predsetveno pripravo lahkih tal.

Ker je delovanje košar relativno plitvo, uničuje stroj plevela samo v zgodnjih razvojnih fazah. Prav tako imajo košare slab osipalni učinek na zastiranje plevelov, zato se za boljše uničevanje plevelov priporoča od 3 do 5 prehodov v vegetaciji. Najbolje delujejo v vlažnih meljastih in peščenih tleh.



Slika 65. Shema (levo) in delovanje (desno) stroja za pletje s košarami, (povzeto po K.U.L.T.)

7.8 Kombinirana orodja

Najboljši učinek pri mehanskem zatiranju plevelov dosežemo v praksi z uporabo kombiniranih sistemov, ki združujejo toge elemente za okopavanje medvrstnih prostorov in različne tehnike vrtečih okopalno-osipalnih elementov za zatiranje plevelov v vrstah. Primer okopalnika z lastovičjimi nogačami in diagonalnim prečnim česalom, predstavljenim na sliki 66, je samo ena izmed številnih možnosti, ki jih ponuja sodobna industrija kmetijske tehnike. Ker se na trgu pojavljajo vedno znova novi stroji, bralcem priporočamo, da si ogledajo internetne strani znanih proizvajalcev ali pobrskajo na portalu [www.youtube](https://www.youtube.com/watch?v=kGWNsgttNXk) npr. celoviti prikaz različnih strojev za zatiranje plevelov v Švici <https://www.youtube.com/watch?v=kGWNsgttNXk> ali na zelo znano ekološki farmi UC Santa Cruz Farm <https://www.youtube.com/watch?v=jsqa6cahRxI>.



Slika 66. Primer kombiniranega stroja za okopavanje, (povzeto po K.U.L.T.).

8 Zaključek s priporočili

V luči čedalje hitrejših in resnejših groženj klimatskih sprememb, ki se neposredno odražajo tudi v slovenskem kmetijstvu, predstavljata spremenjena obdelava tal ter protierozijska zaščita enega od ključnih ukrepov za zadrževanje vode v tleh in ohranjanje strukture tal, ki sta osnova za dolgoročno ohranjanje produktivnosti tal. Le biološko aktivna živa tla so namreč po eni strani temelj za zagotavljanje dovolj velikega pridelka, ki omogoča ekonomsko preživetje kmetij, in po drugi jamstvo za kvaliteto podtalnice in zrak.

Kot je bilo v knjigi prikazano, obstaja več poti in načinov prilaganja obdelave tal na nove vremenske pojave, a žal enoznačnih in hitrih nasvetov za tako zahteven in kompleksen sistem, kot ga predstavljajo tla, spreminjajoča se količina vlage v tleh in vrstenje poljščin, ni mogoče strniti v en stavek oziroma razpredelnico. Poleg tega se zaradi hitro se spreminjajočih vremenskih pojavov ne moremo zanašati zgolj na en pristop, kot je bilo to možno v času daljših stabilnih klimatskih pogojev, ki so jim bili priča naši dedje ali morda očetje.

Prehod od konvencionalne obdelave k ohranitveni obdelavi tal predstavlja večletni proces, ki ga moramo prilagoditi usmeritvi kmetije, posameznemu tipu tal oziroma parceli in poljščini, ki na njej raste. Pri tem sta na prvem mestu potrebna pogum in prepričanje v uspeh na začrtani poti, saj bomo le s potrpežljivostjo in vztrajanjem po nekaj letih dosegli boljše biološko-kemijske lastnosti tal, ki so edin zagotovilo za trajnostno pridelovanje na naših površinah.

Največkrat se pojavijo po svoje razumljivi pomisleki o smiselnosti dodatni stroškov, povezanih z nabavo novih strojev za ohranitveno obdelavo tal, zlasti če smo v preteklem investicijskem ciklusu že kupili nove pluge, predsetvenike in sejalnice. Žal se moramo zavedati, da bomo z odlašanjem misli na spremenjeni način obdelave tal imeli dolgoročno le še večje stroške v smislu manjših in kakovostno slabših pridelkov.

K sreči je prehod na ohranitveni sistem obdelave mogoč v začetnem obdobju in manjšem obsegu tudi brez lastnih strojev s pomočjo najema storitev pri strojnih krožkih, ponudnikih strojnih storitev in posameznikih, ki so se v preteklosti že opremili z novo tehnologijo ter novo tehnologijo že več let uspešno uporabljajo bodisi na lastnih bodisi tujih njivah. Seveda je kasneje, ko se začnejo kazati pozitivni učinki novih sistemov obdelave tal in smo se prepričali v njihov uspeh na lastnih površinah, smiselno razmišljati o nabavi novih strojev bodisi v lastni režiji bodisi skupaj s sosedi ali sorodniki. Pri tem se moramo zavedati, da je storilnost (hektarski učinek) strojev za ohranitveno obdelavo pravila večja, kot smo bili vajeni pri konvencionalni obdelavi, in je zato prag rentabilnosti investicije, izražen v letno obdelanih površinah, večji.

V naslednjih odstavkih in razpredelninah so prikazani praktični nasveti za uporabo ohranitvene obdelave tal na primeru dveh podobnih kolobarjev na lahkih in težkih tleh na VVO II oziroma VVO I, kar pomeni, da je razlika v ozelenitvi, predpisani na VVO I. Ob tem je potrebno poudariti, da je za setev koruze način obdelave oziroma število prehodov odvisno od vrste ozelenitve. S stališča ohranitvenega kmetijstva je bistveno pomembnejša setev mešanic, saj v nasprotju z monokulturo npr. mnogocvetne ljuljke omogoča boljši izkoristek talne vlage, odpornost na nizke temperature in bolezni. Nenazadnje je učinek mešanic na formiranje različnih oblik biopor v različnih globinah tal bistveno večji in pripomore k lažji pripravi tal za setev koruze.

V preglednici 5 so prikazani nekateri sistemi obdelave tal in načini setve na območju VVO I, na katerem je omejena uporaba FFS, torej tudi herbicidov. Če imamo poljedelsko kmetijo, je najboljši način, da se spomladi ozelenitev povalja s posebnimi valjarji (ang. roller crimper), nato sledi priprava tal s težkim rahljalnikom z gosjimi nogačami, opremljenim z globinskimi valjarji. Na lahkih tleh bo zadoščal en prehod, na težjih bosta morda potrebna dva, kar je odvisno od količine rastlinskih ostankov in vlage v tleh. Na tako pripravljenih tleh je nujno uporabiti sejalnico za presledno setev s krožnimi sejalnimi lemeži, še bolje posebno sejalnico za direktno setev, saj setveni lemeži z dodatnimi vzmetmi ali hidravličnimi cilindri omogočajo boljše rezanje morebitnih rastlinskih ostankov, sejalnica pa natančneje vzdržuje nastavljeno globino setve.

Preglednica 5: Priporočeni načini ohranitvene obdelave tal na VVO I v kolobarju na lahkih tleh

Kolobar	Vrsta stroja za ohranitveno obdelavo pred setvijo	Vrsta sejalnice	Alternativna možnost I	Alternativna možnost II
Koruza za zrnje	1. valjanje ozelenitve, 2. težki rahljalik z gosjimi nogačami in globinskimi valjarji ^a	sejalnica za presledno setev s krožnimi sejalnimi lemeži	setev v trakove (1. prehod obdelava trakov ^e , 2. prehod sejalnica za presledno setev s krožnimi sejalnimi lemeži	1. valjanje ozelenitve 2. sejalnica za direktno setev ^e
Ozimna pšenica	težki rahljalik z gosjimi nogačami in zgoščevalnimi valjarji ^b	sejalnica za strnjeno setev s krožnimi sejalnimi lemeži	1. diskasti rahljalik z zgoščevalnimi valji 2. sejalnica za direktno setev	sejalnica za direktno setev ^e
Oljna ogrščica	težki rahljalik z gosjimi nogačami in zgoščevalnimi valjarji ^b	sejalnica za strnjeno setev s krožnimi sejalnimi lemeži	1. diskasti rahljalik z zgoščevalnimi valji 2. sejalnica za direktno setev	sejalnica za direktno setev ^e
Ozelenitev	diskasti rahljalik z zgoščevalnimi valji ^c	sejalnica za strnjeno setev s krožnimi sejalnimi lemeži	diskasti rahljalik z vgrajeno električno gnano centrifugalno sejalnico	sejalnica za direktno setev ^e

^a Primeri strojev: Lemken Karat, Pöttinger Synkro Grubber

^b Primeri strojev: Amazone Cenius, Vaederstadt Top Down,

^c Primeri strojev: Evers Vario Disc

^d Primeri strojev: Kuhn Striger

^e Primeri sejalnic: Great Plains Compact Drill, Bertini 22000

Preglednica 6: Priporočeni načini ohranitvene obdelave tal na VVO I v kolobarju na težkih tleh

Kolobar	Vrsta stroja za ohranitveno obdelavo pred setvijo	Vrsta sejalnice	Alternativna možnost I	Alternativna možnost II
Koruzna zrna	1. valjanje ozelenitve, 2. težki rahljalik z gosjimi nogačami in globinskimi valjarji ^a 3. vrtavkasta brana	sejalnica za presledno setev s krožnimi sejalnimi lemeži	setev v trakove (1. prehod obdelava trakov, 2. prehod sejalnica za presledno setev s krožnimi sejalnimi lemeži	1. valjanje ozelenitve 2. sejalnica za direktno setev
Ozimna pšenica	1. težki rahljalik z gosjimi nogačami in globinskimi valjarji ^b (2. vrtavkasta brana – po potrebi)	sejalnica za strnjeno setev s krožnimi sejalnimi lemeži	1. težki rahljalik z gosjimi nogačami in globinskimi valjarji 2. sejalnica za direktno setev	sejalnica za direktno setev
Oljna ogrščica	1. težki rahljalik z gosjimi nogačami in globinskimi valjarji ^b 2. vrtavkasta brana (po potrebi)	sejalnica za strnjeno setev s krožnimi sejalnimi lemeži	1. težki rahljalik z gosjimi nogačami in globinskimi valjarji 2. sejalnica za direktno setev	sejalnica za direktno setev
Ozelenitev	diskasti rahljalik z zgoščevalnimi valji ^c	sejalnica za strnjeno setev s krožnimi sejalnimi lemeži	diskasti rahljalik z zgoščevalnimi valji in vgrajeno električno gnano centrifugalno sejalnico	sejalnica za direktno setev

^a Primeri strojev: Lemken Karat,

^b Primeri strojev: Amazone Cenius, Vaederstadt Top Down,

^c Primeri strojev: Evers Vario Disc

^d Primeri strojev: Kuhn Striger, Amazone StripTill – XTill

^e Primeri sejalnice: Great Plains Compact Drill, Bertini 22000

Preglednica 7: Priporočeni načini ohranitvene obdelave tal na VVO II v kolobarju na lahkih tleh

Kolobar	Vrsta stroja za ohranitveno obdelavo pred setvijo	Vrsta sejalnice	Alternativna možnost I	Alternativna možnost II
Ajda NEP	diskasti rahljalik z zgoščevalnimi valji ^a	sejalnica za strnjeno setev s krožnimi sejalnimi lemeži	diskasti rahljalik z zgoščevalnimi valji in vgrajeno električno gnano centrifugalno sejalnico ^c	sejalnica za direktno setev ^e
Koruza za zrnje	1. rahljalik z gosjimi nogačami in globinskimi valjarji ^b 2. vrtavkasta brana (po potrebi)	sejalnica za presledno setev s krožnimi sejalnimi lemeži	setev v trakove (1. prehod obdelava trakov ^d , 2. prehod sejalnica za presledno setev s krožnimi sejalnimi lemeži	1. valjanje ozelenitve 2. sejalnica za direktno setev ^e
Ozimna pšenica	težki rahljalik z gosjimi nogačami in globinskimi valjarji ^b	sejalnica za strnjeno setev s krožnimi sejalnimi lemeži	1. diskasti rahljalik z zgoščevalnimi valji 2. sejalnica za direktno setev	sejalnica za direktno setev ^e
Oljna ogrščica	težki rahljalik z gosjimi nogačami in globinskimi valjarji ^b	sejalnica za strnjeno setev s krožnimi sejalnimi lemeži	1. diskasti rahljalik z zgoščevalnimi valji 2. sejalnica za direktno setev	sejalnica za direktno setev ^e

^a Primeri strojev: Evers Vario Disc

^b Primeri strojev: Amazone Cenius, Vaederstadt Top Down,

^c Primeri strojev: Evers Vario Disc s sejalnico

^d Primeri strojev: Kuhn Striger

^e Primeri sejalnice: Great Plains Compact Drill, Bertini 22000

Preglednica 8: Priporočeni načini ohranitvene obdelave tal na VVO II v kolobarju na težkih tleh

Kolobar	Vrsta stroja za ohranitveno obdelavo pred setvijo	Vrsta sejalnice	Alternativna možnost I	Alternativna možnost II
Ajda NEP	diskasti rahljalik z zgoščevalnimi valji ^a	sejalnica za strnjeno setev s krožnimi sejalnimi lemeži	diskasti rahljalik z zgoščevalnimi valji ^a in vgrajeno električno gnano centrifugalno sejalnico	sejalnica za direktno setev
Koruza za zrnje	1. težki rahljalik z gosjimi nogačami in globinskimi valjarji ^b 2. vrtavkasta brana	sejalnica za presledno setev s krožnimi sejalnimi lemeži	setev v trakove (1. prehod obdelava trakov ^d , 2. prehod sejalnica za presledno setev s krožnimi sejalnimi lemeži	1. valjanje ozelenitve 2. sejalnica za direktno setev ^e
Ozimna pšenica	1. težki rahljalik z gosjimi nogačami in globinskimi valjarji ^b (2. vrtavkasta brana – po potrebi)	sejalnica za strnjeno setev s krožnimi sejalnimi lemeži	1. težki rahljalik z gosjimi nogačami in globinskimi valjarji ^b 2. sejalnica za direktno setev	sejalnica za direktno setev ^e
Oljna ogrščica	1. težki rahljalik z gosjimi nogačami in globinskimi valjarji ^b (2. vrtavkasta brana – po potrebi)	sejalnica za strnjeno setev s krožnimi sejalnimi lemeži	1. težki rahljalik z gosjimi nogačami in globinskimi valjarji 2. sejalnica za direktno setev	sejalnica za direktno setev ^e

^a Primeri strojev: Lemken Rubin 12

^b Primeri strojev: Lemken Amazone Cenius, Vaederstadt Top Down, Lemken Karat

^c Primeri strojev: Evers Vario Disc s sejalnico

^d Primeri strojev: Kuhn Striger

^e Primeri sejalnice: Great Plains Compact Drill, Bertini 22000

Literatura

- Anonymus, 2003. Landwirtschaftbodenschonende Bearbeitung, Konsultationsbetriebe zu bodenschonenden Bewirtschaftungsverfahren, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, www.landwirtschaft.sachsen.de/lfl. (21. 3. 2017)
- Arshad, M. A., Azooz, R. H., Franzluebbbers, A. J., 1999. Components of surface soil structure under conventional and no-tillage in northwestern Canada. *Soil & Tillage Research* 53. Elsevier.
- Asoodar, M. A., Bakhshandeh, A. M., Afraseabi, H., Shafeinia, A., 2006. Effects of press wheel weight and soil moisture at sowing on grain yield. *Journal of Agronomy* 5/2, 278–283.
- Baker, C.J., Saxton, K.E., Ritchie, W.R., Chamen, W.C.T., Reicosky, D.C., Ribeiro, M.F.S., Justice, S.E. Hobbs, P.R. 2007. No-tillage Seeding in Conservation Agriculture, Second Edition, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 341 str.
- Bavec, F., Bavec, M. 2007. Intercropping. V: Organic production and use of alternative crops. (Books in soils, plants, and the environment, 116). Boca Raton; New York; London: Taylor & Francis: CRC Press: 27–28.
- Bedrač, K., 2011. Vpliv večletne alternativne obdelave tal na zbitost tal: diplomsko delo. <http://dkum.uni-mb.si/Dokument.php?id=25972>.
- Bernik, 2005. Tehnika v kmetijstvu: obdelava tal, setev, gnojenje, Vaje za študente agronomije in zootehnike. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 138 str.
- Bertini. <http://www.bertini.com.ar/en> (12. 2. 2017)
- Baertschi. <http://www.baertschi.com/en/products/cutting> (14. 9. 2016)
- Borchert, A., Bröker, M., Moritz, H., Achler, B. 2014. Wässer-Schutz, Verlagsbeilage „Gewässerschutz“ in der Ausgabe 12/2014 von top agrar, 35 str.
- Brandhuber, R., Demmel, M., Koch, H.J., Brunotte, J., 2008. Bodenschonender Einsatz von Landmaschinen Empfehlungen fuer die Praxis, DLG-Merkblatt 344, <http://Lfl.bayern.de> (prevzeto 12. 4. 2015).
- Brodnjak, M., 2012. Vpliv različnih načinov obdelave tal na porabo goriva in rast ajde: diplomsko delo. <http://dkum.uni-mb.si/Dokument.php?id=51079> (prevzeto 12. 8. 2015).
- Brunotte, J., 2007. Konservierende Bodenbearbeitung als Beitrag zur Minderung von Bodenschadverdichtungen, Bodenerosion, Run off und Mykotoxinbildung im Getreide, Landbauforschung Völknerode – FAL Agricultural Research Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Sonderheft 305, 164 str.
- Caner, L., Hallaire, V., Heddadj, D., Hubert, F., Sardini, P., 2007. Pore morphology changes under tillage and no-tillage practices. *Geoderma* 142. Elsevier.
- Chan, K. Y., 2001. An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity – implications for functioning in soils. *Soil & Tillage Research* 57. Elsevier.
- Conant, R. T., Easter, M., Paustian, K., Swan, A., Williams, S., 2007. Impacts of periodic tillage on soil C stocks: A synthesis. *Soil & Tillage Research* 95. Elsevier.
- Cross Slot. <http://www.crossslot.com/home>, (1. 2. 2017)
- D'Emden, F. H., Kuehne, G., Llewellyn, R. S. 2012. Extensive use of no-tillage in grain growing regions of Australia. *Field Crops Research* 132. Elsevier.
- Deimel, M., 2013. Bodenverdichtung durch richtige Bereifung verringern, Landwirtschaftskammer Niederösterreich.
- Demmel, M., Kirchmeier, H. 2013. Lösungen zur Verringerung mechanischer Bodenbelastungen, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, 47s.
- Derpsch, R. 2004. History of crop production, with and without tillage. *Leading Edge* 3:150–154.
- Derpsch, R. 2012: Why no-tillage? <http://www.rolf-derpsch.com/en/no-till/> (26. 7. 2015).

- Dumansky, J., Reicosky, D.C. and Peiretti, R.A., 2014. Pioneers in soil conservation and Conservation Agriculture. Special issue, International Soil and Water Conservation Research 2(1), March 2014.
- Ebelhar, S. A., Lang, J. M., Olson, K. R., 2005. Soil organic carbon changes after 12 years of no-tillage and tillage of Grantsburg soils in southern Illinois. *Soil & Tillage Research* 81. Elsevier.
- Einböck, http://www.einboeck.at/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=35&Itemid=54&lang=de (22. 3. 2016).
- Elliott, E. T., Paustian, K., Six, J. 2000: Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. *Soil Biology & Biochemistry* 32.
- Errouissi, F., Ben-Hammouda, M., Moussa-Machraoui, S. B., Nouira, S., 2010. Comparative effects of conventional and no-tillage management on some soil properties under Mediterranean semi-arid conditions in northwestern Tunisia. *Soil & tillage research*, 106. Elsevier.
- FAO, 2014a. What is Conservation Agriculture? <http://www.fao.org/ag/ca/1a.html>, (26. 7. 2015).
- FAO, 2014b. CA Adoption Worldwide, FAO-CA website (<http://www.fao.org/ag/ca/6c.html>), (26. 7. 2015).
- FAO, AQUASTAT 2015: Conservation agriculture adoption. <http://www.fao.org/ag/ca/6c.html> (26. 7. 2015).
- Farooq, M. and Siddique, K.H.M. (eds) (2014). *Conservation Agriculture*. Springer International, Switzerland.
- Goddard, T., Zebisch, M.A., Gan, Y.T., Ellis, W., Watson, A. and Sombatpanit, S. (eds), 2006. *No-Till Farming Systems*. Special Publication No. 3. World Association of Soil and Water Association, Bangkok, Thailand.
- Gregorich, E. G., Greer, K. J., Anderson, D. W., Liag, B. C. 1998: Carbon distribution and losses: erosion and depositional effects. *Soil & Tillage Research* 47.
- Hatzenbichler, <http://www.hatzenbichler.com/hatzenbichler/de/produkte.html> (24. 10. 2016).
- Hernanz, J. L., Lopez, R., Navarrete, L., Sanchez-Giron, V., 2002. Long-term effects of tillage systems and rotations on soil structural stability and organic carbon stratification in semiarid central Spain. *Soil & Tillage Research* 66. Elsevier. <http://www.presnisvet.net/viewtopic.php?f=22&t=2249> (30. 7. 2015).
- Horsch, M., 2017. *Klimaveränderung*, 28 str.
- ISRIC. Soil and water protection in Northern and Western Europe, (<http://www.isric.org/projects/soil-and-water-protection-northern-and-western-europe-sowap>) (30. 7. 2015).
- John Deere, <https://www.deere.com/en/planting-equipment/row-units/maxemerge-5/>, (15. 3. 2016)
- Karlen, L. D., Logsdon, S. D. 2004: Bulk density as soil quality indicator during conversion to no-tillage. *Soil & Tillage Research* 78. Elsevier.
- Kassam, A.H., Friedrich, T., Derpsch, R., 2010. *Conservation Agriculture in the 21st Century: A Paradigm of Sustainable Agriculture*. European Congress on Conservation Agriculture. European Conservation Agriculture Federation (ECAAF), 6-10 October 2010, Madrid, Spain.
- Kirchmeier, H., Demmel, M., 2013. *Streifenlockerung – Strip Tillage Technik und eigene Untersuchungsergebnisse*, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 44 str.
- KOPOP, 2015. Tehnološka navodila za izvajanje operacije Poljedelstvo in zelenjadarstvo v okviru ukrepa Kmetijsko-okoljska-podnebna plačila za obdobje 2014–2020. Kmetijski inštitut Slovenije, Kmetijsko-gozdarska zbornica Slovenije. Ljubljana.
- K.U.L.T. <http://www.kress-landtechnik.eu/de/index.php> (22. 10. 2016)
- Košič, A. 2014. *Vpliv različnih načinov obdelave tal na okoljski odtis pri ozimni pšenici*. Diplomsko delo. Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede Univerze v Mariboru. Maribor.

- Lemken. <https://lemken.com/de/> (25. 4. 2016)
- Lešnik, M. 2017. Uporaba fitofarmaceutskih sredstev in varovanje voda na vodovarstvenih območjih. Maribor: Univerzitetna založba Univerze, 2017. 70 str.
- Li, S., Lindstrom, M. J., Lobb, D. A., 2007. Tillage translocation and tillage erosion in cereal-based production in Manitoba, Canada. *Soil & Tillage Research* 94. Elsevier.
- Ljubec, K. 2014: Okoljski odtis različnih načinov pridelave koruze na posestvu Perutnine Ptuj d. d. Diplomsko delo. Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede.
- Matoz, H., 2009. Vodovarstvena območja, Srečanje z župani slovenskih občin, Ministrstvo za okolje in prostor, 32 str.
- Mihelič, R. 2012: Ohranitvena (konzervacijska) obdelava tal. *Kmečki glas* 69, (9. maj), str. 10. Ljubljana.
- Mikoš, M., Zupanc, V., 2000. Erozija tal na kmetijskih površinah. *Sodobno kmetijstvo*, 33/10, 419–423.
- Niehoff, A.L, Knigge-Sievers, A., Flassig, D., Kühling., G, 2014. *Blaubuch Erntejahr 2014*, 155 str., www.lwk-niedersachsen.de/wasserschutz (24. 3. 2017)
- Niehoff, A.L, Knigge-Sievers, A., Flassig, D., Kühling., G, 2015. *Blaubuch Erntejahr 2015*, 159 str., www.lwk-niedersachsen.de/wasserschutz (24. 3. 2017)
- Ovlac. <http://ovlac.com/en/ovlac-en/catalog/shallow-ploughs/> (11. 3. 2016).
- Ograjšek, S. 2012: Ohranitvena obdelava tal – stanje v Sloveniji. Diplomsko delo. Oddelek za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
- Peter, M., 2013. *Landwirtschaft in Wasserschutzgebieten Fortbildung im Umweltsektor „Wasserschutzgebiete, Grundlagen und Problemfelder“* am 29. August 2013 in Rauschholzhausen.
- Polner, M., 2017. *Mechanische Beikrautregulierung im Biologischen Landbau*, 74 str., www.bioland.de, (15. 5. 2017).
- Pöttinger, <https://www.poettinger.at>, (23. 4. 2016).
- Rengeo, D. 2012: Spoznanje popolnega poljedelstva. www.presnisvet.net/viewtopic.php?f=22&t=2249 (30. 7. 2015).
- Stajanko, D., Lakota, M., Vučajnk, F., Bernik, R., 2009. The effect of different tillage systems on fuel saving and reduction of CO₂ emission in production of silage corn in Eastern Slovenia. *Polish journal of environmental studies*, ISSN 1230–1485, 2009, vol. 18, no. 4, 709–714.
- Stajanko, D., 2009. Izkušnje z direktno setvijo koruze v vzhodni Sloveniji = The Experiences with direct seeding of corn in eastern Slovenia. V: ŠANTAVEC, Igor (ur.). *Osnovna obdelava tal s poudarkom na oranju*, 29. in 30. junij 2009, Center za biotehniko in turizem Grm, Novo mesto : zbornik. Ljubljana: Zveza za tehnično kulturo Slovenije, 2009, 14–21.
- Stajanko, D., 2012. Vpliv različnih načinov osnovne obdelave tal na porabo goriva in ekološki odtis: [predavanje na usposabljanju za predavatelje varnega dela s traktorjem in traktorskimi priključki, Novo mesto, 30. marec 2012.
- Stajanko, D., Lakota, M., Vindiš, P., Rakun, J., Berk, P., Bavec, F., Kristl, J., Ježič, V., Godeša, T., 2013. Proučevanje vpliva alternativnih načinov obdelave tal na izboljšanje rodovitnosti tal in povečevanje humusa v tleh ter zmanjšanje izpustov CO₂ v ozračje: zaključno poročilo o rezultatih opravljenega raziskovalnega dela na projektu v okviru ciljnega raziskovalnega programa (CRP-V4-1062) "Konkurenčnost Slovenije 2006–2013". Pivola: Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede.
- Stajanko, D., 2016a. Izkušnje s konzervirajočo (ohranitveno) obdelavo tal v severovzhodni Sloveniji : [prispevek na delavnici z naslovom "Celovit pristop k obdelavi tal", ki je bila v Ljubljani na Biotehniški fakulteti, 24. 11. 2016].
- Stajanko, D., 2016b. Ecological footprint and CO₂ emissions of different tillage systems in three years crop rotation. V: POSPIŠIL, Milan (ur.), VNUČEC, Ivan (ur.). *Zbornik radova = Proceedings, 51th Croatian and 11th International Symposium on Agriculture*, February

- 15–18, 2016, Opatija, Croatia. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, 2016, 517–521.
- Stajanko, D., 2017. Primerjava okoljskih odtisov konvencionalnih in alternativnih sistemov pridelovanja na dveh tipih tal v severovzhodni Sloveniji. V: ČEH, Barbara (ur.), et al. Novi izzivi v agronomiji 2017: zbornik simpozija, Laško, 2017 = New challenges in agronomy 2017 : proceedings of symposium. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo, 2017, 203–209.
- Steinert, K., 2017. Innovationen bei der mechanischen Unkrautbekämpfung, Zeitschrift LOP LANDWIRTSCHAFT OHNE PFLUG, 56s., www.pfluglos.de (24. 3. 2017)
- Šbül, P., 2011. Vpliv različnih načinov osnovne obdelave tal za setev koruze na porabo goriva in zdrs: diplomsko delo. <http://dkum.uni-mb.si/Dokument.php?id=25793>.
- Uredba, 2015. Uredba o ukrepih za kmetijsko-okoljska-podnebna plačila, ekološko kmetovanje in plačila območjem z naravnimi ali drugimi posebnimi omejitvami iz Programa razvoja podeželja Republike Slovenije za obdobje 2014–2020. Uradni list RS 13/15, 21/15, 30/15. Ljubljana.
- Vaderstadt, <https://www.vaderstad.com/> (12. 3. 2016).
- Vičar, B., Novak, Z., 2016. Kmetovanje ter varstvo voda in tal, Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Kmetijska svetovalna služba, 38 str.
- Vindiš, P., Stajanko, D., Lakota, M., 2017. Različni načini obdelave tal in okoljski odtis pri pridelavi oljne ogrščice. V: KOVAČEV, Igor (ur.). Actual tasks on agricultural engineering: proceedings of the 45th International Symposium on Agricultural Engineering, Opatija, Croatia, 21st -24th February 2017 = Aktualni zadaci mehanizacije poljoprivrede: zbornik radova 45. Medunarodnog simpozija iz področja mehanizacije poljoprivrede, Opatija, 21. – 24. veljače 2017.
- Vučenović, D., 2015. Ohranitvena obdelava: primerjava lastnosti mehansko obdelanih in neobdelanih prsti. Geografski obzornik, letn. 63, št. 2/3, 47–55.
- WEcoDyn. <http://www.eco-dyn.de/index.php/wecodyn-system> (3. 11. 2016)
- Wuest, S. B. 2001: Earthworm, infiltration, and tillage relationships in a dryland pea-wheat rotation. Applied Soil Ecology 18. Elsevier.
- Zimmer, R., Košutić, S., Kovačev, I., Zimmer, D. 2014. Integralna tehnika obrade tla i sjetve Sveučilište J.J. Strossmayer u Osijeku, Poljoprivredni Fakultet, 95 str.
- Zorn, M, Komac, B. 2005, Soil Erosion on Agricultural Land in Slovenia, UJMA,19. 163–174.



Univerza v Mariboru

Fakulteta za kmetijstvo
in biosistemske vede



Interreg 

SLOVENIJA – AVSTRIJA
SLOWENIEN – ÖSTERREICH

Evropska unija | Evropski sklad za regionalni razvoj
Europäische Union | Europäischer Fonds für regionale Entwicklung



SI-MUR-AT 

REPUBLIKA SLOVENIJA
SLUŽBA VLADE REPUBLIKE SLOVENIJE ZA RAZVOJ
IN EVROPSKO KOHEZIJSKO POLITIKO



Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije
KMETIJSKO GOZDARSKI ZAVOD
MURSKA SOBOTA