

**ANALIZA ZMANJŠEVANJA TOPLOGREDNIH PLINOV VEZANIH S PORABO
ENERGIJE V KMETIJSTVU**

Naročnik: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano

Pogodba št. 2550-22-311065 (MOP)



Avtorji: dr. Viktor Jejčič, mag. Tomaž Poje, dr. Blaž Germšek, dr. Uroš Eberl

Ljubljana, oktober 2022

Aktivnost A:

Uvod

Energija je ključnega pomena za ekonomsko rast ter kritična komponenta za sposobnost kmetijstva in živilsko predelovalne industrije za izboljšanje produktivnosti, konkurenčnosti in trajnosti. Izboljšanje učinkovitosti rabe energije z uporaba manj energije za zagotovitev enake ravni proizvodnje in storitev je pomembno za zagotovitev številnih pozitivnih rezultatov, ki lahko zagotovijo več prednosti: boljšo ekonomičnost, gospodarsko rast, energetska varnost, prehransko varnost ter zmanjšanje emisij toplogrednih plinov. Za svet in EU je izredno pomemben cilj doseganje podnebne nevtralnosti do leta 2050, tj. gospodarstvo z ničelnimi neto emisijami toplogrednih plinov. Ta cilj je skladen z zavezo EU glede globalnih podnebnih ukrepov v okviru Pariškega sporazuma.

Energetski koncept Slovenije

Temeljni namen energetske politike je zagotoviti trajnostno ravnanje z energijo, zato bo ta okvir predvsem opredeljeval tri vidike trajnosti – podnebno sprejemljivost, zanesljivost oskrbe ter konkurenčnost. Vsi trije vidiki bodo morali biti spoštovani, da bo odločitev štela kot trajnostna in torej sprejemljiva. Prizadevali si bomo za prehod Slovenije v nizkoogljično družbo in zmanjšanje odvisnosti od uvoza in rabe fosilnih goriv. Usmeritve in ukrepi na energetske področju morajo biti v največji meri usklajeni z ostalimi politikami, vsi skupaj pa si moramo prizadevati za enake cilje.

Področje energije in obnovljivih virov energije (OVE) je v Sloveniji zajeto v Nacionalnem energetske in podnebnem načrtu (NEPN). Nacionalni energetski in podnebni načrt je akcijsko strateški dokument, ki za obdobje do leta 2030 (s pogledom do 2040) določa cilje, politike in ukrepe na petih razsežnostih energetske unije: razogljičenje (emisije TGP in OVE), energetska učinkovitost, energetska varnost, notranji trg ter raziskave, inovacije in konkurenčnost (pripravljen na osnovi Uredbe (EU)2018/1999 o upravljanju energetske unije in podnebnih ukrepov). Evropska komisija (EK) je leta 2018 v okviru zakonodajnega paketa "Čista energija za vse Evropejce" sprejela uredbo (EU) 2018/1999 evropskega parlamenta in sveta z dne 11. decembra 2018 o upravljanju energetske unije in podnebnih ukrepov. Ta uredba določa zakonodajni temelj za nov način upravljanja z energijo Unije in pripravo celovitih nacionalnih energetske in podnebnih načrtov (NEPN) (ang. Integrated National Energy and Climate Plans). Temeljni namen energetske politike je zagotoviti trajnostno ravnanje z energijo, zato bo ta okvir predvsem opredeljeval tri vidike trajnosti – podnebno sprejemljivost, zanesljivost oskrbe ter konkurenčnost. Vsi trije vidiki bodo morali biti spoštovani, da bo odločitev štela kot trajnostna in torej sprejemljiva.

Ključni cilji do leta 2030, ki so opredeljeni v NEPN, so: zmanjšanje skupnih emisij toplogrednih plinov za 36 %, od tega za 20 % v sektorju ne-ETS (kar je 5 odstotnih točk nad sprejeto zavezo Slovenije); vsaj 35 % izboljšanje energetske učinkovitosti, kar je višje od cilja sprejetega na ravni EU (32,5 %); vsaj 27 % obnovljivih virov energije, kjer je Slovenija zaradi relevantnih nacionalnih okoliščin, v prvi vrsti okoljskih omejitev, morala pristati na nižji cilj od cilja na ravni EU (32 %) s prizadevanjem, da se ambicija zviša pri naslednji posodobitvi NEPN (2023/24), 3 % vlaganja v raziskave in razvoj, od tega 1 % javnih sredstev.

Poraba energije v kmetijstvu

Dosedanje raziskave o strukturi rabe energije v kmetijstvu kažejo, da predstavlja večji del energijske porabe v slovenskem kmetijstvu gorivo za pogon kmetijskih strojev – traktorjev in

samovoznih kmetijskih strojev (49,6 %), sledi energija za druge delovne procese v kmetijstvu. Večja poraba energije v sektorju kmetijstva v Sloveniji je tudi rezultat delne zastarelosti strojnega parka, razdrobljenosti kmetijskih zemljišč, tradicionalnega načina obdelave tal, itn. Poleg tega je ocenjeni prispevek kmetijstva na približno 10 % emisij toplogrednih plinov.

Pregled literature

Različni avtorji poročajo, da je za porabo mineralnega dizelskega goriva za različne kmetijske operacije potrebno vzeti povprečne vrednosti, ker izmerjene vrednosti za porabo goriva, ki jih podajajo v l/ha ali kg/ha lahko zelo variirajo (Handler 2011; Dalgaard 2001). Poraba energije se pri konvencionalni obdelavi tal giblje od 1850 MJ/ha do 2550 MJ/ha. Pri minimalni obdelavi tal brez oranja (odpade uporaba lemežnega pluga) in uporabi pasivnih ali aktivnih (gnanih prek priključne gredi traktorja) traktorskih priključnih strojev za osnovno in dopolnilno obdelavo tal in setev (obdelavo tal in setev se opravi v enem prehodu, ker sta stroj za obdelavo tal in sejalnica združena v en kombinirani stroj) se poraba energije giblje v razponu od 620 do 1200 MJ/ha. Pri »zero tillage« sistem (uporaba sejalnice za direktno setev v strnišče) pa je poraba energije minimalna in znaša od 250 pa do 525 MJ/ha (Hernanz in Ortiz Canavate 1999). Energija, ki se porabi za pridelavo 1 kg pšenice je višja pri uporabi konvencionalnega sistema obdelave tal in setve in znaša 11,78 MJ/kg pridelka v primerjavi z direktno setvijo, kjer znaša 8,81 MJ/kg pridelka (Tabatabaeefar in sodelavci 2009). Konvencionalni sistem obdelave tal je zahteven s stališča porabe energije in delovnega časa. (Kovačev in sodelavci 2013) ugotavljajo, da je oranje z lemežnim plugom v osnovni obdelavi tal, najpomembnejši porabnik energije z 64 % od celotne porabe energije za obdelavo tal (osnovno in dopolnilno) in setev v poljedelstvu.

Uporaba energije je definirana, kot porabljen fosilna in druga energija merjena v J. Uporaba energije (angl. kratica EU – energy use) je definirana, kot neto energija uporabljena za proizvodnjo kmetijskega pridelka dokler ni prodan in zapusti kmetijo oziroma je uporabljen, kot krma v živinoreji (Dalgaard in sodelavci 2001). Uporaba energije se lahko razčleni na direktno in indirektno energijo. Direktna energija (EU_{direktna}) predstavlja vnos energije v kmetijsko proizvodnjo. Ko se omenjeni vnos energije lahko direktno pretvori v energetske enote (porabljeno mineralno dizelsko gorivo, maziva, energija UNP ali zemeljskega plina za dosuševanje, električna energija za naknadno procesiranje pridelka itn.). Indirektna energija ($EU_{\text{indirektna}}$) je energija, ki je porabljen v proizvodnji vnosov uporabljenih v proizvodnji kmetijskega pridelka, ti vnosi pa ne morejo biti direktno pretvorjeni v energetske enote (stroji, gnojila in fito farmacevtska sredstva). Celotna energija za pridelavo kmetijskega pridelka se (Dalgaard in sodelavci 2001) lahko predstavi s pomočjo enačbe (1).

$$EU_{\text{pridelka}} = EU_{\text{direktna}} + EU_{\text{indirektna}}$$

$$EU_{\text{pridelka}} = (EU_{\text{dizel}} + EU_{\text{ostala}}) + EU_{\text{indirektna}} \quad (1)$$

Ogljični odtis

Ogljični odtis je izraz za skupek ogljikovega dioksida ter drugih toplogrednih plinov, ki jih v okolje neposredno ali posredno spusti določen objekt, naprava, izdelek, proces ali telo. Ogljični odtis je mogoče izračunati in ovrednotiti. Zaradi poenostavljenega razumevanja so emisije toplogrednih plinov preračunane na ekvivalent CO_2 , ki je med toplogrednimi plini, najbolj prepoznaven. Ogljične odtise se podaja v enoti $\text{kg CO}_{2\text{ekv.}}/\text{kg}$ pridelka ali končnega kmetijskega izdelka (produkta), kar omogoča da jih lahko na enostaven način medsebojno primerjamo. Poleg tega lahko podamo tudi količino energije za proizvodnjo določenih

produktov v MJ/kg izdelka, kar tudi omogoča njihovo enostavno primerjavo. Poleg tega energija za proizvodnjo določenih pridelkov iziroma produktov, podana v MJ/kg izdelka (produkta), predstavlja osnovno izhodišče glede predstavitve možnosti za nadomeščanje energije iz neobnovljivih virov energije (fosilna goriva) z energijo iz obnovljivih virov energije.

Življenski cikli pridelkov

Analiza življenjskega cikla kmetijskih pridelkov, ki so najbolj razširjeni v kmetijski pridelavi

Metodologija analize življenjskega cikla pridelkov je uporabljena za ugotavljanje porabe energije. Zaradi skrbi za življensko okolje so zasnovane metode, ki ugotavljajo vpliv določenih produktov na okolje. Najbolj uporabljena in uveljavljena je metoda analize življenjskega cikla (angl. Life cycle analysis, kratica LCA), ki analizira vpliv nekega izdelka na okolje v vseh življenjskih fazah: proizvodnji, uporabi in odstranitvi. LCA je računski sistem, ki opisuje in kvantificira indikatorje okoljske sprejemljivosti in merljivosti, v zadnjem obdobju pa se uporablja tudi v kmetijstvu. V primeru kmetijstva se analiza življenjskega cikla nanaša na: pridelavo, predelavo ter konec kmetijskega produkta. V vseh fazah življenjskega cikla se porablja energija, ki poleg nekaterih drugih procesov prispeva emisijam toplogrednih plinov (kratica TGP).

Na osnovi izdelanih blokovnih diagramov poteka procesa od pridelave do predelave, so upoštevane vse vhodne in izhodne snovi ter energija. Narejen je bil blokovni diagram poteka poljedelske, sadjarsko vinogradniške ter vrtnarske pridelave in živinoreje. Blokovni diagrami povezujejo posamezne procese z drugimi procesi modela v obliki vhodnih in izhodnih podatkov. Model izračuna porabe energije zahteva v prvi vrsti izdelavo obsežne baze podatkov, ki vsebuje vhodne in izhodne podatke za posamezni proces v modelu pridelave ali posameznega pridelka oziroma predelave pridelka v končne produkte.

Za izračune okoljskih odtisov smo opravili detajlno analizo:

- življenjskega cikla poljedelskih pridelkov (koruza silažna ali za zrnje, pšenica, oljna ogrščica, sončnica)
- življenjskega cikla sadjarsko vinogradniških pridelkov (jabolka, hruška, breskev, marelica, oljka, grozdje)
- življenjskega cikla živinoreje (govedoreja – mleko in meso, prašičereja - meso, perutninarstvo – meso in jajca),
- življenjskega cikla vrtnarstva (paradižnik, kumarice, zelje, paprika, čebula)

Prikazan je način analize življenskih ciklov:

Življenski cikel poljščin

V primeru poljedelskih pridelkov je narejena analiza življenjskega cikla najpomembnejših poljščin, kot so koruza (silažna ali za zrnje) ter pšenica in oljnic (oljna ogrščica in sončnica). V vsakem življenjskem ciklu so zajete faze: pridelava, transport, skladiščenje in uporaba.

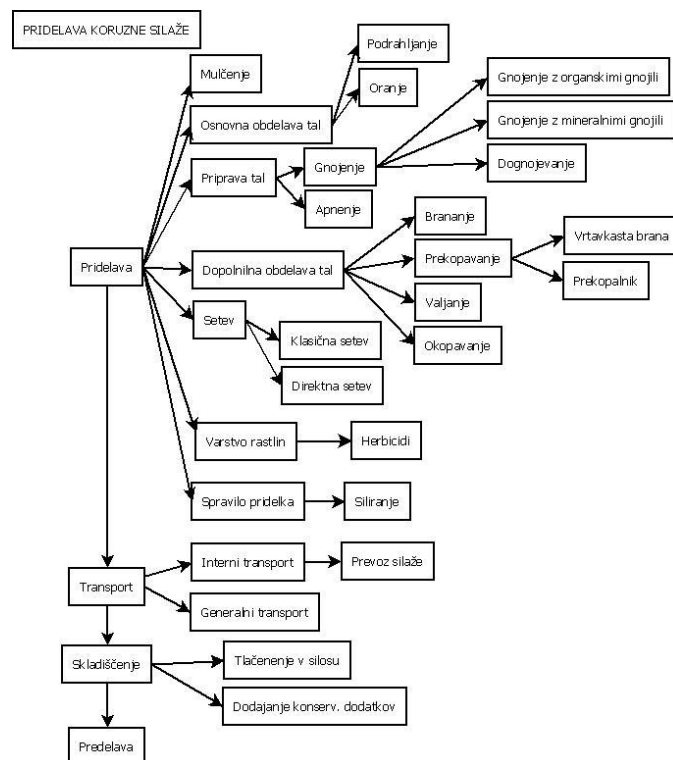
Vsaka omenjena faza življenjskega cikla je razdeljena na podfaze, npr. pridelava je sestavljena od naslednjih pod faz: obdelave tal, setvi, gnojenja, varstva rastlin in spravila pridelka. Transport pa se lahko razčleni na interni ali eksterni. V procesu skladiščenja so lahko spet prisotne različne podfaze, npr. čiščenje in dodelava semena itn. Konec življenjskega cikla poljščine jo ko končni produkt konča svojo življensko pot, npr. silažna koruza konča v prehrani domačih živali na kmetiji, koruza v zrnju pa npr. v različnih izdelkih v živilsko predelovalni industriji itn. Spodaj so prikazani načini, kako s razčlenjene različne faze in podfaze. Na osnovi omenjenega pristopa smo ugotavljali porabo energijo v posameznih fazah in podfazah ter naredili celotno energijsko analizo pridelave poljščin. Poleg tega je kompletna energijska analiza omogočila določanje emisij toplogrednih plinov.

Življenski cikel silažne koruze

V tem ciklu je zajeta pridelava, transport, skladiščenje in dodelava ter konec življenjskega cikla pri uporabi končnega produkta. V pridelavi se žetev opravlja s stroji za pobiranje – samovozni silokombajni ali pa kot priključni stroji agregatirani s traktorji. Konec življenjskega cikla silažne koruze je blizu mesta pridelave, npr. na sami kmetiji, v nekaterih primerih pa se silažna koruza transportira na druge lokacije, kjer jo uporablja npr. živinorejska kmetija, ki nima lastne proizvodnje krme. V blok diagramu so pokazane delovne operacije, ki se pojavljajo znotraj posameznih sklopov življenjskega cikla silažne koruze. V samem življenjskem ciklu pridelka ni nujno da so vse delovne operacije tudi realizirane.

Prikaz procesov kjer nastanejo TGP v življenjskem ciklu silažne koruze:

1. Pidelava – Obdelava tal, Setev, Gnojenje, Varstvo rastlin, Spravilo pridelka
 - 1.1. Obdelava tal – osnovna, dopolnilna
 - 1.2. Setev
 - 1.3. Gnojenje – osnovno in dognojevanje
 - 1.4. Varstvo rastlin
 - 1.5. Spravilo pridelka
 2. Transport
 - 2.1. Interni transport od pridelovalnih površin do silosov za skladiščenje na kmetiji
 - 2.2. Transport do drugega porabnika
 3. Skladiščenje
 - 3.1. Skladiščenje v horizontalnih silosih, interni transport od silosa do hleva, itn.
 4. Uporaba
- Konec življenjskega cikla izdelka



Slika : Blok diagram življenjskega cikla silažne koruze

Življenski cikel koruze za zrnje

Pri koruzi za zrnje je v celotnem življenjskem ciklu zajeta pridelava, transport, skladiščenje in dodelava ter konec življenjskega cikla pri uporabi končnega produkta. Življenski cikel koruze za zrnje je v nekaterih fazah precej podoben ciklu silažne koruze, npr. v sami pridelavi pri obdelavi tal, gnojenju, varstvu rastlin itn.. Pri pridelavi je velika razlika v žetvi, ki se izvaja s stroji za žetev – samovozni kombajni za pobiranje koruze v zrnju (zelo redko tudi v storžih). V predelavi pa je bistvena razlika, ker se koruza v zrnju lahko predela na kmetiji, npr. v moko ali pa v številčne končne produkte v živilsko predelovalni industriji. Konec življenjskega cikla izdelka iz koruze je, ko koruzno zrnje konča v različnih končnih produktih, ki so namenjeni za človeško ali živilsko prehrano ali druge industrijske izdelke. V blok diagramu so pokazane delovne operacije, ki se pojavljajo znotraj posameznih sklopov življenjskega cikla silažne koruze. Tudi v tem primeru v samem življenjskem ciklu pridelka ni nujno da so vse delovne operacije tudi realizirane.

Prikaz procesov kjer nastanejo TGP v življenjskem ciklu koruze za zrnje:

1. Pridelava – Obdelava tal, Setev, Gnojenje, Varstvo rastlin, Pobiranje pridelka
 - 1.1. Obdelava tal – osnovna, dopolnilna
 - 1.2. Setev
 - 1.3. Gnojenje – osnovno in dopolnilno
 - 1.4. Varstvo rastlin
 - 1.5. Pobiranje pridelka
 - 1.6. Dosuševanje pridelka na kmetiji

2. Transport

2.1. Transport od pridelovalnih površin do silosov za skladiščenje

2.2. Transport od kmetije do predelovalne industrije

3. Skladiščenje

3.1. Skladiščenje v vertikalnih silosih

4. Predelava

4.1. Predelava v izdelke za človeško ali živalsko prehrano (koruzna moka itn.)

5. Uporaba

Konec življenskega cikla

Življenski cikel pšenice

Pri pridelavi pšenice za človeško ali živalsko prehrano je v celotnem življenskem ciklu zajeta pridelava, transport, skladiščenje in dodelava ter konec življenskega cikla pri uporabi končnega produkta. Življenski cikel pšenice za zrnje je v nekaterih fazah precej podoben življenskem ciklu koruze, npr. v sami pridelavi pri obdelavi tal, gnojenju, varstvu rastlin itn.. Pri pridelavi je razlika v žetvi, ki se izvaja s stroji za žetev – samovozni kombajni za pobiranje pridelka žit v zrnju. Pšenično zrnje se lahko predela na kmetiji, npr. mletje v moko ali predelava moke v različne pekarske izdelke ali pa v številčne končne produkte v sami živilsko predelovalni industriji. Konec življenskega cikla izdelka iz pšenice je, ko zrnje konča v različnih končnih produktih, ki so namenjeni za človeško ali živalsko prehrano ali druge industrijske izdelke. V blok diagramu so pokazane delovne operacije, ki se pojavljajo znotraj posameznih sklopov življenskega cikla pšenice. Tudi v tem primeru v samem življenskem ciklu pridelka ni nujno da so vse delovne operacije tudi realizirane.

Prikaz procesov kjer nastanejo TGP v življenskem ciklu pšenice:

1. Pridelava – Obdelava tal, Setev, Gnojenje, Varstvo rastlin, Pobiranje pridelka

1.1. Obdelava tal – osnovna, dopolnilna

1.2. Setev

1.3. Gnojenje – osnovno in dopolnilno

1.4. Varstvo rastlin

1.5. Pobiranje pridelka

1.6. Dosuševanje pridelka

2. Transport

2.1. Transport od pridelovalnih površin do silosov za skladiščenje

2.2. Transport od kmetije do živilsko predelovalne industrije

3. Skladiščenje

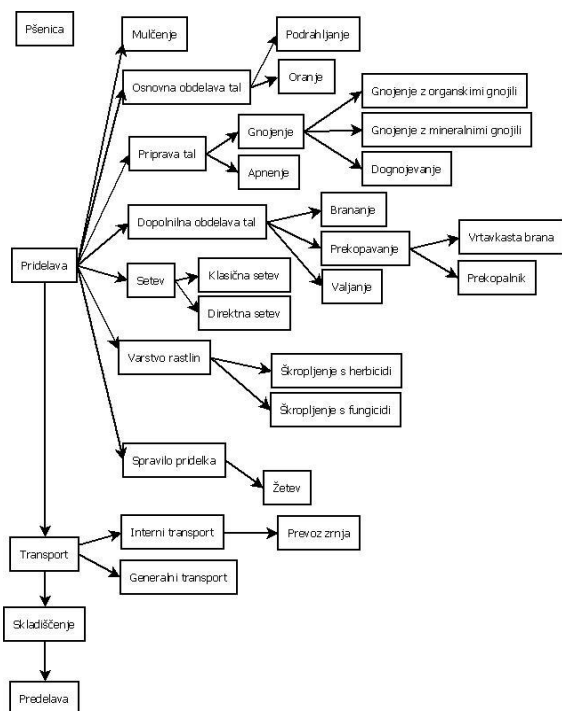
3.1. Skladiščenje v vertikalnih silosih

4. Predelava

4.1 Predelava v izdelke za človeško ali živalsko prehrano (pšenična moka, kruh, pekarski izdelki, krmna pšenica itn.)

5. Uporaba

Konec življenjskega cikla



Slika : Blok diagram življenjskega cikla pšenice

Življenski cikel oljne ogrščice

Pri pridelavi oljne ogrščice za človeško ali živalsko prehrano oziroma industrijske produkte je v celotnem življenjskem ciklu zajeta pridelava, transport, skladiščenje in dodelava ter konec življenjskega cikla pri uporabi končnega produkta. Življenski cikel oljne ogrščice (zrnje) je v nekaterih fazah precej podoben življenjskem ciklu koruze ali pšenice, npr. v sami pridelavi pri obdelavi tal, gnojenju, varstvu rastlin itn.. Žetev se izvaja s stroji za žetev – samovozni kombajni za pobiranje pridelka žit v zrnju (posebni adapterji za pobiranje oljne ogrščice).

Zrnje oljne ogrščice se lahko predela na kmetiji, npr. mehanska ekstrakcija semena v ogrščično olje ter živilsko krmo (oljni peleti ali pogače) ali pa v olja za prehrano in tehnične namene v sami živilsko predelovalni industriji. Konec življenjskega cikla izdelka je ko zrnje oljne ogrščice konča v različnih končnih produktih, ki so namenjeni za človeško ali živalsko prehrano ali druge industrijske izdelke (olja za farmacevtske, tehnične in energetske namene). V blok diagramu so pokazane delovne operacije, ki se pojavljajo znotraj posameznih sklopov življenjskega cikla oljne ogrščice. Tudi v tem primeru v samem življenjskem ciklu pridelka ni nujno da so vse delovne operacije tudi realizirane.

Prikaz procesov kjer nastanejo TGP v življenjskem ciklu oljne ogrščice:

Pridelava – Transport – Skladiščenje – Predelava - Uporaba

1. Pridelava – Obdelava tal, Setev, Gnojenje, Varstvo rastlin, Pobiranje pridelka

1.1. Obdelava tal – osnovna, dopolnilna (toplogredni plini, odpadni produkti)

1.2. Setev (toplogredni plini, odpadni produkti)

1.3. Gnojenje – osnovno in dopolnilno (toplogredni plini, odpadni produkti)

1.4. Varstvo rastlin (toplogredni plini, odpadni produkti)

1.5. Pobiranje pridelka - (toplogredni plini, odpadni produkti)

1.6. Dosuševanje pridelka na kmetiji

2. Transport

2.1. Transport od pridelovalnih površin do silosov za skladiščenje (toplogredni plini, odpadni produkti)

2.2. Transport od kmetije do živilsko predelovalne industrije (toplogredni plini iz goriva potrebna za transport in manipulacijo)

3. Skladiščenje

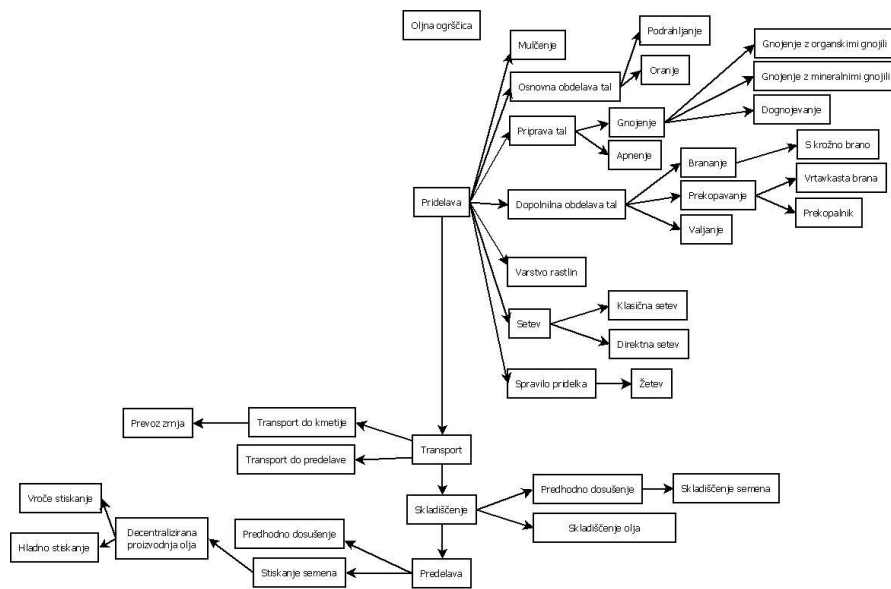
3.1. Skladiščenje v vertikalnih silosih

4. Predelava

4.1. Predelava v izdelke za človeško ali živalsko prehrano (olje, oljni peleti ali pogača za živalsko krmo)

5. Uporaba

Konec življenjskega cikla izdelka



Slika : Blok diagram življenjskega cikla oljne ogršče, predelava zrnja v olje

Življenski cikli v sadjarstvu in vinogradništvu

V primeru sadjarskih pridelkov je narejena analiza življenskega cikla najpomembnejših vrst sadja: jabolka, hruška, breskev, marelica ter oljka. Narejena je tudi analiza vinogradniške pridelave oziroma življenskega cikla grozdja. V vsakem življenskem ciklu so zajete faze: pridelava, transport, skladiščenje in uporaba.

Vsaka omenjena faza življenskega cikla je razdeljena na podfaze, npr. pridelava je sestavljena od naslednjih pod faz: obdelave tal, sadnje, gnojenja, nege sadovnjaka ali vinograda, varstva rastlin in spravila pridelka. Transport pa se lahko razčleni na interni ali eksterni. V procesu skladiščenja so lahko spet prisotne različne podfaze, npr. čiščenje in sortiranje sadja, itn. Konec življenskega cikla sadja ali grozdja je, ko končni produkt konča svojo življensko pot, npr. konzumna jabolka konča v človeški prehrani, jabolke za predelavo pa npr. v različnih izdelkih (sokovi, kaše, marmelade, žgane pijače itn.) v živilsko predelovalni industriji itn. Spodaj so prikazani načini, kako s razčlenjene različne faze in podfaze življenskega cikla sadja in grozdja. Na osnovi omenjenega pristopa smo ugotavljali porabo energijo v posameznih fazah in podfazah ter naredili celotno energijsko analizo sadjarsko vinogradniške pridelave. Narejena kompletna energijska analiza je omogočila določanje emisij toplogrednih plinov v sadjarsko vinogradniški pridelavi.

Pri pridelavi sadja za človeško prehrano oziroma industrijske produkte je v celotnem življenskem ciklu sadja zajeta pridelava, transport, skladiščenje in dodelava ter konec življenskega cikla pri uporabi končnega produkta. Življenski cikel grozdja pa je razdeljen na enake faze: pridelava, transport, skladiščenje, predelava in konec življenskega cikla v porabi izdelka.

Življenski cikel jabolk

Pri pridelavi jabolk za človeško prehrano oziroma industrijske produkte je v celotnem življenskem ciklu zajeta pridelava, transport, skladiščenje in predelava ter konec življenskega cikla pri uporabi končnega produkta. V pridelavi jabolk je zajeta: obdelava tal, saditev, gnojenje, varstvo rastlin, nega nasada, pobiranje pridelka. Transport je razčlenjen na interni ali eksterni. Skladiščenje poteka v hladilnicah, jabolka iz skladiščenja lahko končajo življenski cikel v maloprodaji ali pa se predelajo. Jabolko se lahko predela na sami kmetiji, npr. v sušene krljce, sok, marmelado ali v sami živilsko predelovalni industriji. Konec življenskega cikla izdelka je, ko sadje (v tem primeru jabolko) konča v različnih končnih produktih, ki so namenjeni za človeško ali živalsko prehrano ali druge izdelke živilsko predelovalne industrije (sokovi, marmelade, žgane pijače itn.). V blok diagramu so pokazane delovne operacije, ki se pojavljajo znotraj posameznih sklopov življenskega cikla sadja - jabolka. V samem življenskem ciklu pridelka ni nujno da so vse delovne operacije tudi realizirane (npr. jabolka iz hladilnice konča v maloprodaji, v drugem primeru pa opravi še transportno pot do živilsko predelovalne industrije za predelavo v končne produkte, kjer se porabi dodatna energija ter nastanejo toplogredni plini in odpadni produkti.

Prikaz procesov kjer nastanejo TGP v življenskem ciklu jabolk:

1. Pidelava – Obdelava tal, Saditev, Gnojenje, Varstvo rastlin, Nega nasada, Pobiranje pridelka

1.1. Obdelava tal – priprava tal za vzpostavitev trajnega nasada, osnovna, dopolnilna, podrahljanje

1.2. Saditev

- 1.3. Gnojenje – osnovno in dopolnilno
- 1.4. Varstvo rastlin
- 1.5. Nega nasada
- 1.6. Pobiranje pridelka
- 1.6 Transport pridelka na kmetiji (interni transport)

2. Transport

- 2.1. Transport jabolk od pridelovalnih površin do hladilnice
- 2.2. Transport od kmetijskega skladišča ali hladilnice do živilsko predelovalne industrije

3. Skladiščenje

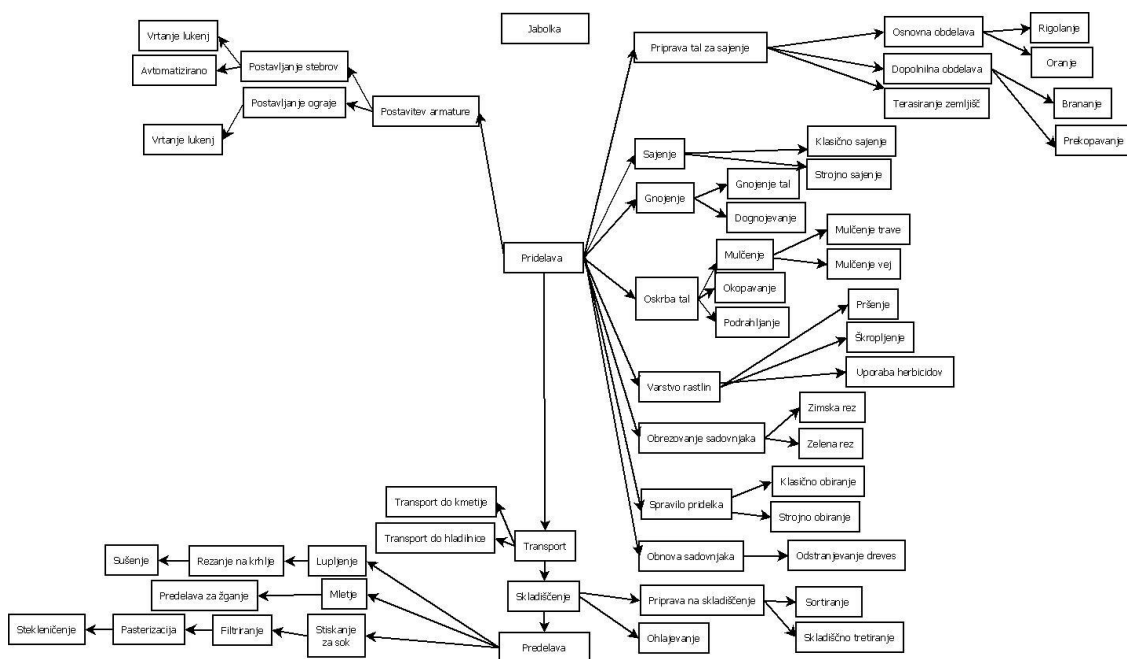
- 3.1. Skladiščenje v hladilnicah

4. Predelava

- 4.1. Predelava v izdelke za človeško ali živalsko prehrano (jabolka sortirana in pakirana, sušeno jabolko v krhle, jabolčni sokovi, marmelade, žgane pijače - sadjevec itn.)

5. Uporaba

Konec življenjskega cikla



Slika : Blok diagram življenjskega cikla jabolke

Življenski cikel hrušk

Pri pridelavi hrušk za človeško prehrano oziroma industrijske produkte je v celotnem življenskem ciklu zajeta pridelava, transport, skladiščenje in predelava ter konec življenskega cikla pri uporabi končnega produkta. V pridelavi hrušk je zajeta: obdelava tal, saditev, gnojenje, varstvo rastlin, nega nasada, pobiranje pridelka. Transport je razčlenjen na interni ali eksterni. Skladiščenje poteka v hladilnicah, hruške iz skladiščenja lahko končajo življenski cikel v maloprodaji ali pa se predelajo v druge produkte. Hruška se lahko predela na sami kmetiji, npr. v sok, marmelado, itn. ali v sami živilsko predelovalni industriji. Konec življenskega cikla izdelka je, ko sadje (v tem primeru hruška) konča v različnih končnih produktih, ki so namenjeni za človeško ali živalsko prehrano ali druge izdelke živilsko predelovalne industrije (sokovi, marmelade, žgane pijače itn.). V blok diagramu so pokazane delovne operacije, ki se pojavljajo znotraj posameznih sklopov življenskega cikla sadja - hruške. V samem življenskem ciklu pridelka ni nujno da so vse delovne operacije tudi realizirane (npr. hruška konča pot v maloprodaji, v drugem primeru pa opravi še transportno pot do živilsko predelovalne industrije za predelavo v končne produkte, kjer se porabi dodatna energija ter nastanejo toplogredni plini in odpadni produkti.

Prikaz procesov kjer nastanejo TGP v življenskem ciklu hrušk:

1. Pridelava – Obdelava tal, Saditev, Gnojenje, Varstvo rastlin, Nega nasada, Pobiranje pridelka

- 1.1. Obdelava tal – priprava tal za vzpostavitev trajnega nasada, Priprava tal za vzpostavitev trajnega nasada - izravnava zemljišč, priprava teras - opcija, globoko oranje,
- 1.2. Osnovna in dopolnilna obdelava tal – oranje, podrahljanje, dopolnilna obdelava tal z rotacijskimi stroji (prekopalnik ali vrtavkasta brana) ali kultivatorji,
- 1.3. Saditev
- 1.4. Gnojenje – osnovno in dopolnilno
- 1.5. Varstvo rastlin
- 1.6. Nega nasada
- 1.7. Pobiranje pridelka - (samovozne ali priključne platforme za pobiranje sadja, stroji za manipuliranje z zaboji itn.)

2. Transport

- 1.1. Transport pridelka na kmetiji (interni transport)
- 1.2. Transport od pridelovalnih površin do hladilnic

1.3. Transport od kmetijskega skladišča ali hladilnice do živilsko predelovalne industrije

3. Skladiščenje

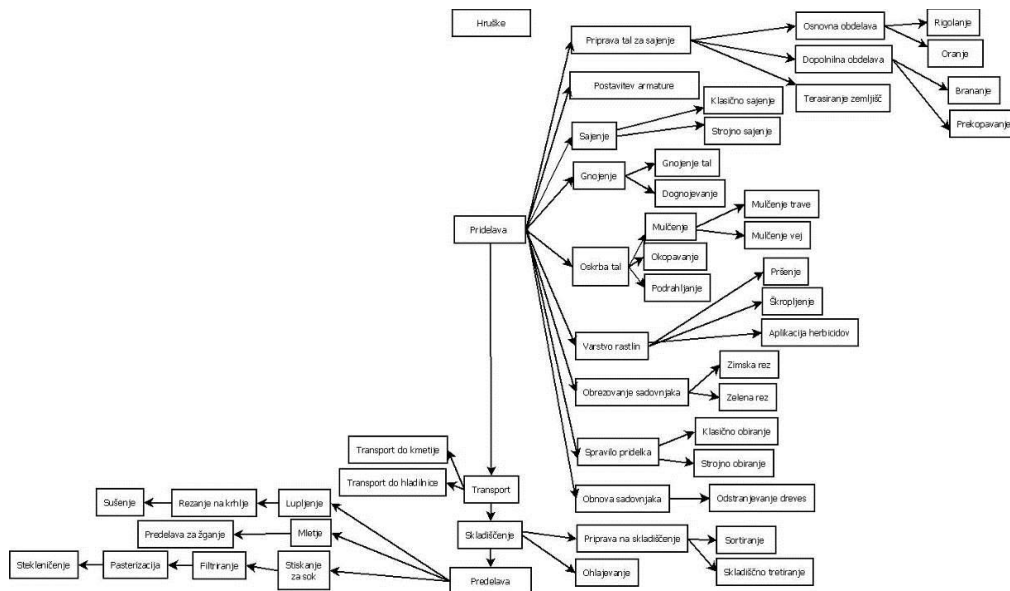
3.1. Skladiščenje v hladilnicah

4. Predelava

4.1. Predelava v izdelke za človeško ali živalsko prehrano (sadje pakirano, sušeno sadje, sokovi, marmelade, žgane pijače itn.)

5. Uporaba

Konec življenjskega cikla



Slika : Blok diagram življenjskega cikla hruške

Življenski cikel oljk

Pri pridelavi oliv za človeško prehrano oziroma industrijske produkte je v celotnem življenjskem ciklu zajeta pridelava, transport, skladiščenje in predelava ter konec življenjskega cikla pri uporabi končnega produkta. V pridelavi je zajeta: obdelava tal, saditev, gnojenje, varstvo rastlin, nega nasada, pobiranje pridelka. Transport je razčlenjen na interni ali eksterni. Oliva se lahko predela na sami kmetiji ali v živilsko predelovalni industriji v olje ali plodovi vložijo v kis. Konec življenjskega cikla pridelka je, ko oljka konča v različnih končnih produktih, ki so namenjeni za človeško prehrano ali druge izdelke živilsko predelovalne industrije (olivno olje, kisane olive). V blok diagramu so prikazane delovne operacije, ki se pojavljajo znotraj posameznih sklopov življenjskega cikla pridelave oljke.

Prikaz procesov kjer nastanejo TGP v življenjskem ciklu oljk:

1. Pridelava – Obdelava tal, Saditev, Gnojenje, Varstvo rastlin, Nega nasada, Pobiranje pridelka

- 1.1. Priprava tal za vzpostavitev trajnega nasada - izravnava zemljišč, priprava teras - opcija, globoko oranje,
- 1.2. Osnovna in dopolnilna obdelava tal – oranje, podrahljanje, dopolnilna obdelava tal z rotacijskimi stroji (prekopalnik ali vrtavkasta brana) ali kultivatorji,
- 1.3. Saditev (toplogredni plini, odpadni produkti)
- 1.4. Gnojenje – osnovno in dopolnilno
- 1.5. Varstvo rastlin
- 1.6. Nega nasada (košnja, mulčenje, zelena rez, zimska rez)
- 1.7. Pobiranje pridelka

2. Transport

2.1. Transport pridelka na kmetiji (interni transport)

2.2. Transport od pridelovalnih površin do hladilnic

2.2. Transport od kmetijskega skladišča ali hladilnice do živilsko predelovalne industrije

3. Skladiščenje

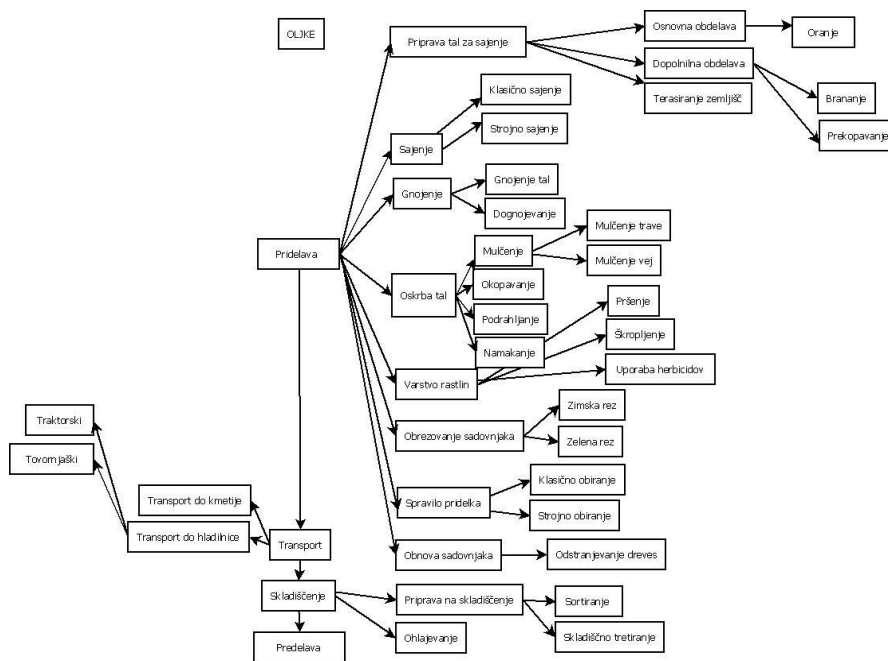
3.1. Skladiščenje v hladilnicah

4. Predelava

4.1. Predelava v izdelke za človeško prehrano (olivno olje, ukisane olive) - linija strojev za čiščenje, sortiranje, stiskanje olja, polnilne linije za olje itn.)

5. Uporaba

Konec življenjskega cikla



Slika : Blok diagram življenjskega cikla oljk

Življenjski cikel grozdja – vinogradništvo

Pri pridelavi grozdja za človeško prehrano ali vino je v celotnem življenjskem ciklu zajeta pridelava, transport, skladiščenje in predelava ter konec življenjskega cikla pri uporabi končnega produkta. V pridelavi je zajeta: obdelava tal, saditev, gnojenje, varstvo rastlin, nega nasada, pobiranje pridelka. Transport je razčlenjen na interni ali eksterni. Grozdje se lahko predela na sami kmetiji ali v živilsko predelovalni industriji v vino (namizno, kakovostno, vrhunsko), tropinovec itn. Konec življenjskega cikla izdelka je ko grozdje konča v različnih končnih produktih, ki so namenjeni za človeško uporabo. V blok diagramu so pokazane delovne operacije, ki se pojavljajo znotraj posameznih sklopov življenjskega cikla vinogradništva - grozdja. V samem življenjskem ciklu pridelka ni nujno da so vse delovne operacije tudi realizirane.

Prikaz procesov kjer nastanejo TGP v življenjskem ciklu grozdja:

1. Pridelava – Obdelava tal, Saditev, Gnojenje, Varstvo rastlin, Nega nasada, Pobiranje pridelka

- 1.1. Priprava tal za vzpostavitev trajnega nasada - izravnava zemljišč, priprava teras - opcija, globoko oranje,
- 1.2. Osnovna in dopolnilna obdelava tal – oranje, podrahljanje, dopolnilna obdelava tal z rotacijskimi stroji (prekopalnik ali vrtavkasta brana) ali kultivatorji,
- 1.3. Saditev
- 1.4. Gnojenje – osnovno in dopolnilno

- 1.5. Varstvo rastlin
- 1.6. Nega nasada
- 1.7. Pobiranje pridelka (samovozni stroji za pobiranje grozdja – kombajni, stroji za manipuliranje z zaboji itn.),

2. Transport

- 2.1. Transport pridelka na kmetiji (interni transport)
- 2.2. Transport od pridelovalnih površin do predelave grozdja v vino

3. Skladiščenje

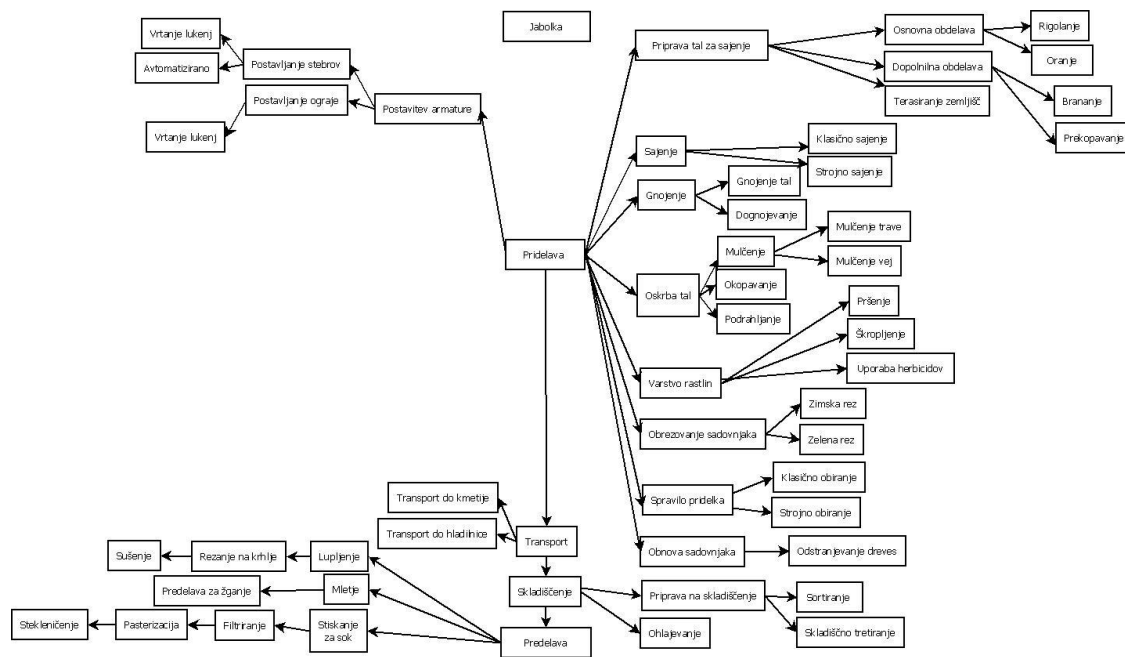
- 3.1. Skladiščenje grozdja do predelave

4. Predelava

- 4.1. Predelava v vino (vino namizno, kakovostno in vrhunsko, tropinovec) - linije strojev za predelavo grozdja v vino

5. Uporaba

Konec življenjskega cikla izdelka



Slika : Blok diagram življenjskega cikla - vinogradništvo

Življenjski cikli v vrtnarstvu

V primeru povrtninarstva je narejena analiza življenjskega cikla najpomembnejših vrst povrtnin: paradižnik, kumarice, zelje, paprika, čebula. V vsakem življenjskem ciklu so zajete faze: pridelava, transport, skladiščenje in uporaba. Vsaka omenjena faza življenjskega cikla je razdeljena na podfaze, npr. pridelava je sestavljena od naslednjih pod faz: obdelave tal, sadnje, gnojenja, varstva rastlin in spravila pridelka. Transport pa se lahko razčleni na interni ali eksterni. V procesu skladiščenja so lahko spet prisotne različne podfaze, npr. čiščenje in sortiranje povrtnin, itn. Konec življenjskega cikla povrtnin je, ko končni produkt konča svojo življensko pot, npr. konzumni paradižnik konča v človeški prehrani, paradižnik za predelavo pa npr. v različnih izdelkih (koncentrati, sokovi itn.) v živilsko predelovalni industriji itn. Spodaj so prikazani načini, kako s razčlenjene različne faze in podfaze življenjskega cikla povrtnin. Na osnovi omenjenega pristopa smo ugotavljali porabo energijo v posameznih fazah in podfazah ter naredili celotno energijsko analizo pridelave povrtnin. Kompletna energijska analiza je omogočila določanje emisij toplogrednih plinov v pridelavi povrtnin.

Pri pridelavi povrtnin za človeško prehrano oziroma industrijske produkte je v celotnem življenjskem ciklu sadja zajeta pridelava, transport, skladiščenje in dodelava ter konec življenjskega cikla pri uporabi končnega produkta.

Življenski cikel paradižnika

1. Pridelava – Obdelava tal, Saditev, Gnojenje, Varstvo rastlin, Nega rastlin, Pobiranje pridelka

- 1.1. Osnovna in dopolnilna obdelava tal – oranje, dopolnilna obdelava tal z rotacijskimi stroji (prekopalnik ali vrtavkasta brana) ali kultivatorji,
- 1.2. Saditev
- 1.3. Gnojenje – osnovno in dopolnilno
- 1.4. Varstvo rastlin
- 1.5. Nega rastlin
- 1.6. Pobiranje pridelka (platforme za ročno pobiranje paradižnikov, stroji za manipuliranje z zaboji itn.),

2. Transport

2.1. Transport pridelka na kmetiji (interni transport)

2.2. Transport od pridelovalnih površin do živilsko predelovalne industrije ali distribucijskega centra itn.

3. Skladiščenje

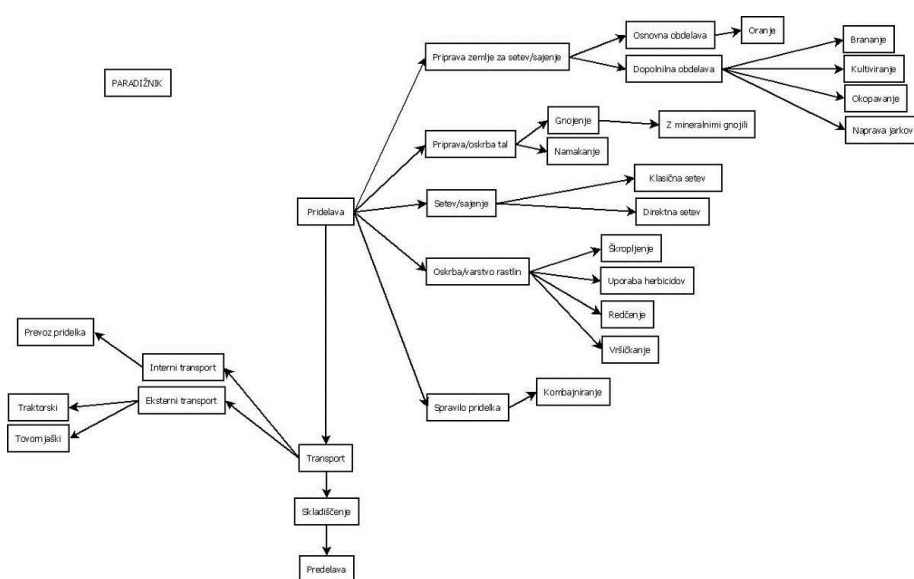
3.1. Skladiščenje paradižnika do predelave

4. Predelava

4.1. Predelava v konzervirane izdelke (koncentrati, sokovi itn...)

5. Uporaba

Konec življenjskega cikla izdelka



Slika : Blok diagram življenjskega cikla paradižnika

Življenski cikel paprike

1. Pridelava – Obdelava tal, Saditev, Gnojenje, Varstvo rastlin, Nega rastlin, Pobiranje pridelka

1.7. Osnovna in dopolnilna obdelava tal – oranje, dopolnilna obdelava tal z rotacijskimi stroji (prekopalnik ali vrtavkasta brana) ali kultivatorji,

- 1.8. Saditev
- 1.9. Gnojenje – osnovno in dopolnilno
- 1.10. Varstvo rastlin
- 1.11. Nega rastlin
- 1.12. Pobiranje pridelka

2. Transport

2.1. Transport pridelka na kmetiji (interni transport)

2.2. Transport od pridelovalnih površin do živilsko predelovalne industrije ali distribucijskega centra itn.

3. Skladiščenje

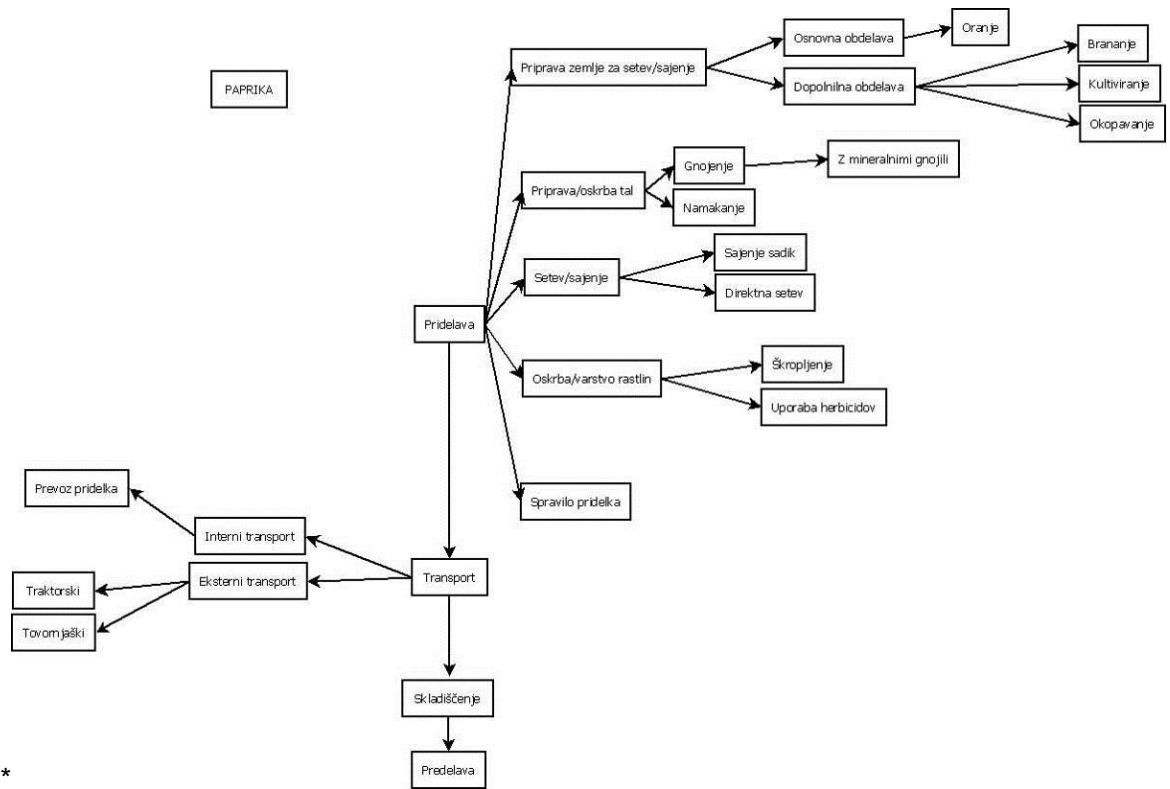
3.1. Skladiščenje paprike

4. Predelava

4.1. Predelava v paradižnikove koncentrate

5. Uporaba

Konec življenjskega cikla izdelka



Slika : Blok diagram življenjskega cikla paprike

Življenski cikli v živinorejski pridelavi

V živinorejski pridelavi so obdelani življenski cikli v govedoreji, prašičereji in perutninarstvu. Področje govedoreje je razdeljeno na pridelavo mleka in pridelavo mesa, prašičereja na pridelavo mesa, perutninarstvo pa na pridelavo mesa in jajc.

Govedoreja – pridelava mleka

Pri reji krav molžnic za mleko oziroma različne industrijske produkte je v celotnem življenskem ciklu zajeta: reja živali, transport, skladiščenje mleka, predelava mleka ter konec življenskega cikla. V reji živali je zajeto: krmljenje, vzdrževanje življenskega okolja in proizvodnja mleka. V transportu je zajet transport od kmetije do živilsko predelovalne industrije, kjer poteka predelava mleka v različne končne produkte. Skladiščenje mleka poteka v hladilnicah, mleko lahko konča življenski cikel pri porabniku ali pa se predela na kmetiji ali v živilsko pridelovalni industriji v različne končne produkte. Konec življenskega cikla izdelka je, ko mleko konča v različnih končnih produktih, ki so namenjeni za prehrano. V blok diagramu so pokazane delovne operacije, ki se pojavljajo znotraj posameznih sklopov življenskega cikla govedoreje – pridelave mleka. V samem življenskem ciklu ni nujno da so vse delovne operacije tudi realizirane.

1. Reja živali – Krmljenje, Vzdrževanje življenskega okolja, Proizvodnja mleka

1.1. Krmljenje

1.2. Vzdrževanje življenskega okolja: prezračevanje, odstranjevanje gnoja, čiščenje in razkuževanje hlevov

1.3. Proizvodnja mleka: molža (strojna ali z robotom), procesiranje mleka v mlekarni (hlajenje)

2. Transport

2.1. Transport mleka od kmetije do predelave v mlekarni oziroma živilsko predelovalne industrije

3. Skladiščenje

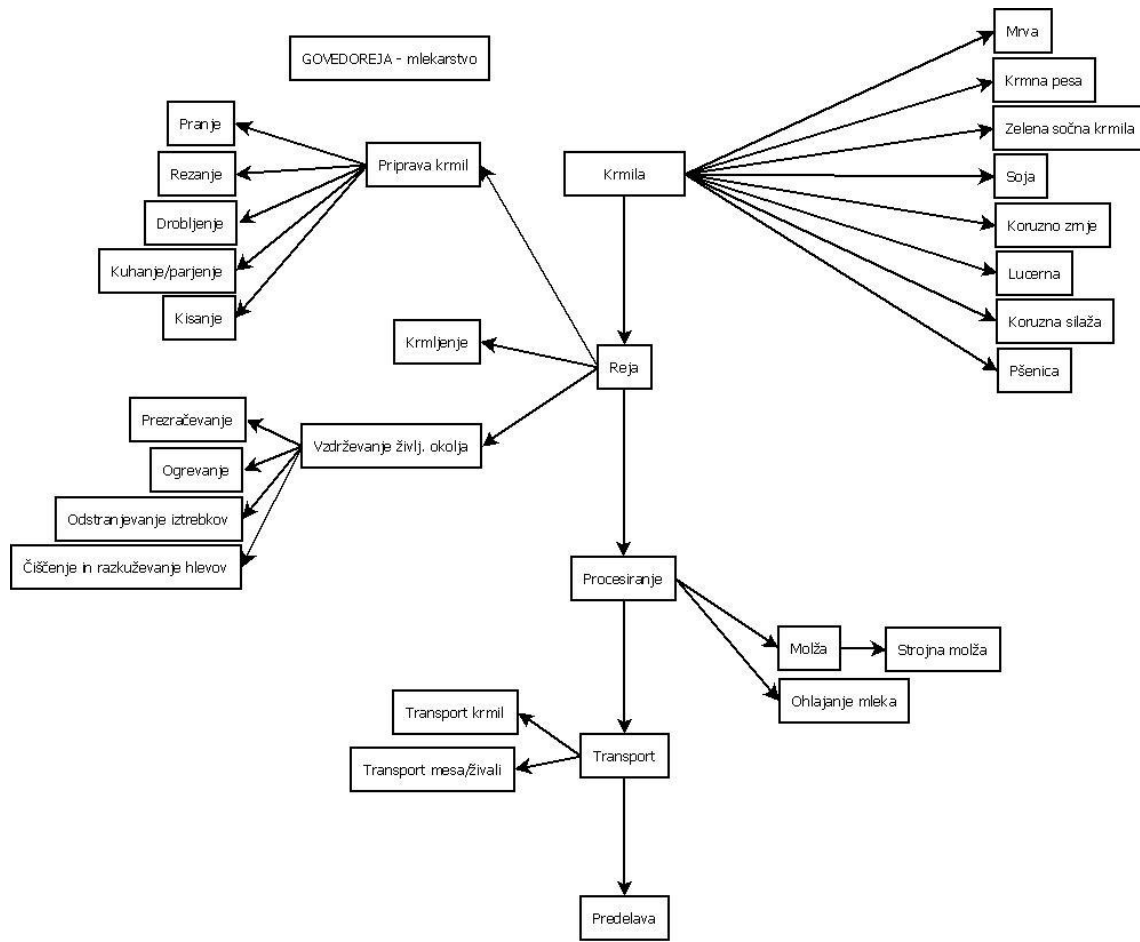
3.1. Skladiščenje mleka v mlekarni

4. Predelava

4.1. Predelava mleka (lahko poteka na kmetiji ali v živilsko predelovalni industriji) v izdelke za človeško ali živalsko prehrano (mleko pasterizirano, mleko trajno, siri, jogurti itn.)

5. Uporaba

Konec življenskega cikla izdelka



Slika : Blok diagram življenjskega cikla proizvodnje mleka

Govedoreja – pridelava mesa

Pri pridelavi goved za meso za človeško prehrano oziroma različne industrijske produkte je v celotnem življenjskem ciklu zajeta: reja živali, transport, zakol in skladiščenje mesa, predelava mesa ter konec življenjskega cikla. V reji živali je zajeto: krmiljenje in vzdrževanje življenjskega okolja. V transportu je zajet transport od kmetije do klavnice in hladilnice. Skladiščenje poteka v hladilnicah, meso iz skladiščenja lahko konča življenjski cikel pri porabniku ali pa se predela na kmetiji ali v živilsko pridelovalni industriji. Konec življenjskega cikla izdelka je ko sveže meso konča v različnih končnih produktih, ki so namenjeni za človeško prehrano. V blok diagramu so pokazane delovne operacije, ki se pojavljajo znotraj posameznih sklopov življenjskega cikla govedoreje – pridelave mesa. V samem življenjskem ciklu ni nujno da so vse delovne operacije tudi realizirane.

1. Reja živali – Krmiljenje, Vzdrževanje življenjskega okolja

1.1. Krmiljenje

1.2. Vzdrževanje življenjskega okolja: prezračevanje, odstranjevanje gnoja, čiščenje in razkuževanje hlevov

2. Transport

2.1. Transport živali od kmetije do klavnice

3. Skladiščenje

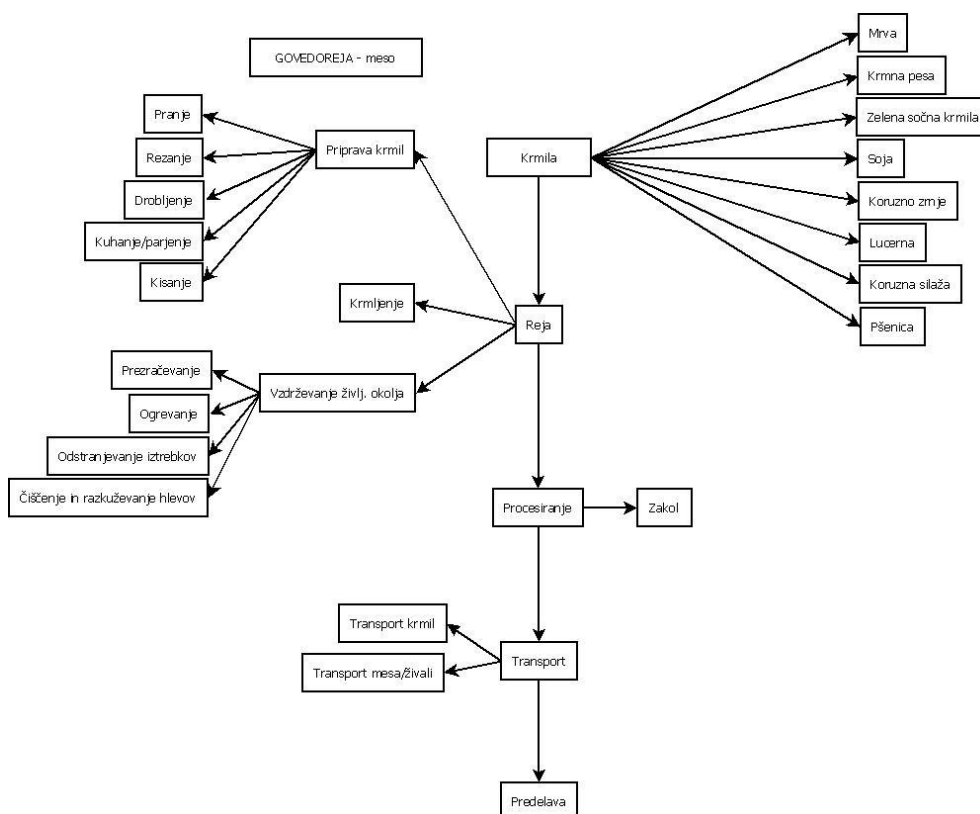
3.1. Skladiščenje mesa v klavnici ali živilsko predelovalni industriji

4. Predelava

4.1. Predelava v izdelke za prehrano (sveže meso, suho mesnati in prekajeni izdelki, itn.)

5. Uporaba

Konec življenjskega cikla izdelka



Slika : Blok diagram življenjskega cikla govedoreje – pridelava za meso

Praščereja

Pri pridelavi prašičev za meso za človeško prehrano oziroma različne industrijske produkte je v celotnem življenjskem ciklu zajeta: reja živali, transport, zakol in skladiščenje mesa, predelava mesa ter konec življenjskega cikla. V reji živali je zajeto: krmljenje in vzdrževanje življenjskega okolja. V transportu je zajet transport od kmetije do klavnice in hladilnice. Skladiščenje poteka v hladilnicah, meso iz skladiščenja lahko konča življenjski cikel pri

porabniku ali pa se predela na kmetiji ali v živilsko pridelovalni industriji.

1. Reja živali – Krmljenje, Vzdrževanje življenskega okolja

1.1. Krmljenje

1.2. Vzdrževanje življenskega okolja: prezračevanje, ogrevanje, razsvetljava, odstranjevanje gnoja, čiščenje in razkuževanje hlevov

2. Transport

2.1. Transport od kmetije do klavniških objektov

2.2. Transport od klavnice do živilsko pridelovalne industrije

3. Skladiščenje

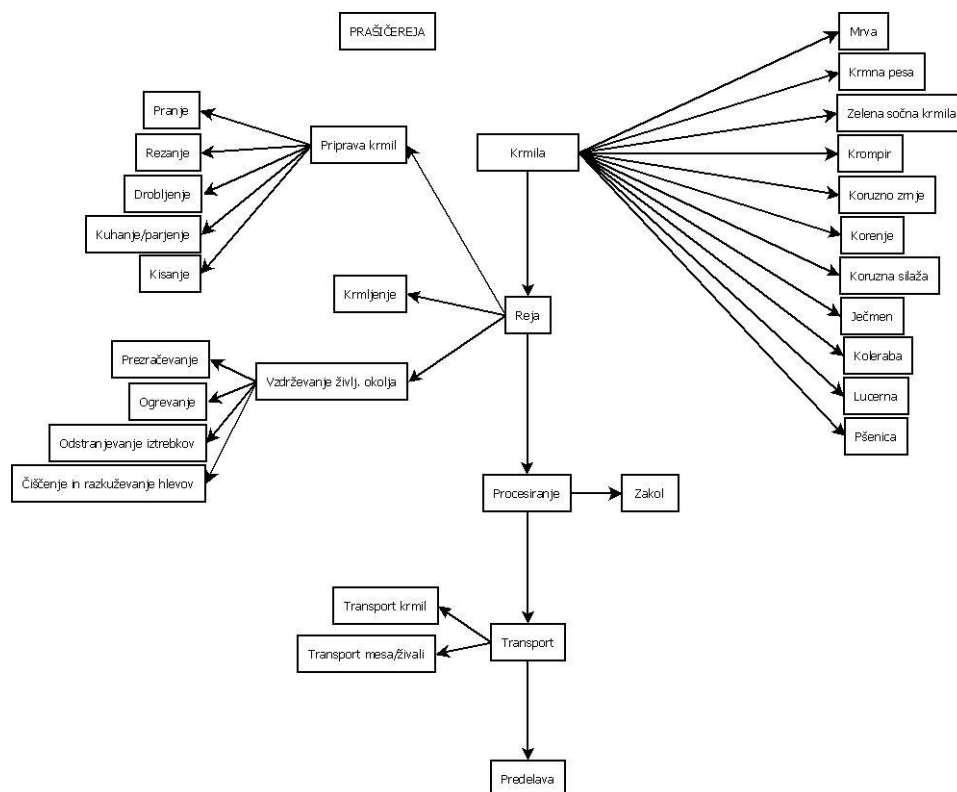
3.1. Skladiščenje mesa v hladilnicah

4. Predelava

4.1. Predelava v izdelke za človeško ali živalsko prehrano (meso, barjeni izdelki, itn.)

5. Uporaba

Konec življenskega cikla



Slika : Blok diagram življenskega cikla - prašičereja

Perutninarstvo – reja za meso

Pri reji perutnine za meso za človeško prehrano oziroma različne industrijske produkte je v celotnem življenjskem ciklu zajeta: reja živali, transport, zakol in skladiščenje mesa, predelava mesa ter konec življenjskega cikla. V reji živali je zajeto: krmljenje in vzdrževanje življenjskega okolja. V transportu je zajet transport od kmetije do klavnice in hladilnice. Skladiščenje poteka v hladilnicah, meso iz skladiščenja lahko konča življenjski cikel pri porabniku ali pa se predela na kmetiji ali v živilsko pridelovalni industriji.

1. Reja živali – Krmljenje, Vzdrževanje življenjskega okolja

1.1. Krmljenje

1.2. Vzdrževanje življenjskega okolja: prezračevanje, ogrevanje, razsvetljava, odstranjevanje gnoja, čiščenje in razkuževanje hlevov

2. Transport

2.1. Transport od kmetije do klavniških objektov

2.2. Transport od klavnice do živilsko pridelovalne industrije

3. Skladiščenje

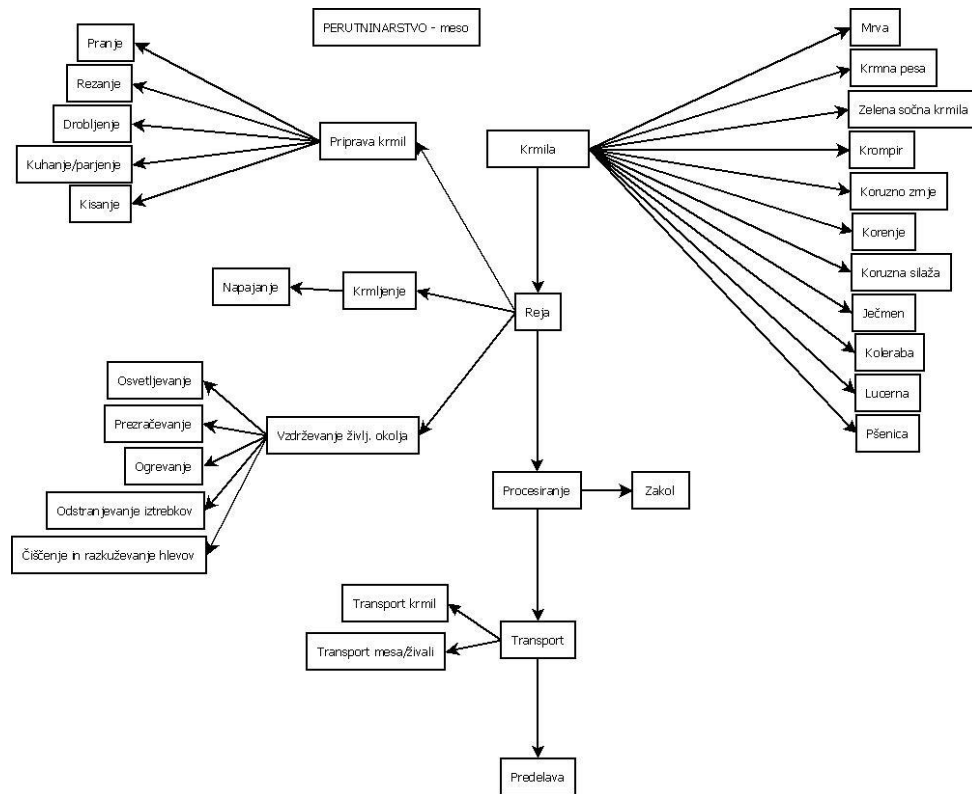
3.1. Zakol in skladiščenje v hladilnicah

4. Predelava

4.1. Predelava v izdelke za človeško ali živalsko prehrano (meso, suho mesnati in prekajeni izdelki)

5. Uporaba

Konec življenjskega cikla izdelka je ko sveže meso konča v različnih končnih produktih, ki so namenjeni za človeško prehrano. V blok diagramu so pokazane delovne operacije, ki se pojavljajo znotraj posameznih sklopov življenjskega cikla perutninarstva – pridelave mesa. V samem življenjskem ciklu ni nujno da so vse delovne operacije tudi realizirane.



Slika : Blok diagram življenjskega cikla perutninarstva – meso

Perutninarstvo – reja za jajca

Pri reji perutnine za jajca za človeško prehrano oziroma različne industrijske produkte je v celotnem življenjskem ciklu zajeta: reja živali, transport, zakol in skladiščenje mesa, predelava mesa ter konec življenjskega cikla. V reji živali je zajeto: krmljenje in vzdrževanje življenjskega okolja. V transportu je zajet transport od kmetije do klavnice in hladilnice. Skladiščenje poteka v hladilnicah, meso iz skladiščenja lahko konča življenjski cikel pri porabniku ali pa se predela na kmetiji ali v živilsko pridelovalni industriji.

1. Reja živali – Krmljenje, Vzdrževanje življenjskega okolja

1.1. Krmljenje

1.2. Vzdrževanje življenjskega okolja: prezračevanje, ogrevanje, razsvetljava, odstranjevanje gnoja, čiščenje in razkuževanje hlevov

2. Transport

2.1. Transport od kmetije do živilsko pridelovalne industrije (toplogredni plini iz goriva potrebnega za transport in manipulacijo)

3. Skladiščenje

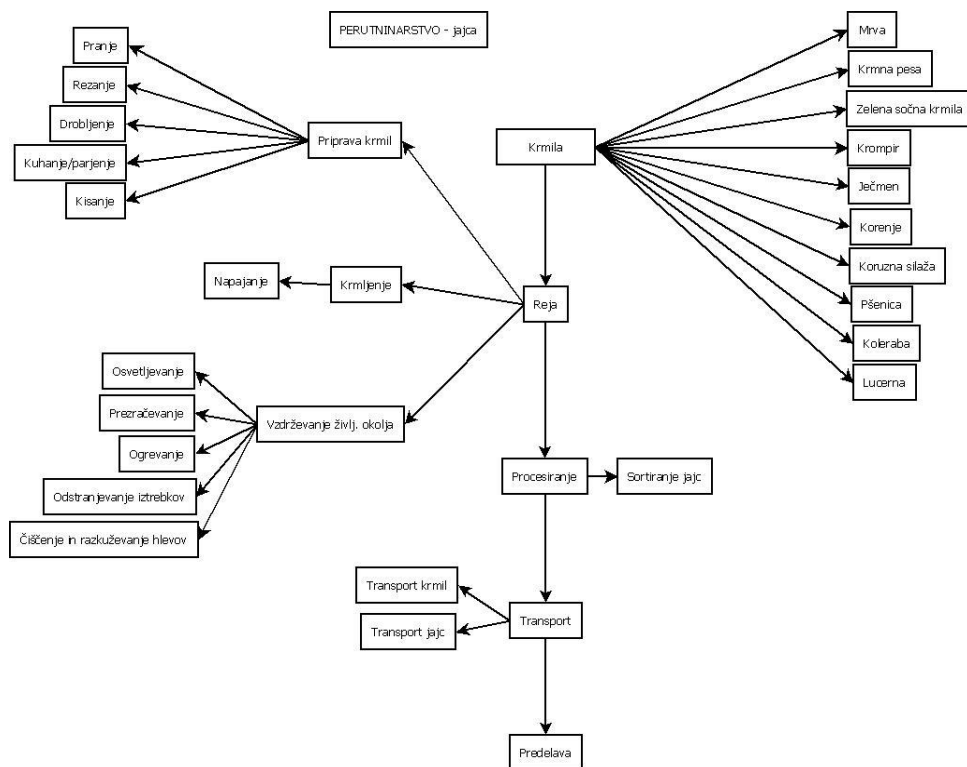
3.1. Skladiščenje v hladilnicah

4. Predelava

4.1. Predelava v izdelke za prehrano (sveža jajca, kuhana jajca, jajca v prahu)

5. Uporaba

Konec življenjskega cikla izdelka je ko sveže meso konča v različnih končnih produktih, ki so namenjeni za človeško prehrano. V blok diagramu so pokazane delovne operacije, ki se pojavljajo znotraj posameznih sklopov življenjskega cikla perutninarstva – pridelave mesa. V samem življenjskem ciklu ni nujno da so vse delovne operacije tudi realizirane.



Slika : Blok digram življenjskega cikla perutninarstva – jajca

A1 Ugotavljanje porabe energije v rastlinski pridelavi

Energetska analiza z ekonomsko in okoljsko analizo je pomembno orodje za določanje obnašanja kmetijskih sistemov. Ekonomika, energija in okolje so trije E (izhajajo iz treh angleških besed, okrajšano - Energy, Economics and Environment), ki jih je potrebno obravnavati v vseh kmetijskih dejavnostih. Energetsko analizo kot pomemben predmet kmetijske proizvodnje so začeli proučevati v 70. letih prejšnjega stoletja, kot posledica težav pri oskrbi z nafto in naraščanjem njenih cen. Vzpostavitev metodologij za prepoznavanje in vrednotenje različnih energetskih tokov v kmetijski proizvodnji je osnova energetske analize (Ortiz Canavate in Hernanz, 1999). Obseg je tako širok, kot je opredeljen ali potreben, vendar je cilj jasen: zmanjšati vnos energije ali iskati druge obnovljive vire v kmetijskih procesih z uvedbo učinkovitejših delovnih metod oziroma operacij. Ta cilj je, če je mogoče, združen z zmanjšanjem proizvodnih stroškov in uporabi okolju prijaznih proizvodnih metod kot dela boljšega sistema upravljanja (Ortiz Canavate in Hernanz, 1999).

Poraba energije je opredeljena kot neto energija, ki se porabi za proizvodnjo kmetijskih proizvodov, dokler se proizvod ne proda ali zapusti s kmetije ali se uporabi, kot krma za živali (Dalgaard in sod., 2001) Porabo energije lahko razdelimo na direktno ali neposredno in indirektno ali posredno energijo. Direktna energija (neposredna energija) je vnos energije v samo kmetijsko proizvodnjo. Ko se omenjeni vložek energije lahko neposredno pretvori v energijske enote (mineralno dizelsko gorivo, utekočinjen naftni plin ali energija zemeljskega plina, električna energija za naknadno obdelavo pridelkov, itn.). Indirektna energija (posredna energija) je energija, ki se uporablja za proizvodnjo surovin, ki se uporabljajo v proizvodnji kmetijskih proizvodov, poleg tega teh vložkov ni mogoče neposredno pretvoriti v energetske enote (stroji, gnojila, fitofarmaceutska sredstva itd.). Skupno energijo za kmetijsko proizvodnjo (Dalgaard in sod., 2001) lahko predstavimo z enačbo (1).

$$E_{\text{pridelave}} = E_{\text{direktna}} + E_{\text{indirektna}} \quad (1)$$

$$E_{\text{pridelave}} = (E_{\text{gorivo}} + E_{\text{el.energija}} + E_{\text{ostala energija}}) + E_{\text{indirektna}}$$

Direktna ali neposredna energija (E_{direktna}) predstavlja vnos celotne energije v določeno kmetijsko proizvodnjo (pridelavo in predelavo v končne produkte). Omenjeni vnos energije se lahko direktno pretvori v energetske enote (porabljeno mineralno dizelsko gorivo za traktorje in priključne stroje ter samovozne stroje, toplotna energija iz utekočinjenega naftnega plina – UNP, zemeljskega plina, kurilnega olja ali trdne biomase za dosuševanje, električna energija za naknadno procesiranje pridelka, električna energija za namakanje, itn.).

Indirektna ali posredna energija ($E_{\text{indirektna}}$) je energija, ki je porabljena v proizvodnji kmetijskega pridelka, v primeru ko inputi energije ne morejo biti direktno pretvorjeni v energetske enote (kmetijski stroji, gnojila, fito farmaceutska sredstva, embalaža). V indirektni energiji so zajeti vnosi energije skozi daljše časovno obdobje oziroma energija, ki se porabi za izdelavo traktorjev, priključnih strojev, samovoznih strojev, procesne opreme, itn. ter energija za proizvodnjo mineralnih gnojil, fitofarmaceutskih sredstev, embalaže, itn. Največji del indirektna energije odpade na mineralna gnojila in energijo, ki se porabi za izdelavo strojev.

Celotna energija, ki se porabi za pridelavo nekega kmetijskega pridelka na površini enega hektarja pridelovalne površine se ugotavlja s seštevanjem posameznih energetskih porab za delovne operacije. Pri energetski analizi se razčlenijo vnosi energije (direktna energija), ki je kompletno porabljena v obdobju pridelave (ena sezona, itn.) različnih pridelkov (poljedelstvo, sadjarstvo, vinogradništvo, pridelava povrtnin, pridelava mleka, pridelava mesa, itn). Vnosi energije skozi daljše časovno obdobje (za proizvodnjo traktorjev, priključnih strojev, opreme, objektov, itn. ter energija za proizvodnjo mineralnih gnojil in fitofarmaceutskih sredstev) se upoštevajo pri indirektni energiji. Poraba energije v mehanizirani rastlinski pridelavi je definirana, kot energija fosilnega goriva (mineralno dizelsko gorivo), ki se porabi pri izvajanju

različnih mehaniziranih delovnih operacij. Različni avtorji navajajo, da se povprečne vrednosti porabe mineralnega dizelskega goriva za različne kmetijske dejavnosti oziroma delovne operacije, upoštevajo, kot spremenljivke, ki se ugotavljajo za porabo goriva v l/ha ali kg/ha (Handler in Nadlinger, 2012; Dalgaard in sod, 2001; Jejčič in Al Mansour, 2014). V prihodnosti se pričakuje tudi večja uporaba električne energije za določene delovne operacije v kmetijski pridelavi. Vse večjo veljavo v prihodnosti bodo imeli alternativni energetske viri ter obnovljivi viri energije.

Ugotavljanje porabe direktne energije

V primeru določitve porabe direktna (neposredne energije) za določeno kmetijsko pridelavo, potrebno je natančno razčleniti porabo energije za vsako delovno operacijo. Zato je potrebno opraviti ločene meritve porabe energije za vsako posamezno delovno operacijo.

Poraba direktne energije v rastlinski pridelavi za različne delovne operacije (primer za poljedelstvo, na podoben način se razčleni poraba neposredne energije za sadjarsko, vinogradniško, itn., pridelavo)

$$E_{DEP} = E_{ot} + E_g + E_v + E_n + E_p + E_d + E_t$$

E_{DEP} = celotna neposredna energija porabljena za pridelavo določenega poljedelskega pridelka (MJ)

E_{ot} = energija za osnovno in dopolnilno obdelavo tal

E_g = energija za gnojenje

E_v = energija za varstvo rastlin

E_n = energija za namakanje

E_p = energija za pobiranje pridelka

E_d = energija za dosuševanje pridelka

E_t = energija za interni transport pridelka

Izračun za porabo direktne energije EDP_k za vse delovne operacije v pridelavi določenega pridelka:

E_{DEPk} : poraba direktne (neposredne) energije za pridelavo pridelka (k),

EF_i : količina uporabljenih goriv (tekoča, plinasta, trdna) ali druge vrste energije za delovno operacijo (kg, l, Nm³, kWh),

X_i : število delovnih operacij opravljenih v pridelavi ($X = 0, 1, 2, 3, \dots$),

i : vrsta uporabljenih goriv ali energije,

j: delovna operacija (obdelava tal osnovna, obdelava tal dopolnilna, gnojenje, setev, varstvo rastlin, ...),

k: vrsta pridelka

V današnjem času večina energije, ki se porabi v direktni obliki v kmetijstvu izvira iz energije fosilnih goriv oziroma mineralnega dizelskega goriva za pogon traktorjev in samovoznih kmetijskih strojev.

Direktna (neposredna energija) - $E_{neposredna}$ predstavlja vnos celotne energije v določeno kmetijsko proizvodnjo (pridelavo in predelavo v končne produkte). Omenjeni vnos energije se lahko direktno pretvori v energetske enote (porabljeno mineralno dizelsko gorivo, energija utekočinjenega naftnega plina – UNP, zemeljskega plina, kurilnega olja ali trdne biomase za dosuševanje, električna energija za naknadno procesiranje pridelka, električna energija za namakanje, itn.).

Na kmetiji se opravi dnevne ali mesečne meritve porabe el. energije, porabe goriva (mineralno dizelsko, bencin) in plina (zemeljskega plina ali utekočinjenega naftnega plina – UNP). Omenjeni podatki so primerni za splošno obravnavanje porabe energije na kmetiji v določenem časovnem obdobju (npr. mesečnem ali letnem). Za splošno analizo glede porabe neposredne energije na kmetiji se izmerjeni podatki za porabo energije lahko združijo (seštevajo) po posameznih energentih za obdobje več mesecev oziroma enega leta. Za omenjeno analizo splošne porabe el. energije (za npr. procesiranje v končne produkte) in plina ter kurilnega olja (plin in kurilno olje za npr. dosuševanje pridelkov) obstaja možnost uporabe podatkov iz obstoječih računov za energente.

V primeru določitve porabe direktne energije za določeno kmetijsko pridelavo, potrebno je natančno razčleniti porabo energije za vsako delovno operacijo. Zato je potrebno opraviti ločene meritve porabe energije za vsako posamezno delovno operacijo.

V sezoni, ko potekaja mehanizirana opravila oziroma delovne operacije, smo opravili meritve količine mineralnega dizelskega goriva, ki se porabi pri delu traktorjev z različnimi traktorskimi agregati (traktorji + priključni stroji) oziroma delu samovoznih strojev (npr. kombajni za silažno koruzo, kombajni za žita in koruzo v zrnju, krmilno mešalni vozovi, itn.). Porabo energije v pridelavi se ugotavlja z meritvami porabe goriva (volumetrična metoda) pri opravljanju delovnih operacij s priključnimi stroji, ki so namenjeni za osnovno in dopolnilno obdelavo tal, setev, gnojenje, nego in varstvo rastlin. Poleg tega se zajame tudi porabo energije za žetev in transport pridelkov (traktorski transport) ter porabo energije, ki se porabi za krmljenje živali (npr. stroji za odvzem silaže iz koritastih silosov, krmilno mešalne prikolice itn.). Poraba energije – goriva (mineralno dizelsko gorivo ali plinsko olje) je izražena v l/ha.

Merjenje porabe mineralnega dizelskega goriva se opravi na vzorčnih kmetijah z volumetrično metodo. Pri tej metodi se rezervoar traktorja, ki stoji na ravni podlagi napolni z gorivom (do vrha rezervoarja). S traktorjem, ki je agregatiran s priključnim strojem za opravljanje določene delovne operacije, opravimo delovno operacijo v času ene ali več ur.

Po opravljeni delovni operaciji se traktor pripelje na ravno podlago na kateri smo opravili polnjenje rezervoarja. Dotoči se gorivo in izmeri koliko goriva je bilo dotočeno. Za to so potrebne posode z znanim volumnom ter menzura (posoda z označbami) da lahko opravimo precizno dotakanje in meritve. Podatki se zatem preračunajo za porabo na hektar obdelane površine in podajo v l/ha. Drugin način je da se s traktorjem agregatiranim s priključnim strojem opravi delovna operacija na površini enega hektarja, poraba goriva pa se prikaže v l/ha. Druga hitrejša metoda je da se uporabi električna črpalka opremljena s prikazovalnikom

iztočene količine goriva v litrih.



Slika : Primer merjenja porabe goriva z volumetrično metodo, pri tej metodi gorivo se napolni do vrha rezervoarja, zatem se opravi dotakanje goriva po opravljeni delovni operaciji, gorivo se dotaka na ravni podlagi, na sliki je primer dotakanja z električno črpalko opremljeno s števcem iz katerega se odčita porabljen količina goriva za določeno delovno operacijo, uporabnik mora voditi zapisnike, (vir: Kmetijski inštitut Slovenije, Oddelek za kmetijsko tehniko in energetiko)

Sodobni visokozmogljivi traktorji velike moči ter cenovno dražji traktorji so opremljeni z elektronskim sistemom za odčitavanje trenutne porabe goriva ter shranjevanje podatkov v elektronski obliki. Tudi pri teh merilnih sistemih mora biti sama meritev pravilno definirana, v nasprotnem primeru bodo zajeti podatki tudi, ko ni bila opravljena delovna operacija, npr. prehod na drugo lokacijo, itn. Teh izvedb traktorjev je relativno malo tako da je uporaba omenjenih podatkov omejena. Poleg tega so merilni sistemi pri majhnih količinah goriva (pod nekaj litrov) nezanesljivi.

Merjenje porabe mineralnega dizelskega goriva smo opravljali na različnih vzorčnih kmetijah kmetijah po Sloveniji ter na posestvu Kmetijskega Inštituta Slovenije, Oddelka za infrastrukturo, Jablje, Loka pri Mengšu. V sezoni mehaniziranih opravil smo na omenjenih lokacijah merili količine mineralnega dizelskega goriva, ki se porabi pri delu traktorjev z različnimi traktorskimi agregati (traktorji + priključni stroji) oziroma delu samovoznih strojev (npr. kombajni za silažno koruzo, kombajni za žita in koruzo v zrnju, krmilno mešalni vozovi, itn.). Porabo energije v pridelavi smo ugotavljali z meritvami porabe goriva (volumetrična metoda) pri opravljanju delovnih operacij s priključnimi stroji, ki so namenjeni za osnovno in dopolnilno obdelavo tal, setev, gnojenje, nego in varstvo rastlin. Poleg tega smo zajeli tudi porabo energije za žetev in transport pridelkov (traktorski transport) ter porabo energije, ki se porabi za krmljenje živali (npr. stroji za odvzem silaže iz koritastih silosov, krmilno mešalne prikolice itn.). Poraba energije – goriva (mineralno dizelsko gorivo ali plinsko olje) je izražena v l/ha.

Tabela: Rezultati merjenja porabe goriva na šest vzorčnih kmetij na različnih lokacijah

	Povprečna poraba goriva (l/ha površine)	Število meritev
Oranje	24,98	18
Obdelava tal s kultivatorjem	10,80	1
Obdelava tal z vrtavkasto brano	16,00	17
Obdelava tal z vrtavkasto brano in istočasna setev	12,69	4
Obdelava tal s prekopalnikom	43,33	2
Podrahljavanje	13,79	1
Setev strnjena	2,89	2
Setev presledna	6,90	5
Trošenje gnoja	15,50	1
Trošenje gnojevke	3,38	8
Trošenje mineralnih gnojil	1,81	4
Škropljenje	0,80	1

Ugotovljeno je, da poraba goriva za enake delovne operacije lahko zelo variira, ker je odvisna od več faktorjev, npr. pedofizikalnih lastnosti tal, načina obdelave tal, tehnike uporabe traktorskega agregata (traktor + priključni stroj), stanja stroja, usklajenosti moči traktorja glede velikosti priključnega stroja, itn. Podani so primeri različne porabe goriva, ki smo jih opravili na dveh lokacijah meritev: kmetija A in kmetijsko posestvo B.

V primeru A je ugotovljena poraba goriva v pridelavi silažne koruze (vzorčna kmetija na lokaciji Male Žablje pri Ajdovščini). Obdelovalne površine so na razgibanem terenu in na različnih lokacijah, obdelovalne parcele so večinoma majhne, prevladujejo težka tla, traktorji in priključni stroji so starejših letnic (povprečna starost traktorjev 20,5 let, traktorji so opremljeni s starejšimi izvedbami motorjev in transmisij). Kmetija A nam predstavlja odmik od povprečja porabe goriva v smer večje porabe goriva zaradi težkih pridelovalnih razmer (pedo klimatski pogojev). Podatki za kmetijo A se nanašajo na povprečne vrednosti večjega števila meritev. V pridelavi silažne koruze je ugotovljena poraba goriva za enake delovne operacije na kmetijskem posestvu B (Kmetijski inštitut Slovenije, lokacija Jable, Loka pri Mengšu). Obdelovalne površine so na ravnem terenu, obdelovalne parcele so velikih dimenzij, prevladujejo lažja do srednje težka tla, traktorji in priključni stroji, ki so testirani so novi (povprečna starost traktorjev 5 let, traktorji so opremljeni s sodobnimi motorji in transmisijami). Tudi v tem primeru se podatki nanašajo na povprečne vrednosti večjega števila meritev. Iz podanih meritev so vidne razlike do katerih nastopa zaradi tipa tal, trenutne vlažnosti tal, teksture in količine rastlinskih ostankov v tleh.

Tabela: Meritve porabe goriva pri pridelavi silažne koruze na dveh različnih lokacijah, kmetija, ki se ukvarja z mešano pridelavo A (lokacija Male Žablje pri Ajdovščini), Kmetijski inštitut Slovenije, kmetijsko posestvo B (lokacija Jablje, Loka pri Mengšu in okolica)

Delovne operacije	Kmetija (A) Poraba goriva [l/ha]	Kmetijsko posestvo (B) Poraba goriva [l/ha]
Oranje	52,3	14,7
Brananje	26,1	4,3
Trošenje hlevskega gnoja	28,7	3
Setev	7,2	11
Varstvo rastlin	4	2
Siliranje	40,2	20
Transport silaže	15,4	15
Skupaj	173,9	70

Razmerje porabe goriva za oba primera 1 : 2,48 je veliko, pokaže nam močan vpliv izvedbe kmetijskih strojev – uporabljeni traktorski agregati (traktorji + priključni stroji) ali samovozni stroji ter pedoklimatskih pogojev na porabo energije v pridelavi silažne koruze.

Ugotavljanje porabe električne energije

V živinoreji se električna energija uporablja poleg toplotne (prašičereja, reja piščancev, itn.) v pridelavi tudi v sami predelavi mleka in mesa v končne produkte. V sadjarsko vinogradniški pridelavi se električna energija večinoma uporablja v predelavi pridelkov v končne produkte, delež električne energije v pridelavi pa je majhen. Pri predelavi sadjarsko vinogradniških pridelkov v končne produkte pa se uporablja večinoma električna energija. Pri vrtnarski pridelavi se električna energija uporablja v pridelavi in predelavi. Delež električne energije je prevladujoč v pridelavi povrtnin v primeru da se proizvodnja odvija v zaprtih prostorih (staklenjaki in plastenjaki).

Za ugotavljanje porabe električne energije v kmetijstvu so določene živinorejske, mešane živinorejsko poljedelske, poljedelske, sadjarske, vinogradniške in vrtnarske kmetije. V nekaterih pridelavah se porabi več fosilnih goriv v nekaterih pa električne energije. V živinorejski pridelavi se porabi več električne energije v primerjavi z ostalo energijo iz fosilnih goriv ali biogoriv. V živinoreji je zajeta poraba energije, ki se porabi za krmljenje živali (npr. stroji za odvzem silaže iz koritastih silosov, krmilno mešalne prikolice itn.), za vzdrževanje življenskega okolja živali (prezračevanje, razsvetljava, gretje itn.) ter energija za molžo in hlajenje mleka v primeru molznih krav.

Za ugotavljanje porabe električne energije so opravljene analiza električnih porabnikov na različnih kmetijah. Porabnike električne energije se poveže z merilnikom električne energije. Meritve se opravljajo na električnih strojih, ki se uporabljajo pri različnih kmetijskih opravilih (npr. v proizvodnji mleka so zajeti stroji za molžo, hlajenje mleka, čiščenje gnoja, prezračevanje objektov, gretje sanitarne vode ter električna razsvetljava).

Delo električnega toka A se določi iz enačbe (1), kot zmnožek električne napetosti U , električnega toka I in časa t .

$$A = U \cdot I \cdot t \quad (1)$$

A (Ws)

U (V); I (A); t (s)

Električna moč P se določi iz enačbe (2). Določena je z električnim delom A opravljenim v enoti časa t .

$$P = A / t \quad (2)$$

P (W)

A (Ws); t (s)

Električno moč merimo v wattih (W)

$$1 \text{ W} = \text{J/s}$$

$$\text{W} \cdot \text{s} = \text{J}$$

Ws je majhna enota zato uporabljamo v praksi kWh pri merjenju porabe električne energije.

$$1 \text{ Wh} = \text{W} \cdot 3600 \text{ s} = 3600 \text{ Ws} = 3600 \text{ J} = 3,6 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ kWh} = 1 \text{ kW} \cdot 1 \text{ h} = 1000 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 3600000 \text{ Ws} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} = 3,6 \text{ MJ}$$

Delo 1 kWh opravi električni tok, če električni porabnik z močjo 1 kW deluje 1 uro

Električna moč trifaznega toka

$$P = U \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varnothing \cdot I$$

P = moč W

U = napetost 400 V

I = tok (A)

$\cos \varnothing$ = faktor moči od 0,8 do 1

Zaradi zanesljivosti meritev se meritve električnih strojev opravljajo skozi daljše časovno obdobje tako da se posamezni električni stroj spremlja več dni, tednov in celo mesecev. Na ta način so zajete tudi električne porabe, ki jih v krajšem časovnem intervalu ne bi zajeli. Npr. pri robot molži je zelo pomembno opravljati meritve skozi daljše časovno obdobje zaradi specifičnosti samega stroja in postopka (omenjeni stroj je v stanju pripravljenosti cel dan, krave pa lahko hodijo na prehranjevanje in molžo tudi po večkrat na dan). Iz števila delovnih ur, ki jih opravijo posamezni električni stroji se določa kumulativna poraba električne energije.



Slika : Prenosni merilnik porabe električne energije (prenosna digitalna izvedba) za meritve porabe električne energije na kmetijskih električnih storjih in objektih, zasnovan je na Kmetijskem inštitutu Slovenije - Oddelku za kmetijsko tehniko in energetiko, omogoča meritve porabe električne moči posameznih električnih porabnikov. Merilnik beleži trenutno, maksimalno, kumulativno itn. porabo električne energije priključenih strojev in naprav, možen pa je tudi prenos zabeleženih podatkov na računalnik. Lahko se priključi na različne električne stroje in naprave (na vzorčnih kmetijah) za ugotavljanje porabe električne energije med opravljanjem različnih delovnih operacij v živinoreji, sadjarstvu, vinogradništvu, pridelavi vrtnin, itn.

V primeru določitve porabe električne energije za določeno kmetijsko pridelavo ali predelavo, moramo natančno razčleniti porabo energije za vsako delovno operacijo. Zato je potrebno opraviti ločene meritve porabe energije za vsako posamezno delovno operacijo.

Poraba električne energije v predelavi pridelkov v končne produkte (primer za poljedelstvo, npr. mletje moke na kmetiji, na podoben način se razčleni poraba električne neposredne energije za sadjarske, vinogradniške, itn. pridelke)

$$EEDP = E_{\bar{c}} + E_m + E_p$$

$EEDP$ = celotna električna energija porabljena za predelavo določenega poljedelskega pridelka v končni produkt (MJ)

Primer moke:

$E_{\bar{c}}$ = električna energija za grobo in fino čiščenje pridelka

E_m = električna energija za mletje

E_t = električna energija za pakiranje

Izračun za porabo direktne (neposredne) električne energije $EEDP_k$ za vse delovne operacije v predelavi pridelkov v končne produkte:

$$EEDP_k = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n (EE_i * X_i)$$

$EEDP_k$: poraba električne neposredne energije za predelavo pridelka v končni produkt (k),

EE_j : količina električne energije za delovno operacijo (kWh),

X_j : število delovnih operacij opravljenih v predelavi ($X = 0, 1, 2, 3, \dots$),

j : delovna operacija (čiščenje pridelka, mletje pridelka, pakiranje,...),

k : vrsta končnega produkta

Poraba električne energije se preračuna na enoto določenega pridelka oziroma končnega produkta.

Poraba energije pri pridelavi poljščin

Opravljen je analiza energetske porabe v poljedelski pridelavi za: koruzo v zrnju in silažno koruzo, pšenico, olno ogrščico in sončnico. Pri energetski analizi so razčlenjeni vnosi energije (direktna energija), ki je kompletno porabljena v obdobju pridelave v poljedelstvu. Vnosi energije skozi daljše časovno obdobje oziroma indirektna energija (za izdelavo traktorjev, priključnih strojev, opreme itn., ter energija za proizvodnjo mineralnih gnojil in zaščitnih sredstev) pa ni upoštevana. Poraba energije v mehanizirani poljedelski pridelavi je definirana, kot energija iz mineralnega dizelskega goriva, ki se uporabi pri izvajanju različnih mehaniziranih delovnih operacij. Celotna energija, ki se porabi za pridelavo nekega poljedelskega pridelka na površini enega hektarja, je ugotovljena s seštevanjem energetske porabe vsakega posameznega energetskega vnosa.

$$E_p = E_{ot} + E_g + E_n + E_v + E_p + E_t + E_d$$

E_p = Celotna energija porabljena v pridelavi poljščin (MJ)

E_{ot} = energija za osnovno in dopolnilno obdelavo tal

E_g = energija za gnojenje

E_v = energija za varstvo rastlin

E_p = energija za pobiranje pridelka

E_t = energija za interni transport pridelka

E_d = energija za dosuševanje pridelka

V poljedelski pridelavi je opravljena analiza konvencionalne, integrirane in ekološke pridelave. Za vse tri pridelave je značilno da imajo osnovno in dopolnilno obdelavo tal, setev, gnojenje, nego oziroma varstvo rastlin in pobiranje pridelka. Poraba energije v omenjenih pridelavah je določena pri opravljanju delovnih operacij s traktorskimi priključnimi stroji (agregat traktor + stroj), ki so namenjeni za osnovno in dopolnilno obdelavo tal, setev, gnojenje, nego, varstvo rastlin itn. Merjena je porabljena količina mineralnega dizelskega goriva pri delu s traktorji, ki so bili agregatirani z različnimi priključnimi stroji, oziroma pri delu samovoznih strojev (npr. kombajni ali silokombajni za koruzo). Poleg tega je zajeta poraba energije za žetev in interni transport pridelkov na sami kmetiji (transport s traktorji). Poraba energije pri obdelavi tal je ugotovljena pri konvencionalni obdelavi tal z lemežnim plugom. Kot alternativa konvencionalni obdelavi je predvidena direktna setev (brez obdelave tal, angl. no tillage ali zero tillage). Modelni izračuni so narejeni na osnovi povprečnih porab goriva za osnovno in dopolnilno obdelavo tal, setev, gnojenje, varstvo rastlin, žetev in transport. V primeru osnovne obdelave tal je predvidena uporaba večbrazdnega obračalnega pluga. Za dopolnilno obdelavo tal je v enem primeru predvidena uporaba krožnih bran ali predsetvenikov, v drugem pa rotacijskih strojev (vrtavkasta brana ali prekopalnik - freza). Pri setvi je predvidena uporaba konvencionalnih sejalic za presledno setev (koruza) in strnjeno setev (pšenica, oljna ogrščica in sončnica). V primeru direktne setve pa so predvidene posebne izvedbe sejalic, ki omogočajo setev v strnišče. Za gnojenje je predvidena uporaba centrifugalnih trosilnikov mineralnih gnojil v granulah oziroma trosilnikov hlevskega gnoja (integrirana in ekološka pridelava). Spravilo silažne koruze se opravlja s pomočjo silažnih samohodnih ali traktorskih izvedb silokombajnov, pri spravilu koruze v zrnju pa se uporabljajo samohodne izvedbe kombajnov. Za transport pri pridelavi je predvidena uporaba traktorjev s prikolicami, za razliko od transporta po predelavi, kjer se uporablja vozila različne nosilnosti.

Za gnojenje je predvidena uporaba mineralnega gnojila pri konvencionalni pridelavi, v integrirani je predvidena uporaba mineralnega gnojila in organskega gnoja v razmerju 80 % mineralno in 20 % organsko gnojilo. Pri ekološki pridelavi pa je predvidena uporaba organskega gnoja (hlevski gnoj ali gnojevka). Za varstvo rastlin so predvidena fitofarmacevtska sredstva, ki se uporabljajo pri konvencionalni in integrirani pridelavi (v prispevku je vrednotena samo direktna energija oziroma energija za pogon strojev za nanašanje fitofarmacevtskih sredstev). Za ekološko pridelavo pa so predvidena samo zaščitna sredstva, ki so dovoljena v ekološki pridelavi, zamenjavo za herbicide pa predstavlja uporaba mehanskih metod za zatiranje plevelov (npr. traktorski priključni stroj – česalo, ki je namenjeno zatiranju plevelov). Količine gnojil so preračunane na količino pridelka za posamezno pridelavo. Za količine pridelkov so uporabljeni podatki KGZS in SURS (povprečje zadnjih deset let). Pri ekološki pridelavi pa so predvideni pridelki, ki so nižji v primerjavi s konvencionalno in integrirano pridelavo.

Pri konvencionalni, integrirani in ekološki pridelavi se uporabljajo večinoma enaki delovni postopki. Razlika je da se pri konvencionalni pridelavi uporablja gnojenje z mineralnimi gnojili. V primeru integrirane pridelave je predvidena uporaba mineralnega in hlevskega gnoja ter gnojevke. Za primer ekološke pridelave pa je predvideno, da se uporablja hlevski gnoj. Poraba goriva je pri ekološki pridelavi nekoliko višja, ker je predvidena uporaba strojev za raztros gnoja in aplikacijo gnojevke. Oba omenjena stroja sta večja porabnika energije v primerjavi s trosilnikom mineralnega gnojila.

Tabela: Povprečna poraba goriva za različne delovne operacije (primer porabe mineralnega dizelskega goriva iz petih vzorčnih kmetij na različnih lokacijah po Sloveniji)

Delovna operacija	Povprečna poraba goriva za hektar obdelane površine (l/ha)
Oranje	24,98
Obdelava tal s kultivatorjem	10,80
Obdelava tal z vrtavkasto brano	16,00
Obdelava tal z vrtavkasto brano in istočasna setev	12,69
Obdelava tal s prekopalnikom	43,33
Podrahljavanje	13,79
Setev strnjena	2,89
Setev presledna	6,90
Trošenje gnoja	15,50
Trošenje gnojevke	3,38
Trošenje mineralnih gnojil	1,81
Škropljenje	0,80

V osnovni obdelavi tal je predvidena obdelava tal z oranjem z obračalnimi plugi na delovno globino 20 do 30 cm. Za dopolnilno obdelavo tal je predvidena obdelava tal na globino do 12 cm. Za brananje je predvidena krožna brana, ki obdeluje tla na globini do 12 cm. V predsetveni obdelavi tal je predviden predsetvenik (kultivator), ki obdeluje tla na globini 5 do 10 cm. V dopolnilni obdelavi tal je predvidena tudi možnost uporabe rotacijskih strojev za obdelavo tal (stroji, ki so gnani prek priključne gredi traktorja) in to vrtavkaste brane ali prekopalnika (freze). Pri rotacijskih strojih gnanih prek priključne gredi zadostuje za dopolnilno obdelavo tal en prehod prek obdelovalne površine za razliko od vlečenih izvedb (predsetveniki, krožne brane), kjer sta potrebna dva ali celo trije prehodi. Pri sistemu neposredne setve koruze v neobdelana tla – direktna setev v strnišče, odpade primarna

obdelava tal in priprava setvene posteljice. V tem primeru se seme seje s posebnimi sejalnicami za direktno setev (brez vsakršne obdelave tal). Prednost tega sistema je nizka poraba časa, energije in stroškov v primerjavi s konvencionalnim načinom setve. Za setev je predvidena uporaba pnevmatskih sejalnic nadtlačne ali podtlačne izvedbe, ki omogočajo bolj natančno setev kot mehanske sejalnice. Za setev koruze se uporablja presledna setev za ostale kulture pa strnjena setev. Za gnojenje je v primeru konvencionalne pridelave predvideno gnojenje s centrifugalnim trosilnikom mineralnih gnojil. V primeru ekološke pridelave pa je predvideno gnojenje s trosilnikom hlevskega gnoja (namesto hlevskega gnoja se lahko uporabi tudi gnojevka, v tem primeru se uporablja cisterna za transport in distribucijo gnojevke). Za varstvo rastlin v konvencionalni in integrirani pridelavi je predvidena uporaba njivskih škropilnic za nanašanje fitofarmaceutskih sredstev. V integrirani pridelavi se uporabljajo fitofarmaceutska sredstva v manjših količinah, kar pomeni tudi manjše število prehodov traktorskih agregatov s škropilnicami. Pri ekološkem načinu pridelave pa je predvideno mehansko zatiranje plevelov s traktorskimi priključnimi stroji – česali.

Za spravilo pridelkov je predvidena uporaba univerzalnega samovoznega kombajna za žita, ki z različnimi adapterji lahko žanje pšenico, koruzo v zrnju, oljno ogrščico in sončnico. Za spravilo silaže pa so namenjeni na manjših kmetijah traktorski priključni stroji, eno ali dvo vrstni silokombajni za velike površine pa so namenjeni samovozni silokombani.

Ugotovljeno je, da poraba goriva za enake delovne operacije lahko zelo variira, ker je odvisna od pedofizikalnih lastnosti tal, načina obdelave, tehnike uporabe traktorskega agregata (traktor + priključni stroj), stanja stroja, usklajenosti moči traktorja glede velikosti priključnega stroja itn.

Tabela: Emisije v kg CO₂ ekv. za različne delovne operacije v poljedelski pridelavi (določene iz povprečne porabe goriva iz vzorčnih kmetij), emisijski faktor toplogrednih plinov TGP znaša 2,9 kg CO₂ eq./l mineralnega dizelskega goriva). Emisije kg CO₂ ekv v pridelavi se še dodatno povečajo, ker se nekatere delovne operacije v sezoni pridelave večkrat ponovijo.

Delovna operacija	Emisije TGP (kg CO ₂ ekv.)
Oranje	73,7
Obdelava tal s kultivatorjem	31,8
Obdelava tal z vrtavkasto brano	47,2
Obdelava tal z vrtavkasto brano in istočasna setev	37,4
Obdelava tal s prekopalnikom	127,7
Podrahljavanje	40,7
Setev strnjena	8,5
Setev presledna	20,3
Trošenje gnoja	45,7
Trošenje gnojevke	9,9
Trošenje mineralnih gnojil	5,3
Škropljenje	2,36

Poraba goriva pri konvencionalni in ekološki pridelavi poljščin

V osnovni obdelavi tal je predvidena obdelava tal z oranjem na delovno globino 20 do 30 cm (odvisno od stanja tal, za strniščno setev zadostuje da tla obdelamo na globino 20 – 22 cm, za jesensko oranje pa je predvidena globina do 30 cm). Za ta namen je uporabljen tribrazdni obračalni plug delovne širine 90 do 120 cm. Za dopolnilno obdelavo tal je predvidena obdelava tal na globino do 12 cm. Za brananje je predvidena krožna brana delovne širine

250 cm, ki obdeluje tla na globini do 12 cm. V predsetveni obdelavi tal je predviden predsetvenik (kultivator), delovne širine 280 cm, ki obdeluje tla na globini 5 do 10 cm.

Za gnojenje je v primeru konvencionalne pridelave predvideno gnojenje s centrifugalnim enoploščnim trosilnikom mineralnih gnojil delovne širine do 12 m. V primeru ekološke pridelave pa je predvideno gnojenje s trosilnikom hlevskega gnoja, ki ima nosilnost 4500 kg in nakladalno prostornino 5 m³. V eni uri lahko opravi do 3 trosenja hlevskega gnoja. Namesto hlevskega gnoja se lahko uporabi tudi gnojevka. V tem primeru se uporablja cisterna za gnojevko prostornine 5 m³. V eni uri se lahko pripeljejo 3 cisterne za gnojevko na parcelo in opravi raztros gnojevke. Kakšno organsko gnojilo bo uporabljeno je odvisno od tega kaj ima kmetija na razpolago. Za mehansko zatiranje plevelov je predvidena uporaba traktorskega priključka - česala

Pri konvencionalni, integrirani in ekološki pridelavi se uporabljajo večinoma enaki delovni postopki, razlika je da se pri konvencionalni pridelavi uporablja gnojenje z mineralnimi gnojili. V primeru integrirane pridelave je predvidena uporaba mineralnega in hlevskega gnoja ter gnojevke. Za primer ekološke pridelave pa je predvideno da se uporablja hlevski gnoj. Poraba goriva je pri ekološki pridelavi nekoliko višja, ker je predvidena uporaba strojev za raztros gnoja in aplikacijo gnojevke. Oba omenjena stroja sta večja porabnika energije v primerjavi s trosilnikom mineralnega gnojila.

Dosuševanje pridelkov

Poljedelske pridelke, ki so pobrani je potrebno dosušiti. Za porabo energije pri dosuševanju je predvideno sušenje pridelka na sami kmetiji oziroma v večjih sušilnicah podjetij, ki opravijo prevzem poljedelskih pridelkov (koruza v zrnju, pšenica, oljna ogrščica, sončnica). Za dosuševanje pridelka na sami kmetiji je predvidena manjša prevozna traktorska sušilnica za zrnje kapacitete 7 t, ki pri ekstrakciji približno 5 % vlage iz tone pridelka porabi 9 l/h kurilnega olja za gorilnik sušilnice. Med postopkom sušenja traktor rabi tudi energijo za pogon ventilatorja (ventilator dobiva pogon prek priključne gredi traktorja) za dobavo zraka in naprave za pretok zrnja.

Tabela: Poraba goriva (kurilno olje) za sušenje različnih količin pridelka na prevozni sušilnici

Količina pridelka	0,7 t	1,1 t	1,5 t
Poraba goriva sušilnice (l/uro)	6,3	9,9	13,5
Poraba goriva traktorja (l/uro)	2	2	2,5
Skupaj (l/uro)	8,3	11,9	16

Poleg dosuševanja na kmetiji v manjših prevoznih sušilnicah smo naredili tudi analizo dosuševanja poljedelskih pridelkov v velikih stacionarnih sušilnicah, ki so locirane v podjetjih, ki se ukvarjajo z odkupom in dodelavo poljedelskih pridelkov. Poljedelske pridelke v tem primeru skladiščijo skozi daljše časovno obdobje za prodajo uporabnikom ali za nadaljo predelavo v različne končne produkte (mlinsko predelovalna industrija).

Tabela: Emisije v kg CO₂ ekv. za manjše prevozne sušilnice, emisijski faktor toplogrednih plinov TGP znaša 2,65 kg CO₂ eq./l kurilnega olja

Količina pridelka	0,7 t	1,1 t	1,5 t
Emisije TGP (kg CO ₂ ekv)	21,9	31,5	42,4

Poraba energije v sadjarstvu in vinogradništvu

Opravljen je analiza energetske porabe pri pridelavi v sadjarstvu (jabolka, hruška, breskev, marelica, oljka za konzumno uporabo in predelavo) in vinogradništvu (grozdje za vino). Za določanje porabe energije v pridelavi sadja in grozdja v sadjarsko vinogradniški pridelavi se izhaja iz že vzpostavljenih sadovnjakov in vinogradov v polni rodni dobi. Pri energetski analizi so razčlenjeni vnosi energije (direktna energija), ki je kompletno porabljena v obdobju pridelave sadjarsko vinogradniških pridelkov. Vnosi energije skozi daljše časovno obdobje oziroma indirektna energija (za izdelavo traktorjev, priključnih strojev, opreme itn., ter energija za proizvodnjo mineralnih gnojil in zaščitnih sredstev) pa ni upoštevana. Poraba energije v mehanizirani sadjarsko vinogradniški pridelavi je definirana, kot energija iz mineralnega dizelskega goriva, ki se uporabi pri izvajanju različnih mehaniziranih delovnih operacij. Celotna energija, ki se porabi za pridelavo sadja in grozdja na površini enega hektarja, je ugotovljena s seštevanjem energetske porabe vsakega posameznega energetskega vnosa.

$$E_p = E_{ot} + E_g + E_n + E_v + E_p + E_t$$

E_p = Celotna energija porabljena v pridelavi grozdja (MJ)

E_{ot} = energija za osnovno in dopolnilno obdelavo tal

E_g = energija za gnojenje

E_n = energija za nego

E_v = energija za varstvo

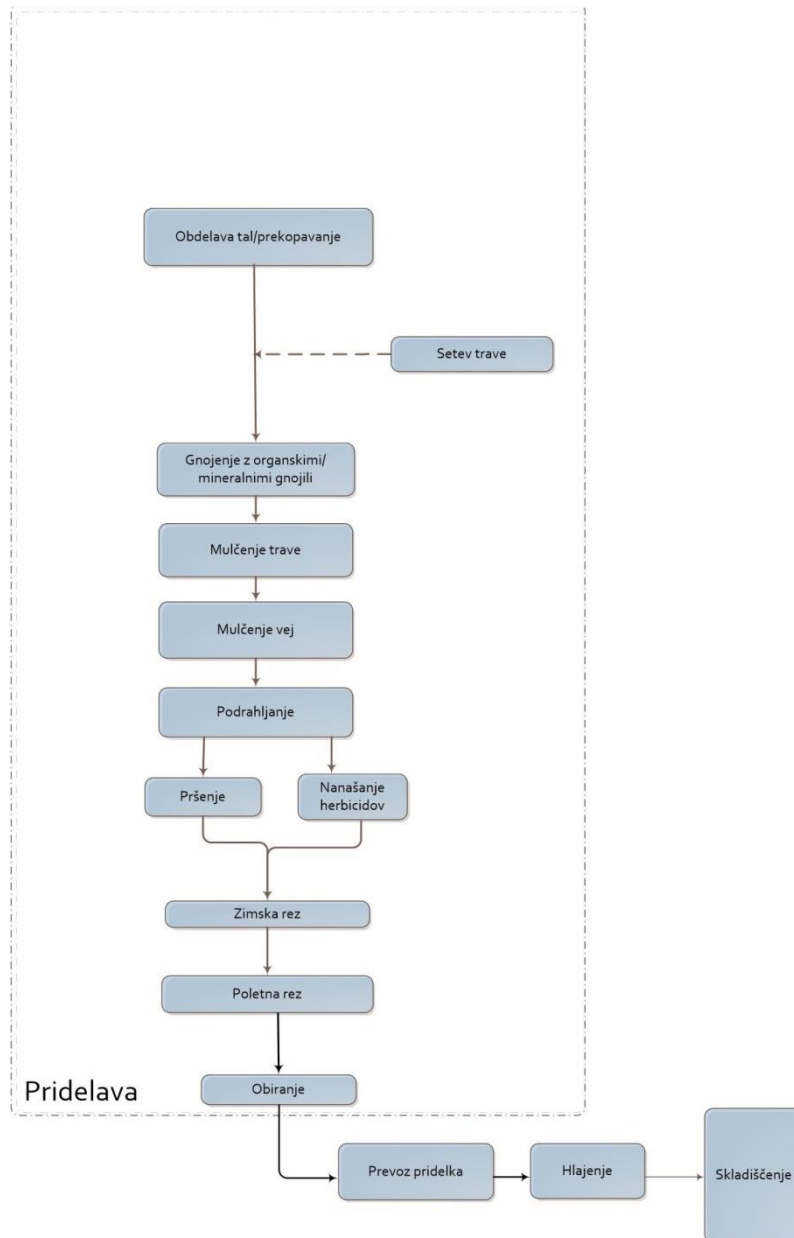
E_p = energija za pobiranje pridelka (strojno)

E_t = energija za interni transport pridelka

Vsi načini pridelave imajo določene delovne operacije, ki so podobne ali enake, kot so npr. gnojenje tal, nega trajnih nasadov, varstvo rastlin in pobiranje pridelka ter interni transport. Pri vseh omenjenih delovnih operacijah se uporablja energija iz mineralnega dizelskega goriva (pogon traktorjev z agregatiranimi priključnimi stroji oziroma dodatno v primeru strojne trgatve grozdja s samovoznimi stroji – kombajni za grozdje). Pri ostalih delovnih operacijah pa so večje razlike med načini pridelave. Npr. osnovna obdelava tal se opravi pri formiranju trajnega nasada, dopolnilna obdelava tal (predvidena v konvencionalni pridelavi) pa v že formiranem trajnem nasadu. V konvencionalni sadjarsko vinogradniški pridelavi se poleg varstva nasada s fitofarmaceutskimi sredstvi, uporablja še fitofarmaceutska sredstva oziroma herbicide za zatiranje plevelov in trave v vrstah v nasadih. V integrirani pridelavi se uporabljajo za varstvo nasadov samo določena fitofarmaceutska sredstva, za zatiranje plevelov v vrsti pa se uporabljajo mehanske metode zatiranja plevelov oziroma mulčenje. Pri ekološki pridelavi se uporabljajo samo fitofarmaceutska sredstva, ki so dovoljena v tovrstni pridelavi, za vzdrževanje prostora v vrsti pa samo mehanske metode za zatiranje plevelov ali mulčenje.

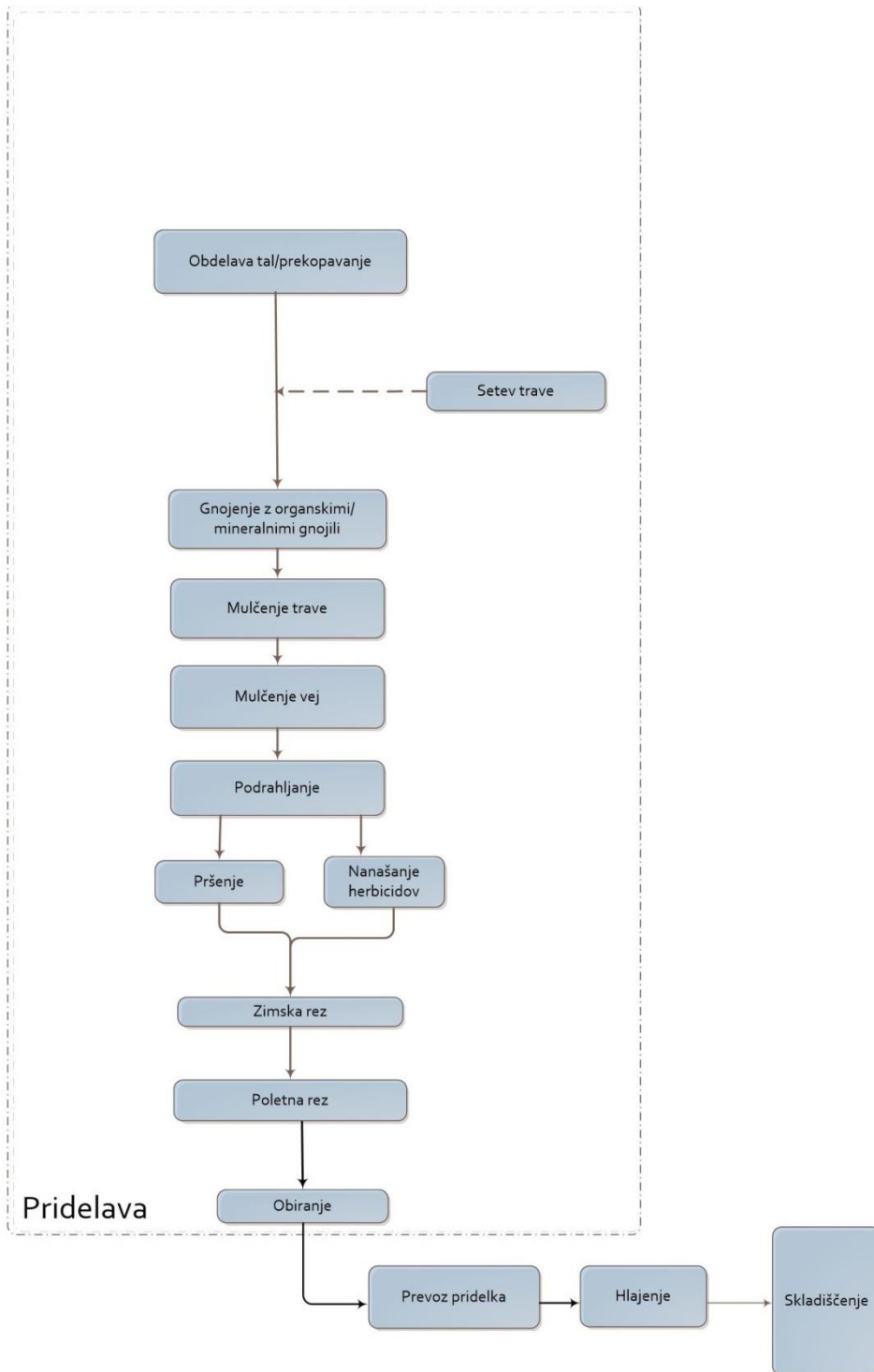
V primeru dopolnilne obdelave tal (konvencionalna pridelava) je predvidena medvrstna obdelava tal z brananjem s krožno brano, oziroma možnost uporabe rotacijskih strojev za obdelavo tal (strojev, ki so gnani prek priključne gredi traktorja) in to vrtavkaste brane ali prekopalnika - freze. Pri rotacijskih strojih gnanih prek priključne gredi zadostuje za dopolnilno obdelavo tal en prehod prek obdelovalne površine za razliko od vlečenih izvedb

traktorskih priključnih strojev npr. krožne brane, kjer sta potrebna dva ali celo trije prehodi. Pri izdelavi modelov porabe energije v sadjarstvu vinogradništvu je glede fitofarmaceutskih sredstev predpostavljeno minimalno število nanašanja omenjenih sredstev - bakrovi in nekateri drugi dovoljeni preparati. Za varstvo rastlin v konvencionalni in integrirani pridelavi je predvidena uporaba sadjarsko vinogradniških pršilnikov (z aksialno ali radialno izvedbo puhalnikov) za nanašanje fitofarmaceutskih sredstev. V integrirani pridelavi se uporabljajo fitofarmaceutska sredstva v manjših količinah, kar pomeni tudi manjše število prehodov traktorskih agregatov s pršilniki. Za nego je predvideno medvrstno vzdrževanje zatravljenih površin z mulčerji (kladivarji ali elisni), ki so namenjeni za mulčenje trave ter pri zimskem ali spomladanskem obrezovanju drobljenju ostankov obrezovanja. Pri ekološkem načinu pridelave je predvideno mehansko zatiranje plevelov v vrstah trajnih nasadov s traktorskimi priključnimi stroji. Spravilo pridelka je ročno v sadovnjakih (ročna trgatev), od mehaniziranih postopkov pa se lahko uporabijo samovozne ali vlečene platforme za lažje obiranje sadja. V primeru vinogradniške pridelave prevladuje ročno spravilo grozdja v manjših vinogradih, enako je v večjih vinogradih za kakovostna in vrhunska vina. Strojno spravilo s samovoznimi stroji za spravilo pridelka - kombajni za grozdje se lahko uporablja v večjih in velikih vinogradih, ki pridelujejo grozdje za namizna vina. Za interni transport so predvidene posebne izvedbe prikolic za boks palete in standardne traktorske prikolice.



Slika : Delovni procesi v sadjarstvu, kjer nastaja poraba energije mineralnega dizelskega goriva (pridelava in transport) in v predelavi električne energije (hlajenje in skladiščenje)

Poraba energije je ugotavljana pri opravljanju delovnih operacij s traktorskimi priključnimi stroji (agregat traktor + priključni stroj), ki so namenjeni za osnovno in dopolnilno obdelavo tal, gnojenje, nego, varstvo itn. Merjena je porabljen količina mineralnega dizelskega goriva, ki se porabi pri delu traktorjev z različnimi priključnimi stroji oziroma delu samovoznih strojev (npr. kombajni za pobiranje grozdja). Poleg tega je zajeta poraba energije za interni transport pridelkov na sami kmetiji - transport s traktorji.



Slika: Delovni procesi v vinogradništvu, kjer nastaja poraba energije mineralnega dizelskega goriva (pridelava in transport) in v predelavi električne energije (hlajenje in skladiščenje)



Slika: Interni traktorski transport pridelka grozdja pri ročnem obiranju

Tabela 1: Povprečna poraba goriva za različne delovne operacije v trajnih nasadih v sadjarsko vinogradniški pridelavi (primer porabe goriva iz vzorčnih kmetij)

Delovna operacija	Povprečna poraba goriva (l/ha)
Osnovna obdelava tal (rigolanje)	33
Osnovna obdelava tal (oranje)	22
Dopolnilna obdelava tal (vrtavkasta brana)	16
Dopolnilna obdelava tal (prekopalnik)	14,2
Mehansko zatiranje plevela v vrsti	5,2
Podrahljavanje	22
Trošenje gnoja	15,5
Trošenje mineralnih gnojil	1,6
Mehanizirano obrezovanje	7,6
Mulčenje	13,2
Škropljenje (pršilnik)	5,5
Transport pridelka s prikolico	6,7
Pobiranje grozdja s kombajnom (samo za namizna vina)	22

Celotna poraba direktne energije (tabela 1) iz mineralnega dizelskega goriva (brez rigolanja, oranja, uporabe vrtavkaste brane in strojnega pobiranja grozdja - samo za namizno vino) ter s povprečno desetkratnim škropljenjem, petkratnim mulčenjem in trikratnim mehanskim zatiranjem plevela v vrsti (število omenjenih delovnih operacij je odvisno od sezone pridelave) znaša 7668,7 MJ/ha, oziroma v primeru da se prišteje še strojno pobiranje s kombajnom za grozdje (samo za namizna vina), poraba energije znaša 8444,75 MJ/ha. V primeru ko se prišteje še rigolanje oziroma oranje (omenjene delovne operacije se opravijo pred vzpostavitvijo vinograda), pa poraba energije iz mineralnega dizelskega goriva (brez strojnega pobiranja s kombajnom za grozdje) znaša 9608 MJ/ha.

Poraba energije oziroma mineralnega dizelskega goriva je tudi povezana z načinom gnojenja. Za gnojenje je predvidena uporaba mineralnega gnojila pri konvencionalni pridelavi, v integrirani je predvidena uporaba mineralnega gnojila in organskega gnoja (v razmerju 80 % mineralno in 20 % organsko gnojilo). Pri ekološki pridelavi pa je predvidena uporaba organskega gnoja (hlevski gnoj). Poraba gnojil je opredeljena na osnovi tehnoloških normativov. Količina gnojil je izražena v obliki čistih hranil (dušik, fosfor, kalij), količine gnojil pa so preračunane na količine pridelka. Za gnojenje je v primeru konvencionalne pridelave predvideno gnojenje s trosilnikom mineralnih gnojil. V primeru ekološke pridelave je predvideno gnojenje s trosilnikom hlevskega gnoja, v integrirani pa uporaba trosilnika mineralnega gnoja in trosilnika hlevskega gnoja.

Določene so tudi porabe energije na enoto pridelka za posamezne delovne operacije. Poraba energije se razlikuje, ker se pri različnih načinih pridelave ne uporabljajo enake delovne operacije poleg tega so pridelki pri ekološkem načinu pridelave nižji v primerjavi s konvencionalno in integrirano pridelavo.

Pri ugotavljanju porabe energije v mehanizirani sadjarsko vinogradniški pridelavi je ugotovljeno, da poraba goriva za enake delovne operacije lahko zelo variira, ker je odvisna od pedofizikalnih lastnosti tal, načina obdelave, tehnike uporabe traktorskega agregata (traktor + priključni stroj), stanja stroja, usklajenosti moči traktorja glede velikosti priključnega stroja, števila prehodov traktorskih agregatov za posamezno delovno operacijo itn. Modelni izračuni so narejeni na osnovi povprečnih porab goriva za posamezne delovne operacije.

Tabela 2: Emisije v kg CO₂ ekv. za različne delovne operacije v trajnih nasadih v sadjarsko vinogradniški pridelavi (določene iz povprečne porabe goriva iz vzorčnih kmetij), emisijski faktor toplogrednih plinov TGP znaša 2,9 kg CO₂ eq./l mineralnega dizelskega goriva. Emisije kg CO₂ ekv v pridelavi se še dodatno povečajo, ker se nekatere delovne operacije v sezoni pridelave večkrat ponovijo.

Delovna operacija	Emisije TGP (kg CO₂ ekv.)
Osnovna obdelava tal (rigolanje)	97,3
Osnovna obdelava tal (oranje)	64,9
Dopolnilna obdelava tal (vrtavkasta brana)	47,2
Dopolnilna obdelava tal (prekopalnik)	41,8
Mehansko zatiranje plevela v vrsti	15,3
Podrahljavanje	64,9
Trošenje gnoja	45,7
Trošenje mineralnih gnojil	4,7
Mehanizirano obrezovanje	22,4
Mulčenje	38,9
Škropljenje (pršilnik)	16,2
Transport pridelka s prikolico	19,7
Pobiranje grozdja s kombajnom (samo za namizna vina)	64,9

Poraba energije v pridelavi vrtnin

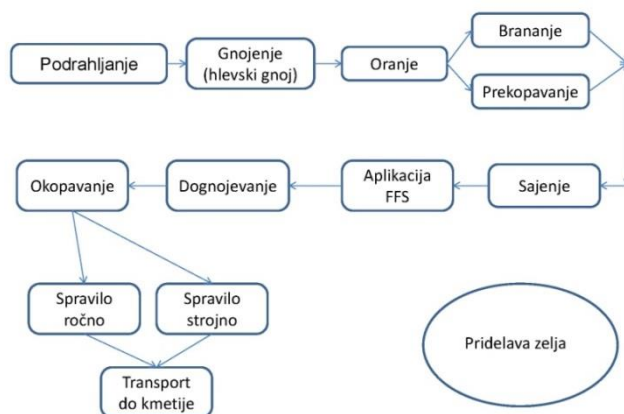
Izvedena je analiza energetske porabe pri pridelavi različnih zelenjadnic (zelje, čebula, paradižnik, paprika, kumare).

Zelje

Analiza je bila opravljena za tri vrste pridelave zelja (konvencionalna, integrirana in ekološka). Pri integrirani smo zmanjšali število nanosov FFS (škropljenje po potrebi). Pri ekološki pridelavi pa smo predpostavili, da se ne uporablja FFS in da se tudi ne dodaja mineralnih gnojil.

Zelje je načeloma dober prejšnji posevek, saj dobro prekrije tla in tako preprečuje večjo zapleveljenost, zaradi globokega korenkega sistema tudi izboljšuje strukturo tal. Po pobiranju zelja na njivi ostane veliko žetvenih ostankov, ki se v tleh spremenijo v hranila za naslednje rastline. Po potrebi oziroma na nekaj let se tla podrahljava in apni. S hlevskim gnojem gnojimo zelje pred oranjem. Po oranju se izvede dopolnilna obdelava tal s pasivnimi orodji (2 – 3 prehoda) ali z gnanimi orodji (1 prehod). Po presajanju sadik na prosto je potrebno skrbeti za varstvo pred škodljivci in boleznimi in dognojevati. Če ni zastirke, potem je potrebno skrbeti tudi za zatiranje plevelov, rahljanje zemlje, okopavanje in osipavanje rastlin. Spravilo zelja je pri nas ročno ali mehanizirano.

V blok diagramu so podane faze pridelave, ki smo jih analizirali s stališča porabe energije in gnojil za določanje končnega CO₂ odtisa pridelave zelja za vse tri načine pridelave.



Slika : Blok diagram pridelave zelja

V blok diagramu je predstavljen primer poteka procesov v pridelavi zelja. Naša predpostavka je bila, da se pri pridelavi zelja izhaja, da je sadika alocirana (kupljena drugje). Osnovna in dopolnilna obdelava tal se opravi vsako leto (cikel proizvodnje), podrahljavanje tal pa se izvaja na tri leta oziroma po potrebi. V modelu za določanje emisij CO₂ je prikazano gnojenje z organskim gnojem in mineralnim gnojilom. Dopolnilna obdelava tal se izvede z uporabo vlečenih traktorskih priključnih strojev (2 – 3 prehoda) ali z uporabo rotacijskih oziroma gnanih strojev (priključni stroji, ki so gnani od priključne gredi traktorja) za obdelavo tal (1 prehod). Temu sledi saditev sadik, nato pa po potrebi aplikacija fitofarmaceutskih sredstev (2

- 6 kratna). Predpostavljeno je, da se v konvencionalnem načinu pridelave nanaša šestkrat fitofarmaceutska sredstva. Med rastno sezono se dognojuje in običajno dva krat okopava pridelek. Spravilo pridelka je lahko ročno ali pa mehanizirano. Pobrano zelje se na kmetijo transportira s traktorsko prikolico (box paleta).



Slika: Mehanizirano spravilo zelja

Mehanizirano spravilo zelja se opravi s traktorskim priključkom za spravilo zelja. Z omenjenimi traktorskimi priključki razpolagajo v Sloveniji le največji pridelovalci zelja (obstaja ocena, da je trenutno osem tovrstnih strojev v Sloveniji). Večinoma spravilo zelja poteka na ročni način.

Ugotovili smo, da ni bistvene razlike pri porabi energije za en hektar obdelanih tal pri konvencionalni, integrirani in ekološki pridelavi zelja. Poraba energije se zmanjša pri nanašanju FFS pri integrirani in ekološki pridelavi zaradi manjšega števila nanašanja FFS. Pri ekološki in integrirani porabi pa se poveča delež porabljene energije za okopavanje pridelka (zaradi mehanskega uničevanja plevelov). Poleg tega gnojenje z organskimi gnojili zahteva večjo porabo energije v primerjavi z gnojenjem z mineralnim gnojilom. Če gledamo vso porabljeno energijo za pridelavo, ugotavljamo, da ni velike razlike med različnimi načini pridelave (konvencionalna, integrirana in ekološka pridelava). Porabljeno energijo lahko preračunamo na kilogram pridelka. Pridelek je pri konvencionalni in integrirani pridelavi zelja enak, pri ekološki pa manjši. Če porabljeno energijo prikažemo na kilogram pridelka nam ta specifična poraba energije pokaže drugačno sliko. Če nam konvencionalna pridelava zelja pomeni 100 %, potem je pri integrirani pridelavi ta parameter za 6,5 % večji, pri ekološki pa zaradi manjšega pridelka znaša 134,7 % več kot pa pri konvencionalni pridelavi.



Slika : Transport zelja iz njive

Transport zelja iz njive je običajno v boks paletah, ki so naložene na specialno prikolico večje nosilnosti.



Slika : Procesiranje zelja

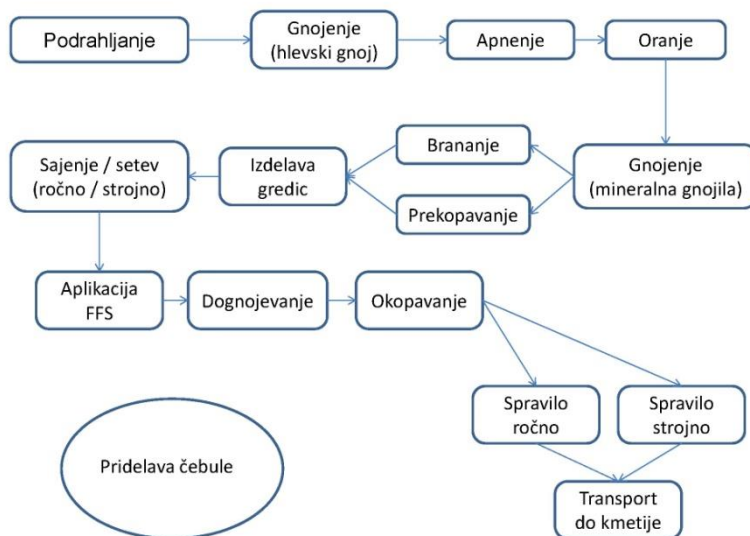
Procesiranje zelja zajema faze, ko so odstranjevanje – izdolbenje vretena, nato sledi ribanje in soljenje zelja.

Čebula

Naša predpostavka je bila, da se pri pridelavi čebule izhaja, da je sadika alocirana (kupljena drugje). Osnovna in dopolnilna obdelava tal se opravi vsako leto (cikel proizvodnje), podrahljavanje tal pa se izvaja na tri leta oziroma po potrebi. Prav tako se po potrebi izvaja apnenje tal. Dopolnilna obdelava tal se izvede z uporabo vlečenih traktorskih priključnih strojev (2 – 3 prehoda) ali z uporabo rotacijskih oziroma gnanih strojev (gnanih od priključne gredi traktorja) za obdelavo tal (1 prehod). Nato je potrebna faza izdelovanje gredic. Temu sledi saditev sadik, nato pa po potrebi aplikacija fitofarmaceutskih sredstev. Predpostavili smo, da se v konvencionalnem načinu pridelave nanaša šestkrat fitofarmaceutska sredstva. Med rastno sezono se dognojuje in okopava pridelek. Spravilo pridelka je lahko ročno ali pa mehanizirano. Ko poleže in propade 50 % listne površine je primeren čas za pričetek spravila čebule. Na manjših površinah jo po izkopu (puljenju) ob suhem vremenu lahko pustimo teden dni na njivi, da se posuši. Pri mehaniziranem spravilu jo izkopalniki izkopljejo in zlagajo v redi, po sušenju na njivah pa jo strojno poberejo, kjer se odstranjuje nadzemni del. Nekateri

kultivarji so zelo občutljivi na mehanične poškodbe ob strojnem spravilu – zlasti prezimna čebula, čebula iz čebulčka in tudi nekateri poletni kultivarji. Če jo pripeljemo v skladišče hitro po puljenju, pripeljemo z njo tudi veliko vode in je nujno dobro zračenje in sušenje, ki je običajno s toplim zrakom z relativno zračno vlago 60-70 %, da ne pride do prehitrega pokanja zunanjih luskolistov. Pri skladiščenju je poleg vzdrževanja primernih temperatur in vlage pomembno tudi zračenje, ki prepreči nastanek kondenza na čebuli in propadanja čebule zaradi npr. gnitja.

V blok diagramu so podane faze pridelave, ki smo jih analizirali s stališča porabe energije in gnojil za določanje CO₂ odtisa.



Slika : Blok diagram za pridelavo čebule

Analiza je bila opravljena za tri vrste pridelave čebule (konvencionalna, integrirana in ekološka). Pri integrirani smo zmanjšali število nanosov FFS (škropljenje po potrebi). Pri ekološki pridelavi pa smo predpostavili, da se škropiti ne sme in da se tudi ne dodaja mineralnih gnojil.

Če gledamo vso porabljeno energijo za pridelavo enega hektarja, potem lahko rečemo, da ni velike razlike med različnimi načini pridelave (konvencionalni, integrirani in ekološki pridelavi). Porabljeno energijo lahko preračunamo tudi na kilogram pridelka. Predpostavili smo, da je pridelek pri konvencionalni in integrirani pridelavi čebule enak, pri ekološki pridelavi pa manjši. Integrirana pridelava čebule ima za 10,3 % večjo specifično porabo energije na kilogram pridelka. Ekološka pridelava pa za 105,1 % več, saj smo predpostavili, da je pridelek čebule pri tej obdelavi bistveno manjši.



Slika : Spravilo čebule je lahko ročno ali mehanizirano.

Mehanizirano spravilo čebule je lahko večfazno. Na sliki je prikazana prva faza mehaniziranega spravila. Čelni priključek je poseben mulčer, ki pomulči (odstrani) nadzemne dele čebule (in morebitni plevel). Na zadnjem delu traktorja je pripet izkopalnik čebule, ki čebulo izkoplje in odloži v redi nazaj na tla.



Slika : Interni transport čebule

Na večjih pridelovalnih površinah se interni transport čebule do skladiščnega prostora in sušilnice opravlja s pomočjo traktorjev in prikolic za boks palete (Slika 36)

Paradižnik

Glede priprave tal paradižnik ni posebej zahteven, saj ga večinoma pridelujemo s predhodno vzgojo sadik, ki so v našem primeru alocirane. S hlevskim gnojem pognojene njive preorjemo ter po potrebi potrosimo material za apnenje. Spomladi njive dopolnilno obdelamo s pasivnimi stroji za obdelavo tal (2 do 3 prehodi) ali pa z gnanimi stroji za obdelavo tal (npr. prekopalnik – freza - 1 prehod). Pred presajanjem alociranih sadik je potrebno izdelati

gredice in položiti folijo (zastirko), ki prepreči rast plevelov. Omenjena folija zmanjša izhlapevanje vode iz tal, ohranja se struktura tal, črna barva folija pa omogoča da se še dodatno ogreje zgornji sloj tal, kar vse omogoči hitrejšo in boljšo rast ter razvoj plodovk in vpliva na zgodnost prvih pridelkov.

Paradižnik pridelujemo v visokih tunelih oz. neogrevanih plastenjakih ali rastlinjaki, kamor se običajno posadi visoke kultivarje paradižnika. To je osnovni pogoj za doseganje visokih pridelkov od 150 do 250 t/ha. V zaščitenem prostoru je napeljan na vrvice (običajno vzgajamo paradižnik na eno steblo). Pri nas je običajna zgodnje pomladanska pridelava v neogrevanih plastenjakih. Z rednim zračenjem vzdržujemo nižjo relativno zračno vlago in temperaturo ter tako preprečimo razvoj glivičnih bolezni. Paradižnik je potrebno dognojevati z mineralnimi gnojili, namakati, odstranjevati zalistnike (ročno), rastlinjak je tudi potrebno prezračevati. Po potrebi je potrebno izvajati tudi varstvo paradižnika s fitofarmaceutskimi sredstvi. Spravilo paradižnika je pri nas samo ročno.



Slika: Blok diagram pridelave paradižnika

Analiza porabe goriva je bila opravljena za tri vrste pridelave paradižnika (konvencionalna, integrarina in ekološka). Pri ekološki pridelavi pa smo predpostavili, da se škropiti ne sme, in da se tudi ne dodaja mineralnih gnojil.

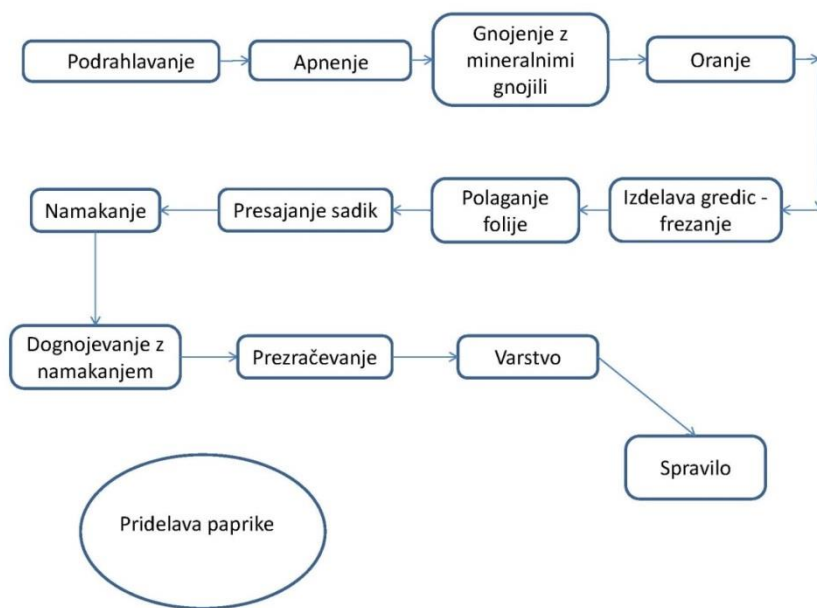


Slika: Prekopavanje tal s prekopalnikom (frezo) v rastlinjaku

Ugotovili smo, da je poraba goriva pri integrirani pridelavi zaradi gnojenja s hlevskim gnojem večja kot pri konvencionalni pridelavi. Poraba goriva je pri ekološki pridelavi manjša kot pri konvencionalni ali integrirani pridelavi, saj smo predpostavili, da ni potrebna aplikacija FFS. Porabljeno gorivo lahko preračunamo na kilogram pridelka, ki je pri konvencionalni in integrirani pridelavi enak, pri ekološki pa manjši. Poraba goriva na kilogram pridelka je pri integrirani pridelavi večja za 18,0 % v primerjavi s konvencionalno pridelavo. Pri ekološki pridelavi smo predpostavili bistveno manjši pridelek zato je poraba goriva na kilogram pridelka pri njej za 109,6 % višja v primerjavi s konvencionalno pridelavo.

Paprika

Papriko se prideluje v zaščitenih prostorih – rastlinjakih. Po potrebi oziroma na vsakih nekaj let tla se podrahlja in apni, s hlevskim gnojem pognojene njive pa preorje. Spomladi se tla dopolnilno obdelata s pasivnimi stroji za obdelavo tal (2 do 3 prehodi) ali pa z gnanimi stroji za obdelavo tal (1 prehod). Pred presajanjem alociranih sadik je potrebno izdelati gredice in položiti folijo (zastirko). Poleg tega paprika v zaščitenem prostoru potrebuje oporo. Po potrebi se jo namaka in dognojuje z namakanjem. Rastlinjak je potrebno glede na zunanje temperature tudi prezračevati. Po potrebi se izvaja tudi varstvo paprike. Spravilo paprike je ročno.



Slika: Blok diagram pridelave paprike

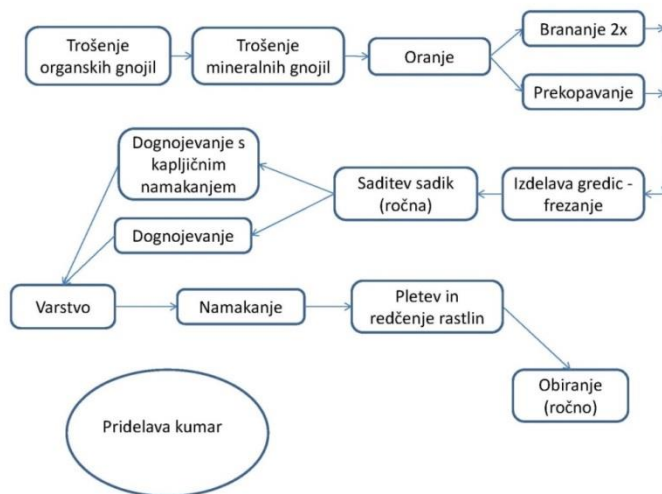
Analiza porabe goriva je bila opravljena za tri vrste pridelave paprike (konvencionalna, integrirana in ekološka). Pri ekološki pridelavi smo predpostavili, da se ne uporablja fitofarmaceutskih sredstev in da se tudi ne dodaja mineralnih gnojil. Pri konvencionalni pridelavi pa se ne uporablja organskih gnojil – hlevskega gnoja. Ugotovili smo, da je poraba goriva za hektar površine za 10,2 % večja pri integrirani pridelavi zaradi gnojenja s hlevskim gnojem kot pri konvencionalni pridelavi. Poraba goriva je pri ekološki pridelavi za 25,8 % manjša, kot pri konvencionalni pridelavi (predpostavljeno je, da ni potrebna aplikacija FFS). Poraba goriva je tudi preračuna na kilogram pridelka. Poraba goriva na kilogram pridelka je pri integrirani pridelavi večja za 10,2 % v primerjavi s konvencionalno pridelavo. Pri ekološki pridelavi smo predpostavili manjši pridelek zato je poraba goriva na kilogram pridelka višja in predstavlja 73,2 % več v primerjavi s konvencionalno pridelavo (100 %).



Slika : Formiranje gredic s polaganjem folije v rastlinjaku

Kumare

Analiza porabe goriva je bila opravljena za tri vrste pridelave kumar (konvencionalna, integrirana in ekološka). Pri ekološki pridelavi pa smo predpostavili, da se ne uporablja fitofarmaceutskih sredstev in da se tudi ne dodaja mineralnih gnojil. Pri konvencionalni pridelavi pa se ne uporablja organskih gnojil – hlevskega gnoja. Pri kumarah smo upoštevali pridelavo v neogrevanih plastenjakih s presajanjem alociranih sadik sredi aprila. Pred oranjem se po tleh potrosi hlevski gnoj in mineralna gnojila. Dopolnilna obdelava se izvede z brananjem (2 prehoda s pasivnimi stroji za obdelavo tal) ali s prekopavanjem (1 prehod z gnanimi stroji za obdelavo tal). Sledi izdelava gredic in polaganje folije ter ročna saditev sadik. Med rastno sezono se dognojuje s kapljičnim namakanjem, po potrebi izvaja varstvo rastlin in namaka. Spravilo je ročno.



Slika: Blok diagram pridelave kumar

Ugotovili smo, da je poraba goriva za 19,3 % večja pri integrirani pridelavi zaradi gnojenja s hlevskim gnojem kot pri konvencionalni pridelavi. Poraba goriva je pri ekološki pridelavi za 10,4 % manjša kot pri konvencionalni pridelavi, saj smo predpostavili, da ni potrebna aplikacija FFS. Porabljeno gorivo lahko preračunamo na kilogram pridelka, ki je pri konvencionalni in integrirani pridelavi enak, pri ekološki pa manjši. Poraba goriva na kilogram pridelka je pri integrirani pridelavi večja za 19,3 % v primerjavi s konvencionalno pridelavo. Pri ekološki pridelavi smo predpostavili manjši pridelek zato je poraba goriva na kilogram pridelka 79,2 % večja v primerjavi s konvencionalno pridelavo.

Za delovne operacije, ki se opravljajo za pridelavo različnih vrtnin smo opravili meritve porabe mineralnega dizelskega goriva in električne energije. Povprečne porabe so podane v naslednjih tabelah.

Tabela 1: Poraba goriva za izbrane delovne operacije v vrtnarstvu

Delovna operacija	Poraba goriva (l/ha)
Podrahljavanje	21
Oranje	23
Brananje	7
Prekopavanje	10
Gnojenje z organskim gnojilom	14
Gnojenje z mineralnimi gnojili	1,5
Formiranje gredic	10
Okopavanje	5
Škropljenje	2,5
Sajenje sadik	20
Polaganje folije in namakalnih cev	5,6

Celotna poraba direktne energije iz mineralnega dizelskega goriva - brez podrahljavanja (tabela 1) znaša 3478,1 MJ/ha. V primeru ko se prišteje podrahljavanje, pa poraba energije iz mineralnega dizelskega goriva znaša 4218,9 MJ/ha.

Tabela 2: Primer porabe električne energije za izbrane delovne operacije v rastlinjaku za pridelavo paradižnika.

Delovna operacija	Poraba električne energije (kWh/ha)
Prezračevanje (z dviganjem in spuščanjem stranic plastenjaka)	27,2
Namakanje – kapljično	220
Dognojevanje (preko namakanja)	20

Celotna poraba direktne električne energije za izbrane delovne operacije iz tabele 2 znaša 961,9 MJ/ha. Vidno je da je poraba energije iz mineralnega dizelskega goriva višja v primerjavi s porabo električne energije.

S seštevanjem energije iz mineralnega dizelskega goriva in električne energije dobimo celotno direktno energijo za delovne operacije v vrtnarstvu, ki brez podrahljavanja znaša 4440 MJ/ha oziroma če prištejemo podrahljavanje, znaša 5180,8 MJ/ha. Celotno porabo energije lahko izrazimo tudi na m² rastlinjaka, brez podrahljavanja znaša 0,44 MJ/m² rastlinjaka, s podrahljavanjem pa 0,52 MJ/m² rastlinjaka

Ugotovljeno je da ni bistvene razlike pri porabi energije za obdelavo tal pri konvencionalni, integrirani in ekološki pridelavi posamezne povrtnine. Poraba energije se lahko zmanjša pri nanašanju FFS pri integrirani in ekološki pridelavi zaradi manjšega števila nanašanja FFS ali pa opustitve nanašanja FFS. Pri ekološki in integrirani porabi pa se poveča delež porabljene energije za okopavanje pridelka (zaradi mehanskega uničevanja plevelov). Poleg tega gnojenje z organskimi gnojili zahteva večjo porabo energije v primerjavi z gnojenjem z mineralnim gnojilom. Če gledamo vso porabljeno energijo za pridelavo, ugotovljamo, da ni velike razlike med različnimi načini pridelave (konvencionalna, integrirana in ekološka pridelava) za posamezne povrtnine. Porabljeno energijo pa lahko preračunamo na kilogram pridelka, ki je pri konvencionalni in integrirani pridelavi enak, pri ekološki pa manjši. Ko preračunamo porabljeno energijo – gorivo na kilogram pridelka nam tu bistveno izstopa ekološka pridelava, saj je specifična poraba energije – goriva na kilogram pridelka večja od 73 do 145 % v primerjavi s konvencionalno pridelavo posamezne povrtnine. Ta specifična poraba energije se lahko popravi predvsem s povečanjem količine pridelka – optimizacijo ekološke pridelave.

Tabela 3: Emisije v kg CO₂ ekv. za različne delovne operacije v pridelavi vrtnin (določene iz povprečne porabe mimeralnega dizelskega goriva), emisijski faktor toplogrednih plinov TGP znaša 2,95 kg CO₂ eq./l mineralnega dizelskega goriva). Emisije kg CO₂ ekv v pridelavi se še dodatno povečajo, ker se nekatere delovne operacije v sezoni pridelave lahko večkrat ponovijo (škropljenje, itn.).

Delovna operacija	Emisije TGP (kg CO ₂ ekv.)
Podrahljavanje	61,9
Oranje	67,8
Brananje	20,6
Prekopavanje	29,5
Gnojenje z organskim gnojilom	41,3
Gnojenje z mineralnimi gnojili	4,4
Formiranje gredic	29,5
Okopavanje	14,7
Škropljenje	7,3
Sajenje sadik	59
Polaganje folije in namakalnih cev	16,5

Tabela 4: Emisije v kg CO₂ ekv. za različne delovne operacije v pridelavi vrtnin (določene iz povprečne porabe električne energije, primer porabe električne energije za izbrane delovne operacije v rastlinjaku za pridelavo paradižnika), emisijski faktor toplogrednih plinov TGP iz proizvodnje električne energije preračun v ekvivalent CO₂ v Sloveniji znaša 0,466 kg CO₂ eq./kWh_e (povprečje za obdobje od leta 2002 do leta 2020)

Delovna operacija	Emisije TGP (kg CO ₂ ekv.)	
Prezračevanje (z dviganjem in spuščanjem stranic plastenjaka)	12,7	27,2
Namakanje – kapljično	102,5	220
Dognojevanje (preko namakanja)	9,3	20

A2 Ugotavljanje porabe energije v živinoreji

Poraba energije pri spravilu sena (sušenje krme na tleh)

Sušenje sena na tleh poleg priprave silaže ostaja prevladujoča oblika konzerviranja krme v Sloveniji. Družinske kmetije, ki se odločijo za krmljenje živali s senom, imajo tudi nove poslovne priložnosti, ker končni proizvodi (meso in mlečni izdelki) dosegajo višje cene na trgu. Najpogostejši način priprave sena je sušenje na tleh, pokošena trava je izpostavljena soncu in vetru, vmes pa med sušenjem travo mešamo in obračamo. Seno je potrebno posušiti do stopnje, kjer v skladišču ni nevarnosti kvarjenja. Sveža travna krma, primerna za košnjo, vsebuje 80 do 85 % vode. Sušenje na tleh traja tri do štiri dni, odvisno od letnega časa - časa košnje, pridelka na hektar, botanične sestave, intenzivnosti mehanskih posegov v krmi in vremenskih pogojev. Seno, pripravljeno s sušenjem na tleh, ima določene prednosti pred travno silažo. Seno se lahko prevaža na daljše razdalje z nižjimi prevoznimi stroški (na osnovi suhe snovi) v primerjavi s silažo, poleg tega ima več možnosti trženja za različne namene uporabe. Danes večina porabljene energije v neposredni obliki v kmetijstvu izhaja iz

energije fosilnih goriv ali mineralnega dizelskega goriva za traktorje in priključene kmetijske stroje. Veliki vnosi energije pri skladiščenju sena pomeni manjšo ekonomičnost celotnega procesa skladiščenja, večje obremenitve okolja zaradi večjega ogljičnega odtisa celotnega procesa skladiščenja sena in posledično velikega ogljičnega odtisa končnega produkta - sena. Različne metode priprave sena zahtevajo tudi različne vnose energije, zato je pomembno poznati porabo energije za različne načine pripravke sena.

Metodologija

Cilj energijske analize je: zmanjšati vnos energije (ali najti druge obnovljive vire) v različnih delovnih procesih oziroma pri izvajanju delovnih operacij z uvedbo učinkovitejših delovnih metod oziroma delovnih operacij. Z uvedbo energijske analize lahko zmanjšamo proizvodne stroške in uvajamo okolju bolj prijazne proizvodne metode, kot del boljšega upravljanja celotnega sistema.

Za določitev porabe energije je bil razvit energetski model, ki pri skladiščenju sena uporablja podatke meritev porabe energije na družinskih kmetijah. Energija (direktna ali neposredna energija) je zajeta v energetsko analizo. To je energija, ki jo v obdobju pridelave sena v celoti porabimo. V analizo niso bili vključeni energijski vložki v daljšem časovnem obdobju, tj. indirektna ali posredna energija (za proizvodnjo traktorjev, priključkov, opreme, itn.). Za določitev porabe energije smo izbrali kmetije, kjer spravljajo seno s sušenjem na tleh in skladiščijo seno na kmetiji. Poraba energije je opredeljena, kot energija fosilnih goriv (mineralno dizelsko gorivo), ki se uporablja v različnih mehaniziranih delovnih operacijah. Skupna (direktna) energija, ki se porabi za spravilo sena s tehnologijo spravila sena s sušenjem na tleh na površini enega hektarja, se določi z dodajanjem posamezne porabe energije za različne delovne operacije (npr. košnja, obračanje sena, zgrabljanje sena, itn.). Skupni vložek direktne energije E_c (1) se določi iz porabljenega mineralnega dizelskega goriva, ki se uporablja za različne načine spravila sena na površini enega hektarja. Poraba energije je določena v MJ/ha in MJ/t SS (MJ/t suhe snovi). Za določitev skupne porabe energije je pri spravilu sena določena enačba (2), ki je sestavljena iz porabe energije za vsako delovno operacijo v procesu spravila sena.

$$E_c = E_k + E_o + E_z + E_p + E_t \quad (1)$$

E_c = skupna energija, porabljena za delovno operacijo spravila sena (MJ)

E_k = energija za košnjo

E_o = energija za raztresenje in obračanje sena

E_z = energija za zgrabljanje sena

E_p = energija za pobiranje sena (nakladalna prikolica ali balirka)

E_t = energija za prevoz sena (od parcele do kmetije)



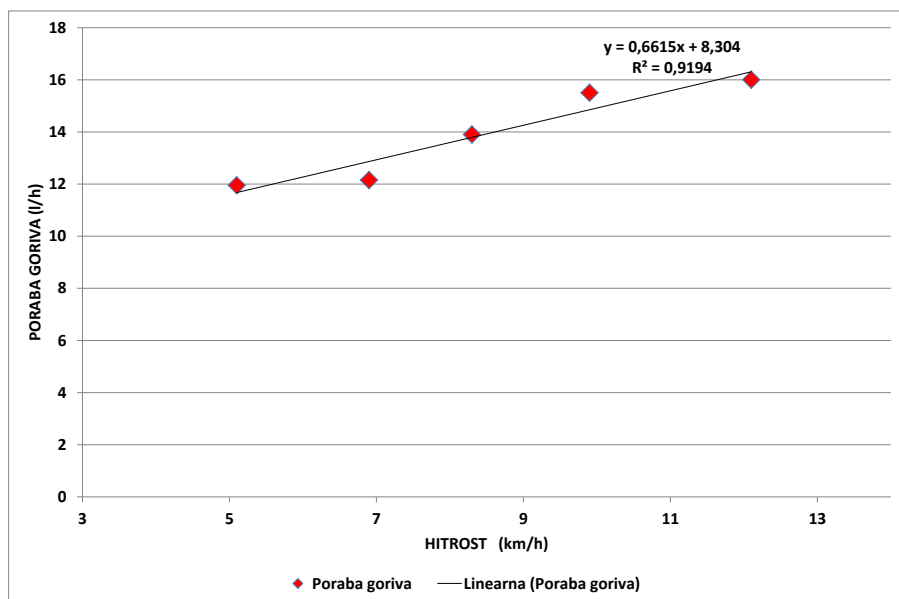
Slika . Merjenje porabe energije pri košnji z diskastima kosilnicama.

Rezultati merjenja porabe goriva pri različnih delovnih operacijah pri spravilu sena

Pri košnji je pomembna storilnost kosilnice, ki pa je odvisna od delovne širine kosilnice in vozne hitrosti. V zadnjih letih je trend naraščanja obeh dejavnikov. Masa kosilnice je v veliki meri odvisna od delovne širine kosilnice. Bobenske kosilnice so zaradi svoje konstrukcije težje od diskastih in zaradi tega ne dosegajo takih delovnih širin kot diskaste kosilnice. Diskaste kosilnice so danes prevladujoč tip rotacijskih kosilnic. Uporabljamo jih lahko tudi na gorskih traktorjih (dvoosnih kosilnikih). Priporočajo jih za intenzivne površine in sejane travnike. Tako diskaste kot bobenske kosilnice imajo veliko obodno hitrost delovnih elementov (nožev), ki je med 70 in 85 m/s. Potrebna moč za pogon diskastih kosilnic je med 6 in 7 kW na meter delovne širine. Bobenske kosilnice so robustnejše, za pogon pa potrebujejo od 7 do 10 kW moči na meter delovne širine. Se pa ne mašijo, tudi če je trava poležana. Priporočajo jih za ekstenzivne površine. Pa tudi za dnevno košnjo trave za krmljenje živali s svežo travo.

V času vedno bolj spremenljivega vremena in klimatskih sprememb je dobro, če je kosilnica opremljena z gnetilnikom. Spravilo pregnetene krme se opravi prej (čas sušenja se lahko skrajša tudi za 4 ure), manj časa je krma tudi izpostavljena morebitnim zunanjim vremenskim nepravilnostim. Gnetilniki so lahko prstni ali pa valjčni. Njihova slaba lastnost je, da se poveča teža kosilnice z gnetilnikom. Potrebna pa je tudi večja moč za pogon tako opremljene kosilnice. Ob sušenju pokošene krme na prostem do sena pa lahko nastopijo tudi dodatne izgube krme. Zato jih priporočajo predvsem za košnjo krme namenjene silaži. Prstni gnetilniki so namenjeni za gnetenje trav, valjčni pa za gnetenje metuljnic.

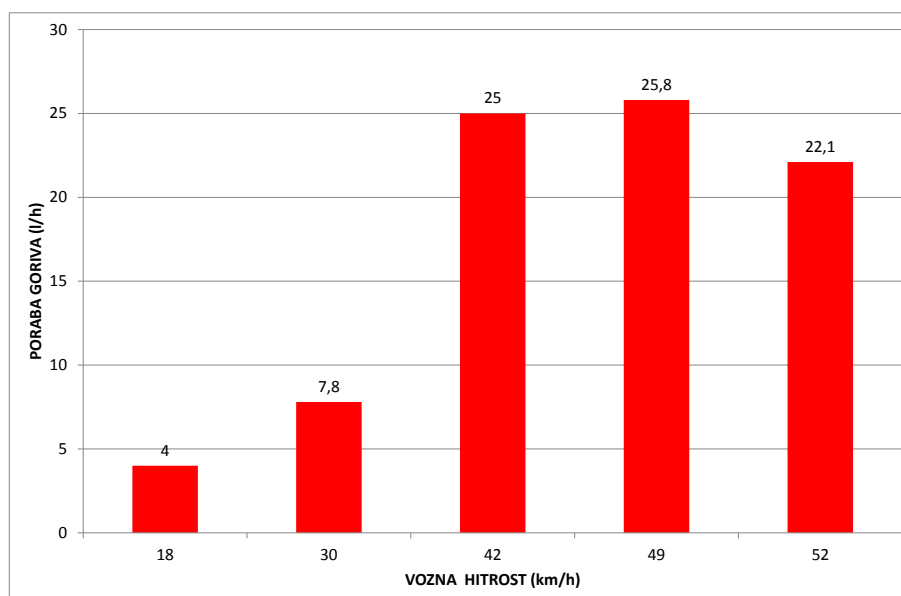
Na porabo goriva pri košnji vpliva tudi hitrost košnje. Na sliki je prikaz urne porabe goriva pri košnji trave na lokaciji Jablje z 81 kW traktorjem in s kosilnico Krone EasyCut 32 CV pri različnih delovnih hitrostih. Iz izmerjenih rezultatov porabe goriva je določena linearna regresija, ki ima korelacijski koeficient 0,91. Na podlagi velikega korelacijskega koeficienta sklepamo, da poraba goriva oziroma energije za košnjo linearno narašča z večanjem delovne (vozne) hitrosti traktorja. Ugotovljeno je, da je poraba energije pri košnji z 12 km/h za 25 % večja kot pri košnji s hitrostjo 5 km/h.



Slika : Poraba goriva v l/uro pri košnji trave (na lokaciji Kmetijski inštitut Slovenije, IC Jablje) v odvisnosti od delovne hitrosti traktorja moči 81 kW/110 KM, agregatiranim s kosilnico Krone EasyCut 32 CV, delovne hitrosti so v razponu od 5 do 12 km/h.

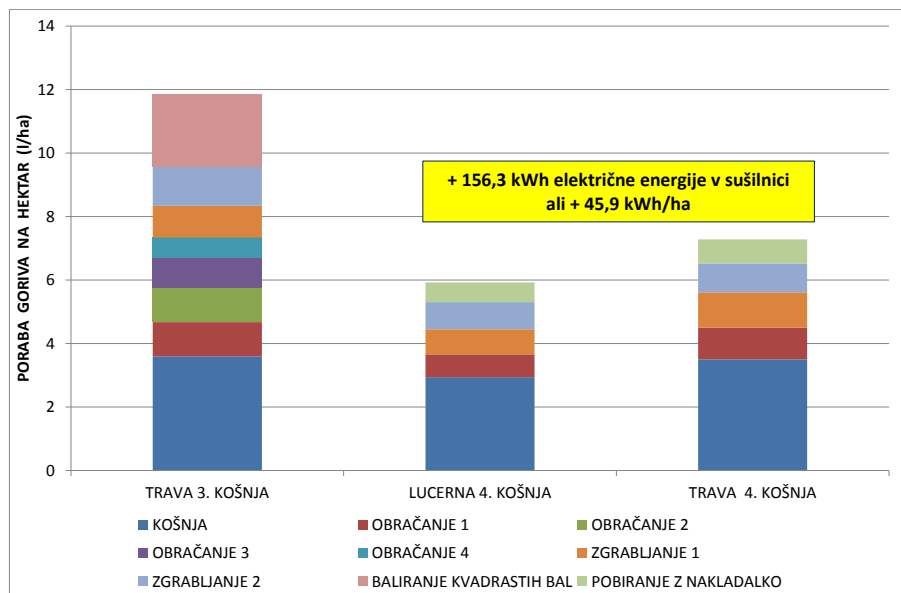
Vozna hitrost je pomemben faktor za porabo goriva tudi pri transportu. Transport se pogosto izvaja z največjo hitrostjo, ki jo zmore traktor. Priključni stroji imajo pogosto manjše dovoljene transportne hitrosti. Danes obstajajo traktorji, ki imajo ob maksimalni vozni hitrosti tudi t.i. »ekonomični način«, ki omogoča maksimalno vožno hitrost pri manjši porabi goriva. Če traktorji te možnosti nimajo, je zelo enostavna rešitev, da voznik nekoliko zmanjša vožno hitrost in s tem zmanjša porabo goriva.

Na sliki je prikaz urne porabe goriva pri transportu prazne prikolice Bergman Royal 28 S po ravni asfaltni cesti, s traktorjem moči 92 kW (125 KM) opremljenim z brezstopenjsko transmisijo.



Slika : Poraba goriva pri transportu prazne nakladalne prikolice Bergman Royal 28 S s traktorjem moči 92 kW/125 KM opremljenim z brezstopenjsko transmisijo pri različnih voznih hitrostih.

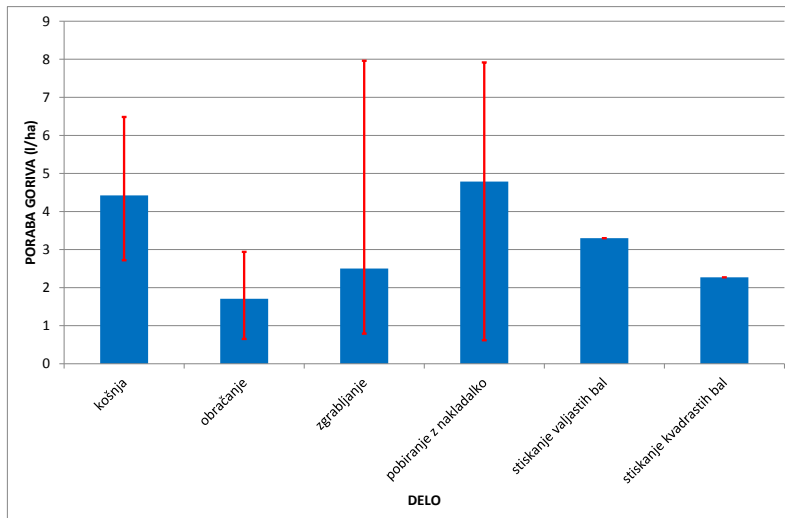
Porabo goriva pri spravilu krme lahko izrazimo tudi s porabo goriva na hektar površine (l/ha). Na grafikonu je prikazana poraba goriva pri spravilu krme tretje in četrte košnje trave ter četrte košnje lucerne. Prvi poskus smo izvedli na trajnem nižinskem travinju ob tretji košnji. Pokošeno krmo smo sušili na tleh do sušine (nad 850 g/kg sušine) primerne za skladiščenje in jo pospravili v obliki velikih kvadrastih bal. V preostalih dveh poskusih, ki smo ju izvedli ob četrti košnji v začetku avgusta, smo sušili pridelek lucerne in trajnega travinja na tleh samo en dan, nato smo ga pobrali s samonakladalno prikolico in nato še štiri dni samo čez dan sušili na sušilni napravi z zajemom toplega zraka izpod strehe do primerne sušine za skladiščenje. Poraba goriva na hektar površine je odvisna od uporabljenih strojev, števila posameznih postopkov (števila obračanj krme, števila zgrabljanj krme, izdelave nočnih zgrabkov), načina pobiranja krme (samonakladalka, stiskalnica za valjaste ali kvadraste bale) itd. Ni tudi nepomembno ali ima kmetija vso lastno mehanizacijo ali pa čaka na izvedbo storitev. Zaradi morebitnega čakanja npr. na stiskalnico za kvadraste bale, se lahko poveča število obračanj ali pa zgrabljanj, kar na koncu privede k večji porabi goriva na enoto površine.



Slika : Poraba goriva na enoto površine pri različnih načinih spravila in vrsti krme.

Na sliki prvi stolpec kaže porabo goriva na enoto površin pri popolnoma suhi krmi, drugi in tretji stolpec pa kaže porabo goriva na enoto površine za delno posušeno krmo, ki se je nato dosušila na skladiščno vlažnost na sušilnici za seno. Porabi goriva na samem travniku je tako potrebno prišteti še električno energijo porabljeno za pogon ventilatorja pri sušilnici. V grafikonu je poraba goriva prikazana brez transporta strojev do parcel. Podatki so podani za učinkovito delo na samih parcelah. Uporabljeni traktor je imel management motorja in transmisije, ki omogoča optimizacijo porabe goriva, tudi nastavljeni režim delovanja uporabljenih priključkov je bil takšen, da se je poraba goriva optimizirala in da je bilo čim manj negativnih vplivov na krmo (drobljenje krme). Izmerjena poraba goriva na enoto površine je v tem primeru manjša od povprečnih vrednosti izmerjenih na kmetijah vključenih v meritve porabe goriva. Končni rezultati meritev porabe goriva na enoto površine iz kmetij vključenih v našo analizo so prikazani za posamezne delovne postopke. Stolpci predstavljajo povprečja za posamezen delovni postopek, ročaji pa minimalne in maksimalne vrednosti. Ta odstopanja od povprečja so lahko precejšnja in odvisna od različnih dejavnikov na primer

tudi od nagiba površine, vrste traktorja, delovnega režima traktorja in priključka itd.



Slika : Poraba goriva na enoto površine za različne delovne postopke pri spravilu krme.

Poraba goriva, izražena v litrih na hektar (l/ha), je uporabljena za določanje porabe energije za košnjo, raztros in obračanje, zgrabljanje, pobiranje sena in stiskanje z s stiskalnicami za valjaste bale, ter pobiranje sena z nakladalno prikolico. Podatki o porabi goriva za različne delovne operacije se pretvorijo v porabljeno energijo za vsako delovno operacijo, izraženo v MJ/ura ali MJ/ha. Seštevek porabe energije za vse delovne operacije nam da informacije o končni porabi energije za spravilo sena s sušenjem na tleh na dva različna načina (z uporabo nakladalnih prikolic ali stiskanje – baliranje sena s stiskalnicami za valjaste bale v končni produkt - valjaste bale). Poraba energije je izražena tudi v MJ energije / količine suhe snovi (MJ/t SS) iz pridelka sena na površini enega hektarja (končna vsebnost suhe snovi v senu je 85 %). Izračuni modelov temeljijo na povprečni porabi goriva za vsako delovno operacijo. Rezultati meritev porabe energije za spravilo sena s kmetij, kjer so bile opravljene meritve in podatkih iz drugih dostopnih baz so podani v preglednicah 22, 23 in 24. V tekstu so predstavljene povprečne porabe energije, s katerimi lahko najboljše predstavljamo porabo energije za različne delovne operacije pri spravilu sena na različnih lokacijah.

Poraba energije je določena z izvajanjem delovnih operacij z različnimi traktorji z močjo od 60 do 90 kW in priključnimi stroji (vse stroje poganja priključna gred traktorja), ki so namenjeni košnji, raztrosu in obračanju, zgrabljanju, pobiranju sena in stiskanju valjaste bale, pobiranju sena z nakladalno prikolico, itn. Izmerjena je bila količina mineralnega dizelskega goriva, porabljenega za izvajanje teh operacij. Poleg tega je upoštevana poraba energije za transport (prevoz sena ali valjastih bal) od lokacije spravila sena do kmetij, kjer se skladišči seno ali valjaste bale. Nekatere delovne operacije se izvajajo samo enkrat, na primer košnja, delovne operacije, kot so obračanje in zgrabljanje pa večkrat. Skupna poraba energije upošteva število vseh delovnih operacij za spravilo sena na enem hektarju travnika. Za merjenje porabe energije za raztros, obračanje in zgrabljanje sena so bili uporabljeni stroji, ki lahko opravijo dve delovni operaciji, npr. raztros in obračanje sena ter zgrabljanje sena (v zgrabkih, ki ostanejo po noči ali za pripravo končnih zgrabkov za pobiranje sena s samonakladalno prikolico oziroma s stiskalnico za valjaste bale). Za spravilo na tleh posušenega sena se uporablja nakladalna prikolica (povprečna prostornina 22 m³, prikolica pobira seno in transportira ga na mesto skladiščenja), scenarij 1.

Tabela : Povprečna poraba energije za spravilo sena na površini enega hektarja (MJ/ha), scenarij 1, pobiranje in transport sena z nakladalno prikolico

Delovna operacija	Povprečna poraba energije
-------------------	---------------------------

	(MJ/ha)
Košnja (rotacijska – disk kosilnica)	182
Obračanje in raztros (rotacijski obračalnik – trosilnik)	453
Zgrabljanje v zgrabke (rotacijski zgrabljajnik)	567
Pobiranje in transport sena z nakladalno prikolico	202
Skupaj	1404

Vscenariju 2 se uporablja stiskalnica za valjaste bale s tlačno komoro konstantnega premera (premer valjastih bal 1,35 m), ki omogoča zmanjševanje volumna sena, ki se pobira ter njegovo večjo gostoto, s to delovno operacijo se zmanjšuje število transportov in velikost prostora, ki je potreben za skladiščenje sena.

Tabela : Povprečna poraba energije za spravilo sena na površini enega hektarja (MJ/ha), scenarij 2, pobiranje in stiskanje sena s stiskalnico za valjaste bale

Delovna operacija	Povprečna poraba energije (MJ/ha)
Košnja (rotacijska – disk kosilnica)	182
Obračanje in raztresanje (rotacijski obračalnik – trosilnik)	454
Zgrabljanje v zgrabke (rotacijski zgrabljajnik)	567
Pobiranje in stiskanje sena (stiskalnica za bale)	360
Skupaj	1563

Skupna povprečna poraba energije pri spravilu sena s sušenjem na tleh pri različnih delovnih operacijah od košnje do pobiranja sena z nakladalno prikolico za nakladanje in prevoz sena, znaša 179,4 MJ/t SS (MJ/t suhe snovi). V primeru, ko se seno pobira in stisne v valjaste bale s stiskalnico za valjaste bale, poraba energije znaša 248 MJ/t SS. Povprečna poraba celotne energije (od košnje do pobiranja in stiskanja sena v valjaste bale) na hektar površine (MJ/ha), pri spravilu sena s pobiranjem in stiskanjem sena v valjaste bale je višja za 27,6 % od povprečne porabe celotne energije (MJ/ha) pri spravilu sena z nakladalno prikolico (porabljena energija od košnje do pobiranja sena z nakladalno prikolico). V našem primeru so pobiranje sena in njegovo stiskanje v valjaste bale ter transport valjastih bal, največji porabniki energije v primerjavi z drugimi delovnimi operacijami pri spravilu sena. Pri drugih delovnih operacijah je prikazana tudi kumulativna poraba energije, ker se nekatere delovne operacije večkrat ponovijo v procesu spravila sena s sušenjem na tleh. Na primer trikratno raztresanje in obračanje sena, trikratno zgrabljanje v zgrabke (dvakrat za nočne zgrabke in enkrat za končne zgrabke za pobiranje sena z nakladalno prikolico ali stiskalnico za valjaste bale). Pri prevozu sena je povprečna urna poraba energije (MJ/ura) za prevoz valjastih bal, pri spravilu sena s pobiranjem in stiskanjem sena v valjaste bal, višja za 24,1 % od urne porabe energije za prevoz sena z nakladalno prikolico.

Tabela : Povprečna urna poraba energije (MJ/ura) za nakladanje, transport in manipulacijo z valjastimi balami ter transport sena z nakladalno prikolico za seno in transport sena iz nakladalne prikolice z električnim puhalnikom za seno v skladišče sena.

Delovna operacija	Povprečna poraba energije (MJ/ha)
Nakladanje in transport valjastih bal (traktor s prednjim nakladalnikom in prikolico za valjaste bale)	401
Manipulacija z valjastimi balami (traktor s prednjim nakladalnikom na skladiščnem prostoru)	91

Transport sena z nakladalno prikolicico za seno	304
Razkladanje sena iz nakladalne prikolice in transport sena v prostor za skladiščenje sena (nakladalna prikolica in električni puhalnik za seno)	85

Po transportu valjastih bal s prikolicico za valjaste bale, sledi še manipulacija z valjastimi balami z raztovarjanjem bale iz prikolice za valjaste bale in spravilo valjastih bal v prostor za shranjevanje bal. Ta delovna operacija se izvaja s pomočjo traktorja s prednjim nakladalnikom za valjaste bale. V uporabi so tudi posebne izvedbe traktorjev - teleskopski nakladalniki, ki se uporabljajo za manipulacijo z valjastimi balami, (a ker so stroji razmeroma dragi se manj uporabljajo na kmetijah). V primeru, da se seno transportira s samonakladalno prikolicico, se opravi razkladanje prikolice na kmetiji (transportni trak sprazni seno s prikolice). Seno s puhalnikom na električni pogon se potem transportira v skladišče sena. Povprečna poraba energije za manipulacijo z balami je za 6,5 % višja v primerjavi z delovnim procesom razkladanja nakladalne prikolice in transporta sena s puhalnikom v skladišče za seno.

Podatki o izmerjeni porabi energije za spravilo sena s sušenjem na tleh na dva načina (scenarij 1 in scenarij 2), nam omogočajo določiti skupno energijo (direktno ali neposredno energijo), potrebno za spravilo sena od košnje do transporta sena na skladiščni prostor. Na podlagi izmerjenih podatkov je mogoče ukrepati v smeri zmanjševanja porabe energije in s tem vplivati na ekonomičnost proizvodnje ter posledično na manjši ogljični odtis procesa in končnega pridelka - sena. Rezultati meritev so pokazali, da je poraba energije za spravilo sena s sušenjem na tleh, kjer se opravljajo delovne operacije pobiranja in stiskanja sena v valjaste bale in njihov transport s prikolicico za bale, večja od spravila sena s sušenjem na tleh, kjer se za pobiranje in transport sena uporablja nakladalna prikolica. Skupna povprečna poraba energije pri spravilu sena s sušenjem na tleh pri delovnih operacijah od košnje do pobiranja sena z nakladalno prikolicico za pobiranje in prevoz sena je 179,4 MJ/t sušine. V primeru, ko se seno pobere in stisne v valjaste bale s stiskalnico za valjaste bale, poraba energije znaša 248 MJ/t sušine. Povprečna poraba celotne energije (od košnje do pobiranja sena in stiskanja sena v valjaste bale) na hektar površine (MJ/ha) pri spravilu sena s pobiranjem in stiskanjem sena v valjaste bale, je višja za 27,6 % od povprečne porabe celotne energije (MJ/ha) pri spravilu sena, kadar spravilo sena poteka z nakladalno prikolicico (porabljena energija od košnje do nakladanja sena z nakladalno prikolicico). Pri transportu sena je povprečna urna poraba energije (MJ/ura) za prevoz valjastih bal pri spravilu sena s pobiranjem in stiskanjem sena v valjaste bale, večja za 24,1 % v primerjavi z urno porabo energije za prevoz sena z nakladalno prikolicico. Povprečna poraba energije za manipulacijo z balami je za 6,5 % višja v primerjavi z delovnim procesom praznjenja nakladalne prikolice in nakladanja sena s puhalnikom v skladišče za seno.

Ugotavljanje porabe energije pri spravilu sena je potekalo na osnovi modelnih izračunov s podatki iz domačih in tujih znanstveno strokovnih baz podatkov ter z merjenjem porabe energije na vzorčnih kmetijah. Pri mehaniziranih opravilih smo ugotavljali porabo energije pri različnih delovnih operacijah z različnimi traktorskimi agregati (traktorji + priključni stroji za spravilo sena, različne izvedbe kosilnic, obračalniki in zgrabjalniki, balirke za valjaste in pravokotne bale, samonakladalne prikolice itn.). Poleg tega je zajeta tudi poraba energije za transport ter manipulacijo s senom pri spravilu v objekte.

A2 in A3 Poraba energije v govedoreji

Poraba energije za rejo krav molznic

Tehnologije, ki se uporabljajo na mlečnih farmah se razlikujejo glede načina reje (vezana, prosta, globoki nastilj), velikosti črede in glede tega ali se mleko proizvaja na konvencionalen ali ekološki način. V sklopu reje je poraba energije izražena tudi na enoto končnega produkta (v primeru krav molznic je končni produkt mleko oziroma energija, ki se porabi za pridelavo do momenta samega izstopa izdelka produkta - mleka iz kmetije

V direktni porabi energije za rejo krav molznic je všteta energija iz mineralnega dizelskega goriva in električna energija. Mineralno dizelsko gorivo se uporablja za pogon krmilno mešalnih prikolic, frez za odvzem silaže, itn. Električna energija se uporablja za odstranjevanje gnoja iz hleva, molžo, hlajenje mleka, ogrevanje sanitarne vode, prezračevanje in razsvetljavo.

Krma v obliki koncentratov, konzervirane krme oziroma sena je prevladujoča pri porabi indirektnih energij. Glavni vložki energije potrebni za proizvodnjo krme za živali, vključujejo gorivo, gnojila, kmetijske stroje, namakanje in fitofarmacevtska sredstva. Vložek energije se razlikuje glede na določeno krmo, ki se prideluje in krmi živini.

Pregled stanja na področju porabe energije v pridelavi mleka

V proizvodnji mleka v EU 27 (Bas P. in sodelavci) ugotavljajo da se poraba direktne energije giblje od 0,54 do 1,76 MJ/kg mleka, poraba indirektnih energij (krma) pa od 1,11 do 5,3 MJ/kg mleka. Poleg tega (Bas P. in sodelavci) ugotavlja da so največji porabniki električne energije molža, hlajenje in gretje sanitarne vode, poraba za druge namene (razsvetljava, črpanje vode) pa predstavlja manjši delež.

Pri porabi direktne energije v konvencionalni pridelavi mleka (Shine P. in sodelavci), ugotavljajo da znaša povprečna poraba električne energije v EU in ZDA, 48,9 Wh/kg mleka oziroma 57,92 Wh/kg mleka. Strojna molža je po njegovih ugotovitvah največji porabnik električne energije, sledita pa poraba električne energije za hlajenje mleka in segrevanje sanitarne vode. Poraba indirektnih energij v konvencionalni pridelavi mleka je razčlenjena na energijo za proizvodnjo krme in gnojil ter energijo, ki je vnesena v objekte in stroje na mlečnih farmah. (Shine p. in sodelavci) je podal vrednosti za indirektno in direktno energijo, ki je vsebovana v kilogramu mleka, podano v MJ/kg. Povprečna vrednost indirektnih energij v konvencionalni pridelavi za EU in ZDA za gnojila znaša 0,59 MJ/kg mleka oziroma 0,85 MJ/kg mleka, ter za krmo 0,96 MJ/kg mleka oziroma 2,85 MJ/kg mleka. Povprečna vrednost indirektnih energij v ekološki pridelavi za EU za krmo znaša 0,85 MJ/kg mleka, za ZDA pa oziroma 1,22 MJ/kg mleka. Za mlečne farme, kjer se uporablja robot molža, poraba energije se poviša v primerjavi s konvencionalno strojno molžnjo ali molžnjo z najbolj enostavnimi molznimi stroji na kmetijah z manjšim številom GVŽ. Povprečna vrednost indirektnih energij v konvencionalni pridelavi mleka za objekte v EU znaša 0,21 MJ/kg mleka za kmetijske stroje in procesno opremo, v EU in ZDA pa 0,65 MJ/kg mleka. Povprečna vrednost indirektnih energij v ekološki pridelavi mleka za kmetijske stroje in procesno opremo v EU in ZDA pa 0,5 MJ/kg mleka.

(Sonneson in sodelav.) so na opravili meritve porabe energije na štirih mlečnih farmah. Ugotavljajo da so velike razlike med farmami zaradi razlik v objektih, načinu krmljenja, prezračevanju, sistemov za molžo, itn. Večina porabljene energije na mlečnih farmah je v obliki električne energije in se giblje od cca 900 – 1100 kWh/kravo/leto. Raziskave, ki so bile opravljene (Cederber in sodelav.) so pokazale višje vrednosti, oziroma da povprečna poraba energije pri konvencionalni pridelavi mleka znaša cca 2200 kWh/kravo/leto, v ekološki pridelavi pa cca 1600 kWh/krava/leto. Poleg tega so ugotovili da je nižja poraba energije na

mlečnih farmah, kjer se uporablja električna energija za sisteme za krmljenje živali, v primerjavi z mlečnimi farmami, ki uporabljajo, npr. različne izvedbe krmilno mešalnih prikolic agregatiranih s traktorji. Njihove ugotovitve tudi kažejo da je molža drugi največji porabnik energije ter da poraba električne energije pri molži znaša cca 300 – 600 kWh/krava/leto (v teh podatkih je zajeta tudi robot molža). Primerjava porabe energije robotskih sistemov za molžo, kaže na porabo električne energije za molžo in pranje od 15 do 25 kWh/t mleka, ter porabo vode 200 – 400 l/t mleka. Nekateri avtorji (Brogger in sodel.) pa ugotavljajo višjo porabo električne energije za robotske sisteme za molžo, ki se giblje v razponu od 20 do 60 kWh/t mleka (celo 80 kWh/t mleka v nekaj primerih), ter porabo vode od 200 do 600 l/t mleka (nekaj primerov s porabo vode 900 l/t mleka). V strokovno znanstveni literaturi tudi omenjajo da je 80 % vložene energije v pridelavi mleka indirektna energija in 20 % direktna energija (od tega 60 % el. energija, oziroma 83.3 Wh/l). Poleg tega omenjajo da je na manjših mlečnih farmah poraba energije nižja zaradi tega, ker se uporablja manj avtomatiziranih delovnih operacij in več ročnega dela.

Naše ugotovitve

Za določanje direktne (neposredne) porabe energije za pridelavo mleka smo uporabili podatke pridobljene z meritvami porabe energije na vzorčnih kmetijah in Kmetijskem inštitutu Slovenije (mlečna farma, IC Jablje) ter z dodatnimi podatki iz strokovno znanstvene literature za konvencionalno in ekološko pridelavo mleka. Ugotovili smo da poraba direktne energije za mlečne farme pri strojni molži znaša 0,46 MJ/kg mleka (za 60 do 120 krav). Od tega 43,2 % odpade na energijo za mineralno dizelsko gorivo (traktor z agregatiranim krmilno mešalnim vozom), 56,8 % energije pa se nanaša na električno energijo. V meritvah porabe električne energije smo poleg porabe energije za molžo, hlajenje mleka in gretje sanitarne vode, zajeli tudi porabo električne energije za odstranjevanje gnoja iz hleva, prevetrovanje hleva in razsvetljava hleva. V nekaterih raziskavah opravljenih v tujini poraba električne energije za mlečne farme za odstranjevanje gnoja, prevetrovanje in razsvetljava, ni omenjena, nekatere raziskave pa jo obravnavajo pod ostalo energijo. V analizah za konvencionalno in ekološko pridelavo mleka smo upoštevali tudi sisteme za robotizirano molžo. Po priporočilih proizvajalcev sistemov za robotizirano molžo, en sistem je predviden za oskrbo 50 do 70 krav (v primeru večjega števila živali na samo en sistem za robotizirano molžo bi prihajalo do problema da nekatere krave ne bi prišle na molžo, zato je nad 60 krav potrebno računati z dodatnim robotskim sistemom za molžo). Ugotovili smo da poraba direktne energije za mlečne farme pri robotskem sistemu molže znaša 0,504 MJ/kg mleka (za 60 do 120 krav). Od tega 39,8 % odpade na energijo za mineralno dizelsko gorivo (traktor z agregatiranim krmilno mešalnim vozom), 60,2 % energije pa se nanaša na električno energijo.

Tabela 1: Poraba energije v proizvodnji mleka (kWh/kg) mleka pri konvencionalnem načinu reje živali (60 – 120 krav)

Delovna operacija	Poraba energije (Wh/kg mleka)
Krmljenje – krmilno mešalni voz dizelsko gorivo	55,74
Čiščenje gnoja – električna energija	11
Molža – električna energija	13,97
*Molža z robotom - električna energija	25
Prezračevanje – električna energija	10
Hlajenje mleka – električna energija	15,32
Ogrevanje vode – električna energija (kWh/kg mleka)	9,45
Razsvetljava – električna energija	13,6
Celotna poraba energije dizel gorivo in električna energija za vse delovne operacije (strojna molža)	129,08 0,46 MJ/kg mleka - celotna energija 43,2 % dizel gorivo od celotne energije 56,8 % el.energija od celotne energije
Celotna poraba energije dizel gorivo in električna energija za vse delovne operacije (*robotski sistem molže)	140,11 0,504 MJ/kg mleka - celotna energija 39,8 % dizel gorivo od celotne energije 60.2 % el.energija od celotne energije

Opravili smo tudi analizo porabe energije za manjše kmetije, ki se ukvarjajo s pridelavo mleka (za 20 do 40 krav, podatki v tabeli 2). Ugotovili smo da poraba energije pri strojni molži znaša 0,30 MJ/kg mleka (za 20 do 40 krav). Od tega 33,3 % odpade na energijo za mineralno dizelsko gorivo (krmljenje), 66,7 % energije pa se nanaša na električno energijo.

Tabela 2: Poraba energije v proizvodnji mleka (kWh/kg) mleka pri konvencionalnem načinu reje živali (20 – 40 krav)

Delovna operacija	Poraba energije (Wh/kg mleka)
Krmljenje – dizelsko gorivo	27,87
Čiščenje gnoja – električna energija	7,7
Molža – električna energija	9,77
Prezračevanje – električna energija	7
Hlajenje mleka – električna energija	15,32
Ogrevanje vode – električna energija (kWh/kg mleka)	6,61
Razsvetljava – električna energija	9,52
Celotna poraba energije dizel gorivo in električna energija za vse delovne operacije (strojna molža)	83,79 0,30 MJ/kg mleka - celotna energija 33,3 % dizel gorivo od celotne energije 66,7 % el.energija od celotne energije

Vidno je da je poraba celotne direktne energije nižja za 35,1 %, pri konvencionalni reji 20 – 40 krav v primerjavi s konvencionalno rejo 60 – 120 krav (v obeh primerih je upoštevana strojna molža). Razlika je še večja če primerjamo porabo celotne direktne energije pri konvencionalni reji 20 – 40 krav v primerjavi s konvencionalno rejo 60 – 120 krav, kjer se uporablja robot molža. Omenjena razlika v porabi celotne direktne energije znaša 40 %. Vidno je da se pri manjšem številu krav, znižuje tudi poraba celotne direktne energije (zaradi uporabe mehanizacije v manjšem obsegu ter večjem obsegu ročnega dela).

Poraba energije narašča z intenzivnostjo uporabe mehaniziranih postopkov. Pri konvencionalni reji (60 – 120 krav) in strojni molži so pri celotni električni energiji, največji porabniki hlajenje z 20,8 %, molža z 19 % in razsvetljava z 18,5 % (na našete porabnike odpade 58,3 %). Pri robotski molži pa je poraba električne energije 44,2 % višja v primerjavi s porabo energije pri strojni molži.

Tabela 3: Poraba direktne energije v proizvodnji mleka (kWh/kg) mleka pri ekološkem načinu reje živali (60 – 120 krav)

Delovna operacija	Poraba energije (Wh/kg mleka)
Krmljenje – krmilno mešalni voz dizelsko gorivo	25,72
Čiščenje gnoja – električna energija	6,6
Molža – električna energija	13,97
**Molža z robotom - električna energija	25
Prezračevanje – električna energija	6
Hlajenje mleka – električna energija	15,32
Ogrevanje vode – električna energija	9,45
Razsvetljava – električna energija	8,16
Celotna poraba energije dizel gorivo in električna energija za vse delovne operacije (strojna molža)	25,72 dizel 85,22 kWh/kg mleka celot. energija 0,3 MJ/kg mleka celot.energija 30,18 % dizel gorivo od celotne energije 69,82 % el.energija od celotne energije
Celotna poraba energije dizel gorivo in električna energija ter robot molža (kWh/kg mleka)	96,25 kWh/kg mleka celot. energija 0,34 MJ/kg mleka celot.energija 26,72 % dizel gorivo od celotne energije 73,28 % el.energija od celotne energije

V primeru ekološke pridelave se poraba celotne energije nekoliko zmanjša zaradi paše. V tem primeru se zmanjša poraba energije mineralnega dizelskega goriva za krmljenje (krmilno mešalni voz), ker se krave določeni del leta pasejo, poleg tega pa se zmanjšajo tudi potrebe po električni energiji za čiščenje gnoja, zračenje hleva in razsvetljavo. Poraba energije za molžo in hlajenje mleka ter ogrevanje vode pa ostane enaka, ker molža in hlajenje mleka v večini primerov poteka na enak način.

Za ekološko rejo (60 – 120 živali) s strojno molžo v porabi celotne energije, odpade 69,8 % na električno energijo in 30,2 % na energijo iz mineralnega dizelskega goriva (pogon krmilno mešalnega voza). V primeru uporabe rotoskega sistema za molžo za ekološko rejo (60 – 120 živali), odpade 73,3 % na električno energijo in 26,7 % na energijo iz mineralnega dizelskega goriva (pogon krmilno mešalnega voza). Pri ekološki reji je manjša uporaba krmilno mešalnega voza in posledično manjša poraba mineralnega dizelskega goriva.

Tabela 4: Poraba direktne energije v proizvodnji mleka (kWh/kg) mleka pri ekološkem načinu reje živali (20 – 40 živali)

Delovna operacija	Poraba energije (Wh/kg mleka)
Krmljenje – dizelsko gorivo	16,72
Čiščenje gnoja – električna energija	4,62
Molža – električna energija	9,77
Prezračevanje – električna energija	4,2
Hlajenje mleka – električna energija	15,32
Ogrevanje vode – električna energija (kWh/kg mleka)	6,61
Razsvetljava – električna energija	5,71
Celotna poraba energije dizel gorivo in električna energija za vse delovne operacije (strojna molža)	62,95 0,22 MJ/kg mleka - celotna energija 26,5 % dizel gorivo od celotne energije 73,5 % el.energija od celotne energije

Na osnovi opravljenih meritev porabe električne energije in mineralnega dizelskega goriva v sami reji živali je ugotovljeno, da je največji posamični porabnik energije pri reji, krmljenje s krmilno mešalnim vozom (traktorski priključni stroj ali samovozni stroj). V primeru da se uporablja krmilno mešalni voz, ki je agregatiran s traktorjem, za pogon traktorja se rabi mineralno dizelsko gorivo. Traktor zaradi energetskih izgub dizelskega motorja in transmisije ter hidravličnega sistema, prenese manjši del energije (cca 25 %), ki je vsebovana, kot kemična energija v gorivu na sam krmilno mešalni voz. V primeru uporabe električnih strojev za krmljenje, vgrajeni so elektromotorni pogoni, ki imajo višji izkoristek (odvisno od izvedbe elektro motorja, izkoristek se giblje v razponu od 75 do 90 %) v primerjavi s konvencionalnimi krmilno mešalnimi vozovi, ki dobivajo pogon od traktorja oziroma so v samovozni izvedbi.

V pridelavi mleka bo v prihodnosti potrebno zmanjšati porabo direktne in indirektno energije.

Poraba mineralnega dizelskega goriva se bo v prihodnosti v prehodnem obdobju lahko znižala z uporabo hibridnih izvedb traktorjev (dizelski motor + električni pogon), izvedb traktojev z motorji na dve vrsti goriv (npr. dizelsko gorivo in biometan), izvedb traktorjev z motorji na pogon na metan/biometan.

Predvideva se da bo mineralno dizelsko gorivo mogoče v prihodnosti zamenjati z obnovljivimi viri energije, ki bodo v veliki meri izhajala iz samega kmetijstva (npr. biometan, zelena električna energija, zeleni vodik, odpadno rastlinsko olje, hidrotretirano odpadno rastlinsko olje, angl. kratica - HVO, itn.). Pri porabi električne energije pa bo potrebno zmanjšati porabo energije, pri hlajenju mleka, pripravi sanitarne vode in molži. V primeru mlečnih farm, kjer se uporablja robotizirane sisteme za molžo je poleg električne energije za delovanje sistema potrebno predvideti tudi istočasno oskrbo s toplotno energije. Robot molža je v »stand by« delovanju 24 h/dan tako da je potrebno zagotoviti tudi stalni vir toplotne energije, v prihodnosti bo na tem področju vidnejšo vlogo odigrala obnovljiva energija. Na nekaterih mlečnih farmah, za te namene se lahko uporablja toplotna energije iz kogeneracije na različno biomaso oziroma tudi bioplín (tudi pri nas obstaja primer uporabe toplotne energije iz kogeneracije na bioplín na mlečni farmi na Gorenjskem).

Poraba energije v proizvodnji govejega mesa

V sklopu reje smo porabo energije izrazili tudi na enoto končnega produkta (v primeru reje pitancev je končni produkt meso oziroma energija, ki se porabi do momenta samega izstopa izdelka iz kmetije). Za konvencionalno rejo je predpostavljena reja v hlevih z intenzivnim pitanjem živali od 120 do 600 kg končne teže. Pitanje traja 15,2 mesecev s prirastjo živali 1050 g/dan. Celotna poraba energije v obdobju pítanja (seštevek električne energije ter energije iz dizelskega goriva) znaša za konvencionalno rejo 2,86 kWh/kg mesa za manjšo čredo z 10 živali ter 2,023 kWh/kg mesa za veliko čredo s 100 živali. Pri veliki čredi s 100 živali znaša poraba električne energije 0,473 kWh/kg mesa. Poraba energije iz fosilnih goriv oziroma dizelskega goriva znaša od 1,55 do 2,85 kWh/kg mesa.

Tabela : Poraba energije v reji pitancev (kWh/kg mesa in MJ/kg mesa) pri konvencionalnem načinu reje živali za različne velikosti črede

Poraba energije	Število živali (10)	Število živali (11 - 60)	Število živali (61 - 100)
Krmljenje – dizelsko gorivo (kWh/kg mesa)	2,85	2,33	1,55
Prezračevanje – električna energija (kWh/kg mesa)	0,0063	0,0126	0,014
Odstranjevanje gnoja – električna energija (kWh/kg mesa)	0,0046	0,0153	0,0391
Razsvetljava – električna energija (kWh/kg mesa)	0,168	0,336	0,42
Celotna energija (kWh/kg mesa)	2,8609	2,6939	2,0231
Celotna energija (MJ/kg mesa)	10,296	9,684	7,272

Za ekološko rejo je predpostavljena reja s pítanjem živali od 120 do 550 kg končne teže. Pitanje traja 16,7 mesecev s prirastjo živali 850 g/dan. Celotna poraba energije v obdobju

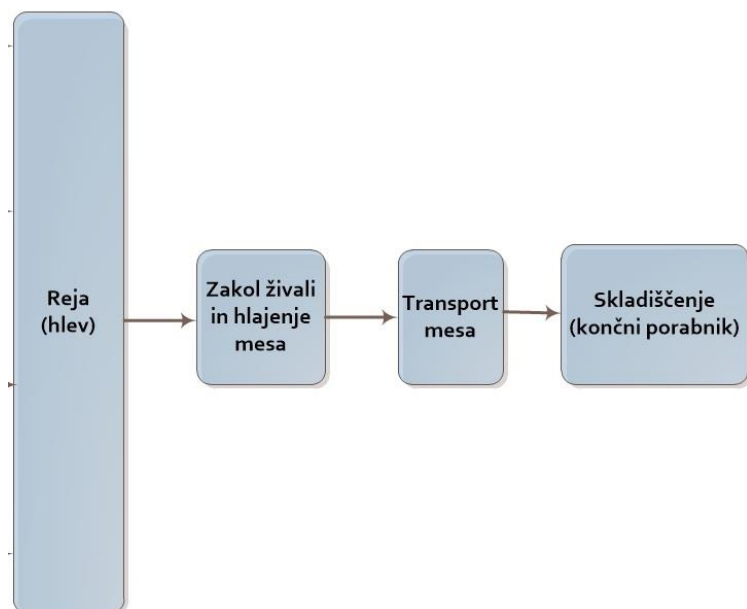
pitanja (seštevek električne energije ter energije iz dizelskega goriva) znaša za ekološko rejo 3,6 kWh/kg mesa za manjšo čredo z 10 živali ter 2,38 kWh/kg mesa za veliko čredo s 100 živali. Pri veliki čredi s 100 živali znaša poraba energije iz dizelskega goriva 0,0092 kWh/kg mesa, električne energije pa 0,5575 kWh/kg mesa.

Tabela : Poraba energije v reji pitancev (kWh/kg in MJ/kg) mesa pri ekološkem načinu reje živali za različne velikosti črede

Poraba energije	Število živali (10)	Število živali (11 - 60)	Število živali (61 - 100)
Krmljenje – dizelsko gorivo (kWh/kg mesa)	3,4	2,77	1,85
Odstranjevanje gnoja – električna energija (kWh/kg mesa)	0,0038	0,0128	0,0327
Razsvetljava – električna energija (kWh/kg mesa)	0.200	0,4	0,501
Celotna poraba energije električna energija ter dizelsko gorivo (kWh/kg mesa)	3,6038	3,1828	2,3837
Celotna energija (MJ/kg mesa)	12,96	11,44	8,56

Poraba energije za goveje meso

V sklopu reje smo porabo energije izrazili na enoto končnega produkta (v tem primeru je končni produkt meso, prikazane so faze porabe energije do končnega produkta - mesa iz kmetije).



Slika : Poraba energije, ki nastane po zaključeni reji govejih pitancev

Poraba energije v govedoreji za rejo govejih pitancev se giblje od 2,023 kWh/kg mesa do 2,86 kWh/kg mesa (glede velikosti črede) pri konvencionalnem načinu kmetovanja, oziroma od 2,38 kWh/kg mesa do 3,60 kWh/kg mesa pri ekološkem načinu kmetovanja. Poraba energije z velikostjo črede upada, vidno je tudi, da ekološki način reje glede porabe energije zahteva nekoliko več energije v samem procesu pitanja živali (zaradi daljšega obdobja pitanja, poleg tega je masa klavnega trupa živali nižja v primerjavi z maso klavnega trupa živali pri konvencionalni pridelavi govejega mesa).

Tabela : Poraba celotne energije za pridelavo kilograma govejega mesa glede na način pridelave in glede na velikost črede

Velikost črede	Konvencionalna pridelava (kWh/kg mesa)	Ekološka pridelava (kWh/kg mesa)
Mala	2,86	3,4
Srednja	2,7	3,18
Velika	2,0	2,38

A2 in A4 Poraba energije v prašičereji

Zaradi lažjega in bolj organiziranega dela ter večje produktivnosti se v reji prašičev uporablja različna mehanizacija. Določena strojna oprema pa je celo nujna, npr. zaradi velike gostote naselitve živali je potrebno učinkovito zračenje objektov z ventilatorji.

Za vzdrževanje življenjskega okolja prašičev v objektih se uporabljajo:

- Sistem za zračenje
- Sistem za krmljenje
- Sistem za odstranjevanje gnoja
- Sistem za gretje
- Sistem razsvetljave

Pri analizi reje prašičev (konvencionalna in ekološka reja) glede porabe energije v naših razmerah je upoštevano da se uporablja električna energija, zemeljski ali utekočinjeni naftni plin in mineralno dizelsko gorivo. Možna so tudi drugačne kombinacije pri uporabi energije, v tekstu pa so prikazane najbolj pogoste oblike rabe energije. Električna energija je namenjena za pripravo in razdeljevanje hrane, gretje mladih živali, razsvetljavo, prezračevanje, črpanje in mešanje gnojevke, visokotlačno pranje itn. Za gretje se uporablja zemeljski ali utekočinjeni naftni plin, mineralno dizelsko gorivo pa se uporablja pri transportu in aplikaciji gnoja oziroma gnojevke (odvisno od načina reje) na kmetijske površine. Znotraj vsakega omenjenega sistema se uporablja različna strojna oprema ali stroji. Za njihovo delovanje je potrebna energija (v analizi je upoštevano opravljanje delovnih operacij, kjer se uporablja energija iz različnih virov, ročne delovne operacije niso upoštevane). V nekaterih sistemih se uporablja samo ena oblika energije npr. električna energija za razsvetljavo, v primeru gretja pa se lahko uporablja električna energija, energija fosilnih goriv ali alternativni viri energije (biomasa, solarna energija, geotermalna itn.).

Transport krme v hlev in krmljenje sta lahko rešena na nekaj načinov (odvisno ali se živali krmi s suho ali vlažno krmo). Pri suhem krmljenju se uporablja krmljenje v korita iz krmilnih vozičkov in krmljenje s transportnimi sistemi, ki so povezani z dozatorji za krmila, ki se jih polni ročno ali avtomatsko. V primeru tekočega krmljenja se uporabljajo tudi dozatorji za krmila, ki se jih polni ročno ali avtomatsko. Za oba sistema krmljenja pa se uporablja električna energija. Za odstranjevanje gnoja, v primeru reje na rešetkah se gnojevka pretaka po podzemnih kanalih pod hlevom v zbiralnik, ki je podzemni ali nadzemni. Gnojevko je potrebno premešati, črpati in razvažati s cisternami za gnojevko na kmetijske površine. V primeru reje z nastilom pa se za odstranjevanje gnoja uporabljajo pehala in strgala. Poleg gnojišča je tudi gnojna jama tako da se enako, kot v primeru gnojevke uporablja črpalke, mešala in cisterne za razvoz gnojevke. Za črpanje, mešanje in separacijo gnojevke se uporablja električna energija, za razvoz gnojevke s cisternami za gnojevko ali gnoja pa mineralno dizelsko gorivo. Za vzdrževanje higiene v hlevu se uporabljajo visokotlačne naprave za pranje, ki rabijo električno energijo.

Direktno energijo, ki je porabljena v procesu reje prašičev se lahko dodatno razčleni na vse oblike energije porabljene v procesu reje prašičev (cikel reje):

$$EU_{\text{direktna}} = (EU_{\text{električna}} + EU_{\text{dizel}} + EU_{\text{plin}} + EU_{\text{ostala}})$$

$EU_{\text{električna}}$ = električna energija porabljena v procesu reje

EU_{dizel} = energija iz mineralnega dizelskega goriva porabljenega v procesu reje

EU_{plin} = energija iz zemeljskega ali utekočinjenega naftnega plina porabljenega v procesu reje

EU_{ostala} = ostala energija (iz drugih oziroma alternativnih energetskega virov)

Indirektna energija v primeru naših izračunov ni upoštevana (težko jo je natančno definirati). V primeru pa da se porabi direktne energije prišteje še indirektna energija je celotna poraba energije v procesu reje živali še višja, kar pomeni tudi višje emisije toplogrednih plinov oziroma CO₂ ekvivalenta, ter posledično višji končni ogljični odtis končnega produkta.

Celotna poraba energije predstavlja seštevek porabljenе električne energije (za mehanizirano krmljenje živali, prezračevanje, razsvetljava in odstranjevanje gnoja), zemeljskega ali utekočinjenega naftnega plina (gretje). Poraba energije (mineralno dizelsko gorivo za pogon traktorskega agregata) za razvoz gnoja ali gnojevke je upoštevana pri reji krme. Poraba energije je določena za čredo nad 100 živali. Za ekološko rejo pa je predpostavljeno da poteka v hlevu (angl. Indoor) ter da hlevi imajo posebne izpuste za živali.

Vsak od sistemov ima lahko več podsistemov oziroma se znotraj vsakega sistema uporablja različna strojna oprema ali stroji. Za njihovo delovanje pa je potrebna energija (v analizi je upoštevano opravljanje delovnih operacij, kjer se uporablja energija iz različnih virov, ročne delovne operacije niso upoštewane). V nekaterih sistemih se uporablja samo ena oblika energije npr. električna energija za razsvetljava, v sistemu za gretje pa se lahko uporablja električna energija, energija fosilnih goriv ali alternativni viri energije (biomasa, solarna energija, geotermalna itn.). Transport krme v hlev in krmljenje sta lahko rešena na nekaj načinov (odvisno ali se živali krmi s suho ali vlažno krmo). Pri suhem krmljenju se uporablja krmljenje v korita iz krmilnih vozičkov in krmljenje s transportnimi sistemi, ki so povezani z dozatorji za krmila, ki se jih polni ročno ali avtomatsko. V primeru tekočega krmljenja se uporabljajo tudi dozatorji za krmila, ki se jih polni ročno ali avtomatsko. Za odstranjevanje gnoja, v primeru reje na rešetkah se gnojevka pretaka po podzemnih kanalih pod hlevom v zbiralnik, ki je podzemni ali nadzemni. Gnojevko je potrebno premešati, črpati in razvažati s cisternami za gnojevko na kmetijske površine. V primeru reje z nastilom pa se za odstranjevanje gnoja uporabljajo pehala in strgala. Poleg gnojišča je tudi gnojna jama tako da se enako, kot v primeru gnojevke uporablja črpalke, mešala in cisterne za razvoz gnojevke. Za vzdrževanje higiene v hlevu se uporabljajo visokotlačne naprave za pranje.

Pri analizi reje prašičev za konvencionalno in ekološko pridelavo je upoštevano da se uporablja električna energija, zemeljski ali utekočinjeni naftni plin in mineralno dizelsko gorivo. Električna energija je namenjena za pripravo in razdeljevanje hrane, gretje mladih živali, razsvetljava, ventilacijo, črpanje in mešanje gnojevke, visokotlačno pranje itn. Za gretje se uporablja zemeljski ali utekočinjeni naftni plin. Mineralno dizelsko gorivo se uporablja pri transportu gnoja oziroma gnojevke (odvisno od načina reje) na kmetijske površine. Celotna poraba energije predstavlja seštevek električne energije (za mehanizirano krmljenje živali, prezračevanje, razsvetljava in odstranjevanje gnoja) ter zemeljskega ali utekočinjenega naftnega plina (gretje živali). Dodatno se še prišteje poraba energije iz mineralnega dizelskega goriva (odvoz gnoja). Poraba energije je določena za čredo nad 100 živali. Poraba energije v reji prašičev za meso znaša 100,8 MJ/žival pri konvencionalnem načinu reje živali, oziroma 80,28 MJ/žival pri ekološkem načinu reje. Za ekološko rejo je predpostavljeno da poteka v hlevu (angl. Indoor) ter da hlevi imajo izpuste za živali. V primeru ekološke reje se v celoti porabi nekoliko manj energije v samem procesu reje živali.

Tabela : Poraba energije za vzdrževanje življenjskega prostora (direktna energija) v reji prašičev, pri konvencionalnem in ekološkem načinu reje, določena na žival (MJ/žival)

Poraba energije za posamezne porabnike	Konvencionalni način reje (MJ/žival)	Ekološki način reje (MJ/žival)
Krmljenje – električna energija	15,12	15,12
Prezračevanje – električna energija	20,16	7,92
Odstranjevanje gnoja ali gnojevke in drugo – električna energija	7,92	6,12
Razsvetljava – električna energija	12,24	5,76
Gretje – utekočinjeni naftni plin (UNP)	45,36	45,36
Celotna poraba energije	100,8	80,28

V primeru konvencionalne reje živali na energijo za gretje živali (utekočinjeni naftni plin - UNP) odpade 45 %. Električna energija se porabi: za mehanizirano krmljenje živali 15 %, prezračevanje 20 %, razsvetljava 12,1 % in odstranjevanje gnoja ali gnojevke ter drugo 7,8 %. Največ energije se porabi za gretje živali in ventilacijo, skupno 65 % od celotne energije, ki se porabi za vzdrževanje življenjskega okolja.

Ugotovljeno je da v primeru konvencionalne reje živali na energijo za gretje živali (utekočinjeni naftni plin - UNP) odpade 45 %. Električna energija se porabi: za mehanizirano krmljenje živali 15 %, prezračevanje 20 %, razsvetljava 12,1 % in odstranjevanje gnoja ali gnojevke ter drugo 7,8 %. Največ energije se porabi za gretje živali in prezračevanje (skupno 65 % od celotne energije, ki se porabi za vzdrževanje življenjskega okolja). V primeru ekološke reje živali na energijo za gretje živali (utekočinjeni naftni plin - UNP) odpade 56,5 %. Električna energija se porabi: za mehanizirano krmljenje živali 18,8 %, prezračevanje 9,86 %, razsvetljava 7,1 % in odstranjevanje gnoja ali gnojevke ter drugo 7,62 %.

V primeru ekološke reje živali na energijo za gretje živali (utekočinjeni naftni plin - UNP) odpade 56,5 %. Električna energija se porabi: za mehanizirano krmljenje živali 18,8 %, prezračevanje 9,86 %, razsvetljava 7,1 % in odstranjevanje gnoja ali gnojevke ter drugo 7,62 %. Največ energije se porabi za gretje živali in krmljenje, skupno 75,3 % energije od celotne energije, ki se porabi za vzdrževanje življenjskega okolja pri ekološkem načinu reje. V primeru ekološke pridelave je nižja poraba energije pri razsvetljavi, prezračevanju in odstranjevanju gnojevke ali gnoja. Vidno je, da je ekološki način reje v celoti energetsko manj potraten v primerjavi s konvencionalno rejo. Celotna poraba energije je pri ekološki reji nižja za 20,3 % v primerjavi s konvencionalno rejo živali.

Poraba energije za končni produkt

V sklopu reje je poraba energije izražena na enoto končnega produkta, končni produkt je meso ter energija, ki je porabljena za njegovo pridelavo. Poraba energije v reji prašičev za meso znaša 0,34 kWh/kg mesa pri konvencionalnem načinu reje oziroma 0,27 kWh/kg mesa pri ekološkem načinu reje živali. Vidno je, da je ekološki način reje energetsko manj potraten pri pridelavi prašičjega mesa v primerjavi s konvencionalno rejo. V izračunu je predpostavljeno da je masa toplih klavnih polovic enaka v primeru konvencionalne in ekološke reje živali.

A6 Energija za predelavo kmetijskih pridelkov v končne produkte

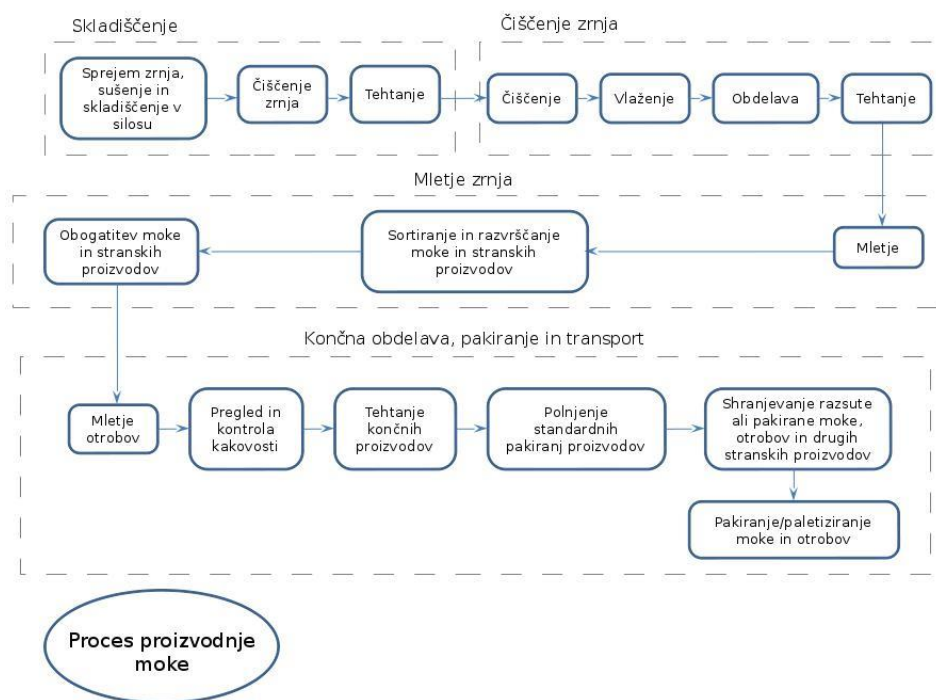
V tem delu je opravljena analiza porabe energije pri procesiranju različnih kmetijskih pridelkov v končne produkte. Po opravljeni pridelavi se opravi predelava kmetijskih pridelkov v produkte, ki so namenjeni za človeško ali živalsko prehrano oziroma druge namene. V nekaterih primerih se predelava lahko opravi na sami kmetiji pa tako odpade transport, kar pomeni zmanjševanje porabe energije in emisij toplogrednih plinov. Najbolj značilne na naših kmetijah so predelave: grozdja v vino, pšeničnega zrnja v moko, mleka v različne mlečne izdelke, oljk v oljčno olje, oljnic v rastlinska olja, itn. Predelava pridelkov v zahtevne produkte pa večinoma poteka v živilsko predelovalni industriji npr. mleko v prahu, proizvodnja konzervirane hrane in poltrajnih mesnih izdelkov itn.

Predelava žit v moko, kruh in druge pekovske produkte

Pred nadaljnjo predelavo zrnja žitaric v končne produkte je potrebno opraviti čiščenje da se odstranijo nečistoče, ki so nastale v procesu žetve, med prevozom ter vmesnem skladiščenju. Odstranjevanje nečistoč zagotavlja kakovost končnih proizvodov, z zmanjšanjem vsebnosti pepela in drugih dejavnikov, ki vplivajo na vonj in okus. Sistemi za čiščenje zrnja žitaric in oljnic, ločujejo nečistoče iz zrnja na osnovi različnih fizikalnih lastnosti zrnja, kot so: velikost, gostota, dolžina, oblika, barva itn. Sodobna tehnologija uporablja tudi tehnologijo optičnega čiščenja zrnja. V primeru predelave zrnja pšenice v moko za pekarske izdelke, čiščenju sledi proces mletja. Postopek, ki se uporablja za proizvodnjo moke v mlinu poteka prek postopnega zmanjševanja velikosti delcev zrnja pšenice, koruze itn. Pri valjčnih mlinih se velikost delcev postopoma znižuje med nizom parov vrtečih jeklenih valjev, rebrastih ali gladkih. Kladivasti mlini so namenjeni za široko paleto proizvodov: v mlinih za moko nastaja moka in stranski proizvodi iz žita, v mlinih za krmo pa živalska krma. Zrnje, ki prihaja iz nasipnice je v mlinu kladivarju zajeto s kladivci rotorja. Velikost zrnja oziroma zdrobljenih delcev se zmanjšuje zaradi udarnega delovanja kladivc na zrnje, medsebojnega udarjanja zrnja in udarjanja zrnja ob sito ter prepuščanja delcev zrnja skozi sito na obodu, ki obdaja rotor s kladivci.

Mletju sledi čiščenje moke na različnih izvedbah sit, ki ločujejo majhne in lahke delce iz moke. Iz očiščenega žita se lahko proizvaja različne druge izdelke, kot so kosmiči in zrnje za kašo. V vseh omenjenih fazah se uporabljajo stroji, ki so električno gnani.

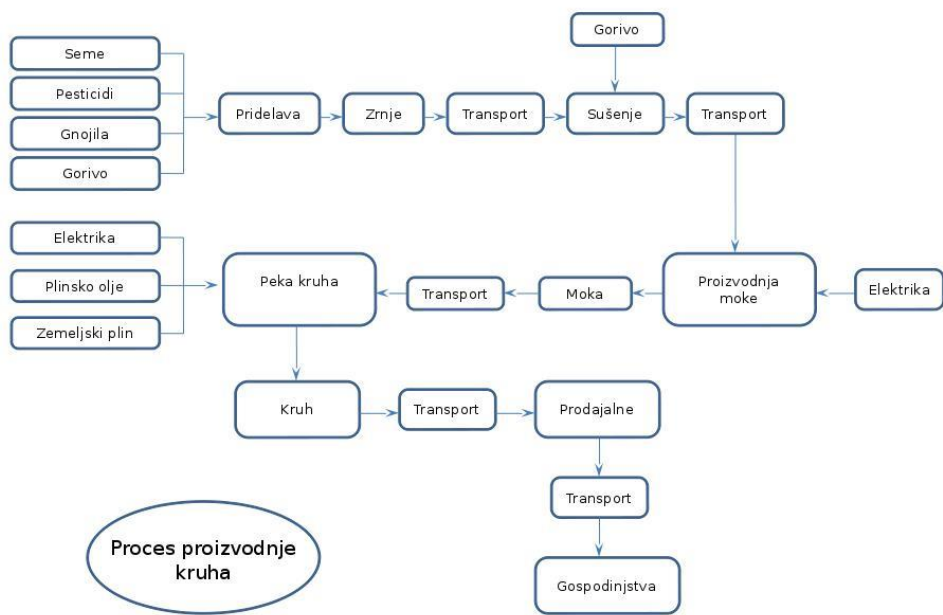
Enaki procesi se uporabljajo tudi pri decentralizirani predelavi zrnja žit na kmetijah samo da so stroji majhnih kapacitet in bolj enostavne izvedbe, odpadejo pa tudi nekatere faze, ki se nanašajo na npr. obogatitev moke in stranskih proizvodov, bolj zahtevno pakiranje itn.



Slika: Proces proizvodnje moke

Čeprav je pridelek pri ekološki pridelavi pšenice namenjene za kruh nižji v primerjavi s konvencionalno pridelavo pšenice, pa so emisije toplogrednih plinov nižje zaradi tega, ker se ne uporablja mineralnih gnojil, ki značilno prispevajo k emisijam toplogrednih plinov. Za proizvodnjo mineralnih gnojil se uporabljajo visoke količine zemeljskega plina in fosilnih goriv v procesu proizvodnje. Dodatno dušik iz mineralnih gnojil povzroča višje emisije didušikovega oksida v primerjavi z emisijami, ki nastanejo iz organskega gnojila. V primeru uporabe komposta in biološko vezanega dušik prek leguminoznih rastlin pa ni emisij didušikovega oksida (po IPCC 2006).

Po opravljeni predelavi zrnja pšenice v moko sledi skladiščenje ter transport do predelave v končne pekarske produkte npr. peka kruha.

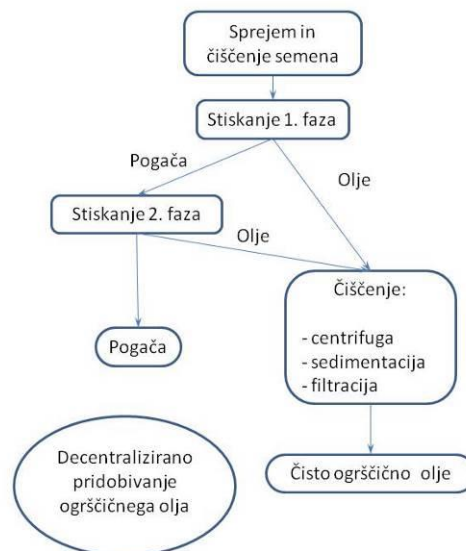


Slika: Proces proizvodnje kruha

Proizvodnja rastlinskega olja

Rastlinska olja pridobljena iz semena različnih oljnic, danes uporabljamo za prehrano, farmacevtske in tehnične namene. Mehansko stiskanje olj iz semena oljnic, ki je človeštvo uporabljalo skozi stoletja je v popolnosti iztisnila industrijska proizvodnja olj po drugi svetovni vojni, ki temelji predvsem na uporabi topil za ekstrakcijo olja. V zadnjem desetletju pa rastlinska olja, ki se jih proizvaja z mehanskim postopkom ekstrakcije postajajo vse bolj uveljavljena v tujini in pri nas zaradi svojih lastnosti, ki so še posebej cenjene v človeški prehrani in farmaciji. V zdravi prehrani se vse bolj uveljavlja uporaba rastlinskih olj, ki so proizvedena na okolju prijazen način (od ekološko pridelane rastline - oljnice do končnega produkta, hladno iztisnjene olja). Zato se v zadnjih letih postopek hladnega stiskanja olja, ki je bil v preteklosti zelo dobro znan, ponovno vrača v širšo uporabo. Zaradi možnosti doseganja višje dodane vrednosti na kmetiji ter relativne dostopnosti tehnologije za lastno proizvodnjo olj iz semena oljnic (hladno stiskana olja se uvrščajo v višji kakovostni razred) je narejena energetska analiza decentralizirane proizvodnje olja in posledično njen ogljični odtis. V decentralizirani proizvodnji se lahko na kmetiji proizvajajo visokokakovostna hladno stiskana olja iz semena oljnic, kot so npr. sončnica, oljna ogrščica itn. kar predstavlja odlično možnost za doseganje višje dodane vrednosti na kmetiji. Analiza decentralizirane proizvodnje olja iz oljne ogrščice ali sončnice (ekstrakcija olja, kot končnega produkta je del konvencionalne, integrirane ali ekološke pridelave oljnic) z mehansko ekstrakcijo je pokazala, da je omenjena proizvodnja energijsko izredno učinkovita ter povzroča minimalne obremenitve okolja s CO₂ emisijami. Poleg tega ni odpadnih produktov, kot je npr. voda in kemična topila, ki se uporabljajo pri kemični oziroma industrijski ekstrakciji olja iz oljnic. Decentralizirano proizvodnjo rastlinskega olja opravljajo mikro ali majhne enote za predelavo semena oljnic v olje in stranski produkt, ki predelajo od nekaj deset kilogramov semena do 5 ton/dan semena (na Danskem npr. je ta meja višja in znaša celo 25 t/dan semena). Decentralizirane proizvodne enote lahko ekonomsko in okolju prijazno obratujejo, ker je njihova tehnična oprema in delovni proces izredno enostaven ter povezan z nizko porabo energije. V povprečju se za decentralizirano proizvodnjo olja porabi do 6 krat manj energije, kot pri industrijski proizvodnji olja. Proizvodnja olj na decentraliziran način ima še druge pomembne prednosti, kot so: poteka poleg lokacij, kjer se odvija pridelava oljnic, direktno ali indirektno je povezana s samo proizvodnjo (ni posrednikov), stroški investiranja v opremo so nizki, ni odpadnih vod, visoka fleksibilnost proizvodnje (hiter prehod na stiskanje drugih vrst semena oljnic, kar poveča izkoriščenost strojev), krajše transportne poti (do 40 km od mesta pridelave) in s tem tudi manjši stroški, omogoča višjo dodatno vrednost kmetijstvu nekega območja in lokalni pridelavi itn. Poleg tega je stranski produkt, ki nastane pri mehanski ekstrakciji olja, tudi oljna pogača za živalsko krmo, ki ima visoko prehransko vrednost (vsebuje 6 – 20 % olja za razliko od industrijske pogače, ki vsebuje olja manj kot 1 %). Namen mehanske ekstrakcije je da se iz semena oljnic (sončnica, oljna ogrščica itn.), loči oljni del od trdnega dela semenskega materiala. Mehanska ekstrakcija olja ima veliko prednost pred drugimi proizvodnimi postopki, ki danes obstajajo za proizvodnjo rastlinskega olja zaradi praktične dostopnosti postopka proizvodnje. Značilno je, da so postopki mehanske ekstrakcije oziroma stiskanja semena enostavni in kontinuirani, poleg tega pa ne zahtevajo posebnega dolgotrajnega nadzora strojev in velike vložke energije. Mehansko ekstrakcijo olja se danes opravlja večinoma s stiskalnicami vijačnega tipa z enim ali dvema vijakoma. Stiskalnica opravlja kontinuirano hladno stiskanje semena oljnic (za proces delovanja ni potrebno dovajanje posebne toplote za segrevanje semena ali samega stroja). Zaradi boljšega izkoristka se lahko uporablja dvofazno stiskanje, kar pomeni da se po prvem prehodu zrnja oljnic skozi stiskalnico še enkrat spusti ostanek prvega stiskanja v obliki peletov. V dvofaznem procesu stiskanja semena oljnic, v prvi fazi iztiskanja olja ostane 15 do 20 % olja v oljni pogači. V primeru industrijske proizvodnje se ostanek po iztiskanju olja – oljna pogača, obdela z organskimi topili, ki lahko odvzamejo tudi do 45 % olja iz semena oljnic. Pri domači proizvodnji olja s stiskanjem semena pa se omenjeni preostanek po prvem stiskanju ponovno spusti skozi stiskalnico, tako da se iz njega ponovno iztisne preostanek

olja (v oljni pogača ostane še 6 do 10 % olja, najbolj je da oljno pogačo zmeljemo npr. z mlinom kladivarjem na drobnejše dele tako da jih lahko ponovno spustimo skozi stiskalnico). Olje se iz glave stiskalnice med procesom stiskanja kontinuirano odstranjuje v poseben rezervoar za pred filtriranje, kjer se opravi grobo čiščenje olja od mehanskih delcev. Po grobem čiščenju se opravi fino čiščenje s postopkom sedimentacije ali filtracije. Istočasno nastaja, kot stranski produkt stiskanja, oljna pogača oziroma pelet.



Slika : Pridobivanje rastlinskega olja na decentralizirani način s postopkom hladnega stiskanja

Slika prikazuje pridobivanje rastlinskega olja na decentralizirani način s postopkom hladnega stiskanja (primer iztiskanja olja iz semena oljne ogrščice), primerno za kmetije, ker jim omogoča proizvodnjo izdelka z višjo dodano vrednostjo in nizkimi obremenitvami okolja s toplogrednimi plini.

Seme oljnic za proizvodnjo rastlinskega olja je potrebno dobro očistiti da se odstranijo različne primesi (sončnično seme npr. lahko vsebuje tudi do 25 % lupin). Odstranjevanje lupin omogoča večji izkoristek pri iztiskanju olja, povečuje izkoristek same stiskalnice in zmanjšuje njeno obrabo. Osnovo vsake kmetijske oljarne za stiskanje semena oljnic, predstavlja mehanska stiskalnica vijačnega tipa. Od oljnic se z omenjenimi stiskalnicami stiska seme oljne ogrščice, sončnice, lana, sezama, maka, konoplje, itn. Največji izplen olja se dosega pri stiskanju oljne ogrščice (do 38 % pri dvofaznem stiskanju) in sončnice (do 36 % pri dvofaznem stiskanju), pri ostalih oljnicah pa je nižji. Stiskalnica za mikro ali mini oljarno opravlja kontinuirano hladno stiskanje semena oljnic (za proces delovanja ni potrebno dovajanje posebne toplote za segrevanje semena ali samega stroja). Olje se iz stiskalnega dela med procesom stiskanja kontinuirano odstranjuje v poseben rezervoar za pred filtriranje, kjer se opravi grobo čiščenje olja od mehanskih delcev. Istočasno nastajajo, kot stranski produkt stiskanja tudi oljna pogača oziroma peleti. Seme, ki gravitacijsko prihaja iz nasipnice prihaja do horizontalno nameščenega polža, ki ga z vrtenjem transportira do stiskalnega dela – stiskalne glave, kjer se seme stisne. Olje, ki je iztisnjeno iz semena se vrača v nasprotni smeri od smeri vrtenja vijaka in teče na drobne odprtine na cevi. Stisnjeno seme vijak izriva iz stiskalne glave skozi pušo, kjer se formira v pelete. Učinek stiskalnic za mikro oljarne je 8 – 20 kg/h stisnjenega semena oljnic na uro, kar je odvisno od vrste semena. Urni učinek se lahko poveča z dodajanjem ene ali več stiskalnic. Večje stiskalnice, ki so namenjene mini oljarnam imajo kapaciteto od 20 – 100 kg/h stisnjenega semena. Obstajajo tudi stiskalnice večjih kapacitet vendar v takem primeru govorimo že o proizvodnji v večjem obsegu, ki presega zmoglosti mikro oziroma mini oljarne. Olje, ki prihaja iz stiskalnice se očisti grobih

primesi v manjši posodi s postopkom sedimentacije. Iz te posode se olje transportira v večji rezervoar za olje s pomočjo črpalke. Olje se iz stiskalnega dela med procesom stiskanja kontinuirano odstranjuje v poseben rezervoar za pred filtriranje, kjer se opravi grobo čiščenje olja od mehanskih delcev. Istočasno nastajajo, kot stranski produkt stiskanja tudi oljna pogača oziroma oljni peleti (odvisno od izvedbe stroja). V olju, ki pride iz stiskalnice se nahaja manjša ali večja količina nečistoč. Metode za čiščenje olja na kmetijah so zelo enostavne, olje se v prvi fazi mehansko očisti od nečistoč s pomočjo postopka sedimentacije ali filtracije oziroma kombinacije obeh metod. Olje, ki se čisti s filtracijo se pripravi v homogenizacijski posodi, iz katere se prečrpamo skozi filtre različne izvedbe. Postopek filtracije omogoča hitro čiščenje olja, potrebuje zelo majhen prostor ter minimalno izgubo olja v primerjavi s postopkom sedimentacije vendar je cenovno tudi precej dražji v primerjavi s postopkom sedimentacije. Olje se lahko očisti tudi s postopkom centrifugiranja (uporablja se centrifugalna sila namesto gravitacijske pri postopku sedimentacije), zaradi cenovne nedostopnosti pa se redko uporablja na kmetijah. Olje nastalo pri procesu stiskanja in očiščeno s pomočjo sedimentacije ali filtracije oziroma s kombinacijo obeh metod se prečrpa v posode za skladiščenje.

Poraba energije za decentralizirano proizvodnjo olja na kmetijah

Analiza porabe energije v pridelavi oljnic je bila narejena za oljno ogrščico in sončnico. V energijski analizi so bili upoštevani vsi inputi direktne energije. Inputi indirektne energije (proizvodnja traktorjev in priključnih strojev, mineralna gnojila, fitofarmaceutvska sredstva, itd.) ni bila upoštevana. Poraba indirektne energije je definirana, kot energija mineralnega dizelskega goriva, ki je uporabljeno za opravljanje različnih mehaniziranih delovnih operacij. Celotna energija, ki je porabljena za pridelavo oljnice (oljne ogrščice ali sončnice) na površini enega hektarja je ugotovljena s seštevanjem porabe energije posameznih delovnih operacij. Omenjeno porabo celotne energije lahko prikažemo z enačbo (1).

$$E_{prod} = E_{st} + E_f + E_p + E_h + E_{it} + E_d \quad (1)$$

E_{prod} = celotna energija za pridelavo oljnice (MJ)

E_{st} = energija za osnovno in dopolnilno obdelavo tal

E_f = energija za gnojenje

E_p = energija za varstvo rastlin

E_h = energija za žetev

E_{it} = energija za transport od mesta pridelave do kmetije

E_d = energija za dosuševanje oljnic

Za pridelavo oljnic je izdelana analiza za konvencionalno, integrirano in ekološko pridelavo. Porabo energije v omenjeni pridelavi ugotavljamo med delovnimi operacijami s traktorji s priključki za primarno in sekundarno obdelavo tal, setev, gnojenje, varstvo rastlin itd. Poleg tega je vključen poraba energije za žetev in notranji transport oljnic na kmetiji. Poraba energije pri klasični obdelavi tal je določena za obdelavo tal s plugi. Alternativa konvencionalni obdelavi tal je neposredna setev brez obdelave tal. Za doolnilno obdelavo tal se uporabljajo diskaste brane ali predsetveniki, v drugem primeru pa uporaba traktorskih priključkov s pogonom na priključno gred (vrtavkaste brane ali prekopalniki - freze). Poraba mineralnega dizelskega goriva za traktorje s priključki je izražena v l/ha. Poraba mineralnega dizelskega goriva traktorjev s priključki in samovoznih kmetijskih strojev - kombajnov (spravilo oljnic) je bila izmerjena na vzorčnih kmetijah z volumetrično metodo. Modelni izračuni so narejeni na podlagi povprečne porabe dizelskega goriva. Uporaba mineralnih gnojil je predvidena v konvencionalni proizvodnji. V integrirani pridelavi je predvidena uporaba mineralnih in organskih gnojil v razmerju 80 % mineralnih in 20 % organskih gnojil. Za ekološko kmetovanje je predvidena uporaba organskih gnojil. Količine gnojil se izračunajo glede na pridelek posameznih poljščin. Pred nadaljnjo predelavo oljnic v končne izdelke je potrebno izvesti čiščenje pridelka od nečistoč. Namen mehanske ekstrakcije je ločiti oljni del od trdnega dela semenskega materiala iz oljnic (sončnice, oljna ogrščica, itn.). V olju, ki pride iz stiskalnice, je tudi manjša količina mehanskih primesi. Metode čiščenja olja od nečistoč na kmetijah so zelo enostavne (olje se mehansko očisti nečistoč s postopkom sedimentacije ali filtracije ali kombinacijo obeh metod).

$$E_{oproc} = E_{cle} + E_{op} + E_o \quad (2)$$

E_{oproc} = celotna energija uporabljena za procesiranje semena oljnic v olja (MJ) (2)

E_{cle} = energija za čiščenje olj od primesi (nečistoče)

E_{op} = energija za mehansko ekstrakcijo semena oljnic v olja (stiskanje),

E_{of} = za filtriranje rastlinskih olj

Razlika med industrijsko proizvodnjo rastlinskega olja in proizvodnjo rastlinskega olja na kmetijah je v tehnologiji, ki je na kmetijah zelo enostavna. Industrijski način proizvodnje olj je za aplikacijo v majhnem obsegu neprimeren zato se je ponovno začela uveljavljati mehanska ekstrakcija semena oljnic z mehanskimi kontinuiranimi stiskalnicami vijačnega tipa (postopek iztiskanja olja kontinuirano poteka in je praktično dostopen širokemu krogu uporabnikov omenjene tehnologije). Poleg tega se uporabljajo tudi stroji majhne kapacitete, ni uporabe topil ter odpadne vode iz procesa ekstrakcije oljnic. Stiskalnice za semena oljnic z nazivno močjo od 1,2 kW_e do 5 kW_e so najpogostejše na kmetijah zaradi njihove enostavnosti za uporabo in vzdrževanje, nizkih stroškov obratovanja in dobrih konstrukcijskih lastnosti. Za analizo porabe energije v mehanski ekstrakciji semena oljnic smo uporabili stiskalnico kontinuiranega tipa (vijačna izvedba), nominalne moči 1,5 kW. V procesiranju oljnic v rastlinska olja se uporablja električna energija. Emisijski faktor toplogrednih plinov TGP iz proizvodnje električne energije, preračun v ekvivalent CO₂ v Sloveniji (povprečje za obdobje od leta 2002 do leta 2020) znaša 0,466 kg CO₂ eq./kWh_e.



Slika : Mehanska ekstrakcija semena oljnic s kontinuiranim postopkom z vijačno izvedbo stiskalnice v majhni oljarni na kmetiji, merilna oprema za ugotavljanje porabe električne energije je postavljena za stiskalnico

Stiskalnice za mehansko ekstrakcijo oljnic

Na gospodarnost stiskanja soje pomembno vpliva tudi trženje produktov, ki nastanejo po stiskanju. Pri stiskanju semena soje nastaja, kot produkt stiskanja oljna pogača, ki je beljakovinsko močno krmilo za prehrano živali ali druge namene in olje. Za mehansko ekstrakcijo rastlinskega olja za domačo uporabo olja ter za manjšo proizvodnjo olja za trg v mikro in mini oljarnah na kmetijah in v manjših obratih, se danes skoraj izključno uporabljajo vijačne stiskalnice (prevladujejo izvedbe z enim vijakom - polžem, zelo redko z dvema vijakoma, izvedbe z dvema vijakoma po nam dostopnih podatkih pri nas ni trenutno v uporabi) za hladno stiskanje. Mikro in mini stiskalnice moči od 1,5 kW do 5 kW so predvidene za večurno ali celodnevno pol profesionalno in profesionalno uporabo na: manjših in srednje velikih kmetijah za manjšo proizvodnjo olja za različne namene ter pripravo krme za prehrano živali. Poleg tega se lahko uporabljajo v šolah in raziskovalno razvojnih institucijah za eksperimentalne namene, v manjših obratih za proizvodnjo olja v manjšem obsegu, nišne

butične izdelke, kjer se lahko na vsakih nekaj dni stiskajo različna olja, itn. Učinek mikro in mini stiskalnic je 15 – 50 kg stisnjene semena oljnic/uro, kar je odvisno od vrste semena. Urni učinek se lahko poveča z dodajanjem ene ali več stiskalnic (baterijski način delovanja, kjer lahko povežemo v sistem dve ali več mikro ali mini stiskalnice). Ta način se priporoča za postopno povečanje kapacitete mikro oljarne na kmetiji ali v manjšem obratu. Večje stiskalnice z močjo pogonskega elektromotorja od 5 do 8 kW, so namenjene srednje velikim oljarnam, imajo pa kapacitete od 50 – 100 kg/uro iztisnjene semena. Obstajajo tudi stiskalnice večjih kapacitet vendar v takem primeru govorimo že o proizvodnji v večjem obsegu, ki presega zmožnosti prej omenjenih mikro oljarn.

Celotna energija, ki se uporabi v pridelavi oljnic (oljna ogrščica in sončnica) je prišteta celotni energiji, ki se uporabi za njihovo procesiranje v končni produkt – rastlinska olja. Seštevek obeh porabljenih energije predstavlja celotno energijo, ki je uporabljena za končni produkt – rastlinsko olje.

$$E_{finprod} = E_{oprod} + E_{oproc} \quad (3)$$

$E_{finprod}$ = celotna energija za končni produkt – rastlinsko olje (MJ),

E_{oprod} = celotna energija uporabljena za pridelavo semena oljnic

E_{oproc} = celotna energija uporabljena za procesiranje semena oljnic v rastlinsko olje

Porabo električne energije smo merili med mehansko ekstrakcijo semena oljnic skozi daljše časovno obdobje. Stiskalnica na kateri so izvajane meritve je bila opremljena s frekvenčnim pretvornikom tako da smo vrtilno frekvenco vijaka za stiskanje prilagodili stanju semena oljnic (količina vlage v semenu, dostopna količina olja). S tem smo zmanjšali porabo električne energije ter dosegali optimalne izplene olja iz semena oljnic.

Procesiranje semena soje s stiskalnicami

Za ekstrakcijo olj iz semena soje so danes v uporabi fizikalne in kemične metode. Pri fizikalni (mehanski) metodi se uporablja mehanska ekstrakcija olja s stiskalnicami kontinuiranega delovanja. Omenjene stiskalnice predstavljajo tehnologijo s primernim razmerjem kakovost/cena za različne velikosti kmetij (male, srednje, velike). V primeru kemične ekstrakcije pa se uporabljajo različna topila.

Procesiranje soje lahko opravimo na več načinov:

- Termična obdelava: termično obdelano celotno zrnje soje je pridobljeno s segrevanjem zrnja soje na določeni temperaturi,
- Termična obdelava in mehanska ekstrakcija s stiskanjem: zrnje se termično obdela, s površja zrnja soje se odstrani ovojnica - lupina, stiskanje soje se opravi s stiskalnicami vijačnega tipa,
- Mehanska ekstrakcija s stiskanjem: odstranjevanje ovojnice - lupine (ni obvezno), drobljenje zrnja soje, stiskanje s stiskalnicami vijačnega tipa,
- Mehanska ekstrakcija z ekstrudiranjem in stiskanjem: odstranjevanje ovojnice - lupine (ni obvezno), ekstrudiranje in stiskanje s stiskalnicami vijačnega tipa,
- Ekstrakcija s pomočjo topil: termična obdelava semena s paro, odstranjevanje lupine, mešanje topila in ekstrakcija s topilom, ekstrakt soja zrnja
- Mehanska ekstrakcija in ekstrakcija s pomočjo topil: odstranjevanje ovojnice - lupine (ni obvezno), drobljenje zrnja soje, stiskanje s stiskalnicami vijačnega tipa, v drugi fazi se oljna pogača iz postopka mehanske ekstrakcije meša s topili, ekstrakcija s topilom,

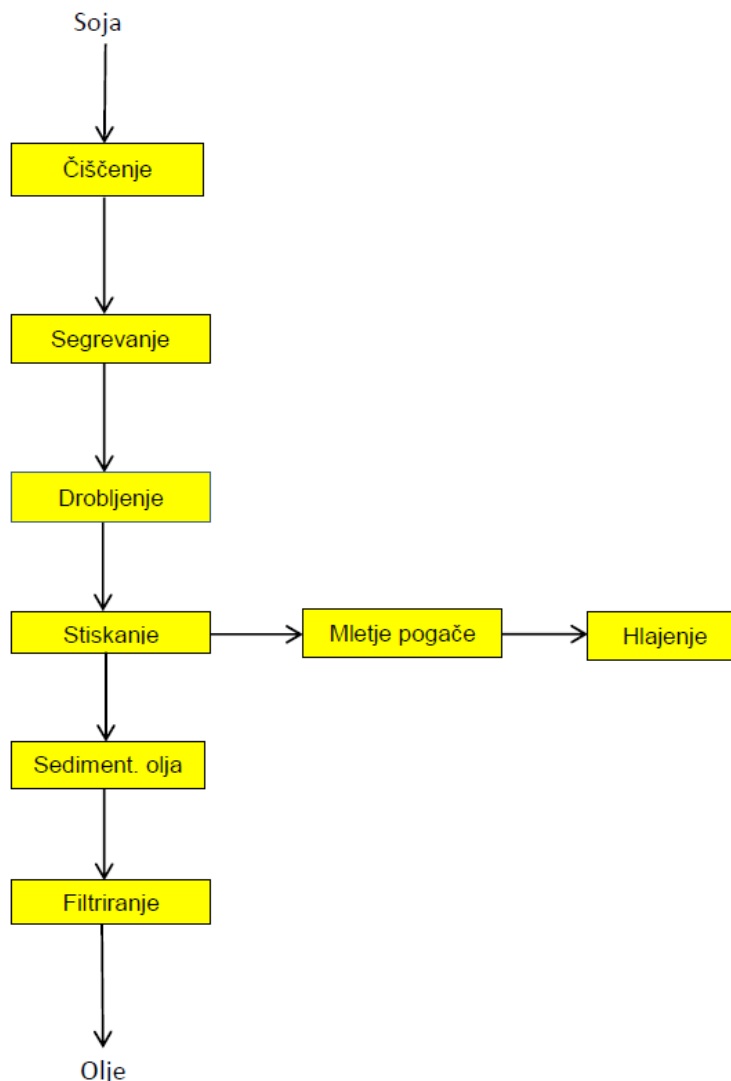
ekstrakt soja pogače

Mehanska ekstrakcija soje s stiskalnicami

Danes proizvodnja rastlinskih olj v velikih industrijskih obratih poteka kombinirano, s pomočjo mehanske ekstrakcije in s pomočjo topil. Rastlinska olja pridobljena izključno z mehansko ekstrakcijo, vsebujejo veliko različnih hranilnih snovi, ki se med postopkom mehanskega stiskanja semena skoraj v celoti ohranijo. Rastlinsko olje pri sodobni industrijski predelavi gre skozi več različnih faz predelave. Mehanska ekstrakcija semena soje se dobro vključuje v trend lokalne pridelave končnih kmetijskih produktov. Kapaciteta obratov za mehansko ekstrakcijo semena soje se pri mikro obratih giblje od predelanih nekaj deset ton soje do nekaj sto ton na leto. Večje enote pa lahko predelajo od tisoč pa tudi po več deset tisoč ton soje na leto.

Običajni proces v mikro ali mini obratu za procesiranje soje poteka po naslednjem vrstnem redu: čiščenje semena od primesi, segrevanje, stiskanje semena soje in dodatno čiščenje olja s sedimentacijo ali filtracijo (tem postopkom sledi še rafinacija v velikih obratih). V našem primeru se gre za procesiranje soje na kmetijah tako da postopek rafiniranja odpade. Mehansko procesiranje soje je odlična alternativa kemijski ekstrakciji. Z uporabo ekstrudorjev in stiskalnic dosegamo nižje stroške obratovanja ter eliminacijo topil. Pri kemičnem procesiranju se pri konvencionalni metodi uporablja topilo – heksan, ki je zelo hlapno in eksplozivno. Zaradi tega so potrebni tudi posebni previdnostni ukrepi. Zaradi svoje toksičnosti se heksan mora odstraniti iz olja in pogače (odstranjevanje heksana je energetsko zahtevno, potrebne so velike količine pare da se doseže mejne vrednosti preostanka heksana, ki so dovoljene v oljni pogači in olju). V kombiniranem mehanskem procesu ekstrudiranja in stiskanja zrnja soje je omogočeno da se doseže večja prebavljivost beljakovin, kar je pomembno v prehrani živali, kot so prašiči, perutnina in ribe. Poleg tega mehanska ekstrakcija zrnja soje omogoča da v oljni pogači ostane 6 – 8 % olja. Posledično s tem je dosegljivo več presnovne energije v oljni pogači v primerjavi z oljno pogačo pridobljeno pri kemijski ekstrakciji (olje je vezano v celicah, pri kemijski ekstrakciji je samo nekaj površinskega olja, ki je tudi manj dostopno pri prebavi živali).

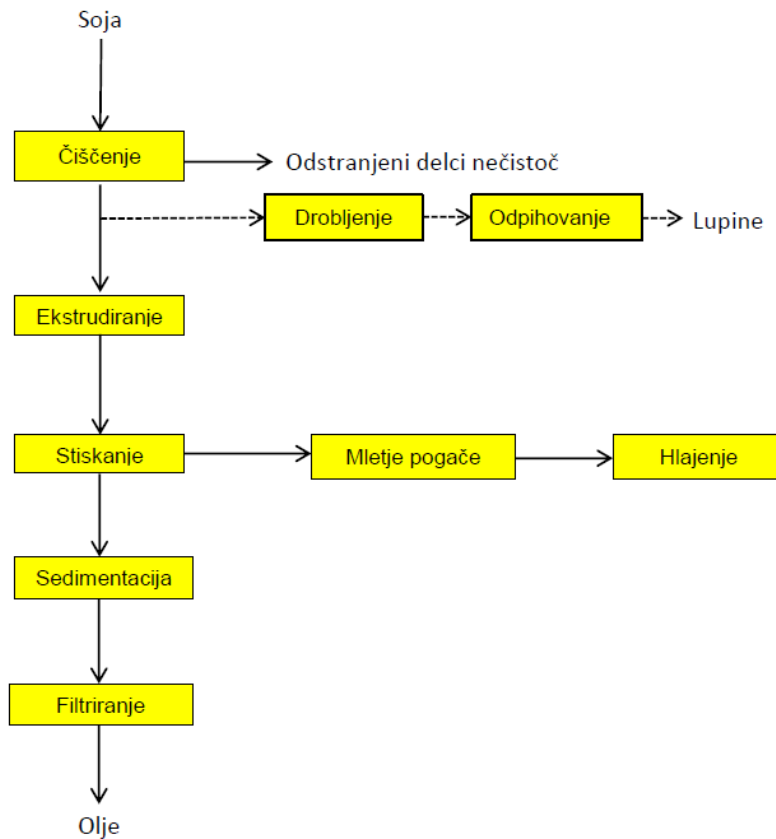
Pri mehanski ekstrakciji semena soje se uporablja stiskanje semena z odstranjeno ovojnico ali tudi s samo ovojnico semena v kontinuiranih stiskalnicah vijačnega tipa. Za odstranitev ovojnice s površja zrnja, soja se pusti stati 24 ur v prostoru, kjer opravljamo stiskanje, preden se začne s postopkom odstranjevanja ovojnice. S tem je omogočena enakomerna razporeditev vlage po zrnju. Toplotno odstranjevanje ovojnice poteka tako da se očiščeno seme soje segreje na temperaturo 60 °C v času pol ure. S tem se doseže premik vlage na površje zrnja. Temu sledi hitro segrevanje na približno 85 °C, kar pomaga odstraniti 1 do 3 % vlage. V tem postopku ovojnice – lupine se zlomijo in odstranijo od zrnja. Zrnje postane krhko in se razdeli v dve polovički. Dodatno se zrnje zdrobi s pomočjo valjčnega mlina v več delcev. dstranjevanje ovojnic – lupine omogoča da se procesira manjša količina materiala v procesu stiskanja (ovojnica ima 8 % mase od celotne mase semena) ter izboljšana količina beljakovin v obroku. Ovojnice – lupine se zatem odstranijo na strojih z vibracijskimi siti, zračnim odpihovanjem ali gravitacijsko. Lahko se na strojih uporabi tudi kombinacija omenjenih postopkov. Za doseganje dobre kakovosti olja iz semena soje, delovni proces se mora opravljati kontinuirano (postopku odstranjevanja lupine sledi stiskanje)



Slika : Potek procesa stiskanja soje z vijačno stiskalnico

Na sliki je prikazan enostaven način procesiranja soje z vijačno stiskalnico. Zrnje soje se očisti od različnih primesi. Čiščenje se opravi na strojih, kjer se kombinirano s siti in prepihanjem z zrakom odstrani različne primesi. Sledi segrevanje zrnja in drobljenje zrnja z valjčnim drobilnikom (drobljenje ni obvezno, ker se že pri segrevanju zrnje začne razpadati na manjše delce). Zdrobljeno zrnje se transportira s polžnim transporterjem v stiskalnico vijačnega tipa, kjer poteka proces mehanske ekstrakcije. V procesu stiskanja v vijačni stiskalnici prihaja do segrevanja celotnega zrnja, olje pa se mehansko iztisne iz soje. Toplota, ki se ustvari zaradi trenja v stiskalnici deluje tudi na škodljive snovi, ki se nahajajo v zrnju soje. Produkt stiskanja je oljna pogača, ki se zmelje z mlinom kladivarjem ali valjčnim mlinom. Olje, ki nastane, kot stranski produkt se lahko očisti kombinirano s sedimentacijo in filtriranjem oziroma samo s sedimentacijo, če ni zahtevana večja čistoča olja. Olje za energetske in druge industrijske namene je potrebno filtrirati tudi do velikosti delcev 1 μm , v tem primeru se opravi sedimentacija ter fina filtracija oziroma groba in fina filtracija.

S stiskanjem in ekstrudiranjem semena soja kombiniramo prednosti obeh procesov. Ekstrudiranje omogoča mehansko porušitev celičnih struktur, odstranitev neželenih snovi, ki slabo vplivajo na prehranske snovi in gretje zrnja soje. S tem je omogočeno da se poveča količina pridobljenega olja v naknadnem stiskanju semena soja s stiskalnicami vijačnega tipa, poleg tega se izboljša prebavljivost oljne pogače.



Slika : Proces s kombiniranim ekstrudiranjem in stiskanjem soje z vijačno stiskalnico, črtkano je prikazan del procesa, ki ni obvezen

Poraba energije pri stiskanju semena soje na vijačni stiskalnici

Opravili smo meritve porabe električne energije na vijačni stiskalnici AIS P 60, ki je zasnovana in narejena na Kmetijskem inštitutu Slovenije, Oddelku za kmetijsko tehniko in energetiko. Stiskalnica AIS P 60 je namenjena za kontinuirano delovanje. Opremljena je z elektromotorjem nazivne moči 1,5 kW, ki je povezan s frekvenčnim pretvornikom, ki omogoča spreminjanje hitrosti vrtenja elektromotorja (s spreminjanjem frekvence in napetosti reguliramo oziroma krmilimo elektromotor).



Slika : Vijačna stiskalnica AIS P 60 omogoča stiskanje soje

Pri meritvah porabe energije za stiskanje semena soje smo uporabljali na izhodu iz stiskalnice šobo premera 22 mm za formiranje oljnega peleta. Z meritvami porabe električne energije smo ugotovili da poraba električne energije stiskalnice AIS P 60 znaša 0,42 kWh pri frekvenci 41 Hz na frekvenčnem pretvorniku povezanim s pogonskim elektromotorjem (ustreza vrtilni frekvenci polža stiskalnice 31 vrt./min. – določena je minimalna vrtilna frekvenca, ki je še dovoljevala pravilno delovanje stiskalnice pri semenu soje, ki smo ga stiskali). Urni učinek stiskalnice je znašal 9,23 kg semena/ura (količina semena, ki se iztisne v eni uri). Pri frekvenci, ki je znašala 75 Hz na frekvenčnem pretvorniku povezanim s pogonskim elektromotorjem (ustreza vrtilni frekvenci polža stiskalnice 56 vrt./min.) je ugotovljena poraba energije 0,61 kWh pri stiskanju semena soje. Urni učinek stiskalnice je znašal 15,6 kg semena/ura.

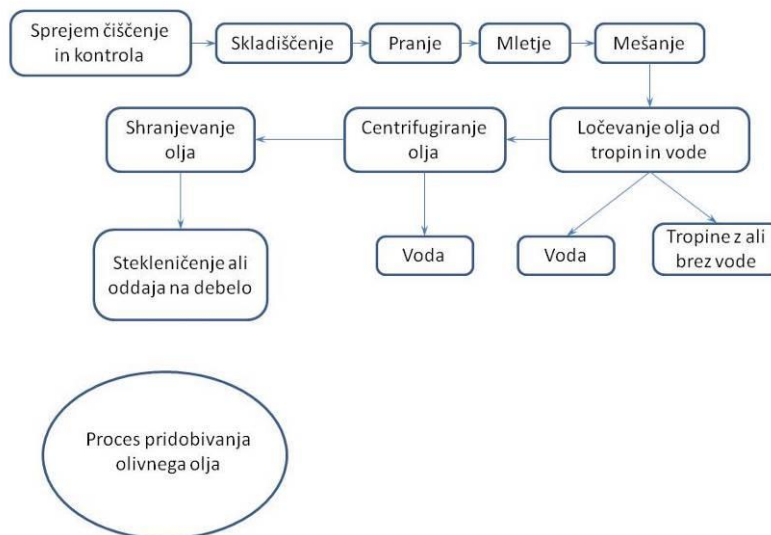
Maksimalna poraba električne energije je znašala 0,85 kWh pri frekvenci 110 Hz na frekvenčnem pretvorniku povezanim s pogonskim elektromotorjem (ustreza vrtilni frekvenci polža stiskalnice 82 vrt./min., oziroma maksimalni vrtilni frekvenci polža stiskalnice) in urnem učinku stiskalnice 24 kg semena /ura. Pri vseh meritvah je temperatura glave stiskalnice znašala 90 ° C. Soja je bila pred stiskanjem tudi termično obdelana da se zrnje lažje zdrobi na manjše delce (manjše delce je lažje stiskati v vijačni stiskalnici). Ugotovljeno je da z naraščanjem vrtilne frekvence polža se povečuje učinek stiskalnice, narašča pa tudi poraba električne energije. Glede kakovosti stiskanja in optimalne porabe energije je smiselno opravljati stiskanje semena soje pri urnih učinkih stiskalnice, ki znašajo od 10 do 15 kg semena/uro.

Meritve porabe energije so pokazale da je poraba energije za mehansko ekstrakcijo semena soje s pomočjo vijačnih stiskalnic majhna, ter da se giblje v primeru stiskalnice AIS P 60 z elektromotorjem nazivne moči 1,5 kW, ki je povezan s frekvenčnim pretvornikom, v razponu od 0,42 kWh do 0,85 kWh. Glede kakovosti stiskanja in optimalne porabe energije je smiselno opravljati stiskanje semena soje pri urnih učinkih stiskalnice AIS P 60, ki znašajo od 10 do 15 kg semena/uro. Poleg tega so možni dodatni energetske prihranki v primeru dodatnega zajema odpadne toplote v mehanski ekstrakciji. Med procesom ekstrudiranja ter stiskanja semena soje nastajajo tudi precejšnje količine toplote. Pri ekstrudirjih je to para na izhodu iz ekstrudorja pri stiskalnicah pa toplotna energija. Nekateri proizvajalci ponujajo možnost zajema omenjene energije in njeno vračanje na začetek procesa (dogrevanje semena soje). S kompleksnimi večstopenjskimi sistemi za rekuperacijo je možno vrniti do 40 kWh/t energije na tono procesiranega semena soje. S tem so omogočeni prihranki energije, ki so značilno višji v primerjavi s porabo energije v primeru kemijske ekstrakcije soje.

Nizki energijski vložki mehanske ekstrakcije soje v povezavi z lokalno pridelavo in procesiranjem soje omogočajo nizek ogljični odtis oljne pogače za prehrano živali (nižji v primerjavi z oljno pogačo, ki se transportira iz oddaljenih delov sveta). Pomembna prednost lokalnega procesiranja soje s stiskalnicami je da lahko kontroliramo kakovost od pridelave do končnega produkta (oljne pogače za prehrano živali).

Predelava oljk v oljčno olje

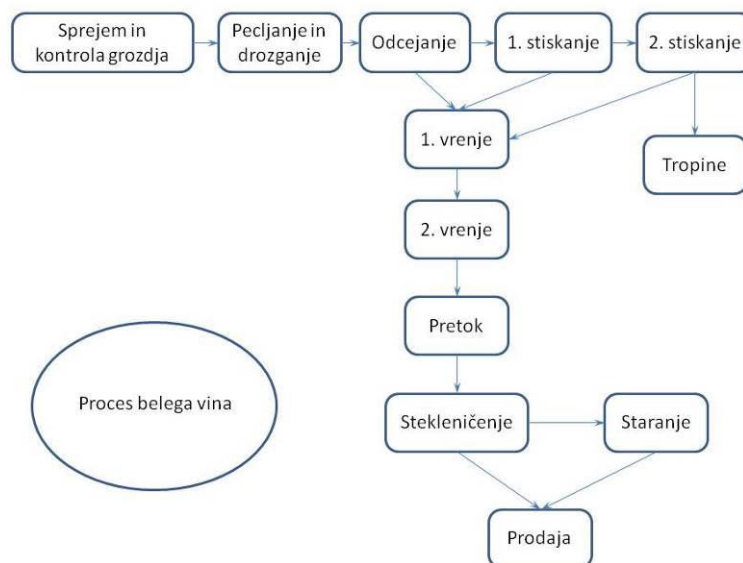
Za predelavo oljk je predstavljen celoten proces na naslednjem diagramu. Sveže pobrane plodove je potrebno očistiti, ker vsebujejo različne nečistoče, kot so listje, delci vej, mehansko poškodovani plodovi itn. Po grobem čiščenju sledi faza dvofaznega vodnega pranja zaradi dodatne odstranitve nečistoč s samih plodov. Po opravljenem pranju sledi mletje plodov, ki se opravi z mlinom kladivarjem, ki potiska nastalo zdrobljeno maso skozi perforirano ploščo. Po izstopu iz zdrobljene mase iz odprtih na perforirani plošči nastane pastozna masa iz katere se dobiva olje. Pastozna masa se meša in segreva zaradi lažjega ločevanja olja iz nje. Masi se po potrebi dodaja voda da se poveča njena pretočnost (količina vode je odvisna od vlažnosti oliv). Masa, ki je predelana z omenjenim postopkom, se s pomočjo črpanja dovaja v horizontalni stroj za centrifugiranje, kjer se opravi ločevanje različnih frakcij iz pastozne mase. Zaradi centrifugalnega učinka na maso se opravi grobo ločevanje olja iz mase. Po tej fazi centrifugiranja sledi še eno centrifugiranje mase v vertikalni centrifugi, ki opravi dokončno mehansko ekstrakcijo olja. V procesu nastajajo velike količine odpadne vode. Zaradi pocenitve proizvodnje oljnega olja na nekaterih obratih uporabljajo posušeno maso, ki ostane po ekstrakciji za gorivo na kogeneratorskih enotah za istočasno proizvodnjo toplotne in električne energije. Poleg tega je možna uporaba sveže mase na bioplinskih napravah.



Slika : Predelava oljk v oljčno olje

Predelava grozdja

Predelava grozdja se opravi do faze končnega produkta vina (predelava belega grozdja v belo vino ali rdečega grozdja v rdeče vino). Na spodnjem diagramu je prikazan proces proizvodnje belega vina. Pobranemu belemu grozdju se odstrani pecljevina, grozdne jagode pa se zmeljejo. Zmleto grozdje se stisne v mehanskih, hidravličnih ali pnevmatskih stiskalnicah ter grozdni sok pretoči v posodo ali cisterno in pusti stati več ur, tudi do enega dneva (izjemoma celo več). Belega grozdja se praviloma ne macerira, vsaj ne dalj časa (do nekaj ur).



Slika : Predelava belega grozdja v belo vino

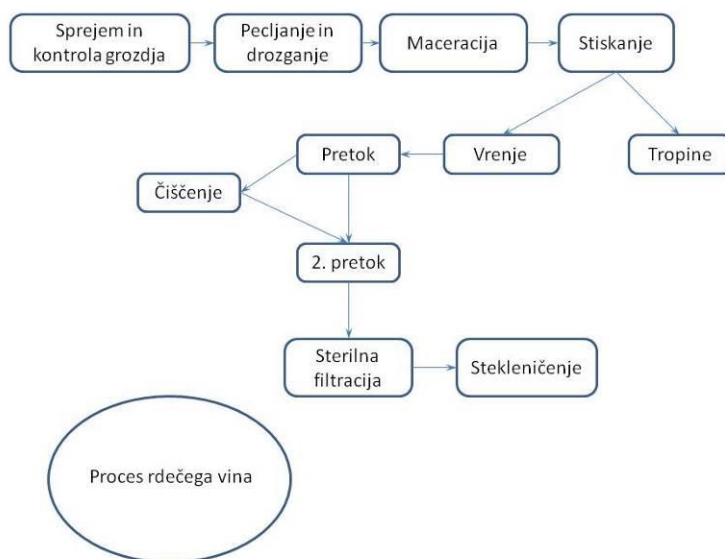


Slika : Predelava grozdja na kmetiji

Slika prikazuje predelave grozdja na kmetiji, kjer je merjena poraba energije v procesiranju končnega produkta - grozdja (Dolenjska)

Predelava rdečega grozdja v rdeče vino se nekoliko razlikuje od predelave belega grozdja. Dodana je faza maceracije zmletoga grozdja v posodi, kjer preidejo določene snovi (barvila, aromati, tanini in ostale snovi) iz grozdnih jagodnih kožic v sok. Maceracija se opravi pred

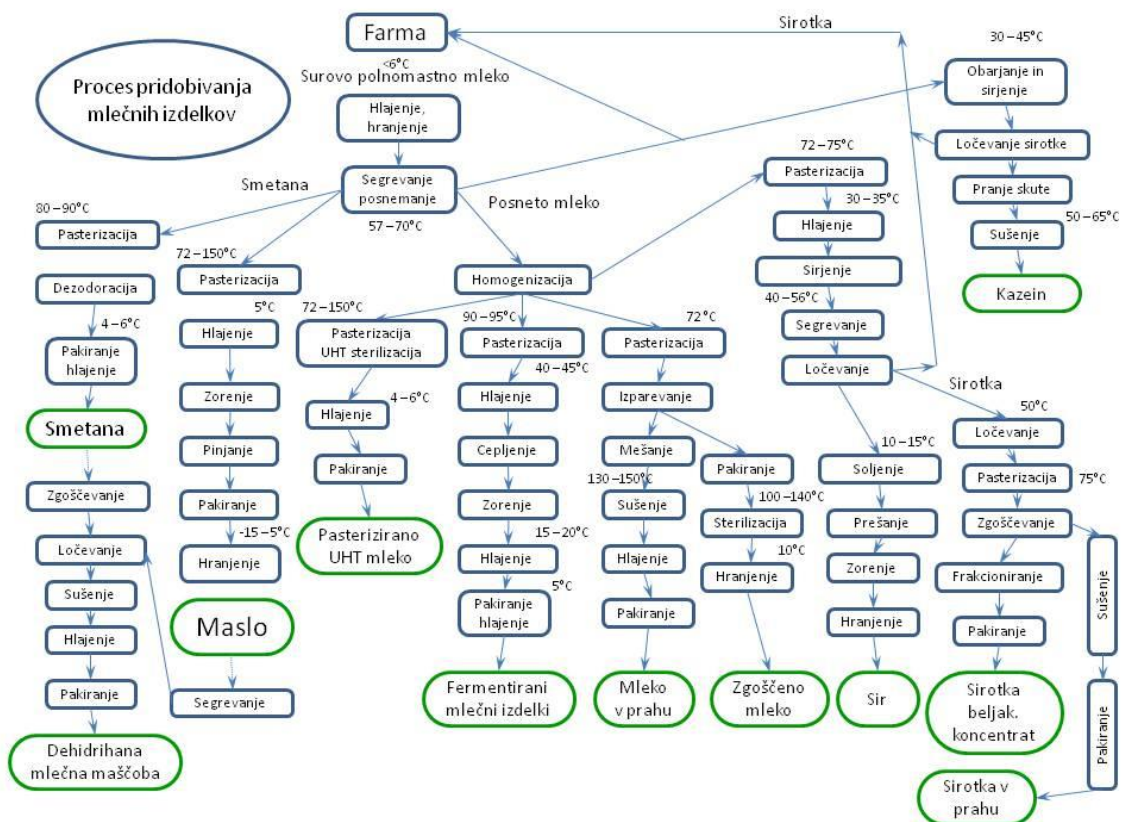
stiskanjem z mehansko, hidravlično ali pnevmatsko stiskalnico.



Slika : Predelava rdečega grozdja v rdeče vino

Predelava mleka v mlečne izdelke

Mleko se predeluje v različne izdelke, ki so glede porabe energije pri procesiranju različno zahtevni. Za procesiranje se uporabljajo različne metode prevladujejo pa termične metode, ki so energetsko tudi najbolj potratne. Najbolj razširjena je pasterizacija, ki predstavlja termalno uničevanje mikroorganizmov s temperaturami do 100 °C, sterilizacija s temperaturami 115 – 120 °C (20 – 45 min) ter UVT postopek s temperaturami 140 – 165 °C za nekaj sekund. UVT proces se uporablja za pred obdelavo mleka in proizvodnjo steriliziranega UVT mleka, sterilizacija pa se uporablja za mleko, ki mora biti obstojno dalj kot pet mesecev. Pasterizacija danes porabi manjši del energije (ponovna uporaba toplotne energije je med 90 – 94 %). UVT postopek in sterilizacija sta energijsko bolj potratna kot pasterizacija. Pri sterilizaciji je temperatura precej višja in na splošno temperaturna razlika med virom toplote in mlekom, ki ga je potrebno sterilizirati precej višja, kot pri pasterizaciji. Tendanca večje proizvodnje mleka, ki je obdelano z UVT postopkom v primerjavi s pasteriziranim mlekom, vpliva na porabo večjih količin energije za procesiranje enote mleka.



Slika : Predelava mleka v različne mlečne izdelke ter procesi, ki se uporabljajo pri predelavi

Energetsko najbolj potratno je proizvodnja mleka v prahu ter proizvodnja koncentriranega mleka, ki lahko poteka s postopkom evaporacije ali membranske koncentracije. Zaradi zniževanja porabe energije se v mlekarški industriji uporablja več fazni proces evaporacije.

Tabela : Poraba električne in toplotne energije pri predelavi mleka v mlečne izdelke v mlékarnah (vir FAO: Energy requirements in milk processing)

Finalni izdelek	Toplotna energija (kWh/kg mleka)	Električna energija (kWh/kg mleka)	Skupaj toplotna + električna energija (kWh/kg mleka)
Mleko v embalaži - pasterizirano	0,069	0,05	0,119
Mleko v embalaži - UHT metoda	0,1	0,09	0,19
Mleko v prahu (posneto) in maslo	0,58	0,090	0,67
Mleko v prahu (polnomastno)	0,52	0,080	0,6
Siri zorjeni - (proces sirotke)	0,46	0,1	0,56
Kondenzirano mleko	0,29	0,061	0,351
Mleko v steklenicah - pasterizirano	0,16	0,055	0,215
Mleko v steklenicah - sterilizirano	0,2	0,069	0,269

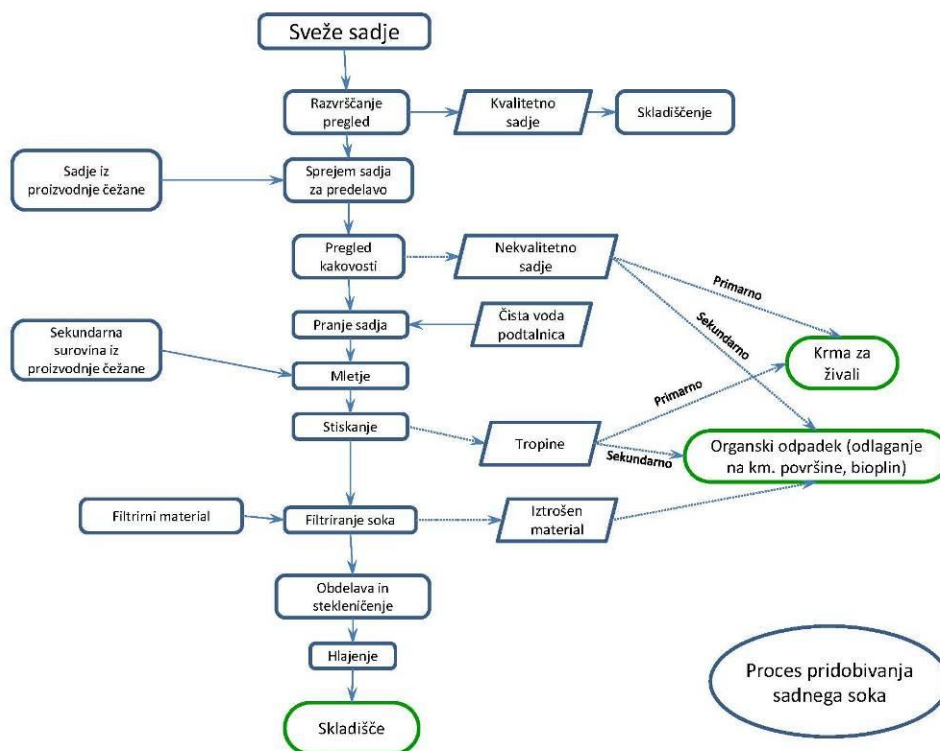
Energetsko najbolj potratno je proizvodnja mleka v prahu ter proizvodnja koncentriranega mleka, ki lahko poteka s postopkom evaporacije ali membranske koncentracije. Zaradi zniževanja porabe energije se v mlékarski industriji uporablja več fazni proces evaporacije.

Predelava sadja v sokove in druge izdelke

Po pridelavi sadja v trajnem nasadu, sledi predelava sadja. Predelava sadja lahko poteka na sami kmetiji ali pa v živilsko predelovalni industriji. Sadje je možno predelati na različne načine v različne sadne sokove, sadne kaše, sadne koncentrate, marmelade, suho sadje, žgane pijače iz sadja itn. Vsi naštetih izdelki so končni produkti, razen sadne kaše in sadnega koncentrata, ki predstavljata polizdelek ali vmesno fazo v proizvodnji sadnih pijač, marmelad in džemov. Z vsemi omenjenimi izdelki se doseže višja dodana vrednost osnovnega pridelka - sadja, poleg tega pa se sadje predela v produkte, ki se lahko skladiščijo daljše časovno obdobje, večinoma brez dodatnega vložka večjih količin energij (v primerjavi s skladiščenjem sadja v hladilnicah, kjer je potrebno konstantno uporabljati električno energijo za proces hlajenja sadja). Predelava sadja se dostikrat odvija na kmetijah, ki se ukvarjajo s sadjarsko ali mešano (npr. sadjarsko vinogradniško) pridelavo. Za predelavo sadja v sokove obstajajo manjše predelovalne enote (decentralizirana proizvodnja). V raziskavah je obravnavana proizvodnja sokov iz pečkatega in koščičastega sadja, ker predstavlja najpomembnejši del predelave sadja pri nas. Pred leti se je ta pridelava odvijala na tradicionalen način, kjer je bilo vložnega veliko ročnega dela, najpomembnejši del te pridelava pa je bilo stiskanje sadja predvsem z mehanskimi ter pozneje hidravličnimi stiskalnicami za sadne plodove.

Predelava pečkatega sadja

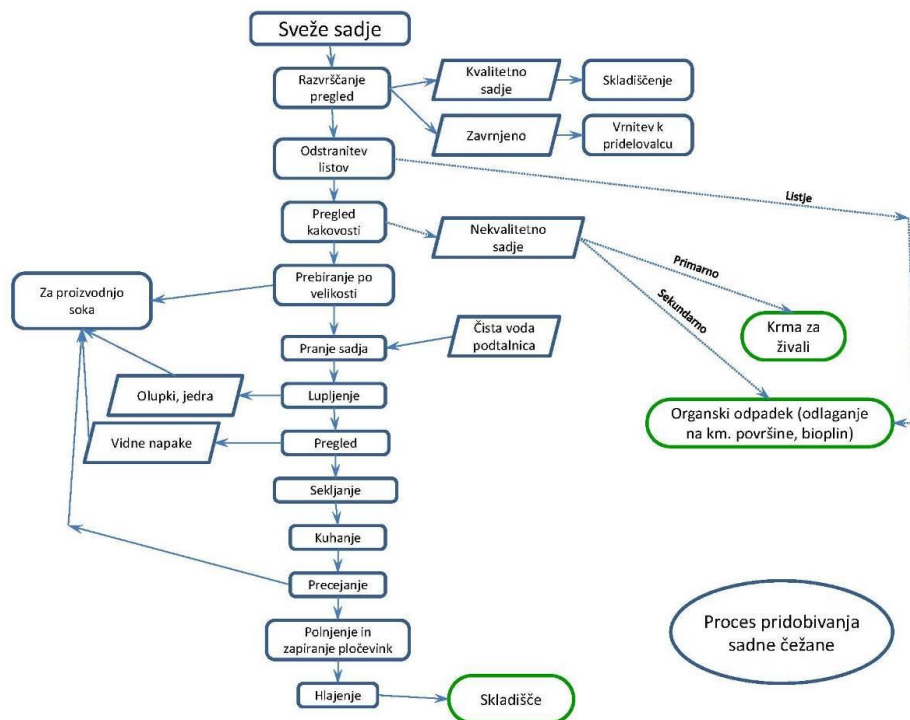
Pri sodobni predelavi pečkatega sadja v sadne sokove se proces predelave začne s sprejemom sadja, ki ga pripeljejo v boks paletah. Boks palete se s pomočjo posebne dvigalne naprave praznijo v pralni stroj, kjer se opravi pranje sadja mehansko s krtačami in z vodo. V fazi pranja se odstrani tudi listje in druge nečistoče. Oprano sadje (plodovi jabolk, hrušk, kutin itn.) se s pomočjo trakastega transporterja, transportira do prebiralne mize, kjer se opravi vizualni pregled sadja ter odstranijo gnili, poškodovani itn. plodovi (v primeru decentralizirane proizvodnje se to opravi na ročni način). Plodovi se po transportnem traku transportirajo do mlina za mletje plodov v kašo, ki omogoča nadaljnjo predelavo. Pridobljena sadna kaša se transportira s pomočjo polžnega transporterja v stiskalnico za sok. Stiskanje se opravi po šaržnem postopku v pnevmatski stiskalnici ali kontinuiranem postopku v kontinuirani stiskalnici. Sok se iz stiskalnice vodi na filtriranje, kjer se odstranijo različni delci, ter zatem direktno prečrpa v cisterne za sok, kjer se ga uskladišči pri nižjih temperaturah da se ga zaščiti pred kvarjenjem. Sok se iz cistern vodi na pasterizator, kjer se ga termično obdela (segreje na temperaturo 65 °C v trajanju 30 min; 77 °C v trajanju 1 min ali na 88 °C v trajanju 1 s) da se mu podaljša rok trajanja ter da se ga lahko pretoči v stekleno ali plastično embalažo. Iz pasterizatorja se sok vodi na polnilno linijo, ki je v primeru decentraliziranih enot polavtomatska, kar pomeni da mora oseba, ki dela na polnilni liniji, steklenice ali plastične vrečke (prostornine od nekaj decilitrov do več litrov), ročno vstavljati na polnilna mesta ter jih po polnitvi zlagati v zaboje ali kartonaste škatle za transport do končnega uporabnika. Tople steklenice ali plastične vrečke se vodijo skozi hladilno korito, ki se uporablja za zniževanje temperature pakiranega soka v vrečkah ali steklenicah. V primeru avtomatiziranih polnilnih linij pa se sok iz cistern vodi do enote, kjer se avtomatično polnijo steklenice ali plastične vrečke (prostornine od nekaj litrov do več litrov).



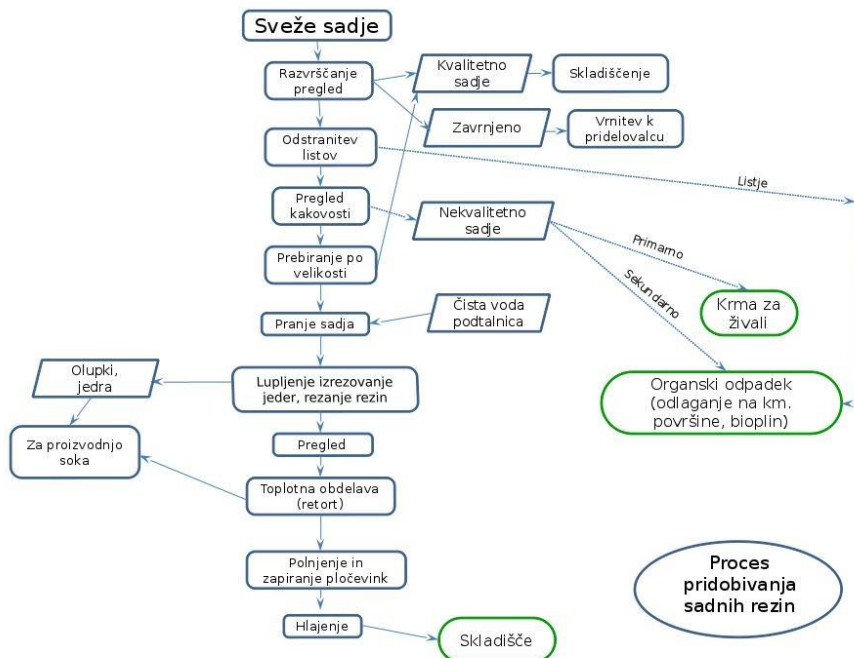
Slika : Proces proizvodnje sadnega soka - jabolčnega ali hruškovega soka

Predelava koščičastega sadja

Pri sodobni predelavi koščičastega sadja v goste sadne sokove se proces predelave začne s sprejemom sadja iz boks palet. Boks paleta se s pomočjo posebne dvižne naprave prazni v pralni stroj, kjer se opravi pranje sadja mehansko s krtačami in z vodo. V fazi pranja se odstrani tudi listje in druge nečistoče. Oprano sadje (plodovi breskev, marelic) se s pomočjo trakastega transporterja transportira do prebiralne mize, kjer se opravi vizualni pregled sadja ter odstranijo gnili, poškodovani itn. plodovi (v primeru decentralizirane proizvodnje se to opravi na ročni način). Preden se sadje pošlje v mlin na mletje se mora razkoščičiti v strojih za razkoščičenje. Po tem postopku se koščice pošljejo v stroj za čiščenje preostale sadne mase na koščicah po razkoščičenju. Razkoščičeno sadje ter del sadne mase iz stroja za razkoščičenje pride s pomočjo črpalke za sadno maso v pasirni stroj. V tem stroju se sadna masa predela v sadno kašo. Sadna kaša se vodi na filtriranje, kjer se odstranijo večje primesi v sadni kaši. Zatem se prečiščena sadna kaša prečrpa v cisterne za sadno kašo, kjer se jo uskladišči pri nižjih temperaturah. Iz cistern se sadna kaša vodi na stroj za odzračevanje kaše (deaerator), kjer se odstranijo zračni mehurčki, ki vplivajo na spremembe v kaši, ki niso zaželeni (spremenijo okus, barvo, vonj). Po opravljenem postopku odstranjevanja zračnih mehurčkov se sadna kaša vodi v stroj za homogenizacijo, kjer se opravi njeno homogeniziranje. Po opravljenem postopku homogenizacije se sadna kaša vodi v proces pasterizacije. V pasterizatorju se gosti sok termično obdelava (segreje na temperaturo 65 °C v trajanju 30 min; 77 °C v trajanju 1 min ali na 88 °C v trajanju 1 s) da se mu podaljša rok trajanja ter da se ga lahko pretoči v stekleno ali plastično embalažo. Iz pasterizatorja se sok vodi na polnilno linijo, ki je v primeru decentraliziranih enot polavtomatska, kar pomeni da mora oseba, ki dela na polnilni liniji, steklenice ali plastične vrečke (prostornine od nekaj decilitrov do več litrov), ročno vstavljati na polnilna mesta ter jih po polnitvi zlagati v zaboje ali kartonaste škatle za transport do končnega uporabnika. Tople steklenice ali plastične vrečke se vodijo skozi hladilno korito, ki se uporablja za zniževanje temperature pakiranega soka v vrečkah ali steklenicah. V primeru avtomatiziranih polnilnih linij pa se sok iz cistern vodi do enote, kjer se avtomatično polnijo steklenice ali plastične vrečke (prostornine od nekaj decilitrov do več litrov).



Slika : Proces proizvodnje sadne čežane

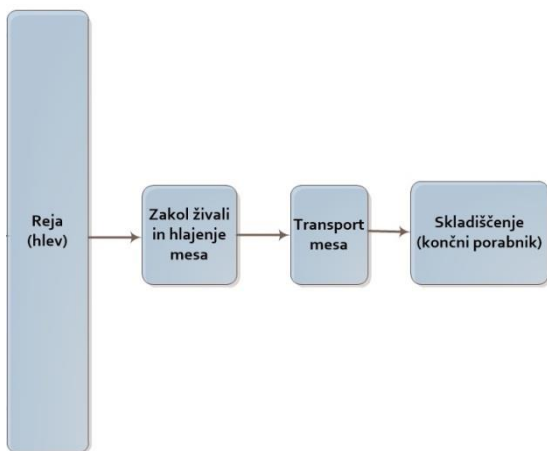


Slika : Proces pridobivanja sadnih rezin

Predelava mesa

Goveje meso

Analiza emisij toplogrednih plinov v govedoreji v pridelavi govejih pitancev za meso (emisije toplogrednih plinov od začetka procesa v hlevu do konca procesa iz porabljene energije, emisije iz gnojevke oziroma govejega gnoja ter enterična fermentacija) je pokazala, da se emisije omenjenih plinov gibljejo od 8,30 kg CO₂ ekv./kg mesa do 8,53 kg CO₂ ekv./kg mesa (odvisno od velikosti črede in tehnologije reje, ki je povezana s porabo energije) pri konvencionalnem načinu reje oziroma od 11,12 kg CO₂ ekv. /kg mesa do 11,33 kg CO₂ ekv./kg mesa pri ekološkem načinu reje. Emisije CO₂ ekv./kg mesa so nekoliko višje v primeru ekološke priraje, ker se porabi nekoliko več energije v samem procesu pitanja živali zaradi daljšega obdobja pitanja, poleg tega je masa klavnega trupa živali tudi nižja v primerjavi s konvencionalno rejo).

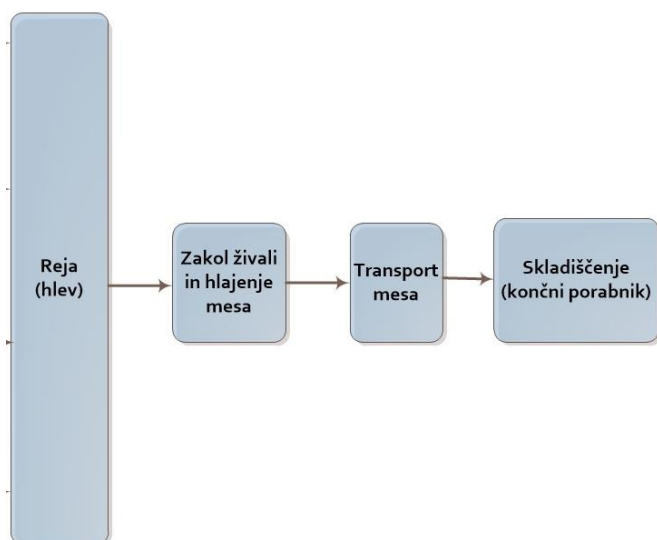


Slika : Predelava govejega mesa

Predelava govejega mesa nastopi po koncu reje, v njej so zajete tri faze procesa (zakol živali in hlajenje mesa, transport mesa in skladiščenje za končnega uporabnika), v vseh omenjenih fazah nastajajo emisije CO₂ (Slika 57).

Prašičje meso

V sklopu reje smo porabo energije izrazili na enoto končnega produkta (v primeru prašičereje je končni produkt meso ter energija, ki se porabi do končnega produkta – ohlajenega mesa).



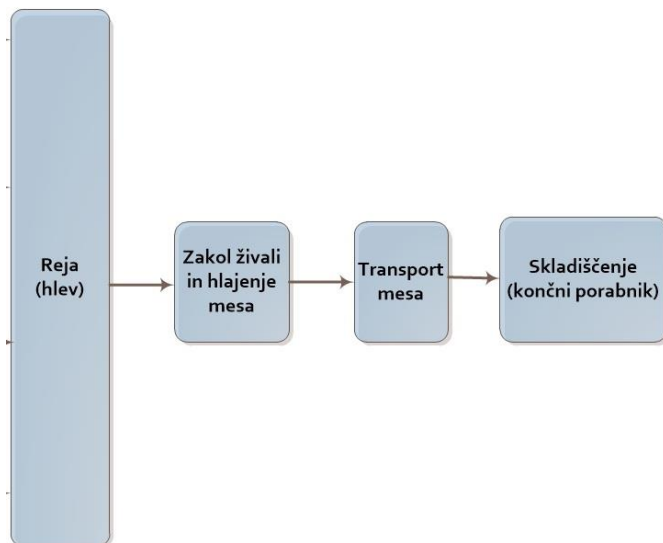
Slika : Poraba energije, ki nastane po zaključeni reji v prašičereji

Največ emisij TGP prispeva proizvodnja krme za prašiče in to 60 %, glede deleža sledijo še emisije iz skladiščenja in procesiranja gnoja, ki znašajo 27 %, preostanek 13 % pa so emisije iz direktne in indirektno porabe energije v reji prašičev, procesiranja v klavnici in živilsko predelovalni industriji in transporta mesa ter enterične fermentacije. Od omenjenih 13 % emisij, na direktno in indirektno porabo energije v reji prašičev odpade 3 % emisij, na procesiranje v klavnici in živilsko predelovalni industriji in transportu 6 % in enterično fermentacijo 3 % (MacLeod in sod. 2013).

Za konvencionalno in ekološko rejo prašičev ter procesiranje mesa in trajnih mesnih izdelkov so podane emisije, ki nastanejo iz porabe energije (električne in toplotne energije – utekočinjeni naftni plin ali zemeljski plin). Emisije toplogrednih plinov so preračunane v kg ekvivalent CO₂ glede na način reje prašičev (konvencionalna ali ekološka). V analizi domače reje prašičev so obdelane emisije TGP, ki nastanejo iz energije porabljene v reji prašičev (porabljena direktna energija). Emisije TGP iz energije porabljene v konvencionalni reji (direktno porabljena energija) znašajo 0,16 kg CO₂ ekv./kg mesa (toplih klavnih polovic). Emisije TGP iz energije porabljene v ekološki reji (direktno porabljena energija) znašajo 0,09 kg CO₂ ekv./kg mesa (toplih klavnih polovic). Omenjenim emisijam TGP se prištejejo emisije iz energetske porabe (direktna energija) v procesiranju mesa (energija porabljena v klavnici, energija za hlajenje mesa in za predelavo v končne produkte živilsko predelovalne industrije). Emisije TGP iz energije porabljene v reji (direktna energija) so relativno nizke v primerjavi z ostalimi emisijami TGP, ki nastanejo v življenjskem ciklu prašičereje.

Emisijam toplogrednih plinov - TGP iz energije porabljene za vzdrževanje življenjskega okolja v reji živali (konvencionalna in ekološka reja) so prištete tudi emisije TGP, ki nastanejo v procesiranju mesa (različni procesi v klavnici, hlajenje mesa). Ugotovljeno je, da pri konvencionalnem načinu reje prašičev, celotne emisije TGP (reja + procesiranje mesa v klavnici) znašajo 1,28 kg CO₂ ekv./kg mesa oziroma 2,76 kg CO₂ ekv./kg mesa v primeru predelave mesa v trajne mesne izdelke. Pri ekološkem načinu reje prašičev, celotne emisije TGP (reja + procesiranje mesa v klavnici) znašajo 1,21 kg CO₂ ekv./kg mesa oziroma 2,7 kg CO₂ ekv./kg mesa v primeru predelave mesa v trajne mesne izdelke. Emisije TGP iz procesiranja mesa (CO₂ ekv./kg mesa) so nižje 5,4 % pri ekološki reji v primerjavi s konvencionalno rejo, v primeru predelave mesa v trajne mesne izdelke pa za 2,1 % pri ekološki reji. Pri predelavi mesa je energetsko najbolj potratna proizvodnja trajnih mesnih izdelkov. Če emisijam iz reje in procesiranja mesa še prištejemo vrednosti emisij iz gnoja ali gnojevke so emisije še višje.

Analiza emisij toplogrednih plinov v prašičereji (emisije od začetka procesa v hlevu do konca procesa v hlevu, v omenjenih emisijah je zajeta poraba energije in emisije iz gnojevke oziroma prašičjega gnoja) je pokazala, da se emisije omenjenih plinov gibljejo od 3,93 kg CO₂ ekv. /kg mesa do 4,11 kg CO₂ ekv. /kg mesa (odvisno od velikosti črede in tehnologije reje) pri konvencionalnem načinu reje oziroma od 3,88 kg CO₂ ekv. /kg mesa do 3,97 kg CO₂ ekv. /kg mesa pri ekološkem načinu reje. Nižje emisije so v primeru čred nad 100 živali. Emisije kg CO₂ ekv./kg mesa so v primeru ekološke reje minimalno nižje v primerjavi s konvencionalno rejo, ker se porabi tudi nekoliko manj energije v samem procesu pitanja živali (masa klavnega trupa živali pa je enaka v primeru konvencionalne in ekološke pridelave).



Slika : Predelava prašičjega mesa

Predelava prašičjega mesa nastopi po koncu reje, v njej so zajete tri faze procesa (zakol živali in hlajenje mesa, transport mesa in skladiščenje za končnega uporabnika), v vseh omenjenih fazah nastajajo emisije CO₂ (Slika 58)

Reja piščancev

Piščanci za pitanje (reja za meso) začnejo življenski cikel, kot nekaj dni stare živali. V objektu za rejo ostanejo od 40 do 70 dni (odvisno od dolžine reje). Računa se da je v enem turnusu reje v reji 17 živali/m². Reja traja do približno 2,2 kg žive teže oziroma 1,6 kg klavniške teže. V enem letu je povprečna proizvodnja mesa 190,4 kg/m². Ko se en turnus reje konča je predvidena pavza, ki je namenjena za čiščenje objekta, kjer poteka reja piščancev ter njegovo razkuževanje za vzpostavitev higienskih pogojev za naslednji turnus reje.

Reja piščancev zahteva porabo energije (električne in toplotne): za vzdrževanje življenskega okolja, za krmljenje, za odstranjevanje stelje in gnoja ter energijo za končni produkt (meso). V energiji za vzdrževanje življenskega okolja je všteta energija za ogrevanje, prezračevanje, hlajenje, in razsvetljava. Pri energiji za krmljenje je všteta vsa energija, ki se porabi za pripravo in razdeljevanje krme. V primeru energije za odstranjevanje stelje in gnoja so vsi delovni procesi, ki so povezani z manipulacijo z omenjenima organskima materialoma (3,7 % energije, odstranjevanje stelje in gnoja se v večini primerov opravi s pomočjo traktorja s priklučnim strojem).

Poraba energije za rejo piščancev

V raziskavah, ki so bile opravljene v različnih delih EU (Costantino in sodel.) je ugotovljeno da vzdrževanje življenskega okolja za rejo piščancev zahteva: 39,5 % električne energije za prezračevanje in hlajenje, 26,9 % za električno gretje, 19,8 % električne energije za razdeljevanje krme, 9,1 % za razsvetljava, in 4,7 % za predelavo in pakiranje (končni produkt – meso). Od celotne naštete električne energije, sama energija za vzdrževanje življenskega okolja predstavlja 75,5 %. Poleg električne energije za gretje se uporablja tudi toplotna energija (plin, kurilno olje, itn.) za gretje. V reji piščancev toplotna energija predstavlja 96,3 %. (Costantino in sodel.) ugotavljajo da podatki za povprečno porabo energije za gretje za rejo piščancev znašajo od 86 – 137 kWh/m²/leto ter 380 do 758 Wh/kg mesa

Poraba energije za rejo piščancev se lahko prikaže z naslednjo enačbo:

$$E_r = E_o + E_p + E_{rk} + E_r + E_{sg} + E_p \quad (1)$$

E_r = celotna poraba energije za rejo piščancev (MJ)

E_o – energija za ogrevanje objekta za rejo

E_p – energija za prezračevanje in hlajenje objekta za rejo

E_{rk} – energija za razdeljevanje krme

E_r – energija za razsvetljava

E_{sg} – energija za oskrbo s steljo in odstranitev gnoja

E_p – energija za končni produkt (meso)

Iz meritev povprečne porabe energije za rejo piščancev v različnih EU državah so določene povprečne vrednosti za porabo energije podane v naslednjih tabelah.

Tabela : Povprečna poraba energije za vzdrževanje življenskega okolja piščancev preračunana na enoto površine - energija za gretje, energija za prezračevanje, energija za razsvetljava (kWh/m²/leto)

Energija za gretje (kWh/m ² /leto)	Energija za prezračevanje (kWh/m ² /leto)	Energija za razsvetljava (kWh/m ² /leto)
---	--	---

10,5	6,4	3,6
------	-----	-----

Tabela : Povprečna poraba energije za vzdrževanje življenjskega okolja piščancev preračunana na kilogram mesa - energija za gretje, energija za prezračevanje, energija za razsvetljavo (Wh/kg mesa)

Energija za gretje (Wh/kg mesa)	Energija za prezračevanje (Wh/kg mesa)	Energija za razsvetljavo (Wh/kg mesa)
724,2	37,6	18,3

Tabela : Povprečna poraba celotne toplotne in električne energije za vzdrževanje življenjskega okolja piščancev preračunana na enoto površine - energija za gretje, energija za prezračevanje, energija za razsvetljavo (kWh/m²/leto)

Celotna toplotna energija (kWh/m ² /leto)	Celotna električna energija (kWh/m ² /leto)	Seštevek celotne toplotne in električne energije (kWh/m ² /leto)
133	19	152

Tabela : Povprečna poraba celotne toplotne in električne energije za vzdrževanje življenjskega okolja piščancev preračunana na kg mesa- energija za gretje, energija za prezračevanje, energija za razsvetljavo (Wh/kg mesa)

Celotna toplotna energija (Wh/kg mesa)	Celotna električna energija (Wh/kg mesa)	Seštevek celotne toplotne in električne energije (Wh/kg)
722,5	100,8	823,3

Tabela : Ogljični odtis CO₂ ekv./kg mesa določen iz povprečne porabe celotne toplotne in električne energije, emisijski faktor toplogrednih plinov TGP iz proizvodnje električne energije preračun v ekvivalent CO₂ v Sloveniji znaša 0,466 kg CO₂ eq./kWh_e (povprečje za obdobje od leta 2002 do leta 2020), za emisijski faktor toplogrednih plinov TGP za toplotno energije je vzet emisijski faktor za zemeljski plin, ki znaša 0,2 kg CO₂ eq./kWh_t

Celotna emisije iz porabe toplotne energije (kg CO ₂ eq./kg mesa)	Celotna emisije iz porabe električne energije (kg CO ₂ eq./kg mesa)	Celotne emisije iz toplotne in električne energije (kg CO ₂ eq./kg mesa)
0,14	0,046	0,186

Kokoši nesnice

Narejena je analiza proste reje kokoši nesnic. Pri talni reji z nastiljem, z manj kot 350 kokošmi nesnicami, je v konvencionalni reji predpisana uporabna površina do 9 kokoši/m², pri ekološki reji pa do 6 kokoši/m² uporabne površine. V ekoloških rejah mora biti vsaj 4 m²/kokoš zunanje površine oz. izpusta. Obremenitev pašnikov ne sme presegati 170 kg N/ha/leto (max. 230 kokoši nesnic /ha). V ekološki reji je tudi predpisan "počitek" pašnih površin za obnova rastlinja. Če se zaključi turnus v aprilu in maju mora počitek trajati tri tedne, juniju in juliju štiri tedne, v avgustu, septembru in oktobru pet tednov. Vidno je da v ekološki reji imamo manj turnosv. Reja kokoši nesnic zahteva porabo energije: za vzdrževanje življenjskega okolja, za krmljenje, za odstranjevanje stelje in gnoja ter energijo za končni produkt (meso). V energiji za vzdrževanje življenjskega okolja je všteta energija za

prezračevanje in hlajenje ter razsvetlavo. Pri energiji za krmljenje je všteta vsa energija, ki se porabi za pripravo in razdeljevanje krme. V primeru energije za odstranjevanje stelje in gnoja so vsi delovni procesi, ki so povezani z manipulacijo z omenjenima organskima materialoma (odstranjevanje stelje in gnoja se v večini primerov opravi s pomočjo traktorja s priključnim strojem).

Poraba energije za rejo kokoši nesnic

V raziskavah, ki so bile opravljene v različnih delih EU (Costantino in sodel.) je ugotovljeno da vzdrževanje življenskega okolja za rejo kokoši nesnic zahteva: 43,7 % električne energije za prezračevanje in hlajenje, 15,2 % električne energije za razsvetlavo, 5,4 % električne energije za razdeljevanje krme in 6,8 % električne energije za pobiranje in pakiranje jajc. 28,9 % energije za manipulacijo s steljo in gnojem izhaja iz enegije mineralnega dizelskega goriva za pogon traktorjev.

Poraba energije za rejo kokoši nesnic se lahko prikaže z naslednjo enačbo:

$$E_r = E_p + E_{rk} + E_r + E_{sg} + E_p \quad (2)$$

E_r = celotna poraba energije za rejo kokoši nesnic (MJ)

E_p – energija za prezračevanje in hlajenje objekta za rejo

E_{rk} – energija za razdeljevanje krme

E_r – energija za razsvetlavo

E_{sg} – energija za oskrbo s steljo in odstranitev gnoja

E_p – energija za končni produkt (jajce)

Iz meritev povprečne porabe energije za rejo kokoši nesnic v različnih EU državah so določene povprečne vrednosti za porabo energije podane v naslednjih tabelah. Podatki so zaradi različnih načinov reje kokoši nesnic težko primerljivi ter v nekaterih primerih nepopolni (v analizo porabe energije včasih niso všteti vsi procesi, ki potekajo pri reji kokoši nesnic). (Costantino in sodel.) tudi ugotavljajo da podatki za povprečno porabo električne energije za razsvetlavo za kokoši nesnice precej odstopajo, ker so odvisni od načina reje, vrste objekta, klimatskih pogojev, itn. in znašajo od 15 – 50 kWh/m²/leto ter 7 do 14 Wh/jajce.

Tabela : Povprečna poraba električne energije za vzdrževanje življenskega okolja kokoši nesnic preračunana na enoto površine - energija za prezračevanje, energija za razsvetlavo (kWh/m²/leto)

Električna energija za prezračevanje (kWh/m ² /leto)	Električna energija za razsvetlavo (kWh/m ² /leto)	Celotna električna energija (kWh/m ² /leto)
16,1	14,3	30,4

Tabela : Povprečna poraba električne energije za vzdrževanje življenskega okolja kokoši nesnic preračunana na enoto produkta – jajce, energija za prezračevanje, energija za razsvetlavo (Wh/jajce)

Električna energija za prezračevanje (Wh/jajce)	Električna energija za razsvetlavo (Wh/jajce)	Celotna električna energija (Wh/jajce)

4,6	4,3	8,9
-----	-----	-----

Ogljični odtis za jajca znaša 0,004 kg CO₂ ekv./jajce (določen iz povprečne porabe električne energije za prezračevnje in razsvetljavo, ni upoštevana poraba mineralnega dizelskega goriva), emisijski faktor toplogrednih plinov TGP iz proizvodnje električne energije preračun v ekvivalent CO₂ v Sloveniji znaša 0,466 kg CO_{eq}/kWh_e (povprečje za obdobje od leta 2002 do leta 2020)

Poraba energije za različne končne produkte

Za procesiranje različnih kmetijskih pridelkov ter živilorejskih produktov je potrebno vložiti dodatno energijo. Večinoma se v tej fazi za procesiranje uporablja električna energija, poleg nje pa še zemeljski plin ali kurilno olje (proizvodnja toplotne energije za procesiranje). V nekaterih primerih se tudi v procesiranju uporablja energija iz obnovljivih virov energije, npr. trdna biomasa, rastlinsko olje, biodizel, bioplin, solarna energija, itn. Iz priložene tabele je vidna enegetska poraba za procesiranje različnih končnih produktov. Glede porabe energije za procesiranje v končne produkte je najmanj zahtevno procesiranje poljedelskih pridelkov. Sledijo sadjarsko vinogradniški pridelki ter pridelki iz povrtnarstva. Največ energije se porabi za procesiranje produktov iz živiloreje in to za trajne mesne izdelke.

Tabela : Poraba energije za proizvodnjo različnih končnih produktov

Izdelek	Poraba energije (MJ/kg izdelka)
Kruh	1,53 – 4,56
Konzervirano sadje in povrtnine	2,1 – 3,8
Konzervirano meso	5,2 - 25
Hladilne omare za hrano	0,12
Sladoled	2,2 – 3,7
Shranjevanje sadja v hladilnicah (npr. jabolke, hruške itn.) poraba energije variira z velikostjo hladilnega prostora v hladilnici od 0,001 MJ/l neto volumna/dan v hladilnici z volumnom od 10000 m ³ do 0,015 MJ/l v hladilnici – sobi z volumnom 10 m ³ (faktor razlike je 15)	0,0009 – 0,017
Hlajenje hrane	0,3 – 7,6
Sok iz koncentrata	1,15
Sok iz svežega sadeža	4,6
Procesiranje mleka	0,5 – 2,6
Mletje pšenice v moko (el. energija)	0,32 – 2,58
Testenine	0,8 – 2,4
Trajni mesni izdelki (klobase, hrenovke, mortadele itn.)	3,9 – 36
Ekstrakcija olja (poraba energ. razdeljena na olje in pogačo)	0,28 – 1,5
Krompir sušeni (lističi, granule)	15 – 42

(vir: P.J. Fellows, Food processing technology, principles and practice)

A7 Poraba energije v kmetijskem transportu

Poraba energije v transportu oziroma mineralnega dizelskega goriva predstavlja izhodišče za določanje emisij CO₂, ki nastanejo pri transportu v kmetijstvu. Transport je razdeljen na transport s kmetijskimi traktorji (prevladuje interni transport v pridelavi) in transport s tovornimi vozili. Tovorna vozila so razdeljena na kategorije glede nosilnosti in porabe goriva. Iz predvidene prevožene razdalje in nosilnosti je določena poraba mineralnega dizelskega goriva v l/ton km, kar predstavlja osnovo za določanje emisij pri transportu kmetijskih pridelkov na večje razdalje. Predpostavljena je uporaba tovornega vozila različne nosilnosti (do 1,5 t, 7,2 t in 17 t) glede na prevožene razdalje. Za slovenske razmere (transport kmetijskih pridelkov od kmetije do mesta predelave oziroma končnega uporabnika) je definirana transportna razdalja do 30 km, 31 do 100 km in 101 do 200 km.

Za porabo energije oziroma goriva v transportu je ugotovljeno, da je nižja pri uporabi tovornih vozil v primerjavi s traktorji (preračunano na l/ton km pridelka). Tovorna vozila večje nosilnosti imajo bolj ugodno porabo goriva v primerjavi z vozili manjše nosilnosti.

Tabela : Poraba goriva za tovorna vozila različne nosilnosti

Nosilnost (t)	Razdalja (km)	tonkm	l/1000 tkm pri 100 % uporabi*	Normalna uporaba	l/1000 tkm pri normalni uporabi
Transport na dolge razdalje					
17	100	1700	14,7	70 %	21,0
25	100	2500	12,8	70 %	18,3
40	100	4000	10,8	70 %	15,4
Transport v mestu					
1,5	100	150	80,0	45 %	177,8
4	100	400	37,5	45 %	83,3
7,2	100	720	26,4	45 %	58,6
11	100	1100	20,0	45 %	44,4

Tabela prikazuje porabe goriva za tovorna vozila različne nosilnosti, *Pri 100 % uporabi je mišljeno da je vozilo popolnoma zasedeno s tovorom pri vožnji v obe smeri. Normalna uporaba pa predvideva večjo zasedenost s tovorom pri vozilih večje nosilnosti in manjšo zasedenost pri vozilih manjše nosilnosti in transportu v mestu.

Pri transportu v kmetijstvu se priporoča da se povsod, kjer je mogoče uporablja transport s tovornjaki, ki je energetsko manj potraten. Za transport enake količine blaga na enako razdaljo tovornjak porabi približno polovico goriva v primerjavi s traktorjem agregatiranim s prikolico.

A8 Poraba energije pri dosuševanju in skladiščenju kmetijskih pridelkov in končnih produktov predelave

Sušenje zrnja

Sušenje zrnja je eden od energijsko najbolj potratnih procesov v kmetijstvu. Omenjeni proces pa ima tudi veliki potencial za prihranke v prihodnosti.

Proces sušenja zrnja lahko razdelimo na: ustvarjanje toplote za sušenje, transport toplote in sušenje. Energijo potrebno za sušenje zrnja v sušilnicah navadno dobimo iz zgorevanja kurilnega olja ali zemeljskega plina ter jo prenesemo na zrnje z zrakom. Vodna entalpija uparjanja je približno 2,3 MJ/kg vode. Pri sodobnem procesu sušenja, npr. koruznega zrnja se porabi precejšnja količina energije pri običajnem procesu sušenja z vročim zrakom. V praksi vedno imamo nekaj toplotnih izgub zaradi nenasičenega zraka, ki izhaja iz sušilnice ter toplotne konvekcije in sevanja skozi samo konstrukcijo sušilnice. Zato se poraba energije izmerjena na sušilnicah za zrnje v praksi, giblje od 4 do 8 MJ/kg izparjene vode (odvisno od tipa in konstrukcije sušilnice).

Tabela : Vsebnost vlage pred in po sušenju zrn nekaterih poljščin, vlaga na začetku sušenja – s to vlago se pobirajo posevki, vlaga na koncu sušenja – s to vlago se skladiščijo posevki.

	Koruza za zrnje	Pšenica	Oljna ogrščica	Sončnica
Vlaga na začetku sušenja (%)	20 - 30	20	18	20
Vlaga na koncu sušenja (%)	14	14	9	9

Pregled stanja

Tipična poraba energije v obstoječih konvekcijskih sušilnicah se giblje od 3,5 do 7 MJ (povprečna poraba 4,2 MJ) za 1 kg izparjene vode (Katić). Poraba je odvisna od konstrukcije sušilnice in materiala, ki se suši. Skupna poraba energija za pridelavo hektarja koruze znaša 26600 MJ/ha (Katić), v tej energiji je všteta tudi indirektna energija. 10250 MJ je tudi energija za sušenje koruznega zrnja, energija za sušenje povzroči približno 25 % porabo energije, v primerjavi s celotno energijo za pridelavo koruze (Katić). Skupna poraba energije za pridelavo hektarja koruze je lahko v razponu 14547 MJ/ha do 33868 MJ/ha, v tej energiji je všteta tudi indirektna energija ter energija za sušenje koruznega zrnja. Poraba energije za sušenje koruznega zrnja se giblje od 2954 MJ/ha do 10696 MJ/ha (Moitzi, G. in sodel., Energy use and energy efficiency in corn production in different fertilization strategies, University of Natural Resources and Life Sciences, BOKU, Vienna, Division of Agricultural Engineering). Omenjeni avtorji tudi omenjajo da je tolerantno območje za porabo direktne in indirektna energije (všteto tudi sušenje) v pridelavi koruze med 5 – 15 GJ/ha, ter da je ekstenzivna pridelava koruze s porabo energije < 8 GJ/ha in intenzivna s porabo energije > 8 GJ/ha.

Podatki, ki so jih pridobili z meritvami porabe energije na sušilnicah v delovanju (za različne sušilnice za zrnje), pokažejo da poraba energije znaša od 3,2 do 6,5 MJ/kg izparjene vode pri dosuševanju koruznega zrnja od začetne vlage 25 % na končno vlago 15 % (vir: Scott Sanford, M. Eng., University of Wisconsin-Madison, USA, podano v FACTSHEET 17-001 AGDEX 111/736 JANUARY 2017, replaces OMAFRA factsheet 88-003, Reclaiming Corn Drying Energy). Poleg omenjene toplotne energije, pri sušenju potrebujemo tudi električno energijo za pogon ventilatorjev (avtorji navajajo da je ta energija relativno majhna, znaša od 5 – 8 % od celotne energije za sušenje). Avtorji (Peltola, Suomi) so merili specifično porabo energije na sušilnicah za zrnje. Ugotovili so da poraba kurilnega olja znaša 103 – 164 g/kg

izparjene vode iz zrnja, kar ustreza 4,4 – 7,1 MJ/kg izparjene vode (v podatkih je všteta toplota iz zgorevanja goriva, transport toplote in sam proces sušenja).

Goriva za sušilnice

Za segrevanje zraka in materiala, ki ga sušimo (npr. zrnja) potrebujemo gorivo. Zgorevanje goriva ustvarja toploto za segrevanje. Poraba goriva direktno vpliva na stroške za sušenje. Za sušenje se najbolj pogosto uporabljajo tekoča in plinasta goriva, od trdnih goriv se vse bolj pogosto uporablja tudi različna biomasa (les, klasinec, itn.). V preteklosti se je od trdnih goriv uporabljal tudi lignit in kamniti premog (z okoljskega stališča je to sedaj sporno). Od tekočih goriv se uporablja lahko kurilno olje (zaradi manjšega onesnaževanja zraka in cene iz uporabe ga je praktično iztisnil zemeljski plin, v zadnjem obdobju smo pričali da cene energentov izredno naraščajo tako da tudi zemeljski plin ima visoko ceno). Od plinastih goriv pri nas se na sušilnicah največ uporablja zemeljski plin, nekatere sušilnice, ki nimajo dostopa do omrežja zemeljskega plina pa uporabljajo tudi utekočinjeni naftni plin (angl. krat. LPG, slov. krat. UNP).

Dosuševanje zrnja pridelanih poljščin se danes pri nas večinoma opravlja s pomočjo energije zemeljskega plina in kurilnega olja. Pri sušilnicah se moramo poglobiti v učinkovito rabo energije. V prihodnosti bo mogoče zamenjati kurilno olje ali plin (zemeljski plin, utekočinjeni naftni plin) v določenih primerih, z npr. bioplinom oziroma toplotno energijo iz npr. kogegeneracije na bioplin (istočasna proizvodnja električne in toplotne energije), kurjenjem ali uplinjanjem trdne odpadne kmetijske biomase, itn.

Ugotavljanje porabe goriv

Poraba tekočih goriv se meri s pomočjo mehanskih ali elektronskih pretočnih volumskih merilnikov, ki merijo porabo goriva, ki teče skozi dovodni cevovod v litrih (l) ali (dm³).

Merjenje porabe plinastega goriva se podaja v volumski enoti, najbolj pogosto v m³. Omenjena enota pa ne definira tudi maso plina, ta je odvisna od tlaka in temperature pri kateri je merjen volumen. Zato za merjenja porabe plina uporabljamo enoto, ki je definirana, kot normirani kubični meter (Nm³). 1 Nm³ je masa plina pri temperaturi 0 °C in tlaku 1 bar. Na kakovostnih merilnikih porabe plina – plinomerih so vgrajeni sistemi, ki korigirajo podatke meritev in podajajo porabo plina v m³ in Nm³. Količino plina, ki je prikazana na merilniku porabe plina – plinomeru pomnožimo s kurilno vrednostjo plina.

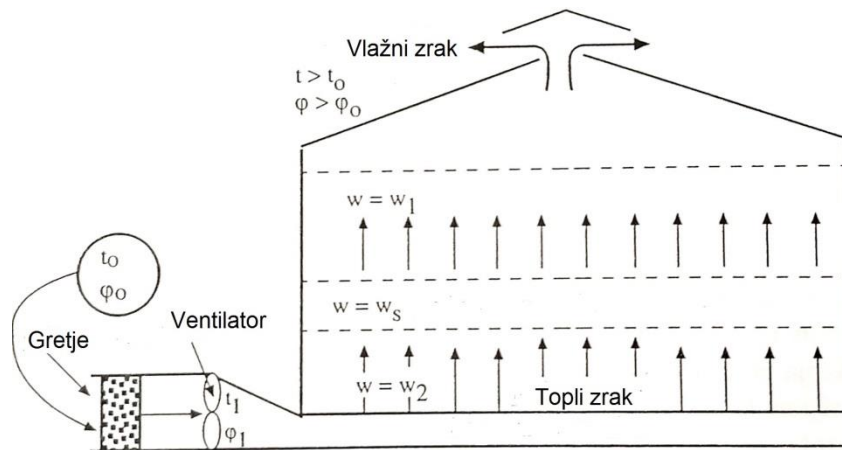
Podatek o povprečni mesečni zgornji kurilnosti H_s je v skladu z Uredbo o delovanju trga z zemeljskim plinom (Uradni list RS. št. 61/16) objavljen drugi dan v mesecu za pretekli mesec. Za mesec oktober 2022, povprečna zgornja kurilnost H_s znaša 11,613 kWh/Nm³. Podana je tudi referenčna temperatura zgorevanja t₁ = 25 °C, referenčna temperatura plina t₂ = 0 °C ter referenčni tlak = 1,01325 bar. Po preračunu v MJ povprečna zgornja kurilnost znaša 41,8 MJ/ Nm³ za mesec oktober 2022.

Energijska bilanca sušilnic

Saržna sušilnica

Predpostavimo da se določena količina vlažnega zrnja z enakomerno začetno vlago nahaja v saržni sušilnici. Zrak za sušenje se potiska v zrnje skozi odprtine na podlagi za zrnje (perforirana podlaga). Zrak se premika proti vrhu s stalno hitrostjo ter izhaja na zgornjem delu zrnja. Predpostavljeno je tudi da sta temperatura in vlažnost zraka, ki prehaja skozi zrnje konstantna. Ko pa se zrak premika proti vrhu, njegova vlažnost narašča, kot rezultat izparevanja vlage iz zrnja. Večja vlažnost zraka je povezana z zniževanjem temperature

zraka. Če spremembo toplote zrnja in izgube toplote v okolje zanemarimo, potem energija prenesena iz zraka zrnju mora biti enaka energiji uporabljeni za izparevanje vode. Torej to je adijabatski proces nasičenja. Stanje zraka sledi približno adijabatski temperaturi nasičenosti ali stanju temperaturne linije za mokri higrometer v psihrometričnem grafu. Hitrost s katero temperatura zraka upada je odvisna od stopnje s katero se vlaga izpareva iz zrnja.



Slika : Proces sušenje v saržni sušilnici, v tem primeru zrak za sušenje prehaja skozi plast zrnja določene višine, od spodaj proti zgornjem delu plasti zrnja.

Proces sušenje v saržni sušilnici se začne na prvem delu zrnja, ki leži na podlagi z odprtini za zrak (perforirana podlaga). Zrak, ki prihaja na naslednjo (drugo) plast zrnja je že prevzel določeno količino vlage iz prve plasti zrnja, zato se v drugi plasti še bolj zasiti z vlago, ki prehaja iz zrnja na zrak. Sušenje je možno samo do ravnotežne vlažnosti oziroma do izenačitve delnih tlakov vodne pare v zraku in v zrnju. Plast osušenega zrnja je sedaj na dnu ob perforirani podlagi.

Energija, ki je potrebna za sušenje zrnja se lahko določi iz energije, ki je potrebna za izparevanje vode in energije, ki je potrebna za gretje ali hlajenje zrnja. Omenjena energija je enaka energiji, ki jo je zrak vnesel iz okolja in energiji, ki je porabil sistem za ventiliranje v procesu sušenja. Zrak iz okolja vnaša energijo, ki je prevzel od sončnega sevanja (omenjena energija je v tem primeru brezplačno na razpolago). Za ventiliranje je potrebna električna energija, zato je pomembno kako opraviti ventiliranje ob najmanjši porabi energije.

Energija, ki je potrebna za izparevanje vode iz zrnja je večja od energije, ki je potreba za izparevanje vode s proste površine. Za sušenje moramo uporabiti energijo za izparevanje tekočine in dodatno energijo, ki bo ločila tekočino oziroma vodo, ki je vezana na suho snov zrnja ali drugega rastlinskega materiala. Razlikujemo štiri vrste vode: kemijsko vezano (to vodo ne odstranjujemo pri sušenju), fizikalno kemijsko vezano vodo (0 – 5 %), fizikalno mehansko vezano vodo (5 do 27 %) in mehansko vezano vodo (prosta voda na površini zrnja). Za koruzo in pšenico v področju sušenja z npr. 17 % na 14 % vlage, lahko računamo s 2600 kJ/kg izparjene vode.

Izparjeno vodo pri sušenju določimo po enačbi (1)

$$W = M_1 - M_2 \quad (1)$$

W - izparela voda v procesu sušenje (kg)

M_1 - masa zrnja pred sušenjem (kg)

M_2 - masa zrnja po sušenju (kg)

Količina vlage, ki je izparela iz vhodnega materiala (zrnja) se določi iz bilance vlage pred in po sušenju

Primer:

Pri sušenju pšenice z 20 % vlage na 15 % vlage, je zmanjšana vsebnost vlage za 5 %.

Zmanjševanje mase zrnja pa ni isto, kot zmanjševanje vlage zrnja. Zmanjševanje mase zrnja se določi po enačbi (2)

$$W = M_1 \cdot \frac{w_1 - w_2}{100 - w_2} \quad (2)$$

M_1 - masa zrnja pred sušenjem (kg)

w_1 - vlaga zrnja pred sušenjem (%)

w_2 - vlaga zrnja po sušenju (%)

Energija, ki je potrebna za gretje ali hlajenje zrnja je enaka razliki temperatur zrnja, specifični toplinski kapaciteti zrnja in masi zrnja. Določi se po enačbi (2)

$$Q = m \cdot c_z \cdot (t_1 - t_2) \quad (2)$$

m – masa zrnja (kg)

c_z – specifična toplotna kapaciteta (kJ/kgK)

t_1 – temperatura zrnja pred sušenjem (°C)

t_2 – temperatura zrnja po sušenju (°C)

Primer:

Za področje sušenja od 17 % na 14 % vlage ter 20 °C do 30 °C je specifična toplotna kapaciteta c_z koruznega zrnja približno 1,5 kJ/kgK. Za gretje 10000 kg zrnja z začetne temperature npr. 15 °C na 30 °C potrebujemo 225000 kJ oziroma 225 MJ toplotne energije.

Poraba energije pri pretočnih sušilnicah

Preračun pretočnih sušilnic je razdeljen na preračun mase in energije.

V procesu sušenja iz zrnja izpareva voda ki predstavlja razliko mas zrnja na vstopu in izstopu zrnja iz sušilnice.

$$W = M_1 - M_2$$

Vodo iz sušilnice odnaša zrak L_2 , ki ima sedaj višjo maso zaradi tega, ker je prevzel izparjeno vodo W .

$$L_2 = L_1 + W$$

Za preračun se uporablja enak pristop, kot pri saržnih sušilnicah, razlika je samo da se uvaja še enota časa (ugotavljamo osušeno količino zrnja v enoti časa).

Pri direktno greti sušilnici se celotna energija zgorelega goriva vnaša v sušilnico s pomočjo segretega zraka. Pri indirektno (posredno) greti sušilnici je sušilnica opremljena z izmenjevalnikom toplote v katerem se toplota prenaša na zrak s pomočjo segrelih površin izmenjevalnika toplote. V tem primeru se zrak ne meša s plini, ki nastajajo pri zgorevanju goriva.

Posredno (indirektno) gretje pretočne sušilnice

Zaradi zmanjševanja porabe energije je potrebno v čim večji meri izkoristiti toplotno energijo, ki se vnaša v sušilnico. Izkoristek dobrih kurišč z izmenjevalniki toplote mora biti v območju od 85 % do 95 % za temperature zraka v območju 90 °C do 140 °C, ki so potrebne za sušenje koruznega zrnja. Za segrevanje zraka morajo biti vgrajeni kakovostni gorilniki na olje ali plin. Poleg tega je potrebno skrbeti za redno vzdrževanje gorilnikov. Gorilniki ter šobe oljnih gorilnikov morajo pravilno delovati (zaradi nepravilnega delovanja izgube v porabi energije goriva so lahko v razponu od 5 do 10 %). Poleg tega mora biti zagotovljena pravilna količina zraka za zgorevanje (za pravilno nastavitvev so potrebne meritve pri zgorevanju z analizatorji sestave dimnih plinov pri zgorevanju). V procesu zgorevanja nastajajo tudi

Sušilnice imajo energetske izgube tudi na delih, ki se segrevajo in niso izolirani (z izolacijo omenjenih delov se lahko poraba energije zniža za 10 %). Poleg tega se pri uporabi izolacije segrelih delov izboljšajo tudi lastnosti delovanja sušilnice. Pri meritvah energetskih izgub na sušilnicah so ugotovljene energetske izgube do 30 % v zračnih kanalih, ki transportirajo segreti zrak. S pravilno zatesnitvijo in izolacijo zračnih kanalov se lahko omenjene energetske izgube lahko značilno zmanjšajo.

Pri sušilnicah je možno uporabiti tudi toploto plinov iz izpuha (dimnika) s pomočjo izmenjevalnika toplote. Omenjena toplota se uporabi za predgretje zrnja, ki se dovaja v sušilnico. S pomočjo omenjenega izmenjevalnika toplote je mogoče zrnje predgreti do 50 °C. S tem se lahko izkoristek sušilnice izboljša, izgube iz izpuha (dimnika) se znižajo iz 20 do 30 % na 7 do 10 %.

Prevozne sušilnice

Na večjih kmetijah se uporabljajo prevozne sušilnice za sušenje zrnja. Za sušenje na teh sušilnicah se uporablja tekoča ali plinasta goriva, v zadnjem obdobju pa so tudi evropski proizvajalci začeli ponujati omenjene izvedbe sušilnic, ki delujejo tudi na biomaso. Sušenje na prevoznih sušilnicah poteka v štirih fazah, prva faza je polnjenje sušilnice s pomočjo polžnega transporterja, druga faza je sušenje zrnja, tretja faza je hlajenje zrnja in zadnja četrta faza je praznjenje sušilnice s pomočjo polžnega transporterja.



Slika : Na večjih kmetijah se uporabljajo prevozne sušilnice za sušenje zrnja (vir: Mecmar, Italija)

Proizvajalec FP Pedrotti, Italija podaja da je kapaciteta manjše prevozne sušilnice model Basic 55 za sušenje zrnja - 5,5 t vlažnega koruznega zrnja, prostornina zalogovnika znaša 8,5 m³. Povprečni dnevni učinek (24 h) pri sušenju koruznega zrnja z vlažnosti 28 % na končno 14 % vlažnost, znaša 25 t/dan. Pri sušenju pšenice in ječmena iz 20 % vlage na 15 % končne vlage, povprečni dnevni učinek znaša 35 t, ter pri sušenju oljne ogrščice iz 14 % vlage na 9 % končne vlage povprečni dnevni učinek znaša 33 t (v obeh primerih se računa 24 h obratovanje). Ventilator (centrifugalna izvedba) dobavlja maksimalno 18000 m³/h zraka pri 1450 vrt./min. Gorilnik za segrevanje zraka je predviden za delovanje na kurilno olje ali plin. Centralni polž za vertikalni transport in recirkulacijo zrnja omogoča transport 45 t/h zrnja, transporter za polnjenje zrnja pa ima kapaciteto 30 t/h.

Sušilnica ima pogon ventilatorja in ostalih sklopov prek traktorske priključne gredi (na ta način dosežemo tudi večje število delovnih ur, ki jih traktor opravi letno). Možne pa so tudi izvedbe z elektromotornim pogonom ventilatorja in ostalih sklopov sušilnice.

Tabela: Potrebna električna moč za prevozno sušilnico za sušenje zrnja koruze, pšenice, oljne ogrščice, itn. (vir: FP Pedrotti, Italija)

Električna moč	(kW)
Ventilator	5,5
Centralni transporter (polžna izvedba) za vertikalni transport zrnja	7,5
Transporter za polnjenje zrnja v sušilnico (polžna izvedba)	4
Odstranjevalec primesi in praha	2,2
Gorilnik	0,75
Skupaj	19.95

Proizvajalec FP Pedrotti, Italija navaja porabo kurilnega olja 15 l/1000 kg oziroma 12,45 kg/1000 kg koruznega zrnja pri zniževanju vlage iz začetnih 28 % na končno vlago 14 %, na 1 l izparele vode se porabi 3765,6 kJ oziroma 3,76 MJ/l, za 162 kg izparele vode iz 1000 kg zrnja se v tem primeru porabi 609,1 MJ toplotne energije.

Poraba energije za sušenje koruze, pšenice in oljne ogrščice

Izračuni so narejeni iz podatkov za porabo energije na sušilnicah za zrnje. Poraba toplotne energije, ki je potrebna za sušenje narašča: s količino vlage v zrnju, z upadanjem energijske učinkovitosti sušilnice (sušilnice, ki porabijo več energije na enoto izparjene vode, MJ/kg izparjene vode) ter s količinami posušenega zrnja. Vidno je da se poraba energije za sušenje zmanjša pri sušilnici, ki porabi 4,4 MJ/kg izparjene vode, za 28,6 % če primerjamo začetno vlago zrnja 28 % ter 24 % - razlika med obema znaša samo 4 %, prihranek energije pa je precejšnji.

Tabela : Izračun porabe energije za sušenje koruznega zrnja (MJ) iz začetne vlažnosti 28 % na vlažnost 14 % , pridelek koruznega zrnja 5, 8 in 10 t/ha, primer je za porabo energije sušilnice v delovanju za 4,4 MJ/kg izparjene vode in 7,1 MJ/kg izparjene vode (v podatkih je všteta toplota iz zgorevanja goriva – kurilnega olja, transport toplote in sam proces sušenja)

Pridelek koruze (t/ha)	5	8	10
Energija porabljena za sušenje zrnja iz 28 % na 14 % vlage (MJ) primer: 4,4 MJ/kg izparjene vode	3581,6	5730,5	7163,2
Energija porabljena za sušenje zrnja iz 28 % na 14 % vlage (MJ) primer: 7,1 MJ/kg izparjene vode	5779,4	9247,04	11558,8

Tabela : Izračun porabe energije za sušenje koruznega zrnja (MJ) iz začetne vlažnosti 24 % na vlažnost 14 % , pridelek koruznega zrnja 5, 8 in 10 t/ha, primer je za porabo energije sušilnice v delovanju za 4,4 MJ/kg izparjene vode in 7,1 MJ/kg izparjene vode (v podatkih je všteta toplota iz zgorevanja goriva – kurilnega olja, transport toplote in sam proces sušenja)

Pridelek koruze (t/ha)	5	8	10
Energija porabljena za sušenje zrnja iz 24 % na 14 % vlage (MJ) primer: 4,4 MJ/kg izparjene vode	2558,1	4093	5116,2
Energija porabljena za sušenje zrnja iz 24 % na 14 % vlage (MJ) primer: 7,1 MJ/kg izparjene vode	4118	6588,8	8236

Porabo energije za sušenje zrnja se lahko prišteje energiji (direktni), ki je potrebna za pridelavo koruze na 1 ha. Omenjeni podatek nam da celotno porabo energije (direktno) za pridelavo koruze oziroma koruznega zrnja. Za izračun natančne porabe energije za sušenje, moramo razpolagati s podatkom za vlažnost koruze po opravljenem spravilu – kombajniranju (začetna vlaga zrnja) in podatek za končno vlago zrnja.

Podatki iz izračunov v zgornjih tabelah se dobro ujemajo z raziskavami, ki so jih opravili v Avstriji (Moitzi, G. in sodel., Energy use and energy efficiency in corn production in different fertilization strategies, University of Natural Resources and Life Sciences, BOKU, Vienna, Division of Agricultural Engineering) pri pridelavi koruze za sušenje koruznega zrnja. Za sušenje koruznega zrnja iz poskusov, kjer so primerjali tudi različne načine gnojenja koruze (mineralna in organska gnojila), so na eni lokaciji ugotovili porabo energije za sušenje koruznega zrnja v razponu od 2,95 GJ/ha do 6,4 GJ/ha. Na drugi lokaciji, kjer so opravljali

primerjalne poskuse glede različnih načinov gojenja koruze so ugotovili večjo porabo energije za sušenje, v razponu od 7,9 GJ/ha do 10,6 GJ/ha.

Tabela : Izračun porabe energije za sušenje pšeničnega zrnja (MJ) iz začetne vlažnosti 20 % na vlažnost 14 % , pridelek pšenice 4, 5 in 7 t/ha, primer je za porabo energije sušilnice v delovanju za 4,4 MJ/kg izparjene vode in 7,1 MJ/kg izparjene vode (v podatkih je všteta toplota iz zgorevanja goriva – kurilnega olja, transport toplote in sam proces sušenja)

Pridelek pšenice (t/ha)	4	5	7
Energija porabljena za sušenje zrnja iz 20 % na 14 % vlage (MJ) primer: 4,4 MJ/kg izparjene vode	1226,4	1533	2146,2
Energija porabljena za sušenje zrnja iz 20 % na 14 % vlage (MJ) primer: 7,1 MJ/kg izparjene vode	1979,2	2474	3463,6

Tabela : Izračun porabe energije za sušenje pšeničnega zrnja (MJ) iz začetne vlažnosti 16 % na vlažnost 14 % , pridelek pšenice 4, 5 in 7 t/ha, primer je za porabo energije sušilnice v delovanju za 4,4 MJ/kg izparjene vode in 7,1 MJ/kg izparjene vode (v podatkih je všteta toplota iz zgorevanja goriva – kurilnega olja, transport toplote in sam proces sušenja)

Pridelek pšenice (t/ha)	4	5	7
Energija porabljena za sušenje zrnja iz 20 % na 14 % vlage (MJ) primer: 4,4 MJ/kg izparjene vode	408	510	714
Energija porabljena za sušenje zrnja iz 20 % na 14 % vlage (MJ) primer: 7,1 MJ/kg izparjene vode	658,8	823,5	1152,9

Pri pšenici je pri minimalnem znižanju vlage za 2 % poraba energije nizka. Na porabo energije vpliva začetna vlažnost zrnja (po spravi pridelka) in energijska učinkovitost sušilnice (MJ/kg izparjene vode).

Tabela : Izračun porabe energije za sušenje ogrščičnega zrnja (MJ) iz začetne vlažnosti 14 % na vlažnost 9 % , pridelek ogrščice 2,5, 3 in 3,5 t/ha, primer je za porabo energije sušilnice v delovanju za 4,4 MJ/kg izparjene vode in 7,1 MJ/kg izparjene vode (v podatkih je všteta toplota iz zgorevanja goriva – kurilnega olja, transport toplote in sam proces sušenja)

Pridelek ogrščice (t/ha)	2,5	3	3,5
Energija porabljena za sušenje zrnja iz 16 % na 9 % vlage (MJ) primer: 4,4 MJ/kg izparjene vode	845,7	1014,9	1184
Energija porabljena za sušenje zrnja iz 16 % na 9 % vlage (MJ) primer: 7,1 MJ/kg izparjene vode	1364,7	1637,7	1910,6

Pri vseh omenjenih podatkih je možno opraviti še preračun glede porabljenih količin plina, kurilnega olja ali odpadne kmetijske biomase za energetske namene.

Možnosti za zmanjševanje porabe energije pri sušenju

Pri sušilnicah 25 do 40 % energije gre v odpadno toploto. Porabo energije sušilnic lahko zmanjšamo:

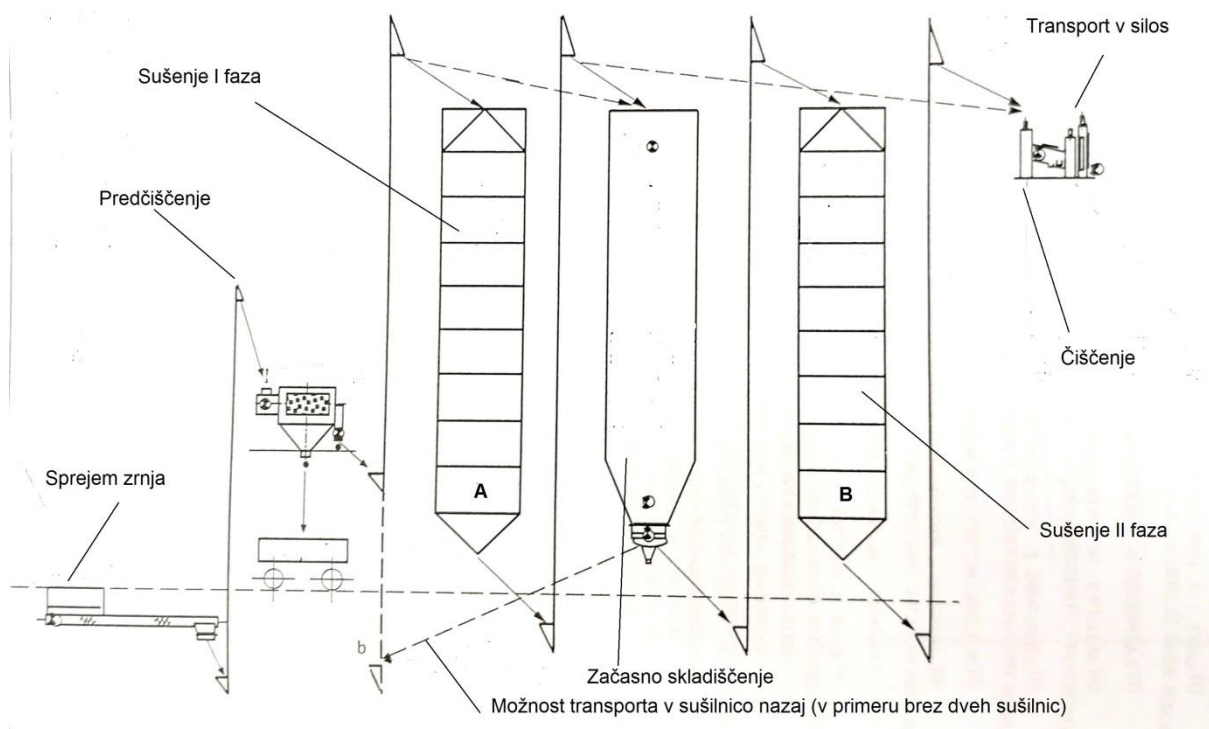
- S pravilno izbiro tipa sušilnice lahko učinkovito zmanjšamo porabo energije do 30 %
- Sušenje je potrebno izvajati učinkovito, s tem se poraba energije lahko zniža do 30 % (npr. dvofazno sušenje koruznega zrnja - uporaba dryeration ali hlajenje zrnja v ločeni komori po opravljeni prvi fazi sušenja)
- Ponovna vrnitev odpadne toplote iz sušilnice (recirkulacija in rekuperacija energije) lahko znižata stroške energije od 20 % do 40 %
- Varčevanje energije pri sušilnicah je mogoče dosežati s konstrukcijskimi in izolacijskimi materiali

Dvofazno sušenje

Na sliki je prikazan način dvofaznega sušenja zrnja (npr. koruznega zrnja) s pretočno sušilnico. Pred vstopom v sušilnico se opravi pred čiščenje vhodnega zrnja. Po opravljenem pred čiščenju se zrnje transportira v sušilnico. V sušilnici oziroma prvem stolpu sušilnice (pri dveh sušilnicah) se zrnje suši s temperaturo 130 °C - 140 °C v prvi fazi (temperatura sušenja je visoka). Sušenje od začetne vlažnosti, ki je lahko višja od 30 % poteka do vlage med 18 % do 22 % (izbere se glede potrebe). Po prvi fazi sušenja se zrnje transportira v skladiščni silos, kjer se začasno uskladišči v času 6 – 12 h. V tem času se vlažnost v zrnih in med njimi izenači, tako da po drugem sušenju ne bo prisotna velika vlažnost med posameznimi zrni. Po opravljenem ohlajanju se zrnje suši v drugem stolpu sušilnice s temperaturo 80 °C - 100 °C. V primeru da ni dveh sušilnic se zrnje iz silosa ponovno transportira v sušilnico, kjer se je v prvi fazi sušilo na višji temperaturi ter opravi drugo sušenje.

Zrno se v drugi fazi suši na vlažnost, ki je za 2 – 3 % višja od ravnotežne vlažnosti v skladiščnem silosu. Omenjeno zrnje se ne hladi v sušilnici, transportira se ga v skladiščni silos, kjer se postopno hladi z ventiliranjem. Toplina, ki je vsebovana v toplem zrnju omogoči da se posuši še preostanek od 2 % – 3 % vlage v zrnju. S to tehnologijo se dosega boljša kakovost zrnja ter prihranek energije 8 % (v primerjavi s hlajenjem zrnja v sušilnici).

Po zaključenem sušenju se zrnje transportira na sklop za čiščenje, kjer se opravi odstranjevanje različnih primesi. Po opravljenem procesu čiščenja se očiščeno zrnje transportira v skladiščne silose za suho zrnje.



Slika : Dvofazno sušenje, se lahko opravi tudi z eno sušilnico, v tem primeru se po ohlajevanju zrnja po prvi fazi sušenja v silosu za zrnje, ohlajeno zrnje ponovno transportira v sušilnico, kjer se je opravilo sušenje v prvi fazi, opravi se druga faza sušenja (vir: Katić, Sušenje in sušilnice v kmetijstvu)

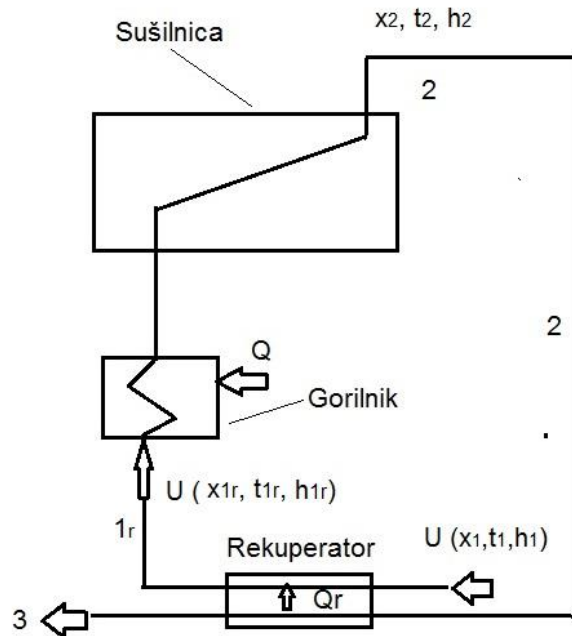
Uporaba akumulirane toplote iz zrnja in odpadnega zraka sušilnice

Poraba energije se lahko zniža, ko se odpadna toplota zraka na izhodu iz sušilnice uporabi za predgretje svežega zraka, ki prihaja v sušilnico. Delna uporaba toplote iz odpadnega zraka, ki izhaja iz sušilnice je na ta način omogočena. Pri adijabatskem sušenju je toplotna energija, ki je vnesena v sušilnico enaka toplotni energiji, ki izhaja iz sušilnice. Proces sušenja odstopa od adijabate za količino toplote, ki je akumulirana v zrnju in jo zrnje odnaša iz sušilnice ter za izgube toplotne energije v okolje. Toplotna energija, ki jo odnaša zrak iz sušilnice se ocenjuje z 90 % od toplotne energije, ki je bila vnesena (v primeru da je akumulirana toplotna energija v zrnju 7 % in izgube v okolje 3 %).

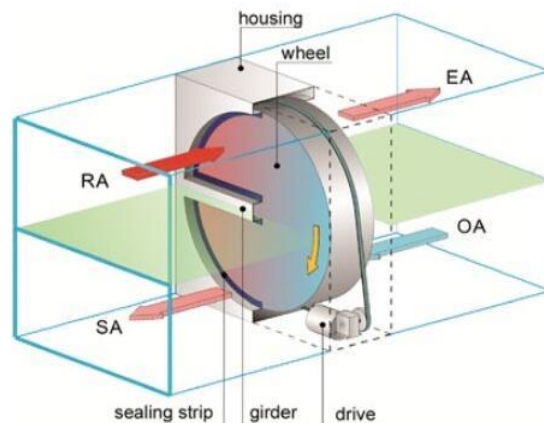
Popolni izkoristek odpadne toplotne energije ni mogoč s pomočjo recirkulacije zraka, ker zrak, ki izhaja iz sušilnice odnaša tudi izparjeno vodo. Večja količina vode v zraku zmanjšuje učinek sušenja tako da je ne smemo ponovno vnašati v sušilnico. Recirkulacija se lahko opravlja samo s pomočjo zraka, ki ni zasičen ali obogaten z vodno paro. To je v primeru odpadnega zraka, ki prihaja iz spodnjih delov sušilnice. Z recirkulacijo omenjenega zraka se lahko prihrani 5 % do 8 % toplotne energije, brez značilnega vpliva na delovanje sušilnice.

Od celotne toplotne energije, ki prihaja v sušilnico, okrog 95 % odhaja iz sušilnice z relativno nizko temperaturo 50 do 60 °C v obliki odpadnega zraka. Omenjeni odpadni zrak se težko uporabi za večji izkoristek energije v sušilnici zaradi nizke temperature, ter vlažnega zraka (ima visoko entalpijo). Omenjeni zrak se lahko uporabi s pomočjo rekuperatorja ali izmenjevalnika toplote (20 % od celotne toplotne energije, ki izhaja iz sušilnice). Dodaten problem pri izkoriščanju omenjene odpadne toplotne energije v rekuperaciji predstavljata tudi prah in pleve, ki pogosto zapirata odprtine za prehod zraka (vsebuje tudi vlago). Za uporabo na sušilnicah je precej znana rotacijska izvedba rekuperatorja. Pločevinasto satje v obliki kolesa se v nosilnem ogrodju počasi vrti. Na enem delu skozi omenjeno satje piha odpadni

zrak iz sušilnice, v nasprotni smeri pa piha sveži zrak iz okolja, ter se segreje na temperaturo, ki je nižja od temperature satja (segretega z odpadnim zrakom). Izmenjava toplote je najbolj učinkovita, ko tokovi tečejo v nasprotnih smereh, saj to povzroči ugoden temperaturni gradient po debelini pločevinastega satja.



Slika : Shematski prikaz sušenja z rekuperacijo, x_1 – količina vlage v zraku, t_1 – temperatura zraka, h_1 - entalpija, v rekuperator prihaja sveži zrak iz okolja označen z $U(x_1, t_1, h_1)$, v rekuperator pa prihaja odpadni zrak iz sušilnice in odda toplotno energijo Q_r , po izhodu iz rekuperatorja je vstopni zrak prejel toplotno energijo Q_r ter ima novo stanje označeno $U_r(x_{1r}, t_{1r}, h_{1r})$ ter pride predgret v gorilnik, iz gorilnika pride segreti zrak z oznako $U(x_u, t_u, h_u)$, po prehodu iz sušilnice pa imamo odpadni zrak na izhodu s stanjem x_2, t_2 in h_2 (vir: Katić, Sušenje in sušilnice v kmetijstvu).



Slika : Rekuperator toplote odpadnega zraka (rotacijska izvedba), odpadna toplotna energija se iz toka odpadnega zraka (vstop odpadnega zraka RA) prenese na material kolesa (satje) in nato iz materiala kolesa na tok svežega zraka (vstop svežega zraka OA). To poveča temperaturo toka dovodnega zraka za količino, ki je sorazmerna temperaturni razliki med zračnima tokovima ali "toplotni gradient" in je odvisna od učinkovitosti naprave (vir: Holtop)

Največji mogoči izkoristek toplotne energije iz odpadnega zraka iz sušilnice je odvisen od razlike temperature zraka, ki izhaja iz sušilnice in temperature okolja. Povprečna temperatura zraka na izhodu iz sušilnice je 50 °C. V primeru da je temperatura zunanjega zraka 10 °C, je energija, ki jo lahko pridobimo iz odpadnega zraka odvisna od razlik v temperaturah (v tem primeru razlika znaša 40 °C). V primeru da je temperatura zraka v okolju višja, je omenjena razlika med temperaturo vstopnega in izstopnega zraka manjša, tako da je tudi izkoristek energije iz odpadnega zraka nižji.

Proizvajalci rotacijski rekuperatorjev navajajo da so primerni za pretoke zraka do 100000 m³/h, izkoristek pa jim znaša več, kot 80 %

Regeneracija toplote

Poleg rekuperacije obstaja tudi možnost regeneracije toplote, v tem primeru se izmenjava toplote ne opravlja kontinuirano. V tem primeru sta potrebna vsaj dva izmenjevalca toplote, ki sta oblikovana, kot zalogovnika, ki s svojo maso za akumulacijo toplote lahko uskladiščijo toploto. Zalogovnika toplote se izmenično izpostavljata toplem in hladnem zračnem toku. Ta tip se pogosto uporablja v primerih, ko je zračni tok onesnažen s prahom. Prah, ki se nalaga na regeneratorjih zmanjšuje njihov izkoristek.

Drugi načini sušenja

V prihodnosti pa se bodo uveljavili v širšem obsegu tudi tudi drugi načini sušenja, npr., v povezavi z mikro turbinami, toplotnimi črpalkami, itn. Poleg tega se v svetu opravljajo raziskave z drugimi fizikalnimi principi sušenja. V omenjene fizikalne principe sušenja je všteta uporaba koherentne svetlobe laserja, bližnja infrardeča svetloba (angl. kratica NIR), radijske frekvence (angl. kratica RF), vakumsko sušenje, kjer se toplota dovaja s prevodnostjo ali sevanjem, proizvedena para pa se odstrani z vakuumskim sistemom, itn.

Toplota za dosuševanje sena

Z razvojem tehnologij segrevanja zraka so se poleg hladnega prevetrovanja in prevetrovanja z ogretim zrakom izpod strešne kritine hlevov, razvili tudi sistemi prevetrovanja s toplim zrakom, ki jih delimo glede na vir energije:

- biomasa (drva, sekanci, žetveni ostanki, npr. klasinec, itn.),
- kurilno olje,
- zemeljski plin
- geotermalna energija
- energija iz anaerobne digestije (bioplin)
- energija iz uplinjanja biomase (lesni ostanki, žetveni ostanki)
- sončna energija
- toplotne črpalke

Pri prevetrovanju s hladnim zrakom upoštevamo povprečen odvzem 1 g vode na m³ zraka, pri uporabi sončne strehe 2 g vode na m³ zraka in pri sušenju s toplotno črpalko tudi do 5 g vode na m³ zraka. Sušenje mora zagotoviti zadosten pretok zraka skozi krmo. Sušenje sena v komori poteka s pomočjo ventilatorja, ki zagotavlja pretok zraka in boksa z rešetko, ki omogoča, da zrak enakomerno prehaja skozi krmo in jo suši.

A9 Priporočila za zmanjševanje porabe energije v kmetijstvu

Priporočila za zmanjševanje porabe energije v kmetijstvu so razdeljena na dva dela: učinkovita raba energije in uporaba obnovljivih virov energije. V učinkoviti rabi energije so zajeti ukrepi, ki jih lahko izvajamo s pomočjo obstoječe kmetijske mehanizacije, procesne tehnike, z optimizacijo delovnih postopkov ter delovnih operacij, zajem odpadne toplote, itn. V uporabi obnovljivih virov energije so zajeti različni obnovljivi viri energije v kmetijstvu s poudarkom na tistih virih, ki izhajajo iz samega kmetijstva. npr. biomasa v trdni, tekoči in plinasti obliki, solarna energija, itn.

Učinkovita raba energije v kmetijstvu

Povečanje energetske učinkovitosti v kmetijstvu je vezano na povečanje energetske učinkovitosti mehanizacije, kmetijske procesne tehnike v kateri so vključeni sistemi za ogrevanje in hlajenje, zmanjšanja izgub v kmetijskih objektih in obratih, izboljšanje procesa sušenja in dodelave rastlinskih materialov, izboljšanje energetske učinkovitosti razsvetljave ter uporabe energetske učinkovitih aparatov in naprav.

Posebnost slovenskega kmetijstva je veliko število kmetijskih gospodarstev (kmetij), kar posledično pomeni manjša kmetijska zemljišča v uporabi oziroma velika razpršenost obdelovalnih površin, kar povzroča dodatno porabo energije zaradi transporta kmetijske mehanizacije na oddaljene obdelovalne površine.

Ukrepi za zmanjševanje porabe goriva s traktorji in samovoznimi kmetijskimi stroji

Zmanjševanje porabe energije v kmetijstvu lahko v velik meri poleg zniževanja emisij toplogrednih plinov, vpliva v veliki meri na ekonomiko kmetijske pridelave. Porabo goriva lahko uspešno znižamo na obstoječih traktorjih in samovoznih kmetijskih strojih ter tudi na traktorjih starejše generacije, ki so še vedno v uporabi na različnih kmetijah. Sodobne tehnične rešitve, ki lahko nekoliko več pripomorejo zmanjševanju porabe goriva se bodo zaradi zahtevnosti in cene, postopoma uvajale na stroje, kar bo vplivalo na zmanjševanje porabe goriva v prihodnosti. Za zmanjševanje porabe goriva je pomembno, da uporabnik pravilno vzdržuje stroj, da je dobro seznanjen z njegovim delovanjem ter da ga zna pravilno in skrbno uporabljati.

Sodobne tehnologije za zagotavljanje manjše porabe goriva traktorskih motorjev

Zmanjšano porabo goriva ter emisijo škodljivih snovi v izpušnih plinih sodobnih dizelskih motorjev je omogočilo več tehničnih izboljšav: elektronska kontrola procesa vbrizga goriva, povečan tlak vbrizga goriva, ki znaša tudi do 2000 barov in več, posebne oblike zgorevalnih komor, več kot dva ventila na valju, uporaba sistema za vbrizg goriva s skupnim vodom, itn. Med postopkom za zmanjševanje in ugodno porabo goriva obstaja sporen cilj. Zato se za doseg zmanjšanja emisij škodljivih plinov mora upoštevati izboljšano sesanje z vmesnim hlajenjem, zmanjševanje izgub turbinskega polnilnika, ponovno cirkulacijo hlajenih izpušnih plinov, centralni vbrizg, skupni vod (Common rail) s piezo sprožilom, oksidacijski katalizator, filtre za delce, katalizator SRC (dodajanje ureje), temperaturo goriva, zmanjšanje žvepla v dizelskem gorivu itn.

Značilno je tudi zmanjševanje prostornine motorjev. Štirivaljni motorji so v preteklosti bili vgrajevani na traktorje do 73,5 kW, strokovna sfera pa si ni mogla predstavljati traktorja nad 73 kW za težka opravila v kmetijstvu brez šestvaljnega motorja. Sedaj so štirivaljni motorji postali stalnica pri izvedbah traktorjev velike moči. V kombinaciji s turbinskim polnilnikom in hladilnikom zraka (intercoolerjem) ter elektronskim direktnim vbrizgom goriva, sodobni štirivaljni traktorski motorji imajo na razpolago tudi 100 kW, pri najmočnejših izvedbah traktorjev pa štirivaljni motor razvija 120 kW, pri transportnih aktivnostih pa še nekoliko višjo o moč. Manjše število valjev pomeni krajši motor z manjšo maso, ter krajši in bolj okreten traktor, posledično pa tudi nižjo ceno motorja in predvsem porabo goriva. Pri nekaterih sodobnih traktorjih vrtljaji motorja v prostem tek znašajo 850 vrt./min., po aktiviranju ročne zavore pa traktorski motor avtomatično zmanjša vrtljaje na varčnih 650 vrt./min., kar pomeni še manjšo porabo goriva.

Usklajenost strojev glede opravil

Zelo pomembno je, da je velikost stroja prilagojena delovni operaciji. Traktorji in samovozni kmetijski stroji velike moči so bolj racionalni od majhnih strojev, potrebno pa je take stroje uporabljati smiselno. Preveč ali premalo moči na razpolago lahko značilno vpliva na porabo goriva. V praksi pa se dostikrat evidentni primeri uporabe predimenzioniranih strojev npr. traktor velike moči in priključni stroj, ki ima premajhno delovno širino. Za izvedbo delovne operacije s takim strojem se porabi več časa, posledično pa je tudi višja poraba goriva. Energija se dostikrat nesmiselno zapravlja zaradi nepoznavanja agrotehničnih potreb rastlin. Tipičen primer je npr. oranje na preveliko globino samo zaradi tega, ker moč traktorja in konstrukcijska izvedba pluga to omogočata, določena rastlina pa za svoj razvoj dejansko sploh ne potrebuje preveč globoko obdelanih tal.

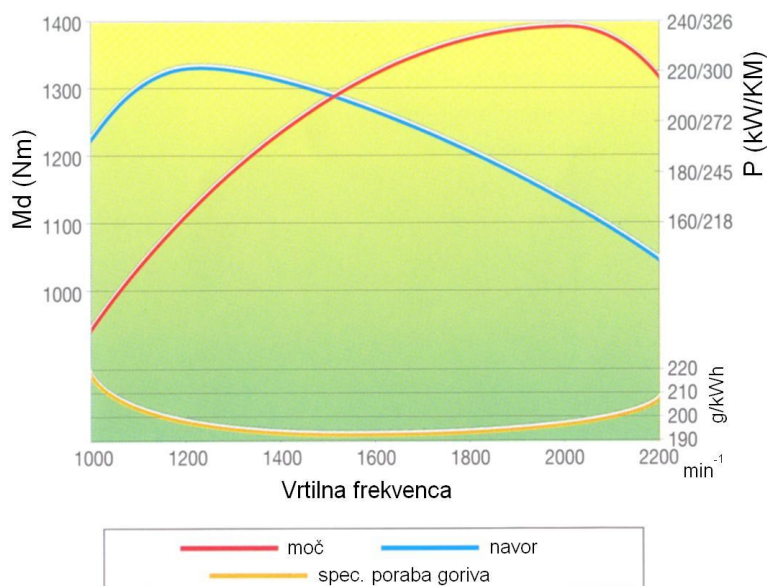
Vzdrževanje strojev

Za uporabnika je pomembno, da vzdržuje stroj v dobrem stanju, ker dobro in redno vzdrževanje stroja poleg daljše življenjske dobe stroja vpliva tudi na zmanjšano porabo goriva. Z rednim vzdrževanjem se vpliva tudi na zmanjševanje števila popravil (posledično tudi na stroške vzdrževanja celotnega stroja), izboljšuje se zanesljivost delovanja stroja in zmanjšujejo se emisije škodljivih snovi v izpušnih plinih traktorskih motorjev. Uporabnikom je potrebno svetovati, da vodijo skrb glede periodičnega vzdrževanja strojev oziroma njihovih motorjev ter da se držijo napotkov v navodilih za vzdrževanje traktorjev in podatkov o potrebnih servisnih intervalih. Potrebno je poskrbeti, da se na motorju redno opravlja zamenjava zračnih in oljnih filtrov ter motornega olja. Pomen vzdrževanja teh filtrov ni zanemarljiv, ker zamašeni zračni filtri lahko povzročijo, da se nam poraba goriva lahko povzpne celo do 20 %. Potrebno je tudi skrbeti za druge dele motorja npr. pravilno

nastavitev ventilov ter pravilno delovanje celotnega sistema za vbrizg goriva. Poskrbeti je tudi potrebno, da so mehanski deli pri mehanizmu za dodajanje plina motorju (nanaša se na starejše in manjše izvedbe traktorjev, novejša visokozmogljiva izvedba traktorjev imajo elektronske sisteme za reguliranje količine goriva) pravilno nastavljeni. Uporabnik mora nameniti tudi pozornost na obrabo motorja (obrabo batnih obročkov, ventilov motorja itn.), kakovost goriva (npr. voda v gorivu), notranja prepuščanja v motorju itn.

Preverjanje pravilnosti delovanja traktorskega motorja

Traktorski motorji, ki ne delujejo pravilno (zaradi nepravilnega vzdrževanja oziroma okvar v različnih časovnih obdobjih) porabijo večje količine dizelskega goriva, ter s tem tudi povečajo stroške pridelave in obremenitev okolja s toplogrednimi plini. V nekaterih državah EU kmetijski traktorji opravijo v določenih časovnih intervalih, testiranje pravilnosti delovanja motorja pod obremenitvijo, s terensko merilno zavoro. Testiranje se opravi, npr. v zimskem obdobju, ko so traktorji razbremenjeni različnih delovnih operacij. V nekaterih primerih pa omenjeno testiranje opravljajo tudi različni ponudniki traktorjev in kmet. mehanizacije, oziroma nekateri specializirani servisi za sisteme za dobavo goriva motorjem (tudi pri nas je že nekaj tovrstnih primerov). Za obremenitev motorja traktorja je namenjena posebna terenska motorna zavora, ki prek priključne gredi traktorja obremenjuje in zavira motor, povezana pa je z elektronskim merilnim sistemom. Elektronski merilni sistem, meri pri različnih obremenitvah motorja z zavoro: navor motorja, vrtilno frekvenco motorja in specifično porabo goriva. Omenjeni merilni sistem v povezavi z računalnikom poda podatke in krivulje: navora motorja v odvisnosti od vrtilne frekvence motorja, moči motorja v odvisnosti od vrtilne frekvence motorja (izračuna se iz izmerjenega navora in vrtilne frekvence motorja) in specifične porabe goriva v odvisnosti od vrtilne frekvence motorja. Karakteristične krivulje motorja se prikaže v diagramu za polno obremenjen motor z maksimalno količino vbrizganega goriva.



Slika : Značilni diagram traktorskega motorja s podanimi krivuljami moči P (kW), navora M_d (Nm) in specifične porabe goriva g (kWh) v odvisnosti od vrtilne frekvence motorja (min^{-1})

Izmerjene vrednosti oziroma oblike krivulj na grafih se morajo ujemati s podatki za pravilno delujoči motor traktorja. V primeru večjih odstopanj izmerjenih vrednosti ter večje porabe goriva (nad 5 %) od vrednosti, ki so podane za novi motor je potrebno ukrepati. Potrebno bo opraviti nekatere tehnične posege na motorju, ki so lahko enostavni, kot je zamenjava zračnega filtra in filtra za gorivo, nastavitev ventilov, čiščenje šob za vbrizg goriva, itn. V priemru da to ne pomaga bo potrebno opraviti posege, ki so nekoliko bolj zahtevni, kot npr. zamenjavo batnih obročkov, zamenjavo tesnila glave motorja, nastavitev regulatorja motorja, nastavitev visokotlačne črpalke, zamenjava šob za vbrizg goriva, zamenjava ventilov, itn. . Mogoče bo potrebno opraviti tudi zahtevne posege, kot je npr. popravilo ali zamenjavo regulatorja motorja (pri starejših izvedbah mehanski, pri novejših izvedbah elektornski), zamenjavo visokotlačne črpalke za gorivo, zamenjavo elektronske kontrolne enote motorja, itn. Po opravljenih prej omenjenih posegih, karakteristika motorja ugotovljena na motorni zavori mora ustrezati želenim oziroma predpisanim vrednostim s strani proizvajalca motorja. Omenjena merilna zavora predstavlja učinkovito orodje za doseganje pravilnega delovanja motorja traktorja.

Delovanje traktorskega motorja v prostem teku

V nekaterih primerih traktorji delujejo veliko časa v prostem teku, ker pri krajših prekinitvah dela, uporabniki ne ugasnejo motorja traktorja. V odvisnosti od aplikacije, poraba goriva v prostem teku lahko znese 15 do 20 % od celotne porabe goriva, kar ni zanemarljivo. Zato je potrebno zmanjšati delovanje motorja traktorja ali samovoznega stroja v prostem teku na minimum. Uporabnik mora načrtovati delo tako, da bo število praznih voženj in obračanj na delovni površini čim manjše. Pogoste ustavitve in ponoven zagon motorjev po zagotovilih proizvajalcev na sodobnih traktorjih in samovoznih strojih ne bodo povzročile škode električni napravi za zagon motorja.

Tlak zraka v pnevmatikah traktorja

Pri traktorjih je zelo pomembno realiziranje traksijske sile pri različnih delih na tleh. Realizacija traksijske sile je zelo pomembna npr. pri osnovni in dopolnilni obdelavi tal, različnih opravilih z vlečenimi priključnimi stroji, vleki hlodov itn. Na mehkih oziroma razmočenih tleh bo previsok tlak zraka v pnevmatiki traktorja, vplival na zmanjšani prenos moči s traktorskega motorja preko transmisije na podlago. S tem se bo povečala poraba goriva zaradi prevelikega zdrsa ter obraba pnevmatik. Z vzdrževanjem pravilnega tlaka zraka v traktorskih pnevmatikah glede stanja podlage, se da dosežati boljšo realizacijo traksijske sile oziroma prenos sile s pnevmatike na delovno podlago in posledično nastanek večje odzivne sile in manjšo porabo goriva. Veliko je primerov v praksi, ko se mora zmanjšati zdrs pnevmatik (preveliki zdrs povzroča prekomerno porabo goriva). Zato je zelo pomembna pravilna izbira pnevmatik in dodatne obtežitve traktorja z utežmi (balast). Nezaostna obtežitev traktorja povzroča prekomerni zdrs pnevmatik in večjo obrabo motorja, kar pomeni tudi krajšo življenjsko dobo motorja. Velikost balasta je potrebno prilagoditi delovni operaciji zaradi pravilnega kotalnega odpora. Pri lahkih delih oziroma majhnih obremenitvah pa je potrebno odstraniti odvečni balast. V nekaterih pogojih pnevmatike ne omogočajo zadostne traksije, na primer ko je površina tal zelo mokra in drsi ali ko so tla pokrita s tankim rastlinskim pokrovom (realizacija traksijske sile se lahko izboljša z dodajanjem uteži ali povečanjem kontaktne površine, npr. večja kolesa, ko so pogoji za traksijo dobri, pa je najbolj enostavna rešitev dodajanje uteži na pogonska kolesa).

Uravnavanje tlaka zraka v traktorskih pnevmatikah glede trenutnega stanja podlage

Med osnovno obdelavo tal z oranjem, mehanske poškodbe tal se lahko zmanjša na minimum z zmanjševanjem tlaka pnevmatik, kar pomeni manjše površinsko tlačjenje tal. Manjši tlak se doseže z zniževanjem tlaka v pnevmatikah traktorja, poleg tega se zmanjša zdrs pogonskih koles oziroma pnevmatik, kar pri oranju pomeni manjšo porabo goriva. Vlečna sila traktorja se lahko poveča pri enaki masi z regulacijo tlaka zraka v pnevmatikah. Pri transportnih opravilih se kotalni odpor minimalizira ter izboljša vodljivost traktorja z višanjem zračnega tlaka v pnevmatikah. Reguliranje zračnega tlaka zmanjšuje stroške delovanja traktorja, oziroma obraba pnevmatik in stroški za gorivo se znižajo.

Za čim daljšo življenjsko dobo pnevmatike in čim manjšo porabo goriva je zato zelo pomemben tlak zraka v njej. Tlak zraka v traktorski pnevmatiki se giblje od 0,8 do 2,2 bar, možni pa so maksimalni tlaki tudi do 2,8 bar. Priporočeni tlak v pnevmatiki traktorja, ki vozi po njivi znaša okrog 0,8 bar, pri vožnji na cesti pa 1,5 bar (okvirni podatki). V navodilih za uporabo traktorjev proizvajalci navajajo omejitve maksimalne obremenitve, ki se pojavljajo pri različnih tlakih pnevmatik na reprezentativnem vzorcu razpoložljivih dimenzij pnevmatik, ki jih je mogoče namestiti na traktor. Pri vožnji z visokimi cestnimi hitrostmi je potrebno strogo upoštevati tlake in maksimalno obremenitveno zmogljivost, ki jih priporoča proizvajalec pnevmatik. Pnevmatike morajo biti napolnjene tako, da ima tlak zraka v njih najnižjo vrednost, ki jo je predpisal proizvajalec traktorja glede njene obremenitve (težo, ki pnevmatike prenašajo) in vozne hitrosti. Previsok tlak zraka v traktorski pnevmatiki bo povzročal poškodbe na mehkih in razmočenih tleh, zmanjšal prenos moči s traktorskega motorja preko transmisije na podlago, povečala se bo poraba goriva zaradi prevelikega zdrsa ter obraba pnevmatik. Z vzdrževanjem pravilnega tlaka zraka v pnevmatikah glede stanja podlage bo dosežena boljše vlečna sila traktorja in manjša poraba goriva. Na traktorje nekaterih proizvajalcev je možno namestiti dodatno opremo za uravnavanje tlaka zraka v pnevmatikah iz kabine traktorja ali zunaj kabine (cenejše izvedbe, ki se jih lahko montira na vse obstoječe izvedbe traktorjev). Prednosti omenjenega sistema so: olajša voznikovo delo, traktor postane bolj stabilen pri cestni vožnji, dosejajo se večje vlečne sile traktorja (glede trenutnega stanja podlage), varčuje se z gorivom, zmanjša se obraba pnevmatik, večje je udobje za voznika in manjše so mehanske poškodbe tal.

Tabela : Vlečna sila za traktor Deutz – Fahr DX 4.70, pnevmatike: zadaj 20,8 R 38; spredaj 16,9 R 26, zdrs 25 %, tla peščena (vir: Profi special)

Tlak zraka (bar)	Vlečna sila (daN)	Vlečna sila (%)
1,6	2560	100
1,2	2700	105
0,8	2970	116
0,6	3210	125
0,5	3380	132

Pravilno prestavljanje traktorskega menjalnika

Zelo pomembna je tudi izbira pravilne prestave, ki omogoča želeno hitrost pri znižanih vrtljajih motorja brez preobremenitve. Raziskave so pokazale, da je možno porabo goriva zmanjšati do 15 % pri realiziranih 75 % moči motorja in celo do 30 % pri realiziranih 50 % moči motorja. Prej povedano je povezano s številom vrtljajev motorja, z nižjim številom vrtljajev motorja se dosega tudi manjša moč motorja, posledično tudi manjša poraba goriva in daljša življenjska doba motorja. Takoj, ko je možno uporabnik traktorja mora prestavljati v višje prestave, število vrtljajev motorja pa znižati. V primeru sodobnih traktorskih motorjev z območjem konstantne moči, motorji dosegajo praktično enako moč v določenem intervalu števila vrtljajev motorja, npr. predpostavimo da je pri sodobnem motorju v intervalu od 1600 do 1900 vrtljajev motorja, moč približno konstantna, kar pomeni da je tudi na samem začetku in samem koncu omenjenega intervala vrtljajev, moč motorja praktično zmeraj konstantna. Poenostavljeno lahko rečemo, da bo uporabnik pri motorjih z območjem konstantne moči pri nižjih vrtljajih motorja, imel tudi manjšo porabo goriva ter enako moč, ki jo dosega tudi pri višjih vrtljajih motorja in posledično višji porabi goriva.

Uporaba reverzibilnega ventilatorja na motorjih traktorjev in samovoznih kmetijskih strojev

Na sodobne traktorje in samovozne kmetijske stroje je vgrajeno vse večje število hladilnikov, npr. hlajenje motorja s hladilno tekočino, oljni hladilniki za olje iz transmisije, hidravličnega sistema itn. Za motorje traktorjev in drugih delovnih strojev (na kmetijah se uporabljajo tudi dvoriščni traktorji, rovokopači, itn.) je značilno, da velikokrat delujejo v pogojih, ko je prisotna velika količina različnih delcev v zraku, na primer prah z zasušenih tal, rastlinski ostanki, insekti in druga umazanija. Omenjeni delci se začnejo nabirati na hladilniku motorja in drugih hladilnikih. Nekateri proizvajalci hladilnike nameščajo na takšna mesta na stroju, da niso direktno izpostavljeni vplivu umazanije npr. na zadnji del stroja ali bočno (primer pri nekaterih dvoriščnih izvedbah traktorjev in teleskopskih nakladalnikov itn. v tem primeru ventilator vleče bolj čisti zrak). Toda ne glede na zasnovo stroja in motorja, pri prevelikih količinah umazanije hladilnik ne more več učinkovito opravljati svoje funkcije. Ventilatorji za prisilno hlajenje delujejo, kot sesalniki za prah, tako da hitro povzročijo zapolnitev rež na hladilnikih. Za uporabnika stroja to pomeni povečano porabo goriva in dodatno delo za večkratno čiščenje. Povečana poraba goriva in delo, ki ga uporabnik nameni čiščenju pa lahko nanese tudi po več tisoč evrov na leto. Danes obstajajo rešitve, ki omogočajo, da se čiščenje hladilnika opravi med delovanjem stroja. To omogočajo ventilatorji z reverzibilnimi lopaticami, ki lahko spreminjajo kot lopatic med delovanjem. Lopatice se lahko nastavlja pod različnimi koti in s tem dosega različne učinke hlajenja, če se jih obrne v nasprotno smer, se zrak usmeri prek hladilnika motorja in opravi se izpihovanje hladilnika motorja (ter drugih hladilnikov, ki so sedaj v veliko primerov skupinsko nameščeni npr. pri traktorjih). Po opravljenem izpihovanju se ventilator spet postavi na delovni položaj za hlajenje motorja traktorja. Z uporabo omenjenega sistema uporabniku ni potrebno zapuščati kabine delovnega stroja. Omenjene sisteme nekateri proizvajalci vgrajujejo serijsko, lahko pa se jih vgradi tudi naknadno. Reverzibilni ventilator omogoča tudi, da je poraba njegove energije odvisna glede potreb po hlajenju. Pri manjši obremenitvi motorja so tudi potrebe po hlajenju motorja manjše (v tem primeru so lopatice postavljene pod manjšim kotom tako da zajamejo manjšo količino zraka). Z uporabo manjših kotov lopatic so možni prihranki glede potrebne moči za pogon ventilatorja tudi do 60 %. Najbolj dodelan je sistem, kjer se kot lopatic ventilatorja spreminja v povezavi z elektronsko enoto za nadzor delovanja motorja. V tem primeru so lahko prihranki moči, ki je potrebna za pogon ventilatorja tudi do 80 %.

Zmanjševanje porabe goriva v obdelavi tal

Za zmanjševanje porabe goriva pri osnovni obdelavi tal - oranju obstaja več možnosti. Ena izmed možnosti, da zmanjšamo porabo goriva v celotni obdelavi tal je tudi tako imenovana „zimski brazda“. Poleg potencialne akumulacije vode (če so padavine) pa so konec jeseni oziroma na začetku zime preorana tla čez zimo izpostavljena velikim temperaturnim razlikam kar pomeni izmenjavanje zmrzovanja in odtajevanja, vlaženja in sušenja. Zaradi tega se velike talne grude drobijo v manjše strukturne talne agregate in to po naravnih razpokah. Dopolnilna ali predsetvena obdelava takih tal pa zahteva manj energije oziroma manjše količine mineralnega dizelskega goriva in posledično manjše emisije ogljikovega dioksida in drugih toplogrednih plinov.

Gnojenje s hlevskim gnojem ima številne pozitivne lastnosti na sama tla. Organska snov veže lahko do pet krat več vode, kot je njena lastna masa, kar je pomembno zlasti za peščena tla oziroma za vsa tla, kadar nastopijo suše. Če se njivske površine redno in več let gnoji z uležanim hlevskim gnojem je potrebna vlečna sila za vleko pluga do 38 % manjša, kot na tleh gnojenih samo z mineralnimi gnojili. V tem primeru hlevski gnoj (organska snov) izboljša strukturo tal, zaradi katere je potem manjši specifični odpor tal ob vleki pluga (manjša poraba goriva).

Na porabo goriva pri oranju ima velik vpliv tudi konstrukcija pluga. Sodobni večbrazdni obračalni plugi vodilnih proizvajalcev so praviloma opremljeni z vijačnimi deskami, ki porabijo manj energije v primerjavi s cilindričnimi oblikami plužnih desk. Poleg tega se vse bolj uveljavljajo trakaste ali rešetkaste deske, ki imajo manjši specifični odpor pri oranju, namenjene pa so za oranje težkih in lepljivih tal (z velikim deležem glinastih delcev). Poleg oblike plužne deske je pomemben tudi material deske. Sodobni večbrazdni obračalni plugi imajo na razpolago tudi plastične plužne deske, ki se uporabljajo na podobnih tleh, kot prej omenjene rešetkaste. Za vleko pluga z omenjenimi deskami se porabi manj energije, njihova slaba lastnost je da je obraba plastičnih plužnih desk hitrejša, zato se jih ne priporoča na skeletnih tleh. Deli pluga, ki so v stiku s tlemi so med delovanjem izpostavljeni obrabi. Obrabljeni, topi, neostri deli tudi povečujejo porabo goriva. Zato jih je potrebno redno zamenjevati (priporoča se menjava z originalnimi nadomestnimi deli). V nekaterih primerih se uporabniki poslužujejo neoriginalnih delov, ki so cenejši in manj kakovostni, kar pomeni da z njihovo uporabo pride prej do obrabe določenega dela pluga, spremembe geometrije omenjenega dela in posledično višje porabe energije. Strokovnjaki evropskega Projekta IEE Efficient 20, ki je imel za cilj zmanjšati porabo goriva v kmetijstvu in gozdarstvu, odsvetujejo dodatno „zaščito“ delov pluga izpostavljenih obrabi. Z raziskavami je ugotovljeno da lahko z navaritvijo izrabljene konice lemeža na standarden lemež, povečamo porabo goriva tudi do 34 %. Obraba originalnega standardnega lemeža je manjša, vendar pa se poraba goriva bistveno poveča. Tudi navaritev „posebnih oblog“ na začetek deske lahko sicer zmanjša obrabo deske, posledično pa je poraba goriva spet večja.

Zmanjševanje porabe goriva s priključnimi stroji, ki so gnani prek priključne gredi traktorja

Številni priključki za delo v kmetijstvu so gnani preko priključne gredi traktorja. Za večino traktorskih priključnih strojev je značilno da pravilno delujejo pri 540 vrt./min. priključne gredi traktorja. Te vrtljaje ima priključna gre pri 85 do 90 % glede na nazivno število vrtljajev motorja. Velikokrat pa gnani priključki ne potrebujejo velike moči, ki je na voljo pri teh višjih vrtljajih motorja (motor ima v tem delovnem območju relativno visoko porabo goriva). Zato večina proizvajalcev ponuja tudi varčno priključno gred. Proizvajalci to varčno priključno gred, označujejo s 540 E, 750, in ECO priključna gred. Omenjena varčna priključna gredi se vrtili s 540 vrt./min. ob nižjem številu vrtljajev motorja. V takem delovnem režimu je motor bolje izkoriščen, specifična poraba goriva pa je manjša. Običajno pri izboru hitrosti 540E se doseže nazivno število vrtljajev priključne gredi - 540 vrt./min., pri vrtljajih motorja, ki so nekje

v območju od 65 do 70 % glede na nazivno število vrtljajev traktorskega motorja. Varčno priključno gred se najpogosteje uporablja pri gnanih priključkih, ki ne potrebujejo veliko moči za pogon (trosilniki, škropilnice, obračalniki, zgrabljalniki itd).

Tudi pri gnanih strojih za obdelavo tal se lahko uporablja varčna priključna gred (če traktor in delovne razmere dopuščajo).

Zmanjševanje porabe energije s pravilnim vzdrževanjem rezil na različnih kmetijskih strojih

Pri košnji s skrhanimi noži kosilnice porabimo približno 15 % več energije, kot pri nabrušenih rezilih.

Različni noži na strižnih in rotacijskih kosilnicah, silokombajnih, balirkah, odrezovalnikih silaže itn., zato morajo biti pravilno naostreni. Z brušenjem zmanjšamo topost rezilnega roba orodja in s tem zmanjšamo potrebno silo pri rezanju. Pri nižjih silah, ki jih potrebujemo za odrezovanje rabimo tudi manj energije ter posledično goriva za pogon traktorjev oziroma samovoznih strojev. Pomembno je vedeti da kakovostno odrezan rastlinski material mora biti gladko odrezan in ne razcefran.

Pri silokombajnih je dolžina rezi zelo kratka, kar pomeni posledično tudi višjo porabo energije. Za pravilno delovanje silokombajnov je izredno pomembna ostrina nožev ter pravilna razdalja med rezili in protirezilom. Pri topih rezilih in nepravilno nastavljenem protirezilu se lahko poraba energije podvoji. Poleg tega se zaradi topih nožev in prevelike razdalje med noži in protirezilom povečajo obremenitve ležajev in ostalih delov silokombajna. Zaradi tega moramo nože redno brusiti, protirezilo pa nastavljati na pravilno razdaljo do nabrušenih nožev. Rezila je potrebno brusiti bolj pogosto in manj intenzivno. S tem se doseže manjša poraba energije, boljše kakovost odreza ter večji delovni učinek. Samo brušenje ne sme spremeniti oblike (kotov) rezila na orodjih ter vplivati na lastnosti materiala.

Zmanjševanje porabe goriva z združevanjem delovnih operacij v obdelavi tal

Pri konvencionalni obdelavi tal s plugom osnovna obdelava tal zajema obračanje in rahljanje obdelovalne plasti tal, predsetvena ali dopolnilna obdelava tal pa se lahko opravi istočasno s setvijo (kombinirani agregat) ali ločeno. Za pridelavo večine poljščin se danes pri nas večinoma uporablja konvencionalna obdelava tal vendar so vse bolj na pohodu tudi tehnologije, ki nam omogočajo zmanjševanje števila prehodov. Gospodarna in ekološko naravnana pridelava, ki sedaj prihaja v ospredje pa postavlja še dodatne zahteve: zmanjšati stroške dela in energije za obdelavo tal (zmanjševanje emisij toplogrednih plinov, ki nastanejo, kot posledica delovanja kmetijske mehanizacije) ter skrócić intenzivno obdelavo tal le na nujne ukrepe. Z obdelavo tal brez oranja in z združevanjem več delovnih operacij, ki jih opravljamo ločeno je mogoče opraviti velike prihranke energij oziroma dizelskega goriva za pogon traktorjev in časa. Tehnike pri katerih se reducira intenziteta obdelave tal zaradi možnosti zmanjševanja porabe goriva in emisij toplogrednih plinov postajajo vse bolj pomembne v Evropi in svetu. Raziskave so pokazale da je možno zmanjšati porabo energije do 70 % v združeni istočasni obdelavi tal in setvi (stroj za obdelavo tal z gnanimi delovnimi elementi in sejalnica sta združena) v primerjavi s konvencionalno obdelavo tal.

Sistem obdelave tal pri katerem ostane po obdelavi in setvi več kot 30 % obdelane površine pokrite z rastlinskimi ostanki prejšnje poljščine in tla ne orjemo se imenuje konzervacijski. Z uporabo konzervacijske obdelave se tla ne obračajo, kot pri oranju. Rastlinski ostanki se premešajo s površinsko plastjo tla, s tem se zapira površinski del tal zaradi ohranjanja vlage v tleh. S konzervacijsko obdelavo tal poskušamo tla porušiti v čim manjši meri, tako da se ohrani njihova naravna struktura, pusti maksimalni rastlinski pokrov in ustvari groba površina tal. S tem bodo tla zaščiteni pred erozijo (zelo pomembno, ker rastlinski pokrov zmanjšuje vetrno erozijo), izhlapevanje vode pa se lahko občutno zmanjša posebej v aridnih področjih.

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

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

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

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

Zaradi manjše porabe energije (manjša količina dizelskega goriva se porabi za pogon traktorjev) pri minimalni obdelavi tal in manjšega števila prehodov traktorskih agregatov je omogočena večja produktivnost (manjša poraba časa za izvedbo delovne operacije) in posledično boljša ekonomičnost pridelave. Poleg tega je zmanjšana obremenitev okolja s toplogrednimi plini, mehanske poškodbe tal pa so tudi minimalne.

Zmanjševanje porabe goriva v transportu

V kmetijstvu se poleg različnih kmetijskih opravil srečujemo tudi z veliko transporta. Eden izmed razlogov za veliko transporta je tudi posestna struktura. Povprečna slovenske kmetija ima 6,4 ha, kmetijo pa običajno sestavlja večje število parcel (parcele so lahko med seboj precej oddaljene, ter lahko daleč tudi od same kmetije). Zato je potrebno bistveno več transporta, kot če bi bila kmetija v enem kosu ali iz nekaj velikih parcel. Porabo goriva se lahko zelo zmanjša z dobro organizacijo transportov, tako da uporabniki zmanjšajo nepotrebne poti. Pri daljših vožnjah na trdni podlagi je potrebno nastaviti višji tlak v pnevmatikah traktorja. S tem se dosega zmanjševanje kotalnega odpora in porabo energije oziroma dizelskega goriva. Pri transportu na trdnih podlagah je potrebno izključiti štirikolesni pogon. Omenjeni pogon naj bo samo vključen v primeru potrebe in vožnje po strmini (varnost). Transport je tudi dejavnost v kmetijstvu, kjer se velikokrat mudi, zaradi časovne stiske (opravila so dostikrat odvisna od vremena). Pri transportu se lahko relativno enostavno zmanjša porabo goriva (poraba goriva je pri nižjih vrtljajih motorja traktorja bistveno manjša, sodobnejši traktorji pa lahko dosežejo maksimalno hitrost že pri nižjih vrtljajih motorja, kar pomeni tudi manjšo porabo goriva).

Ukrepi za zmanjševanje porabe goriva pri dosuševanju kmetijskih pridelkov

Sušenje zrnja

Energijo potrebno za sušenje zrnja navadno dobimo iz zgorevanja kurilnega olja ali plina ter jo prenesemo na zrnje z zrakom. Vodna entalpija uparjanja je približno 2,3 MJ/kg vode. Pri sodobnem procesu sušenja npr. koruznega zrnja se porabi precejšnja količina energije pri običajnem procesu sušenja z vročim zrakom. V praksi vedno imamo nekaj toplotnih izgub zaradi nenasičenega zraka, ki izhaja iz sušilnice ter toplotne konvekcije in sevanja skozi samo konstrukcijo sušilnice. Zato se poraba energije izmerjena na sušilnicah za zrnje v praksi, giblje od 4 do 8 MJ/kg izparene vode (odvisno od tipa in konstrukcije sušilnice).

Tabela : Vsebnost vlage pred in po sušenju zrn nekaterih poljščin, vlaga na začetku sušenja – s to vlago se pobirajo posevki, vlaga na koncu sušenja – s to vlago skladiščimo posevke

	Koruza za zrnje	Pšenica	Oljna ogrščica	Sončnica
Vlaga na začetku sušenja (%)	20 - 30	20	18	20
Vlaga na koncu sušenja (%)	14	14	9	9

Tipična poraba energije v obstoječih konvekcijskih sušilnicah se giblje od 3,5 do 7 MJ (povprečna poraba 4,2 MJ) za 1 kg izparele vode. Poraba je odvisna od konstrukcije sušilnice in materiala, ki se suši. Skupna poraba energija za pridelavo hektarja koruze znaša 26600 MJ (Katić), v tej energiji je všteta tudi indirektna energija. Dodatnih 10250 MJ je energija za sušenje koruznega zrnja (energija za sušenje povzroči približno 25 % porabo energije, v primerjavi s celotno energijo za pridelavo koruze). Podatki, ki so jih pridobili z meritvami porabe energije na sušilnicah v delovanju (za različne sušilnice za zrnje), pokažejo da poraba energije znaša od 3,2 do 6,5 MJ/kg odstranjene vode pri dosuševanju koruznega zrnja od začetne vlage 25 % na končno vlago 15 % (vir: Scott Sanford, M. Eng., University of Wisconsin-Madison, USA, podano v FACTSHEET 17-001 AGDEX 111/736 JANUARY 2017, replaces OMAFRA factsheet 88-003, Reclaiming Corn Drying Energy). Poleg omenjene toplotne energije, pri sušenju potrebujemo tudi električno energijo za pogon ventilatorjev (avtorji navajajo da je ta energija relativno majhna, znaša od 5 – 8 % od celotne energije za sušenje).

Dosuševanje zrnja pridelanih poljščin se danes pri nas skoraj v celoti opravlja s pomočjo energije zemeljskega plina in kurilnega olja. Pri sušilnicah se moramo poglobiti v učinkovito rabo energije. Npr. na obstoječih izvedbah sušilnic je možno uporabiti zajem odpadne toplote s pomočjo izmenjevalcev toplote in del toplote vračati na začetek procesa sušenja zrnja ali drugih pridelkov (s tem se zniža poraba energije, ki je potrebna za dosuševanje zrnja oziroma drugih pridelkov). V prihodnosti bo mogoče pri nas zamenjati kurilno olje ali plin (zemeljski plin, utekočinjeni naftni plin) v določenih primerih, z npr. bioplinom oziroma toplotno energijo iz npr. kogegeneracije na bioplin, kurjenjem trdne odpadne kmetijske biomase, itn.

Pri sušilnicah 25 do 40 % energije gre v odpadno toploto. Porabo energije sušilnic lahko zmanjšamo:

- S pravilno izbiro tipa sušilnice lahko učinkovito zmanjšamo porabo energije do 30 %
- Sušenje je potrebno izvajati učinkovito, s tem se poraba energije lahko zniža do 30 % (npr. dvo fazno sušenje koruznega zrnja - uporaba dryeration ali hlajenje zrnja v ločeni komori po opravljeni prvi fazi sušenja)

- Ponovna vrnitev odpadne toplote iz sušilnice (recirkulacija in rekuperacija energije) lahko zniža stroške energije od 20 % do 40 %
- Varčevanje energije pri sušilnicah je mogoče dosežati s konstrukcijskimi in izolacijskimi materiali

V prihodnosti pa se bodo mogoče uveljavili tudi drugi načini sušenja, npr., v povezavi z mikro turbinami, toplotnimi črpalkami, itn. Poleg tega se v svetu opravljajo raziskave z drugimi fizikalnimi principi sušenja. V omenjene fizikalne principe sušenja je všteta uporaba koherentne svetlobe laserja, bližnja infrardeča svetloba (angl. kratica NIR), radijske frekvence (angl. kratica RF), vakumsko sušenje, kjer se toplota dovaja s prevodnostjo ali sevanjem, proizvedena para pa se odstrani z vakuumskim sistemom, itn.

Toplota za dosuševanje sena

Z razvojem tehnologij segrevanja zraka so se poleg hladnega prevetrovanja in prevetrovanja z ogretim zrakom izpod strešne kritine hlevov, razvili tudi sistemi prevetrovanja s toplim zrakom, ki jih delimo glede na vir energije:

- biomasa (drva, sekanci, žetveni ostanki, npr. klasinec, itn.),
- kurilno olje,
- zemeljski plin
- geotermalna energija
- energija iz anaerobne digestije (bioplin)
- energija iz uplinjanja biomase (lesni ostanki, žetveni ostanki)
- sončna energija
- toplotne črpalke

Pri prevetrovanju s hladnim zrakom upoštevamo povprečen odvzem 1 g vode na m³ zraka, pri uporabi sončne strehe 2 g vode na m³ zraka in pri sušenju s toplotno črpalko tudi do 5 g vode na m³ zraka. Sušenje mora zagotoviti zadosten pretok zraka skozi krmo. Sušenje sena v komori poteka s pomočjo ventilatorja, ki zagotavlja pretok zraka in boksa z rešetko, ki omogoča, da zrak enakomerno prehaja skozi krmo in jo suši.

Ukrepi za zmanjševanje porabe električne energije

Ugotavljanje porabe električne energije

Za ugotavljanje porabe električne energije na kmetijah se opravi analiza električnih porabnikov kmetije. Merilnik porabe električne energije se poveže z različnimi električnimi stroji in napravami, ki se uporabljajo pri različnih kmetijskih opravilih. V proizvodnji mleka so zajeti npr. stroji za molžo, hlajenje mleka, čiščenje gnoja, prezračevanje objektov ter električna razsvetljava. Na sadjarski ali vinogradniški kmetiji so zajeti različni stroji za procesiranje pridelkov v končne produkte, stiskalnice za sadje ali grozdje, filtrirne enote, linije za polnjenje embalaže itn. Zaradi zanesljivosti meritev se meritve na vseh električnih strojih lahko opravljajo skozi daljše časovno obdobje tako da se posamezni električni stroj spremlja več dni, tednov in celo mesecev. Na ta način so zajete tudi električne porabe, ki jih v krajšem časovnem intervalu ne bi zajeli. Npr. pri robot molži je zelo pomembno opravljati meritve skozi daljše časovno obdobje zaradi specifičnosti samega stroja in postopka (ta stroj je v stanju pripravljenosti praktično cel dan, krave pa lahko hodijo na prehranjevanje in molžo nekaj krat na dan). Z registriranjem električne porabe različnih porabnikov lahko kmetija pristopi strategiji glede zmanjševanja porabe električne energije v prihodnosti. V naslednjem tekstu je podano nekaj možnosti za zmanjševanje porabe električne energije na kmetijah.



Slika : Prenosni merilnik porabe električne energije (v majhni omarici) zasnovan na Kmetijskem inštitutu Slovenije - Oddelku za kmetijsko tehniko in energetiko, omogoča meritve porabe električne moči posameznih električnih porabnikov. V ozadju je vidna električna omarica z varovalkami na kmetijskem objektu, oranžni električni kabli pa se uporabljajo za merjenje porabe električne energije izbranega porabnika preko omenjenega merilnika. Merilnik beleži trenutno, maksimalno, kumulativno itn. porabo električne energije priključenih strojev in naprav, možen pa je tudi prenos zabeleženih podatkov na osebni računalnik.

Elektromotorji

Elektromotorji predstavljajo enega od največjih porabnikov električne energije pri električnih strojih, ki se uporabljajo v kmetijstvu. V življenjski dobi elektromotorja 96 % obratovalnih stroškov predstavlja električna energija za njegov pogon, samo 2,5 pa % predstavlja njegova nabavna cena, na vzdrževanje pa odpade še dodatno 1,5 % stroškov. Zaradi tega je ključnega pomena zagotoviti optimalno delovanje elektromotorja (pozornost se mora posvetiti izgubam pri različnih prenosih). Pri sodobnih izvedbah elektromotorjev se vse več

uporablja krmilne sisteme (npr. frekvenčne regulatorje). Pri nabavi novih strojev bi se kmetije morale odločati za nabavo takih izvedb strojev, ki imajo energetsko učinkovitejše elektromotorje in krmilne pogonske sisteme (frekvenčne regulatorje). Energetsko učinkoviti elektromotorji so označeni z EFF1. Elektromotor in gnani stroj morata biti medsebojno dobro usklajena, velikokrat se uporablja za pogon določenih strojev elektromotorje, ki so premočni, v takem primeru elektromotor porablja preveč električne energije. Zato se ne sme uporabljati predimenzioniranih elektromotorjev po načelu »bolje je da razpolagamo z elektromotorjem, ki nam omogoča večjo rezervo moči«. Za spreminjanje števila vrtljajev kmetijskega gnanega stroja, ki ga poganja elektromotor je priporočljivo uporabljati frekvenčne pretvornike in ne mehanska gonila za spreminjanje vrtljajev (npr. jermenski variator). Frekvenčni pretvornik omogoča spreminjanje števila vrtljajev elektromotorja, s tem se dosega nadzor nad delovanjem gnanega stroja (omogočen je tudi mehak zagon stroja in doseganje visokega navora že pri majhnih vrtljajih elektromotorja) in vpliva na zmanjšano porabo električne energije. Frekvenčni pretvorniki se največkrat uporabljajo pri elektromotorjih, ki poganjajo različne črpalke, kompresorje in ventilatorje, srečujemo pa jih tudi pri stiskalnicah za peletiranje krme, in stiskanje rastlinskega olja itn. Ob spreminjanju obremenitvi elektromotorja, frekvenčni pretvornik poskrbi da je hitrost elektromotorja konstantna. Vhodna napetost v frekvenčni pretvornik je lahko eno fazna ali trifazna. Investicija v razmeroma drage frekvenčne pretvornike se bo obrestovala v nižjih računih za električno energijo na kmetiji. V primeru npr. uporabe črpalke, ki jo poganja elektromotor je za reguliranje pretočne količine tekočine, bolj primerno uporabljati frekvenčne regulatorje za spremembo števila vrtljajev elektromotorja, kot reguliranje s pretočnimi ventili. V povprečju bodo prihranki pri porabi električne energije znašali do 30 % pri uporabi frekvenčnega regulatorja v primerjavi s pretočnimi ventili.

Ker električni stroji ne rabijo dosti vzdrževanja se jim dosti krat ne namenja nobena pozornost. Zato pogosto vidimo električne stroje, ki so pokriti z velikimi količinami prahu in druge umazanije. Slabo vzdrževani elektromotorji namenjeni za pogon različnih strojev na kmetiji lahko povečajo porabo električne energije. Npr. če elektromotor deluje v prašnem okolju ga je potrebno periodično čistiti od prahu (hladilna rebra na ohišju, mesto za vstop zraka do ventilatorja za hlajenje motorja) da se izboljša njegovo hlajenje. Elektro motorji morajo imeti dostop do zraka za hlajenje, poleg tega temperatura zraka v delovnem okolju elektromotorja ne sme biti previsoka, ker se elektromotor ne bo mogel pravilno hladiti. Uporabniki bi morali posvečati tudi večjo skrb pri vzdrževanju elektromotorjev (v skladu z navodili proizvajalca). V praksi bi se uporabniki morali tudi izogibati uporabi elektromotorjev, ki so bili zaradi okvare previti z novim navitjem, ker se velikokrat poslabša izkoristek takega elektromotorja. V primeru da se uporabnik ne more izogniti tovrstnemu popravilu, se mora prepričati, da je izvajalec previjanja ustrezno usposobljen in pooblaščen od proizvajalca elektromotorjev.

Ventilatorji

Najboljši način za zmanjševanje porabe električne energije pri prezračevanju hlevov je uporaba naravnega prezračevanja, kjer je seveda možna. Ker pa ta način ni povsod možen se mora uporabljati tudi električne ventilatorje za prezračevanje. Pri nakupu novih ventilatorjev je potrebno pravilno izbrati ventilatorje glede zahtev po prezračevanju hlevskih objektov in porabe moči (energijsko učinkovite izvedbe ventilatorjev ter izvedbe opremljene s frekvenčnimi regulatorji za reguliranje števila vrtljajev ventilatorja). Dimenzioniranje ventilatorjev je izrednega pomena. Predimenzionirani ventilatorji lahko zapravljajo električno energijo, premalo dimenzionirani ventilatorji pa ne bodo opravljali učinkovitega prezračevanja, poleg tega jih bo potrebno prepogosto dajati v pogon za doseganje pravilne temperature v hlevu. Samo podatek o moči elektromotorja, ki poganja ventilator ne pove nič za uporabnika, bolj pomemben je podatek o razmerju pretoka zraka v enoti časa in električne moči za ventilator, ki je izražen v l/s/W ali m³/h/kW. Na žalost omenjeni podatek pa se dobi samo za renomirane proizvajalce ventilatorjev, ki svoje izdelke testirajo na nekaterih inštitucijah, ki se ukvarjajo z učinkovito rabo energije v kmetijstvu. Na obstoječih hlevskih

ventilatorjih je potrebno opravljati redne vzdrževalne posege, kar pomeni da je potrebno preverjati stanje ventilatorjev in jih po potrebi tudi občasno očistiti. Umazani ventilatorji (umazane lopatice in prezračevalne reže, prekrite z različno umazanijo) lahko zmanjšajo izkoristek ventilatorjev za več, kot 40 %. Lahko se celo zgodi da so ventilatorji tudi poškodovani (npr. zvite lopatice, odpadle lopatice itn.), kar pomeni da ventilator deluje popolnoma neučinkovito. Očiščeni in vzdrževani ventilatorji lahko znižajo stroške električne energije v razponu od 15 do 50 %.

Ventilatorji velikega premera

Konvencionalni način ventiliranja z ventilatorji, ki se vrtijo z visokimi vrtljaji, porabi precej električne energije. V zadnjih letih se v svetu uvaja novi način ventiliranja (predvsem v govedoreji) s pomočjo visoko pretočnih, nizko tlačnih ventilatorjev velikega premera. Ventilatorji imajo propelerje s premerom od 1,8 m do 7,3 m. Moč elektromotorjev, ki jih poganjajo pa znaša od 400 W do 1,5 kW (odvisno od premera ventilatorja). Z njimi je možno učinkovito hladiti govedorejske hleve. Zaradi počasnega vrtenja ventilatorji porabijo malo električne energije. Poleg tega se vrtijo tiho in omogočajo počasno nemoteče gibanje zraka. V zimskem obdobju so velike temperaturne razlike v objektih na tleh in pri stropu. Z uporabo omenjenih ventilatorjev velikega premera je možno praktično dosegati skoraj enako temperaturo po celotni višini prostora (v povprečju je razlika manjša od 0,5 °C). Ventilator počasi potiska topli zrak proti tlu in ga meša s hladnim zrakom, s tem se premeša celotna količina zraka v hlevu. Zaradi izenačitve v temperaturi zraka se lahko dosega prihranki pri toplotni energiji tudi do 25 %. Število vrtljajev ventilatorja velikega premera se regulira s pomočjo frekvenčnega pretvornika, kar omogoča velike prihranke električne energije. Npr. v letnem obdobju se ventilatorji vrtijo z 10 – 15 vrt./min., v poletnem pa z 30 do 40 vrt./min.

Hlajenje mleka

Hladilni sistem za ohlajanje mleka spada med največje porabnike električne energije v hlevu, sledi segrevanje vode za procesne potrebe, nato pa so še vakumske črpalke, osvetlitev itn. Pri hlajenju mleka nastaja toplotna energija, ki se jo lahko koristno uporabi. Najbolj pogosto se ta toplotna energija preko toplotnega izmenjevalca uporabi za gretje vode. V toplotni izmenjevalec priteče hladna voda in se ogreje na višjo temperaturo, ta višja temperatura se da nastaviti in je običajno od 45 °C navzgor. Črpalka nato transportira toplo – vročo vodo v izolirani hranilnik toplote. Koliko odpadne toplote zaradi hlajenja mleka se lahko izkoristi je odvisno od količine mleka in uporabe sistema pred ohlajevanja mleka. S pred ohlajevanjem mleka se lahko bistveno zmanjša glavno hlajenje mleka (tudi za polovico). S pred ohlajevanjem se tudi zmanjša količina ogrete vode preko toplotnega izmenjevalca ob glavnem hlajenju mleka. Velikost hranilnika toplote je odvisna od potrebe po topli vodi za čiščenje po molži. Količina tako pridobljene tople vode je odvisna od števila krav molznic in količine namolzenega mleka na kravo. Z večanjem obojega pa se lahko pridobi več toplote, kot je potrebno v molzišču in hlevu. Ta višek toplotne energije se lahko koristno uporabi za druge potrebe – sanitarno vodo ali za ogrevanje stanovanjskega objekta na kmetiji (ekonomičnost je odvisna tudi od razdalje med molziščem in stanovanjskim objektom).

Prezračevanje hlevov v prašičereji

Prašiči bolj občutljivo reagirajo na občutek toplote ali hladu v primerjavi z drugimi živali, npr. z govedi, je potrebno posebno pozornost nameniti vzdrževanju pravilne temperature v hlevih. Klima v hlevu je izrednega pomena za doseganje produktivnosti v reji prašičev, ker vpliva tudi na porabo hrane s strani živali, njihov stres in izpostavljenost infekcijam. Za prezračevanje hlevov obstaja naravni in mehanski način prezračevanja. Naravni način prezračevanja je v preteklosti bil edini, z dostopom električne energije in dostopnostjo

regulacijske tehnike pa je mehanski način prezračevanja z ventilatorji postal prevladujoč. Po mnenju načrtovalcev hlevov (predvsem v preteklosti) je mehanski sistem prezračevanja predvidljiv, mogoče ga je nadzorovati, in učinkovit je, naravni način prezračevanja pa nima nobeno od omenjenih lastnosti. Pozneje opravljene študije pa so pokazale ravno nasprotno, da lahko naravni način prezračevanja ima vse prej naštete lastnosti, kot mehanski ter da je naravni način prezračevanja bistveno cenejši, ker sistem z ventilatorji kontinuirano porablja energijo. Zato je najboljši način za zmanjševanje porabe električne energije pri prezračevanju hlevov uporaba naravnega načina prezračevanja, kjer je seveda možna. Ker pa ta način žalost ni povsod možen moramo uporabljati različne izvedbe električnih ventilatorjev za prezračevanje.

Danes se uporabljajo sistemi za nadtlakno, podtlakno in kombinirano prezračevanje z ventilatorji. Prezračevanje s podtlakom deluje tako da ventilatorji na hlevu vsesavajo zrak iz hleva. Na ta način nastane majhen podtlak, ki potegne sveži zrak iz okolice hleva v notranjost hleva skozi posebne odprtine za zračenje. Ventiliranje z nadtlakom deluje tako da ventilatorji potiskajo sveži zrak skozi dovodne kanale v hlev. Na ta način nastaja nad tlak, ki potiska izrabljen zrak iz hleva skozi odzračevalne jaške iz hleva. Pri obeh sistemih ventiliranja, s podtlakom in nadtlakom, količina zraka se regulira s spreminjanjem števila vrtljajev ventilatorja (frekvenčni regulatorji) in odpiranjem loput za vstopni ali izstopni zrak. Pri prezračevanju z izenačenim tlakom so ventilatorji v sistemu za dovod svežega zraka in v sistemu za odvod rabljenega zraka iz hleva. V tem primeru je sistem za odvod rabljenega zraka urejen, kot talno zračenje v hlevih z rešetkastimi tlemi. Oba tipa ventilatorjev morata biti sinhronizirana da je tlak v hlevu ves čas izenačen. Tako so združene vse dobre lastnosti obeh sistemov. Talno zračenje deluje pravilno če je poskrbljeno da ventilator enakomerno sesa rabljen zrak po celotni dolžini hleva. Zato mora biti tudi za odvod zraka iz hleva narejen poseben jašek na katerem so priključki v kanal za gnojevko po celotni dolžini. Pri nizkih zunanjih temperaturah sistem prezračevanja vnaša hladen zrak v hlev, zato omenjeni zrak ne sme dosegati živali preden se zmeša z zrakom, ki je v objektu. Pri visokih temperaturah izven hleva pa je pomembno da se odvečna toplota odstrani od živali. Poleg tega je potrebno ustvariti zračno gibanje okrog živali da se zagotovi hladilni efekt. Omenjene zahteve je možno dosegati s pravilnim načrtovanjem ter dimenzioniranjem sistema za prezračevanje.

Aktivnost B

B1 Uporaba obnovljivih virov energije na kmetijah

Ocenjeni delež obnovljivih virov energije (OVE) v končni porabi energije za leto 2021 v Sloveniji je za 1,5 % nižji, kot delež OVE v letu 2020, in znaša 23,5 %. Pomemben vpliv na znižanje deleža ima ponovno povečanje porabe energije v letu 2021 glede na leto 2020, ko je poraba energentov zaradi epidemije covid-19 močno padla. Ocenjeni delež OVE v sektorju električne energije za leto 2021 znaša 34,9 % ter je le za 0,2 % nižji od doseženega v letu 2020, ko je zmanjšanje porabe električne energije močno vplivalo na doseženi delež OVE v končni bruto porabi električne energije (Poročilo o stanju na področju energetike v Sloveniji v letu 2021). V povprečju je več kot 90 % električne energije iz OVE proizvedene v hidroelektrarnah. Pomemben vpliv na razvoj rabe OVE v zadnjih letih ima tudi samooskrba končnih odjemalcev. Ta se izvaja na podlagi Uredbe o samooskrbi z električno energijo iz obnovljivih virov energije, namenjen pa je gospodinjstvom in malim poslovnim odjemalcem, ki proizvodne naprave za proizvodnjo električne energije iz OVE priključijo na notranjo instalacijo stavb, na katere so nameščene. V letu 2021 je bilo na novo priključenih že 5810 naprav s skupno priključno močjo skoraj 93 MW. V letu 2021 je tako obratovalo že 14.451 naprav za samooskrbo s skupno priključno močjo 195 MW in povprečno priključno močjo 13,5 kW. Hkrati z naraščanjem števila odjemalcev s samooskrbo narašča tudi povprečna moč naprav za samooskrbo, ki je v letu 2021 znašala 15,9 kW. Naraščanje moči naprav za samooskrbo je mogoče povezati z vedno večjo uporabo električne energije za ogrevanje stavb s toplotnimi črpalkami.

Za uporabo gorljivih OVE in odpadkov v Energetski bilanci Slovenije v letu 2030 (IJS, Energetska bilanca Slovenije do leta 2050) je predvidena energija, ki ustreza 81000 t_{oe} , ter energija iz sončne, vetrne in geotermalne energije, ki bo ustrezala 51000 t_{oe} . V letu 2040 te številke se dodatno povečajo, tako da je predvideno da bo energija iz gorljivih OVE in odpadkov enaka 100000 t_{oe} , energija iz sončne, vetrne in geotermalne energije pa bo ustrezala 80000 t_{oe} .

Kmetije lahko značilno zmanjšajo energetska odvisnost s pridobivanjem električne in toplotne energije iz obnovljivih virov energije (sonca, vetra, biomase). Na strehah različnih objektov na kmetiji so lahko nameščene fotovoltaične naprave ali mikro vetrnice za proizvodnjo električne energije. Iz gnojevke in hlevskega gnoja ter različnih rastlinskih ostankov pa se lahko pridobiva bioplín. S sežiganjem bioplína se npr. v kogeneratorski enoti istočasno proizvaja električna in toplotna energija (uveljavljeno zaradi sistema podpor električni energiji iz OVE). Bioplín, ki se sežiga na gorilniku pa se lahko na kmetiji direktno uporabi za proizvodnjo toplotne energije za procesne potrebe kmetije. Na strehe različnih objektov na kmetiji se lahko namestijo solarni kolektorji za segrevanje vode ali zraka za procesne potrebe. Solarni toplozračni ali toplovodni kolektorji pa predstavljajo eden od najcenejših načinov za pridobivanje toplotne energije (zmanjšamo porabo električne energije, ki se porabi, npr. za segrevanje vode za procesne potrebe kmetije itn.) v primerjavi z ostalimi načini pridobivanja energije iz obnovljivih virov. Na kmetiji lahko zmanjšamo porabo toplotne energije tudi z uporabo različnih izvedb toplotnih črpalk. Za proizvodnjo energije veliko kmetij razpolaga tudi z viri trdne kmetijske biomase, ki se lahko uporabi za proizvodnjo toplotne in električne energije (na enotah za kogeneracijo na trdno biomaso – istočasna proizvodnja toplotne in električne energije). S pridobljeno energijo iz obnovljivih virov zmanjšamo ogljični odtis kmetije oziroma ogljični odtis končnega kmetijskega produkta npr. mleka, mesa itn.

Uporaba alternativnih goriv

Že sedaj je dostopno večje število alternativnih goriv, ki pa se v kmetijstvu EU in drugje v svetu, uporabljajo v omejenem obsegu. Od teh goriv so najpomembnejša:

- Utekočinjeni naftni plin, ki je mešanica utekočinjenega propana in butana (zaradi dejstva, da je propan-butan zmes naftnih derivatov, ki nastanejo, kot produkt pri destilaciji nafte, njegov delež na trgu goriv verjetno ne bo dosti rasel v prihodnosti),
- Zemeljski plin, ki je stisnjen (angl. kratica CNG, slov. kratica SZP) ali v utekočinjeni obliki (angl. kratica LNG, slov. kratica UZP),
- Tekoča goriva iz biomase: alkoholi (metanol, etanol, butanol in drugi), rastlinska olja, biodizel (nastane v procesu esterifikacije, rastlinskemu olju se doda alkohol.v prisotnosti katalizatorja in višje temperature nastane biodizelsko gorivo)
- Plinasta goriva iz biomase: bioplín, ki nastane pri anaerobni razgradnji organskih spojin (kmetije, živilsko predelovalna industrija, deponije smeti, itn.) ter biometan, ki predstavlja bioplín, ki je očiščen in nadgrajen do faze metana (po sestavi je enak kot zemeljski plin), plin iz uplinjanja različne biomase (les, žetveni ostanki, hitro rastoče drevesne vrste, itn.)
- Goriva, ki nastanejo v postopku predelave drugih goriv (sintetična goriva): sintetični bencin, dimetil eter, amonijak, svetilni plin, vodni plin, sintezni plin in druge snovi
- E goriva

Uporaba biogoriv v kmetijski pridelavi

Uvajanje biogoriv v večjem obsegu bo v daljšem obdobju prispevalo zmanjšanju izpustov ogljikovega dioksida in drugih toplogrednih plinov. Ogljikov dioksid, ki nastane pri izgorevanju biomase, ne prispeva k toplogredni obremenitvi podnebja, saj gre za ogljik, ki so ga rastline zajele iz zraka. Biomasa, ki nastaja v kmetijstvu se uporablja, kot vir človeške ali živalske hrane, za predelavo v surovine, izdelke ali goriva del pa se v obliki odpadkov neposredno vrača v tla. Poleg trdnih in plinskih produktov biomase se vse bolj uveljavljajo tudi tekoča goriva iz biomase ali biogoriva. Biogoriva se lahko uporabljajo, kot nadomestek ali dodatek gorivom naftnega izvora za uporabo v kmetijstvu. Od tekočih goriv iz biomase so najpomembnejša biogoriva: bioetanol, biometanol, rastlinsko olje ter biodiesel. Pri njuni uporabi je bilanca sproščenih toplogrednih plinov izravnana, saj se ogljikov dioksid, ki nastane pri gorenju, med rastjo s pomočjo fotosinteze ponovno vgradi v biomaso (zaprti krog CO₂).

Problemi z oskrbo s fosilnimi gorivi bodo v prihodnosti še večji zaradi zmanjševanja zalog nafte in povečanega globalnega povpraševanja po energentih. Energetsko odvisnost in ranljivost Slovenije, ki se danes v celoti oskrbuje s fosilnimi gorivi na svetovnem trgu se lahko zmanjša. Zmanjša se jo lahko tako, da se izkoristi tudi lastne vire na področju pridelave in predelave domačih surovin z decentralizirano proizvodnjo biogoriv iz npr. oljnic ali bioplina. Z domačo proizvodnjo in samooskrbo bi lahko v kriznih razmerah zagotovili del biogoriv za pogon kmetijske mehanizacije.

Biodizel in rastlinsko olje

Uporabo mineralnega dizelskega goriva je možno zmanjšati z njegovim nadomeščanjem z alternativnimi gorivi. Od teh goriv je za kmetijstvo trenutno na razpolago biodizelsko gorivo (v mineralno dizelsko gorivo se meša v Sloveniji do 7 % biodizla) in rastlinsko olje. Biodizelsko gorivo je možno uporabljati na nekaterih izvedbah traktorjskih motorjev v obliki B 100 (B 100 pomeni 100 % biodizelsko gorivo, B 20 pomeni 20 % biodizelskega goriva in 80 % mineralnega dizelskega goriva, B 5 pomeni 5 % biodizelskega goriva in 95 % mineralnega dizelskega goriva itn.). Novo biodizelsko gorivo, ki je že dosegljivo v nekaterih delih Evrope je hidrotretirano rastlinsko olje - kratica HVO (ang. hydrotreated vegetable oil) gorivo. Pridobiva se z obdelavo odpadnega rastlinskega olja z vodikom. Nekatere fizikalno kemične

lastnosti tega goriva so boljše v primerjavi z mineralnim dizelskim gorivom. Lahko se uporablja na sodobnih izvedbah dizelskih motorjev, kot tudi starejših izvedbah omenjenih motorjev.

Energetska uporaba rastlinskega olja v motorjih (dizelski motorji na traktorjih in kmetijskih samovoznih strojih, kogeneratorske enote za proizvodnjo električne in toplotne energije itn.) je aktualna opcija za mineralno dizelsko gorivo. Zelo pomembno je, da je rastlinsko olje iz oljnic dosegljivo v praktično v celi Evropi in pri nas, severni deli Evrope so primernejši za pridelavo oljne ogrščice, južni pa za pridelavo sončnice, soje itn. Dodatna spodbuda za proizvodnjo rastlinskega olja je da je proizvodnja biodizla iz oljnic najbolj enostavna od vseh produkcijskih verig za biogoriva poleg tega so tudi stroški procesiranja najnižji v primerjavi z drugimi biogorivi. Sedaj je v svetovnem merilu 80 % biodizla narejeno iz oljne ogrščice, 13 % iz sončnic, ostanek pa iz ostalih rastlinskih olj. Proizvodnja rastlinskih olj, ki predstavljajo osnovno surovino za proizvodnjo biodizla danes poteka na osnovi ekstrakcije olj s pomočjo mehanskega stiskanja semen ali s pomočjo topil. Proizvodnja rastlinskih olj na družinskih kmetijah lahko bazira na ekstrakciji olja iz semena oljnic s pomočjo mehanskega stiskanja semena različnih oljnic.

Možnosti uporabe odpadnega jedilnega olja

Rastlinska olja pridobljena iz rastlinskih materialov (semena različnih oljnic), danes uporabljamo za prehrano, farmacevtske, različne tehnične in energetske namene. Omenjena rastlinska olja pa se na koncu njihovega prvega dela, lahko vračajo v ponovno uporabo po opravljenem dodatnem procesiranju. Po prvem delu življenjskega cikla, olje po opravljenem procesiranju vstopi v drugi del življenjskega cikla, kjer se lahko uporabi, kot gorivo za pogon različnih izvedb dizelskih motorjev (sistemi za dobavo goriva morajo biti prilagojeni za uporabo očiščenega rastlinskega olja), Stirling motorja ali turbin prilagojenih za različna tekoča goriva. Odpadna jedilna olja so cenovno dostopna ter predstavljajo dodatno okoljsko prednost, ker uporabimo snov, ki bi drugače končala v večini primerov v kuhinjskem odtoku ali drugje. Rezultati raziskav so pokazali da je uporaba očiščenega odpadnega jedilnega olja (nišni produkt), odlična alternativa svežem rastlinskem olju zaradi boljše LCA. Pri svežem rastlinskem olju je v LCA všteta kmetijska pridelava oljnic, predelava oljnic v industriji (ali na sami kmetiji v hladno stiskana olja) ter dodatni transport. Pri čiščenju odpadnega jedilnega olja je ogljični odtis minimalen v primerjavi z omenjenim svežim rastlinskim oljem. Znotraj segmenta energije, ki jo lahko pridobimo iz biomase, so poleg trdih in plinskih produktov biomase tudi tekoča goriva iz biomase. Iz semena različnih rastlinskih vrst je mogoče proizvesti rastlinska olja, ki jih lahko neposredno uporabimo za pogon posebej za to predelanih dizelskih motorjev. Če pa izvršimo proces zaestrenja, dobimo biodizelsko gorivo, ki je po svojih karakteristikah podobno dizelskem mineralnem gorivu (plinsko olje) in je primerno za pogon dizelskih motorjev.

Uporaba odpadnih jedilnih olj se odlično umešča v krožno gospodarstvo. Olje, ki je končalo prvi del življenjskega cikla v pripravi hrane se v drugem delu življenjskega cikla uporabi, kot energent ali biomazivo. Zanimivo je tudi omeniti da, npr. vodikove tehnologije, baterije, shranjevanje energije s stisnjenim zrakom in shranjevanje energije vztrajnika obravnavajo problem shranjevanja energije, ne pa tudi vira primarne energije. Druge tehnologije, kot so sončna energija, fuzija, itn., se lotevajo problema vira primarne energije, ne pa tudi shranjevanja energije. Rastlinsko olje pa je vir primarne energije in hranilnik energije. Stroški za shranjevanje in uporabo rastlinskega olja s pomočjo tehnologij za shranjevanje in uporabo določene količine energije v obliki rastlinskega olja so izredno nizki v primerjavi s številnimi potencialnimi nadomestki fosilnih goriv.

Razlika med rastlinskim oljem – gorivom in biodizlom

Večinoma se v javnosti v primeru uporabe rastlinskega olja, kot goriva, omenjeno olje

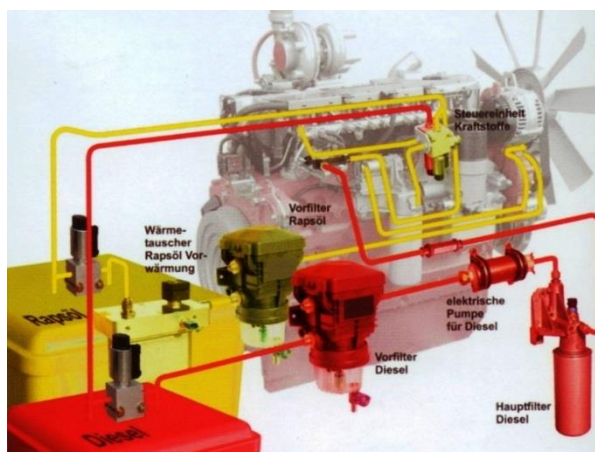
napačno zamenjuje z biodizlom. Med obema gorivoma pa je bistvena razlika. Biodizel je pridobljen s kemičnim procesom, v primeru odpadnega jedilnega olja za gorivo pa ne posegamo v rastlinsko olje na način, kot je to značilno pri proizvodnji biodizla. V primeru čiščenja odpadnega jedilnega olja gre za mehanske metode (kakovostno čiščenje olj v zadnjih desetletjih je omogočil razvoj sodobnih filtrirnih in membranskih tehnologij) in ne kemične, kot je to npr. pri proizvodnji biodizla, kjer se uporablja poleg rastlinskega olja (svežega ali očiščenega jedilnega olja), kot osnovne snovi še alkohol, metanol (CH_3OH) ali etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$). Pri postopku transesterifikacije olje kemično reagira z alkoholom, ob dodajanju katalizatorja, natrijevega hidroksida (NaOH) ali kalijevega hidroksida (KOH) in toplotne energije. V tej reakciji sta metanol in etanol najpogosteje uporabljena alkohola zaradi nizke cene in razpoložljivosti. Natrijev hidroksid se uporablja pogosteje kot kalijev hidroksid, ker je cenejši in je potrebna manjša količina. Pri proizvodnji biodizla nastaja tudi stranski produkt, glicerol v precejšnjih količinah, ki v neočiščeni obliki nima velike tržne vrednosti. V primeru odpadnega jedilnega olja pa so po opravljenem mehanskem čiščenju v daljšem časovnem obdobju prisotne zelo majhne količine, npr. ostankov delcev hrane, in trdnih primesi v zanemarljivih količinah. Omenjene ostanke (izlužki, ki se omenjajo v predlogu novega Zakona o varstvu okolja) se lahko dodaja, kot dodatni substrat v manjših količinah osnovnemu substratu v bioplinski napravi oziroma se jih lahko tudi kompostira ali npr. sežiga v sežigalnicah pri visokih temperaturah. Sedaj se biodizel oznake B 100 meša z mineralnim dizelskim gorivom do 7 %. Omenjeno gorivo je označeno z oznako B 7. V prihodnosti se predvideva tudi uporaba biodizla z oznako B 10 (10 % biodizla), za osebna vozila in B 20 (30 % biodizla), B 30 (30 % biodizla) za tovorna vozila, delovne stroje in avtobuse. Biodizel oznake B 100 (100 % biodizel) uporablja se za mešanje z mineralnim dizelskim gorivom, kot je omenjeno ali za posebne namene (npr. v tujini na vodo varstvenih območjih, itn.).

Uporaba rastlinskega olja za kogeneracijo ali dizel električne agregate

Predelani dizelski motorji za uporabo čistega rastlinskega olja (angl. pure plant oil – PPO ali straight vegetable oil - SVO) in očiščenega odpadnega jedilnega olja (angl. waste cooking oil - WCO) so nameščeni na kogeneracijskih enotah (istočasna proizvodnja električne in toplotne energije) ali električnih agregatih (proizvodnja električne energije). Predelane motorje velikih moči na rastlinsko olje na kogeneratorskih enotah ali električnih agregatih, ponujajo veliki proizvajalci, kot so: MAN B&W Diesel, Wärtsilä in Deutz AG (omenjeni motorji na pogon na rastlinsko olje so z močjo od 0,5 MW naprej). Manjša podjetja ponujajo mikro kogeneracije z močjo od 5 do 50 kW in male kogeneracije od 50 kW do 100 kW.

Motorji za pogon na rastlinsko olje

Za pogon dizelskih motorjev se rastlinsko olje lahko uporablja v čisti obliki ali v različnih mešanicah z mineralnim dizelskim gorivom (olje se meša v vseh razmerjih z mineralnim dizelskim gorivom). Dizelski motor na katerem se uporablja 100 % rastlinsko olje za pogon, mora biti predelan za delovanje na rastlinsko olje. Za pogon z rastlinskim oljem so primerne izvedbe z indirektnim (vbrizgalna komora) in direktnim vbrizgom goriva. Motor se v večini primerov predela tako da se zagon motorja opravi z mineralnim dizelskim gorivom. Rastlinsko olje se že v rezervoarju lahko dogreva da se zniža viskoznost olja in njegov pretok skozi filter/ra za olje. Poleg tega je možna uporaba posebnih filtrov za gorivo, ki so ogrevani. Dovodne cevi za dobavo rastlinskega olja imajo tudi nekoliko večji presek da se zmanjša upor pri pretoku olja. Pred nizkotlačno črpalko za dobavo goriva se namesti grelec za dodatno ogrevanje olja, kjer se olje segreje na temperaturo od 70 do 90 °C (odvisno od izvedbe motorja). Motorji poleg tega morajo imeti vgrajene posebne izvedbe samočistilnih vbrizgalnih šob za gorivo.



Slika : Motor predelan za uporabo rastlinskega olja po sistemu dveh rezervoarjev, z rdečo barvo je označen dovod mineralnega dizelskega goriva, z rumeno barvo dovod rastlinskega olja, zagon motorja se opravi na mineralno dizelsko gorivo, pred ustavljanjem motorja se njegovo delovanje preklopi na mineralno dizelsko gorivo da se sistem za dobavo goriva očisti od rastlinskega olja in je motor pripravljen za naslednji zagon (vir: Deutz AG)

Dizelski motorji, ki so predelani za uporabo očiščenega odpadnega rastlinskega olja, so lahko nameščeni na:

- kogeneratorskih enotah (istočasna proizvodnja električne in toplotne energije),
- električnih agregatih (proizvodnja električne energije),
- delovnih strojih za različne namene (kmetijstvo, gozdarstvo, komunala, gradbeništvo...) ali
- drugih vozilih in vodnih plovilih.

Motorji, predelani za delovanje na očiščeno odpadno rastlinsko olje, so lahko namenjeni tudi pogonu stacionarnih strojev in naprav, kot so črpalke za vodo, različni mlini, stiskalnice za olje, itn.

Uporaba rastlinskega olja za pogon motorjev je bolj primerna pri izvedbah motorjev, ki delujejo kontinuirano brez pogostih zagonov in ugašanj. Iz tega izhaja da so najbolj primerne ravno aplikacije, kjer so dizelski motorji predelani za uporabo na rastlinsko olje vgrajeni v kogeneratorje, trigeneratorje ali električne agregate (mišljeni so agregati, ki opravijo več delovnih ur). Poleg tega je uporaba dizelskih motorjev s pogonom na rastlinsko olje bolj primerna pri delovnih strojih, ki delujejo z večjimi obremenitvami ter kontinuirano delovanje.

Stirling motor

Poleg uporabe rastlinskega olja na dizelskih motorjih obstaja tudi možnost uporabe rastlinskega olja na Stirling motorjih. Prednost Stirlingovega motorja je da ima čistejše izpušne pline v primerjavi z dizelskimi motorji. Trenutno obstaja nekaj izvedb kogeneratorjev s Stirling motorjem manjše moči, ki so opremljeni z el. generatorji moči od 1 do 3 kWe. Potrebno bo še preizkušanje omenjene tehnologije da bo lahko konkurenčna dizelskim motorjem na rastlinsko olje.

Postopek čiščenja v modularni postaji kontejnerske izvedbe

V modularni postaji AIS OIL CLEAN 19 (nameščena v kontejnerju zaradi lažjega transporta ter uporabe – sistem angl. »plug and play«) se opravi postopek grobega in finega mehanskega čiščenja olja. Postopek poteka v več fazah, začne se s pred čiščenjem olja, kjer

se odpravi grobo čiščenje od različnih mehanskih delcev in vode. Za nadzor delovanja celotne čištilne postaje je predvidena elektronska krmilna enota na kateri se upravlja s procesom celotnega avtomatiziranega čiščenja olja. Očiščeno olje se shrani v končni posodi ki je povezana z enoto za točenje olja v dizelske motorje delovnih strojev, dizel električnih agregatov, kogeneratorjev ter vozil.

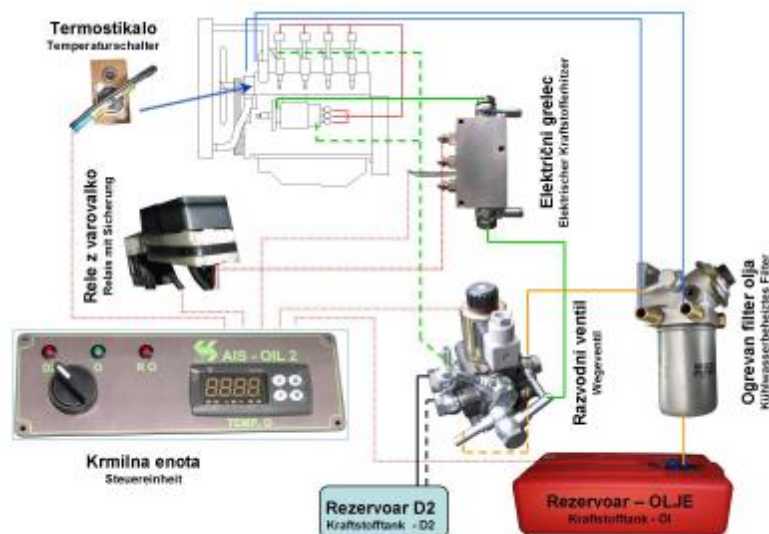


Slika : Pogled v notranjost modulare postaje AIS OIL CLEAN 19 za čiščenje odpadnih jedilnih olj (vir: Kmetijski inštitut Slovenije, Oddelek za kmetijsko tehniko in energetiko)

Uporaba očiščenega jedilnega olja za gorivo

Očiščeno jedilno olje se ne more uporabljati direktno za pogon dizelskih motorjev. Lahko se uporablja, kot nišni produkt samo za pogon predelanih dizelskih motorjev (dodan je modul za dobavo olja motorju), ki omogočajo uporabo očiščenega odpadnega jedilnega olja (angl. waste cooking oil - WCO). Poleg olja obstaja možnost uporabe mešanice olja in mineralnega dizelskega goriva v vseh razmerjih, uporaba mešanice olja in biodizelskega goriva B 100 v vseh razmerjih ter uporaba mešanice olja in biodizelskega goriva z oznakami B7, B10, B20, B30 v vseh razmerjih. Za očiščena jedilna olja ne obstajajo standardi za gorivo. V Nemčiji obstaja edino standard DIN 51505 za sveže olje iz oljne ogrščice (oljne repice).

Dizelski motorji, ki so predelani za uporabo na očiščeno jedilno olje so lahko nameščeni na kogeneratorskih enotah (istočasna proizvodnja električne in toplotne energije) ali na električnih agregatih (proizvodnja električne energije). Poleg tega so predelani motorji na očiščeno odpadno jedilno olje lahko nameščeni na delovne stroje za uporabo za različne namene (kmetijstvo, gozdarstvo, komunala, gradbeništvo, itn.) ter na druga vozila in plovila. Motorji predelani na očiščeno rastlinsko olje se lahko uporabijo tudi za pogon stacionarnih strojev, kot so črpalke, drobilniki kamna, mlini, itn.

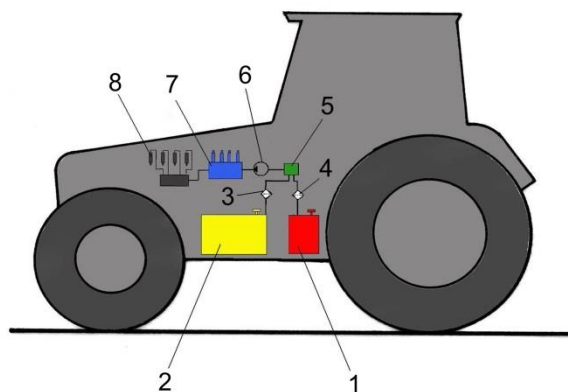


Slika : Primer sistema AIS OIL za dobavo rastlinskega olja motorju, za zagon se uporabi mineralno dizelsko gorivo (vir: Oddelke za kmetijsko tehniko in energetiko)

Očiščeno jedilno olje se lahko uporabi za pogon dizelskih motorjev, kjer je opravljena nadgradnja motorja, ki omogoča pogon na olje (angl. retrofitting, za doseganje nižjih emisij in ekonomičnost zaradi nadomeščanja mineralnega dizelskega goriva z očiščenim jedilnim oljem) s posebnimi moduli za dobavo olja motorju. Primerne so vse starejše izvedbe dizelskih motorjev EURO I do EURO V. Moduli za dobavo olja dizelskim motorjem se lahko uporabijo na električnih agregatih ali kogeneratorjih, delovnih strojih in vozilih.

Predelava motorja delovnega stroja, agregata za proizvodnjo električne energije, kogeneratorja ali vozila na delovanje na očiščeno odpadno jedilno olje

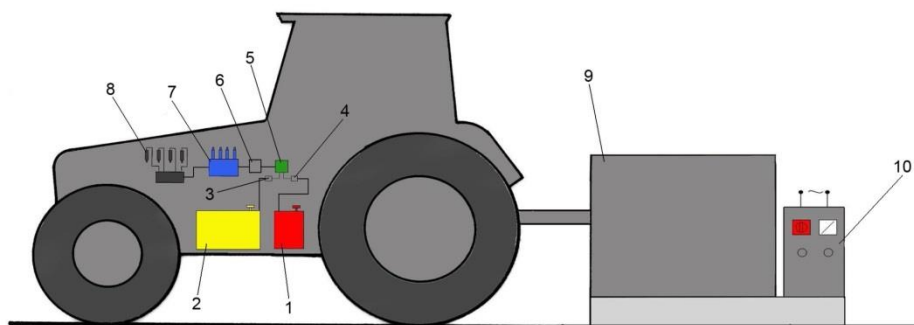
Sistem AIS – OIL MOBIL 19 je zasnovan modularno. V modulu, ki je dodatno mehansko zaščiten v majhnem kovinskem zabojniku (dodatno tudi izoliran) so nameščeni vsi sklopi in deli, ki so potrebni za delovanje dizelskega motorja na rastlinsko olje. Modul se poveže z dizelskim motorjem delovnega vozila ali stroja oziroma kogeneratorske enote. Deluje po principu dveh rezervoarjev (za zagon motorja se uporablja mineralno dizelsko gorivo, ko pa se motor ogreje na delovno temperaturo, sistem avtomatično preklopi na rastlinsko olje). Rastlinsko olje se dogreva s pomočjo izmenjevalca toplote (toploto dobiva od hladilne tekočine motorja) in dodatno še električno dogreva na posebni grelni enoti, tako da doseže končno temperaturo 70 do 90 °C (na omenjeni temperaturi se viskoznost rastlinskega olja približuje viskoznosti mineralnega dizelskega goriva). Za delovanje celotnega sistema skrbi elektronska krmilna enota. Uporabnika opozarja dodatni opozorilni alarm ob ustavitvi motorja v primeru, da uporabnik pozabi opraviti prehodni postopek preklopa dobave goriva (ob ustavitvi motorja uporabnik preklopi na stikalo, ki omogoča ponovni zagon motorja na dizelsko gorivo).



Slika : Traktor, ki je predelan za pogon na očiščeno odpadno jedilno olje s sistemom AIS OIL MOBIL 19, 1 – rezervoar za mineralno dizelsko gorivo, 2 – rezervoar za očiščeno odpadno jedilno olje, 3 – filtrirni sistem, 4 – filtrirni sistem, 5 – ventil, 6 – nizkotlačna črpalka, 7 – visokotlačna črpalka, 8 – šobe za vbrizg goriva



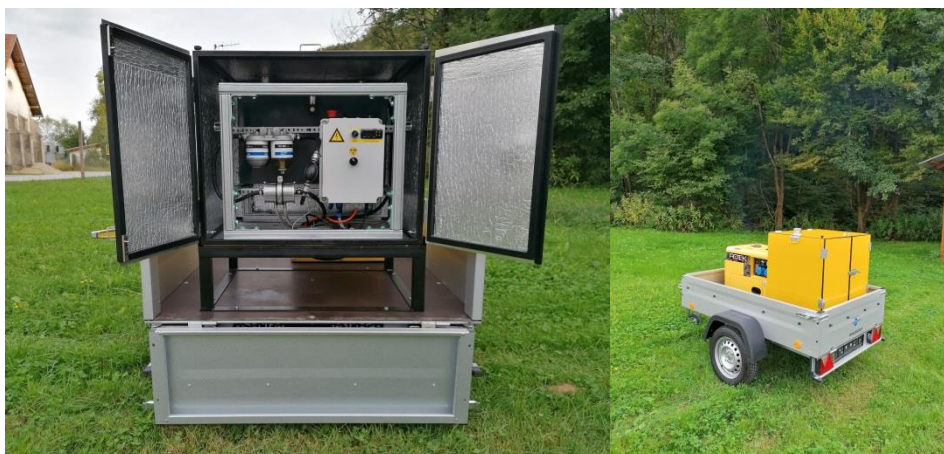
Slika : Nadgrajena (angl. Retrofitting) starejše verzije dizel električnega agregata moči 40 kWe, dizel motor agregata poganja očiščeno jedilno olje iz modula AIS - OIL ELGENER 2. Nadgradnja starejših dizelskih motorjev agregatov ali kogeneratorjev z modulom AIS - OIL ELGENER 21 omogoča nižje emisije TGP in ekonomičnost zaradi zamenjave mineralnega dizelskega goriva z očiščenim odpadnim jedilnim oljem, na prednjem delu dizel električnega agregata moči je vgrajen modul za sistem AIS OIL MOBIL 19 (rumena barva ohišja), ki omogoča da dizel električni agregat za pogon uporablja očiščeno odpadno jedilno olje ter proizvodnjo zelene električne energije.



Slika : Traktor, ki je predelan na pogon na očiščeno odpadno jedilno olje s sistemom AIS OIL MOBIL 19, lahko poganja prek priključne gredi električni generator in dobavlja električno energijo različnim električnim porabnikom, prednost je da lahko po potrebi stroj lahko opravlja tudi različne delovne operacije, ko ni v uporabi za pogon električnega generatorja; 1 – rezervoar za mineralno dizelsko gorivo, 2 – rezervoar za očiščeno odpadno jedilno olje, 3 – filtrirni sistem, 4 – filtrirni sistem, 5 – ventil za dobavo enega od goriv, 6 – nizkotlačna črpalka, 7 – visokotlačna črpalka, 8 – šobe za vbrizg goriva, 9 - električni generator, 10 – komandna plošča

Modularni sistem AIS OIL ELGENER 21

Sistem AIS OIL ELGENER 21 omogoča delovanje različnih motorjev dizel električnih agregatov (električna moč od 5 do 250 kW) ali kogeneratorjev (istočasna proizvodnja električne in toplotne energije) na rastlinsko olje ali očiščeno odpadno jedilno olje. Primerne so skoraj vse izvedbe dizelskih motorjev od EURO I do EURO V. Z modularnim sistemom AIS OIL ELGENER 21 se opravi nadgradnja dizelskega motorja, za doseganje nižjih emisij in boljše ekonomičnosti zaradi nadomeščanja mineralnega dizelskega goriva z očiščenim odpadnim rastlinskim oljem.



Slika : Na sliki je prikazan manjši agregat za proizvodnjo električne energije AIS OIL ELGENER 21, električna moč agregata znaša 6 kW (230 ali 400 V), zaradi mobilnosti je nameščen na prikolico, uporablja se ga lahko na različnih lokacijah, kjer nimamo dostopa do električne energije iz omrežja (vir: Kmetijski inštitut Slovenije, Oddelek za kmetijsko tehniko in energetiko).

Z modularnim sistemom AIS – OIL ELGENER 21 se opravi nadgradnja (angl. retrofitting), za doseganje nižjih emisij in ekonomičnost zaradi nadomeščanja mineralnega dizelskega goriva z očiščenim jedilnim oljem. Modularni sistem AIS – OIL ELGENER 21 omogoča uporabo očiščenega odpadnega jedilnega olja). Poleg olja obstaja možnost uporabe mešanice olja in mineralnega dizelskega goriva ter biodizla v vseh razmerjih.



Slika : Pogled na modularni sistem za dobavo olja na velikem dizel električnem agregatu za proizvodnjo električne energije AIS OIL ELGENER 21, električna moč agregata znaša 110 kW_e, zaradi mobilnosti se lahko celoten sistem z električnim agregatom namesti na prikolico. V modularnem sistemu (modul rumene barve) so nameščeni vsi sklopi in deli, ki so potrebni za delovanje dizelskega motorja na očiščeno odpadno rastlinsko olje (rezervoar za olje,

Pri energijski proizvodnji iz biomase pomembno vlogo igra biokemična konverzija v katero se uvršča tudi anaerobno vrenje, ki predstavlja konverzijo organskega materiala v plin, ki se imenuje bioplin. Bioplin je zmes plinov, ki nastane pri anaerobnem vrenju (brez prisotnosti kisika) v bioplinski napravi (razkroj biomase in živalskih odpadkov poteka s pomočjo razkrojnih mikroorganizmov – bakterij). Najpomembnejša komponenta bioplina je metan (bioplin s 70 % vsebnostjo metana ima kurilnost 23 MJ/m^3). Energijska vrednost bioplina ustreza $6 - 6,5 \text{ kWh/m}^3$ oziroma $0,6 - 0,65 \text{ l plinskega olja/m}^3$ bioplina. Metan ima velik toplogredni učinek v kratkem času (življenjska doba mu znaša v zemeljskem ozračju 12 let), v primerjavi z ogljikovim dioksidom. Zaradi omenjene razlike v efektu in časovnem obdobju, globalni potencial segrevanja metana v 20 letnem obdobju znaša 75, v 100 letnem obdobju pa bodo emisije metana imele 25 kraten vpliv na segrevanje ozračja v primerjavi z emisijami ogljikovega dioksida. Živina proizvaja toplogredne pline, kot je metan (CH_4), ki nastaja pri fermentaciji krme v prebavilih domačih živali in v primeru odprtega shranjevanja živalskih odpadkov (metan uhaja v ozračje). Kadar živalske odpadke, kot je npr. gnojevka vnašamo v bioplinsko napravo (substrat za proizvodnjo bioplina) metanu preprečimo uhajanje v ozračje, ker ga izkoristimo npr. na kogeneracijskih enotah za sproizvodnjo električne in toplotne energije. Bioplin lahko proizvajamo tako rekoč iz vseh organskih materialov, ki vsebujejo zadovoljivo razmerje ogljika in dušika (bakterije uporabljajo ogljik iz ogljikovih hidratov ter dušik iz beljakovin).

Bioplin se v kmetijstvu trenutno največ uporablja v kogeneratorskih enotah (istočasna proizvodnja električne in toplotne energije). Celotni izkoristek sodobne kogeneratorske enote (suma električnega in toplotnega izkoristka enote) na bioplinski napravi znaša od 85 do 90 %. Samo 10 do 15 % energije bioplina se izgubi. Za razvoj bioplinske tehnologije v prihodnosti bo pomembno vlogo igralo dvigovanje izkoristka procesov na bioplinskih napravah. Področje bioplinskih tehnologij se je do sedaj razvijalo predvsem zaradi proizvodnje električne energije, proizvodnja termalne energije pa je bila potisnjena v ozadje. Povečanje proizvodnje bioplina je možno izpeljati na različne načine. Ena možnost je uporaba novih tehnologij, ki omogočajo večjo proizvodnjo bioplina z izboljšavo procesov priprave vhodnega substrata. Druga možnost je večja proizvodnja bioplina iz substratov, ki se do sedaj niso uporabljali – npr. lignocelulozni materiali, ki bodo imeli večjo vlogo v prihodnosti. Na kogeneracijskih enotah je možna tudi uporaba ORC tehnologije, ki omogoča uporabo odpadne toplotne energije iz kogeneracijskih enot za uparjanje organskega delovnega fluida, ki poganja turbino povezano z električnim generatorjem za proizvodnjo električne energije. Obstaja tudi možnost uporabe mikro bioplinskih plinovodov, za transport bioplina do drugih lokacij, kjer obstaja možnost za uporabo električne in toplotne energije (v tem primeru je kogeneracijska enota nameščena na dislocirani lokaciji). Tehnologija, ki je zelo obetajoča in bo v prihodnosti vse bolj razširjena je tudi tehnologija čiščenja in nadgradnje bioplina do faze biometana. Plin, ki je očiščen in nadgrajen do faze biometana je možno vbrizgavati v omrežje zemeljskega plina oziroma ga skladiščiti in uporabljati ob poljubnem času in mestu za pogon vozil in druge energetske namene.

Z uporabo bioplina za energetske namene v kmetijstvu lahko v precejšnji meri zmanjšamo energetske odvisnosti živinorejske pridelave ter značilno znižamo emisije toplogrednih plinov. Končni produkti kmetijske pridelave, kjer uporabljamo bioplin za energetske potrebe, imajo nižji ogljični odtis v primerjavi s pridelavo, ki poteka z uporabo fosilnih goriv. Z uporabo lastnega energetskega vira lahko kmetijstvo pomembno prispeva k ekonomičnosti pridelave in predelave, večji konkurenčnosti končnih kmetijskih produktov in tudi boljši podobi za končnega uporabnika. Z zniževanjem emisij metana (metan se sežiga v gorilnikih in uporabi za pogon kogeneratorskih enot za istočasno proizvodnjo električne in toplotne energije oziroma se ga procesira v biometan za različne namene) in uporabo digestata za gnojenje lahko značilno prispevamo varovanju okolja.

Proizvodnja bioplina je v Sloveniji začela ob koncu osemdesetih let prejšnjega stoletja. Prvi

dve bioplinski napravi so uporabljali za anaerobno vrenje na komunalni napravi za centralno obdelavo odpadnih voda in na veliki prašičji farmi. Še leta 2007 so bile bioplinske naprave v Sloveniji zelo redke (proizvodnja bioplina je potekala samo na nekaj bioplinskih napravah), z bioplinsko tehnologijo pa je bila seznanjena samo ožja strokovna sfera. V primerjavi z letom 2020 je bila v letu 2021 evidentirana za +6 % večja proizvodnja iz elektrarn na biomaso, +3 % iz hidroelektrarn in +2 % iz SPTEnot na fosilna goriva, na drugi strani pa zaradi vremenskih vplivov za -11 % manjša proizvodnja iz vetrnih elektrarn in -7 % iz bioplinskih elektrarn. Na približno enaki ravni kot leta 2020 je bila v letu 2021 proizvodnja iz sončnih elektrarn. Glede na strukturo proizvodnje v letu 2021 prevladujejo SPTEnaprave na fosilna goriva z 37 % deležem, sledijo sončne elektrarne z 28 %, elektrarne na biomaso s 15 %, hidroelektrarne z 11 % in bioplinske elektrarne z 9 % deležem celotne proizvodnje električne energije v podporni shemi.

Trenutno se pri nas uporablja bioplina samo za proizvodnjo električne energije in toplote na kogeneratorskih enotah bioplinskih naprav. Količina toplotne energije, proizvedene v kogeneratorski enoti je večja, kot električne. Na žalost je na domačih bioplinskih napravah samo nekaj primerov, kjer se toplotna energija uporablja za procesne potrebe (npr. ogrevanje perutninskih farm itn.). Pri kogeneraciji je izkoriščanje toplote zelo pomembno za ekonomsko upravičenost projekta. Na kogeneracijskih enotah se kontinuirano proizvaja toploto vse leto, zato je treba poiskati možnosti za njeno uporabo tudi v poletnem času: npr. sušenje kmetijskih in gozdnih (les) proizvodov, toplotno omrežje (daljinsko ogrevanje), gretje steklenjakov in plastenjakov, hlajenje, itn. Še vedno nimamo proizvodnje biometana (biopli očiščen in nadgrajen do faze metana).

Bioplinske tehnologije za naše kmetije

Bioplinske naprave so trenutno najbolj zanimive za živinorejske kmetije pri nas, ker se kmetje na njih vsakodnevno soočajo z veliko količino gnojevke, ki predstavlja okoljski problem poleg tega pa ga morajo po uredbi začasno skladiščiti do 6 mesecev. Kmetije z več kot 100 GVŽ predstavljajo skupino z največjim potencialom za izgradnjo bioplinskih naprav. Velikostna razreda 50 do 100 GVŽ in nad 100 GVŽ predstavljata realno možnost izkoriščanja odpadkov iz živinoreje

Teoretične vrednosti za potencial metana so seveda nižje zaradi tehničnega in ekonomskega potenciala bioplina oziroma biometana. Tehnični potencial znaša približno 80 % od teoretičnega potenciala, za ekonomski potencial ocenjujemo pa da bi znašal 40 do 50 % od omenjenega teoretičnega potenciala bioplina oziroma biometana. Trenutno na manjših kmetijah do 50 GVŽ ni ekonomsko opravičeno postavljati bioplinskih naprav, brez uporabe toplotne energije. Za omenjene manjše kmetije je potrebno ubrati novo smer, povezovanje bioplinskih naprav na posameznih kmetijah. Združevanje kmetij z namenom pridobivanja bioplina bi lahko potekalo znotraj različnih scenarijev izvedljivosti glede velikosti kmetij. Manjše kmetije (razreda do 5 GVŽ in nad 5 do 20 GVŽ) bi morale substrat transportirati na skupno bioplinsko napravo. Transport bi lahko potekal s traktorji agregatiranimi s cisternami za prevoz gnojevke ali pri nekaterih primernih lokacijah tudi s pomočjo krajših cevovodov za gnojevko oziroma tekoči substrat (na ta način se razbremenijo prometnice). Drug scenarij za združeno proizvodnjo bioplina iz več bioplinskih naprav bi bil preko lokalnih plinovodov za bioplina. V ta scenarij bi lahko uvrstili kmetije s številom živine od 20 do 50 GVŽ, v nekaterih primerih tudi nad 50 do 80 GVŽ. Na takšnih kmetijah bi zaradi možnega pomanjkanja odjemnikov toplotne energije iz kogeneracijskih enot, proizvedeni bioplina transportirati preko nizkotlačnih plinovodov do skupnih čistilnih ali kogeneracijskih enot, ki bi se nahajale v bližini večjih naselij zaradi lažje izvedbe daljinskega ogrevanja objektov z odvečno toplotno energijo. Druga možnost pa je, da bi na čistilnih enotah opravili čiščenje bioplina in njegovo nadgradnjo do faze biometana, v ta scenarij pridejo kmetije, ki imajo več kot 150 GVŽ, ki imajo tudi največji potencial za izgradnjo novih bioplinskih naprav.

Kmetije nad 80 do 150 GVŽ in več lahko uporabljajo mikro bioplinske naprave s

kogeneratorskimi enotami. Letna proizvodnja električne energije na mikrobioplinskih napravah se lahko giblje od 80.000 kWh do 400.000 kWh, kar je odvisno od električne moči kogeneratorskih enot, ki so lahko v razponu od 10 – 50 kW_e. Električno in toplotno energijo (procesne potrebe) lahko v celoti porabijo na kmetiji oziroma viške oddajo v električno omrežje. Slaba stran mikro bioplinskih naprav je visoka investicija v napravo, ki se giblje od 8.000 do 9.000 EUR/kW_e, ter vpliva na njihovo uvajanje v večjem obsegu v EU in pri nas. Kmetije z več kot 100 GVŽ v Sloveniji predstavljajo skupino z največjim potencialom za izgradnjo novih mikro bioplinskih naprav.

Za razvoj bioplinske tehnologije v prihodnosti bo pri nas pomembno vlogo igralo dvigovanje izkoristka procesov na bioplinskih napravah. Tehnologija, ki je zelo obetajoča in bo v prihodnosti vse bolj razširjena je tudi tehnologija čiščenja in nadgradnje bioplina do faze biometana. Plin, ki je očiščen in nadgrajen do faze biometana, je možno vbrizgavati v omrežje zemeljskega plina oziroma ga skladiščiti in uporabljati ob poljubnem času in mestu za pogon vozil in druge energetske namene. Omenjeno tehnologijo bi pri nas lahko uporabili na kmetijah, ki imajo nad 150 GVŽ. V prihodnosti bi bilo potrebno pri nas proučiti tudi možnost zamenjave obstoječih kogeneratorskih enot, ko se jim bo iztekla življenjska doba na bioplinskih napravah z močjo 1 MW_e (ki pri nas prevladujejo), s tehnologijo za čiščenje bioplina in njegovo nadgradnjo do faze biometana. V tem primeru bi se povečal izkoristek bioplinskih naprav in izboljšala ekonomika njihovega obratovanja. Proizvedeni biometan bi se lahko vbrizgaval v lokalno ali v javno plinsko omrežje (v zimskih mesecih se lahko vbrizgava v lokalna plinska omrežja, v poletnih, ko ni večjih potreb po plinu pa v javno plinsko omrežje), ki je dobro razvito v Sloveniji. Bioplin, ki se ga očisti in nadgradi do faze biometana se poleg vbrizgavanja v omrežje zemeljskega plina lahko uporabi tudi na lokacijah, ki so oddaljene od mesta proizvodnje bioplina. Za čiščenje in nadgradnjo bioplina do faze biometana ter njegov transport z vozili z bioplinskih naprav, ki so oddaljene od plinskega omrežja, bi se lahko v prihodnosti uporabile tudi nekatere nove tehnologije, ki jih že uporabljajo ali razvijajo v EU in svetu.

Mikro bioplinska naprave

Kadar živalske odpadke, kot je npr. gnojovka vnašamo v bioplinsko napravo (substrat za proizvodnjo bioplina) metanu preprečimo uhajanje v ozračje, ker ga izkoristimo npr. na kogeneracijskih enotah za soproizvodnjo električne in toplotne energije. Bioplin lahko proizvajamo tako rekoč iz vseh organskih materialov, ki vsebujejo zadovoljivo razmerje ogljika in dušika (bakterije uporabljajo ogljik iz ogljikovih hidratov ter dušik iz beljakovin).

Na Kmetijskem inštitutu Slovenije, Oddelku za kmetijsko tehniko in energetiko smo skupaj s podjetjem Omega air razvili nizkocenovno modularno mikro bioplinsko napravo za mokri postopek proizvodnje bioplina, z možnostjo uporabe bioplina za proizvodnjo toplotne energije ali za kogeneracijo (istočasna proizvodnja električne in toplotne energije). Mikro bioplinska naprava, ki obratuje v Jabljah je prva tovrstna mikro naprava (tipa »plug and play«). Omenjena naprava *istočasno proizvaja električno in toplotno energijo iz bioplina, ki se sežiga v kogeneracijski enoti*. Električna moč možnih kogeneratorskih enot je v razponu 10–50 kW_e. Električna in toplotna energija se porabita na kmetiji, presežke električne energije se lahko oddaja v javno električno omrežje, presežke toplotne energije pa se lahko uporabi za daljinsko ogrevanje. Z nadgradnjo bioplinske naprave smo omogočili tudi proizvodnjo biometana v manjšem obsegu (čiščenje in nadgradnja bioplina v fazo biometana, pod 30 Nm³ biometana/dan) in spremljanje različnih fizikalnih ter kemijskih lastnosti bioplina in biometana za raziskovalno, razvojno in izobraževalno delo. V sedanji obliki je biometanska naprava namenjena uporabnikom v kmetijstvu, strokovnjakom, ki se ukvarjajo s področjem biometana za energetske namene, ter za izobraževalne potrebe.



Slika : Deli modularne mikro bioplinske naprave: 1 – digestor, 2 – energetski kontejner z enotami za obdelavo vhodnega substrata, čiščenje bioplina (prva stopnja), kogeneracijo na bioplin (proizvodnjo električne in toplotne energije), shranjevanje toplotne energije in elektronsko regulacijo procesa pridobivanja in uporabe bioplina za energetske namene, 3 – zalogovnik bioplina, vgrajen v strukturo za mehansko zaščito, 4 – hidrolizna enota za proces hidrolize trdne biomase, 5 – dozirni sistem za dodajanje trdne biomase, povezane z delom za mletje za mehansko pred obdelavo trdne biomase z mletjem

Možnosti uporabe biometana za pogon traktorjev in kmetijskih samovoznih strojev

Od različnih alternativnih goriv zemeljski plin ter bioplin (biometan), predstavljata trenutno najboljšo alternativo pri gorivih za pogon traktorjev in kmetijskih ter drugih delovnih strojev zaradi količin, ki so na razpolago ter dobre dostopnosti tehnologij za njihov uporabo v prihodnosti. Zaloge zemeljskega plina po trenutnih podatkih Mednarodne agencije za energijo, zadoščajo še za 250 let uporabe, z napredujočim razvojem na področju tehnologij za eksploatacijo pa se bo ta številka sigurno še povečala v prihodnosti. Velika prednost zemeljskega plina in bioplina (biometana) je da jih je možno uporabljati na že obstoječih različnih izvedbah motorjev z notranjim zgorevanjem (z določenimi predelavami teh motorjev je omogočena uporaba omenjenih plinov). Na kmetijskih bioplinskih napravah, ki so usmerjene v proizvodnjo bioplina ter čiščenje in nadgradnjo bioplina do faze biometana, obstaja možnost uporaba biometana za pogon traktorjev in drugih delovnih ter tovornih vozil, ki sodelujejo v procesu same proizvodnje kmetijskih produktov. Z uporabo biometana v procesu proizvodnje kmetijskih pridelkov in reje živali obstaja odlična možnost za zmanjševanje odvisnosti od fosilnih energentov z zagotavljanjem lastnega goriva, zagotavljanja kakovostnega gnoja iz predelanega substrata na bioplinski napravi ter posledično zniževanja ogljičnega odtisa končnega kmetijskega produkta.

Čiščenje in nadgradnja bioplina do faze biometana

V prvi fazi čiščenja bioplina odstranimo različne nečistoče iz surovega bioplina. V drugi fazi s tehnologijo PSA (angl. PSA - Pressure swing adsorption) ločimo metan in druge pline. Bioplin se komprimira in dovaja v adsorbentske posode, kjer se z adsorpcijo na adsorbentu pod višjim tlakom odstranijo ogljikov dioksid (CO₂) in druge nečistoče v bioplinu. Čiščenje

bioplina in sproščanje vezanih nečistoč dosežemo z izmeničnim povečevanjem in zniževanjem tlaka v adsorpcijskih posodah. Ko je adsorbent nasičen, ga recikliramo z zmanjšanjem tlaka – postopek je reverzibilen. Po končanem postopku čiščenja in nadgradnje bioplina do faze biometana, na izhodu iz procesnega sistema pridobimo biometan z minimalno čistočo v območju od 97 do 99 % metana (CH₄). Fizikalne in kemijske lastnosti bioplina na vhodu in biometana na izhodu so kontinuirano računalniško vodene z elektronskim nadzornim sistemom.



Slika : Enota za čiščenje in nadgradnjo bioplina do faze biometana, čiščenje bioplina poteka s PSA metodo (angl. PSA – Pressure swing adsorption, vir: Kmetijski inštitut Slovenije)

Biometan lahko uporabljamo kot gorivo za traktorje in različne delovne stroje ter vozila na metanski pogon, kot tudi za motorje, delujoče na dve vrsti goriv (npr. dizelsko gorivo in biometan). Na izhodu iz enote za proizvodnjo bioplina/biometana nastaja poleg energije še dodaten produkt t.j. digestat, ki predstavlja kakovostno organsko gnojilo. Z njegovo uporabo lahko zmanjšamo odvisnost kmetijstva od mineralnih gnojil.

Gorivo za pogon plinskih motorjev

Kot gorivo se na plinskih motorjih lahko uporablja: biometan, stisnjeni zemeljski plin (angl. CNG - Compressed Natural Gas), utekočinjeni zemeljski plin (angl. LNG - Liquefied Natural Gas) in utekočinjeni biometan (LBM – Liquefied Biomethane). Poleg tega je možno uporabiti tudi mešanice goriv, kot je zemeljski plin in biometan (angl. LNG/LBM - Liquefied Natural Gas/ Liquefied Biomethane). Možne so tudi druge kombinacije, omenjene so samo najbolj razširjene.

Traktorji na biometan

Proizvajalci osebnih in tovornih vozil ponujajo že veliko različnih izvedb vozil na katerih se lahko uporablja biometan za pogon (vozila, ki so namenjena za uporabo komprimiranega zemeljskega plina so primerna tudi za uporabo biometana). V zadnjem obdobju pa postajajo tudi vse bolj zanimiva vozila na pogon z dvema vrstama goriv (mineralno dizelsko gorivo + biometan). Prednost plinskih motorjev je da jih je mogoče uporabiti na že obstoječih izvedbah vozil s predelavami, ki niso prezahtevne in so cenovno dostopne. Proizvajalci,

Iveco, MAN, Mercedes, Volvo itn. ponujajo v svojih proizvodnih programih tudi tovornjake ali avtobuse, ki lahko deluje na zemeljski plin ali biometan. Z uporabo vozil, ki jih poganja biometan za transport kmetijskih pridelkov je možno značilno znižati emisije CO₂ na dolgih transportnih razdaljah. V primeru uporabe motorjev na dve vrsti goriv (biometan in dizelsko gorivo) je možno zmanjšati emisije CO₂ do 70 % v primerjavi z motorji, ki za pogon uporabljajo samo dizelsko gorivo. Vodilni proizvajalci traktorjev in delovnih strojev (New Holland, Steyr, Valtra, Caterpillar itn.) trenutno razvijajo izvedbe strojev, ki uporabljajo stisnjeni zemeljski plin ali stisnjeni biometan. Poleg stisnjene oblike zemeljskega plina ali biometana je možno uporabiti tudi utekočinjeno obliko zemeljskega plina ali biometana. Pri uporabi utekočinjenega zemeljskega plina – (angl. LNG oziroma slov. UZP) ali stisnjenega biometana za pogon traktorja ali drugega delovnega stroja, prostornina rezervoarjev za gorivo – plin je lahko zmanjšana za eno tretjino v primerjavi s pogonom stroja na stisnjeni zemeljski plin – (angl. CNG oziroma slov. SZP).

Za uporabo biometana obstajata dva tipa motorjev z notranjim zgorevanjem, na eno ali dve vrsti goriv. V primeru enega goriva se gre za čisti plinski motor. Za predelavo na plin so najprimernejši bencinski motorji (mišljeni so motorji osebnih vozil) pri katerih se sistem za dobavo bencinskega goriva nadomesti s sistemom za dobavo biometana. Ker so na tovornih vozilih in avtobusih danes vgrajene samo dizelske izvedbe motorjev se proizvajalci v nekaterih primerih odločajo za predelavo dizelskih izvedb motorjev na plin. Dizelski motor se v tem primeru predela z Dizlovega cikla na Otto cikel (bencinski motor). Dizelski sistem za dobavo oziroma vbrizgavanje goriva, ni več potreben, ker v Ottovem ciklu, motor deluje samo na plin, mešanico goriva - biometana in zraka pa vžge svečka, ki proizvaja električno iskro za vžig goriva - biometana. Poleg tega je potrebno spremeniti kompresijsko razmerje (zmanjšati ga) in prilagoditi odpornost proti klenkanju biometana. Tako predelan dizelski motor potem deluje na enakem principu, kot klasičen bencinski motor. Industrijskim ali standardnim dizelskem izvedbam motorjev za vozila se doda sistem za ustvarjanje električne iskre za vžiganje biometana.



Slika : Traktor, ki ga lahko poganja metan ali biometan (vir: New Holland)

Pri drugem sistemu, ki ga vse bolj zagovarjajo proizvajalci vozil oziroma motorjev se uporablja istočasno dve vrsti goriv (angl. dual fuel engines), v tem primeru biometan in dizelsko gorivo (mineralno dizelsko gorivo, biodizel B 100, rastlinsko olje PPO). Dizelsko gorivo predstavlja vir za vžiganje biometana v motorjih na dve vrsti goriv. V zgorevalni prostor motorja se vbrizga dizelsko gorivo, ki se vžge na temperaturi 250 °C (dizelski motor deluje na samovžig, zrak med delovnim procesom motorja v taktu kompresije dizelskega motorja v zgorevalnem prostoru motorja postane vroč zato se vbrizgano dizelsko gorivo samo vžge). Biometan, ki ima precej višjo temperaturo vžiga od dizelskega goriva se vžge na

temperaturi 580 °C. Biometan se ne more vžgati, kot dizelsko gorivo, ki se vžge v fazi kompresije na segretem zraku v motorju, Zato funkcijo vžiga plinskega goriva opravi dizelsko gorivo, ki ima nižjo točko vžiga. Motor, ki uporablja istočasno dve vrsti goriv ima tudi boljši izkoristek v primerjavi z motorjem, ki uporablja samo eno gorivo – biometan. V primerjavi pa da vozniku zmanjka plina, lahko nadaljuje pot tudi samo z dizelskim gorivom.

B2 Zniževanje emisij toplogrednih plinov

Zniževanje emisij toplogrednih plinov

Toplogredni plini zaradi uporabe različnih oblik energije nastajajo v različnih kmetijskih pridelavah ter predelavah pridelkov v končne produkte za različne namene. Emisije toplogrednih plinov, ki nastanejo zaradi porabe energije so preračunane na CO_{2ekv}.

Določanje porabe energije in emisij toplogrednih plinov, ki nastanejo iz porabe energije v poljedelski pridelavi

Za določanje porabe energije so narejeni modelni izračuni s podatki iz domačih in tujih znanstveno strokovnih baz podatkov za porabo energije in emisije toplogrednih plinov v kmetijstvu in živilsko predelovalni industriji ter z merjenjem porabe energije na vzorčnih kmetijah zaradi dopolnitev podatkovne baze v primerih, kjer obstaja premajhna količina podatkov ali pa so podatki neuporabni za naše razmere zaradi specifičnosti pridelave oziroma so nezanesljivi. Celotna energija, ki se porabi za pridelavo nekega kmetijskega pridelka na površini enega hektarja pridelovalne površine, je ugotovljena z dodajanjem posameznih energetskega porab vsakega posameznega energetskega vnosa. Pri energetski analizi so razčlenjeni vnosi energije (direktna energija), ki je kompletno porabljena v obdobju pridelave različnih poljedelskih pridelkov. Vnosi energije skozi daljše časovno obdobje oziroma indirektna energija (za izdelavo traktorjev, priključnih strojev, opreme itn. ter energija za proizvodnjo mineralnih gnojil in zaščitnih sredstev) pa ni upoštevana v tem prispevku. Za ugotavljanje porabe energije v pridelavi smo izbrali deset vzorčnih kmetij, ki so usmerjene v živinorejsko, poljedelsko in mešano pridelavo. Živinorejske kmetije in kmetije z mešano pridelavo proizvajajo tudi krmo za lastne potrebe (npr. silažna kornjača, kornjača za zrnje, olja ogrščica itn.). Kmetije so bile razporejene po različnih delih Slovenije tako, da so bili zajeti različni pedoklimatski faktorji in kompleksnost pridelave.

Poraba energije je ugotovljena pri opravljanju delovnih operacij s traktorskimi priključnimi stroji (agregat traktor + stroj), ki so namenjeni za osnovno in dopolnilno obdelavo tal, setev, gnojenje, nego, varstvo rastlin itn. Merjena je porabljen količina mineralnega dizelskega goriva, ki se porabi pri delu traktorjev z različnimi priključnimi stroji oziroma delu samovoznih strojev (npr. kombajni ali silokombajni za kornjačo). Poleg tega je zajeta poraba energije za žetev in interni transport pridelkov na sami kmetiji (transport s traktorji). Poraba energije pri obdelavi tal je ugotovljena pri konvencionalni obdelavi tal z lemežnim plugom. Kot alternativa konvencionalni obdelavi je predvidena direktna setev (brez obdelave tal, angl. no tillage ali zero tillage).

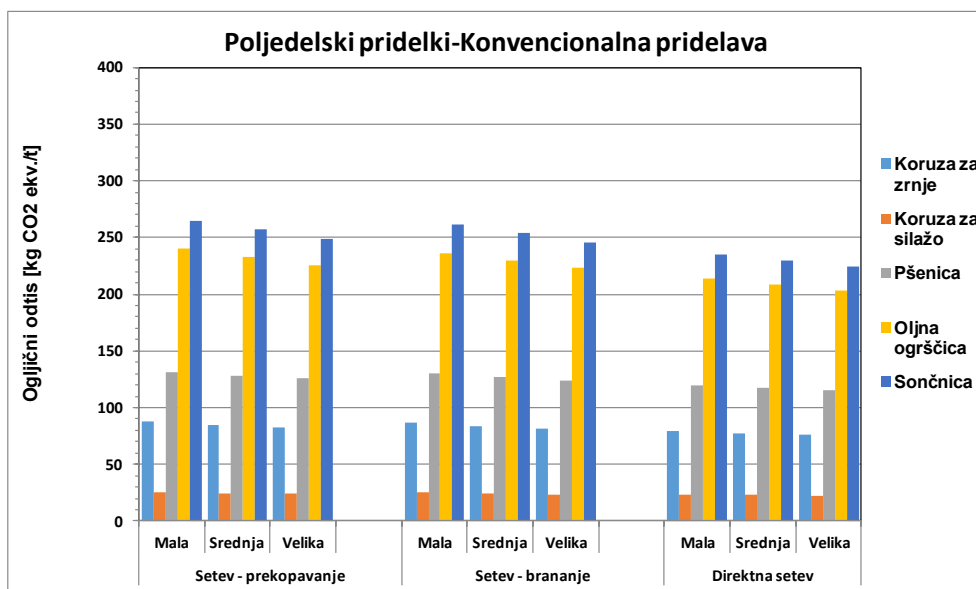
Izračuni so narejeni na osnovi povprečnih porab goriva za osnovno in dopolnilno obdelavo tal, setev, gnojenje, varstvo rastlin, žetev in transport. V primeru osnovne obdelave tal je predvidena uporaba večbrazdnega obračalnega pluga. Za dopolnilno obdelavo tal je v enem primeru predvidena uporaba krožnih bran ali predsetvenikov, v drugem pa rotacijskih strojev (vrtavkasta brana ali prekopalnik - freza). Pri setvi je predvidena uporaba konvencionalnih sejalic za presledno setev (kornjača) in strnjeno setev (pšenica, oljna ogrščica in sončnica). V primeru direktne setve pa so predvidene posebne izvedbe sejalic, ki omogočajo setev v strnišče. Za gnojenje je predvidena uporaba centrifugalnih trosilnikov mineralnih gnojil v granulah oziroma trosilnikov hlevskega gnoja (integrirana in ekološka pridelava). Spravilo silažne kornjače se opravlja s pomočjo silažnih samohodnih ali traktorskih izvedb silokombajnov, pri spravilu kornjače v zrnju pa se uporabljajo samohodne izvedbe kombajnov. Za transport pri pridelavi je predvidena uporaba traktorjev s prikolicami, za razliko od transporta po predelavi, kjer se uporablja vozila različne nosilnosti. Za gnojenje je predvidena uporaba mineralnega gnojila pri konvencionalni pridelavi, v integrirani je predvidena uporaba mineralnega gnojila in organskega gnoja v razmerju 80 % mineralno in 20 % organsko gnojilo. Pri ekološki pridelavi pa je predvidena uporaba organskega gnoja (hlevski gnoj ali gnojevka). Za varstvo rastlin so predvidena fitofarmaceutvska sredstva, ki se uporabljajo pri

konvencionalni in integrirani pridelavi (v prispevku je vrednotena samo direktna energija oziroma energija za pogon strojev za nanašanje fitofarmaceutskih sredstev). Za ekološko pridelavo pa so predvidena samo zaščitna sredstva, ki so dovoljena v ekološki pridelavi, zamenjavo za herbicide pa predstavlja uporaba mehanskih metod za zatiranje plevelov (npr. traktorski priključni stroj – česalo, ki je namenjeno zatiranju plevelov). Količine gnojil so preračunane na količino pridelka za posamezno pridelavo. Za količine pridelkov so uporabljeni podatki KGZS in SURS (povprečje zadnjih deset let). Pri ekološki pridelavi pa so predvideni pridelki, ki so nižji v primerjavi s konvencionalno in integrirano pridelavo.

Pri konvencionalni, integrirani in ekološki pridelavi se uporabljajo večinoma enaki delovni postopki. Razlika je, da se pri konvencionalni pridelavi uporablja gnojenje z mineralnimi gnojili. V primeru integrirane pridelave je predvidena uporaba mineralnega in hlevskega gnoja ter gnojevke. Za primer ekološke pridelave pa je predvideno, da se uporablja hlevski gnoj. Poraba goriva je pri ekološki pridelavi nekoliko višja, ker je predvidena uporaba strojev za raztros gnoja in aplikacijo gnojevke. Oba omenjena stroja sta večja porabnika energije v primerjavi s trosilnikom mineralnega gnojila.

Emisije CO₂ nastanejo zaradi uporabe dizelskega goriva pri vseh mehaniziranih opravilih v pridelavi: osnovna in dopolnilna obdelava tal, setev, gnojenje varstvo rastlin, žetev in transport pri pridelavi. Zaradi uporabe gnojil (anorganska in organska) nastanejo dodatne emisije toplogrednih plinov, ki so preračunane na ekvivalent CO₂. Seštevek emisij iz porabe goriva in gnojil (mineralnih in organskih) nam da končno emisijo CO₂.

V raziskavi so določeni ogljični odtisi za poljedelske pridelke po velikosti kmetije (mala, srednja, velika) in vrsti pridelave (konvencionalna, integrirana, ekološka) za dva načina dopolnilne obdelave tal (prekopavanje ali brananje) in za direktno setev. Integrirana pridelava je namenjena za kmetije, ki se usmerjajo s konvencionalne pridelave postopoma na ekološko pridelavo. Za malo kmetijo je določena velikost obdelovalnih površin do 10 ha, srednjo od 10 do 50 ha in veliko nad 50 ha.



Slika: Ogljični odtisi poljedelskih pridelkov za konvencionalno pridelavo, za koruzo (silažno in v zrnju), pšenico, oljno ogrščico in sončnico, vzete so tri velikosti kmetij (mala, srednja, velika), konvencionalna obdelava tal in direktna setev

Ogljični odtisi so določeni iz povprečne porabe goriva, ki je izmerjena na več kmetijah ter predvidenih količin gnojila (organskega in anorganskega), ki so predvideni v izračunani za

naslednje poljedelske pridelke: koruza za zrnje in za silažo, pšenica, oljna ogrščica in sončnica.

Glede emisij CO₂ ekvivalentnih na tono pridelka smo ugotovili da so emisije CO₂ najnižje pri silažni koruzi, sledijo pa koruza za zrnje, pšenica, oljna ogrščica in sončnica. Analiza emisij toplogrednih plinov pri pridelavi poljščin za primer male kmetije je pokazala, da so emisije v konvencionalni pridelavi poljščin najnižje pri koruzi za silažo in se gibljejo od 25,1 kg CO₂/t pridelka pri konvencionalni setvi do 23,6 kg CO₂/t pridelka pri direktni setvi. Precej višje so že pri koruzi za zrnje in se gibljejo od 87,3 kg CO₂/t pridelka pri konvencionalni setvi do 78,8 kg CO₂/t pridelka pri direktni setvi. Velika razlika pri emisijah toplogrednih plinov v pridelavi koruze za silažo in koruze za zrnje je zaradi količine pridelka, ki je precej višji pri koruzi za silažo v primerjavi s koruzo za zrnje, poraba energije za mehanizirana opravila pa je približno enaka pri koruzi za zrnje in koruzi za silažo.

Tabela : Ogljični odtisi poljedelskih pridelkov določeni za tri velikosti kmetij (mala, srednja, velika) in dva načina setve (konvencionalna pridelava)

	Setev v tla dopolnilno obdelana s prekopalnikom			Setev v tla dopolnilno obdelana z brano			Direktna setev		
	[kg CO _{2,ekv./ton pridelka}]			[kg CO _{2,ekv./ton pridelka}]			[kg CO _{2,ekv./ton pridelka}]		
	Mala	Srednja	Velika	Mala	Srednja	Velika	Mala	Srednja	Velika
Koruza za zrnje	87,3	85,1	82,9	86,3	84,1	82,0	78,8	77,3	75,8
Koruza za silažo	25,1	24,5	23,8	24,9	24,3	23,6	23,6	23,1	22,5
Pšenica	131,4	128,4	125,5	129,9	127,0	124,2	119,3	117,3	115,4
Oljna ogrščica	239,9	232,8	225,8	236,6	229,8	223,0	213,3	208,5	203,7
Sončnica	264,7	256,9	249,2	261,0	253,6	246,1	235,4	230,1	224,7

Pri pšenici se emisije toplogrednih plinov v primeru male kmetije gibljejo od 131,4 kg CO₂/t pridelka pri konvencionalni setvi do 119,3 kg CO₂/t pridelka pri direktni setvi. Najvišje emisije so pri oljnicah in znašajo od 239,9 kg CO₂/t pridelka pri konvencionalni setvi do 223 kg CO₂/t pridelka pri direktni setvi za oljno ogrščico, ter od 264,7 kg CO₂/t pridelka pri konvencionalni setvi do 235,4 kg CO₂/t pridelka pri direktni setvi za sončnico. Obe omenjeni oljnici imata precej nižje hektarske pridelke v primerjavi s koruzo in pšenico, poraba energije za mehanizirana delovna opravila pa je pri obeh enaka.

Tabela 2: Ogljični odtisi poljedelskih pridelkov določeni za tri velikosti kmetij (mala, srednja, velika) in dva načina setve (integrirana pridelava)

	Setev v tla dopolnilno obdelana s prekopalnikom			Setev v tla dopolnilno obdelana z brano			Direktna setev		
	[kg CO _{2,ekv./ton pridelka}]			[kg CO _{2,ekv./ton pridelka}]			[kg CO _{2,ekv./ton pridelka}]		
	Mala	Srednja	Velika	Mala	Srednja	Velika	Mala	Srednja	Velika
Koruza za zrnje	98,64	95,80	93,04	97,58	94,82	92,16	90,14	88,01	85,96
Koruza za silažo	27,655	26,859	26,080	27,462	26,682	25,919	26,110	25,443	24,792
Pšenica	148,70	144,95	141,29	147,18	143,56	140,03	136,56	133,82	131,17
Oljna ogrščica	262,59	254,58	246,66	259,27	251,54	243,90	236,03	230,23	224,53
Sončnica	262,84	253,49	244,25	259,17	250,13	241,19	233,53	226,62	219,82

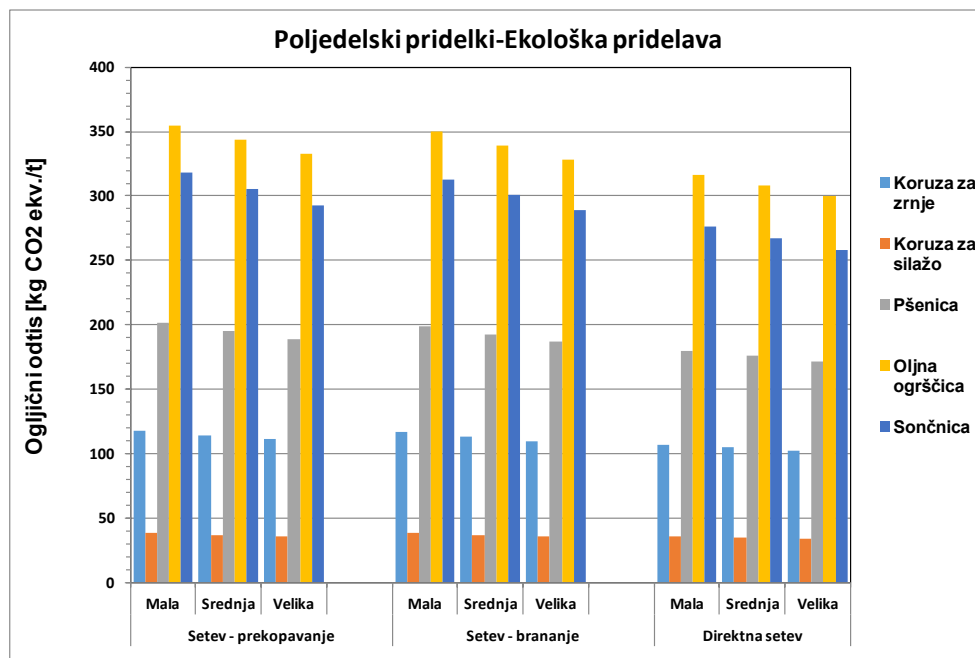
Pri integrirani pridelavi so emisije toplogrednih plinov še nekoliko nižje v primerjavi z

emisijami pri konvencionalni pridelavi. Emisije so ponovno najnižje pri koruzi za silažo in najvišje pri oljnicah (oljna ogrščica in sončnica).

Tabela 3: Ogljični odtisi poljedelskih pridelkov določeni za tri velikosti kmetij (mala, srednja, velika) in dva načina setve (ekološka pridelava)

	Setev v tla dopolnilno obdelana s prekopalnikom			Setev v tla dopolnilno obdelana z brano)			Direktna setev		
	[kg CO _{2,ekv./ton pridelka}]			[kg CO _{2,ekv./ton pridelka}]			[kg CO _{2,ekv./ton pridelka}]		
	Mala	Srednja	Velika	Mala	Srednja	Velika	Mala	Srednja	Velika
Koruzza za zrnje	117,69	114,24	110,88	116,36	113,03	109,77	107,06	104,51	102,02
Koruzza za silažo	38,358	37,010	35,679	38,054	36,732	35,426	35,929	34,784	33,655
Pšenica	201,17	195,06	189,02	198,51	192,62	186,81	179,92	175,58	171,31
Oljna ogrščica	354,689	343,578	332,600	349,860	339,151	328,576	316,056	308,164	300,406
Sončnica	318,41	305,67	293,08	313,10	300,80	288,66	275,92	266,72	257,67

Tudi pri ekološki pridelavi so najnižje emisije pri koruzi za silažo in se v primeru male kmetije gibljejo od 38,35 kg CO₂/t pridelka pri konvencionalni setvi do 35,92 kg CO₂/t pridelka pri direktni setvi. Ponovno so precej višje pri koruzi za zrnje in se gibljejo od 117,7 kg CO₂/t pridelka pri konvencionalni setvi do 107,06 kg CO₂/t pridelka pri direktni setvi. Pri ekološki pridelavi pšenice se emisije toplogrednih plinov gibljejo od 201,17 kg CO₂/t pridelka pri konvencionalni setvi do 179,92 kg CO₂/t pridelka pri direktni setvi. Najvišje emisije so ponovno pri oljnicah in znašajo za oljno ogrščico od 354,68 kg CO₂/t pridelka pri konvencionalni setvi do 316,05 kg CO₂/t pridelka za direktno setev ter od 318,41 kg CO₂/t pridelka pri konvencionalni setvi do 275,92 kg CO₂/t pridelka za direktno setev za sončnico.



Slika: Ogljični odtisi poljedelskih pridelkov za ekološko pridelavo, za koruzo (silažno in v zrnju), pšenico, oljno ogrščico in sončnico, vzete so tri velikosti kmetij, konvencionalna obdelava in direktna setev

Ugotovili smo, da so emisije CO₂/t pridelka pri ekološki pridelavi višje v primerjavi s emisijami v konvencionalni in integrirani pridelavi. V primerjavi konvencionalne in ekološke pridelave so razlike v emisijah CO₂/t pridelka: za koruzo za zrnje v razmerju 1:1,34, za koruzo za silažo v razmerju 1:1,52, pri pšenici 1:1,53, oljni ogrščici 1:1,47 in sončnici 1:1,2 (pri vseh vrednostih je višja številka za ekološko pridelavo). Vzrok za višje emisije CO₂ t pridelka je v tem da so pridelki v ekološki pridelavi nižji, preračun CO₂/t pridelka da posledično višje emisije. V ekološki pridelavi se uporabljajo organska gnojila (gnoj in gnojevka), ki imajo nižje emisije toplogrednih plinov v primerjavi z anorganskimi gnojili (mineralna gnojila) v konvencionalni pridelavi. Poleg tega se v ekološki pridelavi lahko tudi uporablja kombinacija organskih gnojil v kombinaciji s počasi topnimi mineralnimi gnojili. Pri porabi mineralnega dizelskega goriva pa so emisije pri ekološki pridelavi minimalno višje, ker se za gnojenje z organskimi gnojili uporabljajo traktorski priključni stroji (trosilniki hlevskega gnoja ali cisterne za razvoz in aplikacijo gnojevke), ki porabijo nekoliko več energije v primerjavi s traktorskimi priključnimi stroji, ki so namenjeni za raztros mineralnega gnojila (trosilniki mineralnih gnojil v granulah). Vse emisije CO₂/t pridelka za poljščine se razlikujejo tudi glede velikosti kmetij in so tako višje za kmetije, ki imajo manjše površine pod poljščinami in obratno nižje za večje površine pod poljščinami. Zaradi manjše porabe energije (manjša količina mineralnega dizelskega goriva ali biogoriva se porabi za pogon traktorskih agregatov) pri direktni setvi in manjšega števila prehodov traktorskih agregatov je omogočena večja produktivnost (manjša poraba časa za izvedbo delovne operacije) in posledično boljša ekonomičnost celotne pridelave poljščin, poleg tega je manjša obremenitev okolja s toplogrednimi plini, mehanske poškodbe tal pa so minimalne.

Zniževanje porabe energije in emisij toplogrednih plinov v vinogradništvu

Z zniževanjem porabe energije v vinogradništvu, ki ga dosegamo s spremembo tehnologije pridelave značilno vplivamo tudi na celotni ogljični odtis pridelave. Za primer kako je možno zmanjšati ogljični odtis je podana primerjava konvencionalne, integrirane in ekološke pridelave v vinogradništvu (pridelava grozdja za vino). Celotne emisije CO₂ (kg CO₂ ekv./ha), ki so predstavljene v naslednjih tabelah predstavljajo emisije (kg CO₂ ekv./ha) iz različnih delovnih operacij traktorskih agregatov s prištetimi emisijami iz uporabljenih fitofarmacevtskih sredstev - FFS (fitofarmacevtska sredstva, ki se porabijo v enem letu za zaščito trajnega nasada in herbicidi za zatiranje plevelov v vrsti).

Tabela : Emisije CO₂ ekv./ha v konvencionalni pridelavi grozdja

Konvencionalna pridelava (delovne operacije)	Emisije za delovno operacijo (kg CO ₂ ekv./ha)	Emisije za vse delovne operacije v enem letu (kg CO ₂ ekv./ha leto)
Osnovna obdelava tal	56,05	56,05
Dopolnilna obdelava tal	40,28	40,28
Škropljenje	36,07	108,23 – 360,07
Škropljenje s herbicidi v pasove	7,21	14,42
Celotne emisije	139,6	219 – 470,82
FFS (kg CO ₂ /ha)	29,1	87,3 – 291
Herbicid (kg CO ₂ /ha)	19,4	38,8
Celotne emisije	188,1	345,1 – 548,8

V konvencionalni pridelavi v vinogradništvu je prikazan primer, kjer se poleg osnovne in dopolnilne obdelave tal za vzdrževanje medvrstnega prostora v vinogradu, uporablja še škropljenje s herbicidi za zatiranje plevelov in trave v vrsti. V primeru konvencionalne uporabe ni košnje trave (z elisnimi ali mulčerji kladivarji). Celotne emisije traktorskega agregata so v razponu od 219 – 470,82 kg CO₂ ekv./ha leto. Ko tem emisijam prištejemo še emisije, ki nastanejo zaradi uporabe fitofarmacevtskih sredstev in herbicidov (emisije, ki nastanejo zaradi energije vložene v proizvodnjo fitofarmacevtskih sredstev, embalažo za ta sredstva itn.) so celotne emisije še višje in se gibljejo v razponu od 345,1 do 548,8 kg CO₂ ekv./ha leto.

Tabela : Emisije CO₂ ekv./ha v integrirani pridelavi grozdja (scenarij 1)

Integrirana pridelava (scenarij 1)	Emisije za delovno operacijo (kg CO ₂ ekv./ha)	Emisije za vse delovne operacije v enem letu (kg CO ₂ ekv./ha leto)
Mulčenje trave (medvrstno)	23,3	69,9 – 116,5
Škropljenje	36,07	108,23 – 360,07
Škropljenje plevelov s herbicidi v vrsti	7,21	14,42
Celotne emisije	66,58	192,55 – 429,97
FFS (kg CO ₂ /ha)	29,1	87,3 - 291
Herbicid (kg CO ₂ /ha)	19,4	38,8
Celotne emisije	115,0	318,65 – 522,35

V integrirani pridelavi v vinogradništvu je prikazan primer (scenarij 1), kjer ni dopolnilne obdelave tal za vzdrževanje medvrstnega prostora v vinogradu. Za vzdrževanje medvrstnega

prostora v vinogradu se uporablja mulčenje ter škropljenje plevelov s herbicidi v vrsti. Celotne emisije traktorskega agregata so v razponu od 192,55 – 429,97 kg CO₂ ekv./ha leto. Ko tem emisijam prištejemo še emisije, ki nastanejo zaradi uporabe fitofarmacevtskih sredstev in herbicidov (emisije, ki nastanejo zaradi energije vložene v proizvodnjo fitofarmacevtskih sredstev, embalažo za ta sredstva itn.) so celotne emisije še višje in se gibljejo v razponu od 318,65 do 522,35 kg CO₂ ekv./ha leto.

Tabela : Emisije CO₂ ekv./ha v integrirani pridelavi grozdja (scenarij 2)

Integrirana pridelava (scenarij 2)	Emisije za delovno operacijo (kg CO₂ ekv./ha)	Emisije za vse delovne operacije v enem letu (kg CO₂ ekv./ha leto)
Mulčenje trave (medvrstno in v vrsti)	27,9	83,7 – 139,5
Škropljenje	36,07	108,23 – 360,07
Celotne emisije	63,97	191,93 – 443,77
FFS – Ostala	29,1	87,3 - 291
FFS - Herbicid	0	0
Celotne emisije	93,07	279,23 – 489,9

V integrirani pridelavi v vinogradništvu (scenarij 2) je prikazan primer, kjer ni dopolnilne obdelave tal za vzdrževanje medvrstnega prostora v vinogradu. Za vzdrževanje medvrstnega prostora v vinogradu se uporablja mulčenje ter škropljenje plevelov s herbicidi v vrsti. Celotne emisije traktorskega agregata so v razponu od 191,93 – 443,77 kg CO₂ ekv./ha leto. Ko tem emisijam prištejemo še emisije, ki nastanejo zaradi uporabe fitofarmacevtskih sredstev in herbicidov (emisije, ki nastanejo zaradi energije vložene v proizvodnjo fitofarmacevtskih sredstev, embalažo za ta sredstva itn.) so celotne emisije še višje in se gibljejo v razponu od 279,23 do 489,9 kg CO₂ ekv./ha leto.

Tabela : Emisije CO₂ ekv./ha v ekološki pridelavi grozdja

Ekološko vinogradništvo	Emisije za delovno operacijo (kg CO₂ ekv./ha)	Emisije za vse delovne operacije v enem letu (kg CO₂ ekv./ha leto)
Mulčenje trave (medvrstno in v vrsti)	27,9	83,7 – 139,5
Škropljenje s ciljnim nanašanjem FFS (pršilnik z zaveso in vračanjem FFS)	28,87	108,23 – 280,87
Celotne emisije	56,77	191,93 – 372,4
FFS (kg CO ₂ /ha) (20 to 50 % nižja poraba)	14,55 - 23,28	43,65 – 232,8
Herbicid (kg CO ₂ /ha)	0	0
Celotne emisije	71,32 - 80,05	235,58 – 424,73

V ekološki pridelavi v vinogradništvu je prikazan primer, kjer se za vzdrževanje zatravljenega prostora v vinogradu uporablja med vrstno mulčenje in mehanska obdelava tal v vrsti (pod trto). Mulčenje se opravlja z elisnimi ali mulčerji kladivarji. Poraba fitofarmacevtskih sredstev je zmanjšana na 20 do 50 % (samo bakrovi preparati) emisije herbicidov pa so enake 0. Celotne emisije traktorskega agregata so v razponu od 235,58 – 424,73 kg CO₂ ekv./ha leto. V primeru ekološke pridelave v vinogradništvu so emisije najnižje.

Določanje porabe energije in emisij toplogrednih plinov, ki nastanejo iz porabe energije v vinogradniški pridelavi

V raziskavi so določeni ogljični odtisi za vinogradniško pridelavo za tri velikosti kmetije (mala, srednja in velika) in tri vrste pridelave (konvencionalna, integrirana in ekološka) v Sloveniji. Za določanje ogljičnega odtisa v vinogradniški pridelavi (grozdje za vino) je opravljena analiza konvencionalne, integrirane in ekološke pridelave glede porabe energije (v analizah se izhaja iz že vzpostavljenih vinogradov v polni rodni dobi). Za določanje porabe energije so narejeni modelni izračuni s podatki iz domačih in tujih znanstveno strokovnih baz, podatkov za porabo energije in emisije toplogrednih plinov v kmetijstvu ter z merjenjem porabe energije na vzorčnih kmetijah, zaradi dopolnitev podatkovne baze v primerih, kjer obstaja premajhna količina podatkov ali pa so podatki neuporabni za naše razmere zaradi specifičnosti vinogradniške pridelave oziroma so nezanesljivi. Pri energetski analizi so razčlenjeni vnosi energije (direktna energija), ki je kompletno porabljena v obdobju pridelave grozdja. Vnosi energije skozi daljše časovno obdobje oziroma indirektna energija (za izdelavo traktorjev, priključnih strojev, opreme itn. ter energija za proizvodnjo mineralnih gnojil in zaščitnih sredstev) pa ni upoštevana v tem prispevku. Za ugotavljanje porabe energije v vinogradniški pridelavi smo izbrali tri vzorčne kmetije. Poraba energije v mehanizirani vinogradniški pridelavi je definirana, kot energija fosilnega goriva (mineralno dizelsko gorivo), ki se uporabi pri izvajanju različnih mehaniziranih delovnih operacij. Celotna energija, ki se porabi za pridelavo grozdja na površini enega hektarja, je ugotovljena s seštevanjem energetske porabe vsakega posameznega energetskega vnosa (2).

$$E_p = E_{ot} + E_g + E_n + E_v + E_p + E_t \quad (2)$$

E_p = Celotna energija porabljena v pridelavi grozdja (J)

E_{ot} = energija za osnovno in dopolnilno obdelavo tal

E_g = energija za gnojenje

E_n = energija za nego

E_v = energija za varstvo

E_p = energija za pobiranje pridelka (strojno)

E_t = energija za interni transport pridelka

Vsi načini pridelave imajo določene delovne operacije, ki so podobne ali enake, kot so npr. gnojenje tal, nega nasadov, varstvo rastlin in pobiranje pridelka ter interni transport. Pri vseh omenjenih delovnih operacijah se uporablja energija iz mineralnega dizelskega goriva (pogon traktorjev z agregatiranimi priključnimi stroji oziroma v primeru strojne trgatve grozdja s samovoznimi stroji – kombajni za grozdje). Pri ostalih delovnih operacijah pa so večje razlike med načini pridelave. Npr. osnovna obdelava tal se opravi pri formiranju trajnega nasada, dopolnilna obdelava tal (predvidena v konvencionalni pridelavi) pa v že formiranem trajnem nasadu. V konvencionalni pridelavi v vinogradništvu se poleg varstva nasada s fitofarmaceutskimi sredstvi, uporablja še fitofarmaceutska sredstva oziroma herbicide za zatiranje plevelov in trave v vrstah v nasadih. V integrirani pridelavi se uporablja za varstvo nasadov samo določena fitofarmaceutska sredstva, za zatiranje plevelov v vrsti pa se uporabljajo mehanske metode oziroma mulčenje. Pri ekološki pridelavi se uporabljajo samo fitofarmaceutska sredstva, ki so dovoljena v tovrstni pridelavi, za vzdrževanje prostora v vrsti pa samo mehanske metode za zatiranje plevelov ali mulčenje. V primeru dopolnilne obdelave tal (konvencionalna pridelava) je predvidena medvrstna obdelava tal z brananjem s krožno brano, oziroma možnost uporabe rotacijskih strojev za obdelavo tal (strojev, ki so

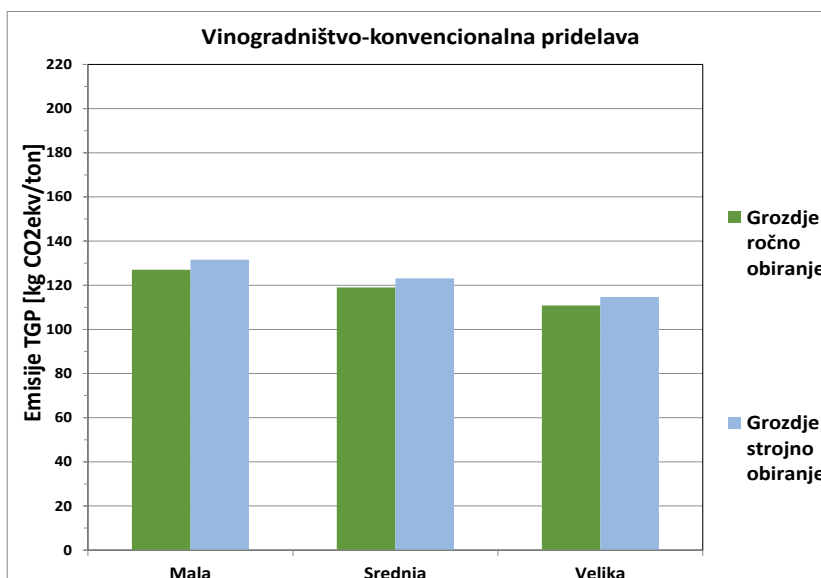
gnani prek priključne gredi traktorja) in to vrtavkaste brane ali prekopalnika - freze. Pri rotacijskih strojih gnanih prek priključne gredi zadostuje za dopolnilno obdelavo tal en prehod prek obdelovalne površine za razliko od vlečenih izvedb traktorskih priključnih strojev npr. krožne brane, kjer sta potrebna dva ali celo trije prehodi. Za gnojenje je v primeru konvencionalne pridelave predvideno gnojenje s trosilnikom mineralnih gnojil. V primeru ekološke pridelave je predvideno gnojenje s trosilnikom hlevskega gnoja, v integrirani pa uporaba trosilnika mineralnega gnoja in trosilnika hlevskega gnoja. Za varstvo rastlin v konvencionalni in integrirani pridelavi je predvidena uporaba vinogradniških pršilnikov (z aksialno ali radialno izvedbo pihalnikov) za nanašanje fitofarmaceutskih sredstev. V integrirani pridelavi se uporabljajo fitofarmaceutska sredstva v manjših količinah, kar pomeni tudi manjše število prehodov traktorskih agregatov s pršilniki. Za nego je predvideno medvrstno vzdrževanje zatravljenih površin z mulčerji (kladivarji ali elisni), ki so namenjeni za mulčenje trave ter pri zimskem ali spomladanskem obrezovanju drobljenju ostankov obrezovanja. Pri ekološkem načinu pridelave je predvideno mehansko zatiranje plevelov v vrstah trajnih nasadov s traktorskimi priključnimi stroji. Spravilo pridelka je ročno (prevladuje za spravilo grozdja v manjših vinogradih ter v večjih vinogradih za kakovostna in vrhunška vina) ali strojno s kombajni za grozdje (v večjih in velikih vinogradih, ki pridelujejo grozdje za namizna vina). Za interni transport so predvidene posebne izvedbe prikolic za boks palete in standardne traktorske prikolice.

Poraba energije je ugotavljana pri opravljanju delovnih operacij s traktorskimi priključnimi stroji (agregat traktor + priključni stroj), ki so namenjeni za osnovno in dopolnilno obdelavo tal, gnojenje, nego, varstvo itn. Merjena je porabljen količina mineralnega dizelskega goriva, ki se porabi pri delu traktorjev z različnimi priključnimi stroji oziroma delu samovoznih strojev (npr. kombajni za pobiranje grozdja). Poleg tega je zajeta poraba energije za interni transport pridelkov na sami kmetiji - transport s traktorji. Pri ugotavljanju porabe energije v mehanizirani vinogradniški pridelavi je ugotovljeno, da poraba goriva za enake delovne operacije lahko zelo variira, ker je odvisna od pedofizikalnih lastnosti tal, načina obdelave, tehnike uporabe traktorskega agregata (traktor + priključni stroj), stanja stroja, usklajenosti moči traktorja glede velikosti priključnega stroja, števila prehodov traktorskih agregatov za posamezno delovno operacijo itn. Modelni izračuni so narejeni na osnovi povprečnih porab goriva za posamezne delovne operacije.

Za gnojenje je predvidena uporaba mineralnega gnojila pri konvencionalni pridelavi, v integrirani je predvidena uporaba mineralnega gnojila in organskega gnoja (v razmerju 80 % mineralno in 20 % organsko gnojilo). Pri ekološki pridelavi pa je predvidena uporaba organskega gnoja (hlevski gnoj). Poraba gnojil je opredeljena na osnovi tehnoloških normativov. Količina gnojil je izražena v obliki čistih hranil (dušik, fosfor, kalij), količine gnojil pa so preračunane na količine pridelka. Za varstvo rastlin so predvidena fitofarmaceutska sredstva, ki se uporabljajo pri konvencionalni in integrirani pridelavi (v prispevku je vrednotena samo direktna energija oziroma energija za pogon strojev za nanašanje fitofarmaceutskih sredstev). Za ekološko pridelavo pa so predvidena samo zaščitna sredstva, ki so dovoljena v ekološki pridelavi (ni uporabe konvencionalnih fitofarmaceutskih sredstev, dovoljena pa je uporaba bakrovih in nekaterih drugih preparatov), zamenjavo za herbicide pa predstavlja uporaba mehanskih metod za zatiranje plevelov (npr. traktorski priključni stroj, ki mehansko eliminira plevela v vrstah vinograda, med vrstami pa se uporablja mulčenje). Pri izdelavi modela je predpostavljeno minimalno število nanašanja dovoljenih fitofarmaceutskih sredstev - bakrovi in nekateri drugi dovoljeni preparati. Za količine pridelkov so uporabljeni podatki KGZS in SURS (povprečje zadnjih deset let).

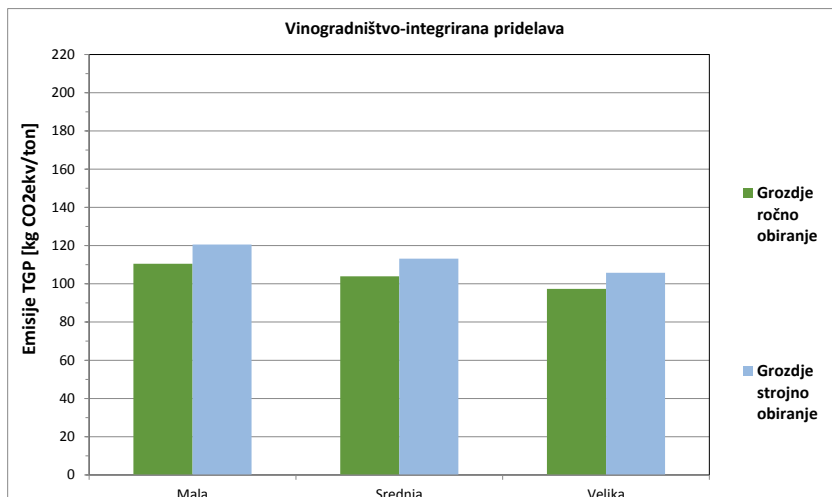
Emisije CO₂ nastanejo zaradi uporabe mineralnega dizelskega goriva pri vseh mehaniziranih opravilih v vinogradniški pridelavi: osnovna in dopolnilna obdelava tal, gnojenje, varstvo, strojno pobiranje pridelka in interni transport pri pridelavi. Zaradi uporabe gnojil (anorganska in organska) nastanejo dodatne emisije toplogrednih plinov, ki so preračunane na ekvivalent CO₂. Seštevek emisij iz porabe mineralnega dizelskega goriva in gnojil (mineralnih in

organskih) nam da končno emisijo CO₂. Ogljični odtisi v konvencionalni pridelavi grozdja so določeni iz povprečne porabe mineralnega dizelskega goriva (poraba goriva izmerjena na kmetijah) za delovne operacije ter predvidenih količin gnojila (organskega in anorganskega) za določeni pridelek grozdja. Emisije toplogrednih plinov v primeru male kmetije znašajo 127,04 kg CO_{2ekv.}/t pridelka pri ročnem pobiranju pridelka grozdja ter 131,6 kg CO_{2ekv.}/t pridelka pri strojnem pobiranju pridelka grozdja. V primeru srednje velikosti kmetije emisije znašajo 118,9 kg CO_{2ekv.}/t pridelka pri ročnem pobiranju pridelka grozdja ter 123,1 kg CO_{2ekv.}/t pridelka pri strojnem pobiranju pridelka grozdja. Za veliko kmetijo emisije znašajo 110,8 kg CO_{2ekv.}/t pridelka pri ročnem pobiranju pridelka grozdja ter 114,6 kg CO_{2ekv.}/t pridelka pri strojnem pobiranju pridelka grozdja. Emisije CO_{2ekv.}/t pridelka – grozdja, upadajo z velikostjo kmetije, najvišje so pri mali ter najnižje pri veliki kmetiji usmerjeni v vinogradniško pridelavo. Poleg tega so emisije CO_{2ekv.}/t pridelka – grozdja nekoliko višje pri vseh treh velikostih kmetij pri mehaniziranem pobiranju pridelka grozdja v primerjavi z ročno trgatvijo grozdja.



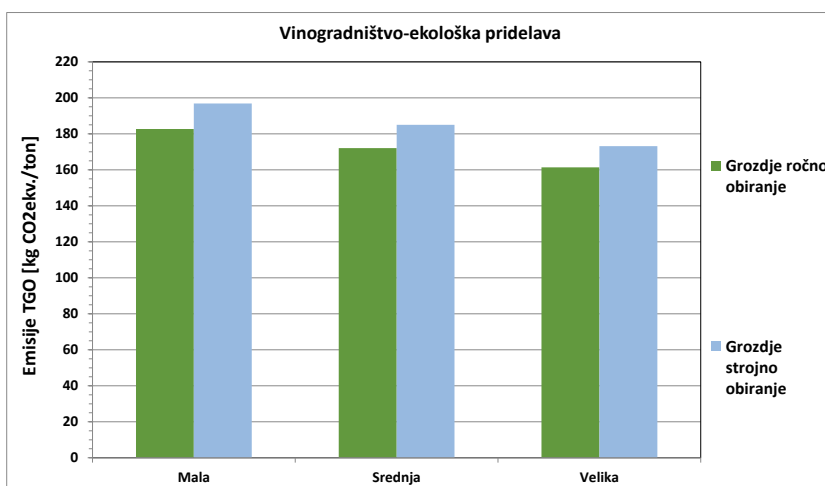
Slika: Ogljični odtis določen za tri velikosti kmetij (mala, srednja, velika) v primeru konvencionalne vinogradniške pridelave

Ogljični odtisi v integrirani pridelavi grozdja so določeni iz povprečne porabe mineralnega dizelskega goriva (poraba goriva izmerjena na kmetijah) za delovne operacije ter predvidenih količin gnojila (organskega in anorganskega) za določeni pridelek grozdja. Emisije toplogrednih plinov v primeru male kmetije znašajo 110,4 kg CO_{2ekv.}/t pridelka pri ročnem pobiranju pridelka grozdja ter 120,6 kg CO_{2ekv.}/t pridelka pri strojnem pobiranju pridelka grozdja. V primeru srednje velike kmetije emisije znašajo 103,9 kg CO_{2ekv.}/t pridelka pri ročnem pobiranju pridelka grozdja ter 113,2 kg CO_{2ekv.}/t pridelka pri strojnem pobiranju pridelka grozdja. Za veliko kmetijo emisije znašajo 97,3 kg CO_{2ekv.}/t pridelka pri ročnem pobiranju pridelka grozdja ter 105,8 kg CO_{2ekv.}/t pridelka pri strojnem pobiranju pridelka grozdja. Emisije CO_{2ekv.}/t pridelka – grozdja upadajo z velikostjo kmetije, najvišje so pri mali ter najnižje pri veliki kmetiji usmerjeni v vinogradniško pridelavo. Poleg tega so emisije CO_{2ekv.}/t pridelka – grozdja nekoliko višje pri vseh treh velikostih kmetij pri mehaniziranem pobiranju pridelka grozdja v primerjavi z ročno trgatvijo grozdja.



Slika: Ogljični odtis določen za tri velikosti kmetij (mala, srednja, velika) v primeru integrirane vinogradniške pridelave

Ogljični odtisi v ekološki pridelavi grozdja so določeni iz povprečne porabe mineralnega dizelskega goriva (poraba goriva izmerjena na kmetijah) za delovne operacije ter predvidenih količin gnojila (organskega in anorganskega) za določeni pridelek grozdja. Emisije toplogrednih plinov v primeru male kmetije znašajo 182,7 kg CO_{2ekv}/t pridelka pri ročnem pobiranju pridelka grozdja ter 196,8 kg CO_{2ekv}/t pridelka pri strojnem pobiranju pridelka grozdja. V primeru srednje velikosti kmetije emisije znašajo 172 kg CO_{2ekv}/t pridelka pri ročnem pobiranju pridelka grozdja ter 185 kg CO_{2ekv}/t pridelka pri strojnem pobiranju pridelka grozdja. Za veliko kmetijo emisije znašajo 161,3 kg CO_{2ekv}/t pridelka pri ročnem pobiranju pridelka grozdja ter 173,1 kg CO_{2ekv}/t pridelka pri strojnem pobiranju pridelka grozdja. Emisije CO_{2ekv}/t pridelka – grozdja upadajo z velikostjo kmetije, najvišje so pri mali ter najnižje pri veliki kmetiji usmerjeni v vinogradniško pridelavo. Poleg tega so emisije CO_{2ekv}/t pridelka – grozdja nekoliko višje pri vseh treh velikostih kmetij pri mehaniziranem pobiranju pridelka grozdja v primerjavi z ročno trgatvijo grozdja.



Slika: Ogljični odtis določen za tri velikosti kmetij (mala, srednja, velika) v primeru ekološke vinogradniške pridelave

Integrirana in ekološka pridelava se glede mehaniziranih delovnih postopkov najbolj razlikujeta od konvencionalne pridelave. Iz tega izhajajo tudi razlike v porabi energije med

posameznimi pridelavami. Tako se v konvencionalni vinogradniški pridelavi lahko uporablja tudi dopolnilna obdelava tal, za vzdrževanje medvrstnega prostora v vinogradu pa se uporablja škropljenje s herbicidi za zatiranje plevelov in trave v vrsti. Poleg tega konvencionalna pridelava ima največje število škropljenj v primerjavi z integrirano in ekološko pridelavo. V integrirani pridelavi ni dopolnilne obdelave tal za vzdrževanje medvrstnega prostora v vinogradu (za vzdrževanje omenjenega prostora v vinogradu se uporablja mulčenje ter škropljenje plevelov s herbicidi v vrsti). Poleg tega je število škropljenj v tej pridelavi zmanjšano v primerjavi s konvencionalno pridelavo. V ekološki pridelavi se za vzdrževanje zatavljenega prostora v vinogradu uporablja med vrstno mulčenje in košnja tal v vrsti. Mulčenje se opravlja z elisnimi ali mulčerji kladivarji, poraba dovoljenih fitofarmaceutskih sredstev (bakreni preparati) za varstvo trte je zmanjšana na 20 do 50 %, tako da je število škropljenj še nižje v primerjavi z integrirano pridelavo. Razlika je tudi pri porabi energije za gnojenje, pri konvencionalni pridelavi se uporablja gnojenje z mineralnimi gnojili. V primeru integrirane pridelave je predvidena uporaba mineralnega in hlevskega gnoja, za ekološko pridelavo pa je predvideno, da se uporablja hlevski gnoj. V ekološki pridelavi se uporabljajo organska gnojila (gnoj), ki imajo nižje emisije toplogrednih plinov v primerjavi z anorganskimi gnojili (mineralna gnojila). Poleg tega se v ekološki pridelavi lahko tudi uporablja kombinacija organskih gnojil v kombinaciji s počasi topnimi mineralnimi gnojili.

Seštevek emisij CO₂, ki nastanejo zaradi uporabe fosilnega goriva in ekvivalentnih emisij CO₂ iz gnojil uporabljenih v procesu pridelave, da končno emisijo vinogradniške pridelave. Emisije CO_{2ekv./t} pridelka – grozdja, so najnižje pri integrirani, višje pri konvencionalni ter najvišje pri ekološki vinogradniški pridelavi. Vzrok za najvišje emisije CO_{2ekv./t} pridelka – grozdja v ekološki pridelavi je v nekoliko višji porabi mineralnega dizelskega goriva ter da so pridelki v ekološki pridelavi nižji, tako da izračun CO_{2ekv./t} pridelka – grozdja da posledično višje emisije. Emisije CO_{2ekv./t} pridelka – grozdja, upadajo z velikostjo kmetije, najvišje so pri mali ter najnižje pri veliki kmetiji usmerjeni v vinogradniško pridelavo. Emisije so pri mali kmetiji višje zaradi uporabe traktorskih agregatov manjše moči, ki so energetske manj učinkoviti v primerjavi s traktorskimi agregati večje moči, poleg tega je več praznih hodov pri strojnih opravilih na majhnih delovnih površinah. Emisije CO₂ so tudi nekoliko višje pri vseh treh velikostih kmetij pri mehaniziranem pobiranju pridelka grozdja v primerjavi z ročno trgatvijo grozdja.

Določanje porabe energije in emisij toplogrednih plinov, ki nastanejo iz porabe energije v sadjarski pridelavi

V raziskavi so določeni ogljični odtisi za sadjarsko pridelavo v Sloveniji za pet vrst sadja (jabolka, hruška, breskev, marelica in oljka) za tri velikosti kmetije (mala, srednja in velika) ter tri vrste pridelave (konvencionalna, integrirana in ekološka). Za določanje ogljičnega odtisa v sadjarski pridelavi (sadje za konzumno uporabo in predelavo v različne končne produkte, kot so sokovi, marmelade, žgane pijače itn.) je opravljena analiza konvencionalne, integrirane in ekološke pridelave glede porabe energije (v analizah se izhaja iz že vzpostavljenih sadovnjakov v polni rodni dobi). Za določanje porabe energije so narejeni modelni izračuni s podatki iz domačih in tujih znanstveno strokovnih baz, podatkov za porabo energije in emisije toplogrednih plinov v kmetijstvu ter z merjenjem porabe energije na vzorčnih kmetijah, zaradi dopolnitev podatkovne baze v primerih, kjer obstaja premajhna količina podatkov ali pa so podatki neuporabni za naše razmere zaradi specifičnosti sadjarske pridelave oziroma so nezanesljivi. Pri energetske analizi so razčlenjeni vnosi energije (direktna energija), ki je kompletno porabljena v obdobju pridelave sadja (eno leto). Vnosi energije skozi daljše časovno obdobje oziroma indirektna energija (za izdelavo traktorjev, priključnih strojev, opreme itn. ter energija za proizvodnjo mineralnih gnojil in zaščitnih sredstev) pa ni upoštevana v tej analizi. Za ugotavljanje porabe energije je izbrano nekaj vzorčnih kmetij. Poraba energije v mehanizirani sadjarski pridelavi je definirana, kot energija fosilnega goriva (mineralno dizelsko gorivo), ki se uporabi pri izvajanju različnih mehaniziranih delovnih operacij v enem letu. Celotna energija, ki se porabi za pridelavo sadja na površini enega hektarja, je ugotovljena s seštevanjem energetske porabe vsakega posameznega energetskega vnosa (1).

$$E_p = E_{ot} + E_g + E_n + E_v + E_t \quad (1)$$

E_p = Celotna energija porabljena v pridelavi sadja (MJ)

E_{ot} = energija za osnovno in dopolnilno obdelavo tal

E_g = energija za gnojenje

E_n = energija za nego

E_v = energija za varstvo

E_t = energija za interni transport pridelka

Poraba energije je ugotavljana pri opravljanju delovnih operacij s traktorskimi priključnimi stroji (agregat traktor + priključni stroj), ki so namenjeni za osnovno in dopolnilno obdelavo tal, gnojenje, nego, varstvo itn. Ugotovljena je količina mineralnega dizelskega goriva, ki se porabi pri izvajanju delovnih operacij s traktorji, ki so agregatirani z različnimi priključnimi stroji. Zajeta je tudi poraba goriva za interni transport pridelkov na sami kmetiji - transport s traktorji. Za merjenje porabe goriva je uporabljena volumetrična metoda. Pri ugotavljanju porabe energije v mehanizirani sadjarski pridelavi je ugotovljeno, da poraba goriva za enake delovne operacije lahko zelo variira, ker je odvisna npr. v primeru obdelave tal od samih pedofizikalnih lastnosti tal, načina obdelave tal, tehnike uporabe traktorskega agregata (traktor + priključni stroj), stanja stroja, usklajenosti moči traktorja glede velikosti priključnega stroja, števila prehodov traktorskih agregatov za posamezno delovno operacijo itn. Modelni izračuni so narejeni na osnovi povprečnih porab goriva za posamezne delovne operacije.

Vsi trije načini pridelave sadja imajo določene delovne operacije, ki so zelo podobne ali enake, kot so npr. gnojenje tal, nega nasadov, varstvo rastlin in pobiranje pridelka ter interni

transport. Pri vseh omenjenih delovnih operacijah se uporablja energija mineralnega dizelskega goriva (pogon traktorjev z agregatiranimi priključnimi stroji). Večje razlike med načini pridelave so pri ostalih delovnih operacijah, npr. dopolnilna obdelava tal je predvidena v konvencionalni pridelavi v integrirani ali ekološki pa ne. V primeru dopolnilne obdelave tal (konvencionalna pridelava) je predvidena medvrstna obdelava tal z brananjem s krožno brano, oziroma možnost uporabe rotacijskih strojev za obdelavo tal (strojev, ki so gnani prek priključne gredi traktorja) in to vrtavkaste brane ali prekopalnika (freze). Pri rotacijskih strojih gnanih prek priključne gredi zadostuje za dopolnilno obdelavo tal večinoma en prehod prek obdelovalne površine za razliko od vlečenih izvedb traktorskih priključnih strojev npr. krožne brane, kjer sta potrebna dva ali celo trije prehodi. Za gnojenje je v primeru konvencionalne pridelave predvideno gnojenje s trosilnikom mineralnih gnojil. V primeru ekološke pridelave je predvideno gnojenje s trosilnikom hlevskega gnoja, v integrirani pridelavi pa uporaba trosilnika mineralnega gnoja in trosilnika hlevskega gnoja. V konvencionalni pridelavi v vinogradništvu se poleg varstva nasada s fitofarmaceutskimi sredstvi, uporablja še fitofarmaceutska sredstva - herbicide za zatiranje plevelov v vrstah v trajnih nasadih. V integrirani pridelavi se uporabljajo za varstvo nasadov samo določena fitofarmaceutska sredstva, za zatiranje plevelov v vrsti pa se uporabljajo mehanske metode oziroma mulčenje. Pri ekološki pridelavi se uporabljajo samo fitofarmaceutska sredstva, ki so dovoljena v tovrstni pridelavi, za vzdrževanje prostora v vrsti pa samo mehanske metode za zatiranje plevelov ali mulčenje. Za varstvo rastlin v konvencionalni in integrirani pridelavi je predvidena uporaba vinogradniških pršilnikov (z aksialno ali radialno izvedbo puhalnikov) za nanašanje fitofarmaceutskih sredstev. V integrirani pridelavi se uporabljajo fitofarmaceutska sredstva v manjših količinah, kar pomeni tudi manjše število prehodov traktorskih agregatov s pršilniki. Za nego je predvideno medvrstno vzdrževanje zatravljenih površin z mulčerji (kladivarji ali elisnimi), ki so namenjeni za mulčenje trave ter pri zimskem ali spomladanskem obrezovanju drobljenju ostankov obrezovanja. Pri ekološkem načinu pridelave je predvideno mehansko zatiranje plevelov v vrstah trajnih nasadov s traktorskimi priključnimi stroji. Spravilo pridelka je ročno. Za interni transport so predvidene posebne izvedbe prikolic za boks palete in standardne traktorske prikolice.

Poraba energije v celotni pridelavi je tudi povezana z načinom gnojenja. Za gnojenje je predvidena uporaba mineralnega gnojila pri konvencionalni pridelavi, v integrirani je predvidena uporaba mineralnega gnojila in organskega gnoja (v razmerju 80 % mineralno in 20 % organsko gnojilo). Pri ekološki pridelavi pa je predvidena samo uporaba organskega gnoja (hlevski gnoj). Poraba gnojil je opredeljena na osnovi tehnoloških normativov. Količina gnojil je izražena v obliki čistih hranil (dušik, fosfor, kalij), količine gnojil pa so preračunane na količine pridelka. Za gnojenje je v primeru konvencionalne pridelave predvideno gnojenje s trosilnikom mineralnih gnojil. V primeru ekološke pridelave je predvideno gnojenje s trosilnikom hlevskega gnoja, v integrirani pa uporaba trosilnika mineralnega gnoja in trosilnika hlevskega gnoja. Določene so tudi porabe energije na enoto pridelka za posamezne delovne operacije. Poraba energije se razlikuje, ker se pri različnih načinih pridelave ne uporabljajo enake delovne operacije poleg tega so pridelki pri ekološkem načinu pridelave nižji v primerjavi s konvencionalno in integrirano pridelavo.

Za celotne emisije toplogrednih plinov, ki nastanejo v procesu zgorevanja goriva v motorjih traktorjev in različnih kmetijskih strojev se da določiti ekvivalentna količina CO₂, ki je potrebna da povzroči efekt toplogrednega plina. Toplogredni plini (TGP) so plini, ki povzročajo učinek tople grede v Zemljinem ozračju. Glavnino toplogrednih plinov predstavljajo vodna para, ogljikov dioksid, metan, amonijak in ozon. Količina toplogrednih plinov je izražena z enoto kilogram ogljikovega dioksida - ekvivalent (kg CO₂ ekv.). Emisije toplogrednih plinov (CO₂, CH₄, in N₂O), ki nastanejo z zgorevanjem: mineralnega dizelskega goriva znašajo 2,67 kg CO₂ ekv./l goriva (IPCC 2012). Tudi emisije dušika (N) in drugih elementov iz organskih in mineralnih gnojil, so preračunane na ekvivalentne emisije CO₂ zaradi lažje primerjave vseh ekvivalentnih emisij CO₂ pri pridelavi. Celotne emisije toplogrednih plinov (TGP) iz energije, uporabljene v pridelovalnem procesu na enem hektarju

sadovnjaka (t CO_{2eq.} / ha), so izračunane, kot skupne emisije vsakega proizvodnega procesa, kot je prikazano v enačbi (2):

$$EMF_k = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \left((EF_i * \frac{X_i}{t_i}) * Ff_i \right)_j \quad (2)$$

EMF_k: emisije TGP iz porabe energije za pridelavo produkta - sadja (k)

Ff_i: neposredni ali posredni emisijski faktor za fosilna goriva

EF: količina uporabljenih goriv ali druge vrste energije

X: število delovnih operacij na leto (*X*= 0, 1, 2, 3...),

t: povratna doba dejavnosti (*t*=1,2,3...*n*),

i: vrsta uporabljenih goriv ali energije,

j: vrsta delovne operacije (obdelava tal, gnojenje, varstvo rastlin, ...),

k: vrsta sadja

Skupne emisije toplogrednih plinov (TGP) iz uporabljenih gnojil za en hektar (t CO_{2 ekv.} / ha) so prikazane v enačbi 3.

$$EMfr_k = \sum_{h=1}^m (QFr_{k,h} * EFr_h) \quad (3)$$

QFr: Količina porabljenega gnojila na en hektar (t / ha) za proizvod (k)

Ffr: TGP emisijski faktor za gnojila (kg CO_{2 eq.} / kg)

h: elementi gnojil: dušik, fosfor, kalij, ...

Skupne emisije toplogrednih plinov *TEMF_k* za en hektar sadovnjaka so enake seštevku emisij toplogrednih plinov od porabljene energije in uporabljenih gnojil

$$TEMF_k = EMF_k + EMfr_k \quad (4)$$

Ogljični odtis sadja *AgCF_k* je izražen v rezultatih, kot razmerje med skupnimi emisijami toplogrednih plinov in celotnim pridelkom sadja, kar je prikazano v enačbi (5). Ogljični odtis je izražen v kg ekvivalenta CO₂ na tono pridelka - sadja [kg CO_{2 ekv.} / t].

$$AgCF_k = \frac{TEMF_k}{YF_k} 1000 \quad (5)$$

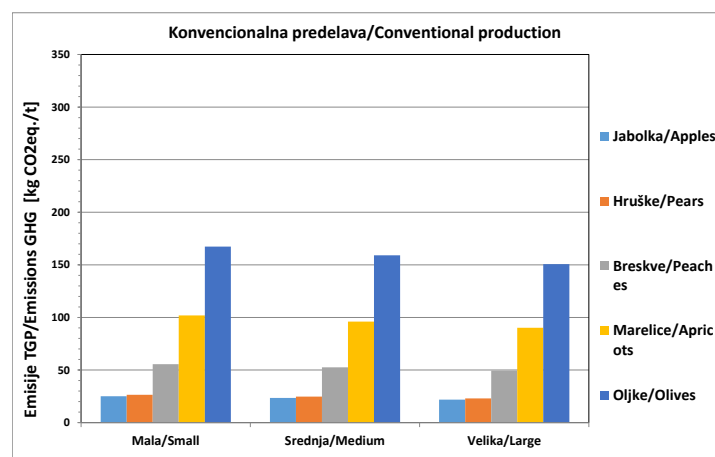
AgCF_k : ogljični odtis sadja [kg CO_{2 eq.}/t],

YF_k: pridelek sadja na en hektar [t/ha].

TEMF_k : Skupne emisije toplogrednih plinov od porabljene energije in gnojil za pridelavo na enem hektarju [kg CO₂/ha]

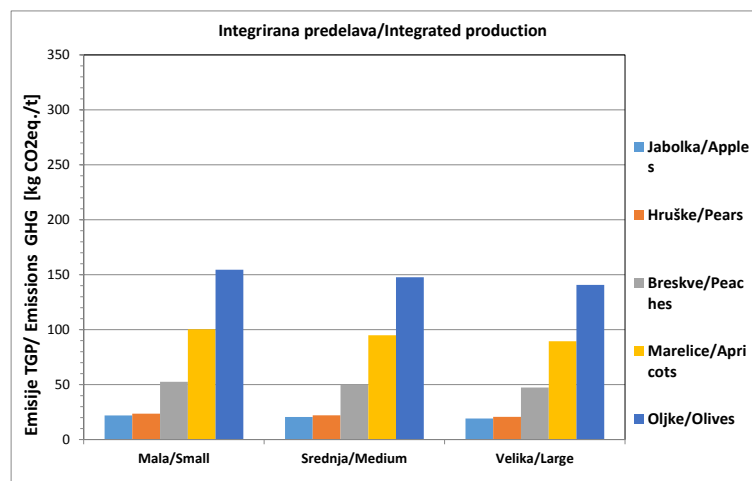
Emisije toplogrednih plinov so preračunane v kg ekvivalent CO₂ za pridelavo glede na način pridelave (konvencionalna, integrirana ali ekološka). Uporabljeni emisijski faktorji za izračun emisij toplogrednih plinov zaradi porabe fosilnih goriv so enaki emisijskim faktorjem, ki so uporabljeni v nacionalnih poročilih za mednarodne organizacije o emisijah toplogrednih plinov v Sloveniji (emisijski faktorji za CO₂, CH₄ in N₂O). Za varstvo rastlin so predvidena fitofarmacevtska sredstva, ki se uporabljajo pri konvencionalni in integrirani pridelavi (v prispevku je vrednotena samo direktna energija oziroma energija za pogon strojev za nanašanje fitofarmacevtskih sredstev). Za ekološko pridelavo pa so predvidena samo fitofarmacevtska sredstva, ki so dovoljena v ekološki pridelavi (ni uporabe konvencionalnih fitofarmacevtskih sredstev, dovoljena pa je uporaba bakrovih in nekaterih drugih preparatov), zamenjavo za herbicide pa predstavlja uporaba mehanskih metod za zatiranje plevelov (npr. traktorski priključni stroj, ki mehansko eliminira plevela v vrstah sadovnjaka, med vrstami pa se uporablja mulčenje). Pri izdelavi modela je predpostavljeno minimalno število nanašanja dovoljenih fitofarmacevtskih sredstev - bakrovi in nekateri drugi dovoljeni preparati. Za količine pridelkov so uporabljeni podatki KGZS in SURS (povprečje zadnjih deset let).

Ogljični odtisi za pridelke v sadjarstvu so določeni za: jabolke, hruške, breskve, marelice in oljke, za tri velikosti kmetije (mala do 5 ha, srednja od 5 do 10 ha in velika nad 10 ha) ter konvencionalno, integrirano in ekološko pridelavo. Emisije CO₂ nastanejo zaradi uporabe mineralnega dizelskega goriva pri vseh mehaniziranih opravilih v sadjarski pridelavi: osnovna in dopolnilna obdelava tal, gnojenje, varstvo, strojno pobiranje pridelka in interni transport pri pridelavi. Zaradi uporabe gnojil (anorganska in organska) nastanejo dodatne emisije toplogrednih plinov, ki so preračunane na ekvivalent CO₂. Seštevek emisij iz porabe mineralnega dizelskega goriva in gnojil (mineralnih in organskih) nam da končno emisijo CO₂. Ogljični odtisi v konvencionalni pridelavi sadja so določeni iz povprečne porabe mineralnega dizelskega goriva (poraba goriva izmerjena na kmetijah) za delovne operacije ter predvidenih količin gnojila (organskega in anorganskega) za določeni pridelek sadja. Emisije toplogrednih plinov v primeru male kmetije znašajo od 25,1 kg CO₂ ekv./t pridelka do 167,3 kg CO₂ ekv./t pridelka. V primeru srednje velikosti kmetije emisije znašajo od 23,4 kg CO₂ ekv./t do 159 kg CO₂ ekv./t pridelka. Za veliko kmetijo emisije znašajo od 21,8 kg CO₂ ekv./t do 150,6 kg CO₂ ekv./t pridelka. V primeru vseh treh tipov kmetij se najnižja vrednost emisij nanaša na jabolke, najvišja pa na oljke. Glede naraščanja višin emisij CO₂ ekv./t pridelka - sadja, jabolkam sledijo hruške, za tem pa breskve in marelice. Emisije CO₂ ekv./t pridelka – sadja, upadajo z velikostjo kmetije, najvišje so pri mali ter najnižje pri veliki kmetiji usmerjeni v sadjarsko pridelavo.



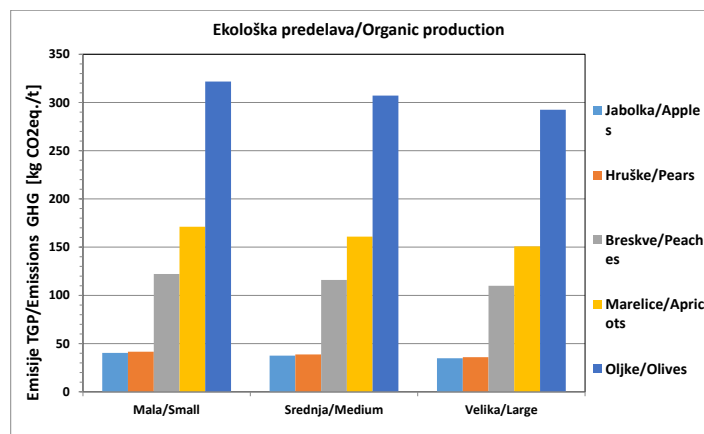
Slika : Emisije toplogrednih plinov kg CO₂ ekv. /t pridelka sadja (jabolke, hruške, breskve, marelice, oljke) za tri velikosti kmetij v primeru konvencionalne sadjarske pridelave

Ogljični odtisi v integrirani pridelavi sadja so določeni iz povprečne porabe mineralnega dizelskega goriva (poraba goriva izmerjena na kmetijah) za delovne operacije ter predvidenih količin gnojila (organskega in anorganskega) za določeni pridelek sadja. Emisije toplogrednih plinov v primeru male kmetije znašajo od 21,9 kg CO₂ ekv./t do 154,5 kg CO₂ ekv./t pridelka. V primeru srednje velikosti kmetije emisije znašajo od 20,6 kg CO₂ ekv./t do 147,6 kg CO₂ ekv./t pridelka. Za veliko kmetijo emisije znašajo od 19,2 kg CO₂ ekv./t do 140,7 kg CO₂ ekv./t pridelka. V primeru vseh treh tipov kmetij se najnižja vrednost emisij nanaša na jabolke, najvišja pa na oljke. Glede naraščanja višin emisij CO₂ ekv./t pridelka - sadja, jabolkam sledijo hruške, za tem pa breskve in marelice. Emisije CO₂ ekv./t pridelka – sadja, upadajo z velikostjo kmetije, najvišje so pri mali ter najnižje pri veliki kmetiji usmerjeni v sadjarsko pridelavo. Emisije CO₂ ekv./t pridelka – sadja upadajo z velikostjo kmetije, najvišje so pri mali ter najnižje pri veliki kmetiji usmerjeni v sadjarsko pridelavo.



Slika : Emisije toplogrednih plinov kg CO₂ ekv. /t pridelka sadja (jabolke, hruške, breskve, marelice, oljke) za tri velikosti kmetij (mala, srednja, velika) v primeru integrirane sadjarske pridelave

Emisije v ekološki pridelavi sadja so določene iz povprečne porabe mineralnega dizelskega goriva (poraba goriva izmerjena na kmetijah) za delovne operacije ter predvidenih količin gnojila (organskega in anorganskega) za določeni pridelek sadja. Emisije toplogrednih plinov v primeru male kmetije znašajo od 40,3 kg CO₂ ekv./t do 321,74 kg CO₂ ekv./t pridelka. V primeru srednje velikosti kmetije emisije znašajo od 37,6 kg CO₂ ekv./t do 307,11 kg CO₂ ekv./t pridelka. Za veliko kmetijo emisije znašajo od 34,8 kg CO₂ ekv./t do 292,4 kg CO₂ ekv./t pridelka. Vidna je tudi velika razlika v ogljičnem odtisu med pridelavo jabolk in oljk, npr. za malo kmetijo ogljični odtis je celo 7,9 krat višji v primeru oljk. V primeru vseh treh tipov kmetij se najnižja vrednost emisij nanaša na jabolke, najvišja pa na oljke. Glede naraščanja višin emisij CO₂ ekv./t pridelka - sadja, jabolkam sledijo hruške, za tem pa breskve in marelice. Emisije CO₂ ekv./t pridelka – sadja upadajo z velikostjo kmetije, najvišje so pri mali ter najnižje pri veliki kmetiji usmerjeni v sadjarsko pridelavo.



Slika : Emisije toplogrednih plinov kg CO₂ ekv. /t pridelka sadja (jabolke, hruške, breskve, marelice, oljke) določene za tri velikosti kmetij (mala, srednja, velika) v primeru ekološke sadjarske pridelave

Integrirana in ekološka pridelava se glede mehaniziranih delovnih postopkov najbolj razlikujeta od konvencionalne pridelave. Iz tega izhajajo tudi razlike v porabi energije med posameznimi pridelavami. Tako se v konvencionalni sadjarski pridelavi lahko uporablja tudi dopolnilna obdelava tal, za vzdrževanje medvrstnega prostora v sadovnjaku pa se uporablja škropljenje s herbicidi za zatiranje plevelov in trave v vrsti. Poleg tega ima konvencionalna pridelava največje število škropljenj v primerjavi z integrirano in ekološko pridelavo. V integrirani pridelavi ni dopolnilne obdelave tal za vzdrževanje medvrstnega prostora v vinogradu (za vzdrževanje omenjenega prostora v sadovnjaku se uporablja mulčenje ter škropljenje plevelov s herbicidi v vrsti). Poleg tega je število škropljenj v tej pridelavi zmanjšano v primerjavi s konvencionalno pridelavo. V ekološki pridelavi se za vzdrževanje zatravljenega prostora v sadovnjaku uporablja med vrstno mulčenje in košnja tal v vrsti. Mulčenje se opravlja z elisnimi ali mulčerji kladivarji, poraba dovoljenih fitofarmaceutskih sredstev za varstvo sadnih dreves je zmanjšana, tako da je število škropljenj še nižje v primerjavi z integrirano pridelavo. Razlika je tudi pri porabi energije za gnojenje, pri konvencionalni pridelavi se uporablja gnojenje z mineralnimi gnojili. V primeru integrirane pridelave je predvidena uporaba mineralnega in hlevskega gnoja, za ekološko pridelavo pa je predvideno, da se uporablja hlevski gnoj. V ekološki pridelavi se uporabljajo organska gnojila (gnoj), ki imajo nižje emisije toplogrednih plinov v primerjavi z anorganskimi gnojili (mineralna gnojila). Poleg tega se v ekološki pridelavi lahko tudi uporablja kombinacija organskih gnojil v kombinaciji s počasi topnimi mineralnimi gnojili. *Za vse tri načine sadjarske pridelave (konvencionalna, integrirana, ekološka) ter tri velikostne razrede kmetij je značilno da najmanjši ogljični odtis ima pridelava jabolk, sledi pa pridelava hrušk, breskev, marelic in oljk.*

Ugotovljeno je da so emisije toplogrednih plinov v sadjarski pridelavi izražene v CO₂ ekv./t sadja najnižje pri integrirani pridelavi, višje pri konvencionalni ter najvišje pri ekološki pridelavi sadja. V primeru vseh treh tipov kmetij se najnižja vrednost emisij nanaša na jabolke, najvišja pa na oljke. Glede naraščanja višin emisij CO₂ ekv./t pridelka, jabolkam sledijo hruške, za tem pa breskve in marelice. Emisije CO₂ ekv./t pridelka, upadajo z velikostjo kmetije, najvišje so pri mali ter najnižje pri veliki kmetiji usmerjeni v sadjarsko pridelavo. Emisije TGP so najvišje pri oljkah zaradi nižjega hektarskega pridelka v primerjavi z ostalimi sadnimi vrstami in velikih potreb po gnojilu (velike količine dušika). Emisije so pri mali kmetiji višje tudi zaradi uporabe traktorskih agregatov manjše moči, ki so energetsko manj učinkoviti v primerjavi s traktorskimi agregati večje moči, poleg tega je več praznih hodov pri strojnih opravilih na majhnih delovnih površinah. Razlika je tudi pri porabi energije

za gnojenje, pri konvencionalni pridelavi se uporablja gnojenje z mineralnimi gnojili, v primeru integrirane pridelave je predvidena uporaba mineralnega in hlevskega gnoja, za ekološko pridelavo pa je predvideno, da se uporablja samo hlevski gnoj. V ekološki pridelavi se uporabljajo organska gnojila (gnoj), ki imajo nižje emisije toplogrednih plinov v primerjavi z mineralnimi gnojili. Poleg tega se v ekološki pridelavi lahko tudi uporablja kombinacija organskih gnojil v kombinaciji s počasi topnimi mineralnimi gnojili.

Zniževanje emisij toplogrednih plinov

Emisije toplogrednih plinov bi lahko značilno znižali z uporabo metana oziroma uporabo biogoriv v tekoči in plinasti obliki, za pogon traktorjev s priključnimi stroji in samovoznih strojev. Poleg tega z uporabo hibridnih izvedb traktorjev (dizel motor + električni pogon). V prihodnosti se predvideva tudi uporaba hidriranega rastlinskega olja ter celo utekočinjenega vodika (možnost uporabe industrijsko predelanih izvedb traktorskih motorjev na pogon na vodik).

Priporočila za zniževanje emisij toplogrednih plinov vezanih s porabo energije

Povezana so s predvidenimi programi učinkovite rabe energije v kmetijstvu. Oblikovanje programa učinkovite rabe energije v kmetijstvu bo v prihodnosti zahtevalo bolj natančne podatke o značilnih porabnikih energije na kmetijskih farmah.

Učinkovita raba energije za posamezne dejavnosti

Ukrepi s področja učinkovite rabe energije - URE bodo morali obsegati ukrepe na področjih pridelave kmetijskih pridelkov

- poljedelska
- sadjarsko vinogradniška
- pridelava vrtnin
- itn.

Živinorejska pridelava

- pridelava mleka
- pridelava mesa
- pridelava jajc
- pridelava drobnice

Energija v poljedelski pridelavi se uporablja v glavnem za:

- osnovno in dopolnilno obdelavo tal
- gnojenje in dognojevanje
- setev

- varstvo rastlin
- nego posevkov
- pobiranje
- transport pridelkov
- itn.

Emisije toplogrednih plinov bi lahko značilno znižali z uporabo metana oziroma uporabo biogoriv v tekoči in plinasti obliki, za pogon traktorjev s priključnimi stroji in samovoznih strojev. Poleg tega z uporabo hibridnih izvedb traktorjev in samovoznih strojev (dizel motor + električni pogon). V prihodnosti se predvideva tudi uporaba hidriranega rastlinskega olja – HVO ter utekočinjenega vodika (možnost uporabe industrijsko predelanih izvedb traktorskih motorjev na pogon na vodik).

Energija v živinoreji se uporablja v glavnem za:

- ogrevanje hlevov za rejo prašičev in perutnine
- prezračevanje hlevov
- molžo krav
- hlajenje mleka
- segrevanje procesne vode
- odstranjevanje gnoja in mešanje gnojevke
- itn.

Z zniževanjem porabe energije značilno vplivamo tudi na emisije toplogrednih plinov, ki nastajajo, kot posledica različnih delovnih operacij

- v pridelavi mleka je bolj energetsko učinkovita uporaba toplotne črpalke za hlajenje mleka in ogrevanje vode, ki bo uporabljena za molzišče
- pri nakupu molzних strojev je treba izbrati stroje, ki imajo večjo energetsko učinkovitost (elektromotorji opremljeni s frekvenčnimi pretvorniki).
- povečanje obsega pašne reje goveda omogoča zmanjševanje rabe fosilnih goriv pri spravilu in transportu krme za živali v hlevski reji
- vgradnja toplotnih črpalk na kmetijah z več kot 15 krav, za hlajenje mleka in ogrevanje potrebne vode za molzišče.
- vgradnja izmenjevalnikov toplote za izkoriščanje odpadne (odvečne) toplote za druge koristne namene (ogrevanje prostorov, rastlinjakov in sanitarne vode)

Pri govedoreji hlevov ni potrebno ogrevati, ker krave oddajajo toploto. Po oceni strokovnjakov je toplotna moč, ki jo oddaja krava, približno 1,5 kW. To energijo se da izkoriščati z izmenjevalniki toplote za ogrevanje prostorov (stavbe, hleve prašičev ali/in perutnine, rastlinjake) ter sanitarne vode na kmetijah. Ta možnost je mogoča na kmetijah, ki imajo v hlevih 30 krav ali več. Na kmetijah z velikim številom živine (od 50 GVŽ naprej) je smiselna graditev bioplinarne

Ukrepi za zniževanje porabe energije na obdelovalnih površinah

- uvajanje minimalne obdelave tal,
- optimiranje strojev za obdelavo tal,
- vzdrževanje kmetijskih strojev
- zaokroženje zemljišč z namenom zmanjšanja porabe energije,
- itn.

Ukrepi zniževanje porabe energije za sisteme za dosuševanje sena

- nadzor sistemov za sušenje sena: ugotavljanje vlažnosti materiala in vlažnosti zunanjega zraka za optimizacijo delovanja sistema,
- vgraditev dvojne strehe¹ (eval streha, opečna streha) za izkoriščanje sončne energije za sušenje sena,
- uporaba odvečne toplote in sončne energije (predgrevanja zraka) za sušenje
- vgraditev toplotnih črpalk za sušenje in pokrivanje potrebe po toploti, če je to ekonomsko upravičeno,
- energetske pregled (po potrebi) velikih sušilnih sistemov za ugotavljanje možnosti izboljšave,

optimiranje delovanja sistemov za sušenje

Električna energija se uporablja v kmetijstvu v hladilnicah sadja in sistemih za zračenje (ventilacija) prostorov oziroma hlevov, za prevetrovanje sena, črpanje vode, molzne stroje, itn. Eden od ukrepov URE je uporaba bolj učinkovitih električnih motorjev in energetsko bolj učinkovitih hladilnih sistemov za sadje (hladilnice). Energetska učinkovitost električnih strojev v kmetijstvu (ventilatorji, puhala...) je odvisna od vrste električnega motorja. Največji prihranek se doseže pri zamenjavi starih ventilatorjev s sorazmerno velikim obratovalnim časom oziroma velikih porabnikov električne energije.

Poraba električne energije elektromotornih sistemov zavisi od faktorjev, kot so:

- učinkovitost elektromotorja
- ustrezno dimenzioniranje
- frekvenčno krmiljenje
- kvaliteta oskrbe z električno energijo
- vrsta mehanskega transmisijskega sistema
- način vzdrževanja

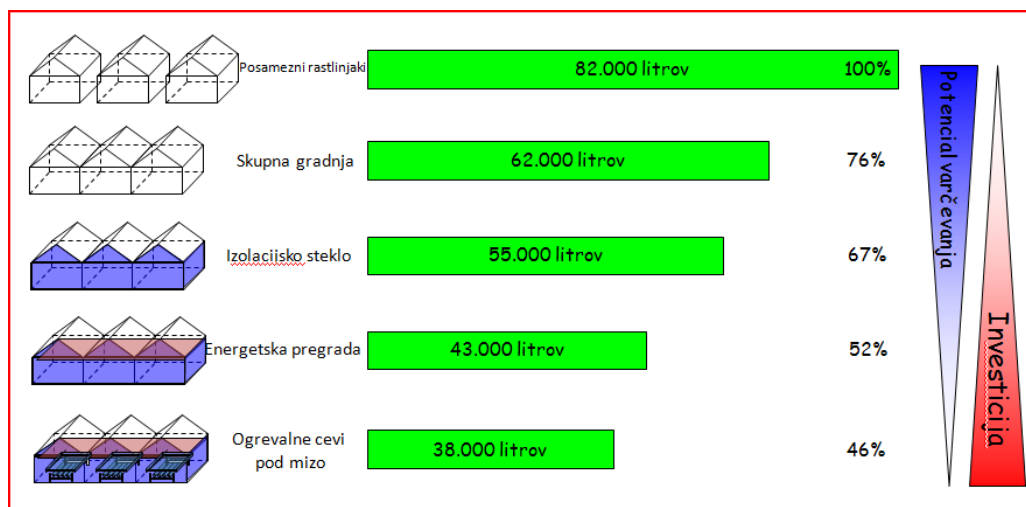
B3 Priporočila za zmanjševanje porabe energije v kmetijstvu

Zniževanje porabe energije v vrtnarstvu

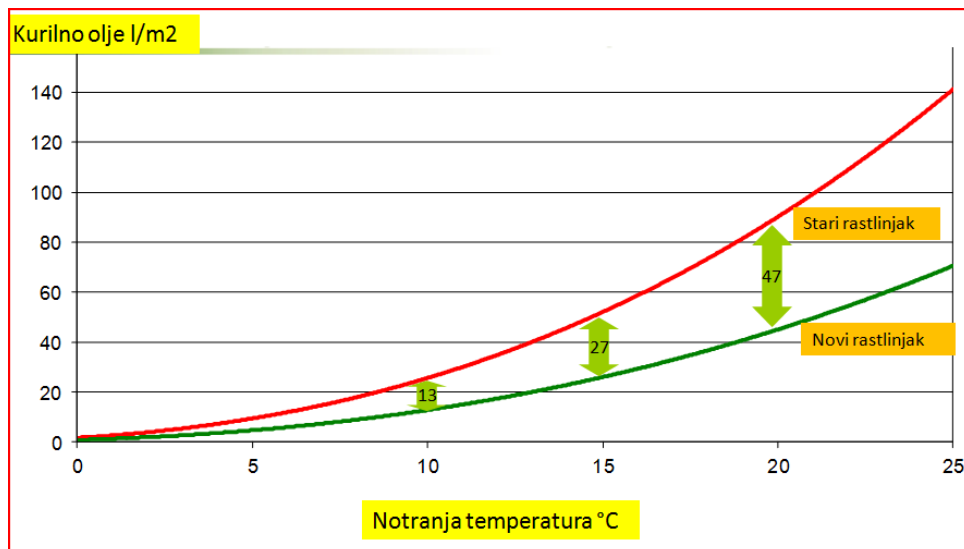
Tudi v vrtnarstvu obstaja precej možnosti za bolj učinkovito rabo energije. Za zmanjševanje porabe energije oziroma goriva v vrtnarstvu veljajo približno enaki napotki, kot na drugih področjih kmetijstva, npr. poljedelska ter sadjarsko vinogradniška pridelava. Vrtnarska pridelava se opravlja precej pogosto v posebnih objektih - rastlinjakih. V rastlinjakih obstajajo dodatne možnosti za varčevanje z energijo, ki so prikazane.

Ukrepi za zmanjšanje porabe energije v rastlinjakih:

- Energetska pregrada - zaščita: 20 – 40 % manjša poraba energije
- Tesnenje stekel in prezračevalnega sistema: 10 – 20 % manjša poraba energije
- Sistem ogrevanja: 10 – 18 % manjša poraba energije
- Regulacija klimatske naprave: 10 - 20 % manjša poraba energije
- Boljša izraba prostora in plan pridelave: 10 % manjša poraba energije
- Izolacija in specialno steklo: 7 – 10 % manjša poraba energije
- Postavitev merilnikov temperature, vlage: 5 – 10 % manjša poraba energije
- Namakanje: 5 – 10 % manjša poraba energije
- CO₂ gnojenje (izpuh): 5 % manjša poraba energije
- Uporaba obnovljivih virov energije - OVE



Slika : Zmanjšanje porabe kurilnega olja pri rastlinjakih glede na uporabo ukrepov za varčevanje z energijo, primer: 1.000 m² pri 16° C (vir: Peter Heise, Landratsamt Ludwigsburg Heise, Technik im Gartenbau)



Slika : Poraba kurilnega olja pri starem in novem rastlinjaku (vir: Peter Heise, Landratsamt Ludwigsburg Heise, Technik im Gartenbau)

Izolacija v rastlinjaki pomembno vpliva na porabo energije. Izolacija je lahko v obliki:

- Specialno steklo HortiPplus
- Dvojna zasteklitev
- Dvojna folija
- Itd.



Slika : Osvetlitev rastlinjakov z uporaba LED izvedb svetilnih teles

Na področju osvetlitve rastlinjakov so v zadnjih nekaj letih na trgu nove izvedbe svetilnih teles, ki porabijo bistveno manj električne energije, kot svetilna telesa, ki so bila do sedaj v uporabi za razsvetlavo rastlinjakov in plastenjakov. Npr. pri osvetlitvi rastlinjakov ali plastenjakov, z uporaba novih izvedb LED svetilnih teles, lahko zmanjšamo ogljični odtis pridelave za minimalno 25 %.

Rastlinjaki so lahko opremljeni s sistemom za kroženje zraka v objektu (rastlinjak ima v tem

primeru vgrajene ventilatorje, ki omogočajo kroženje zraka). Topli zrak se dviguje v višino rastlinjaka. Na višini ni potreb po toplem zraku, zato se omenjeni zrak z večje višine z ventilatorji transportira v območje rastlin. Tako se toplotna energija ponovno uporabi (pri uporabi ventilatorjev v nočnem času se zmanjša poraba energije do 40 % v primerjavi s sistemom, ki ne uporablja ventilatorjev).



Slika : Uporaba ventilatorjev, ki omogočajo kroženje toplega zraka v rastlinjakih

V rastlinjakih lahko uporabljamo različne obnovljive vire energije. Pri nas v zadnjem obdobju že imamo nekaj primerov rastlinjakov, ki koristijo geotermalno energijo (npr. rastlinjaki za vzgojo orhidej v Dobrovniku, rastlinjaki za pridelavo paradižnika v Renkovcih itn.). Kot obnovljivi vir toplotne energije se v rastlinjakih lahko uporablja tudi toplotna energija, ki nastane pri sežiganju bioplina na kogeneratorskih enotah bioplinskih naprav.



Slika : Primer uporabe obnovljivih virov energije v rastlinjakih za pridelavo paradižnika v Renkovcih, kot vir toplotne energije koristijo geotermalno energijo. (vir fotografije: www.lust.si)

Kot obnovljivi vir energije v rastlinjakih za proizvodnjo toplote se lahko uporablja tudi lesna

biomasa. Tudi pri uporabi tega vira energije imamo v Sloveniji že nekaj primerov v rastlinjakih.

Zmanjševanje porabe energije v reji prašičev in predelavi mesa

Emisije toplogrednih plinov iz energetske porabe je možno zmanjšati na nekaj načinov: z učinkovito rabo energije, z nadomeščanjem fosilnih goriv z višjimi emisijami TGP z gorivi z nižjimi emisijami TGP, npr. kurilno olje se nadomesti z zemeljskim plinom ter uporabo alternativnih virov energije (solarna energija, energija vetra, trdna, tekoča in plinasta goriva iz biomase, geotermalna energija, itn.).

Za vzdrževanje življenjskega okolja živali – prašičev se porabi največ električne energije, zato je podano nekaj osnovnih nasvetov glede možnosti njenega zmanjševanja. Z zmanjševanjem porabe električne energije se znižajo tudi emisije TGP oziroma CO₂ ekvivalenta, kar pomeni tudi nižji ogljični odtis končnega produkta – mesa ali trajnega mesnega izdelka. V naslednjem tekstu je prikazano kako se lahko učinkoviteje rabi električna energija ter kako kmetija usmerjena v prašičerejo lahko pristopi zmanjševanju porabe električne energije.

Za zmanjšanje porabe električne energije v reji je potrebno najprej ugotoviti dejansko porabo električne energije na kmetiji oziroma podjetju, ki se ukvarja z rejo prašičev. Za ta namen je potrebno pripraviti seznam vseh električnih porabnikov in pristopiti merjenju njihove električne porabe. Poraba se lahko ugotavlja s pomočjo skupnega električnega števca (pove nam samo podatek za celotno porabo električne energije vseh električnih porabnikov) ali pa preko posebnih merilnikov, kjer se priključi vsak električni porabnik posebej. Merilnik porabe električne energije se poveže z različnimi električnimi stroji, ki se uporabljajo pri različnih opravilih za vzdrževanje življenjskega okolja živali npr. čiščenje gnoja, prezračevanje objektov ter električna razsvetljava. Zaradi zanesljivosti podatkov meritev je bolje da se meritve na vseh električnih strojih opravljajo skozi daljše časovno obdobje. Priporočljivo je da se posamezni električni porabnik, spremlja več dni, tednov in v nekaterih primerih celo več mesecev. Z registriranjem električne porabe različnih porabnikov kmetija in opravljene analize rezultatov meritev, kmetija lahko pristopi strategiji glede zmanjševanja porabe električne energije v prihodnosti.

Ukrepi za zmanjšanje porabe električne energije

Po opravljenih meritvah in ugotovitvah glede porabljene električne energije za posamezne stroje in naprave bo potrebno pristopiti ukrepu za izboljšave, kar pomeni tudi doseganje manjše porabe električne energije. Možnosti za izboljšave so v primeru neustrezne rabe energije, pri slabih pretvorbah in slabih izkoristkih delovnih procesov ter končno v primeru tratenja energije. Za pravilno presojo ali je raba energije v razumnih mejah je potrebno upoštevati podatke proizvajalcev opreme, poleg njihovih podatkov pa je potrebno tudi primerjati podatke iz literature o specifični rabi električne (ali druge) energije. Uporabnik se za namen kakovostne analize mora podrobno seznaniti z električnimi stroji in napravami ter potekom mehanizirane reje živali. Uporabnik se ne sme zadovoljiti z ugotovitvijo da je obstoječe stanje glede porabe električne energije nespremenljivo brez da je podrobno seznanjen z električnimi stroji in napravami ter samim potekom mehanizirane reje. Zavedati se mora da zmeraj obstajajo možnosti za izboljšave.

Tabela: Poraba energije v različnih fazah reje prašičev (vir: Energy use in Agriculture, Teagasc, 2011)

Faza v reji	Namen porabe energije	Dobra praksa porabe energije/žival	Najpomembnejši vpliv
Prasitev, Porodišnica	gretje, razsvetljava, ventilacija	4 kWh	Avtomatična regulacija temperature lahko značilno zmanjša porabo energije, talno gretje je lahko bolj učinkovito, kot gretje z infrardečimi grelniki
Odstavitev	gretje, razsvetljava, ventilacija	3 kWh	Izolacija hlevov, najpomembnejša avtomatična regulacija ventilacije objekta, izbira učinkovitega sistema razsvetljave
Zaključna faza	razsvetljava, ventilacija	6 kWh	Izbira učinkovitih ventilatorjev ter vstopnih in izstopnih delov prezračevalnega sistema, izbira učinkovitega sistema razsvetljave
Sistem krmljenja	mehanski pogoni, črpanje, transport	1 kWh	Sistem za krmljenje po suhem postopku porabi manj energije za transport krme, kot sistem za krmljenje po mokrem postopku
Odstranjevanje gnoja	mehanski pogoni strgal, črpanje	2 kWh	Izbira energijsko učinkovitih črpalk, sistemov za aeracijo gnojevke, separatorjev
Skupaj		16 kWh	

Tudi v primeru da je ugotovljeno da se poraba električne energije pri vzdrževanju življenskega okolja prašičev ujema s podatki, ki so podani za porabo energije za dobro prakso, obstajajo vedno možnosti za zniževanje porabe električne energije. V primeru da je poraba električne energije precej višja, potrebno bo hitro ukrepati v smeri zmanjševanja porabe električne energije. Z naraščajočimi cenami energije, poraba električne energije postaja tudi pomemben faktor, ki vpliva na ekonomičnost reje. Raziskave opravljene v Nemčiji so pokazale precej velike razlike pri porabi električne energije na prašičerejskih farmah.

Približno 20-25 % električne energije se porabi v prostorih za porod. S pravilno regulacijo temperature omenjenega prostora se lahko dosega prihranki energije. Pri en dan starih prašičkih je potrebno vzdrževati temperaturo omenjenega prostora na temperaturi od 24°C. Ta temperatura se zniža na 20 °C, ko so prašički v prostoru za porod stari dva dni. Slab nadzor nad temperaturo v omenjenih prostorih vodi do pregretja in nastanka odvečne toplote in izgub zaradi dodatne energije za ventiliranje. Tudi pri vzreji tekačev se porabi približno 25 % energije. Na začetku jim je potrebno vzdrževati temperaturo 28 do 29 °C, postopoma pa se ta temperatura znižuje za 2 °C vsak teden naprej. Na splošno se lahko pričakuje poraba približno 10,3 kWh/žival, od tega 7,5 kWh/žival za gretje 2 kWh/žival za razsvetlavo in 0,5 kWh/žival za ventilacijo. V primeru vzreje tekačev je možno tudi dosega velike prihranke v porabi energije. Za krmljenje z verižnim transporterjem je potrebno 0,9 kWh/leto za žival, v primeru pa da je sistem računalniško nadzorovan je za čredo 1000 živali potrebno še dodatnih 0,4 kWh/leto na žival. Za razsvetlavo je potrebno še 2,2 kWh/leto, za čiščenje pa moramo računati z dodatnih 0,2 kWh/leto na žival.



Slika : Sistem za krmljenje po suhem postopku porabi manj energije za transport krme, kot sistemi za krmljenje po mokrem postopku (vir: Big Dutchman)

Elektromotorji

Elektromotorji predstavljajo enega od največjih porabnikov električne energije pri električnih strojih in napravah, ki se uporabljajo v kmetijstvu oziroma živinoreji. Zavedati se moramo, da v življenjski dobi elektromotorja 96 % obratovalnih stroškov predstavlja električna energija za njegov pogon, samo 2,5 % predstavlja njegova nabavna cena, na vzdrževanje pa odpade še dodatno 1,5 % stroškov. Zaradi tega je ključnega pomena zagotoviti optimalno delovanje elektromotorjev, ki se uporabljajo na različnih strojih in napravah za vzdrževanje življenjskega okolja prašičev. Pozorni moramo biti na izgube pri različnih prenosih in način vzdrževanja. Pri nabavi novih strojev bi se morali odločati za nabavo takih izvedb, ki imajo energetsko učinkovitejše elektromotorje in krmilne pogonske sisteme, npr. frekvenčni regulatorji. Energetsko učinkoviti elektromotorji so označeni z EFF1. Elektromotor in gnani stroj morata biti medsebojno dobro usklajena. Velikokrat se uporablja za pogon določenih strojev elektromotorje, ki so premočni, v takem primeru elektromotor porablja preveč električne energije. Zato se ne sme uporabljati predimenzioniranih elektromotorjev po načelu »bolje je da razpolagamo z elektromotorjem, ki omogoča večjo rezervo moči«. Ker električni stroji ne rabijo dosti vzdrževanja se jim dosti krat ne namenja nobena pozornost, zato pogosto vidimo električne stroje, ki so pokriti z velikimi količinami prahu in druge umazanije. Slabo vzdrževani elektromotorji namenjeni za pogon različnih strojev na kmetiji lahko povečajo porabo električne energije. Moramo se tudi izogibati uporabi elektromotorjev, ki so bili zaradi okvare previti z novim navitjem, ker se velikokrat poslabša izkoristek takega elektromotorja. V primeru da se uporabnik ne more izogniti tovrstnemu popravilu, mora izbrati izvajalca previjanja, ki je ustrezno usposobljen in pooblaščen od proizvajalca elektromotorjev.

Frekvenčni pretvorniki za elektromotorje

Za spreminjanje števila vrtljajev gnanega stroja, ki ga poganja elektromotor je priporočljivo uporabljati frekvenčne pretvornike in ne mehanska gonila za spreminjanje vrtljajev (npr. jermenski variator). Frekvenčni pretvornik omogoča spreminjanje števila vrtljajev elektromotorja, s tem dosegamo nadzor nad delovanjem gnanega stroja (omogočen je tudi mehaki zagon stroja in doseganje visokega navora že pri majhnih vrtljajih elektromotorja) ter vplivamo na zmanjšano porabo električne energije. Frekvenčni pretvorniki se največkrat uporabljajo pri elektromotorjih, ki poganjajo različne črpalke, kompresorje, ventilatorje itn. Ob spreminjanju obremenitvi elektromotorja, frekvenčni pretvornik poskrbi da je število vrtljajev elektromotorja konstantno. Investicija v razmeroma drage frekvenčne pretvornike se bo obrestovala v nižji porabi električne energije na kmetiji in nižjih stroških reje živali. V primeru npr. uporabe črpalke, ki jo poganja elektromotor je za reguliranje pretočne količine tekočine,

bolj primerno uporabljati frekvenčne regulatorje za spremembo števila vrtljajev elektromotorja, kot reguliranje s pretočnimi ventili. Pri uporabi frekvenčnega pretvornika bo prihranek pri porabi električne energije znašal do 30 % v primerjavi z regulacijo pretoka s pretočnimi ventili.

Sistemi ventiliranja

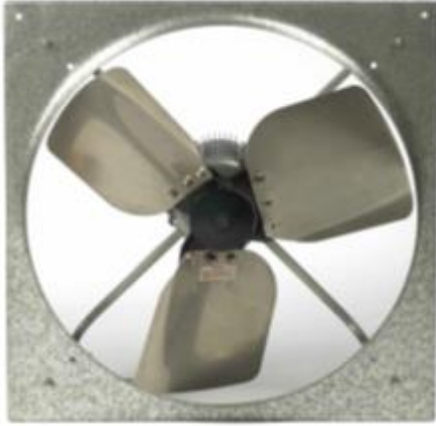
Ker prašiči bolj občutljivo reagirajo na občutek toplote ali hladu v primerjavi z drugimi živali npr. z govedi, je potrebno posebno pozornost nameniti vzdrževanju pravilne temperature v objektih. To je posebej značilno pri mladih živalih. Termalno nevtralne temperature za prašiče so v območju med 16 in 22 °C, izven omenjenega območja pa so organi, ki nadzorujejo telesno temperaturo preobremenjeni. Pri temperaturah pod 16 °C, se živali držijo skupaj da reducirajo količino toplote, ki je oddana v zrak objekta prek površine telesa živali. Potrebe po hrani se povečajo tako da je na razpolago več energije za živali da lahko vzdržujejo stanje potrebne temperature. Še slabše je v primeru temperature v objektu, ki je nad 22 C. Prašiči imajo slabo možnost za prenašanje višjih temperatur zaradi tega, ker nimajo znojnih žlez. Pri živali ne sme priti do povečanja temperature, žival mora izgubiti toliko toplote, kot jo je ustvarila. Zato je izrednega pomena zagotoviti pravilno temperaturo in vlažnost zraka v hlevu.

Ventiliranje s podtlakom deluje tako da ventilatorji na hlevu vsesavajo zrak iz hleva. Na ta način nastane majhen podtlak, ki potegne sveži zrak iz okolice hleva v notranjost hleva skozi posebne odprtine za zračenje. Ventiliranje z nadtlakom deluje tako da ventilatorji potiskajo sveži zrak skozi dovodne kanale v hlev. Na ta način nastaja nad tlak, ki potiska izrabljen zrak iz hleva skozi odzračevalne jaške iz hleva. Pri obeh sistemih ventiliranja, s podtlakom in nadtlakom, količina zraka se regulira s spreminjanjem števila vrtljajev ventilatorja in odpiranjem odprtin za vstopni ali izstopni zrak.

Pri ventiliranju z izenačenim tlakom so ventilatorji v sistemu za dovod svežega zraka in v sistemu za odvod rabljenega zraka iz hleva. V tem primeru je sistem za odvod rabljenega zraka urejen, kot talno zračenje v hlevih z rešetkastimi tlemi. Oba tipa ventilatorjev morata bit sinhronizirana da je tlak v hlevu ves čas izenačen. Tako so združene vse dobre lastnosti obeh sistemov. Talno zračenje deluje pravilno če je poskrbljeno da ventilator enakomerno sesa rabljen zrak po celotni dolžini hleva. Zato mora biti tudi za odvod zraka iz hleva narejen poseben jašek na katerem so priključki v kanal za gnojevko po celotni dolžini.

Standardne izvedbe

Najboljši način za zmanjševanje porabe električne energije pri prezračevanju hlevov je uporaba naravnega prezračevanja, kjer je seveda možna. Ker pa ta način ni povsod možen moramo uporabljati električne ventilatorje za prezračevanje. Na obstoječih hlevskih ventilatorjih je potrebno opravljati redne vzdrževalne posege, kar pomeni da je potrebno preverjati stanje ventilatorjev in jih po potrebi tudi občasno očistiti. Umazani ventilatorji (umazane lopatice in prezračevalne reže, prekrite z različno umazanijo) lahko zmanjšajo izkoristek ventilatorjev za več, kot 40 %. Lahko se celo zgodi da so ventilatorji tudi poškodovani (npr. zvite lopatice, odpadle lopatice itn.), kar pomeni da ventilator deluje popolnoma neučinkovito. Očiščeni in vzdrževani ventilatorji lahko znižajo stroške električne energije v razponu od 15 do 50 %.



Slika : Očiščeni in vzdrževani ventilatorji lahko znižajo stroške električne energije v razponu od 15 do 50 %.

Pri nakupu novih ventilatorjev je potrebno pravilno izbrati ventilatorje glede zahtev po prezračevanju hlevskih objektov in porabe moči (energijsko učinkovite izvedbe ventilatorjev ter izvedbe opremljene s frekvenčnimi regulatorji za reguliranje števila vrtljajev elektromotorja ventilatorja). Dimenzioniranje ventilatorjev je tudi izrednega pomena. Predimenzionirani ventilatorji lahko zapravljajo električno energijo, premalo dimenzionirani ventilatorji pa ne bodo opravljali učinkovitega prezračevanja, poleg tega jih bo potrebno prepogosto dajati v pogon za doseganje pravilne temperature v hlevu. Samo podatek o moči elektromotorja, ki poganja ventilator ne pove dosti uporabniku, bolj pomemben je podatek o razmerju pretoka zraka v enoti časa in električne moči za ventilator, ki je izražen v l/s/W ali m³/h/kW. Na žalost omenjeni podatek se dobi samo v primeru nekaterih oziroma vodilnih proizvajalcev ventilatorjev, ki svoje izdelke testirajo na nekaterih EU in ameriških inštitucijah, ki se ukvarjajo s problematiko učinkovite rabe energije v kmetijstvu oziroma živinoreji.

Uporaba obnovljivih virov energije na prašičerejski kmetiji

Na kmetiji lahko pridobivamo energijo iz obnovljivih virov energije (sonca, vetra, biomase itn.). Na strehah različnih objektov so lahko nameščene fotovoltaične naprave ali mikro vetrnice za proizvodnjo električne energije. Iz gnojevke in hlevskega gnoja ter različnih rastlinskih ostankov pa lahko pridobivamo bioplin. S sežiganjem bioplina se npr. v kogeneratorski enoti istočasno proizvaja električna in toplotna energija (uveljavljeno zaradi sistema podpor električni energiji iz OVE). Bioplin, ki se sežiga na gorilniku pa se lahko na kmetiji direktno uporabi za proizvodnjo toplotne energije za procesne potrebe kmetije.

Na strehe različnih objektov na kmetiji se lahko namestijo solarni kolektorji za segrevanje vode ali zraka za procesne potrebe. Solarni kolektorji predstavljajo eden od najcenejših načinov za pridobivanje toplotne energije (zmanjšamo porabo električne energije, ki se porabi npr. za segrevanje vode za procesne potrebe kmetije itn.) v primerjavi z ostalimi načini pridobivanja energije iz obnovljivih virov. Na kmetiji lahko zmanjšamo porabo energije tudi z uporabo različnih izvedb toplotnih črpalk.

S pridobljeno energijo iz obnovljivih virov zmanjšamo ogljični odtis kmetije oziroma ogljični odtis končnega kmetijskega produkta npr. svežega mesa, trajnega mesnega izdelka itn.

Zniževanje emisij toplogrednih plinov

Emisije toplogrednih plinov – TGP iz energetske porabe v vzdrževanju življenjskega okolja živali je možno zmanjšati na nekaj načinov: z učinkovito rabo energije, z nadomeščanjem fosilnih goriv z višjimi emisijami TGP z gorivi z nižjimi emisijami TGP, ter uporabo

alternativnih virov energije (solarna energija, energija vetra, trdna, tekoča in plinasta goriva iz biomase, geotermalna energija itn.). Za vzdrževanje življenjskega okolja prašičev se porabi največ toplotne in električne energije. Z zmanjševanjem porabe energije se znižajo tudi emisije TGP oziroma CO₂ ekvivalenta, kar pomeni tudi nižji CO₂ odtis končnega produkta – mesa.

Možnosti za zmanjševanje porabe energije obstajajo v vseh fazah reje živali pri vzdrževanju življenjskega okolja. Pri nabavi nove strojne opreme se rejci živali morajo odločati za nabavo takih izvedb strojev, ki imajo energetske učinkovitejše elektromotorje in krmilne pogonske sisteme, npr. frekvenčne pretvornike za reguliranje števila vrtljajev elektromotorjev. Porabo energije pri ogrevanju je tudi možno uspešno zmanjševati, npr. avtomatična regulacija temperature v hlevu lahko značilno zmanjša porabo energije, talno gretje je lahko bolj učinkovito, kot gretje z infrardečimi grelniki za npr. mlade pujske. Izolacija hlevov lahko prispeva značilno zmanjševanju porabe energije za gretje. Starejše energetske bolj potratne objekte je potrebno sanirati s sodobno izolacijo da se zmanjšajo energetske izgube. Pri razsvetljavi je tudi možno zmanjšati porabo električne energije z zamenjavo energetske bolj potratnih svetlobnih teles s sodobnejšimi, ki so energetske manj potratna, npr. LED svetila. Sistem za krmljenje živali po suhem postopku porabi manj energije za transport krme, kot sistemi za krmljenje po mokrem postopku. Tudi pri sistemu za odstranjevanje gnoja oziroma gnojnice obstaja možnost izbire energijsko učinkovitih črpalk, sistemov za aeracijo gnojevke in separatorjev. Poleg vsega omenjenega na področju učinkovite rabe energije, obstaja še možnost za nadomeščanje porabe energije iz konvencionalnih virov z uporabo energije iz obnovljivih virov energije (sonca, vetra, biomase itn.). S pridobljeno energijo iz obnovljivih virov zmanjšamo CO₂ odtis kmetije oziroma CO₂ odtis končnega kmetijskega produkta npr. svežega mesa, trajnega mesnega izdelka itn.

B4 Uporaba obnovljivih virov energije v kmetijstvu

Uporaba biomase za energetske namene se uvršča med najstarejše tehnologije v uporabi človeštva. Z uvajanjem proizvodnje energije iz premoga, nafte, zemeljskega plina itn. je zgubila na pomenu. Stranski učinki proizvodnje energije iz fosilnih goriv (pospešeno onesnaževanje okolja in posledične klimatske spremembe) ter upadanje svetovnih zalog fosilnih goriv in pospešenega naraščanje cene tekočih in drugih goriv na svetovnem trgu je ponovno postavilo biomaso v ospredje (biomasa ponovno postaja eden od vodilnih energentov v razvitih državah). Pomembna komponenta za zmanjševanje energetske odvisnosti Slovenije od fosilnih energentov je proizvodnja energije iz obnovljivih virov energije, kot je npr. biomasa. Energija proizvedena doma ima manjše vplive na okolje, visok izkoristek (razmerje pridobljene energije v primerjavi z vloženo energijo, po nekaterih znanstvenikih je to razmerje pri biomasu boljše, kot pri fosilnih gorivih) ter omogoča ekonomski razvoj in energetska varnost. Obnovljivim virom energije ter uporabi biomase v energetske namene se v Sloveniji in EU posveča v zadnjih letih vse večja pozornost. Energetski zakon zagotavlja spodbujanje rabe obnovljivih virov energije, zagotavlja prednost učinkoviti rabi energije in obnovljivim virom energije pred oskrbo iz neobnovljivih virov energije ter omogoča več načinov spodbujanja proizvodnje energije na osnovi obnovljivih virov energije. Proizvodnja energije s pomočjo alternativnih virov energije ima minimalne vplive na okolje, zaprti krog CO₂ vpliva na lokalno izboljšanje kakovosti zraka, vpliva na upočasnjevanje klimatskih sprememb, povečuje zanesljivost oskrbe, pospešuje regionalni razvoj podeželja ter ohranja in ustvarja nova delovna mesta. Za proizvodnjo energije se lahko uporablja različna kmetijska biomasa npr.: žetveni ostanki po žetvi žit, koruze, oljne ogrščice, sončnice, graha itn. Omenjeni žetveni ostanki se uvrščajo v rastlinske ostanke, ki se po lastnostih približno primerjajo z oleseneli rastlinskimi ostanki. Med najpomembnejše žetvene ostanke pa se uvrščajo ostanki po žetvi koruze.

Vrste rastlin za energetske namene

- žetveni ostanki poljščin
- oleseneli sadjarsko vinogradniški ostanki obrezovanja
- energetske rastline

Tabela: Lastnosti različne kmetijske biomase za energetske namene

Vir biomase	Gorivo	Količina vlage (%)	Količina pepela (% suhe mase)	Tehnologija izkoriščanja
Ostanki po žetvi, sadjarsko vinogradniški ostanki, mejice	Suha lignoceluloza	15 – 50	2,2 – 17	Zgorevanje, uplinjanje, utekočinjanje
Ostanki iz živinoreje	Mokri celulozni ostanki	74 – 92,1	27,1 – 35,4	Digestija (bioplin)
	Suhi lignocelulozni ostanki (npr. stelja od perutnine)	75	17,5 – 28	Zgorevanje, uplinjanje, utekočinjanje
Energetske rastline	Suhe lignoceluloze (npr. Miskantus ali prstasti trstikovci)	12,5 – 50	0,3 – 8,4	Zgorevanje, uplinjanje, utekočinjanje
	Semena oljaric za olje in metilne estre	6 – 8	< 0,02	Stiskanje, ekstrakcija s topili

Rastline za etanol	-	< 0,02	Fermentacija
--------------------	---	--------	--------------

Tabela : Kurilna vrednost nekaterih žetvenih ostankov, energetskih rastlin in ostankov (vir: Kitani 1989)

Vrsta biomase	Zgornja kurilna vrednost (MJ/kg)	Spodnja kurilna vrednost (MJ/kg)
Koruzna stebela	17,65	16,5
Koruzni storži	18,77	17,55
Pšenica – slama	17,51	16,47
Vinska trta – rozgev (različne sorte)	18,84 – 19,35	17,84 – 18,15
Sudanska trava	17,39	16,28
Breskev – koščica	20,82	19,6

Značilnosti goriva iz energijskih rastlin

Najboljše energijske rastline so trajne, njihova vsebnost suhe snovi je velika in stalna, proizvodni stroški pa nizki. Trajni način rasti, nizka agrokemična zahtevnost, učinkovitost spremembe sončne energije v biomaso in lahkotnost spremembe nazaj v koristno energijo zagotavljajo visoko energetsko učinkovitost proizvodnje in nizko obremenjevanje okolja. Za gorljive rastline je praktično, če jih požanjemo, ko so suhe. Transport, skladiščenje in sežiganje so lažji, toplotna vrednost pa visoka. Pri rastlinah za proizvodnjo bioplina nizka vsebnost vlage ni tako pomembna, ker so rastline običajno uskladiščene kot silaža. Za proizvodnjo bioplina se rastline spravljajo, ko je njihova stanje na optimalnem nivoju za njegovo proizvodnjo.

Ugodno je, če je energijska rastlina prilagojena že obstoječim energetskim napravam ter da omogoča tudi so sežig. To omogoča nizke investicijske stroške v tehnologijo, ker zahteva, na primer, samo linije za drobljenje in dovajanje za bale, pelete ali brikete iz biomase. Vsebnost pepela iz biomase mora biti nizka, točka topljenja pepela mora biti dovolj visoka, zgorevanje pa mora potekati brez tvorjenja škodljivih elementov, kot so klor in težke kovine. Mulčene energijske rastline so običajno primerne za so sežig z lesnimi sekanci.

Energetski potencial poljščin

Za proizvodnjo energije se lahko uporablja različna kmetijska biomasa, npr.: žetveni ostanki po žetvi žit, koruze, oljne ogrščice, sončnice, graha itn. Omenjeni žetveni ostanki se uvrščajo v rastlinske ostanke, ki se po lastnostih približno primerjajo z olesenelimi rastlinskimi ostanki. Uporabljajo se lahko ostanki jesenskega in spomladanskega obrezovanja v sadovnjakih in

vinogradih (po kakovosti se biomasa trajnih nasadov približujejo gozdni biomasi). Posebno skupino predstavlja biomasa namensko gojenih drevesnih in grmovnih vrst, energetskih trav ter pokvarjena krma s travnikov in posušena trava iz manj kakovostnih travnikov. V skupino, ki je namenjena proizvodnji tekočih goriv pa se uvrščajo različne oljnice (oljna ogrščica, sončnica, itn.). Iz biomase se lahko proizvajajo tudi pirolizna olja oziroma iz nje je s pomočjo Fischer – Tröpsch postopka možno proizvajati različna goriva, ki so še bolj kakovostna, kot današnja goriva mineralnega izvira.

Za uporabo biomase, kot trdnega goriva je primerna uporaba predvsem suhe biomase ter biomase, ki se enostavno pobira (Katić 1985). To je lahko slama žit, koruznica, ki je pobrana nekaj časa po pobiranju koruze ali druge relativno suhe rastline (slama oljne ogrščice, sončnic, graha itn.). Energetska vrednost rastline kot goriva je odvisna od vlage.

Ena od možnosti za energetsko ovrednotenje biomase oziroma biogoriv je uporaba koeficienta njihove energetske bilance, ki predstavlja razmerje med energijo, ki jo dobimo iz energetske rastline (končnega produkta) in energijo, ki jo porabimo za pridelovanje omenjene rastline. Biodiesel oziroma estrificirano ogrščično olje ima energijsko razmerje 1 : 5,5 z vključenimi žetvenimi ostanki (slama za energetske namene) in 1 : 3,2 brez vključenih žetvenih ostankov (slama). Za primerjavo etanol iz pšenice ima energijsko razmerje 1 : 3,6, etanol iz sladkorne pese pa ima energijsko razmerje 1 : 2,46 do 1 : 2,53 (El Basam 1998). Najbolj značilne ovire, ki se pojavljajo pri uporabi kmetijske biomase za energetske namene so: financiranje naložb, varčevanje, zakonodaja, pomanjkanje adekvatnih integracij in logistika (Hajdu in Mago 2006).

Potencial biomase za energetske namene

Spravilo biomase za energetske namene se odvija znotraj določenih omejitev, ki so določene z različnimi potenciali:

Teoretični potencial – celotna maksimalna količina biomase, ki je teoretično dosegljiva za proizvodnjo energije iz biomase znotraj bio-fizikalnih meja.

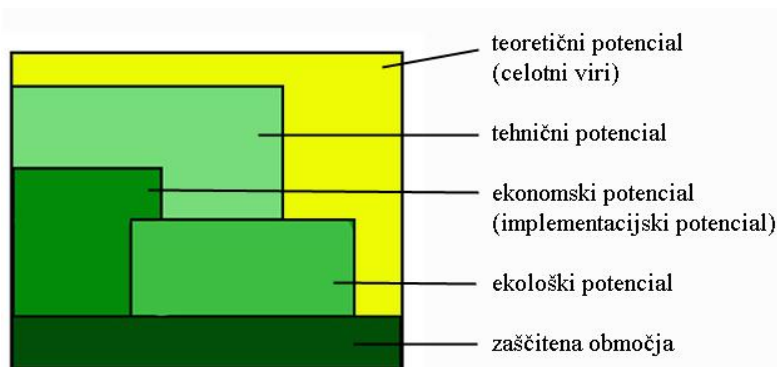
Tehnični potencial – del teoretičnega potenciala, ki je dosegljiv pod tehnično-strukturnimi okvirnimi pogoji in s trenutnimi tehnološkimi možnostmi z upoštevanjem ostale rabe zemljišč (za hrano, krmo, industrijske rastline, itn.), ekološkimi in ostalimi ne tehničnimi omejitvami.

Ekonomski potencial – del tehničnega potenciala, ki zadovoljuje kriterije ekonomskega donosa znotraj danih okvirnih pogojev.

Implementacijski potencial – del ekonomskega potenciala, ki se lahko implementira znotraj določenega časovnega okvirja in znotraj konkretnih socialno-političnih okvirnih pogojev, vključno z institucionalnimi in socialnimi omejitvami.

Ekološki potencial – je del teoretičnega potenciala, ki ustreza ekološkim kriterijem, ki se nanašajo na biodiverzitetu in erozijo tal.

Trajnostni potencial – del teoretičnega potenciala, ki se lahko razvije v smeri, ki ni v nasprotju z generalnimi principi trajnostnega managementa, je tudi del ekonomskega potenciala, ki je lahko izkoriščen brez povzročanja socialne ali ekološke škode, ki je ne bi bilo možno kompenzirati.



Slika: Potenciali biomase za energetske namene - od teoretičnega potenciala pa do končnega trajnostnega potenciala obstajajo pomembne razlike v velikosti. Za prakso je pomemben ekonomski, ekološki in trajnostni potencial. Spravilo oklaskov za energetske namene bi utrezalo vsem trem naštetim potencialom.

Največji je potencial žetvenih ostankov koruze za zrnje in pšenice. Površine pod oljno ogrščico so manjše v primerjavi z ostalimi poljščinami, žetvenim ostankom oljne ogrščice je potrebno še prišteti rastlinsko olje dobljeno z ekstrakcijo semena ogrščice. Potencialna energetska vrednost žetvenih ostankov je tista vrednost, ki bi jo dosegli, če bi v celoti izkoristili nadzemno biomaso poljščine razen pridelka zrnja (izjema je oljna ogrščice, kjer poleg žetvenih ostankov izkoristimo še zrnje za proizvodnjo olja). Osnova za izračun potencialne energetske vrednosti žetvenih ostankov so podatki o obsegu pridelave izbranih poljščin v letu 2021 v Sloveniji ter o njihovem žetvenem indeksu. Z zajemom podatkov za obdobje treh let je zmanjšan vpliv rastnih razmer na količino pridelka v posameznih letih. Količina žetvenih ostankov posamezne poljščine je preračunana na absolutno suho snov, iz nje pa s pomočjo koeficienta energetska vrednost žetvenih ostankov. Zaradi velikega obsega pridelave in velike količine žetvenih ostankov sta za pridobivanje energije primerni zlasti koruznica in žitna slama, potencial nadzemne biomase pri koruzi pa je največji.

Dejanska energetska vrednost žetvenih ostankov je manjša od potencialne zaradi tehnološke narave. Kosa kombajna ob spravilu odreže nadzemno rastlino v določeni višini od tal. Ta je odvisna od vrste poljščine, razgibanosti terena in tehnološke izpopolnjenosti kombajna. Ocenjujemo, da je izguba energetske vrednosti žetvenih ostankov zaradi višine rezi do 10 %. Koruznica in slama strnih žit sta elastični in se med kombajniranjem skoraj ne drobita. Nasprotno je slama oljne ogrščice in večine zrnatih stročnic zelo krhke sestave, zato se jo velik del med potjo skozi kombajn zdrobi na tako majhne delce, da jih je s sedaj razširjenimi stroji težko pospraviti.

Koliko žetvenih ostankov lahko odvezamemo

Razumljivo je tudi, da vso koruznico, pšenično slamo ali druge žetvene ostanke ne moremo uporabiti v energetske namene, ker moramo vsako leto velike količine koruznice in slame zaorati (vzdrževanje biološkega ravnotežja ekosistema, del mase je potreben za ustvarjanje humusa v tleh) zaradi ohranjanja permanentne rodovitnosti tal ter preprečevanja erozije tal. Ne smemo pozabiti, da se koruznica tudi uporablja za prehrano živali. Koliko koruznice in žitne slame lahko vzamemo z njiv je odvisno od več faktorjev: pridelovalnega območja, topografije, tipa tal in količine letnih padavin. Na nekaterih tleh bi koruznico ali slamo morali v popolnosti zaorati, ker preprečuje vodno in vetrno erozijo (npr. obdelovalna tla na nagibu), na tleh, ki so bogata z organsko maso in se nahajajo v ravninskem delu pa bi po mnenju nekaterih strokovnjakov brez problema glede ohranjanja rodovitnosti tal lahko pobrali tudi 30 do 50 % žetvenih ostankov. Realno bi bilo za energetske namene porabiti 10 – 30 % od celotne mase koruznice ali slame oziroma ostalih žetvenih ostankov.

Tehnologije za izkoriščanje trdne kmetijske biomase v energetske namene

Kmetijska biomasa je, kot energetski vir problematična glede prostorninske gostote energije ter načina zbiranja, prevažanja, skladiščenja in uporabe. Danes obstajajo različne tehnologije s katerimi lahko obvladujemo omenjene probleme. Poleg baliranja za zmanjševanje prostornine biomase, obstaja še tehnika briketiranja in peletiranja žetvenih ostankov. Tehnologija briketiranja in peletiranja za zmanjševanje prostornine žetvenih ostankov se trenutno ne uporablja v Sloveniji. Zaradi enostavnejšega manipulativnega postopka s peletiranimi in briketiranimi žetvenimi ostanki (možna je uporaba že obstoječe tehnologije za sežiganje lesnih peletov) pa se ji odpira velike možnosti v prihodnosti.

Strojno pobiranje rastlinskih ostankov po žetvi

Za pobiranje slame in koruzne mase s polj se lahko uporablja v veliki meri kmetijska mehanizacija, ki že danes obstaja v slovenskem kmetijstvu. V poštev pridejo različne izvedbe samonakladalnih prikolic, stiskalnice za valjaste bale s pobiralno napravo (uporabljajo se za izdelavo valjastih suhih in mokrih – silažnih bal) in stiskalnice s pobiralno napravo za izdelavo kvadrastih suhih bal. Tehnika stiskanja rastlinskega materiala s stiskalnicami za valjaste bale je v Sloveniji dobro razvita. V zadnjih dveh desetletjih je število stiskalnic za valjaste bale praktično od vrednosti nekaj strojev naraslo na več tisoč primerkov, vseh tipov stiskalnic je 4161 (Statistični urad RS 2005), ocenjujemo da je njihovo število še naraščalo po letu 2005. Stiskalnice za valjaste bale so kmetje in izvajalci uslug s kmetijsko mehanizacijo pretežno nabavljali za stiskanje mokrih bal za travno silažo. Omenjeni stroji so primerni tudi za izdelavo suhih bal iz žetvenih rastlinskih ostankov, kjer so potrebni nekoliko manjši tlaki stiskanja, kot pri mokrih balah za krmo. Valjaste bale so ponavadi premera 1,2 m – 1,6 m in višine 1,2 m, masa pa se jim giblje do 450 kg za slamo (odvisno od tlaka stiskanja, vlažnosti vhodnega rastlinskega materiala, tipa rastlinskega materiala, pridelka), gostota pa jim znaša pod 120 kg/m^3 . Zaradi dimenzij in mas valjastih bal z njimi je možna manipulacija samo s posebnimi stroji. Za dviganje in nakladanje, ter prevoz na krajše razdalje so v masovni uporabi traktorske vile (zaradi nizke cene ter proizvodnje lokalnega značaja), za prevoz na večje razdalje pa služijo klasične traktorske prikolice ali posebne prikolice za bale, ki so zaradi lažjega nakladanja v nizkopodni izvedbi. Za manipulacijo z velikim številom bal obstajajo samovozni teleskopski nakladalniki ter posebne izvedbe dvoriščnih traktorjev, omenjeni stroji imajo velike urne učinke. Teh strojev pri nas obstaja samo zanemarljivo število. S traktorskimi vilami in standardnimi traktorskimi prikolicami (51 602 prikolic, vir Statistični urad RS 2005) je opremljeno veliko kmetij, posebnih prikolic za bale pa je trenutno malo (ni uradnega podatka).

Stiskalnice za kvadraste bale manjših dimenzij so stroji, ki jih slovenski kmetje uporabljajo že desetletja. Namenjene so za stiskanje žetvenih ostankov in sena. Delijo se na nizko (gostota bale znaša do 120 kg/m^3) in visoko tlačne izvedbe (gostota bale do 250 kg/m^3). Dimenzija kvadrastih bal znaša: dolžina 80 – 100 cm, širina 30 – 50 cm in višina 30 – 40 cm, masa 15 – 30 kg pri senenih balah in 10 – 20 kg pri balah iz slame. V zadnjih dveh desetletjih pa so ta tip stiskalnic začele popolnoma izpodrivati stiskalnice za valjaste bale, ki imajo večji učinek (pri stiskalnicah za kvadraste bale manjših dimenzij je potrebno veliko časa za manipulacijo), izkoristek prostora pa je boljši, kot pri valjastih balah.

Stiskalnice za kvadraste bale velikih dimenzij so namenjene za izdelavo bal velikosti dolžine 70 – 280 cm, širine 80 – 120 cm in višine 50 – 130 cm, gostota bal pa jim znaša pod 150 kg/m^3 . Masa bal se jim giblje do 900 kg za seno in do 700 kg za slamo. Pri nas jih je zanemarljivo število, uporabljajo se samo v nekaj kmetijskih podjetjih, ki razpolagajo z večjimi površinami obdelovalne zemlje. Za manipulacijo s temi balami so potrebni samovozni teleskopski nakladalniki. Kot je že omenjeno prej teh strojev pri nas praktično ni v uporabi. Prednost bal velikih dimenzij je da odlično izkoriščajo skladiščni prostor, to je izrednega pomena pri transportu na večje razdalje. Za zbiranje koruznice s stiskanjem v bale ter za njen transport do 20 km razdalje se porabi 6 – 8 % od energetskega potenciala zbrane koruznice (Katić 1997).

Žetvene rastlinske ostanke je mogoče pobirati tudi s samonakladalnimi prikolicami. Problem

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



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



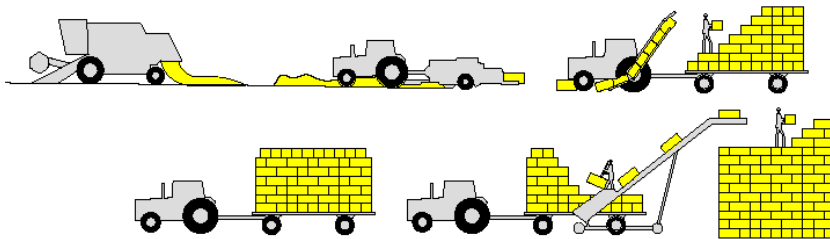
Slika : Strojna manipulacija z dvoriščnim traktorjem z balami iz žetvenih ostankov

Linije za spravilo žetvenih ostankov

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

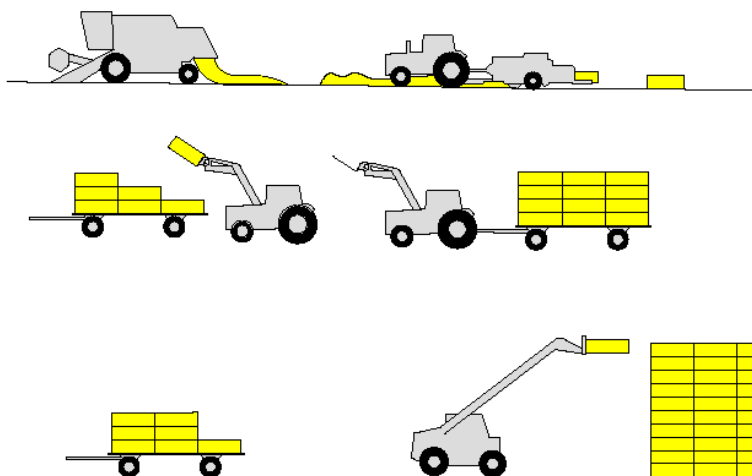
se uporabljajo posebne dvoriščne izvedbe traktorjev, ki so razvite predvsem za ta namen.

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



Slika : Linija za spravilo malih kvadrastih bal

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



Slika : Linija za spravilo velikih kvadrastih bal

Strojno pobiranje rastlinskih ostankov po obrezovanju sadovnjakov in vinogradov

Pri nas se rastlinski material v vinogradništvu mulčira, kar omogoča, da se lažje zaorje ali pa zdrobljen (zmulčen) material ostane na površini tal in je podvržen razpadanju zaradi različnih vremenskih vplivov in delovanja mikroorganizmov. Slaba stran mulčenja ostankov obrezovanja sadovnjakov in vinogradov je da obstaja možnost da se na sesekljanih ostankih, ki se počasi razkrajajo razvijajo različne bolezni, ki se lahko razširijo na nasad. Ostanke obrezovanja se lahko tudi ročno pobira in naklada ter odvažja s traktorskimi prikolicami, kar je zamudno delo. Če je rastlinski material iz vinogradništva in sadjarstva namenjen za kurjenje mu je zaradi lažje manipulacije, transporta in skladiščenja (podobno, kot pri žetvenih ostankih) potrebno zmanjšati prostornino. Za strojno pobiranje ostankov po obrezovanju sadovnjakov in vinogradov se v tujini vse bolj uporabljajo specialne izvedbe strojev. Ena od možnih variant so stiskalnice za valjaste bale. Za razliko od stiskalnic, ki se uporabljajo v poljedelstvu za pobiranje slame in koruznice, imajo posebne izvedbe za sadjarstvo in vinogradništvo močnejšo in posebej prilagojeno izvedbo pobiralne naprave. Bale so dimenzij 40 cm x 30 cm x 60 cm, 40 cm x 60 cm pri manjših izvedbah stiskalnic ali premera 150 cm in višine 120 cm pri večjih izvedbah (dimenzije podobne, kot pri stiskalnicah za valjaste bale za žetvene ostanke). Masa bal se giblje do 30 kg pri manjših izvedbah in do 600 kg pri večjih izvedbah. Poleg stiskalnic za izdelavo valjastih bal obstajajo tudi stroji, ki pobirajo in sesekljajo rastlinsko maso, ki se nalaga v zalogovnike (hidravlično jih praznimo na traktorske prikolice) ali posebne «jumbo» vreče, ki se odvažajo. Stroji, ki pobirajo in sesekljajo ostanke obrezovanja so delovne širine od 120 do 160 cm, namenjeni pa so za traktorje moči od 37 kW do 60 kW. Kapaciteta zalogovnika sesekljane mase je od 1100 do 1500 litrov, delovni učinek pa znaša od 1,6 – 2,7 t/uro zbranega in sesekljanega materiala. Ostanke obrezovanja predelane v obliki bal se lahko direktno uporablja za kurjenje v posebnih izvedbah kotlov za biomaso velikih dimenzij. Druga možnost je da se prej omenjena sesekljana masa kuri oziroma da se peletira ter v obliki peletov kuri v kotlih, ki so namenjeni za standardne lesne pelete.



Slika : Strojno pobiranje vinogradniških ostankov obrezovanja (Berti – Italija)



Slika : Pobrani rastlinski material iz vinograda se transportira in prazni na centralnem zbirnem mestu oziroma mesta sežiganja rastlinskega materiala (Berti – Italija)



Slika : Pobiranje rastlinskega materiala iz sadovnjaka s stiskalnico za valjaste bale



Slika . Formirana valjasta bala iz rastlinskega materiala v sadovnjaku



Slika : Manipulacija z traktorskimi vilami z bala iz rastlinskega materiala sadovnjaka



Slika : Stroj za pobiranje in sekljanje ostankov obrezovanja v sadovnjakih ali vinogradih



Slika : Večje veje, ki ostanejo po obrezovanju v sadovnjakih se lahko predelajo v sekance za kurjavo, sekalnik za lesne ostanke omogoča seklanje vejevja in lesa z mejic do premera 100 ali celo 200 mm - odvisno od izvedbe ter priključne moči (vir: Kmetijski inštitut Slovenije, Oddelek za kmetijsko tehniko in energetiko, posneto na Vrtnarija Čuden, Polhov Gradec)

Strojno pobiranje rastlinskega materiala z mejic

Za pobiranje rastlinskega materiala z mejic se uporablja standardna kmetijska oziroma gozdarska mehanizacija. V mejicah se lahko opravlja redčenje oziroma čiščenje z gozdarskimi kosami, s katerimi obvladujemo podrast ter sečnja z motornimi žagami. Rastlinska masa, ki se sortira na vejevje in les za drva se naklada na standardne traktorske prikolice nosilnosti 0,5 – 10 t (odvisno od moči in izvedbe traktorja), ki se uporabljajo v kmetijstvu. Za nadaljnjo obdelavo rastlinske mase z mejic so primerne različne tehnologije: izdelava cepanic in polen, lesnih sekancev, lesnih briketov in lesnih peletov. Za izdelavo cepanic oziroma polen zadostuje motorna žaga in cepilnik za les, ki obstaja, kot traktorski priključek oziroma samostojen stroj.



Slika : Za izkoriščanje rastlinske mase mejic se lahko uporabijo posebni traktorski priključni stroji sekalniki za lesne ostanke (Kmetijski inštitut Slovenije, Oddelek za kmetijsko tehniko in energetiko, Vrtnarija Čuden, Polhov Gradec, 2000)

Obdelava rastlinskih žetvenih ostankov in ostankov z mejic

Za izdelavo sekancev obstajajo različne izvedbe sekalnikov, kot traktorski priključki s pogonom prek priključne gredi traktorja ali s pogonom z lastnim motorjem. Sekalnik seka lesno biomaso (veje, droben les, krošnje itn.) sesekan material pa so lesni sekanci. Sekanci so koščki lesa debeline in dolžine od nekaj mm do nekaj cm. Ti se lahko uporabljajo v različne namene: za kompost, kot zastirko, ki varuje okrasne rastline pred pleveli in pred preveliko izsušitvijo tal. Lesni sekanci se lahko uporabljajo kot gorivo v specialnih pečeh. Ko vejevje in druge lesne odpadke sesekamo, bolje izkoristimo prostornino prikolic s katerimi te sekance odvažamo. Pelete izdelujemo s postopkom iztiskanja pod visokim tlakom (rotirajoči zobniki iztisnejo maso skozi ploščate ali prstanaste matrice) zdrobljenega lesenega materiala (prah ali žaganje) ali različnih žetvenih ostankov (zdrobljeni v prah). Zaradi boljših lastnosti v postopku izdelave se lahko doda tudi krompirjev ali koruzni škrob (1-3%). Peleti so valjaste oblike premera do 12 mm dolžine do 50 mm. Zaradi manjše prostornine, manjše vsebnosti vode in večje gostote peleti imajo večjo kurilno vrednost.

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



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

Transport rastlinske biomase

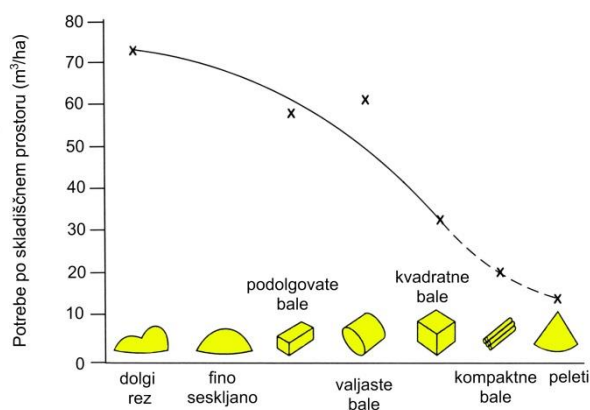
- Če so transportne razdalje do 30 km se za transport uporabljajo traktorji
- Specialne prikolice za bale
- Prikolice s povišanimi stranicami
- Samonakladalne prikolice
- Za večje razdalje kamionski prevoz
- Energija, ki se porabi za pobiranje in transport do 20 km oddaljenosti znaša 6 – 8 % od kurilne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



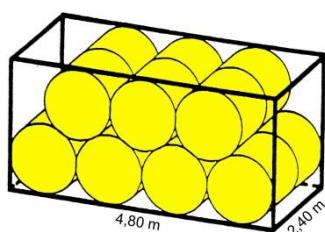
Slika : Praznjenje zalgovnika obiralnika koruze v storžih, transport storžev se opravlja s prikolicami s povišanimi stranicami

Skladiščenje rastlinske biomase

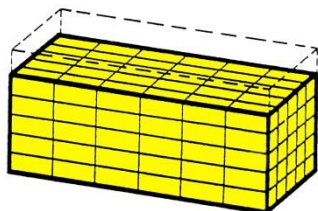
Skladiščenje rastlinske biomase na kmetijah ni problematično. Bale iz rastlinskih ostankov se lahko skladiščijo na odprtem ali zaprtem prostoru. Na odprtem prostoru je potrebno zagotoviti zaščito bal s prekrivanjem. Za skladiščenje na večjih kmetijah ponavadi obstajajo različni gradbeni objekti, ki jih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



Slika : Potreba po skladiščnem prostoru



Slika : Valjaste bale – slabši izkoristek prostora



Slika : Pravokotne bale – boljši izkoristek prostora

Tehnologija za energetska izrabo biomase za proizvodnjo toplote in električne energije

Kmetijsko biomaso je možno izkoriščati za proizvodnjo toplote in električne energije v napravah za kurjenje biomase (kotlih) ali/in v sistemih za soproizvodnjo toplote in električne energije (kogeneracija). Podan je pregled nekaterih (večinoma dostopnih) tehnologij za pretvarjanje biomase v koristno toplotno in električno energijo.

Kotli za proizvodnjo toplote

Uporabljene tehnologije oziroma kotli na biomaso so razdeljeni predvsem glede na obliko in vrsto biomase

Kotli za proizvodnjo toplote iz biomase so razpoložljivi za naslednje vrste/oblike biomase:

- kotli na polena in brikete

- kotli na sekance
- kotli na pelete
- kotli na slamo

Kotli na bale iz biomase

Izkoriščanje kmetijskih rastlinskih ostankov je možno v posebnih kotlih za bale iz kmetijske biomase (npr. žetveni ostanki, ostanki obrezovanja v trajnih nasadih, itn.). Kurišča kotlov so v kvadratnih ali ovaljastih oblikah.

Kotli na bale so namenjeni za kurjenje kmetijske biomase v različnih dimenzijah in oblikah:

- velike pravokotne bale
- valjaste bale
- mini kvadratne bale
- mini valjaste bale



Slika : Kotli na različne oblike bal iz odpadne kmetijske biomase



Slika : Kotel na male slamnate bale

Tabela : Tehnični podatki za kotle na bale iz kmetijske biomase

Toplotna moč (kW)	30/40	40/50	80/90	100/110	120/130
Premer izgorevalne komore (cm)	80	95	127	127	127
Globina zgorevalne komore (cm)	125	150	150	200	250

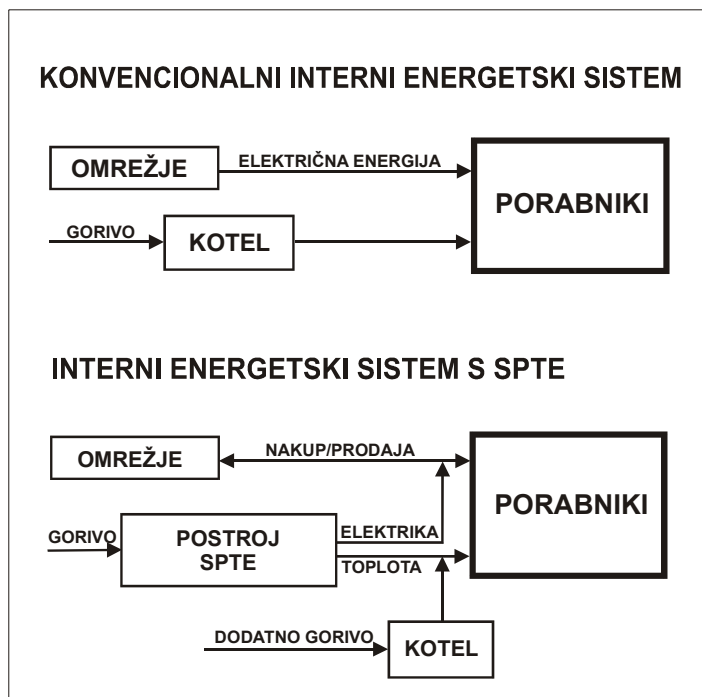
Število cevi v izmenjvalniku toplote	4	5	6	6	6
Teža (kg)	600	800	1100	1400	1700
Priporočena velikost rezervoarja (liter)	2 000	2 800	4 200	6 200	8 200
Skupna dolžina kotla (cm)	174	200	200	250	300
Skupaj širina kotla (cm)	120	137	162	162	162



Slika : Kotel večje moči na bale iz kmetijske biomase

Tehnologija za energetska izrabo biomase za soproizvodnjo toplote in električne energije

Namen vgradnje sistema SPTE je v načelu pokritje porabnikovih celotnih potreb po toploti in električni energiji, vendar je potrebe po obeh oblikah energije v celoti le redko mogoče pokriti. Zato sistem SPTE običajno prigradimo vzporedno h konvencionalnemu energetskega postrojenju tako, da je mogoče morebitne primanjkljaje električne energije dobivati iz javnega električnega omrežja oziroma jih oddajati v omenjeno omrežje. Primerjava energetske oskrbe s konvencionalnim energetskega postrojenjem in s SPTE je prikazana na sliki.



Slika : Primerjava energetske oskrbe s konvencionalnim internim energetske sistemom (IES) in s IES s SPTE

Trenutno so na voljo naslednje tehnologije za sproizvodnjo toplote in električne energije (SPTE) z manjšimi kapacitetami:

- motorji z notranjim izgorevanjem (primerni za biogoriva ali bioplin)
- plinske turbine (primerne za bioplinarne)
- druge ne-komercialno razširjene tehnologije
- motorji z zunanjim izgorevanjem - Stirlingovi motorji
- turbine z organskim rankinovim procesom (ORC)

Motorji z notranjim zgorevanjem

Kot gorivo se lahko uporablja bioplin, biodizel ali neprečiščeno rastlinsko olje, razvijajo pa se tudi modeli na lesni plin (lesna piroliza). Nazivne moči sistemov so od 30 kW do 1 MW. Električni izkoristki se gibljejo med 20 in 40 %, skupni izkoristki (električna in termalna energija) do okoli 90 %.

Mikro turbine na bioplin

Na trgu so predvsem mikroturbine na bioplin, nazivne električne moči posamezne turbine med 30 in 250 kW ter električnim izkoristkom okoli 28 do 35 %. Skupni izkoristek sproizvodnje s temi turbinami je navadno od 75 do 85 %. Posamezne enote se lahko modularno povežejo med seboj. Tako so na voljo modularne izvedbe skupne nazivne električne moči do okoli 1 MW_e. Velika večina mikroturbin je rekuperativne izvedbe. Prigrajeni rekuperator omogoča delno izrabo toplote odpadnih dimnih plinov, ki se uporabi za predgrevanje vstopnega zgorevalnega zraka pred vstopom v zgorevalno komoro. S tem se bistveno poveča električni izkoristek sistema.



Slika : Primer modularne izvedbe prikaz glavnih sestavnih delov in delovanja sproizvodnje z mikroturbino (vir: Capstone)

Mikroturbine za gorivo večinoma uporabljajo metan oziroma bioplin, v manjšem številu, večinoma kot pilotni projekti, pa se kot gorivo uporablja bioetanol, rastlinsko olje, glicerol, itn. V primeru uporabe bioplina kot goriva, je le-tega potrebno predhodno ustrezno pripraviti. Bioplin vsebuje poleg metana in ogljikovega dioksida tudi manjše deleže vodikovega sulfida in siloksanov (Si-O). Ti lahko poškodujejo turbino oziroma bistveno skrajšajo njeno življenjsko dobo. Prav tako turbina zahteva za svoje delovanje gorivo – bioplin, pri določenem vstopnem tlaku. Zato je potrebno bioplin pred vstopom v turbino ustrezno prečistiti v čistilni napravi ter s kompresorjem dvigniti na ustrezen delovni tlak. Uporaba plinskih turbin za sproizvodnjo toplote in električne energije na bioplinarnah v Sloveniji ni zaživila. Vse postavljene bioplinarne uporabljajo plinske motorje v sistemih za sproizvodnjo toplote in električne energije.

Prednosti mikro turbin:

- malo gibljivih delov,
- majhne dimenzije glede na moč,
- lahke izvedbe,
- delujejo z bioplino z nižjo kurilno vrednostjo ($>10 \text{ MJ/Sm}^3$),
- nizke emisije NOx,
- SPTE s plinsko turbino lahko proizvaja visokotlačno paro,
- tiho delovanje,
- dolgotrajno in zanesljivo obratovanje z malo vzdrževanja,
- nizki vzdrževalni stroški.

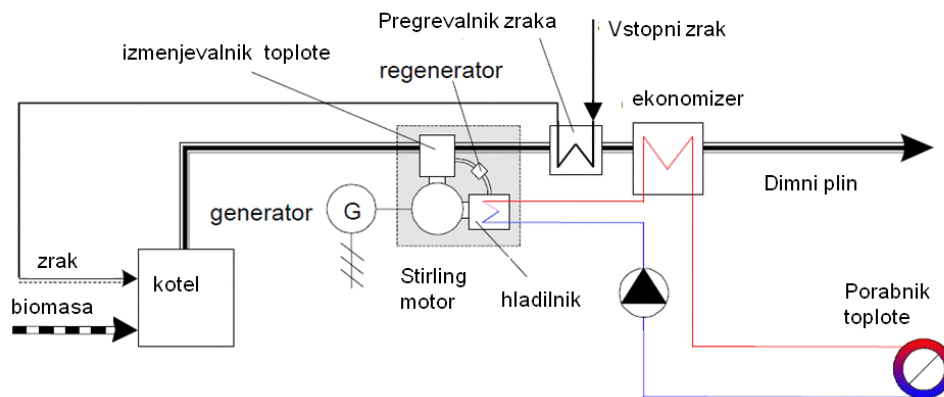
Slabosti mikro turbin:

- relativno nizka električna učinkovitost (sistemi brez rekuperatorja)
- električni izkoristek se niža z dvigom nadmorske višine in zunanje temperature,
- zahteva višji vstopni tlak plina kot motorji z notranjim zgorevanjem,

- slabša prožnost sistema oziroma izkoristek pri delnih obremenitvah (razen pri modularnih izvedbah)

Motorji z zunanjim zgorevanjem - Stirlingovi motorji

Ta tehnologija je nekoliko več v ponudbi šele v zadnjem času. Na trgu so predvsem manjše naprave nazivne električne moči od 1,5 do 30 kW. Prednost je predvsem možnost uporabe vseh vrst biomase v tekoči, plinasti in trdni obliki, kot goriva (posebnost Stirling motorja je zunanji dovod toplote vročemu valju).



Slika : SPTE na osnovi Stirlingovega motorja



Slika : Primer Stirling motorja na pelete iz biomase

Prednosti Stirling motorja:

- možnost uporabe vseh vrst bio-goriv
- malo gibljivih delov (v primerjavi z motorji z notranjim zgorevanjem)
- tiho delovanje
- dolgotrajno in zanesljivo obratovanje z malo vzdrževanja
- nizki vzdrževalni stroški

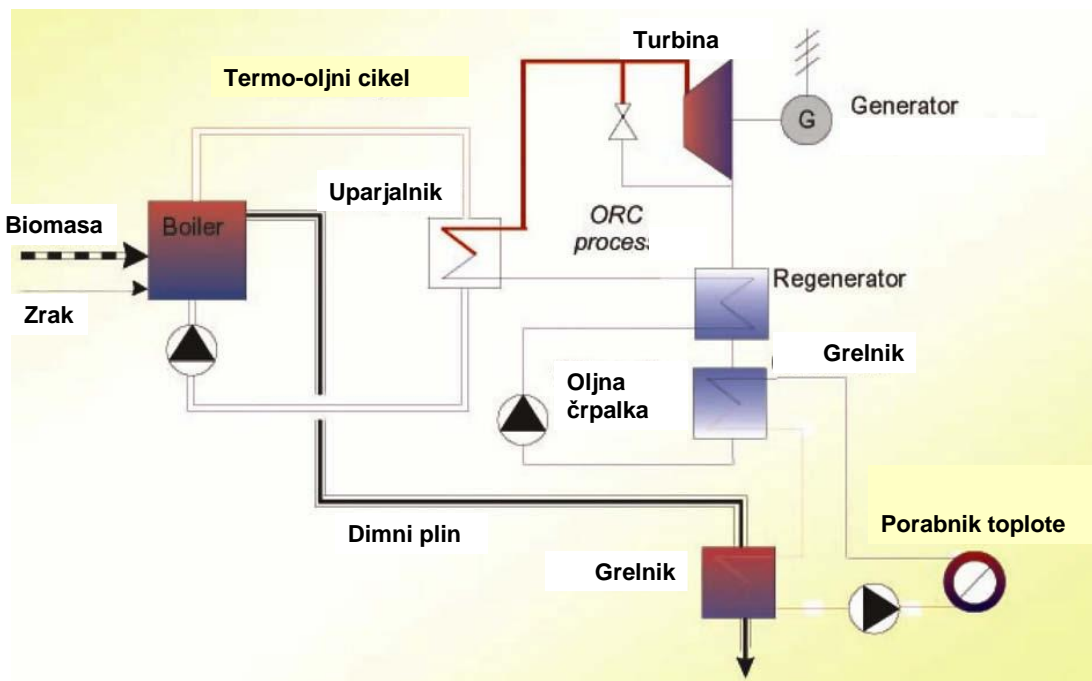
Slabosti Stirling motorja:

- novi in premalo nepreizkušeni sistemi,
- težave s tesnjenjem delovnega medija

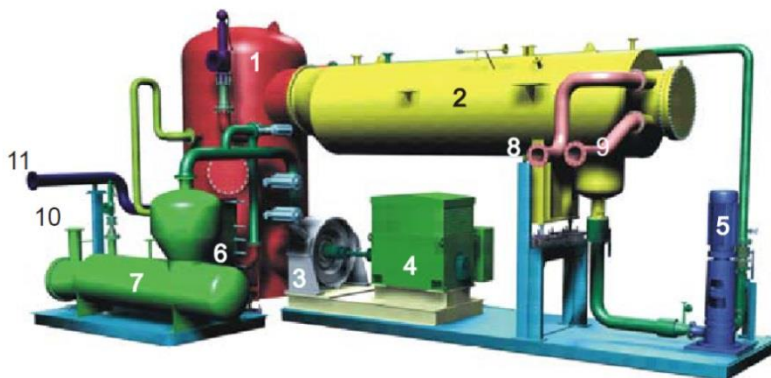
- trenutna visoka cena (ni masovne proizvodnje),
- omejitev temperature na vročem delu (visoka termična obremenitev materiala)
- večje zunanje dimenzije glede na moč sistema,
- itn.

Soproizvodnja toplote in električne energije na osnovi organskega rankinovega krožnega procesa (ORC)

Organski rankinov krožni proces (organski rankinov cikel – ORC) je klasični Rankinov krožni proces s to razliko, da uporablja organsko delovno sredstvo z nižjo točko vrelišča namesto vode. Kot vir toplote v ORC je uporabljeno vroče olje. Toplotni vir v ORC za uparjanje organskega delovnega sredstva (medija) je vroče olje, ki je pregreto v kotlu na biomaso. Izparjen organski medij ekspandira v turbino, ki poganja generator električne energije. Ekspandirana para kondenzira v kondenzatorju in se vrne v uparjalnik s pomočjo črpalke. Tehnologija ORC sistemov pri delovni temperaturi okoli 300 °C je dobro razvita in se z uporabo lesne biomase v energetske namene uporablja v Avstriji, Nemčiji, Italiji....



Slika : Shematičen prikaz delovanja biomasnega sistema SPTE na osnovi ORC



Slika: Osnovna shema instaliranega primera ORC (Lienz, Avstrija), 1- regenerator, 2-

kondenzator, 3- turbina, 4- generator električne energije, 5 - črpalka, 6 - pregrevalnik, 7- uparjalnik, 8 - vstop tople vode, 9 - izstop tople vode, 10- vstop vročega olja, 11- izstop vročega olja

Koruzni oklasek kot obnovljivi vir energije

Proizvodnja bioloških surovin za pridobivanje energije mora imeti minimalne negativne vplive na okolje da lahko rečemo da je proizvodnja primerna za dolgoročni vir energije. Zbiranje žetvenih ostankov za potrebe proizvodnje energije je izvedljivo znotraj mej (Wilhelm, W.W., in sod., 2004). Zbiranje klasincev – oklaskov za potrebe proizvodnje energije pa lahko predstavlja določene prednosti. Pri njihovem zbiranju se 15 – 20 % materiala od celotne koruznice zbere, ostanek materiala – koruznice pa konča ponovno na tleh (pomembna za pokrov tal, organsko snov v tleh in vračanje hranljivih snovi v tla). Zaradi nizke vsebnosti hranljivih snovi, klasinci – oklaski predstavljajo trajnostno sprejemljiv vir materiala za proizvodnjo energije. Nizka vsebnost hranljivih snovi v klasincih pomeni tudi manjše potrebe po vračanju hranljivih snovi v tla (Zaych, D., 2008). V poglobljenih raziskavah je opravljena analiza celotne rastline koruze glede vsebnosti hranljivih snovi. Ugotovljeno je, da zrnje predstavlja 48 % od celotne mase rastline, ostanek pa so drugi deli rastline. Od ostalih delov rastline največ odpade na steblo 22 %, sledi listje z 10,5 %, na sam klasinec – oklasek pa odpade 7,5 %, ter ostale dele rastline. Pri sežigu rastlin so v pepelu našli 35 kmetijskih elementov, v pepelu koruze več kot 15. V klasincu je samo 0,33 % N, 0,11 % P₂O₅ in 0,62 % K₂O od celotne rastlinske snovi koruze (Hanway, J.J., 2007). Poleg tega so raziskave opravljene v ZDA pokazale, da zaradi zelo spremenljivih cen mineralnih gnojil in verjetnih dvigov cen gnojil v prihodnosti, ima nadomeščanje hranljivih snovi v tleh lahko zelo pomemben vpliv na trajnostno pridelavo biomase za energetske namene (Zaych, D., 2008). Zaradi minimalnega vpliva na količine hranljivih snovi v tleh odstranjeni klasinci ne bi imeli pomembnega vpliva na ekonomiko gnojenja.

Vloga žetvenih ostankov koruze

Znano je, da žetveni ostanki po žetvi koruze – koruznica igrajo pomembno vlogo pri vzdrževanju produktivnosti tal. Žetveni ostanki predstavljajo odlično zaščito pred negativnimi vplivi vetrne in vodne erozije na obdelovalna tla. Druga pomembna funkcija je vzdrževanje organske snovi v tleh, organskega ogljika in nivoja rastlinskih hranil v tleh. Koruznica ima pomemben vpliv tudi na prepuščanje solarnega sevanja, kar vpliva na hitrost segrevanje tal in zadrževanje vlage v tleh. Delna odstranitev koruznice z mokrih tal v primeru humidne klime lahko pospeši proizvodnjo pridelkov zaradi doseganja višjih temperatur tal spomladi in zmanjševanja odvečne vlage v tleh. V primeru suhih tal ter aridne klime, je zadrževanje celotne koruznice na tleh lahko pomembno zaradi vzdrževanja vlage v tleh in zmanjševanja erozije tal.

Razumljivo je tudi, da vso koruznico ali druge žetvene ostanke ne moremo uporabiti v energetske namene, ker moramo vsako leto velike količine koruznice in slame zaorati (vzdrževanje biološkega ravnotežja ekosistema, del mase je potreben za ustvarjanje humusa v tleh) zaradi ohranjanja permanentne rodovitnosti tal ter preprečevanja erozije tal. Ne smemo pozabiti, da se koruznica tudi uporablja za prehrano živali. Koliko koruznice in žitne slame lahko vzamemo z njiv je odvisno od več faktorjev: pridelovalnega območja, topografije, tipa tal in količine letnih padavin. Na nekaterih tleh bi koruznico ali slamo morali v popolnosti zaorati, ker preprečuje vodno in vetrno erozijo (npr. obdelovalna tla na nagibu), na tleh, ki so bogata z organsko maso in se nahajajo v ravninskem delu pa bi po mnenju nekaterih strokovnjakov brez problema glede ohranjanja rodovitnosti tal lahko pobrali tudi 50 % žetvenih ostankov. Realno bi bilo za energetske namene porabiti 20 – 30 % od celotne mase koruznice ali slame oziroma ostalih žetvenih ostankov. Ugotovljeno je, da zrnje koruze predstavlja 48 % od celotne mase rastline, ostanek pa so drugi deli rastline. Ker na sam klasinec odpade samo 7,5 % mase rastline, teoretično zbrana količina klasincev ne bi imela posebnega vpliva na vzdrževanje biološkega ravnotežja ekosistema. Poleg tega v praksi se ne more nikoli dosegati popolnega pobiranja klasincev, zaradi fizikalnih lastnosti klasincev ter poškodb, ki nastajajo pri spravilu klasincev s kombajni (klasinci se lahko zlomijo na več delov tako da uidejo skozi strojni sistem za zbiranje klasincev z ostalimi deli rastline). S pobiranjem klasincev bi se umestili znotraj ekonomskega, ekološkega in trajnostnega

potenciala biomase – koruznice za energetske namene (slika 1.).

Pridobivanje klasinca

Klasinec lahko pridobivamo z različnimi postopki. Od izbora postopka je odvisno koliko bo neželenih primesi - ličja pri zbranih oklaskih. Različni postopki spravila koruze za zrnje prinašajo oklaske z različno stopnjo vsebnosti ličja. Vsebnost ličja vpliva na skladiščno sposobnost oklaske oziroma na kakovost skladiščenja oklaske. Na nekaterih kmetijah pobirajo koruzne storže še ročno in jih potem sušijo v kitah na zraku pod nadstreškom tako, da storže obesijo s pomočjo ličja. Po osušitvi in ruženju zrnja dobimo čisti oklasek. Dokaj podobno je tudi spravilo koruze za zrnje s pomočjo obiralnikov koruze. S tem traktorskim eno ali dvovrstnim priključkom pridobimo koruzni storž brez ličja. Storži se potem sušijo v koruznjakih in po ruženju dobimo čiste oklaske brez ličja. Ta način spravila se ravno tako opušča oziroma se pri nas že zelo redko uporablja. Čeprav je iz ekološkega in energetskega stališča ugodnejši od današnjih sodobnih načinov spravila koruze za zrnje.



Slika: Sušenje ročno pobranih koruznih storžev na kozolcu. Storži so povezani z ličjem.



Slika: Spravilo koruznih storžev s traktorskim obiralnikom koruze

Slika: Sušenje koruznih storžev v koruznjakih

Danes spravilo koruze za zrnje opravljamo z žitnimi kombajni, ki imajo prigradjeno žetveno ustje za koruzo. Koruzni oklasek pade skupaj z drugo rastlinsko maso iz kombajna na tla. Če želimo oklasek uporabiti, kot nadaljnjo surovino, potem moramo oklasek zbirati. Zbiranje oklaske poteka na različne načine. Pogoste so adaptacije kombajnov v smislu prigraditve dodatnega sklopa z zbiralnikom oklaskov in čistilnim sistemom. V ZDA oklaske zbirajo s

posebnimi prikolicami, ki so pripete za kombajn. Pri teh načinih zbiranja oklaskov pa so oklaski lahko delno tudi že zrezani. Oklaski pa lahko vsebujejo še ličje. Količina tega ličja je odvisno od hibrida koruze in od načina spravila oklaskov.



Slika: Kombajn za spravilo koruznega zrnja Claas Tucano 340 z dodatnim sklopom za zajem klasincev (prigrajen na zadnjem delu kombajna zgoraj)

Uporaba klasinca

Nadaljnja obdelava oklaskov zbranih pri spravilu koruze za zrnje je odvisna od namena uporabe klasinca. Oklaske lahko uporabljamo kot trdno gorivo (biogorivo), ki izvira iz kmetijske biomase. Kot gorivo se lahko uporablja oklaske v takem stanju, kot smo jih zbrali na njivi. Tako zbrani oklaski so lahko celi, lahko pa tudi že delno zrezani. Predpostavljamo, da je za ločevanje oziroma zbiranje oklaskov boljše, če imamo več čim bolj celih oklaskov. Za samo skladiščenje tako zbranih oklaskov je pomemben tudi delež ličja, ki je še ostal na oklasku. Za boljše skladiščenje brez plesni je potrebno imeti čim manj ličja med oklaski. Delež ličja med oklaski pa je lastnost sorte (hibrida) in pa načina spravila koruze za zrnje (aksialni kombajn ali navadni kombajn) ter delujočim sekalnikom za slamo (koruznico, oklasek in ličje).

Kot gorivo v biomasnih pečeh (kotlih) lahko uporabljamo oklaske takšne velikosti kot smo jih pripeljali iz njive. Načeloma pri tem ni težav za samo biomasno peč (kotel). Problemi pa se lahko pojavijo pri transportu oklaskov s polžastim transporterjem, ki je običajna tehnična rešitev za transport oklaskov (biomase) iz skladišča do peči. V transporterju se lahko zaradi velikosti oklaskov (velikih oklaskov) hitreje pojavijo tako imenovani mostovi, ki preprečujejo nadaljnji transport oklaskov do same peči.

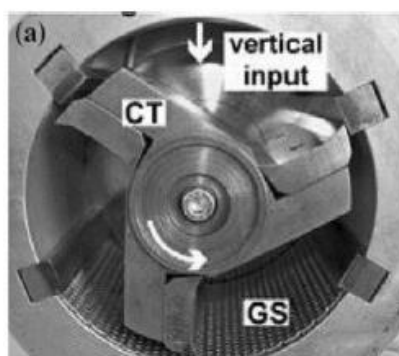


Slika: Klasinci različnih koruznih hibridov

V praksi to nekateri rešujejo tako, da gredo z mulčerjem preko plasti oklaskov, ki se sušijo na primer na betonski ploščadi. S tako zrezanimi oklaski so izognemo težavam pri transportu oklaskov do peči. Ne moremo pa pri takem rezanju oklaskov govoriti o nekem določenem velikostnem razredu oklaskov. Ravno tako, ta dodatni postopek ne odstrani morebitnega ličja.

Peletiranje granulata klasinca

Celo v današnjem času, ko obstaja možnost mehaniziranega spravila, transporta, skladiščenja in manipulacije s klasincem, se srečujemo s problemom ekonomičnosti transporta in uporabe klasinca na večjih razdaljah od pridelovalnih površin s koruzo. Problem je v nizki gostoti materiala – klasinca, ki znaša v povprečju $356,7 \text{ kg/m}^3$ (S.A. El-Sayed in sod.). Zgoščevanje klasinca v pelete predstavlja učinkovito rešitev za reševanje prej omenjenih problemov, ker se gostota peletiranega klasinca lahko dvigne 8 – 10 krat v primerjavi z nepeletiranim klasincem. Peletirani biomasni material ima več prednosti. Ima večjo energijsko gostoto, lažje ga je transportirati na večje razdalje, postopek doziranja peletiranega materiala, ki ima standardno obliko in dimenzije v kurilne naprave je bolj enostaven, pri skladiščenju zavzema manj prostora, itn. Poleg tega se s postopkom peletiranja dvigne kakovost goriva iz granulata klasinca. Preden pristopimo postopku peletiranja je potrebno opraviti drobljenje klasinca s katerim nastane granulata. Velika prednost proizvodnje granulata klasinca je da niso potrebni kompleksni stroji velikih moči, kot je to v primeru drobilnikov za les. Drobilniki za klasinec oziroma pripravo granulata klasinca se razlikujejo glede na funkcije, ki jih opravljajo. Drobljenje vključuje stroje, kot so mlin, drobilnik - granulator, mlin kladivar, rezalni drobilnik, posebni drobilnik in univerzalne drobilnike za zmanjšanje velikosti, za proizvodnjo granuliranih izdelkov ali izdelkov v prahu iz različnih odpadkov, kot so komunalni odpadki, riževa slama, pšenična slama, lesni sekanci, klasinci, itd.



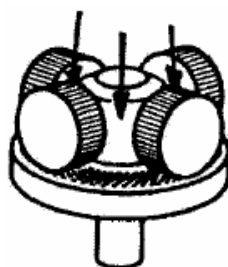
Slika : Mlin kladivar za pripravo granulata klasinca (vir: S.A. El-Sayed, M. Khairy.: Preparation and Characterization of Fuel Pellets from Corn Cob and Wheat Dust with Binder)



Slika: Granulat klasinca, velikost delcev 1 – 5 mm

Stroji za peletiranje granulata klasinca - oklaska

Najpomembnejši delovni element peletirnega stroja je matrica s potisnimi valji (kolerji). Glede izvedb matrice, obstajata dva osnovna tipa strojev za peletiranje biomase oziroma granulata klasinca, izvedba z ravno (horizontalno matrico) in izvedba s prstanasto matrico. Izvedba stroja z ravno matrico, ki rotira okrog svoje osi, je zasnovana tako da sta na zgornjem delu matrice nameščena dva, trije ali štirje potisni valji (kolerji). Potisni valji so nazobčeni po obodu in vhodni material med vrtenjem matrice, potiskajo skozi izvrtine premera 6, 8, 10 mm ali več na matrici. Poleg omenjene izvedbe stroja s horizontalno matrico, kjer rotira matrica, obstaja tudi izvedba s horizontalno matrico, kjer rotirata valja ali več valjev. Material se dovaja z zgornje strani stroja ter pada na potisne valje. Material, ki je zajet med potisna valja in matrico se postopoma vse bolj komprimira in potiska v izvrtine premera 6 mm, 8 mm ali več na matrici. V izvrtinah zaradi kompresije materiala in trenja materiala med stenami izvrtin pride do komprimiranja materiala (v procesu peletiranja vhodnega materiala pride do povečanja njegove prostorninske gostote). Matrica se zaradi trenja potisnih valjev in materiala, ki pride med matrico in potisne valje segreje. Za pravilno peletiranje je potrebno da je matrica segreta med 80 do 100 °C. Pri prenizkih temperaturah ne pride do formiranja kakovostnega peleta.



Slika : Princip delovanja peletirnega stroja z ravno matrico, s puščicami je označen smer vstopa materiala (vir: Obenberger in Thek)

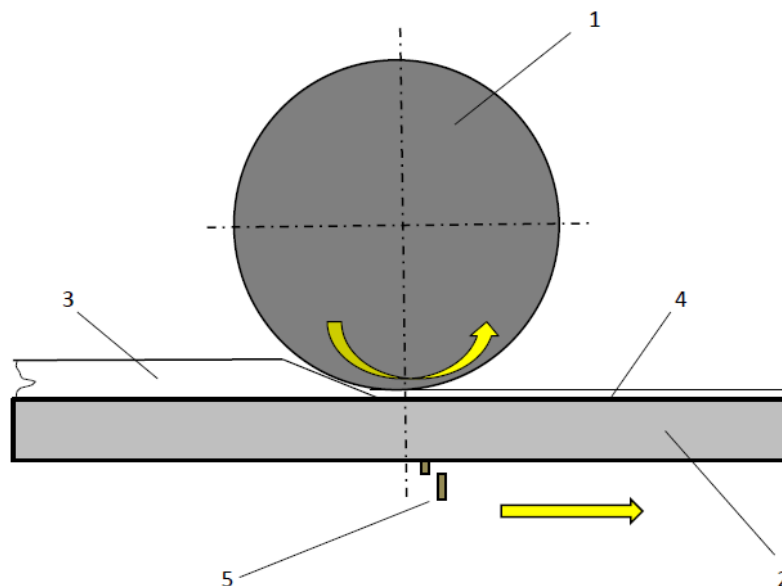
Izvedba s prstanasto matrico (podobna je planetnemu zobniškemu gonilu) obstaja z matrico, ki rotira. Potisna valja (valji) pa ne dobivajo pogona, rotirata po notranjem obodu matrice zaradi trenja od vhodne surovine. Druga izvedba je, da matrica stoji, potisna – pogonska valja (valji) pa rotirata po notranjem obodu matrice matrici.



Slika : Princip delovanja peletirnega stroja s prstanasto vertikalno matrico, s puščico je označen smer vstopa materiala (vir: Obenberger in Thek)

Peletiranje granulata klasinca večinoma poteka na peletirnih strojih opremljenih s horizontalno rotacijsko ploščo - matrico za iztiskanje peletov premera 6 do 10 mm ali več. Na zgornjem delu matrice sta nameščena dva potisna valja (kolerja), ki sta nazobčena po obodu in vhodni material med vrtenjem rotacijske plošče - matrice, potiskata skozi izvrtine premera 6 mm na matrici. Omenjena potisna valja (kolerja) rotirata okrog lastne osi zaradi rotacije pogonske horizontalne rotacijske plošče – matrice.

Material, ki je zajet med potisna valja in matrico se postopoma vse bolj komprimira in potiska v izvrtine v matrici. V izvrtinah zaradi kompresije in trenja materiala med stenami izvrtin pride do komprimiranja materiala (v procesu peletiranja vhodnega materiala pride do povečanja njegove prostorninske gostote). Granulat mora imeti dolžino delcev do maksimalno 6 mm da se lahko opravi visoko kakovostno peletiranje. V primeru da so delci daljši je potrebno opraviti predhodno mletje vhodnega materiala za peletiranje z mlini kladivarji. Matrica se zaradi trenja potisnih valjev in materiala, ki pride med matrico in potisne valje segreje. Za pravilno peletiranje je potrebno da je matrica segreta med 80 do 100 °C (lahko tudi nad omenjeno maksimalno temperaturo). Pri prenizkih temperaturah matrice ne pride do formiranja peleta.



Slika : Delovanje stroja za peletiranje s horizontalno matrico, 1 – potisni valj (uporablja se tudi izraz koler, v praksi je valj nazobčen po obodu, zaradi shematskega prikaza glede principa delovanja je prikazan v gladki obliki), 2 – horizontalna rotacijska plošča z izvrtinami za formiranje peletov - matrica, 3 – vhodni material – granulata klasinca, 4 – stisnjeni material – granulata klasinca 5 – pelet, puščice označujejo smer rotacije potisnega valja (kolerja) in plošče - matrice (vir: Jejčič, V.: Oddelek za kmetijsko tehniko in energetiko, Kmetijski inštitut Slovenije)



Slika : Stroj za peletiranje kmetijske biomase s horizontalno matrico (vir: Oddelek za kmetijsko tehniko in energetiko, Kmetijski inštitut Slovenije)

Fizikalne lastnosti peletov iz klasinca

Fizikalne lastnosti peletov so odvisne od parametrov, kot so: velikosti delcev, debeline matrice, geometrije matrice (razmerje višine in premera), vrtilne frekvence matrice, temperature, apliciranega tlaka in zadrževalnega časa. Efikasnost procesa zgoščevanja, da nastane močno in trajno povezovanje zgoščenih produktov, kot so peleti se lahko ugotovi s testiranjem trdnosti (tlačna odpornost, udarna odpornost in raztezna odpornost). Testi lahko pokažejo razmerje sile in raztezka, ki lahko zgoščeni materiali prenesejo ter količino finih delcev, ki nastanejo med rokovanjem, transportom in skladiščenjem peletov. Kompresijski test (odpornost proti drobljenju ali trdoti) je sila maksimalne obremenitve, ki jo pelet vzdrži pred pokanjem ali drobljenjem. Velikost delcev peletov je ob vlažnosti eden od najbolj pomembnih faktorjev, ki značilno vpliva na kakovost peletov. Delci manjše velikosti ustrezno dajo večjo trdnost in trajnost peleta v primerjavi z večjimi delci, ki delujejo, kot točke, kjer pride do pokanja peletov. Manjši delci takoj absorbirajo vlago za razliko od večjih delcev. Optimalna velikost delcev je odvisna tudi od procesa zgoščevanja. Pri postopku briketiranja so lahko prisotni večji delci, kot pri postopku peletiranja.

Na področju standardizacije razsutih oklaskov je največ do sedaj storila Avstrija. Leta 2012 je sprejela avstrijski standard ÖNORM C 4003:2012-08, ki je bil umaknjen leta 2015 zaradi sprejetja evropskega standarda SIST EN ISO 17225 Trdna biogoriva. Vendar tudi ta standard ni popolnoma pokril specifične zahteve za oklaske, zato so Avstrijci dodatno sprejeli svoj nacionalni standard ÖNORM C 4003:2016-08 Lose Maisspindeln Anforderungen und Prüfbestimmungen Nationale Ergänzung zu ÖNORM EN 14961-1 und ÖNORM EN 15234-1. Ta standard postavlja zahteve za energetske rabe razsutih oklaskov. Za uporabo razsutih oklaskov kot trdnega goriva morajo v Avstriji uporabljati kotle za gretje, ki zadostijo zahtevam standarda SIST EN 303-5:2012 Kotli za gretje - 5. del: Kotli na trdna goriva z ročnim in samodejnim polnjenjem z imensko močjo do 500 kW - Terminologija, zahteve, preskušanje in označevanje. Ob tem morajo upoštevati tudi zakonske mejne vrednosti glede emisij.

Standard ÖNORM C 4003:2016-08 določa zahteve in preskuse za oklasek, kot goriva. Zahteve se nanašajo na dolžino oklaskov, delež drobne (fine) frakcije, delež ličja in delež stebel, vsebnost vode, vsebnost pepela, dušika, klora in žvepla. Dodatne lastnosti, ki so sicer opcijske, vključujejo še razmerje med pepelom in žlindro (oblogami), temperatura tališča pepela, nasipne gostote – nasipne mase, kalorično vrednost ter glavne in sekundarne sestavine, ki tvorijo pepel.

Količina vlage za peletiranje

Za pravilno formiranje peletov je izredno pomembna pravilna vsebnost vlage, ker vlaga bistveno vpliva na potek samega procesa peletiranja. Pri preveliki količini vlage se pojavlja problem doziranja vstopnega materiala v ekstrudor zaradi adhezijske sile materiala, ki povzroča lepljenje materiala na dele ekstrudorja in posledično prekinitev dotoka materiala in formiranja peletov. Pri premajhni količini vlage ne more priti do formiranja peleta zaradi nezadostnih kohezijskih sil, ki držijo delce vhodnega materiala skupaj. V primeru prenizke količine vlage bo iz matrice prihajal samo prah. Material, ki ima preveliko količino vlage pa se sploh ne more peletirati. Vlaga se med procesom peletiranja ne da odstraniti (lahko gre minimalen odstotek vlage zaradi segrevanja materiala na matrici, več vlage pa ne more izpariti tudi zaradi kratkega časa zadrževanja). Voda, ki se nahaja v materialu se ne more komprimirati, kot sam material, zaradi tega nastopajo težave. Če vlaga ne more zapustiti stroja za peletiranje, jo bo absorbiral vhodni material. To pa bo po vsej verjetnosti povzročilo blokado matrice. Poleg tega pri preveliki količini vlage so tudi adhezijske sile med vhodnim materialom in jeklenimi deli strojev za peletiranje prevelike, tako da pride do pojava lepljenja organskega materiala na dozirni in transportni del peletirnega stroja in posledičnega mašenja dozirnega in transportnega dela peletirnega stroja. Splošno pravilo za izdelavo peletov je, da želimo vhodni material z manj kot 15 % vlage.

Aditivi za peletiranje

V proizvodnji peletov iz granulata klasinca v manjšem obsegu na kmetiji ali v majhnem podjetju je veliko težje imeti spremenljivke ves čas pod nadzorom (na velikih avtomatiziranih industrijskih proizvodnih linijah se ves čas skrbno nadzoruje vhodne in izhodne parametre). Ko gre za izdelavo peletov v majhnem obsegu, je uporaba veziva za pelete praktično obvezna. Zato poleg skrbi za vsebnost vlage v vhodnem materialu moramo tudi nameniti posebno pozornost glede ustreznih aditivov. Pri peletiranju se najbolj pogosto uporabljajo aditivi, kot so škrob (koruzni), trdna faza - ostanek iz stiskanja oljnic za olje (oljne ogrščica in sončnica) in odpadno jedilno olje. Aditiv za pelete je dodaten material, ki se vmeša v vhodni material – granulata klasinca da se olajša proces izdelave peletov. Na proces peletiranja vhodnega materiala deluje več faktorjev. Lignocelulozni materiali, kot je npr. les, vsebujejo več lignina. Delci iz lignoceluloznega materiala se pri višjih temperaturah, ki nastanejo med peletiranjem medsebojno povezujejo zaradi dobrih kohezijskih lastnosti lignina, ki s tem vpliva na medsebojno lepljenje delcev materiala, ki ga peletiramo. Pri granulatu klasinca ta proces ni izrazit, ker se ne gre za materiale, kot je npr. les. V primeru granulata klasinca je potrebno dodajati aditive, ki omogočajo kohezijo med delci in formiranje kakovostnih peletov. Najbolj pogosti organski aditivi so koruzni škrob (3 – 5 %), trdna faza po stiskanju semena oljnic za olja (oljna ogrščica, sončnica, itn.), itn. Poleg tega se dodaja še rastlinsko olje v manjših količinah (do 3 %) zaradi mazanja matrice in potisnih valjev (s tem se prepreči predčasna obraba matrice in potisnih valjev). Poleg omenjenih materialov je možno uporabljati tudi bentonit, v pepelu peletov po sežiganju granulata klasinca ostaja poleg pepela tudi material, ki je bil uporabljen za aditiv (v tem primeru bentonit). Aditivi organskega izvora, kot so škrob, ostanki po stiskanju semena oljnic, itn., pa praktično ne puščajo ostankov, kot npr. bentonit. Prednosti uporabe aditiva se kažejo tudi, kot povečana produktivnost peletirnega stroja, izboljšana kakovost peletov, izboljšana življenjska doba potisnih valjev in matrice ter manjša poraba energije. Aditivi za pelete pomagajo tudi pri zagotavljanju mazanja in zmanjšanju verjetnosti da pride do zamašitve matrice za peletiranje.

Peleti, ki so narejeni z aditiviranjem škroba (koruzni) ter trdne faze - ostanek iz stiskanja oljnic za olje (oljne ogrščica in sončnica) se razlikujejo po karakteristikah. Peleti, ki so narejeni z aditiviranjem s škrobom imajo manjšo maso, površina ni izrazito gladka in svetleča, poleg tega so nekoliko manj odporni na mehanske poškodbe. Pri omenjenih peletih je potrebno dodajati tudi odpadne jedilno olje zaradi mazanja matrice. Pri dodajanju aditiva trdne faze - ostanka iz stiskanja oljnic za olje (oljne ogrščica in sončnica) pa smo ugotovili da peleti imajo večjo maso, površina je bolj svetleča (pride do procesa polimerizacije olja, ki se začne nad 50 °C, zaradi preostanka olja iz trdne faze, ki ostane po stiskanju oljnic) in podobna plastični površini, peleti niso krhki, ter ni potrebe po posebnem dodajanju odpadnega jedilnega olja, kot je to v primeru peletov, ki so aditivirani s škrobom.

Primerjava peletiranega in nepeletiranega klasinca za gorivo

V raziskavah je ugotovljeno, da poleg tega, da je s peletiranjem gostota peleta klasinca narasla za 8 – 10 krat v primerjavi z vhodnim materialom klasincem pred peletiranjem, da so se izboljšale tudi mehanske lastnosti peleta (tlačna trdnost, odpornost na lom in odpornost na higroskopnost). Omenjene lastnosti so bile najboljše, ko so uporabljeni visoki tlaki za peletiranje. Poleg tega je ugotovljeno da s peletiranjem in dodajanjem aditivov, kakovost klasinca, kot goriva se izboljša v primerjavi s surovo biomaso (klasincem pred procesiranjem). Razlog je nižja vsebnost vlage, poveča se količina fiksiranega (vezanega) ogljika in vsebnost ogljika se zvišata, vsebnost pepela se zniža (kar je zelo pomembno), vsebnost kisika se zniža in zgornja kurilna vrednost se zviša. Zgornja kurilna vrednost se pri peletiranem granulatu oklaska zviša na 24,92 MJ/kg v primerjavi z nepeletiranim klasincem, ki mu zgornja kurilna vrednost znaša 16,6 MJ/kg (S. A. El-Sayed in sod.). Peletiranje klasinca poleg tega omogoča, da se izboljša proces zgorevanja peletiranega klasinca v primerjavi z nepeletiranim klasincem pri kurjenju.

Piroliza

Piroliza je suh termokemični proces, ki se pojavi pri temperaturah nad 500 ° C in v odsotnosti kisika. Na ta način ima razgradnja biomase prednost pred zgorevanjem. Med pirolizo se glavne sestavine biomase toplotno razcepijo in tako nastanejo plinasta, tekoča katranska faza in trden produkt. Ta postopek je podoben postopku, ki se uporablja za proizvodnjo oglja. Produkt v trdni obliki nastal v procesu pirolize je znan tudi kot bio oglje ali pirolizni ogljik, ima pa izredno visoko vsebnost ogljika. Z višjimi temperaturami pirolize ima svoje mikrostrukturalne lastnosti bolj podobne grafitu. Vendar pa pirolizirana biomasa ni grafitiziran material. Ne glede na temperature karbonizacije nikoli ne bo postala grafit. Bio oglja spadajo v kategorijo ogljikovih materialov, znanih kot amorfni ali trdi ogljik, ki imajo številne lastnosti grafita in se v mnogih aplikacijah lahko obnesejo celo bolje kot grafit.



Slika: Granulat klasinca po opravljenem postopku pirolize

Fotovoltaika

Fotovoltaika omogoča pretvarjanje svetlobne energije neposredno v električno z izkoriščanjem fotonapetostnega pojava. Pretvorba se dogaja v sončnih celicah, ki so povezane v fotonapetostni (PV) modul. Učinkovitost pretvorbe je odvisna od tipa sončnih celic ter pogojev delovanja. Agrofotovoltaika pomeni proizvodnjo električne energije s fotovoltaiko na površinah, kjer opravljamo kmetijsko dejavnost ter predstavlja simbiozo dveh dejavnosti. S tem se lahko več pridobivanje električne energije iz OVE in dodatno ohranja rodovitne obdelovalne površine za kmetijstvo. Po definiciji A. Agostini in sod 2021 so agrivoltaični sistemi - fotovoltaične (PV) tehnologije, pri katerih so paneli za proizvodnjo električne energije nameščeni na zadostni višini od tal, da omogočimo običajne proizvodne prakse gojenja in proizvodnje hrane pod njimi. Ta dejavnost se je po svetu v zadnjih letih zelo razvijala. Nemci ocenjujejo, da je bila inštalirana moč agrofotovoltaike leta 2020 več kot 14 GW. Po vsem svetu in še zlasti v Evropi poteka tudi veliko raziskovalnih projektov, kjer optimizirajo tako načine kmetijske pridelave kot tudi fotovoltaične sisteme. Fotovoltaični paneli so lahko pri agrofotovoltaiki postavljeni poševno ali pa vertikalno. Tudi velikost panelov in njihova prosojnost je lahko različna (glede na potrebe kmetijstva). Agrofotovoltaika bi lahko imela na voljo določene kmetijske površine, kjer bi lahko potekale tudi kmetijske dejavnosti, od paše živali pod fotovoltaičnimi paneli do poljedelske ali sadjarske, vinogradniške pridelave. Veliko agrofotovoltaike je po svetu postavljeno tudi na rastlinjakih. Kmetijstvo od fotovoltaike lahko ima tudi določene dodatne prednosti, kot je varovanje rastlin pred točo in sušo.



Slika : Primer iz tujine, dvojna raba kmetijskega zemljišča v sadovnjaku, nad vrstami v sadovnjaku so postavljeni tako imenovani zebasti fotovoltaični paneli, ki imajo 49 % prepustnost svetlobe in 300 W moči/panel.

Agrofotovoltaika v Sloveniji

Po slovenski zakonodaji fotovoltaike ne smemo postavljati na kmetijskih površinah. Teoretično pa jo lahko postavimo na določene kmetijske objekte, kot so rastlinjaki, stebri v sadovnjakih (opora za protitočne mreže), itn. Podatki za sončne elektrarne z deklaracijami (podporami) kažejo, da imamo tudi 69 prostostoječih sončnih elektrarn (vsaj nekaj jih je tudi na kmetijskem zemljišču). Ob postavitvi take sončne elektrarne na kmetijsko zemljišče so morali investitorji načeloma spremeniti namembnost zemljišča v stavbnega (z industrijskim objektom), ki je nato tudi ustrezno obdavčeno.

Uporabljen literatúra in viri:

- [1] Agriculture and Horticulture Introducing energy saving opportunities for farmers and growers, The Carbon Trust 2012. 36 st
- [2] Antonopoulos Kostas, Valet Nick, Spiratos Dimos and Siragakis George (2006) Olive oil and pomace olive oil processing. GRASAS Y ACEITES, 57 (1), ENERO-MARZO, 56-67, 2006, ISSN: 0017-3495 12 st
- [3] Barbara Zagorc ... et al. (2001) Popis vrtnarstva, Slovenija 2000, Ljubljana : Statistični urad Republike Slovenije, 2001. Rezultati raziskovanj, 52 st
- [4] Barbosa-Cánovas Gustavo V., Altunakar Bilge, Mejía-Lorío Danilo J. (2005) Freezing of fruits and vegetables An agribusiness alternative for rural and semi-rural areas FAO Agricultural services bulletin 158 Food and agriculture organization of the United Nations Rome, 2005
- [5] Bavec Martina, Robačér Martina (2010) Program informiranja in izobraževanja na temo ekološkega kmetijstva za brezposelne osebe v Pomurju v luči prilaganja in preprečevanja učinkov podnebnih sprememb Študija v okviru Program informiranja in izobraževanja na temo ekološkega kmetijstva za brezposelne osebe v Pomurju v luči prilaganja in preprečevanja učinkov podnebnih sprememb, FKBV
- [6] Bavec Martina (2003) Tehnike pridelovanja zelenjadnic. Ljubljana: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, 2003
- [7] Bavec Martina (2001). Ekološko kmetijstvo. Ljubljana, Kmečki glas: 448 str
- [8] Bosco Simona, Di Bene Claudia, Galli Mariassunta, Remorini Damiano, Massai Rossano, Bonari Enrico (2011) Greenhouse gas emissions in the agricultural phase of wine production in the Maremma rural district in Tuscany, Italy Italian Journal of Agronomy 2011; volume 6:e15, st. 93 -100
- [9] Burrow Neil. Energy Efficiency in Poultry House Lighting Service Concepts Coop, 29 st
- [10] Capper Judith L. The Carbon Footprint of Beef Production American Meat Science Association 64th Annual Reciprocal Meat Conference, 5 st
- [11] Carlsson-Kanyama Annika, Faist Mireille. Energy Use in the Food Sector: A data survey Environmental Strategies Research Group, Department of Systems Ecology Stockholm University, 36 st
- [12] Carlsson-Kanyama Annika, Boström-Carlsson Kerstin(2001) Energy Use for Cooking and Other Stages in the Life Cycle of Food, A study of wheat, spaghetti, pasta, barley, rice, potatoes, couscous and mashed potatoes fms No 160, Report January 2001 Stockholms Universitet, 33 st
- [13] Carlsson-Kanyama Annika, González Alejandro D. (2007) Non-CO2 greenhouse gas emissions associated with food production: methane (CH4) and nitrous oxide (N2O) KTH, Kungliga tekniska högskolan Avdelningen för industriell ekologi 100 44 Stockholm TRITA-IM: 2007:22, 32 st
- [14] Carlsson-Kanyama Annika, Pipping Ekstro Marianne, Shanahan Helena. (2003) Food and life cycle energy inputs: consequences of diet and ways to increase efficiency. Ecological Economics 00 (2003) 1 - 15
- [15] Caslin Barry, Cirillo Mairead, Finnan John, Forristal Dermot, Gaffney Michael, McCutcheon Gerard, Murphy Michael, Sproule Ivan, Upton John (2011) Energy Use in Agriculture Teagasc, Head Office, Oak Park, Carlow. 88 st
- [16] Castellini Cesare, Bastianoni Simone, Granai Claudio, Dal Bosco Alessandro, Brunetti Mauro (2006) Sustainability of poultry production using the emergy approach:

- Comparison of conventional and organic rearing systems *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114 (2006) 343–350
- [17] Cederberg Christel, Sonesson Ulf, Henriksson Maria, Sund Veronica, Davis (2009) Greenhouse gas emissions from Swedish production of meat, milk and eggs 1990 and 2005 Swedish Institute for food and biotechnology SIK Report No 793, 97 st
- [18] Ciftci Ozan Nazim, Ciftci Deniz and Jenab Ehsan (2012). Potential Applications of Green Technologies in Olive Oil Industry, *Olive Oil - Constituents, Quality, Health Properties and Bioconversions*, Dr. Dimitrios Boskou (Ed.), ISBN: 978-953-307-921-9, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/olive-oil-constituentsquality->
- [19] CIGR Handbook of Agricultural Engineering Volume V Energy and Biomass Engineering Edited by CIGR–The International Commission of Agricultural Engineering Volume Editor:Osamu Kitani, Nihon University, Japan, American Society of Agricultural Engineers, 1999, 351 st
- [20] Clarke S., House H.(2010) Using Less Energy on Dairy Farms. OMAFRA Factsheets 8 st
- [21] Classn N H. L. and Thacker P. A. (1989). Energy use in the production and housing of poultry and swine - an overview. *Can' J. Anim. Sci.* 69:7-21 '
- [22] Cleaner Production Assessment in Dairy Processing Chapter 2 Overview of Dairy Processing 17 st
- [23] Conserving Energy in fruit and Vegetable packing and Storage facilities , Rutgers Cooperative Extension, USDA Natural Resources Conservation Service , 4 st
- [24] Corson, M.S., van der Werf, H.M.G. (Eds.), 2012. Proceedings of the 8th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector (LCA Food 2012), 1-4 October 2012, Saint Malo, France. INRA, Rennes, France.
- [25] Crane Richard, Davenport Ross and Vaughan Rod (2012) Poultry Production in England Farm Business Survey 2010/11 RBR at Reading Agriculture and Food Investigation Team (AFIT) School of Agriculture, Policy and Development University of Reading 52 st
- [26] Cu'ellar Amanda D., Webber Michael E (2008) Cow power: the energy and emissions benefits of converting manure to biogas *Environ. Res. Lett.* 3 (2008) 034002 (8pp) doi:10.1088/1748-9326/3/3/034002
- [27] Dalgaard Tommy, Halberg Niels, Porter John R. (2001) A model for fossil energy use in Danish agriculture used to compare organic and conventional farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 87 (2001) 51–65
- [28] Dally Bassam, Mullinger Peter (2002) Utilization of Olive Husks for Energy Generation: A Feasibility Study Department of Mechanical Engineering The University of Adelaide , 17 st
- [29] Dämmgen Ulrich, Brade Wilfried, Haenel Hans-Dieter, Rösemann Claus and Döhler Helmut. Modelling CO2 footprints and trace gas emissions for milk protein produced under varying performance and feeding conditions, 7 st
- [30] de Boer Imke J.M. (2003) Environmental impact assessment of conventional and organic milk production *Livestock Production Science* 80 (2003) 69–77
- [31] Direct energy use in agriculture: opportunities for reducing fossil fuel inputs Final report to Defra AC0401: May 2007, Warwick HRI The University of Warwick Wellesbourne
- [32] Đurić Mirjana S ., Carić Marijana Đ, Tekić Miodrag N., Milanović Spasenija D. and Panić Mirela D. (2005) Analysis of energy consumption during milk processing in uht-

- plant with two recuperators, APTEFF, 36, 1-266 (2005) s 23-32
- [33] Energy Performance Indicator Report: Fluid Milk Plants 2001 Prepared for the National Dairy Council of Canada by Natural Resources Canada's Office of Energy Efficiency, 56 st
- [34] Energy requirements in milk processing <http://www.fao.org/docrep/004/t0515e/T0515E03.htm#ch3>.
- [35] Energy Use in Agriculture, 2011 Teagasc in association with Sustainable Energy Authority of Ireland. 88 st.
- [36] Energy use in pig farming. Energy consumption guide The Carbon Trust. 15 st
- [37] Environmental Working Group Meat Eaters Guide to Climate Change and Health: lifecycle assessments: methodology & results 2011
- [38] Environmental, Health, and Safety Guidelines for Dairy Processing, International Finance Corporation 2007, 15 st
- [39] Flachowsky Gerhard and Kamphues Josef (2012). Carbon Footprints for Food of Animal Origin: What are the Most Preferable Criteria to Measure Animal Yields? *Animals* 2012, 2, 108-126; doi:10.3390/ani2020108
- [40] Flysjö Anna (2012) Greenhouse gas emissions in milk and dairy product chains improving the carbon footprint of dairy products PhD thesis Science and Technology 2012, Department of Agroecology Science and Technology, Aarhus University, 165 st
- [41] Foster, C., Green, K., Bleda, M., Dewick, P., Evans, B., Flynn A., Mylan, J. (2006). Environmental Impacts of food Production and Consumption: A Report to the Department for Environment, Food and Rural Affairs. Manchester Business School, Defra. 199 st.
- [42] Fritsche Uwe R., Eberle Ulrike (2009) Greenhouse-Gas Emissions from the Production and Processing of Food, Öko-Institut e.V., 15 st
- [43] Fritzson Anna, Berntsson Thore (2006) Energy efficiency in the slaughter and meat processing industry—opportunities for improvements in future energy markets *Journal of Food Engineering* 77 (2006) 792–802
- [44] Frorip J., Kokin E., Praks J., Poikalainen V., Ruus A., Veermäe I., Lepasalu L., Schäfer W., Mikkola H. and Ahokas J.(2012) Energy consumption in animal production – case farm study *Agronomy Research Biosystem Engineering Special Issue* 1, 39-48, 2012
- [45] Galitsky Christina, Worrell Ernst and Ruth Michael (2003) Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for the Corn Wet Milling Industry An energy star Guide for Energy and Plant Managers Energy Analysis Department Environmental Energy Technologies Division Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory University of California Berkeley, 92 st.
- [46] Garnett Tara (2006) Fruit and vegetables & uk greenhouse gas emissions: exploring the relationship. University of Surrey, Centre for environmental strategy fcrrn working paper 06-01 134 st
- [47] Geraghty Robert. Benchmarking Resource Efficiency in Irish Dairy Processing ment & Green Technologies Department, Enterprise Ireland,
- [48] Goffman Ethan. (2012) The Environmental Impact of Meat ProQuest Discovery Guides <http://www.csa.com/discoveryguides/discoveryguides-main.php>, 12 st
- [49] Granatstein David. How Big is the Fruit Growing Footprint? Washington State University, Center for Sustaining Agriculture and Natural Resources 7 st
- [50] Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector A Life Cycle Assessment Food and agriculture organization of the united nations. Animal Production and Health

- Division, FAO 98 st.
- [51] Guidelines to Defra / DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting: Methodology Paper for Emission Factors 2012, 85 st
- [52] Guzmán, G.I., Alonso, A.M., (2008) A comparison of energy use in conventional and organic olive oil production in Spain, *Agr. Syst.* (2008), doi:10.1016/j.agsy.2008.06.004, 10 st
- [53] Hainsworth F. Reed, Precup Elizabeth and Hamill Tracy (1991) Feeding, energy processing rates and egg production in painted lady butterflies *J. exp. Biol.* 156, 249-265 (1991)
- [54] Harmon Jay, Hanna Mark, Petersen Dana (2010) Energy efficient fans for poultry production Iowa State University Extension. 2 st
- [55] Heißenhuber, Alois; Zehetmeier, Monika (2012). Beeinflussung der Emission von Treibhausgasen durch Leistungssteigerungen in der Milchviehhaltung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): *Jahrbuch Agrartechnik 2012*. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. – S. 1-9
- [56] Hill Holly (2008) Farm Energy Calculators: Tools for saving money on the farm NCAT 2008 NCAT ATTRA - National Sustainable Agriculture Information Service, 8 st
- [57] Hörndahl Torsten (2008) Energy Use in Farm Buildings – A study of 16 farms with different enterprises Revised and translated second edition Swedish University of Agricultural Sciences Faculty of Landscape Planning, Horticulture and Agricultural Science Report 2008:8 Landscape Horticulture Agriculture , 69 st.
- [58] Jacob Jacquie (2009) Poultry's carbon footprint Cheeps & Chirps Points for Poultry Profitability VOLUME 2 , ISSUE 4 DECEMBER, 2009
- [59] Janžekovič M, Muršec B., Vindiš P., Čuš F. (2009) Energy saving in milk processing, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 33/2 (2009) 197-203.
- [60] Johnson, D, E, Phetteplace, H, W, Seidl, A, F, Schneider, UA, McCarl, B, A. Management variations for U.S. beef production systems: effects on greenhouse gas emissions and profitability, 9 st.
- [61] Kallivroussis L., Natsis A., Papadakis G. (2002) The Energy Balance of Sunflower Production for Biodiesel in Greece *Biosystems Engineering* (2002) 81 (3), 347–354 doi:10.1006/bioe.2001.0021
- [62] Kelly S. Davis. Corn Milling, Processing and Generation of Co-products Minnesota Nutrition Conference, 6 st
- [63] Kimberly L., Jensen Roland K., Roberts Burton C. (2012) English Poultry Farmers' Willingness to Participate in Energy Audits December 2012 *Journal of Extension*, Volume 50 Number 6, 11 st
- [64] Kirsten Ritchie. Steel for packaging From farm to table: An energy consumption assessment of refrigerated, frozen and canned food delivery *Scientific Certification Systems*, 31 st
- [65] Kiyotada Hayashi, Gérard Gaillard and Thomas Nemecek Life cycle assessment of agricultural production systems: current issues and future perspectives . 13 st
- [66] Kodrič Ivan; Torič Miran; Caf Alenka; Brence Andreja; Mavsar Martin; et al; (2013) Tehnološka navodila za pridelovanje jabolk Ljubljana : Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, 2013, 81 st
- [67] Kutin Slatnar Barbara et al. (2012) Popis kmetijstva 2010 - vsaka kmetija šteje! Ljubljana : Statistični urad Republike Slovenije, 2012. 50 st
- [68] Lammers P. J., Kenealy M. D., Kliebenstein J. B., Harmon J. D., Helmers M. J.,

- Honeyman M. S. (2012) Energy use in pig production: An examination of current Iowa systems¹ *J. Anim. Sci.* 2012. 90:1056–1068
- [69] Lammers P.J., Honeyman M.S., Harmon J.D., Helmers M.J. (2010) Energy and carbon inventory of Iowa swine production facilities. *Agricultural Systems* 103 (2010) 551–561
- [70] Leinonen Ilkka and Kyriazakis Ilias (2013) Quantifying the environmental impacts of UK broiler and egg production systems *Lohmann Information* Vol. 48 (2), Oct. 2013, st 45 -50
- [71] Lieffering, M., Ledgard, S.F., Boyes, M. and Kemp, R. A Greenhouse Gas Footprint Study for Exported New Zealand Beef Meat Industry Association, Ballance Agri-Nutrients, Landcorp and MAF, February 2012, AG Research, 35 st.
- [72] Life Cycle Analysis and Carbon Footprinting with respect to Sustainability in the Agri-food sector. IUFoST International Union of Food Science and technology Scientific Information Bulletin (SIB) April 2010, 8 st
- [73] Lindenthal Thomas, Markut Theresia, Hörtenhuber Stefan, Theurl Michaela, Gwendolyn Rudolph Greenhouse Gas Emissions of Organic and Conventional Foodstuffs in Austria 6 st
- [74] Lynch Derek H., MacRae Rod and Martin Ralph C. (2011) The Carbon and Global Warming Potential Impacts of Organic Farming: Does It Have a Significant Role in an Energy Constrained World? *Sustainability* 2011, 3, 322-362; doi:10.3390/su3020322
- [75] McCargar Marlis, Burton Heather, Perry Caitlin (2005) Ecological Footprint: Eggs *Geography* 214 TA: Megan Thompson Section: LS04 5 April 2005, 13 st
- [76] McCutcheon Gerard. Energy use on pig farms, 16 st
- [77] Merritt Steve, Kelly Rebecca, Moakes Simon (2010) Organic poultry production for meat *Organic Farming Technical Guide*, Organic Ceneter Wlaes, 38 st
- [78] Messineo Antonio, Volpe Roberto and Asdrubali Francesco (2012) Evaluation of Net Energy Obtainable from Combustion of Stabilised Olive Mill By-Products *Energies* 2012, 5, 1384-1397; doi:10.3390/en5051384
- [79] Middleton Simon, Zeppa Aldo, McWaters Allan, Horlock Christine, Nimmo Peter and Rickard David (2008) Growing Organic Apples - World class production systems for new Australian apple varieties Publication No. 08/123 Rural Industries Research and Development Corporation. 40 st
- [80] Mihelič Rok..et al. (2010) Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje. Ljubljana : Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, 2010, 185 st
- [81] Mogensen L., Hermansen J.E., Halberg N, Dalgaard R. Life Cycle Assessment across the Food Supply Chain, In: Baldwin, Cheryl J. (Ed.) *Sustainability in the Food Industry*. IFT Press. Wiley-Blackwell, chapter 5, pp. 115-144. Archived at <http://orgprints.org/15610>
- [82] Morsing S., Pedersen S., Strøm J. S. and Jacobsen L.(2002) Energy Consumption and Air Quality in Growing/Finishing Pig Houses for Three Climate Regions Using CIGR 2002 Heat Production Equations. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. Vol. VII. Manuscript BC 05 007. September, 2005, 17 st.
- [83] Nielsen Nicolaj Ingemann, Jørgensen Malene & Rasmussen Inger Knude(2013) Greenhouse Gas Emission from the Danish Broiler Production estimated via LCA Methodology 2013 *AgroTech A/S*, Institute for Agri Technology and Food Innovation, Knowledge Centre for Agriculture,
- [84] Olive Oil Recovery Machines and process lines from GEA Westfalia Separator, GEA Mechanical Equipment, 24 st

- [85] Özilgen Mustafa, Sorgüven Esra (2011) Energy and exergy utilization, and carbon dioxide emission in vegetable oil production. *Energy* 36 (2011) 5954 -967
- [86] Pimentel David (2006) Impacts of Organic Farming on the Efficiency of Energy Use in Agriculture An Organic Center State of Science Review Cornell University, Ithaca NY August 2006, 40 st
- [87] Prichard David L., Marshall Timothy T. Effects of Cow Size and Milk Production on Nutrient Requirements, 6 st.
- [88] Producing food sustainably: Example 1 – Beef and dairy Created by Cambridge Sustainable Food Alliance (CaSFA) September 2011.
- [89] Product Carbon Footprint Summary, Tesco 2012, 31 st.
- [90] Pušenjak Miša (2010) Tehnološka navodila Ekološka pridelava vrtnin v rastlinjaku, KGZS 2010, 8 st
- [91] Rajaniemi M. and Ahokas J. (2012) A case study of energy consumption measurement system in broiler production *Agronomy Research Biosystem Engineering Special Issue 1*, 195-204, 2012
- [92] Rajaniemi M. and Ahokas J. Energy consumption in broiler production, 6 st
- [93] Ramirez C.A., Patel M., Blok K. (2006) From fluid milk to milk powder: Energy use and energy efficiency in the European dairy industry *Energy* 31 (2006) 1984–2004
- [94] Reinhardt G.A., Braschkat J., Patyk A., Quirin M. (2003) Life cycle analysis of bread production – a comparison of eight different options 4th International Conference: Life Cycle Assessment in the Agri-food sector Horsens (DK) from 6. – 8. October 2003, 28 st
- [95] Rugani, Benedetto and Vázquez-Rowe, Ian, Benedetto, Graziella and Benetto, Enrico (2013) A Comprehensive review of carbon footprint analysis as an extended environmental indicator in the wine sector. *Journal of cleaner production*, Vol. 54 , p. 61-77
- [96] Russo C., Cappelletti G. M., Nicoletti G. M. (2008) LCA of energy recovery of the solid waste of the olive oil Industries 6th International Conference on LCA in the Agri-Food Sector, Zurich, November 12–14, 2008, 7 st
- [97] Sainz Roberto D. Livestock-environment initiative fossil fuels component framework for calculating fossil fuel use in livestock systems University of California, 20 st
- [98] Sarrouy Carla, Lillywhite Rob, Davidson Joe. Product Energy Use within the Agri-Food Supply Chain. VIIIth international conference on Life Cycle Assessment in the Agri – food Sector, Saint Malo France
- [99] Schroeder Roberto, Baines Richard, Kluwe Aguiar Luis. Carbon Footprint in Meat Production and Supply Chains , 4 st
- [100] Sector Focus Dairy Processing Fostering the Development of Technologies and Practices to Reduce the Energy Inputs into the Refrigeration of Food
- [101] Sims Ralph, Taylor Michael, Sadoler Jack, Mabee Warren. (2008) From 1st to 2nd generation biofuel technologies. International energy Agency, OECD / IEA 2008, 124 st.
- [102] Soja, G., Zehetner, F., Rampazzo-Todorovic, G., Schildberger, B., Hackl, K., Hofmann, R., Burger, E., Grünberger, S. und Omann, I. (2010) Weinbau im Klimawandel: Anpassungs- und Mitigationmöglichkeiten am Beispiel der Modellregion Traisental, Abschlussbericht Austrian Institute of Technology - AIT, GfId. Umweltressourcen, 2444 Seibersdorf, 185 st
- [103] Sonesson Ulf Life Cycle Based Research In Food and Agriculture SIK –The Swedish Institute for Food and Biotechnology Göteborg, Sweden

- [104] Sonesson Ulf, Cederberg Christel and Berglund Maria. (2009) Greenhouse gas emissions in chicken production decision support for climate certification. *Klimatmaerkning foer mat. Report 2009:6*, 22 st
- [105] Sonesson Ulf, Cederberg Christel and Berglund Maria. (2009) Greenhouse gas emissions in beef production decision support for climate certification, *Klimatmaerkning foer mat. Report 2009:4*, 31 st
- [106] Sonesson Ulf, Cederberg Christel and Berglund Maria. (2009) Greenhouse gas emissions in milk production decision support for climate certification, *Klimatmaerkning foer mat. Report 2009:3*, 39 st
- [107] Sonesson Ulf, Cederberg Christel and Berglund Maria. (2009) Greenhouse gas emissions in pig meat production decision support for climate certification, *Klimatmaerkning foer mat. Report 2009:5*, 32 st
- [108] Strgulec Mateja. *Ekološka pridelava žit. KGZS; KGZ Novo Mesto*, 3 st
- [109] Subak Susan (1999) Global environmental costs of beef production. *Ecological Economics* 30 (1999) 79–91
- [110] Swine production and greenhouse gases. *Fédération des producteurs de porcs du Québec*, 24 st
- [111] Tehnološka navodila za integrirano pridelavo poljščin leto 2013, Ministrstvo za kmetijstvo in okolje, 2013, 74 st
- [112] Tehnološka navodila za integrirano pridelavo sadja 2013 Ministrstvo za kmetijstvo in okolje, 62 st.
- [113] Tehnološka navodila za integrirano pridelavo zelenjave leto 2012. Republika Slovenija Ministrstvo za kmetijstvo in okolje, 118 st
- [114] Terry Leon A., Mena Carlos, Williams Adrian, Jenney Nigel, Whitehead Peter (2011) Fruit and vegetable resource maps. WRAP, 94 st
- [115] Thompson J. F., Mejia D. C., Singh R. P. (2010) Energy use of commercial forced-air coolers for fruit. *Applied Engineering in Agriculture* Vol. 26(5): 919-924
- [116] Tyers Mike. How Poultry Farmers can Reduce their Eco-footprint A report on a study tour
- [117] Upton John, Murphy Michael. (2010) Dairy Farm Energy Consumption, Teagasc National Dairy Conference 2010, 11 st
- [118] Vázquez-Rowe Ian, Rugani Benedetto, Benetto Enrico (2013) Tapping carbon footprint variations in the European wine sector *Journal of Cleaner Production* 43 (2013) 146e155
- [119] Veermäe I., Frorip J., Kokin E., Praks J., Poikalainen V., Ruus A., Lepasalu L. Energy consumption in animal production Estonian University of Life Sciences, 14 st
- [120] Wheat Flour agribusiness. Handbook Investment Centre Division FAO, FAO 2009, 35 st
- [121] Williams Adrian, Audsley Eric, and Sandars Daniel (2010) LCA Case Studies Assessing ideas for reducing environmental Burdens of Producing Bread Wheat, Oilseed Rape and Potatoes in England and Wales using simulation and system modelling, *International Journal of Life Cycle Assessment*, Volume 15, Number 8, 2010, Pages 855-868
- [122] Wojdalski Janusz, Drózdź Bogdan, Lubach Michał (2007) Factors Influencing Electrical Energy Consumption in Fruit and Vegetables Processing Plants polish journal of food and nutrition sciences. 2007, Vol. 57, No. 2(A), pp. 195-199
- [123] Wojdalski Janusz, Drózdź Bogdan, Lubach Michał (2007) Factors influencing energy consumption in fruit and vegetable processing plants TEKA Kom. Mot. Energ. Roln.,

- [124] Woods Jeremy, Williams Adrian, Hughes John K., Black Mairi and Murphy Richard (2010) Energy and the food system *Phil. Trans. R. Soc. B* (2010) 365, 2991–3006
- [125] Ziesemer Jodi (2007) Energy use in organic food systems Natural Resources Management and Environment Department Food and Agriculture Organization of the United Nations, 28 st
- [126] Zygouras G., Kornaros M., Angelopoulos K. (2005) Life cycle assessment (LCA) as a tool for assessing the environmental performance of flour production in Greece. Proceedings of the 9th International Conference on Environmental Science and technology, Rhodes Island, Greece, 1- 3 September 2005, 6 st.
- [127] Žitnik Mojca et al (2011) Okolje, energetika in transport v številkah : Statistični urad Republike Slovenije, 61 st.
- [128] European Commission, European Green Deal, COM (2019), 640 Final, 11.12.2019
- [129] REGULATION (EU) 2021/1119 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 30 June 2021, establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 ('European Climate Law')
- [130] European Environment Agency (EEA), European Union emission inventory report 1990-2020 Under the UNECE Air Convention, Report No 03/2022
- [131] Al-Mansour, F., Jejcic, V.: A model calculation of carbon footprint of agricultural products: The case of Slovenia, *Energy* 1 – 9, www.elsevier.com/locate/energy, 2016
- [132] Guidelines to Defra/DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting, AEA for the Department of Energy and Climate Change (DECC) and the Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra), 2012
- [133] Handler, F., Nadlinger, M.: Trainer handbook, D 3.8 Strategies for saving fuel with tractors, EU project Intelligent Energy Europe, Efficient 20, IEE/09/764/SI2.558250, 2012
- [134] Jejcic, V., Al-Mansour, F.: Carbon footprint of conventional and organic crop production, *Actual Tasks on Agricultural Engineering: proceedings of the 42nd International Symposium on Agricultural Engineering*, Opatija, Croatia, 25-28 February 2014
- [135] Bogaert, L., Mathieu, H., Mhemdi, H., Vorobiev, E. (2018). Characterization of oilseeds mechanical expression in an instrumented pilot screw press. *Industrial Crops and Products*, Volume 121, Pages 106-113, ISSN 0926-6690, <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.04.039>.
- [136] Chapuis, A., Blin, J., Carré, P.; Lecomte, D.: Separation efficiency and energy consumption of oil expression using a screwpress: The case of *Jatropha curcas* L. seeds. *Industrial Crops and Products*, Elsevier, 2014, 52, pp. 752-761. [10.1016/j.indcrop.2013.11.046](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.11.046). hal-01611995
- [137] Mizera, Č., Herák, D., Hrabé, P., Kabutey, A. (2018). Extraction of oil from rapeseed using duo screw press. *Agronomy Research*, vol. 16, Special Issue 1, pp. 1118-1123, <https://doi.org/10.15159/AR.18.059>
- [138] Özilgen, M., E., Sorgüven.: Energy and exergy utilization, and carbon dioxide emission in vegetable oil production, *Energy* 36 (2011) 5954 – 5967, www.elsevier.com/locate/energy
- [139] Amenaghawon Na, Osayuki-Aguevor W., Okieimen CO. Production of particle boards from corn cobs and cassava stalks: optimization of mechanical properties using response surface methodology. *J Mater Environ Sci*. 2016;7:1236-1244.

- [140] Anderson A., Yung A., Tanaka T. Eco-Friendly Alternatives to Wood-Based Particle Board. 2005.
- [141] Cheng E., Sun X., Karr GS. Adhesive Properties of modified soy bean flour in wheat straw particle board. *Compos Part-A Appl Sci Manuf.* 2004;35:297-302.
- [142] Iman Taha, Mohamad S. Elkafafy, Hemmed El Mously. Potential of utilizing tomato stalk as raw material for particle boards. *Ain Shams University, El-Sarayt Str. Cairo, Egypt.* 2016; 1:11517.
- [143] Jagadeash V., Venkatasubbaiah DR.K., Lakshumu Naidu A. Experimental study on mechanical behavior of natural hybrid composites filled with ground nut shellash, *Mechanics and Mechanical Engineering*, 23, str. 218 – 277, 2019
- [144] Man Mohan, Vinod K., S., Anil E. K., Gayathri V. Hydrogen storage in carbon materials – A review, *Energy storage* 2019;1:e35, Wiley, 2019
- [145] Mamza Pap, Shadrach K. The mechanical properties of urea formaldehyde Particle boards. *International Journal of Pure and Applied Sciences.* 2008; 2:15-21.
- [146] Muruganandam L., Ranjitha J., Harshavardhan A. A Review Report on Physical and Mechanical Properties of Particle Boards from Organic Waste. *International Journal of ChemTech Research.* 2016; 9:64-72.
- [147] Pinto J., Vieira B., Pereira H., Jacinto C., Vilela P., Paiva A., Pereira S., Cunha V. M.C.F., Varum H. Corn cob lightweight concrete for non structural applications, *Construction and Building Materials*, DOI:10.1016/j.conbuidmat.2012.02.043
- [148] Vasudeva N. Pulverized Maize Cob as a Recycled Agro Waste – A Feasibility Study, *International Journal Waste Resource*, Vol.10 ISS. 1 št. 376
- [149] Velkavrh E. Preliminarna preiskava ustreznosti s tkaninami iz naravnih vlaken armiranih kompozitov za ojačevanje gradbenih konstrukcij, *Dipl. naloga – Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo, Konstrukcijska smer, Ljubljana* 2010
- [150] Wen-Hui Q., Yuan-Yuan X., An-Hui L., Xiang-Qian Z., Wen-Cui L. Converting biowaste corncob residue into high value added porous carbon for supercapacitor electrodes, *Bioresource Technology* 189 (2015), str. 285 -291, Elsevier, 2015
- [151] Yong Sun, Webley P., A. Preparation of activated carbon from corncob with large specific surface area by a variety of chemicals activators and their application in gas storage, *Chemical Engineering Journal*, Elsevier, 162, str. 883 – 892, 2010
- [152] *Biobased Future. Mitteilungsblatt über Biomasse für Energie und Industrie in einer nachhaltigen Wirtschaft Nummer 5 – Jänner 2016*
- [153] Kindler Alfred (2014) *Maisspindel: Thermische und stoffliche Nutzung.* Landwirtschaftskammer Steiermark
- [154] Krotscheck Christian, Nievoll Regina, Kromus Stefan (2003) *Gewinnung von adsorptiven Produkten aus Maisreststoffen*, Kornberg Institut, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Bericht aus Energie- und Umweltforschung 22/2003 <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>
- [155] Lengauer Doris, Wenzel Klaus (2013) *Substratkultur. Haideg Abteilung 10 – Land- und Forstwirtschaft, Ausgabe 3/2013*
- [156] *Lose Maisspindeln Anforderungen und Prüfbestimmungen ÖNORM C 4003:2016-08*
- [157] *Maisspindel als Einstreu fuer Gefluegel (2012)*
<https://patentimages.storage.googleapis.com/c0/3c/c0/de85d972293c00/AT511067B1.pdf>
- [158] *Maisspindel – Ein Rohstoff der Zukunft (2011) NOEST*
- [159] *Maisspindelprodukte Corncob / Maisspindelgranulat. Ölbindemittel III R. EU-GRITS*

20. Wilderich Freiherr von Haxthausen - Maisspindelprodukte - Böckerhof 5 D-33034 Brakel / Germany
- [160] Mansour Sayed Haready 1989. Koruzni oklasek kot strukturni element kompletnih krmnih mešanic za športne konje. Biotehnična fakulteta,
- [161] Müller Ulrich (2009) Maize Cob Board (MCB) – Leichtbauwerkstoff aus landwirtschaftlichen Koppelprodukten. Startworkshop Fabrik der Zukunft, 11. Februar 2009
- [162] Müller Ulrich, Hansmann Christian, Wagenhofer Johann. „MAIzeCOboard“ (maico – Platte) Technologische Umsetzung eines Leichtbauwerkstoffs aus landwirtschaftlichen Koppelprodukten. Wood K plus
- [163] Pichler Wilfried, Weigl Martin (2015) Kompaktierte und additivierte landwirtschaftliche Biomasse-Brennstoffe AgroAddFuel AP 4 Herstellung und Bewertung der Herstellungsverfahren von kompaktierten additivierten landwirtschaftlichen Biomasse-Brennstoffen, Holz forschung Austria, 2015
- [164] Pomembnejši heterociklični sistemi
https://studentski.net/gradivo/ulj_fkt_kt1_ok1_sno_heterociklicni_sistemi_01
- [165] Pruefbericht PB 2001822 (2020) DEKRA – Labor fuer Umwelt- Und Produktanalytik
- [166] Rathbauer Josef, Sulzbacher Lukas, Handler Franz, Blumauer Emil (2015) Grundlagenuntersuchung zu Verwertungsmöglichkeiten von Maisspindeln. Abschlussbericht zum Forschungsprojekt Nr. 100943, HBLFA Francisco Josephinum, AT 3250 Wieselburg, des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
- [167] UREDBA KOMISIJE (EU) 2017/1017 z dne 15. junija 2017 o spremembi Uredbe Komisije (EU) št. 68/2013 o katalogu posamičnih krmil. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32017R1017&from=DE>
- [168] www.oelbinder.de
- [169] www.maisspindelgranulat.de
- [170] Aleksandar Asonja, Eleonora Desnica & Ljiljana Radovanović (2017) Energy efficiency analysis of corn cob used as a fuel, Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy, 12:1, 1-7, DOI: 10.1080/15567249.2014.881931
- [171] ASG Analytik – Service AG: Report no.: 2904608-1: Calorific value, lower
- [172] Austrian Bioenergy Center GmbH
- [173] KWB priručnik o gorivu. www.kwb.si, IN Brennstoff-Fibel 14 A4 Si
- [174] Riva, G., Sissot F.: CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Volume V - Energy & Biomass Engineering, pog. 3.1.2, Biomass Resources, ASAE, St. Joseph MI SAD 1999, s. 164 – 201
- [175] S.A. El-Sayed, M. Khairy.: Preparation and Characterization of Fuel Pellets from Corn Cob and Wheat Dust with Binder
- [176] Sitkei, G.: Mechanics of Agricultural Materials, Deptment of Woodworking machines, University of Forestry and Wood Science, Saprón, Hungary, Elsevier, 1986