

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизација

Предмет: Основи конструисања

Број индекса: 38/2010

Милан (Бранко) Новаковић

Конструисање машине за производњу пелета

Завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Ненад Марјановић, ред.проф. - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да у форми:

1. Увод
2. Економска анализа
3. Приказ постојећих и избор конструктивног решења за даљу разраду
4. Димензионисање елемената и израда техничке документације конструкције
5. Упутство за монтажу и одржавање
6. Закључак
7. Литература

Изврши:

а) Приказ постојећих конструктивних решења и

б) Изврши конструисање машине за пелетирање биљног материјала за кућне потребе

Препоручена литература

[1] С. Јовичић, Н. Марјановић, ОСНОВИ КОНСТРУИСАЊА, издање 2011.

[2] В. Николић, МАШИНСКИ ЕЛЕМЕНТИ, издање 2004.

[3] PelHeat.com, THE BEGINNERS GUIDE TO PELLET PRODUCTION,

Крагујевац

ментор
Др Ненад Марјановић, ред. Проф.

Резиме: Тема овог рада је конструкцијско решење машине за пелетирање. У тексту овог рада биће објашњен принцип рада разних идејних решења као и прорачун машине која има најбољи потенцијал. Такође је објашњен разлог коришћења пелета и урађена је економска анализа која се односи на потенцијал дрвног отпада и шума у Србији. У оквиру ове анализе приказана је мапа већ постојећих произвођача као и места која имају висок потенцијал за коришћење ове машине. Такође објашњава и будућим корисницима ове машине, односно будућим произвођачима које све могу материјале користити и где их набавити.

Кључне речи: Машина за пелетирање, пелет

Abstract: This paper presents a construction of pelleting machine. In the text furthermore will be explained the principle of working of various existing idea solutions, with highlight on best solution whom calculations will be given. Economic analysis is also provided concerning the potential of wood waste and forests in Serbia. This analysis also includes the map of the current manufacturers as well as places with high potential for using this machine. This paper will also explain to future users of this machine, future pellet manufacturers what materials can they use and where to get them.

Keywords: Pelleting machine, pellet

Садржај

1. Увод	5
2. Економска анализа, испитивање потенцијала.....	7
2.1 Разлог коришћења пелета.....	7
2.2 Потенцијал шумског дрвета у Србији.....	8
2.3 Дрвни отпад у шумарству	12
2.4. Дрвни остаци у индустрији прераде дрвета	13
3. Конструисање машина за пелетирање.....	18
3.1. Постојећа идејна решења	18
4. Радна машина	24
4.1. Димензионисање матрице.....	24
4.2. Димензионисање ваљака	24
4.3. Прорачун пелетирке	25
4.3.1. Основни прорачун.....	25
4.3.2. Димензионисање вратила (осовине) ваљака	27
4.3.3 Димензионисање вертикалног вратила везаног за вратило ваљака	29
4.3.4 Димензионисање међувратила.....	30
4.3.5 Лежајеви на ваљцима.....	31
4.3.6 Усвајање погона радне машине	32
5. Упутство за монтажу	35
6. Закључак	36
Литература	37
Прилог а) технички цртежи и документација.....	38

1. Увод

Пелет је производ који се добија искључиво пресовањем под великим притиском пиљевине и струготине сувог високо калоричног дрвета без додавања било каквих везивних средстава, са веома малом количином влаге (8-12%) али то изискује употребу хидрауличних преса притисака од 150-250 bar. Уколико се пелет производи додавањем неког везивног средства, нпр лепак за тапете, потребан притисак се драстично смањује и могуће га је производити на машинама заснованим на коришћењу ваљака с' тим да се и квалитет пелета смањује. Производи се од храста, букве, јасена, граба, тополе, липе и др. Цилиндричног су облика, квалитетно и врло калорично гориво чијим сагоријевањем настаје свега 1% пепела. Због облика и величине лако се транспортују, једноставно се пуне ложишта пећи које користимо за грејање наших дома. У потпуности задовољавају високе еколошке стандарде чиме нам омогућавају квалитетнији живот не угрожавајући околину и природу. Килограм пелета може произвести око пет киловат сати топлотне енергије. Количина енергије коју добивамо горењем 2 kg пелета једнака је литру ложивог уља. Осим енергетске уштеде, пелети су и еколошки подобна сировина. Изгарањем пелета ствара се иста количина CO_2 колику је дрво користило приликом свог раста. Због тога је пелет неутрални носач CO_2 енергије. Приликом производње, припреме и транспорта пелета ствара се занемарива количина CO_2 .

Предности овог горива је што може да се користи као течно, односно из spremника излази одређена количина пелета, па није потребно, да се, као код угља и дрва на сваких пар сати поново ложи. Искоришћеност енергије код пелета је преко 90%, док је код класичних пећи, котлова и камина на угаљ и дрва највише 70%. За грејање на пелете није неопходно имати класични оцак јер није потребан „цуг“, односно разлика у притиску између атмосфере и притиска у котловима, дим може да иде и кроз обичну цев. Свакако најбитнији елемент је економска исплативост добијања топлотне енергије произведене од пелета који је од два до шест пута јефтинији у односу на оне који се добијају из фосилних горива

Искоришћавање фосилних горива има своју цену, врло високо загађење са променама које се одражавају на климу. Кјото протокол обвезује индустријализоване земље, које су одговорне за преко 70% глобалног загревања да смање емисије штетних гасова за 5,2% до 2012-те. Један од начина испуњења тих обавеза предложен од стране протокола је производња обновљивих извора енергије, од којих дрво представља једно од најзаступљенијих у Европи.

Када је периодична сеча дрвећа мања или једнака расту дрвећа и шума, употреба дрва не доприноси повећању CO_2 у атмосфери. Количина CO_2 која се ослободи сагоревањем дрвета је једнака количини које дрво искористи из атмосфере у току раста и једнака количини која би се ослободила приликом природног процеса распадања у шуми. За разлику од тога, употреба фосилних горива узрокује значајан раст количине CO_2 у

атмосфери. Иако се произведе једнака количина енергије, количина CO_2 која се испусти у атмосферу при употреби нафте или гаса је отприлике 20 пута већа од оне која се испусти коришћењем дрва. Употреба дрва има значајне предности и емитује много мање свеукупног CO_2 .

Сагоревање дрвета је хемијска реакција оксидације дрвета која ослобађа енергију у облику топлоте. Процес сагоревања се одвија у три фазе, у зависности од температуре:

1. Испаравање воде: на 100°C дрво почиње губити влажност;
2. Пиролиза: на $100\text{--}105^\circ\text{C}$ почиње испаравање угљених хидрата у дрвету. Дрво мења структуру и његова порозност се повећава (угљен);
3. Сагоревање испаривих компонената: на $500\text{--}600^\circ\text{C}$ испариве компоненте (гас), које представљају 75% горива почињу сагоревати. Изнад $800\text{--}900^\circ\text{C}$ већина енергије је ослобођена у облику топлоте. Сагоревање дрвета је завршено када су све компоненте реаговале са ваздухом и када су изгореле. У ложишту, циљ је максимизирати ефикасност тих процеса, ограничавајући губитак енергије у облику гасова који не достигну сагоревање. Присутност фаза сагоревања узрокује интензитет који није увијек константан. Контролисана количина дотока ваздуха у модерним ложиштима ствара константније услове сагоревања, осигуравајући боље перформансе.

Пелет, насупрот горивима базираним на нафти и угљу, не садржи супстанце које су токсичне за људе и околину. Материјал потребан за производњу је од високо калоричног дрвета. Модерна производња и прописани стандарди квалитета доприносе да пелет има уједначену горивост и константну енергију.

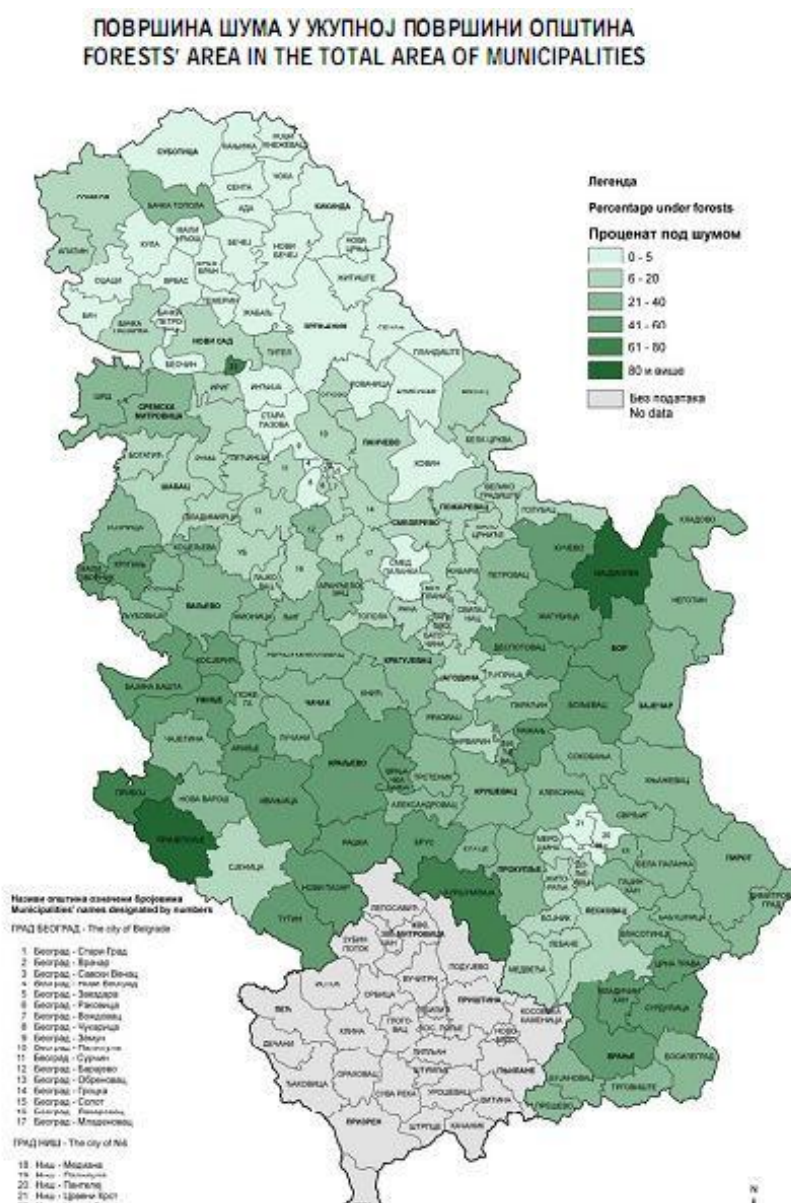
Енергетска вредност	4,9 kW/kg
2 kg пелета	1 литар уља за ложење
1 m ³ пелета	320 литара уља за ложење
Тежина 1 m ³ пелета	640 kg
Остатак сагоревања	1% пепела

Табела 1.0 Упоредна вредност пелета и лож-уља

2. Економска анализа, испитивање потенцијала¹

2.1 Разлог коришћења пелета

Са територијом од 77 474 km² и 7,4 милиона становника (без територије Косова и Метохије) Србија припада групи европских земаља средње величине. Генерално посматрајући, северни део територије Србије је равничарско пољопривредни регион, док је јужни део планински регион богат шумама



Слика 2.1.1. Удео површине под шумом у укупној територији општине (Статистички годишњак, 2007, Републички завод за статистику) [14]

¹ Друго поглавље је наведено из литературе [14] сем супротно назначених

Што се тиче остатака биомасе, постоје пољопривредни остаци на северном делу Србије, то је углавном слама од пшенице, али тако је слама од соје и ражи, и остаци од сунцокрета и кукуруза. Процењени енергетски потенцијал пољопривредне биомасе из житарица је око 1 милион тона еквивалентне нафте (то²). Највећи део пољопривредних остатака се не користи. Поред ових остатака од производње житарица, постоје додатне количине остатака биомасе у пољопривреди у воћарству и виноградарству, а тако е и у сточарству - течни стајњак за производњу биогаса.

2.2Потенцијал шумског дрвета у Србији

Шуме у Србији покривају површину од 1,98 милиона ха, што представља око 25,6% укупне територије Србије.

Један велики регион са општинама које имају велику покривеност своје територије шумом налази се на истоку Србије (слика 2.1). Тај регион сачињавају општине Мајданпек (преко 80%), затим Кучево, Жагубица, Деспотовац, Бор и Баљевац (све са по 41-60%). Други велики регион богат шумом се налази на југозападу Србије, и сачињавају га општине Пријепоље (преко 80%), Прибој и Куршумлија (61-80%), и неколико суседних општина са уделом поршине под шумом изме у 41 и 60% од територије општине. Анализирајући податке о општинама може се видети да што је општина богатија шумом она је сиромашнија у становништву и мање је економски развијена. Ова чињеница би могла да буде препрека за спровођење пројеката коришћења дрвног остатака. Због тога би дрвни отпад требало транспортовати до удаљенијих општина, а транспортни трошкови могу имати значајну улогу на исплативост пројекта коришћења дрвних остатака.

Од 146 општина у Србији у 28 општина је површина под шумом већа од 40% територије општине.

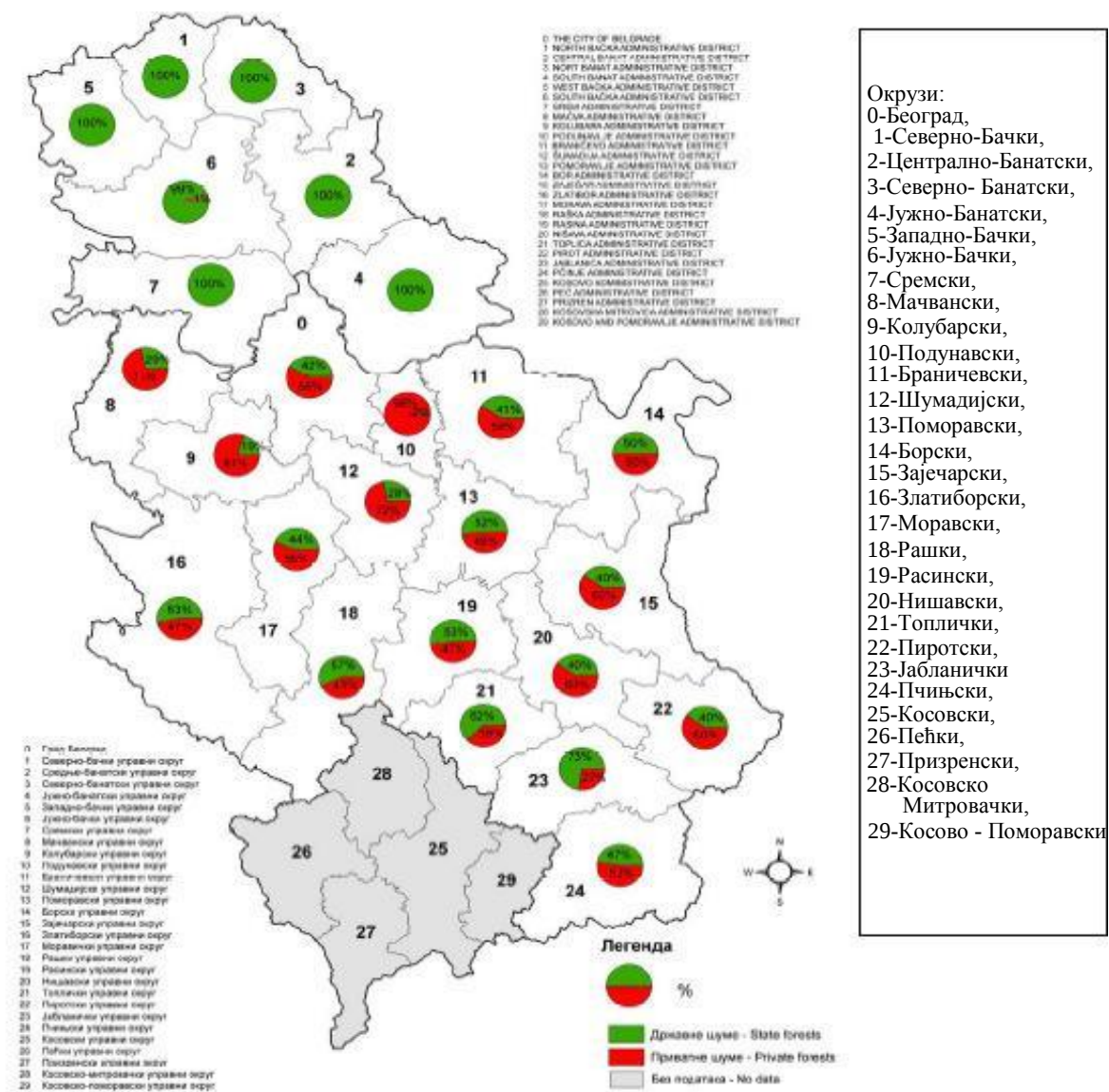
Шуме у Србији су углавном листопадне (табела 2.2.1.). Листопадне шуме покривају око 1,235 милиона ха, док четинарске шуме покривају око 0,182 милиона ха. Мешана станишта у шумама, са листопадним и четинарским дрвећем, покривају око 0,567 милиона ха.

Табела 2.2.1. *Врсте шума, њихова површина и власништво*

Површина (ха)	Листопадне шуме	Четинарске шуме	Мешана станишта	Укупно
У Србији	1,235	0,182	0,567	1,984
Државне	0,627	0,120	0,274	1,021
Приватне	0,609	0,062	0,292	0,963
Покрајина Војводина	0,093	0,001	0,069	0,163

² 1 тое – ton of oil equivalent = 41868 MJ/t

Што се тиче власништва, приближно половина шума је у државном власништву, а друга половина је у приватном. Али може се видети да је главнина четинарских шума у државном власништву. Што се тиче Војводине све шуме су државне, и практично немају четинарске шуме (слика 3.1). државним шумама у Војводини управља Јавно предузеће *Војводинашуме*. Државним шумама у осталом делу Србије управља друго јавно предузеће *Србијашуме*.



Слика 2.2.1. Власништво над шумама у општинама Србије (зелено – државне шуме, црвено – приватне шуме)

У Србији постоје четири национална парка. Идући од севера ка југу то су:

- Фрушка Гора у Војводини (25390 ha)
- Ђердап дуж Дунава (63600 ha)
- Планина Тара поред Дрине (19710 ha)
- Планина Копаоник (11810 ha)

Поред ова четири национална парка, постоје неколико већих заштићених зона природног добра кое су такође интересантне као извори дрвног остатка. То су Голија, Стара Планина и горњи ток реке Ибар. Национални паркови су државна предузећа. Заштићене зоне природног добра су у принципу мешаног власништва, неки делови су приватни, а неки су у државном власништву.

Главне врсте шумског дрвећа су: буква, топола топола и храст као представници листопадног дрвећа, а црни бор и смрека као представници четинара. Међутим, убедљиво највећи удео у шумама Србије има буква са преко 40% (табела 2.2.2.)

Табела 2.2.2. Главни параметри шума у Србији

	Укупна дрвна маса у шумама	Годишњи прираст дрвета	Сеча дрвета	Сеча/повећање
	милион m ³	милион m ³ /год	милион m ³ /год	%
Буква*	80,35	1,832	1,009	55,1
Храст*	30,81	0,821	0,249	30,3
Топола*	1,39	0,094	0,42	(a) 448
Смрека*	4,51	0,108	0,038	35,2
Црни бор*	4,09	0,085	0,044	51,9
Остало	83,46	2,228	0,825	36,1
Укупно	204,6	5,228	2,585	49,4

(*) само чиста станишта

(a)Поседњи попис шума у Србији био је 1979. У међувремену је велики број стабала тополе посађено и израсло

Према последњем попису шума у Србији, који је спроведен 1979. године, топола је била мало заступљена. Међутим у последњој деценији дрва тополе су засађена посебно у равничарским регионима поред река. Из тог разлога постоји несагласност у званичним извештајима између запремине дрвне масе тополе у шумама и сече дрвета тополе у шумама. Према подацима, сеча дрвета тополе последњих година има прилично велики удео у укупној посеченој запремини дрвета. Топола је веома погодно дрво за узгајање као енергетска сировина, пошто је њен годишњи запремински прираст масе много већи него што је то случај са другим врстама дрвећа у Србији.

За сада у Србији не постоји узгајање енергетских биљних култура, али истраживања и анализе показују да би оно земљиште које није погодно за узгајање конвенционалних пољопривредних култура могло бити погодно за узгајање шуме топола, које брзо расту и могу представљати енергетске културе. Процена је да би око 200 000 ha, земљишта у равничарским регионима поред река и канала које није погодно за пољопривреду, могло бити искоришћено за брзорастуће шуме тополе. Ово је могућност за

потенцијално повећање енергетског потенцијала дрвета у Србији.

Однос између запремине посеченог дрвета и запреминског прираста дрвета у шумама Србије је око 50%. Земље са развијеном инфраструктуром у шумама, са добрим управљањем шумама имају до 75% искоришћености од годишњег прираста дрвета у шумама. Под појмом *добра инфраструктура* главно значење је добро развијена мрежа квалитетних шумских путева која покрива све делове шуме. Са побољшањем инфраструктуре у шумама Србија би могла повећати потенцијал за одрживо коришћење дрва у шумама.

Србија има потенцијал за повећање површине под шумом. У складу са *Просторним планом Републике Србије* из 1996. године, површине под шумом треба да се повећају до 2010. године на 31,5%. На жалост овај циљ се неће моћи достићи пошто је економска криза у последњој деценији 20. века пореметила многе планове. Следећи циљ, према *Просторном плану* је да до 2050. године 41% територије Србије буде покривен шумом. Ова вредност је процењена као оптимална пошумљеност Србије. Да би се постигао овај циљ, површине под шумом би требало да се сваке године повећавају за 29 000 ha. Током периода интензивног пошумљавања осамдесетих година пошумљавање је износило око 20 000 ha годишње.

Пошумљавање спроведено у Србији у последњих неколико година (2002 -2006) показује да је интензитет пошумљавања нижи него што би требало, и износи свега 5300 ha годишње. То повећање од 5300 ha шуме треба да омогући пропорционално већи обим сече шуме за око 6900 m³.

Државно земљиште и шуме су углавном потпуно пошумљени, односно попуњени шумским дрвећем. Према тврдњама руководиоца ЈП *Србијашуме* само 10% државног земљишта је остало да се пошуми, односно државне шуме могу бити увећане само за 10%. Највећи део земљишта који треба пошумити је у приватном власништву. Због миграција становништва из малих села у градове, многе њиве у шумским регионима се не користе, тако да се на њима практично обавља споро природно пошумљавање. Међутим, много боље би било када би се пошумљавање обављало сађењем садница. Приватни власници шума не показују велико интересовање за пошумљавање. Мера коју спроводи ЈП *Србијашуме* ради повећања површине под шумама је да нуди бесплатне саднице шумског дрвећа.

Приватне шуме су у просеку површине око 0,5 ha, и из тог разлога се не може очекивати да сваки власник шуме може самостално обављати сечу дрва, скупљање и транспорт. Удружење приватних власника шума могло би решити тај проблем. Многи власници приватних шума могли би препустити удружењима управљање над својим шумама. Удружења би могла организовати све активности: пошумљавање, сечу дрвећа, прикупљање дрва и дрвних остатака, транспорт и продају. У том случају би већина власника приватних шума и запуштених њива била заинтересована за пошумљавање, пошто не би било потребе да они набављају машине, а све активности би могле бити обављене без њиховог активног учешћа. Из тог разлога требало би основати удружења власника приватних шума.

Неке друге мере, као на пример плаћање такси на некоришћено земљиште натерало би многе власнике да посаде шумско дрвеће на напуштеним њивама.

2.3 Дрвни отпад у шумарству

Од укупно посечене запремине дрвета, две главне врсте производа су: техничко обло дрво и просторно дрво. Поред ова два главна сортимената постоји и дрвни остатак који обично остаје у шуми. Од сортимената који се добију при сечи дрвета, око 90% је техничко обло дрво и просторно дрво, а око 10% је дрвни остатак сече. Поред овога у шуми остају пањеви и тање гране. Такође ту су лишће и иглице које учествују са око 2%, али њихов удео је занемарен у овој анализи. Просечан удео појединих категорија дрвета у укупној маси дрвета је дат у табели 2.3.1.

Запремина уобичајено неискоришћених делова дрвета, који садрже кору, танке гране и пањеве, износе око 42% од укупне запремине дрвне масе дрвета. То значи да према садашњој сечи дрвета у шуми, обично око 1,1 милион m^3 дрвних остатака, то јест дрвног отпада, остаје након сечења. Ови остаци су различити по величини и облику, и расути су по шуми. Што се тиче квалитета биомасе ови остаци се могу користити као извор енергије, а неки могу бити искоришћени за производњу дрвених плоча. Који део остатака ће бити искоришћен углавном зависи од врсте терена, шумске инфраструктуре и раздаљине до места за искоришћење остатака.

У равничарским шумама, где је приступ сваком делу шуме лак, могуће је искористити остатке настале при сечи скоро 100%. Међутим у планинским шумама, са врло стрмим нагибима, са шумском инфраструктуром у лошем стању, и где је неопходно заштити земљиште од ерозије, проценат шумских остатака који се могу извући из шуме је мањи. Са бољом шумском инфраструктуром и са одговарајућом ценом за шумске остатке много већа количина шумских остатака би била искоришћена него што је то сада случај.

Табела 2.3.1. *Просечан удео различитих категорија дрвета у укупној запремини дрвета*

	Државне шуме	Приватне шуме	Просек	Коментар
Техничко обло дрво (обловина)	24	8	16	Комерцијално
Просторно дрво	34	50	42	Комерцијално
Шумски остатак са кором	9	9	9	Делимично се користи
*Танке гране са кором	11	11	11	Делимично се користи
Пањеви са кореном	18	18	18	Остаје у шуми
Укупно	100%	100%	100%	

Интересантно је да око 3% од обима сече дрвета остаје у шумама упркос чињеници да су то крупни остаци (гуле, рачве грана) који би могли релативно лако бити скупљени и транспортовани. Узимајући у обзир садашње стање обима сече дрвета у шуми ови велики комади шумског остатка износе око 750 000 m^3 годишње.

Ако би се сав дрвни остатак у шумама сабрао, то би износило 1,1 милион m^3 . Међутим, један део дрвног остатка се већ прикупља и продаје као дрвни отпад. Поред тога, пањеви се не ваде увек из земље. Дрва тополе су обично млада са релативно плитким кореном, и после сече дрвета пањ тополе се лако вади из земље. Ме утим, буква и храст одабрани за сечу су обично старија дрвећа са дубљим корењем, па из тог разлога њихово корење обично остаје у земљишту. Практично око 600 000 m^3 дрвног остатка (не рачунајући пањеви) годишње остаје у шуми.

2.4. Дрвни остаци у индустрији прераде дрвета

Као резултат пераде дрвета постоје три главне врсте остатка према величини: кора, крупни остаци након сечења обловине и ситни остаци (пиљевина, струготина, дрвна прашина). Обично је у пилама од укупне количине дрвета која се прерађује између 50 и 65% комерцијални производ, а остатак је дрвни отпад (табела 2.4.1). У зависности од квалитета остатка, на пример да ли је кора скинута или не, остатак може да се користи за производњу дрвених плоча. У другом случају остатак се може користити као огрев. На основу годишње производње резаног дрвета од 397000 m^3 у 2006. години отпад у пилама је износио око 480000 m^3 .

Многе пилане су мале, а само неколико је великих. Претпостављајући да мале пилане обраде око 50% укупне количине дрвета која се обради у свим пилама, да оне не користе остатке дрвета, онда са укупном производњом од 397000 m^3 резаног дрвета, количина отпада у малим пилама износи (табела 2.4.1.):

- струготине 68 000 m^3
- пиљевине 30000 m^3
- крупних комада дрвета 91000 m^3
- коре 51000 m^3

што укупно износи 240000 m^3 .

Табела 2.4.1. Остаци у пилама

	Тврди лишћари (буква, храст) (%)	Меки лишћари и четинари (%)
Комерцијални главни производ	50	65
Остаци		
Крупни комади	24	12
Струготина	18	14
Ситни комадићи и прашина	8	7
Тотал	100	100
Кора	14*	14*

*кора је додатни остатак

За различите производе од дрвета различити процеси се спроводе и различити су односи између количине комерцијалног главног производа и количине остатака. Али генерално, количина дрвног отпада је око 50%. На пример при производњи финалних дрвених производа, као на пример намештаја, количина отпада је и преко 50%.

У финалној преради дрвета, производњи намештаја, прозора и врата, користи се осушено резано дрво. Количина остатка зависи од финалног производа и примењене технологије. Табела 2.4.2. садржи уобичајене уделе главног комерцијалног производа и различитих остатака када се користи резано дрво.

Табела 2.4.2. Остаци у финалној преради дрвета када је резано дрво

	Сировина, удео (%)
Главни комерцијални производ	35
Остаци	
После сечења	57
После финалне обраде	3
Шкарт	5

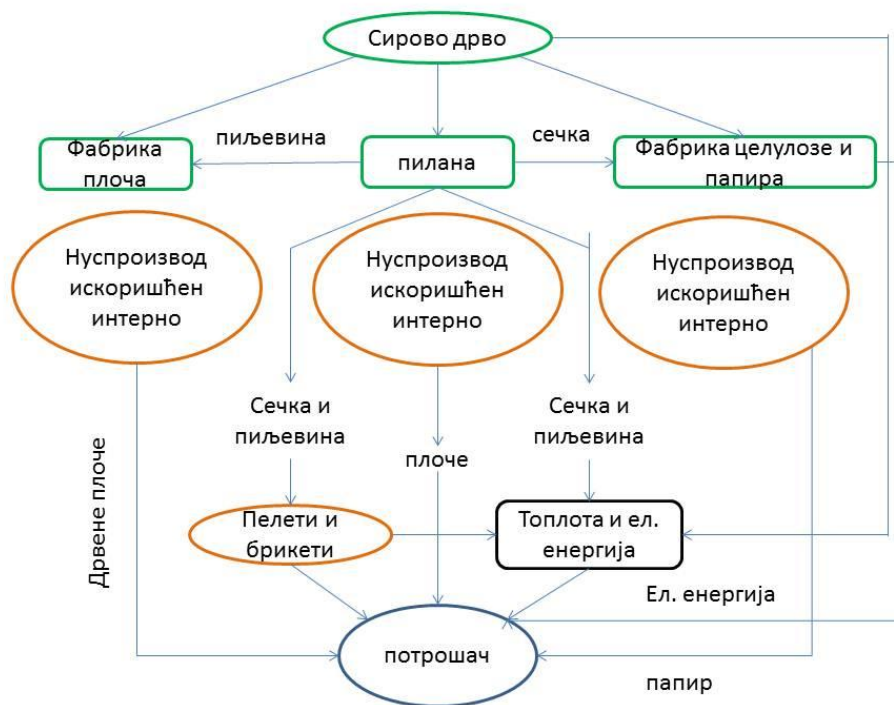
Међутим, други процеси производње производа од дрвета, на пример производња дрвених плоча, могу бити погодни за искоришћење различитих врста дрвених остатака. Главна сировина за производњу пресоване иверице је такозвано просторно дрво, то јест посечено дрво, као и крупни остаци настали током примарне прераде дрвета. У Србији је производња плоча од пресоване иверице заснована на буковом дрвету. Пошто је дозвољена количина коре у сировини за производњу пресоване иверице до 10% онда се са буковог дрвета не скида кора. Из тог разлога су остаци у производњи пресоване иверице врло мали, свега 15%, и састоје се од дрвене прашине и крупних остатака од сечења плоча на правилне облике. Главни део крупног остатака може бити рециклиран, то јест враћен и поновно искоришћен за производњу плоча. Само мали део остатака у овим предузећима остаје неискоришћен да би се могао користити у друге сврхе, на пример за производњу биогорива или у директном сагоревању за производњу енергије.

Инсталисани капацитет једине фабрике плоча од пресоване иверице у Србији је 75000 m³/год. Садашња производња плоча је мања од инсталисаног капацитета. План фабрике је да се прво достигне инсталисани капацитет производње, а затим да се производња повећа на 120000 m³/год. Са садашњим увозом од 170000 m³ плоча од пресоване иверице, будућа производња овог предузећа неће задовољити домаће потребе. Будућа повећана производња плоча од иверице неће угрозити будуће произвођаче дрвених пелета, пошто ће се потрошња сировине за производњу ових плоча повећати за око 70000 m³, што је око 7% од укупне количине расположивих дрвених остатака у шуми и пиланама. Ипак главна сировина за производњу плоча од пресоване иверице је дрво, уз додатак дрвног остатка из пилана.

Што се тиче сировине за производњу чврстих биогорива (пелета, сечке), може се рећи да зависи од тржишта да ли ће се остаци из различитих процеса прераде дрвета користити за производњу плоча или за производњу пелета.

Генерални ток дрвета и дрвних остатака у дрвној индустрији је представљен на слици 2.4.1. У добро организованим предузећима која се баве производњом плоча или целулозе и папира, практично сви нуспроизводи, а то значи и дрвни остаци, могу бити интерно искоришћени. Неке количине дрвног остатка могу се рециклирати или искористити као гориво. Ови производни процеси захтевају доста топлотне енергије, паре или топле воде, поред електричне енергије, тако да ова предузећа не би требало да буду места где би будући произвођачи дрвених пелета набављали сировину за своју производњу. Тако би требало да је у добро организованим предузећима. Али предузећа у Србији која производе целулозу и папир имају дрвни отпад. Упркос садашњем стању дрвног отпада у овим предузећима, будући произвођач пелета не би требало да заснива своју производњу на дрвним остацима из ових предузећа. Практично у добро организованој привреди са добро организованим предузећима, само су пилане локације где постоји вишак дрвног остатка. У пиланама се део остатка користи интерно, али значајне количине остатка су расположиве за друге потребе, као што је на пример производња пелета или за директно сагоревање и производњу енергије.

Као закључак може се рећи да као сировина за производњу пелета највећа количина дрвног остатка долази из сече дрвета у шуми и из пилана. Остала предузећа прераде дрвета, посебно она мала, имају расположиве остатке дрвета такође. Стога се укупна количина дрвног остатка за производњу пелета процењује на око 1 милион m^3 , а састоји се од дрвног остатка при сечи дрвета у шуми око 0,6 милиона m^3 , из пилана око 360000 m^3 (као средња вредност максималне вредности од 480000 m^3 и минимално расположивог остатка од 240000 m^3) и из осталих предузећа прераде дрвета не више од 50000 m^3 .



Слика 2.4.1. Ток производа и нус-производа од шумског дрвета у индустрији прераде дрвета[9]

На основу процењене количине садашњих расположивих дрвних остатака, затим планиране стопе пошумљавања, на основу неопходног развоја шумске инфраструктуре (шумских путева) који доприносе већем искоришћењу шума, и на основу очекиване будуће производње плоча од пресоване иверице као главног конкурента производњи дрвених пелета од дрвног остатка, може се проценити будући потенцијал за производњу дрвених пелета (табела 3.10).

Постоје два сценарија до 2015. године. Један је када се задржава садашње стање шумских путева, што значи само 50% искоришћеност шума. У том случају укупна сеча шума била би незнатно повећана на основу пошумљавања у претходном периоду. Други сценарио је заснован на претпоставци да ће нови шумски путеви бити изграђени, а постојећи побољшани. То би довело до већег обима сече шума, доводећи до степена искоришћености шума од око 75%, као што је то у развијеним земљама.

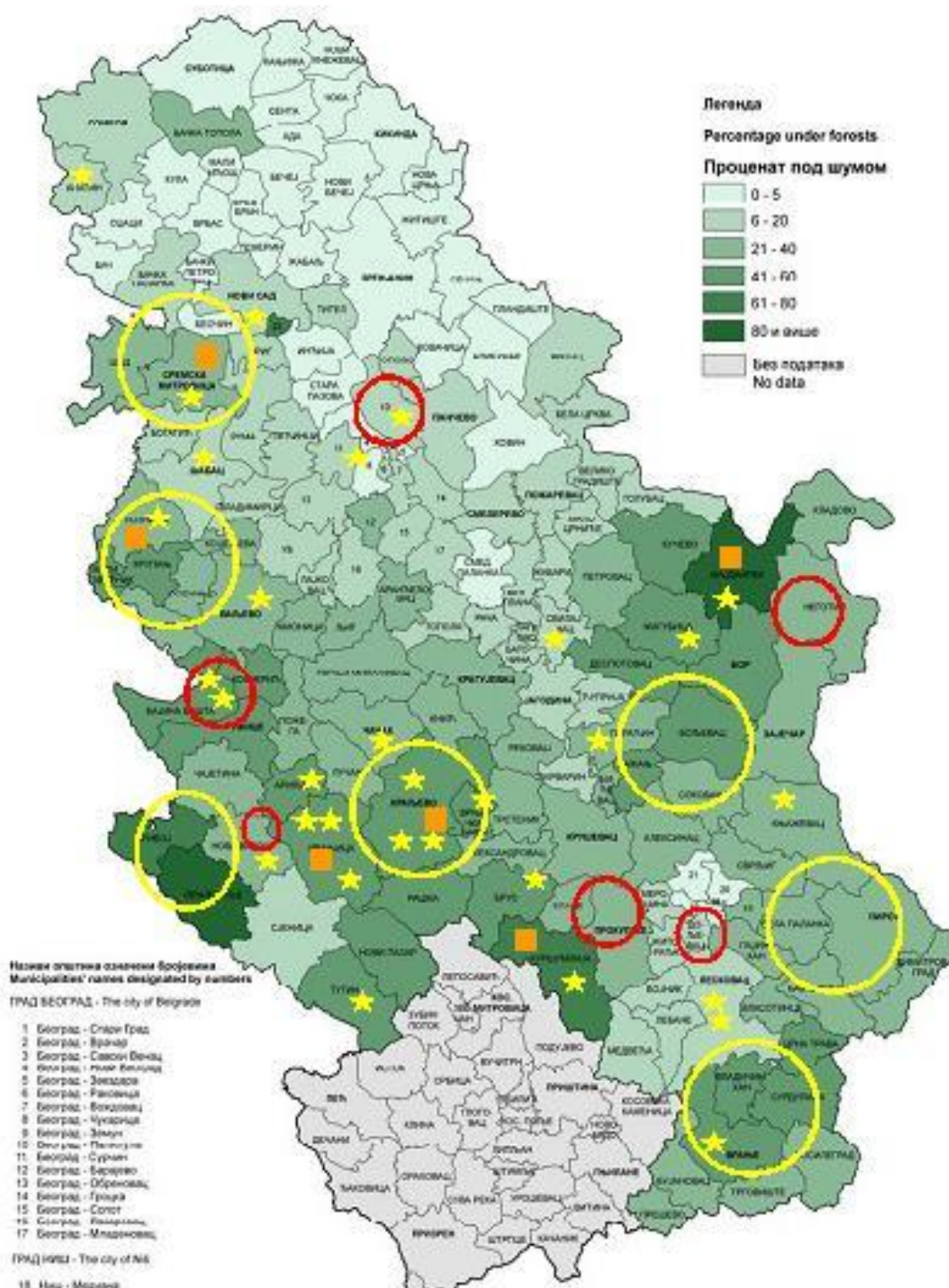
Претпостављено је да ће до 2010. године бити инсталисано 6 фабрика дрвених пелета са укупним капацитетом од 250000 t годишње, користећи 500000 m³ дрвних остатака. Без увођења мера за унапређење шумарства, укупни инсталисани капацитет фабрика пелета могао би бити највише 500000 t у 2015, за шта би се користило 1 милион дрвног остатка. Ако би се шумарство унапредило и повећао степен искоришћености шума са 50% на 75%, онда би се расположива количина дрвног остатка повећала на 1,4 милиона m³, што би омогућило производњу дрвених пелета у количини од око 700000 тона годишње.

Табела 2.4.3. *Процењена количина дрвног остатка (m³) и будуће потребе за њима*

	Данас	2010	2015 (50%)	2015 (75%)
Сировина				
Шумски остаци	600000	600000	650000	900000
Остаци из пилања	360000	360000	410000	600000
Искоришћена за				
Остаци из остале прераде дрвета	50000	0	0	0
Плоче од иверице	50000	120000	180000	180000
Пелет	10000	500000	1000000	1400000
Огревно дрво	1,4 милиона	1,4 милион	1,5 милиона	1,5 милиона

Претпостављено је да у производњи плоча од пресоване иверице 20% сировине долази од дрвног остатка који би могао бити сировина за производњу дрвених пелета. Главна сировина за производњу плоча од пресоване иверице би долазила од комада дрвета.

Потрошња огревног дрвета је мање или више независна од производње дрвених пелета и плоча од иверице. Претпостављено је да потрошња огревног дрвета неће расти у наредним годинама. Ова претпоставка се заснива на очекивању да ће дрвни остаци и дрвени пелети бити јевтинији од сечених трупаца који се користе као огревно дрво, и да ће трупаца бити искоришћени за производњу различитих дрвених производа који би донели већи приход од огревног дрвета.

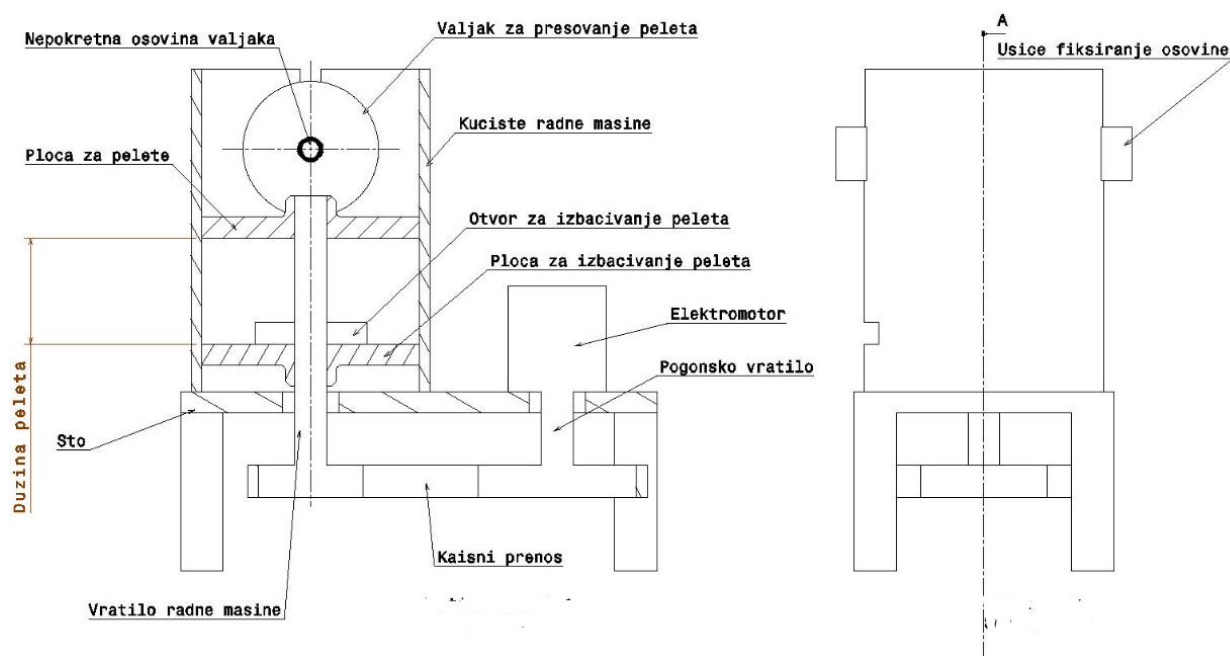


Слика 2.4.2. Фабрике пелета у погону 2009. Год. (црвени круг), потенцијалне локације за нове фабрике (жути круг), локације првих 100 пилања са највећим приходима (жута звезда, 1 звезда = 1 до 4 пилање) и локације неколико највећих предузећа дрвне прераде (наранџасти квадрат)

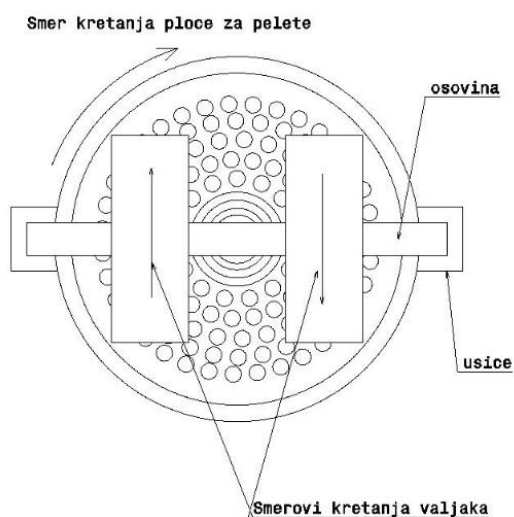
3. Конструисање машина за пелетирање

3.1. Постојећа идејна решења

Идејна решења се најчешће разликују по погонском радном елементу машине. Најчешће продаване машине, као и оне које су кућне израде, се заснивају на покретању матрице, која покреће ваљке у којима је у додиру и на тај начин остварује потребан притисак за пелетирање. Шема је приказана на сликама 3.1.1. и 3.1.2

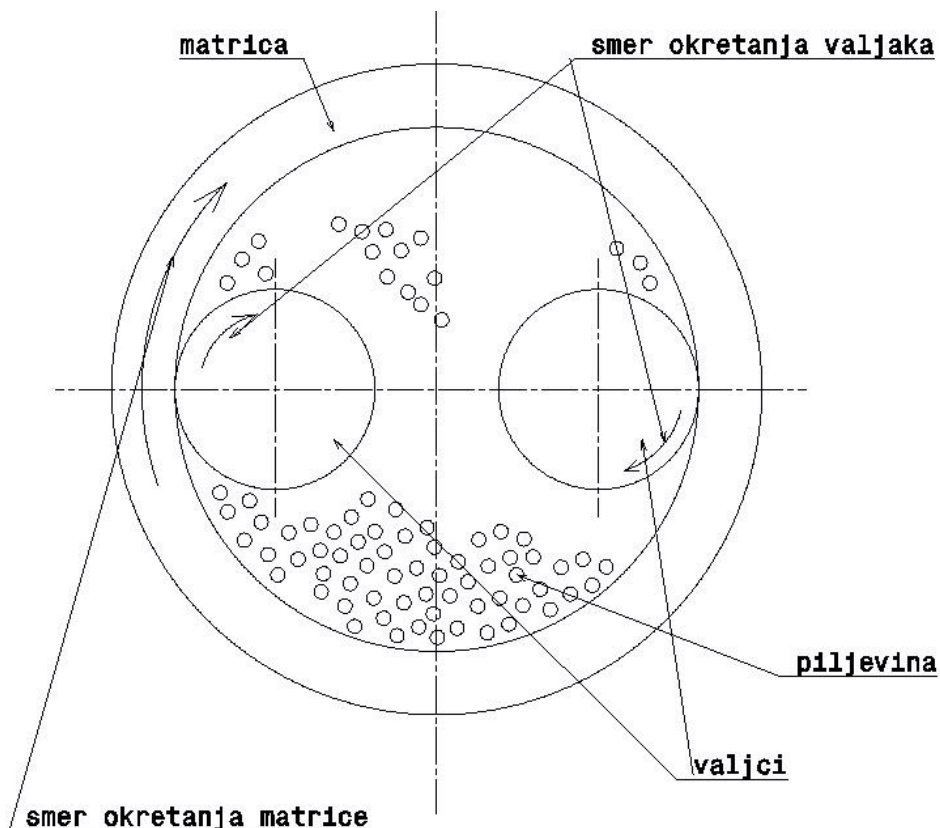


Слика 3.1.1. Најчешће коришћено идејно решење



Слика 3.1.2. Начин рада машине са покретном матрицом

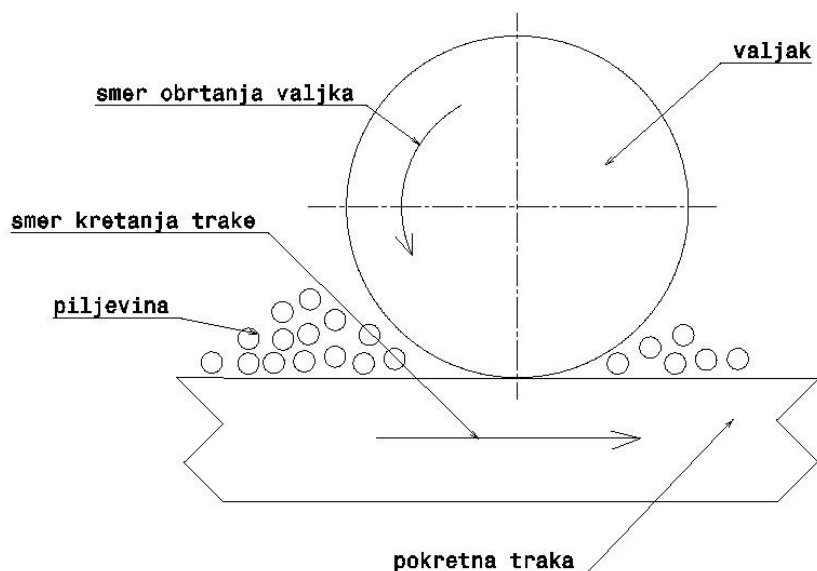
Већи произвођачи пелета користе вертикално постављен систем за пелетирање, који су изједна, најчешће, са механизмом који претходно меље пиљевину, преко покретних трака и добавља до радне јединице, и након тога сортира пелет. Међутим овакав систем изискује јако велике снаге електромотора, као и гломазне редукторе. Све то заузима велики простор, и машина се доста греје у свом раду што најчешће доводи до отказа па је сервисирање је учестало. Један од разлога прегревања машине је тај, што она мора да ради при великом броју обртаја погонске матрице, да пиљевина не би гушила систем, јер уколико би радила при малом броју обртаја одређена количина пиљевине би се скупљала на дну добоша, односно матрице, и ефикасност би била доста смањена.



Слика 3.1.3. *Машине за велику производњу*

Са приложене слике (3.1.3.) се може видети да је један ваљак (*леви*) далеко оптерећенији него други

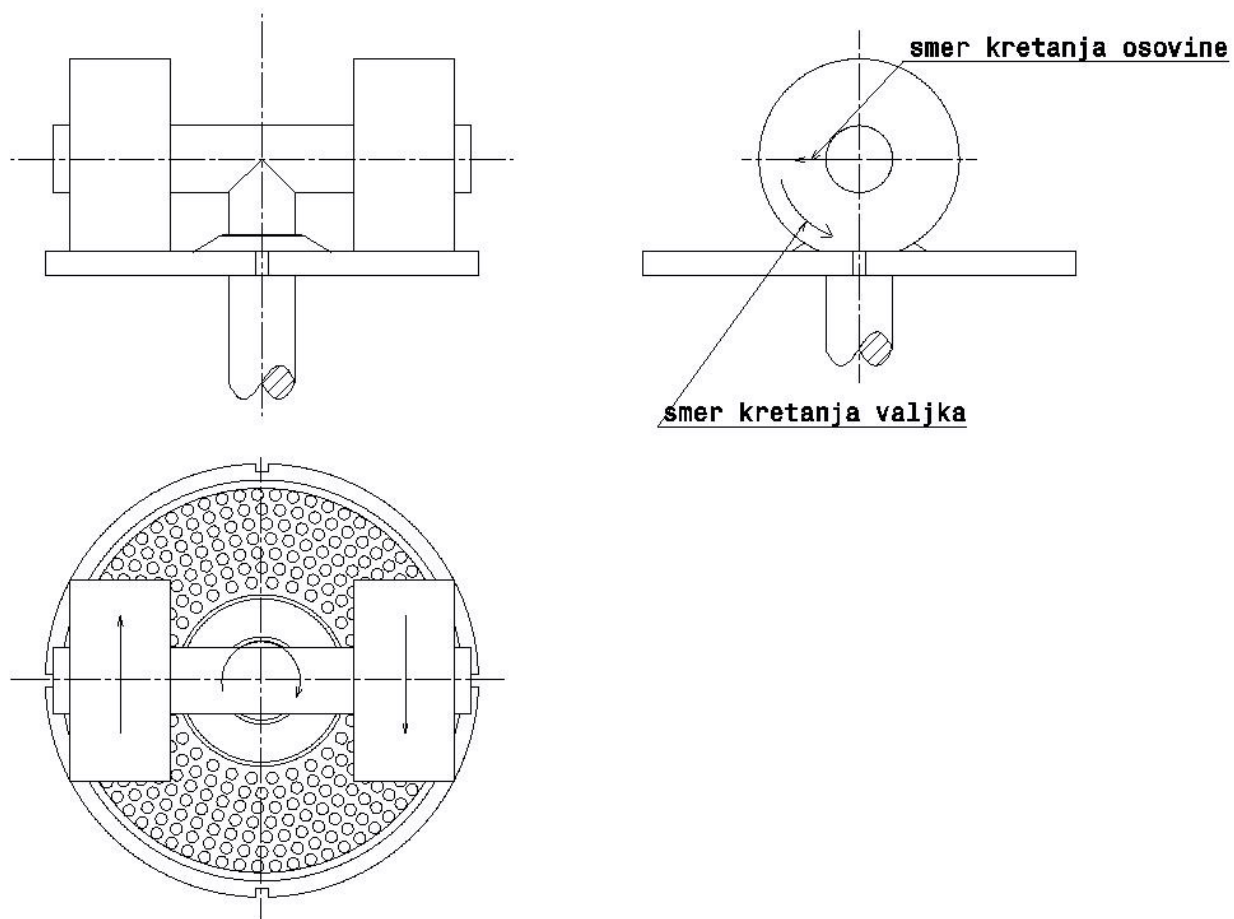
Постоје и машине чија је матрица заправо хоризонтално постављена трака која, опет, даје погон ваљку који прави потребан притисак. Механизам рада се може видети на слици 3.1.4.



Слика 3.1.4. Машина са тракастом матрицом

Да би матрица уопште могла да се направи у виду покретне траке, потребно је да буде од еластичног материјала. То значи да се она у додиру са ваљком, прилагођава његовом облику па самим тим отежава могућност постизања потребног притиска за пресовање пелета. Овакав систем би уједно морао да укључи и систем за поновно враћање пилевине на почетак тј идејно решење је превише компликовано и економски неисплативо.

Кинематика погонског елемента машине могуће је остварити и преко погонских ваљака, односно осовине, на коју су они повезани и која се окреће заједно са њима. У овом случају је матрица непокретна. Шема је приказана на слици испод



Слика 3.1.5 Пелетирка са покретном осовином

3.2. Упоредна анализа идејних решења

У претходном поглављу је објашњен систем функционисања неколико идејних решења. Да би се одлучило за коју шему се одабрати потребно је имати на уму да облик и димензије пелета зависе од матрице, као и да сваки материјал који се пелетира захтева посебну матрицу и различите притиске. Ова чињеница намеће услов да уколико машина која се производи треба да буде мултифункционална, онда она мора да има могућност замене матрице.

Трећа шема се показује у теорији а и у пракси да је најнеисплативија, и да је уколико се она користи могуће пелетирати само једну врсту материјала.

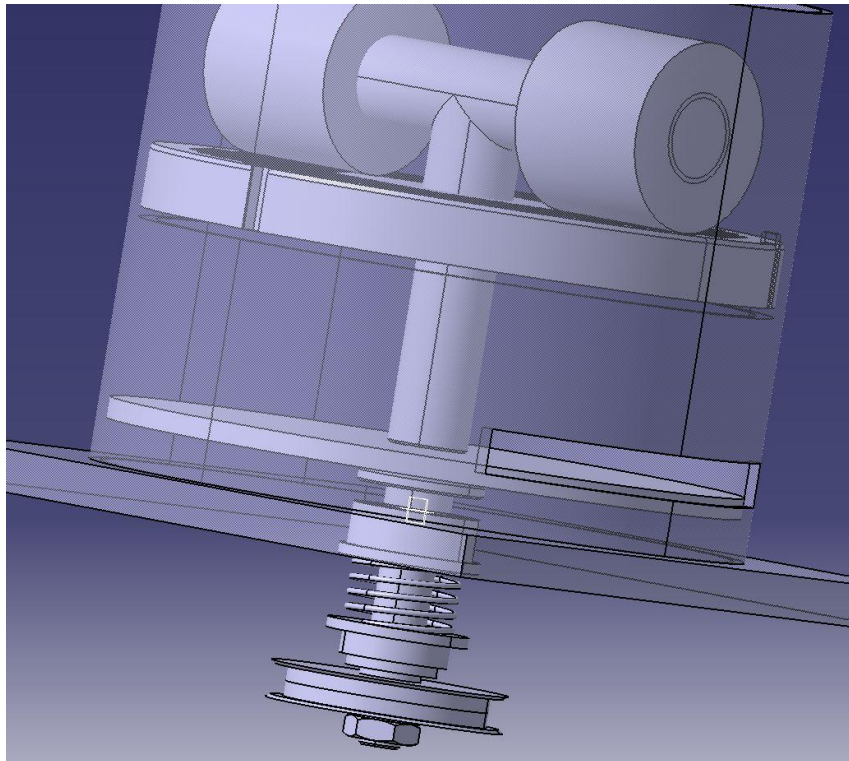
Сва решења имају температуру као највећи проблем. За сада се у пракси користе пелетирке са великим бројевима обртаја па је то углавном и разлог. У механизму пелетриња потребно је остварити притисак и до 200 bar што углавном указује на то да коришћење еластичних елемената у виду покретних трака не долази у обзир.

Према разговору са фирмама друго решење је најчешће коришћено, јер без обзира на учестале отказе, оно има могућност да производи и до неколико тона на сат пелета. Као што је већ напоменуто у претходном поглављу, она се користи доста јаким електромотором (*и до 320 kW*) па самим тим заузима доста простора, троши велику количину електричне енергије, тешка је за сервисирање и ремонт. Одавде следи да она није најбољи избор за кућну употребу или за произвођаче који имају осредње захтеве од машине (*неколико десетина килограма на сат*).

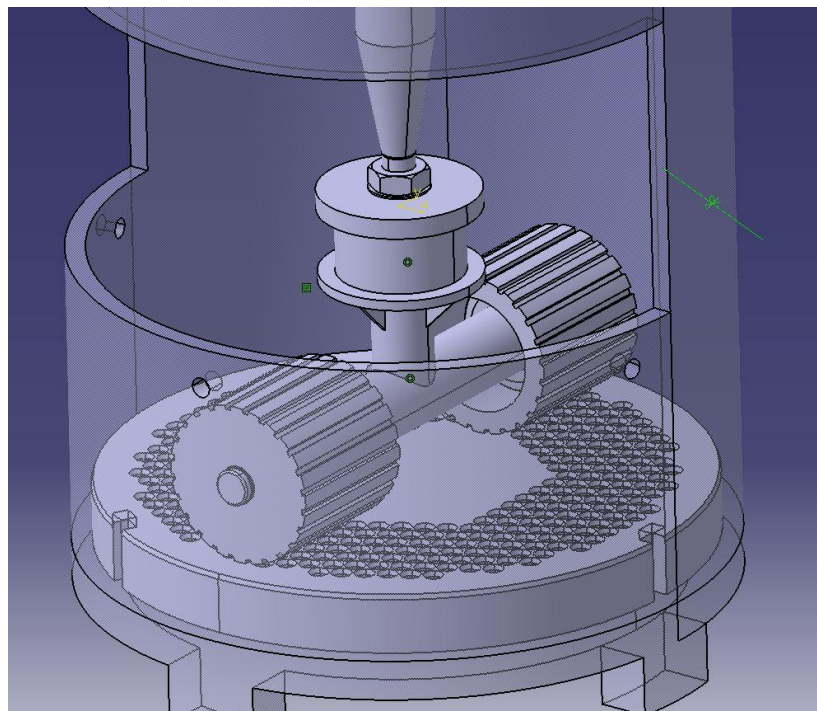
Јасно је да се саме по себи намећу прво и последње идејно решење за оне кориснике који имају умерене захтеве.

Код оба идејна решења заједничко је да имају релативно мале димензије и да је потребан електромотор не јачи од 7kW. Али за сада произвођачи нису узимали у обзир да у пиљевини могу да се нађу већи остаци који би могли да успоре производњу или у најгорем случају да оштете елементе који остварују притисак (*матрица и ваљци*). Одавде следи да је у конструкцијском извођењу ове машине потребно користити еластичне елементе који ће ублажавати ударе (*ову особину има једино треће идејно решење*).

Као кључан део, еластични елемент даје и могућност прилагођавања притаска. Разлика између првог и последњег решења је питање стабилности. Код првог је могуће погон (*електромотор, редуктор, каишник*) сместити на под, односно подлогу, тако да једино што треба подигнути је радна машина, која се лако може укрутити и заобићи овај проблем. Међутим код овог решења је компликованији механизам за остваривање притиска и избацивање пелета али је лакше убацивање пиљевине. У првом случају је поприлично једноставно избацити пелет, али се за нијансу губи на стабилности. Оно што је у овом раду било одлучујуће за последње идејно решење је могућност лаког сервисирања и ремонта, као и једноставност механизма што се може видети на сликама 3.2.1 и 3.2.2.



Слика 3.2.1. Пелетирка са доле орјентисаним вратилом



Слика 3.2.2. Пелетирка са горе орјентисаним вратилом

4. Радна машина

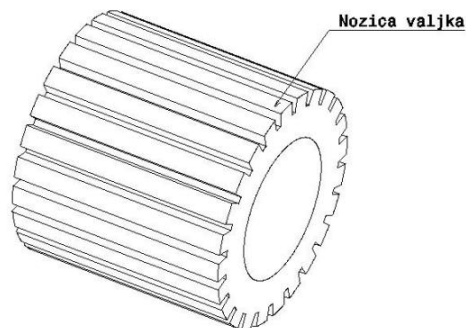
Сви технички цртежи и остала техничка документација елемената могу се видети у прилогу а.

4.1. Димензионисање матрице³

Матрица је у овом раду димензионисана на основу препорука анкетираних произвођа пелетирки а и произвођача пелета. Отвори на матрици могу бити распоређени систематски кружно, или у облику шестоугаоника. Они су на својим крајевима закошени, како би пиљевина лакше улазила, односно како би пелет лакше излазио. Матрице су у просеку високе 30 mm и пречника око 300 mm. Израђују се од чврстих материјала са повећаном отпорношћу на високе температуре. Површина која је окренута ваљцима се може правити разних облика како би се пиљевина усмеравала ка ваљцима.

4.2. Димензионисање ваљака³

Ваљци су такође један од елемената који је димензионисан на основу незваничних препорука произвођача. Као и матрицама и њима је императив чврстоћа и издржљивост на повишене температура. У овом раду је пелетирка димензионисана тако да ради при малом броју обртаја тако да неће доћи до знатног повишења температуре.

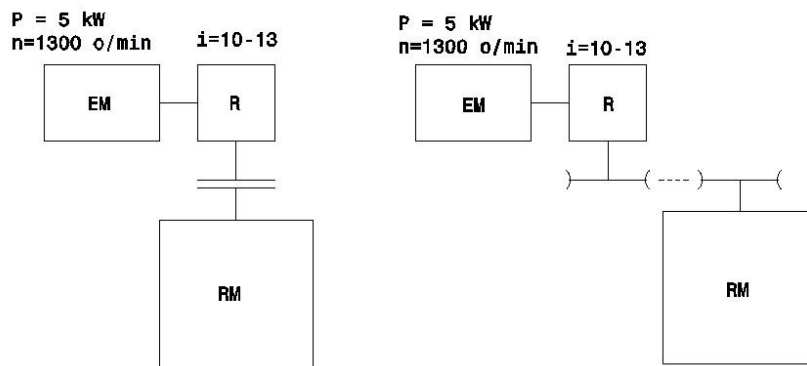


Слика 4.2.1. Скица ваљка

Са скице 4.2.1. види се да је спољашња површина издељена на бразде, односно ножице. Оне олакшавају пролаз пиљевине испод ваљка, и смањују вероватноћу задржавања исте испред ваљка.

³ Матрица и ваљци су димензионисани на основу усмених препорука произвођача машина за пелете и пелета

4.3. Прорачун пелетирке



Слика 4.3.1. Шема преноса снаге до радне машине

ЕМ-електромотор, R-редуктор, RM-радна машина

На слици 4.3.1. је приказана шема извођења конструкције, међутим могућа је и комбинација редуктора, каишника и спојница као додатак степену сигурности рада машине.

Напомена: У прорачун није урачунат степен корисног дејства, јер он зависи од квалитета елемената који учествују у преносу снаге, тј од произвођача. Уједно је машина димензионисана тако да ради са релативно јаким мотором и великим обртним моментом и тиме осигурана од већине хаварија изазване људском грешком.

4.3.1. Основни прорачун

- Електромотор

Снага: $P_{EM} = 5 \text{ kW}$

Број обртаја: $n_{EM} = 1300 \text{ o}^{-1}$

Угаона брзина: $\omega_{EM} = \frac{2n_{EM}\pi}{60} = 136,13 \text{ s}^{-1}$

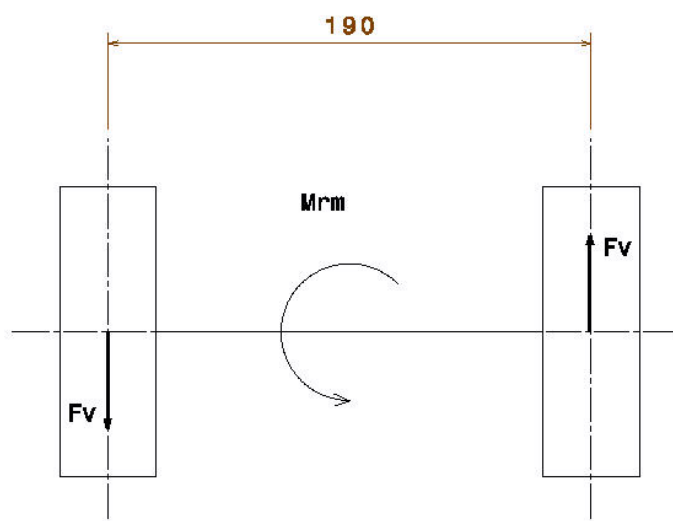
Момент: $M_{EM} = \frac{P_{EM}}{\omega_{EM}} = \frac{5 \cdot 1000}{136,13} = 36,73 \text{ Nm}$

- Пренос преко редуктора

Преносни однос: $i_r = 13$

Момент на излазном вратилу редуктора: $M_r = M_{EM} \cdot i_r = 36,73 \cdot 13 = 477,48 \text{ Nm}$

На основу максималног прорачунатог момента усвајам еластичну спојницу ознаке DIN ISO 2768 cH EWD 500 из каталога произвођача Enemas



Слика 4.3.1.1. Шема рада ваљака

Сила на ваљку изазвана радом електромотора: $F_v = \frac{M_{RM}}{190} = 2513,05 \text{ N}$

Потребан притисак за пелетирање усвајам на основу препорука разних произвођача

$$P_p = 200 \text{ bar} = 200 \cdot 10^5 \text{ MPa}$$

За остваривање овог притиска потребно је у рад машине употребити опругу која ће механизам ваљака притискати на доле и на тај начин остварити потребан притисак

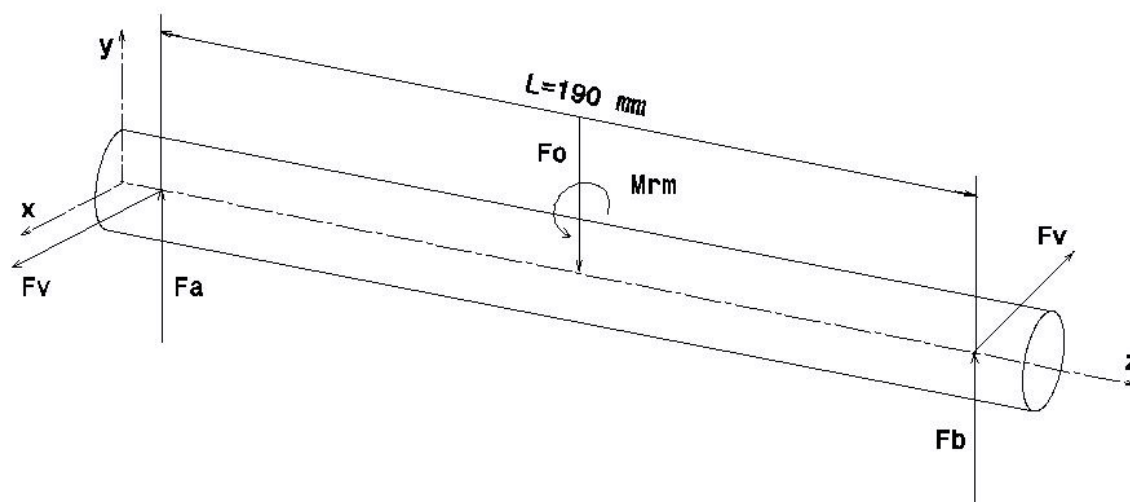
Површина ножице ваљака: $A_n = 75 \text{ mm} \times \sim 7 \text{ mm} \approx 500 \text{ mm}^2$

$$\frac{F_o}{2} = P_p \cdot A_n = 200 \cdot 10^5 \cdot 500 \cdot 10^{-6} = 10000 \text{ N}$$

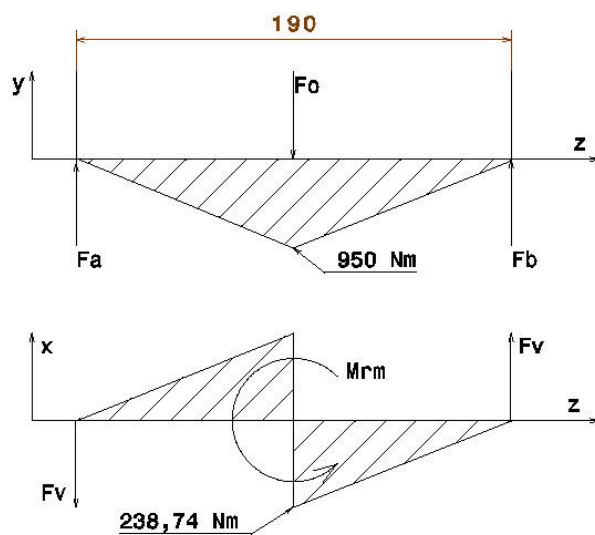
По препоруци ментора усвајам Fibroflex-federnsystem на основу каталога 1) DIN ISO 10069-1, 246.6.063. $\phi 63/90$ Shore A; $L_0 = 32 \text{ mm}$

За остварење прорачунате силе притезања потребно је дотегнути за $L_x = 6 \text{ mm}$

4.3.2. Димензионисање вратила (осовине) ваљака



Слика 4.3.2.1. Изометријски приказ сила које делују на ваљак



Слика 4.3.2.2. Силе у одговарајућим равнима

На основу литературе 2) Т.11.2.1 усвајам челик ознаке Č5431 $\Rightarrow \sigma_{D(-1)} = 600 \text{ MPa}$

$$\sigma_{doz} = \frac{\sigma_{D(-1)}}{K \cdot S} = \frac{600}{1,7 \cdot 1,25} = 282,35 \text{ MPa}$$

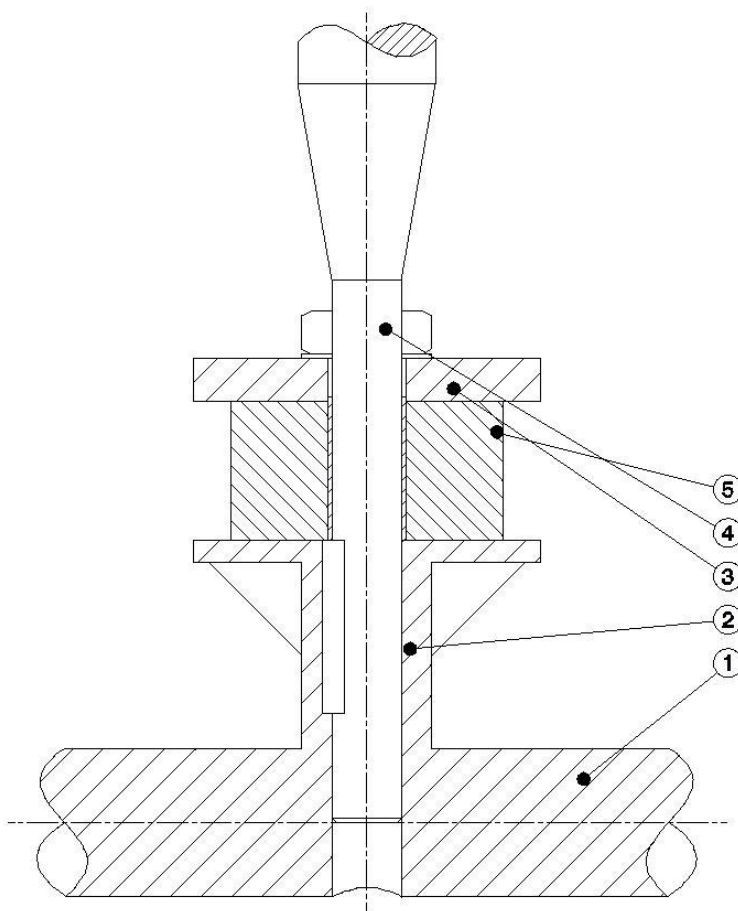
К-фактор радних услова (1,7 за рад са малим ударима); S-степен сигурности

$$M_i = \sqrt{950^2 + 238,74^2} = 1008,213 \text{ Nm} = 1008213 \text{ Nmm}$$

$$d_{iv} = \sqrt[3]{\frac{10M_i}{\sigma_{doz}}} = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 1008213}{282,35}} = 32,9 \text{ mm}$$

Према препорукама из литературе 2) Т6.5.7 усвајам стандардан пречник вратила

$$d_s = 34 \text{ mm}$$



Слика 4.3.2.3. Механизам функционисања вратила (1. Вратило ваљака, 2. Вертикално вратило везано за вратило ваљака, 3. Поклопац еластичног елемента, 4. Међувратило, 5. Еластични елемент)

4.3.3 Димензионисање вертикалног вратила везаног за вратило ваљака

$$M_i = \frac{\sigma_{DS(-1)}}{\tau_{D(0)}} \cdot \frac{M_{RM}}{2} = \frac{550 \cdot 477,48}{430 \cdot 2} = 305 \text{ Nm}$$

Из литературе 2) Т.11.2.1 усвајам челик за побољшање ознаке Č5431

$$\sigma_{DS(-1)} = (500 \div 600) \text{ MPa} = 550 \text{ MPa}$$

$$\tau_{D(0)} = (370 \div 550) \text{ MPa} = 430 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{doz} = \frac{\sigma_{DS(-1)}}{S \cdot K} = \frac{550}{1,2 \cdot 1,7} = 269,607 \text{ MPa}$$

$$d_{si} = \sqrt[3]{\frac{10M_i}{\sigma_{doz} \cdot (1-\psi^4)}} = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 305 \cdot 1000}{269,607 \cdot (1-0,8^4)}} = 26,76 \text{ mm}$$

Из литературе 2) Т6.8.1 усвајам вредност $t_1 = 2,2 \text{ mm}$

$$d_s = d_{si} + t_1 = 26,76 + 2,2 = 28,96$$

Према литератури 2) из табеле 6.5.7 усвајам стандардну вредност спољашњег пречника вратила $d_s = 30 \text{ mm}$.

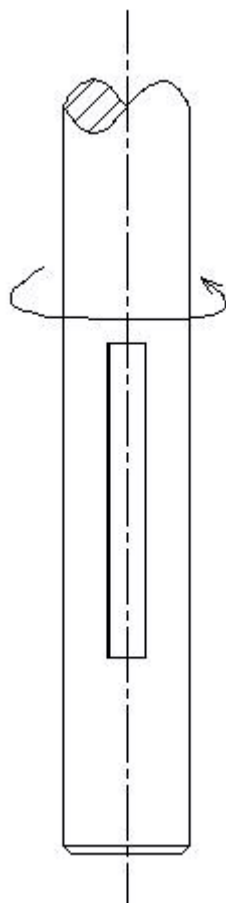
$$\psi = 0,8$$

Због стандардне вредности унутрашњег пречника еластичног елемента DIN ISO 10069-1, 246.6.063. $\phi 63/90 \text{ Shore A}$; $L_0 = 32 \text{ mm}$, $d_u = 16$

Овај пречник задовољава тражени услов:

$$d_u \leq d_s \cdot \psi$$

4.3.4 Димензионисање међувратила



Пречник горњег вратила условљен је отвором на еластичном елементу који врши притисак на ваљке, па је $d = 16 \text{ mm}$

Усвајање материјала:

$$d = \sqrt[3]{\frac{10M_i}{\sigma_{doz}}} \Rightarrow \sigma_{doz} = \frac{10M_i}{d^3} = \frac{10 \cdot 269,607 \cdot 1000}{16^3}$$

$$\sigma_{doz} = 658,22 \text{ MPa}$$

$$\sigma = \sigma_{doz} \cdot S \cdot K = 658,22 \cdot 1,2 \cdot 1,26 = 1000 \text{ MPa}$$

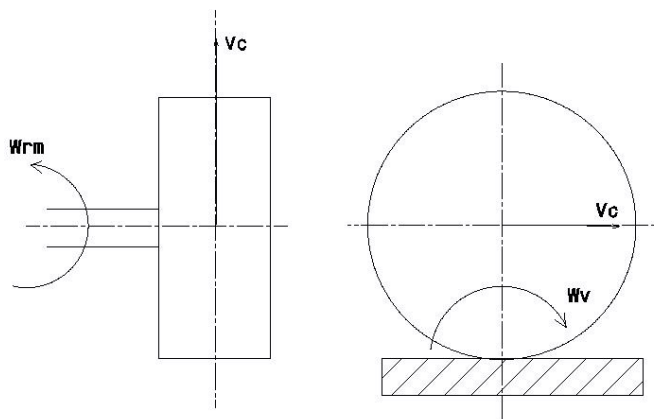
Из литературе 2) Т.11.5.1. усвајам материјал Č5431

$$\sigma = (870 \div 1050) \text{ MPa}$$

Слика 4.3.4.1. Међувратило

4.3.5 Лежајеви на ваљцима

Код усвајања лежајева битне су две силе, аксијална и радијална. У раду ове машине као аксијална сила, односно сила која лежи у правцу осе вртила је центрифугална сила која је у овом случају занемарљиво мала.



Слика 5.1 Кинематика ваљка

$$\omega_{RM} = 10,46 \text{ s}^{-1}$$

$$\text{Брзина центра ваљка: } V_c = \frac{\omega_{RM} \cdot 95}{1000} = \frac{10,46 \cdot 95}{1000} = 0,9937 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{Угаона брзина ваљка: } \omega_v = \frac{V_c}{40} \cdot 1000 = 24,84 \text{ s}^{-1}$$

$$\text{Број обртаја ваљка: } n = \frac{\omega_v \cdot 30}{\pi} = 237,23 \text{ min}^{-1}$$

$$F_r = \sqrt{F_v^2 + F_o^2} = \sqrt{2513,05^2 + 10000^2} = 10310 \text{ N}$$

$$L_h = 5000 \text{ h}$$

$$C \geq \frac{F_r}{k_t} \sqrt[3]{\frac{60 \cdot n \cdot L_h}{10^6}} = 10310 \sqrt[3]{\frac{60 \cdot 237,23 \cdot 5000}{10^6}}$$

$$C \geq 42,725 \text{ kN}$$

На основу каталога 2) усвајам конични лежај (једноредни) ознаке 32007X, динамичке издржљивости $C = 42,9 \text{ kN}$

4.3.6 Усвајање погона радне машине

Као што је једном већ напоменуто, прорачун обухвата део радне машине чије улазно вратило може да издржи момент до 447,28 Nm при 100 обртаја у минути.

Зависно од својих финансијских могућности корисник може да ову машину укључи на погон који је једнак прорачунатим вредностима, или мањи (*односи се на снагу мотора и момент обртања, односно торзиони момент*)

Предлог погона за оптималан рад машине

Усвајам електромотр ознаке KZK 132 S – 4 из каталога 3) следећих карактеристика:

$$P_{EM} = 5,5 \text{ kW}; n_{EM} = 1400 \text{ o}^{-1}$$

Усвајам пужни редуктор NMRV 130 из каталога 4) следећих карактеристика:

$$P_{ul} = 5,5 \text{ kW}; n_{ul} = 1400 \text{ o}^{-1}$$

$$T_{izl} = 638 \text{ Nm}; n_{izl} = 70 \text{ o}^{-1}$$

$$i_r = 20$$

Због потреба ублажавања удара у раду, преоптерећења и сл. опредељујем се за каишни пренос (мултипликатор) који ће изједначити обртни момент и број обртаја онима у претходним поглављима.

1.1 Каишни пренос

$$P_{ul} = 5,5 \text{ kW}; n_1 = 70 \text{ o}^{-1}; n_2 = 100 \text{ o}^{-1}$$

Дужина рада: 8 h / дан

1.1.1 Мередавна снага:

$$P_K = P \cdot \left(C_1 + C_2 + C_3 \right) \text{ (литература 3) 107. стр)}$$

$$P_K = 5,5 \cdot (1,4 + 0,1 + 0,2) = 9,35 \text{ kW}$$

1.1.2 Избор профила зупчастог каиша

На основу литературе 3) стр. 109 усвајам ХХН каиш.

Т 6.1. Димензије профила зуба ХХН						
Корак (mm)	Висина (mm)	Мин. дебљина зуба (mm)	Висина зуба (mm)	(mm)	Спец. Маса (kgcm/m)	Угао профила (°)
$h = 31,75$	$t = 15,24$	$k = 12,116$	$s = 9,525$	$\delta = 1,524$	$q = 0,205$	$\beta = 40$

1.1.3 Избор броја зуба каиша

1.1.3.1 Избор броја зуба мањег каишника (литература 3) стр. 89)

$$z_1 = 20$$

1.1.3.2 Избор броја зуба већег каишника

$$z_2 = z_1 / i_k = z_1 / \frac{n_2}{n_1} = 20 / 1,43 = 13,8$$

$$\Rightarrow z_2 = 14$$

1.1.4 Подеони пречници

1.1.4.1 Подеони пречник погонског каиша

$$d_{01} = \frac{h \cdot z_1}{\pi} = \frac{31,75 \cdot 20}{\pi} = 202,126 \text{ mm}$$

1.1.4.2 Подеони пречник гоњеног каишника

$$d_{02} = \frac{h \cdot z_2}{\pi} = \frac{31,75 \cdot 14}{\pi} = 141,49 \text{ mm}$$

$$i_{st} = \frac{d_{01}}{d_{02}} = \frac{202,126}{141,49} = 1,428$$

1.1.5 Обвојни угао погонског каишника

$$\cos \alpha_1 = \frac{d_{01} - d_{02}}{2A} = \frac{202,126 - 141,49}{2 \cdot 446,7} = 0,06787$$

$$A = 1,3 \cdot d_{01} + d_{02} = 1,3 \cdot 202,126 + 141,49 = 446,7 \text{ mm}$$

$$\alpha_1 = \arccos(0,06787) = 86,1^\circ$$

1.1.6 Број зуба у спреси

$$z_0 = z_1 \cdot \frac{2\alpha}{2\pi} = 9,56 \Rightarrow z_0 = 10$$

1.1.7 Одређивање приближне ширине каиша код мултипликатора

$$M_{01} = T_r = 638 \text{ Nm}$$

$$F_{01} = \frac{2000 \cdot M_{01}}{d_{01}} = 6312,9 \text{ N}$$

$$v = \frac{\pi \cdot d_{01} \cdot n_1}{60 \cdot 1000} = 0,74 \text{ m/s}$$

$$b_{st} = 127 \text{ mm}$$

$$F_c = \frac{q \cdot v^2}{g} = q_{tab} \cdot b_{st} \cdot v^2 = 14,26 \text{ N}$$

$$F_u = F_{01} + F_c = 6327,16 \text{ N}$$

$$F_D = 6400 \text{ N}$$

$$F_D \geq F_u$$

Постоји могућност коришћења вишежљебних каишника, али због великог броја ужих каишева, у овом конкретном случају боље је користити каиш ширине

$$b_{st} = 127 \text{ mm}$$

1.1.8 Одређивање броја зуба каиша

$$Z_K = \frac{1}{2} Z_1 + Z_2 + \frac{Z_2 - Z_1}{\pi} \arcsin \frac{Z_2 - Z_1}{2\pi A} h + \sqrt{\left(\frac{2A}{h} + \frac{Z_2 - Z_1}{\pi} \right) \left(\frac{2A}{h} - \frac{Z_2 - Z_1}{\pi} \right)}$$

$$Z_K = 52,07 \Rightarrow Z_K = 52$$

1.1.9 Одређивање дужине каиша

$$L = Z_K \cdot h = 1653 \text{ mm}$$

1.1.10 Димензије каишника

Темени пречници:

$$d_{T1} = d_{01} - 2\delta = 199,078 \text{ mm}$$

$$d_{T2} = d_{02} - 2\delta = 138,442 \text{ mm}$$

5. Упутство за монтажу

Напомена: Ради лакшег разумевања погледати склопни цртеж у прилогу а.

Кроз отвор на кућишту потребно је провући матрицу и пажљиво је поставити на дно кућишта тако да отвори на матрици буду попуњени клиновима на кућишту. Затим је подножје кућишта потребно осигурати завртњевима (M10) да би оно осигурало од испадања

Напомена: горњи део матрице је онај чије су ивице на отворима више закошене

Монтажа хоризонталног и међувратила вршити на следећи начин. На међувратило прво навући и навити самокочиву навртку M30 са одговарајућом подлошком на проширени део међувратила са навојем. Испод подлошке поставити профилисану плочу за притезање еластичног елемента (*fibroflex*) а након тога и еластични елемент.

Хоризонтално вратило провући кроз одговарајући отвор на доњем вертикалном вратилу, а затим тај склоп навући на међувратило и са доње стране завити самокочиву навртку M16 са одговарајућом подлошком како би се цео систем осигурао.

На крајеве хоризонталног вратила (*вратило ваљака*) пресовањем поставити прво чауре на које долазе конични лежајеви, навући ваљке и осигурати ускочницима. Ускочници су усвојени из литературе 2) ознаке JUS M.C2.401 $d_1 = 18 \text{ mm}$

Напомена: међивратило које се качи на спојницу, монтирати без спојнице, а након завршеног целог горњег дела повезати га са спојницом и дотегнути је помоћу имбус кључа

Уколико се пренос снаге врши без каишног преноса, онда се она везује за излазно вратило редуктора, а уколико се користи каишни пренос, за вратило које ће повезивати каишни пренос и спојницу.

Кроз поклопац кућишта провући вратило редуктора или каишника, на чијем се отвору налази аксијални куглични лежај из каталога 2) ознаке 52211 стандарда ISO-199-1979, и на њега са доње стране (*супротне од каишника*) повезати спојницу. Да би се при раду лежаја смањила бука и пригушиле вибрације, могу се испоручити специјални подметачи од синтетичке гуме серије RIS 2. Гумени подметачи уједно дају лежају одређену „слободу“ унутар кућишта чиме се могу компензовати термичке дилатације осовине.

Тај склоп повезати са претходно повезаним склопом и дотегнути завртњеве (*на поклопцу кућишта 3x M10 и на спојници*)

Напомена за демонтажу: обавити описано у овом поглављу, у обрнутом поретку.

Напомена за подмазивање и одржавање: држати се препорука из каталога произвођача

6. Закључак

У раду је преко економске анализе, постојећих идејних решења, изражена потреба и јединственост машине за пелетирање. Пелет, као гориво будућности, јер не нарушава еко систем, односно, као фактор који доприноси здравој животној средини постаје свакодневно све потребнији. Машина која је у овом раду представљена, омогућава просечном произвођачу пелета, једноставно коришћење и добре резултате. Уколико се машина производи без погонских делова, електромотора и сл. цена би требало да износи око 800€, а уколико се купује комплетно, износи око 2500€. Тренутне машине које се продају, коштају око 5000€+ . Оно што је добро и машину у овом раду чини уникатном у односу на своју конкуренцију је то што може да обрађује доста различитих материјала и чини је савршеном за кућну употребу.

Перспектива овог рада, је што ће у наставку процеса проучавања материјала који се пелетирају, бити омогућена потпуна аутоматизација производног процеса. Додавањем додатног пара ваљака, повећам димензија, трака за довођење материјала, сита, трака за одвођење пелета и коришћењем јачих погона, моћи ће да се постигне бржа производња.

Литература

- [1] Р. Славковић, Н. Милорадовић, Р. Вујанац, ПРИРУЧНИК ЗА ПРОРАЧУН МОСНИХ ДИЗАЛИЦА, издање 2006/07
- [2] В. Николић, МАШИНСКИ ЕЛЕМЕНТИ, издање 2004.
- [3] С. Танасијевић, МЕХАНИЧКИ ПРЕНОСНИЦИ, издање 1994.
- [4] М. Трбојевић, М. Јанковић, Ј. Вугделија, Н. Плавшић, В. Латиновић, РЕДУКТОРИ, издање 1977.
- [5] С. Јовичић, Н. Марјановић, ОСНОВИ КОНСТРУИСАЊА, издање 2011.
- [6] PelHeat.com, THE BEGINNERS GUIDE TO PELLET PRODUCTION,
- [7] www.peletiranje.co.rs
- [8] www.peletirke.peletmetalac.com
- [9] <http://www.samsvojmajstor.com/portal/forums/uradi-sam/bravarija/presa-za-pelet?page=2>
- [10] <http://scindeks.ceon.rs/article.aspx?artid=0350-29531004387B&redirect=ft>
- [11] <http://www.uniwab.rs/masine-za-reciklazu/63/peletiranje-drvnog-otpada>
- [12] <http://www.uvozizkine.com/pronadji-proizvod/masine/masine-za-pelet/gabriel-masina-za-pelet-pm-200b-detalji>
- [13] <http://peletc.com/category/peletirke>
- [14] Energy saving group, USAID, СТУДИЈА ОПРАВДАНОСТИ КОРШЋЕЊА ДРВНОГ ОТПАДА У СРБИЈИ

Каталози:

- [1] Federeinheiten, Feder- und Distanzeinheiten
- [2] СКФ каталог за лежишта, издање 1996
- [3] Север а.д. Суботица, НИСКОНАПОНСКИ ТРОФАЗНИ ЗАТВОРЕНИ КОЧИОНИ МОТОРИ СА КАВЕЗНИМ РОТОРОМ
- [4] Електромотор шимон, ПУЖНИ РЕДУКОТРИ, http://www.elektromotor-simon.com/proizvodi/pogonska_tehnika/reduktori/

Прилог а) технички цртежи и документација