

Sveučilište u Zagrebu  
**Fakultet strojarstva i brodogradnje**

# ZAVRŠNI RAD

Traktorski priključak za prikupljanje kamenja

Voditelj rada:

Doc. dr. sc. Mario Štorga

Daniel Kišić

Zagreb, 2012.g.

## Opis zadatka:

Koncipirati i konstruirati traktorski priključak za uklanjanje i prikupljanje kamenja s obradivih površina, te površina koje se pripremaju za kultivaciju. Kamenje se nakon prikupljanja mora pohraniti u spremnik iz kojeg se jednostavno mora moći istresti na mjestu odlaganja. Dubina prikupljanja kamenja je 3-30 cm i trebala bi se moći regulirati ovisno o površini koja se obrađuje. Širina radne površine je do 4 m. Posebnu pažnju pri razvoju potrebno je posvetiti sigurnosti korisnika pri korištenju priključka.

## Sažetak

Tema ovog rada je „*traktorskog priključak za usitnjavanje i prikupljanje kamenja sa oranica i površina koje se pripremaju za kultivaciju*“. U radu je bilo potrebno koncipirati i konstrukcijski razraditi stroj koji će odvojiti kamenje od zemlje, te ga po potrebi usitniti. Osnovni zahtjevi koji su se morali ispuniti bili su da se stroj mora moći priključiti na traktor, imati podesivu dubinu obrade od 30 do 300 mm, širinu obrade do 4m, dugi vijek trajanja, te mora biti siguran i jednostavan za korištenje. Prilikom konstruiranja poštivane su ISO i DIN norme.

U radu su metodičkom razradom obuhvaćena različita projektna rješenja. Rad sadrži analizu tržišta, definiciju tehničke specifikacije, razradu funkcione strukture, prikaz morfološke matrice, skice i objašnjenja koncepata (moguća rješenja), te detaljno konstrukcijski razrađeno rješenje koje je odabранo na temelju tehnološke analize. Za odabranu rješenje kreiran je 3D model i pripadajuća tehnička dokumentacija.

# Sadržaj

1	Uvod .....	9
2	Općenito o traktoru .....	10
2.1	Spajanje priključaka na traktore.....	11
2.1.1	Izvedba trojne spojne veze .....	11
2.1.2	Izlazno vratilo traktora i poteznica ili kuka.....	12
3	Koncipiranje .....	14
3.1	Analiza sličnih proizvoda .....	14
3.1.1	Plugovi .....	14
3.1.2	Sitnilice za kamen .....	15
3.1.3	Strojevi za prikupljanje kamenja .....	19
3.2	Patentna rješenja glavnih funkcija .....	23
3.2.1	Stone Picking Machine (Serial No. 41.525).....	23
3.2.2	Combined Rock Picker (Serial No. 1,542,670) .....	23
3.2.3	Uređaj za odvajanje kamenja iz zemlje (Apparatus for separating rocks from soil) .....	24
3.3	Konstrukcijski zahtjevi .....	24
3.3.1	Tehnički upitnik .....	24
3.3.2	Lista zahtjeva .....	25
3.4	Koncipiranje uređaja .....	27
3.4.1	Funkcijsko modeliranje proizvoda.....	27
3.4.2	Modeliranje funkcije pomoću toka i funkcijske strukture .....	27
3.4.3	Funkcijska dekompozicija traktorske sitnilice .....	28
3.5	Koncepti.....	31
3.5.1	Koncept 1.....	31
3.5.2	Koncept 2.....	32
3.5.3	Koncept 3.....	33
3.5.4	Koncept 4.....	34
3.5.5	.....	35
3.6	Izbor najprikladnijeg koncepta .....	36
4	Konstrukcija razrada .....	37
4.1	Konačni izgled stroja.....	37

4.2	Snaga potrebna za pogon stroja.....	38
4.3	Pogon stroja .....	39
4.4	Proračun vratila .....	39
4.5	Zbog upotrebe pera i uskočnika minimalni promjer vratila povećavam na 100 mm.....	44
4.6	Proračun malih vratila .....	45
4.7	Odabir remenskog prijenosa .....	46
4.8	Proračun ležajeva velikog vratila.....	48
4.9	Odabrani sljedeći ležajevi:.....	48
5	Prilog .....	50
5.1	Tehnička dokumentacija .....	50
6	Literatura: .....	51

## Popis Slika

Slika 1 Traktor kategorije IV .....	10
Slika 2 Tro spojna veza .....	11
Slika 3 Skica traktorske poteznice .....	13
Slika 4 Plug za II kategoriju traktora .....	15
Slika 5 Plug za IV kategoriju traktora .....	15
Slika 6 Alat za usitnjavanjeSlika.....	15
Slika 7 Zakaljeni zub.....	15
Slika 8 Sitnilica za kamen Leon .....	16
Slika 9 Messis Rambo - FR .....	17
Slika 10 Sitnilica Messis FI .....	18
Slika 11 PTH drobilica kamenja .....	18
Slika 12 Konstrukcija alata PTH drobilice .....	18
Slika 13 Stroj za prikupljanje kamenja Thyregod.....	19
Slika 14 Pokretna traka za odlaganje.....	20
Slika 15 Alat za prikupljanje rotacijom .....	21
Slika 16 Stroj za prikupljanje Stone - Pekka.....	21
Slika 17 Uredaj za prikupljanje oblikom .....	22
Slika 19 Patent za odvajanje kamenja iz 1925.g.....	23
Slika 20 Patent za odvajanje zemlje od kamenja.....	24
Slika 21 Model.....	27
Slika 22 Funkcijska dekompozicija.....	28
Slika 23 Koncept 1 .....	31
Slika 24 Koncept 2 .....	32
Slika 25 Koncept 3 - bokocrt.....	33
Slika 26 Koncept 3 - Nacrt .....	34
Slika 27 Konstrukcija za odvajanje iznad spremnika – koncept 3.....	34
Slika 28 Koncept 4 .....	35
Slika 29 3D model uređaja.....	37
Slika 30 Zglobno vratilo .....	39
Slika 31Pojednostavljeni model opterećenja vratila .....	40
Slika 32 Skica vratila alata .....	41
Slika 33Moment savijanja vratila alata.....	42
Slika 34 Reducirano naprezanje vratila alata .....	43
Slika 35 Pomaci vratila alata.....	43
Slika 36 Idealni promjeri vratila.....	44
Slika 37 Rezultat remenskog prijenosa.....	46
Slika 38 Teh. podaci remenskog prijenosa .....	47

## Popis tablica

Tablica 1 Kategorije traktora .....	10
Tablica 2 Kategorizacija trojne veze .....	11
Tablica 3 Identifikacija potreba kupaca.....	13
Tablica 4 Teh. karakteristike Stone-Pekka uređaja .....	21
Tablica 5 Lista zahtjeva.....	26
Tablica 6 Tehno-ekonomski analiza.....	36
Tablica 7 Rezultati proračuna vratila .....	42

## Popis oznaka

Oznaka	Mjerna jedinica	Opis
$P$	kW	Snaga
$T$	Nm	Torzija
$n$	$s^{-1}$	Brzina vrtnje
$\omega$	rad/s	Kutna brzina
$m$	kg	Masa
$d$	m	Promjer
$r$	m	Polumjer

*Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno, svojim znanjem, te uz pomoć navedene literature.*

*Zahvala:*

*Zahvaljujem mentoru, dr. cc. Mariu Štorgi na velikoj podršci, te savjetima i primjedbama koje mi je uputio tijekom izrade ovog rada.*

*Također se zahvaljujem svima ostalima koji su mi na bilo koji način pomogli tijekom izrade ovoga rada, a posebno dr. sc. Danijelu Rohdeu na savjetima i uputama prilikom izrade tehničke dokumentacije.*

*Posebno se želim zahvaliti svojoj braći koji su bili uz mene kada mi je trebalo, te svojoj djevojci Nikolini na velikoj podršci i pomoći.*

*Ipak, najveću i posebnu zahvalu posvećujem svojim roditeljima koji su bili uz mene sve godine moga školovanja.*

## 1 Uvod

Odvojiti kamenje iz tla, te ga na taj način pripremiti za kultivaciju je težak i složen proces, ali nužan za kvalitetno i uspješno uzgajanje raznih poljoprivrednih kultura. Još prije deset tisuća godina ljudi su počeli uzgajati usjeve i životinje za svoju prehranu. Kroz vrijeme naučili su da za što bolje i bogatije plodove i žetve zemlju treba obrađivati na različite načine koji uključuju oranje, kopanje, usitnjavanje i sl. Da bi ti poslovi bili što lakši potrebno je prije tih postupaka iz tla odvojiti kamenje i sitno stijenje. U suprotnome, to bi kamenje moglo stvarati otpor prilikom obrade i na taj način usporavati, ako ne i u potpunosti onemogućiti kvalitetnu obradu plodnog tla.

Kamenje se u prošlosti iz tla odvajalo ručno pomoću motika i plugova koje su vukli konji i volovi. Bio je to dugotrajan i mukotrpan posao koji je zahtijevao velik trud i napor ljudi, ali i životinja koji su sudjelovale u tom procesu. Vjerovatno najvažniji trenutak u povijesti poljoprivrede bila je pojava traktora i popratne mehanizacije koji su uvelike olakšali, unaprijedili i ubrzali rad na obradivim površinama. Isto tako razvoj tehnologije omogućio je da se neke operacije, koje uključuje problem odvajanja kamenja iz zemlje, puno lakše obave nego do tada. Npr. pomoću plugova vučenih traktorom vrlo je lako prokopati, tj. izorati velike površine zemlje u kratkome vremenu i na taj način približiti kamenje iz dubljih slojeva zemlje površini.

Danas je potreba za novim obradivim površinama u stalnom porastu. Razlog tome je između ostalog i sve veći broj ljudi koji nastanjuje zemlju, a koje treba prehraniti. Da bi se uzgojila dovoljna količina hrane za sve, potrebno je osigurati nove površine na kojima će se ta hrana proizvoditi. Osim toga, u novije vrijeme obradive površine se koriste za uzgoj kultura koje se prerađuju u bio-goriva, što dodatno povećava potrebu za novim obradivim površinama.

Stoga je prepoznata potreba za traktorskim priključcima i strojevima koji bi samostalno odvajali i prikupljali kamenje iz s površina koje se pripremaju za kultivaciju, te na taj način uvelike ubrzali i olakšali pripremu tla za uzgajanje raznih poljoprivrednih kultura. Zbog različitih struktura tla koje se koristi u poljoprivredi, voćarstvu i vinogradarstvu, takvi uređaji moraju moći odvojiti različite veličine kamenja i to s različitim dubinama. Poželjno je da se iz zemlje svakako odvoji kamenje promjera većeg od 10mm. To znači da strojevi moraju imati mogućnost prikupljati kamenje od 10mm pa sve do 200 – 300 mm. Zbog te činjenice poželjno je da uređaj za prikupljanje može kamenje i usitniti, te na taj način olakšati njegov transport i manipulaciju.

## 2 Općenito o traktoru

Traktor (slika 1) je uređaj (stroj) namijenjen za voženju, vučenje i guranje uređaja koji se ne mogu pokretati sami i često nemaju vlastito napajanje energijom. Najčešći opis traktora jest: vozilo namijenjeno vučenju drugog vozila ili objekta. On je najčešće korišteni stroj u poljoprivredi, ali u drugim granama gospodarstva kao što su šumarstvo, voćarstvo i vinogradarstvo.



SLIKA 1 TRAKTOR KATEGORIJE IV

Postoje različite izvedbe i veličine traktora. Generalno, traktori se mogu klasificirati prema pogonu, i to na traktore sa pogonom na dva kotača, traktore sa pogonom na dva kotača pomagane prednjim kotačima, traktore sa pogonom na četiri kotača (često sa zglobnim skretanjem) i gusjeničare (sa pogonom na dvije ili četiri gusjenice). Traktore se može podijeliti i prema namjeni, to su poljski, voćarsko vinogradarski i šumarski traktori. Prema koncepciji traktore dijelimo na jednoosovinske (monokultivatore) i dvoosovinske.

Vrlo bitna podjela traktora je ona prema snazi traktora. Prema toj podjeli traktori se svrstavaju u četiri kategorije i to na sljedeći način:

Kategorija	Snaga traktora (KS)
1	Do 20
2	20 do 45-55
3	45-55 do 90-95
4	90-95 na više

TABLICA 1 KATEGORIJE TRAKTORA

Traktori imaju nekoliko stupnjeva prijenosa podijeljenih u brzine. Da bi se promijenio stupanj prijenosa često je potrebno zaustaviti traktor. Stupnjevi imaju različite brzine koje omogućuju vožnju sporiju od 1 km/h što je vrlo bitno za poslove u polju. Na taj način traktor može isporučiti veliku snagu na izlazno vratilo dok se on pak kreće vrlo sporo.

## 2.1 Spajanje priključaka na traktore

Poljoprivredni priključci mogu se spojiti na stražnji dio traktora na Tro spoju vezu. Tro spoju vezu patentirao je Harry Ferguson 1926. godine, ali je tek od 1960. postala standard (zbog patentnih prava). Priključci spojeni na ovaj način mogu se spuštati ili podizati hidrauličnim mehanizmom pomoću kontrolne ručice. Još jednostavniji i brži način spajanja priključaka je pomoću brze kuke (eng. Quick hitch) koja se spaja na tro-spojnu vezu.

### 2.1.1 Izvedba tro spojne veze

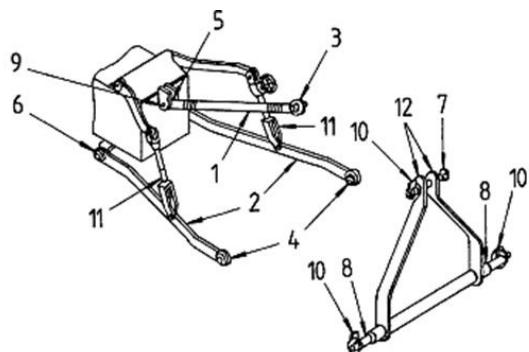
Svi proizvođači traktora i priključaka svoje strojeve trebaju dizajnirati i izrađivati prema ISO 730-1 standardu, ali trebaju biti svjesni da mnogi proizvođači koriste i standard ASAE S217.11.

Između tih standarda postoje neke razlike u dimenzijama. Dimenziije i zahtjevi za tro spojnu vezu (slika 2) za spajanje priključaka na prednju stranu traktora nalaze se u dokumentu ISO 8759-2[3].

Kategorizacija tro spojne veze prikazana je u tablici ispod. Postoje četiri kategorije tro spojne veze koje se razlikuju po veličini priključka. Veće kategorije imaju robusnije poluge za podizanje i veće rupe za pričvršćivanje na polugama. Postoji fleksibilnost u snazi traktora na kojoj jedna kategorija počinje, a druga završava. Kategorija 4 se obično dijeli na dvije potkategorije, 4L i 4H, ovisno o položaju kardana (PTO). Ove potkategorije odnose se na traktore koji imaju kardan koji može biti smješten ispod (4L) ili iznad (4H) simetrale zadnje osovine traktora.

Kategorija	Snaga Traktora (KS)	Promjer rupa na gornjoj poveznici	Promjer rupa na donjim poveznicama
1	do 20	1.5875 cm	1.5875 cm
2	20 do 45-55	1.905 cm	2.2225 cm
4	45-55 do 90-95	2.54 cm	2.8575 cm
5	90-95 na više	3.175 cm	3.65125 cm

TABLICA 2 KATEGORIZACIJA TRO SPOJNE VEZE



SLIKA 2 TRO SPOJNA VEZA

Na slici 2 su prikazani slijedeći elementi tro-spojne veze:

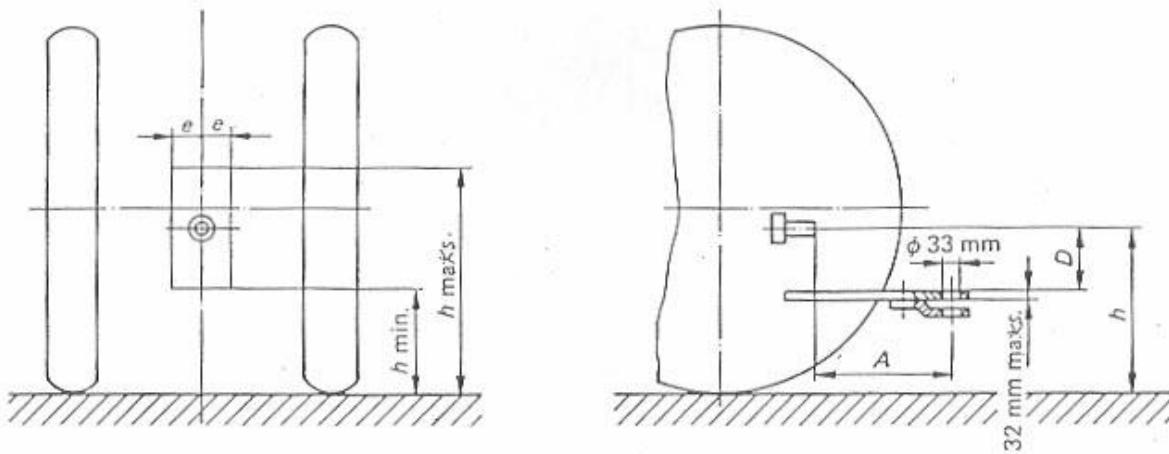
1. Gornja poveznica: opremljena zglobnom vezom na oba kraja
2. Donje poveznice: opremljene zglobnom vezom na oba kraja
3. Mjesto gornjeg pričvršćenja: zglobna veza između gornje poveznice i priključka
4. Mjesto donjeg pričvršćenja: zglobna veza između donje poveznice i priključka
5. Gornje mjesto povezivanja: zglobna veza između gornje poveznice i traktora
6. Donje mjesto povezivanja: zglobna veza između donje poveznice i traktora
7. Spoj gornjeg pričvršćenja: klin, obično odvojiv tako da čini dio gornje poveznice, koji služi za pričvršćenje gornje poveznice
8. Spoj donjeg pričvršćenja: klin, ili karika i klin, obično dio priključka, pomoću kojeg se pričvršćuje donja poveznica
9. Spoj gornjeg mjesta povezivanja: klin pomoću kojega je gornja poveznica spojena na traktor
10. Zakovica (osigurač): klin, obično opremljen potpornom oprugom, koji osigurava da zglobna veza ostane na mjestu.
11. Podizači: poveznice koje prijenose silu za dizanje i spuštanje donjih poveznica

### 2.1.2 Izlazno vratilo traktora i poteznica ili kuka

Moderni traktori koriste velike dizelske motore, čija se snaga proteže od 18 do 574 konjskih snaga (15 do 480 kW). Velika većina tih traktora ima mogućnost prijenosa snage na druge strojeve pomoću kardanske veze. Prvi traktori su koristili remen omotan oko kolotura za pokretanje stacionarnih (nepokretnih) strojeva. Moderni traktori koriste kardan (eng. power take-off shaft - skraćeno PTO) za prijenos okretnog momenta na strojeve koji mogu biti stacionarni ili vučeni.

Kardan je zglobno vratilo koje je poganjeno od strane traktora na način da se priključuje na izlazno vratilo traktora. Uobičajeno je da se priključno vratilo nalazi na stražnjem dijelu traktora, ali postoje traktori koji imaju priključno vratilo smješteno i na prednjoj strani. Kod priključnog vratila treba znati njegov broj okretaja u minuti (rpm) i smjer rotacije radi odabira kompaktnih priključaka. Najveći broj priključaka radi na 540 okretaja u minuti, a traktor je obično podešen tako da 540 o/min postiže na 75% nominalne brzine vrtnje, pa ako je npr. nominalna brzina vrtnje traktora 2500 o/min, na priključnom vratilu bit će 540 o/min pri brzini vrtnje motora od 1875 o/min. Dimenzije priključnih vratila su, također, standardizirane. Također visina izlaznog vratila na traktoru varira od modela modela i kreće se u granicama od 450 do 875 mm.

Poteznica ili kuka (slika 3) je mjesto na traktoru na kojem se spajaju prikolice i drugi uređaji. Služi isključivo za vuču prikolica i sličnih uređaja. Njihove dimenzije na traktorima također su standardizirane te se neke njezine dimenzije i odnosi nalaze u tablici 3.



SLIKA 3 SKICA TRAKTORSKE POTEZNICE

Tip priključnog vratila	Snaga na priključnom vratilu	$D_{\min}$	$A \pm 10$	$h$	$e_{\max}$
1	ispod 48	200	400	450 do 675	50
2	ispod 48	200	400	550 do 775	50
	48 do 92	200	400		50
3	ispod 185	200	500	650 do 875	50

TABLICA 3 IDENTIFIKACIJA POTREBA KUPACA

Gotovo svi moderni traktori mogu pružiti hidraulički i električni pogon priključnim strojevima.

### 3 Koncipiranje

Obuhvaća kreiranje funkcijeske strukture proizvoda, traženje odgovarajućeg tehnološkog principa rješenja i kombiniranje konceptualnih varijanti rješenja.

Koncipiranje rješenja sastoji se od nekoliko koraka: prepoznavanja potreba kupaca, analize sličnih kompatibilnih proizvoda, određivanja ciljanih karakteristika, generiranja koncepcija proizvoda i izrade tehno ekonomske analize kojom se odabire najbolji koncept

#### 3.1 Analiza sličnih proizvoda

Prilikom analize tržišta vezanog uz uređaj za prikupljanje kamenja sa obradivih površina te površina koje se pripremaju za kultivaciju, nailazimo na različite proizvode i principe rada, ali niti jedan proizvod u potpunosti ne odgovara našim zahtjevima. Neki od proizvoda koje smo analizirali uopće ne ispunjavaju naše zahtjeva, ali zbog nekih svojih funkcija bi mogli biti zanimljivi tijekom procesa konstruiranja. Prije svega tu se misli na različite plugove koji se koriste za prevrtanje zemlje i sitnilice za kamenje koje služe za usitnjavanje kamenja na obradivim i neobradivim površinama. Najviše pozornosti обратити ćemo na proizvode drugih proizvođača koji u potpunosti ili djelomično opisuju naše glavne funkcije. To su naravno uređaji koji prikupljaju kamenje sa obradivih površina ili površina koje se pripremaju za kultivaciju, te ga skladište, transportiraju i na kraju odlažu.

Na tržištu Hrvatske i tržištima ostalih zemalja u regiji ponuda uređaja koji usitnjavaju ili uklanjaju kamenje sa obradivih površina je vrlo oskudna. U ponudi je samo nekoliko modela i to pretežno uređaja za usitnjavanje. Tržište Europske unije ima mnogo veću ponudu takovih uređaja, dok je pak tržište Sjeverne Amerike najveće i ima najrazličitiju ponudu proizvoda koji udovoljavaju dijelu naših zahtjeva.

##### 3.1.1 Plugovi

Plugovi (slika 4 i slika 5) ne vrše ni jednu glavnu funkciju koja se traži od našeg proizvoda, ali zbog dubinske obrade zemlje koja se vrši ovim alatom analizirati ćemo neke od njih obzirom da naš stroj mora biti u mogućnosti prikupljati kamenje do 30 cm dubine.

Ovaj alat se priklučuje na tro-spojnu vezu traktora, te za rad ne koristi snagu sa izlaznog vratila traktora, već traktorsku vuču. Primarna zadaća pluga je okretanje gornjeg sloja zemlje u unutrašnjost i dovođenje unutarnjeg sloja na površinu. Time se omogućuje da svježa hranjiva dođu na površinu, postiže se bolja prozračnost i rahlost tla. Za nas je ova funkcija zanimljiva zbog mogućeg dovođenja kamenja iz dubljih dijelova tla na ili blizu površine. Tijekom oranja zemlja preko pluga pruža otpor kretanju traktora. Taj otpor raste sa povećanjem dubine oranja i površine pluga okomite na smjer kretanja. Otpor se povećava i uslijed povećanja, odnosno smanjenja vlažnosti u odnosu na idealne uvjete. Postoje procjene da su otpori oranju na dubini od 30 cm u prosjeku oko  $7 \text{ N/cm}^2$ . Ovaj podatak će nam koristiti pri proračunu snage potrebne za vuču našega uređaja.



SLIKA 4 PLUG ZA II KATEGORIJU TRAKTORA



SLIKA 5 PLUG ZA IV KATEGORIJU TRAKTORA

### 3.1.2 Sitnilice za kamen

Sitnilice za kamen se koriste za usitnjavanje kamenja na različitim terenima. Na traktor se priključuju tro-spojnom vezom, a snagu za rad preuzimaju sa izlaznog vratila na traktoru. Usitnjavanje se najčešće vrši pomoću rotacije vratila (Slika 6) na koje su montirani „zubi“ od kaljenog čelika (slika 7) koji velikom brzinom udaraju u kamenje i na taj način ga usitnjavaju. Većina sitnilica se proizvodi za traktore II, III i IV kategorije zbog snage koja je potrebna za rad takvih strojeva.

Princip rada sitnilice za kamen možemo iskoristiti na našem stroju ukoliko se daljnjom analizom utvrdi da je lakše prikupiti usitnjeni kamen od onog većeg volumena. Snage potrebne za usitnjavanje kamenja na ovaj način se kreću od 150 pa na više KS.



SLIKA 6 ALAT ZA USITNJAVAњE



SLIKA 7 ZAKALJENI ZUB

Primjeri sitnilica za kamen

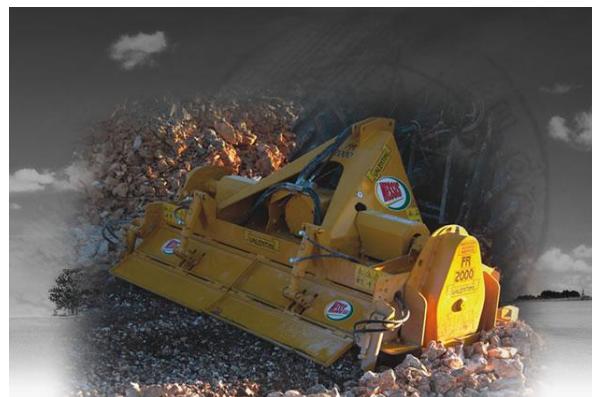
**MESSIS (Model LEON) (Slika 8)**



SLIKA 8 SITNILICA ZA KAMEN LEON

Standardna oprema i tehničke karakteristike:

- ✓ Priključak u tri točke na traktore II<sup>o</sup> kategorije
- ✓ Potreban broj okretaja na kardanskom vratilu: 540 o/min za modele do 150 cm radne širine;
- ✓ 1000 o/min za modele od 180 do 230 cm radne širine
- ✓ Radni organi - čelični šiljci velike izdržljivosti na habanje
- ✓ Unutrašnje ojačanje plašta – kućišta stroja iz materijala otpornog na habanje - HARDOX
- ✓ Pogon rotora s lijeve strane stroja (gledano u smjeru vožnje) za modele do 150 cm radne širine
- ✓ Dvojna transmisija – pogon rotora na obje strane stroja za modele LEON 1800; 2000; 2300
- ✓ Regulacija veličine usitnjavanja kamenja - rešetka s mehaničkim podešavanjem za sve modele
- ✓ Kardanska osovina
- ✓ \* Približna težina stroja (cca)
- ✓ \*\*Indikativna dubina obrade – ovisi o konfiguraciji terena
- ✓ Cijene od 115.000,00 kn do 221.400,00 kn – ovisno o veličini priključka
- ✓ Preporučujemo traktor sa bez-stupnjevanim Vario mjenjačem (najbolja varijanta) ili traktor sa super-sporim brzinama 150 do 200 m/h (slabija varijanta) za manje zahtjevne terene

**MESSIS (Model RAMBO - FR)(Slika 9)****SLIKA 9 MESSIS RAMBO - FR**

- ✓ Priključak u tri točke na traktore II<sup>o</sup> (za modele FR 1000; 1300; 1500) i III<sup>o</sup> kategorije (za modele FR 1800; 2000; 2300)
- ✓ Potreban broj okretaja na kardanskom vratilu: 1000 o/min
- ✓ Radni organi - čelični šiljci velike izdržljivosti na habanje - za sve modele
- ✓ Dvojna transmisija – pogon rotora na obje strane za modele FR 1800; 2000; 2300
- ✓ Regulacija dubine rada s bočnim klizačima - sanjkama (mehaničko podešavanje za modele FR 1000; 1300; 1500)
- ✓ Regulacija dubine rada s bočnim klizačima - sanjkama ( hidraulično podešavanje za modele FR 1800; 2000; 2300)
- ✓ Regulacija veličine usitnjavanja kamenja - rešetka s mehaničkim podešavanjem za modele FR 1000; 1300; 1500
- ✓ Regulacija veličine usitnjavanja kamenja - rešetka s hidrauličnim podešavanjem za modele FR 1800; 2000; 2300
- ✓ Kardanska osovina - priključak na traktor: 1“3/8 Z:6 za modele FR 1000; 1300; 1500
- ✓ Kardanska osovina - priključak na traktor: 1“3/4 Z:20 za modele FR 1800; 2000; 2300
- ✓ Hidraulično upravljanje bitnim radnim operacijama (potrebna najmanje 4 dvoradna hidraulična izvoda)
- ✓ \* Približna težina stroja (cca)
- ✓ \*\*Indikativna dubina obrade – ovisi o konfiguraciji terena

## MESSIS (Model FI) (Slika 10 )



SLIKA 10 SITNILICA MESSIS FI

- ✓ Priključak u tri točke na traktore III<sup>o</sup> kategorije
- ✓ Potreban broj okretaja na kardanskom vratilu: 1000 o/min
- ✓ Radni organi - čelični šiljci velike izdržljivosti na habanje
- ✓ Unutrašnje ojačanje plašta – kućišta stroja iz materijala otpornog na habanje
- ✓ Dvojna transmisija – pogon rotora na obje strane
- ✓ Regulacija dubine rada s bočnim klizačima - sanjkama s hidrauličnim podešavanjem
- ✓ Regulacija veličine usitnjavanja kamenja - rešetka s hidrauličnim podešavanjem
- ✓ Kardanska osovina - priključak na traktor: 1“3/4 Z:20
- ✓ Hidraulično upravljanje bitnim radnim operacijama (potrebna najmanje 4 dvoradna hidraulična izvoda na traktoru)
- ✓ Preporučujemo traktor sa bezstupnjevanim Vario mjenjačem (najbolja varijanta) ili traktor sa supersporim brzinama 150 do 200 m/h (slabija varijanta - samo za modele FI 1800 i FI 2000) za manje zahtjevne terene

## PTH Stone Crusher

Ovaj stroj (slika 11) je zanimljiv zbog načina na koji ima montirane zube (slika 12) i zbog dubine do koje usitnjava kamenje. Stroj kopat će do 30 cm dubine i široko 2,5 m. Za to mu je potrebna snaga od 140 do 260 KS. Soliko je snage potrebno ovisi o terenu.



SLIKA 11 PTH DROBILICA KAMENJA



SLIKA 12 KONSTRUKCIJA ALATA PTH DROBILICE

### 3.1.3 Strojevi za prikupljanje kamenja

Prilikom pretraživanja tržišta u potrazi za proizvodima koji služe za prikupljanje kamenja sa oranica ili površina koje se pripremaju kultivaciju nailazimo na veći broj različitih strojeva. Postoje vrlo jednostavne konstrukcije koje i nisu strojevi jer kamenje prikupljaju isključivo oblikom uz pomoć traktorske vuče, pa sve do vrlo složenih strojeva, pokretanih pomoću traktorskog vratila, koji odvajaju kamenje od tla, te pohranjuju i odlažu kamenje.

Na tržištima diljem svijeta nema mnogo strojeva koji bi zadovoljili jedan od glavnih zadataka našeg stroja, a to je prikupljanje kamenja do 30 cm dubine oranice. Većina ih kamenje uklanja sa površine ili sa područja neposredno ispod površine tla. Glavna prepreka za prikupljanje kamenja iz „većih dubina“ (15 cm na dublje) je prevelika potrebna snaga. Ono što se vrlo lako primijeti prilikom analize tržišta je da su proizvođači prilikom konstruiranja strojeva vrlo često žrtvovali dubinu prikupljanja da bi dobili na radnoj širini, tj. da bi se u što kraćem vremenu obradila što veća radna površina. Postoje neki strojevi koji prikupljaju kamenje i do 30 cm, ali je njihova radna širina mnogo manja

Thyregod Stone Picker.

Najbolji stroj koji je na tržištu (Tyregod Stone Picker) (Slika 13 i slika 14) ima širinu prikupljanja 1.5 m, dubinu prikupljanja do 30 cm i brzinu vožnje od 3 do 10 km/h ovisno o uvjetima zemlje, ali nema spremnik za kamenje. Potrebna snaga za rad je do 120 KS. Za vuču i dobavu potrebne snage ovomu stroju potreban je traktor kategorije IV.

Ovaj uređaj odvajanje kamenja od zemlje vrši u više koraka, a najznačajnije odvajanje se vrši u bubnju koji se rotira i na taj način kroz otvore trese preostalu zemlju na tlo. Kamenje se nakon toga pomoću pokretne trake odlaže u prikolicu koja se kreće kraj njega.

Glavna odlika ovoga stroja je dubina prikupljanja.



SLIKA 13 STROJ ZA PRIKUPLJANJE KAMENJA THYREGOD



SLIKA 14 POKRETNA TRAKA ZA ODLAGANJE

**Tehnički podaci:**

- ✓ Radna širina: 1500 mm
- ✓ Radna dubina: max. 300 mm
- ✓ Ukupna širina: 5310 mm
- ✓ Transportna širina: 2460 mm
- ✓ Maksimalna visina: max. 3000 mm
- ✓ Transportna visina: 2875 mm
- ✓ Ukupna dužina: 6100 mm
- ✓ Težina: 3720 kg.
- ✓ Gume: 12,5x18 – 10
- ✓ Potrebna snaga: 90 - 120 KS
- ✓ Radna brzina (ovisno o stanju tla): 3 - 10 km/h

### Stone – Pekka Stone Picker

Stone – Pekka strojevi (Slika 16) za pokupljanje kamenja su razvijeni od strane finskih farmera. Može se kupiti u više različitih veličina. Njegova najveća odlika je što ima vrlo široki zahvat na obradivim površinama. Najmanji model ima širinu zahvata 4m dok najveći model ima čak 6 m (Slika 15). Stroj snagu preuzima od traktora preko izlaznog vratila. Potrebne snage su od 19 kW, koliko je potrebno za rad najmanjeg modela, 21kW za srednji i 23 kW koliko je potrebno najvećem modelu u ponudi. Mana ovih strojeva je što kamenje prikupljaju samo sa površinskih slojeva oranica.



SLIKA 15 ALAT ZA PRIKUPLJANJE ROTACIJOM



SLIKA 16 STROJ ZA PRIKUPLJANJE STONE - PEKKA

Tehnički podaci:

	<b>Stone Pekka 4</b>	<b>Stone Pekka 5</b>	<b>Stone Pekka 6</b>
Radna širina	4m	5m	6m
Veličina kamenja	25-300mm	25-300mm	25-300mm
Težina	3200kg	3400kg	3500kg
Kapacitet po min	700kg/min	1000kg/min	1200kg/min
Zapremina spremnika	1.5-2 m <sup>3</sup>	1.5 - 2m <sup>3</sup>	1.5 - 2m <sup>3</sup>
Potrebna snaga	19kW	21kW	23kW
Brzina vožnje	3 - 6 km/h	3 - 6 km/h	3 - 6 km/h

TABLICA 4 TEH. KARAKTERISTIKE STONE-PEKKA UREĐAJA

### Prong Picker

Ovaj priključak je jedan od jednostavnijih proizvoda koje smo analizirali. Za pogon koristi traktorsku vuču te hidrauliku. Koristi se za pokupljanje krupnijeg kamenja sa površinskih slojeva oranica. Kapacitet spremnika mu je  $1.4 \text{ m}^3$ .



SLIKA 17 UREĐAJ ZA PRIKUPLJANJE OBLIKOM

### 3.2 Patentna rješenja glavnih funkcija

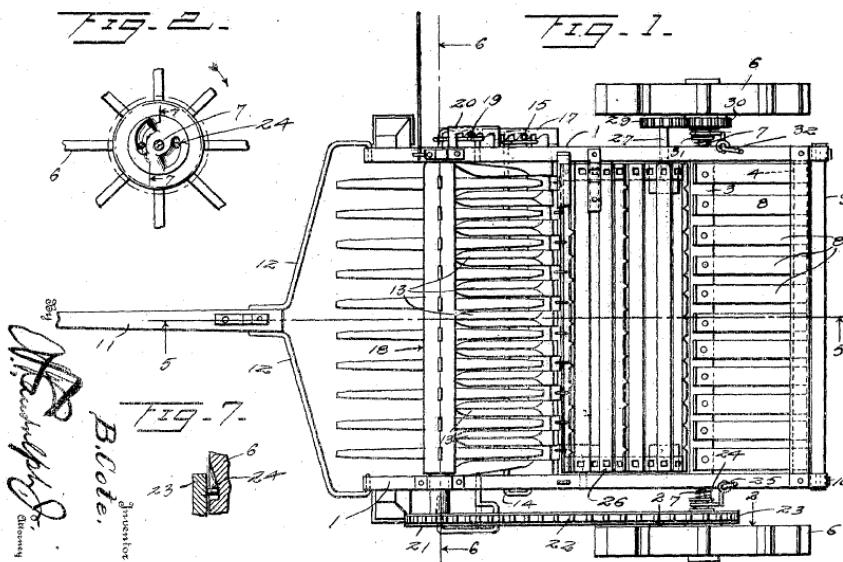
Prilikom pretraživanja patenata nailazi se na velik broj principa za iskapanje zemlje, odvajanje kamenja iz tla, odvajanja kamenja od zemlje, te principa za usitnjavanje kamenja. Ovdje su navedeni neki zanimljiviji, te je dan kratak opis principa rada.

#### 3.2.1 Stone Picking Machine ( Serial No. 41.525)

Ovaj patent datira iz 1951.g. Za pokretanje je koristio traktorsku vuču, a za pogon mehanizma za prikupljanje zamišljen je vlastiti motor na samom uređaju. Ova konstrukcija je zanimljiva zbog vilica koje kamenje nanose na pokretnu trak, te same trake

#### 3.2.2 Combined Rock Picker (Serial No. 1,542,670)

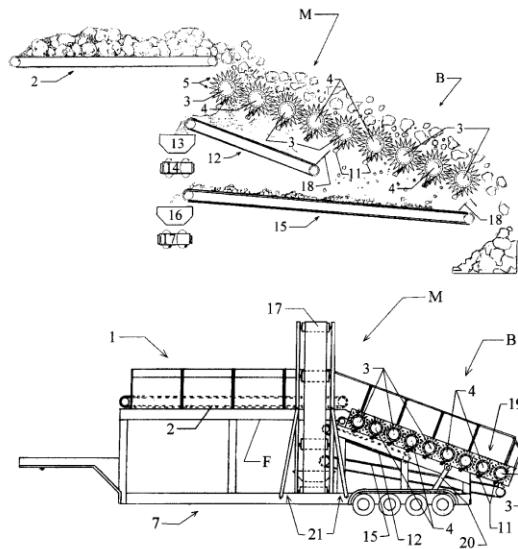
Patent na slici 19. datira iz 1925 godine. Za prikupljanje kamenja koristi lopatice koje rotiraju i na taj način ubacuju kamenje sa zemljom na rotirajuće valjke. Valjci prenose kamenje dalje prema stražnjem kraju uređaja, a zemlja pada kroz prostor između valjaka nazad na tlo. Uređaj je za pogon koristio traktorsku vuču.



SLIKA 18 PATENT ZA ODVAJANJE KAMENJA IZ 1925.G.

### 3.2.3 Uređaj za odvajanje kamenja iz zemlje (Apparatus for separating rocks from soil)

Uređaj je zamišljen tako da na jednu stranu dolazi pomiješana zemlja i pijesak. Odvajanje bi se trebalo vršiti na način da valjci prebacuju kamenje sa jednoga na drugi kraj, a zemlja bi trebala propadati između valjaka.



SLIKA 19 PATENT ZA ODVAJANJE ZEMLJE OD KAMENJA

## 3.3 Konstrukcijski zahtjevi

### 3.3.1 Tehnički upitnik

1. Problem koji proizvod treba riješiti.
  - ukloniti i prikupiti kamenje s obradivih površina, te površina koje se pripremaju za kultivaciju i to od 3 do 30 cm dubine, te do 4m širine.
  - Kamenje veće od 3 cm promjera usitniti na promjer 3 cm ili manje.
2. Koja su implicitna očekivanja i želje uključene u razvoj?
  - uređaj samostalno odvaja kamenje od zemlje i skladišti ga.
3. Da li su prepoznate potrebe kupaca, funkcionalni zahtjevi i ograničenja zaista odgovarajući?
  - veliki broj kupaca se žali na visoku cijenu kvalitetnih uređaja.
4. Koje su mogućnosti kreativnog razvoja i inventivnog rješavanje problema?
  - moguće je razviti novi način iskapanja i odvajanja kamenja.
  - koristiti kvalitetne i dugotrajne materijale.
5. Ima li limita na kreativni razvoj?

- uređaj ne smije imati vlastiti pogon, tj. Uređaj se spaja na traktor i energiju za pokretanje i rad preuzima od traktora.
6. Koje karakteristike/svojstva proizvod nužno mora imati?
- podesiva dubina odvajanja i prikupljanja kamenja iz zemlje.
  - spajanje na traktor
  - mogućnost vožnje unazad
  - siguran za korištenje
  - vrlo trajan
  - laka zamjena dotrajalih dijelova
7. Koje karakteristike/svojstva proizvod sigurno ne smije imati?
- Ne smije biti preširok zbog transporta cestama
8. Koji se aspekti razvoja mogu i trebaju kvantificirati u ovom trenutku?
- Veličina kamenja koje se mora odvojiti
  - Dubina do koje će se kamenje odvajati
9. Da li su razvojni zadaci postavljeni na prikladnoj razini apstrakcije?
- Želimo ukloniti kamenje iz zemlje, a to ne znači nužno kopanje
  -

### 3.3.2 Lista zahtjeva

Z (Zahtjev) Ž (Želja)	<b>LISTA ZAHTJEVA</b>  <b><i>Uređaj za prikupljanje kamenja</i></b>
Ž	<b>KINEMATIKA</b>  Preuzimanje glavnog gibanja sa izlaznog vratila traktora (540 o/min).
Ž Z	<b>SILE</b>  Smanjiti masu uređaja
Ž Z	<b>ENERGIJA</b>  Energiju za pogon preuzeti sa traktora  Za prijevoz i upravljanje uređajem koristiti traktor

	<b>SIGNALI</b>
Z	Omogućiti namještanje dubine obrade
Z	Omogućiti odlaganje prikupljenog kamenja
Ž	Omogućiti odlaganje prikupljenog kamenja u kamionsku prikolicu
	Omogućiti prometnu signalizaciju
	<b>MATERIJALI</b>
Ž	Koristiti konstrukcijske čelike
	<b>ERGONOMIJA I SIGURNOST</b>
Z	Svi pokretni dijelovi moraju biti zaštićeni
Ž	Generirati zvučni ili svjetlosni signal upozorenja prilikom odlaganja
	<b>ODRŽAVANJE</b>
Ž	Jednostavna zamjena dotrajalih dijelova
Ž	Jednostavno čišćenje uređaja

TABLICA 5 LISTA ZAHTJEVA

### 3.4 Koncipiranje uređaja

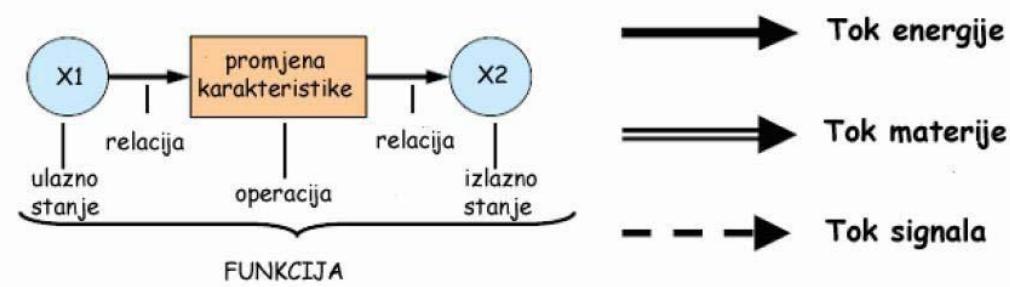
Prethodno identificirane potreba kupaca se pomoću funkcijске dekompozicije (slika 22) preslikavaju u opis tražene funkcionalnosti proizvoda kako bi se definirale granice konačnog rješenja, te osiguralo generiranje više mogućih rješenja za zadani problem. Nakon kreiranja funkcijске strukture popunjava se morfološka matrica. Iz morfološke matrice se za generiranje svakog koncepta za svaku funkciju odabire jedno rješenje te se rješenja pojedinih funkcija kombiniraju u ukupno rješenje. Vrednovanjem se određuje najbolji koncept, od prethodno napravljenih, te se počinje sa konstrukcijskom razradom.

#### 3.4.1 Funkcijsko modeliranje proizvoda

#### 3.4.2 Modeliranje funkcije pomoću toka i funkcijskog modela

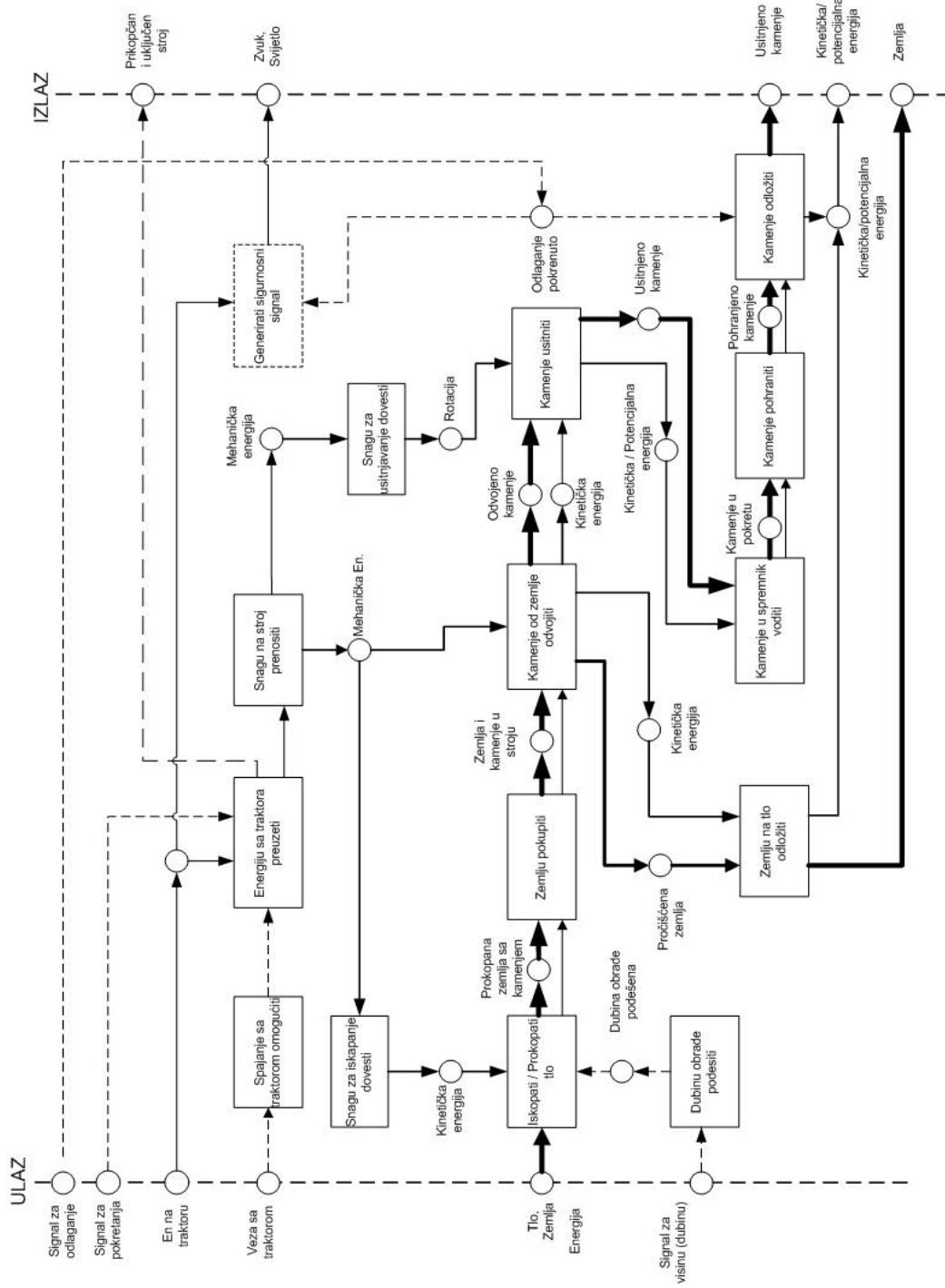
Funkcijski model zasnivan na toku prikazuje promjenu karakteristika operanda u operaciji.

Razmatraju se tri tipa operanda (energija, materija i signali) (slika 21), te je tok svakog od njih označen posebnom vrstom strelice. Funkcija kao dio ukupne transformacije, uzrokuje određenu promjenu karakteristika operanda koju realizira fizički nositelj funkcije (tehničko rješenje). Svaki operand koji sudjeluje u procesu može se opisati svojim početnim i konačnim stanjem. Relacije predstavljaju smjer promjena stanja operanda u funkciji.



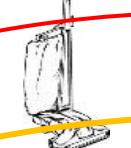
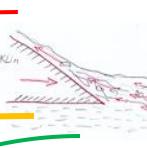
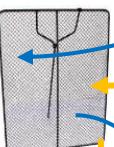
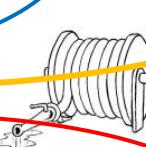
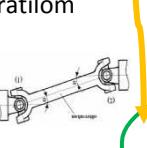
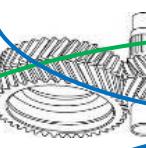
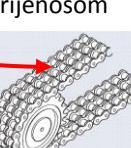
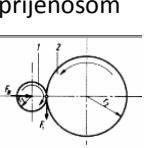
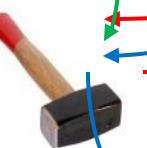
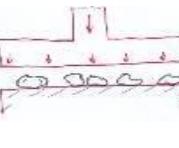
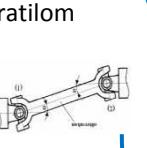
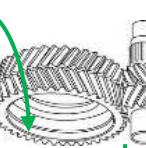
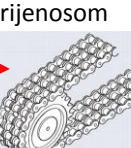
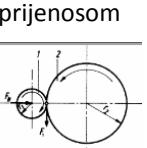
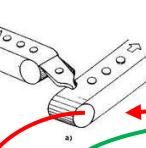
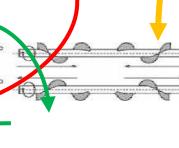
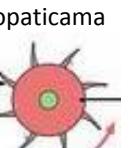
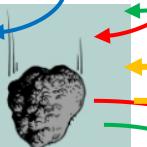
SLIKE 20 MODEL

### 3.4.3 Funkcijska dekompozicija traktorske sitnilice



SLIKA 21 FUNKCIJSKA DEKOMPOZICIJA

Funkcija	Fizikalni principi				
Spajanje sa traktorom omogućiti	Tro-spojnom vezom	Poteznicom naprijed	Poteznicom nazad		
Energiju sa traktora preuzeti	Traktorskim vućom	Izlaznim vratilom	Hidraulikom	Eklektičnom energijom	
Snagu na stroj prenijeti	Kardanskim vratilom	Zupčanicima	Remenskim prijenosom	Lančanim prijenosom	Tarnim prijenosom
Snagu na podsklopove raspodijeliti	Hidraulikom	Reduktorom			
Dubinu obrade podesiti	Hidraulikom	Tro-spojnom vezom	Vretenom	Zračnim ovjesom	
Snagu za iskapanje prenijeti	Kardanskim vratilom	Zupčanicima	Remenskim prijenosom	Lančanim prijenosom	Tarnim prijenosom
Iskopati / Prokopati tlo	Frezanje noževima	Oranje plugom	Brananjem	Tanjuranjem	Udaranjem

Zemlju pokupiti	Pokupiti lopatom 	Zagrabiti kantom 	Konvejer za iskapanje 	Usisavanjem 	Vučom klina 
Kamenje od zemlje odvojiti	Sijanjem kroz sito 	Ispiranje vodom 	Šuplji buhanj 		
Snagu za usitnjavanje prenijeti	Kardanskim vratilom 	Zupčanicima 	Remenskim prijenosom 	Lančanim prijenosom 	Tarnim prijenosom 
Veliko kamenje usitniti	Udaranjem 	Drobljenjem 	Prešanjem 	Eksplozijom 	
Snagu za prijenos kamenja prenijeti	Kardanskim vratilom 	Zupčanicima 	Remenskim prijenosom 	Lančanim prijenosom 	Tarnim prijenosom 
Kamenje voditi	Gravitacijom 	Pokretna traka 	Spiralni žlijeb 	Rotirajućim lopaticama 	
Zemlju na tlo odložiti	Gravitacijom 				
Kamenje u spremnik pohraniti	Prikolica 	Vreća 	Kruti spremanik 		

Kamenje odložiti	Gravitacijom 	Ručno istovariti 			
Generirati sigurnosni signal	Signalno svjetlo 	Zvučni signal 			

TABELA 1 MORFOLOŠKA MATRICA

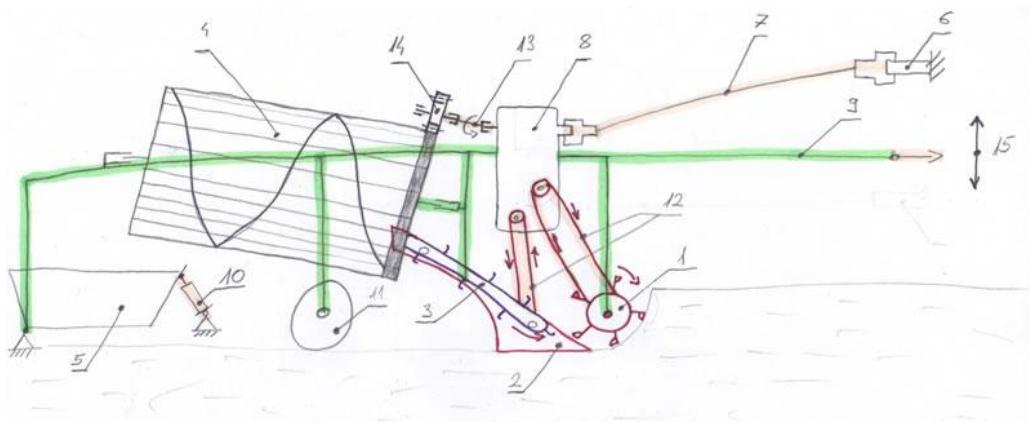
### 3.5 Koncepti

#### 3.5.1 Koncept 1

Opis rada koncepta 1 (slika 23):

Stroj se priključuje na traktor preko poteznice na stražnjem dijelu traktora. Snagu za pogon preuzima sa izlaznog vratila traktora te ju dalje preko reduktora dijeli na ostale podsustave. Alat i pokretna traka snagu dobivaju preko lančanog prijenosa dok se za pogon bubenja koristi zglobno vratilo i zupčani prijenos.

Traktor vuče stroj, a alat postepeno odvaja zemlju od tla i udarcima usitnjava kamenje, te ih baca prema klinastoј konstrukciji koja sakuplja usitnjeno tlo te ga nanosi na pokretnu traku. Kamenje i zemlja sa pokretnе trake ulaze u rešetkasti bubenj. Bubenj rotira i na taj način razdvaja sitnije čestice od krupnijih, te ih propusta da padnu nazad na tlo. Kamenje koje ne može proći između rešetaka, pomoću spiralnog žlijeba unutar bubenja vodi se dalje u spremnik.



SLIKA 22 KONCEPT 1

Popis dijelova označenih brojevima:

- |                           |                             |
|---------------------------|-----------------------------|
| 1. Alat                   | 4. Bubanj za odvajanje      |
| 2. Klin za prikupljavanje | 5. Spremnik                 |
| 3. Pokretna traka         | 6. Izlazno vratilo traktora |

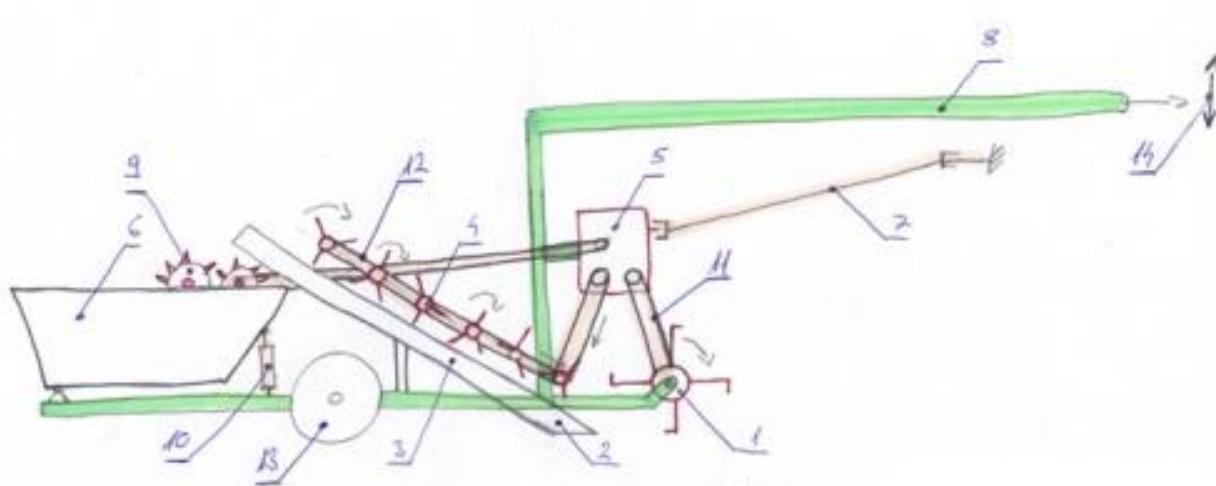
- |  |   |
|--|---|
| 7. Zglobno vratilo<br>8. Reduktor<br>9. Spoj sa poteznicom<br>10. Hidraulični cilindar | 11. Kotač<br>12. Lančani prijenos<br>13. Zglobno vratilo<br>14. Zupčasti prijenos |
|--|---|

### 3.5.2 Koncept 2

Opis rada koncepta 2 (slika 24):

Stroj se priključuje na traktor preko poteznice na stražnjem dijelu traktora. Snagu za pogon preuzima sa izlaznog vratila traktora te ju dalje preko reduktora dijeli na ostale podsustave. Alat i pokretna traka snagu dobivaju preko remenskog prijenosa dok se za pogon cilindara za drobljenje koristi lančani prijenos.

Traktor vuče stroj, a alat postepeno odvaja zemlju i kamenje, te ih baca prema klinastoj konstrukciji koja sakuplja usitnjeno tlo te ga nanosi na rešetkastu konstrukciju kroz koju sitna zemlja i kamenje propadaju na zemlju. Kamenje i zemlja koja odmah ne propadne na tlo, elastične lopatice udaraju svojom rotacijom, te na taj način guraju kamenje prema spremniku, a višak zemlje istresaju kroz rešetkastu konstrukciju.



SLIKA 23 KONCEPT 2

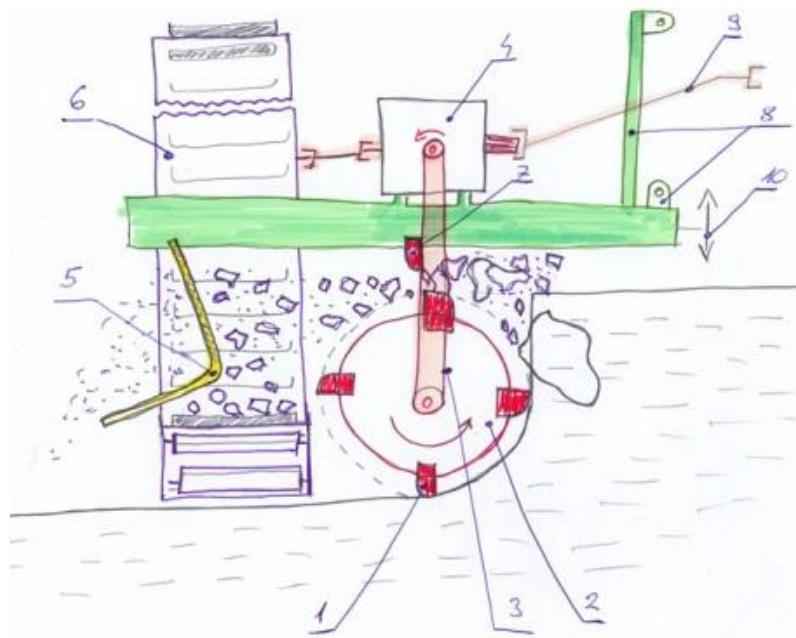
Popis dijelova označenih brojevima:

- |   |  |
|---|--|
| 1. Alat<br>2. Klin za prikupljanje<br>3. Pokretna traka<br>4. Elastične rotirajuće lopatice<br>5. Reduktor<br>6. Spremnik<br>7. Zglobno vratilo | 8. Spoj sa poteznicom<br>9. Spoj sa poteznicom<br>10. Cilindri za drobljenje<br>11. Remenski prijenos<br>12. Lančani prijenos<br>13. Kotač<br>14. Podešavanje visine |
|---|--|

### 3.5.3 Koncept 3

Opis koncepta 3 (slika 25):

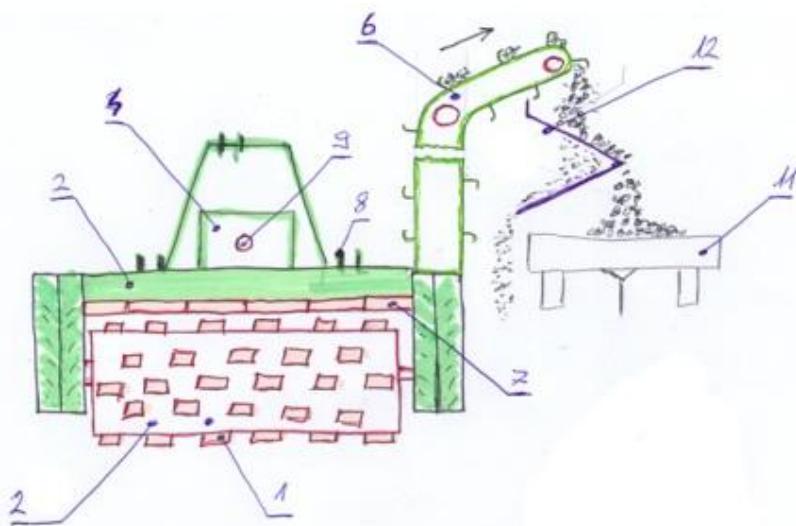
Stroj se priključuje na traktor preko tro-spojne veze na stražnjem dijelu traktora. Snagu za pogon preuzima sa izlaznog vratila traktora te ju dalje preko reduktora dijeli na ostale pod-sklopove. Alat snagu dobiva preko remenskog prijenosa dok se za pogon pokretne trake koristi zglobno vratilo. Prokopavanje i usitnjavanje se vrši pomoću čekića koji se rotiraju velikom brzinom. Zbog velike brzine na izlazu iz zahvata alata usitnjeno tlo se zabija u rešetkastu konstrukciju koja propušta sitnije dijelove kroz rupe, dok veći dijelovi padaju na pokretnu traku. Pokretna traka vodi odvojeno kamenje zajedno sa zemljom koja se nije odvojila prema spremniku (slika 26). Spremnik je u ovome slučaju traktorska prikolica koju vuče drugi traktor ili kamionski tovarni prostor. Na putu do spremnika nalazi se još jedna konstrukcija koja odvaja zemlju od kamenja (slika 27) na način da kroz izbušene rupe u limu propušta manje čestice, dok veći komadi kamenja kližu prema spremniku.



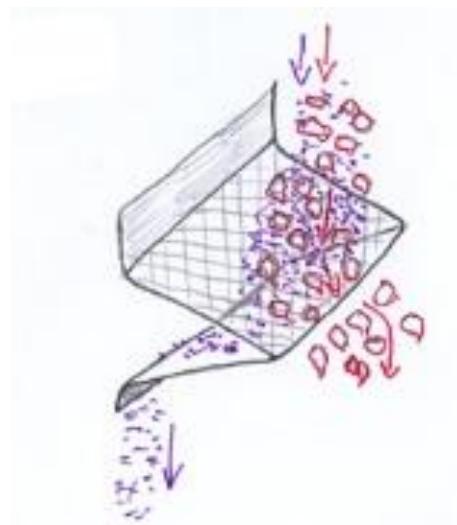
SLIKA 24 KONCEPT 3 - BOKOCRT

Popis dijelova označenih brojevima:

- |                               |                                 |
|-------------------------------|---------------------------------|
| 1. Kaljeni čekić              | 7. Statički čekić               |
| 2. Sklop alata                | 8. Tro-spojna veza              |
| 3. Remenski prijenos          | 9. Zglobno vratilo              |
| 4. Reduktor                   | 10. Traktorska hidraulika       |
| 5. Konstrukcija za odvajanje  | 11. Prikolica                   |
| 6. Pokretna traka sa posudama | 12. Konstrukcija za odvajanje 2 |



SLIKE 25 KONCEPT 3 - NACRT



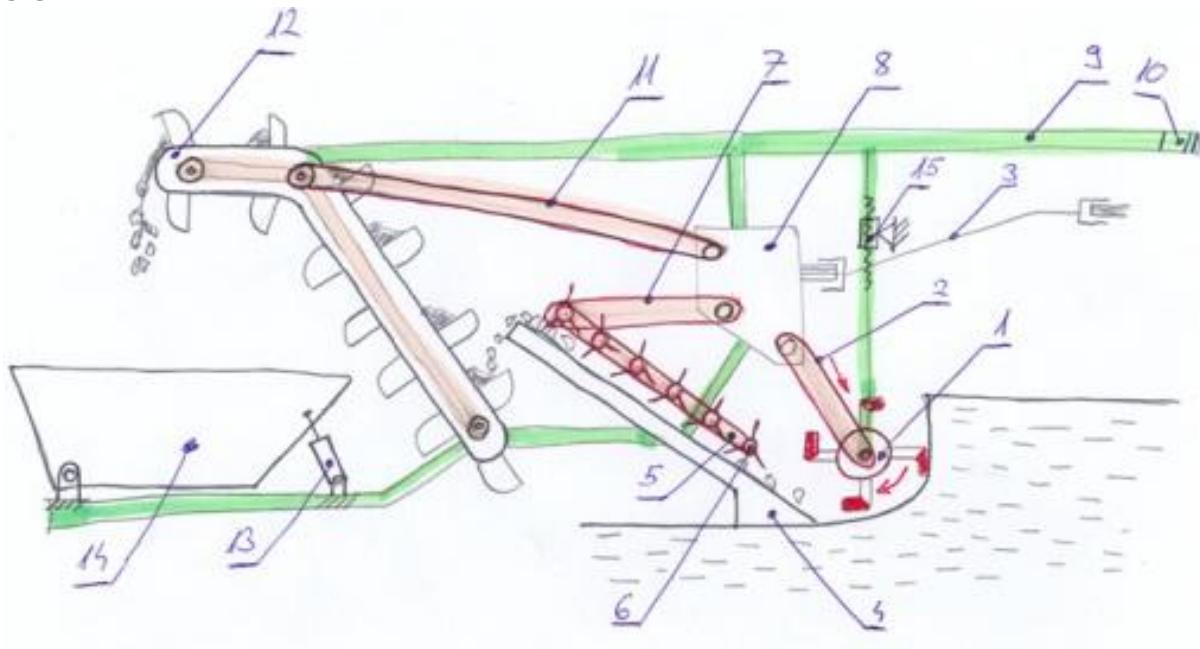
SLIKE 26 KONSTRUKCIJA ZA ODVAJANJE IZNAD SPREMNIKA – KONCEPT 3

### 3.5.4 Koncept 4

Opis rada koncepta 4 (slika 28):

Stroj se priključuje na traktor preko poteznice na stražnjem dijelu traktora. Snagu za pogon preuzima sa izlaznog vratila traktora te ju dalje preko reduktora dijeli na ostale pod-sklopove. Alat snagu dobiva preko remenskog prijenosa te svojom rotacijom usitnjava kamenje te usitnjeno tlo baca na klin za prikupljanje. U tom trenutku usitnjeno tlo stupa u kontakt sa rotirajućim lopaticama koje svojim kretanjem tjeraju kamenje prema pokretnoj traci sa posudama. Rotirajuće lopatice snagu dobivaju preko remenskog, a pokretna traka preko lančanog prijenosa.

## 3.5.5



SLIKA 27 KONCEPT 4

Popis dijelova označenih brojevima:

- |                         |                                   |
|-------------------------|-----------------------------------|
| 1. Alat                 | 9. Nosiva konstrukcija            |
| 2. Remenski Prijenos    | 10. Veza sa poteznicom            |
| 3. Zglobno vratilo      | 11. Lančani prijenos              |
| 4. Klin za prikupljanje | 12. Pokretna traka sa posudama    |
| 5. Lančani prijenos     | 13. Hidraulični cilindar          |
| 6. Elastične lopatice   | 14. Spremnik                      |
| 7. Lančani prijenos     | 15. Vreteno za podešavanje visine |
| 8. Reduktor             |                                   |

### 3.6 Izbor najprikladnijeg koncepta

Nakon provedene tehno-ekonomski analize i u suglasnosti sa mentorom, odabrao sam koncept 3, kao najprikladnije rješenje, te krenuo s njim u fazu konstruiranja. Nakon analiziranja i postavljanja liste problema koje treba riješiti, postalo je jasno da će sama konstrukcija stroja biti vrlo zahtjevna i opširna. Zbog toga, u dogovoru sa mentorom razvijen je cijeli pogonski dio i noseća konstrukcija, a izostavljena je razrada pokretne trake. Na konstrukciji je prikazan položaj i odnos pogonske trake ali ona nije u detalje razrađena.

	Kriterij	Varijante grubih skica					
Vrednovanje							Idealno
	Brzina obrade tla	3					4
	Preciznost odvajanja					2	4
	Radna sila	2	2	3	2		4
	Vijek trajanja	3	3	4	2		4
	Lakoća upravljanja	3	3	4	3		4
	Mogućnost uskladištenja	2	2	3	2		4
	Prenosivost	3	3	4	3		4
	Pouzdanost	3	3	3	2		4
	Izgled	2	2	3	2		4
$\Sigma$		24	24	30	19		36
Tehnička relativna vrijednost (%)		0,67	0,67	0,83	0,53		1,00
Trošak	Troškovi proizvodnje (~):	10	12	8	10		
	Troškovi razrade (~):	5	5	4	7		

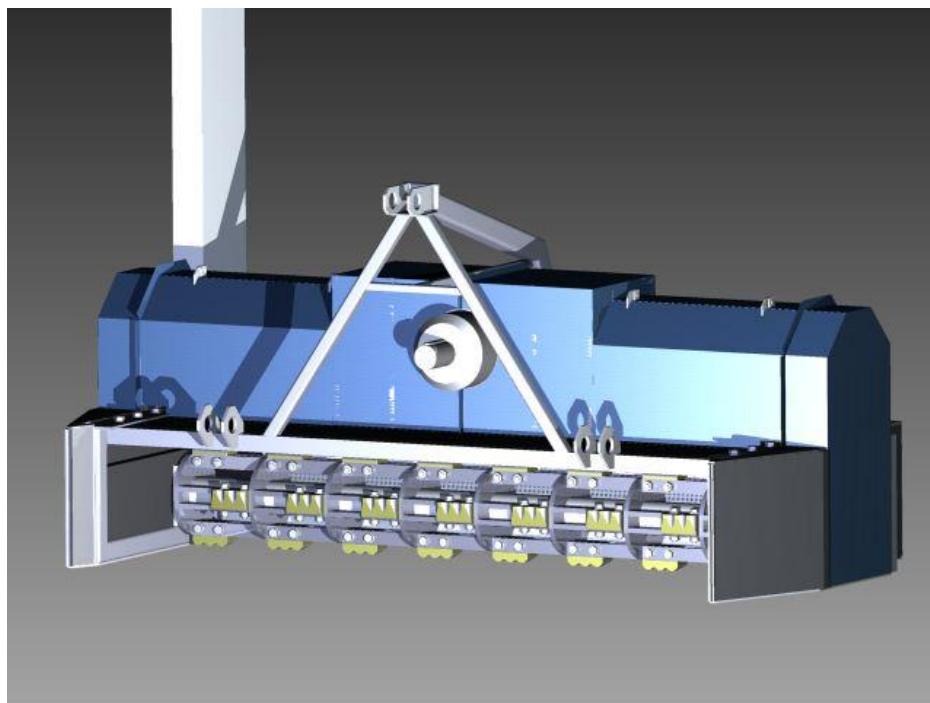
TABLICA 6 TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA

## 4 Konstrukcija razrada

### 4.1 Konačni izgled stroja

Većina priključaka i strojeva koji se koriste za uklanjanje i prikupljanje kamenja s obradivih površina te površina koje se pripremaju za kultivaciju, rade na principu prikupljanja kamenja rotacijom i to s površine ili slojeva neposredno ispod površine zemlje. Razlog tomu može se naći u činjenici da je za odvajanje kamenja iz dubljih slojeva zemlje potrebno uložiti mnogo više energije, tj. povećanjem dubine obrade povećava se i potreba za opskrbom energije takvom priključku ili stroju. Isto tako na tržištu ne postoji uređaj koji bi to prikupljeno kamenje usitnio zbog lakšeg transporta i manipulacije, već se za usitnjavanje koriste drugi strojevi. Prikupljeno kamenje se najčešće skladišti (pohranjuje) u spremnike, te tako postoji mogućnost njegovog odlaganja.

Priključak koji se razmatrao (slika 29) u ovom radu ima mogućnosti da mu se podeši željena dubina obrade od 0 pa do 30 cm, te da prilikom obrade tla usitnjava i odvaja kamenje od zemlje. Uređaj se na traktor treba priključiti preko standardne tro-spojne veze koja se nalazi na stražnjem dijelu traktora. Preko nje, uređaj treba biti potpunosti ovješen, te mu nije potreban dodatni pogon u svrhu postizanja mobilnosti, kao npr. kotači, gusjenice i sl. Preko te iste tro-spojne veze podešava se i dubina obrade.



SLIKA 28 3D MODEL UREĐAJA

Princip korištenja priključka je slijedeći: nakon što se stroj dovede u radni položaj i uključi, snagu preuzima s izlaznog vratila na traktoru, te ju dalje prenosi ne sklopove koji zahtijevaju energiju za pokretanje. To se odnosi na alat koji kopa zemlju i usitjava kamenje, te na podsustav koja prikupljeno kamenje odvodi od mjesta iskopa do mjesta pohrane. Iskapanje i usitnjavanje se vrši pomoću vrlo brze rotacije alata (do  $1000 \text{ min}^{-1}$ ) koji na sebi sadrži veći broj „čekića ili noževa“. Usljed velike brzine, prilikom sudara kamenja i alata, dolazi do loma kamenja i na taj način i do njegova usitnjavanja. Kako alat zahvaća zemljani materijal te ga gura u smjeru svoje rotacije, zemlja i kamenje preuzimaju velik dio kinetičke energije na sebe, te na izlazu, odnosno ulazu na slobodnu stranu alata, imaju veliku brzinu kretanja. Nedaleko od alata na nalazi se podsustav koja služi za prvi stupanj odvajanja kamenja od zemlje. Ono kamenje i zemlja koji ne prođu kroz taj sustav, podvode se do druge faze odvajanja i na kraju u podsustav za pohranu. Podsustav za pohranu ne mora biti direktno vezan na stroj, već se za pohranu kamenja može koristi i traktorska prikolica koju usporedno sa strojem vuče drugi traktor ili kamionski tovarni prostor.

Prilikom analiziranja, koncipiranja i konstrukcijske razrade potrebno je voditi računa da se prilikom izrade stroja koristi što veći broj standardnih dijelova, te dijelova koji se mogu naručiti od drugih proizvođača. Nosiva konstrukcija stroja treba biti načinjena od standardnih profila, a pogonski i spojni elementi uzeti od dostupnih proizvođača.

## 4.2 Snaga potrebna za pogon stroja

Analizom postojećih uređaja koji vrše prokopavanje i usitnjavanje zemlje i kamenja zaključujem da snaga potrebna za pogon uređaja mora biti minimalno 55 kW. Predviđena brzina kretanja uređaja je od 1 do 3 km/h ovisno o terenu. U slučaju da teren postane teži za obradu, odnosno, da je stroju potrebna veća snaga, mora se smanjiti brzina vožnje traktora, ali brzinu izlaznog vratila treba držati konstantnom. Na taj način se smanjuje otpor koji zemlja i kamenje imaju na alat uređaja.

### 4.3 Pogon stroja

Pogon stroja vrši se preko zglobnog vratila (slika 30). Samo zglobno vratilo nije dio stroja, ali se na stroju mora omogućiti lagano prikapanje istoga.



SLIKA 29 ZGLOBNO VRATILO

Snaga s zglobnog vratila prenosi moment na reduktor koji pak taj moment, odnosno snagu dijeli na dva remenska prijenosa. Reduktor ustvari i nije reduktor jer ima prijenosni omjer 1:1. Prilikom odabira reduktora treba paziti na smjerove vrtnje na izlazu reduktora.

Odabir reduktora. Za potrebe podjele snage odabran je sljedeći reduktor.

### 4.4 Proračun vratila

Proračun vratila računao sam pomoću softvera-a „Shaft component generator“ koji se nalazi unutar „Autodesk Inventor 2012“ programa za 3D modeliranje.

**Ulazni podaci:**

Potrebna snaga na vratilu alata iznosi 110 kW, a brzina vrtnje alata  $1000 \text{ min}^{-1}$ .

$$P = 110 \text{ kW}$$

$$n_a = 1000 \text{ min}^{-1} = 16, s^{-1}$$

$$T_a = \frac{P_a}{\omega_a} = \frac{110000}{105} = 1057 \text{ Nm}$$

$$\omega_a = 2n_a \pi = 2\pi * 16.7 = 105 \text{ rad/s}$$

Na vratilu se nalaze čekići (zubi), kružne ploče, grede i vijci.

Ukupna masa koja opterećuje vratilo iznosi oko 210 kg.

Masa čekića (zubi): 83 kg;

Masa kružnih ploča: 37 kg;

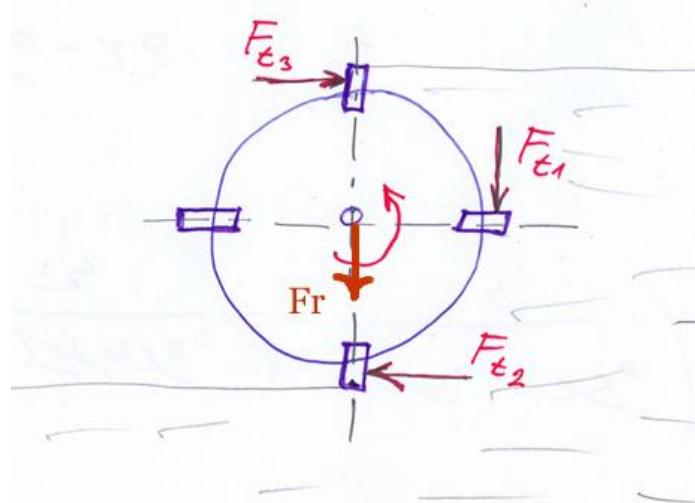
Masa poprečnih greda: 72,15kg;

$$m_{uk} = m_z + m_{kp} + m_g + m_v = 83 + 37 + 72 + 16,6 = 208,6 \text{ kg}$$

Sila koja opterećuje vratilo uslijed težine dijelova koji se nalaze na vratilu:

$$F_R = m_{uk} * g = 208,6 * 9,81 = 2047 \text{ N}$$

Sile koja djeluje na oslonce vratila uslijed rada alata:



SLIKA 30 POJEDNOSTAVLJENI MODEL OPTEREĆENJA VRATILA

$$T = -F_{t1} * d + (-F_{t2} * d) + (-F_{t3} * d) = -d(F_{t1} + F_{t2} + F_{t3})$$

Pod pretpostavkom da su sile  $F_{t1}, F_{t2}$  i  $F_{t3}$  približno jednake vidi se iz slike 31. da se dvije sile poništavaju tako da na oslonce preko vratila djeluje samo sila  $F_{t1}$ .

$$F_T = \frac{T}{r} = \frac{1060}{0,15} = 7067 \text{ N}$$

$$F_{t1} = \frac{F_T}{3} = 2356 \text{ N}$$

Ukupna sila koja opterećuje vratilo je:

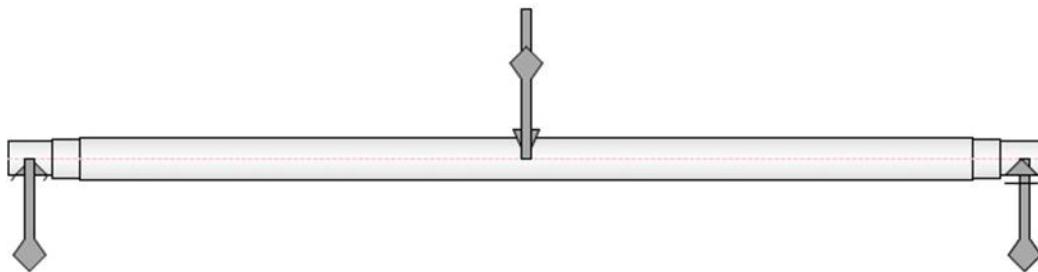
$$F_{uk} = F_r + F_{t1} = 4400N$$

Promjer alata: d=0,3 m

Za materijal vratila je odabran čelik DIN Ck 45 (Normaliziran i poboljšan).

**Rezultati:**

Alat je tijekom rada opterećen na torziju i savijanje. Torzija, odnosno moment koji je potreban da bi uređaj savladavao otpore u zemlji i kamenju dovodi se pomoću dvije remenice smještene na rubovima vratila. Uz moment vratilo je opterećeno i težinom elemenata koji se nalaze na njemu.

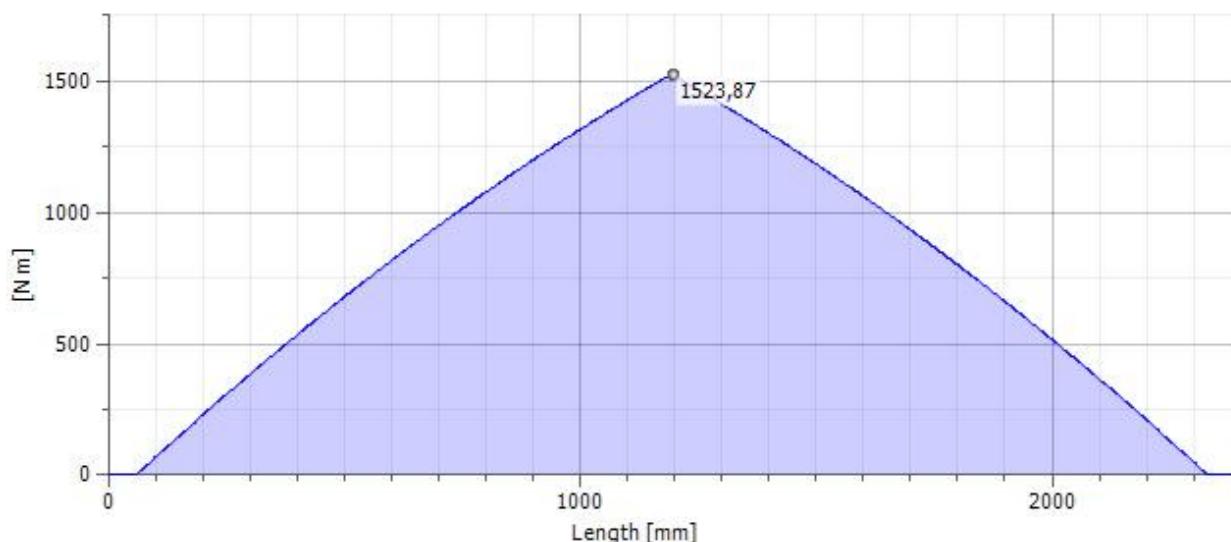


SLIKA 31 SKICA VRATILA ALATA

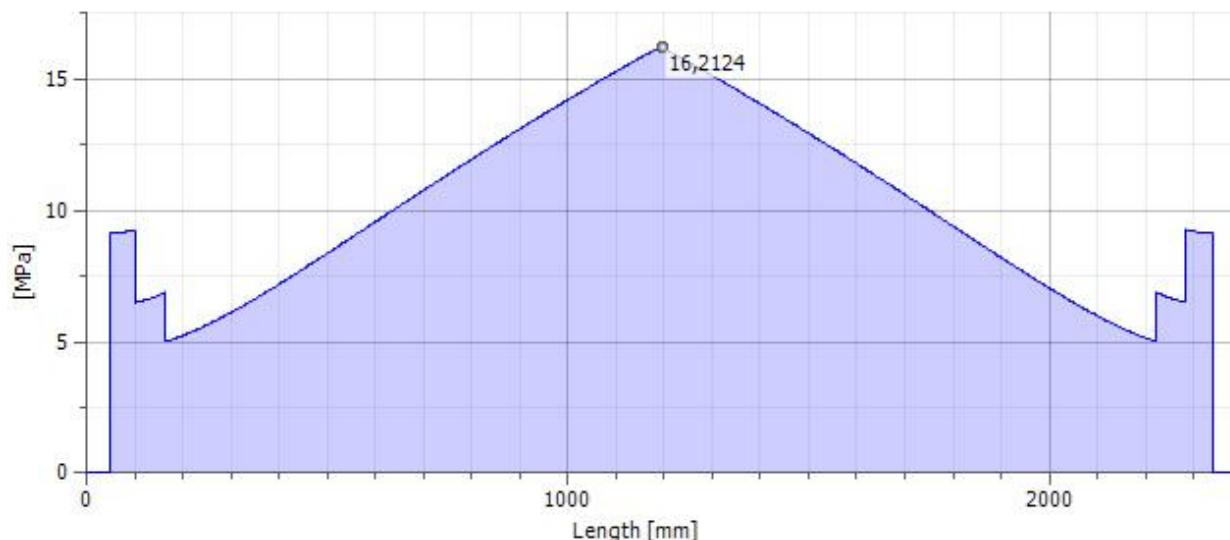
Tablica rezultata (tablica 7) koju sam generirao pomoću već navedenog programa daje nam podatke o naprezanjima, deformaciji i dimenzijama vratila. Iz dijagrama na slici

Length	L	2385,000 mm
Mass	Mass	128,681 kg
Maximal Bending Stress	$\sigma_B$	15,522 MPa
Maximal Shear Stress	$\tau_s$	0,326 MPa
Maximal Torsional Stress	$\tau$	5,272 MPa
Maximal Tension Stress	$\sigma_T$	0,000 MPa
Maximal Reduced Stress	$\sigma_{red}$	16,212 MPa
Maximal Deflection	$f_{max}$	715,141 microm
Angle of Twist	$\phi$	0,00 deg

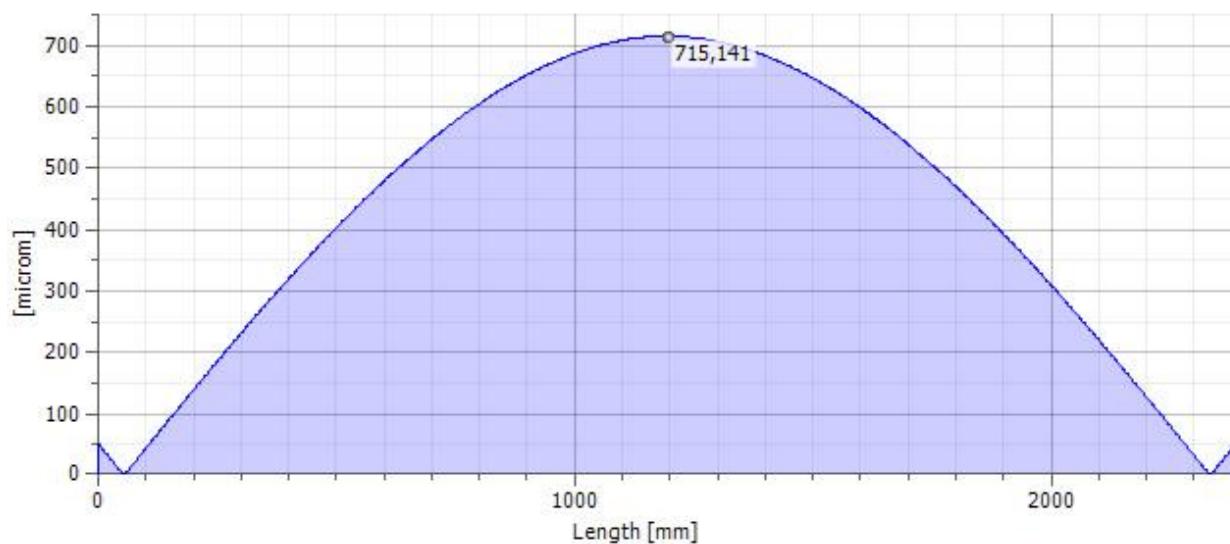
TABLICA 7 REZULTAI PRORAČUNA VRATILA



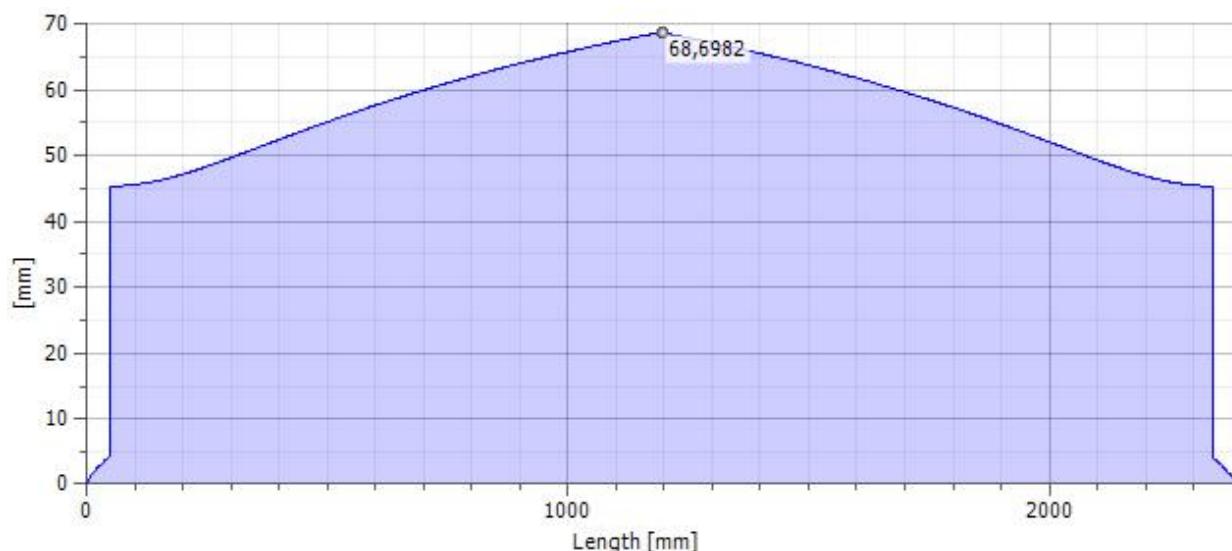
SLIKA 32 MOMENT SAVIJANJA VRATILA ALATA



SLIKA 33 REDUCIRANO NAPREZANJE VRATILA ALATA



SLIKA 34 POMACI VRATILA ALATA



SLIKA 35 IDEALNI PROMJERI VRATILA

4.5 Zbog upotrebe pera i uskočnika minimalni promjer vratila povećavam na 100 mm.

## 4.6 Proračun malih vratila

Malo vratilo opterećeno je samo na torziju.

$$T = 530 \text{ Nm}$$

$$d \geq \sqrt{\frac{32 * T}{100 * \pi}} = \sqrt{\frac{32 * 530000}{100 * \pi}} = 37,75 \text{ mm}$$

Promjer malog vratila mora biti veći od 33,37 mm.

## 4.7 Odabir remenskog prijenosa

Remenski prijenos je odabran pomoću kalkulatora na web stranicama SKF-a.



### Calculation results

#### Input data:

Rated power [kW]	55
Rated torque [Nm]	525,21
Requested service factor	1,5
Driver speed [r/min]	1000
Driven speed [r/min]	1000

#### Drive:

Overall width [mm]	120
Overall length [mm]	764,5
Overall height [mm]	257
Pulley center distance [mm]	507,5
Span length [mm]	507,5
Actual driven speed [r/min]	995

#### Belt:

Designation	PHG SPB1800XP
Number of belts	6
Actual service factor	1,43
Belt power rating [kW]	78,86
Belt mass [kg] (Aprox.)	0,4
Belt width [mm]	16,00

#### Driver pulley:

Designation	PHP 6SPB250TB
Reference diameter [mm]	250
Nominal taper lock	PHF TB3535X60MM
Taperlock shaft diameter range [mm]	35 – 90

#### Driven pulley:

Designation	PHP 6SPB250TB
Reference diameter [mm]	250
Nominal taper lock	PHF TB3535X80MM
Taperlock shaft diameter range [mm]	35 – 90

#### Hub loads:

Static hub loads for NEW belt [N]	11890
Static hub loads for RUN-IN belt [N]	7926,67
Dynamic hub loads for NEW belt [N]	11398,43
Dynamic hub loads for RUN-IN belt [N]	7435,09

#### Tensioning:

Installation strand tension for NEW belt [N]	990,83
Installation strand tension for RUN-IN belt [N]	660,56
Deflection forces for SKF Belt tension pen gauge [kg]	
NEW	6,43
RUN	4,32
Vibrating frequency for SKF Belt Frequency Meter [Hz]	
NEW	65,38
RUN	53,38

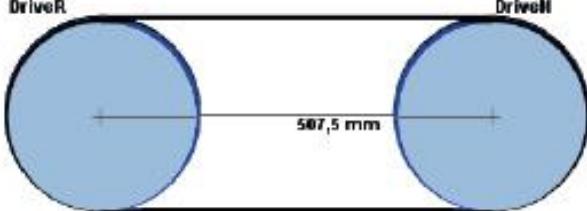
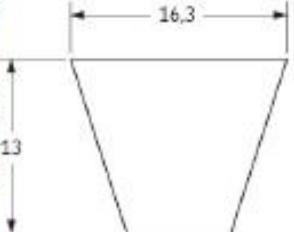
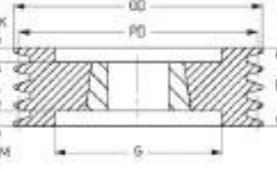
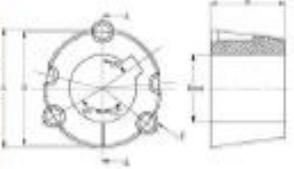
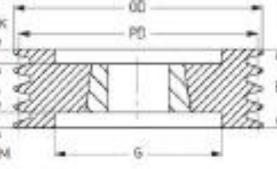
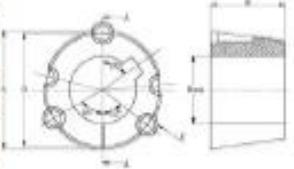


Date: 26.01.2012

© SKF is a registered trademark of the SKF Group.

© SKF 2012

The contents of this report are the copyright of the publisher and may not be reproduced (even extracts) unless permission is granted. Every care has been taken to ensure the accuracy of the information contained in this report but no liability can be accepted for any loss or damage whether direct, indirect or consequential arising out of the use of the information contained herein.

<h3>Drive layout</h3> 	<h3>Belt</h3> <p><b>PHG SPB1800XP</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Wedge_SPB_XP</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Belt marking</td> <td>SPB1800 XP</td> </tr> <tr> <td>No. of ribs</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Pitch length (mm)</td> <td>1800</td> </tr> <tr> <td>Effective length (in)</td> <td>70.9</td> </tr> <tr> <td>Width (mm)</td> <td>16.3</td> </tr> <tr> <td>Height (mm)</td> <td>13</td> </tr> </tbody> </table> 	Wedge_SPB_XP		Belt marking	SPB1800 XP	No. of ribs	1	Pitch length (mm)	1800	Effective length (in)	70.9	Width (mm)	16.3	Height (mm)	13																																		
Wedge_SPB_XP																																																	
Belt marking	SPB1800 XP																																																
No. of ribs	1																																																
Pitch length (mm)	1800																																																
Effective length (in)	70.9																																																
Width (mm)	16.3																																																
Height (mm)	13																																																
<h3>Driver pulley</h3> <p><b>PHP 6SPB250TB</b></p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Pitch diameter (mm)</td> <td>250</td> </tr> <tr> <td>Outside diameter (mm)</td> <td>257</td> </tr> <tr> <td>Pulley type</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Bush no.</td> <td>3535</td> </tr> <tr> <td>Min. bore (mm)</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>Max. bore (mm)</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>G</td> <td>207</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td>15.5</td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>89</td> </tr> <tr> <td>M</td> <td>15.5</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Weight (lbs.)</td> <td>20.2</td> </tr> </tbody> </table> 	Pitch diameter (mm)	250	Outside diameter (mm)	257	Pulley type	3	Bush no.	3535	Min. bore (mm)	35	Max. bore (mm)	90	F	120	E	-	G	207	K	15.5	L	89	M	15.5	H	-	Weight (lbs.)	20.2	<h3>Driver bushing</h3> <p><b>PHF TB3535X60MM</b></p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Bushing no.</td> <td>TB3535</td> </tr> <tr> <td>Bore diameter (mm)</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>Keyway width (mm)</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>Keyway depth (mm)</td> <td>4.4</td> </tr> <tr> <td>A (mm)</td> <td>127</td> </tr> <tr> <td>B (mm)</td> <td>89</td> </tr> <tr> <td>D (mm)</td> <td>123</td> </tr> <tr> <td>E (mm)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>F (mm)</td> <td>12.700 x 38.10</td> </tr> <tr> <td>Weight (kg)</td> <td>5.3</td> </tr> </tbody> </table> 	Bushing no.	TB3535	Bore diameter (mm)	60	Keyway width (mm)	18	Keyway depth (mm)	4.4	A (mm)	127	B (mm)	89	D (mm)	123	E (mm)	-	F (mm)	12.700 x 38.10	Weight (kg)	5.3
Pitch diameter (mm)	250																																																
Outside diameter (mm)	257																																																
Pulley type	3																																																
Bush no.	3535																																																
Min. bore (mm)	35																																																
Max. bore (mm)	90																																																
F	120																																																
E	-																																																
G	207																																																
K	15.5																																																
L	89																																																
M	15.5																																																
H	-																																																
Weight (lbs.)	20.2																																																
Bushing no.	TB3535																																																
Bore diameter (mm)	60																																																
Keyway width (mm)	18																																																
Keyway depth (mm)	4.4																																																
A (mm)	127																																																
B (mm)	89																																																
D (mm)	123																																																
E (mm)	-																																																
F (mm)	12.700 x 38.10																																																
Weight (kg)	5.3																																																
<h3>Driven pulley</h3> <p><b>PHP 6SPB250TB</b></p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Pitch diameter (mm)</td> <td>250</td> </tr> <tr> <td>Outside diameter (mm)</td> <td>257</td> </tr> <tr> <td>Pulley type</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Bush no.</td> <td>3535</td> </tr> <tr> <td>Min. bore (mm)</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>Max. bore (mm)</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>G</td> <td>207</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td>15.5</td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>89</td> </tr> <tr> <td>M</td> <td>15.5</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Weight (lbs.)</td> <td>20.2</td> </tr> </tbody> </table> 	Pitch diameter (mm)	250	Outside diameter (mm)	257	Pulley type	3	Bush no.	3535	Min. bore (mm)	35	Max. bore (mm)	90	F	120	E	-	G	207	K	15.5	L	89	M	15.5	H	-	Weight (lbs.)	20.2	<h3>Driven bushing</h3> <p><b>PHF TB3535X80MM</b></p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Bushing no.</td> <td>TB3535</td> </tr> <tr> <td>Bore diameter (mm)</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>Keyway width (mm)</td> <td>22</td> </tr> <tr> <td>Keyway depth (mm)</td> <td>5.4</td> </tr> <tr> <td>A (mm)</td> <td>127</td> </tr> <tr> <td>B (mm)</td> <td>89</td> </tr> <tr> <td>D (mm)</td> <td>123</td> </tr> <tr> <td>E (mm)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>F (mm)</td> <td>12.700 x 38.10</td> </tr> <tr> <td>Weight (kg)</td> <td>3.84</td> </tr> </tbody> </table> 	Bushing no.	TB3535	Bore diameter (mm)	80	Keyway width (mm)	22	Keyway depth (mm)	5.4	A (mm)	127	B (mm)	89	D (mm)	123	E (mm)	-	F (mm)	12.700 x 38.10	Weight (kg)	3.84
Pitch diameter (mm)	250																																																
Outside diameter (mm)	257																																																
Pulley type	3																																																
Bush no.	3535																																																
Min. bore (mm)	35																																																
Max. bore (mm)	90																																																
F	120																																																
E	-																																																
G	207																																																
K	15.5																																																
L	89																																																
M	15.5																																																
H	-																																																
Weight (lbs.)	20.2																																																
Bushing no.	TB3535																																																
Bore diameter (mm)	80																																																
Keyway width (mm)	22																																																
Keyway depth (mm)	5.4																																																
A (mm)	127																																																
B (mm)	89																																																
D (mm)	123																																																
E (mm)	-																																																
F (mm)	12.700 x 38.10																																																
Weight (kg)	3.84																																																

SLIKA 37 TEH. PODACI REMENSKOG PRIJENOSA

## 4.8 Proračun ležajeva velikog vratila

$$P = 4400 \text{ N}$$

$$L_h = 12000 \text{ radnih sati}$$

$$C = P * \frac{f_L}{f_n * f_t} = 4400 * \frac{2,6}{0,36045 * 1} = 31760 \text{ N}$$

$$f_L = \sqrt[10]{\frac{L_h}{500}} = \sqrt[10]{\frac{12000}{500}} = 2,6$$

$$f_n = \sqrt[10]{\frac{33,33}{1000}} = 0,36045$$

## 4.9 Odabrani sljedeći ležajevi:

Ležaj koji preuzima samo radikalna opterećenja tip NU

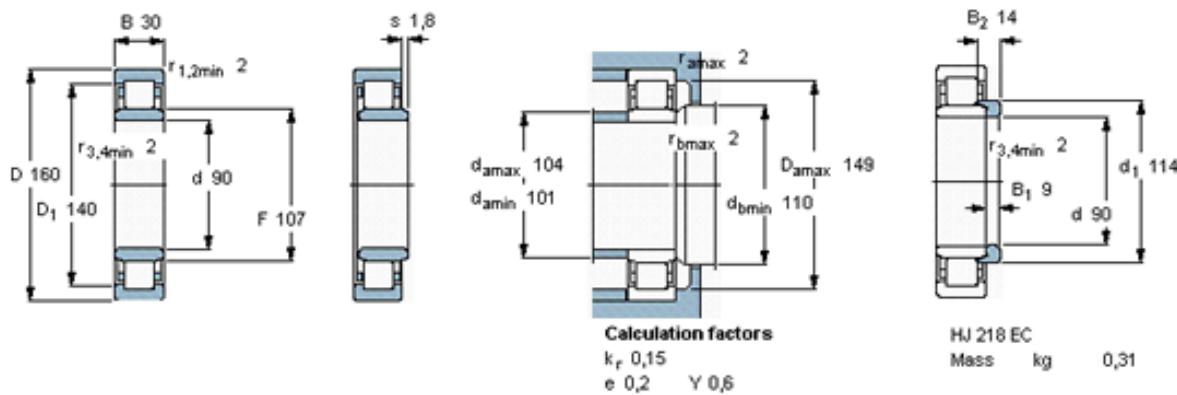
Cylindrical roller bearings, single row, NU design  
Product information

Tolerances , see also text  
Radial internal clearance, cylindrical bore , tapered bore, unsealed , see also text  
Recommended fits  
Shaft and housing tolerances

Principal dimensions			Basic load ratings		Fatigue	Speed ratings	Mass	Designation	Angle ring
d	D	B	dynamic C	static C <sub>0</sub>	load limit P <sub>s</sub>	Reference speed	Limiting speed		Designation
mm			kN		kN	r/min		kg	-
90	160	30	208	220	27	4500	5000	2,55	NU 218 ECM *

\* - SKF Explorer bearing

HJ 218 EC

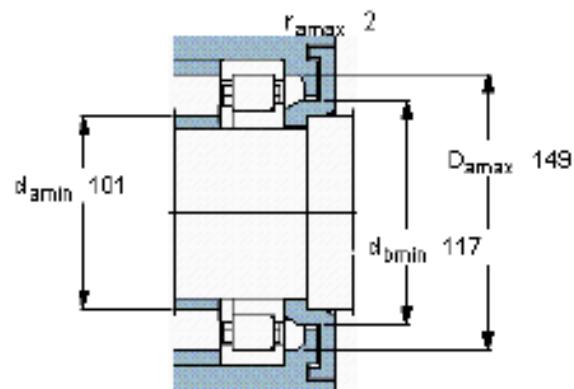
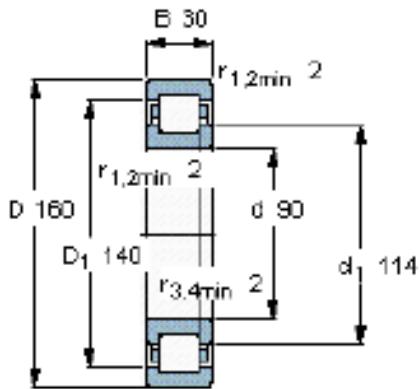


Ležaj koji preuzima radijalna i aksijalna opterećenja tip NUP.

**Cylindrical roller bearings, single row, NUP design**  
Product Information

Tolerances, see also text  
Radial internal clearance, cylindrical bore, tapered bore, unsealed, see also text  
Recommended fits  
Shaft and housing tolerances

Principal dimensions			Basic load ratings		Fatigue load limit	Speed ratings	Mass	Designation	Angle ring Designation
d	D	B	C <sub>dynamic</sub>	C <sub>static</sub>	P <sub>u</sub>	Reference speed	Limiting speed		
mm			kN	kN	KN	r/min	r/min	kg	-
90	160	30	208	220	27	4500	5000	2,45	NUP 218 ECM *



**Calculation factors**

$k_f$  0,15  
 $\epsilon$  0,2       $\gamma$  0,6

## 5 Prilog

### 5.1 Tehnička dokumentacija

## 6 Literatura:

1. Decker, K-H: Elementi strojeva, Tehnička knjiga, Zagreb
2. Kraut, B: Strojarski priručnik, Axiom, Zagreb, 1997
3. Oberšmit, E: Osnove konstruiranja, Sveučilišna naklada, Zagreb, 1991
4. Opalić M, Kljajin M, Sebastijanović S: Tehničko crtnje, Zagreb/ Slavonski Brod, 2002
5. Cadlab.fsb.hr, Podloge za vježbe V1, Teorija konstruiranja, ak. godina 2006/07
6. Cadlab.fsb.hr, Predavanja, Razvoj proizvoda, ak. godina 2005/06
7. <http://www.skf.com/portal/skf/home>