

Raport

CleanField

**Opracowanie i wdrożenie innowacji związanych z odkamienianiem pól
uprawnych oraz ich wpływu na jakość i wielkość plonu wybranych roślin
uprawnych oraz strukturę gleby**

Autorzy:

1. dr hab. inż. Karol Tucki, prof. SGGW
2. dr hab. inż. Tomasz Nowakowski
3. prof. dr hab. inż. Leszek Mieszkalski

Warszawa, 29.01.2025

SPIS TREŚCI

1. PROJEKT ZBIERACZA KAMIENI	3
1.1. Projekt i model fizyczny zbieracza kamieni	4
1.2. Projekt układu hydraulicznego	26
1.3. Panel sterowania	28
1.4. Dokumentacja techniczno-ruchowa DTR	30
1.5. Model kinematyczny pracy zbieracza	34
2. OCENA WPŁYWU STOSOWANIA ZBIERACZA NA WYNIKI ILOŚCIOWE I JAKOŚCIOWE PLONÓW	43
3. OCENA EFEKTYWNOŚCI EKONOMICZNEJ WDROŻENIA OPRACOWANEGO ROZWIĄZANIA	47

1. PROJEKT ZBIERACZA KAMIENI

Podczas projektowania zbieracza kamieni uwzględniono normy związane z bezpieczeństwem i wymaganiami technicznymi stawianymi maszynie i odpowiednim zespołom:

- 98/37/EEC - Dyrektywa dotycząca bezpieczeństwa maszyn (Rop. MGPIPS z 23.05.2003, Dz.U 91, 958).
- PN-EN ISO 4254-1:2016-02 – Maszyny rolnicze. Bezpieczeństwo. Część 1: Wymagania ogólne.
- PN-EN ISO 4254-5:2018-08 – Maszyny rolnicze. Bezpieczeństwo. Część 5: Maszyny uprawowe z aktywnymi zespołami roboczymi.
- PN-EN ISO 4413:2011 – Napędy i sterowania hydrauliczne - Ogólne zasady i wymagania bezpieczeństwa dotyczące układów i ich elementów.
- PN EN ISO 12100:2012 – Bezpieczeństwo maszyn. Ogólne zasady projektowania. Ocena ryzyka i zmniejszanie ryzyka.
- PN-EN ISO 13849-1:2016-02 – Bezpieczeństwo maszyn. Elementy systemów sterowania związane z bezpieczeństwem. Część 1: Ogólne zasady projektowania.
- PN-EN ISO 13857:2020-03 – Bezpieczeństwo maszyn. Odległości bezpieczeństwa uniemożliwiają-ce sięganie kończynami górnymi i dolnymi do stref niebezpiecznych.
- PN-EN ISO 14120:2016-03 - Bezpieczeństwo maszyn. Osłony. Ogólne wymagania dotyczące projektowania i budowy osłon stałych i ruchomych.
- PN-ISO 11684:1998 – Ciągniki, maszyny rolnicze i leśne, motonarzędzia. Znaki bezpieczeństwa i ostrzegawcze. Zasady ogólne.
- PN-EN ISO 20607:2019-08 – Bezpieczeństwo maszyn. Instrukcja obsługi. Ogólne zasady opracowywania.

1.1. Projekt i model fizyczny zbieracza kamieni

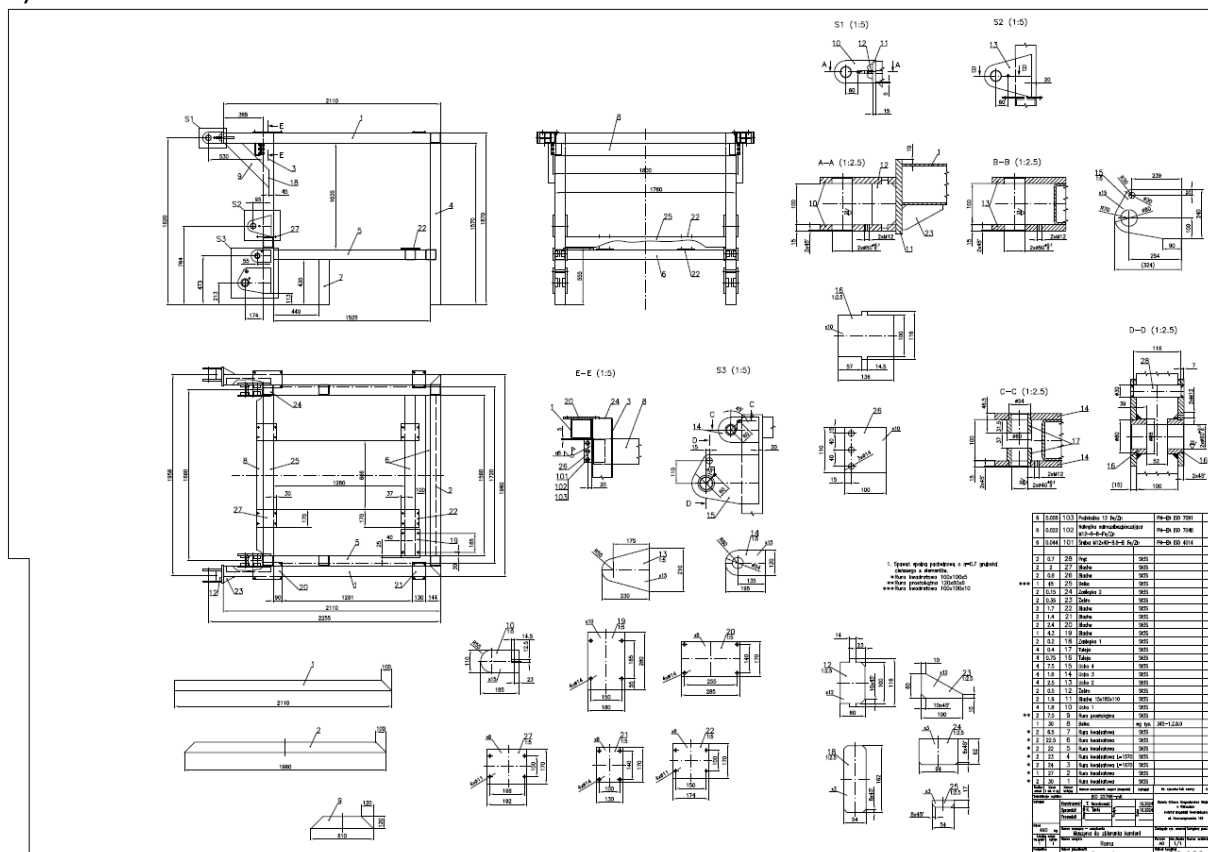
Głównym celem było wykonanie modelu rzeczywistego (fizycznego) części i zespołów roboczych zbieracza kamieni w oparciu o wykonaną dokumentację konstrukcyjną. W kolejnym kroku był ich montaż i przygotowanie modelu badawczego kompletnej maszyny - wykonanie prototypu urządzenia. Pozwoliło to na zweryfikowanie stawianych założeń przed urządzeniem przeznaczonym do zbierania, oczyszczania i załadunku zebranych kamieni na środki transportowe. Wykonanie prototypu urządzenia pozwoliło na testowanie go w warunkach laboratoryjnych i polowych.

Poniżej przedstawione są rysunki zaprojektowanych głównych zespołów i wykonane modele fizyczne.

Całość dokumentacji konstrukcyjnej stanowi załącznik zawierający 245 plików z:

- złożeniem całej maszyny (pozycja robocza, transportowa, opróżnianie zbiornika),
- złożenia głównych zespołów,
- detale części.

a)

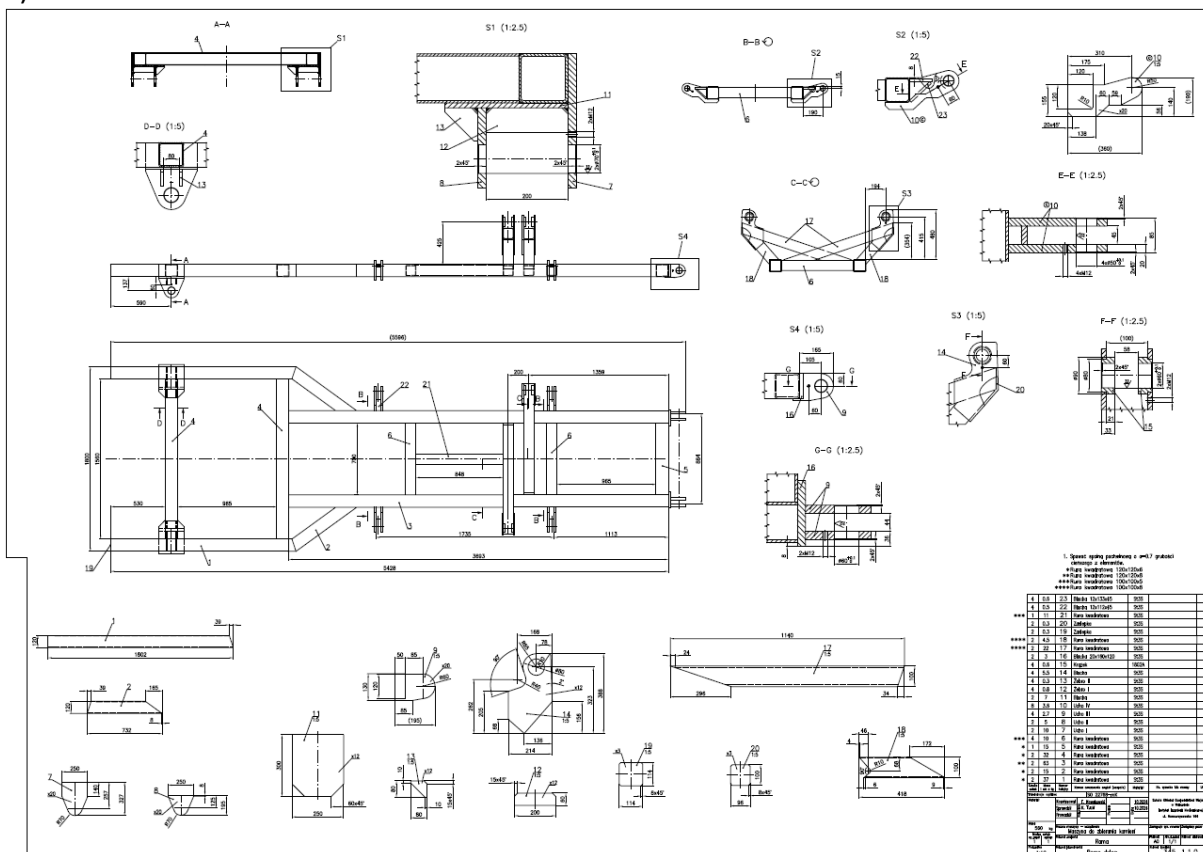


b)



Rys. 4. Rama górna: a) projekt, b) model fizyczny

a)

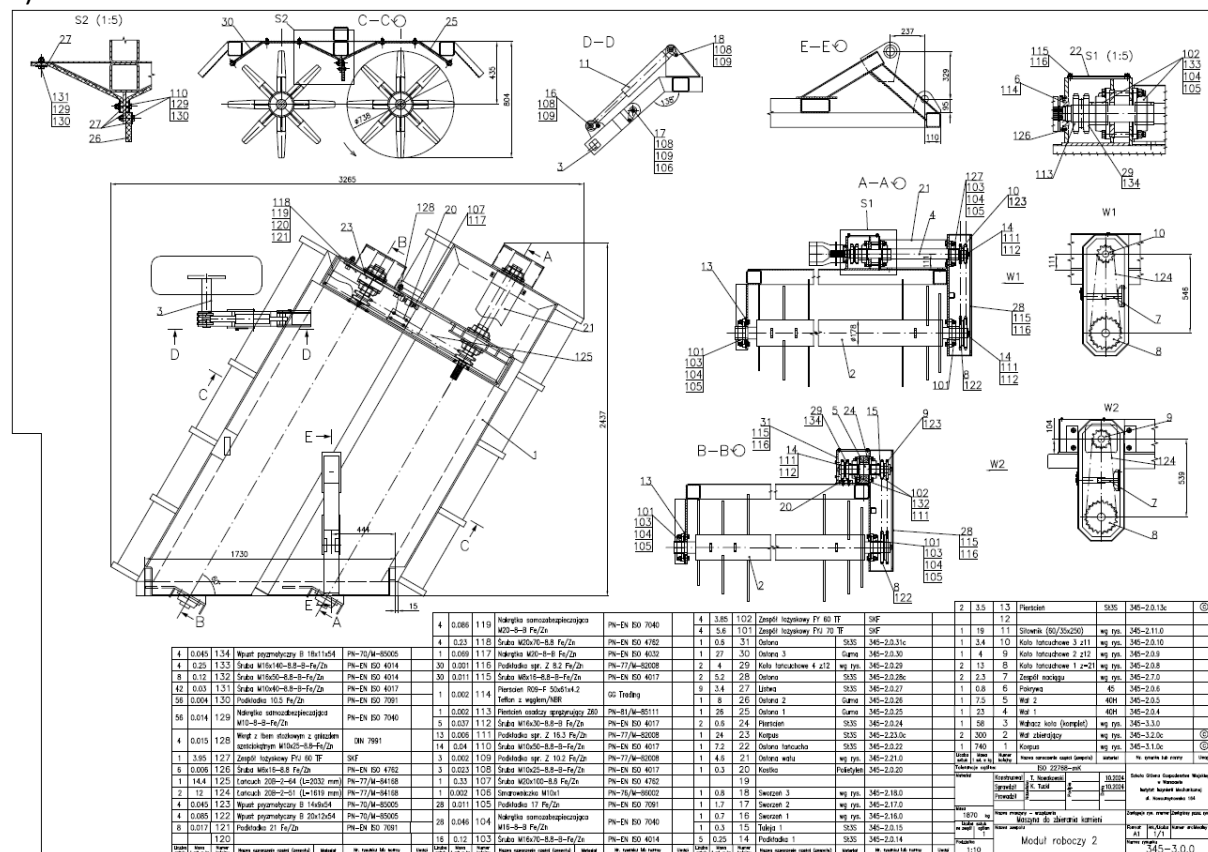


b)



Rys. 5. Rama dolna: a) projekt, b) model fizyczny

a)



b)



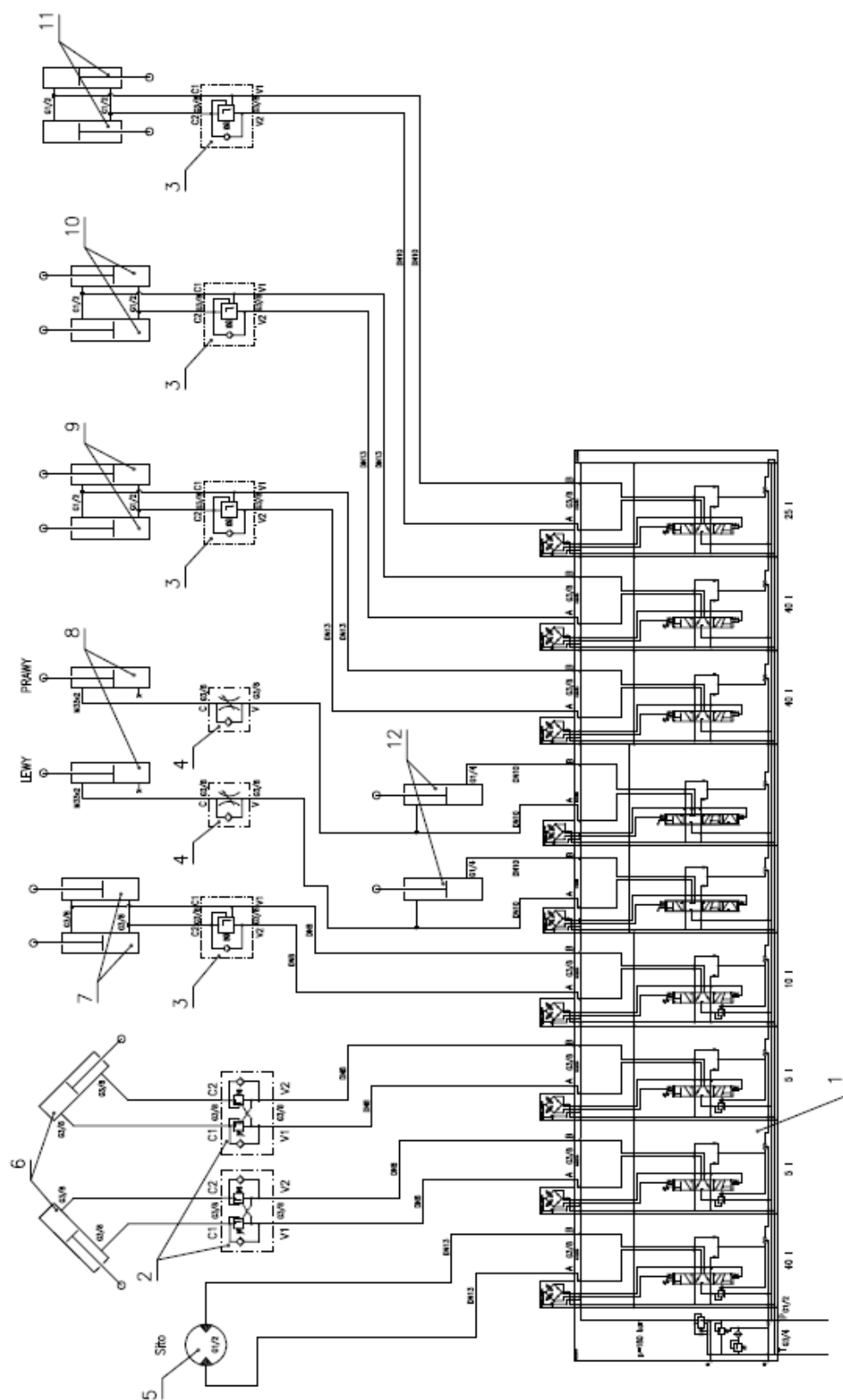
Rys. 8. Moduł roboczy - Lewy: a) projekt, b) model fizyczny

1.2. Projekt układu hydraulicznego

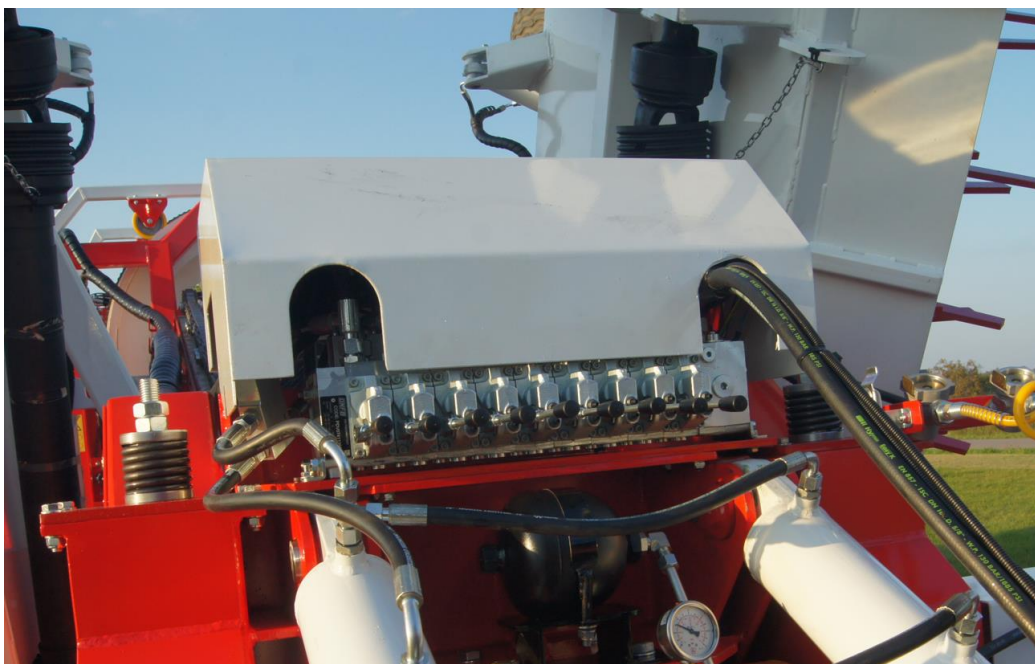
W celu realizacji zadań stawianych przed zbieraczem kamieni opracowano układ hydrauliczny, który spełnia wymagania stawiane przed maszyną. Schemat układu hydraulicznego przedstawiono na rysunku 22. A widok rozdzielacza zamontowany na maszynie przedstawia rysunek 23.

Z rozdzielacza zamontowanego na zbieraczu kamieni zasilane są:

- silnik hydrauliczny napędu przesiewacza bębnowego,
- siłownik hydrauliczny, podnoszenie koła lewego – regulacja głębokości roboczej,
- siłownik hydrauliczny, podnoszenie koła prawego – regulacja głębokości roboczej,
- siłownik hydrauliczny, unoszenie dyszla – zmiana położenia praca – transport,
- siłownik hydrauliczny, podnoszenie modułu roboczego lewego oraz sterowanie zabezpieczeniem transportowym,
- siłownik hydrauliczny, podnoszenie modułu roboczego prawego oraz sterowanie zabezpieczeniem transportowym,
- siłownik hydrauliczny, podnoszenie zbiornika,
- siłownik hydrauliczny, opróżnianie zbiornika,
- siłownik hydrauliczny, blokada kół na czas unoszenia zbiornika.



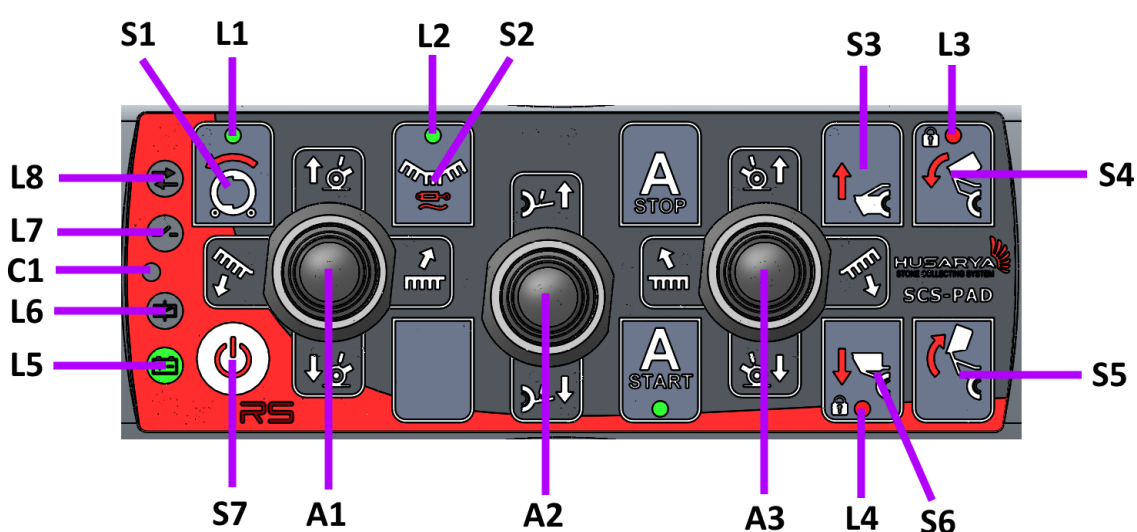
Rys. 22. Schemat układu hydraulicznego zbieracza kamieni: 1-rozdzielacz PVG16, 2-zawór zwrotno-hamujący C056-V0422, 3-zawór zwrotno-hamujący C056-V0392, 4-zawór zwrotno-dławiący C056-V0550, 5-silnik hydrauliczny napędu przesiewacza bębnowego, 6-siłowniki hydrauliczne podnoszenia kół, 7-siłowniki hydrauliczne podnoszenia dyszla, 8-siłowniki hydrauliczne podnoszenia modułów roboczych, 9-siłownik hydrauliczny podnoszenia zbiornika kamieni, 10-siłownik hydrauliczny opróżniania zbiornika, 11-siłownik hydrauliczny blokady kół, 12-siłownik hydrauliczny blokady transportowej modułów



Rys. 23. Widok rozdzielacza hydraulicznego PVG16

1.3. Panel sterowania

Panel sterowania jest dedykowanym rozwiązaniem opracowanym w celu sterowania zbieraczem kamieni (rys. 24). Panel sterowania łączy w sobie funkcje sterowania hydrauliki oraz monitorowania stanu czujników. Dzięki temu w jednym miejscu operator ma dostęp do informacji o stanie wykonywanych czynności, jak również ma do dyspozycji szereg przycisków realizujących odpowiednie czynności.



Rys. 24. Funkcje sterowania i monitorowania stanu czujników (opis poniżej)

Opis funkcji poszczególnych elementów panelu i monitorowania stanu czujników:

- **L1** - sygnalizacja załączenia przesiewacza bębnowego - jeśli lampka zgaszona oznacza wyłączonej funkcję, jeśli lampka świeci oznacza załączonej funkcję,
- **L2** - sygnalizacja załączenia funkcji "pływania" modułów roboczych - jeśli lampka pulsuje oznacza gotowość do uruchomienia funkcji, jeśli lampka świeci oznacza uruchomioną funkcję,
- **L3** - sygnalizacja blokady opróżniania zbiornika - jeśli lampka zgaszona oznacza możliwość opróżnienia zbiornika, jeśli lampka świeci oznacza włączonej blokadę,
- **L4** - sygnalizacja blokady opuszczania zbiornika - jeśli lampka zgaszona oznacza możliwość opuszczania zbiornika, jeśli lampka świeci oznacza włączonej blokadę,
- **L5** - sygnalizacja stanu zasilania - jeśli lampka pulsuje na zielono oznacza panel w trybie uśpienia - zasilanie z akumulatora OK, jeśli lampka pulsuje na czerwono oznacza panel w trybie uśpienia - zasilanie z akumulatora za niskie, jeśli lampka świeci na zielono oznacza panel włączony - zasilanie z akumulatora OK, jeśli lampka świeci na czerwono oznacza panel włączony - zasilanie z akumulatora za niskie,
- **L6** - sygnalizacja stanu elektrozaworów – wolna funkcja,
- **L7** - sygnalizacja stanu przycisków - w czasie naciskania przycisków i joysticków lampka świeci na zielono co sygnalizuje poprawność działania,
- **L8** - sygnalizacja stanu komunikacji ze sterownikiem na maszynie - jeśli lampka pulsuje na zielono oznacza poprawną komunikację ze sterownikiem na maszynie, jeśli lampka świeci na czerwono oznacza brak komunikacji ze sterownikiem na maszynie,
- **C1** - czujnik oświetlenia, automatycznie reguluje jasność podświetlenia panelu w zależności od pory dnia,
- **S1** - przycisk załączania przesiewacza bębnowego - naciśnij przycisk i przytrzymaj przez 2s aby uruchomić funkcję, ponowne naciśnięcie wyłącza funkcję (uruchomienie funkcji możliwe tylko przy włączonym przesiewaczu bębnowym),
- **S2** - przycisk załączania "pływania" modułów roboczych - naciśnij przycisk aby uruchomić funkcję, ponowne naciśnięcie wyłącza funkcję (uruchomienie funkcji możliwe tylko przy włączonym przesiewaczu bębnowym),
- **S3** - przycisk podnoszenia zbiornika - naciśnij przycisk aby podnieść zbiornika,

- **S4** - przycisk opróżniania zbiornika - naciśnij przycisk aby opróżnić zbiornik (uruchomienie funkcji możliwe tylko przy wyłączonej blokadzie),
- **S5** - przycisk składania zbiornika - naciśnij przycisk aby złożyć zbiornik,
- **S6** - przycisk opuszczania zbiornika - naciśnij przycisk aby opuścić zbiornik (uruchomienie funkcji możliwe tylko przy wyłączonej blokadzie),
- **S7** - przycisk włączania/wyłączania zasilania panelu - naciśnij przycisk i przytrzymaj przez 3 s aby włączyć zasilanie, ponowne naciśnięcie i przytrzymanie przez 3 s wyłącza zasilanie
- **A1** - joystick wielofunkcyjny - przesun w prawo/lewo aby sterować podnoszeniem/opuszczaniem prawego modułu roboczego, przesun góra/dół aby sterować podnoszeniem/opuszczaniem prawego koła podporowego,
- **A2** - joystick wielofunkcyjny - przesun góra/dół aby sterować podnoszeniem/opuszczaniem dyszla,
- **A3** - joystick wielofunkcyjny - przesun w prawo/lewo aby sterować podnoszeniem/opuszczaniem lewego modułu roboczego, przesun góra/dół aby sterować podnoszeniem/opuszczaniem lewego koła podporowego.

1.4. Dokumentacja techniczno-ruchowa DTR

Opracowano dokumentację techniczno-ruchową DTR zawierającą:

- dane identyfikacyjne maszyny,
- deklarację zgodności,
- wskazówki podstawowe dla użytkownika,
- przeznaczenie zbieracza kamieni,
- przepisy bezpieczeństwa pracy,
- informacje dotyczące użytkowania i pracy zbieraczem,
- informacje dotyczące obsługi technicznej,
- informacje zawierające zasady ruchu po drogach publicznych,
- zasady demontażu i utylizacji zbieracza kamieni,
- opisu technicznego.

Dokumentację wykonano zgodnie z wytycznymi normy PN-EN ISO 20607:2019-08 – Bezpieczeństwo maszyn. Instrukcja obsługi. Ogólne zasady opracowywania.

Spis treści opracowanej dokumentacji zamieszczono poniżej a całość opracowania stanowi załącznik (CleanField_Zbieracz_IO - 102 strony).

SPIS TREŚCI	
1. WSKAZÓWKI PODSTAWOWE DLA UŻYTKOWNIKA	8
1.1. Przeznaczenie instrukcji obsługi	8
1.2. Przechowywanie instrukcji obsługi	8
1.3. Gwarancja	8
1.4. Podawanie kierunków w instrukcji obsługi	8
1.5. Stosowane skróty	8
2. PRZEZNACZENIE ZBIERACZA KAMIENI	9
2.1. Przeznaczenie maszyny	9
2.2. Obowiązki użytkownika	9
2.3. Kwalifikacje użytkownika	10
2.4. Czynności organizacyjne	10
2.5. Urządzenia zabezpieczające i osłony	11
2.6. Nieformalne czynności dotyczące zabezpieczeń i osłon	11
2.7. Wprowadzanie zmian w konstrukcji zbieracza kamieni	11
3. UWAGI DOTYCZĄCE BEZPIECZEŃSTWA I OSTRZEŻENIA	12
3.1. Symbole: znaczenie i stosowanie	12
3.2. Przewidywane użytkowanie	13
3.3. Przewidywane zagrożenia przy eksploatacji zbieracza kamieni	13
3.4. Opis i ocena ryzyka szcztątkowego	14
3.5. Ogólne zasady bezpieczeństwa	15
3.5.1. Agregatowanie	15
3.5.2. Przeszkolenie pracowników	16
3.5.3. Środki ochrony indywidualnej	16
3.5.4. Obsługa podczas pracy	16
3.5.5. Bezpieczna praca z wałem przegubowo-teleskopowym (WP-T)	17
3.5.6. Instalacja hydrauliczna	19
3.5.7. Instalacja elektryczna	20
3.5.8. Opony	20
3.5.9. Urządzenia zabezpieczające i osłony	20
3.5.10. Strefa niebezpieczna	21
3.5.11. Konserwacja i naprawy	21
3.5.12. Przechowywanie	22
3.5.13. Transport	22
3.5.14. Układ hamulcowy	22
3.5.15. Inne zagrożenia	23
3.6. Postępowanie w razie sytuacji awaryjnej	23
3.6.1. Nieszczelności	23
3.6.2. Obrażenia	24
3.6.3. Pożary	24
3.7. Zgodność z normami	24
3.8. Odpowiedzialność producenta i gwarancja	25

3.9. Hałas i drgania	25
3.10. Znaki bezpieczeństwa i napisy	26
3.11. Niebezpieczeństwo związane z niestosowaniem się do przepisów bezpieczeństwa	31
4. INFORMACJE DOTYCZĄCE UŻYTKOWANIA	32
4.1. Informacje ogólne	32
4.1.1. Miejsce pracy operatora	32
4.1.2. Strefa zagrożenia i miejsca niebezpieczne	32
4.1.3. Załadunek i rozładunek zbieracza kamieni	33
4.2. Wymagane wyposażenie ciągnika	34
4.3. Opis zbieracza kamieni	34
4.3.1. Budowa i działanie	34
4.3.2. Osłony i urządzenia zabezpieczające	37
4.3.3. Wyposażenie w oświetlenie	39
4.3.4. Przewody zasilające zbieracz kamieni	40
4.4. Układ hydrauliczny	41
4.5. Hamulec	43
4.5.1. Hamulec zasadniczy	43
4.5.2. Hamulec postojowy	47
4.6. Wyposażenie i osprzęt	48
4.7. Przygotowanie ciągnika do pracy	49
4.7.1. Sprawdzenie przydatności ciągnika	50
4.7.2. Sprawdzenie nośności kół ciągnika	51
4.7.3. Sprawdzenie wymaganego ciśnienia w ogumieniu ciągnika	52
4.7.4. Przewody hydrauliczne	52
4.8. Przygotowanie zbieracza kamieni do pracy	53
4.9. Agregatowanie zbieracza kamieni z ciągnikiem	53
4.9.1. Zbieracz kamieni z zaczepem – oko dyszla	54
4.9.2. Zbieracz kamieni z zaczepem kulowym	55
4.10. Czynności związane z pierwszym uruchomieniem zbieracza kamieni	56
5. PNAEL STEROWANIA PAD	58
5.1. Opis funkcji panelu sterowania	58
5.2. Parametry techniczne panelu sterowania	60
6. PRACA ZBIERACZEM KAMIENI	62
6.1. Regulacje	62
6.1.1. Głębokość robocza	62
6.1.2. Napięcie łańcucha przenośnika zgrzeblowego	63
6.1.3. Napięcie łańcucha napędu przesiewacza bębnowego	64
6.1.4. Napięcie łańcucha napędu wirnika zbieracza	65
6.1.5. Napięcie łańcucha przekładni głównego zespołu napędowego	66
6.1.6. Regulacja luzu łożysk kół jezdnych	67
6.2. Praca w polu	68
6.2.1. Przetawienie zbieracza kamieni z pozycji transportowej do pozycji roboczej	68
6.2.2. Praca maszyną	68
6.2.3. Zawracanie zbieraczem	70
6.2.4. Opróżnianie zbiornika	70
7. OBSŁUGA TECHNICZNA ZBIERACZA KAMIENI	73

7.1. Instrukcja smarowania	73
7.2. Możliwe usterki	81
7.3. Wymiana części roboczych	83
7.3.1. Ślizg łukowy tylny	83
7.3.2. Rolka przednia łańcucha przenośnika	84
7.3.3. Zgrzebło	85
7.4. Moment dokręcania śrub	85
7.5. Wskazówki dotyczące utrzymania i przechowywania zbieracza kamieni	87
7.6. Wskazówki dotyczące obsługi posezonowej	89
7.7. Wskazówki dotyczące obsługi po okresie zimowym	89
8. PRZEJAZDY PO DROGACH PUBLICZNYCH	90
8.1. Transport zbieracza kamieni na środkach transportu	90
8.2. Przejazdy po drogach publicznych	91
8.3. Przejazdy robocze zbieracza kamieni z ciągnikiem	91
9. DEMONTAŻ	92
10. UTYLIZACJA ZBIERACZA KAMIENI	93
11. CHARAKTERYSTYKA TECHNICZNA ZBIERACZA KAMIENI	94
12. INDEKS ALFABETYCZNY	99
NOTATKI WŁASNE	102

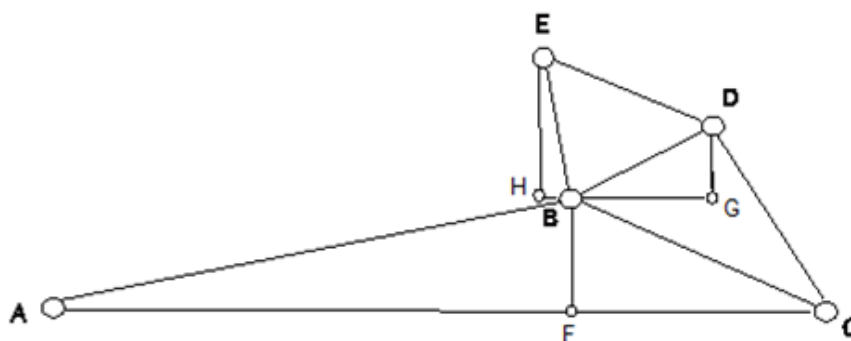
1.5. Model kinematyczny pracy zbieracza

W ramach zrealizowanych prac opracowano modele kinetyczne sekcji zbieraczki kamieni (Cleanfield MK – 49 stron).

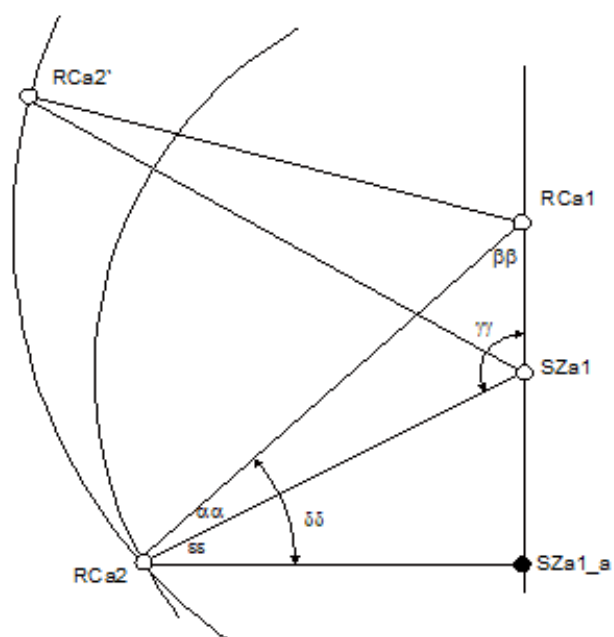
SPIS TREŚCI		
1.	DANE KONSTRUKCYJNE.....	3
2.	DANE REGULACYJNE.....	3
3.	UKŁAD DŹWIGNIOWY ZBIORNIKA.....	11
4.	ZAWIESZENIE ZBIORNIKA KAMIENI I SIŁOWNIKA.....	19
5.	WYKAZ OBLICZONYCH KĄTÓW W MIERZE ŁUKOWEJ I STOPNIOWEJ...	43

Podstawą opracowanie były wymiary konstrukcyjne przyjęte dla opracowanych koncepcji rozwiązania konstrukcyjnego zbieracza kamieni. Opracowany model kinematyczny jest modelem parametrycznym, czyli takim w którym zmiana wartości liczbowej wybranego parametru wpływa na pozostałe parametry.

W ramach przeprowadzonych prac opracowano konstrukcję graficzną do wyznaczenia kątów i rzutów boków oraz współrzędnych punktów charakterystycznych dla mechanizmu zbieracza kamieni (Rys. 25) oraz położenia siłownika ramy zbiornika (Rys. 26).

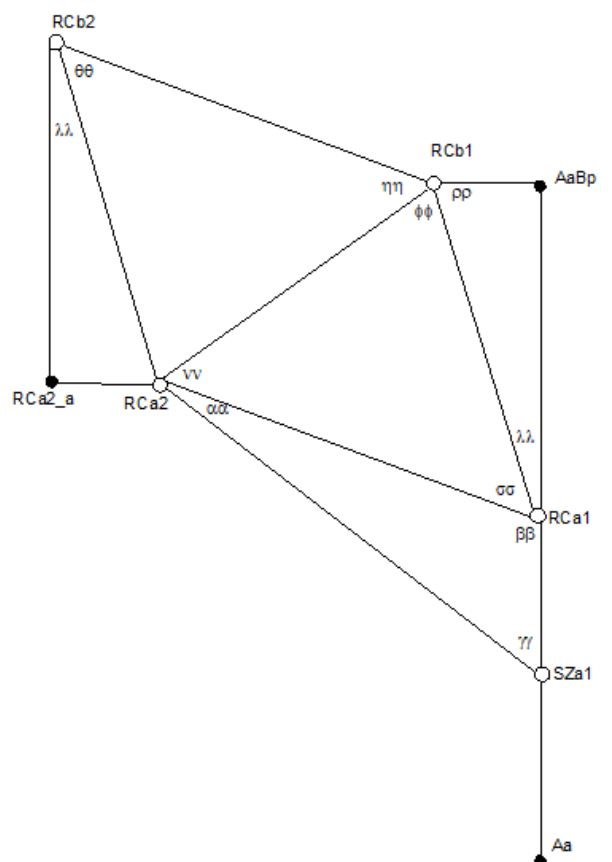


Rys. 25. Konstrukcja graficzna do wyznaczenia kątów i rzutów boków oraz współrzędnych punktów charakterystycznych dla mechanizmu zbieracza kamieni.

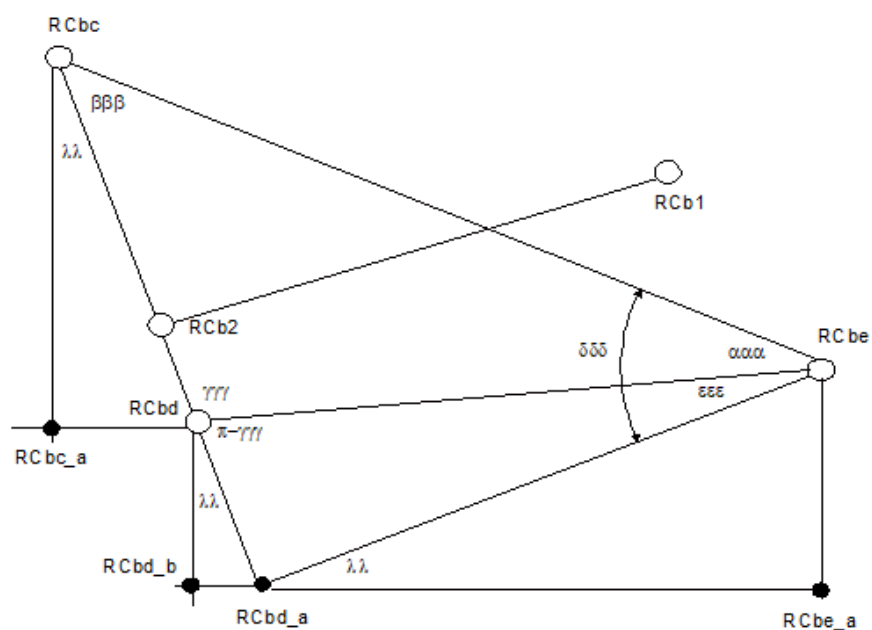


Rys. 26. Oznaczenia położenia siłownika ramy zbiornika.

Następnie wyprowadzono relacje matematyczne do opisu układu dźwigniowego ramy zbiornika (Rys. 27) i obliczenia położenia zbiornika kamieni i siłownika (Rys. 28).

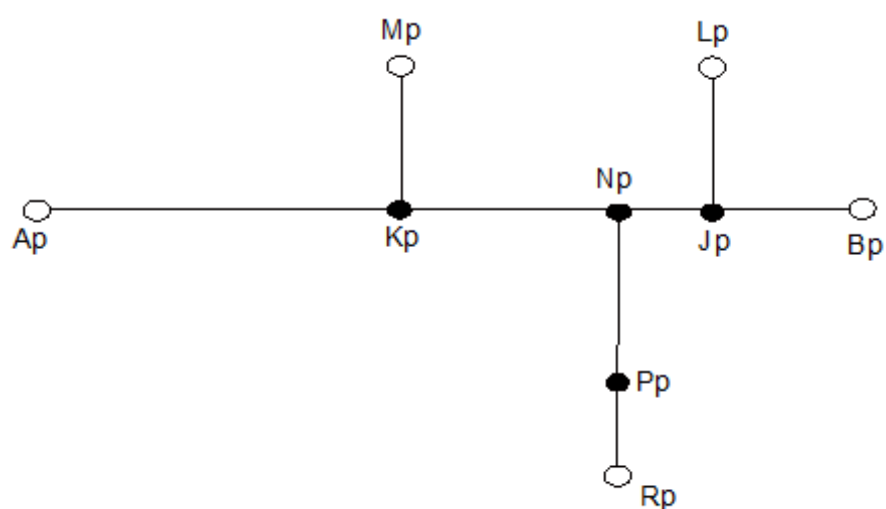


Rys. 27. Oznaczenia do układu dźwigniowego ramy zbiornika.

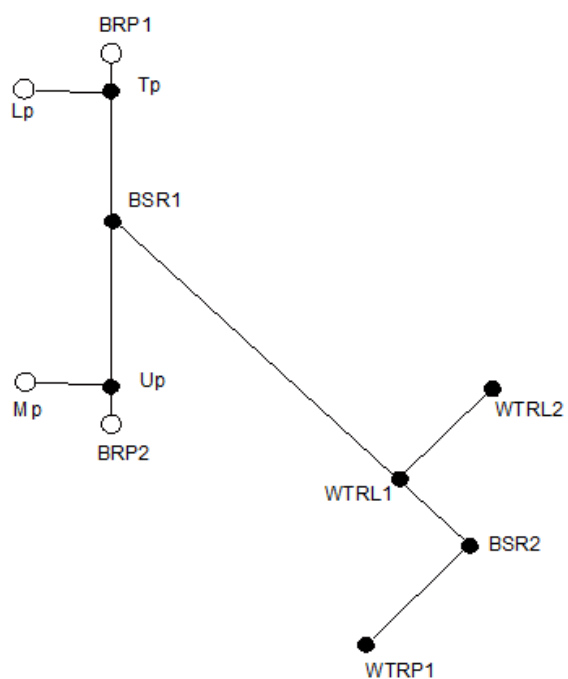


Rys. 28. Oznaczenia do obliczenia położenia zbiornika kamieni i siłownika.

Następnie przygotowano wykres 2D rzutu z boku mechanizmu zbieracza kamieni (Rys. 29) oraz schemat punktów charakterystycznych ramy prawej rotora (Rys. 30).

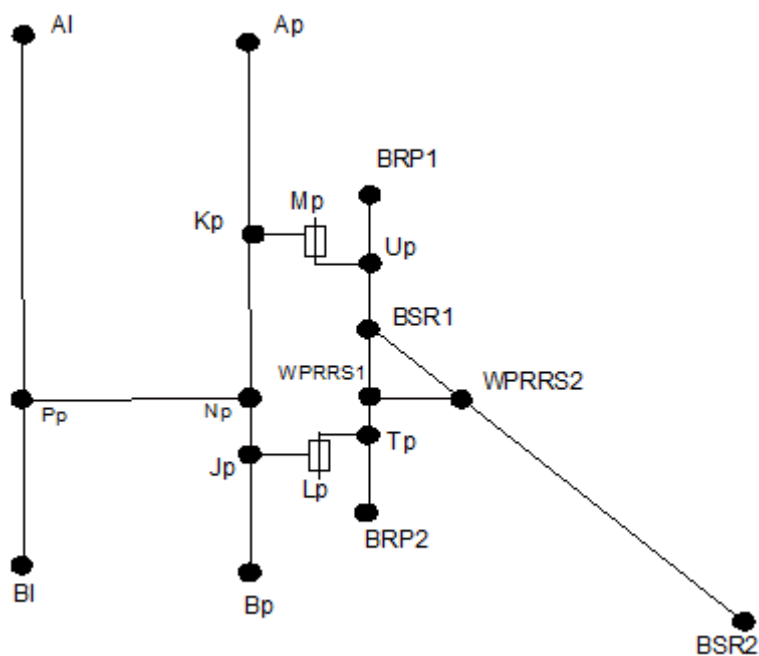


Rys. 29. Wykres 2D rzutu z boku mechanizmu zbieracza kamieni.

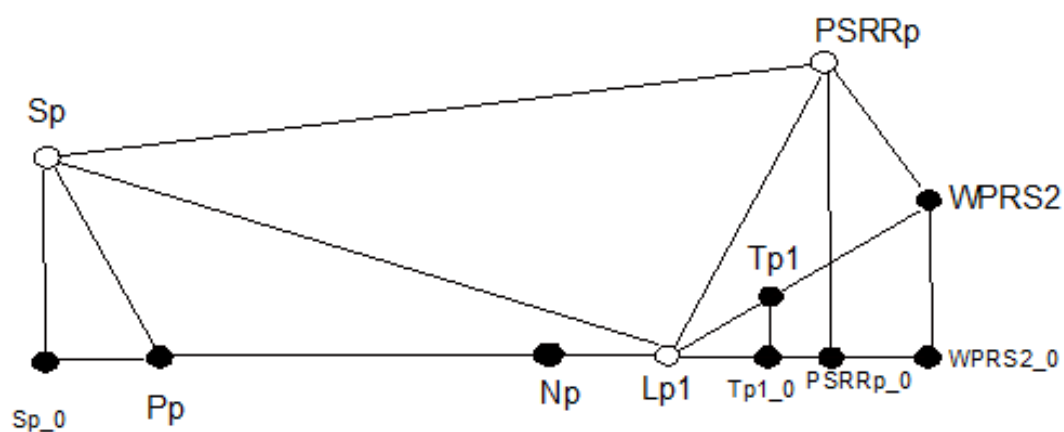


Rys. 30. Schemat punktów charakterystycznych ramy prawej rotora.

Schemat oznaczeń ramy głównej i ramy prawej rotora przedstawiono na rysunku 31, a schemat oznaczeń charakterystycznych punktów ramy głównej i przestawiania ramy prawej rotora na rysunku 32.

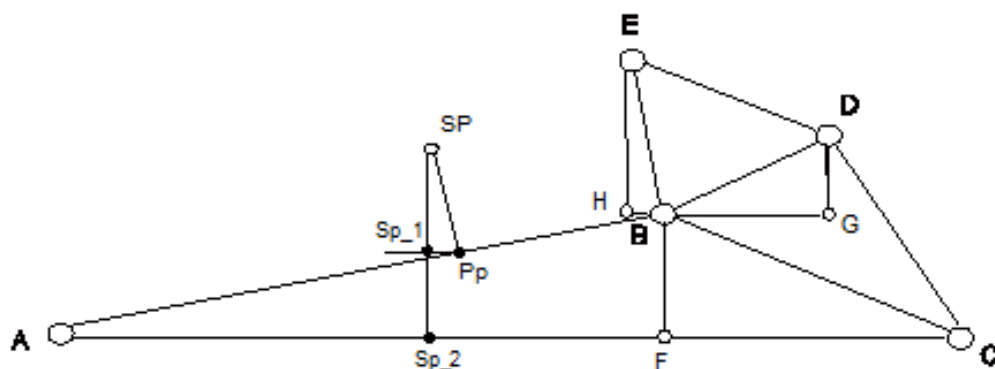


Rys. 31. Schemat oznaczeń ramy głównej i ramy prawej rotora.



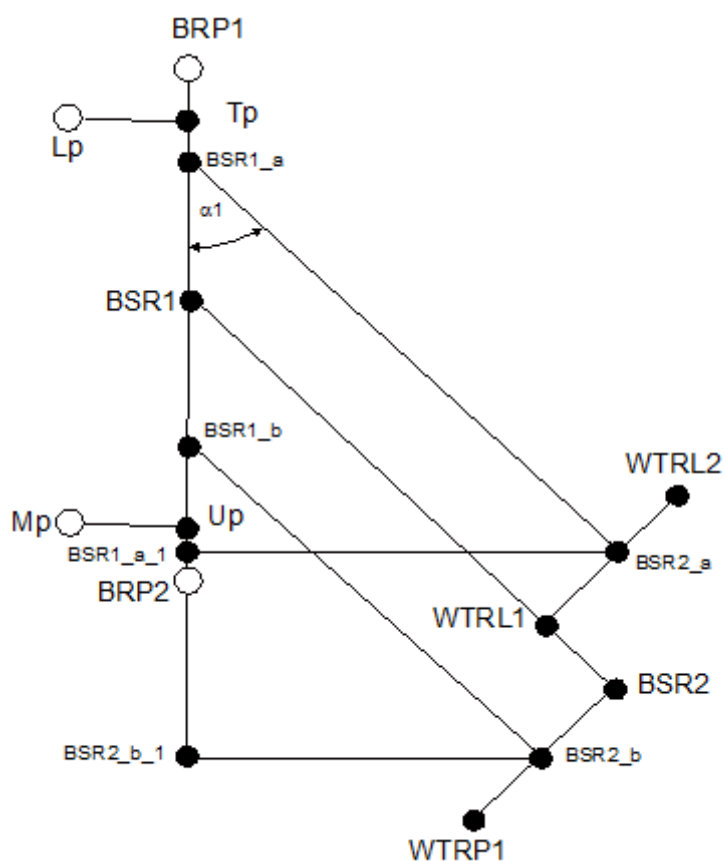
Rys. 32. Schemat oznaczeń charakterystycznych punktów ramy głównej i przestawiania ramy prawej rotora.

Na rysunku 33 przedstawiono schemat oznaczeń charakterystycznych punktów ramy głównej i układu wydźwigowego ramy prawej rotora.

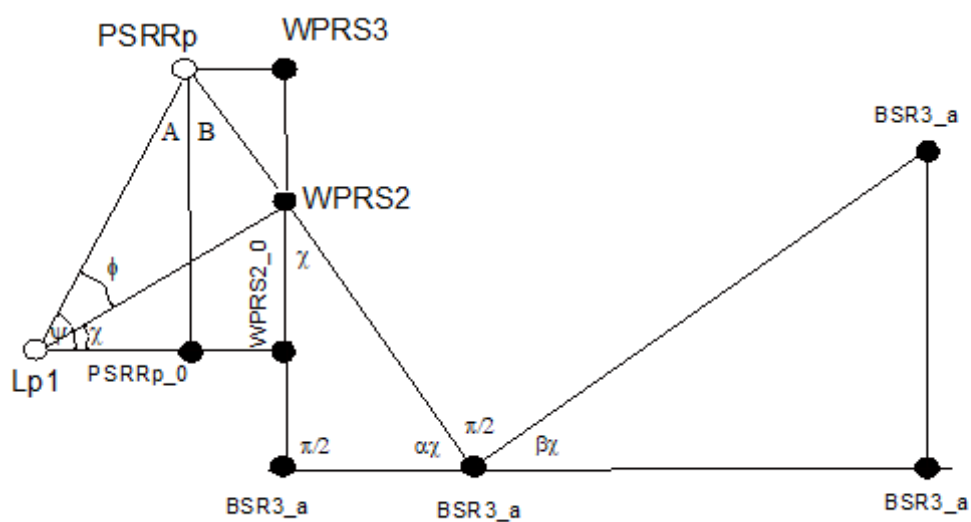


Rys. 33. Schemat oznaczeń charakterystycznych punktów ramy głównej i układu wydźwigowego ramy prawej rotora.

W ramach przeprowadzonych prac przeanalizowano długości elementów położenia wałów rotorów (Rys. 34 i Rys. 35).

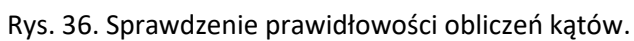


Rys. 34. Oznaczenia położenia osi wałów rotorów.

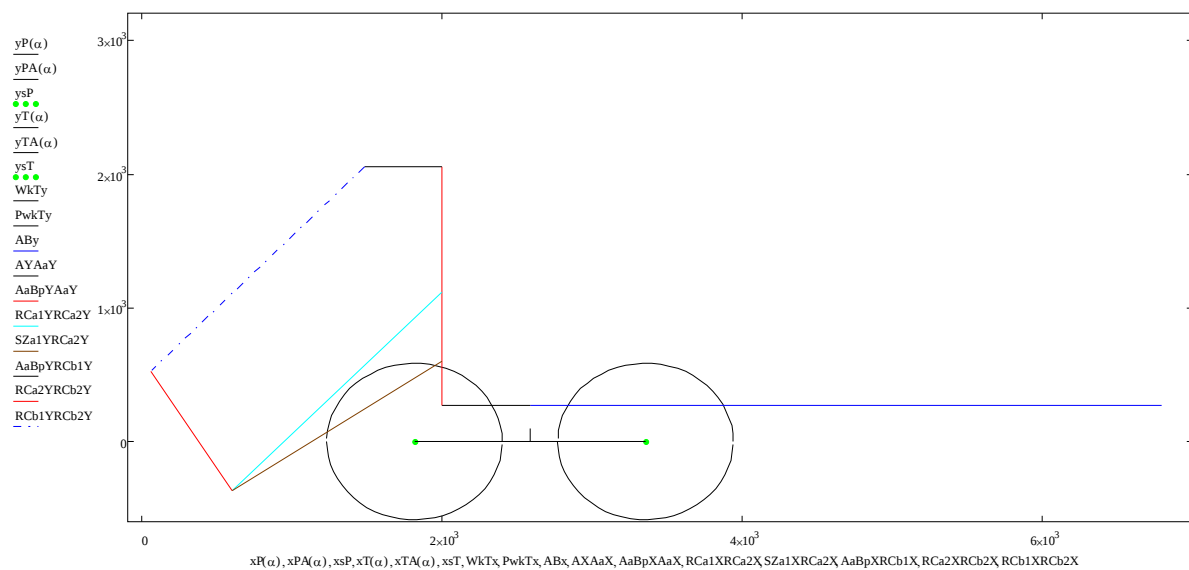


Rys. 35. Oznaczenia elementów do wyznaczenia współrzędnych położenia stycznych do dolnych punktów gwiazd roboczych rotorów.

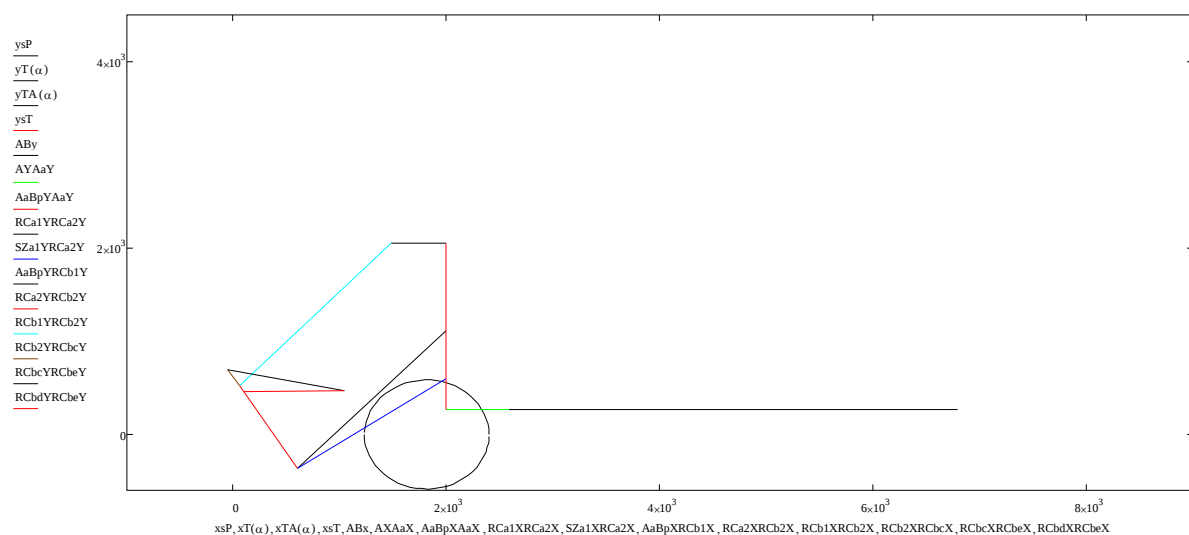
W ramach przeprowadzonych prac dokonano obliczenia kątów w mierze łukowej i stopniowej (Rys. 36).



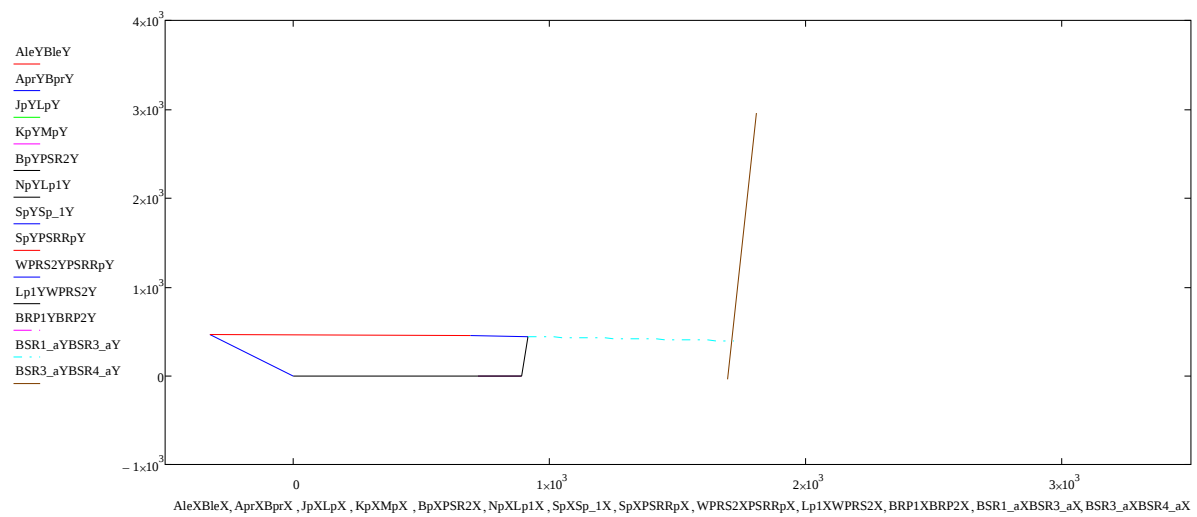
Rys. 37. Sprawdzenie poprawności działania modelu kinematycznego.



Rys. 38. Sprawdzenie poprawności działania modelu kinematycznego – zbiornik, pozycja robocza.



Rys. 39. Sprawdzenie poprawności działania modelu kinematycznego – położenie robocze – opróżnianie zbiornika kamieni.



Rys. 40. Sprawdzenie poprawności działania modelu kinematycznego – grzebień, pozycja robocza.

2. OCENA WPŁYWU STOSOWANIA ZBIERACZA NA WYNIKI ILOŚCIOWE I JAKOŚCIOWE PLONÓW

Przeprowadzenie badań dotyczących testowania opracowanych rozwiązań w gospodarstwie należącym do grupy operacyjnej. Ocena wpływu zastosowanych wariantów rozwiązań na wyniki ilościowe i jakościowe plonów wybranych roślin uprawnych i warzywnych oraz jej wpływ na profil glebowy.

W ramach tego etapu testowaniu podlegać będą 3 warianty (modułów roboczych o różnej specyfice działania i funkcjonalności) urządzeń w 6 gospodarstwach. Oceniane będą:

1. prędkość,
2. dokładność zbioru,
3. zużycie paliwa,
4. masa zebranych kamieni,
5. pozostałości zanieczyszczeń.

Uzyskane wyniki:

Gospod arstwo	Wariant urządzeni a	Prędkoś ć (km/h)	Dokładność zbioru (%)	Zużycie paliwa (l/h)	Masa zebranych kamieni (kg)	Pozostałości zanieczyszczeń (%)
Gospod arstwo 1	Wariant 1	2,2	75	18,1	5,5	5,2
	Wariant 2	2,1	79	19,5	7,5	6,2
	Wariant 3	2,4	76	18,4	6,8	4,5
Gospod arstwo 2	Wariant 1	1,8	80	18,6	32,5	3,6
	Wariant 2	1,9	82	18,5	31,6	3,8
	Wariant 3	1,8	84	18,6	33,6	3,9
Gospod arstwo 3	Wariant 1	1,1	72	20,5	68,5	12,5
	Wariant 2	1,2	71	21,3	69,5	11,5
	Wariant 3	1,1	79	20,8	70,7	10,5
Gospod arstwo 4	Wariant 1	1,8	86	18,4	11,5	5,9
	Wariant 2	1,7	85	18,5	12,5	6,8
	Wariant 3	1,6	81	18,6	13,1	6,7
	Wariant 1	1,8	74	19,5	18,6	10,2

Gospodarstwo 5	Wariant 2	2,1	76	19,7	19,5	11,5
	Wariant 3	1,9	77	19,8	20,9	11,2
Gospodarstwo 6	Wariant 1	1,3	71	18,1	43,6	4,5
	Wariant 2	1,2	72	18,9	44,1	6,5
	Wariant 3	1,5	76	17,9	48,5	8,8

Dane przedstawiają wyniki testowania różnych wariantów maszyn do zbierania kamieni w kilku gospodarstwach. Maszyny te są wykorzystywane do usuwania kamieni z pól uprawnych, co ma kluczowe znaczenie dla poprawy jakości gleby, ochrony sprzętu rolniczego i zwiększenia efektywności prac polowych. W zależności od modelu i warunków pracy mogą różnić się pod względem wydajności, zużycia paliwa oraz skuteczności oczyszczania terenu. Testy obejmowały ocenę kilku istotnych parametrów pracy maszyn. Prędkość robocza poszczególnych wariantów wahała się od około 1,8 do 2,4 km/h, co wpływa na wydajność pracy w skali dnia. Dokładność zbioru, czyli efektywność usuwania kamieni z powierzchni pola, osiągała wartości od 75% do 82%, co sugeruje, że niektóre warianty lepiej radzą sobie z oczyszczaniem gleby.

Zużycie paliwa mieściło się w przedziale 18–19,5 litra na godzinę, co ma znaczenie dla kosztów eksploatacji i wpływu na środowisko. Wyniki pokazały również znaczące różnice w masie zebranych kamieni – od kilku do ponad 30 kilogramów. Warianty o większej efektywności zbioru mogłyby być szczególnie przydatne na polach silnie zaśmieconych kamieniami, gdzie konieczne jest intensywne oczyszczanie.

Ostatnim istotnym parametrem była ilość pozostałych zanieczyszczeń, która wynosiła od 3,6% do 6,2%. Niższe wartości wskazują na lepszą jakość oczyszczenia, co może mieć znaczenie zwłaszcza w uprawach wymagających szczególnej dbałości o czystość gleby.

Podsumowując, testy maszyn do zbierania kamieni ukazują ich zróżnicowaną skuteczność w zależności od wariantu. Wybór odpowiedniego modelu zależy od warunków glebowych oraz priorytetów gospodarstwa – czy większą wagę przywiązuje się do dokładności zbioru, oszczędności paliwa, czy zdolności do usuwania jak największej ilości kamieni w możliwie krótkim czasie.

Ocena wpływu zastosowanych wariantów rozwiązań na wyniki ilościowe i jakościowe plonów wybranych roślin uprawnych i warzywnych oraz jej wpływ na profil glebowy. W tym etapie ocenie podlegać będzie:

- wielkość i jakość plonu roślin warzywniczych - ziemniaków,
- wielkość i jakość plonu roślin uprawnych: zboża i kukurydzy w roku kolejnym po zastosowaniu urządzeń do odkamieniania.

W przypadku roślin bulwiastych i korzeniowych ocenie podlegać będzie:

- stopień uszkodzenia bulw
- stopień uszkodzenia korzeni.

W przypadku pozostałych wielkość polonu.

Ocenie podlegać będą również koszty związane z uszkodzeniem maszyn w trakcie wykonywania zabiegów agrotechnicznych.

Po przejeździe maszyny ocenione zostanie:

1. wyrównanie pola,
2. struktura gleby,
3. przygotowanie gleby do siewu/sadzenia.

Opis wyników:

Dane uzyskane po zastosowaniu maszyn do zbierania kamieni pozwoliły ocenić wpływ różnych wariantów urządzeń na wyniki ilościowe i jakościowe plonów wybranych roślin uprawnych oraz warzywniczych, a także ich oddziaływanie na profil glebowy. Analiza obejmowała zarówno bezpośrednie efekty w sezonie uprawy roślin bulwiastych, jak i długofalowy wpływ na plony zbóż i kukurydzy w kolejnym roku po zastosowaniu technologii odkamieniania.

W przypadku ziemniaków zaobserwowano różnice w wielkości plonów w zależności od zastosowanego wariantu maszyny. Na polach, gdzie zastosowano urządzenia o wysokiej skuteczności zbioru kamieni (dokładność na poziomie 80–82%), średni plon wyniósł 38,5 t/ha, podczas gdy na polach, gdzie usuwanie kamieni było mniej efektywne (dokładność 75%), uzyskano 35,2 t/ha. Jakość plonów również była zróżnicowana – w przypadku intensywnej pracy maszyn zanotowano większy odsetek uszkodzonych bulw, sięgający 6,8%, natomiast w mniej agresywnych wariantach uszkodzenia nie przekraczały 4,2%.

Dla zbóż i kukurydzy uprawianych w kolejnym roku po zastosowaniu maszyn odkamieniających odnotowano wzrost plonów o 5–8% w porównaniu do pól, na których nie

przeprowadzano takiego zabiegu. Średni plon pszenicy wynosił 7,2 t/ha na polach oczyszczonych (przy standardowym poziomie 6,8 t/ha), natomiast w przypadku kukurydzy różnica była jeszcze wyraźniejsza – 13,5 t/ha na odkamienionych polach wobec 12,3 t/ha na terenach bez ingerencji maszyn. Lepsze wyniki były efektem równomiernego wzrostu roślin, lepszej struktury gleby oraz ograniczenia strat powodowanych przez kamienie w systemie korzeniowym.

W przypadku roślin bulwiastych i korzeniowych jednym z istotnych czynników był stopień uszkodzenia plonu. Maszyny o wysokiej intensywności pracy powodowały zwiększone uszkodzenia – w przypadku buraków cukrowych uszkodzone korzenie stanowiły nawet 9,1% plonu przy intensywnym odkamienianiu, podczas gdy łagodniejsze warianty pozwalały ograniczyć ten wskaźnik do 5,4%. W konsekwencji wybór odpowiedniego urządzenia miał istotny wpływ na opłacalność uprawy.

Analiza kosztów wykazała, że zastosowanie maszyn do zbierania kamieni miało pozytywny wpływ na ograniczenie zużycia sprzętu rolniczego. W gospodarstwach, gdzie przeprowadzono odkamienianie, koszty napraw i wymiany elementów roboczych maszyn spadły o około 15–20% w kolejnych sezonach, co wynikało ze zmniejszonej liczby uszkodzeń lemieszy, redlic i innych podzespołów maszyn uprawowych.

Po przejeździe maszyn oceniono również wyrównanie pola, strukturę gleby oraz przygotowanie gleby do siewu i sadzenia. Pola oczyszczone z kamieni miały znacznie bardziej wyrównaną powierzchnię, co potwierdzały pomiary niwelacyjne – różnice wysokości w obrębie pola spadły z 5–7 cm na nieoczyszczonych działkach do 2–3 cm po zastosowaniu maszyn. Gleba na terenach poddanych intensywnemu odkamienianiu miała tendencję do większego zagęszczenia, szczególnie w górnej warstwie, co wymagało dodatkowych zabiegów agrotechnicznych, takich jak spulchnianie gleby, aby uniknąć negatywnego wpływu na wschody roślin.

Podsumowując, skuteczność zastosowanych maszyn do zbierania kamieni miała istotny wpływ na plony roślin uprawnych i warzywniczych. Zastosowanie nowoczesnych wariantów urządzeń zwiększyło plony zbóż i kukurydzy o kilka procent, poprawiło jakość ziemniaków i buraków cukrowych, a także ograniczyło uszkodzenia maszyn rolniczych. Jednak intensywność pracy maszyny powinna być dostosowana do rodzaju gleby, aby uniknąć negatywnych efektów, takich jak nadmierne zagęszczenie gleby czy mechaniczne uszkodzenia plonów.

3. OCENA EFEKTYWNOŚCI EKONOMICZNEJ WDROŻENIA OPRACOWANEGO ROZWIĄZANIA

Ocena efektywności ekonomicznej wdrożenia opracowanego rozwiązania.

Wdrożenie maszyn do zbierania kamieni zostało ocenione pod kątem efektywności ekonomicznej, uwzględniając koszty inwestycyjne, potencjalne oszczędności wynikające z mniejszego zużycia sprzętu rolniczego, wzrost plonów oraz dodatkowe przychody uzyskane z odzyskanego kamienia. W ramach projektu opracowano trzy warianty modułowego rozwiązania, które umożliwiają dostosowanie technologii do specyficznych warunków glebowych i potrzeb gospodarstw rolnych.

Analiza kosztów i oszczędności

Koszt zakupu maszyny do zbierania kamieni wynosi 600 000 zł, co stanowi istotną inwestycję dla gospodarstw rolnych. Do tego należy doliczyć roczne koszty eksploatacyjne, obejmujące zużycie paliwa (18–19,5 l/h) oraz serwis urządzenia, wynoszące około 12 000 – 18 000 zł rocznie.

Dzięki eliminacji kamieni z pól, zużycie maszyn rolniczych w kolejnych etapach produkcji zostało znacząco ograniczone. Koszty napraw i wymiany elementów roboczych, takich jak lemiesze i redlice, spadły o 20–25% rocznie, co przekłada się na roczne oszczędności w wysokości 8 500 – 12 000 zł na gospodarstwo.

Wpływ na plony i dochodowość gospodarstw

Zastosowanie maszyny do zbierania kamieni miało pozytywny wpływ na wielkość plonów w różnych uprawach:

Pszenica – wzrost plonów o 6–9%, co przy średnim plonie 7 t/ha oznaczało dodatkowe 0,5 – 0,7 t/ha. Przy cenie skupu 900 zł/t, gospodarstwo mogło uzyskać dodatkowe 450 – 630 zł/ha.

Kukurydza – wzrost plonów o 7–10%, co przekładało się na dodatkowe 1,2 – 1,5 t/ha przy cenie 850 zł/t, generując przychody na poziomie 1 020 – 1 275 zł/ha.

Ziemniaki – wzrost plonów o 3,5 t/ha, co przy cenie 600 zł/t oznaczało dodatkowe 2 100 zł/ha. Jednak intensywnie pracujące maszyny powodowały większe uszkodzenia bulw,

zwiększając odsetek uszkodzonych plonów z 4,2% do 7,1%, co mogło wpłynąć na wartość handlową surowca.

Przychody z odzyskanego kamienia

Dodatkowe źródło przychodów stanowiła sprzedaż kamieni pozyskanych z pól. Średnio uzyskiwano 28–35 t/ha, które mogły być sprzedawane na cele budowlane i drogowe. Przy cenie 30–50 zł/t, potencjalne przychody z tego źródła wynosiły 840 – 1 750 zł/ha. W gospodarstwach o powierzchni 200 ha, roczne zyski ze sprzedaży kamienia mogły wynosić nawet 350 000 zł.

Warianty modułowego rozwiązania

Opracowane zostały trzy modułowe warianty rozwiązania:

Wariant podstawowy – przeznaczony dla gospodarstw do 100 ha. Koszt inwestycji wynosi 600 000 zł, a roczne oszczędności na serwisie maszyn rolniczych sięgały 20%. Wzrost plonów wynosił 5–7% w przypadku zbóż i 3 t/ha w uprawie ziemniaków. Zwrot z inwestycji przewidywano po 8–10 latach.

Wariant średniozaawansowany – skierowany do gospodarstw o powierzchni 100–200 ha, oferował lepszą wydajność i większą precyzję zbioru kamieni. Koszt inwestycji wynosił 600 000 zł, ale zapewniał wzrost plonów pszenicy o 7–9%, a ziemniaków o 3,5 t/ha. Oszczędności na serwisie maszyn rolniczych wynosiły 22% rocznie, a dodatkowe przychody ze sprzedaży kamienia mogły osiągać 100 000 – 300 000 zł rocznie. Zwrot z inwestycji następował po 5–7 latach.

Wariant przemysłowy – przeznaczony dla gospodarstw powyżej 200 ha, wymagających wysokiej wydajności i precyzji pracy. Koszt inwestycji to również 650 000 zł, ale oszczędności w eksploatacji maszyn rolniczych były najwyższe (25% rocznie). Wzrost plonów zbóż sięgał 9–10%, a ziemniaków 4 t/ha. Przychody ze sprzedaży kamienia mogły wynosić nawet 350 000 zł rocznie, co pozwalało na zwrot inwestycji w 4–6 lat.

Podsumowanie

Wdrożenie maszyny do zbierania kamieni, pomimo wysokiego kosztu zakupu, okazało się rentowne w gospodarstwach średnich i dużych, gdzie dodatkowe przychody oraz oszczędności na eksploatacji sprzętu znacząco przyspieszały zwrot z inwestycji.

Wzrost plonów zbóż wynosił 6–10%, co generowało 450 – 1 275 zł/ha dodatkowego przychodu.

Wzrost plonów ziemniaków wynosił 3–4 t/ha, co dawało 1 800 – 2 400 zł/ha.

Oszczędności na serwisie maszyn wynosiły 8 500 – 12 000 zł rocznie na gospodarstwo.

Sprzedaż kamienia mogła przynieść dodatkowe 100 000 – 350 000 zł rocznie, w zależności od powierzchni gospodarstwa.

Dzięki temu, zwrot z inwestycji następował w okresie od 4 do 10 lat, w zależności od skali produkcji i wariantu rozwiązania. W większych gospodarstwach przemysłowych, które osiągały najwyższe przychody ze sprzedaży kamienia oraz oszczędności na eksploatacji sprzętu, maszyna zwracała się najszybciej.

Dodatkowo, w ramach projektu przygotowano publikacje popularyzujące technologię, stronę internetową projektu oraz cyfrowe narzędzie dla hodowców, pozwalające na modelowanie efektywności wdrożenia technologii w indywidualnych gospodarstwach. Projekt zakończono konferencją, na której przedstawiono wyniki badań i perspektywy dalszego rozwoju tej technologii w rolnictwie.