

prof. dr hab. inż. Tadeusz SĘK<sup>1</sup>, mgr inż. Paweł SĘK<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Instytut Inżynierii Biosystemów

e-mail: tsek@up.poznan.pl

<sup>2</sup> Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych, Poznań

e-mail: office@pimr.poznan.pl

## ROZWIĄZANIA KONSTRUKCYJNE NOWOCZESNYCH PRZYCZEP ZBIERAJĄCYCH. Część 2.

Streszczenie

*Przyczepy zbierające są ważnym elementem technologii produkcji zielonek. Są one stosowane do zbioru na siano, sianokiszonki, a także jako maszyny do zadawania paszy. W artykule przedstawiono rozwiązania konstrukcyjne zespołów roboczych do przygotowania zielonek dla różnych form konserwacji.*

**Słowa kluczowe:** przyczepa zbierająca, charakterystyka techniczna, zespoły robocze

Artykuł pokazuje drogę rozwoju konstrukcji przyczep zbierających. W pierwszej części opracowania przedstawiono rozwój konstrukcji podbieraczy z urządzeniem ładującym. W części drugiej opracowania przedstawiono drogę rozwoju konstrukcji nadwozi, podwozi, napędów zespołów roboczych, automatyki i sterowania.

### Nadwozie

Obecnie, wraz ze wzrostem mocy ciągników, budowane są przyczepy o coraz większych pojemnościach i ładownościach. Pojemność skrzyni przyczep określana jest przez producentów niemieckich i austriackich według normy DIN 11741 i wynosi od 16 do 53 m<sup>3</sup> (Rapid model 8400 S/W firmy Schuitemaker). Natomiast w materiałach informacyjnych podawana jest druga wartość pojemności skrzyni, która odpowiada objętości przewiędnijętej zielonki średniego sprasowania i jest wyższa o ok. 60-70%, a nawet 110% (Pöttinger Jumbo 10010 D Combiline) w stosunku do pojemności nominalnej. Jak podaje producent dopuszczalna masa takiego zestawu dochodzi do 31 ton, co wymaga mocy ciągnika 331 kW (Pöttinger modele serii Jumbo). Przyjmuje się, że zapotrzebowanie na moc ciągnika, ze względu na uciąg i napęd zespołów roboczych, wynosi 3-6 kW na 1 m<sup>3</sup> pojemności nominalnej skrzyni ładunkowej.

Przyczepy zbierające rozpozyszczyły się do zbioru siana z użytków zielonych w krajach o połałdowanej powierzchni (Austria, Szwajcaria); ich nisko umieszczony środek ciężkości zapewniał bezpieczną pracę na pochyłościach. Był to jeden z podstawowych warunków uzyskania certyfikatu podczas badań eksploatacyjnych [8, 9]. Obecnie maszyny te są coraz rzadziej wykorzystywane do zbioru suchych objętościowych produktów paszowych - słomy czy siana, ale przeznacza się je do zbioru zielonek jako przyczepy silosowe (rys. 1a - Bergmann Carex), objętościowe - do gromadzenia kukurydzy podczas zbioru siewkarnią (rys. 1b - Krone ZX), a nawet jako wozy paszowe (rys. 1c - Pöttinger Europrofi Combiline) do zadawania zielonki w oborach. Dla tych zastosowań skrzynia wykonywana jest jako zamknięta konstrukcja stalowa z blachy o profilu trapezowym. Nadwozie składa się z ramy, do której przymocowane są pionowe wsporniki, a w zależności od przeznaczenia na podstawowej ramie są umieszczane pełne nadstawki lub linki zwiększające pojemność skrzyni ładunkowej. Przy stosowaniu nadstawek ażurowych z pałaków i linek są one, zwłaszcza w przedniej części, wyposażone w elastyczną oponę, eliminującą straty materiału podczas jego wtlaczania przez rotor.

Firma Pöttinger w modelu JUMBO COMBILNE oferuje jako wyposażenie dodatkowe zabezpieczenie górnej przestrzeni ładunkowej COVER PLUS skrzyni podczas przewozu lekkich surowców, np. do biogazowni i wychodzi na przeciw planowanym przepisom o zabezpieczeniu ładunków pochodzenia rolniczego (rys. 1d - Pöttinger Jumbo Combiline).



Rys. 1. Przykładowe zastosowania i wyposażenia przyczep zbierających [10]

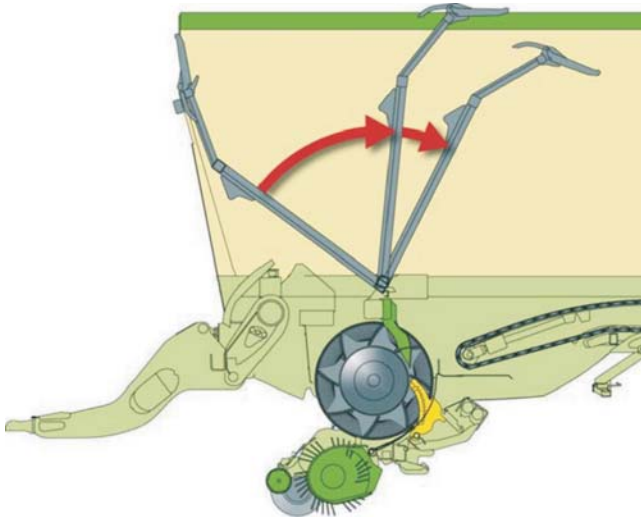
Fig. 1. Examples of applications and equipment of self-loading trailers [10]

W tylnej części przyczep montowane są kłapy pełne (rys. 1a) lub w postaci ram siatkowych jako elementy integralne ze skrzynią, podnoszone hydraulicznie podczas wyładunku. W zależności od wyposażenia i przeznaczenia na tylnych ścianach są umieszczane adaptery wyposażone w dwa lub trzy walce dozujące - gładkie bądź sześciokątne z umieszczonymi na nich palcami dla rozluźniania zielonki i jej szybszego wyładunku. Jako wyposażenie opcjonalne w adapterze może być umieszczony przenośnik poprzeczny, którym zielonka może być zadawana do żłobów podczas przejazdu przez oborę (rys. 1c). W adapterach firmy Pöttinger szerokość przenośnika poprzecznego wynosi 890 mm, co zapewnia szybki załadunek żłobów w oborach [10].

Ściany przednie mogą być wyposażane opcjonalnie w dwu lub nawet trzyfunkcyjną kłapę, umożliwiającą szybką zmianę pracy przyczepy z silosowej w objętościową. W niektórych maszynach uzyskuje się bardzo wysokie zagęszczenie materiału dzięki temu, że zielonka po załadunku rotorem trafia na skośnie umieszczony panel przedni RapidStream

(Schuitemaker), przez co jest ona zawijana, zagęszczana i przemieszczana do tyłu przyczepy.

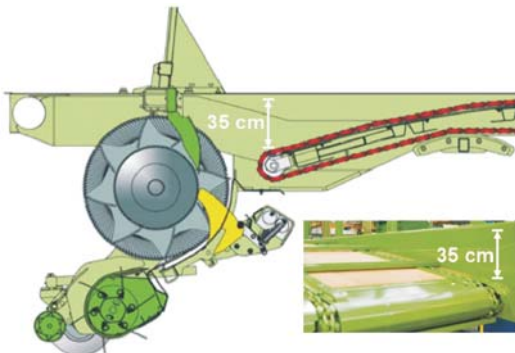
W przyczepach serii ZX firmy Krone jest zastosowana ruchoma ściana przednia (rys. 2), która w zależności od pozycji zwiększa pojemność nawet do  $4,5 \text{ m}^3$ , zwiększa kontrolę trakcji kół ciągnika i zapewnia lepszy, szybszy wyładunek. W przyczepie JUBMO L firmy Pöttinger zakładana jest tylna ściana typu „Large”, która zwiększa pojemność skrzyni o  $1,5 \text{ m}^3$ . Ta sama firma w maszynach wielofunkcyjnych wyposaża je w składaną górną część ściany przedniej, aby umożliwić operatorowi obserwowanie załadunku przyczepy podczas gromadzenia kukurydzy zbieranej sieczkarnią. Firmy jako wyposażenie dodatkowe stosują składane przykrycie kanału załadunkowego, gdy maszyna pracuje jako przyczepa objętościowa. Zapobiega to przedostawaniu się załadowanego materiału na rotor załadunkowy.



Rys. 2. Ruchoma ściana przednia w przyczepach serii ZX firmy Krone [10]

Fig. 2. Mobile front wall in self-loading trailers series ZX of Krone [10]

Zastosowanie w przyczepach zbierających rotorowego systemu ładującego spowodowało, w niektórych modelach, ze względów konstrukcyjnych, konieczność obniżenia podłogi w przedniej części maszyny o 150 do 350 mm. Skrócono przez to kanał transportowy, dzięki czemu zielonka jest załadowywana do skrzyni szybciej, z większą ochroną jej struktury oraz mniejszym zapotrzebowaniem na moc. Uzyskuje się przez to możliwość zastosowania ogumienia o większej nośności i stosowania większych pojemności skrzyń ładunkowych (rys. 3).



Źródło: opracowanie własne na podst. [10]  
Source: own work based on [10]

Rys. 3. Obniżona podłoga w przedniej części skrzyni w przyczepach firmy Krone

Fig. 3. Lowered floor at the front part of open load-carrying body in trailers of Krone

Podłoga przyczep zbierających wykonywana jest z blachy stalowej lub z impregnowanego drewna. Firma Strautmann wyposaża swoje maszyny w impregnowaną podłogę drewnianą, albo opcjonalnie w przypadku użytkowania jej jako maszyny kombinowanej w podłogę stalową ocynkowaną (rys. 4a). Na podłodze umieszczone są przenośniki łańcuchowe pierścieniowe lub drabinkowe, których w zależności od pojemności skrzyni i modelu może być dwa, cztery lub sześć łańcuchów, np. w przyczepie Jumbo 10010 i Jumbo Combiline serii 7210 lub 10010 firmy Pöttinger (rys. 4b.). Rozwiązania konstrukcyjne przenośników są zróżnicowane. Mogą to być przenośniki łańcuchowe, do których są przymocowane listwy zgarniające (rys. 4a) lub w których listwy są zamocowane na łańcuchach (rys. 4b). W drugim przypadku łańcuchy przemieszczają się w umieszczonych w podłodze prowadnicach. Ten wariant stosowany jest w podłogach drewnianych. Zwraca się uwagę na wytrzymałość łańcuchów przenośników, gdyż są one obciążone dużą masą ładunku. Ogniwa łańcuchów o średnicach 10-11 mm przenoszą obciążenie 25-30 ton. Łańcuchy tych przenośników są automatycznie naprężane. Opcjonalnie mogą być stosowane dwustopniowe prędkości przesuwu przenośnika podłogowego. Do ich napędu stosowane są silniki hydrauliczne jedno- lub dwusuwowe, które mogą zapewnić maksymalną prędkość do  $24 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ .



Rys. 4. Podłogi i przenośniki podłogowe stosowane w przyczepach zbierających [10]

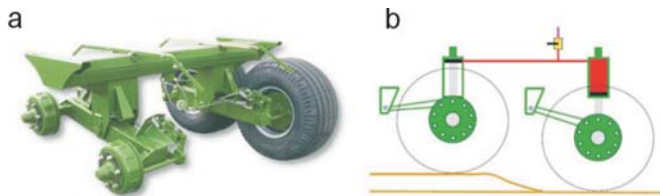
Fig. 4. Types of floors and floor conveyor applied in self-loading trailers [10]

## Podwozie

Wraz ze zmianą funkcji przyczep zbierających i stosowaniem ich do zbioru zielonek przeznaczonych na kiszonki lub do bezpośredniego skarmiania materiał wtłaczany do skrzyni jest rozdrabniany. Zwiększa się przez to masa jednostkowa produktu, która w wyniku rozdrobnienia i stłoczenia osiąga masę od 280 do  $350\text{-}400 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Przy dużych pojemnościach skrzyń masa całkowita maszyny wraz z ładunkiem dochodzi nawet do 31-40 ton (Pöttinger Combiline 10010, Schuitemaker). Takie obciążenia wymagają stosowania układów jezdnych typu tandem lub tridem. Transport zebranego materiału odbywa się bowiem na różnych podłożach i ze zróżnicowaną prędkością do  $60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Dlatego stosowane są zawieszania z różnym resorowaniem: mechanicznym, pneumatycznym, hydraulicznym i hydro-pneumatycznym (Pöttinger Jumbo Combiline). Stosowane zawieszania mogą być wahliwe z osiami sztywnymi, wleczonymi i z jedną lub wszystkimi osiami kierowanymi, przy zawieszeniu tridem dla obciążenia 40 ton (Schuitemaker).

W maszynach firmy Krone stosowane są zespoły osi o różnej konstrukcji - nieresorowany tandemowy zespół osi o dużym prześwicie (rys. 5a), resorowana oś zespolona z wahaczem podłużnym czy zespół osi tandemowych z hydrauliczną kompensacją i kierowaniem swobodnym (rys. 5b). Hydrauliczna kompensacja ma zastosowanie przy pokonywaniu nierówności terenu. Olej jest przetłaczany z przedniego do tylnego siłownika i odwrotnie. Każda strona podwozia ma własny, zamknięty obieg oleju. Pozwala to na szybką jazdę pojazdu z dużą masą całkowitą maszyny.





Rys. 5. Układy jezdne w przyczepach firmy Krone [10]  
Fig. 5. Driving road systems in loading trailers of Krone [10]

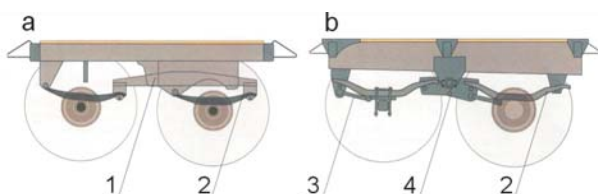
Osie typu tridem z kompensacją hydrauliczną są stosowane seryjnie w przyczepach serii ZX 550 o pojemności skrzyni 53 m<sup>3</sup> (opcjonalnie w ZX 450). Sześć kół zespołu (rys. 6) zapewnia małe naciski na glebę i dostosowywanie się do każdego profilu podłoża, nawet przy całkowitej masie 31 ton. Zespół ten zapewnia wysoki komfort jazdy i odporność na przechyły boczne. Przednia i tylna oś są kierowane, natomiast przy przejazdach jałowych przednia oś może być podnoszona, co zmniejsza zużycie przednich opon. W zależności od homologacji dopuszczalna prędkość maksymalna wynosi 40 albo 60 km·h<sup>-1</sup>.



Rys. 6. Zespół osi typu tridem w przyczepach ZX 550 firmy Krone [10]  
Fig. 6. Unit of axes of tridem type in self-loading trailers ZX 550 of Krone [10]

W maszynach firmy Strautmann przy dwuosowym zespole jezdny stosowane jest resorowane podwozie tandemowe *boogie* z resorami parabolicznymi. W wyposażeniu opcjonalnym tylna oś może być skrętna. W przyczepach serii GigaVitesse CFS w wyposażeniu podstawowym oś tylna jest kierowana. Dla lepszego komfortu jazdy także przy dużych prędkościach (40 km·h<sup>-1</sup>) w niektórych typach montowane jest podwozie hydropneumatyczne. Rozwiązanie to w warunkach połowych równomiernie rozdziela ciężar na wszystkie cztery koła, a w czasie jazdy po zbożu zapewnia pewniejsze warunki jazdy. Rozstaw osi powyżej 1800 mm pozwala na całkowite obciążenie do 24 ton. W wyposażeniu opcjonalnym model 4401 może mieć hydropneumatyczny zespół osi tridem. Umożliwia to zwiększenie dopuszczalnej masy całkowitej do 31 ton, zwiększoną powierzchnię przylegania opon do podłoża oraz zmniejszenie nacisków jednostkowych. W wyposażeniu podstawowym pierwsza i trzecia oś są kierowane systemem hydraulicznym.

W przyczepach zbierających firmy Pöttinger z tandemowym układem jezdny stosowane są, w zależności od obciążenia osi, różne typy zawiesznień. Przy obciążeniu do 10,5 tony stosowana jest sprężynowana oś z resorowaniem piórowym. Przy 13 tonach (rys. 7a) - zastosowana jest oś z resorem parabo-



Źródło: opracowanie własne na podst. [10]  
Source: own work based on [10]

Rys. 7. Tandemowe zawieszzenia w przyczepach firmy Pöttinger  
Fig. 7. Tandem hangings in self-loading trailers of Pöttinger

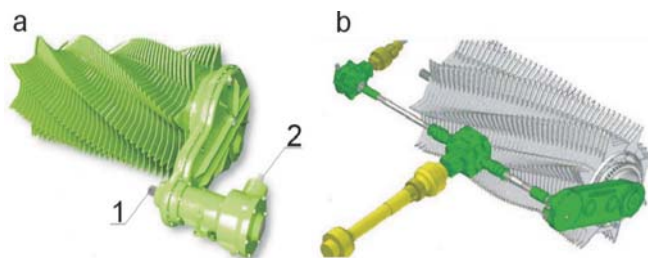
licznym (2) i amortyzatorem wyrównującym (1), natomiast przy obciążeniu 16 ton (rys. 7b) - oś z resorem parabolicznym (2), drążkiem wzdłużnym (3) i wahaczem wyrównującym (4). W opcji przy obciążeniu osi 16 ton stosowana jest oś tandemowa ze sprężynami hydropneumatycznymi.

Przy dużych obciążeniach całkowitych do 31 ton stosowane jest podwozie typu tridem. Rozwiązanie takie pozwala na obniżenie nacisków jednostkowych, a duży wahacz wyrównania osi zapewnia równomierne rozdzielenie siły hamowania na wszystkie osie. Również w maszynach tej firmy w tym typie podwozia stosowane są osie skrętne, a oś przednia jest podnoszona.

Firma Schuitemaker w swoich maszynach dla 5 wariantów obciążeń (od 16 do 40 ton) stosuje zawieszenie *boogi*, wahlliwe, a dla obciążeń 24 i 40 ton zespołu tridem - zawieszenie hydrauliczne.

### Napędy zespołów roboczych

W przyczepach zbierających napęd od ciągnika jest przekazywany na podbieracz, rotor tnąco-ładujący, przenośnik podłogowy i walce dozujące. W przypadku stosowania maszyny jako wozu dozującego dodatkowo jest napędzany przenośnik poprzeczny. Na rys. 8a przedstawiono bezobsługową przekładnię rotora firmy Krone. Jest to przekładnia zębata czołowa, osadzona na osi rotora, a w jej dolnej części jest równoległe wyjście na zespół podbieracza (1). Natomiast na drugim wyjściu wału wielowypustowego (2) osadzony jest wzdłużny wał przenoszący napęd na tylne zespoły robocze. Na rys. 8b przedstawiono nowy rodzaj zespołu napędowego stosowany w maszynach firmy Bergman. W maszynach tej firmy napęd jest rozdzielany na dwie przekładnie - jedna napędza podbieracz i rotor z lewej strony maszyny, a druga z prawej strony przekazuje napęd na wzdłużny wał napędowy przenośnika podłogowego i ewentualnie walców dozujących. W maszynach firmy Pöttinger wał przekazujący napęd na walce dozujące jest umieszczony w ramie maszyny.



Źródło: opracowanie własne na podst. [10]  
Source: own work based on [10]

Rys. 8. Rozwiązania konstrukcyjne przekładni napędowych  
Fig. 8. Design solutions of driving transmissions

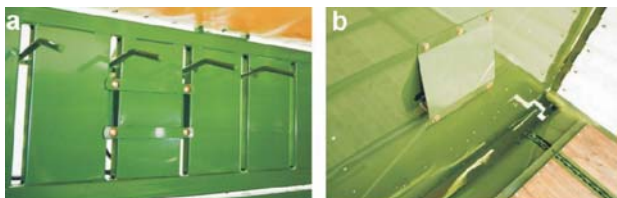
We wszystkich przyczepach zbierających napęd przenośnika podłogowego jest realizowany za pomocą silników hydraulicznych, przy czym prędkość jest regulowana bezstopniowo. Niektórzy producenci oferują opcjonalnie napęd za pomocą jedno- lub dwusuwowego silnika. W zależności od typu maszyny i jej pojemności obustronny napęd przenośnika jest w wyposażeniu standardowym lub w opcji.

W maszynach firmy Strautmann walce dozujące są napędzane przez bezobsługowy wałek napędowy i przekładnię kątową, która usytuowana jest bezpośrednio na wałku dozującym. Drugi i trzeci wałek są napędzane łańcuchem rolkowym.

### Automatyka i sterowanie

Przyczepy w wersji zbierającej i dozującej projektuje się pod kątem wydajności. W maszynach firmy Krone automatyka

załadunku *PowerLoad* z dodatkowym sensorem wstępnego sprasowania i objętości zapewnia całkowite wypełnienie skrzyni zagęszczonym materiałem. Po osiągnięciu ustawionego granicznego obciążenia i wymaganej gęstości ładunku przenośnik podłogowy zostaje automatycznie wyłączony. Sensor objętości na ruchomych widełkach (rys. 9a) albo kłapa załadunkowa na ścianie przedniej informują o wypełnieniu skrzyni. W tylnej części przyczepy umieszczony jest czujnik, który pod wpływem nacisku przesuwanej masy automatycznie wyłącza przenośnik podłogowy (rys. 9b). Przy zapełnionej skrzyni dolny walec może wychylać się do tyłu, zatrzymując w ten sposób przez czujnik posuw przenośnika podłogowego.



Rys. 9. Sensory wypełnienia i zagęszczenia w przyczepach firmy Krone [10]

Fig. 9. Sensors of filling up and thickening in trailers of Krone [10]

W przyczepach firmy Pöttinger automatyka załadunku gwarantuje całkowite wypełnienie przyczepy, a przez to dużą wydajność. Jeden czujnik mierzy u dołu przedniej ściany ciśnienie wywierane przez załadowaną wilgotną zielonkę i włącza przenośnik podłogowy. Drugi czujnik w kłapie zagęszczającej mierzy stopień zagęszczenia w skrzyni. Pasza jest równomiernie zagęszczana i wypełnienie jest optymalne. Naciśnięcie przycisku na sterowniku obsługi wystarcza do otwarcia tylnej ściany umożliwiając szybki wyładunek. Stopień wypełnienia jest wyświetlany na pulpicie sterownika w procentach. Dla kontroli załadunku przy wyposażeniu opcjonalnym przyczep w nadstawki mogą być zamontowane jedna lub dwie kamery wideo z monitorem kontrolnym.

Również w maszynach innych firm (np. Bergmann, Metaltech) w wyposażeniu opcjonalnym montowane są kamery połączone z monitorami przekazujące obraz z wnętrza przyczepy podczas jej załadunku i rozładunku w różnych warunkach oświetlenia i pogody. Niektórzy producenci mogą

w opcji wyposażać maszyny w system ważenia i rejestracji ładunku.

We wszystkich produkowanych obecnie przyczepach stosowane są elektroniczne systemy sterowania i kontroli używanego stopnia zagęszczenia i wypełnienia skrzyni zbieranym materiałem oraz ułatwiają operatorowi obsługę tych maszyn. Niektóre terminale umożliwiają obsługę maszyn różnych producentów wyposażonych w magistralę ISOBUS.

Historia rozwoju przyczep zbierających wykazała, że maszyny te nie są obecnie wykorzystywane w celu swojego pierwotnego przeznaczenia do zbioru słomy, siana suchego i przewiędnętego przy jednoosobowej obsłudze agregatu, ale są to maszyny realizujące zamknięty proces technologiczny - zbioru, rozdrabniania, gromadzenia oraz składowania lub zadawania zielonek. Mimo że realizowane funkcje są takie jak w pierwotnych modelach tej maszyny, to obecne rozwiązania konstrukcyjne wynikają z wprowadzania nowoczesnych rozwiązań automatyzujących proces technologiczny.

Mimo zachowania pierwotnej idei zasady działania przyczep zbierających obecne rozwiązania konstrukcyjne zespołów roboczych poszerzają zakres ich wykorzystywania do zmieniających się wymagań agrotechnicznych zbieranych produktów paszowych.

## Bibliografia

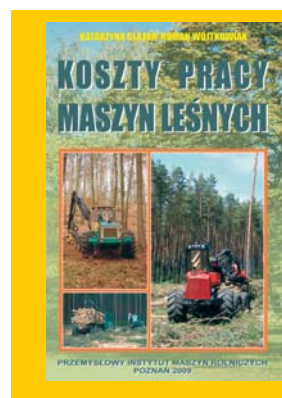
- [1] Bareiss G.: Der Aufladewagen - eine Kombination von Landmaschine und Wagen. Landtechnik, 1963, 22.
- [2] Dohne E.: Typentabelle Ladewagen. Landtechnik, 1965, 9.
- [3] Domański M., Sieg J., Sęk T., Woźniak F.: Mechanizm dodatkowy do podbieracza przyczepy samo zbierającej przeznaczony do cięcia produktów paszowych. Patent PRL Nr 77490.
- [4] Oehring J.: Wo liegen die Wurzeln der Lagewagen? Landtechnik, 1967, 5.
- [5] Schön A.: Der neuste Stand bei Ackerwagen, Miststreuern und Triebachsen. Landtechnik, 1960, 15.
- [6] Sęk T.: Konstrukcja i wyniki badań przyczep samozaładowczych. Maszyny i Ciągniki Rolnicze, 1968, 3.
- [7] Sęk T.: Konstrukcja przyczep zbierających. Maszyny i Ciągniki Rolnicze, 1973, 3.
- [8] Sęk T.: Przyczepy zbierające. Skrypty Akademii Rolniczej w Poznaniu, 1978.
- [9] Zehetner J., Hammerschmid F.M.: Bauweise und Einsatz von Ladewagen. Landtechnik, 1966, 6.
- [10] Literatura firmowa: Bergmann, Claas, Krone, Kverneland, Metaltech, Pöttinger, Schuitemaker, Strautmann.

## CONSTRUCTION SOLUTIONS OF MODERN SELF-LOADING TRAILERS. Part 2.

### Summary

Self-loading trailers are an important element in the technology of green forage production. They are used for hay harvest, hay-silage, as well as machines for feed distribution. The paper presents constructions of working units for preparing green forage for various forms of conservations.

**Key words:** self-loading trailers, technical characteristics, working units



ISBN 978-83-927505-2-9

## KOSZTY PRACY MASZYN LEŚNYCH

Książka adresowana jest przede wszystkim do prywatnych przedsiębiorców Leśnych, Służb Leśnych i pracowników technicznych w Nadleśnictwach, Dyrekcjach Regionalnych oraz Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych i ma na celu przedstawienie sposobu wyliczenia kosztów usług maszynowych wykonywanych w lasach.

Wydawca: Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych  
60-963 Poznań, ul. Starołęcka 31  
tel. 061 87-12-200; fax 061 879-32-62;  
e-mail: office@pimr.poznan.pl; Internet: <http://www.pimr.poznan.pl>