

# ANALIZA ROZWIĄZAŃ KONSTRUKCYJNYCH BRON WIRNIKOWYCH

Streszczenie

Dokonano przeglądu rozwiązań konstrukcyjnych stosowanych w bronach wirnikowych. Ponadto przeanalizowano istotne parametry konstrukcyjne i eksploatacyjne charakteryzujące te maszyny.

**Słowa kluczowe:** brona wirnikowa, uprawa, analiza konstrukcji, dane techniczne

## Wstęp

Szeroko zalecanym sposobem uprawy gleby jest łączenie kilku narzędzi lub maszyn tworzących złożony agregat uprawowy, co pozwala na uzyskanie większej wydajności i zmniejszenie liczby przejazdów po polu [3, 4, 5, 8, 9]. Stosowanie agregatów złożonych może często obniżać koszt uprawy, a także prowadzić niekiedy do zwiększenia plonów roślin [2].

Zwykle najbardziej uzasadnione jest stosowanie narzędzi biernych, które wykazują najniższe zużycie energii jednak tylko przy pojedynczym przejeździe roboczym [3, 4, 5]. W miejscach, gdzie zabieg trzeba powtórzyć bardziej opłacalne staje się zastosowanie narzędzi aktywnych, w których elementy robocze są napędzane od WOM ciągnika [4]. Należy jednak zwracać szczególną uwagę i stosować je tylko w warunkach, gdzie ich użycie jest uzasadnione, a intensywność działania tych maszyn nie doprowadzi do szkodliwych zmian w strukturze gleby [2, 4, 8, 9].

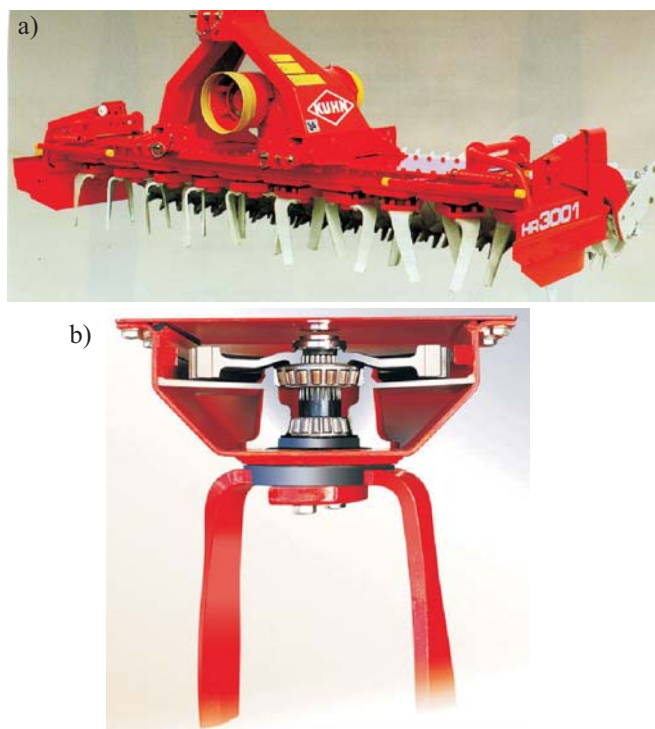
## Charakterystyka bron wirnikowych

Konstrukcję nośną klasycznej brony wirnikowej stanowi tzw. wanna, ustawiona poprzecznie do kierunku jazdy wzdłuż całej szerokości roboczej, która spełnia też rolę obudowy przekładni pionowych wirników roboczych (rys. 1a). Obracający się wirnik tworzy wał z tarczą, do której zamocowane są dwa zęby robocze. Uwzględniając jednocześnie ruch całego agregatu, zęby podczas pracy zakreślają tory stanowiące skrócone cykloidy, czyli tzw. trochoidy podobnie jak w innych zespołach pracujących w zbliżonych warunkach kinematycznych. Długość odcinanych przez zęby kęśów zależy od stosunku prędkości obwodowej wirnika do prędkości ruchu agregatu [1, 4]. Wirniki stanowią więc moduły napędzane współpracującymi kołami zębatymi, a ich liczba decyduje o szerokości roboczej całej maszyny. W klasycznym rozwiązaniu na końcu wałka u góry zamocowane jest koło zębate, a u dołu tarcza z zębami. Wałek łożyskowy jest w obudowie z udziałem dwóch kół stożkowych w układzie „O” (rys. 1b).

Mocowanie zębów do tarczy może następować w dwojaki sposób. Bardziej czasochłonny, ale i prostszy sposób to przykręcanie zęba dwiema śrubami. Inna wersja, to jednoczesne nakładanie obydwu zębów wirnika na specjalną podkładkę, a następnie mocowanie tej podkładki do tarczy głównej wirnika, co znacznie skraca czas montażu.

W zależności od zastosowania maszyny, czy w uprawie tradycyjnej, czy też z obecnością dużej ilości resztek poźniwnych lub mulczu ważne jest ustawienie zębów przez dobór odpowiedniego kąta ich odchylenia od pionu względem kierunku ruchu. Do uprawy gleby uprzednio zoraanej zęby

powinny być odchylone do tyłu (tzw. zęby wleczone), dzięki czemu podczas odcinania kęśów naciskają one na glebę. Z kolei do uprawy w mulcz i na glebach ciężkich powinno się zamocować zęby odchylone do przodu (na sztorc), które wysuniętą dolną częścią rozrywają glebę od spodu. Powoduje to pozostawienie na powierzchni większych bryłek gleby razem z wymieszanyimi płytko resztkami roślinnymi. Zabezpiecza to zarówno przed erozją, jak również nie dopuszcza do blokowania dostępu wilgoci do kiełkujących nasion przez resztki roślinne, gdy znajdują się one w sąsiedztwie nasion.



Rys. 1. Brona wirnikowa firmy Kuhn: a - widok maszyny, b - łożyskowanie [13]

Fig. 1. Kuhn rotary harrow : a - machine view, b - rotor bearing [13]

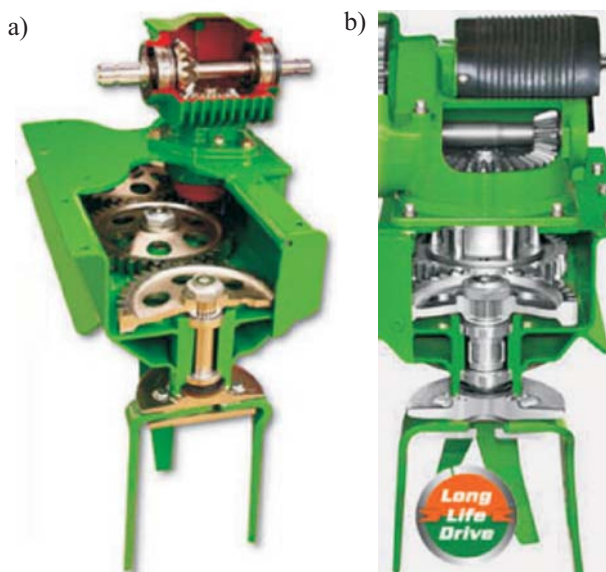
Z analiz teoretycznych Sadykova [6] wynika, że minimalna prędkość liniowa zębów powinna wynosić  $4,42 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Autor ten wykazał, że wymagane rozdrobnienie gleby przy minimalnym zużyciu energii uzyskuje się w przypadku noży o kątach ustawienia  $68-70^\circ$  i prędkości obrotowej wirników w zakresie  $345-360 \text{ obr}\cdot\text{min}^{-1}$  [7]. Należy nadmienić, że dobór prędkości obrotowej jest w bardzo dużym stopniu uzależniony od rodzaju gleby i stanu, w jakim się ona znajduje, a ściślej czy jest zbrzydlona, zaskorupiona itp. Prędkość obrotowa wynika więc z energii potrzebnej do rozbicia brył gleby.

## Analiza konstrukcji bron wirnikowych wybranych producentów

Oferta włoskiej firmy Alpego to bron wirnikowe, których szerokość robocza zaczyna się już od 1,1 m, a największe składane hydraulicznie modele pracują nawet na 8 m szerokości. Modele serii DmaX o szerokościach roboczych 4,5-8 m wyposażone są w trzy przekładnie: jedną centralną i dwie boczne. Każda z bocznych przekładni ma cztery przełożenia prędkości, co pozwala pracować sekcjami maszyny ze zróżnicowaną prędkością obrotową. Zabezpieczenie przeciw szkodliwemu działaniu kamieni w maszynach Alpego wiąże się z wypełnieniem przestrzeni między wirnikiem a obudową przekładni poprzez zamocowanie dwóch specjalnych podkładek do tarcz wirnika (system Sfera). Ponadto, interesujący jest również opatentowany przez firmę Alpego sposób mocowania wirników do skrzyni - tzw. *Twin Force System*, gdzie obudowy łożysk stożkowych są parami przymocowane do skrzyni przekładniowej, co wzmacnia ją i zapewnia stabilną pracę maszyny [19].

Uznany niemiecki producent Amazone oferuje bron wirnikowe (KE) oraz kultywatory wirnikowe (KX i KG). Oferta firmy Amazone zaczyna się od bron o szerokości roboczej 2,5 m, a kończy na składanym kultywatorze aktywnym o szerokości równej 6 m [10].

Firma Amazone stosuje oryginalne własne rozwiązanie tzw. system *Long Life Drive* (rys. 2). W tym rozwiązaniu tarcze wirników zamocowane są w większej odległości od wanny niż w rozwiązaniu klasycznym.

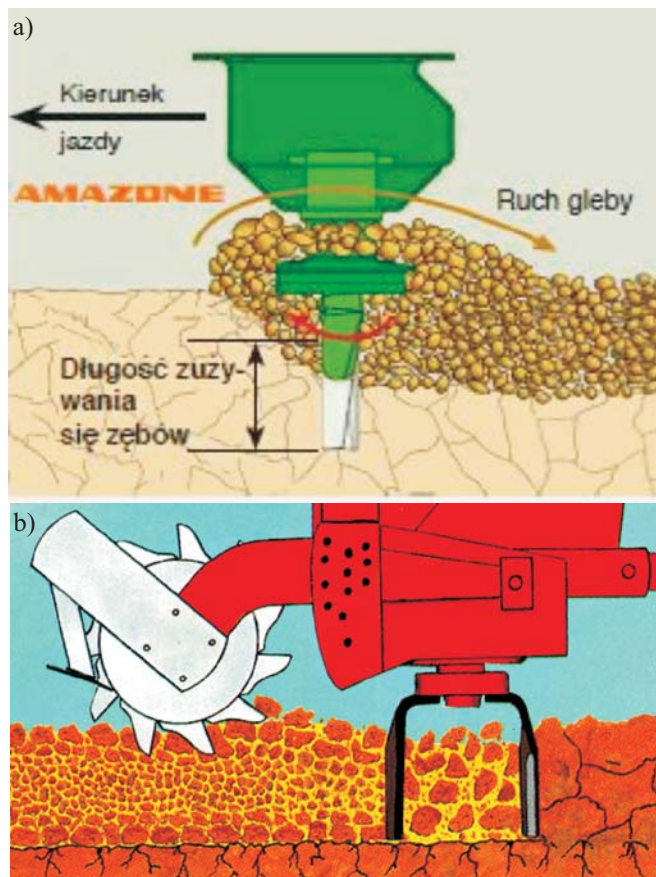


Rys. 2. Brona wirnikowa firmy Amazone: a - przeniesienie napędu, b - system *Long Life Drive* [10]

Fig. 1. Amazone rotary harrow: a - power transmission, b - *Long Life Drive* system [10]

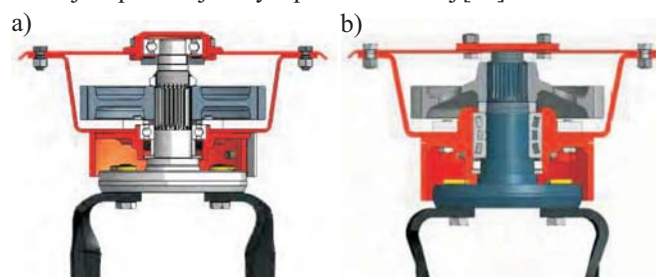
Większa odległość między obudową przekładni a wirnikiem umożliwia łatwiejsze przemieszczanie nadmiaru resztek roślinnych i gleby w przestrzeni ponad tarczami z zębami (rys. 3).

Pewne rozwiązania konstrukcyjne maszyny jak: zastosowanie zwartej przekładni, dużych kół zębatach, większej odległości między łożyskami oraz podwójne labiryntowe uszczelnienie zabezpieczające komorę łożysk przed zanieczyszczeniami kurzem i resztkami roślin, wykonanie wirnika i wałka z jednolitego materiału, a także *Quick-System* do szybkiej (bez użycia narzędzi) wymiany zębów, wpływają na zwiększenie trwałości maszyny i łatwości obsługi [10].



Rys. 3. Widok pracy i strefy działania zębów: a - w bronie wirnikowej firmy Amazone, b - w bronie wirnikowej klasycznej [10]  
Fig. 3. View of the work and teeth action areas: a - Amazone rotary harrow, b - classic rotary harrow [10]

Kolejna włoska firma Breviglieri oferuje obszerną gamę maszyn począwszy od wąskich (1,1 m szerokości), stosowanych w uprawach ogrodniczych, do polowych składanych o szerokości równej 8 m. Przekazanie napędu zaczyna się od przekładni, które mogą być w standardzie jedno- lub dwubiegowe, a w opcji nawet trzy- i czterobiegowe. W maszynach Breviglieri można dostrzec oryginalny system łożyskowania wałków wirników (rys. 4). Jednym z oferowanych sposobów jest zastosowanie dwóch łożysk kulkowych po przeciwnych stronach koła zębatego. Górne zamocowane jest tym samym w pokrywie skrzyni przekładniowej. Drugi rodzaj to zastosowanie trzech łożysk wałeczkowych, dwóch skośnych i jednego prostego, zaraz pod kołem zębatym. Takie rozwiązanie zmniejsza przekrój skrzyni przekładniowej [11].



Rys. 4. Brona wirnikowa firmy Breviglieri: a - łożyskowanie kulkowe, b - łożyskowanie mieszane [11]

Fig. 4. Breviglieri rotary harrow: a - ball bearings, b - mixed bearings [11]

Firma Kuhn oferuje bron o szerokości roboczej 1,2-6,0 m, a asortyment obejmuje sześć typów maszyn, w tym cztery o konstrukcji sztywnej i dwie składanej hydraulicznie do



transportu. Najmniejsza brona HRB 122 o szerokości roboczej 1,2 m wyposażona jest w cztery wirniki. W maszynach o szerokości roboczej 3 m stosowanych jest 10 wirników, a w największej składanej bronie HR 6003 DR, o szerokości roboczej 6 m - 20 wirników. Charakterystyczne cechy maszyn tego francuskiego producenta to: masywna obudowa skrzyni przekładniowej o grubości ścianki 8 mm, kute koła czołowe o wypukłym kształcie, łożyska wałeczkowo-stożkowe w odpornych na skręcanie kolumnach łożyskowych i kalibrowane tuleje dystansowe między łożyskami wałeczkowo-stożkowymi. Owalne uchwyty zębów skutecznie zapobiegają blokowaniu napędu przez kamienie. Producent ten od wielu lat oferuje różnego rodzaju zęby, w tym: standardowe *Fast-fit*, wygięte do przodu typu *Optimix*, wzmocnione przez napawanie *Durakuhn* i długie do głębokiej uprawy. Maszyny wyposażane są zwykle w przekładnie dwustopniowe. Większość bron jest seryjnie wyposażana w system szybkiej wymiany zębów. Zęby zabezpiecza jeden wspólny podwójny sworzeń i jedna zawleczka. Oferowane maszyny przystosowane są do współpracy z ciągnikami, których moc silnika mieści się w zakresie 60-260 kW [13].

Firma Kverneland oferuje trzy typy bron wirnikowych o konstrukcji sztywnej, o szerokości roboczej 2,5-4,5 m, a także serię bron składanych przeznaczonych do współpracy z dużymi ciągnikami wyposażonymi w silniki o mocy znamionowej do 260 kW [14].

Podstawowy typ bron NG-M 101 o szerokości roboczej 2,0 i 2,5 m przeznaczony jest do pracy w lekkich i średnich warunkach glebowych z ciągnikami o mocy maksymalnej rzędu 100 kW.

Brony wirnikowe NG-S 101 F35, obejmują jeden typosereg bron składanych hydraulicznie, nawiązują samonośną skrzynią przekładniową i łożyskami wałeczkowo-stożkowymi do konstrukcji sztywnych NG-S 101. Ofertę bron serii F35 stanowią maszyny o szerokościach roboczych od 4 do 6 m, które na czas transportu składane są do szerokości 2,9 m. Brony o konstrukcji sztywnej, jak i składanej nowej generacji, mogą być wyposażane we wszystkie wały ugniatające z oferty firmy.

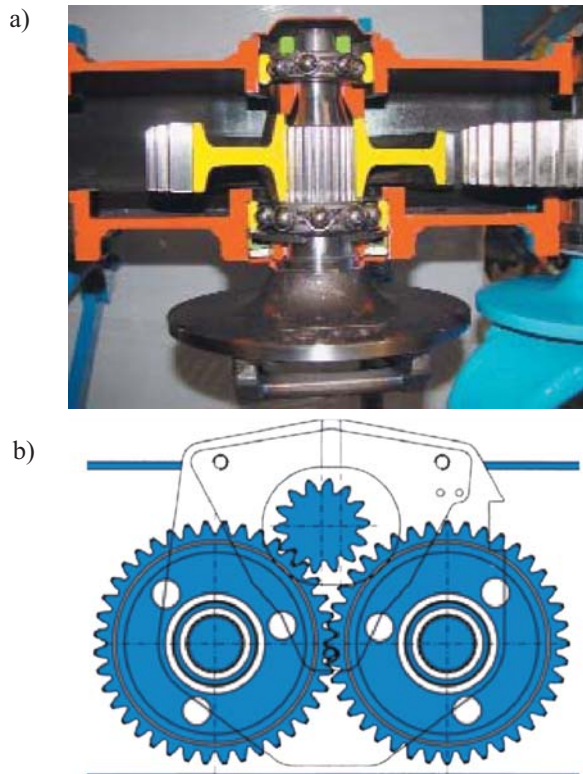
W celu skrócenia przestojów związanych z wymianą części roboczych stosowany jest seryjnie system szybkiej wymiany zębów tzw. *Quick Fit*, czyli podwójny sworzeń z zawleczką. Nieduży odstęp wirników równy 0,25 m, przy którym 8 zębów przypada na metr szerokości roboczej, zapewnia optymalne równanie powierzchni pola przy niewielkim zapotrzebowaniu na moc ciągnika. Spiralne ułożenie zębów zwiększa stabilność pracy maszyny i w efekcie otrzymuje się lepsze wyrównanie powierzchni pola [14].

Firma Lemken oferuje bronie wirnikowe w dwóch seriach: Zirkon 8 i Zirkon 10. Brony Zirkon 8 oferowane są w wersjach sztywnych, o szerokości roboczej 2,5-4,0 m, przeznaczone do ciągników o mocy 100-130 kW. Natomiast bronie z serii Zirkon 10 charakteryzuje większa szerokość robocza, a zatem i wydajność nawet podczas użytkowania w trudniejszych warunkach. Wymagają współpracy z ciągnikami wyposażonymi w silniki o mocy maksymalnej 135-235 kW. Maszyny te oferowane są w wersjach sztywnych i składanych hydraulicznie; zawieszanych lub przyczepianych o szerokości roboczej 3-6 m, mogących pracować samodzielnie lub z siewnikiem.

Podstawowym elementem konstrukcji bron Zirkon jest jednocześnie obudowa skrzyń przekładniowych ze stali specjalnej o grubości ścianki 8 mm, do której mocowane są zęby. Łożyska kulkowe znajdują się po obydwu stronach koła zębatego (rys. 5a) [15].

Ponadto wałki i tarcze wirników stanowią jedną całość, co zwiększa ich wytrzymałość. Na metr szerokości roboczej przypadają cztery wsporniki zębów, dzięki czemu mieszanie

gleby jest odpowiednio intensywne, co zapewnia tworzenie struktury gruzelkowej. Przy zalecanej prędkości WOM (1000 obr. $\cdot$ min<sup>-1</sup>) osiągana jest prędkość 300 obr. $\cdot$ min<sup>-1</sup>, a - po przestawieniu kół zębatych w wannie - 400 obr. $\cdot$ min<sup>-1</sup>. Brony Zirkon 10 wyposażone są seryjnie w dwustopniową przekładnię *Dual Shift*, która pozwala na zmianę kierunku i liczby obrotów wirników za pomocą jednej dźwigni (rys. 5b). Dzięki temu obustronnie zaostrome i wyprofilowane zęby *Allround* mogą pracować z dziobem zwróconym zgodnie z kierunkiem obrotów (na sztorc) lub przeciwnie (zęby wleczone) [15].



Rys. 5. Napęd elementów w bronie Lemken: a - łożyskowanie wałka i mocowanie zębów, b - przekładnia Dual Shift [15]

Fig. 5. The working elements drive in the Lemken harrow: a - shaft bearing and teeth fixing, b - Dual Shift transmission [15]

Firma Maschio Gaspardo, zaliczana do światowej czołówki producentów bron wirnikowych, ma w ofercie bardzo szerokie spektrum maszyn do prac w winnicach, sadach, ogrodnictwie. Jednak zdecydowana większość oferty skierowana jest do typowych gospodarstw rolnych zarówno o małym, jak i bardzo dużym areale użytków rolnych. Szerokość robocza bron wynosi od 0,9 do 8,0 m. Są to modele współpracujące z ciągnikami o mocach 40-330 kW. Brony mniejsze mogą być wyposażone w układ do zawieszenia siewnika mechanicznego lub pneumatycznego. Producent w zależności od rodzaju wyrobu przeznaczonego do pracy na polu zaoranym lub na powierzchni mulczowej stosuje łożyska kulkowe lub stożkowe. Wersje wzmocnione oznaczone jako PLUS mają podwójną wannę (grubość ścianek wynosi 5 i 4 mm), zaokrąglone zęby wirnika i są zabezpieczone przed uszkodzeniem przez kamienie specjalnymi nakładkami stożkowymi zamocowanymi pomiędzy wirnikami. Stosowany jest także system szybkiej wymiany zębów za pomocą sworznia zamocowanego na sprężynie, który w miarę potrzeby odciąga się specjalną dźwignią [16].

Austriacka firma Pöttinger oferuje pięć serii bron wirnikowych. Modele serii Lion 103 Classic, Lion 103 i Lion 102 mają szerokość roboczą od 2,5 do 4,0 m i są wyposażone w 8, 10, 12 lub 14 wirników, co daje ich rozstaw 0,25 lub 0,3 m. Seria Classic ma skrzynię przekładniową ze stałą prędkością

obrotową, natomiast pozostałe - skrzynię z dwoma lub trzema przełożeniami. Brony firmy Pöttinger mogą być wyposażone zarówno w zęby typu wleczonego, jak i mulczujące - z dodatkim kątem natarcia. System szybkiej wymiany zębów *Quick-fix* umożliwia ich mocowanie bez użycia narzędzi [17].

Producent Rabe Agri oferuje bronny wirnikowe z serii Corvus w wersjach sztywnych - PKE i VKE (szer. robocza 2,5-4,0 m) oraz składanych hydraulicznie - PKE K i VKE K (4-8 m). Opcjonalnie mogą być one wyposażane w system szybkiej wymiany elementów roboczych *Multi-Fix* i zęby pracujące „na chwyt”. Oferta obejmuje cztery serie bron o maksymalnym zapotrzebowaniu na moc do napędu od 130 do 200 kW dla konstrukcji sztywnych i od 205 do 280 kW dla wersji składanych [12].

Austriacka firma Vogel & Noot oferuje cztery serie bron wirnikowych. Lekkie modele Terramat L przeznaczone są do ciągników o mocy do 90 kW. Maszyny te są dostępne w wersjach o szerokości roboczej 0,9-4,0 m. Zastosowano w nich przekładnię standardową (jeden bieg, stała prędkość obrotowa wirników). Opcjonalnie może być również instalowana przekładnia zmniejszająca prędkość obrotową. Brony Terramat Hydro o szerokości roboczej 4-8 m są to maszyny o hydraulicznie składanej konstrukcji, przystosowane do agregowania z ciągnikami o mocy nawet 370 kW. Seryjnie są one wyposażone w przekładnię zębatą jednostopniową, natomiast opcjonalnie również w przekładnię wielostopniową. Z kolei bronny Arterra produkowane w wersjach o szerokości roboczej 3 i 4 m przeznaczone są do ciągników o mocy maksymalnej 105-170 kW. W maszynach tych stosowane są łożyska wałeczko-stożkowe. Wanna ma konstrukcję z podwójnym spawanym dnem oraz jest specjalnie zabezpieczona przed uderzeniami kamieni. Zastosowany system szybkiej wymiany zębów zapewnia, że mogą być one mocowane za pomocą jednego sworznia bez użycia narzędzi. Zęby wykonane z mikrostopowej borowej stali drobnoziarnistej charakteryzują się dużą trwałością. Opcjonalnie można także zamówić zęby pokryte proszkiem diamentowym [18].

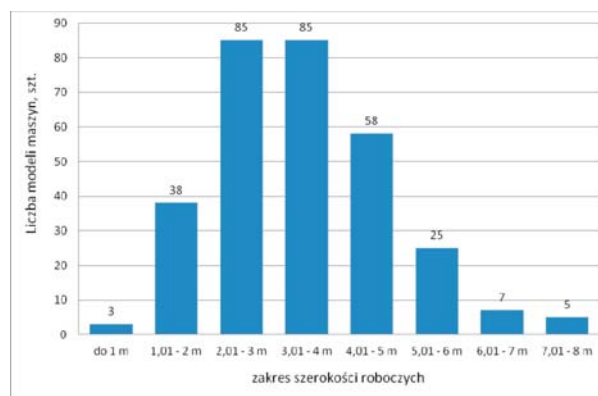
### Analiza parametrów technicznych bron wirnikowych różnych producentów

Analiza przeglądu technicznego bron i kultywatorów aktywnych objęła 306 modeli maszyn, składających się na 80 serii, wyprodukowanych przez 11 różnych firm, głównie zagranicznych. Wiodącymi producentami są włoskie firmy Maschio Gaspardo (18 serii), Breviglieri (15) i Alpego (11).

Maszyny charakteryzują się zróżnicowaną szerokością roboczą, przyjmując wartości od 0,9 m do nawet ośmiometrowych, składanych hydraulicznie (rys. 6). Jednak najbardziej popularna i uniwersalna jest szerokość w zakresie 2,01-3,00 m. Maszyny o takiej szerokości nie kolidują z przepisami o ruchu drogowym i umożliwiają agregowanie bron z szeroką gamą siewników. Przy tej uniwersalnej szerokości ułatwione jest wprowadzenie ścieżek technologicznych w uprawach. Analogicznie popularny zakres szerokości roboczych to 3,01-4,00 m. Brony o takich szerokościach wymagają do napędu ciągników średniej lub dużej mocy (110-190 kW). Umożliwia to pracę przy większych prędkościach maszyny. Ponadto producenci zwiększają maksymalną prędkość obrotową wirników i wzmacniają konstrukcję przekładni, wirników i zębów roboczych. Wiąże się to jednak z koniecznością współpracy z ciągnikami wyposażonymi w silniki o większej mocy.

W przeszłości wymiana zębów roboczych pochłaniała wiele czasu, a systemy ich szybkiej wymiany wprowadzały tylko nieliczne firmy. Obecnie każdy z producentów oferuje

w opcji taką możliwość, dzięki której czynność ta stała się znacznie mniej pracochłonna. Głównym mechanizmem podatym na obciążenia i uszkodzenia jest osadzenie i napęd wirnika roboczego. Firmy oferują tu różnego typu rozwiązania, najwięcej z nich proponuje łożyskowanie dwoma wałeczko-stożkowymi łożyskami z pierścieniem dystansowym.

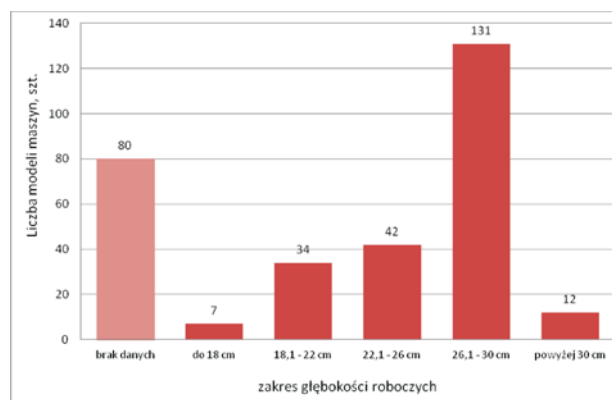


Źródło: opracowanie własne / Source: own calculations

Rys. 6. Szerokości robocze bron wirnikowych  
Fig. 6. Working width of rotary harrows

Dopasowanie ustawień maszyny do zmiennych warunków polowych to wymóg dzisiejszych użytkowników tej grupy maszyn. Szybka zmiana prędkości obrotowej wirników oraz kierunku ich obracania jest bardzo pożądana. Producenci oferują jedno, a nawet czterostopniowe przełożenia skrzyni przekładniowych. Spośród analizowanych wyrobów różnych firm przekładnię o przełożeniu jednostopniowym ma 110 modeli, dwustopniowym 160 modeli, trzystopniowym 29, a czterostopniowym tylko 7 modeli.

W kontekście coraz popularniejszej w Polsce uprawy uproszczonej, w której duża ilość resztek poźniowych musi być wymieszana w glebie przy jednoczesnej uprawie spełniającej wymogi agrotechniczne, ważny jest dostęp do szerokiego woluminu elementów roboczych i możliwość pracy na dużych głębokościach. W ofercie znajdują się zęby proste, wleczone i skośne. Maszyny pracują w różnych zakresach głębokości roboczej, a najpopularniejszy zakres - według producentów - to 26,1-30,0 cm (rys. 7).



Źródło: opracowanie własne / Source: own calculations

Rys. 7. Głębokość pracy bron wirnikowych  
Fig. 7. Working depth of rotary harrows

### Podsumowanie

Z przeprowadzonej analizy wynika, że producenci dążąc do zwiększenia wydajności maszyn zwiększają maksymalną prędkość obrotową wirników, wzmacniają konstrukcję przekładni, wirników i zębów roboczych, co pozwala pracować przy większych prędkościach roboczych, dzięki możliwości



współpracy z ciągnikami o odpowiedniej mocy. Ponadto brony wirnikowe mogą pracować w znacznym przedziale głębokości roboczych nawet powyżej 30 cm wykonując skutecznie zabieg zarówno w uprawie płużnej, jak i uproszczonej.

## Bibliografia

- [1] Bernacki H.: Teoria i konstrukcja maszyn rolniczych. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne. Warszawa, 1981.
- [2] Buliński J.: Agrotechniczne aspekty uprawy gleby maszynami aktywnymi. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej, 2000, 1, 2-5.
- [3] Buliński J., Gach S., Waszkiewicz Cz.: Energetyczne i jakościowe aspekty procesu uprawy gleby narzędziami biernymi. Problemy Inżynierii Rolniczej, 2009, 4, 51-57.
- [4] Buliński J., Gach S., Maciejewski M.: Jakościowe i energetyczne aspekty pracy maszyn uprawowych. Postępy Nauk Rolniczych, 2010, 1, 77-89.
- [5] Ptaszyński S.: Uprawa ściernisk. Rolniczy Przegląd Techniczny, 2005, 10, 38-43.
- [6] Sadykov R.O.: Obosnovanie okružnoj skorosti rotora rotacionnoj borony. Mechaniz. Elektrif. Sel'. Choz., 2000, 10, 30-31.
- [7] Sadykov R.O.: Some results of researches of a rotor with a vertical axis of rotation. AMA, 2002, Vol. 33, 2, 17-19.
- [8] Smagacz J.: Ekspertyza. Uprawa roli - aktualne kierunki badań i najnowsze tendencje. Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy w Puławach, 2011. <http://www.agengpol.pl/LinkClick.aspx?fileticket=ejNqJvPEHDg%3D&tabid=144>.
- [9] Zbytek Z., Talarczyk W.: Ekspertyza. Narzędzia i maszyny uprawowe - aktualne badania i tendencje rozwojowe. Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych, Poznań, 2011. <http://www.agengpol.pl/LinkClick.aspx?fileticket=cx4UzIqwavE%3D&tabid=144>.
- [10] [www.amazon.de](http://www.amazon.de).
- [11] [www.agrotimh.pl/breviglieri.htm](http://www.agrotimh.pl/breviglieri.htm).
- [12] [www.korbanek.pl/producent/rabe/agregaty-uprawowe/corvus-pke-vke](http://www.korbanek.pl/producent/rabe/agregaty-uprawowe/corvus-pke-vke).
- [13] [www.kuhnsa.com](http://www.kuhnsa.com).
- [14] [www.kverneland.com](http://www.kverneland.com).
- [15] [www.lemken.com](http://www.lemken.com).
- [16] [www.maschionet.com/gaspardo/products.asp](http://www.maschionet.com/gaspardo/products.asp).
- [17] [www.pottinger.pl](http://www.pottinger.pl).
- [18] [www.topagrar.pl/articles/aktualnosci-branzowe-technika/nowosci-vogelnoot/](http://www.topagrar.pl/articles/aktualnosci-branzowe-technika/nowosci-vogelnoot/).
- [19] <http://www.alpego.com>.

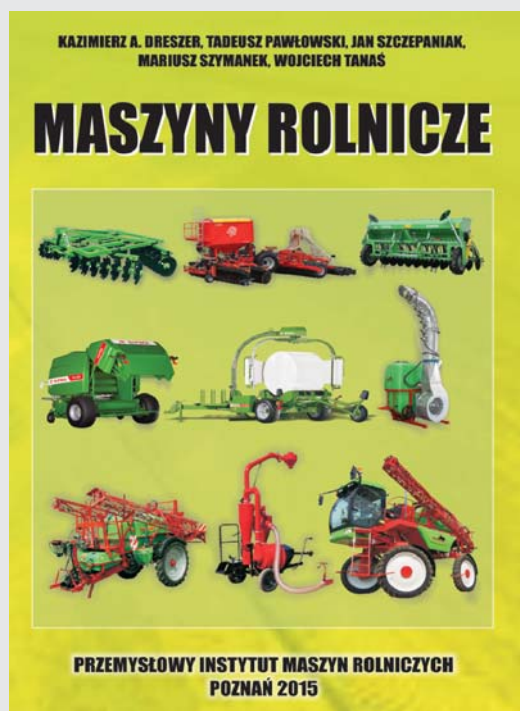
*Źródło finansowania: Badania własne*

## ANALYSIS OF ROTARY HARROW DESIGN SOLUTIONS

### Summary

*The design solutions applied in rotary harrows were reviewed. In addition, important construction and operating parameters characterizing these machines were analyzed and discussed.*

**Key words:** rotary harrow, cultivation, structural analysis, technical data



Podręcznik pt. **MASZYNY ROLNICZE** adresowany jest do szerokiego grona pracowników dydaktycznych i słuchaczy uczelni przyrodniczych oraz użytkowników maszyn rolniczych. Zawarto w nim podstawowe informacje z przedmiotu "Technika rolnicza i eksploatacja maszyn rolniczych" wykładanego na ww. Uczelniach. Problematyka wykładów tego przedmiotu obejmuje charakterystykę szerokiego i niezwykle różnorodnego asortymentu maszyn i urządzeń technicznych. Wyczerpujące omówienie czy opisanie całości materiału jest niemożliwe. Z tych też względów w podręczniku przedstawiono ściśle wyselekcjonowane partie materiału - informacje podstawowe oraz te, które są dziełem autorów lub powstały przy znaczącym ich udziale. Stąd też, pomimo że podręcznik ma charakter pozycji dydaktycznej, nosi znamiona pracy monograficznej. Materiał uzupełniający stanowi literatura zamieszczona na końcu każdego z rozdziałów.

Wydawca:  
Branżowy Ośrodek Informacji Naukowej, Ekonomicznej  
i Normalizacyjnej  
Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych  
60-963 Poznań, ul. Starołęcka 31  
tel. 61 87-12-200; fax 61 879-32-62;  
e-mail: [office@pimr.poznan.pl](mailto:office@pimr.poznan.pl);  
Internet: <http://www.pimr.poznan.pl>