

# JAK TWORZYĆ I EFEKTYWNIE UŻYTKOWAĆ AGREGATY ZRYWKOWE Z PRZYCZEPĄ NASIĘBIERNĄ

## Część 3. Efekty zrywki przy pełnym wykorzystaniu ładowności przyczepy

### Streszczenie

Nowe przyczepy mają rozwiązania konstrukcyjne umożliwiające dostosowanie objętości ich przestrzeni ładownej do długości ładowanego drewna. Umożliwia to pełne wykorzystanie ładowności przyczepy różnej długości drewnem. Przy pełnym wykorzystaniu ładowności wydajność agregatów zrywkowych w porównaniu do ładunku mieszczącego się w standardowej skrzyni może zwiększyć się od 2 do 24%, a koszty jednostkowe zmniejszyć od 4 do 24% zależnie od długości sortymentu i ładowności przyczepy.

**Słowa kluczowe:** zrywka drewna, przyczepa nasiębierna, ładowność, wydajność eksploatacyjna, koszty jednostkowe

### Charakterystyka rozwiązań technicznych skrzyni ładownej przyczepy nasiębiernej

Uzyskanie optymalnych efektów zrywki określonym agregatem warunkowane jest umieszczeniem na przyczepie ładunku o wielkości odpowiadającej jego konstrukcyjnej ładowności. Konieczność zrywki drewna różnej długości, przy określonych wymiarach skrzyni ładownej przyczepy, utrudnia spełnienie tego warunku. Producenci, wychodząc naprzeciw potrzeb użytkowników, proponują dla nowych modeli przyczep odpowiednie urządzenia umożliwiające korygowanie standardowych wymiarów przestrzennych skrzyni, tak aby umieszczona na przyczepie masa drewna różnej długości mogła być równa konstrukcyjnej ładowności przyczepy. Przykładowe rozwiązania konstrukcyjne firmy FARMA przedstawiono na rys. 1.

Dostosowywanie przyczepy do zrywki określonej długości drewna polega przede wszystkim na zmianie pola poprzecznego skrzyni. Można tego dokonać w dwojaki sposób - przez wymianę kłonic na bardziej wygięte, zwiększając przez to ich rozstawienie - maksymalnie o ok. 0,6 m (rys. 1a), albo przez wywyższenie standardowych, rozwiązanie najczęściej stosowane, o ok. 0,6 m (rys. 1b). Zmiana objętości skrzyni może też polegać na podłużeniu jej ramy - maksymalnie o ok. 1 m [3]. W tym ostatnim przypadku firmy proponują dwa rozwiązania techniczne - ramę teleskopową rozsuwaną ręcznie lub siłowni-

kiem hydraulicznym, albo mocowaną do końca standardowej części dodatkową (rys. 1c).

Poszerzenie rozstawu lub wywyższenie kłonic o 0,6 m zwiększa objętość skrzyni od 40 do 60%, a wydłużenie ramy o 1 m zwiększa jej objętość od 24 do 29%. Skuteczniejsze zwiększenie objętości powoduje więc zmiana pola poprzecznego skrzyni.

### Efekty zrywki drewna różnej długości przyczepami nasiębnymi z korygowaną objętością ramy ładownej

Założmy zatem, że przedstawione wyżej rozwiązania techniczne ram zostaną wykorzystane w przyczepach tworzących agregaty analizowane w części drugiej opracowania [5], tak aby zrywka każdego sortymentu odbywała się z pełnym konstrukcyjnym obciążeniem.

Agregat pierwszy (najmniejszy), winien pomieścić teraz drewna każdej długości  $7 \text{ m}^3$ , drugi (średniej wielkości) -  $12 \text{ m}^3$ , a trzeci (największy) -  $16,5 \text{ m}^3$ . Aby to umożliwić maksymalna objętość skrzyni ładownej powinna wynosić odpowiednio: pierwszego  $8,92 \text{ m}^3$ , drugiego  $15,29 \text{ m}^3$ , trzeciego  $21,02 \text{ m}^3$ .

Warunki pracy agregatów z tymi ładunkami i koszty eksploatacji zakładam takie same, jak w części 2 opracowania [5]. Koszty eksploatacji będą wynosiły: pierwszego  $115,01 \text{ zł/h}$ , drugiego  $140,42 \text{ zł/h}$ , trzeciego  $165,80 \text{ zł/h}$ .



Źródło: materiały promocyjne firmy FARMA / Source: FARMA promotional materials

Rys. 1. Przykłady możliwości korygowania wymiarów skrzyni ładownej przyczepy przez zwiększenie jej: a - szerokości, b - wysokości, c - długości

Fig. 1. Examples how to adjust the open load-carrying body dimensions of trailer by increasing its: a - width, b - height, c - length

Tab.1. Formuły określające czas cyklu ( $t_c$ ), wydajność eksploatacyjną ( $W_{07}$ ) i koszty jednostkowe ( $k_j$ )  
 Table 1. Formulas for cycle time ( $t_c$ ), operating efficiency ( $W_{07}$ ) and unit costs ( $k_j$ )

Nr agregatu	Ładowność przyczepy $Q = Q_d$ [m <sup>3</sup> ]	Maks. objętość ładowna skrzyni [m <sup>3</sup> ]	Czas cyklu $t_c$ [s]	Wydajność eksploatacyjna $W_{07}$ [m <sup>3</sup> /h]	Koszt jednostkowy $k_j$ [zł/m <sup>3</sup> ]
1	7	8,92	$875 + \frac{4266}{L_d}$	$\frac{17,28 \cdot L_d}{4,88 + L_d}$	$6,66 + \frac{32,48}{L_d}$
2	12	15,29	$975 + \frac{5850}{L_d}$	$\frac{26,58 \cdot L_d}{6,00 + L_d}$	$5,28 + \frac{31,70}{L_d}$
3	16,5	21,02	$1065 + \frac{6703}{L_d}$	$\frac{33,46 \cdot L_d}{6,29 + L_d}$	$4,56 + \frac{31,17}{L_d}$

Źródło: opracowanie własne / Source: own work

Formuły określające czas cyklu zrywki ( $t_c$ ), wydajność eksploatacyjną ( $W_{07}$ ) i koszty jednostkowe ( $k_j$ ), uwzględniające pełne wykorzystanie ładowności przyczep dla poszczególnych agregatów przemieszczających drewno na odległość  $L = 500$  m obliczone na podstawie wzorów podanych w części 1 i 2 opracowania [4, 5] przedstawiono w tab. 1.

Zmianę wartości formuł zawartych w tab. 1 powodowaną długością zrywanego drewna przedstawiono graficznie na rysunku 2. Wydajność eksploatacyjna (rys. 2b) agregatu pierwszego zawiera się w granicach od 5,02 m<sup>3</sup>/h przy długości drewna 2 m do 9,8 m<sup>3</sup>/h przy długości drewna 5,4 m, drugiego od 6,65 m<sup>3</sup>/h przy długości drewna 2 m do 13,06 m<sup>3</sup>/h przy długości 5,8 m, a trzeciego od 8,07 m<sup>3</sup>/h przy długości drewna

2 m do 16,61 m<sup>3</sup>/h przy długości drewna 6,2 m. Przy założeniu 1500 godzin pracy agregatów w roku mogą one dokonać zrywki na odległość 500 m następujących ilości drewna: pierwszy od 7350 do 14 700 m<sup>3</sup>, drugi od 9975 do 19 590 m<sup>3</sup>, trzeci od 12 105 do 24 915 m<sup>3</sup> zależnie od długości sortymentu. W porównaniu do agregatów z przyczepą o standardowej objętości skrzyni ładownej wydajność agregatów z korygowaną objętością zwiększa się następująco: agregatu pierwszego od 2 do 22% , drugiego od 13 do 24%, trzeciego od 14 do 23% zależnie od długości sortymentu.

Wydajność agregatów z przyczepą samoładowniczą jest jednak znacznie mniejsza niż forwardeń. Modele forwardeń stosowane w lasach polskich dokonują zrywki w roku nawet 30 000-40 000 m<sup>3</sup> drewna [1]. Jednak tak dużą wydajność uzyskują one głównie dzięki znacznie większej ładowności (8-20 t) oraz większemu polu powierzchni uchwytu chwytaka żurawia (0,35-0,50 m<sup>2</sup>) [3].

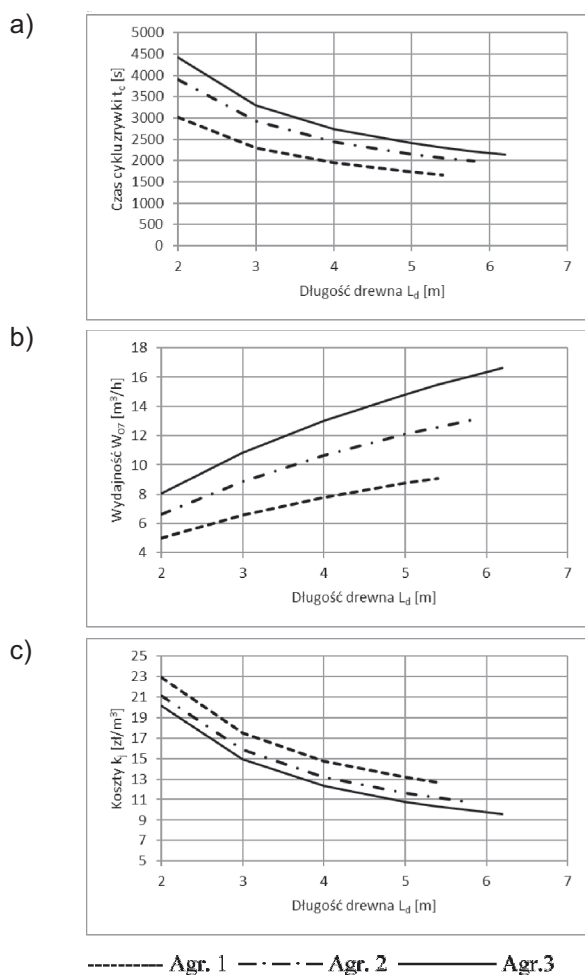
Koszty jednostkowe zrywki agregatami z przyczepą nasiębierną (rys. 2c) dla podanych wyżej warunków wynoszą odpowiednio: agregatu pierwszego 22,90 i 12,67 zł/m<sup>3</sup>, drugiego 21,13 i 10,75 zł/m<sup>3</sup>, trzeciego 20,14 i 9,59 zł/m<sup>3</sup>. W porównaniu z objętością standardową skrzyni ładunkowej objętość skorygowana umożliwia zmniejszenie kosztów jednostkowych odpowiednio: agregatu pierwszego o 4 do 14%, drugiego o ok. 20 % (dla większości sortymentów), trzeciego o 14 do 28 % zależnie od długości sortymentu. Dostosowywanie objętości skrzyni do długości sortymentu może przynieść użytkownikowi przy zrywce sortymentów najdłuższych korzyści wynoszące w ciągu roku: w przypadku pierwszego agregatu ok. 25 000 zł, drugiego ok. 52 000 zł, trzeciego ok. 95 000 zł. Warto zatem posiadać przyczepy stwarzające takie oszczędności.

### Wpływ przygotowania drewna do zrywki nasiębiernej na efekty pracy agregatów

Charakterystycznym wyposażeniem przyczepy samoładowniczej jest żuraw hydrauliczny, umożliwiający dokonania za i wyładunku drewna. Czas wykonywania tych czynności, a zatem wydajności i kosztów, zależy od parametrów żurawia - udźwigu, wysięgu i pola uchwytu chwytaka, ale także od przygotowania drewna do zrywki - właściwego ułożenia stosów [2].

Parametry żurawia zależą od wielkości przyczepy - jej ładowności, natomiast ułożenie stosów dogodnych dla agregatu zrywkowego od wiedzy i staranności zespołu pozyskującego drewno. O długości czasu wyładunku drewna decydują pierwsze czynniki i umiejętności operatora posługiwania się żurawiem. Natomiast długość czasu załadunku poza tymi czynnikami zależy jeszcze od łatwości umieszczenia możliwie pełnej ilości drewna w chwytaku żurawia.

Zmianę cyklu zrywki drewna przez poszczególne agregaty przedstawiono na rys. 2a. W każdym przypadku jego wartość zmniejsza się ze zwiększaniem długości zrywanych sortymentów i jest mniejsza dla agregatów o mniejszej ładowności. Udział wyróżnionych faz cyklu poszczególnych agregatów



Źródło: opracowanie własne / Source: own work

Rys. 2. Wpływ długości zrywanego drewna na efekty zrywki: a - czasu cyklu ( $t_c$ ), b - wydajności eksploatacyjnej ( $W_{07}$ ), c - kosztów zrywki ( $k_j$ )

Fig. 2. Influence of the length of transported timber on the hauling effects: a - cycle time ( $t_c$ ), b - operational efficiency ( $W_{07}$ ), c - skidding costs ( $k_j$ )

przy zrywce na odległość 500 m najkrótszego i najdłuższego sortymentu jest następujący: pierwszego - przejazdu bez ładunku i z ładunkiem łącznie 24,4 i 41,1%, formowanie ładunku 48,3 i 37,6%, wyładunek 27,3 i 18,3% drugiego - odpowiednio 18,8 i 36,2%, 52,3 i 44,7%, 28,9 i 19,1%, trzeciego - odpowiednio 16,6 i 34,2%, 54,2 i 46,4%, 29,2 i 19,4%. Z udziałów tych wynika, że zasadnicze znaczenie dla czasu trwania cyklu zrywki ma faza formowania ładunku na przyczepie. W rozważanych przypadkach jej udział w czasie cyklu wynosi od 37,6 do 54,2%, jest on szczególnie duży dla drewna krótkiego.

Praca żurawia ma charakter cykliczny. Formuły opisujące wpływ na czasy trwania załadunku drewna na przyczepę i jego wyładunku z przyczepy zostały przedstawione w części I opracowania (wzór 8) [4]. Zwrócimy tu uwagę na charakteryzujące za- i wyładunek trzy wielkości: czas przenoszenia przez żuraw zamocowanego w chwytaku drewna z ziemi na skrzynię przyczepy lub z przyczepy na stos i powrotu do uchwycenia następnej porcji drewna ( $t_0$ ) oraz dwa współczynniki wypełnienia pola uchwytu chwytaka drewnem: przy załadunku  $k_2$  i wyładunku  $k_4$ . Pierwszy ze współczynników zależy w dużym stopniu od stanu przygotowania (ułożenia) drewna podczas wyróbki sortymentów, drugi od ułożenia drewna w skrzyni przyczepy.

Czas cyklu pracy żurawia ( $t_0$ ) zawiera się w przedziale od 20 do 40 s. Jego wartość zależy od miejsca ułożenia przeznaczonego do zrywki drewna. Jeśli jest ono położone blisko szlaku, w miejscu dogodnym do manewrowania ramionami żurawia i chwytakiem, to czas cyklu będzie mniejsza (ok. 20 s), natomiast gdy jest ono znacznie oddalone od szlaku, lub ułożone w trzębieży zbyt blisko drzew pozostających, co wymaga ostrożności w operowaniu chwytakiem, to jego wartość będzie większa (ok. 40 s).

Charakterystyczny dla załadunku współczynnik wypełnienia pola chwytaka  $k_2$  w rzeczywistych warunkach pracy agregatów zawiera się w przedziale od 0,3 do 0,8, a jego odpowiednik przy załadunku  $k_4$  od 0,7 do 0,8. Przy załadunku wartość maksymalną współczynnika  $k_2$  uzyskuje się wtedy, gdy przeznaczone do zrywki wałki, wyrzynki lub kłody są ułożone na stosie lub obok siebie w ilości umożliwiającej jednokrotne lub wielokrotne wypełnienie pola uchwytu. Wtedy liczba cykli żurawia przy załadunku może być taka sama, jak przy wyładunku drewna ( $k_4 = k_2 = 0,8$ ). Z obserwacji terenowych wynika, że najczęściej układanie drewna podczas wyróbki sortymentów jest przypadkowe, co sprawia że liczba cykli żurawia podczas załadunku jest znacznie większa niż przy wyładunku, niekiedy nawet trzykrotnie. Dzieje się tak dlatego, że zespoły pozyskujące drewno z reguły nie są informowane jakie parametry techniczne będzie miał środek wykonujący zrywkę, by mogły dostosować do niego podczas wyrabiania sortymentów wielkość stosów.

Jakie efekty mogą uzyskać analizowane wyżej agregaty zrywkowe w najkorzystniejszych warunkach pracy, gdy mają możliwość zabierania w każdym cyklu maksymalny ładunek (równy ładowności przyczepy) i dobrze przygotowane drewno

do zrywki (współczynnik  $k_2=0,8$ )? Wydajność eksploatacyjna ( $W_{07}$ ), gdy zrywka sortymentu najkrótszego i najdłuższego będzie prowadzona na odległość 500 m wyniesie: agregatu pierwszego 6,0 i 10,2 m<sup>3</sup>/h, drugiego 8,0 i 14,8 m<sup>3</sup>/h, trzeciego 9,8 i 18,8 m<sup>3</sup>/h. Natomiast koszty jednostkowe będą wynosiły odpowiednio: agregatu pierwszego 19,17 i 11,28 zł/m<sup>3</sup>, drugiego 17,47 i 9,49 zł/m<sup>3</sup>, trzeciego 16,95 i 8,82 zł/m<sup>3</sup>. W porównaniu z mniej dogodnym przygotowaniem drewna do zrywki ( $k_2 = 0,5$ ) wydajność przy dogodnym ułożeniu stosów zwiększyła się o 20-21% sortymentu najkrótszego i 12-16% sortymentów najdłuższych. Natomiast koszty jednostkowe zmniejszyły się odpowiednio 17-19% i 11-12%. W przypadku agregatu trzeciego dobre ułożenie stosów powoduje zmniejszenie nakładów na wykonanie nim zadań rocznych zrywki drewna krótkiego 46 600 zł a drewna długiego 21 700 zł. Są to kwoty znaczne, uzasadniają pochylenie się nad właściwym przygotowaniem stosów do zrywki.

## Podsumowanie

Uzyskanie dobrych efektów zrywki drewna agregatem z przyczepą nasiębierną samozaładowczą wymaga przestrzegania następujących zasad:

- Właściwego kojarzenia przyczepy z ciągnikiem. Ciągnik powinien być dostosowany do ładowności przyczepy, zbyt duży generuje zbędne koszty (uzasadnienie znajduje się w części pierwszej opracowania).
- Do zrywki różnej długości sortymentów drzewnych należy stosować przyczepy o zmiennej objętości skrzyni ładownej. Ta właściwość przyczepy umożliwia wypełnienie jej skrzyni ładownej każdym sortymentem w ilości odpowiadającej maksymalnej ładowności.
- Ułożenie drewna do zrywki powinno maksymalnie ułatwić operatorowi umieszczenie go na ramie przyczepy. Stosy drewna powinny być wielkości odpowiedniej do pola powierzchni uchwytu chwytaka żurawia, umożliwić mu zabranie za jednym razem całego stosu lub jego wielokrotność.
- Korzystniejsze są w użytkowaniu agregaty z większą ładownością przyczepy. Uzyskują one nie tylko większą wydajność, ale też generują mniejsze koszty jednostkowe.

## Bibliografia

- [1] Jabłoński K.: Optymalizacja sposobów realizacji procesu technologicznego pozyskania zrywki drewna na określonym obszarze leśnym. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu. Rozprawy naukowe, 2006, 378.
- [2] Nurek T.: Wpływ sposobu przygotowania stosów na efektywność zrywki drewna forwarderem. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej, 2002, 11.
- [3] Więsik J. (red. nauk): Urządzenia techniczne w produkcji leśnej. Tom 2. Maszyny i urządzenia do pozyskiwania i transportu drewna. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 2015.
- [4] Więsik J.: Jak tworzyć i efektywnie użytkować agregaty zrywkowe z przyczepą nasiębierną. Cz. 1. Opis procesu zrywki nasiębiernej i zasady tworzenia agregatu. Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna, 2017, 4.
- [5] Więsik J.: Jak tworzyć i efektywnie użytkować agregaty zrywkowe z przyczepą nasiębierną. Cz. 2. Wpływ długości drewna na efekty zrywki przyczepą nasiębierną. Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna, 2017, 5.

## WOOD HAULING AGGREGATE WITH SELF-LOADING TRAILER. PRINCIPLES OF CREATION AND EFFECTIVE USE.

### Part 3. The effects of wood hauling at full utilization of trailer load capacity

#### Summary

*New trailers have structural solutions that allow them to adjust the volume of their load space to the length of loaded timber. This makes possible full use of the load capacity of the trailer with different lengths of wood. With full load utilization, the load capacity of the aggregates compared to the load transported in the standard version can increase by 2 to 24%, and the unit costs can decrease from 4 to 24% depending on the length of the assortments and the load capacity of the trailer.*

**Key words:** wood hauling, trailer with hydraulic crane, load capacity, operating efficiency, unit costs