

Sylwester Kobielał, Edward Hutnik, Edmund Mulica
Katedra Budownictwa i Infrastruktury
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

PROBLEMY PROJEKTOWO-EKSPLOATACYJNE POZIOMYCH SILOSÓW NA KISZONKI

Streszczenie

Omówiono zagadnienia projektowe i eksploatacyjne dotyczące poziomych silosów na kiszonki. W pierwszym temacie podano zasady ustalania ich lokalizacji i wymiarów, odnośnie drugiego podano warunki, które powinny być spełnione, aby prawidłowo przebiegł proces kiszienia w celu uzyskania dobrej jakości kiszonki.

Słowa kluczowe: silos poziomy, lokalizacja, pojemność, napełnianie, upakowywanie

Wstęp

Silos poziomy jest składowiskiem, w którym kiszonka jest układana w płaskiej, długiej przyłomie o wysokości 1,8–6,0 m. Przyłomy mogą być ograniczone ścianami bocznymi. Silosy mogą być bez ściany końcowej (przejazdowe) lub ze ścianą końcową (nieprzejazdowe). Korzyści wynikające z budowy silosu ze ścianą tylną obejmują możliwość budowy składowiska w głąb wzniesienia tak, że zielonka może być dostarczana zarówno od strony boku końcowego, jak i ścian bocznych, z uwagi na możliwość przejechania ich po wypełnieniu silosu do poziomu wysokości ścian. Do zalet silosów przejazdowych zalicza się możliwość napełniania i rozładowywania z obydwu ich końców. W Polsce silosy poziome są najbardziej rozpowszechnione. Umownie można podzielić je na dwie duże grupy [Flachsilos... 1974]: silosy o objętości 200-400 m³ ze ściankami o niewielkiej wysokości (1,8-2,2 m) i silosy o objętości większej niż 700 m³, ze ścianami najczęściej o wysokości 3,5-4,5 m. Ściany boczne na ogół mają pochylenie 1:8 (rys. 1). Pionowe ściany są łatwiejsze do wykonania w technologii monolitycznej, ale zmniejszają poziome zagęszczenie kiszonki podczas pakowania, spowodowane niemożliwością przebiegu kół traktora blisko ścian.

Lokalizacja silosu

Ważnym zagadnieniem na etapie przygotowania inwestycji budowy silosów na kiszonki jest wybór miejsca ich lokalizacji [Beef Housing...; Bicket i in. 1997]. Silos powinien być zlokalizowany w pobliżu systemu odprowadzania

paszy. Przy wyborze lokalizacji należy wziąć pod uwagę istniejące i projektowane budynki inwentarskie oraz możliwość ich rozbudowy. Powinno wybierać się miejsca na wzniesieniu terenu tak, żeby umożliwić spływanie wody deszczowej i topniejącego śniegu do drenów, a nie w kierunku silosu. Silos powinno się lokalizować co najmniej 50 m od istniejących studni, ażeby zminimalizować skażenia przeciekami soków z kiszzonek.

W przypadku bardzo przepuszczalnych gruntów lub miejsc, w których studnie są płytkie, odległość ta powinna wynosić co najmniej 100 m [Aboveground... 2003; Cromwell 2002; Rozporządzenie... 1997]. Przy wyborze lokalizacji bierze się też pod uwagę dogodny dojazd w okresie całego roku. Należy również uwzględnić możliwość zwiększonego zasypywania śniegiem przy orientacji południe-północ [Bolton, Holmes].

Ustalenie wymiarów silosu poziomego

Ogólnie wiadomo, że im silos jest większy, tym niższe są koszty ogólne 1 m³ kiszzonek i tym lepiej przebiega proces kiszzenia, pod warunkiem szybkiego napełnienia silosu. Niezbędną kubaturę składową silosów można obliczyć według danych zawartych w pracach [Chastain i in., Flachsilos... 1974; Zimmer, Tietze 1967].

Jako podstawę do obliczenia objętości składowej silosu przyjęto 10 m³ kiszzonek na tzw. dużą jednostkę przeliczeniową (1 DJP). W pracy [Flachsilos... 1974] podano współczynniki przeliczeniowe dla poszczególnych zwierząt oraz wzór pozwalający obliczyć niezbędną kubaturę składową V w m³

$$V = 1,1 \frac{n \cdot F \cdot t}{r} \quad (1)$$

gdzie:

n – liczba zwierząt, które będą karmione kiszzoneką,
 F – dzienna porcja kiszzonek dla zwierzęcia, kg,
 t – liczba dni w roku, w których kiszzoneka będzie skarmiana,
 r – ciężar objętościowy kiszzonek, kg/m³.

Mnożnik 1,1 stanowi dodatek na niewykorzystaną część kubatury. Ciężar objętościowy dla pasz wynosi 500-700 kg/m³, a dla wilgotnych pasz 500-900 kg/m³. Należy przyjąć, że obliczona kubatura będzie rozdzielona na 2 lub więcej silosów z uwagi na różny czas zbioru i różnorodność surowców.

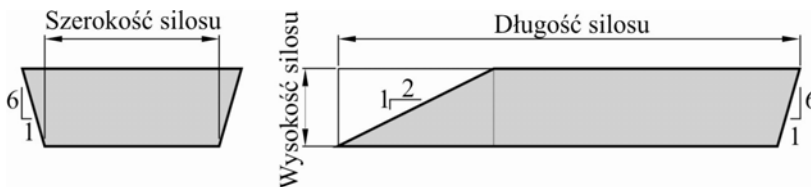
Ustalenie wymiarów silosu poziomego

Wymiary [Chastain i in.] przekroju poprzecznego ustala się na podstawie dziennego zużycia kiszzonek. Obliczona norma dziennego zużycia powinna być równa pojemności usuwanego plastra o grubości min. 15 cm w celu zmniejszenia do minimum psucia się kiszzonek i zwiększenia do maksimum efektywności składowania.

Długość silosu zależy od liczby dni, w których karma będzie pobierana z silosu i wyżej ustalonego plastra zużycia dziennego

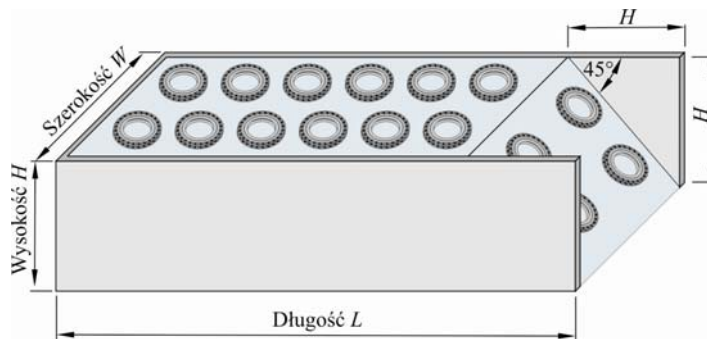
$$\begin{array}{l} \text{Długość} \\ \text{silosu} \\ \text{(m)} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Okres} \\ \text{żywienia} \\ \text{(dni)} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{norma dzienna} \\ \text{zużycia} \\ \text{(m na dzień)} \end{array} \quad (2)$$

Przy ustalaniu pojemności i wymiarów silosu (rys. 1) należy uwzględnić, że około 15% składowanej kiszonki w silosach poziomych ulega zepsuciu w procesie fermentacji i w transporcie. Przy ustalaniu pojemności silosów poziomych można przyjąć jednakową gęstość objętościową kiszonki w całym silosie. Należy jednak pamiętać, że całkowita objętość silosu jest pojemnością użytkową (rys. 2). Na rysunku 3 podano wykres zależności między współczynnikiem objętości użytecznej do całkowitej a długością silosu dla różnych wysokości składowania kiszonki w silosie.



Rys. 1. Przekroje silosu poziomego z wymiarami niezbędnymi do ustalenia pojemności (Źródło: Above-ground... 2003)

Fig. 1. Sections of horizontal silo of the sizes necessary to capacity determination

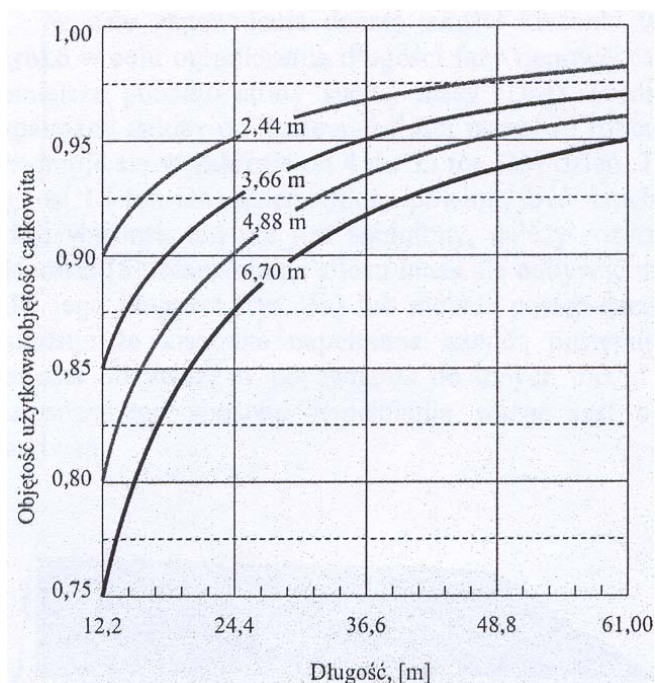


Rys. 2. Ilustracja objętości całkowitej i użytkowej silosu poziomego (Źródło: Buckmaster, Vandervort)

Fig. 2. Illustration of total bunker silo capacity to be filled by forage

Zapewnienie prawidłowego procesu kiszenia

W celu zapewnienia prawidłowego procesu kiszenia zawartość powinna być zagęszczona i nakryta folią. Dlatego nie zaleca się przyjmować większej długości silosu niż 37 m z uwagi na zbyt długi czas potrzebny do napełnienia, zagęszczenia i pokrycia folią.



Rys. 3. Objętość użytkowa jako część objętości całkowitej silosu poziomego o różnych długościach i wysokościach składowania (Źródło: Buckmaster, Vandervort)

Fig. 3. Usable capacity as a part of total capacity of horizontal silo at different lengths and heights of stored silage

Aby folię utrzymać bezpośrednio na kiszonce, przyciska się ją całymi lub plastrami opon (rys. 4) równomiernie rozłożonymi w ilości 1,6-2,2 szt/m² powierzchni. Opony mogą być również stosowane na dużych pochyleniach powierzchni górnej kiszonki przykrytej folią, przez powiązanie opon sznurkiem. Ostatnio coraz częściej zamiast folii i opon stosuje się tkaniny przyciskane workami wypełnionymi piaskiem (rys. 4). Z warunku szybkiego załadunku silosu wynika wielkość poszczególnych komór, które należy dostosować do możliwości danego gospodarstwa w zakresie zbioru i załadunku zielonki.

Napełnianie silosów poziomych

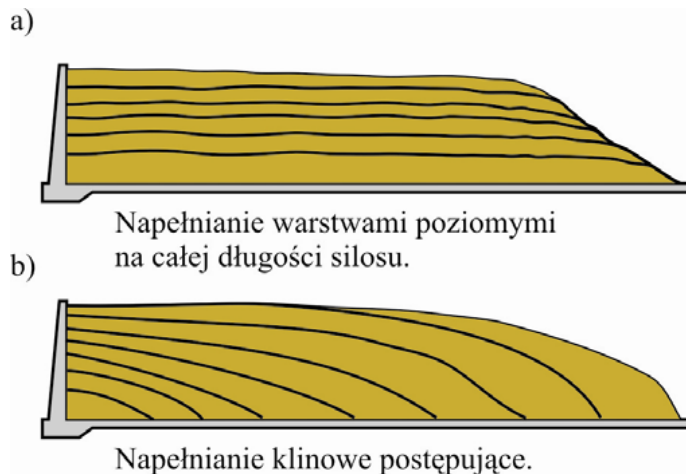
W celu zapewnienia dobrej jakości kiszonki ważne jest by silos napełnić szybko w celu ograniczenia długości fazy tlenowej (*aerobic*). Krótka faza tlenowa zmniejsza ponadto straty suchej masy (DM). Prędkość, z jaką silos może być napełniany zależy od dostępnej ilości maszyn i robotników. Wydatek napełniania przyjmuje się w zakresie 4-55 ton DM na dzień. Typowa szybkość napełniania wynosi 18 ton DM na dzień. Silosy powinny być napełnione w 3 dniach lub mniej. Jeżeli warunek ten nie jest spełniony, należy rozważyć budowę nowej komory silosowej [Chastain i in.]. Napełnianie silosu może się odbywać metodą warstw układanych na całej jego długości (rys.

5a) lub metodą postępującego klina (rys. 5b). Praktyka wskazuje, że kiszonka napełniana metodą postępującego klina ma lepsze wartości odżywcze w porównaniu z innymi metodami napełniania. Niezależnie od zastosowanego sposobu napełniania ważne jest by napełniać silos cienkimi warstwami.



Rys. 4. Dwa sposoby nakrycia górnej powierzchni kiszonki. Na lewo przy użyciu tkaniny wielokrotnego użycia i worków wypełnionych piaskiem. Na prawo przy zastosowaniu folii i plastrów opon (Źródło: McDonald, Kung 2006)

Fig. 4. Two covering treatments of top silage area. Left: reusable protective woven fabric and the sand bags. Right: plastic foil with tyre sidewall discs



Rys. 5. Metody napełniania silosów poziomych: a- warstwami układanymi na całej długości silosu, b- posuwającego się naprzód klina (Źródło: Huhnke)

Fig. 5. Bunker silo filling methods: a) full-length layers, b) progressive wedge

Okres potrzebny do napełnienia silosu zależy od przeciętnej szybkości zbioru (rys. 6) i napełniania (rys. 7) przyjętej dla konkretnego gospodarstwa.

$$\text{Okres napełniania} = \frac{\text{Ilość karmy ciętej na polu każdego dnia (ton DM na dzień)}}{\text{średnia szybkość napełniania (ton DM na dzień)}} \times \text{okres napełniania (dni)} \quad (3)$$



Rys. 6. Zbiór siano-kiszonki (wg Herdt T. H., Michigan State University)

Fig. 6. Harvesting of crop for haylage (after Herdt T.H., Michigan State University)



Rys. 7. Napełnianie i upakowywanie silosu zieloną (Źródło: Saxe 2005)

Fig. 7. Filling and packing of ensiled green crop into bunker silo



Rys. 8. W silosie poziomym uzyskuje się wysoką jakość kiszonki przy bardzo szybkim jego wypełnieniu/zagęszczaniu w okresie 3 dni i przekryciu folią (Źródło: Silage...)

Fig. 8. High quality silage in horizontal silo is to obtain by rapid filling/packing (within three days) and covering silage with plastic foil

Oдноśnie dziennego zużycia związanego z zabezpieczeniem przed psuciem się kiszonki, zwłaszcza przy wysokiej temperaturze, przyjmuje się, że pobór dzienny powinien wynosić przynajmniej 15-20 cm (grubość pionowego plastra skrawanej masy (rys. 8), zaś w przypadku dużych gospodarstw do 25 cm na dzień.

Minimalną szerokość silosu określa się na podstawie wymiaru traktora upakowującego (rys. 7 i 9). Przyjmuje się minimalną szerokość równą podwojonej szerokości traktora, tj. 2,45-3,05 m, czyli minimalna szerokość wynosi 4,9-7,1 m. Szerokość maksymalna jest ograniczona ilością kiszonki usuwanej każdego dnia, która jest funkcją wysokości silosu, wydatku pobierania kiszonki oraz jej gęstości. Długość silosu zaś jest określona całkowitą ilością kiszonki, która powinna być zmagazynowana. Jeżeli silos jednokomorowy jest zbyt długi z uwagi na wymiary działki, wówczas buduje się dwie lub trzy komory silosowe przedzielone ścianami. Zaleca się stosować silosy o stosunku szerokości do wysokości równym 5 lub mniej. Nie należy projektować komór o szerokości mniejszej niż 9 m i wysokości powyżej 3,6 m z uwagi na trudność przy czołowym rozładunku. Jednakże wysokość silosu powinna być dostatecznie duża, aby gwarantowała samoczynne zagęszczenie się dla uniknięcia zapowietrzenia kiszonki i zapewnienia dobrych warunków silosowania. Wychoząc z tego założenia zaleca się [Chastain i in.] przyjmować minimalną wysokość silosu 1,83 m. Gęstość kiszonki przy tej wysokości wynosi ok. 235 kg/m³. Konieczne jest mechaniczne zagęszczenie równomiernie rozłożonej na powierzchni komory kiszonki przez zastosowanie pojazdów kołowych.

Pojemność silosu została określona wzorem (1). Przy obliczaniu pojemności silosów można przyjąć, że ciężar objętościowy suchej masy zagęszczonej traktorem wynosi 220 kg/m³ lub 160 kg/m³ przy braku takiego zagęszczenia. W tabeli 1 podano przykładowe wymiary silosów poziomych i pojemności składowania zagęszczonej suchej masy.

Tabela 1. Pojemności w kg/m³ silosów poziomych
Table 1. Capacity (kg/m³) of horizontal silos

Szerokość silosu m	Wysokość ścian m	Długość silosu (m)							
		19,2	24,0	28,8	33,6	38,4	43,2	48,0	52,8
12,0	2,4	105	134	163	192	223	250	279	308
	3,6	153	198	244	289	338	380	425	471
	4,8	196	258	320	383	450	507	569	632
24	3,6				563	658	739	828	916
	4,8				739	869	979	1099	1219
	6,0				904	1069	1209	1361	1514

Przy niezagęszczonej suchej masie podane w tabeli pojemności należy pomnożyć przez współczynnik 0,7.

Upakowywanie (ugniatanie) kiszonki w silosach

Silosy powinny być napełniane zielonką o wilgotności 60-65% [Chastain i in.]. Długość cięcia zielonki jest również ważna. Zalecana długość cięcia kukurydzy przy wilgotności 65% wynosi 9,5 mm. Przy zawartości wilgotności 60% lub niższej długość cięcia powinna być zmniejszona do około 6 mm. Zmniejszenie długości zabezpiecza lepszą strawność i lepsze upakowanie kiszonki z kukurydzy w silosie przy mniejszej wilgotności.

Celem upakowywania jest takie zagęszczenie kiszonki, ażeby zmniejszyć zawartość tlenu w stosie i szybkość wnikania powietrza. Czas wymagany do osiągnięcia pożądanej gęstości DM może być obliczony na podstawie powierzchni silosu i masę traktora upakowującego (rys. 9), jak pokazano w tabeli 2.



Rys. 9. Ugniatanie kiszonki traktorem (Źródło: Saxe 2005)

Fig. 9. Compressing silage with a tractor

Tabela 2. Wpływ masy traktora i wymaganej gęstości suchej masy na czas upakowywania [Chastain i in.]

Table 2. Effect of the tractor weight and required dry matter density on packing duration

Masa traktora kg	Czas upakowywania (godz. na dzień na 100 m ²) powierzchni silosu poziomego do otrzymania pożądanej gęstości suchej masy		
	237 kg/m ³	242 kg/m ³	269 kg/m ³
2722	2,37	3,12	3,87
5900	1,08	1,40	1,83
11800	0,54	0,75	0,86
14515	0,43	0,54	0,75

Przykład zastosowania tabeli 2. Zakładamy, że silos ma wymiary: wysokość 3 m, szerokość 10 m oraz długość 30 m. Powierzchnia rzutu poziomego silosu wynosi więc 300 m². Przy masie traktora 5900 kg, gęstość suchej masy 237 kg/m³ może być uzyskana przez upakowywanie przez 3¼ godz. dziennie (1,08x3). Jeżeli silos jest upakowywany przez 5½ godz. (1,83x3) gęstość suchej masy będzie wynosić około 269 kg/m³. W rezultacie pojemność silosu ulegnie zwiększeniu o ok. 13,5%, dlatego zwiększając liczbę etapów zagęszczania nie tylko polepsza się jakość paszy, ale również zwiększa pojemność silosu. Tabela 2 pokazuje również korzyści spowodowane zwiększeniem masy pojazdu. Używając traktora o masie 11800 kg zamiast traktora o masie 5900 kg do pakowania kiszonki redukujemy czas pakowania o połowę.

Podsumowanie

Pierwszym wstępnym krokiem w projektowaniu silosów na kiszonki jest ustalenie ich wymiarów. Wymiary silosów powinny być takie, aby możliwe było szybkie ich napełnienie (pod ciągłym nadzorem jednej osoby) i nakrycie folią w warunkach przyjętych urządzeń do zbioru zielonki, jej transportu i wypełnienia silosu. Jeżeli nie jest to możliwe, wówczas lepiej przyjąć dwa mniejsze silosy/pryzmy zamiast jednego silosu o większej długości.

Nie jest korzystne napełnienie silosu ponad wysokość ścian, ponieważ zachodzi zmniejszenie gęstości paszy. Istnieje opinia wśród użytkowników, że szczelność nakrycia jest stawiana na pierwszym lub drugim miejscu co do znaczenia tego wymagania. Inne ważne wymagania, to: właściwe cięcie, dodatki do paszy i wydatek skarmiania (feedout). Przy wyborze alternatywnego nakrycia folią (np. 5-7 cm warstwą ziemi, papier powlekany woskiem, matryca skrobiowo-solna uszczelniona natryskiwana emulsją woskową) należy kierować się następującymi kryteriami: skutecznością zabezpieczenia, jadalnością, zasadniczymi składnikami pokarmowymi oraz łatwego zastosowania i niskimi kosztami. Podczas eksploatacji silosów betonowych należy zwrócić uwagę na szczelność ścian, zwłaszcza w miejscach styków i rys (pęknięć) jako miejsca dopływu powietrza wpływające na obniżenie jakości paszy.

Bibliografia

Above-ground horizontal silo. 2003. Canada Plan Service, Plan M-7435, Canada

Beef Housing and Equipment Handbook, MWPS-6, Midwest Plan Service

Bickert et al. 1997. Dairy freestall housing and equipment (MWPS-7). Midwest Plan Service, Ames, IA

Bolton K., Holmes B. Management of bunker silos and silage piles. University of Wisconsin-Madison

Buckmaster D. R., Vandervort K.D. Silo capacities. Penn State College of Agricultural Sciences

Chastain J. P., Linn J. G., Holmes B. Sizing and management of bunker silos, University of Minnesota

Cromwell R.P., Prevatt J.W., Becker W.J. 2002. Silage storage structures, DS54. Institute of Food and Agricultural Science

Flachsilos aus Hohlblockschalungssteinen. 1974. Beton-Landbau

Huhnke R. L. Bunker silo sizing and management. OSU Extension Facts F-1011, Oklahoma State University

McDonnel E.E. and Kung L. 2006. Un update on covering bunker silos, Proc. Of the Vita Plus Dairy Summit Meeting Lansing, MI

Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej z 7 października 1997 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle rolnicze i ich usytuowanie

Saxe C. 2005. Forage storage options, what's right for you? Central Wisconsin Dairy Series

Silage production and storage. University of Arkansas, Dept. of Crop, Soil and Environmental Sciences

Zimmer E., Tietze K. 1967. Silosy na kiszonki. Budowa i Użytkowanie. Arkady, Warszawa